TLRP-C113269

교통인프라 기술 실용화 연구

차로구분 정밀위치결정

부 록

vol. 3

2019

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )발간등록번호()

교통물류연구사업 제3차 연도 최종보고서-부록 vol. 3

R&D / TLRP-C113269

차로구분 정밀위치결정 교통인프라 기술 실용화 연구 부록 성과증빙자료 vol. 3

2019. 03. 20.

주관연구기관 / 한국항공우주연구원
공동연구기관 / ㈜문화방송
지아이시스템㈜
현대모비스㈜
㈜파인디지털
한국소프트스페이스㈜
㈜펌프킨
건국대학교
위탁연구기관 / 현대엠엔소프트㈜
서울대학교
충남대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

8. 보고서(기타성과문서) II

기타성과문서 [보고서] 성과 목록 (2)

번호	보고서명	작성자	작성기관	발간일 (최종수정일)
보고서-36	다중 클러스터기반 보정정보 연계기술 분석서	임성혁	한국항공우주연구원	2017.10.16.
보고서-37	신규위성 보정정보 생성 분석서	손은성	한국항공우주연구원	2017.10.16.
보고서-38	다중 클러스터 무결성 위험도 측정 보고서	안종선	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-39	GLONASS 정상상태 오차 분석서	이영재, 안종선, 장진혁	건국대학교	2016.12.07.
보고서-40	GLONASS 무결성 정보 생성 분석서	이영재, 안종선, 장진혁	건국대학교	2016.12.19.
보고서-41	다중위성항법 기반 미지정수 결정 성공률 향상을 이용한 가용성 향상 연구 보고서	이선용, 이진혁	한국항공우주연구원 (충남대학교)	2017.11.16.
보고서-42	다중 위성항법 정밀위치결정 정화도, 가용성 측정보고서	장진혁	건국대학교	2017.11.13.
보고서-43	GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘	장진혁	건국대학교	2018.12.31
보고서-44	상시기준국 데이터 품질 분석서	손은성	한국항공우주연구원	2016.11.01.
보고서-45	상시기준국 운영 현황 분석서	손은성	한국항공우주연구원	2016.12.07.
보고서-46	상시기준국 보정정보 생성 소프트웨어 설계서	손은성	한국항공우주연구원	2016.12.16.
보고서-47	상시기준국 활용 보정정보 성능 분석서	손은성	한국항공우주연구원	2017.10.16.
보고서-48	시뮬레이터 소프트웨어 상세설계 및 GUI	김원태,한호택	한국소프트스페이스	2017.11.07.
보고서-49	전국구축 클러스터 형태 및 비용 분석	안종선,신미리	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-50	자율주행 융합측위 시험 분석서 (1)	이제영	현대모비스	2017.11.14.
보고서-51	자율주행 측위 요구사양 개발 보고서	이제영	현대모비스	2017.11.14.
보고서-52	자율주행 융합측위 시험 분석서 - 정확도 (2)	이제영	현대모비스	2018.12.31

번호	보고서명	작성자	작성기관	발간일 (최종수정일)
보고서-53	자율주행 융합측위 시험 분석서 - 무결성 (2)	이정훈	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-54	자율주행 융합측위 시험 분석서 - 가용성 (2)	이제영	현대모비스	2018.12.31
보고서-55	차로구분기반 차량 안전유도 요구사항 분석서	최용길	펌프킨	2016.12.07.
보고서-56	차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 개발	조용완	펌프킨	2017.11.08.
보고서-57	차로구분 기반 차량안전유도 관리 알고리즘	조용완	펌프킨	2017.11.08.
보고서-58	교통 운영 서비스 적용 시나리오 보고서	조용완	펌프킨	2017.11.16.
보고서-59	연계 SW 프로토타입 제작 설계서	조용완	펌프킨	2017.11.13.
보고서-60	고정밀 측위기술의 서비스 표준화 기술문서	이상우	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-61	시험방송 지역 요구사항 명세서	이상우	한국항공우주연구원	2016.10.27.
보고서-62	시험방송 지역 후보 분석서	이상우	한국항공우주연구원	2016.11.01.
보고서-63	다중클러스터 운영 방안서	이상우, 신미리	한국항공우주연구원	2017.11.12.
보고서-64	운영평가보고서	이상우	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-65	HMI 분석서	이상우	한국항공우주연구원	2018.12.31
보고서-66	통합운영국 기능 단위 테스트 결과 보고서	김찬영,장명재, 서덕환	지아이시스템	2018.12.31
보고서-67	통합운영국 통합 테스트 결과 보고서	김찬영,장명재, 서덕환	지아이시스템	2018.12.31

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-36

다중 클러스터기반 보정정보 연계기술 분석서

2017. 10. 16.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	임성혁	2017. 10. 16.	
검 토	손은성	2017. 10. 27.	
	이상우	2017. 10. 27.	
승 인	허문범	2017. 11. 10.	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	초안작성	2017. 10.1 6.	임성혁
R2.0	검토사항 수정	2017. 11. 06.	임성혁

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 3

2. 용어 정의 ····· 4

3. 통합운영국 목적 및 임무 ····· 6
3.1. 운영 목적 ····· 6
3.2. 다중 클러스터 기반 시스템 구성 ····· 6
3.3. 통합운영국의 임무 ····· 7

4. 통합운영국 시스템 아키텍처 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

국토지리정보원 위성기준점은 DGPS (Differential GPS) 측량 활용을 목적으로 1995년 국토지리정보원 구내에 최초로 설치 된 이후 2008년까지 총 14개의 위성기준점이 설치되었다. 2008년 정부조직재편에 따라 (구)행정자치부에서 설치한 30개 위성기준점이 국토지리정보원으로 이관되었고, 그 후 수차례의 위성기준점 증설 사업을 통해 현재까지 60여개의 위성기준점이 설치되어 운영되고 있다. 국토지리정보원에서는 위성기준점의 일별 관측데이터를 GNSS 후처리용으로 일반에게는 홈페이지를 통해서 제공하고 있으며, 2005년부터는 위성기준점을 이용하여 실시간으로 고정밀의 위치결정이 가능한 네트워크 RTK 서비스를 제공하고 있다 (국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지). 국토지리정보원에서 제공하는 네트워크 RTK 서비스는 미국 트림블 (Trimble)社에서 개발한 VRS 서비스로 2007년부터 14개의 위성기준점을 이용하여 제공하고 있다.

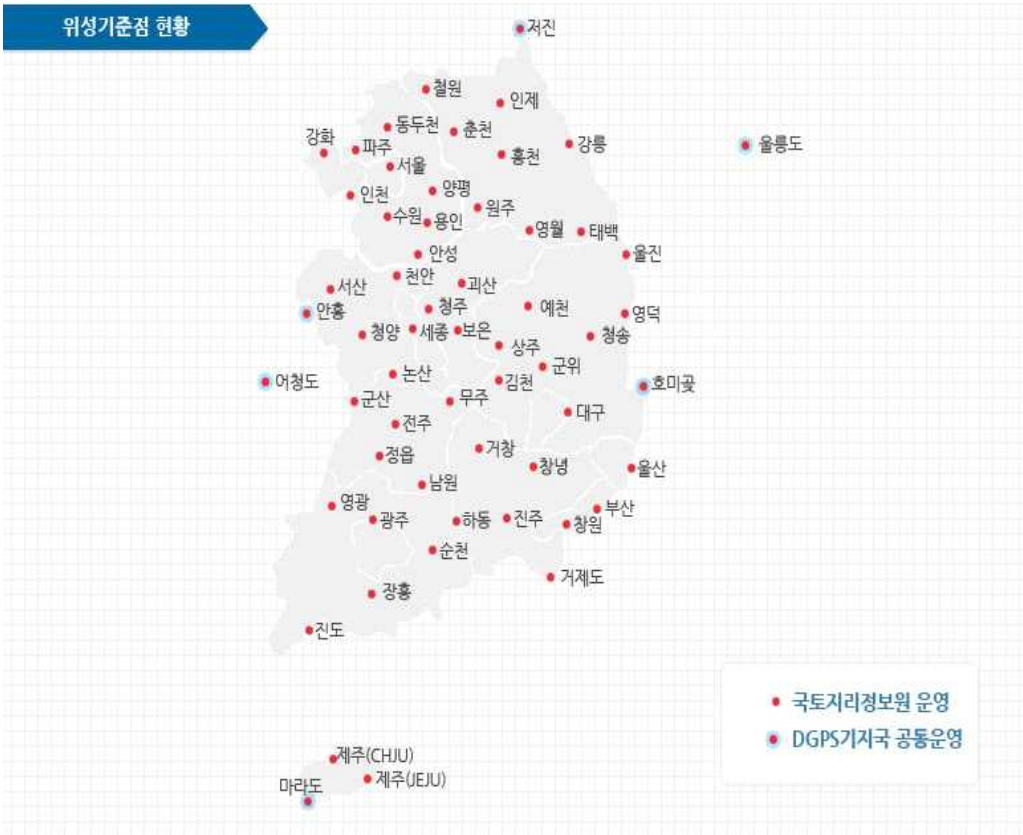


그림 1. 위성기준점 현황

본 연구에서는 국토지리정보원이 운영하는 위성기준점 데이터를 분석하여 공간이격과 일자에 따른 보정정보 생성잔차의 상관관계를 분석하고 미지정수 추정시간 단축 가능성에 대한 분석을 수행한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 분석 방법

2.1. 분석을 위한 위성기준점 선택

다중 클러스터간의 상관관계 분석을 위해서 16개의 위성기준점을 선택하여 1초 간격의 측정값을 수집하여 분석을 수행하였다, 그림 1은 분석에 사용된 위성기준점 위치를 도식한 그림이다.

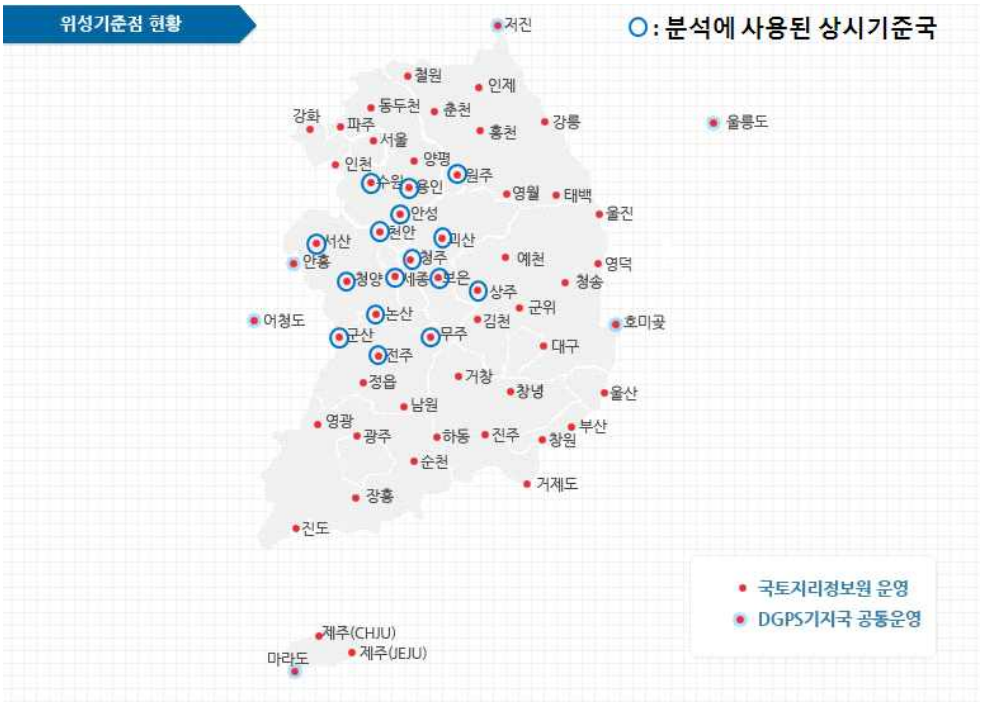


그림 1. 분석에 사용된 위성기준점 위치

표 1. 분석에 사용된 위성기준점

기준점명	수원, 용인, 원주, 안성, 천안, 서산, 괴산, 청주, 청양, 세종, 보은, 상주, 논산, 군산, 무주, 전주

표 1은 분석에 사용된 위성기준점을 명시한 것이다. 청주기준점은 이중차분을 수행하는 과정에서 기준점간 차분을 수행할 때 주기준점을 활용하였다. 공간이격 방향에 따른 변화 관측을 위해서 4개의 그룹으로 나누어 분석을 수행하였다. 표 2와 그림 2는 위성기준점 그룹을 명시하고 도식한 것이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 분석을 위한 위성기준점 그룹

그룹	위성기준점
A	청주, 세종, 보은, 괴산, 천안
B	청주, 세종, 논산, 군산, 전주
C	청주, 안성, 용인, 수원, 원주
D	청주, 보은, 무주, 상주

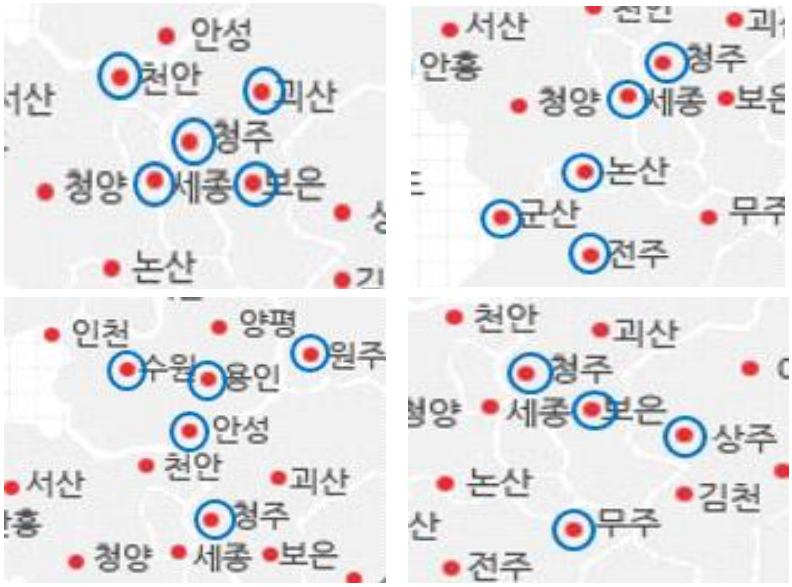


그림 2. 그룹A(좌상), 그룹B(우상), 그룹C(좌하), 그룹D(우하)

2.2. 분석을 위한 일자 선택

다중 클러스터간의 일자별 상관관계 분석을 위해서 연속된 3일을 선택하여 분석을 수행하였다, 표 3은 선택된 일자와 위성 현황(방향각, 고도각)을 명시한 것이다.

표 3. 일자별 위성 현황(방향각, 고도각)

일자	구분	PRN 2	PRN 6	PRN 9	PRN10	PRN20	PRN23	PRN28
2014년 DOY 344	방향각	278	307	128	213	48	91	187
	고도각	22	57	28	46	33	30	19
2014년 DOY 345	방향각	281	312	126	214	49	88	186
	고도각	23	58	30	49	30	30	18
2014년 DOY 346	방향각	280	312	126	214	47	88	186
	고도각	23	58	30	49	30	30	18

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

그림 3은 위성배치를 도식한 것이다. 각 연속된 3개 일자의 위성배치는 유사하고 분석수행 시 일자별

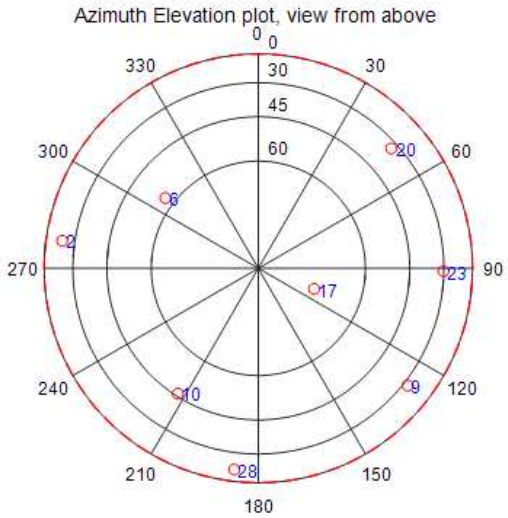
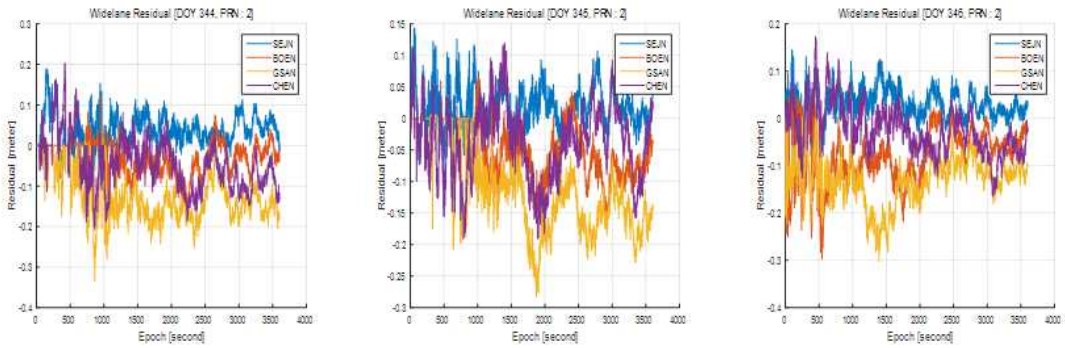


그림 3. 위성배치

3. 위성기준점을 이용한 이중차분 잔차 분석

각 그룹별 이중차분 잔차의 유사성 분석을 아래와 같이 결과를 도출한 후 비교분석을 수행하였다.

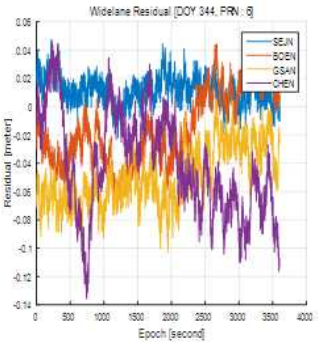
3.1. 위성기준점 그룹A 결과



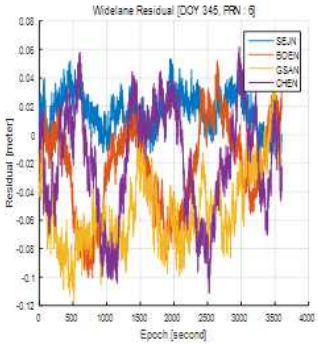
DOY 344 DOY 345 DOY 346

그림 4. 그룹A의 PRN 2번에 대한 분석 결과

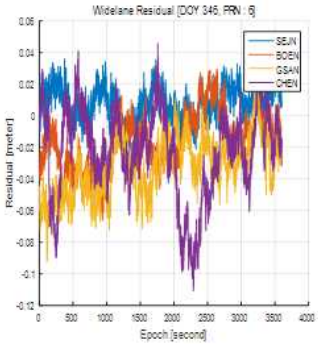
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

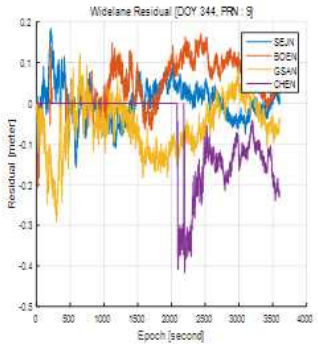


DOY 345

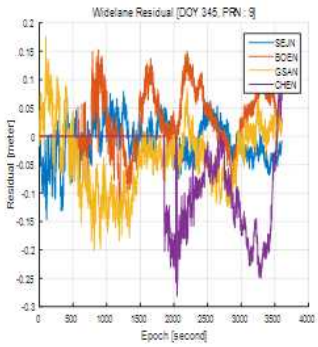


DOY 346

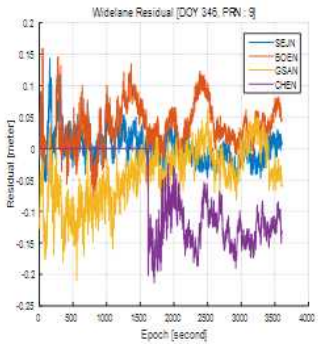
그림 5. 그룹A의 PRN 6번에 대한 분석 결과



DOY 344

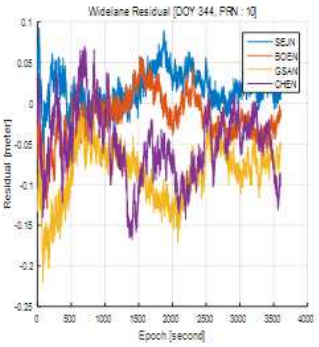


DOY 345

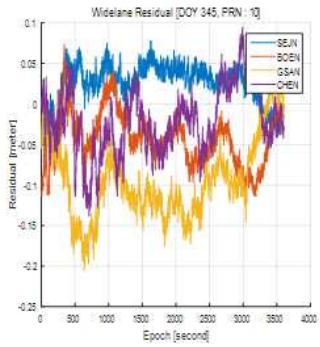


DOY 346

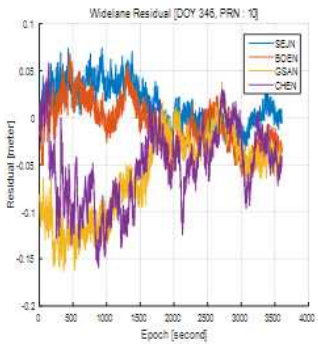
그림 6. 그룹A의 PRN 9번에 대한 분석 결과



DOY 344



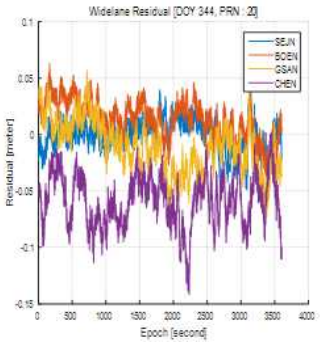
DOY 345



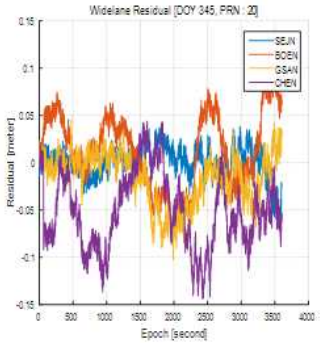
DOY 346

그림 7. 그룹A의 PRN 10번에 대한 분석 결과

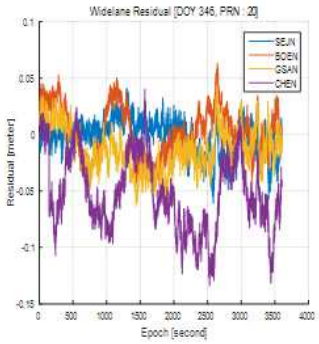
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

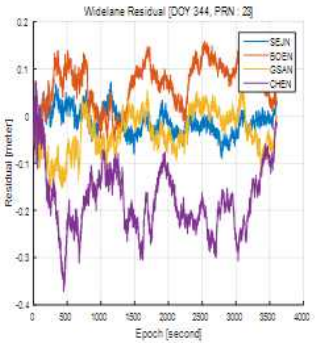


DOY 345

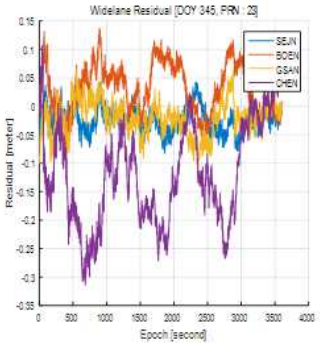


DOY 346

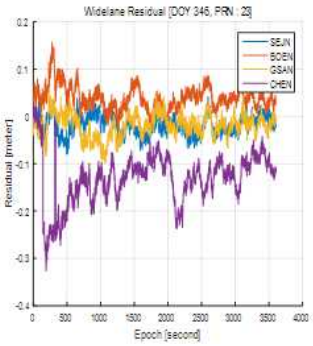
그림 8. 그룹A의 PRN 20번에 대한 분석 결과



DOY 344

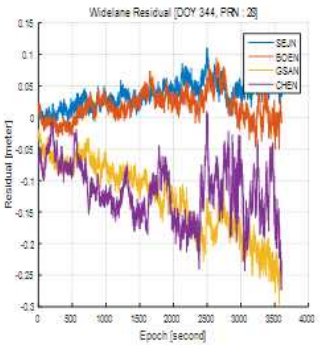


DOY 345

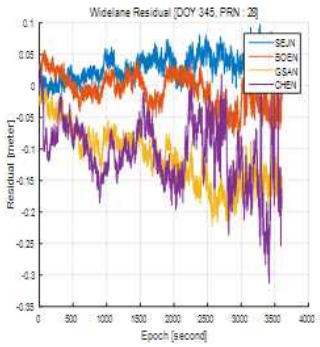


DOY 346

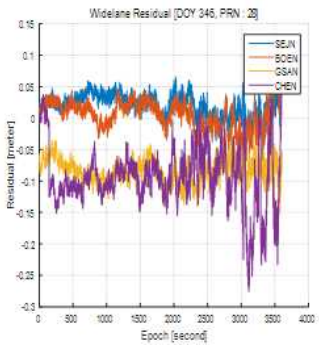
그림 9. 그룹A의 PRN 23번에 대한 분석 결과



DOY 344



DOY 345

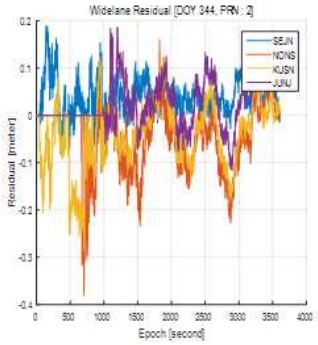


DOY 346

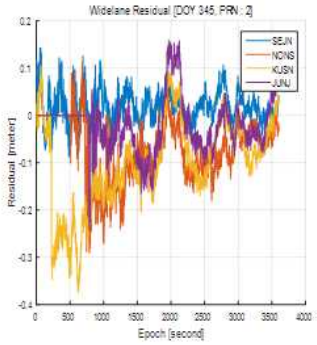
그림 10. 그룹A의 PRN 28번에 대한 분석 결과

3.2. 위성기준점 그룹B 결과

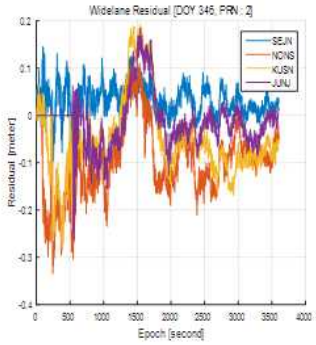
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

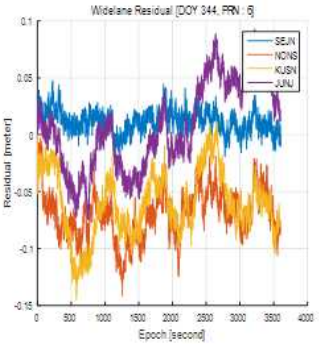


DOY 345

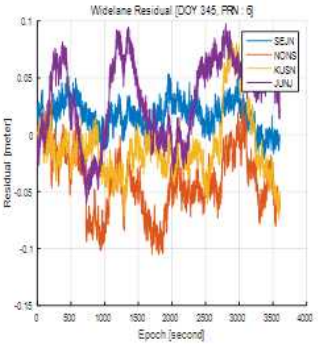


DOY 346

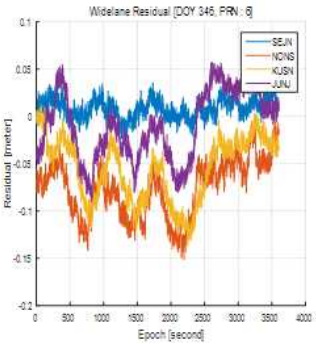
그림 11. 그룹B의 PRN 2번에 대한 분석 결과



DOY 344

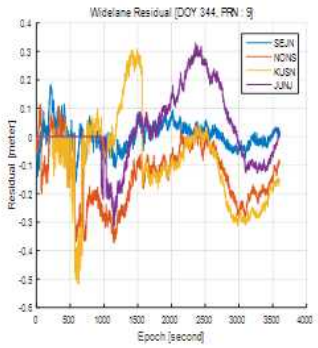


DOY 345

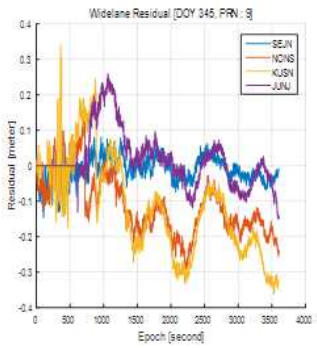


DOY 346

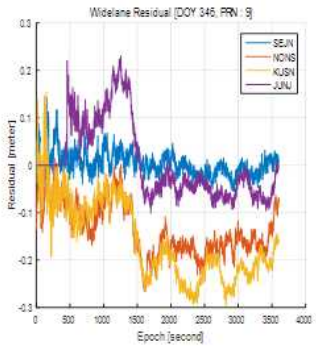
그림 12. 그룹B의 PRN 6번에 대한 분석 결과



DOY 344



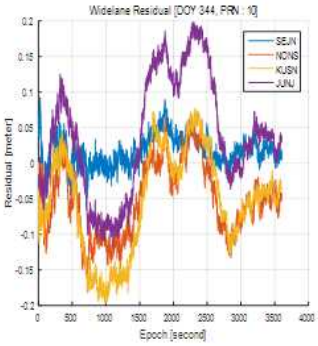
DOY 345



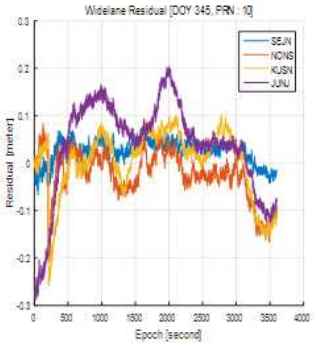
DOY 346

그림 13. 그룹B의 PRN 9번에 대한 분석 결과

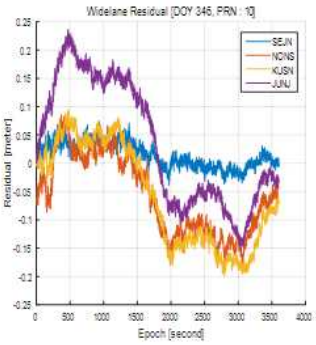
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

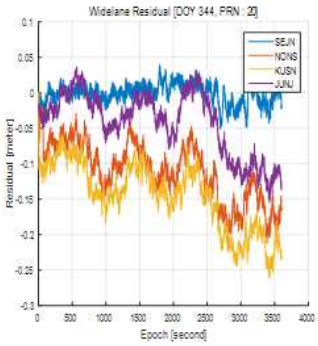


DOY 345

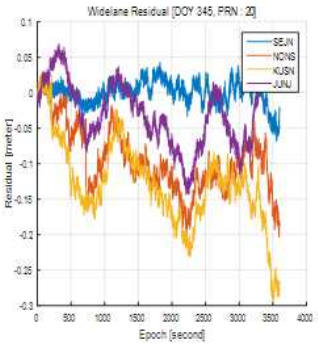


DOY 346

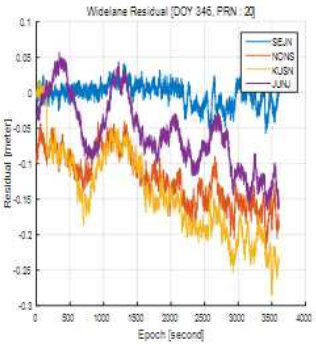
그림 14. 그룹B의 PRN 10번에 대한 분석 결과



DOY 344

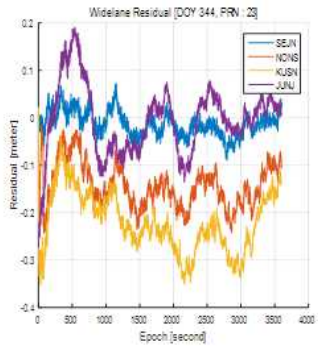


DOY 345

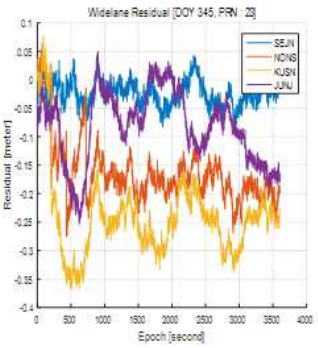


DOY 346

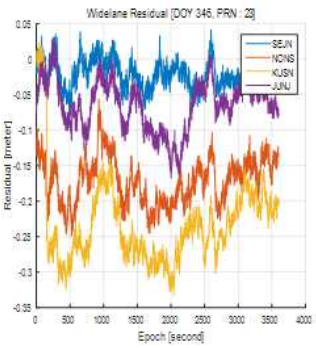
그림 15. 그룹B의 PRN 20번에 대한 분석 결과



DOY 344



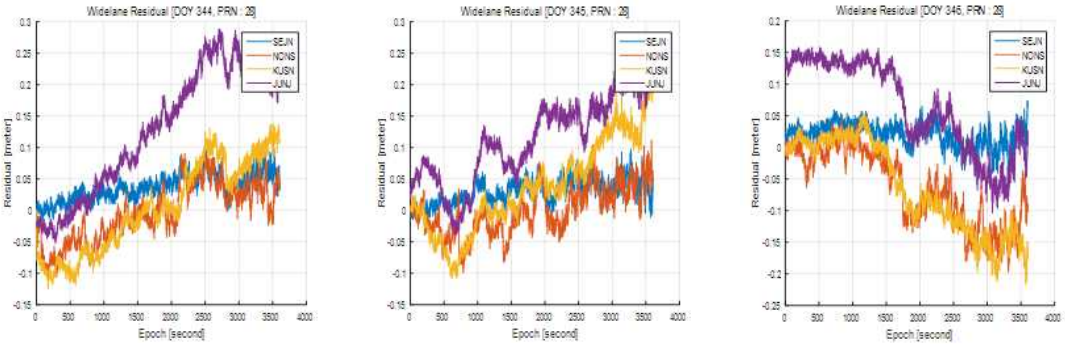
DOY 345



DOY 346

그림 16. 그룹B의 PRN 23번에 대한 분석 결과

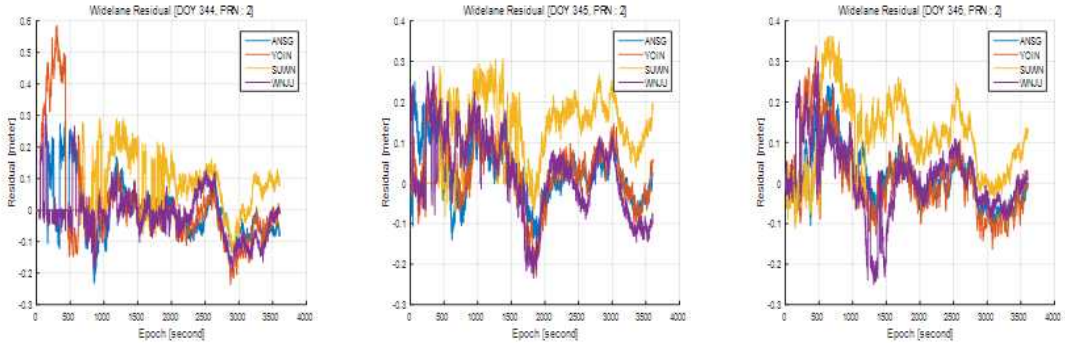
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344 DOY 345 DOY 346

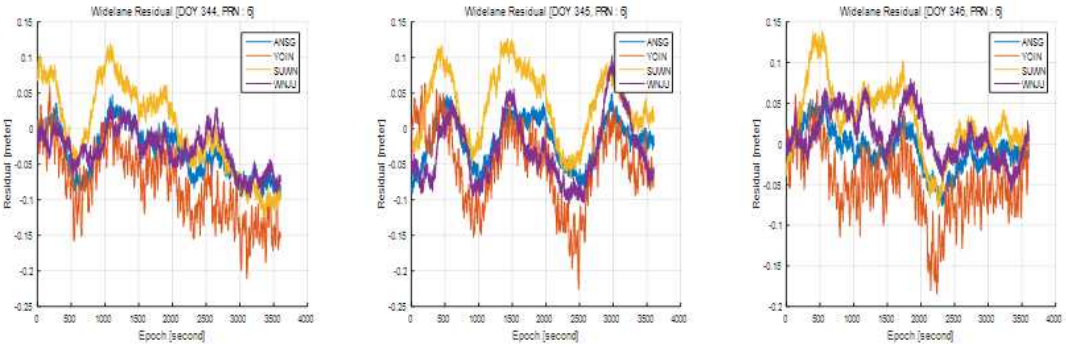
그림 17. 그룹B의 PRN 28번에 대한 분석 결과

3.3. 위성기준점 그룹C 결과



DOY 344 DOY 345 DOY 346

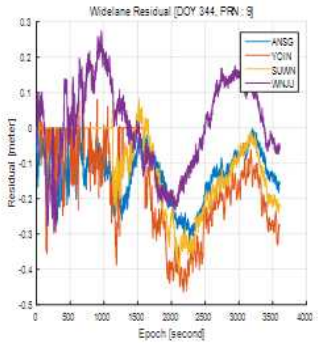
그림 18. 그룹C의 PRN 2번에 대한 분석 결과



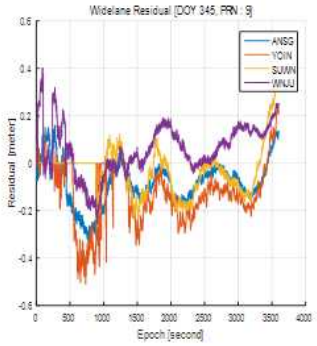
DOY 344 DOY 345 DOY 346

그림 19. 그룹C의 PRN 6번에 대한 분석 결과

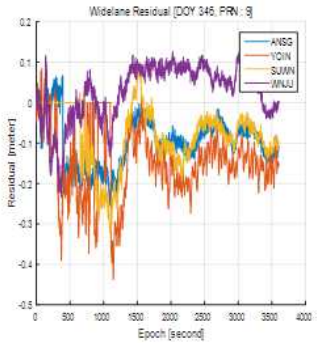
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

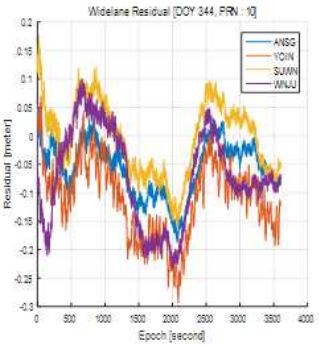


DOY 345

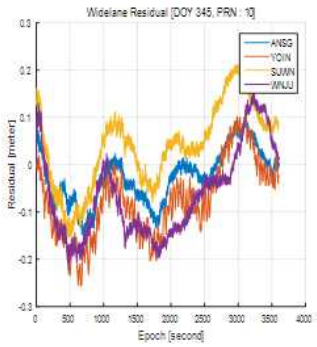


DOY 346

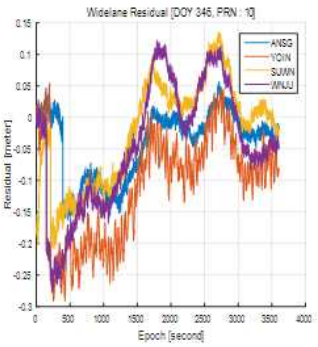
그림 20. 그룹C의 PRN 9번에 대한 분석 결과



DOY 344

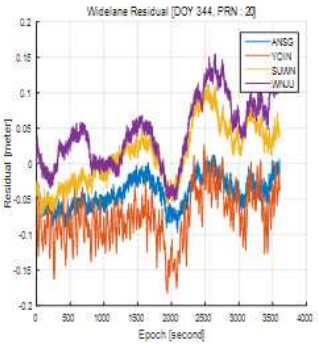


DOY 345

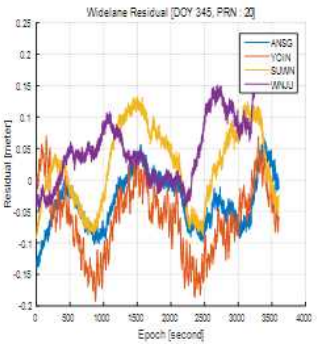


DOY 346

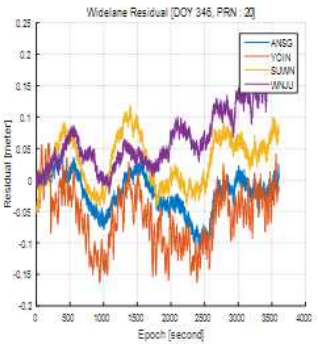
그림 21. 그룹C의 PRN 10번에 대한 분석 결과



DOY 344



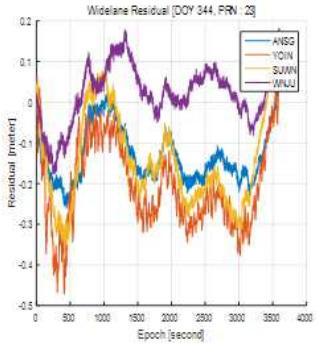
DOY 345



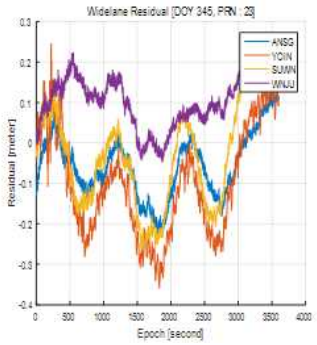
DOY 346

그림 22. 그룹C의 PRN 20번에 대한 분석 결과

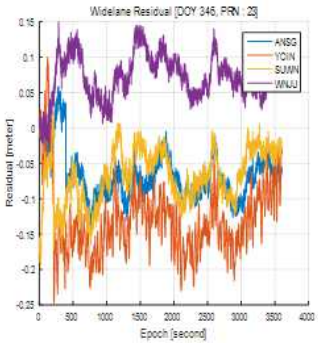
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

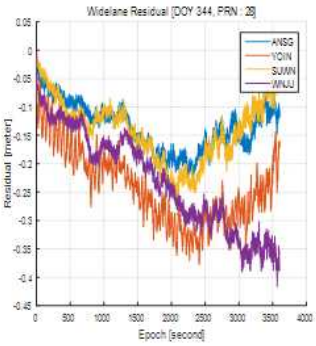


DOY 345

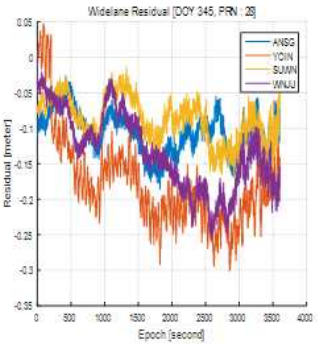


DOY 346

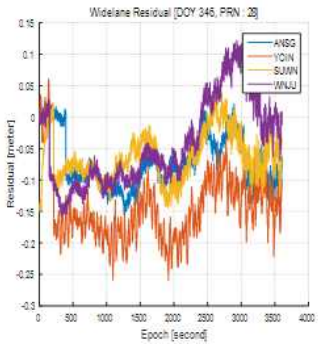
그림 23. 그룹C의 PRN 23번에 대한 분석 결과



DOY 344



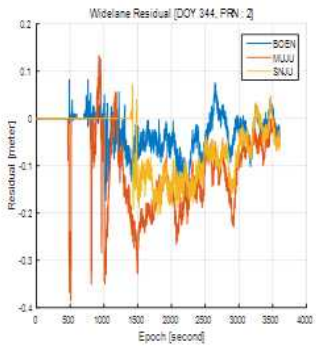
DOY 345



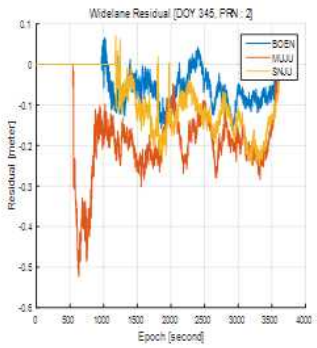
DOY 346

그림 24. 그룹C의 PRN 28번에 대한 분석 결과

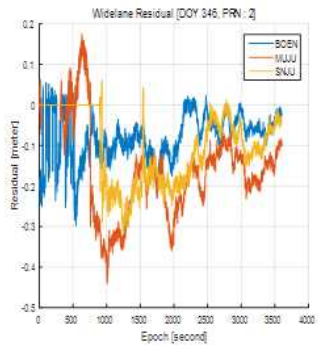
3.4. 위성기준점 그룹D 결과



DOY 344



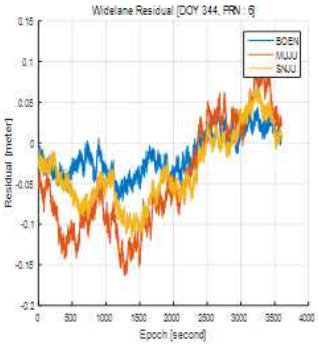
DOY 345



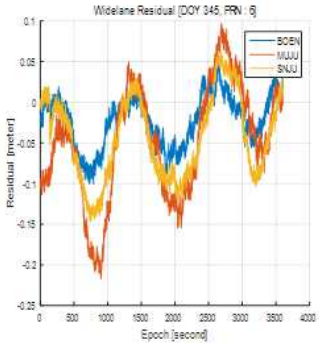
DOY 346

그림 25. 그룹D의 PRN 2번에 대한 분석 결과

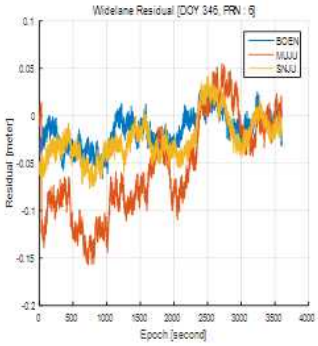
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

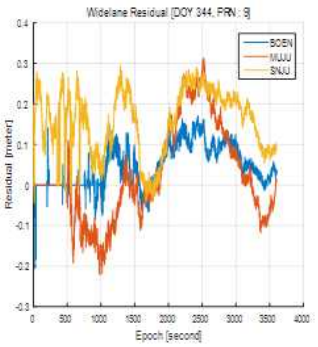


DOY 345

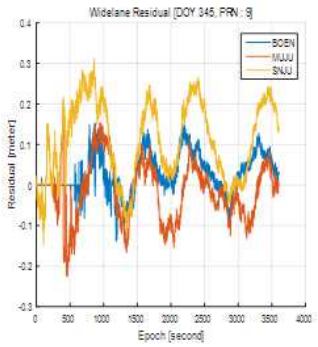


DOY 346

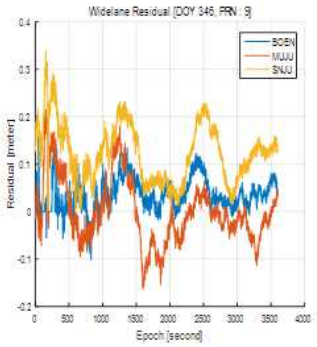
그림 26. 그룹D의 PRN 6번에 대한 분석 결과



DOY 344

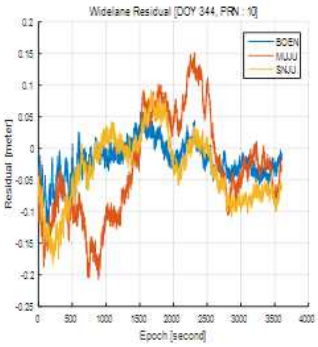


DOY 345

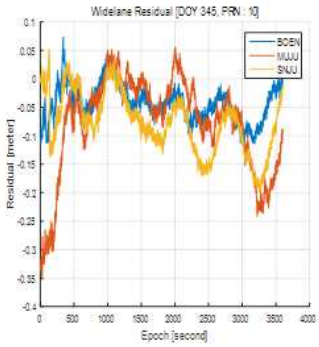


DOY 346

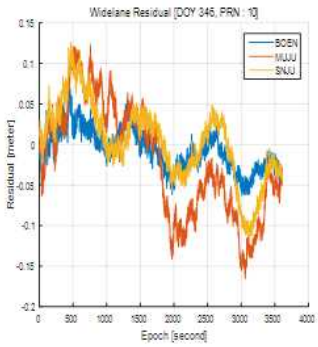
그림 27. 그룹D의 PRN 9번에 대한 분석 결과



DOY 344



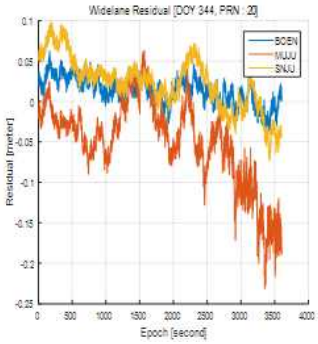
DOY 345



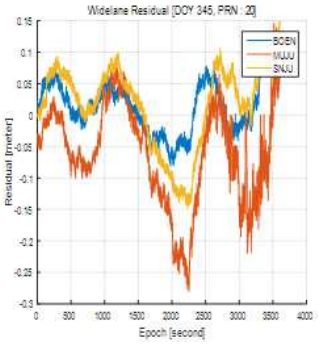
DOY 346

그림 28. 그룹D의 PRN 10번에 대한 분석 결과

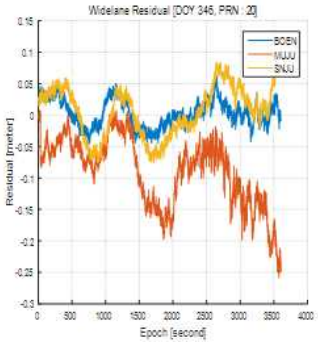
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



DOY 344

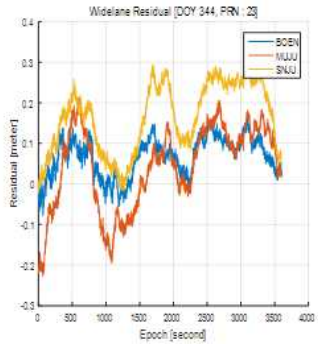


DOY 345

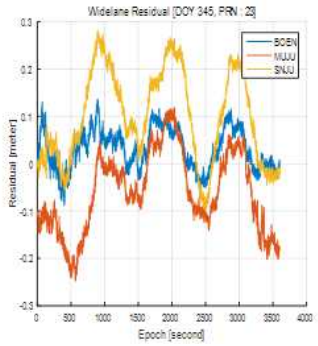


DOY 346

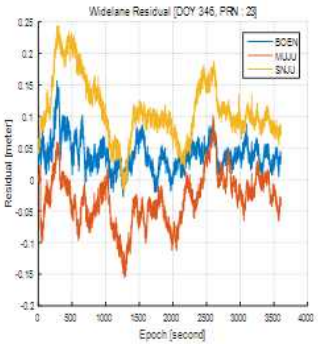
그림 29. 그룹D의 PRN 20번에 대한 분석 결과



DOY 344

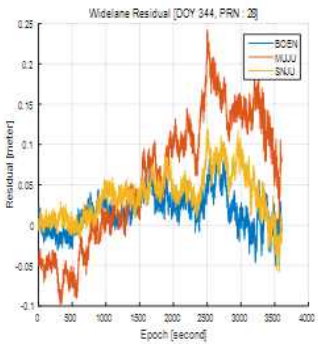


DOY 345

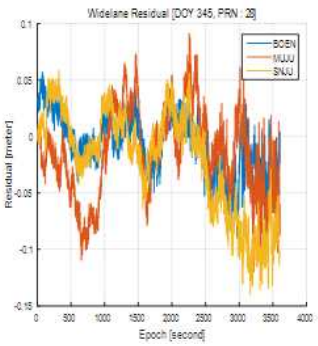


DOY 346

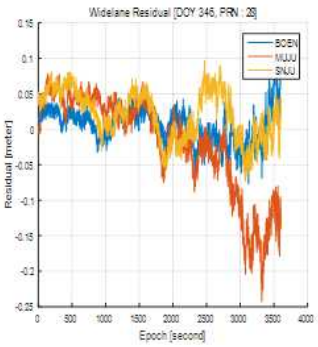
그림 30. 그룹D의 PRN 23번에 대한 분석 결과



DOY 344



DOY 345



DOY 346

그림 31. 그룹D의 PRN 28번에 대한 분석 결과

4. 결론

이 연구에서는 국토지리정보원 위성기준점 데이터를 활용하여 다중 클러스터 구성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

시 얻어질 수 있는 이점인 공간적 배치와 일자에 따른 보정정보 잔차의 유사성에 따른 미지정수 검색 시간 단축 및 보정정보 잔차량 감소 가능성에 대한 분석을 수행하였다.

분석결과 위성배치의 방향과 위성기준점간의 기하학적 방향과의 상관성을 유의미함을 확인하였으며 일자별 관계는 상관도가 높아 미지정수 검색을 위해 이전 일자의 동일시간대의 잔차정보량을 사용하는 경우에는 잔차량이 8cm 이하의 값을 가져 10분 이내에 미지정수 결정될 가능성이 높아짐을 확인하였다.

하지만, 일자별 분석을 통해 유사성이 높지 않은 결과를 분석하여 기상상황이 변경되는 경우에는 상관도가 감소하는 현상을 확인하였으며 향후 AWS 기상데이터와의 비교분석을 통해 일자 및 다중 클러스터 DB를 활용한 보정정보 생성을 위한 미지정수 검색 시간을 단축시켜 가용위성 수를 늘릴 수 있도록 할 계획이다.

5. 용어 정의

본 문서에서 사용되는 용어와 그에 대한 설명은 다음과 같다.

표 4. 용어 정의

용 어	정 의
위성항법 시스템	위성항법시스템은 4개 이상의 위성을 이용하여 사용자가 위치, 시각 정보를 획득할 수 있는 시스템으로, 미국의 GPS(Global Positioning System)와 러시아의 GLONASS(GLobal NAvigation Satellite System)가 대표적이다.
보강정보	교통인프라 시스템에서 생성하는 보정정보와 무결성정보를 아우르며, 위성항법 사용자는 DMB TPEG 서비스를 통해 이 정보를 수신하여 차로구분 수준의 위치정보를 확보할 수 있다.
지역수신국	교통인프라 시스템 구성 요소로, 위성항법 정보, 기상측정 정보, 영상 정보를 주기적으로 획득하고, 지역제어국 및 통합운영국으로 수집 정보를 전송한다.
지역제어국	단일 클러스터 기반 교통인프라 시스템에서 지역제어국은 지역수신국으로부터 수신한 정보를 바탕으로 보강정보를 생성하고, DMB 기지국으로 전송하며, 시스템 제어, 감시한다.
	다중 클러스터 기반 교통인프라 시스템에서 지역제어국은 단일 클러스터의 보강정보 관련 임무를 수행한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-37

신규위성 보정정보 생성 분석서

2017. 10. 16.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	손은성	2017. 10. 16.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 10. 16.	손은성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 서론 ····· **1**

2. 대류권 ····· **1**
2.1. 대류권 모델 ····· 1
2.2. 대류권 오차 경향 분석 ····· 4

3. 무전리층 조합 잔차 분석 ····· **6**

4. 참고문헌 ····· **10**

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 서론

범지구위치결정시스템 (GPS, Global Positioning System) 신호는 대류권을 통과하면서 대기에 의해 신호 지연이 발생하며, 이러한 현상은 GPS 측위의 오차 요인으로서 작용한다[1]. 대류권은 지구 대기 하층부에 존재하는 것으로 지상으로부터 약 12km까지의 영역을 말한다. 대류권에 의한 지연은 크게 건조지연과 습윤지연으로 구분할 수 있는데 건조지연은 대기 중의 산소, 질소 등의 건조 가스에 의한 영향으로 전체 지연 중에 약 90%이며 대류권 총 지연량에 대부분을 차지하지만 건조가스가 정역학적 평행 상태에 있기 때문에 지상관측만으로도 정밀한 결정이 가능하다[3]. 반면, 습윤지연은 수증기에 의한 영향으로 약 10% 정도지만 수증기의 시·공간적 변화가 크기 때문에 지상관측만으로는 정확한 결정이 어렵다. 일반적으로 대류권에 의한 GPS의 천정방향 신호지연은 약 2~3m이며 이중 건조지연이 약 2.4m이다[4][5][6].

대류권 오차는 전리층과는 달리 이중주파수 수신기를 사용하더라도 그 효과를 제거할 수 없다. 따라서 대류권 오차 모델링과 그에 따른 사상함수에 대한 연구가 많이 이루어 졌는데 대표적인 오차 모델로 Hopfield, Saastanmoinen, 그리고 이들의 수정(Modified) 모델 등이 있다[7]. 대류권 오차 중 습윤지연은 정확한 값을 산출하기 어렵다. 따라서 이러한 모델들은 천정방향 총 지연과 건조지연을 산출하는 모델이며 천정방향 총 지연과 건조지연의 차이를 이용하여 습윤지연을 산출한 다음 각각의 사상함수를 이용하는 방법을 사용한다[5][6]. 천정방향 대류권 오차는 고도에 따라 선형적으로 변화하는 특성이 있으며 시선방향 대류권 오차는 위성고도각 20도 이상에서는 유사한 변화를 나타낸다[4][8].

본 과제에서 보정정보를 생성하기 위해서는 정확한 대류권 오차를 모델링하는 것이 필요하므로 이 연구에서는 신규위성의 보정정보 생성의 속도를 높이기 위한 이중차분 잔차 DB를 이용한 연구를 수행하였다. 그리고 생성한 DB를 이용하여 이중차분 미지정수 결정에 이용하였다.

2. 대류권

2.1. 대류권 모델

천정방향으로의 대류권 총 지연량(ZTD, Zenith Total Delay)을 건조지연과 습윤지연으로 구분하여 나타내면 식(1)과 같다[4][5][6].

$$ZTD = ZHD + ZWD \tag{1}$$

온라인 자료처리 서비스는 GIPSY-OASIS (GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software) 6.4를 이용하여 천정방향의 건조지연과 습윤지연

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

을 산출한다[9]. 건조지연은 식(2)를 이용하여 GPS 관측소 위치와 기상자료를 이용하여 계산할 수 있다[10].

$$ZHD = \frac{(2.2779 \pm 0.224)P}{1 - 0.00266\cos 2\phi - 0.00028h} \quad (2)$$

식(2)에서 P는 밀리바 (milli bar) 단위의 관측 지점의 압력이며, ϕ는 위도, h는 미터 (meter) 단위의 고도를 의미한다. 반면에 수증기에 의해 발생하는 습윤지연은 수증기의 시공간적 변화가 매우 크고 불규칙하기 때문에 지상에서 관측한 기상자료만을 이용해 결정하기는 어려워 선험적 방법을 이용한다. 선험적 방법에 의한 ZTD는 선험적 건조지연량과 습윤지연량의 합으로 식(3)과 같다[1].

$$ZTD = AHD + AWD + ZDC \quad (3)$$

식(3)에서 ZDC는 선험적 지연량에 대한 보정항으로 GPS 자료처리 과정에서 추정한다. GIPSY-OASIS에서는 AWD로 0.1m를 사용하며 AHD는 식(4)를 이용하여 산출한다[11].

$$AHD = 2.9951e^{-0.000116h} \quad (4)$$

식(4)에서 고도의 단위는 km이며 식(2), (3), (4)를 이용하여 식(5)와 같이 천정방향 습윤지연을 산출할 수 있다[1].

$$ZWD = (AHD + AWD + ZDC) - ZHD \quad (5)$$

천정방향의 대류권 오차를 시선방향으로 변환하는 대표적인 사상함수로는 Hopfield, Saastanmoinen, Niell 등 있다. 사상함수들 간에는 거의 차이가 없다고 알려져 있으므로 이 연구에서는 Niell 사상함수를 사용하였다. Niell 사상함수는 건조지연 사상함수와 습윤지연 사상함수로 구분되며 온도와 상대습도를 이용하여 유도된 식이다[5]. 식(6)에 Niell 함수의 건조지연 사상함수를 나타내었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$m_d = \frac{1+\dfrac{a}{1+\dfrac{b}{a+c}}}{\sin E+\dfrac{a}{\sin E+\dfrac{b}{\sin D+c}}} + \left(\frac{1}{\sin E} - \frac{1+\dfrac{a_{ht}}{1+\dfrac{b_{ht}}{1+c_{ht}}}}{\sin E+\dfrac{a_{ht}}{\sin E+\dfrac{b_{ht}}{\sin E+c_{ht}}}} \right) H \quad (6)$$

식(6)에서 H는 킬로미터 (kilometer) 단위의 고도이며 a, b, c는 건조지연 사상함수의 계수로 식(7)과 같이 위도와 시간의 함수이다. 식(5)의 a_{avg}와 a_{amp} 그리고 a_{ht}를 표 1에 나타내었으며 t는 DOY이다.

$$a(\phi, t) = a_{avg}(\phi) - a_{amp}(\phi)\cos\left(2\pi\frac{t-28}{365.25}\right) \quad (7)$$

표 1. Niell 건조지연 사상함수 계수

위도 / 계수	15°	30°	45°	60°	75°
a_{avg}	1.2769934x 10^{-3}	1.2683230x 10^{-3}	1.2465397x 10^{-3}	1.2196049x 10^{-3}	1.2045996x 10^{-3}
b_{avg}	2.9153695x 10^{-3}	2.9152299x 10^{-3}	2.9288445x 10^{-3}	2.9022565x 10^{-3}	2.9024912x 10^{-3}
c_{avg}	62.610505x 10^{-3}	62.837393x 10^{-3}	63.721774x 10^{-3}	63.824265x 10^{-3}	64.258455x 10^{-3}
a_{amp}	0.0	1.2709626x 10^{-5}	2.6523662x 10^{-5}	3.4000452x 10^{-5}	4.1202191x 10^{-5}
b_{amp}	0.0	2.1414979x 10^{-5}	3.0160779x 10^{-5}	7.2562722x 10^{-5}	11.723375x 10^{-5}
c_{amp}	0.0	9.0128400x 10^{-5}	4.3497037x 10^{-5}	84.795348x 10^{-5}	170.37206x 10^{-5}
a_{ht}	2.53x10^{-5}				
b_{ht}	5.49x10^{-5}				
c_{ht}	1.14x10^{-5}				

식(8)에 Niell 습윤지연 사상함수를 나타내었으며 a, b, c는 습윤지연 사상함수의 계수로 표 2에 나타내었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$m_w = \frac{1+\dfrac{a}{1+\dfrac{b}{1+c}}}{\sin E+\dfrac{a}{\sin E+\dfrac{b}{\sin E+c}}} \tag{8}$$

표 2. Niell 습윤지연 사상함수 계수

위도 / 계수	15°	30°	45°	60°	75°
a	5.8021897x 10^{-4}	5.6794847x 10^{-4}	5.8118019x 10^{-4}	5.9727542x 10^{-4}	6.1641693x 10^{-4}
b	1.4275268x 10^{-3}	1.5138625x 10^{-3}	1.4572752x 10^{-3}	1.5007428x 10^{-3}	1.7599082x 10^{-3}
c	4.3472961x 10^{-2}	4.6729510x 10^{-2}	4.3908931x 10^{-2}	4.4626982x 10^{-2}	5.4736039x 10^{-2}

2.2. 대류권 오차 경향 분석

본 과제에서는 이중차분된 L1 미지정수를 기반으로 보정정보를 생성한다. 따라서 보정정보를 생성하기 전에 정확한 L1 미지정수를 결정하는 것이 본 과제 인프라의 핵심이라 할 수 있다. L1 미지정수를 결정하는 과정과 후처리 대류권 지연량을 적용하여 미지정수 결정 성능 향상 가능성은 1차년도 성과문서와 연차실적계획서로 대체한다.

GIPSY-OASIS와 같은 고정밀 자료처리 소프트웨어는 자료처리를 위해 정밀궤도력을 사용한다. [12]에 따르면 정밀궤도력을 생성하고 사용자에게 제공하는데는 12일에서 20일까지 소요된다. 그림 1은 지역수신국별 후처리 대류권 천정방향 지연량이다. 건조

그림 1. 20일간의 지역수신국 대류권 지연량(좌: 건조지연, 중: 습윤지연)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

지연의 경우 20일 동안 변화가 거의 없는 것으로 나타났으나 지역수신국의 고도가 낮을수록 크게 나타났다. 습윤지연의 경우 지역수신국 간 크기는 0에 가까울 정도로 매우 유사한 값이 있었으며 크게는 약 3.5cm 수준으로 작게 나타났지만 시간적 변화가 건조지연보다 다양한 것을 확인할 수 있다.

천정방향의 3.5cm 지연은 위성고도각 5°로 가정했을 경우 시선방향으로 약 38cm 수준의 지연으로 1 사이클이 약 19cm인 L1 측정치 미지정수 결정에 치명적일 수 있다. 그림 2는 Niell 사상함수를 이용하여 3.5cm의 천정방향의 지연을 시선방향으로 위성고도각에 따라 1°씩 증가시킨 시뮬레이션 결과이다. 그림 2를 보면 5°에서 약 15°까지 낮은 위성고도각에서는 지연의 변화가 매우 큰 것을 확인할 수 있으며 이는 수신기 시야에 나타나거나 없어지는 위성에 매우 큰 영향을 줄 것으로 판단된다.

그림 2. 사상함수를 이용한 시뮬레이션 결과

시선방향의 대류권 지연은 실시간 모델과 후처리 결과와 비교하여 그림 3과 같이 크게는 약 1m까지 차이가 발생하였으며 위성별로 상이하게 나타났다. 그리고 공주 지역

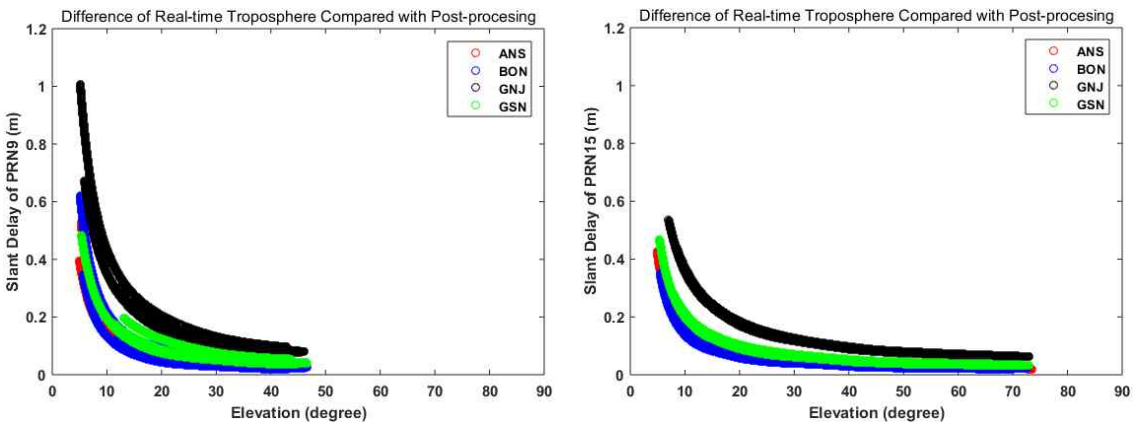


그림 3. 시선방향 총 지연량 비교

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

수신국이 다른 지역수신국보다 지연이 다소 크게 발생하였으며 다른 지역수신국은 대체적으로 유사한 결과를 나타내었다.

3. 무전리층 조합 잔차 분석

본 과제에서는 L1 미지정수를 결정하기 위해 광대역 조합과 무전리층 조합을 사용한다. 일반적으로 광대역 조합은 파장이 약 86cm로 미지정수가 비교적 쉽게 결정된다. 광대역 미지정수와 무전리층 조합을 이용하여 L1 미지정수를 산출할 수 있지만 대류권 오차가 남아있다. 대류권 오차는 그림 1에 나타낸 것과 같이 시공간적 변화가 매우 커 오차를 모델링하는 것은 쉽지 않을 것으로 판단된다. 따라서 L1 미지정수를 계산하기 바로 전 단계인 무전리층 조합의 전차를 분석해 보았다. 그림 4는 4일간의 이중차분된 무전리층 조합 잔차를 나타낸 것이다. 4일간의 잔차는 일부 위성을 제외하고 날짜별로 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

그림 4. 이중차분된 무전리층 조합 잔차

잔차는 위성 고도각과 관련이 있으므로 고도각 20° 이하는 5° 단위로 그 이상은 15° 단위로 구분하여 표 3, 4, 5에 나타내었다. 잔차 제곱평균제곱근은 5°~10°의 경우 1일

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

차와 3일차 그리고 2일차와 4일차가 유사하게 나타났으며 위성고도각 10° 이상부터는 유사하게 나타났다. 5°~10°와 같은 낮은 고도각에서의 무전리층 잔차는 장시간의 분석이 필요할 것으로 판단된다.

표 3. 무전리층 잔차 고도각별 평균 (단위: cm)

	5°~10°	10°~15°	15°~20°	20°~30°	30°~45°	45°~60°	60°~75°	75°~90°
1일	-1.4	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.0	-0.0
2일	0.5	-0.4	-0.1	-0.2	-0.0	-0.2	-0.0	0.1
3일	0.9	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1
4일	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.0	-0.2	-0.1	0.0

표 4. 무전리층 잔차 고도각별 표준편차 (단위: cm)

	5°~10°	10°~15°	15°~20°	20°~30°	30°~45°	45°~60°	60°~75°	75°~90°
1일	2.6	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.6
2일	3.3	1.8	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.5
3일	2.6	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7
4일	3.3	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.8

표 5. 무전리층 잔차 고도각별 제곱평균제곱근 (단위: cm)

	5°~10°	10°~15°	15°~20°	20°~30°	30°~45°	45°~60°	60°~75°	75°~90°
1일	2.9	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.6
2일	3.3	1.8	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.5
3일	2.7	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7
4일	3.4	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.8

일별 무전리층 잔차 변화량은 대류권 오차보다 변화량이 작은 것으로 판단된다. 생성된 잔차를 보정정보 생성에 적용하기 위해서는 전날 생성한 값을 다음날에 적용해야한다. 여기서 고려해야할 사항은 GPS 위성의 궤도 주기는 약 11시간 58분으로 다음날 동일한 시각에 동일한 위치에 위성이 나타나지 않으며 수신기 시야에 보이는 시간 또한 미세한 차이가 발생할 수 있다. 위성마다 다르지만 표 6과 같이 전날과 비교하여 평균 247초 정도 앞서 나타나므로 잔차를 적용할 때 이러한 부분을 고려해 주어야 한

표 6. 일별 GPS 위성 궤도 차이

PRN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
차이	252	270	31	0	277	144	240	318	228	264	264	258	234	348
PRN	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
차이	360	246	210	234	258	210	240	360	227	270	210	312	234	246
PRN	29	30	31	32										
차이	252	272	240	240										

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

다.

그림 5는 2개의 날짜의 잔차 차이를 일부 나타낸 것이다. 위에 설명한 바와 같이 위치, 수신기 시야에 보이는 시간, 위성고도각의 차이가 발생하여 직접적인 비교는 쉽지 않았으며 크게는 약 15cm 까지 상승하는 것으로 보아 미지정수 결정에 다소 어려움이 있어 보인다.

그림 5. 무전리층 조합 잔차 일별 차이

표 7은 잔차를 이용한 결정된 미지정수 산출 결과이다. 미지정수는 모든 위성에서 향상되지 않았으며 일부 위성은 결정률이 저하되거나 또는 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 7. 잔차를 이용한 향상된 미지정수 결과

PRN	잔차 적용 전 Epoch	전차 적용 후 Epoch	단축 시간 (초)	향상율 (%)
3	63,696	63,101	595	72.03
7	1,907	1,876	31	2.25
9	75,615	75,110	505	96.74
10	58,968	57,710	1,258	89.35
12	78,234	78,224	10	35.71
13	1,736	980	756	77.78
16	38,880	37,626	1,254	89.83
21	44,092	43,511	581	64.1
22	61,451	61,257	194	35.73
24	12,915	12,681	234	15.65
28	17,711	16,870	841	44.43
30	2,442	2,433	9	1.86
평균			522	52.12

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 8. L1 잔차 고도각별 절대값 평균 (단위: cm)

	~5°	5°~6°	6°~7°	7°~8°	8°~9°	9°~10°	10°~15°	15°~20°
적용 전	7.4	6.3	5.5	5.9	5.3	4.7	3.9	3.1
적용 후	5.9	5.0	4.6	4.8	4.7	4.3	3.9	2.9

표 8에 잔차를 적용하기 전후 위성 고도각별 잔차 평균을 나타내었다. 잔차를 적용하기 전에는 위성고도각 약 10° 이후부터 잔차가 5cm 이하로 작아지는 것을 확인할 수 있으나 잔차를 적용한 후에는 약 7° 이후부터 잔차가 5cm 이내로 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한 잔차 적용 전의 6°~7°와 7°~8°의 잔차 평균값의 역전 현상은 낮은 고도각에서의 미지정수 결정 오류로 인한 영향으로 판단된다. 그림 6에는 잔차 적용 전후의 미지정수 결정 결과를 나타내었으며 일별로 후처리 무전리층 잔차 DB를 구

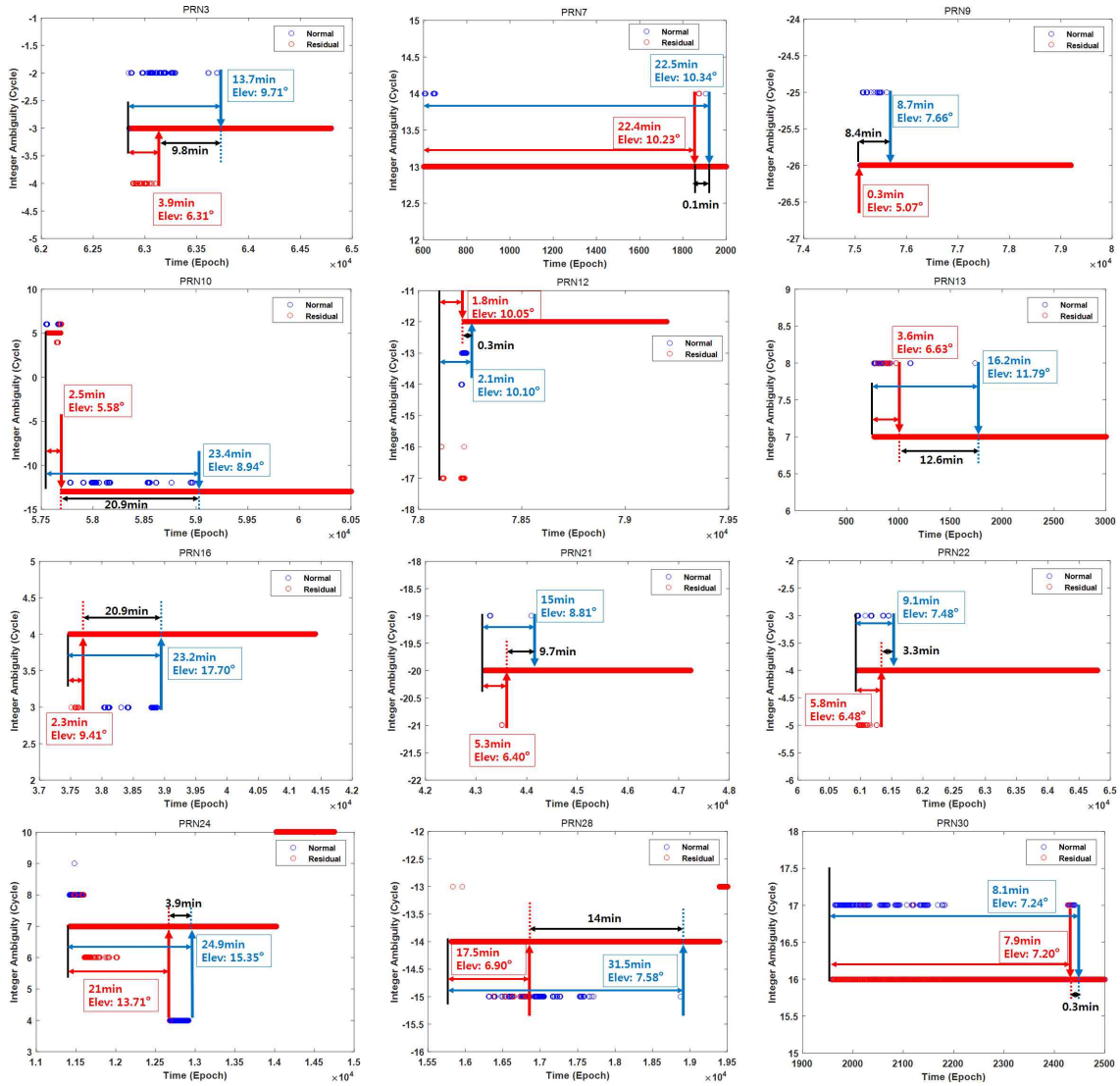


그림 6. 잔차를 적용한 미지정수 결정 결과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

축하면 미지정수 결정 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] 김현호 2012, MART 알고리즘을 이용한 GPS 기반 3차원 수증기량 복원, 석사학위논문, 인하대학교

[2] Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Wasle E. 2008, GNSS: Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS & More (Springer/WienNewYork)

[3] Bevis, M., Businger, S., Herring, T., Rocken, C. Anthes, R. A., and Ware, R. H. 1992, GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor using The Global Positioning System, Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No. D14, pp. 15787-15801

[4] Hong C.-K. 2007, Efficient Differential Code Bias and Ionosphere Modeling and Their Impact on The Network-based GPS Positioning, Ph.D. dissertation, Department Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus, OH

[5] 최병규 2009, 중거리 기선 측지 성능 개선을 위한 지역 전리층 모델 개발, 박사학위논문, 충남대학교

[6] 김두식 2011, AWS 기상자료 보간을 통한 GPS 가강수량 산출 및 정확도 검증, 석사학위논문, 인하대학교

[7] 손은성 2013, 격자형 지역 전리층 및 대류권 모델을 이용한 장기선 GPS L1 상대측위 정확도 향상, 석사학위논문, 인하대학교

[8] Rothacher M. 1992, Orbit of Satellite Systems in Space Geodesy, Report No. 46, Astronomical Institute, University of Berne, Bern, Switzerland

[9] APPS (Automatic Precise Positioning Server) 홈페이지

[10] Elgered G., Davis J. L., Herring T. A. and Shapiro I. I. 1991, Geodesu by radio interferometry: Water vapor radiometry for estimation of the wet delay, Journal of Geophysical Research, Vol. 96, No. B4, pp. 6541-6555

[11] Webb F. H., and Zumberge J. F. 1993, An Introduction to GIPSY/OASIS-II, JPL Publ., Pasadena, California, USA

[12] IGS (International GNSS Service) 홈페이지

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	측정보고서	문서번호	보고서-38

다중클러스터 무결성 위험도 측정보고서

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	안종선	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	안종선

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 다중클러스터 무결성 위험도 측정개요 ····· 1

2. 다중클러스터 무결성 기법 ····· 1
2.1. DFCD (Dual Frequency Carrier Divergence) ····· 1
2.2. I-Value 검사 ····· 3
2.3. De-Weighted 가중치 최소자승법 기반 전리층 폭풍 방향 추정 ····· 4

3. 다중클러스터 무결성 위험도 측정 ····· 6

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 다중클러스터 무결성 위험도 측정개요

항공분야에서 항법수단으로써의 위성항법시스템의 무결성은 항공기의 안전과 직결되어 있는 분야로 반드시 엄격하게 평가되어야 할 요구조건이다. 전리층 폭풍은 위성항법시스템의 무결성 확보에 가장 큰 걸림돌이 되는 요인이다. 태양활동에 민감하게 반응하며 이는 예측이 어렵다는 점이다. 전리층 폭풍이 발생하게 되면 영향이 지자기 적도를 중심으로 국지적으로 전파된다. 이로 인해 미국의 SBAS 시스템인 WAAS에서는 이러한 영향이 있었다. 전리층 폭풍으로 인해 CAT-I을 만족시키지 못한 상태이다. 이를 극복하기 위한 주된 연구로는 개별 기준국에서 전리층에 서로 다른 영향을 받는 코드(지연), 반송파 (앞섬) 기반으로 전리층 폭풍을 모니터링하는 CCD (Code Carrier Divergence) Test가 있다. 전리층 오차 모델 (위협모델)을 보수적으로 개발하여, 이를 항공기 위치 오차 예측 (Protection Level)에 반영하는 연구가 진행되었으며, 추후에 다중 주파수를 이용한 극복방안이 제시되고 있다. 위에서 설명한 것과 같이, 전리층 폭풍 발생시 예상치 못한 국지적인 양상을 띄게 된다. 본 연구에서는 국지적으로 발생하는 전리층 폭풍을 모니터링하기 위해서는 단일 기준국 보다는 다중 클러스터 기준국에서 기준국 상공의 전리층 상태를 상호 공유하면서 대처해 나가는 방향을 제시하였다. 구체적으로는 이중 주파수 반송파 측정값을 이용하여 정밀한 전리층 수직 지연 변화량을 모니터링 (DFCD : Dual Frequency Carrier Divergence)하고, 주변 기준국과 상호 비교 (I-Value, Ionosphere Value)하는 방법을 제안하였다. 또한 네트워크 내에서 운용 중인 항공기의 안전을 위해서 네트워크 기준국간의 상대적인 전리층 상태를 위치 오차 예측 (Protection Level) 기법을 개발하여 다중클러스터에서의 무결성 위험도를 측정하였다.

2. 다중클러스터 무결성 기법

다중클러스터에서의 무결성 위험도 분석을 위해 활용된 기법은 DFCD, I-Value, De-Weighted Least Square 기법이다.

2.1. DFCD (Dual Frequency Carrier Divergence)

전리층은 지구표면으로부터 50~2000km 고도에 분포되어 있으며 태양의 자외선 방사 (Ultraviolet radiation)에 의해 이온화된 층이다. 위성항법시스템 신호들은 전리층 내의 자유전자와 이온들로 인해, 굴절 (Reflection)이 발생하고, 이에 따라 신호의 지연 현상으로 나타난다. 전리층 지연은 주파수에 따라 달리 나타나며 그 수식은 다음과 같다 위성항법시스템에 미치는 영향은 주파수별 (L1/L2/L5..), 측정값 종류 (코드/반송파) 별로 달리 나타나게 된다. 같은 주파수의 코드, 반송파의 경우 전리층에 의해 코드는 지연, 반송파는 앞섬 현상이 나타난다. L1 코드-반송파를 중심으로 살펴보면, 코드와 반송파를 차분한다. 전리층 지연의 영향은 2배로 증폭되며, 반송파의 미지정수와

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

노이즈가 남게 된다. 미지정수의 경우 개별적으로 추정 해야 하는 값으로 반송파에 사이클 슬립이 발생하지 않는 다면 그 값은 시간에 따라 일정하게 유지된다. 본 기법에는 반송파의 영향을 배제하기 위해 시간에 따른 차분을 수행하여, 미지정수 부분을 상쇄한다. 이 때 노이즈의 시간 차분으로 증폭되는 요인은 다중 경로 및 기타 오차에 의한 것으로 실제 CCD 값의 노이즈 성분으로 남게 된다. 이 값을 시간차분하며 개별 지역수신국 상공에서의 전리층 변화율을 추정할 수 있다.

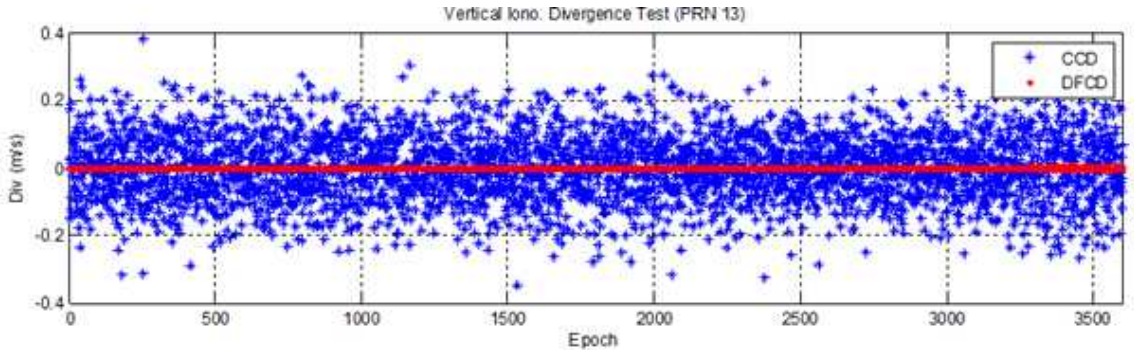


그림 1. 정상상태에서의 CCD와 DFCD 결과 비교

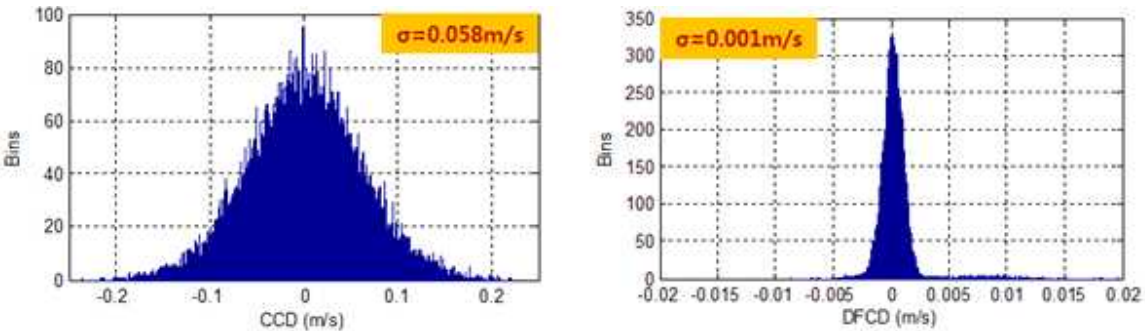


그림 2. 정상상태의 CCD 및 DFCD 히스토그램

DFCD값이 CCD 값보다 정확성 측면에서도 우수한 것을 확인할 수 있다. 이를 장기간 데이터를 활용하여 위성앙각에 따른 전리층 수직 지연량을 살펴보면 그림 3와 같다. DFCD가 CCD에 비해 작게는 5배, 크게는 25배의 정밀도 차이가 나는 것을 알 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

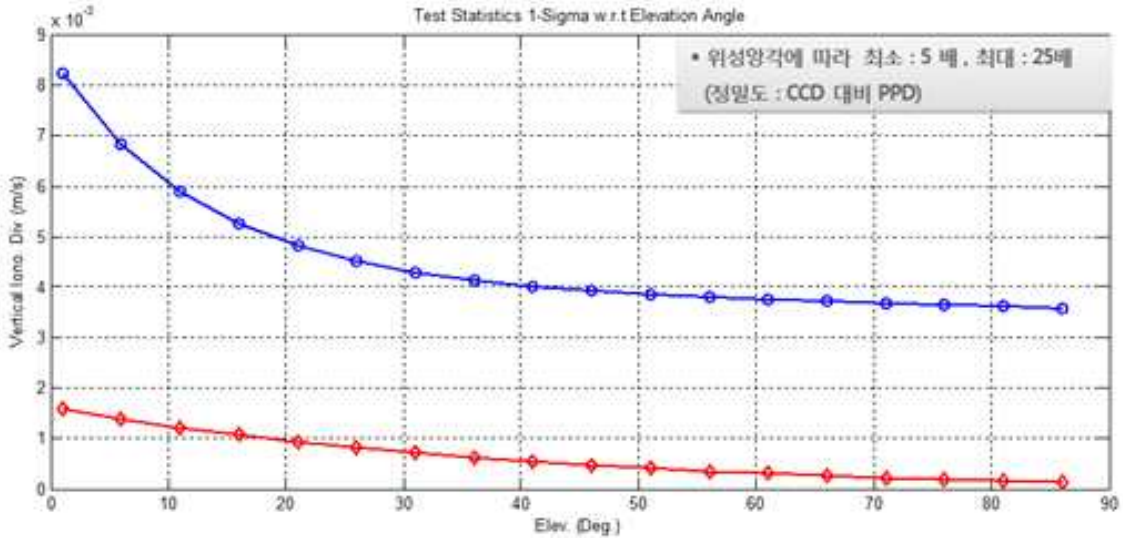


그림 3. 위성앙각에 따른 전리층 수직 지연량 추정 결과

2.2. I-Value 검사

전리층 수직 지연 변화율 검사인 DFCD 검사와 또는 CCD검사를 통과한 위성의 정보는 주변 기준국의 동일 위성들의 DFCD 값들과의 유사성을 검사하게 된다. 이는 국지적인 오차 특성을 가지고 있는 전리층 폭풍 여부를 감시하는 방법으로, 만약 특정 위성, 특정 지역의 기준국의 I-Value 값이 증가한다면, 그 지역의 전리층 폭풍 여부를 의심할 수 있게 된다.

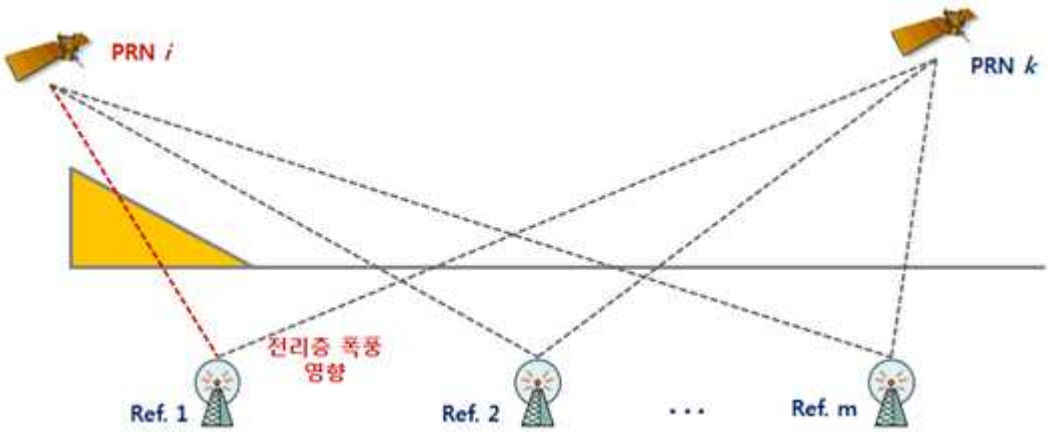


그림 4. I-Value 기본 개념 도식화

정상상태의 경우 I-Value의 값은 '0'에 가까운 값으로 수렴이 되면, 전리층 폭풍이 발생하게 될 경우 그 값은 증가하게 된다. DFCD와 마찬가지로 고앙각으로 갈수록 노이즈 저감으로 인해 샘플의 표준편차가 증가하게 된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

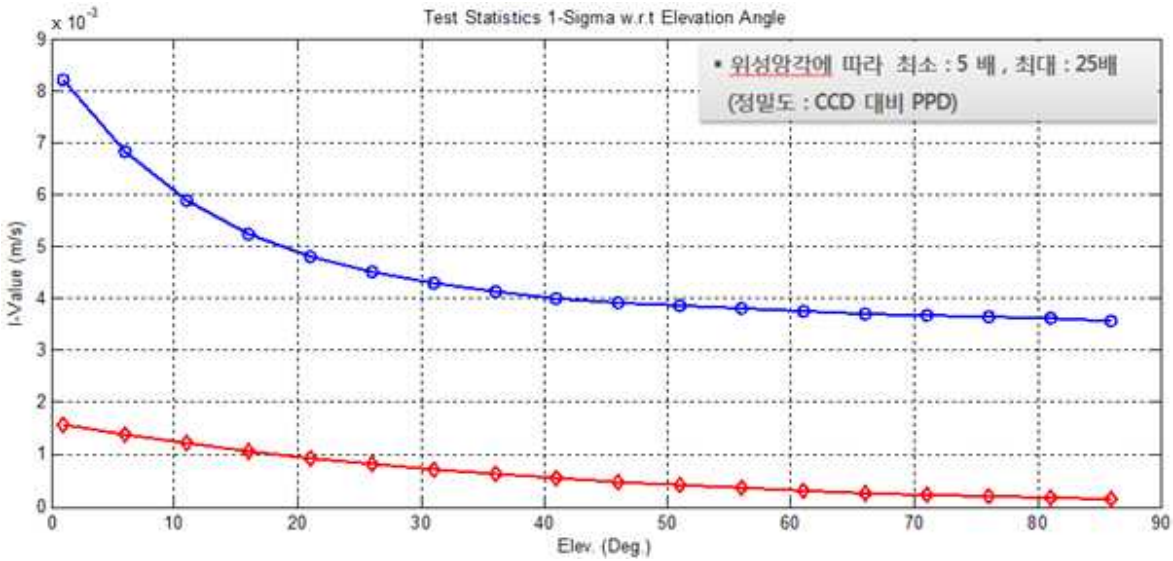


그림 5. 위성앙각에 따른 I-Value 감소 경향

2.3. De-Weighted 가중치 최소자승법 기반 전리층 폭풍 방향 추정

국지적인 전리층 폭풍은 특정 지역 수신기에 측정된 위성들의 의사거리의 거리 오차를 증가시키기 된다. 위성항법시스템의 정확도를 향상시키는 방법으로는 항공분야에서 대표적으로 위성항법보강시스템 있다. 기본적인 원리는 위성항법시스템의 안테나 위치를 정확히 알고 있는 지상 기준국에서 수신된 다수의 가시위성의 거리 측정값 오차를 계산하게 된다. 그 오차를 보정정보 (PRC : Pseudorange Correction)이라 일컫으며 위치 정확도를 향상시켜야 하는 항공기에 전송하게 된다. 전송방법에 따라 지상 전송 설비를 활용하여 반경 50km 이내의 정밀 접근 및 착륙을 시도하는 항공기에 전송하는 GBAS (Ground Based Augmentation System)와 지상 기준국이 광역으로 배치되어 있고 보정정보가 계산되어 정지궤도위성 (GEO : Geosynchronous Satellite)을 이용하여 광역에 운용 중이 항공기에 제공하는 SBAS (Space Based Augmentation System)이 있다. 두 시스템 모두 예측한 보정정보가 항공기가 실제로 겪게되는 오차와 유사해야만 정확도를 향상시킬 수 있다. 즉 위성항법시스템의 전리층 지연 오차의 보정은 전리층 지연의 절대값이 아닌 지상국과 사용자간의 상대적인 오차를 정확히 추정해야만 항공기의 정확도 향상에 기여할 수 있다. 이 점을 무결성 측면에 착안하면, 네트워크 기준국에서의 상대적인 전리층 지연 오차의 상태를 모니터링하는 것이 중요하다. 만약 국지적인 전리층 지연 오차가 발생할 경우 정상적인 상태에서 유사해야 할 전리층 지연 상대 오차가 갑작스럽게 증가하게 된다. 증가된 전리층 상대 지연값을 위치해에 적용하게 되면, 전리층 상대 지연값이 증가된 위성의 시선각 벡터 반대 방향으로 위치 오차가 증가하게 된다. 본 연구에서는 이 점에 착안하여 전리층 상대 지연값을 네트워크 기준국간의 DFCD값을 차분하여 추정하고 이를 기준국 위치해 계산에 적용하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

기준국의 경우 정확한 위치를 알고 있는 안테나이므로 추정한 위치 오차의 정확도는 신뢰할 만 하다고 볼 수 있다. 이를 그림으로 도식화 하면 다음과 같다.

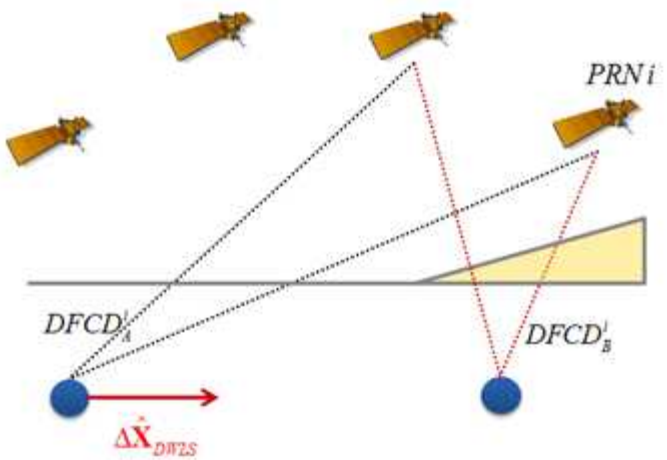


그림 6. 다중클러스터에서 DFCD 상호교환을 통한 전리층 폭풍 방향 추정

De-Weighting 된 오차 모델은 네트워크 기준국에서 생성된 DFCD 또는 CCD 값의 표준편차를 적용하게 된다. 이 때 표준편차 계산에 사용되는 샘플은 정규화 과정을 거친 후 표준편차값으로 사용한다.

정규화 과정에서 사용된 평균과 표준편차는 정상상태에서의 통계치로 평균은 '0', 표준편차는 그림 5 기반의 모델값을 사용하였다. 이는 정상상태의 환경에서는 정규화 과정에서는 문제가 없지만, 전리층 폭풍이 발생하였을 경우에 위와 같은 값으로 정규화 과정을 거친다는 것은 통계학적 관점에서 옳은 정규화 방법으로는 볼 수 없을 것이다. 하지만 고장 검출 관점에서 위와 같이 정해져 있는 값으로 정규화 과정을 거쳤을 경우 그 값이 정규화 (평균 '0' 표준편차 '1')되지 못한 값으로 도출되어 부각되는 효과를 얻을 수 있다.

전리층 수직 지연 변화량이 차이가 발생하였을 때 가중치가 변화하는 모습을 살펴보면 그림 7과 같다. 실제로는 시간에 따라 가시위성의 변화가 발생하였을 때 가중치의 변화가 발생하기 때문에 분석 시간동안에는 임의의 시간에 PRN 7, 16, 19, 27에 있다고 가정하였다. 12시 이후에 네트워크를 구성하는 특정 기준국, PRN 16번에 0.001m/s2의 고장을 삽입하였을 때 16번 위성이 앙각이 낮지만 고장이 삽입한 후에 가중치가 증가하는 것을 확인하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

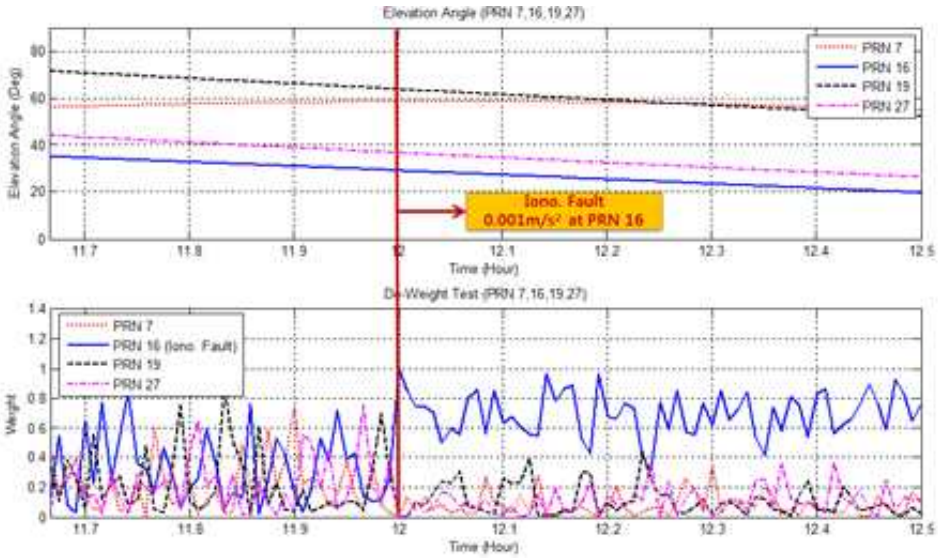


그림 7. 전리층 폭풍 고장 삽입 후, 가중치 변화 시뮬레이션

3. 다중클러스터 무결성 위험도 측정

위성항법시스템에서 보호 수준은 다양한 가정하에 항법해의 무결성을 보장하는 수단으로 사용자 기준국에서 전송되는 각종 무결성 정보를 통해 계산된다. 사용된 가정은 GBAS CAT-I에서는 3가지 가설이 제시된다. 그림 8에서 간략하게 도식화 되어 있듯이 먼저 귀무가설 (H0 Hypothesis), 대립가설 (H1 Hypothesis)로 구성이 된다. 귀무가설의 경우 전체 시스템이 모두 정상이라는 가설하에 계산되는 값으로 정상상태에서의 측정값에서 발생할 수 있는 모델화된 측정값 오차를 수평 혹은 수직 위치 도메인으로 투영시켜 계산된다. 반면 대립가설은 정확히 알 수는 없지만 지상 기준국 혹은 위성궤도력 1대가 고장이 발생하였다는 가설을 보호 수준에 반영하게 된다.



그림 8. 다중클러스터 위험도 분류

여기서 중요한 것은 이 모든 계산 수식은 가설을 기본으로 수행된다. 다시 말해, 대립가설에서 가설로 내세운 '기준국 수신기 고장'과 '위성 궤도력' 고장은 다양한 검출

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

알고리즘을 통해 검출 단계를 거치게 된다. 여기서 H1보호수준은 지상 모니터링 알고리즘이 놓칠 수 있는 고장 (Worst Case)로 가정해 이를 보호수준에 반영하는 것이다. 이를 확률분포 형태로 표현하면 그림 9와 같다.

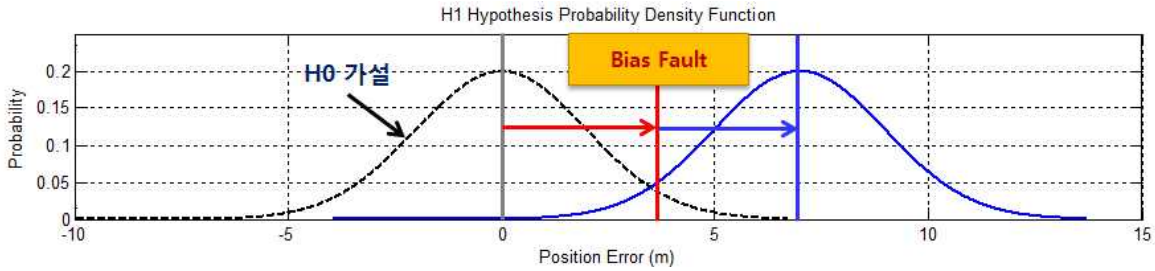


그림 9. 다중클러스터 위험도 고장 상황 (바이어스 형태)

그림 9에서 검정색 점선은 H0 가설에서의 위치오차의 확률 분포를 나타낸다. 기본적으로 위치해 오차는 영평균 가우시안 분포를 따른다고 가정하게 된다. H1 가설에서는 고장이 발생되었을 때 노이즈 형태의 증가보다는 바이어스 형태의 증가로 가정하게 된다. 고장의 크기는 Worst Case로 가정하였을 때 해당 고장 요인의 검출 알고리즘을 통과한 최대치의 통계량 (H1, 기준국 수신기 1대 고장) 또는 한계치 크기 (H1, 위성 1대의 궤도력 고장)으로 가정하게 된다.

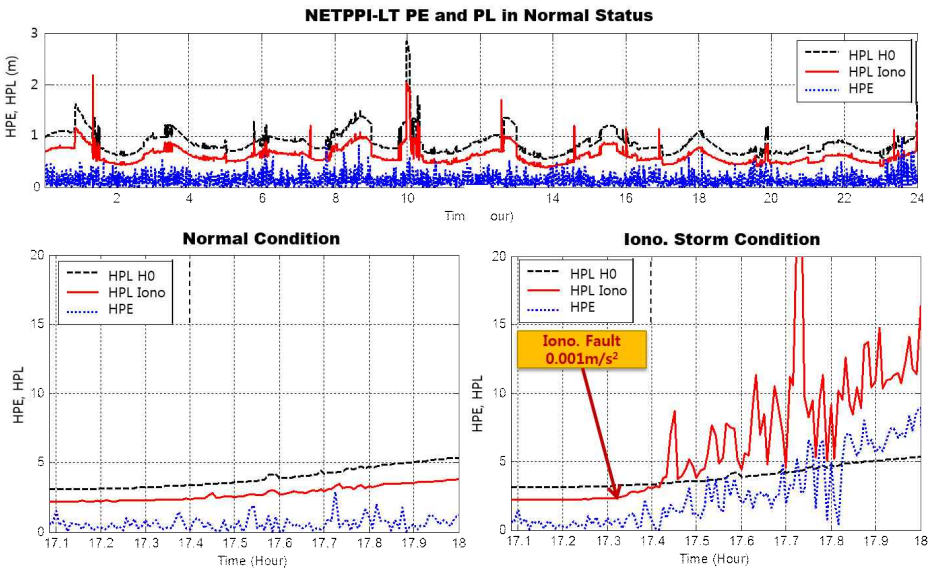


그림 10. 전리층 폭풍 시뮬레이션 (0.001m/s^2)에 따른 전리층 보호수준

먼저 정상상태에서의 보호수준의 경향을 파악하면, 실제 오차를 보호수준이 모두 포

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

함하고 있어, 시스템의 보호 수준 관점에서 무결성 위험도는 '0'임을 알 수 있다. 시스템 가용성 측면에서 분석하면 보호수준과 Alert Limit를 비교하여 보호수준이 Alert Limit 보다 작을 경우 시스템의 가용성이 유지되는 것으로 간주할 수 있다. 다만 오전 10시 가량 갑작스럽게 증가하는 보호수준은 수신 데이터의 갑작스런 DOP (Dilution of Precision)의 증가로 발생한 결과이다.

전리층 폭풍이 발생한 순간, 그림 10 왼쪽 아래 그림과 같이, 전리층 폭풍 방향이 지속적으로 나타나기 시작했고, 그 순간부터 시간이 계속 누적되어 가면서 수직 위치오차의 증가와 함께 전리층 보호 수준 역시 증가하는 것을 확인할 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-39

GLONASS 정상상태 오차 분석서

2016. 12. 19.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이영재	2016. 12. 07.	
	안종선	2016. 12. 07.	
	장진혁	2016. 12. 07.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 12. 07.	안종선
R1.1	적용 문서 및 약어용어 정리	2016. 12. 19.	안종선

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 문서 개요 ····· 1
1.1. 적용 범위 ····· 1
1.2. 적용 문서 (or 참고 문서) ····· 1
1.3. 약어/용어 정의 ····· 1

2. GLONASS 원시 데이터 처리 ····· 2
2.1. RINEX Observation Decoding ····· 3
2.2. RINEX Navigation Decoding ····· 6
2.3. GLONASS Orbit Final Product - SP3 Decoding ····· 7

3. GLONASS 위성 좌표 계산 ····· 10
3.1. 위성좌표 계산 방법 ····· 10
3.2. 적분에 의한 GLONASS 위성좌표 오차 ····· 13
3.3. 위성시계 바이어스 ····· 15

4. GLONASS 궤도 및 시계 오차 분석 ····· 17

5. GLONASS 기하조건 분석 ····· 20

6. 코드, 반송파 노이즈 분석 ····· 22

7. 코드 보정정보 오차 분석 ····· 30

8. DGNSS 정확도 분석 ····· 32
8.1. 수원 - 안성 간 DGNSS 결과 ····· 32
8.2. 수원 - 원주 간 DGNSS 결과 ····· 33
8.3. 수원 - 영월 간 DGNSS 결과 ····· 34
8.4. 수원 - 태백 간 DGNSS 결과 ····· 35
8.5. 이격거리에 따른 DGNSS 위치 정확도 변화 ····· 36

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 문서 개요

1.1. 적용 범위

본 문서는 국토교통부 교통물류사업으로 추진하는 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 산출물로 "GLONASS 정상상태 오차 분석서" 관한 내용을 정리한 기술분석서이다.

본 기술분석서의 전체 구성은 다음과 같다.

1장 : 이 문서의 목적과 적용범위를 설명한다.
2장 : GLONASS 원시 데이터 처리
3장 : GLONASS 위성 좌표 계산
4장 : GLONASS 궤도 및 시계 오차 분석
5장 : GLONASS 기하조건 분석
6장 : 코드, 반송파 노이즈 분석
7장 : 코드 보정정보 오차 분석
8장 : DGNSS 정확도 분석

1.2. 적용 문서 (or 참고 문서)

아래 적용문서 들은 본 규격서가 정의하고 있는 규격들을 확장하고 참조하는데 사용된 규격으로서 별도의 정의가 없는 경우 아래 나열된 규격서를 준용한다. 본 규격서와 아래 적용문서 간의 불일치가 발생할 경우 본 규격서를 따른다.

- GLONASS ICD (Interface Control Document), Ver 4.0, 1998
- GPS Directorate System Engineering & Integration Interface Specification, IS-GPS-200, 2012
- ICAO Anenx 10-Vol. 1, Aeronautical Telecommunications-Radio Navigation Aids

1.3. 약어/용어 정의

- GNSS : Global Navigation Satellite System
- GLONASS : GLObal NAvigation Satellite System
- GPS : Global Positioning System
- PRN : Pseudo Random Noise
- ECEF : Earth Centered Earth Fixed
- IGS : International GNSS Service
- RINEX : Receiver Independent Exchange Format
- ICD : Interface Control Document

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- RAC : Radial Along Cross
- DOP : Dilution of Precision
- DGNSS: Differential GNSS

2. GLONASS 원시 데이터 처리

■ 본 과제를 수행하기 위해 GLONASS의 원시데이터를 이용해야한다. 수신기에서 처리 후 주어지는 Raw Data를 이용해도 무방하다. 하지만 과제 분석을 수행할 때는 국토지리정보원의 기준국에서 제공하는 데이터를 이용하였다.

■ 이유는 이후 진행하는 연구에서 장시간의 데이터가 필요하다. 이를 위해 실제 실험을 하는 것 보다는 시간 때를 자유롭게 이용할 수 있는 국토지리정보원의 데이터를 이용하고자 하였다. 또한 과제에서도 기준국을 이용한 네트워크를 이용하기 때문에 실제 구현에 근접한 연구를 수행하기 위함이다. 국토지리정보원에서는 현재 RINEX (Receiver Independent Exchange Format) Version. 2.11을 제공하고 있다. 또한 Data의 주기를 30초, 1초 두 조건으로 제공하고 있다.

■ 국토지리정보원의 Data를 이용하기 위해서는 RINEX 파일의 변환이 필요하다. 변환은 MATLAB을 이용하여 수행하였다. 코드의 구성은 간단하게 Text를 MATLAB으로 불러와 저장하는 방식을 이용한다.

■ 하지만 RINEX 파일내에 표기되어 있는 내용들을 이해하여 올바르게 저장하여 사용하여야 한다. 이후부터는 이 RINEX 파일 내에 표기된 내용 중 본 과제 수행에 이용되는 부분들을 설명하여 Decoding의 수행시 오류를 감소하고자 한다.

■ RINEX는 두 가지 정보를 제공해 주는 파일로 나누어져 있다. 하나는 Ragne 측정치의 정보를 제공해주는 Observation 파일이다. 다른하나는 위성의 좌표를 계산하기 위한 정보를 제공하는 Navigation 파일이 있다.

■ Observation 파일에는 여러 GNSS 모두 하나의 파일에 포함되어 제공된다. 하지만 Navigation 파일은 시스템에 따라 개별적인 파일로 제공되고 있다. 본 과제에서는 GLONASS의 Navigation 파일에 관한 설명만 하도록 한다. 본 내용의 설명에 사용되는 파일은 국토지리정보원 수원기준국의 2016년 10월 1일 하루치 데이터를 이용하였다. Data 주기는 30초이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 또한 위성의 오차를 계산하거나 수행된 내용들을 검증하기 위해 위성의 실제 궤도 정보가 필요하게 된다. 이를 위해 현재 IGS의 Final Product가 가장 정밀한 정보를 제공해주고 있다. 이 또한 제공되는 Data에 대한 설명을 첨부하여 Decoding을 진행할 수 있도록 한다.

2.1. RINEX Observation Decoding

■ 우선 Range 측정치의 정보를 제공해 주는 RINEX Observation 파일에 관한 설명을 수행한다. 파일은 두 가지 부분으로 나누어진다. 파일의 정보를 설명하고 있는 헤더 부분과 실제 사용하게 될 데이터 부분으로 나누어있다. 우선 헤더에 관해 설명하도록 한다.

```
     2.11           OBSERVATION DATA    M (MIXED)           RINEX VERSION / TYPE
teqc  2013Mar15                         20161002 00:24:34UTCPGM / RUN BY / DATE
SUWN                                                        MARKER NAME
23903M001                                                   MARKER NUMBER
GEODESY DIVISION.   NGII                                    OBSERVER / AGENCY
5302K41501          TRIMBLE NETR9       5.14                REC # / TYPE / VERS
02201704            TRM59800.80     DOME                    ANT # / TYPE
 -3062023.5630  4055449.0330  3841819.2130                  APPROX POSITION XYZ
        0.0000        0.0000        0.0000                  ANTENNA: DELTA H/E/N
     1     1                                                WAVELENGTH FACT L1/2
     7    C1    L1    C2    P2    L2    C5    L5           # / TYPES OF OBSERV
    17                                                      LEAP SECONDS
    30.0000                                                 INTERVAL
MSXP|IAx86-PII|bcc32 5.0|MSWin95->XP|486/DX+                COMMENT
NetR9 5.14          Receiver Operator   20161001 000000 UTC COMMENT
L2C CARRIER PHASE MEASUREMENTS: PHASE SHIFTS REMOVED        COMMENT
L2C PHASE MATCHES L2 P PHASE                                COMMENT
GLONASS C/A & P PHASE MATCH: PHASE SHIFTS REMOVED           COMMENT
GIOVE-A if present is mapped to satellite ID 51             COMMENT
GIOVE-B if present is mapped to satellite ID 52             COMMENT
  2016    10     1     0     0    0.0000000     GPS         TIME OF FIRST OBS
                                                            END OF HEADER
```

그림 1. RINEX Observation File Header

■ 먼저 좌측부분과 우측부분으로 나누어 질수 있다. 좌측부분은 실제 내용이 작성되어 있고 우측은 좌측에 어떠한 내용이 작성되어 있는지를 지시하고 있다. 각 줄별 설명을 하도록 하고 필요한 내용에 관해서만 설명한다. 또한 각 부분의 다른 표기법에 대하여는 추가적 설명을 하지 않도록 한다.

■ 첫 줄은 RINEX VERSION / TYPE 이 나타나 있다. 2.11로 표기된 것이 RINEX의 버전을 나타내고 있다. 다음은 이 파일이 Observation 파일이라는 것을 나타내고 있다. 다음 M (MIXED)로 표기된 부분은 이 파일이 어떠한 시스템의 데이터를 포함하고 있는지 나타낸다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ M은 여러 시스템이 함께 제공되고 있다는 표기이다. 다음은 # / TYPES OF OBSERV 부분이다. 본 파일에서는 11번째 줄로 표기되어 있다. 이 줄은 들어오는 측정치의 수와 종류를 나타내고 있다. 첫 번째로 들어노는 7로 표기된 부분이 들어오는 측정치 종류의 수이다.

■ 본 파일에서는 7개의 측정치 종류가 들어오고 있다. 이후 나타나있는 C1과 같은 내용들이 제공되는 측정치가 어떠한 것인지 지시하고 있다. 본 파일에서 주어지는 C1은 L1의 의사거리 값을 의미하고 있다. L1은 L1의 반송파를 의미하고 있다. 다른 내용들에 관하여는 RINEX 설명 내용을 참고하도록 한다. 다음 줄의 LEAP SECONDS는 현재의 윤초를 나타내고 있다.

■ INTERVAL은 본 데이터의 측정 주기를 나타낸다. 다음 COMMENT 부분은 추가적인 설명을 나타낸다. TIME OF FIRST OBS는 본 데이터의 시작 Data의 시간과 이 데이터의 시간에 관해 나타내고 있다. 앞쪽부터 년도, 월, 일, 시간, 분, 초를 의미하고 있다.

■ 이후 뒤쪽에 GPS라고 표기된 부분이 기준 시간계이다. GLONASS는 기준 시간계를 UTC (SU)로 사용하고 있다. GPS는 익히 알려진 대로 주와 초로 나타내는 GPS Time으로 사용하고 있다. 이렇게 기준 시간계가 다르기 때문에 본 데이터의 Time Tag의 기준이 필요하다.

■ 이 부분이 그 기준을 나타내고 있다. 앞서 말한 것처럼 이 Data의 경우는 GPS Time을 기준으로 제공되고 있는 데이터이다. 이후 END OF HEADER 부분을 끝으로 Observation 파일의 헤더는 종료된다.

■ 이 부분부터는 실제 측정치의 값들을 나타내고 있다. 먼저 앞서 선언된 주기에 따라 측정치가 들어오게 된다. 또한 각 위성별로 측정치가 들어온다. 먼저 위 그림에서 표기된 23번째 줄이 각 시기별 측정치의 첫 부분이다. 순서대로 년도, 월, 일, 시, 분, 초를 나타내고 있다.

■ 다음 숫자 두 자리가 제공된다. 이 두 자리가 가시 된 위성의 수이다. 본 데이터의 첫 Epoch에서는 20개의 위성이 들어오고 있다. 바로 다음부터 어떤 위성들이 들어오고 있는지를 나타낸다. 3자리씩이 한 위성을 표기한다. 첫 자리는 알파벳이고 뒤 두 자리는 위성 번호를 나타낸다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
23  16 10  1  0  0  0.0000000  0 20G03R06G27R23G17G28R11E12E24E11E19G08
24                                R12G01G30R21G11R22G22G07
25   23822025.852 5 125185593.937 5  23822035.047 5  23822034.42246  97547243.91246
26   23822034.902 7  93482780.912 7
27   22828770.531 6 121818240.573 6  22828772.086 2  22828772.277 1  94747896.927 1
28
29   24929969.586 3 131007838.075 3  24929979.313 4  24929978.57044 102084049.87044
30   24929977.133 6  97830540.711 6
31   22034780.594 7 117871363.810 7  22034786.195 3  22034787.117 2  91677655.055 2
32
33   24593185.336 1 129238013.404 1  24593193.648 3                 100705015.563 3
34
35   22323968.156 9 117313270.702 9                  22323972.27048  91412933.17548
36
37   21374077.898 8 114216621.621 8  21374081.621 6  21374081.582 6  88835109.783 6
38
39   24794643.688 9 130296730.026 9
40   24794643.512 9  97299502.331 9
41   23946063.797 9 125837408.323 9
42   23946077.945 9  93969533.881 9
43   23907179.016 8 125633075.778 8
44   23907178.625 8  93816902.285 8
45   27797481.414 4 146076749.791 4
46   27797485.438 5 109083308.650 5
47   21949027.281 8 115342905.960 8  21949035.152 7  21949034.18449  89877611.30049
48   21949032.727 9  86132715.632 9
49   19568208.438 6 104529667.515 6  19568212.359 6  19568212.215 6  81301003.554 6
50
51   20038903.125 9 105305234.348 9  20038910.504 8  20038910.54749  82055997.38349
52   20038908.113 9  78636977.419 9
53   21703850.781 9 114054432.282 9  21703858.496 7  21703858.11749  88873655.04349
54   21703857.027 9  85170578.448 9
55   22051652.000 7 118002583.425 7  22051654.813 6  22051655.609 5  91779993.723 5
56
57   20159695.086 9 105939892.605 9                  20159698.55949  82550577.65849
58
59   19734913.211 9 105346224.228 9  19734915.152 7  19734915.250 6  81936025.715 6
60
61   22750773.313 8 119556189.162 8                  22750776.38747  93160643.69147
62
63   22124564.258 7 116265457.407 7  22124569.539 6  22124569.17248  90596390.62948
64
```

그림 3. RINEX Observation Data

■ 앞 알파벳은 G: GPS, R: GLONASS, E: GALILEO를 나타내고 뒤 두 자리는 PRN, Slot Numaber를 의미하고 있다. 또한 아래부터 제공되는 측정치의 값이 이 부분에 나열된 순서로 제공된다.

■ 두 번째 줄부터 각 위성의 측정치가 제공된다. Epoch의 첫 줄에서 나열된 위성의 순서대로 제공된다. 본 데이터에서는 25, 26번의 두 줄이 한 위성의 정보를 제공한다. 또한 이 줄은 GPS의 PRN 3번의 측정치이다. 한 줄에 5개의 측정치가 제공되고 있다.

■ 다음 줄에 2개의 측정치가 제공된다. 이처럼 한 위성에서 7개의 측정치가 제공되고 있다. 7개는 Header에서 선언되었다. 다음 줄인 27, 28에는 GLONASS의 06번 위성이다. 여기서 28번 줄은 빈 공간이다. 이는 측정치가 제공되지 않는다는 의미이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 시스템의 차이에 의해 제공되지 않거나 그 Epoch에서의 이상이 있어 제공되지 않을 수 있다. 이처럼 각 시점에 각 위성에 대한 측정치 정보가 제공된다. 이와 같은 내용을 이용하여 파일을 읽어드려 이후의 연구를 수행하였다.

2.2. RINEX Navigation Decoding

■ 앞서 말한 것처럼 RINEX는 Observation 파일과 위성의 궤도정보를 제공하는 Navigation 파일을 제공한다. 또한 Navigation 파일은 시스템별 나누어 제공된다. 본 과제에서는 GLONASS에 관한 파일만 설명하도록 한다.

```
     2.11           G: GLONASS NAV DATA                     RINEX VERSION / TYPE
teqc  2013Mar15                        20161002 00:24:36UTCPGM / RUN BY / DATE
    17                                                      LEAP SECONDS
MSXP|IAx86-PII|bcc32 5.0|MSWin95->XP|486/DX+                COMMENT
NetR9 5.14          Receiver Operator   01-OCT-16 00:00:00  COMMENT
                                                            END OF HEADER
 6 16  9 30 23 45  0.0 9.729526937010D-05 0.000000000000D+00 8.637000000000D+04
   -2.201065917970D+04 1.424958229060D+00-4.656612873080D-09 0.000000000000D+00
   -7.433825683590D+03 2.750339508060D-01 0.000000000000D+00-4.000000000000D+00
    1.055655419920D+04 3.158575057980D+00-9.313225746150D-10 0.000000000000D+00
23 16  9 30 23 45  0.0 2.073124051090D-05 0.000000000000D+00 8.637000000000D+04
    7.476492187500D+03-9.504604339600D-02 1.862645149230D-09 0.000000000000D+00
    2.382274902340D+04-7.388992309570D-01-1.862645149230D-09 3.000000000000D+00
    5.221628906250D+03 3.497445106510D+00 0.000000000000D+00 0.000000000000D+00
11 16  9 30 23 45  0.0 1.530442386870D-05-9.094947017730D-13 8.637000000000D+04
   -1.559407031250D+04 1.360263824460D-01-2.793967723850D-09 0.000000000000D+00
    2.015490429690D+04 1.021680831910D-01-1.862645149230D-09 0.000000000000D+00
    4.090332031250D+00-3.578836441040D+00 0.000000000000D+00 0.000000000000D+00
12 16  9 30 23 45  0.0-4.232022911310D-05 0.000000000000D+00 8.637000000000D+04
   -3.222966796870D+03-1.352527618410D+00 0.000000000000D+00 0.000000000000D+00
    1.816316406250D+04 1.996582031250D+00-1.862645149230D-09-1.000000000000D+00
    1.751411767580D+04-2.333215713500D+00-1.862645149230D-09 0.000000000000D+00
```

그림 3. RINEX Navigation (GLONASS)

■ GLONASS는 GPS와 궤도 정보 제공 방식이 크게 다르다. GPS는 6 Parameters를 이용하여 궤도를 계산한다. 이와 다르게 GLONASS는 위성의 위치, 속도, 가속도 정보를 주고 이를 적분하여 이용하게 된다.

■ 또한 GPS는 2시간마다 궤도 정보를 갱신하고 GLONASS는 30분마다 궤도 정보를 갱신하게 된다. 이처럼 궤도정보를 제공하는 방식에 차이가 크다. 따라서 RINEX의 Navigation 파일의 형식도 다르게 된다.

■ 먼저 Navigation 파일 또한 Header 부분과 Data 부분이 나누어 지게된다. 먼저 Header 부분은 Observation 파일처럼 RINEX의 버전으로 시작되고 어떤 시스템의 파일인지 알린다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 다음 윤초도 동일하게 제공하고 있다. 본 파일내에서 중요한 내용은 여기까지이다. 하지만 파일에는 나타나 있지 않지만 GLONASS의 Navigation 파일은 시간정의가 UTC 기준이다. GPS Time과 다른 시간계를 사용하고 있으므로 윤초 보정이 필수적이다.

■ 다음부분은 Data 부분이 된다. Observation과 다르게 Navigation은 위성번호로 시작한다. 한 위성의 대한 정보가 나열된다. 한 위성은 4개의 줄을 이용하여 제공하고 있다. 먼저 첫 줄의 시작은 위성번호로 시작하고 다음은 년, 월, 일, 시, 분, 초 순서로 제공되고 있다. 다음은 위성의 시계 바이어스, Relative Frequency Bias, Message frame time이 제공된다. 두 번째 줄부터 4번째 줄까지 ECEF에서의 X, Y, Z 축의 정보가 제공된다. 두 번재 줄은 X축의 정보로 위치, 속도, 가속도 정보가 제공되고 4번째 데이터는 Health 정보가 제공된다.

■ 세 번째 줄은 Y축의 위치, 속도, 가속도 정보 뒤 4번째에서 Frequency number가 제공된다. 네 번째 줄은 Z축의 위치, 속도, 가속도 정보 뒤 Age of operation information이 제공된다. 이렇게 한 위성의 정보가 Epoch의 순서로 제공된다. 앞서 말한 것처럼 30분의 간격으로 각 시각의 15분, 45분에 제공된다.

2.3. GLONASS Orbit Final Product - SP3 Decoding

■ RINEX Decoding과 동시에 GLONASS의 Orbit Final Product인 SP3에 대해 설명하도록 한다. SP3는 GLONASS 이외에도 다른 시스템의 정밀한 궤도를 제공해 주고 있다.

■ 본 과제에서는 GLONASS의 SP3 내용만 설명하도록 한다. 이 Data는 IGS의 FTP를 이용하여 다운로드가 가능하다. 하지만 실시간으로 계산되지 못하고 15일 정도 이후부터 본 데이터를 제공 받을 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
#cP2016 10  1  0  0  0.00000000      96 ORBIT IGb08 HLM  IGS
## 1916 518400.00000000   900.00000000 57662 0.0000000000000
+   25   R01R02R03R04R05R06R07R08R09R10R11R12R13R14R15R16R17
+        R18R19R20R21R22R23R24R26  0  0  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
+          0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         3  3  3  3  3  3  4  3  3  3  3  4  4  4  4  3  3
++         3  3  4  3  3  3  4  6  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
++         0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
%c R  cc GPS ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%f  1.2500000  1.025000000  0.00000000000  0.000000000000000
%f  0.0000000  0.000000000  0.00000000000  0.000000000000000
%i    0    0    0    0      0      0      0      0         0
%i    0    0    0    0      0      0      0      0         0
/* FINAL ORBIT COMBINATION FROM WEIGHTED AVERAGE OF:
/* brx cod cof emx esx gfz grg iac mcc
/*
/* PCV:IGS08_1915 OL/AL:FES2004  NONE     Y  ORB:CMB CLK:CMB
```

그림 4. IGS GLONASS Final Product Header

■ 먼저 Header 부분에 대하여 설명하도록 한다. 첫 줄은 Data의 시각을 나타낸다. 년, 월, 일 ,시, 분, 초로 제공된다. 다음은 Epoch의 숫자가 나타난다. 일반적으로 15분의 주기로 제공됨으로 하루치를 사용하게 될 경우 96 Epoch이 된다. 다음 중요한 내용은 IGb08이라고 표기된 부분이다. 이 부분은 어떠한 타원좌표계를 이용하는지 알리고 있다.

■ 타원좌표계의 자세한 내용은 IGS 홈페이지에 설명이 되어있다. 두 번째 줄에서는 첫 번째와 두 번째 정보가 GPS Week, Sec를 나타내고 있다. 다음은 Data의 주기를 초로 나타낸 정보이다. 이후는 Julian Day 시작 시점을 알리고 있다. 세 번째 줄은 제공되는 위성의 수와 시스템의 종류, 위성의 번호가 나열되어 있다.

■ 본 데이터는 25개의 위성이 제공되고 GLONASS, Slot Number 1 ~ 24, 26번이 제공되고 있다. GLONASS는 현재 24개의 위성이 정상적으로 제공되있다. 따라서 1 ~ 24번까지의 위성이 정상적으로 제공된다. 다음 8 ~ 9번째 줄은 위성의 정확도를 나타내는 값이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 제공되는 숫자는 2의 지수로 사용되고 계산된 값은 mm이다. 다음 13번째 줄은 제공 되는 GNSS 시스템의 종류와 시간계를 설명하고 있다. 처음 R이라고 표기된 부분이 File Type으로 본 파일은 GLONASS를 의미하고 있다. 다음 GPS라고 표기된 부분이 시간계를 의미하고 있다.

■ 본 파일은 GPS라고 표기되어 아래 나타나는 Time Tag들이 GPS Time 기준으로 제공되고 있는 것을 의미한다. 다음 15번째 줄은 이후 이용될 표준편차 값을 계산하는 수이다. 이후 Data 부분에서 각각 수가 제공된다. 15번째 줄의 Data는 이후 제공되는 수의 Base Number로 앞의 값은 위치, 속도의 값이고 단위는 mm, e-4mm/sec의 단위가 된다.

■ 뒤의 값은 시각과 시각속도를 나타내는 값으로 계산후 단위는 picosec, e-4 picosec/sec이 된다. 다음 19 ~ 22 줄은 Commets 부분으로 추가적 설명이 작성되어 있다.

```
23 *  2016 10  1  0  0  0.00000000
24 PR01   1560.834385  11136.121393 -22894.235499   -139.349219 13 14 12
25 PR02  19887.942163   7612.825874 -13974.248719    213.344600  7 13 13
26 PR03  25299.841291   -223.145965   3141.999713     81.359330  9  9  9
27 PR04  15550.011211  -8079.579861  18545.566259    186.779555 10  6 10
28 PR05  -2705.874598 -11131.759941  22783.011827    -37.696583 11 11  3
29 PR06 -20581.243034  -7225.822899  13238.285547     97.294260  7  8  9
30 PR07 -25300.553013    288.561806  -3318.686160    -10.823909 14 11 16
31 PR08 -16068.524807   7833.729882 -18142.139724    -26.813787 12 12  7
32 PR09  -7645.289975  -8121.373589 -22905.686433     28.913026 10 10 10
33 PR10 -15560.133820   8334.309528 -18387.810748    -30.742300  9 13 12
34 PR11 -15361.283136  20084.928550  -3146.175849     15.300523 11  9  9
35 PR12  -4279.984295  19859.026697  15295.206062    -42.323101 13 12 14
36 PR13   7654.179030   7784.841142  23041.327770      5.593445 14 13 10
37 PR14  15969.198792  -9871.797980  17298.721717    382.030888 12 12 14
38 PR15  15597.819455 -19526.344383   4880.571469     10.094430  9 12 16
39 PR16   5558.719004 -20616.819329 -13891.966079     45.724135 12 10 10
40 PR17  13471.401606   4859.149807 -21117.433666    -27.411696 11 13  4
41 PR18   5287.228839 -12036.551698 -21864.640875    121.032838  9 11  6
42 PR19  -6165.369842 -22845.500513  -9523.195889   -165.354636 10  9 12
43 PR20 -13858.321328 -19574.202875   8752.031747   -255.467546  9 10 13
44 PR21 -13474.247310  -5053.944452  21046.295949     84.133935 10 11  9
45 PR22  -4791.095398  12643.505512  21597.201387    213.663947 10  9  5
46 PR23   7289.348424  23008.176232   8251.415526     20.729300  5  9 10
47 PR24  14082.423813  19611.626569  -8254.664957   -141.339455  9  5  7
48 PR26 -14487.051842 -18326.665543  10218.637649 999999.999999 19 18 20
```

그림 5. IGS GLONASS Final Product Data

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 다음 부분부터는 주기별로 제공되는 Epoch마다 Data이다. 먼저 첫 줄은 Epoch의 Time을 나타내고 있다. 앞서 선언된 시간계에 맞추어 년도, 월, 일, 시, 분, 초로 제공되고 있다. 다음 줄부터 각 위성이 선언되고 데이터가 제공된다.

■ 제공되는 데이터는 순서대로 ECEF 좌표계의 X, Y, Z 위치이다. 단위는 km로 제공된다. 다음 4번째 Data는 Clock Bias로 단위는 microsec이다. 다음 3개의 두 자리수는 앞서 Header에서 선언된 Base Number의 지수값이 된다. 각각 X, Y, Z의 표준편차 값의 지수 값이다. 이렇게 각 Epoch에서 각 위성의 Final Product가 제공되고 있다.

3. GLONASS 위성좌표 계산

3.1. 위성좌표 계산 방법

■ GLONASS의 Navigation Message는 GPS의 경우와 다르게 Kepler Parameter를 제공하지 않는다. 대신 30분마다 갱신되는 위성의 위치, 속도, 가속도(태양, 달)을 제공한다.

■ GLONASS ICD(Interface Control Document)에 따르면 Runge Kutta 4차 적분을 수행하라 명시되어 있다. 위성좌표는 위치, 속도, 가속도의 관계를 이용하여 다음 시점에서의 위성좌표를 얻을 수 있는데 위치는 속도의 적분, 속도는 가속도의 적분을 통해 얻게 되는 값이다.

■ 따라서, 가속도의 값을 정확히 추정할 수 있어야 정확한 위성의 좌표를 추정할 수 있다. 적분 시 이용되는 속도, 가속도 식 (1)은 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
&\frac{dx}{dt}=\dot{x} \\
&\frac{dy}{dt}=\dot{y} \\
&\frac{dz}{dt}=\dot{z} \\
&\frac{d\dot{x}}{dt}=-\frac{\mu}{r^3}\cdot x+\frac{3}{2}c_{20}\frac{\mu a_E^2}{r^5}\cdot x\cdot\left(1-5\frac{z^2}{r^2}\right)+\ddot{x}_{LS}+\omega_E^2\cdot x+2\omega_E\cdot\dot{y} \\
&\frac{d\dot{y}}{dt}=-\frac{\mu}{r^3}\cdot y+\frac{3}{2}c_{20}\frac{\mu a_E^2}{r^5}\cdot y\cdot\left(1-5\frac{z^2}{r^2}\right)+\ddot{y}_{LS}+\omega_E^2\cdot y-2\omega_E\cdot\dot{x} \\
&\frac{d\dot{z}}{dt}=-\frac{\mu}{r^3}\cdot z+\frac{3}{2}c_{20}\frac{\mu a_E^2}{r^5}\cdot z\cdot\left(3-5\frac{z^2}{r^2}\right)+\ddot{z}
\end{aligned}
\tag{1}
$$

표 1. GLONASS 위성좌표 파라메터

파라메터	의미
x, y, z	Satellite coordinates
$\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$	Satellite velocities
$\ddot{x}_{LS}, \ddot{y}_{LS}, \ddot{z}_{LS}$	Luna-Solar acceleration
$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$	Distance of satellite to center of Earth
$\mu = 3.9860044 \bullet 10^{14}\, m^3/s^2$	Earth's gravitational constant
$c_{20} = -1.08263 \bullet 10^{-3}$	Second zonal coefficient
$a_E = 6378136\, m$	Earth's equatorial radius
$\omega_E = 7.292115 \bullet 10^{-5} s^{-1}$	Earth's rotation rate

■ GLONASS는 PZ-90 이라는 ECEF 좌표계를 기준좌표계로 사용하기 때문에 식에 사용되는 parameter들은 PZ-90을 기준으로 적용되는 값이다.

■ 위성궤도 계산식은 Orbit Force 모델을 통해 유도되었는데 이는 지구를 도는 위성에 작용하는 힘의 관계를 표현한다. 특히, 중력포텐셜에 의해서 작용되는 힘은 식(2)로 표현 할 수 있다.

$$V = \frac{\mu}{r} + U \tag{2}$$

$$U = \frac{\mu}{r} \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^{n} \left(\frac{a_E}{r} \right)^n P_{nm}(\cos\theta) \bullet \left(c_{nm} \cos m\lambda + s_{nm} \sin m\lambda \right)$$

표 2. 중력포텐셜 파라메터

파라메터	의미
V	Total gravitational Potential
μ	Earth's gravitational constant
r	Distance of satellite to center of Earth
U	Non-spherical part of Earth's gravitational potential
a_E	Earth's equatorial radius
r, λ, θ	Earth-fixed polar coordinates (radius, longitude, colatitude)
n, m	Degree and order of spherical harmonic expansion
$P_{nm}(\cos\theta)$	Associated Legendre functions
c_{nm}, s_{nm}	Spherical harmonic coefficients

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 중력 포텐셜에 의해 위성이 받는 중력장의 영향 및 가속도의 수준은 아래 표 3과 같다. GLONASS의 경우 Second zonal harmonic 보다 작은 중력 포텐셜의 영향으로 인한 섭동을 무시하고, 지구의 회전으로 인한 중력포텐셜의 영향이 일정하다고 가정하여 U를 식 (3)와 같이 단순화 하였다.

표 3. 위성이 받는 최대 섭동 가속도

Source	Max. perturbing acceleration $[m/s^2]$
Spherical Earth	$5.65 \cdot 10^{-1}$
Second zonal harmonic	$5.3 \cdot 10^{-5}$
Fourth zonal harmonic	10^{-7}
Gravity anomalies	10^{-8}
Lunar gravity	$5.5 \cdot 10^{-6}$
Solar gravity	$3 \cdot 10^{-6}$
Solar radiation pressure	10^{-7}
All other forces	10^{-8}

$$U = \frac{1}{2}\frac{\mu a_E^2}{r^3} c_{20} \cdot (3\cos^2\theta - 1) \tag{3}$$

■ 중력 포텐셜에 의해 위성이 받는 중력장의 영향 및 가속도의 수준은 아래 표와 같다. GLONASS의 경우 Second zonal harmonic 보다 작은 중력 포텐셜의 영향으로 인한 섭동을 무시하고, 지구의 회전으로 인한 중력포텐셜의 영향이 일정하다고 가정하여 U를 식 (3)와 같이 단순화 하였다.

$$V = \frac{\mu}{r} + \frac{1}{2}\frac{\mu a_E^2}{r^3} c_{20} \cdot (3\cos^2\theta - 1) \tag{4}$$

■ 식 (4)는 식 (2)에 식 (3)을 대입하여 정리한 식이다. 이렇게 구해진 중력포텐셜을 이용하면 위성 x,y,z 각 축에 대해 가속도를 계산 할 수가 있다. 그 후 가속도에 Second zonal harminic 항 다음으로 큰 가속도를 가진 두 중력포텐셜, 태양, 달 가속도 항을 추가하면 식 (1)과 같은 가속도 식이 만들어지게 된다.

■ 식 (1)에 적용된 가정이 존재하는데, GLONASS가 적분을 수행하는 시간동안 태양, 달 가속도 값은 일정 하다라는 것이다. GLONASS ICD에서는 사용자의 편의를 위해 태양, 달가속도의 시간에 따른 변화를 계산할 수 있는 계산식 역시 제공하고 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 위성 좌표는 초기값으로 Navigation Message에 제공되는 위성의 위치, 속도, 가속도를 이용한 뒤 적분을 통해 계산한다. 이 때 사용되는 Runge Kutta 4차 적분은 $\dot{\vec{X}} = f(t, \vec{X})$ 라고 할 때 식 (5)를 따른다. $(n+1 = n+h)$

$$
\begin{aligned}
K_1 &= f(t_n, \vec{X}) \\
K_2 &= f(t_n, \vec{X}) + \frac{h}{2} f(t_n, \vec{K_1}) \\
K_3 &= f(t_n, \vec{X}) + \frac{h}{2} f(t_n, \vec{K_2}) \\
K_4 &= f(t_n, \vec{X}) + h f(t_n, \vec{K_3}) \\
\vec{X}_{n+1} &= \vec{X}_n + \frac{h}{6} \cdot (K_1 + 2K_2 + 2K_2 + K_4)
\end{aligned}
\tag{5}
$$

3.2. 적분에 의한 GLONASS 위성좌표 오차

■ 적분을 통한 계산되는 위성좌표는 적분을 수행하는 조건에 따라 그 정확도가 달라진다. 먼저 적분간격에 따른 오차의 정도가 다르다. 일반적으로 알려져 있듯이 적분간격이 짧을수록 정확도가 증가한다. 하지만 그만큼 계산횟수가 증가하므로 정확도와 계산양을 만족하는 적절한 적분간격을 정할 필요가 있다.

■ 그림 6은 적분간격에 따른 오차를 나타내었는데 이 때의 오차는 해당 적분 간격으로 15분간 적분을 수행했을 때 발생한 오차이다. 결과를 통해 2분이내의 적분간격은 cm이하의 오차 수준을 만족한다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 위성의 위치는 위성의 적분으로 인한 오차를 최소화하기 위해 1초의 적분간격을 적용하여 위성의 좌표를 계산하였다.

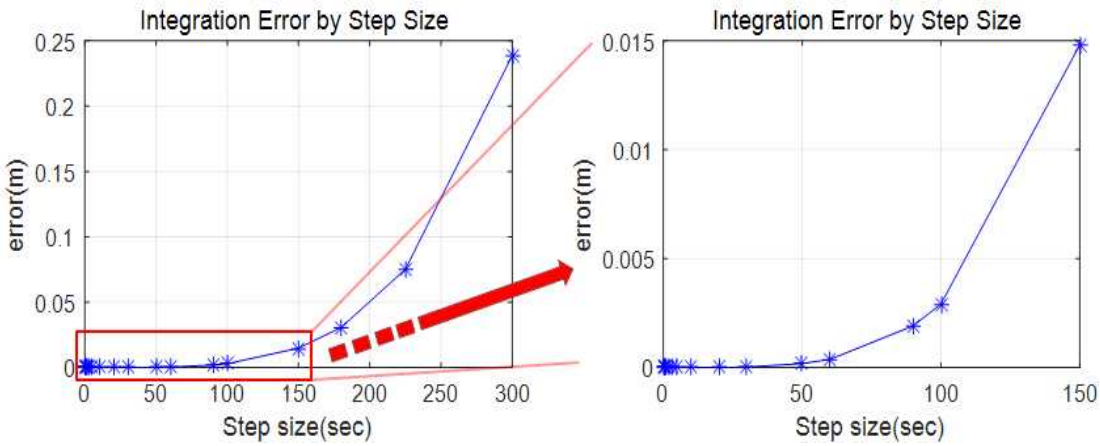


그림 6. 적분 간격에 따른 오차 발산 경향

■ 적분 정확도 결정 요인의 또 다른 하나는 적분구간이며, 이는 초기값을 이용해 적분을 수행하는 시간의 길이를 말한다.

■ 적분은 그 계산의 방법상 오차가 누적되어 계산되는 특성이 있다. 따라서, 정확도를 보장하는 적절한 적분구간을 정해야 하는데, GLONASS ICD에서는 이를 기준 Ephemeris 시간으로부터 15분 이내로 권고하고 있다. 즉, 초기값은 15분이 지난 후 반드시, 갱신되어야만 한다.

■ Navigation Message는 30분마다 갱신되기 때문에 GLONASS의 위성좌표는 그림 7과 같이 기준 Ephemeris 시간으로부터 15분간 Forward/Backward 적분을 통해 계산한다.

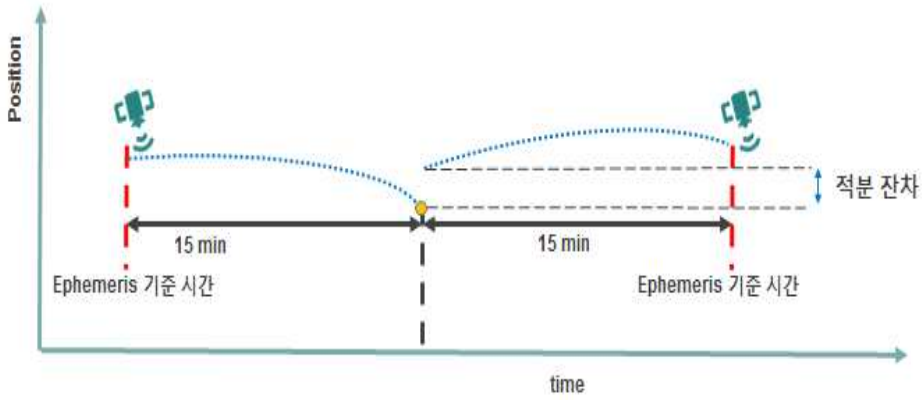


그림 7. GLONASS Forward/Backward 적분 개념도

■ 위 그림 7을 보면 알 수 있듯이 GLONASS는 30분 마다 Forward/Bacward 적분으로 구한 위성좌표가 모두 존재하는 특정 시점이 존재하게 된다. 두 값의 정확도에 차이가 있는지 확인하기 위해 두 적분결과의 잔차를 확인하였다.

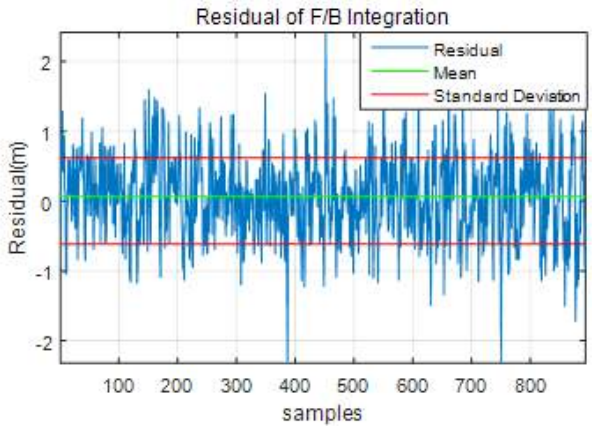


그림 8. GLONASS Forward/Backward 적분 잔차

무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 적분 잔차의 평균이 0에 근접하는 것을 통해 Forward/Backward 적분의 정확도는 동일한 수준이라는 것을 알 수 있다.

3.3. 위성시계 바이어스

■ GLONASS를 이용함에 있어서 사용자는 시간과 관련하여 고려해야 할 사항이 존재한다. 그것은 바로 위성시계 바이어스(Bias)인데 사용자가 얻는 의사거리는 수신기와 위성의 시계를 통해 측정된 시각차를 통해 계산되는 값이기 때문에 시계오차를 잘 추정하여 보정해주어야 정확한 의사거리를 사용할 수 있기 때문이다.

■ 사용자가 위성시계 바이어스에 대해 고려해야 할 부분은 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 첫째, 전송 시간이다. 수신기는 위성의 신호를 전달 받는데 약 19,100km의 고도를 가지는 GLONASS위성에서 수신기 까지 신호가 전달되는데는 시간이 필요하다. 즉, 수신기가 신호를 받은 시점과 위성이 송신을 시작한 시점이 다르다.

■ 전송 시간이 중요한 이유는 위성이 공전하고 있다는 사실 때문이다. 수신기는 의사거리와 의사거리를 받은 시점의 위성 좌표를 계산하여 사용자의 위치계산에 이용한다. 하지만, 전송시간을 고려하지 않는 경우 계산되는 위성 위치는 의사거리 송신 시점의 위치가 아닌 수신시점이 되어 사용자 위치 추정에 문제를 일으키게 된다.

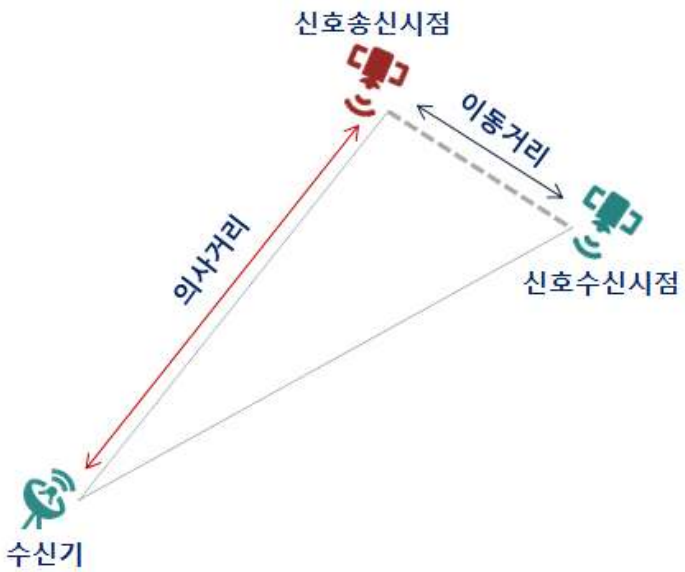


그림 9. 전송시간으로 인한 위성위치와
의사거리 관계

무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 전송시간에 관한 개념은 그림 9을 통해 나타내었다. 전송시간은 식 (6)과 같이 계산할 수 있다. 의사거리는 송신시점의 위성과 수신기의 거리이므로 신호 전송속도로 나누어 주면 전송시간이 된다. 이렇게 구해진 전송시간을 수신시간에서 차분하면 신호 송신 시점의 시간을 알 수 있다.

$$t_{Tx} = t_{Rx} - \Delta t_{tr} = t_{Rx} - PR/c \tag{6}$$

표 4. 전송시간 파라메터

파라메터	의미
t_{Tx}	Time of signal Transmission at satellite
t_{Rx}	Time of signal reception at receiver
Δt_{tr}	Signal travel time
PR	Measured pseudorange
c	Speed of light in vacuum

■ 둘째, 기준시각 동기오차이다. 위성항법시스템은 각자 그에 맞는 고유의 기준 시간시스템을 가지고 있다. GLONASS 역시 UTC(SU)와 동기된 GLONASS Time을 사용하고 있다. 항법위성은 원자시계를 탑재하고 있어 원자의 진동을 이용하여 정밀한 시간을 생성하게 되는데, 사용자가 사용하는 수신기는 이러한 고가의 원자시계를 사용하기 어렵다. 때문에 실제 수신기가 측정하는 시간과 위성이 측정하는 시간간에 정밀도 차이에 의한 시계오차가 발생하게 된다.

■ 이러한 문제를 해결하기 위해 GLONASS Navigation Message에는 각 위성에서 이를 보정해 줄 수 있는 정보를 제공해 주게 된다. 각 위성마다 두 개의 보정항을 제공하는데 τ_N, γ_N 이 그것이다. τ_N의 경우 위성시계 바이어스 오차 보정정보이며, γ_N는 주파수간 상관관계에 따른 바이어스 오차 보정항이다.

■ 추가적으로, Navigation Message에서 GLONASS time과 UTC간의 바이어스오차인 τ_C를 보정하면 종합 시계오차를 계산할 수 있다. 식 (7)은 이를 나타낸 것이며 이렇게 계산된 종합 시계오차에 신호 전송속도를 곱하여 의사거리 보정정보를 생성할 수있다.

$$t_{sys} = t_{sat} + \tau_N(t_R) - \gamma_N(t_R) \bullet (t_{sat} - t_R) + \gamma_C \tag{7}$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 5. GLONASS time 보정 파라메터

파라메터	의미
t_{sys}	Corrected System time
t_{sat}	System time
t_b	reference time of ephemeris
τ_N	time scale offset
γ_N	relative frequency offset
τ_C	GLONASS system time to UTC(SU) correction

4. GLONASS 궤도 및 시계 오차 분석

■ GLONASS의 제공되는 궤도력 정보 (위치, 시계 바이어스)의 오차를 분석해보았다. 먼저 사용된 Data는 국토지리정보원 수원기준국에서 수집한 RINEX Navigation Data와 IGS에서 제공하는 Final Product를 이용하였다.

■ 여기서 중요한 내용은 Navigation Data와 IGS에서 제공하는 Data의 시간계가 다른 것이다. Navigation Data는 앞서 설명한 것처럼 UTC로 제공되고 있다. 하지만 IGS는 GPS Time이다. 또한 Navigation은 30분마다 제공되고 IGS는 15분마다 제공되고 있다.

■ 직접적으로 같은 시간때의 위치를 비교하기 위해서는 시간계를 일치시켜야한다. 이를 위해 IGS Final Product를 보간하여 사용하도록 하였다. 보간은 MATLAB을 이용하였고 Cubic Interpolation을 수행하였다. 이렇게 수행한 결과를 Navigation에서 제공되는 위치, 시계 바이어스 값과 비교하였다. 또한 GLONASS의 결과를 비교하기 위해 GPS도 동일하게 수행하였다.

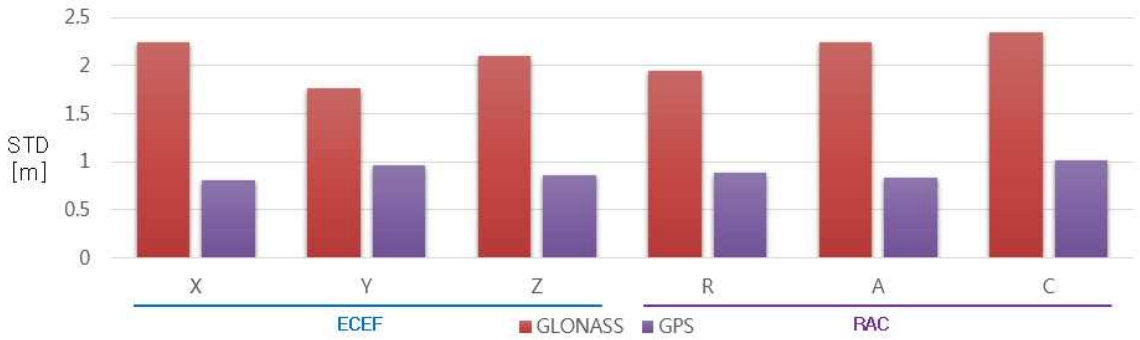


그림 10. GLONASS vs GPS 위성 오차 비교

무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 먼저 위성 위치관해 막대그래프를 이용해 나타낸 결과이다. 비교는 ECEF 좌표계에서 각 좌표축별 오차와 RAC 좌표계에서의 각 좌표축별 수행하였다. 모든 좌표축에서 확인 가능한 결과는 GLONASS의 위성 위치 오차결과가 GPS에 비해 크다는 것이다.

■ 이는 아직 GLONASS의 위성 궤도를 추정하기 위한 기술이 GPS에 비해 부족한 것으로 생각된다. 또한 GLONASS의 위성 궤도는 제공된 시점에서의 위치, 속도, 가속도 값을 적분하여 계산되는 결과이기 때문에 궤도 정보가 주어지는 시간이 아닌 때에 적분 오차가 더 포함될 것으로 생각된다.

■ 따라서 다른 시점에서의 결과는 GPS에서보다 좀 더 안 좋아 질 것을 예측 가능하다. 아래는 위의 결과를 다른 통계치와 함께 수치적으로 나타내고 위성 시계 바이어스 오차 또한 함께 나타내었다.

표 6. GLONASS vs GPS 위성 오차 비교

구분	ECEF (XYZ) [m]						RAC [m]						Clock [microsec]	
	GLONASS			GPS			GLONASS			GPS			GLONASS	GPS
평균	0.5701	-1.0268	-0.9002	0.4140	-0.2059	-0.3097	-0.3378	0.3237	0.5025	-0.2002	0.0401	0.3028	0.0019	0.0077
표준편차	2.2496	1.7680	2.1081	0.8024	0.9684	0.8652	1.9533	2.2407	2.3491	0.8791	0.8340	1.0190	1.58e-5	0.0189
최대	11.1636	11.2821	9.1650	2.9719	7.8585	3.5659	6.7960	11.7768	8.9763	7.5695	3.6383	4.4369	0.0021	0.1410
최소	0.0096	0.0002	0.0063	9.30e-6	3.77e-6	4.76e-5	0.0003	0.0015	0.0004	1.77e-4	6.09e-5	4.93e-5	0.0019	1.92e-6

■ 앞서 GLONASS와 GPS의 궤도 오차의 크기를 비교해 보았다. 그렇다면 이 궤도오차가 지상의 이격거리에 따라 정량적으로 어느 정도 차이가 나는지 확인해 보았다. 일반적으로 DGPS를 수행하거나 RTK를 수행할 때 이격거리의 제한이 존재한다.

■ 이 제한 안의 이격거리에서는 공통오차들의 차이가 크지 않다고 가정하고 차분을 통해 공통오차를 제거하게 된다. GPS에서는 많은 경험적 Data를 기반으로 이격거리의 제한을 제시하고 있다. 앞서 확인한 것처럼 GLONASS에서의 위성궤도오차가 GPS에 비해 크다.

■ 이 영향으로 이격거리에 따라 어느정도의 오차의 차이가 발생하는지 확인해 보았다. 이를 확인하기 위해 아래와 같은 방법을 이용하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 먼저 궤도력 오차를 계산한다. 이 오차는 앞서 계산한 Navgation Data와 IGS간의 오차를 사용하였다. 이 위성 궤도오차는 각 지상으로 부터의 시선각 벡터에 투영이 될 수 있다. 이렇게 투영된 오차는 이격거리에 따라 수준이 커지게 될 것이다.

■ 이 이격거리에 따른 투영오차의 크기를 비교해 보도록 한다. 또한 아래 나타내는 결과는 보수적인 기준으로 확인하기 위해 기간 동안의 오차 최대치를 이용해 나타내었다. 기준 기준국은 앞서 계속 진행해온 국토지리원의 수원기준국으로 설정하였다. 비교위치는 임의로 한반도의 Grid를 그려 나타내었다.

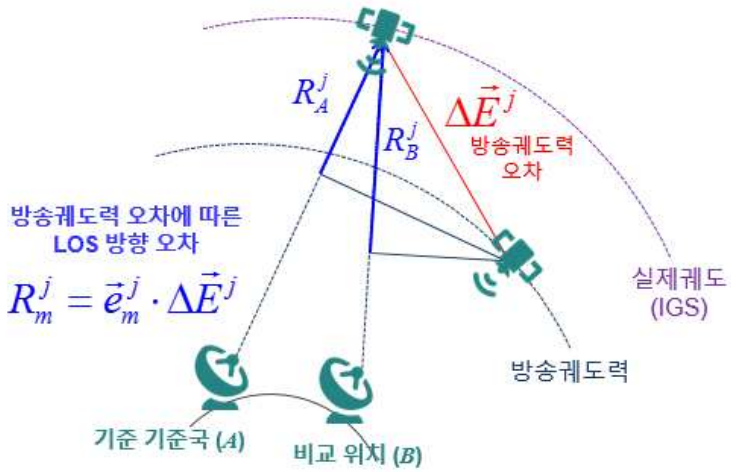


그림 11. 궤도 오차 이격거리 오차 분석 개념도

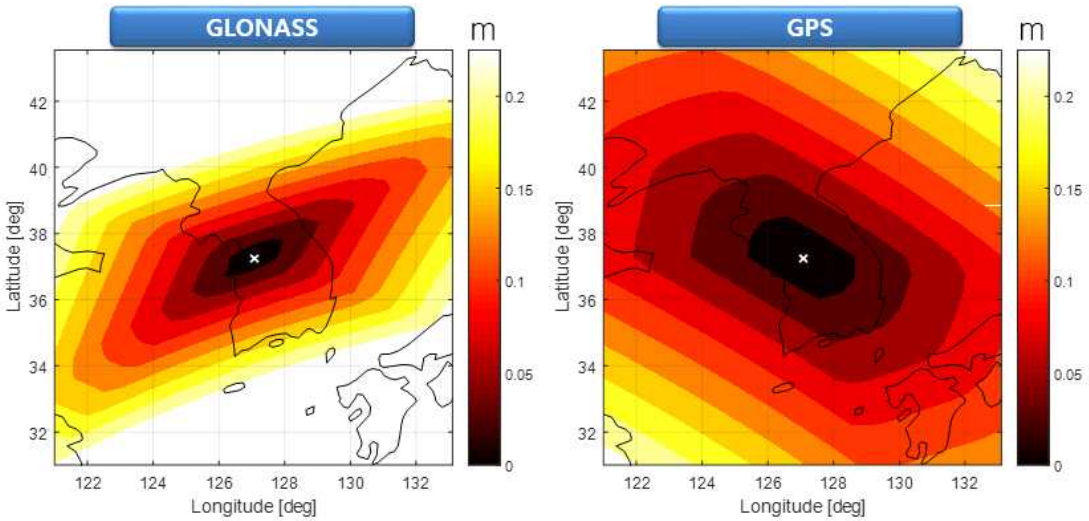


그림 12. 한반도의 이격거리에 따른 잔여오차 분석 (전체)

무단복제 및 전재를 금합니다.

■ GLONASS와 GPS의 결과를 비교하여 나타내었다. 위성 궤도오차의 수준차이에 따라 이격거리에 따른 잔여오차 또한 GPS가 더 작은 것을 확인할 수 있다. 여기서 나타나는 방향성은 오차의 최대를 이용해 나타낸 결과에 따른 것으로 판단된다.

■ 최대 오차를 가진 위성의 위치에 따라 위의 방향성이 발생된 것으로 생각된다. 이 결과는 한반도 전체를 나타낸 결과이다. 본 과제에서 수행하고자 하는 기법은 RTK이다. RTK는 가능한 이격거리가 비교적 짧다. 따라서 위 결과를 좀 더 확대하여 확인해 보았다.

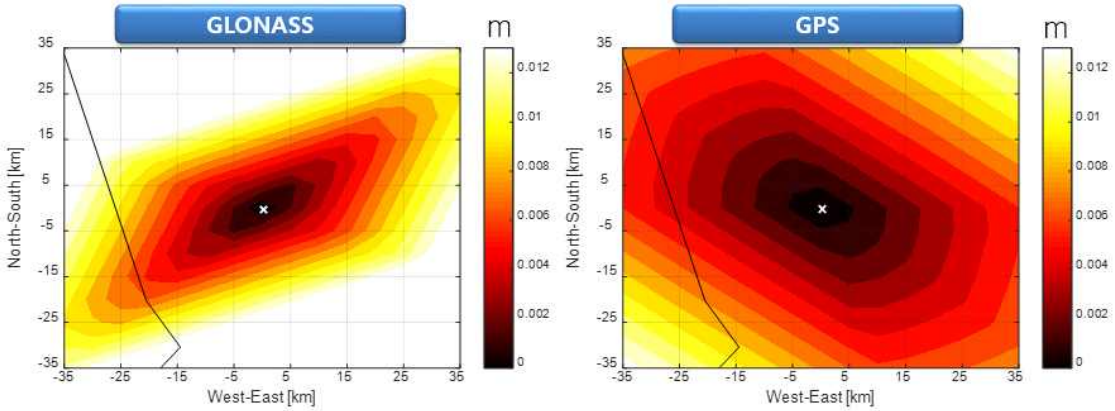


그림 13. 한반도의 이격거리에 따른 잔여오차 분석 (수원 인근)

■ 수원을 기준으로 반경 30km 근방으로 확대하여 나타내 보았다. 오차의 크기는 앞선 결과 마찬가지로 GPS가 더 작은 것을 볼 수 있다. 반경 30km내의 위성궤도로 발생할 수 있는 오차의 크기를 정량적으로 확인 할 수 있었다. 정상적인 상태에서는 이격거리에 따라 잔여오차가 크게 나타나지는 않는다.

■ 하지만 GPS에서 GLONASS로 오차가 증가하는 원인에 대하여 무시할 수 없다. 위성 궤도오차가 커지게 된다면 이격거리에 따른 잔여오차가 더 커지게 될 것이다. 이는 RTK나 DGPS를 수행 할 때 문제가 될 수 있다. 따라서 이와 같은 기술을 수행 할 때는 위성 궤도에 대한 무결성 알고리즘이 필요할 것으로 예측된다.

5. GLONASS 기하조건 분석

■ GLONASS 위성궤도는 항성일에 동기되는 11시간 15분의 공전주기를 가진다. 즉 24시간을 기준으로 하루 전에 비해 90분의 차이를 가지게 되고 7.5일이 될 때 동일한 위성배치를 갖게 된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 따라서, 국내에서의 GLONASS 위성의 기하조건을 분석하기 위해 2016년 10월 1일~ 10월 8일간의 국토지리정보원 수원 기준국 데이터를 이용하여 가시위성 및 DOP을 확인하였다.

■ GLONASS위성의 경우 평균적으로 GPS위성에 비해 평균적으로 가시 위성수가 부족한 것을 확인 할 수 있으며 GPS&GLONASS의 경우 항상 12개 이상의 가시위성이 확보되는 것을 알 수 있다.

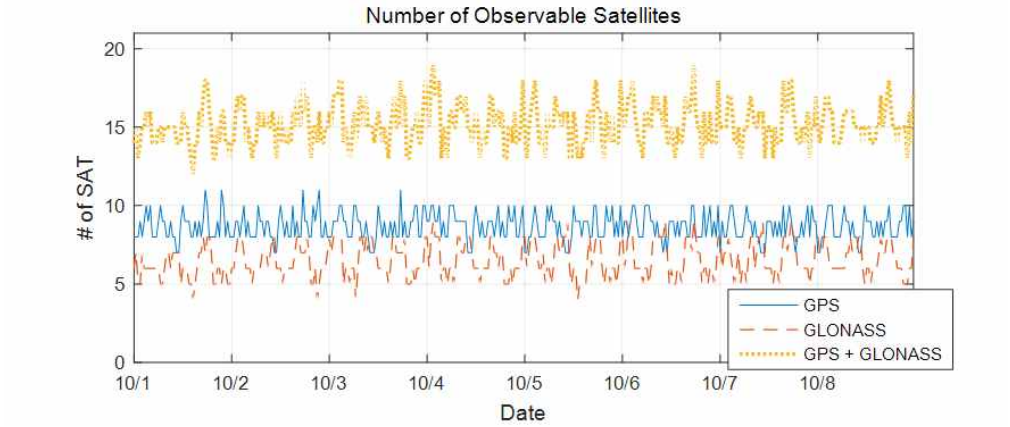


그림 14. 시간 별 GPS & GLONASS 가시위성 수 (수원)

■ HDOP, VDOP의 경우 GLONASS만을 이용할 때 크게 증가하는 경우 빈번하게 발생하였다. 이는 가시위성수의 부족으로 인해 일부 위성의 기하학적 배치가 유사성을 띄는 경우 그 영향이 DOP에 크게 반영되는 것을 알 수 있다.

■ GPS&GLONASS를 결합했을 때 DOP는 매우 좋은 결과를 얻을 수 있으며, 이 결과들을 통해 우리나라에서 GLONASS는 단독측위로 사용하기보다는 GPS와 결합하여 사용하는 것이 합리적일 것이다.

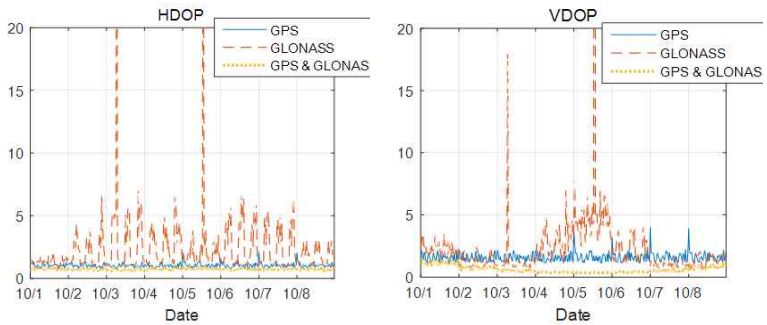


그림 15. 시간 별 GPS & GLONASS DOP (수원)

무단복제 및 전재를 금합니다.

표 7. GPS & GLONASS위성 평균 DOP

	HDOP	VDOP
GPS	1.05	1.60
GLONASS	2.46	3.48
GPS&GLONASS	0.73	0.61

6. 코드, 반송파 노이즈 분석

■ 위성항법시스템에서 제공하는 의사거리는 사용자의 위치추정에 사용되는 측정값으로서 그 정확도가 매우 중요하다. 의사거리는 위성의 위치와 사용자 수신기간의 거리정보를 제공해주는데 그 계산은 시각정보를 이용하여 식 (6.1) 같이 계산된다.

$$PR = c \bullet \left(t_{rec} - t^{sat}\right) \tag{8}$$

표 8. 의사거리 계산식 파라메터

파라메터	의미
PR	Pseudo Range
c	Transmission velocity (speed of light)
t_{rec}	Reception time
t^{sat}	Transmission time

■ 이러한 의사거리는 위성에서부터 수신기로 전송되는 도중에 다양한 요인에 의해 오차가 발생하게 되는데, 일반적으로 식 (9)와 같이 모델링된 수식을 통해 표현한다.

$$\begin{aligned} C_1^{sat} &= \rho^{sat} + c \bullet (dt_{rec} - dt^{sat}) + Ion^{sat} + Trop^{sat} + \epsilon_{c_1} \\ L_1^{sat} &= \rho^{sat} + c \bullet (dt_{rec} - dt^{sat}) - Ion^{sat} + Trop^{sat} + \lambda_n N^{sat} + \epsilon_{L_1} \end{aligned} \tag{9}$$

표 9. 모델링 파라메터

파라메터	의미
C_1^{sat}	Code Pseudo Range
L_1^{sat}	Carrier Phase Pseudo Range
$dt_{rec} - dt^{sat}$	Difference of rec/sat clock
Ion^{sat}	Ionospheric Error
$Trop^{sat}$	Tropospheric Error
λ_n	Wave length
N^{sat}	Integer Ambiguity
ϵ	Noise

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 이 수식은 GLONASS뿐 아니라 여타 항법위성전반에 적용할 수 있다. 또한, 전리층, 이온층오차의 경우 환경적 요인이므로 그 영향은 모든 항법위성이 공통적으로 받는 다고 할 수 있다.

■ 위성, 수신기 시계오차는 해당위성, 수신기의 시계가 가지는 정밀도, 정확도에 따라 결정된다. 하지만, 잡음의 경우 특정한 하나의 요인으로 인해 발생한다고 보기 어려울 뿐 아니라 보정하기 어렵기 때문에 그 발생 정도에 따라 의사거리가 가지는 신호품질이 좌우된다고 할 수 있다. 따라서, GLONASS 의사거리의 정확도를 판단하기 위해서 의사거리에 포함되어있는 잡음을 계산해보았으며, 기존에 사용되고 있는 GPS 대비 그 차이를 확인해 보았다.

■ 잡음은 직접적으로 계산할 수 없기 때문에 의사거리에 포함된 다른 오차요인을 제거하여 남은 잔여오차를 잡음으로 판단하였다. 이를 위하여 몇 가지 가정을 적용하여 계산을 진행 하였다. 첫째, 잡음은 Random 오차이다. 둘째, 짧은 시간동안 궤도, 시계, 전리층, 대류층 오차는 bias 오차이다.

■ 이 가정을 적용하면 아래와 같은 방법을 통해 잡음을 계산 할 수 있다. 먼저, 전체 오차를 구한다. 그 방법은 의사거리에서 실제 거리(위성-수신기간 거리)를 차분하여 얻는다. 둘째, 전체오차의 시간차분을 구한다. 셋째, 남은 잔여오차를 이용 잡음을 계산한다. 본 연구에서는 가정으로 인해 발생하는 오류를 최소화 하기 위하여 시간 차분 시 간격을 1초로 하여 진행하였다.

$$
\begin{aligned}
C_1^{sat} - \rho^{sat} &= +c \bullet (dt_{rec} - dt^{sat}) + Ion^{sat} + Trop^{sat} + \epsilon_{c_1} \\
L_1^{sat} - \rho^{sat} &= +c \bullet (dt_{rec} - dt^{sat}) - Ion^{sat} + Trop^{sat} + \lambda_n N^{sat} + \epsilon_{L_1} \\
\epsilon_{c_1} &= \Delta C_1^{sat} - \Delta\rho^{sat} \\
\epsilon_{L_1} &= \Delta L_1^{sat} - \Delta\rho^{sat}
\end{aligned}
\tag{10}
$$

■ 이렇게 계산된 잡음수준을 위성에 앙각에 따라 분류하여 GPS와 비교하여 나타내었다. 잡음은 저앙각일수록 더 큰 수준인 것을 확인할 수 있으며, 익히 알려진 것처럼 코드 잡음에 비해 반송파 잡음이 작은 것을 확인 할 수 있다.

■ GLONASS는 전반적으로 GPS에 비해 잡음 수준이 큰 것을 알 수 있는데, 이는 사용자 위치항법에 적용될 때 측정값의 무결성을 보장할 때 앙각에 따른 잡음의 영향을 반영하되 GPS와는 별개로 모니터링이 진행되어야 함을 알 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

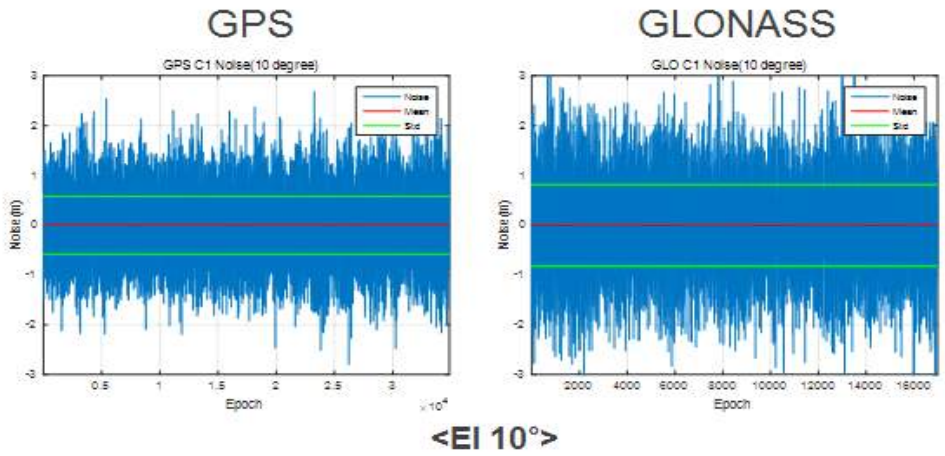


그림 16. 앙각별 코드 잡음 수준 (10°)

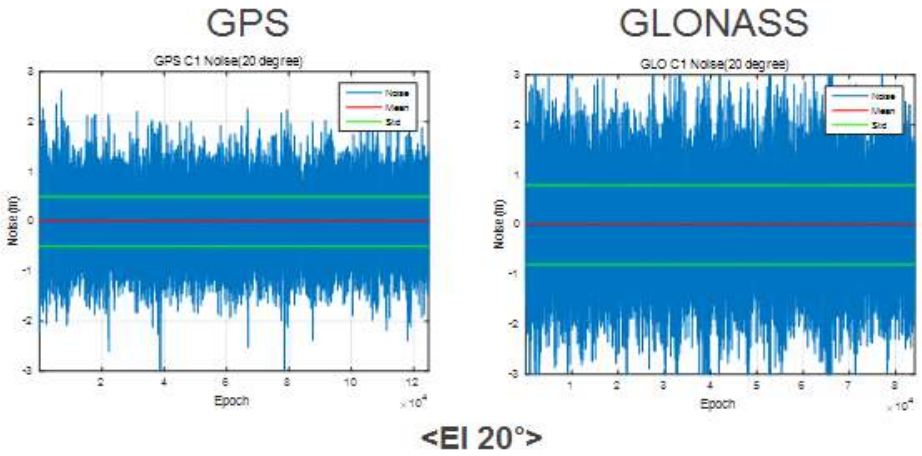


그림 17. 앙각별 코드 잡음 수준 (20°)

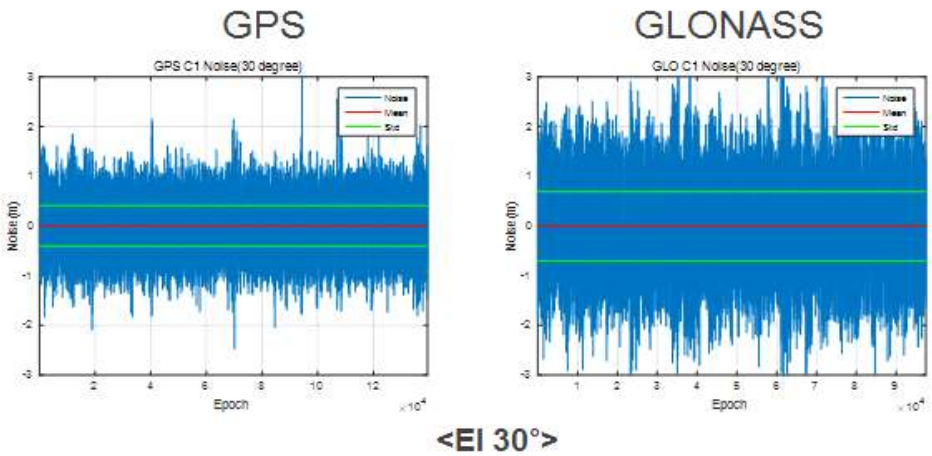


그림 18. 앙각별 코드 잡음 수준 (30°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

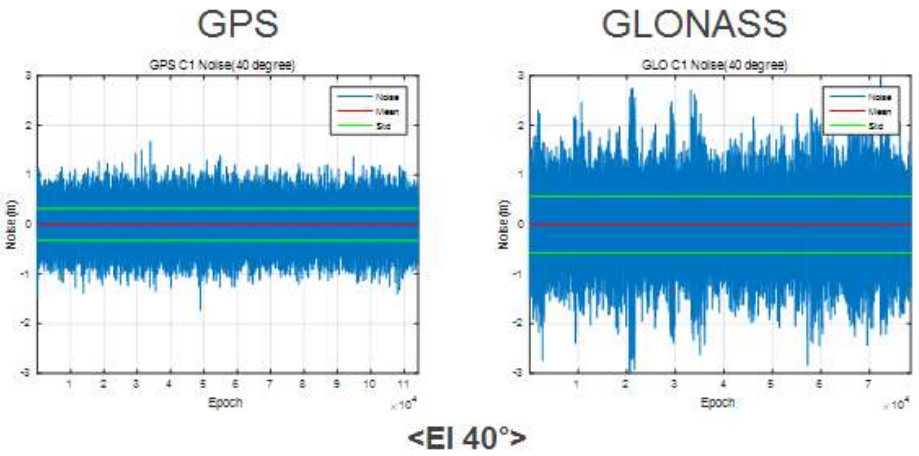


그림 19. 앙각별 코드 잡음 수준 (40°)

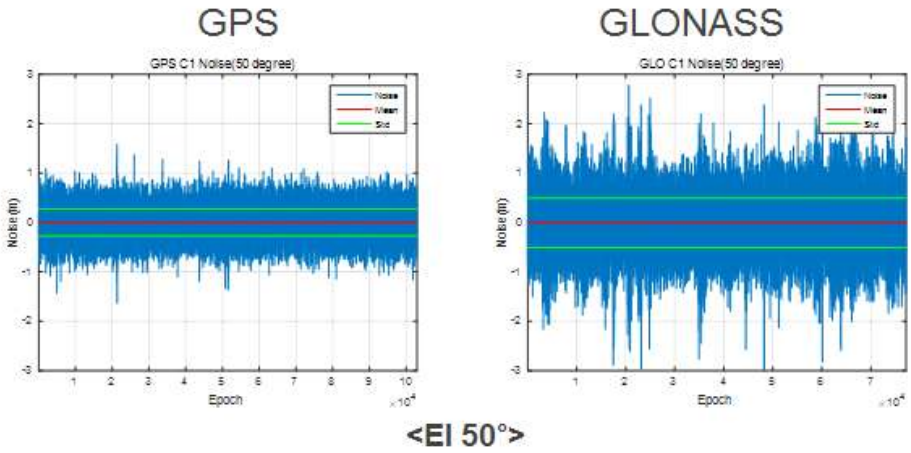


그림 20. 앙각별 코드 잡음 수준 (50°)

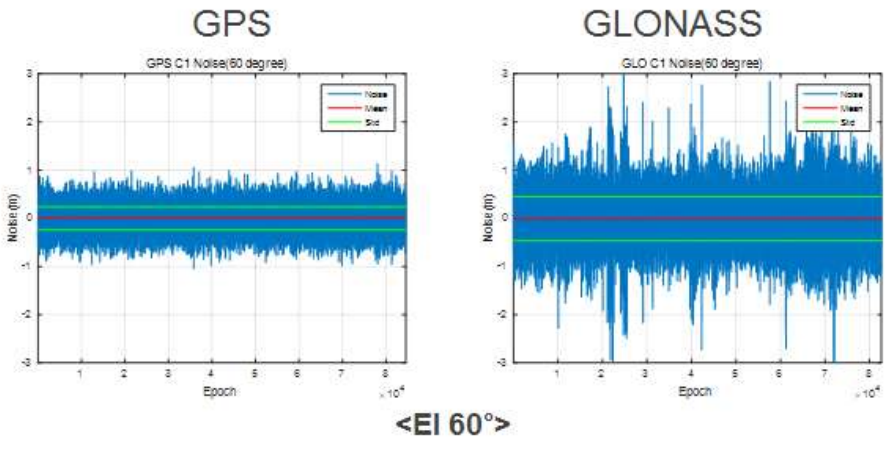


그림 21. 앙각별 코드 잡음 수준 (60°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

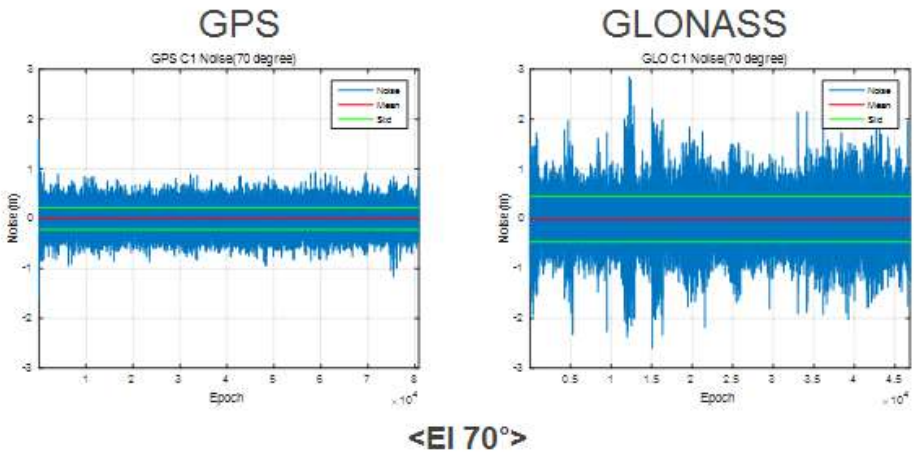


그림 22. 앙각별 코드 잡음 수준 (70°)

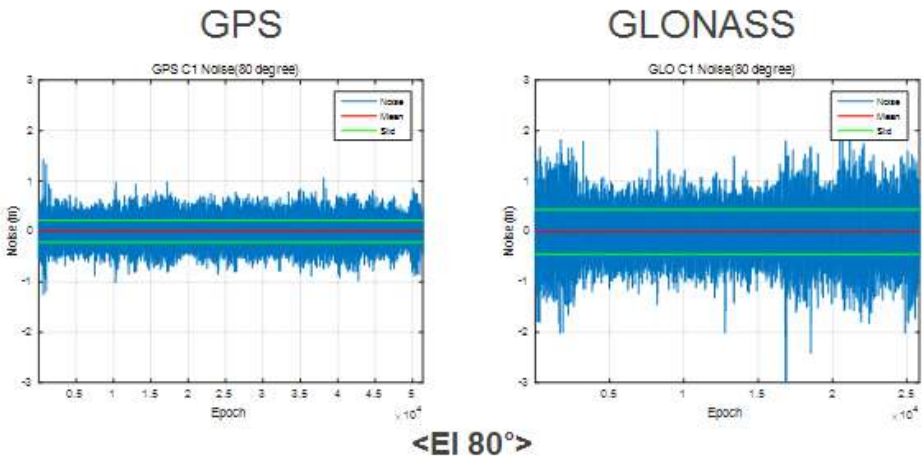


그림 23. 앙각별 코드 잡음 수준 (80°)

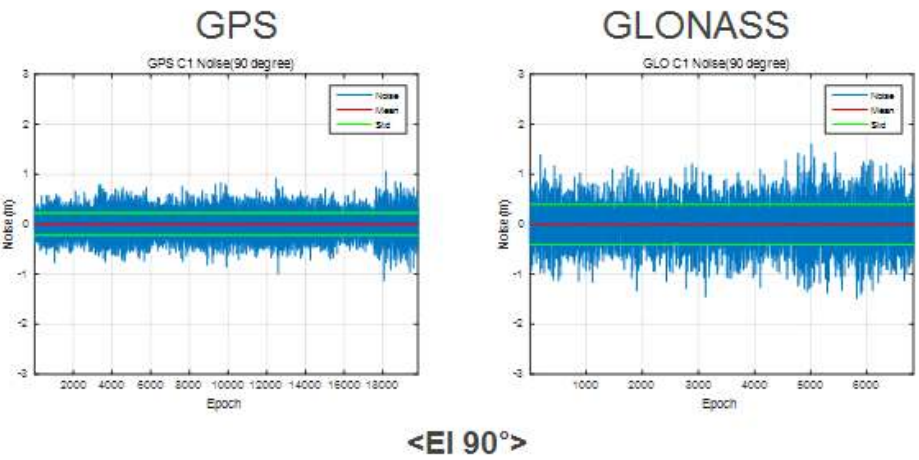


그림 24. 앙각별 코드 잡음 수준 (90°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

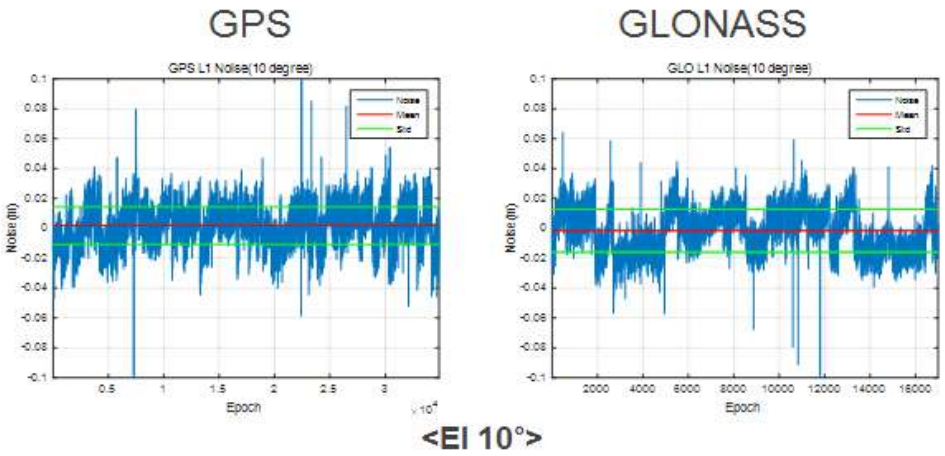


그림 25. 앙각별 반송파 잡음 수준 (10°)

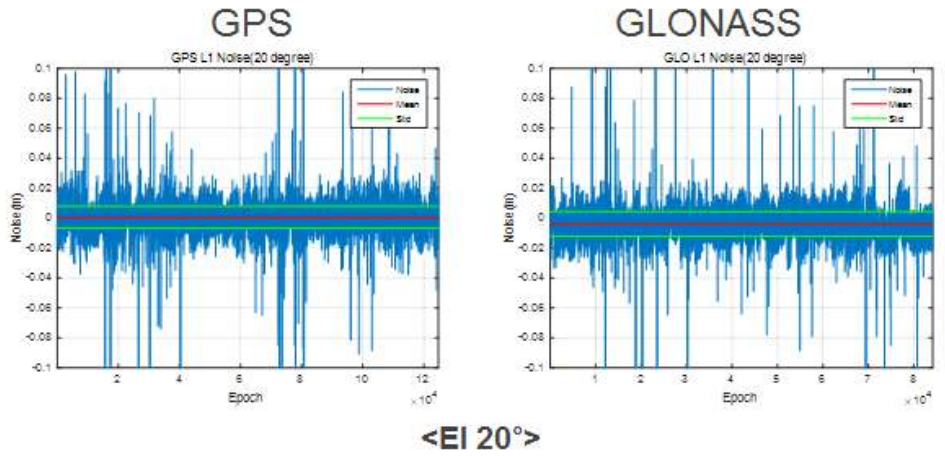


그림 26. 앙각별 반송파 잡음 수준 (20°)

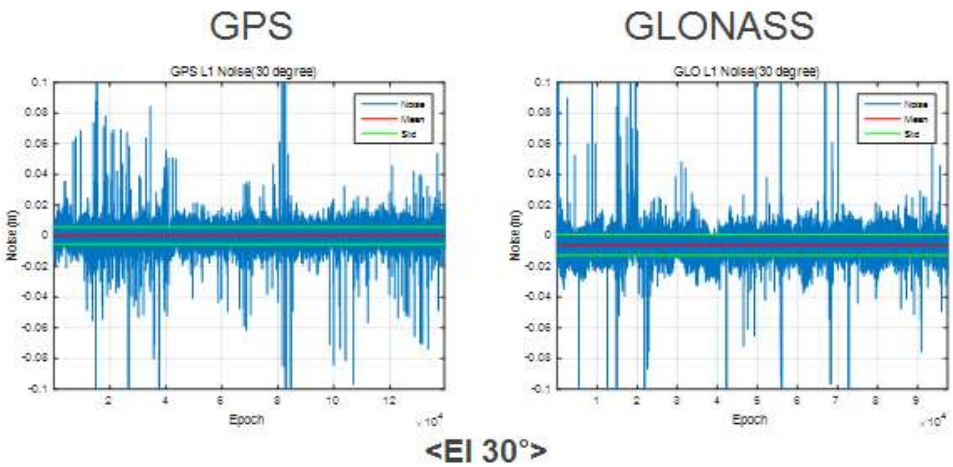


그림 27. 앙각별 반송파 잡음 수준 (30°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

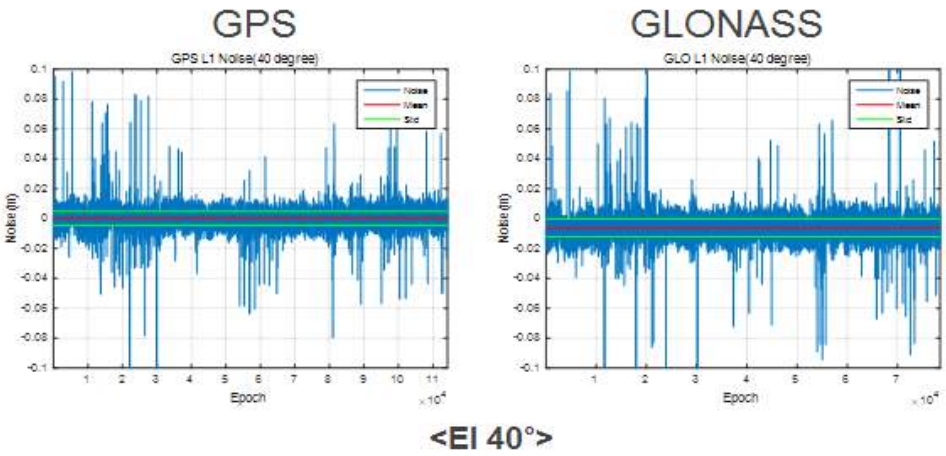


그림 28. 앙각별 반송파 잡음 수준 (40°)

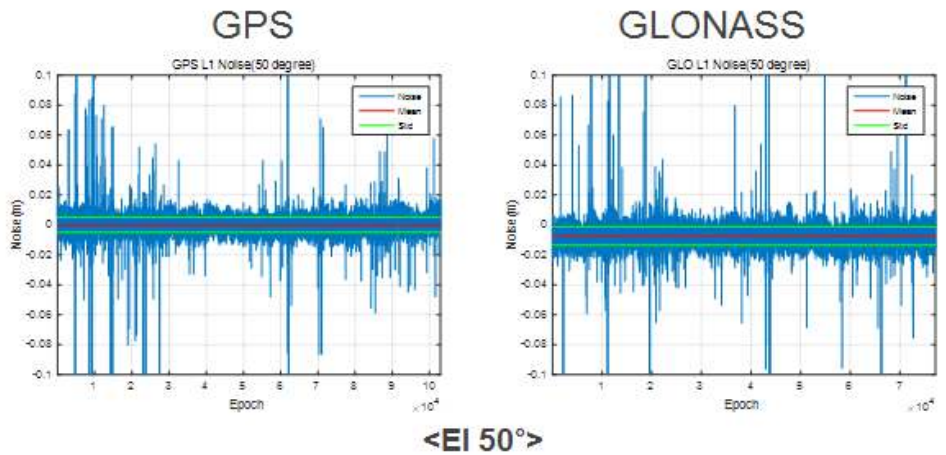


그림 29. 앙각별 반송파 잡음 수준 (50°)

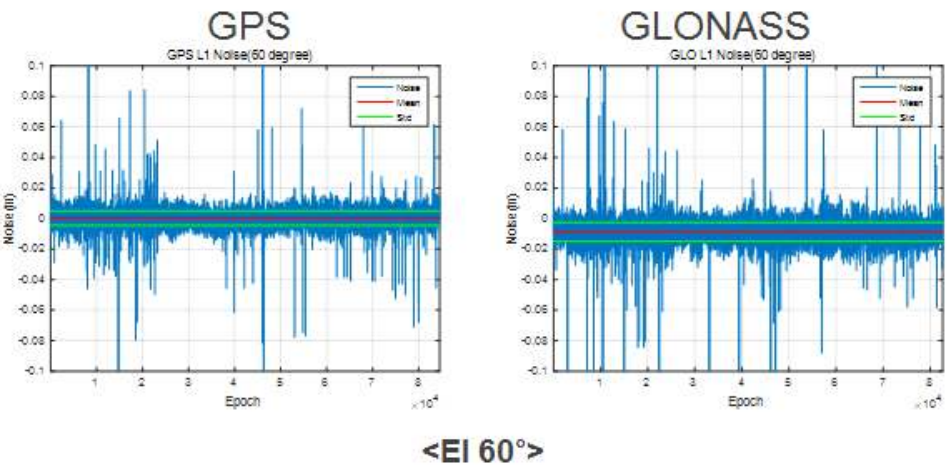


그림 30. 앙각별 반송파 잡음 수준 (60°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

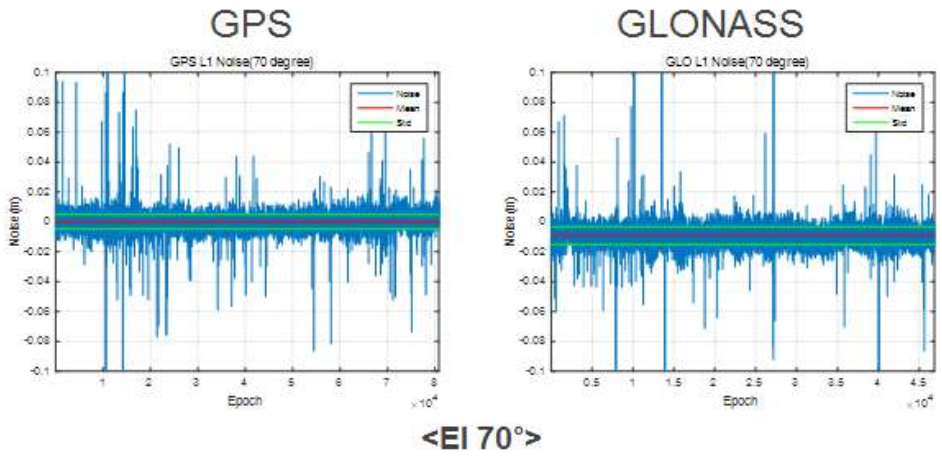


그림 31. 앙각별 반송파 잡음 수준 (70°)

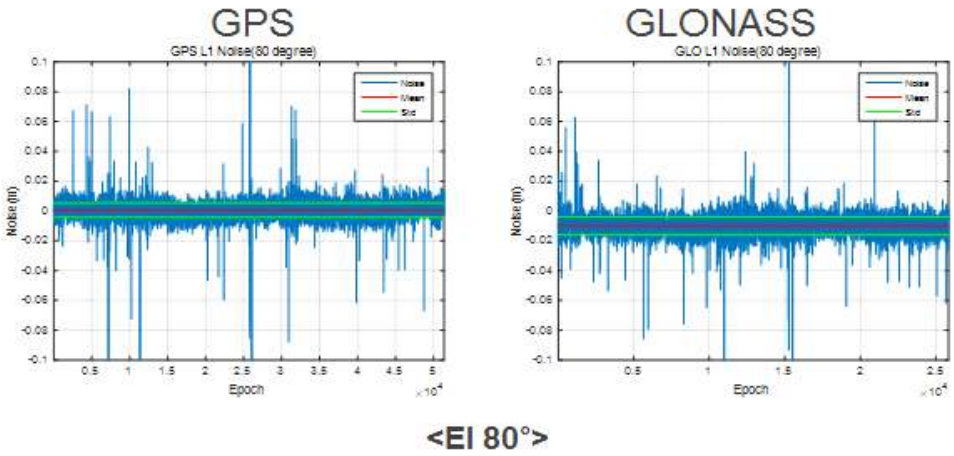


그림 32. 앙각별 반송파 잡음 수준 (80°)

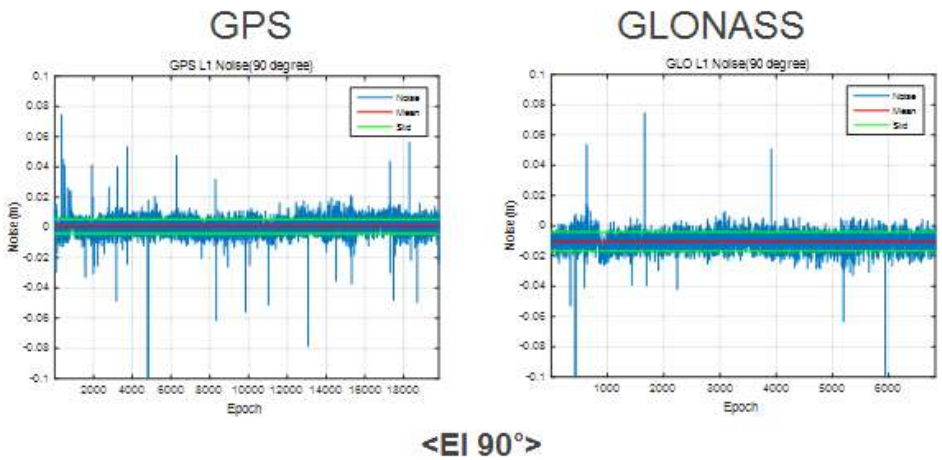


그림 33. 앙각별 반송파 잡음 수준 (90°)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

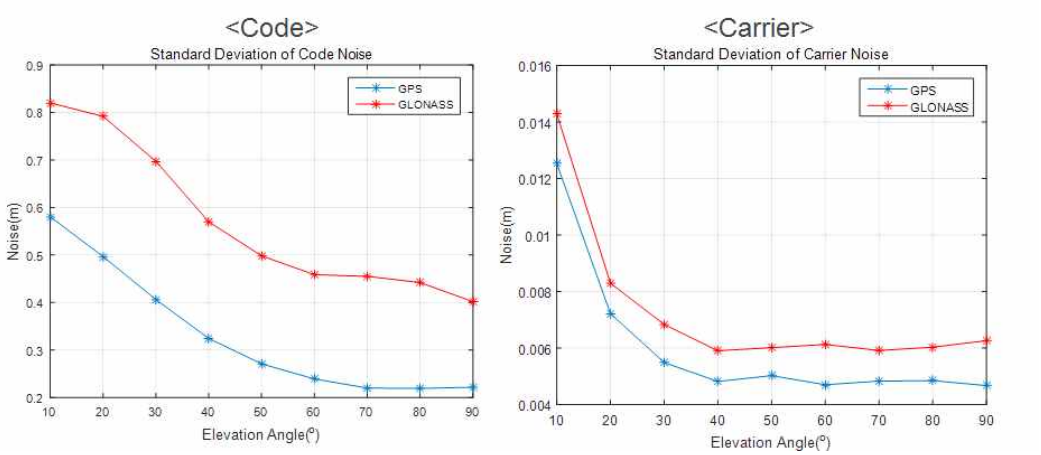


그림 34. 앙각별 코드/반송파 잡음 수준 (표준편차)

7. 코드 보정정보 오차 분석

■ GLONASS의 코드 보정 정보의 정확도를 알아보기 위해 복수 기준국 간 보정 정보의 잔차를 확인하고 DGNSS (Differential GNSS)를 수행하였다. 사용된 기준국은 주 기준으로 수원을 정하였으며, 수원을 기준으로 기준국 간 거리를 증가하며 기준국을 선택하였다.

■ 보정 정보는 고정되어있는 기준국을 기반으로 기준국의 좌표와 위성 간의 기하학적 거리와 의사거리의 차분으로 정의될 수 있다. 이 보정항에는 공통오차 성분인 위성 궤도 오차, 시계 오차, 전리층 오차, 대류층 오차가 포함되어있다.

$$\rho_m^i = C_{1m}^i + c \bullet (dt_m - dt^i) - Ion_m^i - Trop_m^i + \epsilon \tag{11}$$

$$PRC_m^i(t) = \rho_m^i(t) - (C_{1m}^i(t) + c\Delta t^i(t)) \tag{12}$$

$$2th\,PRC_m^i(t) = PRC_m^i(t) - \frac{\sum_{i=1}^{n} PRC_m^i(t)}{n} \tag{13}$$

표 10. 보정항 파라메터

파라메터	의미
ρ_m^i	True Range of Satellite to Station
C_1^{sat}	Code Pseudo Range
$dt_m - dt^i$	Difference of rec/sat clock
Ion_m^i	Ionospheric Error
$Trop_m^i$	Tropospheric Error
ϵ	Noise

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 1차 PRC를 생성한 이후 각 기준국의 시계 바이어스를 제거하기 위해 2차 PRC를 생성한다. 각 기준국의 2차 PRC를 서로 차분하여 통계치를 생성하였다. 2016년 10월 1일 국토지리정보원에서 제공하는 데이터를 사용하였으며, 수원, 안성, 원주, 영월, 태백 기준국의 데이터를 이용하여 이격거리에 따른 GLONASS 코드 보정 정보 오차를 분석하였다.



그림 35. 이격거리에 따른 보정정보 오차 변화 (표준편차)

표 11. 이격 거리에 따른 GLONASS 보정정보 오차

	수원-양평 (34km)	수원-원주 (79km)	수원-영월 (125km)	수원-태백 (172km)
오차 RMS (m)	0.4564	0.4860	0.6262	0.7327

■ 수원을 기준으로 안성의 PRC 보정정보를 차분한 결과는 RMS 오차로 약 0.45미터이다. 수원-원주 간 오차는 약 0.48미터, 수원-영월 간 오차는 약 0.62미터, 수원-태백 간 오차는 약 0.73미터이다. 각 기준국 간 이격 거리는 수원을 기준으로 안성은 34km, 원주는 79km, 영원은 125km, 태백은 172km로 점차 이격 거리가 증가하도록 기준국을 선택하였다.

■ 이격 거리에 따른 GLONASS 코드 보정정보 오차는 점차 이격 거리가 증가함에 따라 증가하며, 이는 DGNSS를 수행하였을 때 성능 차이로 나타나게 된다. 반송파 보정정보 또한 코드 보정정보와 유사하게 이격 거리가 증감함에 따라 오차가 증가가 될 것으로 예상된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8. DGNSS 정확도 분석

■ DGNSS는 단독 측위 기법의 정밀도를 향상시키기 위해 개발된 것으로 2대 이상의 수신기가 통신 매체가 필요하다. 본 연구에서는 두 기준국 간 측정값을 이용하여 GLONASS 측정값 기반 DGNSS를 수행하고 정확도 결과를 분석하였다.

8.1. 수원 - 안성 간 DGNSS 결과

■ 수원 안성 간 GLONASS DGNSS의 결과는 다음과 같다. 수평 오차는 2DRMS 오차로 2.32미터이고, 수직 오차는 RMS 2.23 미터이다.

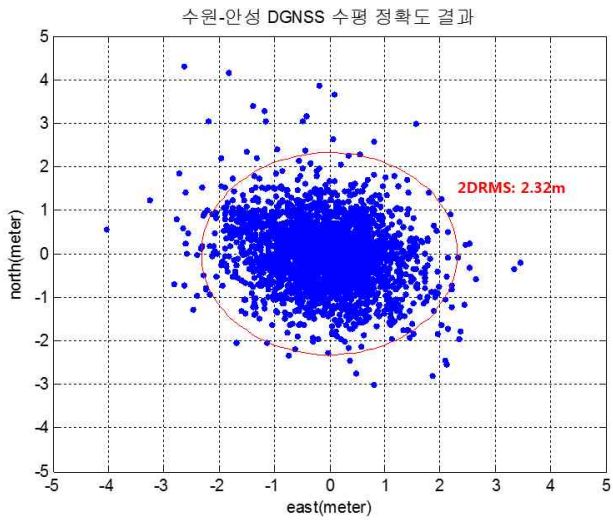


그림 36. 수원-안성 DGNSS 수평 정확도 결과

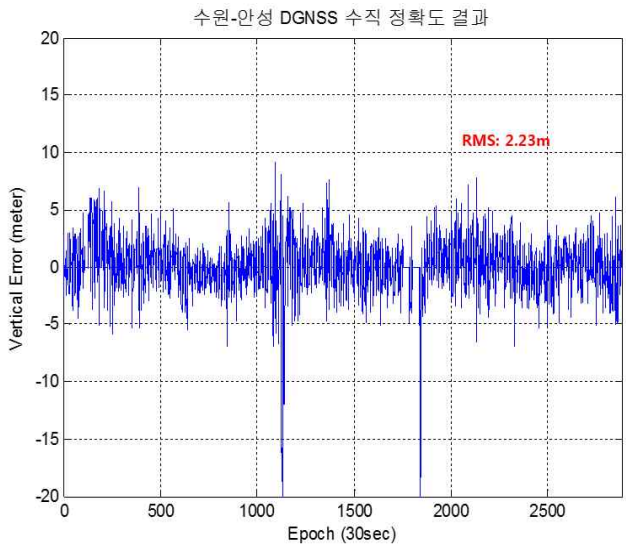


그림 37. 수원-안성 DGNSS 수직 정확도 결과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8.2. 수원 - 원주 간 DGNSS 결과

■ 수원 원주 간 GLONASS DGNSS의 결과는 수평 오차는 2DRMS 2.18미터, 수직 오차는 RMS 2.39미터이다.

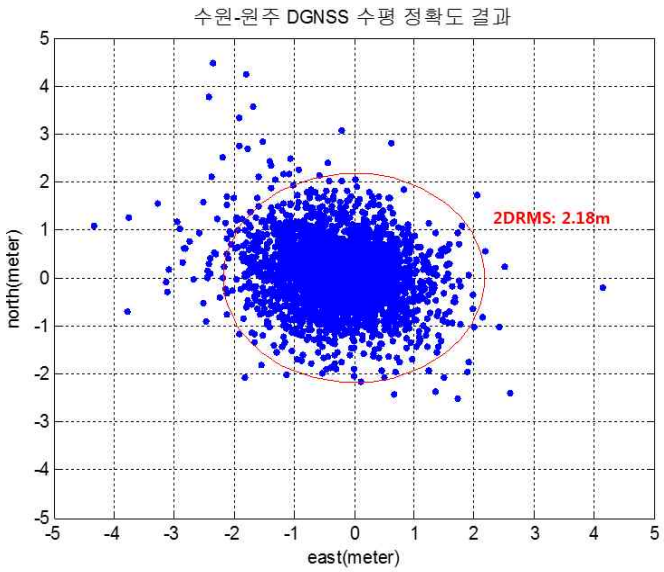


그림 38. 수원-원주 DGNSS 수평 정확도 결과

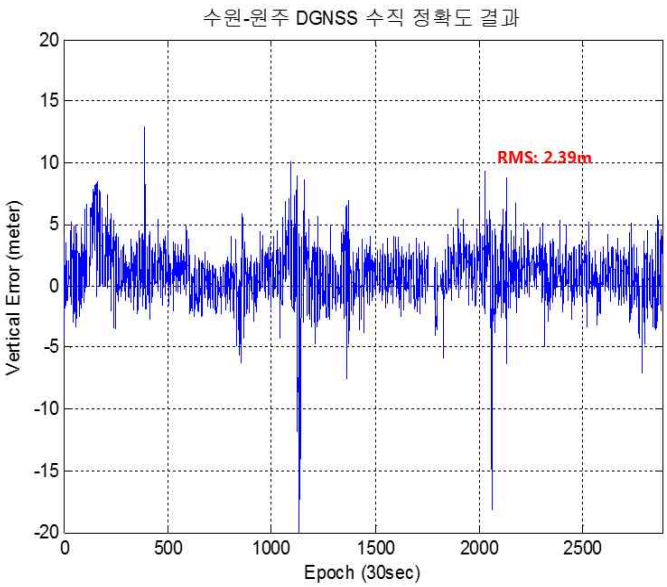


그림 39. 수원-원주 DGNSS 수평 정확도 결과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8.3. 수원 - 영월 간 DGNSS 결과

■ 기준국 간 이격 거리가 120km 이상 떨어진 수원-영월 간 DGNSS의 오차는 다음과 같다. 수평 오차는 2DRMS 2.5미터, 수직오차는 RMS 2.9미터이다.

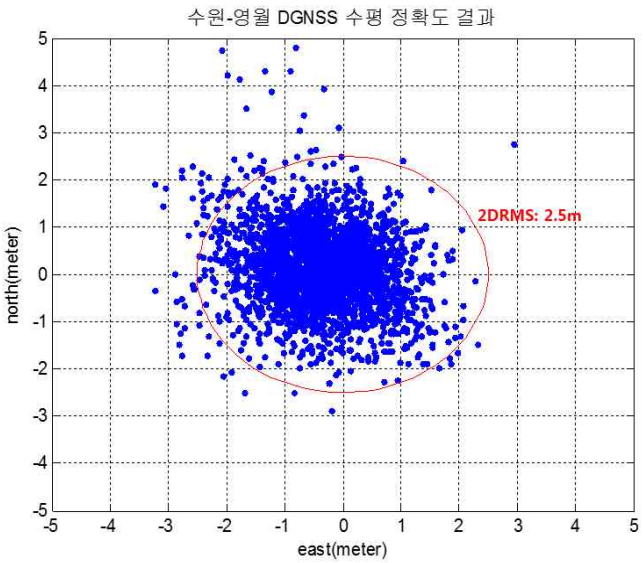


그림 40. 수원-영월 DGNSS 수평 정확도 결과

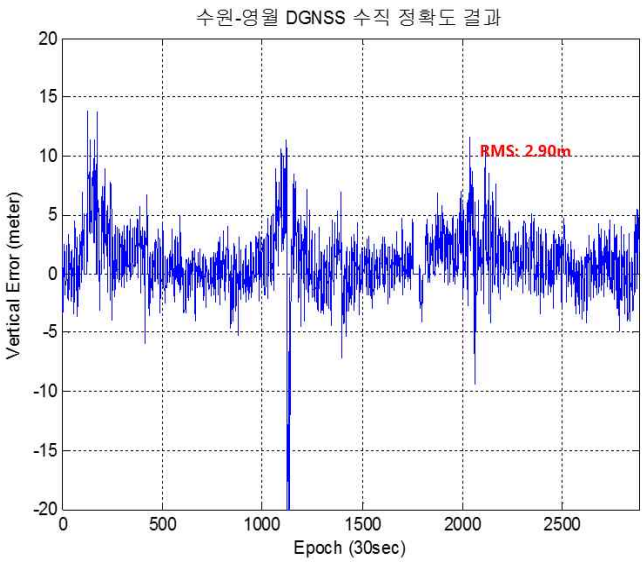


그림 41. 수원-영월 DGNSS 수직 정확도 결과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8.4. 수원 - 태백 간 DGNSS 결과

■ 기준국 간 이격 거리가 170km 이상 떨어진 수원-태백 간 DGNSS의 오차는 다음과 같다. 수평 오차는 2DRMS 2.79미터, 수직오차는 RMS 4.0미터이다.

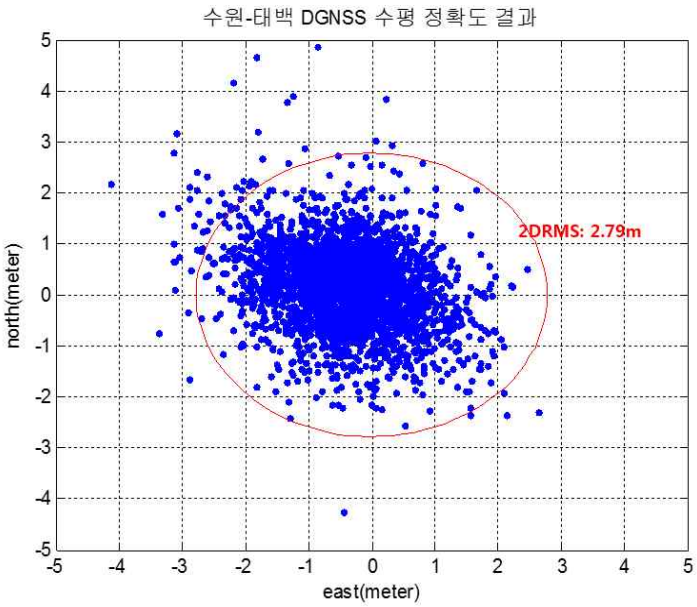


그림 42. 수원-태백 DGNSSS 수평 정확도 결과

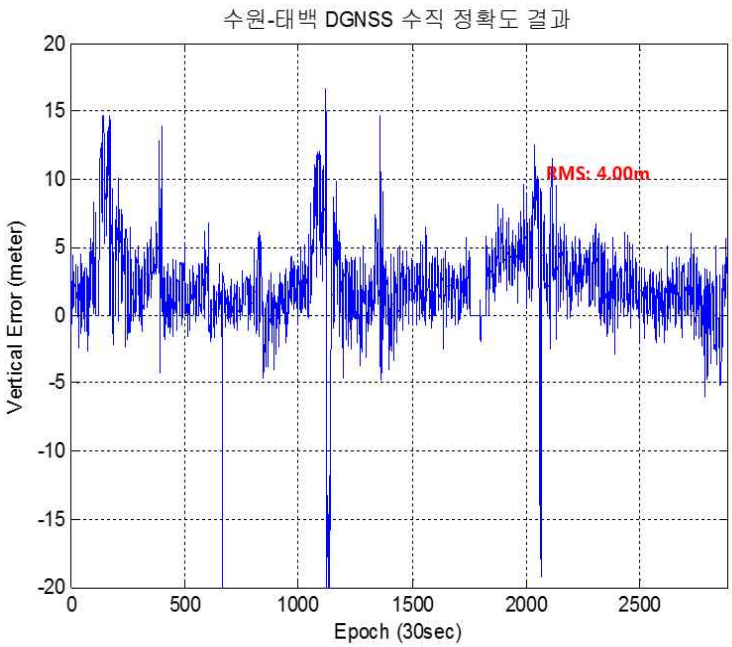


그림 43. 수원-태백 DGNSS 수직 정확도 결과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8.5. 이격거리에 따른 DGNSS 위치 정확도 변화

■ 이격 거리가 증가함에 따라 수평 오차 및 수직 오차가 증가하는 경향을 보이게 된다. 결과를 표로 정리하였다.

표 12. 이격 거리에 따른 DGNSS 위치 정확도

	수원-양평 (34km)	수원-원주 (79km)	수원-영월 (125km)	수원-태백 (172km)
수평오차 2DRMS (m)	2.32	2.18	2.50	2.79
수직오차 2DRMS (m)	2.23	2.39	2.90	4.00

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-40

GLONASS 무결성 정보 생성 분석서

2016. 12. 19.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이영재	2016. 12. 07.	
	안종선	2016. 12. 07.	
	장진혁	2016. 12. 07.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 12. 07.	안종선
R1.1	적용 문서 및 약어용어 정리	2016. 12. 19.	안종선

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 문서 개요 ····· 1
1.1. 적용 범위 ····· 1
1.2. 적용 문서 (or 참고 문서) ····· 1
1.3. 약어/용어 정의 ····· 2

2. GLONASS 위성궤도 무결성 알고리즘 분석 ····· 3
2.1. Type-A 궤도력 고장 검출 알고리즘 분석 ····· 4
2.2. Type-B 궤도력 고장 검출 알고리즘 분석 ····· 17

3. GLONASS 위성시계 무결성 알고리즘 분석 ····· 18

4. GLONASS 전리층 폭풍 무결성 알고리즘 분석 ····· 19
4.1. DFCD 검사 ····· 20
4.2. I-Value 검사 ····· 23
4.3. 전리층 폭풍 방향 추정 기법 ····· 24

5. GLONASS 코드 및 측정값 이상형상 무결성 알고리즘 분석 ····· 27
5.1. 코드 발산 검사 ····· 27
5.2. 코드 잔차 검사 ····· 28

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 문서 개요

1.1. 적용 범위

본 문서는 국토교통부 교통물류사업으로 추진하는 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 산출물로 "GLONASS 무결성 정보 생성"에 관한 내용을 정리한 기술분석서이다.

본 기술분석서의 전체 구성은 다음과 같다.

1장 : 이 문서의 목적과 적용범위를 설명한다.
2장 : GLONASS 위성궤도 무결성 알고리즘 분석
3장 : GLONASS 위성시계 무결성 알고리즘 분석
4장 : GLONASS 전리층 폭풍 무결성 알고리즘 분석
5장 : GLONASS 코드 및 측정값 이상현상 무결성 알고리즘 분석

1.2. 적용 문서 (or 참고 문서)

아래 적용문서 들은 본 규격서가 정의하고 있는 규격들을 확장하고 참조하는데 사용된 규격으로서 별도의 정의가 없는 경우 아래 나열된 규격서를 준용한다. 본 규격서와 아래 적용문서 간의 불일치가 발생할 경우 본 규격서를 따른다.

■ U.S. Federal Aviation Administration, *Specification: Category I Local Area Augmentation System Non-Federal Ground Facility*. Washington, D.C., FAA-E-2937A, April 17, 2002.

■ Gang Xie, *Optimal On-airport Monitoring of the Integrity of GPS-Based Landing System*, Ph.D Thesis, Stanford University, March 2004, pp. 39~43.

■ Jongsuan Ahn, et al., "Orbit Ephemeris Failure Detection in a GNSS Regional Application", *Journal of International of Aeronautical & Space Science*, Vol. 16, No. 1, pp. 89~101

■ B. Hoffmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Walse, 2008, *GNSS; GPS, GLONASS, Galileo & more*, springer Wien New York, pp. 269~273

■ Draft, *ICAO Annex 10, GBAS CAT II/III Development Baseline SARPs*, 17~29, May 2010 meeting of the Navigation System Panel (NSP) Working Group.

■ Boris Pervan, Livio Gratton, "Orbit Ephemeris Monitors for Local Area Differential GPS", *Journal of IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 41, No. 2, April 2005.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ Sam Pullen, Jiyun Lee, Ming Luo, Boris Pervan, Fang-Cheng Chan, and Livio Gratton, "Ephemeris Protection Level Equations and Monitor Algorithms for GBAS," Proceedings of Instituted of Navigation GPS Conference, 2001, Salt Lake City, Utah.

■ *Specification Category 1 Local Area Augmentation System Non-Federal Ground Facility, U.S. Federal Aviation Administration*, FAA/AND 710-2937, Washington, DC, May, 2001.

■ RTCA, Inc., *Minimum Aviation System Performance Standards for the Local Area Augmentation System (LAAS)*, RTCA-DO-254A.

■ Pullen, S., Lee, J., Luo, M., Pervan, B, Chan, F-C, and Gratton, L., • "Ephemeris Protection Level Equation and Monitor Algorithm for GBAS", *Proceedings of the 14th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, Salt Lak City, UT, Sept, 11~14, 2001.

■ Jiyun Lee, Sam Pullen, Per Enge, Boris Pervan, and Livio Gratton, "Monitoring Global Positioning System Satellite Orbit Errors for Aircraft Landing", *Journal of Aircraft*, Vol. 43, No. 3, May-June 2006, pp. 800.

1.3. 약어/용어 정의

■ 미지정수: Integer Ambiguity, GNSS 반송파 측정값 사용시 추정해야하는 미지수로 위성과 수신기 안테나간의 반송파 초기 사이클 개수

■ 시선각: LOS, Line of Sight

■ 기저선: Baseline, GNSS 기준국 안테나 사이의 상대 위치 벡터

■ 무결성: Integrity, 시스템에 고장이 발생하였을 경우 사용자에 고장 여부 판단 여부를 특정시간 및 미검출 확률 (Missed Detection Probebility) 조건 하에서 제공하는 요구조건

■ 방위각: Azimuth Angle, 북극을 기준으로 양의 방향 (시계 방향)과 이루는 수평 방향 각도

■ 앙각: Elevation Angle, 사용자 수평면을 기준과 위성이 이루는 수직 방향 각도

■ MDE : Minimum Detectable Error

■ 보호수준 : Protection Level, 사용자의 예상 위치 오차

■ I-Value : Ionospheric-Value, 복수 기준국간 상대 전리층 두께 증가량

■ DFCD : Dual Frequency Carrier Divergence, 이중반송파 기반 전리층 두께 증가량

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. GLONASS 위성궤도 무결성 알고리즘 분석

■ GLONASS의 위성궤도는 위성항법시스템을 운용하는 지상국 시스템에서 항법 위성 위치, 속도, 가속도 정보와 위성에 탑재되어 있는 위성시계 오차 모델 파라메터, 위성 상태등을 담고 있으며, 일정 주기를 가지고 사용자에게 된다.

■ 이를 통해 사용자는 위와 같은 정보를 통해, 항법위성의 위치와 항법 위성의 시계오차 및 전리층 지연 오차를 계산하여 항법에 활용하게 된다.

■ 이 중 본 연구에서는 항법메시지에 담긴 다양한 정보 중 위성 위치와 관련된 궤도력에 고장이 발생하였을 경우 검출 할 수 있는 알고리즘을 분석. 먼저 궤도력의 위협 유형을 분류하게 되면, 그림 2.1과 같이. Type-A, Type-B와 같이 구분이 됨.

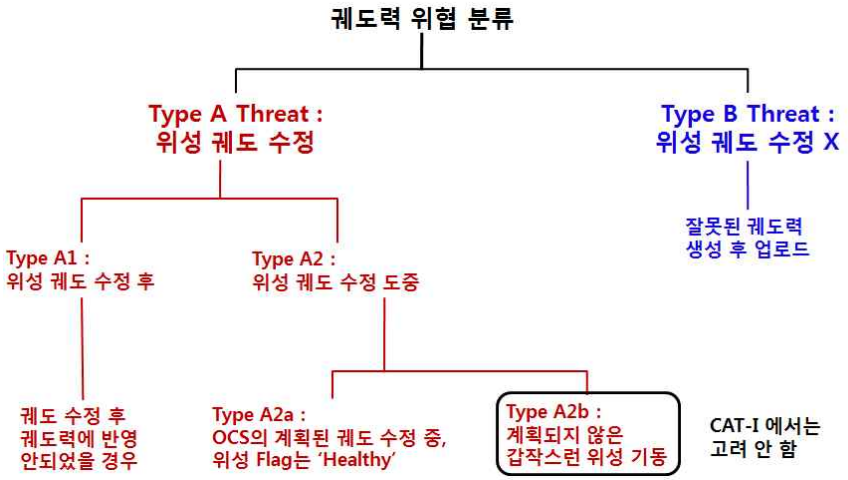


그림 1. 궤도력 위협 분류

■ Type-A와 Type-B를 구분 짓는 요인은 인위적인 궤도 수정 여부임. Type-A의 경우 지상국 시스템에서 위성궤도를 수정하는 과정에 발생될 수 있는 고장으로, 수정 후 궤도력에 반영이 되지 않을 경우 Type-A1, 수정 과정 중에 사용자에게 수정 과정 여부를 공지하지 못하였을 경우 또는 예상치 못한 위성의 기동이 발생하였을 때를 Type-A2로 구분한다.

■ Type-B는 인위적인 궤도수정이 발생하지 않았지만, 지상국에서 궤도 예측이 실패할 경우를 나타낸다. 이는 사용자에게 잘못된 궤도력이 담긴 항법메시지가 전달됨을 의미한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 본 차년도에서는 기존에 학계를 통해 제안된 Type-A, Type-B 형태의 고장을 검출할 수 있는 알고리즘을 분석하고, Type-A에 특화된 궤도력 무결성 알고리즘을 분석하였다.

2.1. Type-A 궤도력 고장 검출 알고리즘 분석

■ Type-A 궤도력 고장 검출 알고리즘은 Type-B와는 궤도 수정되어 과거에 검증된 궤도가 없는 상태에서 운용할 수 있는 알고리즘이어야 한다. 이에 측정값 기반의 알고리즘들이 주를 이루고 있으며 본 연구에서도 짧은 기저선 기반의 반송파 기반의 알고리즘 구현과 기저선 길이에 상관없이 기저선 길이를 예측함으로써 궤도력 고장을 검출할 수 있는 알고리즘을 분석하였다.

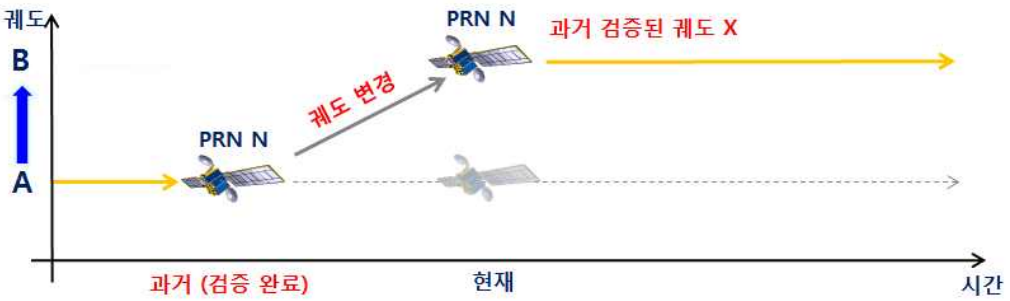


그림 2. Type-A 고장 유형

2.1.1. 단거리 기저선 기준국간 반송파 측정값 기반 검출 알고리즘 구현

2.1.1.1. 알고리즘 개요

■ 반송파 측정값 기반의 항법메시지 고장 검출 알고리즘은 두 기준국 안테나와 동일한 위성이 이루는 방향 벡터 (LOS : Line of Sight)의 평행성 가정을 활용.

■ 기하하적으로 볼 때 한 위성에 대해 지상의 두 기준국 안테나가 이루는 벡터가 평행일 수는 없지만 위성의 고도가 약 20,200km 이르는 반면두 기준국 안테나 사이의 기저선은 수백m 이내 이므로 사용되는 가정이 적용될 수 있음.

■ 본 연구에서 제시될 수식의 아래 첨자는 기준국을 나타내며 위 첨자는 위성 번호를 나타냄. 고장 검출 방법은 그림 3과 같이, 정상상태에서 두 기준국 A, B에서 수신된 위성 i의 거리 측정값 (ρ_A^i, ρ_B^i)의 차분값 ($\triangle\rho_{AB}^i$)이 두 기준국의 기저선 벡터($\vec{x}_{AB}$)와 기준국 A의 시선각 단위 벡터 ($\vec{e}_A^i$)의 내적한 값 ($\triangle\hat{\rho}_{AB}^i$)과 유사한 특성을 이용.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

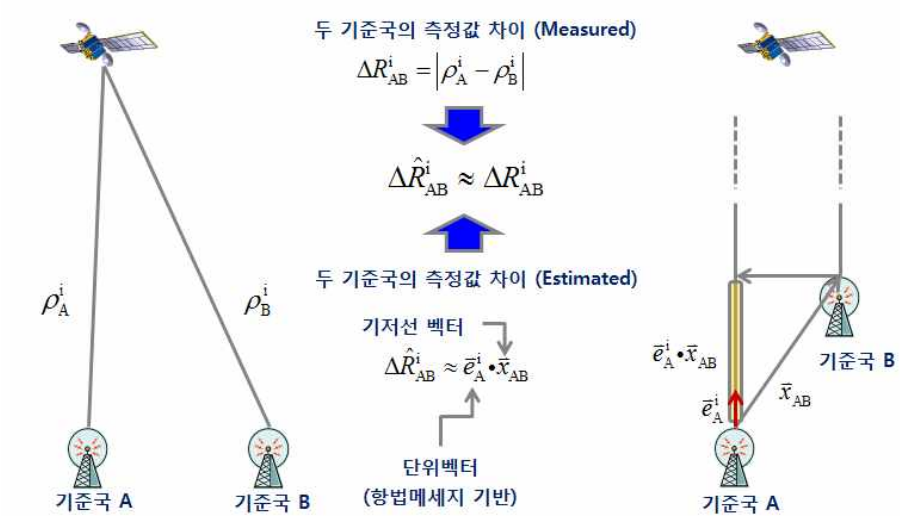


그림 3. 단거리 기저선 알고리즘 개념도

■ 항법메시지의 궤도력에 고장이 발생할 경우 그림 4와 같이 $\delta\vec{R}^i$ 의 벡터가 발생하고, 실제 거리 (r) 관점에서 분석해 보면 식 (1)과 같이 두 기준국의 거리 차분값 $(\triangle r^i)$에는 위성 위치 좌표 고장에 의한 성분 $(\delta\vec{e}^{\,i}\vec{x})$이 포함.

$$\triangle r^i = \vec{e}^{\,i,true}\vec{x} = (\vec{e}^{\,i} + \delta\vec{e}^{\,i})\vec{x} = \vec{e}^{\,i}\vec{x} + \delta\vec{e}^{\,i}\vec{x} \quad (1)$$

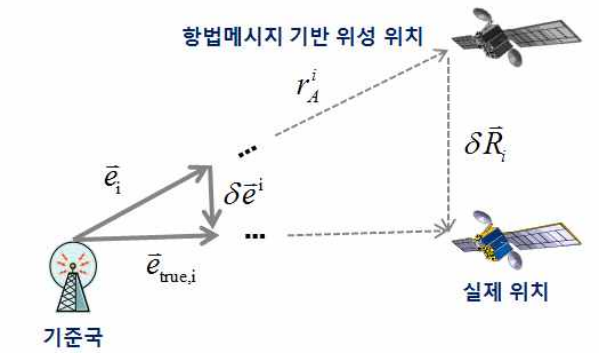


그림 4. 항법메시지 고장 상황 벡터

■ 알고리즘에서 고장 판별을 위해, 식 (2)와 같이 측정값을 통해 알 수 있는 $\triangle r^i$와 항법메시지의 궤도력에 의한 시선각 벡터와 기저선 벡터의 내적값 $\vec{e}^{\,i}\vec{x}$을 차분하여 $\delta\vec{e}^{\,i}\vec{x}$의 변화량을 감지하여 고장 여부를 판별.

$$\triangle r^i - \vec{e}^{\,i}\vec{x} = \delta\triangle r^i = \delta\vec{e}^{\,i}\vec{x} \quad (2)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 이와 같이 측정값 기반으로 항법메시지의 고장 여부를 판단하기 위해서는 중요한 요인은 세 가지 임. 첫 번째는 가정의 유효성 (기저선 벡터의 평행성)이며, 두 번째로 위성과 기준국 기저선이 이루는 기하학적 조건, 마지막으로는 사용되는 검정통계량을 생성하는데 사용되는 측정값의 정확성임.

2.1.1.2. 알고리즘 가정의 유효성 분석

■ 가정의 유효성을 분석하기 위해 제주 국제 공항에서 한국항공우주연구원이 실시했던 비행실험 궤적으로 기준국 좌표로 가정하고 점차 감소하는 기저선 길이를 시뮬레이션 수행.

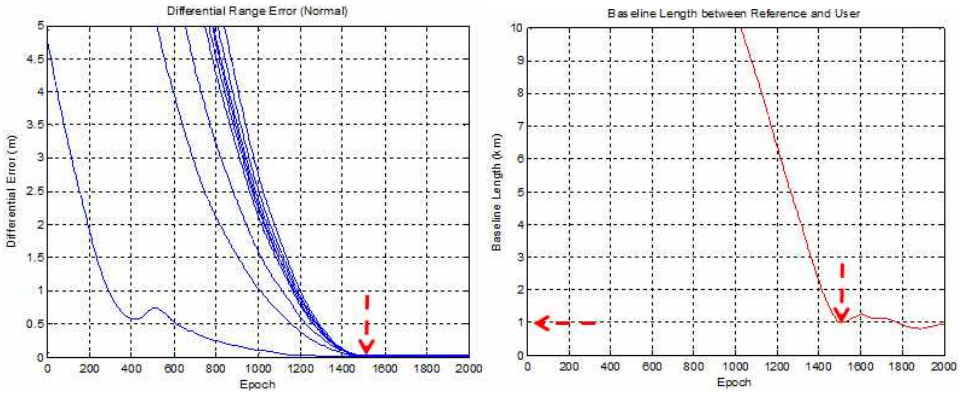


그림 5. 기저선 변화로 인한 가정 유효성 판단
(좌 : 기저선 감소, 우 : 검정통계량의 변화)

■ 그림 5는 사용자가 기준국 안테나와의 기저선의 변화를 나타낸다. 이에 따라 생성된 검정통계량의 변화를 살펴봤을 때 기저선 길이가 줄어들수록 검정통계량이 '0'에 접근 (정상상태에서의 가정 유효성 판단 기준)에 확인.

■ 이를 통해 기저선 길이가 일정 이상 길어지게 되면 알고리즘에 사용되는 가정은 만족시킬 수 없음을 알 수 있다. 위 결과를 바탕으로 판단했을 때, 알고리즘을 운용하기 위해서는 육상교통인프라에서 궤도 무결성 검사를 위한 추가 기준국과의 거리가 1km 이내여야 함.

2.1.1.3. 기하조건에 따른 민감도

■ 기하학적 조건에 따른 민감도는 그림 4에서 제시된 벡터들의 기하학적 특성을 이용하여 분석이 가능하다. 먼저 위성의 고장에 의해 발생되는 단위 벡터 ($\vec{\delta e}_i$)를 이용하여 유도하게 되면 식 (3)과 같음.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\delta\vec{e}^{\,i} = \frac{\left|\delta\vec{R}^{i} - \left(\vec{e}^{\,i}\delta\vec{R}^{i}\right)\vec{e}^{\,i,T}\right|}{r^{i}} \times \frac{\delta\vec{R}^{i} - \left(\vec{e}^{\,i}\delta\vec{R}^{i}\right)\vec{e}^{\,i,T}}{\left|\delta\vec{R}^{i} - \left(\vec{e}^{\,i}\delta\vec{R}^{i}\right)\vec{e}^{\,i,T}\right|} \tag{3}$$

$$= \frac{\delta\vec{R}^{i} - \left(\vec{e}^{\,i}\delta\vec{R}^{i}\right)\vec{e}^{\,i,T}}{r^{i}} = \delta\vec{R}_{i}\frac{\vec{I} - \left(\vec{e}^{\,i}\vec{e}^{\,i,T}\right)}{r^{i}}$$

■ 이를 식 (2)에 적용을 하게 되면 식 (4)와 같이 검정통계량 ($\delta\triangle r^{i}$)에 투영되는 위성 좌표 고장 벡터 ($\delta\vec{R}^{i}$)와의 관계식이 유도.

$$\delta\triangle r^{i} = \left(1/r^{i}\right)\delta\vec{R}^{i}\left(I - \vec{e}^{\,i}\vec{e}^{\,i,T}\right)\vec{x} \tag{4}$$

■ 추가적으로 위성과 기준국 기저선과의 기하학적 관계를 그림 6과 같이 도식화하고 위성으로의 단위벡터 ($\vec{e}_{i}$)와 위성과 기준국 A 사이의 거리 (r_{A}^{i}) 유도하면 식 (5), 식 (6)과 같음.

$$\vec{e}^{\,i} = \cos\theta\cos\psi\hat{i}_{1} + \cos\theta\sin\psi\hat{i}_{2} + \sin\theta\hat{i}_{3} \tag{5}$$

$$r_{A}^{i} = \sqrt{r_{S}^{2} - r_{E}^{2}\cos^{2}\theta} - r_{E}\sin\theta \tag{6}$$

여기서,

θ : 위성앙각 (Radian)

ψ : Local 방위각 (Radian)

■ 식 (5), 식 (6)을 식 (4)에 대입하고 정리하면 기준국 기저선과 위성이 이루는 기하학적 조건과 측정값 차분값과의 관계식을 유도 가능.

$$\delta\triangle r^{i}/b = \vec{F}(\theta,\psi)^{T}\delta\vec{R}_{i} \tag{7}$$

$$\vec{F}(\theta,\psi) = \frac{1}{\sqrt{r_{S}^{2} - r_{E}^{2}\cos^{2}\theta} - r_{E}\sin\theta}\begin{bmatrix} 1-\cos^{2}\theta\cos^{2}\psi \\ -\cos^{2}\theta\sin\psi\cos\psi \\ -\cos\theta\sin\theta\cos\psi \end{bmatrix} \tag{8}$$

여기서,

$b = \|\vec{x}_{AB}\|$: 기준국 A,B 기저선 길이 (m)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

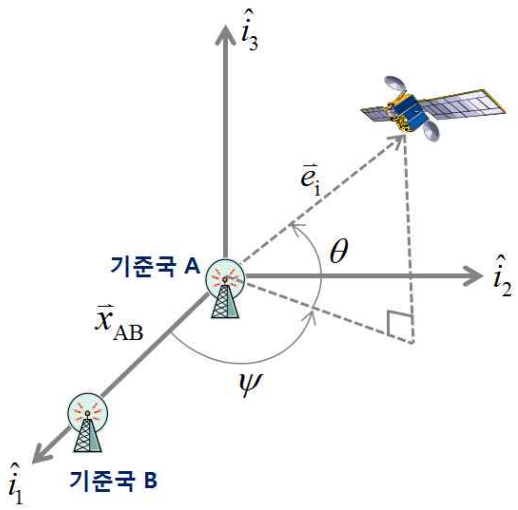


그림 6. 기준국 기저선과 위성의
기하학적 관계

■ 식 (7)를 통해 같은 고장이 발생하더라도 기하학적 조건에 따라 고장 검출에 검정통계량 반영되는 영향이 달라질 수 있음을 확인할 수 있다. 식 (8)에 다양한 기하학적 조건 (위성 앙각, Local 방위각)을 적용하였을 때 민감도를 그래프로 나타내면 그림 7과 같다.

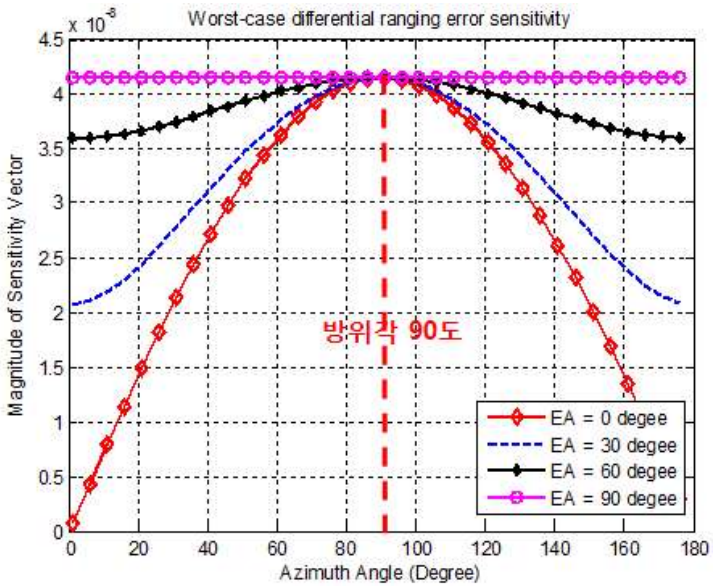


그림 7. 기저선 조건에 따른 민감도 분석

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 식 (8)에서 유도된 민감도 메트릭스의 성능 평가를 위해, 임의의 기준국에서 수신된 모든 가시 위성 좌표에 500 Epoch 이후에 고장 (각 축별 X, Y, Z : 5km)을 삽입한 후, 이에 따른 반응을 검정통계량의 확인. 그림 8, 표 1과 같이 위성앙각과 Local 방위각을 각각 유사한 두 가지 CASE에 대해 분석을 수행.

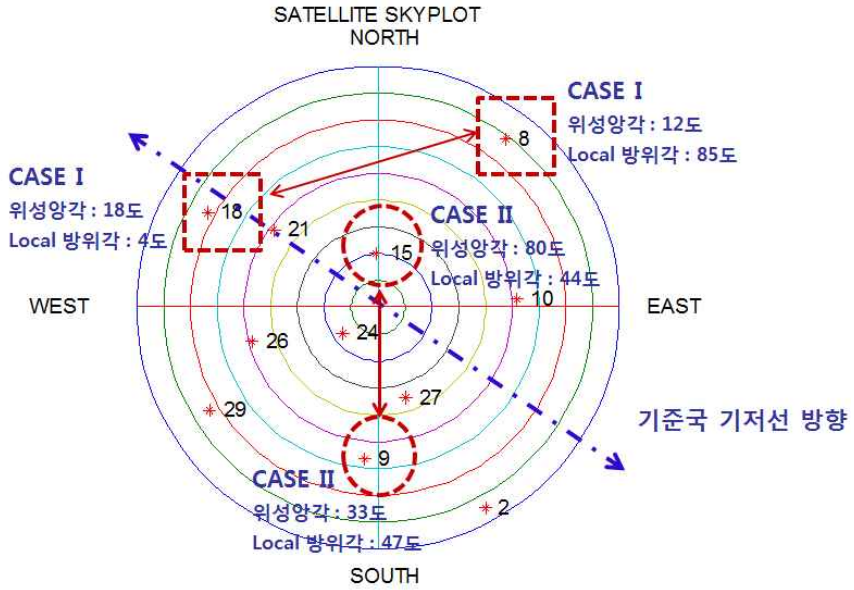


그림 8. 성능평가에 사용된 위성배치도 및 기저선 방향

표 1. 성능평가에 사용된 위성 앙각 및 방위각

	위성번호	위성앙각	Local 방위각
CASE I	8	12	85
	18	18	4
CASE II	15	80	44
	9	33	47

■ 그림 9와 같이 CASE I의 경우 위성앙각이 유사하고 Local 방위각의 차이가 두드러질 경우 같은 고장에 대한 반응의 차이가 확연하게 나타났다. Local 방위각이 '0'도에 가까운 PRN 18번 위성은 고장에 대한 반응이 미비함을 확인하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

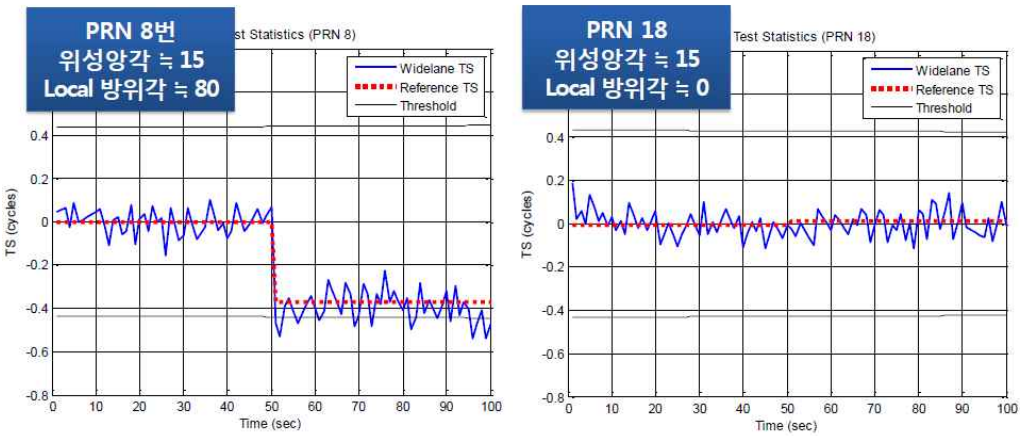


그림 9. CASE I에서의 검정통계량의 변화

■ 그림 10과 같이 CASE II의 경우 Local 방위각이 유사하고 위성앙각의 차이가 두드러질 경우, 같은 고장에 대해 CASE 1처럼 확연하게 차이가 나진 않지만 위성앙각이 높은 PRN 15번 위성이 고장에 민감하게 반응함을 알 수 있음.

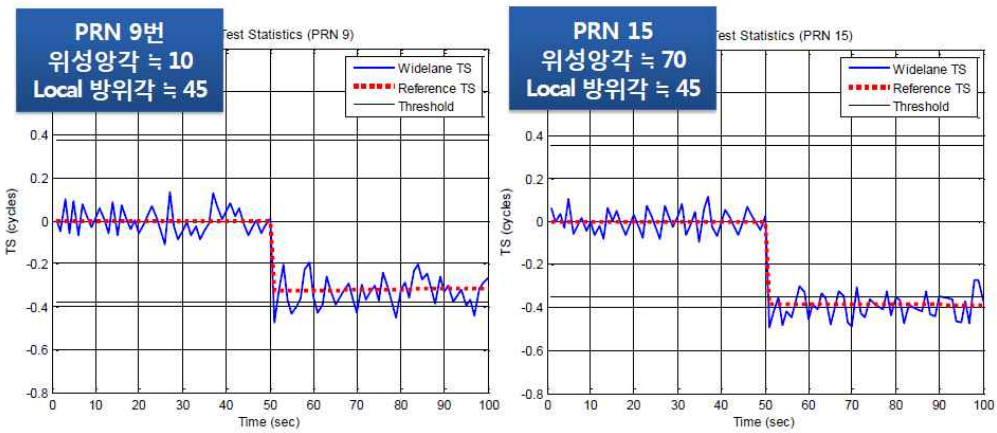


그림 10. CASE II에서의 검정통계량의 변화

■ 알고리즘의 성능을 결정하는 요인 중 기하학적인 조건은 GBAS 기준국 배치에 따라 성능향상을 기대할 수 있다. 위성앙각의 경우 제한적인 요건이 있지만 기저선과 위성이 이루는 Local 방위각의 경우 배치에 따라 다양한 각도의 Local 방위각이 확보 가능.

■ 기준국 개수를 늘려 기저선 개수를 늘릴 수도 있지만 현재 많이 구축되고 있는 4개의 기준국을 이용하여 그림의 오른쪽과 같이 2개의 기저선 정보 확보가 가능. 이는 알고리즘의 민감도를 향상시킬 수 있어 검출 성능향상을 기대할 수 있음.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.1.1.4. 반송파 측정값의 정확성 확보 방안

■ 본 연구에서는 위 개요도에서 사용된 기준국 A, B에 수신된 거리 측정값으로 식 (9), 식 (10)과 같이 반송파를 사용.

$$\lambda_1 \Phi_A^i = r_A^i + c(\delta t^i - \delta t_A) - I^i + T^i + \lambda_1 N_A^i + \nu_A^i \quad (9)$$

$$\lambda_1 \Phi_B^i = r_B^i + c(\delta t^i - \delta t_B) - I^i + T^i + \lambda_1 N_B^i + \nu_B^i \quad (10)$$

여기서,

λ_1, c : L1 반송파 1파장 길이, 빛의 속도 (m/s)

Φ : 반송파 측정값 (cycle)

r : 실제 거리 (m)

δt : 시계 오차 (sec)

I, T : 전리층, 대류층 지연 오차 (m)

N : 반송파 미지정수

ν : 기타 오차 (m)

■ 최종적으로 알고리즘에서 사용되는 검정통계량 (위성 j)은 이중차분 과정을 거친 식 (11)을 사용.

$$\triangle^2 \Phi_{AB}^{ij} - (1/\lambda_1)[\vec{e}^i - \vec{e}^i]\vec{x}_{AB} - \triangle^2 N_{AB}^{ij} = \delta \vec{e}^j \vec{x}_{AB} + \triangle^2 v \quad (11)$$

■ 식 (11)의 이중차분 된 미지정수는 L1, L2 반송파를 이용한 Wide-Lane 기법을 통해 추정하게 된다. 사용된 L1, L2 반송파 측정값은 이중차분 된 값으로 식 (12), 식 (13)과 같이 간소화하였다.

$$\Phi_1 = (1/\lambda_1) r + N_1 + (1/\lambda_1)\nu_{\Phi_1}^j \quad (12)$$

$$\Phi_2 = (1/\lambda_2) r + N_2 + (1/\lambda_2)\nu_{\Phi_2}^j \quad (13)$$

■ L1, L2의 이중차분 측정값을 통해 Wide-Lane 측정값을 생성.

$$\Phi_w = \Phi_1 - \Phi_2 = r(1/\lambda_w) r + N_w + (1/\lambda_w)\nu_w^j \quad (14)$$

■ 식 (14)의 Wide-Lane 측정값의 미지정수를 추정하기 위해 식 (15)과 같이 이중차분된 L1-C/A를 사용.

$$\rho = r + v_\rho \quad (15)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\hat{N}_w = \Phi_w - \rho/\lambda_w \quad (16)$$

2.1.2. 장거리 기저선 기준국간 궤도력 고장 검출 알고리즘

■ 기본적으로 복수 지상 기준국에서 측정되는 위성항법시스템 정보 (의사거리, 궤도력)을 기반으로 복수의 지상 기준국으로 형성할 수 있는 기저선 정보를 예측하고 이미 정확히 계산된 기저선 길이와 비교. 본 알고리즘은 궤도력 고장 유형 (Type-A, Type-B) 검출을 위한 기존 알고리즘들이 가지고 있는 제한 조건 (과거의 검증된 궤도력 확보, 짧은 기준국간 기저선)을 완화할 수 있는 장점이 있음.

■ 구체적으로 본 알고리즘을 분석하기 위해 알고리즘의 개괄적인 내용 (검정통계량, 한계치 생성)을 포함하여, 궤도력 고장과 검정통계량과의 관계식을 통해 고장 검출 알고리즘의 성능 지표인 MDE (Minimum Detectable Error) 유도, 교통인프라 적용하였을 때 예상되는 사용자의 위치 오차 계산식 분석 (Ephemeris Protection Level)

2.1.2.1. 알고리즘 기본 개요

■ 복수의 기준국 안테나 위치 좌표, 방송되는 궤도력, 의사거리 측정값으로 기준국 안테나 사이의 기저선 길이를 예측하여, 궤도력의 고장을 검출한다. 이 때 기저선의 길이는 사전에 정확하게 측정된 안테나 좌표를 기반으로 계산되기 때문에 Error Free 정보로 가정하며, 검정통계량 생성시에 기준값으로 사용한다. 본 절에서는 단일 기저선을 기반 (2개 기준국)으로 예측하는 알고리즘 분석

■ 코사인제 1법칙에 따르면 삼각형의 한 변의 길이는 나머지 두 변의 길이와 그 사이의 끼인각 정보를 활용. 식 (17), 그림 2.11과 같이, 위성항법시스템에 적용하면 한 변의 길이는 두 기준국 사이의 기저벡터($\vec{x}_{AB}$)의 길이가 되고 나머지 두 변의 길이는 각 기준국 (A, B)에서 수신한 거리 측정값 정보(ρ_A^i, ρ_B^i),그 사이의 끼인각은 기준국의 단위 기저벡터($\vec{e}_{AB}^T$),OCS에서 전송하는 궤도력 기반 위성 좌표와 기준국 좌표를 통해 계산된 단위 벡터 ($\vec{e}_A^i, \vec{e}_B^i$)들의 조합으로 구성가능

$$\| \vec{x}_{AB} \| = \rho_A^i \times \frac{\vec{e}_A^i \cdot \vec{e}_{AB}^T}{\| \vec{e}_A^i \| \, \| \vec{e}_{AB} \|} - \rho_B^i \times \frac{\vec{e}_B^i \cdot \vec{e}_{AB}^T}{\| \vec{e}_B^i \| \, \| \vec{e}_{AB} \|} \quad (17)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

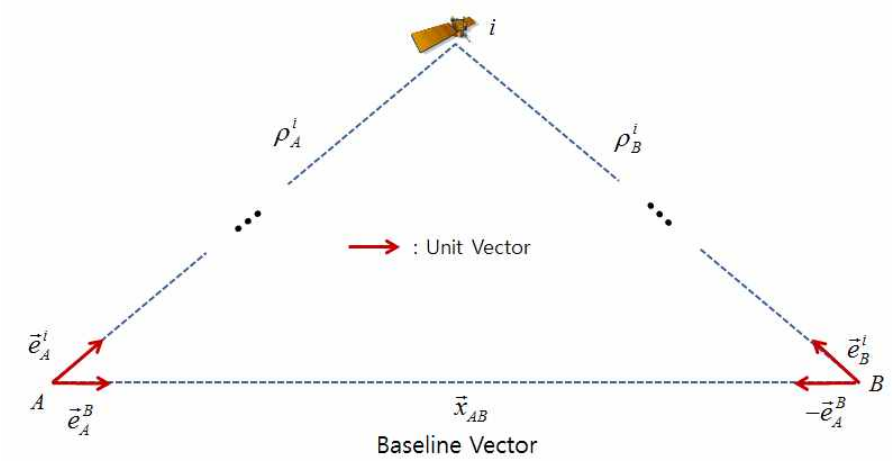


그림 11. 두 기준국 안테나와 위성간의 기하 관계

■ 위와 같은 방법으로 궤도력 고장 검출을 위한 검정통계량은 식 (18)에서 예측된 기저선 길이와 사전에 정확하게 측량된 두 기준국 안테나 좌표 기반으로 계산된 기저선 길이 ($\| \hat{\vec{x}}_{AB} \|$)와 차분을 하여 계산.

$$TS_{AB}^i = \| \vec{x}_{AB} \| - \| \hat{\vec{x}}_{AB} \| \tag{18}$$

■ 만약, 위성 궤도력에 고장이 발생하게 되면 끼인각 계산에 사용된 단위 벡터들 ($\vec{e}_A^i, \vec{e}_B^i$)에 위성 궤도 고장 벡터에 반영이 되어, 최종적으로는 검정통계량에 영향을 미치게 된다. 이 때 기본적으로 사용되는 GLONASS 의사 거리 측정값은 Fault-Free 상태로 가정.

■ 검정통계량의 정확성 확보를 위해, 의사 거리 측정값에 포함되어 있는 오차 성분들을 제거해야 한다. 기준국 의사 거리 측정치 수식은 식 (19)과 같음.

$$\rho_u^i = R_u^i + I^i + T^i + c(b_u - b^i) + \epsilon_u^i \tag{19}$$

여기서,

R_u^i : True Range (m)

I^i : Ionosphere delay error (m)

T^i : Troposphere delay error (m)

b_u : Receiver clock error (sec)

b^i : Satellite clock error (sec)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

ϵ_u^i : Noise, Multipath, *et. al*

c : Speed of light (m/s)

■ 의사거리 측정값에 포함되어 있는 오차 성분을 제거하는 방법으로 다양한 방법이 제시 되고 있다. 먼저 대표적인 오차 요인인 전리층, 대류층, 위성, 수신기 시계 오차의 경우 모델 기반의 제거 방법이 제시됨.

■ 1990년 후반에 DGPS (Differential GPS)의 개념의 도입으로 사전에 정밀하게 측정된 안테나 위치와 위성좌표 사이의 geometric range를 참값으로 보고, 측정값과 차분 (수신기간 차분)하여 오차 성분을 예측할 수 있다. 그리고 수신기 시계 오차는 공통 수신기에서 수신된 위성간의 거리 측정값 차분으로 줄일 수 있음.

■ 위에서 언급된 방법 중, 단연 수신기간 위성간 차분 기법 기반의 제거 방법이 상대 측정값 정확도 측면에서 가장 우수한 성능을 나타냄. 하지만 본 연구에서는 모델 기반 방법을 검토함.

■ 비록 거리 측정값 정확도 하락을 감수하고서라도, 단일 차분, 이중 차분 기법은 본 알고리즘 에 있어 모순점을 갖는다고 판단. 왜냐하면 검사 대상으로 방송된 궤도력을 사용하기 때문임.

■ 검정통계량과 검사대상 궤도력은 반드시 독립적이어야 한다. 또한 상대적인 거리 정보가 아니라 절대 거리 측정값이 필요하기 때문이다. 거리 측정값 오차 완화를 위한 기법은 표 2에 정리하였다.

표 2. 의사거리 오차 제거 방안

Error components	보정 방법
Ionospheric delay	Klobuchar model (with GNSS Navigation Message Iono. Parameters)
Tropospheric delay	Sasstamonien model
Receiver clock	Weighted least square

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 고장 판단을 위한 한계치 유도는 검정통계량 확률특성 및 시스템 연속성 요구조건에 따라 결정된다. 검정통계량의 확률특성은 영평균 가우시안으로 가정하였으며, 사용된 연속성 요구조건 (오경보율)은 위성이 처음 떠올랐을 때의 적정 오경보율인 $(1.9\times10^{-4}\ (K_{FFA}=3.73))$(LAASCAT-I기준)으로 설정.

■ 또한 한계치는 무결성과 연속성을 위해 위성앙각에 따라 설계되었다. 한계치는 고앙각 위성일수록 엄격해 진다. 검정통계량은 보정된 의사거리 측정값에 영향을 받기 때문에, 한계치는 위성 앙각이 높아질수록 엄격한 범위를 갖게 됨.

$$TH^{i}_{TS}(\theta)=\mu^{i}_{TS}(\theta)\pm\left(K_{FFA}\times\sigma^{i}_{TS}(\theta)\right) \tag{20}$$

여기서,

μ^{i}_{TS}: Test Statistics Mean (m)

σ^{i}_{TS}: Standard Deviation of Test Statistics (m)

θ: Elevation Angle (Degree)

K_{FFA}: Sigma multiplier based on continuity requirement

2.1.2.2. 민감도 분석

■ 검사 대상 위성과 지상 기저선 벡터는 위성의 움직임과 지구의 자전에 의해, 다양한 기하조건을 형성하게 된다. 본 알고리즘은 기하조건에 따라 검출 성능이 달라지게 되는데, 본 절에서는 궤도력 고장과 검정통계량과의 관계식을 유도하여 기하정보에 따른 알고리즘의 특성을 분석.

■ 궤도력 고장이 발생하였을 때, 기준국 안테나 A, B와 위성 i 사이의 시선각 단위벡터 $(\vec{e}^{\,i,f}_{A},\vec{e}^{\,i,f}_{B})$를 정의하면 식(21)와 같음.

$$\vec{e}^{\,i,f}_{A}=\vec{e}^{\,i}_{A}+\delta\vec{e}^{\,i}_{A},\ \vec{e}^{\,i,f}_{B}=\vec{e}^{\,i}_{B}+\delta\vec{e}^{\,i}_{B} \tag{2.21}$$

여기서,

$$\delta\vec{e}^{\,i}=\frac{(I-\vec{e}^{\,i,T}\vec{e}^{\,i})\delta\vec{R}^{i}}{\rho^{i}}$$

■ 이를 검정통계량 계산식에 대입하고 정리하면 식 (22)과 같음.

$$TS_{AB}^{i} = \delta\vec{R}^{i,T} \cdot \left[\vec{e}_A^{\,i,T}\vec{e}_A^{\,i} - \vec{e}_B^{\,i,T}\vec{e}_B^{\,i}\right]^T \cdot \vec{e}_{AB} \quad (22)$$
$$= \delta\vec{R}^{i,T} \cdot \left[E_{AB}^{i}\right]^T \cdot \vec{e}_{AB}$$

여기서,

$\vec{e}_{AB}$: Unit baseline vector ($\vec{x}_{AB}$)

$E_{AB}^{i} = \vec{e}_A^{\,i,T}\vec{e}_A^{\,i} - \vec{e}_B^{\,i,T}\vec{e}_B^{\,i}$

■ 기저벡터를 좌표계의 한 축으로 하는 Local 좌표계를 사용하여, 식 (22)는 간결화 될 수 있다. 그림 12는 Local 좌표계와 위성과의 기하관계를 나타냄.

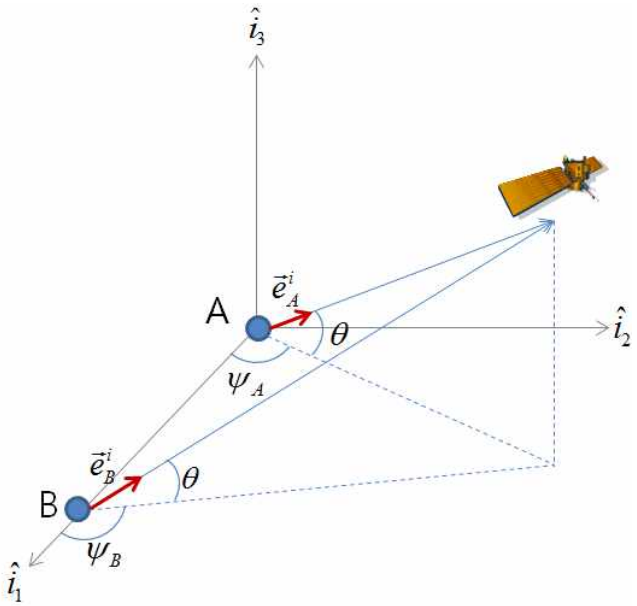


그림 12. Local 좌표계

■ 그림 12에서 정의된 좌표계로 인해 기준국 안테나와 위성간의 시선각 단위 벡터는 식 (23)와 같이 정의됨 (구면 좌표계). 식 (24)을 이용하여 E_{AB}^{i}를 정리하면 식 (24)와 같음.

$$\vec{e}_A^{\,i} = \cos\theta\cos\psi_A\hat{i}_1 + \cos\theta\sin\psi_A\hat{i}_2 + \sin\theta\hat{i}_3 \quad (2.23)$$
$$\vec{e}_B^{\,i} = \cos\theta\cos\psi_B\hat{i}_1 + \cos\theta\sin\psi_B\hat{i}_2 + \sin\theta\hat{i}_3$$

$$\left(E_{AB}^{i}\right)^T = \begin{bmatrix} \cos^2\theta\left(\cos^2\psi_A - \cos^2\psi_B\right) & \cos^2\theta\left(\sin\psi_A\cos\psi_A - \sin\psi_B\cos\psi_B\right) & \sin\theta\cos\theta\left(\cos\psi_A - \cos\psi_B\right) \\ \cos^2\theta\left(\cos\psi_A\sin\psi_A - \cos\psi_B\sin\psi_B\right) & \cos^2\theta\left(\sin^2\psi_A - \sin^2\psi_B\right) & \sin\theta\cos\theta\left(\sin\psi_A - \sin\psi_B\right) \\ \cos\theta\sin\theta\left(\cos\psi_A - \cos\psi_B\right) & \cos\theta\sin\theta\left(\sin\psi_A - \sin\psi_B\right) & 0 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 식 (24)의 기준국 A, B 사이의 기저선 단위 벡터는 식(2.25)과 같이 정의 되며, 식 (24) 식 (25), (26)과 같이 유도된다.

$$\vec{e}_{AB} = [1 \quad 0 \quad 0]^T \tag{24}$$

$$TS^i_{AB} = \left(E^i_{AB}\right)^T_L \bullet \delta\vec{R}^i \tag{25}$$

$$\left(E^i_{AB}\right)_L = \left[E^i_{AB}\right]^T \bullet \vec{e}_{AB} \tag{26}$$

$$\left(E^i_{AB}\right)^T_L = \begin{bmatrix} \cos^2\theta\left(\cos^2\psi_A - \cos^2\psi_B\right) \\ \cos^2\theta\left(\cos\psi_A \sin\psi_A - \cos\psi_B \sin\psi_B\right) \\ \cos\theta \sin\theta\left(\cos\psi_A - \cos\psi_B\right) \end{bmatrix}^T$$

■ 식 (26)을 통해, 위성 고장과 검정통계량간의 민감도 관계식으로 활용될 수 있으며, Schwarz inequality에 적용하면, 식 (27)와 같이 유도되며, 식 (26)에서의 $\left\| \left(E^i_{AB}\right)^T_L \right\|$ 는 Worst Case Geometry에서 위성의 고장이 검정통계량이 반영되는 정도를 결정짓는 값이다.

$$\| TS^i_{AB} \| \leq \left\| \left(E^i_{AB}\right)^T_L \right\| \| \delta\vec{R}^i \| \tag{27}$$

■ 위성앙각이 낮아질수록, Local 방위각이 90°에 가까울수록, 마지막으로 끼인각이 커질수록 민감도가 증가될 수 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 특징으로 볼 때, 알고리즘은 떠오르는 저앙각의 위성에 적용하기 적합하며, 성능 향상을 위해서는 다양한 Local 방위각을 확보할 수 있는 복수 기준국 배치해야 하며, 끼인각 증가를 위해 기준국간 길이를 확대를 해야 하며, 이는 협역 지역 뿐만 아니라 광역지역에서의 알고리즘 성능이 향상될 수 있음을 의미한다.

2.2. Type-B 궤도력 고장 검출 알고리즘 분석

2.2.1. YE-TE Test

■ YE-TE Test는 현재 GPS 위성으로부터 방송된 궤도력을 가장 최근에 유효성이 입증된 궤도력 데이터와 비교를 통해 고장을 검출하는 방법이다. 정상적인 상태에서는 새롭게 업데이트 된 궤도력 데이터와 이전 궤도력 데이터와 전 후 (기준시점,Time of Reference) 2시간 동안 위치 좌표를 비교했을 때, 수 미터 이내의 일치성을 갖는다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 그러나 교통인프라 기준국에서 위성이 처음 떠올랐을 때, 새롭게 수신된 궤도력 데이터를 검증할 수 있는 기준 궤도력 데이터로 24시간 (YE : Yesterday Ephemeris) 전 궤도력 데이터를 활용할 수 있다. 정확성 측면에서는 2시간 전 궤도력 데이터보다 정확하진 않지만, 고장 검출을 위한 기준값으로 유효한 수단일 수 있다. 이와 같은 방법으로 새롭게 떠오른 위성의 궤도력이 고장이라면, YE-TE Test 방법을 통해 'TYPE B' 고장 검출이 가능하다.



그림 13. YE-TE Test 기본 개념

■ YE-TE Test는 2가지 방법으로 구분 가능하다. 위성위치 기반의 검출 방법과 파라미터 기반의 검출 방법이 있다. YE-TE Test 하는 방법 중에 위성위치 기반의 궤도 결정은 위성 위치의 예측 정확성을 향상시키고 MDE를 감소시킨다.

2.2.2. Ephemeris-Ephemeris Test

■ Ephemeris-Ephemeris Test는 현재 갱신된 Ephemeris를 2시간 전 갱신되어 검증된 Ephemeris를 통해 위성 위치 좌표의 유사성 (250m 이내)을 검사하는 방법이다.



그림 14. Ephemeris-Ephemeris Test 기본 개념

3. GLONASS 위성시계 무결성 알고리즘 분석

■ 반송파 측정치는 GPS 위성시계오차와 수신기시계오차에 의해서 갑자기 가속도 속도 계단 성분이 생길 수 있으며 반송파 측정치의 정확도를 떨어뜨리기 때문에 검출이 요구된다. 알고리즘 수행을 위해서 10개의 연속적인 반송파 측정치가 필요하다. 이는 10개의 데이터를 최소자승법을 사용하여 반송파 측정치의 가속도, 속도 계단성분을 알기 위해서이며 이계미분과 미분으로 가속도와 속도를 구하고 검사한다. 불연속적인 반송파 측정치에 최소자승법을 적용하면 오차의 발생으로 인해 구해진 가속도와 속도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

계단성분의 신뢰성이 떨어진다. 이로 인하여 알고리즘 수행 시 연속적인 데이터를 사용해야 한다.

$$Acc_{m,n}(k) \equiv \frac{d^2\phi^*_{m,n}(k,t)}{dt^2} \quad (28)$$

$$Ramp_{m,n}(k) \equiv \frac{d\phi^*_{m,n}(k,t)}{dt} \quad (29)$$

$$Step_{m,n}(k) \equiv \phi^*_{m,n}(k) - \phi^*_{m,n}(k-1,10 \bullet T_s) \quad (30)$$

■ 식 (28)은 가속도 성분을 나타내며 반송파 측정치의 이계미분으로 정의된다. 식 (29)은 속도 성분을 나타내며 반송파 측정치의 미분으로 정의된다. 식 (30)은 단위계단 성분을 의미하며 전후 반송파 측정치의 차분한 것으로 정의된다.

$$\phi^*_{m,n}(k,t) = \frac{d^2\phi^*_{m,n}(k,t)}{dt^2} \bullet \frac{t^2}{2} + \frac{d\phi^*_{m,n}(k,t)}{dt} \bullet t + \phi_{0,m,n}(k) \quad (31)$$

■ 만약 반송파 측정치의 고장이 발생하면 식 (31)에서 가속도 속도 단위계단 성분이 증가하게 되고 반송파 측정치 $\phi^*_{m,n}(k,t)$가 한계치를 넘어 고장으로 검출된다.

4. GLONASS 전리층 폭풍 무결성 알고리즘 분석

■ 위성항법시스템의 무결성은 사용자의 안전과 직결되어 반드시 엄격하게 평가되어야 할 요구조건이다. 전리층 폭풍은 위성항법시스템의 무결성 확보에 가장 큰 걸림돌이 되는 요인이다.

■ 태양활동에 민감하게 반응하며 발생 지역, 발생 시간, 폭풍의 정도를 예측하기 어렵다. 이로 인해 미국의 항공용 광역 위성항법보강시스템인 WAAS (Wide Area Augmentation System)에서는 전리층 폭풍으로 인해 CAT-I을 만족시키지 못한 상태이다.

■ 전리층 폭풍 관련 연구로는 개별 기준국에서 전리층에 서로 다른 영향을 받는 코드 (지연), 반송파 (앞섬) 기반 CCD (Code Carrier Divergence), 다중 주파수 기반 연구 및 전리층 오차 모델 (위협모델)을 보수적으로 개발하여 사용자 위치 오차 예측 (Protection Level) 적용하는 연구가 진행되고 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 위에서 설명한 것과 같이, 전리층 폭풍 발생시 예상치 못한 국지적인 양상을 나타낸다. 본 연구에서는 국지적으로 발생하는 전리층 폭풍을 모니터링하기 위해서는 단일 기준국보다는 교통인프라 기준국과 같이 네트워크화된 기준국에서, 각 기준국 상공의 전리층 상태를 상호 공유하면서 대처해 나가는 방향을 분석하였다.

■ 구체적으로는 이중 주파수 반송파 측정값을 이용하여 정밀한 전리층 수직 지연 변화량을 모니터링 (DFCD : Dual Frequency Carrier Divergence)하고, 주변 기준국과 상호 비교 (I-Value, Ionosphere Value)하는 방법을 분석하였다.

■ 또한 교통인프라 네트워크 기준국을 이용하여 전리층 폭풍의 방향을 추정하고, 운용 중인 차량의 안전을 위해서 기준국간 상대적인 전리층 상태를 위치 오차 예측 (보호수준, Protection Level)에 반영함으로써 위치해 관점에서도 무결성을 확보할 수 있는 방안을 분석하였다.

■ 전체적인 감시 기법의 구성은, 먼저 개별 기준국에서 동일 위성들에 대해 독립적으로 전리층 수직 지연 변화율 (DFCD)을 계산하게 된다. 이 기법을 통과한 위성들은 네트워크 기준국간 관련 정보가 전송되어 I-Value를 계산하고 국지적인 전리층 폭풍 여부를 감지하게 된다.

4.1. DFCD 검사

■ 전리층은 지구표면으로부터 50~2000km 고도에 분포되어 있으며 태양의 자외선 방사 (Ultraviolet radiation)에 의해 이온화된 층이다. 위성항법시스템 신호들은 전리층 내의 자유전자와 이온들로 인해, 굴절 (Reflection)이 발생하고, 이에 따라 신호의 지연 현상으로 나타난다. 전리층 지연은 주파수에 따라 달리 나타나며 그 수식은 식 (32)과 같다. 또한 식 (33)와 같이, 위성항법시스템에 미치는 영향은 주파수별 (L1/L2/L5), 측정값 종류 (코드/반송파) 별로 달리 나타나게 된다.

$$I_j = \frac{40.3}{f_j^2} VTEC \tag{32}$$

$$I_{\rho,j} = -I_{\Phi,j} \tag{33}$$

여기서,

j : 주파수 인덱스

VTEC : Vertical Tec (Total Electron Content)

ρ : 코드 측정값

Φ : 반송파 측정값

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 같은 주파수의 코드, 반송파의 경우 전리층에 의해 코드는 지연, 반송파는 앞섬 현상이 나타난다. L1 코드-반송파를 중심으로 살펴보면, 코드와 반송파의 차분식 유도는 식 (34), 식 (35), 식 (36)과 같다.

■ 식 (36)와 같이, 전리층 지연의 영향은 2배로 증폭되며, 반송파의 미지정수와 노이즈가 남게 된다. 미지정수의 경우 개별적으로 추정 해야 하는 값으로 반송파에 사이클 슬립이 발생하지 않는 다면, 그 값은 시간에 따라 일정하게 유지된다. 본 기법에는 반송파의 영향을 배제하기 위해 시간에 따른 차분을 수행하여, 미지정수 부분을 상쇄할 수 있다.

$$\rho_1 = R + c\triangle\delta + I_1 + \epsilon_{code} \tag{34}$$

$$\lambda_1\Phi_1 = R + c\triangle\delta + \lambda_1 N_1 - I_1 + \epsilon_{ph} \tag{35}$$

$$\begin{aligned} CC_1 &= \rho_1 - \lambda_1\Phi_1 = 2I_1 - \lambda_1 N_1 + \epsilon_{code-ph} \\ &= 2F_{pp}\frac{40.3}{f_1^2}VTEC - \lambda_1 N_1 + \epsilon_{code-ph} \end{aligned} \tag{36}$$

여기서,

R : 위성과 수신기간 기하거리 (m)

λ_1 : L1 반송파 1파장의 길이

N_1 : L1 반송파 미지정수 (cycle)

I_1 : L1 주파수 측정값에서의 전리층 지연오차 (m)

c : 빛의 속도 (299,792,458 m/s)

■ 이 때 노이즈의 시간 차분으로 증폭되는 요인은 다중 경로 및 기타 오차에 의한 것으로 식 (37)의 실제 CCD 값의 노이즈 성분으로 남게 된다.

$$\begin{aligned} CCD_1(t) &= \frac{CC_1(t) - CC(t-1)}{2F_{pp}(t)dt} \\ &= \frac{2\frac{40.3}{f_1^2}\left(F_{pp}(t)\,VTEC(t) - F_{pp}(t-1)\,VTEC(t-1)\right)}{2F_{pp}(t)dt} \\ &\approx \frac{2\frac{40.3}{f_1^2}F_{pp}(t)(\,VTEC(t) - VTEC(t-1))}{2F_{pp}(t)dt} \\ &= \frac{\left(I_{1,v}(t) - I_{1,v}(t-1)\right)}{dt} + \epsilon \approx \dot{I}_{1,v}^{cc} \end{aligned} \tag{37}$$

여기서,

$F_{pp}(t) \approx F_{pp}(t-1)$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$F_{pp}(t) = \left[1 - \left(\frac{R_e \cos\theta^i}{R_e + h_I}\right)^2\right]^{-1/2}$$

t : Epoch
θ^i : 위성앙각 (deg)
h_I : 전리층 평균 높이 (350km)
R_e : 지구 반지름 (6378.1363km)
dt : 데이터 샘플 간격

■ 식 (37) 과 같이, 시간 차분하고 Obliquity Factor를 반영하게 되면 전리층의 수직 지연 변화율 을 계산할 수 있다. 위와 같은 코드-반송파 기반의 전리층 수직 지연 변화율은 본 논문에서 제안하고자 하는 DFCD (Dual Frequency Carrier Divergence)의 전리층 수직 지연 변화율의 비교군으로 사용한다.

■ 본 연구에서 제안하고자 하는 DFCD를 유도과정을 살펴보면 다음과 같다. DFCD는 서로 다른 주파수의 반송파 측정값의 Geometry Free 측정값의 시간 변화율을 의미한다. 본 연구에서는 L1, L2의 반송파 정보를 기반으로 수식을 식 (39), 식 (40)과 같이 전개하였다.

$$\begin{aligned}\Phi_n &= \frac{1}{\lambda_n}R + \frac{c}{\lambda_n}\triangle\delta + N_n - \frac{1}{\lambda_n}I_n \\ &= \frac{f_n}{c}R + f_n\triangle\delta + N_n - \frac{f_n}{c}I_n\end{aligned} \tag{38}$$

$$f_2\Phi_1 = f_1\frac{f_2}{c}R + f_1 f_2\triangle\delta + f_2 N_1 - f_1\frac{f_2}{c}I_1 \tag{39}$$

$$f_1\Phi_2 = f_1\frac{f_2}{c}R + f_1 f_2\triangle\delta + f_1 N_2 - f_1\frac{f_2}{c}I_2 \tag{40}$$

■ 식 (39)와 식(40)을 차분하고 L2 반송파의 주파수로 나누면 식 (41)과 같다.

$$\begin{aligned}\Phi_1 - \frac{f_1}{f_2}\Phi_2 &= N_1 - \frac{f_1}{f_2}N_2 - \frac{1}{c}\left(1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}\right)\frac{40.3}{f_1}F_{pp}VTEC \\ &= DFC_1\end{aligned} \tag{41}$$

■ 식 (41)을 시간 차분하고 Obliquity Factor의 시간에 따른 변화가 미비하다가 가정하고, 수직 지연 변화율로 정리하면 식 (42)와 같다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$DFCD_1(t) = \frac{DFC_1(t) - DFC_1(t-1)}{b \times f_1 \times F(t) \times dt} \approx \frac{\left(\frac{40.3}{f_1^2} VTEC(t) - \frac{40.3}{f_1^2} VTEC(t-1)\right)}{dt} = \frac{I_{1,v}(t) - I_{1,v}(t-1)}{dt} \approx I_v^{DFC} \quad (42)$$

여기서,

$b = -\frac{1}{c}\left(1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}\right)$

4.2. I-Value 검사

■ I-Value 검사에서는 전리층 수직 지연 변화율 검사인 DFCD 검사와 또는 CCD검사를 통과한 위성의 정보는 주변 기준국의 동일 위성들의 DFCD 값들과의 유사성을 검사한다. 이는 국지적인 오차 특성을 가지고 있는 전리층 폭풍 여부를 감시하는 방법으로, 만약 특정 위성, 특정 지역의 기준국의 I-Value 값이 증가한다면, 그 지역의 전리층 폭풍 여부를 의심할 수 있게 된다. 이를 수식적으로 나타내면 식 (43)과 같다.

$$IV_j^i(t) = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{m} DFCD_n^i - \frac{1}{M-1}\sum_{\substack{n=1 \\ n \neq j}}^{m-1} DFCD_n^i \quad (43)$$

여기서,

M : 네트워크 기준국 개수

■ 식 (43)의 좌변의 첫번째 항은 교통인프라 네트워크 기준국에서 동일위성에 대한 DFCD의 평균값을 나타내며, 마지막 항은 특정 지역의 기준국을 제외한 나머지 기준국들의 DFCD의 평균값을 나타낸다. 이를 차분하게 되면 위성 (i)에 대해 마지막 항에서 제외된 수신기 (j)의 I-Value가 계산이 된다. 이를 그림으로 도식화하면 그림 15와 같다.

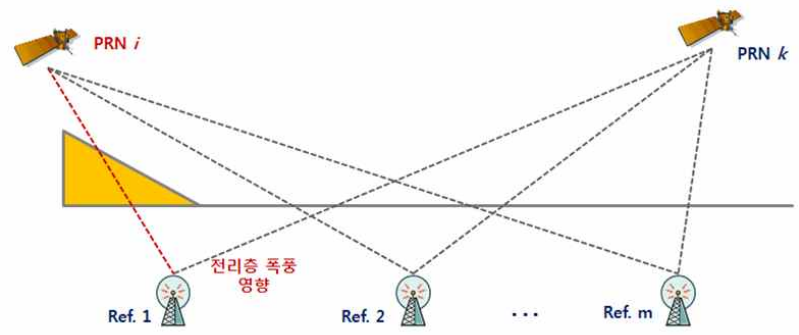


그림 15. I-Value 기본 개념

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4.3. 전리층 폭풍 방향 추정 기법

■ 전리층 폭풍은 지자기 적도를 중심으로 발생하며, 지구 자전 효과로 인해 대량 동쪽에서 서쪽 방향으로 진행된다. 이로 인해, 태양활동에 따라 특정지역에 전리층 폭풍 현상이 발생한 채로 이동하는 특성을 지닌다. 우리나라의 경우, 지리적 특성이 지자기 적도 위에 위치해 있어 남동 방향으로 전리층 폭풍이 영향을 받을 가능성이 크다.

■ 본 절에서는 방향성을 갖는 전리층 폭풍의 방향을 추정하는 기법을 분석하였다. 이로 인해, 교통인프라 환경에서 기준국을 운용하는 공항에서는 주변 기준국과의 관련 정보를 주고 받아, 전리층 폭풍 감지 시 대처할 수 있는 경보에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

■ 국지적인 전리층 지연 오차가 발생할 경우 정상적인 상태에서 유사해야 할 전리층 지연 상대 오차가 갑작스럽게 증가하게 된다. 증가된 전리층 상대 지연값을 위치해에 적용하게 되면, 그림 16과 같이, 전리층 상대 지연값이 증가된 위성의 시선각 벡터 반대 방향으로 위치 오차가 증가하게 된다.

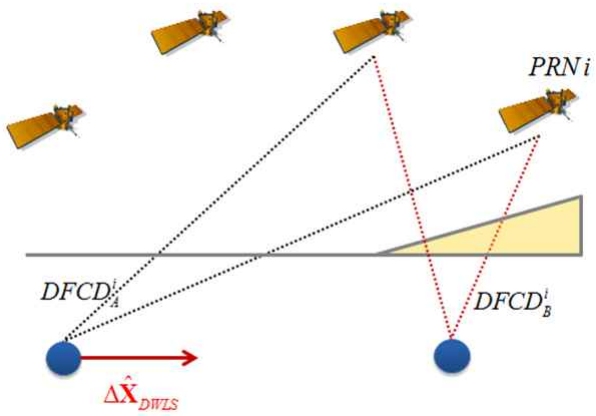


그림 16. 교통인프라 네트워크 기준국간 DFCD
상호 교환을 통한 전리층 방향 추정

■ 본 연구에서는 이 점에 착안하여 전리층 상대 지연값을 네트워크 기준국간 DFCD값을 차분하여 추정하고 이를 최소자승법 기반으로 기준국 위치해 계산에 적용하였다. 기준국의 경우 정확한 위치를 알고 있는 안테나이므로 추정한 위치 오차의 정확도는 신뢰할 만 하다고 볼 수 있다.

4.3.1. 전리층 폭풍 추정을 위한 관측 모델

■ 기존 최소자승법은 자신의 위치해를 계산하기 위해, 식 (44)와 같이 의사거리 관측 모델 사용하게 된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\rho_u^i = \sqrt{\left(x^i - x_u\right)^2 + \left(y^i - y_u\right)^2 + \left(z^i - z_u\right)^2} + c\triangle b_u \quad (44)$$

여기서,

ρ_u^i : 의사거리 측정값 (m)

x^i, y^i, z^i : 위성 위치

x_u, y_u, z_u : 사용자 위치

$\triangle b_u$: 수신기 시각 바이어스

■ 식 (44)를 1차 선형화 과정을 통해 식 (45)와 같이 복수의 관측식을 메트릭스화 하여 최소자승법을 구성하게 된다.

$$\rho_u^i = \rho_{u0}^i - \frac{x^i - x_{u0}}{\rho_{u0}^i}\triangle x_u - \frac{y^i - y_{u0}}{\rho_{u0}^i}\triangle y_u - \frac{z^i - z_{u0}}{\rho_{u0}^i}\triangle z_u + c\triangle b_u \quad (45)$$

여기서,

x_{u0}, y_{u0}, z_{u0} : 사용자 위치 선형화 지점 (ECEF, m)

$\triangle x_{u0}, \triangle y_{u0}, \triangle z_{u0}$: 사용자 위치 좌표 잔차 (m)

ρ_{u0}^i : 선형화된 위치 기반 예측된 의사거리 (m)

■ 이를 모든 가시위성으로 확장시키면

$$\begin{bmatrix} \rho_u^1 - \rho_{u0}^1 \\ \rho_u^2 - \rho_{u0}^2 \\ \vdots \\ \rho_u^n - \rho_{u0}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{x^1 - x_{u0}}{\rho_{u0}^1} & -\frac{y^1 - y_{u0}}{\rho_{u0}^1} & -\frac{z^1 - z_{u0}}{\rho_{u0}^1} & 1 \\ -\frac{x^2 - x_{u0}}{\rho_{u0}^2} & -\frac{y^2 - y_{u0}}{\rho_{u0}^2} & -\frac{z^2 - z_{u0}}{\rho_{u0}^2} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{x^n - x_{u0}}{\rho_{u0}^n} & -\frac{y^n - y_{u0}}{\rho_{u0}^n} & -\frac{z^1 - z_{u0}}{\rho_{u0}^1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \triangle x_u \\ \triangle y_u \\ \triangle z_u \\ c\triangle b_u \end{bmatrix} + \epsilon \quad (46)$$

■ 식 (46)의 관측행렬을 간략화 하면 식 (47)과 같다.

$$\triangle\rho = H\triangle x_u + \epsilon \quad (47)$$

■ 이를 최소자승법에 적용하면 선형화 위치의 오차를 추정할 수 있다.

$$\triangle\widehat{x_u} = \left(H^T H\right)^{-1} H^T \triangle\rho \quad (48)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 최종적으로 계산된 위치는 식 (49)와 같다

$$\widehat{x_u} = x_{u0} + \triangle \widehat{x_u} \tag{49}$$

■ 위와 같은 최소자승법의 추정과정에서 전리층 폭풍 추정 과정에 적용하게 되면, 먼저 선형화 과정은 위치를 정확히 알고 있는 기준국 (A)에 적용을 한다. 이 때 기준국 (B)에서 수신된 위성의 측정값이 전리층 폭풍의 영향을 받는 것으로 가정하였다.

■ 기존의 항법해 계산을 위한 최소자승법과는 다르게 사용되는 측정값에는 시간 차분 값 (DFCD 기반 전리층 지연 오차 차이)를 사용하므로 추정해야 할 상태변수에서 수신기 시계오차 부분은 생략하였다.

$$\rho_A^i = \left(\rho_A^i - \triangle I_{AB}^i\right) - \frac{x^i - x_A}{\rho_A^i}\triangle x_A - \frac{y^i - y_A}{\rho_A^i}\triangle y_A - \frac{z^i - z_A}{\rho_A^i}\triangle z_A \tag{50}$$

$$\triangle I_{AB}^i = -\frac{x^i - x_A}{\rho_A^i}\triangle x_A - \frac{y^i - y_A}{\rho_A^i}\triangle y_A - \frac{z^i - z_A}{\rho_A^i}\triangle z_A \tag{51}$$

여기서,

$\rho_A^i = \sqrt{\left(x^i - x_A\right)^2 + \left(y^i - y_A\right)^2 + \left(z^i - z_A\right)^2}$

$\triangle I_{AB}^i$: 기준국 A, B간 전리층 지연 오차 차이

■ 는 두 기준국간 상이한 전리층 지연 오차로 인해 발생된 위치 오차를 나타낸다. 식 (50)을 모든 가시위성으로 확장시켜 관측 메트릭스를 구성하면 식 (51)와 같다.

■ 식 (52)에서 도출된 값이 결국 두 기준국 (A, B) 사이의 전리층 지연 오차 차이로 인해 발생된 ECEF 좌표계의 오차이다. 이를 ENU 좌표계로 변환하면 기준국 (A) 를 기준으로 전리층 폭풍의 방향을 식 (53)와 같이 추정할 수 있게 된다.

$$\begin{bmatrix} \triangle I_{AB}^1 \\ \triangle I_{AB}^2 \\ \vdots \\ \triangle I_{AB}^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{x^1 - x_A}{\rho_A^1} & -\frac{y^1 - y_A}{\rho_A^1} & -\frac{z^1 - z_A}{\rho_A^1} \\ -\frac{x^2 - x_A}{\rho_A^2} & -\frac{y^2 - y_A}{\rho_A^2} & -\frac{z^2 - z_A}{\rho_A^2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -\frac{x^i - x_A}{\rho_A^i} & -\frac{y^i - y_{u0}}{\rho_A^i} & -\frac{z^i - z_A}{\rho_A^i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \triangle x_A \\ \triangle y_A \\ \triangle z_A \end{bmatrix} + \epsilon \tag{52}$$

$$\triangle \widehat{x_A} = \left(H^T H\right)^{-1} H^T \triangle I_{AB} \tag{53}$$

무단복제 및 전재를 금합니다.

5. GLONASS 코드 및 측정값 이상현상 무결성 알고리즘 분석

5.1. 코드 발산 검사

■ 코드 발산 검사는 이온층을 통과할 때 의사거리와 반송파 거리의 지연 정도가 다름을 이용하여 의사거리와 반송파의 차이의 변화를 계산하여 이온층 폭풍과 같이 이온층 두께가 두꺼워져 위성 신호가 이온층을 통과하는 시간이 급격하게 증가하는 현상을 검출할 수 있다.

■ 하지만 새로이 떠오르는 위성은 경사각이 작기 때문에 경사각이 클 때보다 신호가 이온층을 통과하는 시간이 경사각이 높은 위성보다 지연된다.

■ 이로 인해 떠오르는 위성이 보내는 신호가 고장이 아니지만 한계치를 넘을 위험이 있어서 고장으로 오인할 수 있다. 이를 위해 새로이 떠오르는 시점에서 일정 시간(400초)을 기준으로 식 (54)과 같이 다른 수식 알고리즘을 사용한다.

$$z_{m,n}(k) = \rho_{m,n}(k) - \phi_{m,n}(k) \tag{54}$$

$$dz_{m,n}(k) = z_{m,n}(k) - z_{m,n}(k-1) \tag{55}$$

$$Dvg_{m,n}(k) = \frac{\tau_d - T_s}{\tau_d} Dvgc_{m,n}(k-1) + \frac{1}{\tau_d} dz_{m,n}(k) \tag{56}$$

여기서,

$mesurement\ update\ rate \qquad T_s = 0.5\ (\mathrm{seconds})$
$time\ constant\ of\ averaging \qquad \tau_d = 200\ (\mathrm{seconds})$

■ τ_d는 시간평균 상수이며 T_s는 측정치 업데이트 시간간격이다. z는 해당채널의 의사거리와 반송파 측정치의 차이로 정의된다. dz는 현재 z와 이전 z를 차분한 값이며 의사거리와 반송파로 구한 거리차이의 변화를 의미한다.

■ 만약 고장신호가 발생하면 z의 값이 갑자기 커지게 되고 dz도 증가하며 Dvg값도 증가하게 된다. Dvg가 한계치를 넘게 되면 검사는 신호를 고장이라고 판별하게 된다.

■ 코드 반송파 검사는 새로운 위성의 신호가 이온층 통과로 인한 의사거리 정확도 저하 문제를 해결하기 위해 규정된 시간을 기준으로 시간상수를 구별하여 사용함으로서 문제를 해결한다. 다음 식은 시간에 따른 선택적 시간상수를 나타낸다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\tau(k) = \begin{cases} kT_s & (k < \tau_d / T_s) \\ \tau_d & (else) \end{cases} \quad (57)$$

■ 식 (57)는 위성이 초기 떠오를 때를 기점으로 τ_d / T_s, 400초 동안은 시간 상수를 kT_s으로 그 이후에는 τ_d로 사용한다는 것을 의미한다.

5.2. 코드 잔차 검사

■ 코드 잔차 검사 (Carrier-Smoothed Code Innovation Test)는 의사거리 측정치의 임펄스나 단위계단 오차를 검사한다. 검사를 수행하기 전에 의사거리 측정치에 스무딩 기법을 적용. 이는 높은 주파수의 다중 경로에 의한 영향과 불필요한 신호 노이즈 성분을 제거하기 때문이다.

$$Inno_{m,n}(k) = \rho_{m,n}(k) - (\rho_{s,m,n}(k-1) + \phi_{m,n}(k) - \phi_{m,n}(k-1)) \quad (58)$$

■ 식(58)에서 잔차는 의사거리측정치와 스무딩 기법이 적용된 이전의 의사거리 측정치에 전후의 반송파의 차이를 더한 값을 차분하는 것으로 정의됨. 전후 반송파 측정치의 차이는 전후의 정밀한 거리변화이며 이것을 스무딩된 이전 의사거리측정치에 더해짐으로서 보다 정확한 이전 의사거리가 획득. 이러한 잔차는 전후의 정밀한 의사거리변화를 의미하며 의사거리가 고장이 났을 때 급격하게 증가하여 한계치를 벗어나게 되면 고장으로 검출.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	보고서	문서번호	보고서-41

다중위성항법 기반 미지정수 결정 성공률 향상을 이용한 가용성 향상 연구 보고서

2017. 11. 16.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이선용	2017. 11. 15.	
	이진혁	2017. 11. 15.	
검 토	이상정	2017. 11. 15.	
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	초안작성	2017.09.22.	이진혁
R2.0	검토사항 수정	2017.09.27.	이선용
R3.0	측정치 품질 개선 파트 추가	2017.11.07.	이선용

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 다중클러스터 운영 방안 ····· 1
1.1 다중클러스터 운영 목적 ····· 1
1.2 다중클러스터 운영 기간 ····· 1
1.3 다중클러스터 운영 체계 ····· 1

2. 다중클러스터 운영 관리 ····· 3
2.1 DMB 보정정보 방송서비스 관리 ····· 3
2.2 인프라 운영 관리 ····· 3
2.3 사용자 단말 활용 및 보완 ····· 5

3. 다중클러스터 운영 결과 분석 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 다중위성항법 기반 사용자단 미지정수 결정 기법 연구

1.1. 연구 배경

육상 교통 시스템은 정밀 육상 교통 서비스를 제공하기 위해서 반송파 위상 측정치를 활용한 정밀 위치 추정 기법을 사용한다. 하지만 육상 교통 환경에서는 고층 건물과 같은 구조물에 의해서 위성 신호 단절 문제가 발생한다. 이러한 이유로 단일 위성항법 시스템으로는 육상교통 환경에서 정밀 위치 추정을 수행하기 위한 충분한 가시위성을 확보하기 어렵다. 따라서 이를 극복하기 위해서 다중 위성항법 시스템을 사용할 수 있도록 수행하기 위한 연구가 진행 중이다. 그 중 GPS와 GLONASS를 통합한 경우가 한 예이다. 정밀위치 추정을 수행하기 위해서 일반적으로는 이중차분 측정치를 사용하는데 이 때 GLONASS의 경우에는 FDMA방식을 사용하기 때문에 이중차분 시 위성 채널별 주파수가 다름을 고려하여 정리해야 한다. 이를 위해서 원시 측정치 모델 정리를 수행하고, 원시 측정치 모델의 이중차분을 통해서 GLONASS를 이용한 정밀 위치 추정에서의 문제점을 정의한다.

1.1.1. 측정치 모델

1.1.1.1. GPS 측정치 모델

○ 코드 측정치 모델

$$P_u^i = \rho_u^i + c\left(\delta t_u - \delta t^i\right) + T_u^i + I_u^i + \varepsilon_{P,u}^i$$

○ 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^i \phi_u^i = \rho_u^i + c\left(\delta t_u - \delta t^i\right) + \lambda^i N_u^i + T_u^i - I_u^i + \varepsilon_{\Phi,u}^i$$

위 두 수식에서 아래 첨자는 수신기 종류, 윗 첨자는 위성 번호, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, λ^i는 위성 i의 반송파 파장, N_u^i는 위성 i 신호에 대한 미지정수, ϵ_Φ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음, T_u^i는 전리층 지연, I_u^i는 이온층 지연 을 나타낸다.

1.1.1.2. GLONASS 측정치 모델

○ 코드 측정치 모델

$$P_u^j = \rho_u^j + c\left(\delta t_u - \delta t^j\right) + T_u^j + I_u^j + k^j \zeta_u + \varepsilon_{P,u}^j$$

○ 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^j \phi_u^j = \rho_u^j + c\left(\delta t_u - \delta t^j\right) + \lambda^j N_u^j + T_u^j - I_u^j + k^j \zeta_u + \varepsilon_{\Phi,u}^j$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

위 두 수식에서 아래 첨자는 수신기 종류, 윗 첨자는 위성 번호, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, λ^i는 위성 i의 반송파 파장, N_u^i는 위성 i 신호에 대한 미지정수, ϵ_Φ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음, T_u^i는 전리층 지연, I_u^i는 이온층 지연을 나타낸다. $^k\zeta_u$는 Inter Channel Bias(ICB) 이다.

1.1.2. 문제 정의

이중차분 반송파 측정치를 이용한 정밀 위치 추정 시에 GPS의 경우에는 모든 채널이 동일한 반송파 주파수를 사용한다. 하지만 GLONASS의 경우 채널 별 반송파 주파수가 다르기 때문에 이중차분 반송파 위상 측정치를 이용한 정밀 위치 추정 시 미터 단위 이중차분 반송파 측정치 모델에서는 미지정수를 정수로 유지할 수 없고, 사이클 단위 이중차분 반송파 위상 측정치 모델에서는 단일차분 수신기 클럭 바이어스가 제거되지 않는 문제가 남아있다.

○ 미터 단위 GLONASS 이중차분 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^i\phi_{ur}^i - \lambda^j\phi_{ur}^j = \rho_{ur}^{ij} + \lambda^i N_{ur}^i - \lambda^j N_{ur}^j + \varepsilon_{ur}^{ij}$$

○ 사이클 단위 GLONASS 이중차분 반송파 위상 측정치 모델

$$\phi_{ur}^{ij} = \frac{1}{\lambda^i}\rho_{ur}^i - \frac{1}{\lambda^j}\rho_{ur}^j + N_{ur}^{ij} + \frac{c}{\lambda^i}dt_{ur} - \frac{c}{\lambda^j}dt_{ur} + \varepsilon_{ur}^{ij}$$

따라서 다중위성항법 기반 정밀 위치추정을 수행하기 위해서 측정치 모델 단위에 따른 문제점을 해결해야 한다.

1.2. 정밀 위치 추정 알고리즘

○ 기본적인 데이터 처리 절차

(참고 : Bernhard Hofmann-Wellenhof, Herbert Lichtenegger, Elmar Wasle (2008): GNSS - Global Navigation Satellite Systems, SpringerWienNewYork.)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

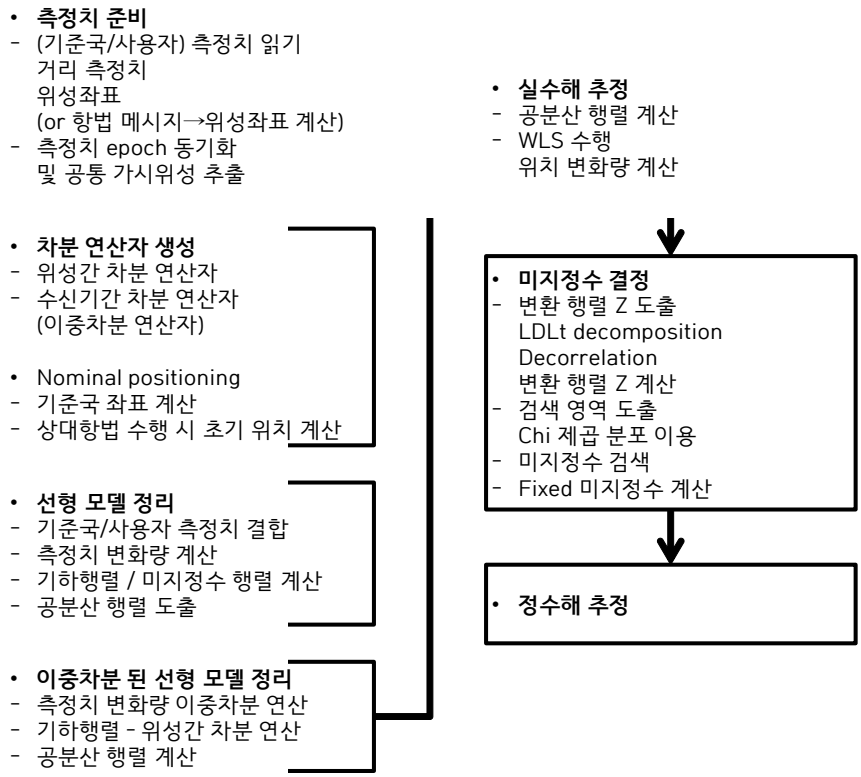


그림 1. 위치 추정 플랫폼 데이터 처리 흐름

그림 1은 정밀 위치 추정 플랫폼 데이터 처리 흐름도이다. 위치 추정 플랫폼에서 사용한 미지정수 결정 알고리즘은 대표적으로 사용하는 LAMBDA 기법을 사용했다.

1.3. 문제 해결 방안

1.3.1. 선형 모델 방법에 따른 문제 해결 방안

1.3.1.1. 방법 1 : GLONASS 반송파 주파수를 통일한 이중차분 측정치 모델

GLONASS 반송파 주파수가 채널에 따라 다른 것을 무시하고 차분 시의 기준 GLONASS 위성 신호 반송파 주파수로 통일하여 이중차분을 수행해 측정치 선형 모델로 정리하였다.

○ 이중차분 코드 측정치 모델

$$\nabla\Delta P_{ur}^{ij} = \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{P,ur}^{ij}$$

○ 이중차분 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^i\Delta\phi_{ur}^i - \lambda^j\Delta\phi_{ur}^j = \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \left(\lambda^i\Delta N_{ur}^i - \lambda^j\Delta N_{ur}^j\right) + \nabla\Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{ij}$$
$$\cong \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \lambda^j\nabla\Delta N_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{ij}$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

위 두 수식에서 $\nabla\Delta P_{ur}^{ij}$는 이중차분 코드 측정치, 아래 첨자는 수신기 종류, 윗 첨자는 위성 번호, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, $\Delta\phi_{ur}^i$는 위성 i 신호에 대한 사이클 단위의 수신기간 차분한 반송파 위상 측정치, λ^i는 위성 i의 반송파 파장, ΔN_{ur}^i는 위성 i 신호에 대한 수신기간 차분한 미지정수, ϵ_Φ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음을 나타낸다.

1.3.1.2. 방법 2 : 미터단위 이중차분 측정치 모델

GLONASS 반송파 주파수가 채널에 따라 다른 것을 고려하여, 위성 간 차분을 할 때, 해당 측정치 간 반송파 주파수의 최대 공약수로 분할해 공통의 가상 파장으로 표현하는 보조 파장(Auxiliary wavelength) 개념을 도입하여 이중차분 측정치 선형 모델로 정리하였다.

○ 이중차분 코드 측정치 모델

$$\nabla\Delta P_{ur}^{ij} = \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{P,ur}^{ij}$$

○ 이중차분 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^*\left(k_i\Delta\phi_{ur}^i - k_j\Delta\phi_{ur}^j\right) = \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \lambda^*\left(k_i\Delta N_{ur}^i - k_j\Delta N\phi_{ur}^j\right) + \nabla\Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{ij}$$
$$\cong \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \lambda^j\nabla\Delta N_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{ij}$$

위 두 수식에서 $\nabla\Delta P_{ur}^{ij}$는 이중차분 코드 측정치, 아래 첨자는 수신기 종류, 윗 첨자는 위성 번호, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, $\Delta\phi_{ur}^i$는 위성 i 신호에 대한 사이클 단위의 수신기간 차분한 반송파 위상 측정치, λ^*는 보조 파장(Auxiliary wave length), k_i는 λ^i를 λ^*로 나눈 정수, ΔN_{ur}^i는 위성 i 신호에 대한 수신기간 차분한 미지정수, ϵ_Φ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음을 나타낸다.

1.3.1.3. 방법 3 : 사이클 단위 이중차분 측정치 모델

GLONASS의 반송파 주파수가 채널에 따라 다르지만 이중차분 미지정수가 정수 성질을 유지하기 위해서 반송파 위상 측정치를 사이클 영역에서 표현한다. 그러나, 이중차분을 수행하더라도 수신기 클럭 바이어스가 남아있어 이중차분 선형 모델에 오차로 영향을 미치게 된다. 이 영향을 제거하기 위해 단일차분 수신기 클럭 바이어스를 추정 및 보상하여 선형 모델로 정리했다.

○ 이중차분 코드 측정치 모델

$$\nabla\Delta P_{ur}^{ij} = \nabla\Delta\rho_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{P,ur}^{ij}$$

○ 이중차분 반송파 위상 측정치 모델

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\nabla\Delta\phi_{ur}^{ij} = \frac{1}{\lambda^i}\Delta\rho_{ur}^{i} - \frac{1}{\lambda^j}\Delta\rho_{ur}^{j} + \left(f^i - f^j\right)\Delta\delta t_{ur} + \nabla\Delta N_{ur}^{ij} + \nabla\Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{ij}$$

위 두 수식에서 $\nabla\Delta P_{ur}^{ij}$는 이중차분 코드 측정치, 아래 첨자는 수신기 종류, 윗 첨자는 위성 번호, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, $\Delta\phi_{ur}^{i}$는 위성 i 신호에 대한 사이클 단위의 수신기간 차분한 반송파 위상 측정치, λ^i는 위성 i의 반송파 파장, f^i는 위성 i의 반송파 주파수, $\Delta\delta t_{ur}$은 수신기간 차분한 수신기 클럭 바이어스, $\nabla\Delta N_{ur}^{ij}$는 이중차분 미지정수, ϵ_ϕ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음을 나타낸다.

1.3.1.4. 방법 4 : 단일차분 측정치 모델

GLONASS 위성 채널 별 반송파 주파수가 달라서 반송파 위상 측정치의 이중차분 시 미지정수 특성을 유지할 수 없는 문제를 극복하기 위해 단일차분 측정치 모델을 사용했다. 단일차분 측정치 모델에서는 이중차분 측정치 모델의 상태변수(기저선 성분과 미지정수 성분)에 단일차분 수신기 클럭 바이어스까지 포함한 상태변수를 사용했다.

○ 단일차분 코드 측정치 모델

$$\Delta P_{ur}^{i} = \Delta\rho_{ur}^{i} + c\Delta\delta t_{ur} + \Delta\varepsilon_{P,ur}^{i}$$

○ 단일차분 반송파 위상 측정치 모델

$$\lambda^i\Delta\phi_{ur}^{i} = \Delta\rho_{ur}^{i} + c\Delta\delta t_{ur} + \lambda^i\Delta N_{ur}^{i} + \Delta\varepsilon_{\phi,ur}^{i}$$

위 두 수식에서 ΔP_{ur}^{i}는 수신기간 차분한 코드 측정치, ρ_u^i수신기 u와 위성 I와의 기하거리, c는 빛의 속도, δt_{ur}은 수신기간 차분한 수신기 클럭 바이어스, ϵ_P는 코드 측정치의 측정 잡음, $\Delta\phi_{ur}^{i}$는 위성 i 신호에 대한 사이클 단위의 수신기간 차분한 반송파 위상 측정치, λ^i는 위성 i의 반송파 파장, ΔN_{ur}^{i}는 위성 i 신호에 대한 수신기간 차분한 미지정수, ϵ_ϕ는 반송파 위상 측정치의 측정 잡음을 나타낸다.

1.3.1.5. 방법 5 : Continuous clock Steering 방식 수신기를 위한 ICB 추정 모델

이종 수신기 사이에는 ICB(Inter Channel Bias)가 존재한다. 이 때, 이 ICB를 추정하여 단일차분 측정치 모델에 보정한다. 다음 그림은 이종 수신기 조합일 때, 단일차분 측정치에서의 ICB 영향을 보여준다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

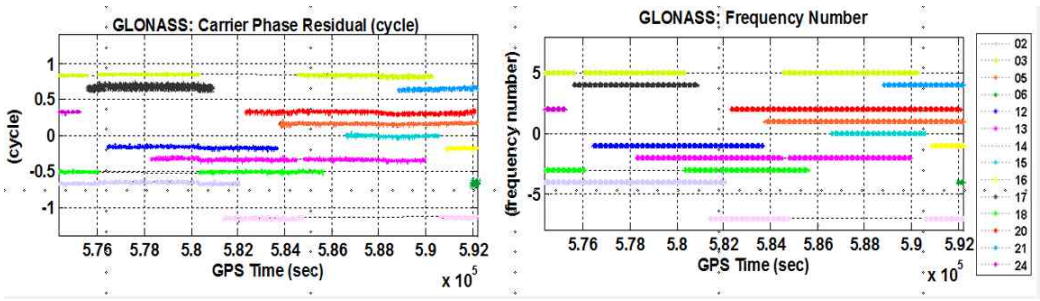


그림 2. 이종 수신기 조합에서의 ICB 영향

○ ICB 추정 모델

$$\bar{P}_k = \Phi_k \hat{P}_k \Phi_k^T + Q_k$$

$$\bar{X}_k = \Phi_{k,k-1} \hat{X}_{k-1}$$

$$K_k = \bar{P}_k H_k^T \left[H_k \bar{P}_k H_k^T + R_k \right]^{-1}$$

$$Z_k = H_k \bar{X}_k - Y_k$$

$$\hat{X}_k = \bar{X}_k - K_k Z_k$$

$$\hat{P}_k = \left(I - K_k H_k \right) \bar{P}_k \left(I - K_k H_k \right)^T + K_k R_k K_k^T$$

위 식에서, Φ_k는 상태천이행렬, Q_k는 시전달 오차 행렬이고 K_k는 이득 행렬이다. $\bar{P}_k / \hat{P}_k$는 전/후 추정 오차 공분산 행렬이며 $\bar{X}_k / \hat{X}_k$는 전/후 추정치에 해당한다. 그리고 H_k는 관측 행렬이고, R_k는 측정 오차 공분산 행렬, Y_k는 측정치 벡터이다. 마지막으로 Z_k는 간접 측정치 벡터이다. 참 상태 변수는 다음 식과 같다.

$$X_k = \left[X_{P,k}^T \quad X_{CB,k}^T \quad X_{ICB,k}^T \quad X_{N,k}^T \right]^T$$

위 식에서 $X_{P,k}^T$는 기저선 벡터, $X_{CB,k}^T$는 차분된 수신기 시계오차 벡터, $X_{ICB,k}^T$는 차분된 GLONASS 채널간 편이, 그리고 $X_{N,k}^T$는 미지정수 벡터를 의미한다. 마지막으로, 관측행렬과 측정치 벡터는 다음 식과 같이 구성된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$H_k = \begin{bmatrix} (h_{G,k}) & \begin{bmatrix} 1_{N\times 1} & 0_{N\times 1} \\ 0_{M\times 1} & 1_{M\times 1} \end{bmatrix} & 0_{N\times 1} & \begin{bmatrix} 0_{N\times N} & 0_{N\times N} \\ 0_{N\times N} & 0_{N\times N} \end{bmatrix} \\ (h_{R,k}) & & k_{M\times 1} & \\ (h_{G,k}) & \begin{bmatrix} 1_{N\times 1} & 0_{N\times 1} \\ 0_{M\times 1} & 1_{M\times 1} \end{bmatrix} & 0_{N\times 1} & \begin{bmatrix} \Lambda_G & 0_{N\times N} \\ 0_{N\times N} & \Lambda_R \end{bmatrix} \\ (h_{R,k}) & & k_{M\times 1} & \end{bmatrix}, \quad Y_k = \begin{bmatrix} \rho_{G,k} \\ \rho_{R,k} \\ \phi_{G,k} \\ \phi_{R,k} \end{bmatrix} \sim N(O, R_k)$$

그러나, 이 방법은 수신기가 Clock jump 방식을 사용하는 경우에 적용이 불가능하며, 이 기법은 정밀 위치 추정 시 고려하지 않았다.

1.3.1.6. 방법 6 : Clock Jump방식 수신기를 위한 ICB 추정 모델

이종 수신기 조합에서 정밀 위치를 추정할 때, 하나의 수신기가 Clock jump 방식일 때 ICB를 추정하여 단일차분 측정치 모델에 적용하는 방식이다.

○ ICB 추정 모델

$$\begin{bmatrix} y^R_{SD,1} \\ \vdots \\ y^R_{SD,L} \\ \hline y^G_{DD,1} \\ \vdots \\ y^G_{DD,L} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} G^R_{SD,1} & \cdots & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & G^R_{SD,L} & 0 & \cdots & 1 \\ \hline G^G_{DD,1} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & G^G_{DD,L} & 0 & \cdots & 0 \end{array}\right] \left[\begin{array}{c} \delta X_{ur,1} \\ \vdots \\ \delta X_{ur,L} \\ \hline \delta t^R_{ur,1} \\ \vdots \\ \delta t^R_{ur,L} \\ \hline \delta h^R_{ur} \end{array}\right]$$

$$y = M\delta v$$

$$\delta\hat{v} = \left(M^T M\right)^{-1} M^T y$$

위의 첫 번째 식에서 y_{SD}는 단일차분 측정치, y_{DD}는 이중차분 측정치이고 G_{SD}는 위성 간 차분한 기하 행렬이다. 그리고 δX_{ur}는 기저선 성분이며, δt_{ur}는 단일차분 수신기 클럭 바이어스 변화량, δh_{ur}는 ICB이다. 두 번째 식에서 y는 선형모델 입력(측정), M는 설계 행렬이고, δv는 추정하고자 하는 상태 변수이다. 마지막 식에서 $\delta\hat{v}$는 추정한 상태값을 의미한다.

이 방법은 구현/검증 중에 있어 이후 성능 분석에서는 추후 갱신할 계획이다.

1.3.2. 측정치 품질 개선을 통한 문제 해결 방안

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1.3.2.1. 반송파 평활화 필터

반송파 평활화 기법은 코드 측정치 잡음의 표준편차를 감쇄시켜 코드 측정치 품질을 향상시킨다. 반송파 평활화 필터 식은 다음과 같다.

$$P_{smoothed}[k] = \frac{M-1}{M} P_{smoothed}[k-1] + \frac{1}{M} P[k] + \frac{M-1}{M}(\Phi[k] - \Phi[k-1])$$

위 식에서 M은 반송파 평활화 필터의 창 크기를 나타낸다.

1.3.2.2. 앙각이 낮은 위성 측정치 제거

앙각이 낮은 가시위성은 측정치 품질이 낮다. 정밀 위치 추정 시 낮은 품질의 측정치를 사용하면 위치 정확도가 감소하게 된다. 이러한 영향을 제거하기 위해 가시위성 수가 충분한 환경에서 앙각이 낮은 위성의 측정치를 제거함으로써 정밀위치 추정 성능 개선을 시도하였다.

2. 다중위성항법 기반 사용자단 미지정수 결정 기법 성능 평가

2.1. 정밀 위치추정 성능 분석 플랫폼 설계

아래 그림은 정밀 위치추정 성능 분석 플랫폼이다. 전처리 부에서는 TTM 보정 기법과 반송파 평활화 기법(CSF)가 설계되어 있다. 위치 추정 부에서는 단일/이중차분 측정치 모델이 가용하며, 실수해 추정 알고리즘에는 WLSE, 미지정수 결정 기법에는 LAMBDA 기법이 설계되어 있다.

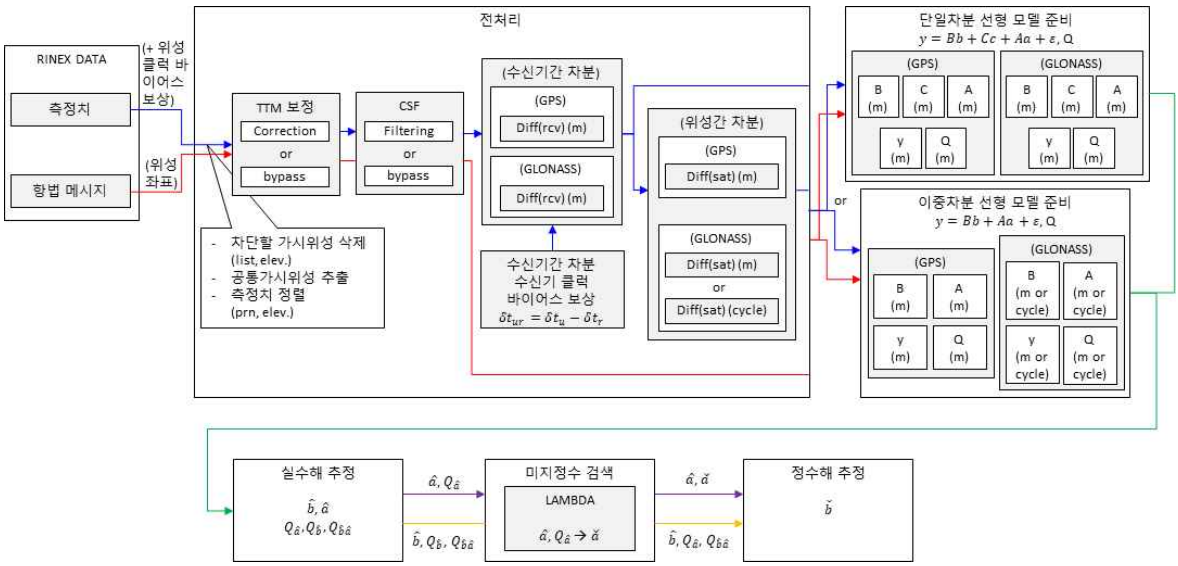


그림 3. 정밀 위치 추정 성능 분석 플랫폼

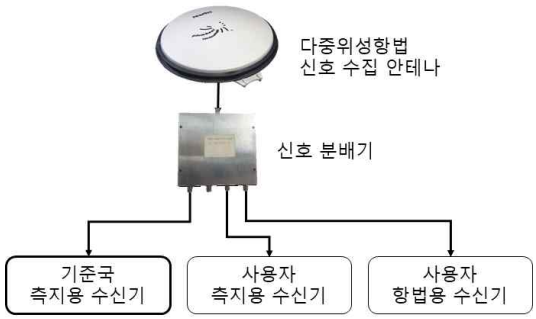
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2. 데이터 수집

2.2.1. 수집 환경

미지정수 결정 기법별 성능 분석을 위하여 오차 요인을 최대한 배제한 환경을 고려하였다. 신호 수신 환경은 개활지, 정적 환경, 영기저선이다. 수집 신호는 GPS L1, GLONASS L1 신호이다. 다중위성항법 신호 수집 안테나를 이용하여 항법 신호를 수신하고, 신호 분배기를 통하여 기준국 수신기와 사용자 수신기에 연결하였다. 안테나는 NovAtel GPS-703-GGG를 사용하였고, 기준국에 사용한 수신기에는 측지용 수신기인 NovAtel DL-V3, 사용자에는 측지용 수신기인 NovAtel DL-V3과 항법용 수신기인 ublox EVK-M8T를 사용하였다. 아래 표는 실험 환경을 나타낸다.

표 1. 신호 수집 환경

수신환경	개활지, 정적 환경, 영기저선
수집 신호	GPS L1, GLONASS L1
장비 구성	 (수신기) - 기준국 : NovAtel DL-V3 - 사용자 : NovAtel DL-V3, ublox EVK-M8T (안테나) - NovAtel GPS-703-GGG

2.2.2. 측정치 품질 분석

수집한 데이터의 품질 분석을 위해서 원시 코드/반송파 위상 측정치의 이중차분을 수행하였고, 이중차분 코드/반송파 위상 측정치의 표준편차를 이용해서 측정치 품질을 분석하였다.

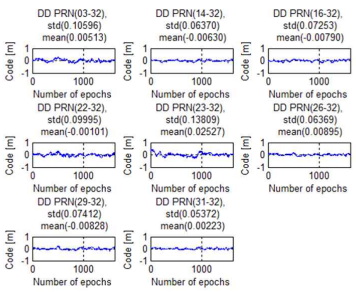
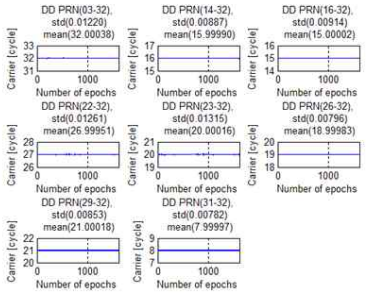
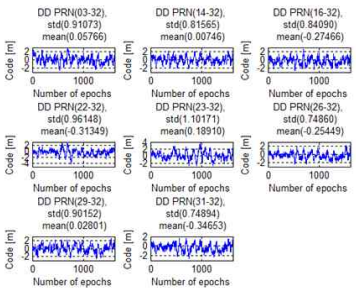
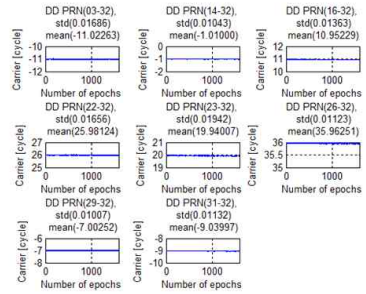
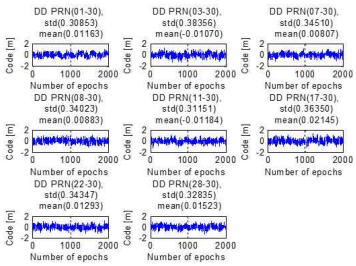
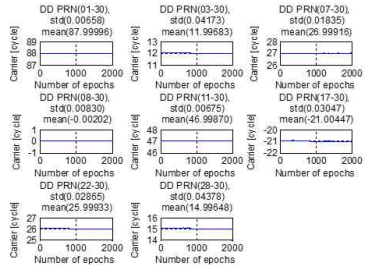
2.2.2.1. GPS 이중차분 측정치

GPS 신호만을 이용하여 수신기 조합에 따른 이중차분 측정치에 대해 분석하였다. Nov-Nov 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 0.05m ~ 0.14m, 이

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.007m ~ 0.013m의 값을 가진다. Nov-ubx 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 0.07m ~ 1.1m, 이중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.010m ~ 0.019m의 값을 가진다. ubx-ubx 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 0.30m ~ 0.38m 이중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.007m ~ 0.04m의 값을 가진다. 이중차분 반송파 위상 측정치에서는 평균적으로 표준편차의 값이 수신기 조합 간 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 2. 수신기 조합에 따른 GPS 이중차분 측정치

수신기 조합	이중차분 코드 측정치	이중차분 반송파 위상 측정치
Nov-Nov		
Nov-ubx		
ubx-ubx		

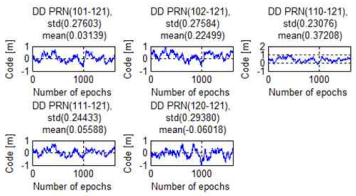
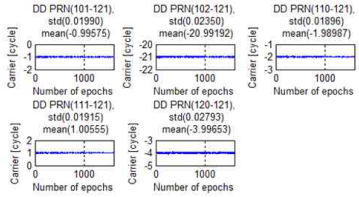
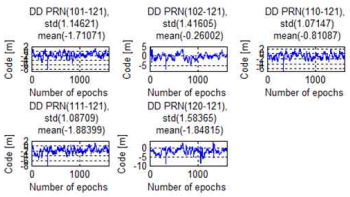
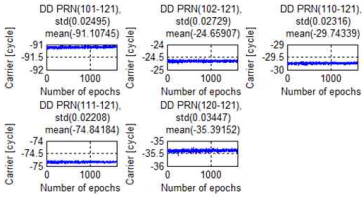
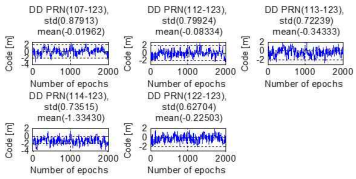
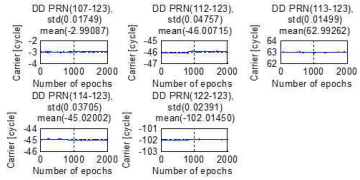
2.2.2.2. GLONASS 이중차분 측정치

GLONASS 신호만을 이용하여 수신기 조합에 따른 이중차분 측정치에 대해 분석하였다. Nov-Nov 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 0.23m ~ 0.28m 이중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.019m ~ 0.028m의 값을 가진다. Nov-ubx 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 1.07m ~ 1.58m 이

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.022m ~ 0.027m의 값을 가진다. ubx-ubx 수신기 조합에서는 이중차분 코드 측정치의 표준편차가 0.63m ~ 0.88m 이중차분 반송파 위상 측정치의 표준편차는 0.015m ~ 0.048m의 값을 가진다.

표 3. 수신기 조합에 따른 GLONASS 이중차분 측정치

수신기 조합	이중차분 코드 측정치	이중차분 반송파 위상 측정치
Nov-Nov		
Nov-ubx		
ubx-ubx		

2.3. 정밀 위치 추정 성능 분석

2.3.1. 선형 모델 방법에 따른 문제 해결

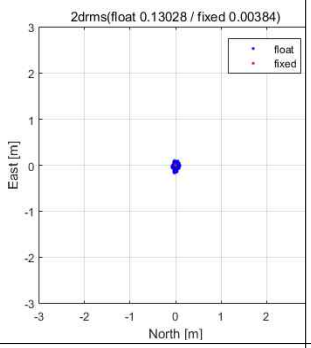
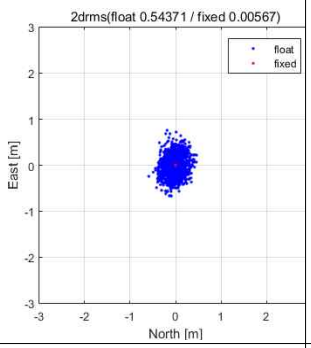
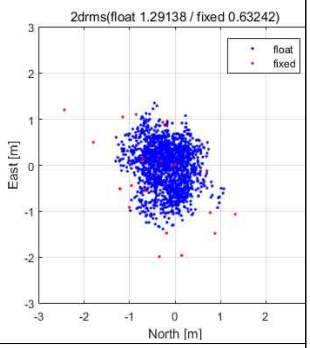
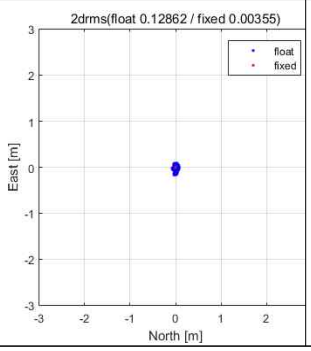
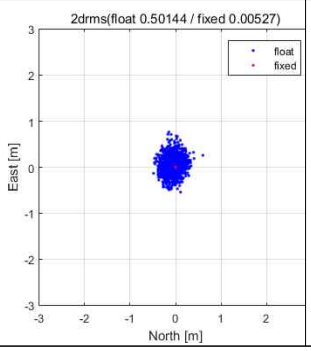
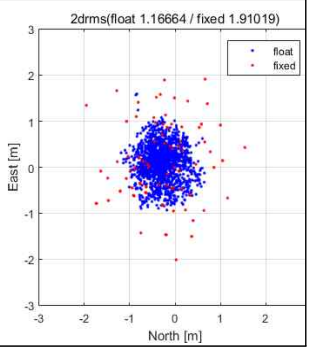
선형 모델 방법에 따른 문제 해결을 위하여 각 모델마다 동종 수신기 조합(Nov-Nov, ubx-ubx)과 이종 수신기 조합(Nov-ubx)을 사용하였다. 방법 1, 방법 3과 방법 4에서는 GPS 신호만 사용할 경우와 GPS 신호 및 GLONASS 신호를 모두 사용하였으며, 방법 2에서는 GLONASS 신호만 사용하였으며, 이 때 실수해와 정수해 성능의 변화를 분석하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3.1.1. 방법 1 : GLONASS 반송파 주파수를 통일한 이중차분 측정치 모델

GLONASS 반송파 주파수를 통일한 이중차분 측정치 모델을 사용하여 실험한 결과 동종 수신기 조합에서는 GPS 신호만 사용한 경우보다 GPS/GLONASS 신호인 경우 실수해 및 정수해 성능 모두 향상되었다. 하지만 이종 수신기 조합(Nov-ubx)에서는 실수해 성능은 향상되었지만 정수해 성능은 저하되었다. 아래 표는 신호 종류 및 수신기 조합에 따른 실수해와 정수해 성능을 나타낸 결과이다.

표 4. 수신기 조합에 따른 실수해 및 정수해 추정 성능

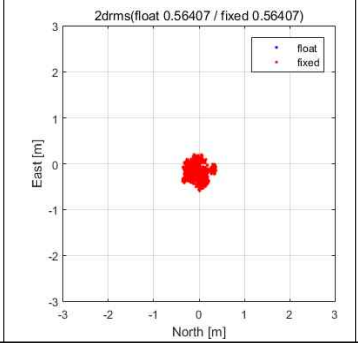
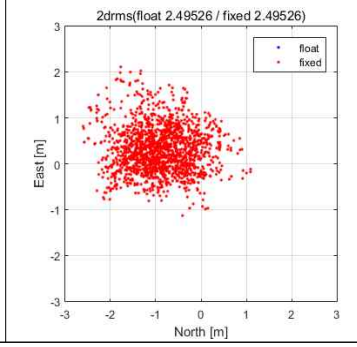
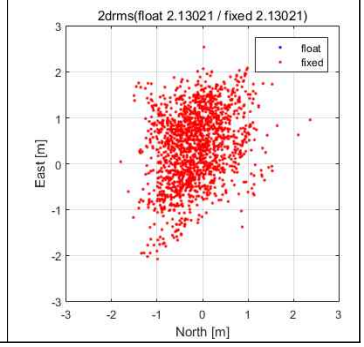
조합	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
GPS only			
GPS/GLO			

2.3.1.2. 방법 2 : 미터단위 이중차분 측정치 모델

미터단위 이중차분 측정치 모델(보조 파장(Auxiliary wavelength) 도입)을 사용하여 실험한 결과 모든 수신기 조합에서 실수해와 정수해가 같은 결과를 나타내었다. 이 결과는 (이중차분)측정치 품질이 보조 파장의 길이(65um)보다 크기 때문에 실제 정수해를 추정하지 못하기 때문이다. 아래 표는 수신기 조합에 따른 실수해와 정수해 성능을 나타낸 결과이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

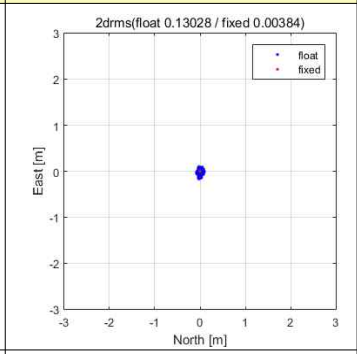
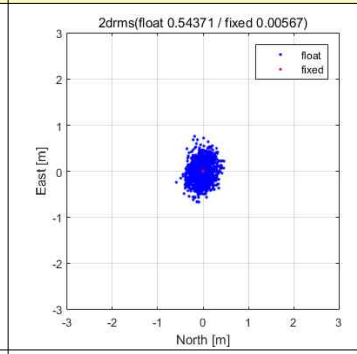
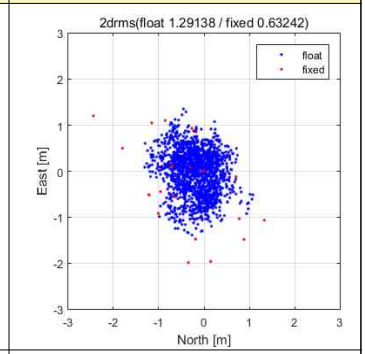
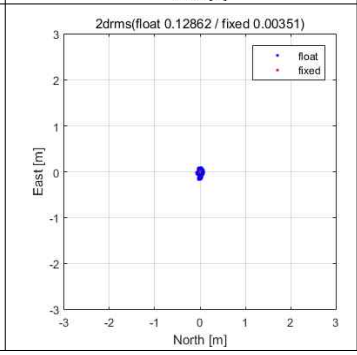
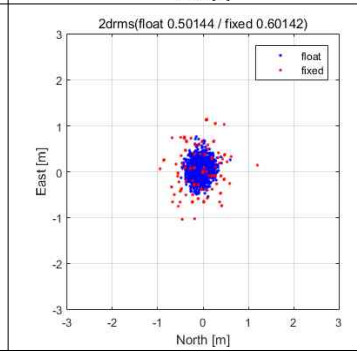
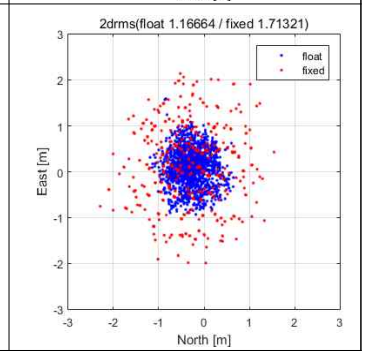
표 5. 수신기 조합에 따른 GLONASS only 실수해 및 정수해 추정 성능

조합	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
GLO only			

2.3.1.3. 방법 3 : 사이클 단위 이중차분 측정치 모델

사이클 단위 이중차분 측정치 모델을 사용하여 실험한 결과 모든 수신기 조합에서 GPS 신호만 사용한 경우보다 GPS/GLONASS 신호를 사용한 경우 실수해 성능은 향상되었다. 정수해 성능은 동종 수신기 조합1(Nov-Nov)에서 향상되었지만, 수신기 클럭 성능이 낮은 ubx 수신기가 포함된 수신기 조합에서는 GPS 신호만 사용한 경우보다 GPS/GLONASS 신호인 경우 성능이 저하되었다. 아래 표는 신호 종류 및 수신기 조합에 따른 실수해와 정수해 성능을 나타낸 결과이다.

표 6. 수신기 조합에 따른 실수해 및 정수해 추정 성능

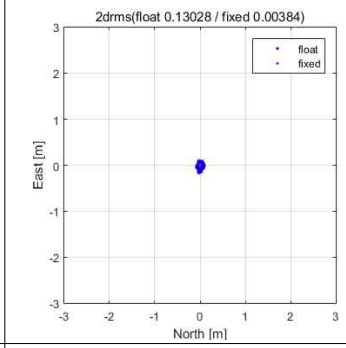
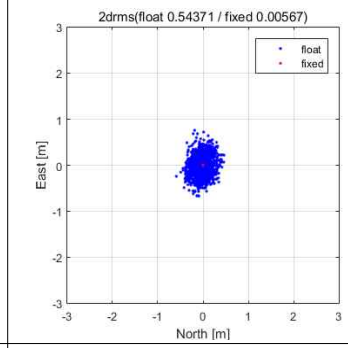
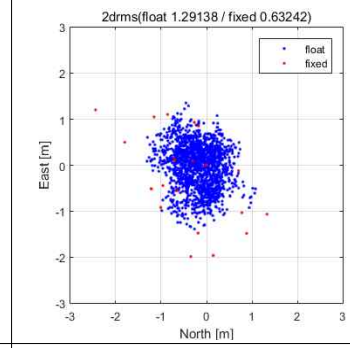
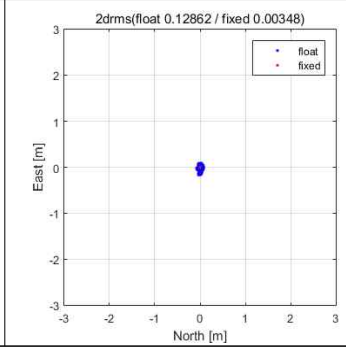
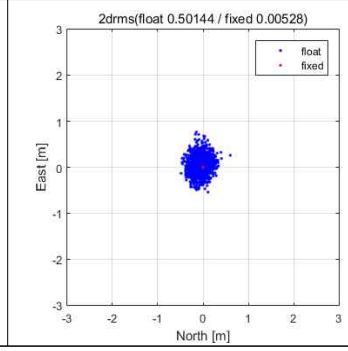
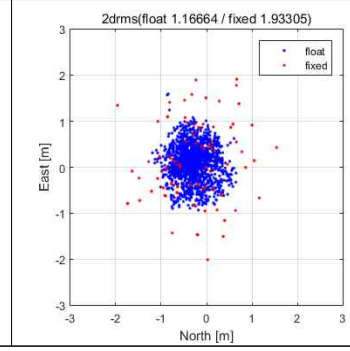
조합	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
GPS only			
GPS /GLO			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3.1.4. 방법 4 : 단일차분 측정치 모델

단일차분 측정치 모델을 사용하여 실험한 결과 동종 수신기 조합을 사용한 경우 GPS 신호만 사용한 경우보다 GPS/GLONASS 신호를 사용한 경우 실수해와 정수해 성능 모두 향상되었다. 하지만 이종 수신기 조합(Nov-ubx)인 경우 실수해 성능은 향상되었지만, 정수해 성능은 저하되었다. 아래 표는 신호 종류 및 수신기 조합에 따른 실수해와 정수해 성능을 나타낸 결과이다.

표 7. 수신기 조합에 따른 실수해 및 정수해 추정 성능

조합	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
GPS only			
GPS /GLO			

2.3.2. 측정치 품질 개선을 통한 문제 해결

측정치 품질 개선을 위하여 반송파 평활화 필터와 앙각이 낮은 위성 측정치를 제거하는 방법을 사용하여 실수해 및 정수해 성능을 확인하였다.

2.3.2.1. 반송파 평활화 필터

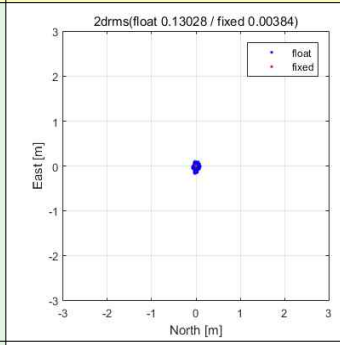
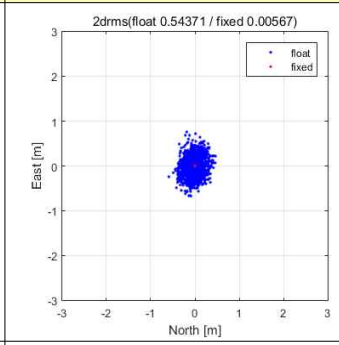
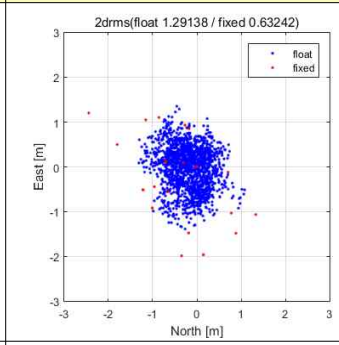
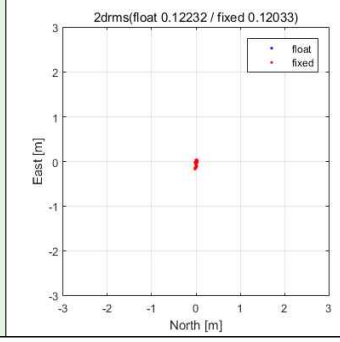
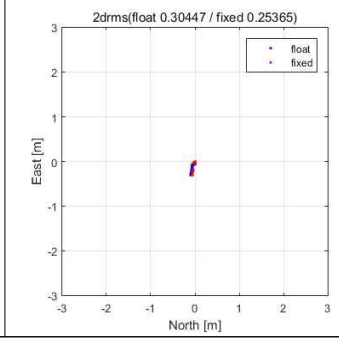
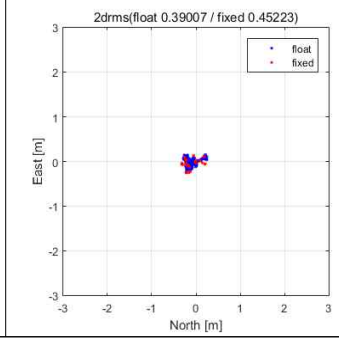
반송파 평활화 필터의 영향을 분석하기 위하여 동종 수신기(Nov-Nov, ubx-ubx) 및 이종 수신기(Nov-ubx)조합을 사용하였고, 반송파 평활화 필터의 적용 유무에 따른 실수해 및 정수해 성능을 확인하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3.2.1.1. GPS only

GPS 신호만 사용한 경우에 대해 실험하였다. 반송파 평활화 필터를 적용하였을 경우 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우에 비해 동종 수신기와 이종 수신기 모두 실수해 성능이 향상되었다. 정수해 성능은 미지정수 결정 성공률이 낮은 환경에서 반송파 평활화 필터를 적용하면 미지정수 오차 편차가 줄어들기 때문에 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우보다 향상된다. 반면, 미지정수 결정 성공률이 높은 수준의 환경에서 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우보다 반송파 평활화 필터를 사용한 경우 정수해 성능이 저하된다. 동종 및 이종 수신기 환경에서 반송파 평활화 필터의 적용 유무에 따른 실험 결과는 아래 그림과 같다.

표 8. 반송파 평활화 필터 적용 유무에 따른 실수해 및 정수해 추정 성능(GPS only)

	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
CFS 미적용			
CFS 적용			

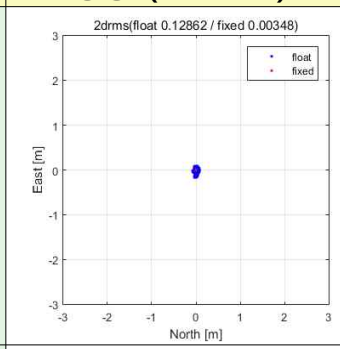
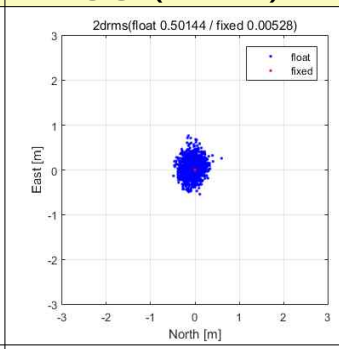
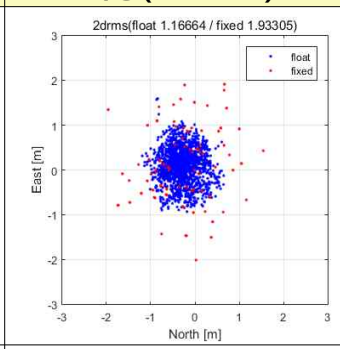
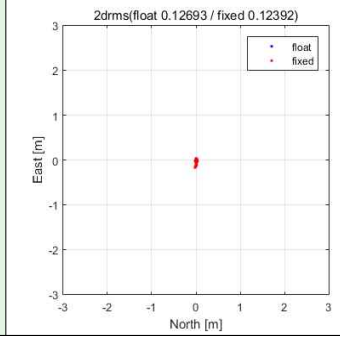
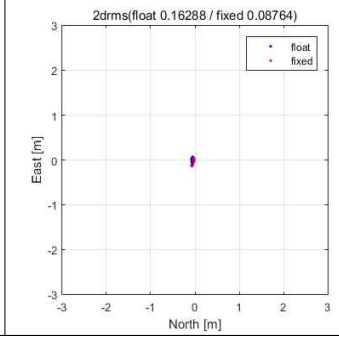
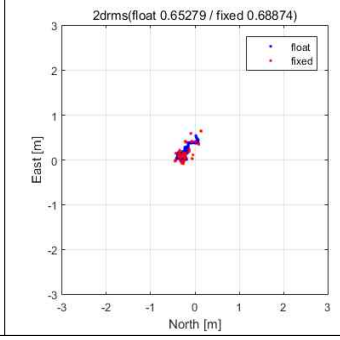
2.3.2.1.2. GPS/GLONASS

GPS/GLONASS 신호를 사용한 경우에 대해 실험하였다. 반송파 평활화 필터를 적용하였을 경우 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우에 비해 동종 수신기와 이종 수신기 모두 실수해 성능이 향상되었다. 정수해 성능은 미지정수 결정 성공률이 낮은 환경에서 반송파 평활화 필터를 적용하면 미지정수 오차 편차가 줄어들어 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우보다 향상된다. 반면, 미지정수 결정 성공률이 높은 수준의 환경에서 반송파 평활화 필터를 적용하지 않은 경우보다 반송파 평활화 필터를

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

사용한 경우 정수해 성능이 저하된다. 동종 및 이종 수신기 환경에서 반송파 평활화 필터의 적용 유무에 따른 실험 결과는 아래 표와 같다.

표 9. 반송파 평활화 필터 적용 유무에 따른 실수해 및 정수해 추정 성능(GPS/GLO)

	동종1(Nov-Nov)	동종2(ubx-ubx)	이종(Nov-ubx)
CFS 미적용			
CFS 적용			

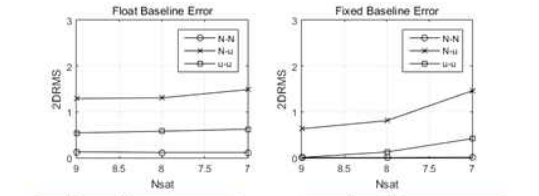
2.3.2.2. 앙각이 낮은 위성 측정치 제거

앙각이 낮은 위성 측정치를 제거하였을 경우의 영향을 보기 위하여 GPS 신호만 사용하였을 경우와 GPS/GLONASS 신호를 사용하였을 경우, 수신기 조합 및 가시위성 수에 대하여 실수해 및 정수해 성능을 확인하였다. GPS 단독인 경우 낮은 앙각을 가지는 위성의 측정치를 한 개 제거하였을 경우 N-N 조합에서 실수해/정수해 성능이 향상하였지만 다른 수신기 조합에서는 실수해/정수해 성능이 저하되었다. 그리고 낮은 앙각 위성의 측정치를 하나 더 제거하였을 경우(가시위성 수 7개) 모든 수신기 조합에서 성능이 저하되었다. GPS/GLONASS 통합인 경우 N-N 조합에서 낮은 앙각 위성 측정치를 제거함에 따라 실수해 성능이 향상되었지만 정수해 성능은 가시위성수가 14개인 경우 성능이 향상되었지만 가시위성수가 13개인 경우 성능이 저하되었다. 항법용 수신기를 사용한 조합에서는 앙각이 낮은 위성의 측정치를 제거함에 따라 실수해 성능이 모두 저하되었다. 정수해도 가시위성의 수를 줄임에 따라서 성능이 저하되었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 10. 낮은 앙각 위성 측정치 제거에 따른 정수해 및 정수해 추정 성능

GPS only



실수해 2DRMS

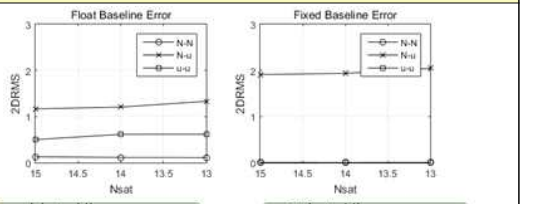
조합	가시위성 수		
	9	8	7
N-N	0.130	0.114	0.115
u-u	0.544	0.579	0.625
N-u	1.292	1.307	1.486

정수해 2DRMS

조합	가시위성 수		
	9	8	7
N-N	0.004	0.003	0.014
u-u	0.006	0.127	0.418
N-u	0.632	0.810	1.462

성능 : 향상 저하

GPS/GLO



실수해 2DRMS

조합	가시위성 수		
	15	14	13
N-N	0.129	0.114	0.112
u-u	0.501	0.614	0.617
N-u	1.167	1.206	1.330

정수해 2DRMS

조합	가시위성 수		
	15	14	13
N-N	0.004	0.003	0.004
u-u	0.006	0.005	0.006
N-u	1.910	1.934	2.048

성능 : 향상 저하

3. 결론

다중위성항법 기반 사용자단 미지정수 결정 기법에 대하여 조사 및 성능을 분석하였다. 동종 수신기를 조합한 경우 방법 2는 정수해를 추정할 수 없으며, 방법 3은 수신기 클럭 바이어스 추정 성능에 영향을 받기 때문에 두 방법은 사용을 권장하지 않으며, 방법 1, 4는 사용을 권장한다. 측정치 성능을 향상시키기 위하여 반송화 평활화 필터와 낮은 앙각 위성을 제거하는 방법을 사용하였다. 반송파 평활화 필터를 사용할 경우 미지정수 결정 성공률이 높은 환경에서는 정수해 성능이 저하되어 사용을 권장하지 않으며, 미지정수 결정 성공률이 낮은 환경에서는 반송파 평활화 필터를 사용하는 것을 권장한다. 낮은 앙각 위성의 측정치를 제거하는 것과 가시위성 수를 확보하는 것 사이에 tradeoff 관계가 있음을 확인할 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	측정보고서	문서번호	보고서-42

다중 위성항법 위치결정 정확도, 가용성 측정보고서

2017. 11. 13.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	장진혁	2017. 11. 13.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 13.	장진혁

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 다중 위성항법 위치결정 정확도 분석 ····· 1
1.1. 분석 데이터 ····· 1
1.2. 항법해 계산 기법 ····· 2
1.3. GPS/GLONASS 위성 현황 및 가시환경 ····· 6

2. 다중 위성항법 위치결정 가용성 분석 ····· 7

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 다중 위성항법 위치결정 정확도 분석

본 과제에서는 GPS/GLONASS의 보정정보 생성에 대한 연구를 수행하고 있다. 보정정보 생성에 앞서 GPS/GLONASS의 측위 기법에 따른 정확도 분석을 수행한다. 분석에 수행된 데이터는 차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구에서 활용되고 있는 클러스터 데이터를 활용하고 영기저선 데이터는 추가 실험을 통해 획득하여 수행하였다.

1.1. 분석 데이터

GPS/GLONASS 위치결정 정확도 분석을 위해 두 가지 데이터를 획득하였다. 하나의 데이터는 영기저선 데이터로 분석하는 위치결정 기법의 올바른 구현 확인 및 오차요인의 대부분이 제거된 상태의 위치성능을 확인할 수 있다. 다음은 본 연구 과제에서 확보한 클러스터 데이터를 활용하여 실제적으로 운용되는 상황에서의 위치결정 정확도를 분석하고자 하였다.

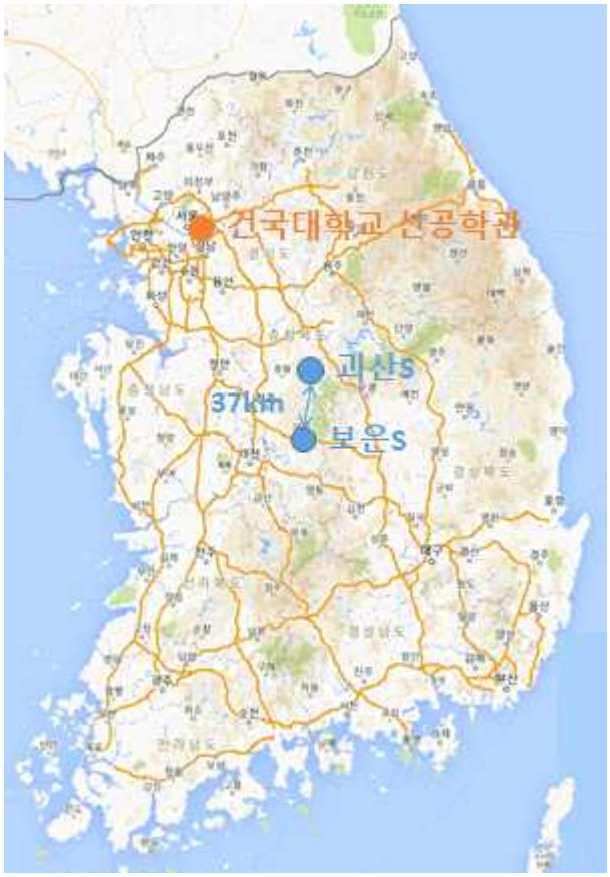


그림 1. 활용 데이터 수집 위치

무단복제 및 전재를 금합니다.

표 1. 용어 정의

	Baseline	일시	장소	Data Rate	비고
Zero-Baseline	0 km	2017. 5. 10. 11:30-12:30 (1h, UTC)	건국대학교 신공학관	1 Hz	스플리터 이용
Long-Baseline	37 km	2017. 5. 30. 0:00-24:00 (1day, UTC)	보은s, 괴산s 클러스터	1 Hz	클러스터 데이터

1.1.1. 영기저선 (Zero-Baseline)

영기저선 데이터는 연구 수행 기관인 건국대학교 신공학관 옥상에서 실험을 직접 수행하였다. 세부 정보는 표 1.과 같다. 본 데이터의 목적은 구현한 알고리즘 확인을 위한 목적이므로 비교적 짧은 시간 데이터를 활용하였다.

1.1.2. 장기저선 (Long-Baseline)

영기저선으로 확인된 기법을 장기저선에 활용하여 정확도 분석을 수행하기 위한 데이터이다. 본 데이터는 과제에서 운용하고 있는 보은과 괴산 클러스터 데이터를 확보하여 사용하였다. 하루치 데이터를 활용하였다.

1.2. 항법해 계산 기법

위성항법시스템을 활용한 위치해 계산 방법은 여러 가지가 존재한다. 측정치 종류, 차분 유무에 따라 분류할 수 있다. 본 보고서에서 정확도를 분석하기 위해 활용한 방법은 3가지이다. 코드 측정치를 활용한 단독 측위 (Standalone), 코드 측정치를 활용한 단일 차분 측위, 단일 차분을 수행한 반송파를 실수로 추정하여 수행한 측위 방법이다.

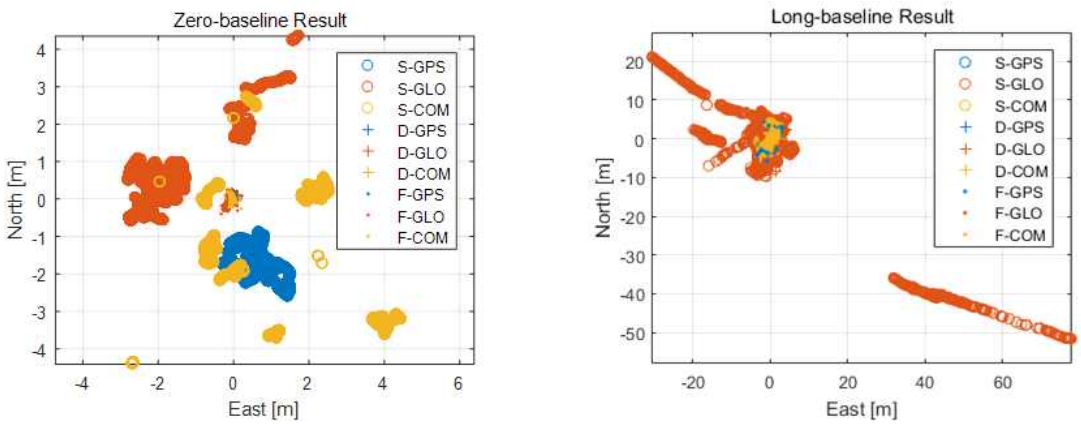


그림 2. 측위 기법에 따른 위치해 결과 (좌: 영기저선, 우: 장기저선)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

각 기법에 따라 출력한 위치해 결과이다. 전체적인 위치 오차 수준은 그래프의 축을 확인하면 영기저선이 장기저선에 비해 낮은 것을 확인 할 수 있다. 또한 단독 측위에 비해 단일차분 측위의 성능이 우수한 결과도 확인할 수 있다.

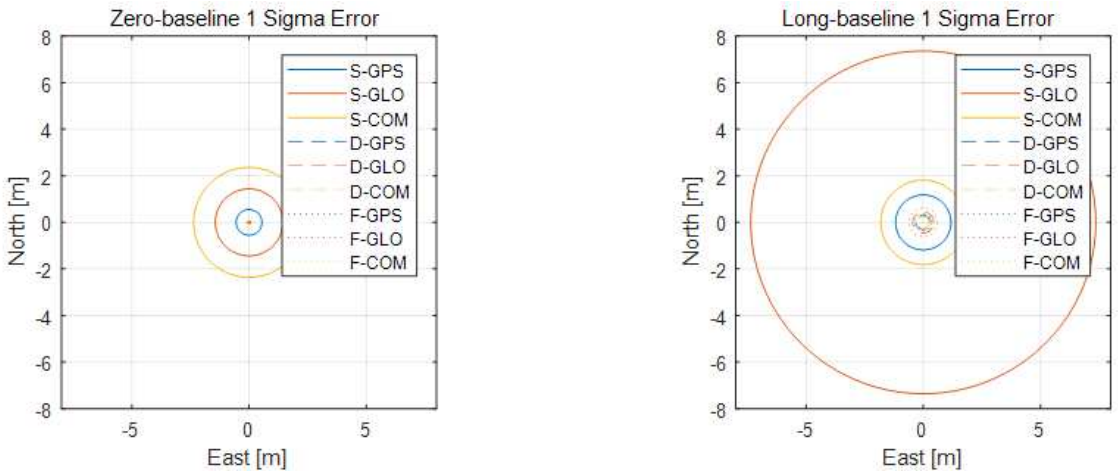


그림 3. 측위 기법에 따른 위치해 DRMS 오차 (좌: 영기저선, 우: 장기저선)

그림 2의 위치 결과를 비교하기 위한 오차수준을 나타내었다. 오차수준을 표현하기 위한 단위는 DRMS오차이고 m 단위이다. 축의 크기 또한 통일하여 비교가능 하도록 수행 하였다. 위 결과에서는 단일 차분 결과들의 수치가 코드 기법 결과 수치에 비해 작기 때문에 시각적으로 비교하기 어렵다. 아래 표 2에서 정량적 결과를 나타내었다.

표 2. 측위 기법에 따른 위치해 DRMS 정량적 오차

		Zero-Baseline Error (m)						Lone-Baseline Error (m)					
		GPS		GLO		GPS+GLO		GPS		GLO		GPS+GLO	
		H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
Code	Stand alone	0.5510	1.3755	1.4391	1.7606	2.3611	4.2527	1.1818	2.2473	7.3604	11.641	1.8140	2.9094
	DGNSS	0.0224	0.0359	0.0642	0.0876	0.0396	0.0595	0.3095	0.4539	0.4517	0.7990	0.2576	0.4024
Phase	Float	0.0456	0.0747	0.0900	0.1218	0.0553	0.0685	0.3730	0.5739	0.6132	0.9720	0.3315	0.4972

전체적 결과를 보면 영기저선의 위치 오차가 장기저선의 결과에 비해 낮은 것을 확인 할 수 있다. 이는 기저선의 거리가 증가함에 따라 대류층, 전리층, 위성 오차의 상관상이 증가하여 발생하는 오차이다. 따라서 차분측위는 기저선 거리에 따라서 성능이 결정 될 수 있다.

단독 측위는 오차요인들이 그대로 반영되기 때문에 가장 높은 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 다음 코드 단일 차분 측위 오차는 차분을 통한 오차요인들의 감소,

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

완화로 낮은 오차를 확인 할 수 있다. 반송파 단일 차분 측위츶 코드 단일 차분 측위에 비해 높은 오차를 보이고 있다. 이는 수신기 시계 오차의 영향으로 판단된다.

시스템 별 오차 분석을 수행하였다. GPS가 가장 낮은 오차를 보이고 있다. GPS+GLONASS의 결과가 GPS 보다 좋지 않은 것을 확인 할 수 있다. 이는 GLONASS 성능이 GPS 보다 좋지 못한 상황에서 결합에 됨으로 성능이 저하 되는 상황이다. 시스템 결합 시 위성의 수가 증가되는 장점을 포함하고 있다. 하지만 위치해 성능은 위성의 수와 배치를 표현하는 DOP으로만 결정 되는 것이 아니고 수신 신호의 정확도에도 영향을 받는다. 이에 따라 결합을 수행 하여 위성 수가 증가된다고 위치해 성능이 좋아지지 않는 다는 것을 확인 할 수 있다. 또한 GLONASS의 단독 측위 결과가 좋지 않은 것을 볼 수 있다. 이는 이 후 내용에서 분석을 수행 하였다.

1.3. GPS/GLONASS 위성 현황 및 가시환경

표 3에서 GPS/GLONASS의 위성 현황을 나타내고 있다. GPS는 32기의 위성 중 31기의 위성이 운용 중에 있다. GLONASS는 25기 위성 중 24기의 위성이 운용 중에 있다.

표 3. GPS/GLONASS 위성 현황 ('17. 11. 13 기준)

System	Total	Operational	Outage	Note
GPS	32	31	1	Maintenance 1
GLONASS	25	24	1	Test 1

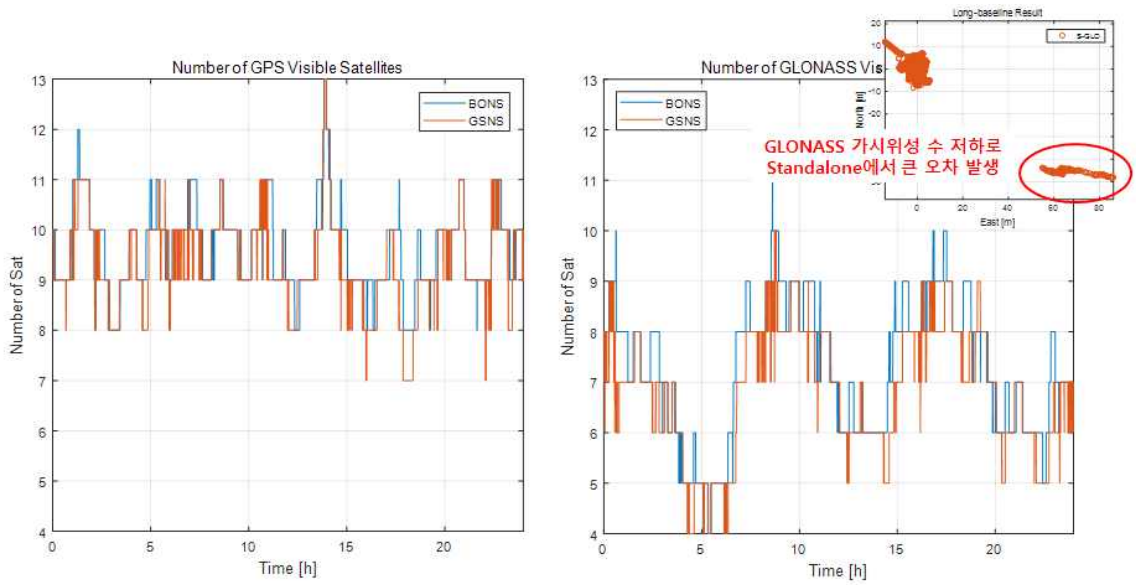


그림 4. GPS/GLONASS 가시위성 수 ('17. 5. 30.)

그림 4에서 GPS/GLONASS의 가시위성 수를 나타내고 있다. GPS는 최소 7기의 위성이 보이고 있다. 하지만 GLONASS는 최소 4기의 부분이 발생하고 있다. 이 시기에 위치 오차가 증가하는 것을 확인 할수 있다. 이는 GPS와 GLONASS가 결합 될 경우 해결 가능하다. 또한 아직 GLONASS는 한국 지역에서 단독으로 활용하기에 위험 요소가 있다는 것을 알 수 있다. 이 후 다중 위성항법 시스템의 가용성 분석을 통해 추가 분석을 수행하였다.

2. 다중 위성항법 위치결정 가용성 분석

다중 위성항법 시스템을 활용하는 주요한 이유 중 하나는 가시위성 수 증가이다. 이는 실제 위성항법시스템을 활용함에 가장 큰 단점인 신호 단절에 따라 가시위성 수가 저하되고 이는 항법해 성능에 밀접하게 관계를 가진다. 특히 지상 사용자의 경우는 빌딩, 나무, 주변 지형지물에 의해 신호 단절이 발생한다. 이 때문에 위성항법시스템의 가용성이 위협받을 수 있다. 이를 해결하기 위해 다양한 시스템의 위성을 활용한다. 본 보고서에서는 현재 운용 중인 위성항법 시스템의 가시위성 수를 분석하여 가용성 분석을 수행한다.

분석을 수행하기 위해 활용한 시스템은 현재 운용 중인 GPS, GLONASS, Galileo, Beidou이다. 또한 분석을 수행하기 위해 활용한 데이터는 건국대학교 신공학관 옥상에 설치된 장비를 통해 획득하였다. 실험 일시는 '17. 08. 14. 10:00 ~ '17. 08. 15. 10:00 (24시간) 동안 수행되었다.

그림 5. 시스템 별 가시위성 수

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

그림 5의 결과에서 보이는 것처럼 GPS가 가장 많은 위성의 수를 보이고 있다. 다음으로 GLONASS, Galileo, Beidou의 순으로 많은 위성의 수가 나타나고 있다. Beidou 시스템은 다른 시스템의 비해 가시위성 수의 변화가 작은 것을 볼 수 있다. 이는 현재 운용 중인 위성의 수가 적은 이유도 있지만 한국에 가까운 중국 중심의 시스템으로 가시위성 수의 안정도가 높은 것으로 판단된다. 시스템 별 가시위성 수의 정량적 특성은 아래 표 4와 같다.

표 4. 가시위성 수 정량적 특성

	GPS	GLONASS	Galileo	Beidou
Mean	10	7	5	4
Max	12	10	7	6
Min	8	5	4	3
Availability	100 %	100 %	100 %	85 %

GPS와 GLONASS의 가시위성 수는 위치해를 계산하기 충분한 상황이다. 하지만 Galileo와 Beidou는 한국 지역에서 단독으로 활용 하기는 가시위성 수가 부족한 경우가 발생하고 있다. 특히 Mask Angle이 조금만 커지게 될 경우 GLONASS, Galileo, Beidou는 위치해를 계산하기 어려운 상황이 많아 질 수 있다. 따라서 위 시스템은 다른 시스템과 함께 운용해야 효과적일 것으로 판단된다.

그림 6. 전체 시스템 가시위성 수

그림 6은 모든 시스템의 위성의 가시위성 수를 나타낸 결과이다. 평균 27기의 위성이 가시 되고 최대 32기, 최소 21기의 위성이 가시 되고 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-43

GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이영재	2018. 12. 31.	
	장진혁	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	장진혁

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 문서 개요 ····· 1
1.1. 적용 범위 ····· 1
1.2. 적용 문서 (or 참고 문서) ····· 1
1.3. 약어/용어 정의 ····· 1

2. GNSS 보정정보 생성 개념 ····· 2

3. GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘 차이 분석 ····· 3
3.1. 개 요 ····· 3
3.2. GLONASS 보정정보 생성 알고리즘 ····· 5
3.3. Beidou 보정정보 생성 알고리즘 ····· 7

4. GLONASS, Beidou 보정정보 결과 분석 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 문서 개요

1.1. 적용 범위

본 문서는 국토교통부 교통물류사업으로 추진하는 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 산출물로 "GPS, GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘" 관한 내용을 정리한 기술분석서이다.

본 기술분석서의 전체 구성은 다음과 같다.

1장 : 이 문서의 목적과 적용범위를 설명한다.
2장 : GNSS 보정정보 생성 개념
3장 : GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘 차이 분석
4장 : GLONASS, Beidou 보정정보 결과 분석

1.2. 적용 문서 (or 참고 문서)

아래 적용문서 들은 본 규격서가 정의하고 있는 규격들을 확장하고 참조하는데 사용된 규격으로서 별도의 정의가 없는 경우 아래 나열된 규격서를 준용한다. 본 규격서와 아래 적용문서 간의 불일치가 발생할 경우 본 규격서를 따른다.

- *GLONASS ICD (Interface Control Document)*, Ver 4.0, 1998
- *GPS Directorate System Engineering & Integration Interface Specification*, IS-GPS-200, 2012
- ICAO Anenx 10-Vol. 1, *Aeronautical Telecommunications-Radio Navigation Aids*
- Anna B. O. Jensen, *Introduction to RTK and network RTK, Division of Geodesy and Satellite Positioning*, KTH, 2016
- 이흥규, *해양 GNSS 관측 데이터처리 실무 매뉴얼*, 해양플랜트 특화 창의, 융합형 인재양성사업단

1.3. 약어/용어 정의

- GNSS: Global Navigation Satellite System
- GPS: Global Positioning System
- GLONASS: GLObal NAvigation Satellite System
- RTK: Real-Time Kinematic
- FDMA: Frequency-Division Multiple Access
- CDMA: Code-Division Multiple Access
- PRN: Pseudo Random Noise
- DOP: Dilution of Precision

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. GNSS 보정정보 생성 개념

■ 본 과제에서 목표를 하고 있는 GNSS 보정정보의 개념을 정리하여 보정정보의 의미와 효과에 대하여 정리하도록 한다.

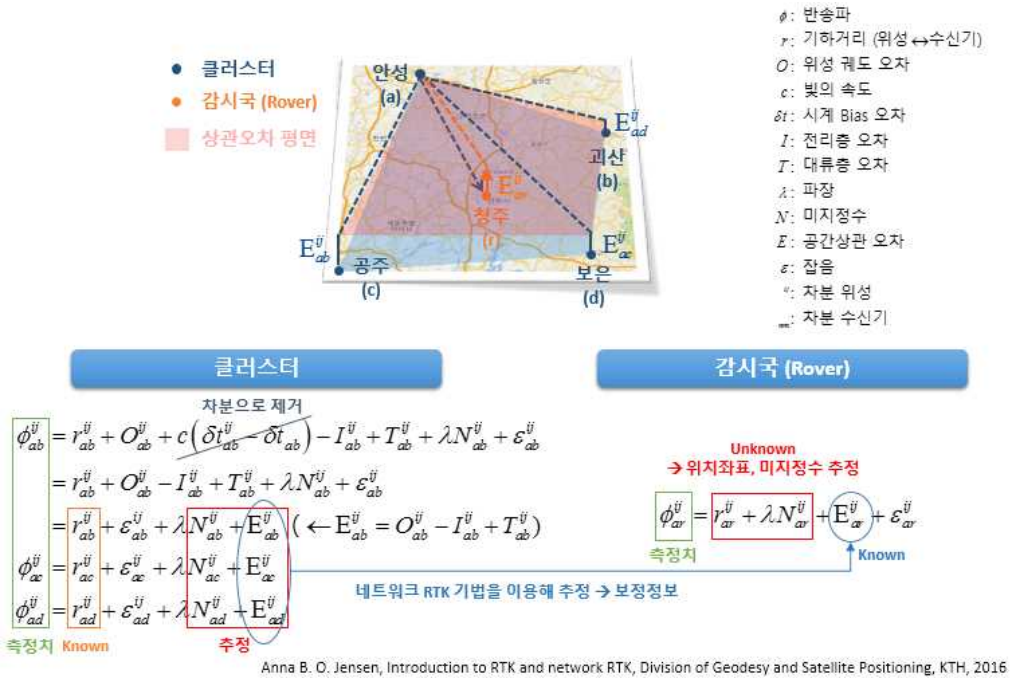


그림 1. 보정정보 생성 및 제공 정보 개념 (이중차분 측정치)

■ 차로구분 정밀위치 결정 알고리즘에서는 기본적으로 RTK를 활용하고 있다. RTK는 GNSS의 반송파 측정치를 활용하여 높은 정밀도의 위치결과를 얻을 수 있는 방법이다. 하지만 반송파는 미지정수 추정이라는 요건과 이를 위해서는 기타 오차요인들의 제거가 필요하다.

■ 차로구분 정밀위치 결정 기술을 서비스 받는 사용자도 RTK를 수행하기 때문에 반송파의 미지정수를 추정하기 위해 이 기타 오차요인이 정밀하게 제거되어야 한다. 이 기타오차요인 제거에 도움을 주기위해 사용자에게 제공되는 정보를 보정정보라한다.

■ 주 기준국 (그림 1에서의 안성)과 각 클러스터 (그림 1에서 안성을 제외한 공주, 괴산, 보은)와 RTK를 수행하여 이 과정에서 미지정수를 추정, 기타 오차요인의 크기를 계산하게 된다 (그림 1에서 E). 이렇게 3 클러스터에서 계산된 기타 오차요인을 네트워크 RTK 기법을 사용해 서비스 영역안에서 사용 가능한 보정정보로 계산한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 서비스 영역 안에서 계산된 보정정보가 사용자의 대략적인 위치에서 보상된다면 이상적으로 반송파 측정치에는 미지정수와 실제 기하학적 거리 값만이 존재한다. 이는 사용자의 미지정수 추정 확률 비율 상승과 위치해 성능 향상을 기대할 수 있다.

■ 사용자에게 차로구분정밀위치 결정을 위해 제공되는 보정정보 생성하기 위한 알고리즘을 본 과제에서 연구한다. 우선 주 기준국과 클러스터 사이에서 미지정수 추정이 필요하다. 주 기준국과 클러스터의 위치는 비교적 정밀하게 알고 있다. 이를 이용할 경우 위성과 기준국간의 기하학거리는 제거 가능하다. 이후 미지정수 외의 다른 오차 요인들의 제거가 필요하다. 이는 측정치 조합, 측정치 차분 등을 통해 최대한 오차 크기를 감소시키는 과정을 수행한다. 이후 LAMBDA 기법을 이용해 실수로 추정된 모호성을 정수로 추정하여 최종적인 미지정수를 추정하게 된다. 측정치에서 기하학거리와 미지정수를 제거하고 난 잔차를 보정정보로 본다. 각 클러스터에서 계산된 보정정보를 네트워크 RTK 방식을 통해 사용자에게 제공하게 된다.

3. GLONASS, Beidou 보정정보 알고리즘 차이 분석

3.1. 개 요

■ 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술은 기본적으로 GPS를 이용하여 서비스를 제공한다. 하지만 GPS만을 사용할 경우 가시환경이 좋지 않은 구간에서 기술을 사용할 수 없는 비가용 구간 발생이 가능하다. 따라서 기술의 가용성을 증대시키기 위해 GPS아 함께 GLONASS와 Beidou를 이용한 보정정보 알고리즘을 개발한다.

■ GLONASS와 Beidou에는 주요한 차이가 존재한다. GLONASS는 FDMA 방식을 이용하고 있고 GPS와 동일하게 Beidou에서는 CDMA 방식을 이용한다. 이 차이는 미지정수 추정을 위해 측정치 차분에서 단일차분을 이용하는가, 이중차분을 이용하는가로 나타난다.

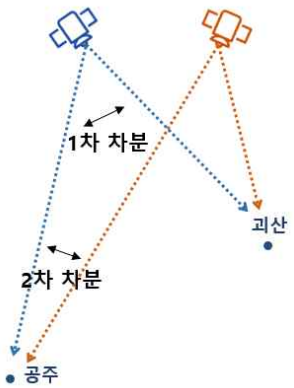


그림 2. 차분 개념

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 1차 차분은 동일한 위성에서 두 위치에서의 측정치를 차분하는 것이다. 2차 차분은 이렇게 1차 차분된 잔차를 같은 위치에서 다른 위성간 차분을 수행하는 것이다. GLONASS와 Beidou의 다중 접속방식 차이가 미지정수 추정에서 차분의 가능여부를 판단한다. Beidou는 GPS와 동일한 CDMA 방식이므로 1차 차분, 2차 차분 모두 수행하는 이중차분이 가능하다. 하지만 GLONASS는 FDMA 방식으로 1차 차분만 가능한 단일차분만 가능하다. 이와 같은 이유는 2차 차분에서는 다른 위성간 차분이 진행된다. FDMA는 위성마다 주파수가 다르다. 반송파는 주파수의 수를 이용하여 거리값으로 환산하여 이용하는 측정치이다. 주파수가 다른 상황에서 차분을 수행하게 되면 미지정수의 정수성을 잃어 RTK를 정상적으로 수행할 수가 없다. 하지만 Beidou처럼 CDMA인 경우는 위성간에도 주파수가 동일하므로 2차 차분을 수행하더라도 미지정수의 정수성이 보존되므로 이중차분이 가능하다.

■ 보정정보 생성 알고리즘에서 차분을 수행하는 이유는 측정치에 존재하는 오차요인들을 제거하거나 매우 낮은 수준으로 오차를 감소시키기 위해서이다. 1차 차분에서 제거하고자 하는 오차는 위성관련 오차, 전리층, 대류층 오차이다. 2차 차분에서는 수신기 시계오차가 제거될 수 있다.

■ 차분을 통해 제거되는 오차는 기저선 거리에 따라 완벽하게 제거되지 못한다. 기저선 길이가 가까울수록 공간적으로 발생하는 오차가 작아 차분이 진행되는 두 위치에서 오차가 유사하다. 하지만 기저선 길이가 멀어짐에 따라 이 오차가 커지게 되고 차분으로 제거되는 오차에도 차이가 존재하게 된다. 이 차이를 클러스터를 이용해 계산하는 것이 보정정보이고 이를 사용자에게 전달하여 사용자의 RTK에 성능향상을 도모하는 것이 본 차구부준정밀위치 기술에서의 보정정보 알고리즘의 역할이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2. GLONASS 보정정보 생성 알고리즘

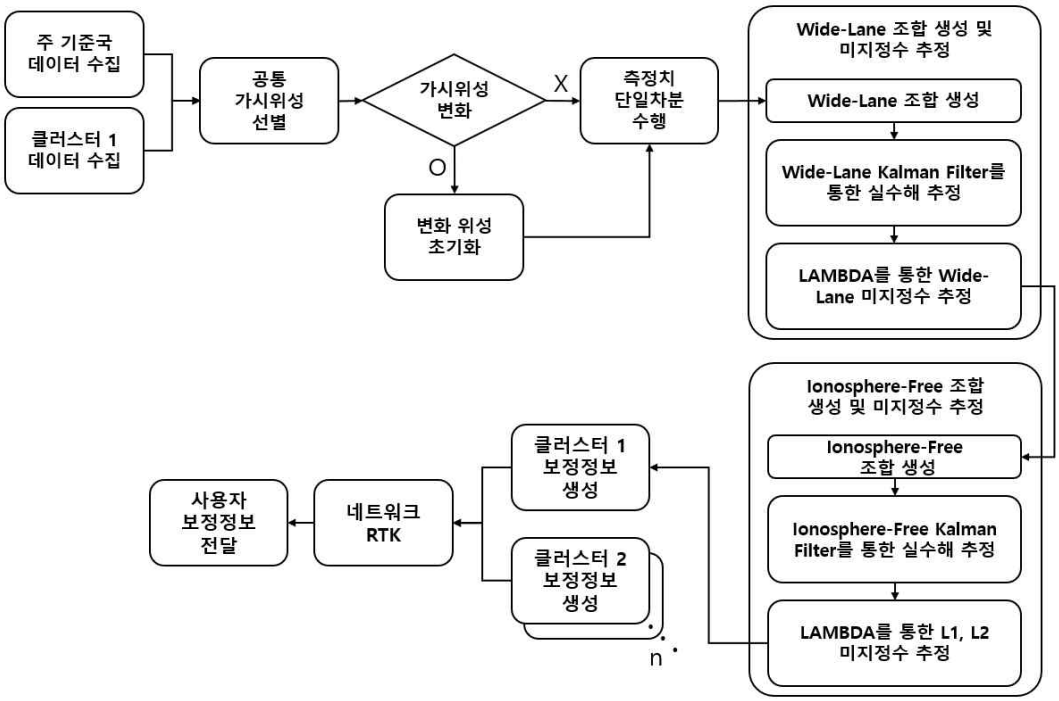


그림 3. GLONASS 보정정보 생성 알고리즘 흐름도

■ GLONASS 보정정보 생성을 위해 주 기준국과 클러스터의 데이터를 수집해야한다. 이후 주 기준국, 전체 클러스터간의 공통 가시위성을 선별하여 이후 알고리즘에 선별된 위성만을 고려하여 수행한다. 다음은 가시위성 변화 체크를 수행한다. GLONASS의 경우는 Kalman Filter를 이용해 알고리즘이 개발되었다. 따라서 가시위성이 변화하게 되는 경우, 특히 위성이 추가될 경우 Kalman Filter를 수행하기 위한 각 종 값들을 초기화가 필요하다.

■ GLONASS 보정정보 생성의 주요한 부분 중 하나인 반송파의 단일차분을 수행하고 진행한다. 이유는 앞서 설명한 것처럼 GLONASS의 FDMA 방식에 따라 2차 차분이 수행할 경우 미지정수를 추정할 수 없다. 따라서 1차 차분만 수행되는 단일차분만을 수행한다. 단일차분을 수행할 경우 수신기 시계오차를 제외하고 다른 오차 요인들은 감소가 가능하다.

■ 감소가 되는 오차요인 중 전리층 오차가 GNSS 활용에 주요한 요인이다. 단일차분을 수행하여 감소는 시키지만 주기준국과 클러스터 사이에 거리가 가깝지 않으므로 차이가 존재한다. 이를 제거하기 위해 조합 측정치 (Wide-Lane, Ionosphere-Free)를 활용한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\phi_w = \frac{1}{f_{L1} - f_{L2}} \left(f_{L1}\phi_{L1} - f_{L2}\phi_{L2} \right) \tag{1}$$

■ Wide-Lane 조합을 수식 (1)과 같은 선형 조합을 통해 생성하고 이를 Kalman Filter의 측정치로 활용해 Wide-Lane 실수해를 추정한다. 이렇게 추정된 실수해를 LAMBDA 기법을 통해 미지정수 추정을 수행한다. Wide-Lane을 이용하는 이유는 조합을 활용하는 궁극적인 목표인 Ionosphere-Free 조합을 활용 할 때의 문제점을 보완하기 위함이다. Wide-Lane은 파장의 길이가 길어지는 특징이 있다. 파장의 길이가 길어지게 되면 미지정수를 추정하고자 할 때 허용 가능한 오차가의 크기가 커진다는 의미로 판단 할 수 있다. Ionosphere-Free의 파장은 매우 짧아진다. 따라서 바로 Ionosphere-Free 측정치로 미지정수 추정은 어렵기 때문에 Wide-Lane으로 추정된 미지정수를 이용해 Ionosphere-Free 미지정수를 추정한다.

$$\phi_{iono} = \frac{1}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} \left(f_{L1}^2\phi_{L1} - f_{L2}^2\phi_{L2} \right) \tag{2}$$

■ Wide-Lane을 통해 추정된 미지정수를 수식 (2)를 통해 생성되는 Ionosphere-Free 측정치와 수식 (3)의 관계를 통해 L1 미지정수의 실수해를 추정한다. 수식에서 c는 빛의 속도, N은 미지정수, 가장 우측항은 잡음을 의미한다. 이렇게 L1의 실수해가 추정되면 L1과 Wide-Lane 미지정수를 이용해 수식 (4)와 같은 관계를 통해 L2의 실수해를 계산한다. L1, L2 반송파의 실수해 또한 LAMBDA 기법을 통해 미지정수 추정을 수행한다.

$$\phi_{iono} - c\frac{f_{L2}}{f_{L1}^2 - f_{L2}^2} N_w = \frac{c}{f_{L1} + f_{L2}} N_{L1} + \varepsilon \tag{3}$$

$$N_{L2} = N_{L1} - N_w \tag{4}$$

■ Wide-Lane과 Ionosphere-Free 조합을 이용할 때 Kalman Filter를 활용하고 있다. 이는 GLONASS에서 단일차분 측정치를 활용해야하는 제한점 때문에 진행되었다. 단일차분 측정치를 활용할 경우 수신기 시계 오차가 제거되지 못한다. 이를 최소자승법의 미지수로 수신기 시계를 두고 추정할 경우 실수해가 잡음이 커 수렴하지 못하여 미지정수 추정 정상적으로 되지 못한다. 따라서 Kalman Filter의 Time Propagation에서 미지정수의 특성인 정수성을 통해 이전 값이 그대로 동일하다는 것을 이용해 잡음의 영향을 감소시켜야 한다. 이를 Wide-Lane과 Ionosphere-Free 필터에 각각 필터를 구성하여 계산되는 알고리즘을 수행하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.3. Beidou 보정정보 생성 알고리즘

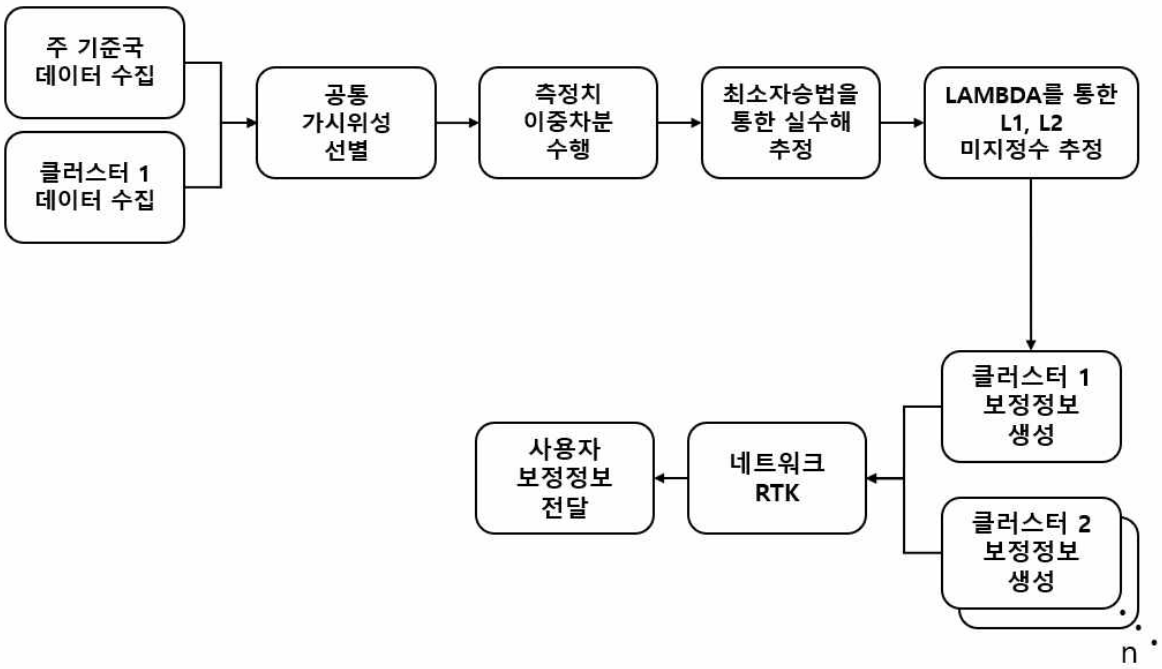


그림 4. Beidou 보정정보 생성 알고리즘 흐름도

■ Beidou 보정정보 알고리즘도 공통가시위성 선별까지는 동일한 과정을 통한다. GLONASS에 비하여 여러 가지 과정들이 불필요하다. 먼저 Beidou의 경우 이중차분을 이용한다. 따라서 GLONASS처럼 수신시 시계오차가 제거된다. 따라서 수신기 시계오차 때문에 필터를 이용하지 않고 최소자승법만을 이용한다. 위성의 변화에 따라 초기화가 불필요하므로 위성 변화를 따로 체크해야할 필요가 없다.

■ Beidou 보정정보 알고리즘에서 GLONASS와의 차이점 중 하나는 조합측정치를 활용하지 않는다. 일반적인 RTK에서는 사용자의 위치를 결정해야 하므로 조합측정치를 사용해 전리층의 영향을 줄여 위치해의 정밀도를 향상시킨다. 하지만 보정정보 생성을 생성하는 본 알고리즘은 주기준국, 클러스터 모두의 위치를 알고 있고 또한 단일차분이 아닌 이중차분을 활용하므로 오차의 크기가 낮아진다. 이는 미지정수를 추정하기에 충분한 오차 수준을 보이므로 Beidou의 경우는 조합 측정치를 활용하지 않는다.

■ 최소자승법을 통해 GLONASS와 동일하게 L1, L2의 실수해를 추정한다. 실수해를 LAMBDA 기법을 통해 미지정수 추정을 수행하고 이후의 순서는 GLONASS와 동일하게 수행된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ GLONASS와 Beidou 보정정보 생성 알고리즘에 차이는 차분의 종류로부터 시작한다. GLONASS의 단일차분의 영향을 감소시키기 위해 Kalman Filter 및 조합 측정치를 활용한다. 이와 같은 방식은 Beidou에 비해 추가적인 과정이 필요하다. 또한 이후 결과로 나타내지만 Beidou의 결과가 GLONASS의 결과에 비해 우수한 것을 확인 할 수 있다. 따라서 GLONASS 보다는 Beidou를 활용할 경우 알고리즘의 계산량 및 결과에서 모두 우수할 것으로 예측 가능하다.

4. GLONASS, Beidou 보정정보 결과 분석

그림 5. GLONASS 보정정보 (좌), GLONASS 보정정보 유무에 따른 수평위치오차 (우)

■ 3장에서 설명한 알고리즘의 결과에 대한 내용이다. 우선 GLONASS의 일부 위성의 보정정보와 이 보정정보를 적용했을 때의 수평위치 오차를 그림 5에 나타내었다.

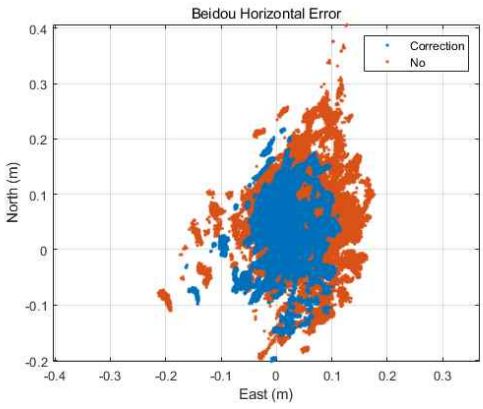


그림 6 Beidou 보정정보 (좌), Beidou 보정정보 유무에 따른 수평위치오차 (우)

■ Beidou의 일부 위성의 보정정보와 이 보정정보를 적용했을 때의 수평위치 오차를 그림 6에 나타내었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 1. GLONASS, Beidou 보정정보 유무에 따른 위치 오차 (1 sigma)

	수평오차	수직오차
GLONASS 보정 무	0.4284 m	0.7749 m
GLONASS 보정 유	0.3857 m	0.7608 m
Beidou 보정 무	0.0891 m	0.1706 m
Beidou 보정 유	0.0692 m	0.1514 m

■ 정량적인 수평, 수직오차에 대한 결과는 표 1에 나타내었다. 앞서 설명한 것처럼 GLONASS의 보정정보 생성 알고리즘의 추가적인 과정이 필요하다는 내용과 본 부분에서 보이고 있는 결과에 따라 GLONASS보다 Beidou가 더 우수할 것으로 예측된다.

■ 보정정보의 적용과 적용하지 않았을 때 또한 소폭의 오차 감소를 볼 수 있다. 이를 통해 본 알고리즘을 통해 계산되는 보정정보의 위치오차적인 효과를 확인할 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-44

상시기준국 데이터 품질 분석서

2016. 11. 01.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	손은성	2016. 11. 01.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 11. 01.	손은성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 서론 1

2. 후처리 상시기준국 데이터 분석 1
2.1. 측정치 연속성 분석 3
2.2. 측정치 가용성 분석 5

3. 결론 14

4. 참고문헌 14

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 서론

최근 육상교통 환경에서 위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)을 이용한 위치결정에 대한 관심이 높아지고 있다. 위치결정 결과는 도로교통 정보수집, 자동요금징수, 차로별 차량 통행, 군집운행, 자율주행 등에 활용되며 이러한 지능형 교통시스템 (ITS, Intelligence Transportation System) 구현을 위해서는 차로구분 수준 (Lane Level Positioning)의 위치결정기술이 필요하다 (김군택 외, 2016). 한국항공우주연구원은 국토교통부 교통물류연구사업의 일환으로 위성항법기반 교통인프라 기술개발 과제에서 차로구분 수준 위치결정기술을 개발하였으며 동일한 국토교통부 사업에서 차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구 과제를 수행하고 있다.

차로구분 수준의 위치결정을 위해서는 네트워크 RTK (Network-Real Time Kinematic) 기술이 요구된다. RTK 기술은 상대 위치결정 방법으로 정확한 좌표를 알고 있는 수신국의 정보를 활용하여 오차항을 계산하고 보정정보를 제공함으로써 사용자의 위치 정확도와 정밀도를 향상시킬 수 있다 (손민혁 외, 2013).

한국항공우주연구원은 위성항법기반 교통인프라 기술개발 과제에서 위성항법 및 기타 신호를 수신할 수 있는 4기의 지역수신국과 보정정보와 무결성 정보를 생성하는 1기의 지역제어국을 개발하였다. 그리고 생성된 보정정보와 무결성 정보는 DMB (Digital Multimedia Broadcasting)를 통해 이동하는 차량에 전송되고 사용자는 보정정보를 이용하여 차로구분 수준 위치결정을 수행한다.

국토지리정보원 상시기준국은 DGPS (Differential GPS) 측량 활용을 목적으로 1995년 국토지리정보원 구내에 최초로 설치 된 이후 2008년까지 총 14개의 상시기준국이 설치되었다. 2008년 정부조직재편에 따라 (구)행정자치부에서 설치한 30개 상시기준국이 국토지리정보원으로 이관되었고, 그 후 수차례의 상시기준국 증설 사업을 통해 현재까지 60여개의 상시기준국이 설치되어 운영되고 있다. 국토지리정보원에서는 상시기준국의 일별 관측데이터를 GNSS 후처리용으로 일반에게는 홈페이지를 통해서 제공하고 있으며, 2005년부터는 상시기준국을 이용하여 실시간으로 고정밀의 위치결정이 가능한 네트워크 RTK 서비스를 제공하고 있다 (국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지).

이 연구에서는 차로구분 수준 위치결정 기술에 국토지리정보원 상시기준국을 활용하기 위한 상시기준국 데이터 품질을 분석하였다. 분석은 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에서 제공하는 30초 간격의 후처리 GNSS 데이터를 이용하였다.

2. 후처리 상시기준국 데이터 분석

국토지리정보원 홈페이지에 접속하면 GNSS의 개요, 홈페이지에서 제공하는 서비스 이용방법, 상시기준국 운영 현황 등을 확인할 수 있다. 그러나 GNSS 서비스 또는 VRS 서비스를 사용하기 위한 사용자는 홈페이지에 반드시 가입을 해야 한다. 가입 방법은 매우 간단하며 일반 홈페이지 가입 방법과 유사하다. 가입을 하지 않았을 경우 그림

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2-1과 같이 팝업 (Pop-up) 메시지가 나타난다.

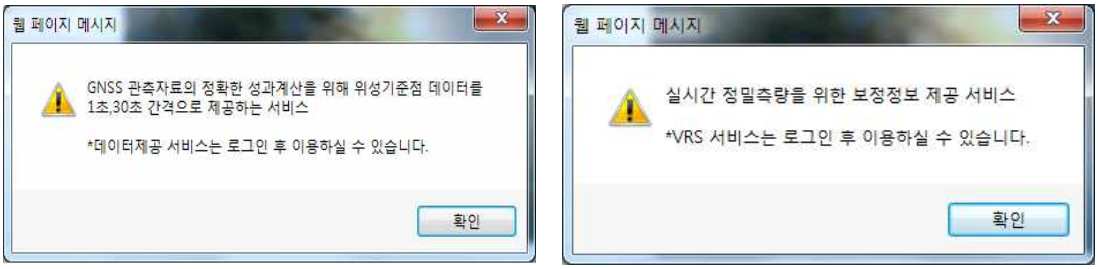


그림 2-1. 회원가입 팝업 메시지 (좌: 상시기준국 데이터, 우: VRS 서비스)

다운 가능한 상시기준국의 데이터 종류는 30초 간격의 데이터와 1초 간격의 데이터로 30초 간격은 24시간의 측정치가 한 개의 파일로 제공되며 1초 간격의 데이터는 1시간의 측정치가 한 개의 파일로 제공된다. 그림 2-2와 같이 제공되지 않는 데이터의 경우 에러 (Error)가 발생하였다는 팝업 메시지가 나타난다.



그림 2-2. 수원 상시기준국 데이터 다운로드 에러

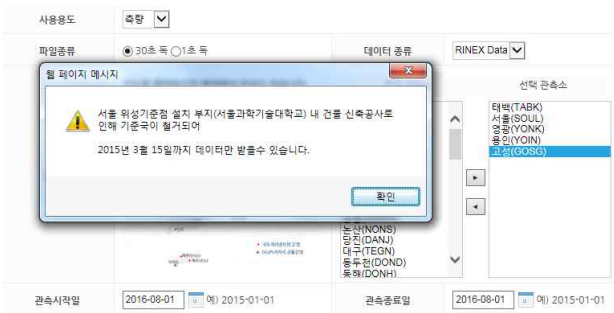


그림 2-3. 서울 상시기준국 데이터 획득 에러

상시기준국 데이터는 최대 5개까지 선택할 수 있으며 선택한 상시기준국 중에서 원하는 날짜의 데이터가 존재하지 않을 경우 그림 2-3과 같이 다운받을 수 없음을 알리

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

는 팝업 메시지가 나타나며 자동적으로 나머지 데이터만을 취합하여 제공해 준다.

국토지리정보원은 약 80여개의 상시기준국 고시좌표를 고시하지만 다운로드 가능한 데이터는 약 60여개이다. 이중 2016년 3월경에 신설된 SMAN (새만금) 상시기준국은 데이터 다운로드는 가능하지만 좌표는 2016년 9월 8일에 고시하였다. 다운로드 할 수 없는 상시기준국은 대부분 DGPS기지국 공동운영 상시기준국으로 <표 2-1>과 같다.

표 2-1. 데이터 다운로드 불가 상시기준국

한글	안흥, 춘천, 충주, 당사도, 독도, 어청도, 가거도, 가사도, 거문도, 호미곶, 홍도, 저진, 죽변, 주문진, 마라도, 말도, 무주, 팔미도, 평창, 성주, 서이말, 소청도, 소리도, 울릉도, 영도, 영주
영문	ANHN, CCHN, CHJ1, DANG, DOKD, EOCH, GAGE, GASA, GEOM, HOMI, HGDO, JEOJ, JUKB, JUMN, MARA, MUJ1, PALM, PYCH, SEJU, SEOI, SOCH, CORI, ULLE, YNDO, YNJU

※춘천, 무주는 2개의 상시기준국이 존재

2.1. 측정치 연속성 분석

도로교통 정보수집, 자동요금징수, 차로별 차량 통행, 군집운행, 자율주행 등에 활용하기 위한 정밀위치결정을 위해서는 끊임없는 상시기준국의 측정치와 보정정보가 필요하다. 만약 상시기준국의 측정치가 중단 되었을 경우 보정정보를 생성할 수 없으며 이 후에 다시 측정치가 수신되더라고 보정정보를 생성하는 초기화 시간을 무시할 수 없다. 따라서 시스템의 연속성이 중요하므로 측정치의 연속성을 분석해 보았다. 분석 대상은 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에서 제공하는 모든 상시기준국 데이터이며 2015년 10월 1일부터 2016년 9월 1일까지 매월 1일 데이터를 분석하였다. 분석 결과는 표 2-2에 나타내었으며 표 2-2의 시각은 RINEX (Receiver INdependent EXchange) 포맷 (Format)의 UTC (Coordinated Universal Time) 이다. 표 2-2를 보면 상시기준국 측정치 누락 시간은 짧게는 약 1분, 길게는 약 4시간 30분인 것으로 나타났다. 그리고 동일한 날짜의 다른 상시기준국에서 유사한 시각에 측정치 누락 현상이 나타난 것으로 보아 상시기준국 데이터 수집 통신 네트워크에 문제가 발생한 것으로 판단된다. 측정치 누락과 관련하여 2016년 4월 1일에 그림 2-4와 같이 국토지리정보원에서 공지사항에 철원과 파주 상시기준국에 장애가 발생하였다는 공지사항을 남겼다. 그러나 다른 상시기준국에 대한 장애 발생 여부는 확인할 수 없었다. 또한 철원과 파주 상시기준국 복구는 약 6일이 지난 2016년 4월 7일에 완료된 것을 확인할 수 있으며 이중화 (백업 시스템) 되어 있지 않은 상황에서 복구가 오래 걸린다는 것은 시스템 연속성에 치명적일 수 있다고 판단된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2-2. 상시기준국 측정치 누락 시간 분석

날짜	수신국	마지막 수신 시각	~	재 수신 시각	비고
2016년 1월 1일	GANH(강화)	07시 37분 30초	~	07시 39분 00초	
	INCH(인천)	03시 50분 30초	~	03시 51분 00초	
		07시 34분 00초	~	07시 53분 00초	
2016년 4월 1일	TEGN(대구)	15시 16분 30초	~	15시 30분 30초	
		15시 31분 00초	~	X	
	ANSG(안성)	06시 25분 30초	~	06시 52분 30초	
	CHLW(철원)	03시 06분 30초	~	03시 13분 30초	공지사항게시
	PAJU(파주)	02시 44분 00초	~	03시 06분 30초	공지사항게시
2016년 8월 1일	SONC(순천)	04시 50분 30초	~	04시 51분 30초	
	CHNG(창녕)	X	~	02시 11분 30초	
		02시 12분 30초	~	02시 18분 30초	
		02시 18분 30초	~	07시 32분 00초	
		07시 32분 00초	~	07시 34분 30초	
		07시 24분 30초	~	09시 03분 30초	
		09시 03분 30초	~	09시 28분 30초	
		09시 41분 00초	~	09시 28분 20초	
	CHWN(창원)	17시 30분 00초	~	18시 07분 00초	
	CNJU(청주)	X	~	06시 52분 20초	
	CHLW(철원)	04시 23분 00초	~	04시 24분 30초	
	HADG(하동)	X	~	04시 31분 03초	
		04시 36분 30초	~	04시 46분 00초	
		07시 40분 30초	~	07시 41분 30초	
2016년 9월 1일	INJE(인제)	02시 50분 00초	~	03시 22분 00초	


GNSS 공지사항

국토지리정보원 GNSS 서비스의 공지사항 안내입니다.

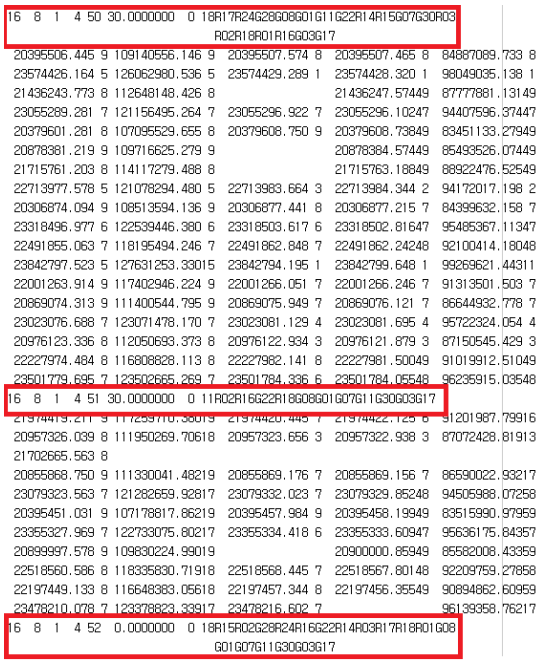
No.	제목	게시일
44	위성기준점 성과고시	2016-09-08
43	춘천 위성기준점 장애 복구	2016-09-08
42	춘천 위성기준점 장애 발생	2016-09-05
41	코세코 Hi-Target VRS 장애	2016-08-09
40	데이터 다운로드 장애 복구	2016-07-04
39	데이터 다운로드 장애 알림	2016-07-04
38	철원, 파주 위성기준점 장애 복구	2016-04-07
37	철원, 파주 위성기준점 장애 알림	2016-04-01
36	시설 점검에 따른 서비스 중지 알림	2016-03-30
35	전력설비검사에 따른 서비스 중지 알림	2016-02-26

그림 2-4. 철원, 파주 상시기준국 장애 및 복구 관련 공지사항

2016년 8월 1일 순천 상시기준국의 경우 측정치 누락 시간은 약 30초로 매우 짧지만 그림 2-5와 같이 갑작스럽게 가용위성의 개수가 사라진 것을 확인할 수 있었다. 이러한 문제는 통신 네트워크 이외에 상시기준국 하드웨어 (위성항법안테나, 위성항법수신기 등)의 점검이 필요할 것으로 판단되며 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

서 확인 결과 그림 2-6과 같이 순전 상시기준국은 2008년에 장비가 교체된 이후 변화가 없음을 알 수 있다.



16 8 1 4 50 30.0000000 0 18R17R24G28G08G01G11G22R14R15G07G30R03
R02R18R01R16G03G17
20395506.445 9 109140556.146 9 20395507.574 8 20395507.465 8 84887089.733 8
23574426.164 5 126062980.536 5 23574429.289 1 23574428.320 1 98049035.138 1
21436243.773 8 112648148.426 8 21436247.57449 87777881.13149
23055289.281 7 121156495.264 7 23055296.922 7 23055296.10247 94407596.37447
20379601.281 8 107095529.655 8 20379608.750 9 20379608.73849 83451133.27949
20878381.219 9 109716625.279 9 20878384.57449 85493526.07449
21715761.203 8 114117279.488 8 21715763.18849 88922476.52549
22713977.578 5 121078294.480 5 22713983.664 3 22713984.344 2 94172017.198 2
20306874.094 9 108513594.136 9 20306877.441 8 20306877.215 7 84399632.158 7
23318496.977 6 122539446.380 6 23318503.617 6 23318502.81647 95485367.11347
22491855.063 7 118195494.246 7 22491862.848 7 22491862.24248 92100414.18048
23842797.523 5 127631253.33015 23842794.195 1 23842799.648 1 99269621.44311
22001263.914 9 117402946.224 9 22001266.051 7 22001266.246 7 91313501.503 7
20869074.313 9 111400544.795 9 20869075.949 7 20869076.121 7 86644932.778 7
23023076.688 7 123071478.170 7 23023081.129 4 23023081.695 4 95722324.054 4
20976123.336 8 112050693.373 8 20976122.934 3 20976121.879 3 87150545.429 3
22227974.484 8 116808828.113 8 22227982.141 8 22227981.50049 91019912.51049
23501779.695 7 123502665.269 7 23501784.336 6 23501784.05548 96235915.03548
16 8 1 4 51 30.0000000 0 11R02R16G22R18G08G01G07G11G30G03G17
21974419.211 9 117259710.38019 21974420.445 7 21974422.125 8 91201987.79916
20957326.039 8 111950269.70618 20957323.656 3 20957322.938 3 87072428.81913
21702665.563 8
20855868.750 9 111330041.48219 20855869.176 7 20855869.156 7 86590022.93217
23079323.563 7 121282659.92817 23079332.023 7 23079329.85248 94505988.07258
20395451.031 9 107178817.86219 20395457.984 9 20395458.19949 83515990.97959
23355327.969 7 122733075.80217 23355334.418 6 23355333.60947 95636175.84357
20899997.578 9 109830224.99019 20900000.85949 85582008.43359
22518560.586 8 118335830.71918 22518568.445 7 22518567.80148 92209759.27858
22197449.133 8 116648383.05618 22197457.344 8 22197456.35549 90894862.60959
23478210.078 7 123378823.33917 23478216.602 7 96139358.76217
16 8 1 4 52 0.0000000 0 18R15R02G28R24R16G22R14R03R17R18R01G08
G01G07G11G30G03G17

그림 2-5. 순천 상시기준국 측정치 누락

번호	관측소 이력	게시일
1	고시좌표 (행정자치부 지적 위성 기준점 성과 고시 제2007-17)	2007-03
2	고시좌표 (국토지리정보원 위성측지기준점 고시 2008-259)	2008-04-21
3	장비 교체 (수신기 : TRM 4000 SSi -> TRM NetR5, 안테나 : TRM Microcentered L1/L2 Geodetic Ant-> TRM Zephyr Gedetic Mark2 Ant)	2008-12-24
4	고시좌표 변경 (국토지리정보원 위성측지기준점 고시 2010-189)	2010-03-12
5	고시좌표 변경 (국토지리정보원 위성측지기준점 고시 2014-164)	2014-01-27

그림 2-6. 순천 상시기준국 장비 변경 이력

2.2. 측정치 가용성 분석

위성항법시스템은 최소 4개의 위성을 이용하여 위치결정을 수행한다. 정밀하고 정확한 위치결정을 수행하기 위해서는 4개 이상의 위성이 필요하며 육상교통 환경에서 이동하는 사용자는 주변 건물, 도로 표지판, 기타 시설물 등으로 인한 위성항법신호 차폐 또는 다중경로 오차 증가 등의 다양한 악조건이 발생한다. 따라서 최대한 많은 측정치를 확보해야하므로 상시기준국의 측정치 가용성을 분석하였다.

측정치 가용성 분석은 RINEX에 기록된 GPS 위성의 수신 횟수와 실제 사용가능한 측정치를 분석하였다. 그리고 상시기준국은 신호대 잡음비 (S1, S2) 측정치를 제공하지 않아 RINEX의 신호세기 (Signal strength)를 분석하였으며 사이클 슬립 (Cycle slip),

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

spoofing 등의 지표로 사용될 수 있는 LLI (Lock Loss Indicator)를 분석하였다. 표 2-3에 측정치 획득률 평균을 나타내었다. 상시기준국별 획득률은 [별첨 1]에 나타내었다. 대부분의 상시기준국의 데이터 획득률은 양호한 것으로 판단된다. 그러나 GOJE (거제도), JIND (진도), KUSN (군산), YODK (영덕), YOIN (용인) 상시기준국의 경우 다른 상시기준국에 비해 <그림 2-7>과 같이 C1 측정치 값이 일부 누락된 것을 확인할 수 있었다.

표 2-3. 상시기준국 측정치 획득률 평균 (%)

날짜	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
2015년 10월 01일	26,660	99.56	98.13	99.99	55.17	0.00	97.14
2015년 11월 01일	26,817	99.65	98.46	99.99	55.29	0.00	97.61
2015년 12월 01일	26,171	99.65	98.53	99.99	56.82	0.00	97.67
2016년 01월 01일	27,134	99.70	98.98	99.99	58.18	0.00	98.18
2016년 02월 01일	26,299	99.73	99.00	99.99	60.42	0.00	98.36
2016년 03월 01일	25,873	99.67	98.90	99.99	61.13	0.00	98.17
2016년 04월 01일	26,822	99.38	98.43	99.99	61.27	0.00	97.56
2016년 05월 01일	26,744	99.60	98.69	99.99	61.53	0.00	97.74
2016년 06월 01일	26,624	99.65	98.64	99.99	61.59	0.00	97.62
2016년 07월 01일	26,531	99.58	98.55	99.99	61.55	0.00	97.48
2016년 08월 01일	26,609	99.63	98.58	99.99	61.53	0.00	97.56
2016년 09월 01일	26,566	99.61	98.59	99.99	61.58	0.00	97.60
평균	26,571	99.62	98.62	99.99	59.67	0.00	97.72



그림 2-7. GOJE 상시기준국 PRN6 측정치 누락

측정치 누락은 위성항법안테나 주변의 건물, 나무 등과 같은 차폐 요소가 존재하거나 하드웨어 (위성항법수신기 및 안테나, 케이블 등) 노후화, 수신기 내부 알고리즘 처

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

리 오류 등으로 구분할 수 있다. 따라서 면밀한 분석을 위해서는 해당 상시기준국의 현장조사, 수신기 펌웨어 버전 확인 등이 필요할 것이다. 또한 위성항법수신기는 그림 2-8과 같이 락타임 (Locktime) 정보를 제공한다. 락타임은 위성항법수신기가 GPS 신호를 추적 (Tracking)한 후의 연속적인 시간값이며 이 값이 0으로 초기화 되었을 경우에는 위성항법수신기가 특정 차폐 요소 등으로 인해 위성의 신호를 완전히 놓친 것을 의미한다. 락타임이 0으로 초기화 되었더라도 측정치 누락이 반드시 발생하지는 않는다. 그러나 Timble의 위성항법수신기는 수신기의 프로토콜을 공개하지 않아 이러한 부가적인 정보를 확인할 수 없다.

5	psr	Pseudorange measurement (m)	Double	8	H+8
6	psr std	Pseudorange measurement standard deviation (m)	Float	4	H+16
7	adr	Carrier phase, in cycles (accumulated Doppler range)	Double	8	H+20
8	adr std	Estimated carrier phase standard deviation (cycles)	Float	4	H+28
9	dopp	Instantaneous carrier Doppler frequency (Hz)	Float	4	H+32
10	C/No	Carrier to noise density ratio C/No = 10[$\log_{10}$(S/N$_0$)] (dB-Hz)	Float	4	H+36
11	locktime	# of seconds of continuous tracking (no cycle slipping)	Float	4	H+40
12	ch-tr-status	Tracking status (see *Table 130, Channel Tracking Status* on page 578 and the example in *Table 130, Channel Tracking Status* on page 578)	Ulong	4	H+44
13...	Next PRN offset = H + 4 + (#obs x 44)				
variable	xxxx	32-bit CRC (ASCII and Binary only)	Ulong	4	H+4+ (#obs x 44)
variable	[CR][LF]	Sentence terminator (ASCII only)	-	-	-

그림 2-8. 노바텔 측정치 프로토콜[7]

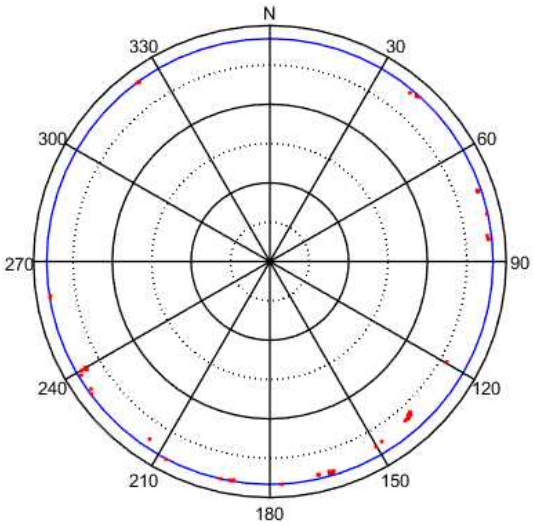
C1 측정치가 누락된 상시기준국의 위성 (PRN), 위성의 방위각 및 고도각을 분석하였다. 위성의 방위각 및 고도각 분석을 위한 위성궤도 정보는 방송궤도력을 이용하였다. 분석결과는 [별첨 2]에 나타내었다. [별첨 1]의 표 1-3을 보면 GOJE 상시기준국은 C1 측정치의 누락이 없는 것으로 나타났으며 [별첨 2]의 표 2-3을 보면 1개의 측정치의 누락이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 이는 획득률 계산에서 소수점 반올림으로 인한 오류로 판단되며 다른 C1 측정치 누락이 없는 다른 상시기준국도 이러한 현상이 나타날 수 있을 수 있다고 판단된다.

그림 2-9는 C1 측정치가 누락된 상시기준국의 skyplot이다. 그림 2-8에서 붉은색 점이 C1 측정치가 누락된 부분이며 청색선은 IGS (International GNSS Service)에서 권고하는 최소 위성고도각(5°)이다. 분석된 기간의 C1 측정치 누락 개수는 표 2-4와 같다. 그림 2-9를 보면 GOJE, JIND, YODK 상시기준국은 남쪽 방향의 위성에 대해 C1 측정치 누락이 발생하였으며 KUSN 상시기준국은 주로 동쪽 방향으로 C1 측정치 누락이 발생한 것을 확인할 수 있다. 그러나 YOIN 상시기준국은 전체적으로 C1 측정치 누락이 발생한 것을 확인할 수 있으며 15° 이상의 위성고도각도 다수 존재하는 것을 확인할 수 있다. YOIN 상시기준국에서 45°부근, 65°부근의 C1 측정치 누락은 항공기, 새 등의 이동으로 인한 일시적인 현상이라 판단된다.

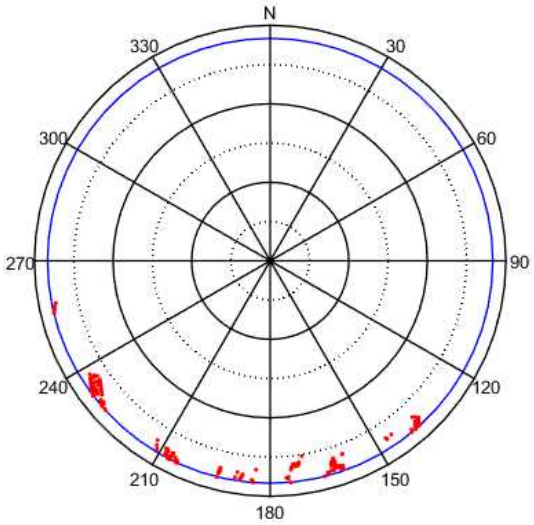
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2-4. 상시기준국 측정치 누락 개수

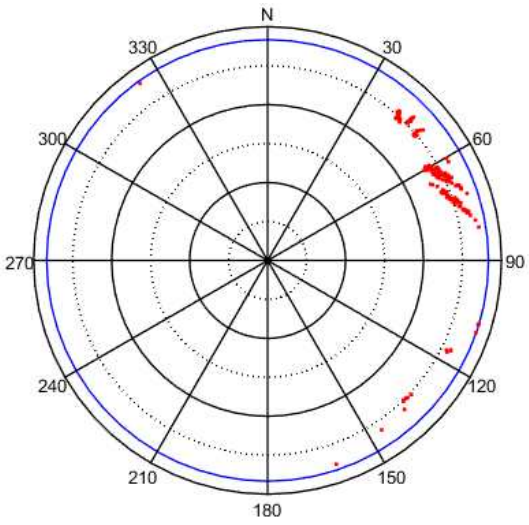
상시기준국	GOJE	JIND	KUSN	YODK	YOIN
누락 개수	60	243	236	97	636



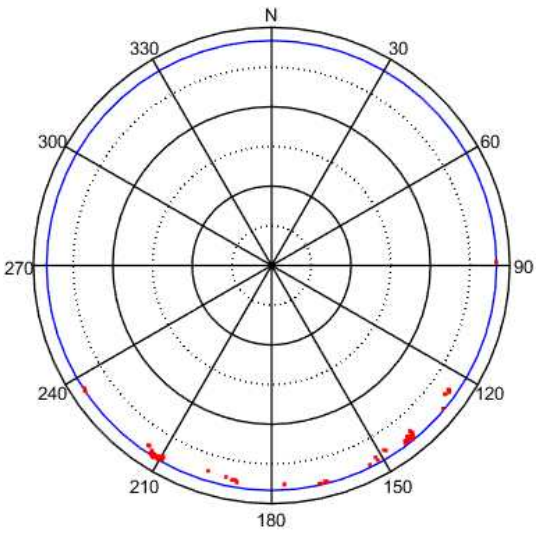
GOJE



JIND

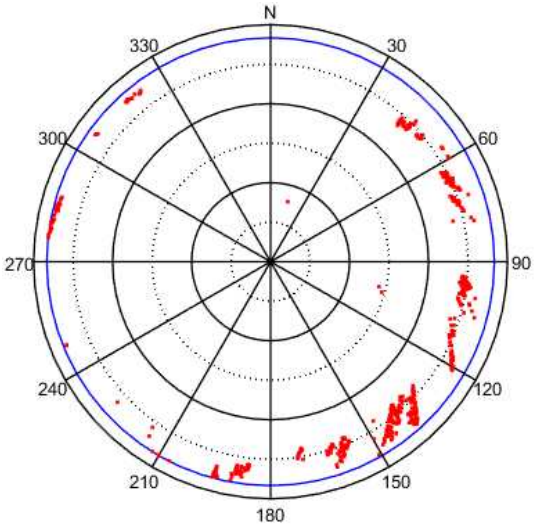


KUSN



YODK

무단복제 및 전재를 금합니다.



YOIN

그림 2-9. 상시기준국 C1 측정치 누락 Skyplot

RINEX의 신호세기는 1부터 9까지의 값을 가지고 있으며 값이 클수록 신호세기가 강함을 의미한다. 신호세기를 계산하는 방법은 (식 2-1)과 같으며 표 2-5에 범위를 나타내었다[5].

$$sn\_rnx = \min(\max(int(sn\_raw/6),1),9) \quad \text{(식 2-1)}$$

표 2-5. RINEX 신호세기 표현 및 범위[5]

Carrier to Noise ratio(dbHz)	Carrier to Noise ratio(RINEX)
〈12	1(minimum possible signal strength)
12-17	2
18-23	3
24-29	4
30-35	5(threshold for good tracking)
36-41	6
42-47	7
48-53	8
≥54	9(maximum possible signal strength)

RINEX 포맷에서 신호세기는 그림 2-10과 같이 측정치 소수점 5자리에 표현한다[7].

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

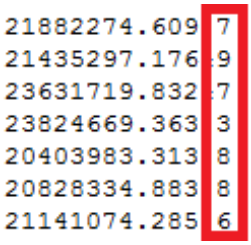


그림 2-10. RINEX 신호세기 위치

상시기준국 신호세기는 표 2-5를 기준으로 획득된 측정치에 대한 5이상의 신호세기를 가진 비율을 분석하였다. 상시기준국 신호세기의 상시기준국별 분석 결과는 [별첨 3]에 나타내었으며 표 2-6에 평균을 나타내었다. 표 2-6을 보면 L1, L2 측정치의 신호세기는 평균 96%가 넘으나 C1, C2, P2 측정치는 다소 낮은 것으로 나타났다. 확인 결과 GOJE, JIND, KUSN, SMAN, YODK, YOIN 상시기준국은 C1, C2, P2 측정치의 신호세기가 측정되지 않았다. 그림 2-11을 보면 RINEX의 신호세기는 다소 모호한 부분이 존재한다. 따라서 신호세기가 0 또는 비어있는 (Blank) 부분을 분석한 결과 GOJE, JIND, KUSN, SMAN, YODK, YOIN 상시기준국은 C1, C2, P2 측정치의 신호세기가 전부 비어있는 것이 확인되었으며 L2 신호의 경우 1% 미만으로 비어있는 측정치가 발견되었다.

표 2-6. 상시기준국 측정치 신호세기 평균 (5이상, %)

날짜	L1	L2	C1	C2	P1	P2
2015년 10월 01일	96.59	97.57	87.70	87.77	0.00	90.77
2015년 11월 01일	96.30	97.32	87.34	87.34	0.00	90.72
2015년 12월 01일	96.66	97.58	87.78	87.67	0.00	90.79
2016년 01월 01일	97.11	97.82	87.94	88.05	0.00	90.56
2016년 02월 01일	97.30	97.99	88.47	88.49	0.00	90.90
2016년 03월 01일	97.01	97.88	88.13	88.23	0.00	90.85
2016년 04월 01일	96.81	97.21	85.52	85.46	0.00	88.53
2016년 05월 01일	96.69	97.04	86.07	86.00	0.00	89.05
2016년 06월 01일	96.59	96.99	86.15	85.95	0.00	89.20
2016년 07월 01일	96.55	96.94	86.06	85.66	0.00	89.21
2016년 08월 01일	96.45	96.66	84.85	84.34	0.00	88.03
2016년 09월 01일	96.40	96.94	85.76	85.80	0.00	89.01
평균	96.71	97.33	86.81	86.73	0.00	89.80

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

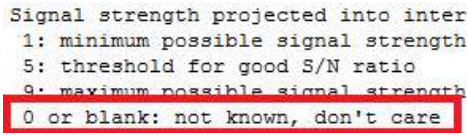


그림 2-11. RINEX 신호세기 0 or blank[5]

GOJE, JIND, KUSN, SMAN, YODK, YOIN 상시기준국은 L1의 신호세기 비율 L2의 신호세기 비율의 차이가 다른 상시기준국에 비해 크게 나타났다. 표 2-7의 L1, L2 측정치의 신호세기를 보면 작게는 YOIN 상시기준국에서 평균 8.89%, 크게는 SMAN 상시기준국에서 평균 19.60% 차이를 보이고 있다. 이러한 현상은 다른 상시기준국은 위성항법수신기가 Trimble 사(社)의 장비이지만 GOJE, JIND, KUSN, SMAN, YODK, YOIN 상시기준국 위성항법수신기는 Leica 社의 장비로 안테나와 위성항법수신기의 하드웨어적 차이라고 판단된다.

표 2-7. Leica 장비 사용 상시기준국 측정치 신호세기 평균 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	차이
GOJE	99.84	88.18	11.66
JIND	99.65	85.78	13.87
KUSN	99.36	84.30	15.06
SMAN	99.90	80.30	19.60
YODK	99.75	89.30	10.45
YOIN	98.94	90.05	8.89
평균	99.57	86.32	13.26

RINEX의 LLI는 그림 2-12와 같이 측정치 소수점 4째자리에 표기한다 [7].

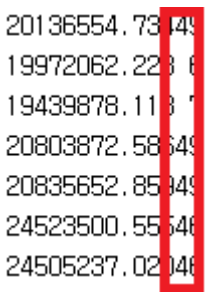


그림 2-12. RINEX LLI 위치

LLI는 그림 2-13과 같이 표기되며 신호세기와 동일하게 모호한 부분이 존재한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
Loss of lock indicator (LLI). Range: 0-7
 0 or blank: OK or not known
 Bit 0 set : Lost lock between previous and
             current observation: cycle slip
             possible
 Bit 1 set : Opposite wavelength factor to the
             one defined for the satellite by a
             previous WAVELENGTH FACT L1/2 line
             or opposite to the default.
             Valid for the current epoch only.
 Bit 2 set : Observation under Antispoofing
             (may suffer from increased noise)

 Bits 0 and 1 for phase only.
```

그림 2-13. RINEX LLI[7]

LLI 범위는 표 2-8과 같다.

표 2-8. LLI bit set 조합

범위	Bit set
0	X
1	0 (2^0)
2	1 (2^1)
3	0, 1 (2^0+2^1)
4	2 (2^2)
5	0, 2 (2^0+2^2)
6	1, 2 (2^1+2^2)
7	0, 1, 2 (2^0+2^1+2^2)

LLI 분석 결과 L2, P2 측정치의 경우 90%이상의 값이 4로 표기된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 반송파 위상 측정치 사용에 반드시 고려되어야 할 사이클 슬립의 가능성이 있는 Bit 0 Set에 대해 분석하였다. 사이클 슬립은 위성항법안테나 주변의 나무, 건물 등과 같은 차폐 요소, 주변 전파로 인한 간섭 등에 의해 발생할 수 있다. Bit 0 Set의 상시기준국별 분석 결과는 [별첨 4]에 나타내었다. 표 2-9에 분석결과 평균을 나타내었다. 사이클 슬립 발생 가능성은 약 1.4%로 상시기준국의 평균 위성고도각이 5°를 고려하면 만족스러운 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 각각의 상시기준국은 작게는 약 0.2%, 크게는 약 5%로 편차가 다소 다르게 나타났다. 특히 2016년 4월 1일 CHUL (철원) 상시기준국은 약 20%로 매우 크게 나타났으나 대부분의 값이 약 2% 내외이기 때문에 일시적인 현상으로 판단된다. 또한 CHCN (춘천), INCH (인천), KWNJ (광주) 상시기준국은 분석된 대부분의 기간에 약 3%~5% 비율의 사이클 슬립 발생 가능성을 나타내었다. 그리고 GOJE, JIND, KUSN, SMAN, YODK, YOIN 상시기준국은 L1, L2 신호세기의 많은 차이를 보였지만 LLI에서는 대부분 0%의 낮은 수치를 보였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2-9. 상시기준국 측정치 LLI 평균 (Bit 0 Set, %)

날짜	L1	L2
2015년 10월 01일	1.73	1.57
2015년 11월 01일	1.41	1.30
2015년 12월 01일	1.39	1.30
2016년 01월 01일	1.23	1.18
2016년 02월 01일	1.17	1.15
2016년 03월 01일	1.29	1.28
2016년 04월 01일	1.70	1.69
2016년 05월 01일	1.40	1.39
2016년 06월 01일	1.44	1.44
2016년 07월 01일	1.54	1.50
2016년 08월 01일	1.42	1.41
2016년 09월 01일	1.57	1.54
평균	1.44	1.40

[별첨 5]에 위에서 분석한 자료를 바탕으로 상시기준국별 측정치 가용성에 악영향을 받을 것 같은 부분을 그림으로 나타내었다. [별첨 5]의 그림은 분석된 기간의 모든 데이터를 넣은 것으로 간헐적인 현상일 수 있으며 반드시 붉은 점 위치에 측정치 장애

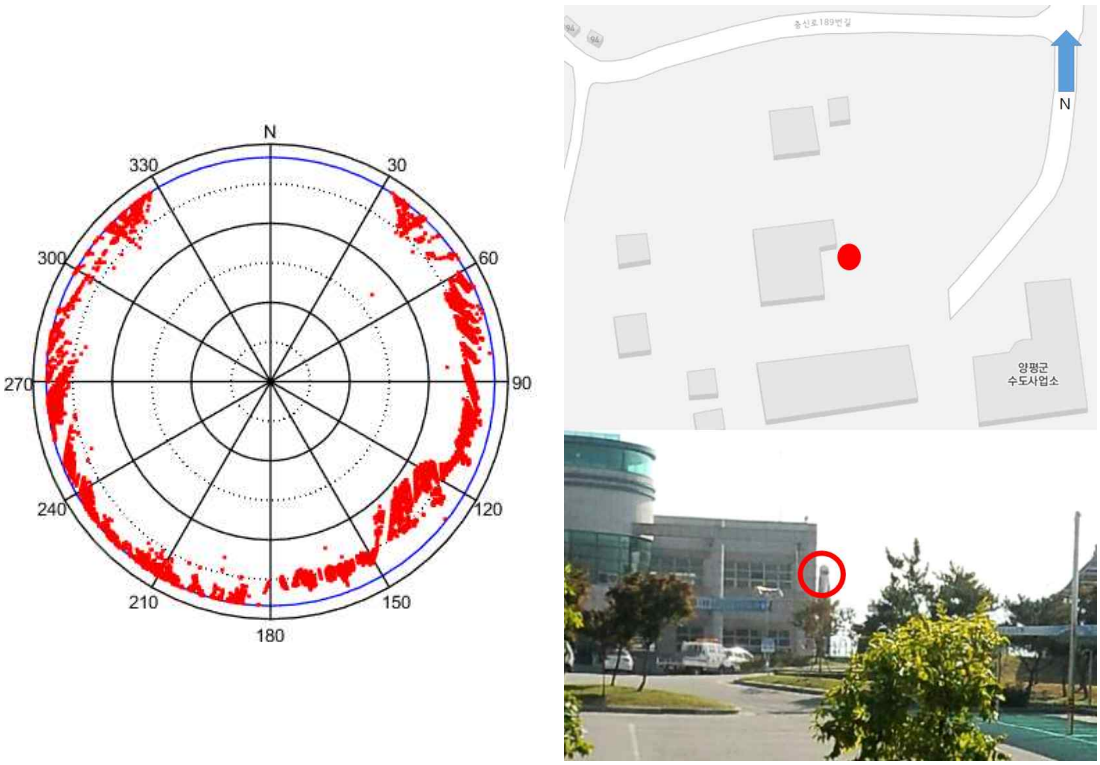


그림 2-14. 양평 상시기준국 측정치 가용성 저하 요인

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

가 발생하는 것은 아니다. 그러나 그림 2-14와 같이 양평 상시기준국에는 동남쪽 방향으로 건물이 존재하여 차폐가 발생할 것을 예측할 수 있다. 이는 양평 상시기준국이 구축된 이후에 양평수도사업소에서 새로 건물을 지어 이러한 현상이 나타난 것으로 판단된다.

3. 결론

이 연구에서는 국토지리정보원 상시기준국의 데이터 품질을 분석하였다. 분석 대상은 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에서 제공하는 상시기준국 30초 간격 후처리 데이터이며 분석 내용으로는 상시기준국 데이터의 연속성과 가용성이다.

상시기준국 데이터의 연속성을 분석한 결과 상시기준국의 데이터는 간헐적으로 짧게는 30초 길게는 4시간 정도의 측정치가 없는 것을 확인하였다. 이는 동일한 날짜의 유사한 시각에 발생한 것으로 보아 후처리 데이터를 획득하는 과정에서 국토지리정보원 통신 네트워크에 문제가 발생한 것으로 판단된다. 그러나 이러한 연속성 장애는 홈페이지에 공지하지 않은 부분이 많은 것을 확인할 수 있었다. 또한 백업시스템 (이중화)이 없으며 장애가 발생한 경우 길게는 일주일 정도 복구기간이 소요된 것을 확인할 수 있었다.

상시기준국 데이터의 가용성은 대체적으로 양호한 것으로 판단된다. 그러나 Leica 수신기는 의사거리 측정치의 신호세기를 제공하지 않았고 L1과 L2의 신호세기 차이가 크게 나타났다. 또한 LLI의 경우90%이상이 4로 기록되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 추가적인 분석을 위한 락타임 등의 부가적인 자료가 부재하였고 RINEX 포맷의 특성상 다소 모호한 부분이 존재하여 정확한 판단이 어려웠다.

고정밀 후처리 GNSS 소프트웨어인 Bernese는 GLONASS (GLO NAvigation Satellite System)의 미지정수 (Integer Ambiguity)를 결정 (Resolution)하기 위해서는 GLONASS 위성의 시스템 바이어스 (System Bias), 주파수 편이 (Inter-frequency Bias) 등에 대한 오차요소를 추정해야 하므로 동일한 안테나와 수신기 사용을 권장하고 있다 (Dach et al., 2015). 그러나 국토리지정보원은 Trimble, Leica 위성항법수신기를 보유하고 있으며 대부분이 Timble 위성항법수신기이지만 모델이 상이함을 확인할 수 있었다.

보다 면밀한 국토지리정보원 데이터 측정치의 분석을 위해서는 측정치 차분, 위치결정, 이상검출 (Quality Check) 등의 추가적인 분석이 필요할 것이며 이종 수신기의 GLONASS와 관련된 기타 바이어스 분석이 필요할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1]국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지 (http://gnss.ngii.or.kr/)

[2]김군택, 이정훈, 손은성, 임성혁, 허문범 2016, 저가형 L1 수신기 종류에 따른 차로구분 성능 분석, 2016년 한국위성항법시스템 정기학술대회

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

[3]손민혁, 손은성, 이은성, 허문범, 남기욱 2013, 육상교통 항법을 위한 네트워크 기반 위성항법 보정 시스템의 구성, 한국항공운항학회지, 21, 4, 17-26, http://dx.doi.org/10.12985/ksaa.2013.21.4.017

[4]Dach R., Lutz S., Walser P., and Fridez P. 2015, Bernese GNSS software Version 5.2

[5]Gurtner W., and Estey L. 2005, RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11, ftp://igs.org/pub/data/format/rinex211.pdf

[6]Gurtner W., and Estey L. 2015, RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 3.03, ftp://igs.org/pub/data/format/rinex303.pdf

[7]Novatel Inc. 2016, OEM6® Family Firmware Reference Manual

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

[별첨 1]

표 1-1. 2015년 10월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	28,015	99.88	99.43	100.00	55.45	0.00	99.08
BOEN	27,006	99.17	97.90	100.00	55.31	0.00	96.77
BONH	27,078	99.78	99.26	100.00	55.49	0.00	98.92
CHCN	25,708	98.59	92.77	100.00	53.81	0.00	88.20
CHEN	25,321	99.20	96.83	100.00	54.89	0.00	95.46
CHJU	26,163	99.59	98.55	100.00	55.85	0.00	97.82
CHLW	25,669	99.72	98.56	100.00	55.69	0.00	97.56
CHNG	27,264	99.72	98.26	100.00	55.11	0.00	97.18
CHSG	26,873	99.17	97.54	100.00	55.04	0.00	96.58
CHUL	26,715	98.41	95.47	100.00	53.85	0.00	93.57
CHWN	26,528	99.66	98.34	100.00	55.57	0.00	97.29
CHYG	26,567	99.80	99.08	100.00	55.81	0.00	98.39
CNJU	25,761	99.30	98.02	100.00	55.53	0.00	96.75
DANJ	28,031	99.74	98.99	100.00	55.41	0.00	98.78
DOND	27,631	99.84	98.81	100.00	55.64	0.00	98.20
DONH	28,004	99.70	99.20	100.00	55.18	0.00	98.90
GANH	26,438	99.45	97.89	100.00	54.86	0.00	97.24
GOCH	26,160	99.89	99.29	100.00	56.03	0.00	98.93
GOJE	27,641	99.96	99.88	99.99	55.36	0.00	99.89
GOSG	27,727	99.31	97.96	100.00	55.17	0.00	97.31
GSAN	27,043	99.70	97.87	100.00	55.08	0.00	96.63
HADG	25,485	99.84	99.19	100.00	55.42	0.00	98.76
HCHN	26,512	99.41	98.32	100.00	55.54	0.00	97.47
HONC	26,902	99.59	98.50	100.00	54.74	0.00	97.30
INCH	25,951	98.64	94.16	100.00	54.27	0.00	91.50
INJE	25,058	99.74	98.65	100.00	54.96	0.00	97.71
JAHG	27,515	99.57	97.78	100.00	55.49	0.00	96.52
JEJU	28,095	99.78	98.56	100.00	55.50	0.00	97.33
JIND	28,136	99.78	99.65	99.84	55.18	0.00	99.74
JINJ	28,344	99.82	99.69	100.00	55.39	0.00	99.68
JUNG	25,970	99.46	97.03	100.00	54.90	0.00	95.28
JUNJ	25,567	99.37	98.12	100.00	54.92	0.00	97.14
KANR	25,098	99.63	98.80	100.00	55.02	0.00	98.05
KIMC	26,988	99.40	97.27	100.00	54.97	0.00	95.20
KUNW	27,032	99.14	96.99	100.00	55.06	0.00	95.54
KUSN	26,352	99.86	99.21	99.91	55.54	0.00	99.22
KWNJ	23,482	98.59	94.40	100.00	54.09	0.00	91.86
MUJU	26,219	99.36	96.67	100.00	55.32	0.00	94.53
NAMW	27,030	99.81	99.06	100.00	55.14	0.00	98.23
NONS	27,175	99.68	97.95	100.00	55.25	0.00	96.66
PAJU	27,796	99.81	98.69	100.00	55.39	0.00	97.94

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
PUSN	25,511	99.83	99.00	100.00	55.02	0.00	98.36
SEJN	28,048	99.79	99.19	100.00	55.52	0.00	98.95
SEOS	28,155	99.60	99.07	100.00	55.30	0.00	98.84
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	25,731	99.60	98.87	100.00	55.39	0.00	98.30
SONC	25,967	99.60	98.02	100.00	55.25	0.00	96.43
SUWN	25,681	99.42	97.45	100.00	55.26	0.00	95.78
TABK	26,603	99.64	96.18	100.00	55.07	0.00	95.74
TEGN	27,642	99.76	99.40	100.00	55.19	0.00	99.14
WNJU	27,539	99.43	98.70	100.00	54.87	0.00	97.87
WOLS	25,610	99.69	98.25	100.00	54.44	0.00	97.33
WULJ	28,221	99.90	99.87	100.00	55.35	0.00	99.86
YANP	26,381	99.80	98.93	100.00	55.12	0.00	97.97
YECH	25,836	99.51	97.00	100.00	55.28	0.00	95.34
YODK	27,945	99.98	99.75	99.99	55.28	0.00	99.75
YOIN	24,529	99.97	99.21	99.78	55.22	0.00	99.22
YONK	25,533	99.08	95.82	100.00	54.53	0.00	92.63
YOWL	27,325	99.80	98.52	100.00	55.49	0.00	97.57
평균	26,660	99.56	98.13	99.99	55.17	0.00	97.14

표 1-2. 2015년 11월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	28,017	99.90	99.37	100.00	55.45	0.00	99.06
BOEN	27,231	99.10	97.83	100.00	55.35	0.00	97.11
BONH	27,085	99.80	99.28	100.00	55.57	0.00	98.96
CHCN	26,304	98.92	93.75	100.00	54.24	0.00	89.46
CHEN	25,466	99.62	97.67	100.00	55.25	0.00	96.49
CHJU	26,137	99.59	98.67	100.00	56.00	0.00	97.91
CHLW	25,753	99.73	98.71	100.00	55.78	0.00	97.65
CHNG	27,357	99.75	98.34	100.00	55.16	0.00	97.23
CHSG	27,162	99.79	98.69	100.00	55.61	0.00	98.06
CHUL	27,836	99.65	99.36	100.00	55.15	0.00	99.13
CHWN	26,627	99.64	98.27	100.00	55.57	0.00	97.33
CHYG	26,655	99.76	99.17	100.00	55.77	0.00	98.68
CNJU	25,819	99.35	98.07	100.00	55.58	0.00	97.28
DANJ	28,068	99.75	99.22	100.00	55.43	0.00	98.99
DOND	27,698	99.81	98.97	100.00	55.62	0.00	98.43
DONH	28,054	99.69	99.26	100.00	55.25	0.00	98.97
GANH	26,408	99.53	98.16	100.00	55.01	0.00	97.57
GOCH	26,248	99.93	99.59	100.00	55.97	0.00	99.33
GOJE	27,657	99.96	99.87	99.99	55.45	0.00	99.87
GOSG	27,745	99.39	98.23	100.00	55.25	0.00	97.67

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
GSAN	27,251	99.79	98.04	100.00	55.06	0.00	96.91
HADG	25,509	99.84	99.28	100.00	55.47	0.00	98.86
HCHN	26,727	99.39	98.29	100.00	55.55	0.00	97.53
HONC	27,046	99.60	98.41	100.00	54.84	0.00	97.08
INCH	26,543	99.04	94.66	100.00	54.83	0.00	91.53
INJE	25,104	99.75	98.72	100.00	55.11	0.00	97.6
JAHG	27,692	99.81	98.62	100.00	55.69	0.00	97.82
JEJU	28,201	99.79	98.40	100.00	55.51	0.00	97.18
JIND	28,247	99.92	99.84	99.95	55.32	0.00	99.85
JINJ	28,364	99.78	99.59	100.00	55.43	0.00	99.54
JUNG	26,273	99.69	97.74	100.00	55.21	0.00	96.02
JUNJ	25,636	99.50	98.26	100.00	55.05	0.00	97.37
KANR	25,151	99.77	98.90	100.00	55.05	0.00	98.21
KIMC	27,152	99.63	97.92	100.00	55.38	0.00	96.35
KUNW	27,323	99.71	97.75	100.00	55.44	0.00	96.57
KUSN	26,532	99.91	98.94	99.92	55.40	0.00	98.95
KWNJ	23,911	98.68	95.35	100.00	54.05	0.00	93.08
MUJU	26,589	99.50	97.03	100.00	55.38	0.00	95.44
NAMW	27,156	99.81	99.05	100.00	55.20	0.00	98.27
NONS	27,281	99.75	98.18	100.00	55.31	0.00	97.21
PAJU	27,950	99.87	98.89	100.00	55.35	0.00	98.35
PUSN	25,528	99.81	99.12	100.00	55.07	0.00	98.54
SEJN	28,121	99.80	99.36	100.00	55.50	0.00	99.17
SEOS	28,174	99.63	99.19	100.00	55.32	0.00	98.97
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	25,760	99.59	98.94	100.00	55.43	0.00	98.48
SONC	25,993	99.65	98.03	100.00	55.23	0.00	96.76
SUWN	25,819	99.48	97.65	100.00	55.37	0.00	96.37
TABK	26,677	99.66	99.31	100.00	55.11	0.00	98.89
TEGN	27,700	99.83	99.42	100.00	55.28	0.00	99.12
WNJU	27,622	99.41	98.90	100.00	55.07	0.00	98.27
WOLS	25,679	99.61	98.16	100.00	54.52	0.00	97.21
WULJ	28,243	99.88	99.85	100.00	55.38	0.00	99.85
YANP	26,438	99.78	98.85	100.00	55.09	0.00	98.01
YECH	26,243	99.61	97.05	100.00	55.32	0.00	95.34
YODK	27,998	99.96	99.75	99.98	55.25	0.00	99.75
YOIN	24,917	99.81	99.07	99.82	55.14	0.00	99.07
YONK	26,102	99.38	96.88	100.00	55.17	0.00	94.27
YOWL	27,412	99.84	98.99	100.00	55.52	0.00	98.29
평균	26,817	99.65	98.46	99.99	55.29	0.00	97.61

표 1-3. 2015년 12월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,337	99.89	99.31	100.00	56.85	0.00	98.94
BOEN	26,599	99.23	97.89	100.00	56.90	0.00	97.10
BONH	26,403	99.75	99.33	100.00	57.10	0.00	99.01
CHCN	25,700	98.95	94.12	100.00	55.81	0.00	89.61
CHEN	24,955	99.60	98.34	100.00	56.82	0.00	97.22
CHJU	25,477	99.54	98.43	100.00	57.24	0.00	97.56
CHLW	25,145	99.67	98.60	100.00	57.16	0.00	97.65
CHNG	26,705	99.78	98.60	100.00	56.74	0.00	97.34
CHSG	26,521	99.78	98.46	100.00	57.05	0.00	97.80
CHUL	27,017	99.69	99.28	100.00	56.79	0.00	98.99
CHWN	26,069	99.75	98.46	100.00	57.20	0.00	97.49
CHYG	26,017	99.80	99.33	100.00	57.32	0.00	98.74
CNJU	25,219	99.33	98.13	100.00	57.09	0.00	97.26
DANJ	27,359	99.71	99.05	100.00	56.91	0.00	98.71
DOND	26,913	99.86	98.96	100.00	57.24	0.00	98.46
DONH	27,353	99.74	99.33	100.00	56.78	0.00	99.13
GANH	25,758	99.41	98.04	100.00	56.51	0.00	97.31
GOCH	25,586	99.70	99.70	100.00	57.40	0.00	99.40
GOJE	26,954	99.97	99.90	100.00	56.96	0.00	99.90
GOSG	27,118	99.41	98.61	100.00	56.83	0.00	98.09
GSAN	26,580	99.70	97.95	100.00	56.57	0.00	96.89
HADG	24,785	99.85	99.31	100.00	57.14	0.00	98.91
HCHN	26,003	99.55	98.68	100.00	57.18	0.00	97.94
HONC	26,381	99.63	98.35	100.00	56.53	0.00	97.14
INCH	26,327	99.24	95.67	100.00	56.46	0.00	92.71
INJE	24,466	99.80	98.83	100.00	56.85	0.00	97.94
JAHG	27,012	99.76	98.53	100.00	57.02	0.00	97.75
JEJU	27,466	99.82	98.51	100.00	56.97	0.00	97.33
JIND	27,576	99.91	99.83	99.93	56.78	0.00	99.84
JINJ	27,632	99.78	99.57	100.00	56.90	0.00	99.55
JUNG	25,721	99.58	97.55	100.00	56.42	0.00	95.86
JUNJ	25,010	99.50	98.25	100.00	56.59	0.00	97.29
KANR	24,478	99.67	98.81	100.00	56.60	0.00	98.04
KIMC	26,505	99.58	97.40	100.00	56.76	0.00	95.58
KUNW	26,692	99.70	98.06	100.00	56.85	0.00	97.04
KUSN	25,856	99.92	99.08	99.94	56.85	0.00	99.09
KWNJ	23,941	98.67	95.86	100.00	55.87	0.00	93.56
MUJU	25,956	99.57	97.44	100.00	56.81	0.00	95.96
NAMW	26,476	99.81	98.83	100.00	56.76	0.00	97.79
NONS	26,608	99.70	98.19	100.00	56.89	0.00	97.29
PAJU	27,177	99.88	99.22	100.00	56.93	0.00	98.87
PUSN	24,873	99.86	99.04	100.00	56.74	0.00	98.28
SEJN	27,425	99.78	99.35	100.00	56.90	0.00	99.21
SEOS	27,432	99.70	99.37	100.00	56.92	0.00	99.21

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	25,054	99.66	99.09	100.00	57.01	0.00	98.75
SONC	25,324	99.64	98.01	100.00	56.77	0.00	96.84
SUWN	25,209	99.38	97.55	100.00	56.90	0.00	96.13
TABK	25,989	99.68	99.34	100.00	56.69	0.00	98.91
TEGN	27,007	99.85	99.41	100.00	56.86	0.00	99.13
WNJU	26,923	99.42	98.87	100.00	56.55	0.00	98.26
WOLS	24,979	99.61	98.24	100.00	56.21	0.00	97.31
WULJ	27,512	99.86	99.85	100.00	56.88	0.00	99.84
YANP	25,725	99.67	98.74	100.00	56.67	0.00	97.83
YECH	25,606	99.52	97.31	100.00	56.85	0.00	95.64
YODK	27,315	99.97	99.78	99.99	56.77	0.00	99.78
YOIN	24,283	99.73	99.09	99.75	56.65	0.00	99.09
YONK	25,712	99.42	96.72	100.00	56.82	0.00	94.23
YOWL	26,695	99.80	99.12	100.00	56.97	0.00	98.54
평균	26,171	99.65	98.53	99.99	56.82	0.00	97.67

표 1-4. 2016년 1월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	28,275	99.89	99.40	100.00	58.37	0.00	99.06
BOEN	27,590	99.26	98.13	100.00	58.13	0.00	97.49
BONH	27,270	99.72	99.35	100.00	58.34	0.00	99.04
CHCN	27,793	99.56	98.11	100.00	58.13	0.00	97.10
CHEN	25,780	99.53	98.14	100.00	58.10	0.00	96.90
CHJU	26,195	99.58	98.39	100.00	58.42	0.00	97.64
CHLW	25,879	99.73	98.81	100.00	58.25	0.00	97.93
CHNG	27,779	99.81	99.02	100.00	58.08	0.00	98.33
CHSG	27,482	99.86	99.30	100.00	58.40	0.00	98.97
CHUL	28,016	99.68	99.33	100.00	58.21	0.00	99.10
CHWN	26,979	99.64	98.47	100.00	58.30	0.00	97.41
CHYG	26,824	99.84	99.48	100.00	58.31	0.00	98.94
CNJU	26,143	99.28	98.20	100.00	57.89	0.00	97.21
DANJ	28,303	99.73	99.22	100.00	58.35	0.00	98.95
DOND	27,880	99.89	99.07	100.00	58.30	0.00	98.59
DONH	28,330	99.70	99.27	100.00	58.27	0.00	98.97
GANH	-	-	-	-	-	-	-
GOCH	26,383	99.91	99.61	100.00	58.48	0.00	99.32
GOJE	27,873	99.97	99.91	99.99	58.38	0.00	99.91
GOSG	28,078	99.37	98.49	100.00	58.04	0.00	97.95
GSAN	27,485	99.77	98.33	100.00	58.07	0.00	97.21
HADG	25,621	99.85	99.34	100.00	58.16	0.00	98.90
HCHN	26,987	99.47	98.52	100.00	58.29	0.00	97.90

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
HONC	27,245	99.68	98.52	100.00	58.14	0.00	97.20
INCH	-	-	-	-	-	-	-
INJE	25,298	99.77	98.83	100.00	58.01	0.00	98.04
JAHG	28,131	99.86	98.99	100.00	58.46	0.00	98.30
JEJU	28,426	99.82	98.58	100.00	58.22	0..00	97.47
JIND	28,530	99.92	99.85	99.95	58.14	0.00	99.86
JINJ	28,601	99.77	99.62	100.00	58.30	0.00	99.60
JUNG	26,554	99.58	97.23	100.00	57.60	0.00	95.51
JUNJ	25,962	99.45	98.19	100.00	57.84	0.00	97.22
KANR	25,298	99.65	99.02	100.00	58.13	0.00	98.02
KIMC	27,784	99.81	98.70	100.00	58.27	0.00	97.62
KUNW	27,718	99.74	98.35	100.00	58.37	0.00	97.13
KUSN	26,635	99.88	99.35	99.93	57.91	0.00	99.36
KWNJ	24,926	99.05	97.34	100.00	57.81	0.00	95.65
MUJU	27,046	99.72	98.77	100.00	58.34	0.00	97.96
NAMW	27,420	99.81	98.96	100.00	58.24	0.00	98.28
NONS	27,502	99.63	98.38	100.00	58.37	0.00	97.45
PAJU	28,119	99.91	99.37	100.00	58.39	0.00	98.89
PUSN	25,780	99.82	99.13	100.00	58.15	0.00	98.32
SEJN	28,391	99.86	99.57	100.00	58.37	0.00	99.31
SEOS	28,398	99.68	99.50	100.00	58.35	0.00	99.35
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	25,887	99.60	99.17	100.00	58.28	0.00	98.71
SONC	26,198	99.67	98.16	100.00	57.78	0.00	96.87
SUWN	26,110	99.27	97.46	100.00	57.99	0.00	95.92
TABK	26,919	99.66	99.34	100.00	58.21	0.00	98.87
TEGN	27,955	99.79	99.50	100.00	58.27	0.00	99.26
WNJU	27,866	99.42	98.93	100.00	58.13	0.00	98.39
WOLS	25,881	99.64	98.53	100.00	57.65	0.00	97.67
WULJ	28,485	99.84	99.81	100.00	58.33	0.00	99.81
YANP	26,695	99.76	99.08	100.00	58.05	0.00	98.12
YECH	26,616	99.57	97.55	100.00	58.01	0.00	95.75
YODK	28,259	99.94	99.79	99.96	58.25	0.00	99.79
YOIN	25,007	99.78	99.28	99.82	57.83	0.00	99.29
YONK	27,255	99.77	98.73	100.00	58.38	0.00	97.95
YOWL	27,643	99.78	99.11	100.00	58.39	0.00	98.42
평균	27,134	99.70	98.98	99.99	58.18	0.00	98.18

표 1-5. 2016년 2월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,260	99.93	99.37	100.00	60.62	0.00	99.02
BOEN	26,930	99.42	98.57	100.00	60.31	0.00	98.12

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
BONH	26,338	99.73	99.35	100.00	60.59	0.00	99.02
CHCN	26,978	99.70	98.55	100.00	60.63	0.00	97.80
CHEN	24,999	99.58	98.46	100.00	60.29	0.00	97.28
CHJU	25,439	99.65	98.59	100.00	60.13	0.00	97.87
CHLW	25,216	99.72	98.75	100.00	60.32	0.00	97.90
CHNG	26,798	99.84	99.29	100.00	60.45	0.00	98.49
CHSG	26,535	99.92	99.50	100.00	60.66	0.00	99.23
CHUL	27,130	99.69	99.40	100.00	60.42	0.00	99.12
CHWN	26,074	99.73	98.92	100.00	60.61	0.00	98.16
CHYG	26,005	99.85	99.58	100.00	60.37	0.00	99.24
CNJU	25,586	99.44	98.68	100.00	60.17	0.00	97.87
DANJ	27,272	99.78	99.26	100.00	60.64	0.00	98.95
DOND	27,075	99.85	99.11	100.00	60.53	0.00	98.57
DONH	27,332	99.77	99.42	100.00	60.64	0.00	99.29
GANH	25,735	99.57	98.55	100.00	60.06	0.00	97.89
GOCH	25,555	99.93	99.68	100.00	60.50	0.00	99.37
GOJE	26,847	99.98	99.92	99.99	60.66	0.00	99.92
GOSG	27,079	99.44	98.63	100.00	60.30	0.00	98.16
GSAN	26,829	99.80	98.99	100.00	60.36	0.00	98.18
HADG	24,700	99.86	99.27	100.00	60.32	0.00	98.82
HCHN	26,141	99.53	98.96	100.00	60.64	0.00	98.59
HONC	26,839	99.74	98.85	100.00	60.62	0.00	97.88
INCH	26,809	99.55	97.53	100.00	60.41	0.00	96.12
INJE	24,499	99.84	99.07	100.00	60.20	0.00	97.93
JAHG	27,219	99.86	99.15	100.00	60.72	0.00	98.69
JEJU	27,396	99.80	98.70	100.00	60.57	0.00	97.52
JIND	27,593	99.93	99.91	99.97	60.56	0.00	99.92
JINJ	27,547	99.81	99.62	100.00	60.54	0.00	99.60
JUNG	26,442	99.73	98.23	100.00	60.05	0.00	96.43
JUNJ	25,236	99.51	98.38	100.00	60.00	0.00	97.44
KANR	24,563	99.63	98.99	100.00	60.35	0.00	98.03
KIMC	26,920	99.83	98.79	100.00	60.50	0.00	97.85
KUNW	26,726	99.78	98.56	100.00	60.59	0.00	97.64
KUSN	25,937	99.89	99.26	99.93	59.86	0.00	99.27
KWNJ	24,319	99.17	97.84	100.00	60.34	0.00	96.50
MUJU	26,198	99.75	98.91	100.00	60.63	0.00	98.21
NAMW	26,633	99.80	99.02	100.00	60.48	0.00	98.45
NONS	26,741	99.80	98.91	100.00	60.69	0.00	98.44
PAJU	27,199	99.91	99.43	100.00	60.63	0.00	98.99
PUSN	24,826	99.80	99.18	100.00	60.43	0.00	98.41
SEJN	27,397	99.88	99.74	100.00	60.63	0..00	99.63
SEOS	27,385	99.76	99.56	100.00	60.55	0.00	99.44
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	24,996	99.68	99.28	100.00	60.59	0.00	98.76

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
SONC	25,287	99.69	98.37	100.00	60.05	0.00	97.05
SUWN	25,569	99.28	97.68	100.00	60.36	0.00	95.96
TABK	25,990	99.55	99.28	100.00	60.45	0.00	98.86
TEGN	26,967	99.87	99.59	100.00	60.60	00.00	99.30
WNJU	26,918	99.47	98.96	100.00	60.31	0.00	98.40
WOLS	25,062	99.65	98.62	100.00	59.79	0.00	97.79
WULJ	27,443	99.87	99.85	100.00	60.66	0.00	99.85
YANP	25,814	99.77	99.04	100.00	60.21	0.00	97.93
YECH	25,841	99.63	97.66	100.00	60.61	0.00	95.77
YODK	27,255	99.94	99.75	99.97	60.52	0.00	99.75
YOIN	24,804	99.63	98.95	99.77	59.49	0.00	98.97
YONK	26,431	99.86	99.14	100.00	60.52	0.00	98.60
YOWL	26,698	99.85	99.26	100.00	60.60	0.00	98.66
평균	26,299	99.73	99.00	99.99	60.42	0.00	98.36

표 1-6. 2016년 3월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,053	99.91	98.78	100.00	60.92	0.00	98.33
BOEN	26,698	99.41	98.78	100.00	61.04	0.00	98.38
BONH	25,952	99.60	99.23	100.00	61.27	0.00	98.89
CHCN	26,627	99.58	98.51	100.00	60.91	0.00	97.61
CHEN	24,507	99.58	98.31	100.00	61.20	0.00	96.83
CHJU	25,082	99.59	98.53	100.00	60.84	0.00	97.78
CHLW	24,717	99.77	98.84	100.00	61.19	0.00	98.00
CHNG	26,635	99.77	99.12	100.00	60.86	0.00	98.18
CHSG	26,119	99.90	99.46	100.00	61.52	0.00	99.16
CHUL	26,632	99.61	99.42	100.00	61.28	0.00	99.19
CHWN	25,647	99.69	98.85	100.00	61.32	0.00	97.84
CHYG	25,670	99.85	99.61	100.00	61.05	0.00	99.17
CNJU	25,005	99.28	98.35	100.00	60.85	0.00	97.34
DANJ	26,879	99.68	98.97	100.00	61.41	0.00	98.70
DOND	26,578	99.86	99.11	100.00	61.34	0.00	98.55
DONH	26,936	99.64	99.25	100.00	61.15	0.00	99.08
GANH	25,286	99.48	98.51	100.00	60.93	0.00	97.86
GOCH	25,310	99.90	99.64	100.00	61.00	0.00	99.34
GOJE	26,589	99.97	99.91	99.99	61.17	0.00	99.91
GOSG	26,630	99.36	98.65	100.00	61.04	0.00	98.14
GSAN	26,249	99.78	98.83	100.00	61.16	0.00	97.65
HADG	24,370	99.86	99.38	100.00	61.06	0.00	98.92
HCHN	25,707	99.37	98.75	100.00	61.40	0.00	98.25
HONC	26,549	99.69	98.77	100.00	60.72	0.00	97.69
INCH	26,010	99.27	96.31	100.00	60.78	0..00	93.84

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
INJE	24,196	99.77	98.96	100.00	60.49	0.00	97.82
JAHG	27,001	99.88	99.15	100.00	61.05	0.00	98.62
JEJU	26,965	99.79	98.78	100.00	61.45	0.00	97.46
JIND	27,207	99.93	99.90	99.96	61.20	0.00	99.92
JINJ	27,140	99.82	99.58	100.00	61.42	0.00	99.55
JUNG	25,791	99.67	98.17	100.00	60.46	0.00	96.19
JUNJ	24,752	99.49	98.43	100.00	60.90	0.00	97.39
KANR	24,117	99.61	99.03	100.00	61.20	0.00	97.82
KIMC	26,414	99.75	98.47	100.00	61.26	0.00	97.40
KUNW	26,287	99.68	98.35	100.00	61.51	0.00	97.18
KUSN	25,051	99.90	99.33	99.94	61.64	0.00	99.34
KWNJ	23,837	99.04	97.80	100.00	61.18	0.00	96.30
MUJU	25,724	99.66	98.91	100.00	61.46	0.00	98.30
NAMW	26,332	99.80	98.91	100.00	60.93	0.00	98.23
NONS	26,407	99.69	98.67	100.00	61.07	0.00	97.78
PAJU	26,927	99.89	99.38	100.00	61.00	0.00	98.78
PUSN	24,527	99.81	99.32	100.00	60.98	0.00	98.61
SEJN	27,000	99.81	99.66	100.00	61.41	0.00	99.29
SEOS	26,960	99.66	99.42	100.00	61.32	0.00	99.30
SMAN	-	-	-	-	-	-	-
SNJU	24,491	99.53	99.14	100.00	61.48	0.00	98.59
SONC	24,952	99.55	98.12	100.00	60.77	0.00	96.67
SUWN	24,768	99.27	97.63	100.00	61.39	0.00	95.78
TABK	25,666	99.59	99.33	100.00	61.09	0.00	98.91
TEGN	26,570	99.79	99.39	100.00	61.42	0.00	99.07
WNJU	26,478	99.22	98.75	100.00	61.04	0.00	98.28
WOLS	24,693	99.61	98.44	100.00	60.34	0.00	97.65
WULJ	27,028	99.82	99.76	100.00	61.52	0.00	99.74
YANP	25,579	99.76	98.99	100.00	60.60	0.00	97.86
YECH	25,350	99.59	97.61	100.00	61.31	0.00	95.59
YODK	27,031	99.94	99.78	99.96	60.91	0.00	99.78
YOIN	23,695	99.74	99.10	99.81	61.38	0.00	99.11
YONK	25,998	99.85	98.91	100.00	61.36	0.00	98.23
YOWL	26,275	99.80	99.43	100.00	61.47	0.00	98.76
평균	25,873	99.67	98.90	99.99	61.13	0.00	98.17

표 1-7. 2016년 4월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	-	-	-	-	-	-	-
BOEN	27,715	99.42	98.66	100.00	61.42	0.00	98.16
BONH	26,990	99.76	99.40	100.00	61.73	0.00	99.08
CHCN	27,465	99.48	97.96	100.00	61.43	0.00	96.65

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
CHEN	25,476	99.51	98.26	100.00	61.52	0.00	96.48
CHJU	26,175	99.64	98.73	100.00	61.37	0.00	97.86
CHLW	-	-	-	-	-	-	-
CHNG	27,591	99.78	99.07	100.00	61.62	0.00	98.07
CHSG	27,215	99.89	99.45	100.00	61.87	0.00	99.07
CHUL	24,877	84.36	81.07	100.00	52.92	0.00	80.36
CHWN	26,707	99.60	98.64	100.00	61.53	0.00	97.47
CHYG	26,737	99.82	99.48	100.00	61.46	0.00	98.89
CNJU	25,949	99.37	98.44	100.00	61.32	0.00	97.29
DANJ	28,066	99.72	99.20	100.00	61.67	0.00	98.89
DOND	27,658	99.89	99.03	100.00	61.75	0.00	98.49
DONH	27,998	99.64	99.22	100.00	61.69	0.00	98.89
GANH	26,303	98.67	97.73	100.00	60.79	0.00	96.94
GOCH	26,383	99.90	99.65	100.00	61.51	0.00	99.44
GOJE	27,618	99.95	99.89	99.96	61.69	0.00	99.89
GOSG	27,741	99.50	98.72	100.00	61.46	0.00	98.10
GSAN	27,298	99.67	98.25	100.00	61.26	0.00	97.14
HADG	25,431	99.82	99.24	100.00	61.43	0.00	98.72
HCHN	26,681	99.48	95.54	100.00	61.69	0.00	94.70
HONC	26,989	99.61	98.35	100.00	61.34	0.00	96.82
INCH	26,893	99.23	95.79	100.00	61.00	0.00	92.65
INJE	24,867	99.75	98.70	100.00	61.26	0.00	97.84
JAHG	27,902	99.81	99.05	100.00	61.81	0.00	98.30
JEJU	28,031	99.80	98.92	100.00	61.66	0.00	97.75
JIND	28,269	99.90	99.79	99.93	61.60	0.00	99.80
JINJ	28,324	99.68	99.53	100.00	61.62	0.00	99.47
JUNG	26,581	99.66	98.01	100.00	60.78	0.00	96.02
JUNJ	25,674	99.47	98.53	100.00	61.39	0.00	97.33
KANR	25,124	99.62	98.96	100.00	61.40	0.00	97.88
KIMC	27,481	99.80	98.60	100.00	61.58	0.00	97.29
KUNW	27,369	99.73	98.15	100.00	61.63	0.00	96.61
KUSN	26,646	99.88	99.17	99.83	60.91	0.00	99.17
KWNJ	24,799	99.04	97.45	100.00	61.08	0.00	95.56
MUJU	26,761	99.62	98.56	100.00	61.66	0.00	97.71
NAMW	27,130	99.79	98.90	100.00	61.68	0.00	97.90
NONS	27,296	99.64	98.32	100.00	61.75	0.00	96.72
PAJU	-	-	-	-	-	-	-
PUSN	25,339	99.84	99.19	100.00	61.64	0.00	98.30
SEJN	28,127	99.77	99.51	100.00	61.65	0.00	99.16
SEOS	28,152	99.71	99.38	100.00	61.65	0.00	99.24
SMAN	28,052	99.97	99.90	100.00	61.78	0.00	99.90
SNJU	25,523	99.60	99.21	100.00	61.81	0.00	98.52
SONC	25,881	99.67	98.60	100.00	61.34	0.00	97.19
SUWN	25,777	99.29	97.69	100.00	61.45	0.00	95.80

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
TABK	26,722	99.60	99.30	100.00	61.44	0.00	98.81
TEGN	-	-	-	-	-	-	-
WNJU	27,661	99.41	98.85	100.00	61.35	0.00	98.28
WOLS	25,476	99.64	98.46	100.00	61.02	0.00	97.60
WULJ	28,193	99.84	99.79	100.00	61.75	0.00	99.78
YANP	26,446	99.78	98.95	100.00	61.43	0.00	97.80
YECH	26,090	99.49	97.41	100.00	61.42	0.00	95.16
YODK	27,995	99.94	99.80	99.96	61.70	0.00	99.80
YOIN	25,040	99.76	99.07	99.78	57.93	0.00	99.07
YONK	27,105	99.81	98.80	100.00	61.56	0.00	97.71
YOWL	27,403	99.78	99.09	100.00	61.71	0.00	98.38
평균	26,822	99.38	98.43	99.99	61.27	0.00	97.56

표 1-8. 2016년 5월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	28,015	99.89	99.41	100.00	61.82	0.00	99.02
BOEN	27,382	99.45	98.42	100.00	61.50	0.00	97.78
BONH	26,941	99.78	99.43	100.00	61.85	0.00	98.99
CHCN	27,170	99.40	96.79	100.00	61.53	0.00	94.34
CHEN	25,198	99.43	97.05	100.00	61.11	0.00	95.07
CHJU	26,137	99.61	98.87	100.00	61.37	0.00	98.06
CHLW	25,651	99.75	98.71	100.00	61.65	0.00	97.60
CHNG	27,419	99.79	98.95	100.00	61.63	0.00	97.96
CHSG	27,125	99.86	99.33	100.00	61.85	0.00	98.57
CHUL	27,636	99.63	99.36	100.00	61.76	0.00	99.04
CHWN	26,477	99.50	98.14	100.00	61.53	0.00	96.59
CHYG	26,662	99.83	99.42	100.00	61.56	0.00	98.80
CNJU	25,655	99.04	97.82	100.00	61.16	0.00	96.35
DANJ	28,010	99.76	99.20	100.00	61.82	0.00	98.90
DOND	27,555	99.79	98.92	100.00	61.86	0.00	98.28
DONH	27,907	99.62	99.03	100.00	61.83	0.00	98.33
GANH	26,346	99.64	98.53	100.00	61.31	0.00	97.78
GOCH	26,353	99.94	99.57	100.00	61.57	0.00	99.25
GOJE	27,590	99.96	99.91	99.98	61.76	0.00	99.91
GOSG	27,561	99.42	98.56	100.00	61.48	0.00	98.03
GSAN	27,112	99.75	98.21	100.00	61.41	0.00	96.70
HADG	25,319	99.80	99.12	100.00	61.63	0.00	98.49
HCHN	26,419	99.48	98.35	100.00	61.88	0.00	97.42
HONC	26,815	99.57	98.28	100.00	61.47	0.00	96.74
INCH	26,201	99.08	95.68	100.00	61.01	0.00	92.00
INJE	24,794	99.77	98.61	100.00	61.43	0.00	97.66
JAHG	27,726	99.74	98.97	100.00	61.86	0.00	98.08

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
JEJU	27,902	99.73	98.47	100.00	61.55	0.00	97.34
JIND	28,017	99.88	99.55	99.95	61.52	0.00	99.58
JINJ	28,288	99.73	99.51	100.00	61.74	0.00	99.41
JUNG	-	-	-	-	-	-	-
JUNJ	25,427	99.41	98.42	100.00	61.42	0.00	97.35
KANR	25,017	99.64	99.02	100.00	61.47	0.00	98.07
KIMC	27,303	99.68	98.19	100.00	61.55	0.00	96.82
KUNW	26,896	99.56	97.74	100.00	61.63	0.00	95.56
KUSN	26,552	99.88	99.28	99.92	61.03	0.00	99.29
KWNJ	24,073	98.90	97.23	100.00	60.77	0.00	95.34
MUJU	26,625	99.47	98.12	100.00	61.53	0.00	97.02
NAMW	26,933	99.74	98.72	100.00	61.70	0.00	97.68
NONS	26,964	99.63	97.93	100.00	61.73	0.00	96.19
PAJU	27,792	99.83	99.19	100.00	61.77	0.00	98.50
PUSN	25,223	99.83	98.87	100.00	61.74	0.00	98.03
SEJN	28,044	99.78	99.44	100.00	61.80	0.00	99.10
SEOS	28,079	99.68	99.31	100.00	61.74	0.00	99.01
SMAN	28,019	99.97	99.90	100.00	61.87	0.00	99.91
SNJU	25,404	99.59	99.12	100.00	62.00	0.00	98.30
SONC	25,827	99.68	98.37	100.00	61.34	0.00	96.73
SUWN	25,538	99.34	97.56	100.00	61.75	0.00	95.30
TABK	26,608	99.59	99.15	100.00	61.51	0.00	98.72
TEGN	27,658	99.75	99.45	100.00	61.68	0.00	99.24
WNJU	27,555	99.44	98.82	100.00	61.41	0.00	98.10
WOLS	25,296	99.64	98.13	100.00	61.14	0.00	97.10
WULJ	28,136	99.80	99.76	100.00	61.90	0.00	99.75
YANP	26,432	99.76	98.83	100.00	61.46	0.00	97.67
YECH	25,719	99.54	97.42	100.00	61.55	0.00	94.96
YODK	27,904	99.95	99.75	99.97	61.79	0.00	99.75
YOIN	24,713	99.68	99.18	99.72	59.07	0.00	99.19
YONK	26,800	99.59	98.30	100.00	61.40	0.00	96.57
YOWL	27,260	99.97	98.82	100.00	61.80	0.00	97.67
평균	26,744	99.60	98.69	99.99	61.53	0.00	97.74

표 1-9. 2016년 6월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,945	99.95	99.38	100.00	61.82	0.00	99.03
BOEN	27,290	99.20	98.35	100.00	61.44	0.00	97.70
BONH	26,892	99.74	99.32	100.00	61.83	0.00	98.84
CHCN	26,768	99.01	95.30	100.00	61.30	0.00	91.81
CHEN	25,186	99.43	97.30	100.00	61.29	0.00	95.15
CHJU	26,110	99.58	98.70	100.00	61.44	0.00	97.98

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
CHLW	25,531	99.78	98.84	100.00	61.81	0.00	97.66
CHNG	27,360	99.80	98.99	100.00	61.68	0.00	98.03
CHSG	27,094	99.86	99.32	100.00	61.86	0.00	98.59
CHUL	27,574	99.69	99.37	100.00	61.75	0.00	98.98
CHWN	26,395	99.60	98.10	100.00	61.60	0.00	96.63
CHYG	26,585	99.76	99.19	100.00	61.50	0.00	98.51
CNJU	25,399	99.08	97.84	100.00	61.35	0.00	96.33
DANJ	27,925	99.66	99.03	100.00	61.78	0.00	98.75
DOND	27,465	99.85	99.04	100.00	61.94	0.00	98.37
DONH	27,755	99.47	98.74	100.00	61.63	0.00	98.03
GANH	26,321	99.50	98.34	100.00	61.29	0.00	97.40
GOCH	26,296	99.89	99.52	100.00	61.57	0.00	99.22
GOJE	27,534	99.97	99.88	99.98	61.80	0.00	99.87
GOSG	27,474	99.29	98.48	100.00	61.47	0.00	97.82
GSAN	26,905	99.68	98.41	100.00	61.59	0.00	96.64
HADG	25,275	99.87	99.22	100.00	61.71	0.00	98.70
HCHN	26,323	99.47	98.40	100.00	61.85	0.00	97.46
HONC	26,627	99.62	98.43	100.00	61.60	0.00	96.77
INCH	25,530	98.99	94.91	100.00	60.72	0.00	90.58
INJE	24,767	99.79	98.64	100.00	61.60	0.00	97.61
JAHG	27,682	99.69	98.75	100.00	61.84	0.00	98.00
JEJU	27,635	99.72	98.92	100.00	61.77	0.00	97.79
JIND	27,981	99.89	99.69	99.92	61.49	0.00	99.71
JINJ	28,237	99.83	99.64	100.00	61.88	0.00	99.60
JUNG	26,125	99.57	97.49	100.00	60.72	0.00	95.44
JUNJ	25,336	99.49	98.57	100.00	61.44	0.00	97.58
KANR	24,965	99.64	98.89	100.00	61.44	0.00	97.97
KIMC	27,089	99.59	97.96	100.00	61.55	0.00	96.70
KUNW	26,853	99.65	97.86	100.00	61.64	0.00	95.70
KUSN	26,506	99.91	99.32	99.94	61.10	0.00	99.34
KWNJ	23,818	99.11	97.29	100.00	60.98	0.00	95.54
MUJU	26,498	99.63	98.25	100.00	61.62	0.00	97.11
NAMW	26,776	99.81	98.78	100.00	61.84	0.00	97.48
NONS	26,672	99.54	97.68	100.00	61.72	0.00	95.67
PAJU	27,630	99.83	99.02	100.00	61.76	0.00	98.04
PUSN	25,156	99.79	98.93	100.00	61.85	0.00	98.19
SEJN	27,971	99.76	99.44	100.00	61.79	0.00	99.13
SEOS	28,004	99.59	99.01	100.00	61.74	0.00	98.54
SMAN	27,975	99.97	99.89	100.00	61.91	0.00	99.90
SNJU	25,312	99.57	99.08	100.00	61.95	0.00	98.44
SONC	25,769	99.67	98.30	100.00	61.31	0.00	96.71
SUWN	25,264	99.35	97.89	100.00	62.03	0.00	95.69
TABK	26,562	99.61	99.24	100.00	61.46	0.00	98.77
TEGN	27,556	99.80	99.51	100.00	61.78	0.00	99.25

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
WNJU	27,522	99.43	98.74	100.00	61.45	0.00	97.90
WOLS	25,200	99.68	98.38	100.00	61.30	0.00	97.53
WULJ	28,113	99.85	99.83	100.00	61.93	0.00	99.82
YANP	26,405	99.80	98.92	100.00	61.45	0.00	97.88
YECH	25,439	99.63	97.52	100.00	61.66	0.00	95.48
YODK	27,847	99.91	99.78	99.94	61.81	0.00	99.78
YOIN	24,685	99.80	99.30	99.82	60.99	0.00	99.30
YONK	26,711	99.66	98.24	100.00	61.51	0.00	95.99
YOWL	27,207	99.79	98.53	100.00	61.88	0.00	97.35
평균	26,624	99.65	98.64	99.99	61.59	0.00	97.62

표 1-10. 2016년 7월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,950	99.89	99.47	100.00	61.88	0.00	99.01
BOEN	27,128	99.09	98.37	100.00	61.34	0.00	97.67
BONH	26,868	99.66	99.18	100.00	61.76	0.00	98.71
CHCN	26,261	98.95	94.77	100.00	61.35	0.00	90.43
CHEN	25,028	99.11	96.82	100.00	60.92	0.00	94.50
CHJU	26,030	99.55	98.71	100.00	61.45	0.00	97.93
CHLW	25,485	99.78	99.05	100.00	61.90	0.00	97.82
CHNG	27,308	99.77	98.97	100.00	61.69	0.00	98.03
CHSG	27,030	99.82	98.98	100.00	61.75	0.00	97.84
CHUL	27,484	99.70	99.32	100.00	61.68	0.00	99.00
CHWN	26,243	99.49	98.09	100.00	61.55	0.00	96.71
CHYG	26,517	99.79	98.85	100.00	61.47	0.00	98.04
CNJU	25,157	98.87	97.66	100.00	61.36	0.00	95.99
DANJ	27,937	99.63	98.90	100.00	61.81	0.00	98.48
DOND	27,400	99.80	99.02	100.00	62.01	0.00	97.98
DONH	27,687	99.47	98.79	100.00	61.75	0.00	97.91
GANH	26,290	99.55	98.36	100.00	61.35	0.00	97.41
GOCH	26,260	99.92	99.52	100.00	61.58	0.00	99.16
GOJE	27,495	99.95	99.83	99.99	61.69	0.00	99.84
GOSG	27,440	98.97	97.94	100.00	61.16	0.00	97.05
GSAN	26,675	99.66	98.46	100.00	61.43	0.00	96.88
HADG	25,320	99.83	99.17	100.00	61.72	0.00	98.46
HCHN	26,135	99.40	98.40	100.00	61.86	0.00	97.30
HONC	26,439	99.54	98.59	100.00	61.64	0.00	97.13
INCH	25,107	98.81	94.49	100.00	60.39	0.00	90.05
INJE	24,704	99.77	98.39	100.00	61.58	0.00	97.19
JAHG	27,555	99.59	98.65	100.00	61.89	0.00	97.74
JEJU	28,171	99.88	99.46	100.00	61.95	0.00	98.91
JIND	27,866	99.60	99.26	99.87	61.48	0.00	99.42

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
JINJ	28,240	99.72	99.55	100.00	61.80	0.00	99.52
JUNG	25,772	99.50	97.47	100.00	60.47	0.00	95.57
JUNJ	25,199	99.45	98.51	100.00	61.47	0.00	97.39
KANR	24,917	99.66	98.99	100.00	61.51	0.00	98.08
KIMC	26,926	99.68	98.00	100.00	61.61	0.00	96.70
KUNW	26,640	99.40	97.29	100.00	61.30	0.00	94.95
KUSN	26,435	99.88	99.33	99.92	61.13	0.00	99.35
KWNJ	23,665	98.89	97.26	100.00	60.82	0.00	95.53
MUJU	26,413	99.62	98.24	100.00	61.54	0.00	96.88
NAMW	26,651	99.70	98.74	100.00	61.80	0.00	97.48
NONS	26,442	99.51	97.59	100.00	61.51	0.00	95.59
PAJU	27,547	99.78	98.70	100.00	61.65	0.00	97.81
PUSN	25,093	99.84	98.67	100.00	61.91	0.00	97.81
SEJN	27,910	99.73	99.35	100.00	61.76	0.00	99.10
SEOS	27,948	99.48	98.92	100.00	61.71	0.00	98.36
SMAN	27,979	99.96	99.86	100.00	61.90	0.00	99.87
SNJU	25,321	99.49	98.94	100.00	61.93	0.00	98.18
SONC	25,818	99.59	98.13	100.00	61.25	0.00	96.38
SUWN	25,078	99.27	97.74	100.00	62.03	0.00	95.67
TABK	26,497	99.67	99.15	100.00	61.50	0.00	98.69
TEGN	27,539	99.66	99.40	100.00	61.65	0.00	99.17
WNJU	27,463	99.42	98.77	100.00	61.47	0.00	98.04
WOLS	25,083	99.65	98.42	100.00	61.32	0.00	97.50
WULJ	28,107	99.80	99.79	100.00	61.87	0.00	99.79
YANP	26,418	99.82	98.98	100.00	61.52	0.00	97.73
YECH	25,337	99.58	97.49	100.00	61.58	0.00	95.15
YODK	27,807	99.92	99.74	99.95	61.69	0.00	99.74
YOIN	24,469	99.79	99.33	99.82	60.91	0.00	99.34
YONK	26,564	99.47	98.09	100.00	61.29	0.00	96.04
YOWL	27,068	99.69	98.56	100.00	61.88	0.00	97.28
평균	26,531	99.58	98.55	99.99	61.55	0.00	97.48

표 1-11. 2016년 8월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,891	99.91	99.39	100.00	61.84	0.00	98.97
BOEN	27,147	99.40	98.78	100.00	61.63	0.00	98.14
BONH	26,813	99.64	99.07	100.00	61.79	0.00	98.62
CHCN	26,461	99.13	95.04	100.00	61.21	0.00	91.29
CHEN	25,036	99.44	97.02	100.00	61.06	0.00	94.83
CHJU	25,953	99.56	98.82	100.00	61.62	0.00	98.04
CHLW	-	-	-	-	-	-	-
CHNG	-	-	-	-	-	-	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
CHSG	-	-	-	-	-	-	-
CHUL	27,008	99.81	99.17	100.00	61.84	0.00	98.20
CHWN	27,457	99.56	99.14	100.00	61.63	0.00	98.87
CHYG	26,500	99.83	99.02	100.00	61.54	0.00	98.25
CNJU	-	-	-	-	-	-	-
DANJ	27,865	99.65	98.94	100.00	61.77	0.00	98.56
DOND	27,371	99.85	98.96	100.00	61.99	0.00	98.11
DONH	27,598	99.46	98.70	100.00	61.74	0.00	97.82
GANH	26,273	99.57	98.20	100.00	61.28	0.00	97.37
GOCH	26,192	99.94	99.53	100.00	61.69	0.00	99.13
GOJE	27,459	99.96	99.80	99.97	61.66	0.00	99.81
GOSG	27,313	99.29	98.40	100.00	61.56	0.00	97.47
GSAN	26,773	99.62	98.23	100.00	61.37	0.00	96.50
HADG	-	-	-	-	-	-	-
HCHN	26,135	99.51	98.53	100.00	61.84	0.00	97.52
HONC	26,576	99.58	98.43	100.00	61.63	0.00	96.79
INCH	25,238	98.91	94.80	100.00	60.66	0.00	90.12
INJE	24,714	99.75	98.29	100.00	61.50	0.00	97.24
JAHG	27,546	99.74	98.85	100.00	62.05	0.00	97.89
JEJU	28,099	99.86	99.37	100.00	61.96	0.00	98.75
JIND	27,825	99.83	99.55	99.86	61.64	0.00	99.56
JINJ	28,172	99.72	99.55	100.00	61.86	0.00	99.51
JUNG	26,051	99.63	97.45	100.00	60.73	0.00	94.83
JUNJ	25,202	99.35	98.36	100.00	61.23	0.00	97.33
KANR	24,884	99.65	98.94	100.00	61.52	0.00	98.08
KIMC	27,062	99.70	98.28	100.00	61.58	0.00	96.89
KUNW	26,702	99.52	97.59	100.00	61.45	0.00	95.35
KUSN	26,402	99.92	99.34	99.94	61.12	0.00	99.35
KWNJ	23,816	98.90	96.75	100.0	60.79	0.00	95.04
MUJU	26,400	99.67	98.35	100.00	61.72	0.00	97.13
NAMW	26,692	99.69	98.70	100.00	61.81	0.00	97.55
NONS	26,569	99.53	97.68	100.00	61.64	0.00	95.80
PAJU	27,548	99.79	98.67	100.00	61.65	0.00	97.80
PUSN	25,021	99.80	98.90	100.00	62.03	0.00	98.04
SEJN	27,884	99.80	99.38	100.00	61.80	0.00	99.11
SEOS	27,904	99.59	99.07	100.00	61.78	0.00	98.59
SMAN	27,924	99.96	99.88	100.00	61.93	0.00	99.88
SNJU	25,238	99.50	98.91	100.00	62.15	0.00	98.17
SONC	-	-	-	-	-	-	-
SUWN	25,197	99.32	97.69	100.00	61.82	0.00	95.69
TABK	26,481	99.59	99.13	100.00	61.50	0.00	98.60
TEGN	27,438	99.76	99.35	100.00	61.74	0.00	99.02
WNJU	27,480	99.40	98.68	100.00	61.28	0.00	97.98
WOLS	25,057	99.68	98.50	100.00	61.33	0.00	97.55

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
WULJ	28,050	99.88	99.86	100.00	61.93	0.00	99.86
YANP	26,324	99.78	99.05	100.00	61.45	0.00	98.04
YECH	25,412	99.53	97.43	100.00	61.53	0.00	95.39
YODK	27,780	99.98	99.77	99.99	61.74	0.00	99.77
YOIN	24,580	99.72	99.13	99.73	58.44	0.00	99.13
YONK	26,655	99.47	98.16	100.00	61.47	0.00	96.13
YOWL	27,101	99.76	98.39	100.00	61.82	0.00	97.15
평균	26,609	99.63	98.58	99.99	61.53	0.00	97.56

표 1-12. 2016년 9월 1일 상시기준국 측정치 획득률 (%)

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	27,867	99.88	99.45	100.00	61.96	0.00	99.09
BOEN	27,147	99.37	98.66	100.00	61.66	0.00	97.93
BONH	26,734	99.64	99.04	100.00	61.92	0.00	98.71
CHCN	26,598	99.11	95.48	100.00	61.63	0.00	92.19
CHEN	25,049	99.12	96.80	100.00	60.86	0.00	94.65
CHJU	25,922	99.69	98.82	100.00	61.71	0.00	98.10
CHLW	25,361	99.69	98.92	100.00	61.85	0.00	97.87
CHNG	27,256	99.79	99.00	100.00	61.85	0.00	97.96
CHSG	27,004	99.81	99.17	100.00	61.85	0.00	98.22
CHUL	27,412	99.54	99.02	100.00	61.74	0.00	98.63
CHWN	26,240	99.51	97.93	100.00	61.65	0.00	96.51
CHYG	26,475	99.78	98.97	100.00	61.55	0.00	98.21
CNJU	25,338	99.12	97.83	100.00	61.43	0.00	96.46
DANJ	27,854	99.75	99.32	100.00	62.02	0.00	99.05
DOND	27,304	99.78	98.89	100.00	62.05	0.00	98.06
DONH	27,511	99.43	98.71	100.00	61.80	0.00	97.91
GANH	26,302	99.53	98.13	100.00	61.30	0.00	97.38
GOCH	26,145	99.93	99.33	100.00	61.76	0.00	98.98
GOJE	27,454	99.95	99.82	99.96	61.82	0.00	99.82
GOSG	27,316	99.31	98.25	100.00	61.47	0.00	97.33
GSAN	26,758	99.61	98.15	100.00	61.40	0.00	96.54
HADG	25,224	99.89	99.43	100.00	61.86	0.00	98.76
HCHN	26,098	99.36	98.45	100.00	61.94	0.00	97.41
HONC	26,511	99.63	98.55	100.00	61.65	0.00	97.07
INCH	25,426	98.49	94.30	100.00	60.22	0.00	90.27
INJE	-	-	-	-	-	-	-
JAHG	27,571	99.71	98.76	100.00	62.08	0.00	97.90
JEJU	28,050	99.94	99.52	100.00	62.11	0.00	98.95
JIND	27,829	99.82	99.48	99.90	61.71	0.00	99.51
JINJ	28,155	99.76	99.57	100.00	61.96	0.00	99.55
JUNG	26,107	99.54	97.42	100.00	60.85	0.00	95.05
JUNJ	25,253	99.37	98.31	100.00	61.41	0.00	97.21

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	측정횟수	L1	L2	C1	C2	P1	P2
KANR	24,865	99.65	99.01	100.00	61.63	0.00	98.23
KIMC	27,036	99.75	98.17	100.00	61.76	0.00	96.80
KUNW	26,705	99.44	97.40	100.00	61.54	0.00	95.14
KUSN	26,416	99.85	99.25	99.89	61.18	0.00	99.27
KWNJ	23,915	98.78	96.66	100.00	60.93	0.00	94.76
MUJU	26,436	99.67	98.47	100.00	61.89	0.00	97.27
NAMW	26,654	99.77	98.75	100.00	61.92	0.00	97.52
NONS	27,140	99.54	97.97	100.00	61.68	0.00	96.69
PAJU	27,532	99.68	98.63	100.00	61.63	0.00	97.87
PUSN	24,958	99.80	98.71	100.00	62.10	0.00	97.92
SEJN	27,910	99.76	99.43	100.00	61.94	0.00	99.06
SEOS	27,887	99.63	98.97	100.00	61.85	0.00	98.54
SMAN	27,903	99.98	99.90	100.00	61.99	0.00	99.91
SNJU	25,240	99.52	98.93	100.00	62.19	0.00	98.19
SONC	25,684	99.62	98.36	100.00	61.45	0.00	96.52
SUWN	25,197	99.27	97.79	100.00	61.92	0.00	95.96
TABK	26,398	99.64	99.22	100.00	61.58	0.00	98.80
TEGN	27,413	99.71	99.29	100.00	61.81	0.00	99.00
WNJU	27,468	99.45	98.78	100.00	61.50	0.00	98.20
WOLS	25,016	99.61	98.59	100.00	61.46	0.00	97.64
WULJ	28,028	99.83	99.83	100.00	62.02	0.00	99.82
YANP	26,331	99.79	99.10	100.00	61.55	0.00	97.99
YECH	25,366	99.65	97.48	100.00	61.57	0.00	95.64
YODK	27,805	99.96	99.76	99.99	61.77	0.00	99.76
YOIN	24,513	99.77	99.29	99.78	56.49	0.00	99.29
YONK	26,642	99.54	98.30	100.00	61.53	0.00	96.34
YOWL	27,106	99.74	98.59	100.00	61.94	0.00	97.53
평균	26,566	99.61	98.59	99.99	61.58	0.00	97.60

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

[별첨 2]

표 2-1. 2015년 10월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	3	324.08	5.31
	6	238.90	6.09
		239.88	7.23
	31	239.73	8.71
JIND	3	164.79	5.98
		164.67	6.15
		163.23	8.12
	6	140.05	6.40
		140.47	5.09
	8	208.16	7.59
	9	236.66	8.26
		233.91	6.18
		233.74	6.05
		233.40	5.79
		232.56	5.15
	25	175.71	6.87
		174.36	9.87
		147.19	10.25
		173.94	10.83
		173.70	11.41
		173.62	11.61
		173.54	11.80
KUSN	1	63.69	17.42
		64.13	16.95
		64.27	16.80
		64.57	16.49
		65.31	15.72
	3	45.28	13.71
		45.44	12.95
	6	135.83	15.02
		136.05	14.64
		137.42	12.14
	9	42.00	16.37
		41.96	16.18
		41.68	14.48
	24	60.71	18.78
		62.48	16.70
		64.42	14.51
		64.84	14.04
	27	68.74	17.77
		69.07	17.47
		70.68	16.00
		71.98	14.84
		76.20	11.13
	30	117.04	12.51
		41.45	14.55
YODK	6	142.72	6.76
		142.87	6.37
		143.02	5.98
	8	210.51	5.08
YOIN	1	65.83	16.94
		67.00	15.70
		67.44	15.23
		67.59	15.08
		68.92	13.71
	3	158.54	14.88
		157.31	16.96
		157.09	17.34
		45.47	17.40
		45.61	16.43
		45.64	16.24
		321.94	9.08
	5	227.48	11.10
	6	135.62	16.31
		137.92	12.03
		138.02	11.84
		139.24	9.33
	8	96.02	16.91
		96.88	16.16
		97.05	16.01
		98.08	15.12
	9	141.90	15.74
		141.75	15..91
		140.14	17.80
		139.69	18.32
		139.54	18.49
		42.84	18.75
		42.80	18.56
		42.63	17.81
		42.59	17.62
		42.44	16.86
	12	247.81	6.36
		247.64	6.23

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	15	215.51	12.77
	24	64.66	16.06
		65.34	15.26
		65.62	14.95
		65.76	14.79
	25	318.34	8.28
		287.16	7.09
		286.96	7.01
		286.55	6.87
		285.55	6.49
		284.16	5.94
		50.74	16.31
	26	96.26	17.75
		96.95	17.15
		97.99	16.25
		98.34	15.95
		98.68	15.65
	27	71.71	16.66
		72.83	15.62
		194.53	7.37
	30	118.98	11.44
		318.60	7.86

표 2-2. 2015년 11월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	1	192.67	5.10
	6	240.14	8.72
		139.67	10.34
JIND	3	164.44	5.64
		163.71	6.60
		162.62	8.08
		162.37	8.41
	6	236.04	7.52
		236.31	7.86
		236.72	8.36
		137.70	9.25
		235.81	7.26
	9	234.69	6.43
		234.01	5.92
	30	208.56	6.21
		208.42	6.07

상시기준국	PRN	방위각	고도각
KUSN	1	64.18	16.75
		61.10	14.76
	6	135.02	14.81
	8	107.00	5.36
	9	41.70	14.34
	24	60.68	18.69
		62.17	16.93
		62.45	16.61
		64.52	14.27
		64.66	14.11
	25	49.55	15.78
		49.64	15.60
	27	68.49	18.22
		68.81	17.93
		69.14	17.63
		70.59	16.31
		70.92	16.02
		75.81	11.72
		76.62	11.02
	30	41.11	14.10
YODK	3	166.01	6.06
	6	141.61	7.59
		142.08	6.43
		142.23	6.04
	8	210.31	6.50
YOIN	1	67.79	14.72
		69.27	13.20
		190.48	8.19
	3	45.36	16.76
		45.42	16.38
		158.87	13.15
		158.76	13.33
		158.42	13.88
		157.86	14.81
	6	134.79	16.10
		137.03	12.04
		137.63	10.89
		138.20	9.73
		138.66	8.77
	8	95.30	16.75
		96.51	15.71
	9	146.60	10.59
		146.33	10.92
		145.22	12.25

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		143.39	14.43
		142.68	15.28
		141.96	16.14
		141.23	17.00
		140.79	17.52
		140.05	18.38
		139.90	18.55
		42.75	18.24
		322.48	9.05
	15	214.83	9.31
	24	188.40	9.44
		188.33	9.95
		188.10	11.28
		188.07	11.49
	25	285.11	6.67
		284.91	6.59
		172.11	14.64
		171.89	15.26
		171.75	15.67
		171.47	16.51
	26	96.99	16.96
		98.37	15.76
	27	71.63	16.97
	30	120.39	10.44
		117.09	13.06
		112.34	16.58

표 2-3. 2015년 12월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	1	77.60	5.40
JIND	3	163.19	6.32
		163.06	6.48
		159.63	11.14
		159.51	11.31
	6	138.01	7.33
		139.17	4.89
	9	237.83	8.63
		236.78	7.85
		235.40	6.81
		235.06	6.55
		234.21	5.91

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		234.04	5.78
	25	175.21	6.47
	30	208.19	5.81
		208.04	5.66
		207.90	5.52
		207.46	5.08
		207.32	4.94
KUSN	6	134.40	14.55
	8	106.72	5.02
	9	146.08	11.42
	24	60.23	19.09
		60.63	18.60
		62.39	16.52
		65.72	12.79
	25	49.24	15.88
		49.51	15.34
	27	70.59	16.56
		71.74	15.55
		72.55	14.82
		75.33	12.40
		75.49	12.26
	30	116.64	12.97
YODK	9	153.74	6.01
	30	126.65	8.41
YOIN	1	67.20	15.15
		69.12	13.16
		69.27	13.01
		19.39	7.89
		65.77	16.67
		65.91	16.51
		67.23	15.12
	3	45.19	16.26
		322.33	8.91
		159.39	10.99
		159.16	11.35
		158.94	11.71
		157.68	13.71
		157.45	14.07
		157.22	14.44
		156.99	14.81
		156.54	15.56
	6	134.61	15.08
		134.72	14.89
		135.92	12.77

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		136.74	11.24
		137.81	9.13
		138.00	8.75
		138.18	8.37
		138.36	7.99
		138.55	7.61
	8	84.85	16.53
		95.89	15.64
		96.92	14.75
		97.26	14.45
		97.76	14.00
	9	143.49	14.56
		143.35	14.73
		143.06	15.07
		42.86	18.62
		42.63	17.48
		322.83	8.37
		145.29	12.40
		144.46	13.40
	24	64.42	16.04
		66.06	14.14
	25	285.32	7.17
		284.12	6.71
		283.52	6.47
		283.32	6.39
		283.13	6.31
		282.14	5.89
		50.00	16.86
	26	98.32	15.79
	27	194.99	5.51
		194.95	6.12
		194.94	6.32
		194.89	7.34
		73.08	15.88
	30	119.12	11.50
		117.37	12.88
		114.86	14.79
		114.13	15.33
		113.01	16.14
		112.26	16.67

표 2-4. 2016년 1월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	138.26	10.71
		138.55	10.14
	9	41.94	5.60
JIND	3	162.48	7.14
		162.24	7.47
		161.99	7.80
	6	137.95	6.40
	9	236.66	7.77
		236.14	7.39
		234.08	5.84
		233.91	5.71
	30	208.39	6.09
		208.25	5.94
		208.10	5.79
		207.96	5.65
		207.38	5.07
KUSN	1	62.48	18.19
		62.63	18.03
		68.38	12.09
	24	60.61	18.42
		61.14	17.78
		62.23	16.50
		62.36	16.34
		62.50	16.18
		64.29	14.15
		64.70	13.68
		65.68	12.61
	25	49.17	15.35
		49.26	15.17
	26	109.10	5.13
	27	70.61	16.86
		71.27	16.28
		72.57	15.12
		73.07	14.69
		73.23	14.55
YODK	3	165.49	5.66
	6	140.02	8.59
		140.78	6.85
	8	209.43	5.82
		209.56	6.42
	10	189.47	7.72

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		189.09	7.00
	27	197.15	8.79
	30	129.84	5.66
		126.59	8.41
YOIN	1	66.07	16.15
		66.65	15.53
		68.26	13.84
	3	322.23	9.01
		160.33	9.42
		159.30	11.01
		158.96	11.54
		157.82	13.35
		156.67	15.20
		156.33	15.76
	6	136.16	11.25
		137.64	8.39
		137.91	7.82
	8	96.74	14.44
		97.25	13.99
	9	145.64	12.01
		145.36	12.34
		142.82	15.38
		142.25	16.06
		142.10	16.24
		140.79	17.79
		140.64	17.96
	10	305.91	7.84
		188.52	9.51
		188.34	9.13
		188.25	8.95
		188.17	8.76
	24	64.38	15.86
		64.93	15.22
	25	283.64	7.07
		281.07	5.98
		279.70	5.36
		279.51	5.27
		319.43	8.42
	26	96.86	17.17
		97.73	16.42
		98.24	15.97
	27	195.16	6.55
		195.12	7.37
	30	120.42	10.39
		118.70	11.77
		118.35	12.04
		117.12	13.01
		114.97	14.65
		114.79	14.78

표 2-5. 2016년 2월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	137.80	10.84
	25	176.85	4.90
JIND	6	233.04	6.13
		233.29	6.47
	8	206.60	6.90
	9	234.51	6.35
		234.17	6.09
		233.66	5.71
		233.49	5.58
		232.81	5.07
		232.64	4.95
KUSN	1	66.60	13.70
		67.19	13.11
		69.75	10.60
		71.42	9.00
	3	45.30	12.23
		45.51	11.29
	9	41.69	13.55
	10	60.25	10.68
	24	61.56	17.05
		62.10	16.42
		63.60	14.68
		64.29	13.91
		64.84	13.29
		64.98	13.13
		65.68	12.37
	25	49.11	14.61
	27	70.53	16.75
		74.29	13.44
		81.01	7.73
YODK	1	192.18	8.26
	3	166.08	5.80
	6	140.27	7.19
		140.35	7.00

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		140.44	6.81
	8	209.39	6.63
	10	189.11	6.94
	24	190.45	7.54
	26	211.73	6.03
YOIN	1	190.44	5.90
		190.22	7.31
		68.56	13.36
		71.24	10.66
	3	322.61	8.56
		322.33	8.82
		161.97	8.04
		160.73	9.97
		160.28	10.68
		159.04	12.66
		45.53	15.32
		45.56	15.13
		45.92	13.22
	6	132.78	16.33
		133.14	15.76
		136.70	9.47
		137.28	8.33
		137.38	8.14
		137.47	7.95
		137.84	7.19
		137.93	7.00
	8	95.16	15.49
		96.02	14.75
		96.70	14.16
		100.21	11.05
	9	150.62	5.99
		148.44	8.50
		147.48	9.63
		147.20	9.95
		145.40	12.09
		144.42	13.26
	10	188.01	8.32
		187.66	7.59
		59.88	11.70
		59.25	11.72
		56.74	11.72
	12	149.67	12.04
	24	188.16	8.53

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		63.57	16.57
		63.84	16.25
		65.06	14.82
	25	170.71	13.87
		50.19	14.84
		320.89	8.05
	26	101.97	12.89
		102.14	12.74
		102.30	12.59
		103.77	11.23
		105.38	9.72
	27	195.11	5.32
		75.28	14.02
		77.54	12.00
		78.51	11.14
	30	210.00	4.83
		120.66	10.02
		118.60	11.67
		118.42	11.81
		116.49	13.32

표 2-6. 2016년 3월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	137.23	11.46
		137.43	11.08
JIND	3	162.58	8.75
		162.23	9.26
		162.11	9.43
	6	137.08	6.94
	9	234.77	6.86
		234.08	6.34
		233.91	6.21
		233.74	6.08
	28	183.90	10.01
	30	206.95	5.11
		206.80	4.96
KUSN	1	60.05	20.58
		63.78	16.48
		63.93	16.32
	3	45.44	12.59
		45.48	12.40
		45.52	12.21

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	24	60.35	18.28
		61.68	16.67
		62.08	16.19
		62.89	15.24
		64.40	13.52
	25	49.03	13.85
		49.20	13.49
		49.73	12.41
		50.00	11.87
	27	75.52	12.08
YODK	6	139.93	7.44
		140.19	6.87
		140.27	6.68
		140.84	5.34
	26	211.85	5.58
		211.90	5.77
	30	212.75	5.65
		212.61	5.50
		212.46	5.35
		212.03	4.91
		126.33	8.20
YOIN	3	161.91	9.02
		160.24	11.70
		159.47	12.97
	6	134.77	12.56
		135.09	11.99
		136.82	8.76
	8	206.98	5.20
		97.38	13.37
	9	322.48	8.83
		147.62	9.11
		145.54	11.55
		145.26	11.88
		144.28	13.04
		139.80	18.31
		42.53	16.84
	10	188.81	9.85
		188.72	9.67
		188.64	9.48
	24	187.84	9.25
	25	49.10	16.30
		276.09	5.09
	26	15.97	66.29

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		99.18	15.75
		100.03	15.00
	27	194.76	8.04
		194.76	8.24
		194.75	8.45
		194.74	8.66
		194.73	8.87
		194.73	9.07
		194.72	9.28
		194.71	9.70
		74.23	14.67
		74.56	14.38
	30	210.09	5.23
		120.85	9.60
		117.57	12.21
		117.04	12.62
		116.69	12.89
		116.16	13.30
		114.90	14.25
		112.50	15.99
	31	102.98	47.72
		105.32	46.24

표 2-7. 2016년 4월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	137.29	11.09
		137.39	10.90
		137.49	10.71
	10	39.66	6.46
	24	190.37	5.20
	27	84.05	6.42
		84.22	6.29
	30	119.61	12.56
	32	164.26	6.84
		164.23	6.44
		164.20	6.04
JIND	3	165.76	5.07
		163.36	8.34
		163.01	8.84
		162.89	9.01
		162.53	9.52

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		162.42	9.69
	6	136.94	6.95
	9	234.89	7.40
		234.72	7.27
		234.55	7.14
		233.70	6.49
	25	174.70	4.96
	30	208.52	7.11
		207.52	6.07
		207.23	5.78
		206.95	5.49
		206.66	5.20
	32	162.34	8.96
		162.34	8.76
		162.32	7.95
		162.32	7.74
KUSN	1	63.43	16.68
		63.72	16.37
		63.87	16.22
		68.59	11.39
	3	45.45	13.46
		45.53	13.08
	9	41.61	13.95
	10	61.41	10.73
	24	59.26	19.36
		60.04	18.37
		60.30	18.05
		61.63	16.44
		61.89	16.12
		63.79	13.91
	27	70.77	15.93
		74.18	12.92
		75.33	11.93
		75.65	11.65
		77.45	10.11
YODK	3	167.19	5.59
	6	139.89	7.27
		140.63	5.55
	9	151.56	7.57
	24	190.03	7.74
	26	212.15	5.35
		212.26	5.75
		212.31	5.95

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	30	212.75	6.05
		212.31	5.61
		211.59	4.87
YOIN	1	66.71	14.96
		68.46	13.13
	3	321.89	9.06
		159.27	14.20
		158.83	14.95
		158.60	15.32
	6	131.47	17.71
		134.18	13.33
		134.29	13.14
		135.05	11.81
		135.16	11.62
		135.37	11.24
		135.48	11.05
		135.89	10.29
		136.97	8.21
	8	94.67	15.62
	9	146.22	10.18
		145.80	10.67
		144.83	11.82
		142.27	14.82
		141.11	16.18
		140.52	16.86
		139.63	17.89
	10	56.22	11.81
	12	147.17	18.10
	24	63.35	16.28
		63.62	15.95
		63.75	15.79
		63.89	15.63
		64.02	15.47
		64.29	15.15
		65.37	13.89
	25	49.08	16.84
		319.74	8.68
		278.59	5.88
		278.01	5.60
		277.81	5.51
		277.62	5.41
		276.85	5.03
	26	98.88	16.53
		99.90	15.63

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	27	73.08	15.40
	30	318.28	7.95
		119.74	10.12
		118.36	11.21
		117.66	11.75
		112.06	15.92
		43.90	17.60
		43.77	17.46
	32	163.40	15.00
		163.43	14.36
		163.44	14.15
		163.45	13.94
		163.47	13.51

표 2-8. 2016년 5월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	137.04	11.53
		137.14	11.34
		137.24	11.15
	9	150.21	8.56
		41.46	5.80
JIND	6	136.71	7.38
		136.80	7.19
		137.84	5.15
	9	234.02	7.30
		233.67	7.04
		232.83	6.39
		146.90	9.14
	25	172.36	10.96
		172.19	11.35
		171.93	11.93
		171.85	12.12
		170.83	14.48
	30	209.00	8.07
KUSN	1	63.65	16.23
		63.79	16.07
		68.36	11.40
		49.26	10.51
	3	45.59	13.48
		45.68	13.10
		45.72	12.91

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	6	133.03	14.37
	9	41.62	14.60
	24	60.24	17.81
		60.63	17.32
		61.55	16.20
	27	69.86	16.44
		71.48	14.99
		75.88	11.15
		76.04	11.01
		78.98	8.51
	30	43.616	16.09
		41.86	14.61
		41.73	14.46
		41.61	14.31
		41.37	14.01
YODK	6	236.05	5.14
		140.18	6.56
		140.43	5.99
	30	212.94	6.73
		212.36	6.13
		212.22	5.98
		211.79	5.53
		125.04	8.44
YOIN	1	189.58	9.17
		189.55	9.37
		189.52	9.58
		189.49	9.79
		189.47	9.99
		189.44	10.20
		189.42	10.41
		189.39	10.61
		189.36	10.82
		189.34	11.03
		198.32	11.24
		189.29	11.44
		18927	11.65
		66.34	15.13
	3	160.02	13.53
		45.70	17.35
		45.76	16.96
		45.79	16.77
	6	131.03	18.34
		131.29	17.96
		131.41	17.77

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		131.78	17.20
		132.27	16.43
		132.87	15.48
		132.99	15.29
		137.03	8.08
	8	94.55	15.75
		96.60	13.98
	9	145.64	10.16
		144.94	10.97
		144.80	11.14
		144.37	11.63
		143.81	12.29
		142.81	13.45
		142.38	13.95
		140.64	15.97
		139.90	16.81
		42.77	18.49
		42.72	18.30
		42.67	18.11
		42.63	17.92
		42.54	17.54
	10	306.32	8.20
	24	62.48	17.01
		62.87	16.52
		63.00	16.36
		187.22	9.98
		1878.18	10.18
		187.14	10.69
		187.03	11.00
	25	281.01	6.32
		280.23	5.97
	26	99.52	16.62
	27	71.37	16.67
		71.69	16.37
		71.85	16.22
		72.17	15.93
		73.13	15.04
	30	112.06	15.46
		111.69	15.72
		111.31	15.98
		111.12	16.12
		110.93	16.25
		110.74	16.37
		109.40	17.28
		107.64	18.41
		44.47	18.03
		44.04	17.60
		42.56	16.00

표 2-9. 2016년 6월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	6	137.12	16.61
		137.22	11.41
		137.33	11.22
	24	189.93	5.06
	32	163.36	6.02
JIND	3	163.32	9.17
		162.50	10.38
		162.26	10.72
	6	136.68	7.64
		136.78	7.46
		136.88	7.27
		136.98	7.08
		137.27	6.53
		137.36	6.34
	8	206.68	7.78
	9	233.34	7.53
		232.49	6.88
		232.32	6.74
		146.77	8.48
	10	184.84	5.98
		184.75	5.81
		184.55	5.46
		184.36	5.11
	24	187.42	7.72
	30	208.58	8.19
	32	161.44	6.69
KUSN	1	60.46	19.47
		61.73	18.03
		68.45	11.02
		68.60	10.88
	24	61.55	15.80
		61.95	15.32
	25	49.26	15.45

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	27	64.96	20.72
		68.81	17.13
		69.30	16.69
		69.78	16.25
		76.27	10.54
		76.44	10.40
	30	116.21	11.40
		116.04	11.53
		41.84	14.48
YODK	3	167.72	5.55
	6	140.01	7.21
		140.27	6.64
		140.35	6.44
		140.43	6.25
		140.51	6.06
		140.68	5.68
	9	236.06	4.99
		151.37	6.31
	10	89.19	5.10
	25	176.69	7.05
		176.62	7.24
	30	211.24	5.51
		125.47	7.53
		125.14	7.80
		124.98	7.94
YOIN	1	189.37	9.23
		66.71	14.44
	3	160.72	12.71
		158.97	15.70
		158.75	16.08
		157.87	17.62
		45.72	17.78
		45.84	17.01
		45.91	16.63
	6	131.49	17.85
		132.35	16.51
		134.43	13.09
		134.54	12.90
		137.01	8.34
	8	94.55	15.91
	9	144.90	10.11
		144.48	10.59
		142.48	12.88
		140.74	14.87

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		140.00	15.71
		42.87	19.01
		42.66	18.26
		42.47	17.50
		42.38	17.13
		42.34	16.94
	10	188.58	9.06
	24	186.51	12.18
		62.86	16.12
	25	50.36	15.69
		280.11	5.33
		170.41	17.54
	26	99.61	17.38
	27	70.80	16.92
		72.08	15.73
		72.56	15.29
	30	111.85	15.05
		111.11	15.57
		110.73	15.83
		44.47	17.87
		44.18	17.59
	32	162.32	15.85
		162.34	15.63
		162.41	14.56
		162.45	13.92

표 2-10 2016년 7월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	3	167.30	6.60
	24	71.03	6.45
	30	207.67	4.82
	32	163.07	6.49
JIND	3	257.95	5.89
		257.76	5.78
		256.82	5.23
		256.45	5.01
		162.72	10.09
		162.25	10.78
	6	235.17	9.02
		136.84	7.83
		137.03	7.46

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		137.13	7.27
		137.32	6.90
		137.61	6.34
		137.70	6.16
	8	206.86	7.62
	9	235.00	9.75
		234.14	9.08
		230.59	6.30
		229.92	5.78
		229.75	5.65
		229.59	5.52
		229.42	5.39
		229.09	5.13
		145.11	9.22
	25	175.12	7.13
		173.41	10.89
		173.33	11.08
		173.25	11.27
		173.16	11.47
		173.08	11.66
		173.00	11.86
	26	211.00	6.08
	27	193.71	7.49
	30	205.28	5.32
		204.99	5.03
		204.85	4.89
	32	161.12	7.15
		161.10	5.94
KUSN	1	59.80	19.93
		62.78	16.59
		65.38	13.82
		65.53	13.67
	3	45.42	14.79
		45.46	14.60
		45.50	14.41
		324.23	6.03
	9	41.40	14.32
	24	59.53	17.90
		61.22	15.79
		61.48	15.47
	27	65.33	20.16
		68.53	17.17
		72.08	13.97

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		73.05	13.11
	30	43.68	16.32
		43.12	15.75
		42.58	15.18
		42.45	15.03
		42.31	14.89
YODK	6	236.59	5.35
		236.72	5.52
		140.01	7.77
		140.35	7.01
		140.43	6.82
		140.59	6.43
		140.76	6.05
		140.84	5.86
	8	209.67	7.14
	9	148.67	8.39
	10	89.12	5.14
	26	214.53	7.64
	30	211.06	5.95
YOIN	1	198.30	8.40
		65.01	15.97
		65.88	15.03
	3	45.77	17.53
		45.83	17.14
		45.93	16.56
		45.96	16.37
	6	132.15	17.29
		133.92	14.43
	7	77.48	19.01
	9	140.49	14.02
		138.71	16.02
		138.11	16.69
		136.88	18.03
		136.42	18.54
		136.10	18.87
		42.96	19.30
		42.79	18.74
		42.67	18.37
	10	306.47	8.47
	24	186.34	11.28
		186.27	11.68
		63.43	14.98
	25	285.32	7.04

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		285.12	6.97
		284.52	6.74
		284.12	6.58
		283.92	6.50
		171.12	16.95
		171.05	17.16
		170.98	17.37
		170.91	17.58
		170.70	18.21
		50.24	16.56
		50.51	16.01
	26	102.53	15.74
	27	70.04	17.42
		71.15	16.37
		72.27	15.33
		72.43	15.19
	30	317.80	8.27
		109.14	16.27
	32	161.90	16.14

표 2-11. 2016년 8월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	3	167.26	6.47
		167.15	6.64
		323.85	5.39
	6	137.96	11.32
		138.06	11.13
	9	323.48	5.27
	24	189.34	5.55
	26	214.05	8.24
JIND	3	163.15	9.27
		163.03	9.44
		162.68	9.95
		162.45	10.30
		258.86	6.56
		257.35	5.69
		256.42	5.14
	6	137.00	8.31
		138.23	5.88
	9	235.40	10.75
		234.70	10.48

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		234.01	9.94
		233.84	9.80
		233.67	9.67
		233.32	9.40
		232.64	8.86
		232.47	8.72
		231.97	8.32
		231.80	8.19
		231.46	7.92
		229.79	6.59
		229.29	6.20
		228.13	5.28
		227.80	5.02
	10	184.37	5.08
	26	211.55	7.32
		212.05	9.12
	27	193.89	4.89
		193.69	6.49
		193.67	6.69
		193.61	7.29
		193.59	7.50
		193.57	7.70
		193.55	7.90
		193.53	8.11
		193.51	8.31
		193.47	8.72
	30	206.74	7.60
		205.76	6.54
		204.63	5.36
KUSN	1	60.29	19.08
		60.86	18.44
		62.42	16.70
		64.72	14.23
		65.01	13.92
	3	45.62	13.48
		45.67	13.29
	25	49.64	15.73
		49.82	15.37
		50.01	15.01
	27	68.45	17.06
		69.09	16.47
		71.83	14.00
	30	43.10	15.152
		41.38	13.65

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
	32	161.37	7.18
YODK	6	140.11	8.43
		141.03	6.31
		141.19	5.93
	9	148.29	7.84
YOIN	1	63.79	17.02
	3	158.91	15.62
		158.58	16.19
		157.81	17.53
		45.61	18.12
		45.64	17.93
		45.67	17.74
		45.70	17.54
		45.73	17.35
		45.82	16.77
		45.85	16.58
		45.89	16.39
		46.30	14.29
	6	133.98	15.11
		134.09	14.92
		134.66	13.96
		136.56	10.52
		136.66	10.33
	8	94.36	16.84
		94.70	16.55
		94.88	16.40
	9	143.86	9.21
		143.72	9.37
		141.55	11.76
		141.11	12.24
		140.82	12.57
		139.05	14.53
		138.15	15.52
		137.08	16.68
		136.46	17.34
		135.53	18.35
		42.93	19.17
		42.87	18.98
		42.81	18.80
		42.69	18.43
	24	186.26	10.62
		186.22	10.83
		186.18	11.03
		186.06	11.64
		185.94	12.26
		63.18	15.02
	25	318.62	8.27
		285.40	6.70
		284.80	6.47
		284.60	6.39
		284.20	6.23
		172.11	15.25
		171.69	16.50
	26	100.94	17.61
		101.29	17.30
		101.80	16.84
		102.48	16.23
		102.99	15.77
		104.82	14.08
		211.94	5.12
	27	70.12	17.16
		70.59	16.71
		70.91	16.41
		71.07	16.26
		72.02	15.37
		194.00	6.19
	30	107.11	16.84
		43.70	16.75
	32	161.46	16.79
		161.48	16.57
		161.50	16.36

표 2-12. 2016년 9월 1일 상시기준국 CI 측정치 누락 분석 결과

상시기준국	PRN	방위각	고도각
GOJE	3	166.93	6.61
		261.11	5.43
		260.73	5.22
	6	239.41	9.00
		139.03	10.33
	9	234.52	6.29
		233.33	5.39
		148.14	9.18
	10	83.21	6.65
	24	71.18	6.55

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		71.33	6.41
		71.48	6.26
JIND	1	189.22	6.29
		181.81	8.27
	3	163.17	8.89
		163.05	9.06
		162.93	9.23
	6	235.44	7.93
		236.52	9.28
		236.66	9.45
		236.94	9.79
		138.31	6.78
		138.68	6.03
		138.77	5.85
		138.94	5.47
		139.03	5.28
	9	236.32	10.67
		234.59	9.33
		234.25	9.06
	24	187.92	5.59
		187.86	5.78
		187.75	6.16
		187.58	6.74
		187.37	7.51
	27	193.42	7.91
	30	205.16	5.89
		204.59	5.30
	32	160.55	7.07
		160.55	6.87
		160.55	6.67
		160.54	5.67
KUSN	1	59.72	19.50
		60.28	18.86
		60.55	18.54
		60.70	18.38
		64.40	14.31
		64.83	13.85
		64.98	13.70
		65.27	13.39
		65.41	13.24
	3	45.33	14.23
		45.62	12.91
	8	106.97	5.35
	24	60.07	17.49

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		61.24	16.04
		61.51	15.71
	25	49.82	15.71
		49.91	15.53
	27	66.46	18.74
		68.05	17.25
		69.01	16.36
		71.43	14.18
		71.59	14.04
		71.91	13.75
		72.39	13.32
		73.36	12.46
	30	43.25	15.63
		43.11	15.49
		41.91	14.20
		41.28	13.46
YODK	6	141.41	6.64
	26	214.09	7.65
		214.15	7.85
	30	210.09	5.65
YOIN	1	64.04	16.48
		188.74	9.58
	3	158.67	15.58
		175.79	17.10
		157.45	17.68
		45.64	17.16
		45.67	16.97
		45.70	16.77
		45.73	16.58
	6	134.15	15.86
		134.84	14.71
		134.95	14.52
		135.06	14.32
		137.05	10.68
		138.11	8.58
		138.20	8.39
	8	94.72	17.12
		96.97	15.20
	9	145.81	8.24
		145.53	8.55
		145.39	8.71
		145.25	8.86
		142.25	12.23

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	PRN	방위각	고도각
		141.96	12.56
		140.95	13.71
		140.80	13.87
		140.65	14.04
		140.06	14.70
		139.02	15.86
		138.12	16.87
		42.93	19.03
		42.76	18.47
		42.70	18.28
	10	306.32	8.02
	24	186.73	10.31
		186.57	11.13
		186.34	12.36
		186.30	12.56
	25	317.94	8.38
		284.13	5.92
		50.85	16.12
	27	70.03	17.05
		70.83	16.30
		70.99	16.16
		71.94	15.26
		72.10	15.11
		72.42	14.82
	30	43.99	16.99
		43.71	16.71
		43.57	16.57
	32	161.19	16.50
		161.21	16.29
		161.28	15.64

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

[별첨 3]

표 3-1. 2015년 10월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.97	99.48	98.85	97.53	0.00	99.82
BOEN	92.89	97.60	92.13	95.11	0.00	98.63
BONH	96.96	99.14	96.75	97.24	0.00	99.45
CHCN	88.60	93.65	87.40	86.73	0.00	97.88
CHEN	94.69	97.72	94.02	95.07	0.00	98.90
CHJU	95.79	98.70	95.43	96.88	0.00	99.40
CHLW	97.33	98.70	97.05	97.15	0.00	99.62
CHNG	96.77	98.44	96.50	95.78	0.00	99.41
CHSG	96.12	98.36	95.49	95.41	0.00	99.12
CHUL	92.57	96.53	91.25	90.12	0.00	98.43
CHWN	96.69	98.40	96.36	95.70	0.00	99.38
CHYG	98.23	98.91	98.02	97.30	0.00	99.56
CNJU	94.16	97.59	93.54	93.57	0.00	98.79
DANJ	96.57	98.89	96.35	89.83	0.00	99.10
DOND	97.92	99.00	97.77	97.59	0.00	99.60
DONH	96.23	99.01	95.96	96.84	0.00	99.29
GANH	95.80	98.35	95.30	94.91	0.00	98.95
GOCH	98.74	99.29	98.64	96.98	0.00	99.64
GOJE	99.83	87.33	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	94.94	98.58	94.32	95.82	0.00	99.15
GSAN	96.77	98.41	96.48	96.13	0.00	99.58
HADG	98.95	99.42	98.80	98.22	0.00	99.83
HCHN	94.92	98.49	94.38	95.93	0.00	99.26
HONC	97.31	98.43	96.92	96.21	0.00	99.60
INCH	91.33	95.73	90.13	89.65	0.00	98.36
INJE	97.66	98.57	97.41	96.39	0.00	99.48
JAHG	95.92	98.16	95.56	95.93	0.00	99.25
JEJU	96.82	98.59	96.62	96.58	0.00	99.62
JIND	99.67	85.57	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.65	99.40	96.49	98.78	0.00	99.42
JUNG	95.88	97.98	95.39	95.06	0.00	99.61
JUNJ	95.28	98.28	94.70	96.61	0.00	99.18
KANR	97.31	98.86	96.97	97.60	0.00	99.57
KIMC	95.26	97.23	94.70	93.20	0.00	99.12
KUNW	95.21	98.01	94.69	95.13	0.00	99.16
KUSN	99.27	83.97	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	89.49	96.20	88.25	91.95	0.00	98.44
MUJU	94.52	97.02	93.95	93.22	0.00	98.99
NAMW	97.89	98.82	97.71	96.80	0.00	99.60
NONS	96.45	98.26	96.15	94.78	0.00	99.49
PAJU	97.55	99.00	97.36	96.98	0.00	99.63

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
PUSN	98.31	99.18	98.14	98.15	0.00	99.73
SEJN	97.26	99.16	97.08	96.90	0.00	99.38
SEOS	96.15	99.04	95.79	97.18	0.00	99.25
SMAN	-	-	-	-	-	-
SNJU	97.20	99.00	96.82	97.93	0.00	99.47
SONC	96.67	98.14	96.29	96.16	0.00	99.60
SUWN	94.67	97.14	94.17	91.54	0.00	98.76
TABK	97.22	98.92	96.88	97.61	0.00	99.36
TEGN	97.36	99.26	97.15	97.50	0.00	99.52
WNJU	94.78	98.34	94.25	96.23	0.00	99.06
WOLS	97.22	98.61	96.92	96.98	0.00	99.48
WULJ	97.89	99.73	97.80	98.66	0.00	99.73
YANP	97.59	98.72	97.39	96.84	0.00	99.61
YECH	94.89	98.12	94.43	95.93	0.00	99.44
YODK	99.67	88.55	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.94	90.21	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	92.88	96.04	92.08	90.85	0.00	98.88
YOWL	96.98	98.48	96.79	96.35	0.00	99.35
평균	96.30	97.32	87.34	87.34	0.00	90.72

표 3-2. 2015년 11월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	99.09	99.50	99.00	97.41	0.00	99.79
BOEN	93.76	98.26	92.96	96.13	0.00	98.93
BONH	97.40	99.30	97.22	97.52	0.00	99.59
CHCN	89.18	93.75	88.24	87.14	0.00	97.75
CHEN	94.61	97.89	94.26	95.91	0.00	98.84
CHJU	96.17	98.73	95.79	97.08	0.00	99.43
CHLW	97.35	98.60	97.10	97.00	0.00	99.59
CHNG	96.93	98.45	96.68	95.55	0.00	99.47
CHSG	96.75	98.90	96.55	96.69	0.00	99.38
CHUL	97.87	99.38	97.56	97.13	0.00	99.59
CHWN	96.88	98.55	96.53	95.84	0.00	99.43
CHYG	98.45	99.08	98.23	97.79	0.00	99.57
CNJU	94.98	98.11	94.39	93.95	0.00	98.87
DANJ	96.85	99.01	96.63	91.03	0.00	99.23
DOND	98.14	99.16	97.96	98.21	0.00	99.70
DONH	96.23	98.98	95.94	96.86	0.00	99.24
GANH	95.98	98.57	95.55	95.42	0.00	99.09
GOCH	98.97	99.48	98.90	97.69	0.00	99.72
GOJE	99.85	88.35	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.24	98.63	94.67	96.41	0.00	99.12
GSAN	96.75	98.41	96.54	95.87	0.00	99.47

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
HADG	98.99	99.45	98.83	98.21	0.00	99.84
HCHN	94.98	98.56	94.42	96.35	0.00	99.23
HONC	97.02	98.38	96.63	96.16	0.00	99.63
INCH	90.47	95.26	89.60	89.10	0.00	98.37
INJE	97.89	98.67	97.65	96.39	0.00	99.58
JAHG	96.53	98.57	96.36	96.78	0.00	99.20
JEJU	96.66	98.61	96.46	96.55	0.00	99.67
JIND	99.76	86.61	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.52	99.43	96.35	98.49	0.00	99.45
JUNG	95.94	97.96	95.65	94.90	0.00	99.54
JUNJ	95.69	98.47	95.22	96.52	0.00	99.30
KANR	97.33	98.85	97.10	97.66	0.00	99.50
KIMC	95.50	97.69	95.15	94.50	0.00	99.04
KUNW	95.56	98.18	95.29	95.55	0.00	99.21
KUSN	99.04	84.59	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	90.04	95.95	88.87	92.49	0.00	97.92
MUJU	95.25	97.77	94.78	94.40	0.00	99.18
NAMW	98.04	98.96	97.86	97.08	0.00	99.70
NONS	96.65	98.45	96.42	95.73	0.00	99.35
PAJU	97.83	99.13	97.71	97.35	0.00	99.63
PUSN	98.28	99.23	98.10	98.34	0.00	99.73
SEJN	97.49	99.36	97.30	97.75	0.00	99.53
SEOS	95.96	99.00	95.61	97.02	0.00	99.18
SMAN	-	-	-	-	-	-
SNJU	97.60	99.12	97.22	98.16	0.00	99.54
SONC	96.86	98.32	96.52	96.43	0.00	99.50
SUWN	94.78	97.54	94.30	92.07	0.00	98.77
TABK	97.77	99.14	97.46	97.61	0.00	99.55
TEGN	97.55	99.25	97.40	97.58	0.00	99.54
WNJU	95.50	98.77	94.94	96.66	0.00	99.33
WOLS	97.09	98.71	96.72	96.99	0.00	99.56
WULJ	97.94	99.74	97.83	98.87	0.00	99.74
YANP	97.70	98.90	97.49	96.94	0.00	99.66
YECH	95.02	98.06	94.65	96.07	0.00	99.53
YODK	99.72	89.32	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.74	90.49	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	93.24	96.63	92.66	92.23	0.00	98.97
YOWL	97.68	98.82	97.53	97.20	0.00	99.47
평균	96.59	97.57	87.70	87.77	0.00	90.77

표 3-3. 2015년 12월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.95	99.47	98.84	97.48	0.00	99.82

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
BOEN	93.30	98.21	92.61	96.04	0.00	98.96
BONH	97.59	99.29	97.36	97.53	0.00	99.56
CHCN	89.50	93.59	88.58	86.73	0.00	97.86
CHEN	95.38	98.07	94.99	96.16	0.00	99.06
CHJU	95.65	98.65	95.22	96.86	0.00	99.45
CHLW	97.32	98.78	97.01	97.33	0.00	99.68
CHNG	97.19	98.40	96.99	95.45	0.00	99.58
CHSG	96.27	98.76	96.06	96.46	0.00	99.30
CHUL	98.01	99.37	97.75	97.05	0.00	99.64
CHWN	96.99	98.53	96.75	95.86	0.00	99.42
CHYG	98.42	99.03	98.23	97.80	0.00	99.61
CNJU	94.94	98.13	94.33	93.60	0.00	98.96
DANJ	96.69	98.91	96.45	88.30	0.00	99.25
DOND	98.05	99.24	97.91	98.31	0.00	99.70
DONH	96.42	99.09	96.18	97.10	0.00	99.27
GANH	95.95	98.56	95.41	95.20	0.00	99.22
GOCH	99.03	99.48	98.99	97.73	0.00	99.76
GOJE	99.90	88.22	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.80	98.74	95.27	96.50	0.00	99.18
GSAN	96.89	98.56	96.60	96.30	0.00	99.55
HADG	99.00	99.49	98.85	98.31	0.00	99.87
HCHN	95.11	98.70	94.71	96.17	0.00	99.32
HONC	96.86	98.37	96.51	95.92	0.00	99.53
INCH	91.64	95.32	90.94	88.81	0.00	98.21
INJE	97.68	98.73	97.48	96.51	0.00	99.58
JAHG	96.76	98.82	96.54	97.09	0.00	99.39
JEJU	96.90	98.70	96.73	96.75	0.00	99.69
JIND	99.72	86.48	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.23	99.28	96.05	98.38	0.00	99.30
JUNG	96.12	98.00	95.72	94.67	0.00	99.64
JUNJ	95.47	98.42	95.00	96.50	0.00	99.31
KANR	97.31	98.88	96.99	97.40	0.00	99.59
KIMC	94.92	97.39	94.52	93.66	0.00	98.93
KUNW	95.87	98.24	95.58	95.76	0.00	99.15
KUSN	99.23	84.67	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	91.04	96.40	89.85	92.88	0.00	98.47
MUJU	95.61	97.62	95.20	94.29	0.00	98.98
NAMW	97.79	98.73	97.61	96.78	0.00	99.70
NONS	96.69	98.37	96.40	95.64	0.00	99.20
PAJU	98.39	99.39	98.28	97.73	0.00	99.74
PUSN	98.01	99.08	97.86	98.19	0.00	99.75
SEJN	97.60	99.40	97.40	97.49	0.00	99.54
SEOS	96.15	99.10	95.89	97.12	0.00	99.24
SMAN	-	-	-	-	-	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
SNJU	97.62	99.26	97.33	98.19	0.00	99.59
SONC	96.94	98.42	96.60	96.54	0.00	99.50
SUWN	95.02	97.47	94.45	91.37	0.00	98.86
TABK	97.68	99.40	97.39	97.45	0.00	99.47
TEGN	97.32	99.20	97.19	97.05	0.00	99.47
WNJU	95.48	98.79	94.93	96.66	0.00	99.33
WOLS	97.11	98.67	96.73	97.07	0.00	99.54
WULJ	98.00	99.74	97.90	98.85	0.00	99.75
YANP	97.72	98.76	97.40	96.81	0.00	99.65
YECH	95.19	98.03	94.74	95.89	0.00	99.46
YODK	99.74	89.49	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.80	90.28	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	93.70	96.64	93.16	91.31	0.00	98.94
YOWL	97.85	99.03	97.66	97.65	0.00	99.57
평균	96.66	97.58	87.78	87.67	0.00	90.79

표 3-4 2016년 1월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	99.05	99.52	98.96	97.57	0.00	99.85
BOEN	93.77	98.24	93.10	96.51	0.00	98.82
BONH	97.58	99.36	97.31	97.47	0.00	99.66
CHCN	94.71	97.89	94.31	93.91	0.00	98.80
CHEN	95.04	98.05	94.59	95.88	0.00	99.11
CHJU	95.81	98.60	95.40	97.09	0.00	99.29
CHLW	97.60	98.73	97.34	97.45	0.00	99.57
CHNG	98.49	99.13	98.30	97.18	0.00	99.81
CHSG	98.37	99.39	98.24	98.49	0.00	99.64
CHUL	97.90	99.35	97.62	97.14	0.00	99.56
CHWN	97.05	98.48	96.70	95.89	0.00	99.43
CHYG	98.60	99.02	98.46	97.78	0.00	99.56
CNJU	94.41	97.83	93.76	93.82	0.00	98.79
DANJ	96.96	99.04	96.73	89.96	0.00	99.31
DOND	98.11	99.20	98.01	98.31	0.00	99.68
DONH	96.07	99.07	95.81	97.12	0.00	99.35
GANH	-	-	-	-	-	-
GOCH	98.80	99.39	98.72	97.96	0.00	99.68
GOJE	99.90	89.46	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.80	98.88	95.22	96.69	0.00	99.32
GSAN	96.83	98.41	96.62	96.42	0.00	99.46
HADG	98.98	99.38	98.84	98.39	0.00	99.79
HCHN	95.29	98.71	94.81	96.52	0.00	99.24
HONC	96.81	98.25	96.51	96.29	0.00	99.53
INCH	97.83	98.83	97.60	97.10	0.00	99.57

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
INJE	-	-	-	-	-	-
JAHG	97.67	99.14	97.53	98.24	0.00	99.71
JEJU	96.86	98.65	96.69	96.73	0.00	99.64
JIND	99.81	87.72	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.35	99.38	96.14	98.66	0.00	99.40
JUNG	95.75	97.92	95.35	95.10	0.00	99.58
JUNJ	95.45	98.39	94.93	96.60	0.00	99.29
KANR	97.35	98.65	97.03	97.16	0.00	99.60
KIMC	96.74	98.25	96.55	95.78	0.00	99.23
KUNW	95.80	98.14	95.55	95.69	0.00	99.22
KUSN	99.50	84.33	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	93.35	97.35	92.48	94.39	0.00	98.88
MUJU	97.51	98.66	97.25	97.10	0.00	99.38
NAMW	97.91	99.01	97.73	96.94	0.00	99.63
NONS	96.82	98.52	96.47	96.05	0.00	99.33
PAJU	98.46	99.32	98.39	97.60	0.00	99.80
PUSN	98.01	99.01	97.84	98.05	0.00	99.68
SEJN	97.57	99.29	97.46	96.96	0.00	99.52
SEOS	96.15	99.20	95.86	97.49	0.00	99.32
SMAN	-	-	-	-	-	-
SNJU	97.80	99.16	97.44	97.95	0.00	99.60
SONC	96.95	98.34	96.63	96.33	0.00	99.56
SUWN	94.66	97.21	94.00	91.68	0.00	98.71
TABK	97.63	99.10	97.32	97.38	0.00	99.56
TEGN	97.48	99.27	97.30	97.58	0.00	99.50
WNJU	95.39	98.90	94.86	97.01	0.00	99.39
WOLS	97.46	98.77	97.12	97.46	0.00	99.56
WULJ	98.00	99.74	97.87	98.89	0.00	99.75
YANP	97.60	98.62	97.37	96.79	0.00	99.56
YECH	95.03	98.01	94.62	95.91	0.00	99.42
YODK	99.77	90.02	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	99.09	90.21	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	96.93	98.76	96.72	97.12	0.00	99.48
YOWL	97.62	98.84	97.40	97.32	0.00	99.50
평균	97.11	97.82	87.94	88.05	0.00	90.56

표 3-5. 2016년 2월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.95	99.48	98.88	97.98	0.00	99.82
BOEN	94.69	98.70	94.17	97.29	0.00	99.08
BONH	97.58	99.38	97.34	97.26	0.00	99.70
CHCN	96.19	98.36	95.92	95.51	0.00	99.04
CHEN	95.89	98.23	95.48	96.13	0.00	99.30

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
CHJU	95.83	98.56	95.50	97.03	0.00	99.26
CHLW	97.38	98.77	97.11	97.51	0.00	99.54
CHNG	98.51	98.99	98.35	97.31	0.00	99.78
CHSG	98.92	99.46	98.74	98.57	0.00	99.70
CHUL	98.17	99.40	97.94	98.08	0.00	99.69
CHWN	97.21	98.63	96.95	96.29	0.00	99.32
CHYG	98.91	99.39	98.75	98.27	0.00	99.73
CNJU	95.55	98.25	95.05	95.02	0.00	99.01
DANJ	97.11	98.99	96.91	89.76	0.00	99.29
DOND	98.04	99.20	97.90	98.24	0.00	99.68
DONH	96.51	99.40	96.30	97.74	0.00	99.51
GANH	96.13	98.73	95.74	95.26	0.00	99.35
GOCH	99.01	99.45	98.94	98.17	0.00	99.73
GOJE	99.93	90.10	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	96.02	98.91	95.52	96.94	0.00	99.28
GSAN	97.67	98.81	97.48	97.10	0.00	99.55
HADG	98.91	99.36	98.78	98.39	0.00	99.78
HCHN	96.10	98.99	95.67	97.34	0.00	99.32
HONC	97.19	98.71	96.94	96.78	0.00	99.55
INCH	94.22	97.16	93.80	91.55	0.00	98.48
INJE	97.73	98.45	97.58	96.70	0.00	99.55
JAHG	97.85	99.30	97.73	98.63	0.00	99.69
JEJU	96.76	98.53	96.57	96.62	0.00	99.57
JIND	99.84	88.82	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.52	99.39	96.36	98.67	0.00	99.40
JUNG	95.98	97.90	95.73	94.83	0.00	99.50
JUNJ	95.78	98.57	95.32	96.76	0.00	99.43
KANR	97.17	98.53	96.82	96.67	0.00	99.42
KIMC	97.09	98.47	96.93	95.54	0.00	99.35
KUNW	96.46	98.57	96.24	96.45	0.00	99.35
KUSN	99.44	85.54	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	94.19	97.80	93.43	95.46	0.00	99.02
MUJU	97.83	98.77	97.58	97.45	0.00	99.43
NAMW	98.08	99.19	97.88	97.34	0.00	99.73
NONS	97.83	99.16	97.64	97.58	0.00	99.56
PAJU	98.52	99.39	98.43	97.62	0.00	99.79
PUSN	98.14	98.99	97.94	98.21	0.00	99.67
SEJN	97.95	99.43	97.85	97.56	0.00	99.53
SEOS	96.45	99.35	96.25	97.96	0.00	99.44
SMAN	-	-	-	-	-	-
SNJU	97.54	99.05	97.25	97.85	0.00	99.54
SONC	97.02	98.32	96.72	96.52	0.00	99.54
SUWN	94.68	97.12	94.02	92.03	0.00	98.80
TABK	97.96	99.19	97.54	97.75	0.00	99.61

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
TEGN	97.54	99.29	97.43	97.65	0.00	99.56
WNJU	95.37	98.82	94.88	97.09	0.00	99.35
WOLS	97.27	98.86	96.95	97.52	0.00	99.61
WULJ	98.23	99.77	98.12	99.02	0.00	99.77
YANP	97.51	98.47	97.28	96.25	0.00	99.55
YECH	95.32	97.86	94.97	95.73	0.00	99.43
YODK	99.80	90.30	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	99.00	90.82	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	97.71	99.16	97.58	97.82	0.00	99.65
YOWL	98.05	99.06	97.91	97.80	0.00	99.63
평균	97.30	97.99	88.47	88.49	0.00	90.90

표 3-6. 2016년 3월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.71	99.29	98.62	96.27	0.00	99.74
BOEN	95.04	98.72	94.52	97.39	0.00	99.08
BONH	97.61	99.39	97.26	97.64	0.00	99.72
CHCN	95.52	98.23	95.13	94.70	0.00	98.98
CHEN	95.49	97.84	95.09	95.47	0.00	99.17
CHJU	95.54	98.67	95.17	97.09	0.00	99.42
CHLW	97.60	98.73	97.37	97.34	0.00	99.51
CHNG	98.09	98.80	97.87	96.92	0.00	99.74
CHSG	98.70	99.46	98.60	98.43	0.00	99.73
CHUL	97.97	99.37	97.63	97.49	0.00	99.57
CHWN	96.85	98.40	96.56	95.89	0.00	99.34
CHYG	98.82	99.20	98.68	98.15	0.00	99.63
CNJU	94.42	98.02	93.79	94.55	0.00	98.99
DANJ	96.82	99.09	96.53	90.69	0.00	99.34
DOND	97.95	99.05	97.82	98.21	0.00	99.58
DONH	96.21	99.20	95.92	97.24	0.00	99.36
GANH	95.92	98.60	95.44	95.13	0.00	99.18
GOCH	98.88	99.44	98.78	98.08	0.00	99.73
GOJE	99.88	90.43	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.97	98.96	95.41	96.98	0.00	99.38
GSAN	97.25	98.49	97.05	96.47	0.00	99.52
HADG	98.96	99.42	98.83	98.37	0.00	99.85
HCHN	95.51	98.82	94.94	96.53	0.00	99.26
HONC	96.76	98.62	96.46	96.53	0.00	99.61
INCH	92.01	95.82	91.35	89.26	0.00	98.19
INJE	97.77	98.48	97.55	96.62	0.00	99.59
JAHG	97.55	99.28	97.44	98.48	0.00	99.71
JEJU	96.74	98.47	96.55	96.61	0.00	99.61
JIND	99.84	88.78	0.00	0.00	0.00	0.00

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
JINJ	95.98	99.22	95.83	98.49	0.00	99.32
JUNG	96.06	97.73	95.75	94.82	0.00	99.58
JUNJ	95.42	98.32	94.95	96.64	0.00	99.29
KANR	97.09	98.38	96.73	96.75	0.00	99.52
KIMC	96.90	98.30	96.65	95.46	0.00	99.28
KUNW	96.20	98.21	95.90	96.02	0.00	99.20
KUSN	99.41	85.80	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	93.69	97.50	92.83	94.88	0.00	98.83
MUJU	97.73	98.81	97.40	97.25	0.00	99.39
NAMW	97.76	99.03	97.57	96.86	0.00	99.61
NONS	97.15	98.70	96.87	96.62	0.00	99.45
PAJU	98.07	99.15	97.96	97.29	0.00	99.71
PUSN	98.19	99.04	98.00	98.16	0.00	99.65
SEJN	97.52	99.15	97.36	97.10	0.00	99.52
SEOS	96.03	99.15	95.73	97.65	0.00	99.26
SMAN	-	-	-	-	-	-
SNJU	97.35	99.07	96.90	97.89	0.00	99.58
SONC	96.69	98.16	96.26	96.21	0.00	99.49
SUWN	94.20	97.07	93.52	91.29	0.00	98.90
TABK	97.62	99.15	97.24	97.56	0.00	99.56
TEGN	97.07	99.19	96.86	97.39	0.00	99.50
WNJU	94.85	98.84	94.14	96.93	0.00	99.29
WOLS	97.07	98.72	96.69	97.48	0.00	99.40
WULJ	97.59	99.67	97.46	98.98	0.00	99.67
YANP	97.42	98.52	97.19	96.26	0.00	99.59
YECH	94.85	97.81	94.45	95.94	0.00	99.37
YODK	99.77	90.78	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	99.03	90.59	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	97.06	98.81	96.91	97.20	0.00	99.40
YOWL	98.17	98.93	97.97	97.62	0.00	99.58
평균	97.01	97.88	88.13	88.23	0.00	90.85

표 3-7. 2016년 4월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	-	-	-	-	-	-
BOEN	94.91	98.69	94.40	97.23	0.00	99.15
BONH	97.60	99.33	97.38	97.36	0.00	99.63
CHCN	94.09	97.42	93.60	93.10	0.00	98.57
CHEN	94.90	97.44	94.44	95.25	0.00	98.97
CHJU	95.63	98.61	95.30	97.07	0.00	99.45
CHLW	-	-	-	-	-	-
CHNG	97.98	98.76	97.76	96.56	0.00	99.74
CHSG	98.12	99.29	98.02	97.98	0.00	99.61

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
CHUL	95.63	98.71	88.48	95.56	0.00	99.47
CHWN	96.69	98.17	96.31	95.48	0.00	99.26
CHYG	98.72	99.15	98.55	97.90	0.00	99.69
CNJU	94.56	97.88	93.98	93.59	0.00	98.98
DANJ	96.86	98.95	96.62	90.54	0.00	99.26
DOND	97.97	99.17	97.86	98.01	0.00	99.71
DONH	96.12	98.96	95.80	96.95	0.00	99.27
GANH	95.28	98.04	94.29	85.61	0.00	98.83
GOCH	98.98	99.54	98.88	98.10	0.00	99.74
GOJE	99.89	89.12	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.75	98.80	95.29	96.49	0.00	99.34
GSAN	97.01	98.50	96.70	96.20	0.00	99.53
HADG	98.91	99.37	98.73	98.25	0.00	99.86
HCHN	94.98	98.52	94.51	95.55	0.00	99.30
HONC	96.36	98.04	95.98	95.90	0.00	99.52
INCH	91.52	95.35	90.82	88.92	0.00	98.33
INJE	97.75	98.71	97.50	96.27	0.00	99.54
JAHG	97.21	98.99	97.02	97.88	0.00	99.61
JEJU	96.87	98.63	96.68	96.62	0.00	99.62
JIND	99.76	86.29	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.23	99.31	95.94	98.30	0.00	99.35
JUNG	96.21	97.73	95.90	94.90	0.00	99.58
JUNJ	95.36	98.25	94.85	96.28	0.00	99.34
KANR	97.38	98.47	97.03	97.05	0.00	99.50
KIMC	96.87	97.85	96.67	94.76	0.00	99.09
KUNW	95.78	97.80	95.54	94.79	0.00	99.16
KUSN	99.38	84.76	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	93.53	97.12	92.65	94.33	0.00	98.81
MUJU	97.34	98.54	96.98	97.05	0.00	99.29
NAMW	97.55	98.75	97.35	96.57	0.00	99.61
NONS	96.37	97.83	96.03	94.71	0.00	99.23
PAJU	-	-	-	-	-	-
PUSN	98.05	98.99	97.90	97.93	0.00	99.74
SEJN	97.42	99.26	97.21	97.12	0.00	99.58
SEOS	95.79	99.15	95.53	97.23	0.00	99.28
SMAN	99.89	81.15	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	97.42	98.90	97.06	97.69	0.00	99.52
SONC	96.99	98.21	96.67	96.28	0.00	99.49
SUWN	94.48	96.90	93.83	90.93	0.00	98.73
TABK	97.51	98.99	97.16	97.41	0.00	99.48
TEGN	-	-	-	-	-	-
WNJU	94.51	98.59	93.98	96.74	0.00	99.11
WOLS	97.51	98.72	97.16	97.34	0.00	99.53
WULJ	97.71	99.72	97.60	98.40	0.00	99.73

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
YANP	97.45	98.52	97.24	96.30	0.00	99.62
YECH	94.84	97.78	94.36	95.95	0.00	99.54
YODK	99.79	89.93	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.79	89.68	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	96.61	98.40	96.42	96.27	0.00	99.31
YOWL	97.64	98.83	97.43	97.35	0.00	99.49
평균	96.81	97.21	85.52	85.46	0.00	88.53

표 3-8. 2016년 5월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.87	99.38	98.76	97.17	0.00	99.77
BOEN	93.99	98.43	93.50	97.04	0.00	99.01
BONH	97.49	99.18	97.31	97.10	0.00	99.55
CHCN	93.01	95.84	92.45	89.93	0.00	98.06
CHEN	94.17	97.03	93.65	94.00	0.00	98.79
CHJU	95.77	98.65	95.42	96.96	0.00	99.43
CHLW	97.38	98.61	97.14	97.34	0.00	99.62
CHNG	97.83	98.73	97.64	96.68	0.00	99.66
CHSG	97.81	98.80	97.68	97.34	0.00	99.47
CHUL	97.92	99.13	97.60	96.78	0.00	99.42
CHWN	96.04	97.69	95.59	94.76	0.00	99.12
CHYG	98.24	98.88	98.09	97.40	0.00	99.46
CNJU	93.23	97.10	92.38	92.19	0.00	98.46
DANJ	96.85	98.99	96.63	90.73	0.00	99.29
DOND	97.90	99.12	97.71	97.79	0.00	99.67
DONH	95.32	98.41	94.98	95.73	0.00	99.08
GANH	96.10	98.35	95.78	94.80	0.00	99.06
GOCH	98.86	99.41	98.80	97.71	0.00	99.73
GOJE	99.84	88.55	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.74	98.77	95.23	96.19	0.00	99.21
GSAN	96.28	97.98	96.03	95.54	0.00	99.45
HADG	98.83	99.23	98.63	97.96	0.00	99.83
HCHN	94.60	98.36	94.10	96.01	0.00	99.22
HONC	96.67	98.27	96.26	96.07	0.00	99.67
INCH	91.22	94.83	90.40	88.42	0.00	98.44
INJE	97.85	98.58	97.62	95.79	0.00	99.51
JAHG	97.03	98.75	96.78	97.32	0.00	99.51
JEJU	96.47	98.61	96.22	96.80	0.00	99.58
JIND	99.60	80.70	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	95.83	99.30	95.60	98.30	0.00	99.37
JUNG	95.41	98.25	94.86	96.38	0.00	99.21
JUNJ	-	-	-	-	-	-
KANR	97.38	98.54	97.04	97.29	0.00	99.47

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
KIMC	96.54	97.61	96.23	94.64	0.00	98.90
KUNW	95.15	97.19	94.73	93.94	0.00	99.14
KUSN	99.39	84.19	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	92.54	97.03	91.55	94.09	0.00	98.78
MUJU	96.89	98.24	96.38	96.23	0.00	99.25
NAMW	97.36	98.72	97.11	96.68	0.00	99.64
NONS	96.10	97.82	95.74	94.12	0.00	99.44
PAJU	97.80	98.95	97.64	97.08	0.00	99.58
PUSN	98.02	98.92	97.85	97.84	0.00	99.70
SEJN	97.27	99.24	97.08	96.84	0.00	99.54
SEOS	95.09	98.87	94.81	97.21	0.00	99.13
SMAN	99.91	81.15	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	97.23	98.87	96.85	97.40	0.00	99.60
SONC	96.99	97.95	96.68	96.00	0.00	99.48
SUWN	94.07	96.50	93.47	90.49	0.00	98.70
TABK	97.48	98.99	97.11	97.55	0.00	99.41
TEGN	97.29	99.35	97.06	98.10	0.00	99.53
WNJU	94.43	98.47	93.93	96.61	0.00	99.09
WOLS	97.25	98.61	96.90	96.73	0.00	99.56
WULJ	97.42	99.66	97.25	98.48	0.00	99.66
YANP	97.31	98.55	97.08	96.25	0.00	99.66
YECH	94.66	97.41	94.22	95.43	0.00	99.38
YODK	99.78	89.12	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	99.07	90.13	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	96.15	97.92	95.75	95.86	0.00	99.42
YOWL	97.04	98.35	96.82	96.71	0.00	99.43
평균	96.69	97.04	86.07	86.00	0.00	89.05

표 3-9. 2016년 6월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.87	99.51	98.83	97.74	0.00	99.83
BOEN	94.45	98.60	93.73	97.11	0.00	99.17
BONH	97.29	99.11	97.07	97.11	0.00	99.56
CHCN	91.28	94.51	90.41	87.76	0.00	97.91
CHEN	94.61	96.94	94.08	93.74	0.00	98.77
CHJU	95.85	98.72	95.46	97.07	0.00	99.42
CHLW	97.51	98.63	97.30	97.12	0.00	99.66
CHNG	98.04	98.74	97.84	96.69	0.00	99.66
CHSG	97.75	98.82	97.61	97.19	0.00	99.43
CHUL	97.78	99.03	97.50	96.21	0.00	99.41
CHWN	95.91	97.87	95.53	94.62	0.00	99.29
CHYG	98.11	98.83	97.87	97.27	0.00	99.49
CNJU	92.89	96.53	92.07	92.07	0.00	97.96

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
DANJ	96.80	98.84	96.52	89.11	0.00	99.11
DOND	97.33	98.94	97.19	97.57	0.00	99.52
DONH	95.17	98.50	94.68	95.95	0.00	99.16
GANH	95.60	98.17	95.13	94.06	0.00	99.06
GOCH	98.84	99.43	98.74	97.71	0.00	99.71
GOJE	99.84	87.84	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	95.25	98.51	94.60	95.90	0.00	99.08
GSAN	96.56	97.81	96.25	95.53	0.00	99.50
HADG	98.87	99.30	98.74	98.01	0.00	99.79
HCHN	94.52	98.29	94.05	95.90	0.00	99.13
HONC	96.67	98.08	96.32	96.04	0.00	99.62
INCH	90.12	94.20	89.22	87.85	0.00	98.48
INJE	97.76	98.61	97.56	96.46	0.00	99.58
JAHG	96.88	98.69	96.59	97.14	0.00	99.35
JEJU	97.02	98.68	96.76	96.66	0.00	99.59
JIND	99.52	83.77	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.24	99.20	96.10	98.23	0.00	99.22
JUNG	95.71	97.57	95.31	94.16	0.00	99.52
JUNJ	95.22	98.15	94.74	96.17	0.00	99.06
KANR	97.41	98.68	97.08	97.26	0.00	99.55
KIMC	97.01	97.98	96.61	94.81	0.00	99.16
KUNW	95.14	97.08	94.81	93.59	0.00	98.98
KUSN	99.39	83.92	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	92.87	97.09	92.06	94.09	0.00	98.63
MUJU	96.83	98.35	96.48	95.81	0.00	99.35
NAMW	97.25	98.36	97.06	95.53	0.00	99.51
NONS	95.50	97.36	95.06	93.13	0.00	99.25
PAJU	97.47	98.64	97.30	96.35	0.00	99.56
PUSN	98.06	98.96	97.86	97.78	0.00	99.64
SEJN	97.24	99.20	97.03	97.07	0.00	99.47
SEOS	95.28	98.69	94.90	96.58	0.00	99.12
SMAN	99.89	80.79	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	97.18	98.92	96.78	97.49	0.00	99.53
SONC	96.84	98.11	96.52	96.13	0.00	99.57
SUWN	94.48	96.53	93.88	90.83	0.00	98.71
TABK	97.46	98.88	97.10	97.51	0.00	99.34
TEGN	97.11	99.29	96.93	98.06	0.00	99.53
WNJU	94.19	98.32	93.69	96.30	0.00	99.05
WOLS	97.42	98.78	97.11	97.11	0.00	99.58
WULJ	97.60	99.74	97.48	98.79	0.00	99.75
YANP	97.48	98.48	97.29	96.41	0.00	99.45
YECH	94.56	97.53	94.21	95.17	0.00	99.24
YODK	99.70	89.36	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.90	89.45	0.00	0.00	0.00	0.00

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
YONK	95.68	97.37	95.35	95.02	0.00	99.38
YOWL	96.63	98.35	96.43	96.26	0.00	99.44
평균	96.59	96.99	86.15	85.95	0.00	89.20

표 3-10. 2016년 7월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.82	99.36	98.72	96.94	0.00	99.83
BOEN	94.49	98.54	93.69	96.91	0.00	99.11
BONH	97.01	99.05	96.69	96.66	0.00	99.51
CHCN	90.29	93.58	89.35	86.34	0.00	97.75
CHEN	94.64	96.86	93.87	93.47	0.00	98.86
CHJU	95.94	98.68	95.52	97.14	0.00	99.43
CHLW	97.46	98.47	97.25	96.88	0.00	99.61
CHNG	98.20	98.80	97.99	96.81	0.00	99.72
CHSG	96.86	98.31	96.69	96.27	0.00	99.30
CHUL	97.39	99.09	97.13	96.42	0.00	99.40
CHWN	95.96	97.91	95.47	94.49	0.00	99.20
CHYG	97.84	98.66	97.65	96.90	0.00	99.43
CNJU	93.76	96.74	92.73	91.82	0.00	98.36
DANJ	96.76	98.70	96.43	82.17	0.00	99.12
DOND	97.25	98.51	97.05	96.89	0.00	99.51
DONH	95.21	98.28	94.72	95.94	0.00	99.12
GANH	95.50	98.18	95.07	94.33	0.00	99.06
GOCH	98.90	99.41	98.82	97.61	0.00	99.75
GOJE	99.78	86.90	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	94.72	98.24	93.83	95.39	0.00	99.04
GSAN	96.65	98.03	96.31	96.08	0.00	99.54
HADG	98.66	99.07	98.49	97.47	0.00	99.74
HCHN	94.44	98.23	93.90	96.02	0.00	99.25
HONC	97.04	98.22	96.59	96.14	0.00	99.58
INCH	90.51	94.16	89.45	87.28	0.00	98.62
INJE	97.43	98.46	97.20	95.18	0.00	99.55
JAHG	96.82	98.62	96.45	96.90	0.00	99.43
JEJU	98.36	99.33	98.24	97.98	0.00	99.79
JIND	99.51	85.29	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	96.08	99.20	95.83	98.45	0.00	99.21
JUNG	95.82	97.80	95.35	94.36	0.00	99.52
JUNJ	95.30	98.15	94.78	96.09	0.00	99.17
KANR	97.35	98.59	97.03	97.34	0.00	99.48
KIMC	96.81	97.91	96.50	94.35	0.00	99.17
KUNW	95.33	97.00	94.80	92.74	0.00	99.10
KUSN	99.43	83.57	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	92.40	96.96	91.41	93.62	0.00	98.57

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
MUJU	96.70	97.98	96.34	95.05	0.00	99.21
NAMW	97.16	98.50	96.87	95.82	0.00	99.59
NONS	95.92	97.36	95.46	93.04	0.00	99.26
PAJU	96.85	98.69	96.64	96.39	0.00	99.51
PUSN	97.81	98.90	97.65	97.46	0.00	99.71
SEJN	97.26	99.31	97.03	96.91	0.00	99.54
SEOS	95.16	98.67	94.68	96.55	0.00	99.19
SMAN	99.90	80.56	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	96.78	98.69	96.30	97.41	0.00	99.42
SONC	96.69	97.94	96.26	95.79	0.00	99.57
SUWN	94.62	96.81	93.95	90.97	0.00	98.87
TABK	97.23	98.84	96.93	97.23	0.00	99.29
TEGN	97.19	99.36	96.88	98.09	0.00	99.58
WNJU	94.35	98.47	93.81	96.36	0.00	99.09
WOLS	97.39	98.79	97.05	97.01	0.00	99.63
WULJ	97.53	99.69	97.38	98.70	0.00	99.69
YANP	97.27	98.40	97.09	96.11	0.00	99.59
YECH	94.69	97.28	94.29	94.49	0.00	99.33
YODK	99.76	88.65	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	99.06	89.81	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	95.92	97.55	95.43	95.33	0.00	99.42
YOWL	96.63	98.18	96.34	96.01	0.00	99.35
평균	96.55	96.94	86.06	85.66	0.00	89.21

표 3-11. 2016년 8월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.81	99.40	98.72	96.71	0.00	99.82
BOEN	94.54	98.65	94.00	96.73	0.00	99.21
BONH	96.74	98.97	96.42	96.14	0.00	99.38
CHCN	91.03	94.30	90.26	86.57	0.00	97.91
CHEN	94.05	96.94	93.52	93.67	0.00	98.83
CHJU	95.66	98.56	95.26	96.99	0.00	99.31
CHLW	-	-	-	-	-	-
CHNG	-	-	-	-	-	-
CHSG	97.46	98.53	97.28	96.49	0.00	99.38
CHUL	97.28	99.05	96.90	96.24	0.00	99.31
CHWN	-	-	-	-	-	-
CHYG	97.88	98.73	97.72	97.05	0.00	99.47
CNJU	-	-	-	-	-	-
DANJ	96.77	98.68	96.47	81.56	0.00	99.06
DOND	97.04	98.65	96.89	96.44	0.00	99.46
DONH	95.09	98.27	94.59	95.32	0.00	99.12
GANH	95.31	98.29	94.93	94.37	0.00	99.07

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
GOCH	98.81	99.34	98.75	97.58	0.00	99.72
GOJE	99.73	85.58	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	94.46	97.87	93.83	94.85	0.00	98.72
GSAN	96.34	97.87	95.98	95.59	0.00	99.48
HADG	-	-	-	-	-	-
HCHN	94.38	98.23	93.94	95.81	0.00	99.16
HONC	96.55	98.00	96.15	95.85	0.00	99.56
INCH	90.24	93.68	89.27	86.73	0.00	98.42
INJE	97.31	98.39	97.07	94.92	0.00	99.38
JAHG	96.72	98.59	96.47	97.00	0.00	99.45
JEJU	98.22	99.26	98.09	97.44	0.00	99.78
JIND	99.37	84.10	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	95.72	99.29	95.47	97.88	0.00	99.31
JUNG	95.15	97.12	94.80	93.34	0.00	99.53
JUNJ	95.26	98.14	94.64	96.34	0.00	99.11
KANR	97.36	98.57	97.03	97.33	0.00	99.41
KIMC	96.86	97.69	96.58	93.28	0.00	99.01
KUNW	95.00	97.00	94.54	92.74	0.00	99.03
KUSN	99.39	82.87	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	92.25	96.93	91.26	94.14	0.00	98.51
MUJU	96.77	98.09	96.44	95.02	0.00	99.25
NAMW	97.19	98.55	96.89	95.48	0.00	99.54
NONS	96.29	97.58	95.84	92.79	0.00	99.34
PAJU	97.01	98.62	96.81	96.54	0.00	99.47
PUSN	98.07	98.90	97.88	97.36	0.00	99.71
SEJN	96.77	99.08	96.58	96.44	0.00	99.33
SEOS	95.43	98.78	95.06	96.44	0.00	99.25
SMAN	99.89	79.12	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	96.72	98.76	96.24	97.12	0.00	99.47
SONC	-	-	-	-	-	-
SUWN	94.26	96.69	93.63	90.79	0.00	98.65
TABK	97.41	98.82	97.04	96.91	0.00	99.34
TEGN	97.03	99.04	96.80	96.77	0.00	99.36
WNJU	93.93	98.38	93.38	96.13	0.00	98.96
WOLS	97.24	98.74	96.93	96.79	0.00	99.64
WULJ	97.64	99.54	97.56	98.30	0.00	99.54
YANP	97.54	98.60	97.33	95.90	0.00	99.55
YECH	94.81	97.63	94.36	95.02	0.00	99.39
YODK	99.80	87.82	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.93	89.21	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	95.59	97.43	95.09	95.15	0.00	99.32
YOWL	96.71	98.33	96.48	96.16	0.00	99.45
평균	96.45	96.66	84.85	84.34	0.00	88.03

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 3-12. 2016년 9월 1일 상시기준국 측정치 신호세기율 분석 (5이상, %)

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
ANSG	98.93	99.45	98.82	97.57	0.00	99.79
BOEN	94.50	98.65	93.96	96.94	0.00	99.32
BONH	96.42	99.10	96.09	96.70	0.00	99.42
CHCN	90.87	94.96	90.08	88.85	0.00	98.03
CHEN	94.32	97.12	93.54	94.23	0.00	98.87
CHJU	95.50	98.70	95.21	97.30	0.00	99.37
CHLW	97.61	98.73	97.31	97.13	0.00	99.68
CHNG	97.80	98.61	97.59	96.57	0.00	99.62
CHSG	97.13	98.54	96.95	96.68	0.00	99.28
CHUL	97.24	99.00	96.84	95.96	0.00	99.36
CHWN	95.79	97.98	95.32	94.63	0.00	99.26
CHYG	97.95	98.79	97.76	97.16	0.00	99.51
CNJU	93.25	97.07	92.46	92.82	0.00	98.40
DANJ	96.75	98.73	96.51	90.07	0.00	98.99
DOND	96.87	98.71	96.66	96.95	0.00	99.44
DONH	94.97	98.21	94.46	95.85	0.00	98.99
GANH	95.06	98.36	94.65	94.91	0.00	99.02
GOCH	98.57	99.35	98.50	97.76	0.00	99.69
GOJE	99.67	86.28	0.00	0.00	0.00	0.00
GOSG	94.13	98.15	93.52	95.21	0.00	98.95
GSAN	95.51	97.94	96.14	95.79	0.00	99.50
HADG	98.75	99.09	98.64	97.55	0.00	99.72
HCHN	94.25	98.24	93.67	95.95	0.00	99.17
HONC	96.57	98.17	96.21	96.26	0.00	99.56
INCH	90.60	94.45	89.27	88.26	0.00	98.45
INJE	-	-	-	-	-	-
JAHG	96.92	98.76	96.64	97.50	0.00	99.50
JEJU	98.27	99.29	98.21	97.82	0.00	99.77
JIND	99.40	85.27	0.00	0.00	0.00	0.00
JINJ	95.34	99.36	95.13	98.34	0.00	99.38
JUNG	95.37	97.27	94.94	93.95	0.00	99.47
JUNJ	95.01	98.06	94.42	95.91	0.00	99.09
KANR	97.40	98.59	97.06	97.53	0.00	99.31
KIMC	96.67	97.78	96.42	93.64	0.00	99.02
KUNW	94.93	97.09	94.41	93.14	0.00	99.09
KUSN	99.41	83.44	0.00	0.00	0.00	0.00
KWNJ	91.70	96.80	90.60	94.08	0.00	98.51
MUJU	96.84	98.16	96.52	95.37	0.00	99.29
NAMW	97.02	98.43	96.80	95.72	0.00	99.48
NONS	96.23	98.29	95.82	95.04	0.00	99.45
PAJU	97.14	98.75	96.87	96.69	0.00	99.42
PUSN	97.87	99.00	97.68	97.21	0.00	99.72

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2	C1	C2	P1	P2
SEJN	96.60	98.97	96.38	96.69	0.00	99.30
SEOS	95.12	98.84	94.80	96.57	0.00	99.26
SMAN	99.91	79.05	0.00	0.00	0.00	0.00
SNJU	96.79	98.86	96.35	97.54	0.00	99.53
SONC	96.81	97.96	96.44	95.78	0.00	99.65
SUWN	94.10	96.85	93.42	91.11	0.00	98.62
TABK	97.48	98.95	97.15	97.55	0.00	99.36
TEGN	96.66	99.14	96.40	97.03	0.00	99.42
WNJU	94.33	98.30	93.84	95.87	0.00	98.81
WOLS	97.45	98.70	97.07	97.00	0.00	99.60
WULJ	97.06	99.70	96.91	98.67	0.00	99.71
YANP	97.37	98.52	97.17	96.40	0.00	99.57
YECH	94.97	97.86	94.64	95.56	0.00	99.41
YODK	99.70	88.27	0.00	0.00	0.00	0.00
YOIN	98.89	89.70	0.00	0.00	0.00	0.00
YONK	95.74	97.59	95.31	95.40	0.00	99.39
YOWL	96.89	98.37	96.64	96.46	0.00	99.33
평균	96.40	96.94	85.76	85.80	0.00	89.01

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

[별첨 4]

표 4-1. 2015년 10월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.49	0.41
BOEN	3.44	3.49
BONH	1.01	1.06
CHCN	5.41	4.74
CHEN	3.39	3.12
CHJU	1.73	1.54
CHLW	1.19	0.95
CHNG	1.15	1.00
CHSG	3.51	3.32
CHUL	4.70	4.23
CHWN	1.38	1.25
CHYG	0.91	0.86
CNJU	2.45	2.41
DANJ	1.55	1.63
DOND	0.79	0.60
DONH	1.34	1.32
GANH	2.13	1.84
GOCH	0.49	0.51
GOJE	0.23	0.32
GOSG	2.67	2.54
GSAN	1.17	0.87
HADG	0.55	0.48
HCHN	2.05	2.00
HONC	1.12	1.01
INCH	4.46	3.34
INJE	0.84	0.81
JAHG	2.04	1.86
JEJU	1.11	0.91
JIND	0.74	1.02
JINJ	1.09	1.16
JUNG	2.14	1.47
JUNJ	1.90	1.60
KANR	1.16	1.04
KIMC	2.33	1.98
KUNW	2.63	2.17
KUSN	0.66	0.93
KWNJ	5.54	4.38
MUJU	2.55	2.28
NAMW	0.65	0.63
NONS	1.54	1.30
PAJU	0.86	0.68
PUSN	0.67	0.59
SEJN	1.13	1.06
SEOS	1.64	1.68
SMAN	-	-
SNJU	1.26	1.07
SONC	1.28	0.99
SUWN	2.00	1.93
TABK	1.37	1.38
TEGN	1.07	1.07
WNJU	2.12	2.09
WOLS	1.24	1.01
WULJ	0.82	0.88
YANP	0.94	0.80
YECH	1.75	1.24
YODK	0.25	0.48
YOIN	0.59	0.68
YONK	3.88	3.74
YOWL	1.08	1.03
평균	1.73	1.57

표 4-2. 2015년 11월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.47	0.41
BOEN	3.02	2.80
BONH	1.04	1.00
CHCN	4.52	4.42
CHEN	1.99	1.86
CHJU	1.57	1.38
CHLW	0.99	0.84
CHNG	1.08	0.97
CHSG	1.14	1.10
CHUL	1.31	1.24
CHWN	1.35	1.22
CHYG	0.81	0.79
CNJU	2.15	2.00
DANJ	1.42	1.51
DOND	0.72	0.56

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
DONH	1.36	1.41
GANH	1.94	1.74
GOCH	0.48	0.51
GOJE	0.20	0.29
GOSG	2.49	2.32
GSAN	1.11	0.85
HADG	0.55	0.49
HCHN	2.05	1.83
HONC	1.23	1.11
INCH	3.56	2.81
INJE	0.72	0.77
JAHG	0.95	0.99
JEJU	1.01	0.84
JIND	0.31	0.43
JINJ	1.29	1.39
JUNG	1.58	1.25
JUNJ	1.77	1.46
KANR	1.18	1.03
KIMC	1.63	1.51
KUNW	1.42	1.33
KUSN	0.75	0.94
KWNJ	4.91	4.34
MUJU	1.84	1.68
NAMW	0.79	0.71
NONS	1.43	1.19
PAJU	0.70	0.60
PUSN	0.73	0.62
SEJN	1.05	0.97
SEOS	1.63	1.72
SMAN	-	-
SNJU	1.18	1.01
SONC	1.31	1.09
SUWN	1.99	1.78
TABK	1.15	1.16
TEGN	1.05	1.03
WNJU	2.00	1.97
WOLS	1.21	1.02
WULJ	0.82	0.88
YANP	0.98	0.84
YECH	1.87	1.24
YODK	0.26	0.45
YOIN	0.77	0.73
YONK	2.24	2.21
YOWL	0.80	0.85

상시기준국	L1	L2
평균	1.41	1.30

표 4-3. 2015년 12월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.49	0.44
BOEN	3.21	2.98
BONH	1.10	1.13
CHCN	4.27	4.44
CHEN	1.92	1.90
CHJU	1.57	1.41
CHLW	1.03	0.90
CHNG	0.99	0.97
CHSG	1.39	1.28
CHUL	1.17	1.09
CHWN	1.21	1.18
CHYG	0.77	0.78
CNJU	2.12	2.05
DANJ	1.32	1.43
DOND	0.77	0.56
DONH	1.35	1.38
GANH	2.02	1.84
GOCH	0.43	0.48
GOJE	0.17	0.23
GOSG	2.07	2.10
GSAN	0.99	0.92
HADG	0.45	0.42
HCHN	1.83	1.80
HONC	1.25	1.16
INCH	3.39	3.10
INJE	0.84	0.77
JAHG	0.96	0.94
JEJU	0.93	0.74
JIND	0.26	0.41
JINJ	1.29	1.41
JUNG	1.56	1.16
JUNJ	1.79	1.48
KANR	1.22	1.04
KIMC	1.87	1.70
KUNW	1.45	1.38
KUSN	0.57	0.81

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
KWNJ	4.36	3.79
MUJU	1.83	1.68
NAMW	0.76	0.68
NONS	1.45	1.27
PAJU	0.50	0.49
PUSN	0.80	0.67
SEJN	1.00	0.90
SEOS	1.32	1.39
SMAN	-	-
SNJU	1.13	1.00
SONC	1.24	1.00
SUWN	2.14	1.95
TABK	1.25	1.22
TEGN	1.05	1.07
WNJU	2.08	2.04
WOLS	1.37	1.21
WULJ	0.89	0.99
YANP	1.06	0.85
YECH	1.91	1.20
YODK	0.22	0.47
YOIN	0.82	0.79
YONK	2.38	2.30
YOWL	0.73	0.79
평균	1.39	1.30

표 4-4. 2016년 1월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.42	0.40
BOEN	3.17	3.05
BONH	1.15	1.17
CHCN	1.92	1.94
CHEN	2.13	2.09
CHJU	1.58	1.32
CHLW	1.08	0.93
CHNG	0.66	0.59
CHSG	0.68	0.67
CHUL	1.26	1.18
CHWN	1.19	1.22
CHYG	0.69	0.78
CNJU	2.34	2.38

상시기준국	L1	L2
DANJ	1.18	1.29
DOND	0.70	0.57
DONH	1.41	1.42
GANH	-	-
GOCH	0.55	0.62
GOJE	0.17	0.23
GOSG	2.05	2.06
GSAN	1.01	1.05
HADG	0.50	0.46
HCHN	2.17	1.92
HONC	1.30	1.14
INCH	-	-
INJE	0.80	0.73
JAHG	0.77	0.69
JEJU	1.05	0.81
JIND	0.25	0.37
JINJ	1.24	1.31
JUNG	1.80	1.25
JUNJ	1.88	1.58
KANR	1.14	1.14
KIMC	1.22	1.16
KUNW	1.56	1.60
KUSN	0.63	0.88
KWNJ	3.14	2.86
MUJU	1.10	1.22
NAMW	0.83	0.77
NONS	1.26	1.27
PAJU	0.55	0.59
PUSN	0.83	0.77
SEJN	1.10	1.08
SEOS	1.47	1.59
SMAN	-	-
SNJU	-	-
SONC	1.22	1.14
SUWN	1.14	1.03
TABK	2.27	2.02
TEGN	1.26	1.25
WNJU	0.99	1.03
WOLS	2.08	2.10
WULJ	0.88	0.98
YANP	1.09	0.99
YECH	1.89	1.47
YODK	0.26	0.47
YOIN	0.76	0.74

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
YONK	0.92	0.93
YOWL	0.91	0.95
평균	1.23	1.18

표 4-5. 2016년 2월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.49	0.45
BOEN	2.61	2.58
BONH	1.18	1.18
CHCN	1.56	1.58
CHEN	1.74	1.63
CHJU	1.57	1.35
CHLW	1.12	1.03
CHNG	0.64	0.60
CHSG	0.57	0.62
CHUL	1.29	1.23
CHWN	1.00	1.17
CHYG	0.59	0.60
CNJU	1.86	1.94
DANJ	1.28	1.36
DOND	0.67	0.56
DONH	1.45	1.40
GANH	1.88	1.96
GOCH	0.50	0.54
GOJE	0.18	0.25
GOSG	2.00	1.94
GSAN	0.84	0.93
HADG	0.49	0.46
HCHN	1.68	1.70
HONC	1.03	1.10
INCH	2.15	2.21
INJE	0.78	0.91
JAHG	0.77	0.71
JEJU	1.02	0.94
JIND	0.21	0.28
JINJ	1.18	1.22
JUNG	1.51	1.32
JUNJ	1.78	1.48
KANR	1.21	1.23
KIMC	1.02	1.02
KUNW	1.33	1.31
KUSN	0.64	0.83
KWNJ	2.81	2.60
MUJU	0.92	0.99
NAMW	0.78	0.72
NONS	1.08	0.92
PAJU	0.56	0.60
PUSN	0.84	0.71
SEJN	0.86	0.91
SEOS	1.35	1.43
SMAN	-	-
SNJU	1.20	1.19
SONC	1.25	1.15
SUWN	2.17	2.07
TABK	1.10	1.10
TEGN	1.04	1.09
WNJU	2.12	2.17
WOLS	1.25	1.15
WULJ	1.01	1.08
YANP	1.06	1.10
YECH	1.85	1.47
YODK	0.24	0.36
YOIN	1.04	0.93
YONK	0.72	0.75
YOWL	0.73	0.79
평균	1.17	1.15

표 4-6. 2016년 3월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.56	0.45
BOEN	2.63	2.68
BONH	1.29	1.27
CHCN	1.91	1.84
CHEN	2.02	2.01
CHJU	1.57	1.40
CHLW	1.01	1.00
CHNG	0.85	0.81
CHSG	0.66	0.64
CHUL	1.18	1.20
CHWN	1.22	1.32

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
CHYG	0.57	0.68
CNJU	2.60	2.55
DANJ	1.41	1.46
DOND	0.70	0.62
DONH	1.58	1.62
GANH	2.03	2.06
GOCH	0.53	0.58
GOJE	0.20	0.22
GOSG	2.06	2.16
GSAN	1.03	1.08
HADG	0.55	0.57
HCHN	1.91	1.95
HONC	1.22	1.28
INCH	3.06	2.97
INJE	0.91	0.85
JAHG	0.81	0.73
JEJU	0.95	0.84
JIND	0.26	0.38
JINJ	1.34	1.43
JUNG	1.56	1.52
JUNJ	1.86	1.65
KANR	1.24	1.26
KIMC	1.09	1.08
KUNW	1.39	1.42
KUSN	0.54	0.79
KWNJ	3.01	2.84
MUJU	1.01	1.12
NAMW	0.78	0.76
NONS	1.33	1.28
PAJU	0.59	0.62
PUSN	0.77	0.76
SEJN	0.97	1.08
SEOS	1.53	1.62
SMAN	-	-
SNJU	1.45	1.37
SONC	1.35	1.21
SUWN	2.57	2.39
TABK	1.29	1.37
TEGN	1.23	1.26
WNJU	2.38	2.44
WOLS	1.30	1.23
WULJ	1.18	1.26
YANP	1.15	1.00
YECH	1.89	1.60
YODK	0.23	0.36
YOIN	0.88	0.82
YONK	0.88	0.82
YOWL	0.71	0.77
평균	1.29	1.28

표 4-7. 2016년 4월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	-	-
BOEN	2.42	2.46
BONH	1.07	1.16
CHCN	2.19	2.30
CHEN	2.11	2.18
CHJU	1.63	1.49
CHLW	-	-
CHNG	0.94	0.84
CHSG	0.75	0.82
CHUL	20.76	20.51
CHWN	1.30	1.35
CHYG	0.64	0.77
CNJU	2.34	2.32
DANJ	1.42	1.50
DOND	0.73	0.54
DONH	1.58	1.65
GANH	3.54	3.68
GOCH	0.47	0.52
GOJE	0.18	0.24
GOSG	1.99	2.13
GSAN	1.06	0.96
HADG	0.49	0.48
HCHN	1.93	1.19
HONC	1.51	1.35
INCH	3.22	3.10
INJE	0.86	0.77
JAHG	0.93	0.90
JEJU	1.10	1.05
JIND	0.28	0.43
JINJ	1.37	1.46
JUNG	1.75	1.47
JUNJ	1.99	1.80

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
KANR	1.23	1.28
KIMC	1.09	1.13
KUNW	1.49	1.53
KUSN	0.60	0.81
KWNJ	3.10	2.92
MUJU	1.13	1.22
NAMW	0.84	0.81
NONS	1.45	1.37
PAJU	-	-
PUSN	0.84	0.75
SEJN	1.03	1.09
SEOS	1.62	1.64
SMAN	0.29	0.36
SNJU	1.29	1.31
SONC	1.27	1.14
SUWN	2.35	2.26
TABK	1.30	1.38
TEGN	-	-
WNJU	2.05	2.25
WOLS	1.10	0.90
WULJ	0.97	1.08
YANP	1.17	1.02
YECH	1.97	1.47
YODK	0.25	0.37
YOIN	0.82	0.85
YONK	1.12	1.27
YOWL	0.78	0.82
평균	1.70	1.69

표 4-8. 2016년 5월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.46	0.49
BOEN	2.73	2.76
BONH	1.04	1.15
CHCN	3.06	3.26
CHEN	2.95	2.90
CHJU	1.50	1.48
CHLW	1.08	0.95
CHNG	0.81	0.69
CHSG	0.87	0.97

상시기준국	L1	L2
CHUL	1.11	1.17
CHWN	1.54	1.58
CHYG	0.82	0.95
CNJU	2.85	2.93
DANJ	1.53	1.59
DOND	0.76	0.62
DONH	1.79	1.86
GANH	1.86	2.00
GOCH	0.48	0.54
GOJE	0.17	0.27
GOSG	1.97	2.07
GSAN	1.35	1.13
HADG	0.61	0.60
HCHN	2.23	2.07
HONC	1.51	1.33
INCH	3.92	3.55
INJE	0.76	0.81
JAHG	0.83	0.90
JEJU	1.34	1.13
JIND	0.56	0.81
JINJ	1.48	1.63
JUNG	-	-
JUNJ	1.90	1.76
KANR	1.21	1.20
KIMC	1.21	1.20
KUNW	1.76	1.77
KUSN	0.62	0.79
KWNJ	3.43	3.29
MUJU	1.32	1.20
NAMW	0.89	0.76
NONS	1.65	1.38
PAJU	0.76	0.91
PUSN	0.88	0.72
SEJN	1.06	1.09
SEOS	1.93	1.98
SMAN	0.26	0.32
SNJU	1.36	1.37
SONC	1.18	1.16
SUWN	2.40	2.34
TABK	1.32	1.39
TEGN	1.08	1.10
WNJU	2.18	2.39
WOLS	1.28	1.03
WULJ	1.21	1.31

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
YANP	1.05	0.96
YECH	1.81	1.50
YODK	0.27	0.43
YOIN	0.68	0.69
YONK	1.62	1.58
YOWL	0.98	1.06
평균	1.40	1.39

표 4-9. 2016년 7월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.59	0.50
BOEN	2.82	2.89
BONH	1.24	1.29
CHCN	4.21	4.03
CHEN	3.66	3.48
CHJU	1.67	1.53
CHLW	0.98	1.04
CHNG	0.70	0.68
CHSG	0.96	1.17
CHUL	1.21	1.26
CHWN	1.88	1.76
CHYG	0.93	1.00
CNJU	2.83	2.90
DANJ	1.49	1.57
DOND	0.90	0.81
DONH	1.81	1.88
GANH	2.03	2.03
GOCH	0.50	0.50
GOJE	0.23	0.38
GOSG	3.27	3.34
GSAN	1.38	1.18
HADG	0.56	0.57
HCHN	2.22	2.11
HONC	1.33	1.29
INCH	4.50	3.38
INJE	0.98	0.92
JAHG	1.21	1.10
JEJU	0.50	0.60
JIND	1.09	1.38

상시기준국	L1	L2
JINJ	1.51	1.59
JUNG	1.94	1.64
JUNJ	1.98	1.83
KANR	1.13	1.11
KIMC	1.24	1.14
KUNW	2.54	2.37
KUSN	0.58	0.82
KWNJ	3.81	3.75
MUJU	1.33	1.34
NAMW	1.02	1.05
NONS	1.94	1.64
PAJU	0.87	0.90
PUSN	0.83	0.75
SEJN	1.16	1.19
SEOS	1.86	1.90
SMAN	0.26	0.35
SNJU	1.41	1.41
SONC	1.37	1.18
SUWN	2.02	2.02
TABK	1.45	1.43
TEGN	1.28	1.27
WNJU	2.23	2.32
WOLS	1.12	1.07
WULJ	1.22	1.35
YANP	1.02	1.02
YECH	1.85	1.53
YODK	0.24	0.41
YOIN	0.51	0.57
YONK	1.97	1.83
YOWL	1.20	1.14
평균	1.54	1.50

표 4-10. 2016년 6월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.47	0.44
BOEN	2.76	2.79
BONH	1.16	1.27
CHCN	4.22	4.50
CHEN	2.34	2.46
CHJU	1.85	1.69

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
CHLW	1.05	0.97
CHNG	0.81	0.76
CHSG	0.78	0.94
CHUL	1.14	1.23
CHWN	1.51	1.45
CHYG	0.85	0.94
CNJU	2.82	2.98
DANJ	1.44	1.56
DOND	0.80	0.76
DONH	2.13	2.12
GANH	1.91	1.96
GOCH	0.45	0.51
GOJE	0.20	0.29
GOSG	2.45	2.58
GSAN	1.26	1.26
HADG	0.57	0.50
HCHN	2.06	2.07
HONC	1.44	1.36
INCH	4.37	3.49
INJE	0.91	0.89
JAHG	1.05	1.04
JEJU	1.15	1.16
JIND	0.44	0.86
JINJ	1.38	1.51
JUNG	1.74	1.48
JUNJ	1.74	1.75
KANR	1.21	1.15
KIMC	1.14	1.18
KUNW	1.81	1.88
KUSN	0.56	0.87
KWNJ	3.50	3.31
MUJU	1.48	1.34
NAMW	0.96	0.99
NONS	1.83	1.64
PAJU	0.78	0.87
PUSN	0.66	0.67
SEJN	1.13	1.21
SEOS	1.81	1.85
SMAN	0.29	0.41
SNJU	1.26	1.24
SONC	1.33	1.22
SUWN	2.12	2.14
TABK	1.35	1.45
TEGN	1.17	1.24
WNJU	2.23	2.35
WOLS	1.31	1.07
WULJ	1.04	1.09
YANP	1.02	0.99
YECH	1.82	1.60
YODK	0.26	0.42
YOIN	0.65	0.70
YONK	1.49	1.51
YOWL	1.26	1.20
평균	1.44	1.44

표 4-11. 2016년 8월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.46	0.46
BOEN	2.52	2.46
BONH	1.26	1.33
CHCN	3.63	3.65
CHEN	2.49	2.37
CHJU	1.68	1.59
CHLW	-	-
CHNG	-	-
CHSG	0.84	1.03
CHUL	1.28	1.29
CHWN	-	-
CHYG	0.81	0.79
CNJU	-	-
DANJ	1.41	1.48
DOND	0.77	0.68
DONH	1.82	1.78
GANH	1.87	1.76
GOCH	0.45	0.49
GOJE	0.26	0.45
GOSG	2.68	2.86
GSAN	1.48	1.35
HADG	-	-
HCHN	2.21	2.14
HONC	1.46	1.35
INCH	3.96	3.42
INJE	0.86	0.87
JAHG	1.02	0.98

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상시기준국	L1	L2
JEJU	0.60	0.68
JIND	0.44	0.97
JINJ	1.49	1.63
JUNG	1.94	1.50
JUNJ	1.93	1.75
KANR	1.13	1.12
KIMC	1.19	1.29
KUNW	1.75	1.81
KUSN	0.49	0.75
KWNJ	3.41	3.02
MUJU	1.27	1.27
NAMW	1.07	0.99
NONS	1.66	1.48
PAJU	0.88	0.86
PUSN	0.72	0.71
SEJN	1.07	1.08
SEOS	1.74	1.76
SMAN	0.24	0.35
SNJU	1.46	1.39
SONC	-	-
SUWN	2.16	2.17
TABK	1.33	1.29
TEGN	1.30	1.34
WNJU	2.25	2.42
WOLS	1.20	1.05
WULJ	1.10	1.17
YANP	0.94	0.84
YECH	1.80	1.51
YODK	0.26	0.47
YOIN	0.57	0.63
YONK	1.59	1.49
YOWL	1.22	1.21
평균	1.42	1.41

표 4-12. 2016년 9월 1일 상시기준국 반송파 위상 측정치 LLI 분석 (Bit 0 Set, %)

상시기준국	L1	L2
ANSG	0.43	0.45
BOEN	2.71	2.67
BONH	1.44	1.41
CHCN	3.93	3.90

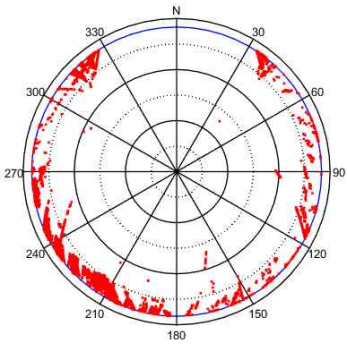
상시기준국	L1	L2
CHEN	3.68	3.56
CHJU	1.61	1.54
CHLW	1.12	1.07
CHNG	0.78	0.77
CHSG	0.88	1.14
CHUL	1.50	1.51
CHWN	1.64	1.54
CHYG	0.89	0.95
CNJU	2.97	2.97
DANJ	1.55	1.65
DOND	0.91	0.91
DONH	2.14	2.07
GANH	2.08	1.94
GOCH	0.45	0.49
GOJE	0.23	0.43
GOSG	2.82	2.90
GSAN	1.59	1.37
HADG	0.54	0.59
HCHN	2.45	2.45
HONC	1.42	1.24
INCH	5.15	4.14
INJE	-	-
JAHG	1.10	1.06
JEJU	0.50	0.57
JIND	0.63	1.08
JINJ	1.73	1.82
JUNG	2.04	1.56
JUNJ	2.23	2.07
KANR	1.18	1.16
KIMC	1.25	1.35
KUNW	2.43	2.38
KUSN	0.55	0.70
KWNJ	4.22	3.72
MUJU	1.34	1.41
NAMW	0.93	0.93
NONS	1.39	1.26
PAJU	1.37	1.36
PUSN	0.80	0.74
SEJN	1.18	1.24
SEOS	1.82	1.74
SMAN	0.25	0.32
SNJU	1.66	1.53
SONC	1.40	1.22
SUWN	2.56	2.44

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

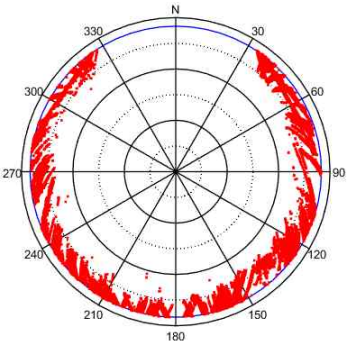
상시기준국	L1	L2
TABK	1.30	1.30
TEGN	1.31	1.36
WNJU	2.19	2.33
WOLS	1.27	1.17
WULJ	1.17	1.22
YANP	1.10	1.04
YECH	1.59	1.38
YODK	0.28	0.48
YOIN	0.61	0.62
YONK	1.85	1.75
YOWL	1.06	1.12
평균	1.57	1.54

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

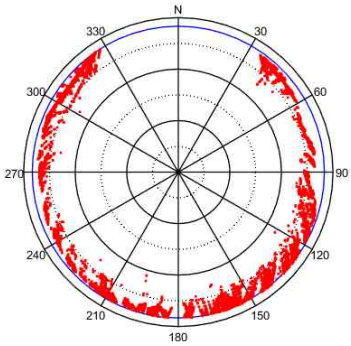
[별첨 5]



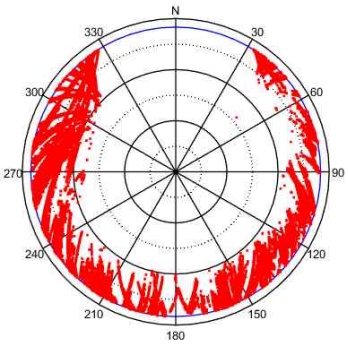
ANSG



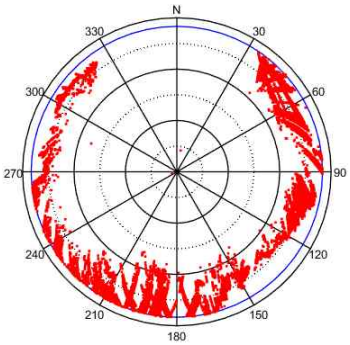
BOEN



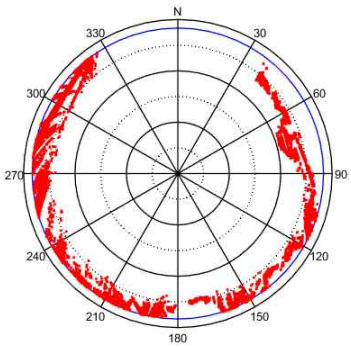
BONH



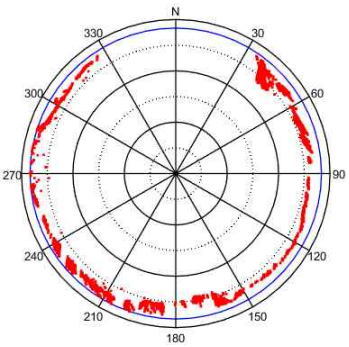
CHCH



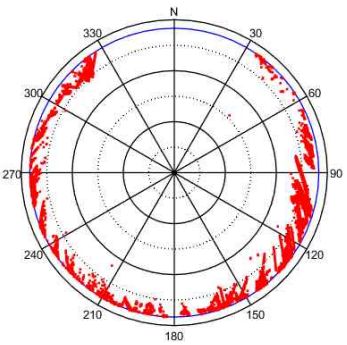
CHEN



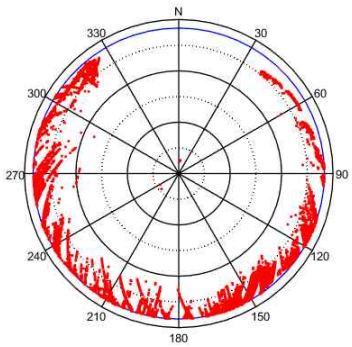
CHJU



CHLW

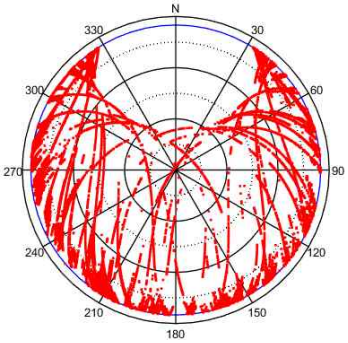


CHNG

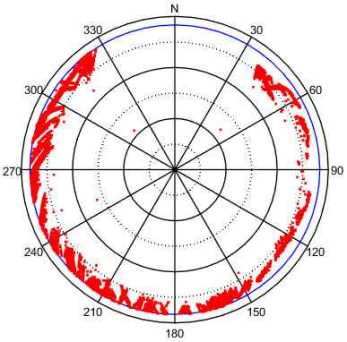


CHSG

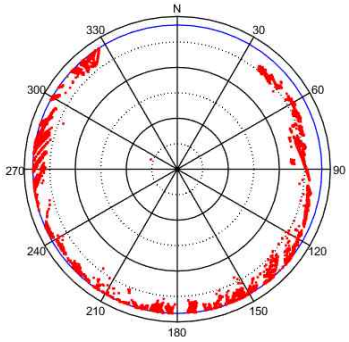
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



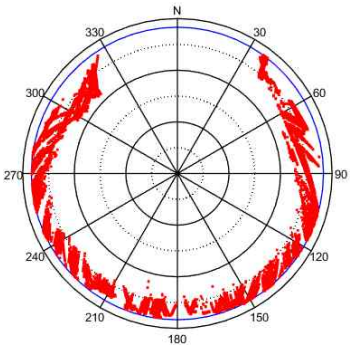
CHUL



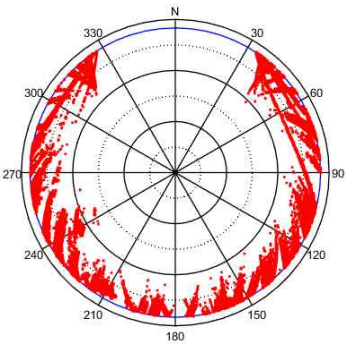
CHWN



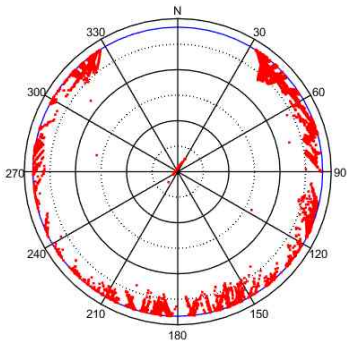
CHYG



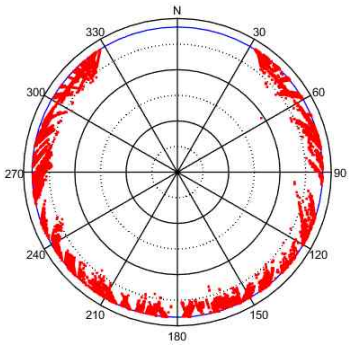
CNJU



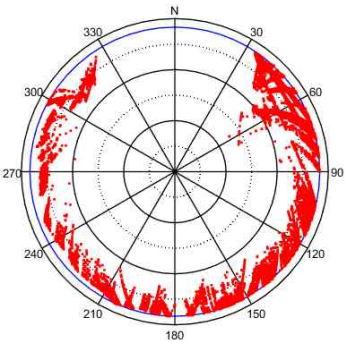
DANJ



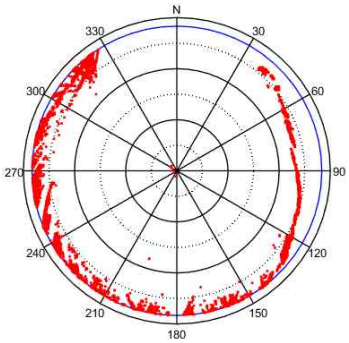
DOND



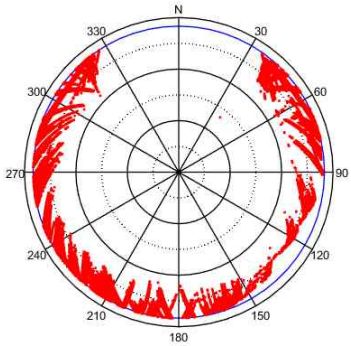
DONH



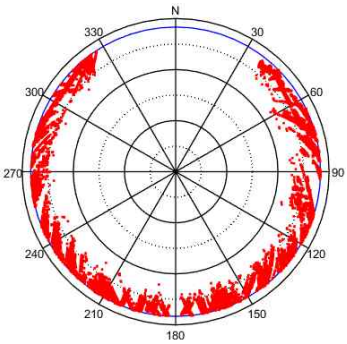
GANH



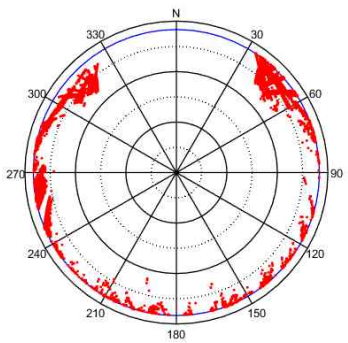
GOCH



GOJE

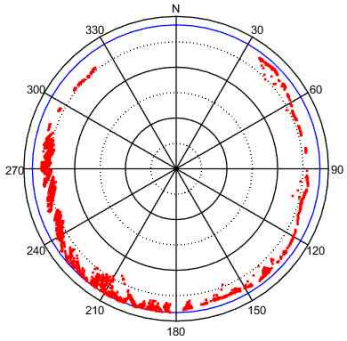


GOSG

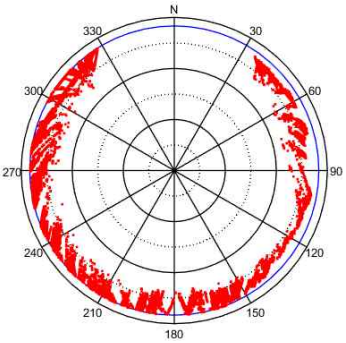


GSAN

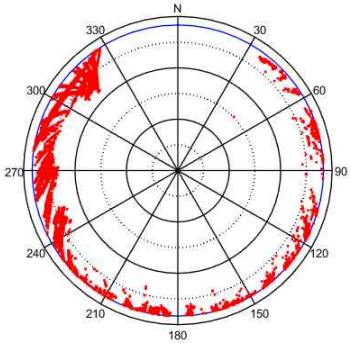
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



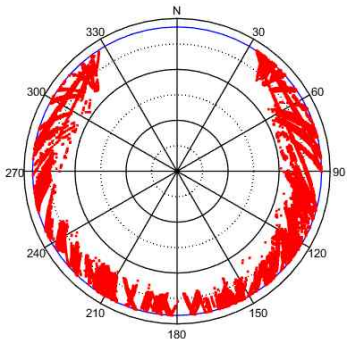
HADG



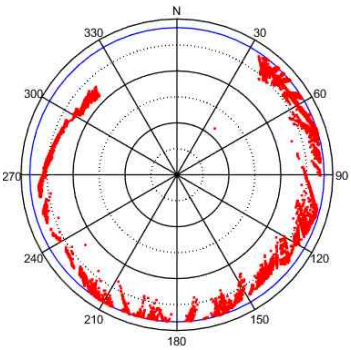
HCHN



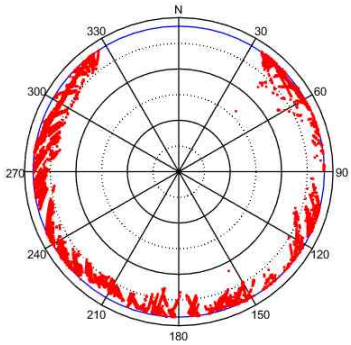
HONC



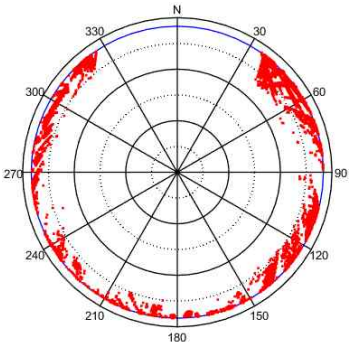
INCH



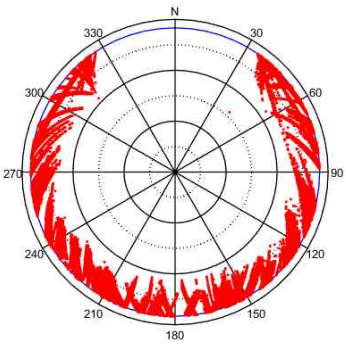
INJE



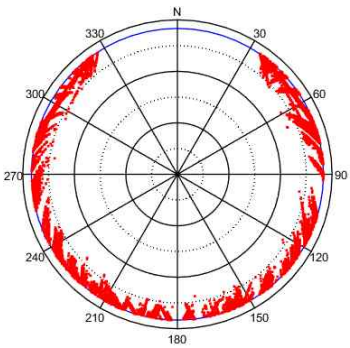
JAHG



JEJU

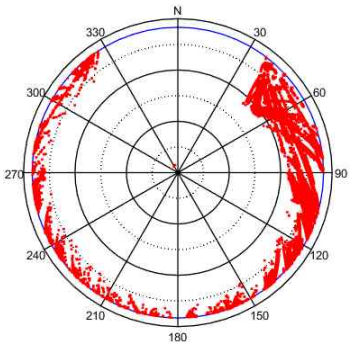


JIND

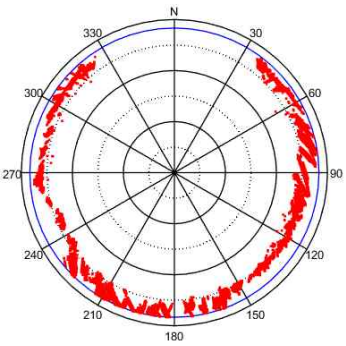


JINJ

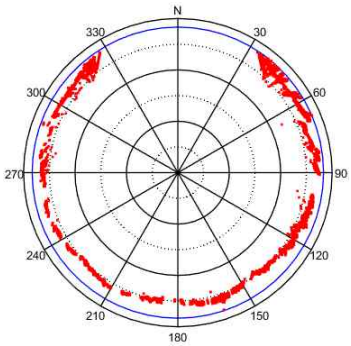
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



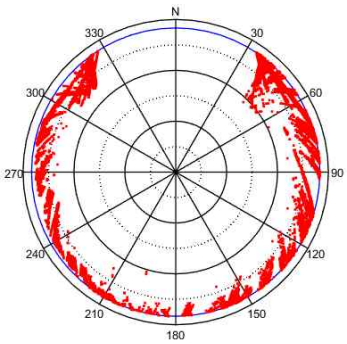
JUNG



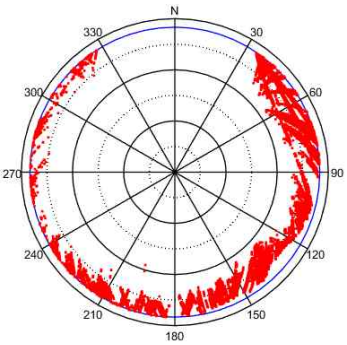
JUNJ



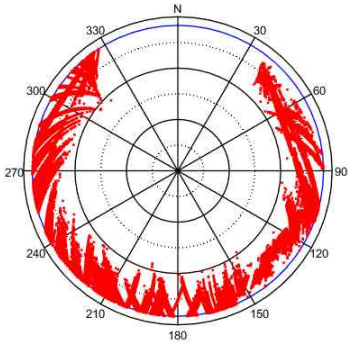
KANR



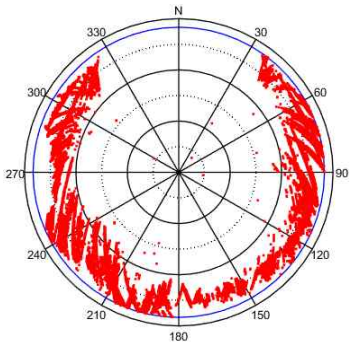
KIMC



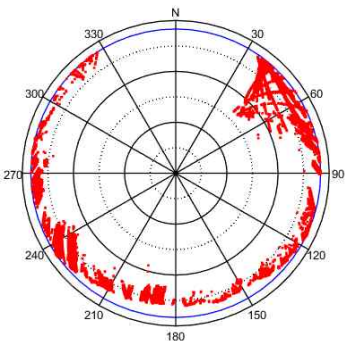
KUNW



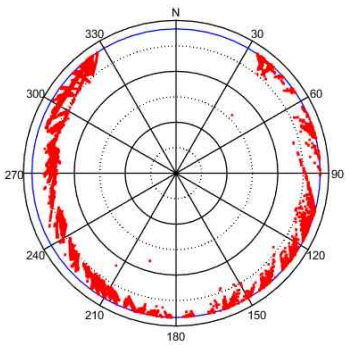
KUSN



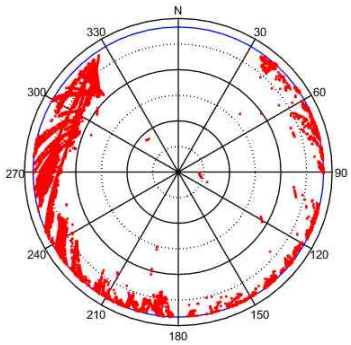
KWNJ



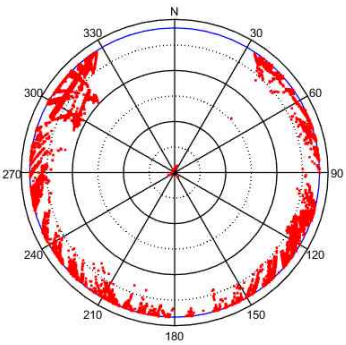
MUJU



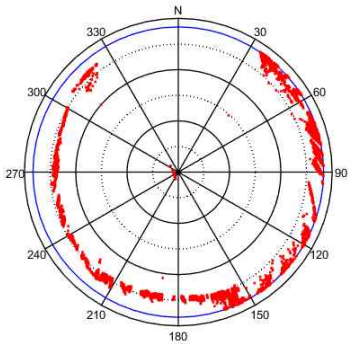
NAMW



NONS

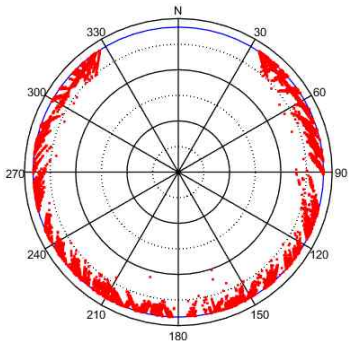


PAJU

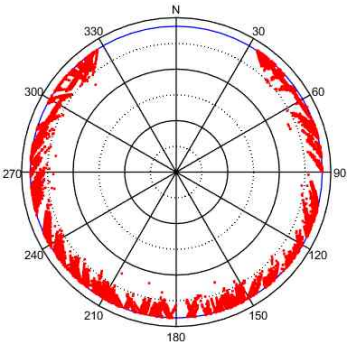


PUSN

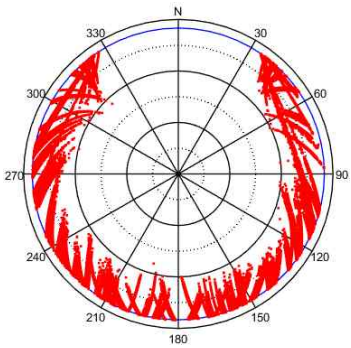
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



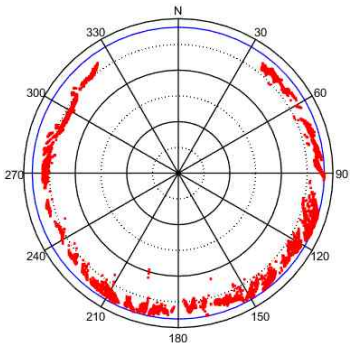
SEJN



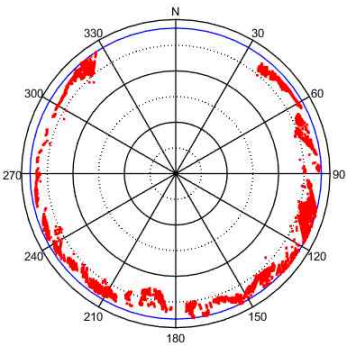
SEOS



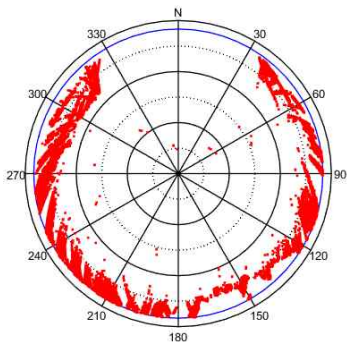
SMAN



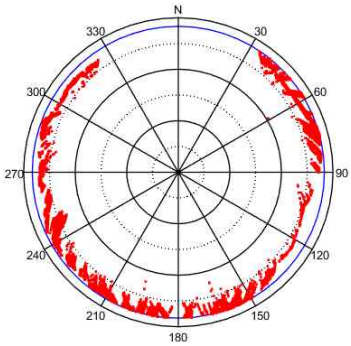
SNJU



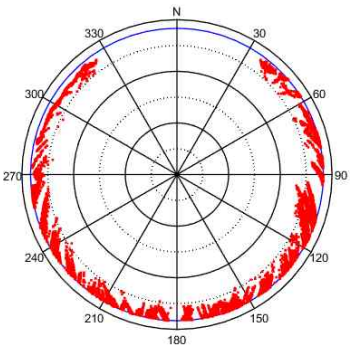
SONC



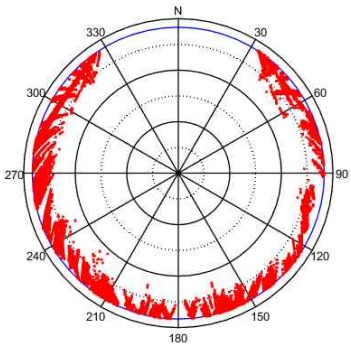
SUWN



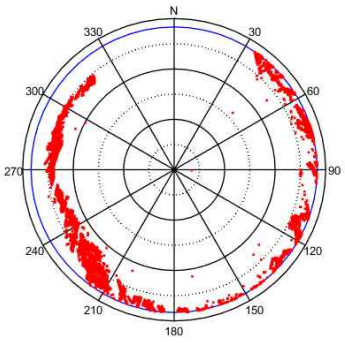
TABK



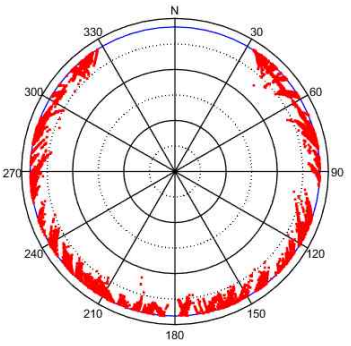
TEGN



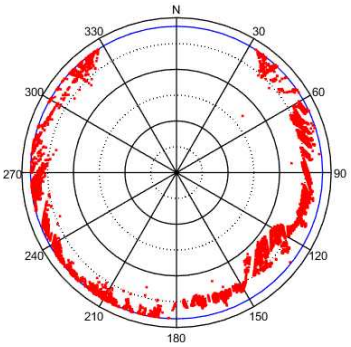
WNJU



WOLS



WULJ



YANP

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

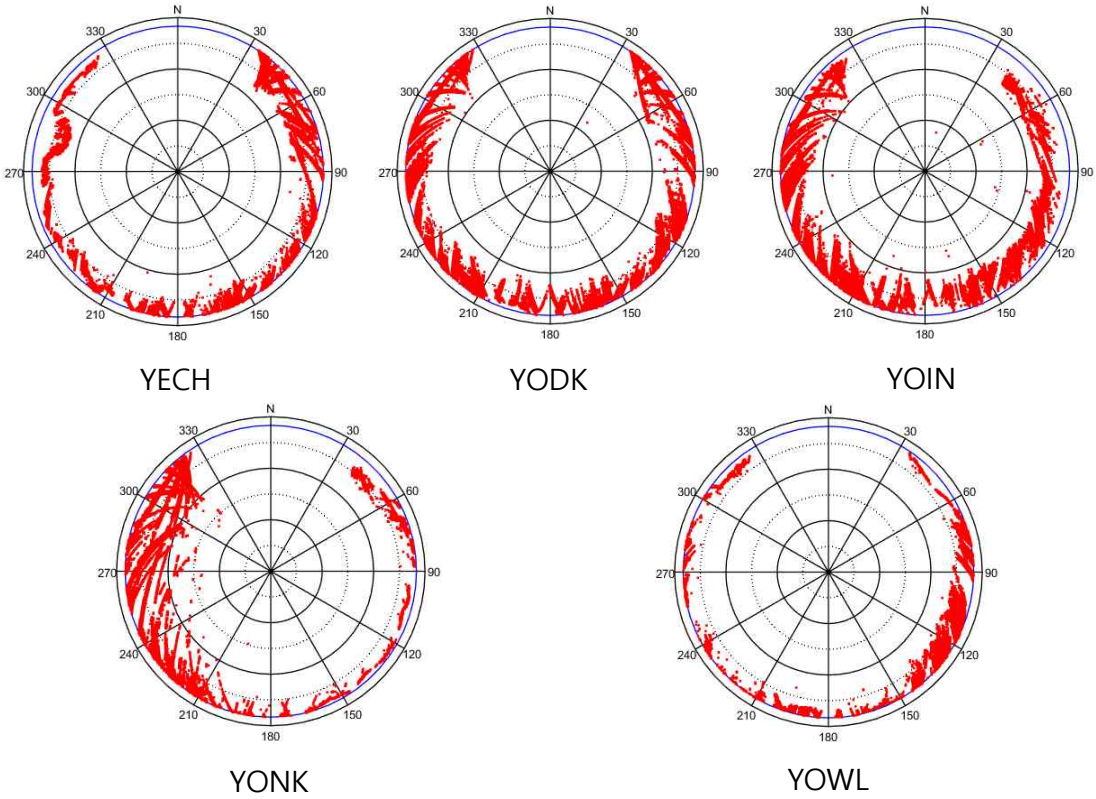


그림 5-1. 상시기준국별 가용성 방해 요인 예측 위치

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-45

상시기준국 운영현황 분석서

2016. 12. 07.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	손은성	2016. 12. 07.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 12. 07.	손은성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 서론 ····· 1

2. 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지 ····· 2
2.1. GNSS 데이터 제공 ····· 2
2.2. 정밀성과 계산 ····· 6
2.3. 상시기준국 서비스 ····· 7

3. 상시기준국 좌표 분석 ····· 9

4. 결론 ····· 13

5. 참고문헌 ····· 14

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 서론

위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)은 우주 공간의 위성을 이용하여 지구상에서 사용자의 위치와 시각을 결정하는 시스템이다. 위성항법시스템을 사용하는 사용자는 육상, 해상, 항공 분야에서 각자의 요구사항에 맞게 다양하게 사용하고 있다.

최근 위성항법시스템에 대한 중요성이 대두됨에 따라 세계 각국은 독자적인 위성항법시스템을 구축하려고 노력하고 있으며 초기 미국의 GPS (Global Positioning System)을 시작으로 러시아의 GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System)가 개발이 완료되었으며 유럽의 갈릴레오 (Galileo), 중국의 베이두 (Beidou), 일본의 준천정 위성 시스템 (QZSS, Quasi-Zenith Satellite System), 인도의 지역위성항법시스템 (IRNSS, Indian Regional Navigation System) 등이 개발 중이다 [11].

위성항법시스템은 국가 주요 인프라의 기반기술로써 적용되어 국가적으로는 물론 일반인들의 생활에서도 없어서는 안 될 필수적인 시스템이 되었다 [1].

위성항법시스템을 이용한 위치결정은 단독 위치결정과 상대 위치결정으로 구분할 수 있으며 상대 위치결정은 높은 정확도와 정밀도를 얻기 위해 사용된다 [9]. 상대 위치결정은 정확한 좌표를 알고 있는 수신국의 정보를 활용하여 오차항을 계산하고 보정정보를 제공함으로써 사용자의 위치 정확도와 정밀도를 향상시킬 수 있다 [4]. 상대 위치결정을 이용하여 실제 적용 가능한 시스템은 위성항법 보정시스템으로 보정정보 계산방식 및 전송방식에 따라 GBAS (Ground Based Augmentation System), SBAS (Satellite Based Augmentation System), ABAS (Aircraft Based Augmentation System), GRAS (Ground-based Regional Augmentation System), 네크워크 RTK (Network Real Time Kinematic) 등으로 나뉜다 [5].

네트워크 RTK는 OSR (Observation Space Representation)과 SSR (State Space Representation)으로 구분할 수 있다. 대표적인 OSR 방식으로는 VRS (Virtual Reference Station), FKP (Flachen Korrektur Parameter), MAC (Master Auxiliary Concept) 등이 있으며 SSR 방식으로는 PPP (Precise Point Positioning)-RTK 등이 있다. 네트워크 RTK에 대한 보다 상세한 내용은 참고문헌으로 대체한다 [3].

국토지리정보원 상시기준국은 DGPS (Differential GPS) 측량 활용을 목적으로 1995년 국토지리정보원 구내에 최초로 설치 된 이후 2008년까지 총 14개의 상시기준국이 설치되었다. 2008년 정부조직재편에 따라 (구)행정자치부에서 설치한 30개 상시기준국이 국토지리정보원으로 이관되었고, 그 후 수차례의 상시기준국 증설 사업을 통해 현재까지 60여개의 상시기준국이 설치되어 운영되고 있다. 국토지리정보원에서는 상시기준국의 일별 관측데이터를 GNSS 후처리용으로 일반에게는 홈페이지를 통해서 제공하고 있으며, 2005년부터는 상시기준국을 이용하여 실시간으로 고정밀의 위치결정이 가능한 네트워크 RTK 서비스를 제공하고 있다 [1]. 국토지리정보원에서 제공하는 네트워

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

크 RTK 서비스는 미국 트림블 (Trimble)社에서 개발한 VRS 서비스로 2007년부터 14개의 상시기준국을 이용하여 제공하고 있다 [3].

이 연구에서는 국토지리정보원이 운영하는 상시기준국 운영현황을 분석하였다. 분석은 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지를 기반으로 수행하였으며 홈페이지에서 제공하는 GNSS서비스 사용법, 상시기준국 좌표 등이 대상이다.

2. 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지

국토지리정보원 홈페이지에 접속하면 GNSS의 개요, 홈페이지에서 제공하는 서비스 이용방법, 상시기준국 운영 현황 등을 확인할 수 있다. 그러나 GNSS 서비스 또는 VRS 서비스를 사용하기 위한 사용자는 홈페이지에 반드시 가입을 해야 한다. 가입 방법은 매우 간단하며 일반 홈페이지 가입 방법과 유사하다. 가입을 하지 않았을 경우 그림 2-1과 같이 팝업 (Pop-up) 메시지가 나타난다.

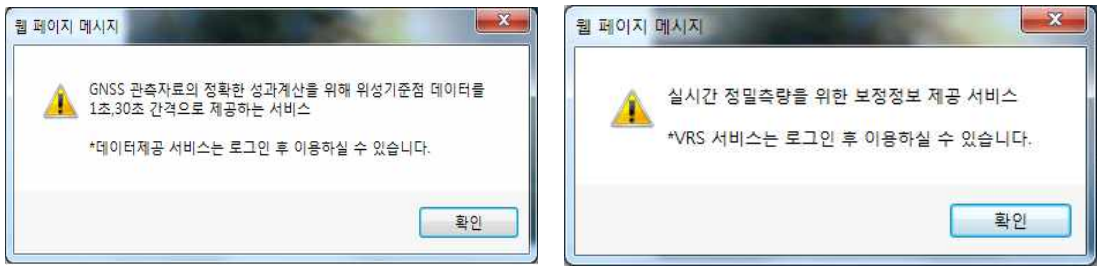


그림 2-1. 회원가입 팝업 메시지 (좌: 상시기준국 데이터, 우: VRS 서비스)

GNSS서비스 항목에 접속하면 GNSS 데이터 다운로드 (Download), 사용자 데이터 위치결정 결과 도출, 상시기준국 현황 등을 확인할 수 있다.

2.1. GNSS 데이터 제공

다운 가능한 상시기준국의 데이터 종류는 30초 간격의 데이터와 1초 간격의 데이터



그림 2-2. 수원 상시기준국 데이터 다운로드 에러

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

로 30초 간격은 24시간의 측정치가 한 개의 파일로 제공되며 1초 간격의 데이터는 1시간의 측정치가 한 개의 파일로 제공된다. 그림 2-2와 같이 제공되지 않는 데이터의 경우 에러 (Error)가 발생하였다는 팝업 메시지가 나타난다.

상시기준국 데이터는 최대 5개까지 선택할 수 있으며 선택한 상시기준국 중에서 원하는 날짜의 데이터가 존재하지 않을 경우 그림 2-3과 같이 다운받을 수 없음을 알리는 팝업 메시지가 나타나며 자동적으로 나머지 데이터만을 취합하여 제공해 준다.

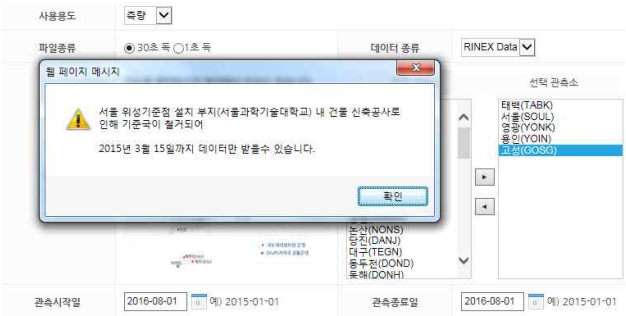


그림 2-3. 서울 상시기준국 데이터 획득 에러

국토지리정보원은 약 80여개의 상시기준국 고시좌표를 고시하지만 다운로드 가능한 데이터는 약 60여개이다. 이중 2016년 3월경에 신설된 SMAN (새만금) 상시기준국은 데이터 다운로드는 가능하지만 좌표는 2016년 9월 8일에 고시하였다. 다운로드 할 수 없는 상시기준국은 대부분 DGPS기지국 공동운영 상시기준국으로 표 2-1과 같다. 상시기준국 다운로드 리스트 (List)는 가나다순으로 제공되며 다운받은 데이터는 RINEX (Receiver INdependent EXchange) 포맷 (Format)을 준수하고 있어 알파벳 (Alphabet) 순으로 정렬된다. 따라서 <그림 2-4>와 같이 5개의 이상 또는 많은 양의 데이터를 다운로드 했을 경우 데이터 확인에 다소 불편함이 존재하므로 리스트를 알파벳순으로 제공하는 것을 검토할 필요가 있다고 판단된다. 그리고 데이터를 다운로드할 경우 웹 페이지 (Web page)가 전환되어 다운로드 세팅 (Setting) 정보가 초기화되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 30초 간격 데이터 다운로드의 경우 시작과 끝 날짜 정보를 선택하

표 2-1. 데이터 다운로드 불가 상시기준국

한글	안흥, 춘천, 충주, 당사도, 독도, 어청도, 가거도, 가사도, 거문도, 호미곶, 홍도, 저진, 죽변, 주문진, 마라도, 말도, 무주, 팔미도, 평창, 성주, 서이말, 소청도, 소리도, 울릉도, 영도, 영주
영문	ANHN, CCHN, CHJ1, DANG, DOKD, EOCH, GAGE, GASA, GEOM, HOMI, HGDO, JEOJ, JUKB, JUMN, MARA, MUJ1, PALM, PYCH, SEJU, SEOI, SOCH, CORI, ULLE, YNDO, YNJU

※춘천, 무주는 2개의 상시기준국이 존재

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

도록 되어 있으며 무조건 하루 단위로 데이터를 획득하도록 시스템이 구현되어 있어 보다 다양한 조건이 있으면 데이터 다운로드에 편리함이 생길 것으로 판단된다.

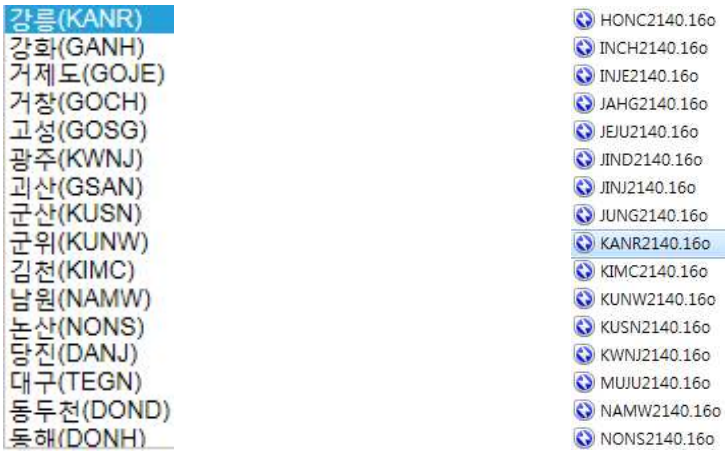


그림 2-4. 상시기준국 정렬 (좌: 가나다순, 우: 알파벳순)

1초 간격의 데이터 다운로드는 무조건 하루만 선택 할 수 있으며 0시부터 23시까지 시간을 선택 할 수 있다. 그러나 2016년 1월 1일 데이터의 0시부터 23시까지 데이터를 다운로드한 결과 2016년 1월 1일 0시부터 16시 59분 59초 데이터와 2015년 12월 31일 17시부터 23시 59분 59초까지 데이터가 획득 되었다. 한국시간과 UTC (Coordinated Universal Time) 시간이 혼재되어 시스템이 동작하는 것으로 판단된다.

국토지리정보원은 그림 2-5와 같이 공지사항에 상시기준국 장애 알림 및 복구 현황 등을 공지한다.



그림 2-5. 상시기준국 관련 공지사항

그러나 9월 1일 인제 (INJE) 상시기준국의 30초 간격 데이터를 확인해본 결과 그림 2-6과 같이 측정치가 약 30분간 누락된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 부분은 공지사항에 공지하지 않은 것을 확인할 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
16  9  1  2 50   0.0000000  0 17G01G03G07G08G11G17G22G28G30R01R08R13
                                R14R15R17R23R24
20376863.664 7 107081177.907 7  20376870.523 9  20376870.77048  83439908.850 9
22218090.047 6 116756818.046 6  22218098.195 9  22218098.34047  90979452.118 9
23904085.344 5 125616767.949 5  23904094.238 8  23904093.72745  97883200.277 8
23038294.313 6 121067015.692 6  23038303.195 9  23038302.91447  94337964.299 9
20856604.492 7 109602228.423 7                 20856608.86348  85404380.31148
23356066.789 6 122736934.994 6  23356072.480 8  23356071.91047  95639241.423 8
21692224.055 7 113993457.516 7                 21692226.18448  88826084.59948
21160073.727 6 111196908.552 6                 21160077.73448  86646988.63648
22900738.055 6 120344166.770 6  22900746.348 9  22900746.11347  93774708.234 9
21858555.836 7 116846403.938 7  21858560.301 8  21858562.004 8  90880667.704 8
22697717.156 7 121545270.429 7  22697718.820 8  22697718.023 8  94535229.093 8
23631084.234 5 126188666.789 5  23631091.469 8  23631091.766 7  98146771.764 8
20171817.617 7 107526421.288 7  20171822.938 8  20171823.176 8  83632241.666 8
20562310.563 7 109878764.668 7  20562314.695 9  20562314.824 9  85461271.713 9
20890466.008 8 111789148.814 8  20890467.477 9  20890467.832 9  86947142.885 9
23163164.320 6 123907552.044 6  23163168.238 7  23163171.164 7  96372359.098 7
20298532.180 6 108545403.321 6  20298533.570 8  20298532.816 7  84424194.260 8
16  9  1  3 22   0.0000000  0 15G01G03G08G11G17G22G28G30R01R02R08R14
                                R15R17R24
21020386.539 6 110462876.10016  21020393.551 9  21020393.87148  86074982.09519
21378826.336 7 112346484.78317  21378833.824 9  21378833.79348  87542729.50419
23921326.008 5 125707368.44315  23921335.477 8  23921335.52746  97953844.01218
21662140.195 7 113835312.02617                 21662144.05147  88702856.98857
22565179.438 6 118580815.64116  22565184.004 9  22565184.14847  92400647.83919
21429118.219 7 112610773.83817                 21429120.27348  87748664.62058
20665881.906 6 108599904.80816                 20665885.00848  84623342.01358
23943695.617 5 125824963.61815  23943706.086 9  23943705.52046  98045449.62719
21298753.953 7 113854044.92117  21298757.590 8  21298759.230 8  88553142.09118
22383775.156 7 119444118.30217  22383780.719 8  22383779.379 8  92900978.78818
23307648.586 5 124811397.19815  23307650.566 8  23307650.422 8  97075517.38218
21312551.555 7 113607898.25017  21312557.746 8  21312557.324 8  88361694.15318
20575510.547 7 109949291.27617  20575515.000 9  20575514.781 9  85516109.81119
20437620.828 8 109365837.38418  20437622.141 9  20437622.992 9  85062311.19619
20816060.289 6 111312827.65816  20816061.398 7  20816061.398 7  86576638.30117
```

그림 2-6. 인제 상시기준국 측정치 누락



그림 2-7. 상시기준국 데이터 다운로드 메시지



그림 2-8. 상시기준국 데이터 다운로드 완료

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

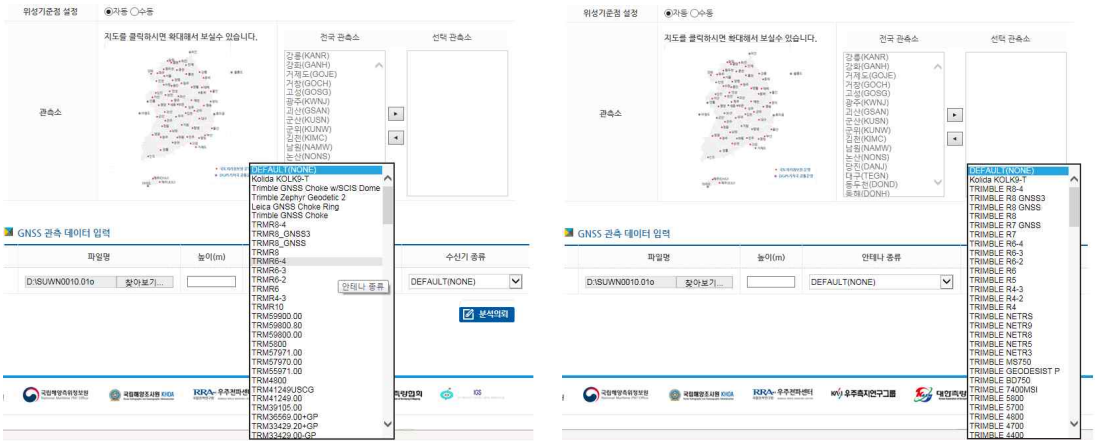


그림 2-9. 정밀성과 계산 옵션 (Option) 부재 (좌: 레이돔, 우: 수신기)

또한 많은 양의 데이터를 한 번에 다운로드 할 경우 그림 2-7과 같이 계속 다운로드 하고 있는 것으로 나타나지만 그림 2-8과 같이 실제로는 다운로드가 완료된 것으로 나타났다.

2.2. 정밀성과 계산

국토지리정보원은 사용자의 데이터를 웹페이지 형태로 입력하여 정밀한 위치결정 결과를 산출할 수 있는 서비스를 제공하고 있다. 정적, 이동 위치결정 서비스를 제공하며 상시기준국은 자동 또는 사용자가 최대 5개까지 선택할 수 있다. 상시기준국을 선택할 수 있는 것으로 보아 자료처리는 상대 위치결정 방식을 이용하는 것으로 판단된다. 데이터는 RINEX 포맷 (Format)의 파일이 입력 가능하며 안테나의 높이, 안테나 종류, 수신기 종류를 입력 및 선택할 수 있다. 그러나 그림 2-9와 같이 안테나 종류에는 레이돔 (Radome) 정보가 없는 것을 확인할 수 있었으며 수신기 종류에는 2000년대 수원 상시기준국이 사용한 Trimble 4000ssi와 같은 오래된 수신기를 선택할 수 없음을 확인할 수 있었다. 보다 정밀한 성과를 산출하기 위해서는 레이돔 정보와 지속적으로 사용

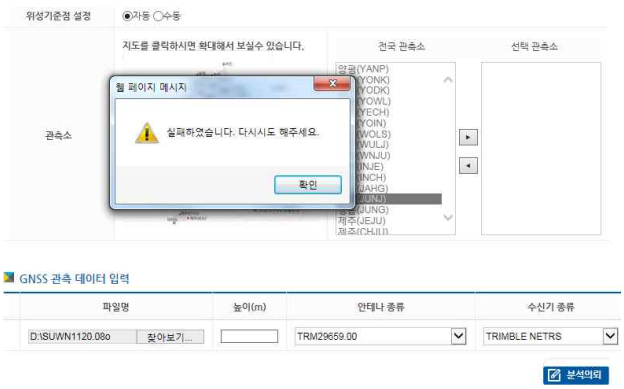


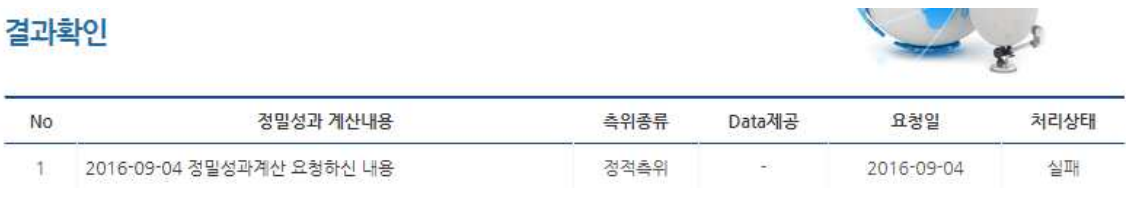
그림 2-10. 상시기준국 데이터 자료처리 에러

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

되는 위성항법수신기에 대한 정보 추가가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 그림 2-10과 같이 국토지리정보원이 운영하고 있는 상시기준국에 대한 자료를 처리할 수 없는 것으로 확인 되었다.

따라서 한국항공우주연구원에서 설치한 노바텔 (Novatel) 장비의 자료를 입력하였다. 한국항공우주연구원이 보유한 위성항법수신기는 Novatel FlexPak6로 OEM6 시리즈 보드가 내장되어 있다. 위성항법안테나는 Novatel GNSS 750 with Radome으로 IGS (International GNSS Service), 미국 NGS (National Geodetic Survey)에 등록되어 있는 안테나와 레이돔이다. 그러나 한국항공우주연구원이 보유하고 있는 안테나와 수신기 종류는 옵션에 없는 것으로 확인되어 안테나와 수신기 옵션은 디폴트 (Default) 값으로 설정하여 분석의뢰를 요청하였다. 그러나 그림 2-11과 같이 자료처리에 실패하였다는 메시지가 나타났으며 어떠한 이유로 인해 자료처리에 실패한 것인지에 대한 정보가 없었다.



No	정밀성과 계산내용	측위종류	Data제공	요청일	처리상태
1	2016-09-04 정밀성과계산 요청하신 내용	정적측위	-	2016-09-04	실패

그림 2-11. 정밀성과 계산 실패 메시지

온라인 데이터 처리 서비스 중 하나인 호주의 AUSPOS (The AUSLIG Online GPS Processing System)는 <그림 2-12>와 같이 사용자의 데이터에 이상 등의 이유로 자료처리에 실패한 경우 그 이유를 설명해 준다. 따라서 국토지리정보원도 자료처리가 실패할 경우 사용자에게 알림을 주는 서비스를 제공한다면 보다 많은 사용자가 국토지리정보원 정밀성과 계산 서비스를 이용할 것으로 판단된다. 전세계적으로 온라인 GNSS 자료처리 서비스를 무료로 제공하고 있으며 각각의 서비스에 대한 자세한 설명 및 비교는 참고문헌으로 대체한다 [6][8].

AUSPOS has detected an error in the data you have submitted for processing. Please check you data is in the correct RINEX format required for processing an AUSPOS job.

The following error was reported:

ANSS1770.16O may be not a RINEX observation file
or may be a RINEX 3.x observation file
or an empty file or a part of RINEX header file only.
AUSPOS cannot get a solution.
If it is a RINEX 3.x file, please convert it to a RINEX 2.11 file and resubmit.

Geoscience Australia Disclaimer: This e-mail (and files transmitted with it) is intended only for the person or entity to which it is addressed. If you are not the intended recipient, then you have received this e-mail by mistake and any use, dissemination, forwarding, printing or copying of this e-mail and its file attachments is prohibited. The security of emails transmitted cannot be guaranteed; by forwarding or replying to this email, you acknowledge and accept these risks.

그림 2-12 AUSPOS 자료처리 실패 메시지

2.3. 상시기준국 서비스

상시기준국 서비스에서는 상시기준국에 대한 좌표 시계열과 상시기준국 지점에 대한 기상정보를 확인할 수 있다. 좌표 시계열은 2011년 1월 1일부터 현재날짜의 21일전까지 N(orth), E(ast), U(p) 위치변화를 확인할 수 있다 (국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지). 그러나 상시기준국을 선택하여 시계열을 확인한 결과 N, E, U 방향이 아닌 XY, U 방향의 시계열이 <그림 2-13>과 같이 나타났다. 2차원 평면좌표 XY는 스케일(Scale)이 너무 크며 직관적인 이해 어려울 것으로 판단된다. 따라서 현재 고시 좌표를 기준으로 Topocentric 좌표계의 시계열 정보 제공이 많은 사용자가 이해하기 쉬울 것으로 판단된다.

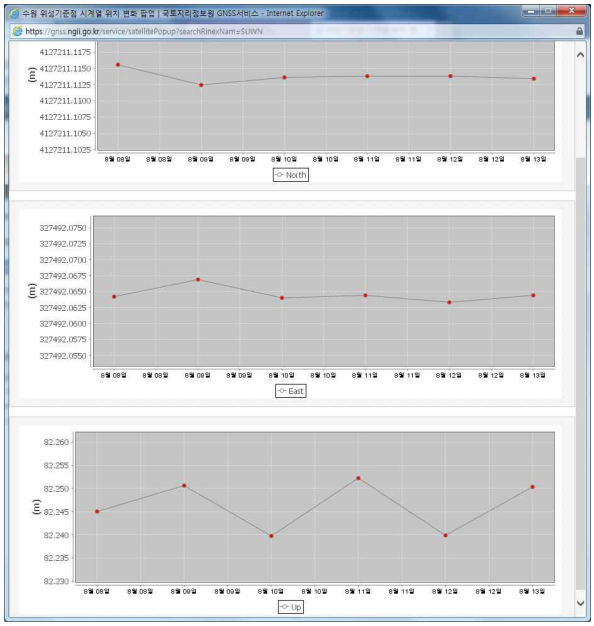


그림 2-13. 상시기준국 좌표 시계열 (XY, U)

상시기준국 기상정보는 기상청 데이터를 연동하여 제공해 주는 것으로 판단된다. 기

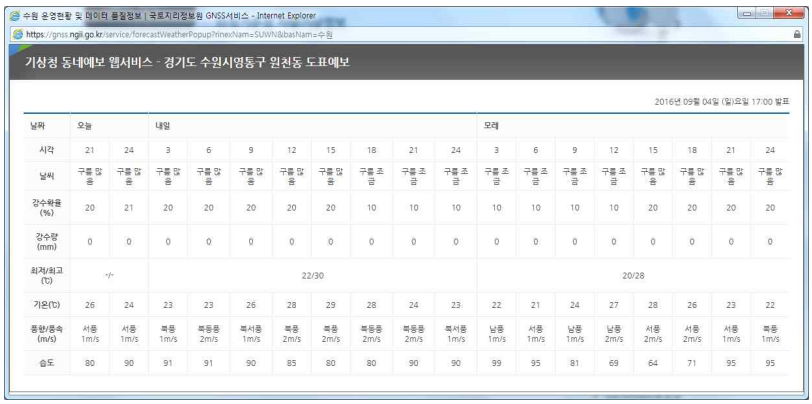


그림 2-14. 기상정보 압력 데이터 부재

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상정보는 GNSS 신호 오차 요소 중 하나인 대류권 오차를 보정하는데 압력, 온도, 습도 등이 주로 사용된다. 그러나 국토지리정보원에서 제공하는 기상정보는 압력 데이터가 부재한 것으로 나타났다. 후처리 GNSS 자료처리 소프트웨어 중 하나인 GIPSY-OASIS (GNSS Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software)는 대류권 오차를 추정하기 위해서 압력 정보만을 요구한다 [7]. 따라서 압력 정보도 함께 제공하는 것이 많은 사용자에게 도움이 될 것으로 판단된다. 그림 2-14에 국토지리정보원에서 제공하는 기상데이터를 나타내었다.

3. 상시기준국 좌표 분석

국토지리정보원은 상시기준국에 대한 고시좌표를 공개한다. 고시좌표는 상시기준국별로 확인할 수 있으며 통합된 PDF 파일도 제공한다. 홈페이지를 통해 확인해본 결과 대부분의 상시기준국 좌표는 약 3년 단위로 성과가 재산출 되는 것으로 확인되었다. 고시좌표는 2008년부터 제공된다.

우리나라는 2개의 상시기준국이 국제 상시기준국으로 등록되어 있다. 한 개는 국토지리정보원에서 가장 먼저 설치한 수원 (SUWN) 상시기준국이며 다른 한 개는 한국천문연구원이 보유하고 있는 대전 (DAEJ) 상시기준국이다. 수원 상시기준국 좌표는 국토지리정보원 홈페이지에서 확인이 가능하다. 수원 상시기준국은 2008년, 2014년에 성과가 변경되었음을 확인할 수 있다. 국토지리정보원은 상시기준국의 성과 재계산 또는 상시기준국 추가 등으로 인해 해당 연도에 성과를 고시하는 것으로 판단된다. 국토지리정보원에서 PDF 파일로 상시기준국 성과를 고시한 날짜는 표 3-1과 같다.

표 3-1. 성과 고시 일자

2008년	4월	21일
2009년	2월	12일
2010년	3월	12일
2014년	1월	27일
2015년	11월	10일
2016년	3월	2일

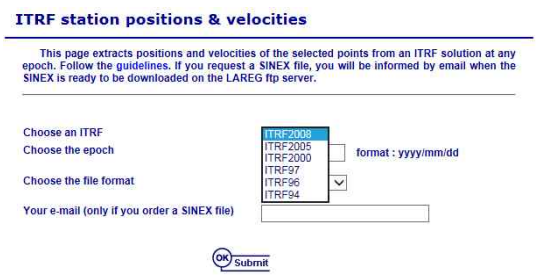


그림 3-1. ITRF 좌표 획득

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

수원 상시기준국의 좌표 성과를 확인하기 위해 ITRF (International Terrestrial Reference Frame)에서 제공하는 수원 상시기준국의 좌표 성과와 비교해 보았다. ITRF에서는 그림 3-1과 같이 여러 개의 기준계 (Frame) 좌표 성과를 제공한다. 국토지리정보원은 ITRF00 기준계를 사용하므로 ITRF00 기준계를 선택하였다.

국토지리정보원에서 고시한 수원 상시기준국 좌표와 ITRF에서 제공하는 국제 고시좌표와 비교한 결과는 <표 3-2>와 같다. 비교 결과 두 기관의 고시좌표 차이 평균은 N방향으로 –0.136m, E방향으로 0.278m, U방향으로 –1.519m로 나타났다. 또한 년도가 지나갈수록 N, E 방향의 좌표는 크게 나타났으나 U 방향은 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. U방향이 약 1.5m가 차이가 나는 이유는 <그림 3-2>와 같이 과거 국토지리정보원이 제공하는 RINEX 데이터에 안테나 높이 값을 입력하여 제공하였으며 이를 이용하여 ITRF에서 좌표를 산출한 것으로 판단된다. 따라서 <그림 3-3>과 같이 두 기관의 좌표 성과가 다름을 알 수 있다.

표 3-2. 국토지리정보원, ITRF 고시좌표 비교 결과

일자	N (m)	E (m)	U (m)
2008년 4월 21일	-0.076	0.179	-1.529
2009년 2월 12일	-0.088	0.203	-1.527
2010년 3월 12일	-0.104	0.230	-1.523
2014년 1월 27일	-0.163	0.316	-1.516
2015년 11월 10일	-0.190	0.366	-1.511
2016년 3월 2일	-0.195	0.374	-1.509

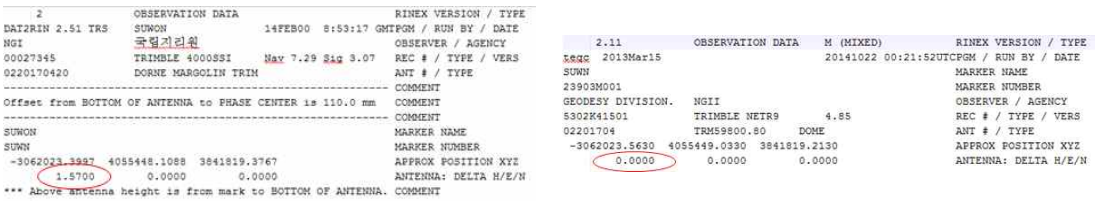


그림 3-2. 수원 상시기준국 RINEX 헤더 (좌: 2000년, 우: 2014년)

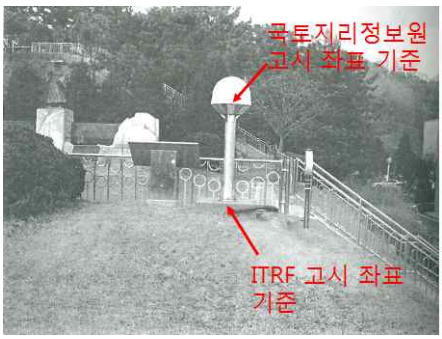


그림 3-3. 고시좌표 기준 비교[2]

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2007년 국토지리정보원 연구 보고서에 따르면 수원 상시기준국은 남북방향으로 연간 –13.9±0.0mm, 동서방향으로 25.2±0.0mm 이동하는 것으로 나타났으며 대전 상시기준국은 남북방향으로 연간 –13.7±0.0mm, 동서방향으로 26.5±0.1mm 이동한다고 하였다. ITRF 홈페이지에서도 수원 상시기준국에 대한 정보를 확인해 보면 정확한 수치는 나타내지 않았지만 <그림 3-4>와 같이 유라시아 판의 영향으로 동남방향으로 약 3cm/yr, 수직방향으로 약 0.3m/yr 이동한다고 그림으로 나타내고 있다.

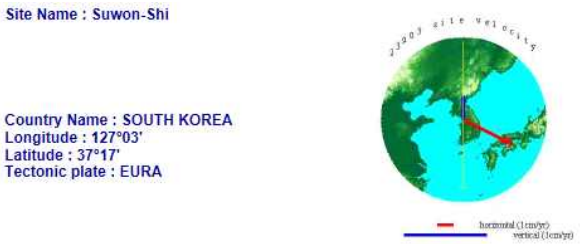


그림 3-4. ITRF 수원 상시기준국 속도 정보

2007년 국토지리정보원 연구 보고서와 ITRF는 유사한 좌표 이동 속도를 나타내고 있으므로 국토지리정보원에서 고시한 좌표와 비교해 보았다. 국토지리정보원에서 고시한 2010년과 2014년의 고시좌표는 <표 3-3과> 같으며 약 4년의 차이가 있으므로 동남방향으로 약 12cm, 수직방향으로 약 1.2cm 가 움직일 것으로 예측된다. 두 개의 좌표를 비교한 결과를 <표 3-4>에 나타내었다. 그 결과 국토지리정보원에서 고시한 좌표는 4년간 동북방향으로 2.24cm, 수직방향으로 0.33cm의 변화가 발생한 것을 확인인할 수 있었으며 이는 2007년 국토지리정보원 연구 보고서 및 ITRF와는 다소 다른 결과를 나타내었다.

표 3-3. 국토지리정보원 고시 좌표

	X (m)	Y (m)	Z (m)
2010년 3월 12일	-3062023.544	4055449.045	3841819.210
2014년 1월 27일	-3062023.563	4055449.033	3841819.213

표 3-4. 국토지리정보원 고시 좌표 비교 결과

N (cm)	E (cm)	U (cm)	N (cm/yr)	E (cm/yr)	U (cm/yr)
0.13	2.24	0.33	0.03	0.58	0.09

표 3-1의 날짜를 이용하여 ITRF의 좌표 변화를 분석해 보았다. 분석 방법은 2008년

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

좌표를 기준으로 분석하였다. 표 3-5에 비교 결과를 나타내었으며 연간 동남방향으로 평균 3.19cm, 수직방향으로 평균 0.28cm 이동하는 것을 확인할 수 있었으며 이는 2007년 국토지리정보원 연구 보고서 및 ITRF의 결과와 유사한 것을 확인할 수 있다.

표 3-5. ITRF 고시 좌표 비교 결과 (2008년 4월 21일 기준)

일자	N (cm)	E (cm)	U (cm)	N (cm/yr)	E (cm/yr)	U (cm/yr)
2009년 2월 12일	-1.29	2.42	0.21	-1.59	2.99	0.26
2010년 3월 12일	-2.81	5.15	0.55	-1.49	2.73	0.29
2014년 1월 27일	-8.66	15.98	1.64	-1.50	2.77	0.28
2015년 11월 10일	-11.32	20.97	2.15	-1.50	2.78	0.29
2016년 3월 2일	-11.79	21.81	2.28	-1.50	2.77	0.29

표 3-1의 날짜를 국토지리정보원 GNSS 홈페이지에서 다운받아 자료처리를 통한 좌표를 비교해 보았다. 자료처리는 온라인 GNSS 데이터 자료처리 AUSPOS를 활용하였다. <표 3-6>에 결과를 나타내었으며 연간 동남방향으로 평균 3.31cm, 수직방향으로 평균 0.02cm 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 위에서 분석한 ITRF 비교 결과와 수직방향으로는 다소 차이가 있지만 수평방향은 크게 다르지 않다고 판단된다.

표 3-6. AUSPOS 자료처리 좌표 비교 결과 (2008년 4월 21일 기준)

일자	N (cm)	E (cm)	U (cm)	N (cm/yr)	E (cm/yr)	U (cm/yr)
2009년 2월 12일	-1.12	2.08	0.49	-1.38	2.56	0.60
2010년 3월 12일	-2.49	5.10	-0.36	-1.32	2.70	-0.19
2014년 1월 27일	-6.69	19.65	-0.46	-1.16	3.41	-0.08
2015년 11월 10일	-8.92	25.19	-1.16	-1.18	3.33	-0.15
2016년 3월 2일	-9.53	26.02	-0.52	-1.21	3.31	-0.07

ITRF 좌표와 AUSPOS 자료처리 결과를 비교해 보았다. AUSPOS는 좌표 성과를

표 3-7. ITRF, AUSPOS 좌표 비교 결과

일자	N (m)	E (m)	U (m)
2008년 4월 21일	-0.015	0.013	-1.550
2009년 2월 12일	-0.015	0.017	-1.552
2010년 3월 12일	-0.015	0.014	-1.540
2014년 1월 27일	-0.026	-0.023	-1.526
2015년 11월 10일	-0.028	-0.028	-1.513
2016년 3월 2일	-0.026	-0.028	-1.518

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

ITRF08 기준계로 산출하므로 이를 ITRF00 기준계로 변환하는 작업이 필요하다. 좌표변환 계수와 변환 방법은 참고문헌으로 대체한다 [9][10]. ITRF 좌표와 AUSPOS 자료처리 결과를 비교하여 표 3-7에 나타내었다. 2개의 좌표는 수평방향으로는 평균 0.027m, 수직방향으로는 평균 1.533m 차이를 보였으며 수평방향에는 큰 차이가 없지만 수직방향의 차이는 국토지리정보원과 ITRF 비교 결과와 유사하게 나타났다.

국토지리정보원 고시 좌표와 AUSPOS 자료처리 결과를 비교하여 <표 3-8>에 나타내었다. 2개의 좌표는 수평방향으로 평균 28.0cm, 수직방향으로 평균 1.38cm 차이를 보였으며 수직방향에는 큰 차이가 없지만 수평방향으로 매우 크게 나타났다. 또한 국토지리정보원과 ITRF 좌표의 비교 결과와 유사하게 연도가 지나갈수록 N, E 방향의 좌표는 크게 나타났으나 U 방향은 점차 줄어들고 있는 것을 확인할 수 있었다.

표 3-8 국토지리정보원, AUSPOS 좌표 비교 결과

일자	N (cm)	E (cm)	U (cm)
2008년 4월 21일	-6.09	16.52	2.11
2009년 2월 12일	-7.34	18.59	2.54
2010년 3월 12일	-8.86	21.59	1.63
2014년 1월 27일	-13.74	33.85	0.99
2015년 11월 10일	-16.23	39.36	0.19
2016년 3월 2일	-16.89	40.20	0.81

4. 결론

이 연구에서는 국토지리정보원 상시기준국 운영현황을 분석하였다. 분석 대상으로는 국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에서 제공하는 상시기준국 관련 서비스와 상시기준국 좌표 성과이다.

국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지에서 제공하는 상시기준국 관련 서비스를 이용하기 위해서는 회원 가입이 필요하다. 국토지리정보원은 후처리 GNSS 데이터를 제공하며 사용자의 GNSS 데이터를 온라인으로 입력받아 정밀성과를 계산하는 서비스를 제공한다. 상시기준국 데이터는 한 번에 최대 5개까지만 다운로드 가능하며 가나다순으로 제공하지만 사용자가 저장한 데이터는 알파벳순으로 저장되어 이를 통일시키는 것과 새로운 상시기준국에 대한 고시좌표도 동일하게 제공해 주는 것이 필요하다고 판단된다. 그리고 특정 상시기준국의 측정치가 부재할 경우에도 알림 서비스를 제공하는 것이 필요하다고 판단된다. 정밀성과 계산 서비스는 국토지리정보원 상시기준국의 데이터를 입력할 수 없으며 안테나 및 수신기 옵션이 다소 단순화 되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 데이터 처리에 실패 했을 경우 실패한 이유 등에 대한 리포팅 (Reporting) 기능이 없었다. 상시기준국 좌표 시계열의 경우 XY, U 방향의 좌표 변화를 제공하나 직관적인 이해가 다소 힘든 부분이 존재하였다. 그리고 기상청 데이터를 연

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

동하여 상시기준국 지역의 기상정보를 제공하고 있으나 대류권 오차 계산에 필요한 압력 값이 부재한 것을 확인할 수 있었다.

국토지리정보원 상시기준국 좌표 성과를 분석한 결과 2007년 국토지리정보원 연구보고서와 ITRF에서 제시한 좌표변화와 다소 상이함을 발견하였다. 전 국민에게 보다 나은 서비스를 위한 상시기준국 좌표 성과 검토가 필요할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

[1]국토지리정보원 GNSS 서비스 홈페이지 (http://gnss.ngii.or.kr/)

[2]국토지리정보원 2007, 한반도 지각변동 연구

[3]대한지적공사 공간정보연구원 2014, 지적측량분야 GPS 효율성 향상을 위한 PPP-RTK 기술연구

[4]손민혁, 손은성, 이은성, 허문범, 남기욱 2013, 육상교통 항법을 위한 네트워크 기반 위성항법 보정 시스템의 구성, 한국항공운항학회지, 21, 4, 17-26, http://dx.doi.org/10.12985/ksaa.2013.21.4.017

[5]안종선 2009, GBAS 고장 검출 알고리즘 구현 및 성능 평가, 건국대학교 석사학위논문

[6]원지혜, 손은성, 박관동 2010, 온라인 GPS 자료처리 서비스의 자표 정확도 비교분석, 한국지형공간정보학회지, 18, 4, 31-39

[7]APPS 홈페이지 (http://apps.gdgps.net/)

[8]Eric G. 2013, A Comparison of Free GPS Online Post-Processing Service, GPS world,http://gpsworld.com/a-comparison-of-free-gps-online-post-processing-services/

[9]Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Wasle E. 2008, GNSS: Global Navigation Satellite System: GPS, GLONASS & More (Wien: Springer-verlag), http://dx.doi.org/10.1007/978-3-211-73017-1

[10]ITRF 홈페이지 (http://itrf.ensg.ign.fr/)

[11]Son E., Kim T.-K., Im S.-H., & Heo M. B. 2015 Threshold Determination of The GPS Carrier Acceleration, Ramp, and Step on the Normal Condition, Journal of Positioning, Navigation, and Timing, 4, 4, 195-203, http://dx.doi.org/10.11003/JPNT.2015.4.4.195

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-46

상시기준국 보정정보 생성 소프트웨어 설계서

2016. 12. 16.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	손은성	2016. 12. 16.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 12. 16.	손은성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 서론 ····· 1

2. GPS 측정방정식 ····· 1

3. 소프트웨어 설계 ····· 2
3.1. RINEX (Receiver INdependent EXchange) 포맷 (Format) ····· 2
3.2. 전처리 ····· 4
3.3. 이중차분 보정정보 생성 ····· 6
3.4. 단일차분 보정정보 생성 ····· 8
3.5. 단일차분 보정정보 검증 ····· 8

4. 소프트웨어 설계도 및 함수 ····· 9

5. 참고문헌 ····· 12

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 서론

위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)은 다수의 항법위성으로부터 전달되는 신호를 통해 계산된 측정치를 이용하여 사용자의 위치를 계산할 수 있다 [4].

GNSS의 중요성은 경제적, 사회적으로 널리 알려져 있다. 따라서 세계 각국은 자국의 위성항법시스템을 구축하려고 노력하고 있으며 초기 미국의 GPS (Global Positioning System)을 시작으로 러시아의 GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System)가 개발이 완료되었으며 유럽의 Galileo, 중국의 Beidou, 일본의 QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), 인도의 IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) 등이 개발 중이다 [12].

GPS를 이용한 위치결은 의사거리 (Pseudorange)와 반송파 위상 (Carrier phase) 측정치가 대표적으로 사용되며 위치결정 방법으로는 단독위치결정 (Standalone)과 상대위치결정 (Relative positioning)으로 구분할 수 있다. 이 중 상대위치결정은 높은 정확도와 정밀도를 얻기 위해 사용된다 (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). 상대위치결정은 정확한 좌표를 알고 있는 수신국의 정보를 활용하여 위성항법신호 오차의 보정정보를 제공함으로써 사용자의 위치 정확도와 정밀도를 향상시킬 수 있다 (손민혁 외, 2013). 상대위치결정은 단일차분 (Single difference), 이중차분 (Double difference), 삼중차분 (Tripple difference)으로 구분 할 수 있다. 단일차분은 두 개의 수신기와 한 개의 위성을 이용한 수신기간 차분이 있고 한 개의 수신기와 두 개의 위성을 이용한 위성간 차분이 있다. 수신기간 차분을 수행하면 위성 시계오차 (Satellite clock error)를 제거할 수 있으며 위성간 차분을 수행하면 수신기 시계오차 (Receiver clock error)를 제거할 수 있다. 이중차분은 단일차분된 두 개의 측정치를 다시 차분하는 방법으로 위성 시계오차와 수신기 시계오차를 동시에 제거할 수 있는 장점이 있어 널리 사용되고 있다. 삼중차분은 Remond에 의해 제안되었으며 이중차분된 측정치를 시간에 대해 한번 더 차분하면 된다. 삼중차분은 미지정수 (Integer ambiguity)를 결정하지 않아도 된다는 장점을 가지 반면 계산량이 많고 복잡하며 사이클슬립 (Cycle slip)이 발생하였을 때 정확한 사이클슬립 보정이 이루어지지 않으면 사용하기 어렵다는 단점이 있다 (손은성, 2013)

이 연구에서는 이중차분을 이용하여 GPS의 L1 보정정보를 생성하는 소프트웨어를 설계하였다. 생성된 보정정보는 사용자의 계산 편의를 위해 수신국간 단일차분된 형태이다.

2. GPS 측정방정식

GPS 위성 s로부터 송신된 신호가 GPS 수신기 r에 도달했을 때의 측정방정식은 식 (2-1)과 같으며 모두 미터 (Meter) 단위이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$
\begin{aligned}
P_{r,1}^{s} &= \rho_r^s + c\left(t_r - t^s\right) + I_{r,1}^{s} + T_r^s + \epsilon_{r,1}^{s} \\
P_{r,2}^{s} &= \rho_r^s + c\left(t_r - t^s\right) + I_{r,2}^{s} + T_r^s + \epsilon_{r,2}^{s} \\
&= \rho_r^s + c\left(t_r - t^s\right) + \frac{f_1^2}{f_2^2} I_{r,1}^{s} + T_r^s + \epsilon_{r,2}^{s} \\
\Phi_{r,1}^{s} &= \rho_r^s + c\left(t_r - t^s\right) - I_{r,1}^{s} + T_r^s + \lambda_1 N_{r,1}^{s} + \upsilon_{r,2}^{s} \\
\Phi_{r,2}^{s} &= \rho_r^s + c\left(t_r - t^s\right) - I_{r,2}^{s} + T_r^s + \lambda_2 N_{r,2}^{s} + \upsilon_{r,2}^{s}
\end{aligned}
\tag{2-1}
$$

P는 의사거리 측정치, Φ는 반송파 위상 측정치이며 숫자로 된 아래 첨자는 L1과 L2를 의미한다. 그리고 ρ는 위성과 수신기 사이의 기하학적 (Geometry) 거리, c는 빛의 속도, t_r은 수신기 시계오차, t^s는 위성 시계오차 I는 전리층 (Ionosphere) 오차, T는 대류권 (Troposphere) 오차, λ는 파장, N은 미지정수, ϵ과 υ는 의사거리와 방송파 위상 측정치 각각의 잡음이며, f는 각각의 주파수이다. 이외에 수신기와 위성의 하드웨어 바이어스 그리고 안테나의 위상중심변화 (Phase center variation), 위성 궤도오차 (Satellite orbit error) 등 여러 가지 오차가 존재하는 여기에서는 무시한다. 또한 대류권 오차는 주파수의 영향을 받지 않으므로 숫자로된 아래첨자가 없다.

식(1)을 이중차분하면 수신기 시계오차와 위성 시계오차를 제거할 수 있으며 주 수신국 (Master)과 부 수신국간 (Auxiliary)의 거리가 100km 미만이면 위성 궤도오차, phase wind up, site displacements 등의 오차는 무시할 수 있다 (Kouba, 2009).

이중차분 수식을 식(2-2)에 나타내었으며 식(2-2)에서 L은 의사거리 또는 반송파 위상 측정치, R은 기준위성, i는 기준위성을 제외한 위성, M은 주 수신국, A는 부 수신국이다.

$$
L_{AM}^{iR} = L_M^R - L_M^i - L_A^R + L_A^i \tag{2-2}
$$

3. 소프트웨어 설계

3.1. RINEX (Receiver INdependent EXchange) 포맷 (Format)

상시기준국을 이용한 보정정보 생성을 위해서 국토지리정보원 GNSS 데이터 서비스에서 제공하는 RINEX 데이터를 활용하였다. 국토지리정보원에서 제공하는 측정 (Observation) RINEX 버전 (Version)은 2.11로 IGS (International GNSS Service)에서 제공하는 RINEX 포맷 문서를 참조하였다.

측정 RINEX는 크게 헤더 (Header) 정보와 측정치 (body) 정보로 구분되며 헤더부분에는 RINEX 버전, 타입 (Type), 원시 (Raw) 데이터를 변환하는데 사용된 프로그램, 수

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

신국 이름, 위성항법수신기 및 안테나 등 많은 정보가 담겨 있다. 보정정보를 생성하기 위해 헤더에서 사용되는 정보는 파장 정보와 측정치 개수 및 종류이다. 그림 3-1에 RINEX 헤더를 나타내었으며 붉은색 박스 부분이 사용될 정보이다. 이 외에 자세한 정보는 참고문헌으로 대체한다[8]. 그림 3-1의 첫 번째 박스는 반송파 위상 측정치의 half cycle과 관련된 정보로써 위성항법수신기가 위성신호를 받아 데이터를 처리하면서 phase bit shift가 발생하는데 이를 보상한 정보이다. 따라서 phase bit shift를 보상하지 않은 측정치를 사용하면 보정정보 생성에 오류가 발생할 수 있다. 그리고 그림 3-1의 두 번째 박스는 측정치 개수와 종류이며 이는 측정치 정보를 디코딩하는데 사용된다.

```
     2.11           OBSERVATION DATA    M (MIXED)           RINEX VERSION / TYPE
teqc  2013Mar15                         20160101 14:24:03UTCPGM / RUN BY / DATE
SEJN                                                        MARKER NAME
12165                                                       MARKER NUMBER
GEODESY DIVISION.   NGII                                    OBSERVER / AGENCY
5049K72207          TRIMBLE NETR9       5.10                REC # / TYPE / VERS
5109354039          TRM59800.00     SCIS                    ANT # / TYPE
 -3110081.5330  4082094.0980  3775023.5950                  APPROX POSITION XYZ
        0.0000        0.0000        0.0000                  ANTENNA: DELTA H/E/N
     1     1                                                WAVELENGTH FACT L1/2
     7    C1    L1    C2    P2    L2    C5    L5           # / TYPES OF OBSERV
    17                                                      LEAP SECONDS
     1.0000                                                 INTERVAL
MSXP|IAx86-PII|bcc32 5.0|MSWin95->XP|486/DX+                COMMENT
NetR9 5.10          Receiver Operator   01-JAN-16 13:00:00  COMMENT
L2C CARRIER PHASE MEASUREMENTS: PHASE SHIFTS REMOVED        COMMENT
L2C PHASE MATCHES L2 P PHASE                                COMMENT
GLONASS C/A & P PHASE MATCH: PHASE SHIFTS REMOVED           COMMENT
GIOVE-A if present is mapped to satellite ID 51             COMMENT
GIOVE-B if present is mapped to satellite ID 52             COMMENT
  2016     1     1    13     0    0.0000000     GPS         TIME OF FIRST OBS
                                                            END OF HEADER
```

그림 3-1. RINEX 헤더

RINEX의 측정치 정보는 크게 시간, GNSS, 그리고 측정치로 구분된다. 시간은 UTC (Coordinated Universal Time) 기준이다. 측정치는 다시 측정치, LLI (Lock Loss Indicator), SSI (Signal Strength Indicator) 3가지로 구분된다. 그림 3-2는 측정치 정보의 시간과 위성 부분이다. 그림 3-2는 2016년 1월 1일 13시 0분 0초에 기록된 측정치이며 총 13개의 GPS와 Galileo 측정치가 존재한다.

```
16  1  1 13  0  0.0000000  0 13G14G21G31G26G32E12E11E24G16G29G03G27
                               G23
```

그림 3-2. RINEX 측정치 및 GNSS 정보

시간 및 GNSS 다음에는 실제 측정치가 존재한다. 측정치는 소수점 3자리까지 제공되며 4번째 자리는 LLI, 5번째 자리는 SSI이다. 그림 3-3에 측정치를 나타내었다. 측정치 순서는 헤더에 나타난 순서이며 RINEX 포맷의 특성상 빈칸이 존재한다. 이런 자세한 정보는 참고문헌으로 대체한다 [8].

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
24344376.781 5 127930679.297 5                 24344382.51645  99686315.47345

24793209.297 5 130289197.388 5                 24793214.65245 101524078.89245

21156049.258 9 111175860.518 9  21156054.215 8  21156054.17249  86630636.27149

20494051.906 9 107697021.303 9  20494059.910 9  20494059.99249  83919830.01449
20494058.770 9  80423174.772 9
25025397.859 6 131509433.078 6                 25025404.98045 102474865.55645

25021911.781 8 131491028.544 8
25021915.477 8  98191358.716 8
27169879.477 6 142778689.301 6
27169881.977 6 106620455.214 6
23389681.055 9 122913691.083 9
23389696.941 9  91786294.442 9
20841942.469 9 109525174.198 9                 20841946.84849  85344327.05849

23085733.227 7 121316375.522 7  23085739.203 6  23085739.44548  94532299.19048

24733940.891 6 129977715.920 6  24733950.082 6  24733949.76246 101281370.48946
24733951.242 8  97061318.523 8
23383602.188 6 122881656.907 6  23383611.105 7  23383611.55948  95751982.19148
23383610.242 9  91762313.336 9
23099405.109 7 121388175.849 7                 23099408.23848  94588199.54848
```

그림 3-3. RINEX 측정치

항법 (Navigation) RINEX는 크게 헤더 (Header) 정보와 궤도력 정보로 구분되며 헤더에는 RINEX 버전, 타입, 전리층 파라미터 등의 정보가 존재한다. 항법 RINEX 헤더에서 사용되는 정보는 전리층 파라미터이다. 이 외에 자세한 정보는 참고문헌으로 대체한다 [8]. 그림 3-4에 항법 RINEX 헤더를 나타내었으며 붉은색 박스가 전리층 파라미터이다.

```
     2              NAVIGATION DATA                         RINEX VERSION / TYPE
CCRINEXN V1.6.0 UX  CDDIS               21-NOV-16 15:33     PGM / RUN BY / DATE
IGS BROADCAST EPHEMERIS FILE                                COMMENT
    0.1118D-07 -0.1490D-07 -0.5960D-07  0.1192D-06          ION ALPHA
    0.9830D+05 -0.1147D+06 -0.1966D+06  0.7209D+06          ION BETA
-0.931322574615D-09-0.444089209850D-14   147456     1924 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
    17                                                      LEAP SECONDS
                                                            END OF HEADER
```

그림 3-4. 항법 RINEX 헤더

항법 RINEX를 이용하여 GPS 위성의 위치를 계산할 수 있다. 그림 3-5에 항법 RINEX 궤도력 정보를 나타내었으며 위성위치 계산식 등의 자세한 정보는 참고문헌으로 대체한다 [6][8].

3.2. 전처리

3.2.1. 궤도력 검사

궤도력 검사는 2시간 단위로 갱신되는 GPS 항법 메시지 특성을 이용하여 이전 궤도력과 현재 궤도력을 이용하여 현재 시간의 위성위치를 산출하고 비교 분석함으로써 항법 메시지의 품질을 검증하는 방법이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.2. 반송파 위상 측정치 가속도, 속도, 단위 검사

반송파 가속도, 속도, 단위 검사는 10개의 연속된 측정치를 사용해야하며 동일한 위성개수를 적용시켜야 한다. 검사 대상은 식(3-1)의 우측항과 같다. 식(3-1)에서 반송파 위상 측정치는 잡음이 매우 낮은 것으로 알려져 있으므로 잡음은 제외하였다.

$$\Phi_{r,c}^{s} = \Phi_{r}^{s} - \rho_{r}^{s} + ct^{s} = ct_{r} - I_{r}^{s} + T_{r}^{s} + \lambda N_{r}^{s} \tag{3-1}$$

식(3-1)에서 수신기 시계오차를 제거해주기 위해 동일한 시각에 관측된 위성의 측정치를 평균화한 다음 식(3-2)와 같이 차분해준다. 이러한 평균 작업으로 인해 10개의 연속된 측정치는 모두 동일한 위성 개수로 평균화해야하며 만약 10개의 연속된 측정치에 대해 단 한 개의 값이라도 위성의 개수가 다르면 반송파 가속도, 속도, 단위 검사는 고장이라고 판별한다.

$$\Phi_{r,diff}^{s} = \Phi_{r,c}^{s} - \Phi_{r,avg}^{s} \tag{3-2}$$

가속도, 속도, 단위 검사는 식(3-3)과 같으며 가속도는 a_2, 속도는 a_1, 추정된 측정치는 a_0이다. 따라서 단위 검사는 실제 반송파 위상 측정치와 추정된 값의 차이로 식(3-4)와 같다.

$$\hat{\Phi}_{r,diff}^{s} = a_0 + a_1 n + \frac{1}{2} a_2 n^2 \tag{3-3}$$

$$step = \hat{\Phi}_{r,diff}^{s} - \Phi_{r,diff}^{s} \tag{3-4}$$

가속도, 속도, 추정치는 식(3-5)와 같이 최소제곱법으로 추정할 수 있으며 설계행렬(Design matrix)은 식(3-6)과 같다 [10][12].

$$\Phi_{r,diff}^{s} = \left(H^T H\right)^{-1} H^T \Phi_{r,diff}^{s} \tag{3-5}$$

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \frac{1}{2}1^2 \\ 1 & 2 & \frac{1}{2}2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 10 & \frac{1}{2}10^2 \end{bmatrix} \tag{3-6}$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.3. 의사거리-반송파 위상 측정치 발산 검사

의사거리-반송파 위상 측정치 발산 검사는 두 개의 측정치의 변화가 일정하게 유지되는지 검사하는 방법으로써 검사의 주된 검출 요인은 전리층 오차이다. 전리층은 두께가 국지적으로 변화하는 경향이 있어 의사거리 및 반송파 위상 측정치에 영향을 주게 된다. 따라서 이러한 전리층 지연값을 감시하여 위성의 고장을 판별할 수 있다. [2][3]

의사거리-반송파 위상 측정치 발산 검사는 식(3-7)과 같다.

$$P-\Phi=2I-\lambda N \tag{3-7}$$

식(3-1)을 시간에 대해 차분해주면 시간에 따른 전리층 오차 변화량만 남게 되므로 전리층 두께 변화를 검출할 수 있다. 식(3-8)에 시간 차분을 나타내었으며 이는 현재 시간과 이전 시간 사이에 사이클슬립이 발생하지 않았다는 가정과 짧은 시간에 전리층 변화량이 매우 작다는 것을 전제로 한다 [2][7].

$$\dot{P}-\dot{\Phi}=2\dot{I} \tag{3-8}$$

3.3. 이중차분 보정정보 생성

3.3.1. 공통위성 선정

이중차분을 수행하려면 주 수신국과 부 수신국이 동일한 위성을 관측하고 있어야 한다. 따라서 공통위성을 선정하여 위성고도각이 가장 높은 위성을 기준위성으로 선정한다. 기준위성을 가능 높은 위성고도각을 가진 위성으로 선정하는 이유는 낮은 고도각을 가진 위성조합일 경우 미지정수 추정이 어려워질 수 있으며 보정정보의 Qaulity도 낮아질 수 있기 때문이다.

3.3.2. 위성 변화 감지

위성이 사라지거나 나타난 경우 위성과 관련된 파라미터 (Parameter) 값을 초기화 시켜준다. 일반적으로 항법위성은 하루에 2번 반복적으로 나타나거나 사라지므로 이러한 초기화 과정이 없으면 미지정수 추정에 잘못된 값으로 파라미터가 입력되어 오류가 발생할 수 있다. 또한 기준위성이 변경되면 미지정수 값도 변경된 기준위성에 맞게 재계산되어야 한다. 식(3-9)는 현재 시점에서의 이중차분 미지정수이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$
\begin{aligned}
N_{AM}^{i_1R} &= N_M^R - N_A^R - N_M^{i_1} + N_A^{i_1} \\
N_{AM}^{i_2R} &= N_M^R - N_A^R - N_M^{i_2} + N_A^{i_2} \\
N_{AM}^{i_3R} &= N_M^R - N_A^R - N_M^{i_3} + N_A^{i_3}
\end{aligned}
\tag{3-9}
$$

식(3-9)에서 기준위성 R이 사라지고 i_1위성이 기준위성이 되었다고 가정하면 미지정수는 식(3-10)과 같이 계산할 수 있다 [1].

$$
\begin{aligned}
N_{AM}^{i_2R} - N_{AM}^{i_1R} &= \left(N_M^R - N_A^R - N_M^{i_2} + N_A^{i_2}\right) - \left(N_M^R - N_A^R - N_M^{i_1} + N_A^{i_1}\right) \\
N_{AM}^{i_2i_1} &= N_M^{i_1} - N_A^{i_1} - N_M^{i_2} + N_A^{i_2}
\end{aligned}
\tag{3-10}
$$

3.3.3. Wide-lane 미지정수 추정

Wide-lane 조합은 미지정수를 찾는데 가장 많이 쓰이는 방법으로 파장이 약 86cm로 늘어난다. Wide-lane 조합은 L1 측정치에 f_1, L2 측정치에 f_2를 곱한 값을 차분해 주면 된다. 자세한 조합방법은 참고문헌으로 대체한다 [5]. 식(3-11)에 Wide-lane 조합 수식을 나타내었다.

$$
\Phi_{AM,\,WL}^{iR} = \rho_{AM}^{iR} + \frac{f_1}{f_2} I_{AM}^{iR} + T_{AM}^{iR} + \lambda_{WL} N_{AM,\,WL}^{iR}
\tag{3-11}
$$

식(3-11)을 이용하여 Wide-lane 미지정수를 추정할 수 있다. 전리층과 대류권 오차 소거는 일반적으로 알려진 Klobuchar 모델, Modified Hopfield 모델 등을 사용한다. 미지정수 추정방법은 칼만필터 (Kalman filter)와 최소제곱법이 있다.

3.3.4. L1 미지정수 추정

Ionosphere-free 조합은 전리층 오차를 약 99% 제거할 수 있어 PPP (Precise Point Positioning) 또는 이중주파수 수신기를 활용한 Long-range RTK에 활용된다. 이 조합은 전리층 오차를 쉽게 대부분 제거할 수 있는 반면 미지정수들의 조합은 정수로 보존되지 않는다. 또한 파장도 약 0.6cm로 작아진다는 단점도 존재한다. Ionosphere-free 조합은 L1 반송파 측정치에 f_1^2, L2 반송파 측정치에 f_2^2을 곱한 값을 차분해 주면 된다. Ionosphere-free 조합은 Wide-lane 미지정수와 L1 미지정수 조합으로 식(3-12)와 같이 변환이 가능하다. 위에서 Wide-lane 미지정수를 알고 있으므로 L1 미지정수를 추정할 수 있다. 자세한 변환방법은 참고문헌으로 대체한다 [5].

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$\Phi_{AM,IF}^{iR} = \rho_{AM}^{iR} + T_{AM}^{iR} + \frac{cf_2}{f_1^2 - f_2^2} N_{AM,WL}^{iR} + \lambda_{NL} N_{AM,1}^{iR} \quad (3\text{-}12)$$

3.4. 단일차분 보정정보 생성

이중차분된 보정정보를 사용자에게 전송하면 사용자는 반드시 인프라와 동일한 위성조합을 사용해야한다. 육상교통 환경에 있는 사용자는 매우 가변적인 위성조합을 가지고 있기 때문에 단일 위성기반의 보정정보 전송이 필요하다. 따라서 수신국간 차분된 보정정보를 생성하여 사용자에게 전달해야한다. 이중차분된 L1 보정정보는 식(3-13)과 같다.

$$-I_{AM,1}^{iR} + T_{AM,1}^{iR} = \Phi_{AM,1}^{iR} - \rho_{AM}^{iR} - \lambda_1 N_{AM,1}^{iR} \quad (3\text{-}13)$$

우선적으로 주 수신국과 부 수신국 기준위성의 미지정수를 식(3-14)와 같이 산출한다.

$$\begin{aligned} N_{M,1}^{R} &= round\left(\Phi_{M,1}^{R} - P_{M,1}^{R} + 2I_{M,1}^{R}\right) \\ N_{A,1}^{R} &= round\left(\Phi_{A,1}^{R} - P_{A,1}^{R} + 2I_{A,1}^{R}\right) \end{aligned} \quad (3\text{-}14)$$

식(3-12)에서 미지정수를 산출했으므로 단일차분된 미지정수는 (3-15)와 같다.

$$N_{AM}^{iR} = N_{AM}^{R}(const) - N_{AM}^{i} \quad (3\text{-}15)$$

식(3-15)를 이용하여 단일차분된 보정정보를 생성할 수 있으며 이는 이중차분된 미지정수로부터 나온 값을 활용하기 때문에 사용자가 다시 이중차분에 사용하면 보정정보는 인프라가 계산한 보정정보와 동일하다.

3.5. 단일차분 보정정보 검증

이중차분된 L1 미지정수는 아래 표 3-1과 같다.

표 3-1. 미지정수 조합

위성조합	$N_{AM,1}^{i_1R}$	$N_{AM,1}^{i_2R}$	$N_{AM,1}^{i_3R}$
미지정수 값	5	-7	10

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

수신국간 단일차분된 기준위성의 미지정수 $N_{AM,1}^{R}=3$이라 가정하면 나머지 위성의 미지정수는 표 3-2와 같다.

표 3-2. 나머지 위성의 미지정수

위성조합	$N_{AM,1}^{i_1}$	$N_{AM,1}^{i_2}$	$N_{AM,1}^{i_3}$
미지정수 값	-2	10	-7

식(3-10)을 이용하여 표 3-1의 기준위성을 i_1으로 변경하면 변경된 미지정수는 표 3-3과 같다.

표 3-3. 기준위성이 변경된 위성의 미지정수

위성조합	$N_{AM,1}^{Ri_1}$	$N_{AM,1}^{i_2i_1}$	$N_{AM,1}^{i_3i_1}$
미지정수 값	-5	-12	5

표 3-2를 이용하여 각각의 미지정수를 계산하면 <표 3-4>와 같다.

표 3-4. 기준위성 변화 후 나머지 위성의 미지정수

위성조합	$N_{AM,1}^{R}$	$N_{AM,1}^{i_2}$	$N_{AM,1}^{i_3}$
미지정수 값	3	10	-7

따라서 사용자는 어떠한 위성을 기준위성으로 선정해도 인프라에서 계산한 미지정수 및 보정정보와 동일한 값을 가지게 된다.

4. 소프트웨어 설계도 및 함수

위에서 나열한 각각의 기능을 하나의 그림으로 표현하면 그림 4-1과 같다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

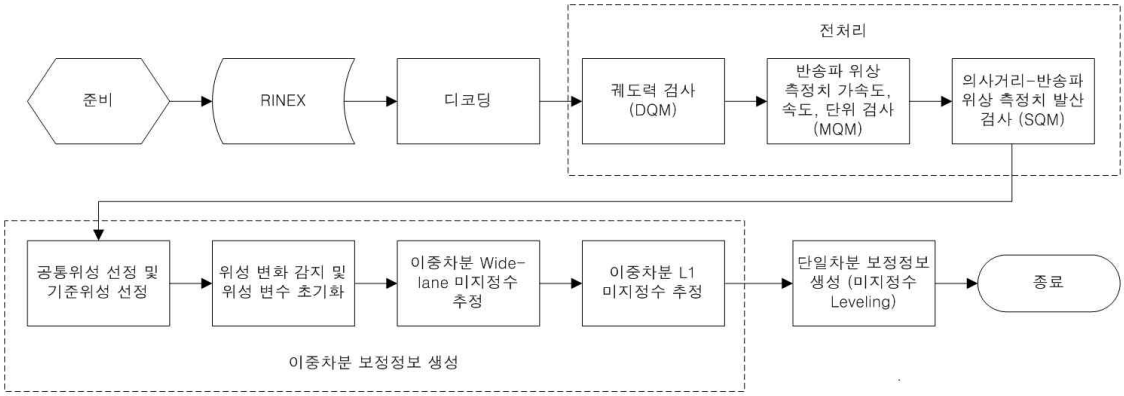


그림 4-1. 상시기준국 활용 단위 소프트웨어 설계도

각각의 함수 기능은 표 4-1과 같으며 표 4-2는 메인함수이다. 표 4-1에서 위성위치 계산, 전리층 및 대류권 모델 등의 함수는 표시하지 않았다.

표 4-1. 소프트웨어 함수 기능 및 입출력

순번	함수명	기능
1	aMain	메인 함수
2	setIniVal	변수 초기화
3	readFile	RINEX 파일 load
	getStationIdx	상시기준국 이름 획득
	getStaPos	상시기준국 좌표 획득
	readGPSeph	GPS 궤도력 및 전리층 파라미터 획득
4	readType	RINEX 측정치 개수 및 종류 획득
5	syncGPSdata	GPS 데이터 시각동기
	readBodyHeader	측정치 시간 및 위성개수 종류 획득
	ut2julian	측정치 시간을 julian 시간으로 변환
	readGPSdata	측정치 획득
6	readBodyHeader	측정치 시간 및 위성개수 종류 획득
	readGPSdata	측정치 획득
7	do3QM	전처리
	DQM	궤도력 검사
	MQM	반송파 측정치 가속도, 속도, 단위 검사
	SQM	의사거리-반송파 위상 측정차 발산 검사
8	DD_WLtoL1	이중차분 보정정보 생성
	getCommPrn	공통위성 획득 및 기준위성 선정
	checkPrn	위성 변화 검사 및 관련 변수 초기화
	calZD	Undifference 전리층, 대류권 오차 등 계산치 생성
	calSD	단일차분 계산치 및 측정치 생성
	calDD	이중차분 계산치 및 측정치 생성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

순번	함수명	기능
	calDD_EstWL	Wide-lane 미지정수 추정
	getIntAmby	이중차분 Wide-lane 미지정수 계산 (LAMDBA)
	calDD_EstIF	L1 미지정수 추정
	getIntAmby	이중차분 L1 미지정수 계산 (LAMDBA)
9	DDtoSD	단일차분 보정정보 생성
	intAmbyLevel	L1 미지정수 Leveling

표 4-2. 메인함수

```
fclose all; clc; clear all; close all;

setIniVal;

[fidSta, numSta, staPos, eph, ionoP, staName, doy] = readFiles;

for i = 1 : numSta
    obs(i) = o;
    pObs(i) = o;
end

pEph = eph;

numMeas = nan(numSta, 1);
measType = cell(numSta, 12);
for i = 1 : numSta
    obs(i) = o;
    zd(i) = z;
    [numMeas(i), measType(i, 1:12), fidSta(i)] = readType(fidSta(i), measType(i, 1:12));
end

[fidSta, obs] = syncGPSdata(numSta, fidSta, obs);

while 1
    for i = 1 : numSta
        obs(i) = o;
```


무단복제 및 전재를 금합니다.

```
            [fidSta(i), obs(i), idx, prn, totalPrn] = readBodyHeader(fidSta(i), obs(i));
            [fidSta(i), obs(i)] = readGPSdata(fidSta(i), obs(i), numMeas(i),
measType(i, 1:12), idx, prn, totalPrn);
        end

        [fidSta, eph, pEph, obs] = do3QM(numSta, fidSta, eph, pEph, obs);

        [prns, numPrn, amby, eph, zd, sd] = DD_WLtoL1(pObs(1), pObs(2), obs(1),
obs(2), staPos, pPrns, opt, ionoP, amby, eph);

        sdL1 = DDtoSD(zd, sd, prns, numPrn, opt, amby);

        pObs = obs;
        pPrns = prns;
end
```

5. 참고문헌

[1]손은성 2013, 격자형 지역 전리층 및 대류권 모델을 이용한 장기선 GPS L1 상대 측위 정확도 향상

[2]손은성, 김군택, 임성혁, 이은성, 허문범, 남기욱 2016, GPS 의사거리-반송파 위상 측정치의 고장검출을 위한 임계값 결정 연구, 한국항공운항학회지, 제 24권, 제 1호, pp. 10-15, http://dx.doi.org/10.12985/ksaa.2016.24.1.010

[3]안종선 2009, GBAS 고장 검출 알고리즘 구현 및 성능 평가, 건국대학교, 석사학위 논문

[4]윤영선, 박성민, 기창돈 2002, DGPS 측정치 무결성 감시 시스템 구현 및 시험, 한국항공항행학회지, 제 6권, 제 2호, pp. 104-112

[5]Dach R., Lutz S., Walser P., and Fridez P. 2015, Bernese GNSS software Version 5.2

[6]Dunn M. J. 2012, Global Positioning Systems Directorate Systems Engineering & Integration Interface Specification IS-GPS-200

[7]Gang X. 2004, Optimal On-Airport Monitoring of The Integrity of GPS-Based Landing Systems, PhD Dissertation, Stanford University

[8]Gurtner W., and Estey L. 2005, RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11, ftp://igs.org/pub/data/format/rinex211.pdf

[9]Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Wasle E. 2008, GNSS: Global

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS & More (Springer/WienNewYork)

[10]Koenig M. 2010, Optimizing The Decision Rule of A GPS Integrity Monitoring System for Improved Availability, PhD Dissertation, Standford University

[11]Kouba J. 2009, A Guide to using International GPS Service (IGS) Product

[12]Son E., Kim T.-K., Im S.-H., and Heo M. B. 2016, Threshold Determination of The GPS Carrier Acceleration, Ramp, and Step on the Normal Condition, Vol. 4, No. 4, pp. 195.203

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-47

상시기준국 활용 보정정보 성능 분석서

2017. 10. 16.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	손은성	2017. 10. 16.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 10. 16.	손은성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 서론 1

2. 연구 내용 및 범위 1

3. 보정정보 분석 2
3.1. 보정정보 생성 결과 2
3.2. 지역수신국과의 비교 2

4. 보정정보 성능 분석 4

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 서론

본 과제는 차로구분 수준 위치결정기술 실용화를 위한 연구를 수행하고 있다. 본 과제에서 구축한 지역수신국은 국토지리정보원의 상시기준국과 같은 기 설치된 인프라와 요구사항이 다소 다르나 기 구축된 인프라를 최대한 활용하기 위한 방안을 모색하고 있다. 따라서 본 연구에서는 과년도에서 설계한 상시기준국 활용 후처리 보정정보 생성 알고리즘을 이용하여 소프트웨어를 개발하고 보정정보를 생성하고 및 분석한다. 또한 생성된 보정정보를 검증하기 위해 상시기준국을 활용한 감시국을 두어 위치결정 결과를 도출하였다.

2. 연구 내용 및 범위

본 연구에서는 상시기준국 활용 보정정보 성능 분석을 위해 기 구축된 한국항공우주연구원 지역수신국과 유사한 위치에 있는 상시기준국을 선택하고 보정정보를 분석하였다. 한국항공우주연구원이 구축한 지역수신국은 안성, 보은, 괴산, 공주에 위치하나 국토지리정보원의 상시기준국은 공주에는 위치하지 않아 공주 대신 세종을 선택하였으며 감시국으로 사용하기 위해 청주 상기기준국을 사용하였다. 상시기준국 활용 보정정보 성능 분석을 위한 구성도는 그림 1과 같으며 주 수신국은 안성, 감시국은 청주로 사용하였다.

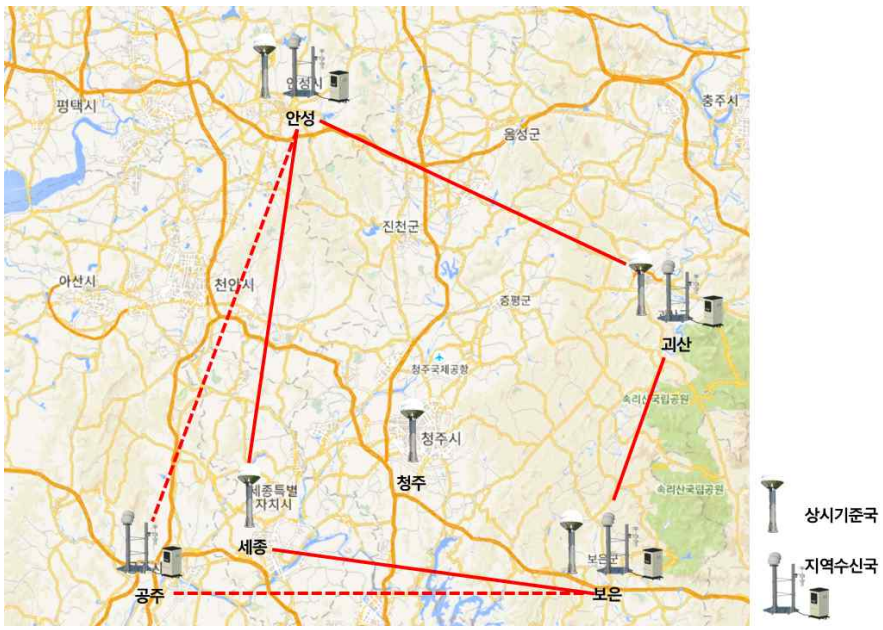


그림 1. 분석을 위한 상시기준국 배치도 (GNSS 데이터 통합 센터 홈페이지)

분석을 위한 데이터 구성은 <표 1>과 같다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 1. 분석을 위한 상시기준국 및 지역수신국 구성

상시기준국	역할	기선	지역수신국	거리 차이
안성	주수신국	-	안성	1.60km
보은	부수신국	71.41km	보은	1.33km
괴산		51.27km	괴산	0.58km
세종		54.47km	공주	18.28km
청주	감시국	46.17km		

3. 보정정보 분석

3.1. 보정정보 생성 결과

상시기준국을 이용하여 이중차분된 보정정보를 생성한 결과는 그림 2에 나타내었다. 이중차분된 보정정보는 절대값을 기준으로 크게는 약 3m까지 발생하였으며 주로 (-) 값으로 크게 나타났다. 그림 2를 보면 상대적으로 가까운 괴산과 세종 상시관측소보다 보은 상시관측소의 보정정보 크기가 크게 나타났으며 거리가 유사한 괴산과 세종 상시관측소 또는 보정정보의 크기가 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있다.

그림 3. 상시기준국을 이용한 이중차분 보정정보 생성 결과

보정정보는 2개의 수신국과 2개의 위성의 조합으로 나타나는 것으로 (-) 값의 대한 분석은 각각의 수신국 및 위성에 대한 전리층과 대류권 오차값 분석이 필요하나 본 분석에는 큰 의미가 없을 것으로 판단되어 수행하지 않았다. 상시기준국을 이용한 보정정보 생성에서 문제점은 낮은 고도각에서의 미지정수의 고정(fix)이 다소 빈번하게 풀리는 현상이 나타났다. 이는 지역수신국에서 사용한 필터 (filter) 옵션을 그대로 차용하여 나타나는 문제점 또는 상시관측소의 신호 차폐 요인을 면밀하게 살펴볼 필요가 있다고 판단된다. 만약 신호 차폐 요인이 아니라면 장시간 분석을 통한 미지정수 고정 필터 설계 및 분석이 필요할 것이다.

3.2. 지역수신국과의 비교

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

일반적으로 RTK (Real Time Kinematic)에서는 기선 거리 10km까지 어떠한 보정정보도 필요 없이 cm 수준의 위치결정을 수행할 수 있다고 알려져 있다. 이는 위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)의 대표적인 오차인 전리층과 대류권이 매우 유사한 값 및 변화를 갖기 때문이다. 따라서 표 1에 나타난 것과 같이 안성, 보은, 괴산은 거리가 매우 가까우므로 전리층과 대류권 오차가 매우 유사할 것으로 판단된다. 따라서 지역수신국을 이용하여 보정정보를 생성하고 상시기준국의 보정정보와 비교하였다. 그림 3에 지역수신국을 이용한 보정정보를 나타내었다. 그림 3에서 공주 지역수신국은 세종 상시기준국과는 다소 거리가 멀어 제외하였다. 예상과는 다르게 (-) 크기의 보정정보는 유사하게 나타났지만 (+) 크기의 보정정보는 다르게 나타났다.

그림 4. 지역수신국 보정정보 생성 결과

상시기준국과 지역수신국의 생성된 보정정보를 비교해보면 0초 부근에 상시관측소에서는 PRN25의 보정정보 생성되었지만 지역수신국에서는 보정정보가 생성되지 않았다. 확인한 결과 지역수신국은 PRN25의 신호를 획득하지 못한 것을 확인할 수 있다. 이는 수신 환경에 따른 차이라 판단되며 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다. 그

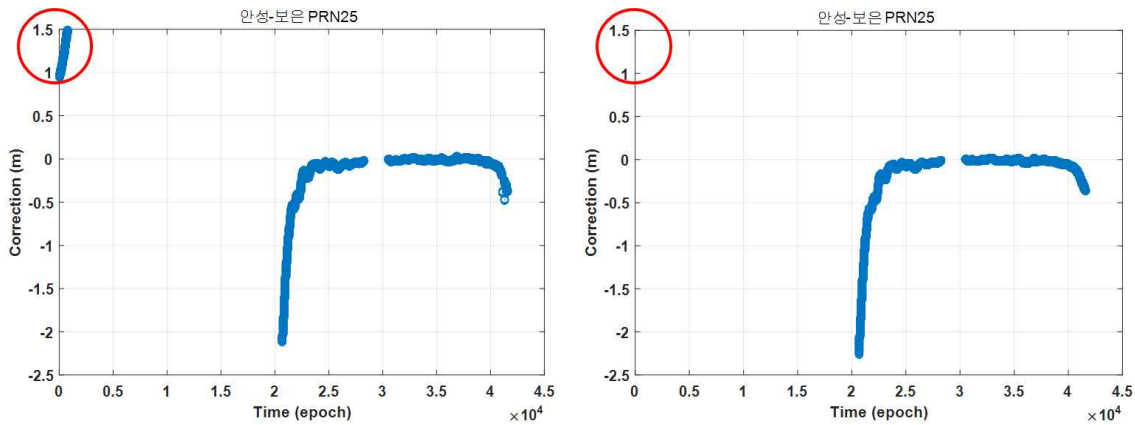


그림 5. PRN25 보정정보 생성 결과 (좌: 상시기준국, 우: 지역수신국)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

림 4에 PRN25의 보정정보를 나타내었다.

그림 6은 지역수신국에서 생성한 보정정보와 상시기준국에서 생성한 보정정보의 차이를 나타낸 것이다. 대부분의 값이 ±0.1m 사이에 있는 것으로 확인되었다. 그러나 일부 값이 –0.1m에서 –0.2m 사이에 있는 것을 확인할 수 있는데 이는 수신 환경 차이에 따른 위성고도각의 차이로 인한 보정정보의 차이 또는 낮은 고도각의 미지정수 추정 오류로 판단된다.

그림 6. 상시기준국-지역수신국 보정정보 비교 (좌: 안성-보은, 우: 안성-괴산)

4. 보정정보 성능 분석

상시기준국을 이용하여 생성한 보정정보를 이용하여 위치결정을 수행하였다. 위치결정 비교를 위한 상시기준국은 그림 1과 표 1에 나타낸것과 같이 청주 상시관측소를 이용하였다. 생성한 보정정보를 적용한 결과 그림 7과 같이 최대 허용 오차 1.5m, 위치 오차 2σ 0.9m 이내를 달성한 것을 확인할 수 있었으며 표 2에 수치를 나타내었다.

그림 7. PRN25 보정정보 생성 결과 (좌: 상시기준국, 우: 지역수신국)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 위치결정결과 (단위: cm)

	△North	△East	△Up	△2D	△3D
평균	-1.94	2.31	1.65	4.57	7.68
표준편차	3.57	2.44	6.28	2.63	3.32
제곱평균제곱근	4.06	3.36	6.49	5.27	8.36

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-48

시뮬레이터 소프트웨어 상세 설계 및 GUI

2017. 11. 07.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	김원태	2017. 11. 07.	
	한호택	2017. 11. 07.	
검 토	민경관	2017. 11. 08.	
승 인	최종필	2017. 11. 09.	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 07.	김원태, 한호택

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 시뮬레이터 소프트웨어 분석 ····· 3

2. 시뮬레이터 소프트웨어 설계 ····· 3

3. 시뮬레이터 소프트웨어 모듈별 프로세스와 구성도 ····· 4
3.1. 소프트웨어 메인 프로세스와 흐름도 ····· 4
3.2. 시나리오 설정 프로세스와 기능 흐름도 ····· 5
3.3. 시나리오 설정 흐름도 ····· 6
3.4. GNSS Decoding ····· 7
3.5. 시뮬레이션 프로세스와 흐름도 ····· 7
3.6. 성능 분석 프로세스와 흐름도 ····· 8

4. 시뮬레이터 소프트웨어 GUI 설계 ····· 9
4.1. 기능 별 GUI 설계 ····· 9

5. GUI 이미지 제작 방안 ····· 13
5.1. 시나리오 설정 GUI 제작 방안 ····· 13
5.2. 시뮬레이션 GUI 제작 방안 ····· 14
5.3. 성능 분석 GUI 제작 방안 ····· 15

6. 시뮬레이터 소프트웨어 데이터 정의. ····· 16

7. 시뮬레이터 소프트웨어 개발 ····· 17
7.1. GUI 연동 시나리오 설정 ····· 17
7.2. GUI 연동 시뮬레이션 ····· 19
7.3. GUI 연동 성능 분석 ····· 22

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 시뮬레이터 소프트웨어 분석

본 시뮬레이터 소프트웨어는 정의된 input/output 데이터와 Matlab 알고리즘의 분석하여 프로세스 구성하고 분석도를 작성하였다.

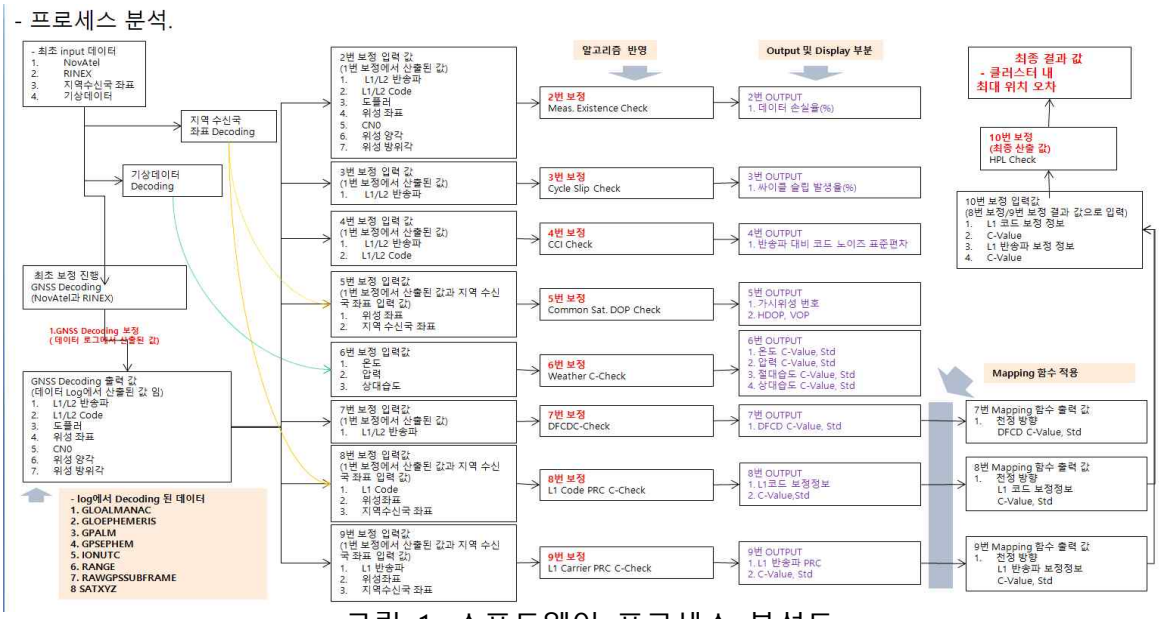


그림 1. 소프트웨어 프로세스 분석도

2. 시뮬레이터 소프트웨어 설계

시뮬레이터 소프트웨어는 분석된 프로세스 분석도를 기반으로 성능분석, 시나리오 설정, 시뮬레이션으로 분류하였으며, 성능분석에는 시뮬레이션 된 결과를 화면에 전시하는 부분을 반영하였으며, 시나리오 설정 항목에는 수신국, 클러스터, 시나리오 설정, Decoding항목을 설정하는 기능을 담당하며, 시뮬레이션은 MatLab 알고리즘을 연동하고 결과를 산출하는 부분으로 설계하였다.



그림 2. 소프트웨어 설계

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 시뮬레이터 소프트웨어 모듈별 프로세스와 구성도.

시뮬레이터 소프트웨어는 클러스터를 구성하여 결과를 출력하는 전체적인 프로그램 동작의 주요 단계를 기준으로 성능분석, 시나리오 설정, 시뮬레이션으로 화면을 나누어 프로세서와 흐름도를 설계하였다

3.1. 소프트웨어 메인 프로세스와 흐름도

시뮬레이터 소프트웨어는 수신국을 지정하여 클러스터를 구성하고 구성된 수신국의 Log데이터로 시뮬레이션을 진행하여 출력 된 시뮬레이션 결과를 가지고 결과 분석 화면에 전시하는 순서로 프로그램이 진행되며, 이를 기준으로 프로세서와 흐름도를 설계하였다.

1. GTI2 시뮬레이터

1) 전체 구성



1-1) 전체 구성 - 정의

분야	기능	내용	비고
메인	1) 지도 화면 전시	- 지도를 화면에 전시한다.(남한 지형)	
	2) SkyPlot 화면 전시	- SkyPlot 를 화면에 전시한다.	
	3) TimeBar 화면 전시	- TimeBar를 화면에 전시한다.	
시나리오	1) 클러스터 구성	- 3개 이상의 수신국을 선택하여 각 수신국을 연결하여 수신국의 보정 값으로 색상을 이용하여 gradation 표기를 한다.	
	2) 수신국 선택	- 수신국을 선택하여 각 수신국의 위성상태를 SkyPlot에 전시하여 준다.	
	3) 수신국 데이터 업로딩	- 선택된 수신국의 log데이터를 업로딩 한다.	
	4) 기상데이터	- 선택된 수신국 기상 데이터를 업로딩 한다.	
	5) 수신국 데이터 개별 업로딩	- 업로딩 기능	
결과분석	1) 보정 기능.	- 업로딩된 수신국 데이터를 정해진 알고리즘으로 보정하여 준다.	
	2) 결과 전시	- 보정된 10개의 값을 텍스트, 그래프, 차트 등으로 화면에 전시 한다.	

그림 3. 전체 구성과 화면별 기능 정의.

2) Main Process - flowchart

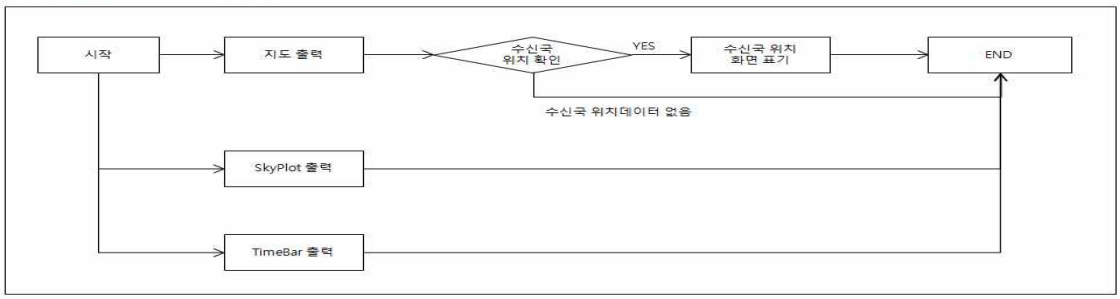


그림 2. Main Process

2-1) Main Process - 상세정의

분야	기능	내용	비고
메인	1) 지도 화면 전시	- 지도를 전시에 수신국 위치를 확인하여 화면에 전시한다. - 수신국 위치데이터 없을시 지도만 화면에 전시한다.	
	2) SkyPlot 화면 전시	- 최초 실행시 출력 내용 없음. - 수신국 선택시 위성정보 화면에 전시(32개의 위성 ->추후 변경 예정)	
	3) TimeBar 화면 전시	- 최초 실행 시 출력 내용 없음. - 데이터 업로딩 이후 수신국 선택시 데이터 누락 여부를 체크 한다.	

그림 4. 메인 프로세스와 기능 정의

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

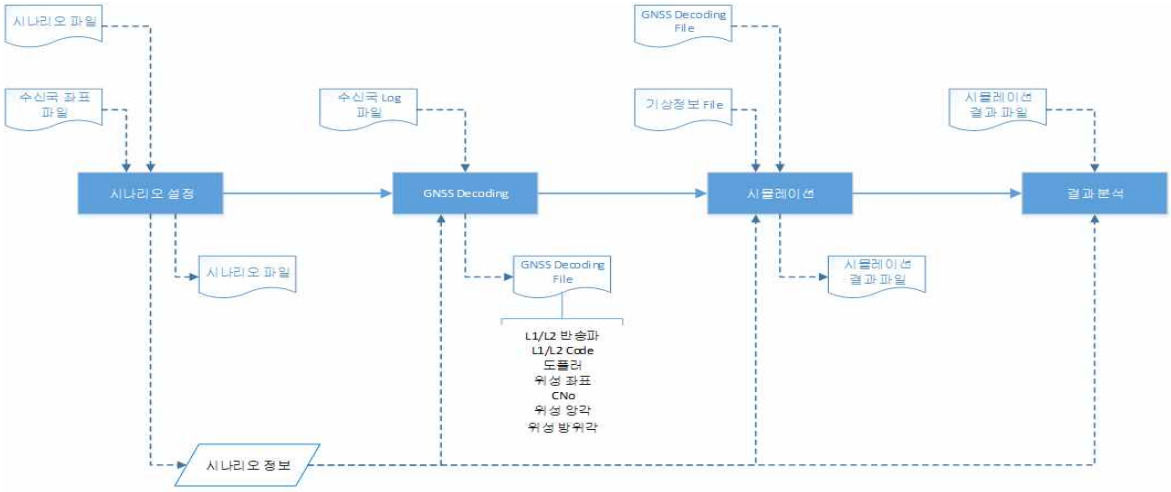


그림 5. 소프트웨어 흐름도

3.2. 시나리오 설정 프로세스와 기능 흐름도

시나리오 설정의 프로세스를 정의 하였으며, 시나리오 설정, GNSS Decoding, 시뮬레이션, 결과분석으로 기능을 나누어 설계하였다.

3) 시나리오 Process - flowchart

3-1) 클러스터 구성 flowchart

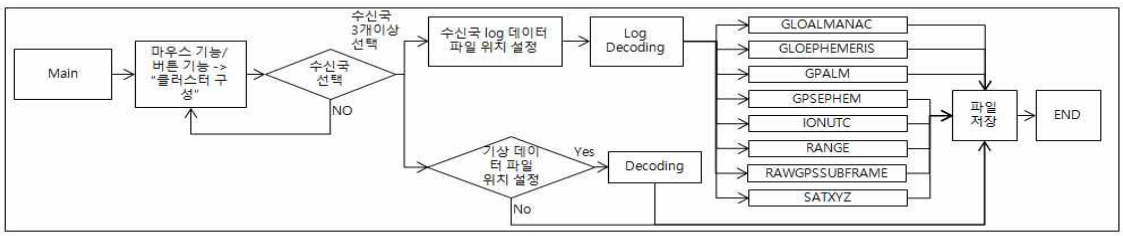


그림 3. 클러스터 구성 Process

3-1-1) 클러스터 구성 상세 정의

분야	기능	내용	비고
시나리오	1) 클러스터 구성	- 클러스터 구성을 위한 마우스 기능/버튼 기능을 사용하여 클러스터 구성을 시작하며, 수신국 3개이상 선택 시에 수신국 log 파일 위치 / 기상데이터 파일 위치를 선택한다.	

3-2) 개별 수신국 데이터 업로딩

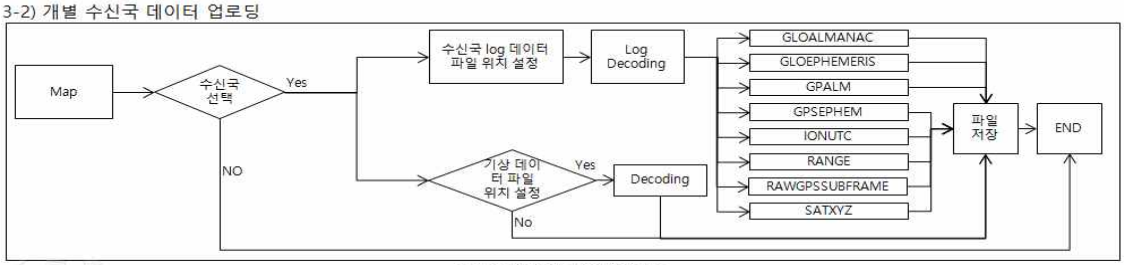


그림 4. 개별 수신국 데이터 업로딩

그림 6-1. 시나리오 프로세스와 기능 정의.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3) 시나리오 Process - flowchart

3-2-1) 수신국 선택 이벤트 상세 정의.

분야	기능	내용	비고
시나리오	개별 수신국 데이터 업로딩	- 지도에서 수신국을 선택하여 개별로 데이터로그를 업로딩 한다.	

3-3) 수신국 선택 이벤트 flowchart.

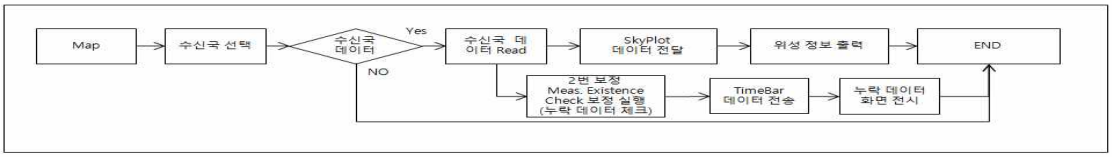


그림 5. 수신국 선택 이벤트

3-3-1) 시나리오 Process – 수신국 선택 이벤트 상세 정의.

분야	기능	내용	비고
시나리오	1) 수신국 선택 이벤트	- 지도에서 수신국을 선택하면 발생하는 이벤트. - 수신국 데이터 여부 확인하여 SkyPlot 위성 정보를 전시한다. - 수신국 데이터를 Meas. Existence Check보정을 시행하여 TimeBar에 누락데이터를 전시 한다.	

그림 6-2. 시나리오 프로세스와 기능 정의

3.2.1. 시나리오 설정 흐름도

수신국을 선택하고 클러스터를 구성하여 시나리오가 구성되며, 구성된 시나리오 파일은 시뮬레이션에서 사용하는 기본 정보를 저장한다.

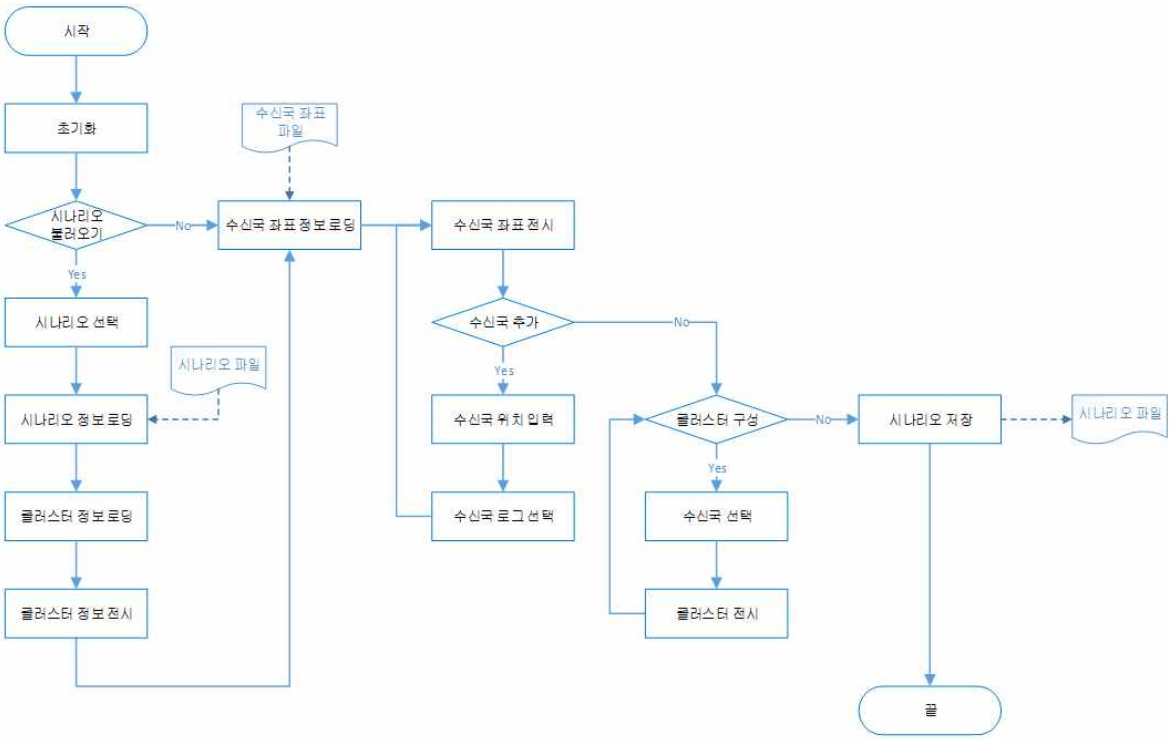


그림 7. 시나리오 설정.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.2. GNSS Decoding

시나리오에서 설정된 수신국의 Log데이터를 가지고 시뮬레이션에 사용될 파일로 Decoding이 진행 되도록 기능을 설계하였다.

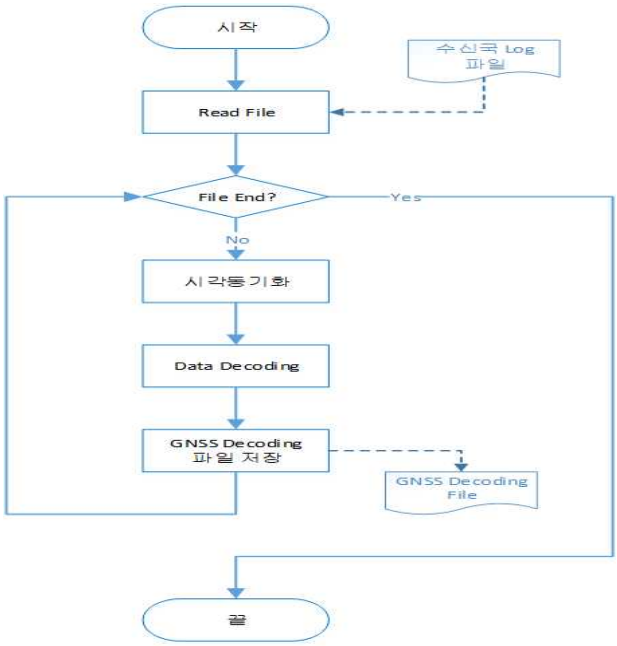


그림 8. GNSS Decoding.

3.2.3. 시뮬레이션 프로세스와 흐름도

GNSS Decoding에서 출력된 파일 ,기상 정보 파일 및 기타 설정을 추가하여 시뮬레이션을 진행하여 시뮬레이션 결과 파일을 출력하도록 설계하였다.

4) 결과 분석 Process - flowchart

4-1) 클러스터 내 최대 위치 오차 보정 결과 분석 flowchart

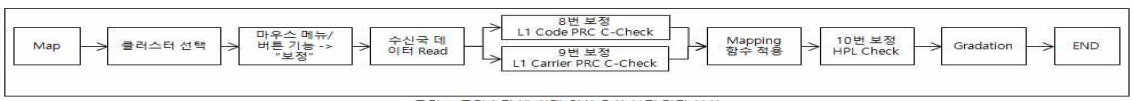


그림 6. 클러스터 내 최대 위치 오차 보정 결과 분석

4-1-1) 클러스터 내 최대 위치 오차 보정 결과 분석 상세 정의

분야	기능	내용	비고
결과분석	1) 클러스터 최대 위치 오차 보정 결과	- 구성된 클러스터를 선택하여 각 수신국의 데이터를 읽어 보정 알고리즘 L1 Code PRC C-Check / L1 Carrier PRC C-Check 를 반영 하여 출력된 결과값을 매핑함수를 통하여 매핑 후 HPL Check 알고리즘을 반영하여 나온 결과값으로 Gradation 을 화면에 전시 한다.	

4-2) 개별 수신국 보정 결과 분석 flowchart

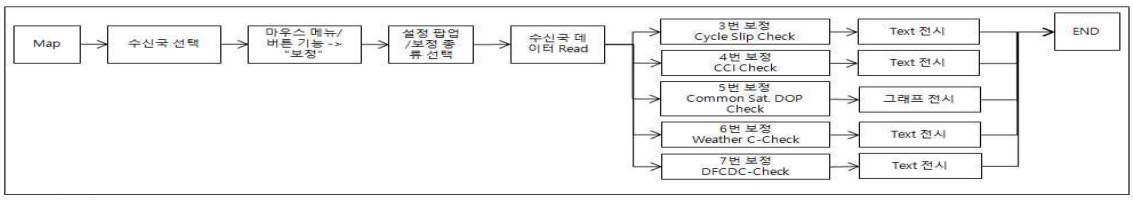


그림 7. 개별 수신국 보정 결과 분석

그림 9. 시뮬레이션 프로세스와 기능 정의.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

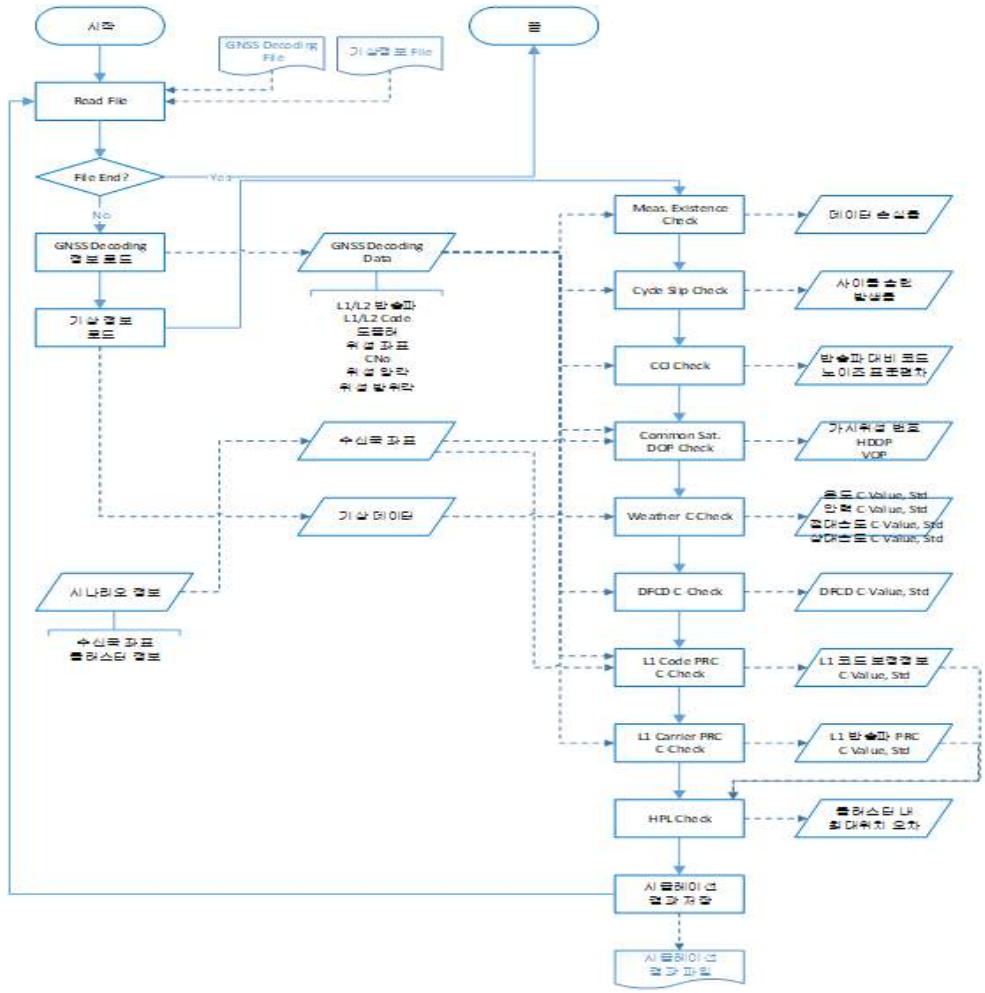


그림 10. 시뮬레이션 흐름도.

3.2.4. 성능 분석 프로세스와 흐름도

출력된 시뮬레이션 결과 분석 파일을 가지고 시간에 따른 결과를 화면에 전시한다.

4) 결과 분석 Process - flowchart

4-2-1) 개별 수신국 보정 결과 분석 상세정의

분야	기능	내용	비고
시나리오	1) 수신국 선택 이벤트	- 지도에서 수신국을 선택하면 발생하는 이벤트 - 수신국 데이터 여부 확인하여 SkyPlot 위성 정보를 전시 한다. - 수신국 데이터를 Meas. Existence Check보정을 시행하여 TimeBar에 누락데이터를 전시 한다.	

그림 11. 시뮬레이션 기능 정의.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

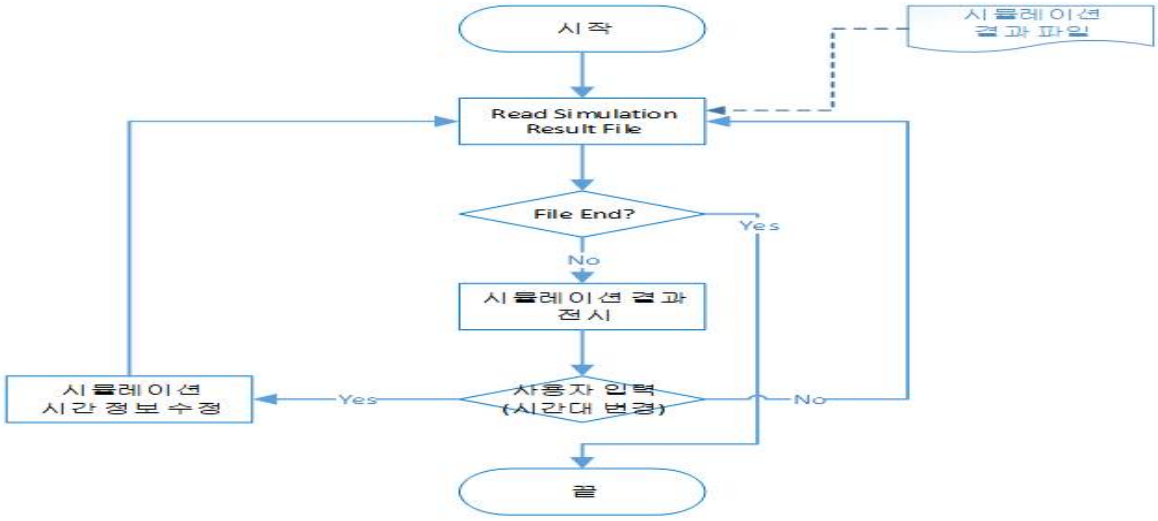


그림 12. 결과 분석 흐름도

4. 시뮬레이터 소프트웨어 GUI 설계

본 시뮬레이터 소프트웨어는 분석, 설계, 흐름도를 기반으로 성능분석, 시나리오 설정, 시뮬레이션 항목으로 분석하여 운용 방안을 정의하였다.

4.1. 기능 별 GUI 설계

시뮬레이터 소프트웨어의 성능분석 화면, 시나리오 설정, 시뮬레이션 화면으로 구성되며, 각 화면별 필요 기능을 분석하여 운영 방안을 구성하였다.

운영 방안에는 시뮬레이션 시작, 수신국 설정, 수신국 불러오기, 수신국 저장, 수신국 추가, 클러스터 구성, 알고리즘 항목으로 운영방안을 구성하였으며, 화면 전시는 지도, SkyPlot, 그래프, 텍스트 정보 창으로 운영 방안을 구성하였다.

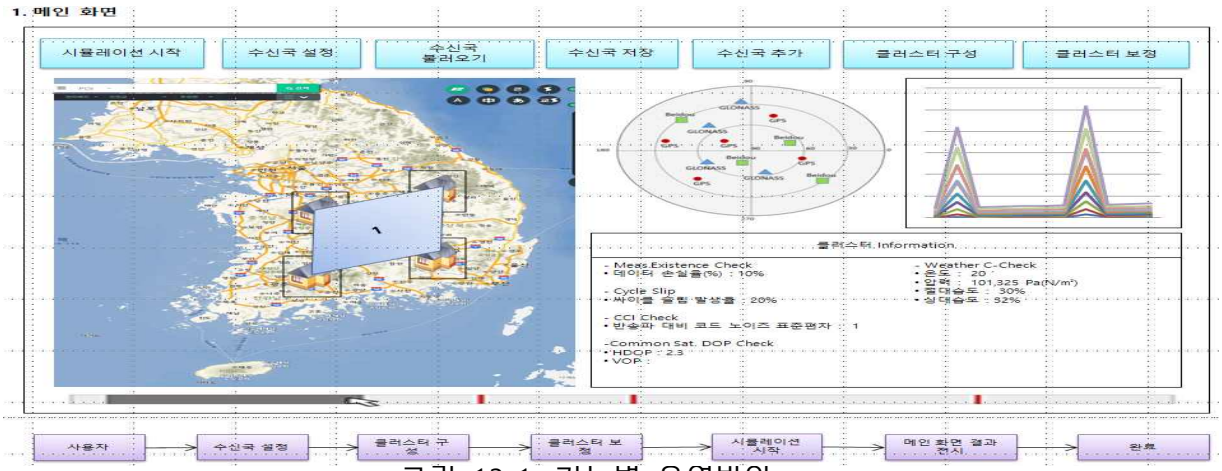


그림 13-1. 기능별 운영방안.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

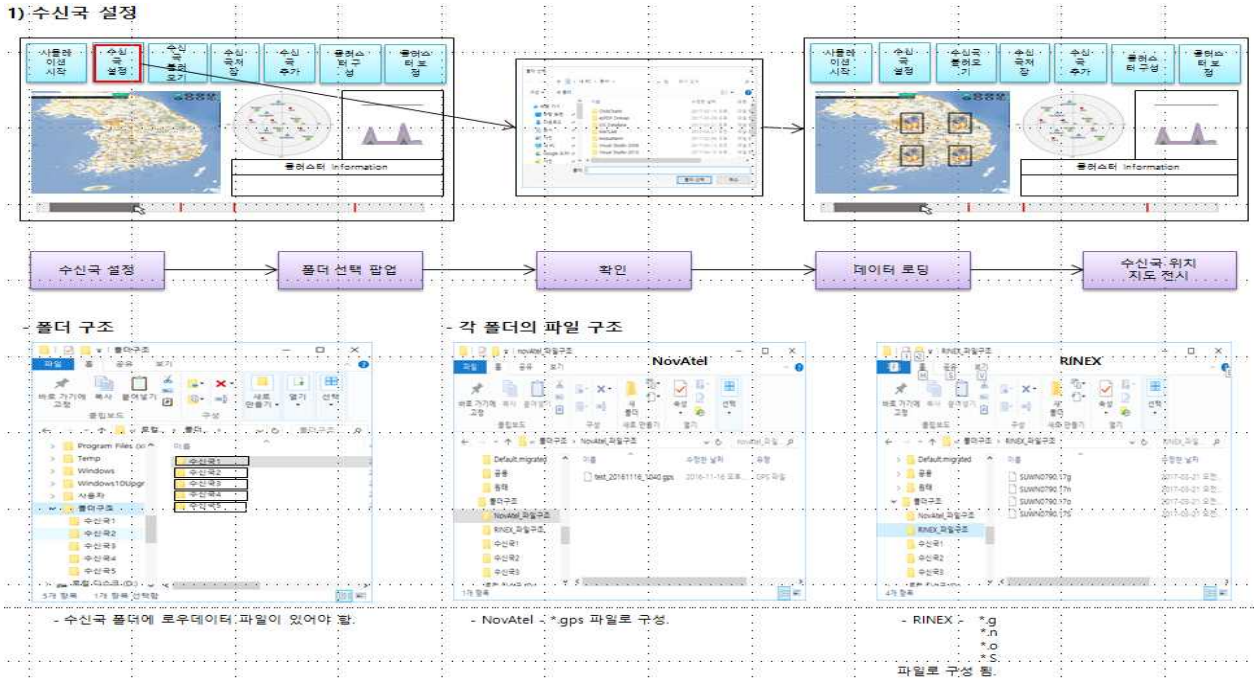


그림 13-2. 기능별 운영방안

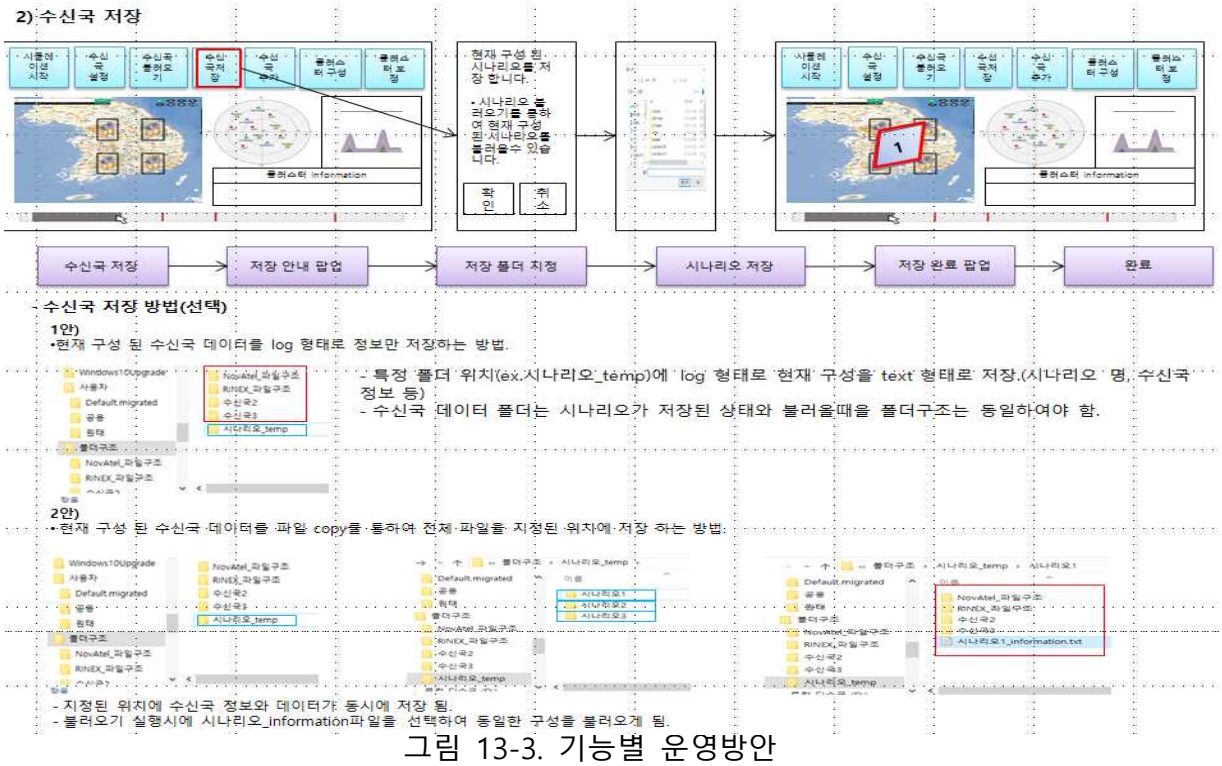


그림 13-3. 기능별 운영방안

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

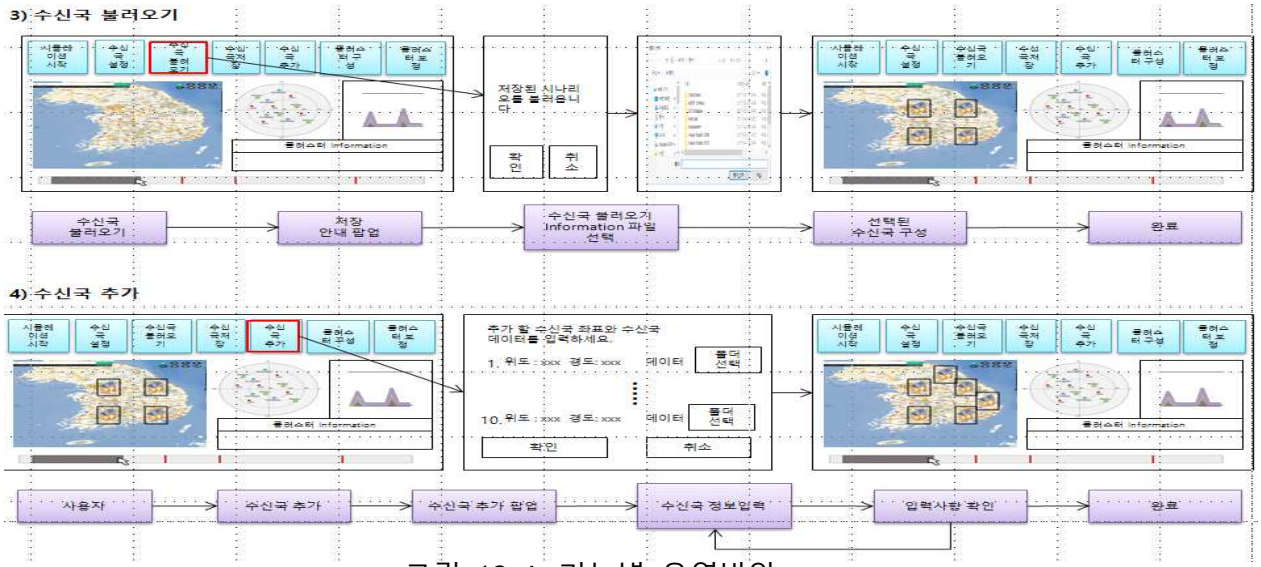


그림 13-4. 기능별 운영방안

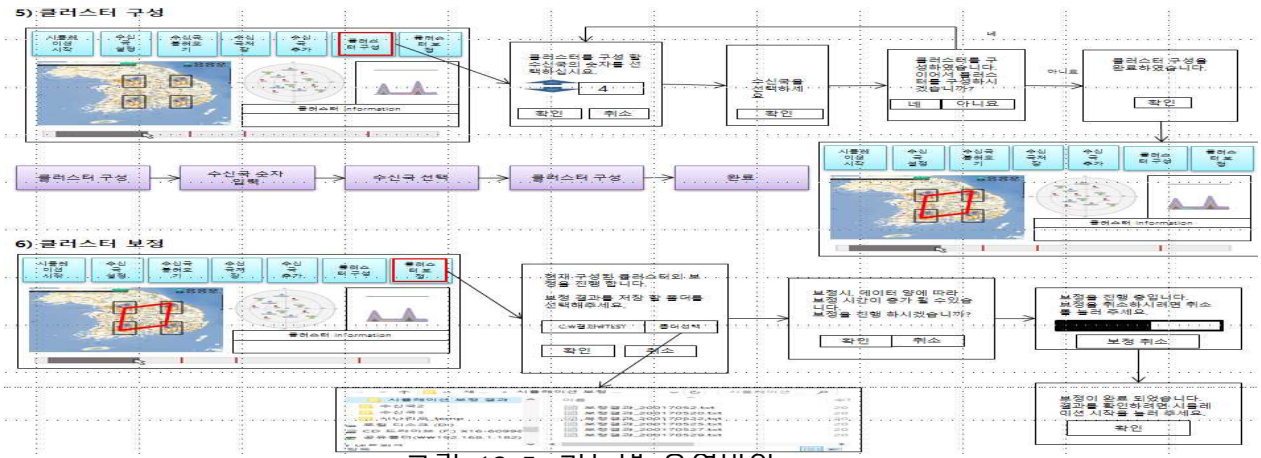


그림 13-5. 기능별 운영방안

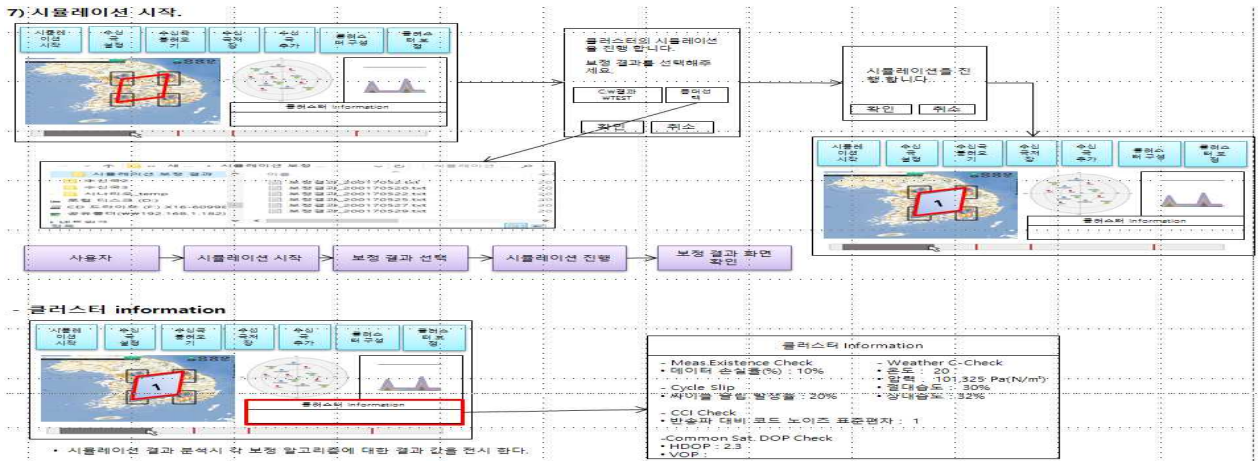


그림 13-6. 기능별 운영방안

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

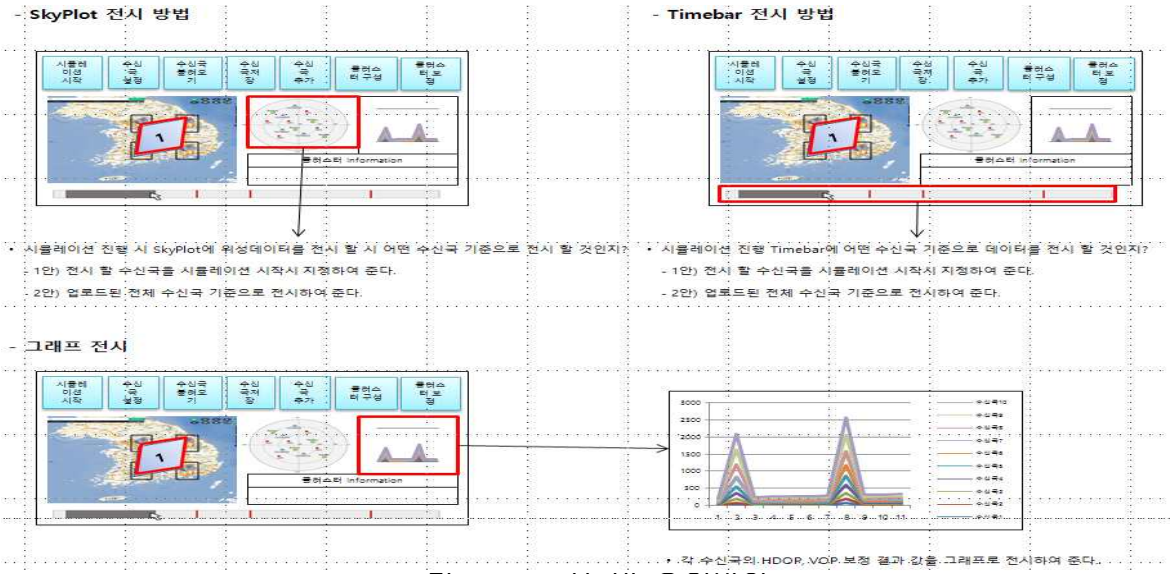


그림 13-7. 기능별 운영방안

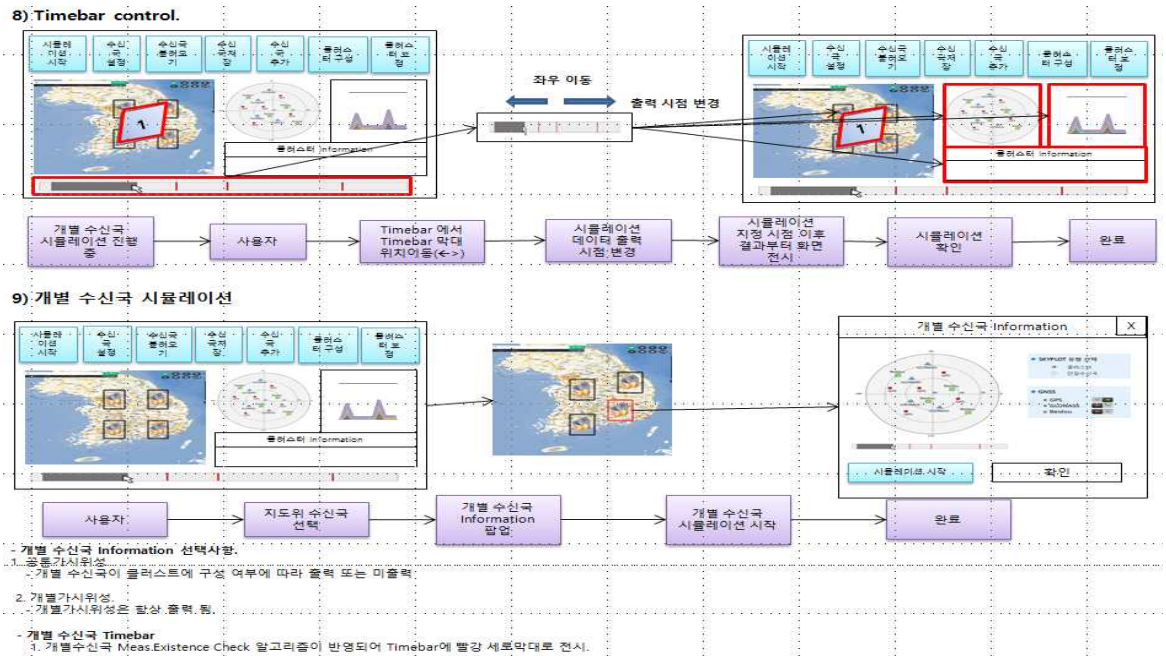


그림 13-8. 기능별 운영방안

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5. GUI 이미지 제작 방안

시뮬레이터 소프트웨어가 진행되는 기능을 기준으로 구분하여 시나리오 설정, 시뮬레이션, 결과분석으로 GUI을 구성하였다.

5.1. 시나리오 설정 GUI 제작 방안

시뮬레이터 소프트웨어의 분석 결과와 운영방안을 토대로 시나리오 설정 GUI를 기능별로 배치하여 구성을 설계하였다.

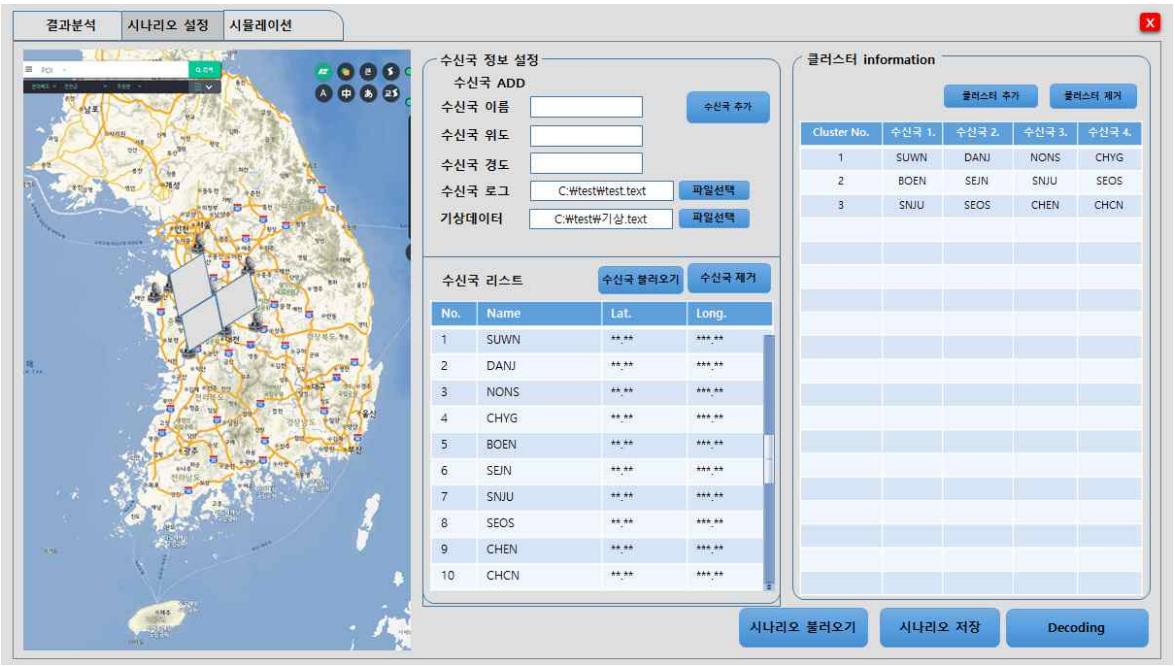


그림 14. 시나리오 설정 GUI 설계

- 맵 - 수신국 및 클러스터 위치 확인
- 맵 - 맵 Zoom-in / out
- 맵 - 맵 이동
- 수신국 추가 및 제거
- 수신국 불러오기
- 클러스터 추가 및 제거
- 시나리오 불러오기 및 저장
- 시나리오 Decoding

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2. 시뮬레이션 GUI 제작 방안

시뮬레이터 소프트웨어의 분석 결과와 운영방안을 토대로 시뮬레이션 GUI를 기능별로 배치하여 구성을 설계하였다.

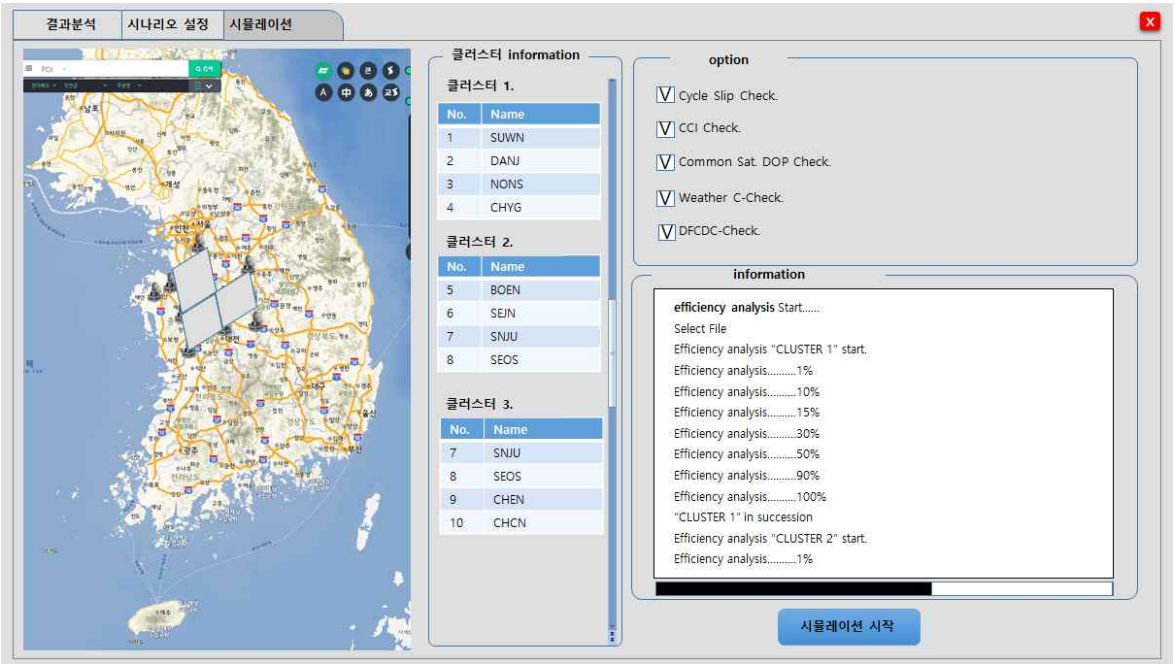


그림 15. 시뮬레이션 GUI 설계

- 맵 - 수신국 및 클러스터 위치 확인
- 맵 - 맵 Zoom-in / out
- 맵 - 맵 이동
- 클러스터 및 수신국 정보 전시
- 옵션 설정
- 시뮬레이션 시작
- 시뮬레이션 진행 정보 전시
- 시뮬레이션 진행률 전시

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.3. 성능 분석 GUI 제작 방안

시뮬레이션에서 출력된 결과 파일을 불러와서 시간에 따라 시뮬레이션 결과를 전시하는 GUI를 구성한다.

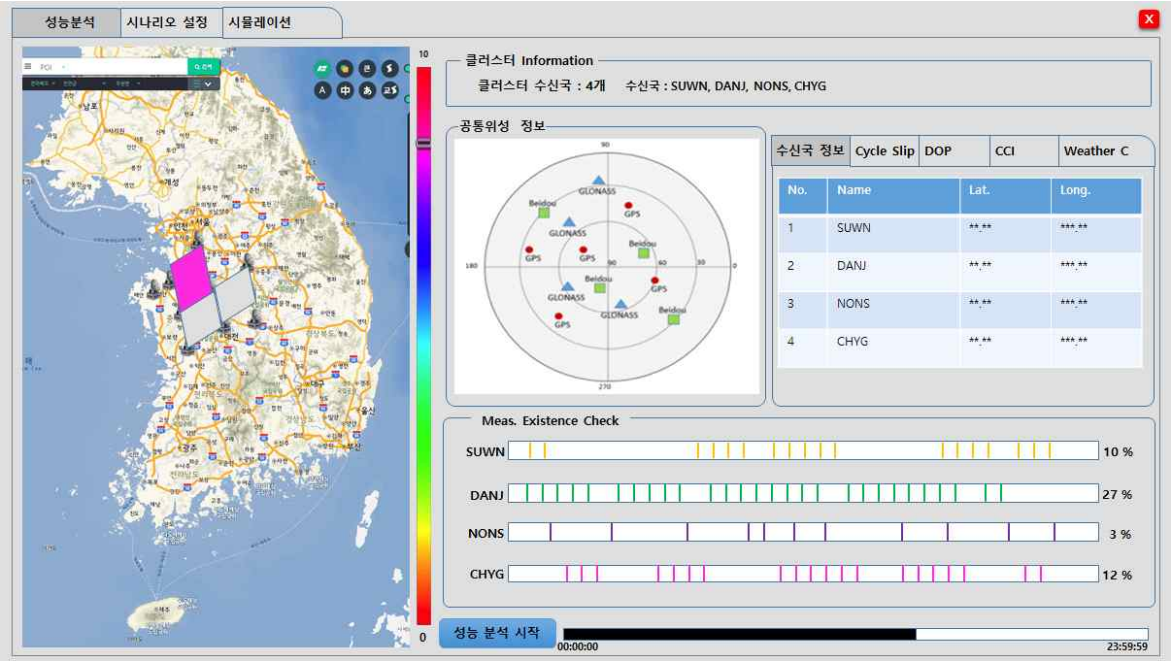


그림 16. 성능 분석

- 맵 - 수신국 및 클러스터 위치 확인
- 맵 - 맵 Zoom-in / out
- 맵 - 맵 이동
- 시뮬레이션 결과 파일 불러오기
- 성능 분석 시작
- 클러스터 색상 변경
- 클러스터 정보 전시
- 시간에 따른 공통 위성 정보 전시
- 수신국 정보 전시
- Cycle Slip 정보 전시
- DOP 정보 전시
- CCI 정보 전시
- Weather 정보 전시
- 시간에 따른 Meas ExistenceCheck 전시

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

6. 시뮬레이터 소프트웨어 데이터 정의

시뮬레이터의 분석, 설계를 기본으로 데이터의 입력 값과 출력 값을 정의하였다.

```
//I 알고리즘 Input 데이터 구조체
typedef struct _st_Algorithm_Input
{
    unsigned _int32 ulWeek;
    float       fSeconds;
    unsigned _int32 ulPRN;
    double      dX;
    double      dY;
    double      dZ;
    double      dL1CarrierWave;     //L1 반송파 (RANGN 메시지의 adr값)
    //float     fAdr_Std;
    double      dL1Code;        //L1 Code (???)
    float       fL1Doppler;
    float       fL1CN0;
    double      dL2CarrierWave;     //L2 반송파 (RANGN 메시지의 adr값)
    //float     fAdr_Std;
    double      dL2Code;        //L2 Code (???)
    float       fL2Doppler;
    float       fL2CN0;
    double      dElevation;
    double      dAzimuth;
}ST_ALGORITHM_INPUT;
```

그림 17. 입력 데이터 정의

```
typedef struct tag_STATION_INFO{
    CString strPath;    //경로
    CString strWeatherPath;
    int nFileSize;          //algorithm_parse에서는 라인수를 입력함.
    char *msg;              //로그 메세지
    CString strName;    //수신국 이름
    double dPOS[3];     //수신국 위치
} STATION_INFO, *PSTATION_INFO;

typedef struct tag_CLUSTER_INFO{
    int ncluster_number;
    int nstation_max_size;
    int ncluster_main;
    CMap( int, int, PSTATION_INFO, PSTATION_INFO ) msg_map;
} CLUSTER_INFO, *PCLUSTER_INFO;

typedef struct tag_STATION_INFO_SEC{
    CString strPath;
    CString strweather;//기상 정보 파일위치
    double dstation_x;//수신국 위치정보
    double dstation_y;//수신국 위치정보
    double dstation_z;//수신국 위치정보
    int nCount; //log 갯수
    CArray <CString, CString&>strTime; //시간 정보
    int* nPRN;
    double* dL1CarrierWave;//L1 반송파
    double* dL1Code; //L1 Code
    double* fL1Doppler;//L1 Doppler
    double* fL1CN0;//(신호세기)
    double* dL2CarrierWave;//L2 반송파
    double* dL2Code;//L2 Code
    double* fL2Doppler;//L2 Doppler
    double* fL2CN0;//(신호세기)
    double* dElevation;//위성앙각
    double* dAzimuth;//위성방위각
    double dTruePos[3];//RC_Function 사용 -> 수신국 좌표 (x,y,z)
    double * dClusterTruePos;
    double* dX;
    double* dY;
    double* dZ;
    //MEC function result->결과
    double* dSetXYZ;
    int* df_sort;
    double* df;
    //CSD function result->결과
    double *dcs_ts;
    double *dk_mat;
    double *dmean_ts;
    double *dvar_ts;
    double *dif_cs;
    //sort function result->결과
    int * sort_df_sort;
    double * sort_df;
    //SmoothPrFunction->결과
    double * dsp;
    double * dns;
    //df 종합/if 종합->결과
    double * df_sum_mec;
    double * df_sum_sort;
    double * dif_sum_sort;
    //RC_Function 상수->결과
    double * dPRC;
    double * dCRC;
    double * dTrueRange;
    //RC_rClk->결과
    double * dPRC_rClk;
    double * dCRC_rClk;
    //C_CRC_rClk->결과
    double * dC_CRC;//반송파 보정정보
    double * dDiff_CRC;
    double * dCB;
    //main 나머지->결과
    double ** dcrc_mat;
    double ** dprc_mat;
    double ** dpcrc_mat;
    double * dCT;
    double * dsum_pcrc;

} STATION_INFO_SEC, *PSTATION_INFO_SEC;
```

그림 18. 출력 데이터 정의

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7. 시뮬레이터 소프트웨어 개발

설계한 기능 모듈 및 GUI를 기반으로 시뮬레이션 시나리오의 내용을 작성하는 시나리오 설정, 작성된 시나리오를 기반으로 옵션을 설정하여 시뮬레이션을 진행하는 시뮬레이션과 출력된 시뮬레이션 결과를 시간에 따라 결과를 전시하는 결과 분석 등으로 구성된 시뮬레이터 소프트웨어를 개발했다.

7.1. GUI 연동 시나리오 설정

수신국을 추가 및 설정하여 클러스터 구성하는 시나리오 설정 기능의 GUI와 기능을 연동하여 개발을 진행 하였으며, 시나리오 설정에서 구성된 클러스터를 기반으로 시뮬레이션 진행 및 성능 분석이 진행 된다.

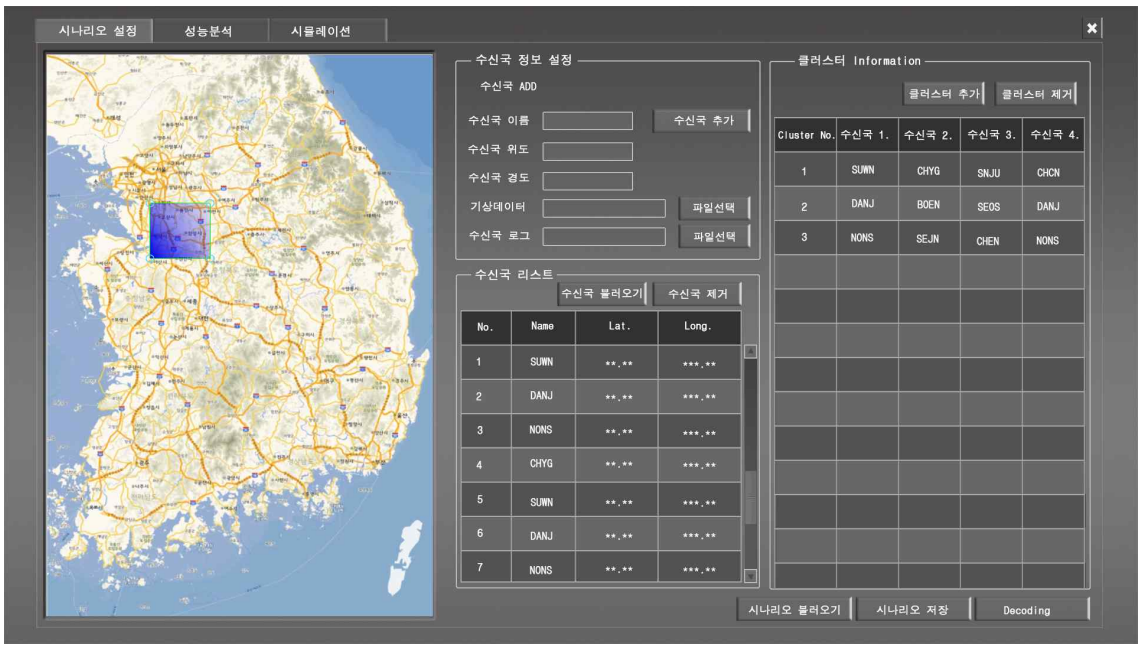
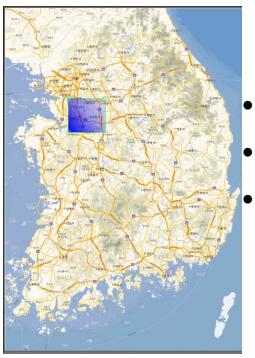


그림 19. GUI 연동 시나리오 설정 화면.

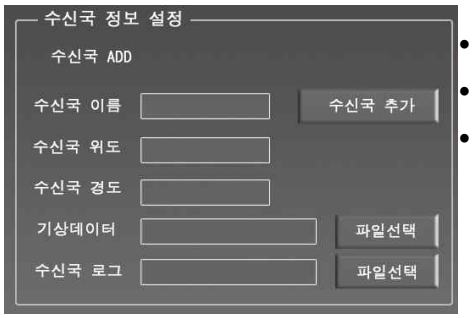
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.1.1. 지도 화면



- 수신국 및 클러스터 위치 표시 기능
- 지도 확대 및 축소 기능
- 지도 이동 기능

7.1.2. 수신국 정보 GUI 화면



- 수신국 정보 설정
- 수신국 기상 데이터 설정
- 수신국 로그 설정

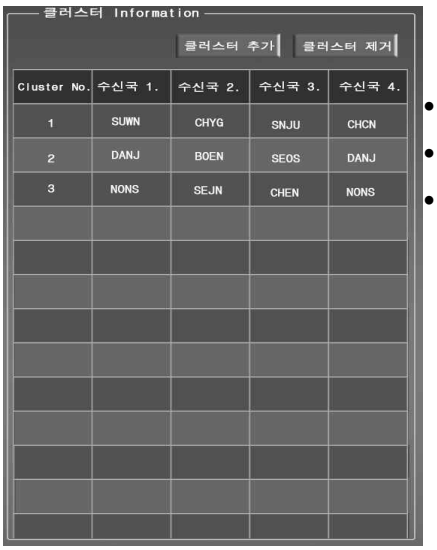
7.1.3. 수신국 리스트 GUI 화면



- 수신국 리스트 전시
- 수신국 제거
- 수신국 불러오기

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.1.4. 클러스터 설정 GUI 화면



- 클러스터 리스트 전시
- 클러스터 추가
- 클러스터 제거

7.1.5. 시나리오 저장/불러오기/Decoding GUI 화면



- 시나리오 불러오기 및 저장
- 시나리오 Decoding

7.2. GUI 연동 시뮬레이션

설정된 시나리오에 맞게 시뮬레이션이 진행되는 기능을 개발하였다. 시나리오에 들어가 있는 수신국과 클러스터의 정보가 리스트와 지도에 전시되고, 시뮬레이션의 설정 및 시뮬레이션이 진행되는 동안 출력되는 정보 들과 진행율을 확인 할 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

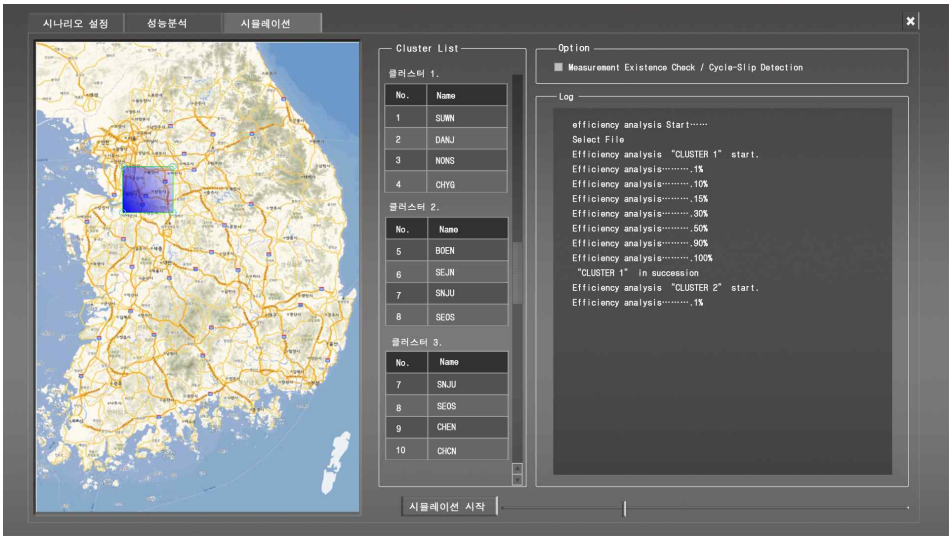
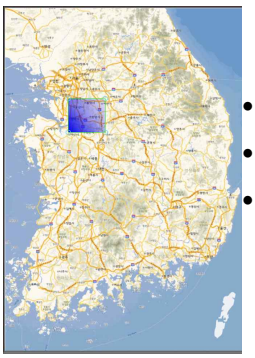


그림 20. GUI 연동 시뮬레이션 화면

7.2.1. 지도



- 수신국 및 클러스터 위치 표시 기능
- 지도 확대 및 축소 기능
- 지도 이동 기능

7.2.2. 클러스터 리스트 GUI 화면



- 클러스터 정보 표시
- 클러스터의 수신국 전시

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.2.3. 옵션 설정 GUI 화면



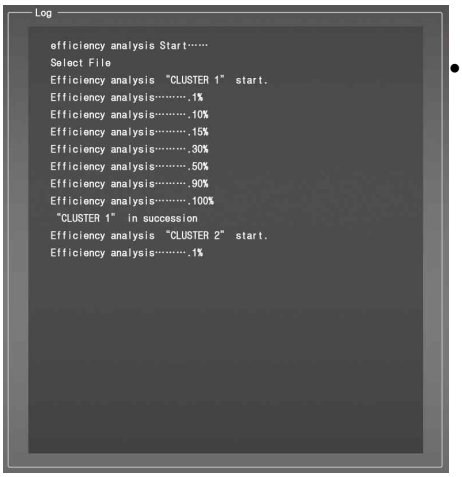
- 시뮬레이션 옵션 설정

7.2.4. 시뮬레이션 시작 및 진행률 GUI 화면



- 시뮬레이션 시작 및 진행률 표시

7.2.5. 시뮬레이션 로그 GUI 화면



- 시뮬레이션 로그 출력

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.3. GUI 연동 성능 분석

시뮬레이션에서 출력 된 결과를 가지고 시간에 따라 분석 할 수 있는 기능을 개발하였다. 시나리오에 저장된 수신국 및 클러스터를 지도에 전시하고, 클러스터의 색상을 변경할 수 있는 기능이 있다. 시간에 따른 데이터를 분석하여 수신된 위성 정보의 위치를 전시하고 데이터의 오류 사항을 전시한다.

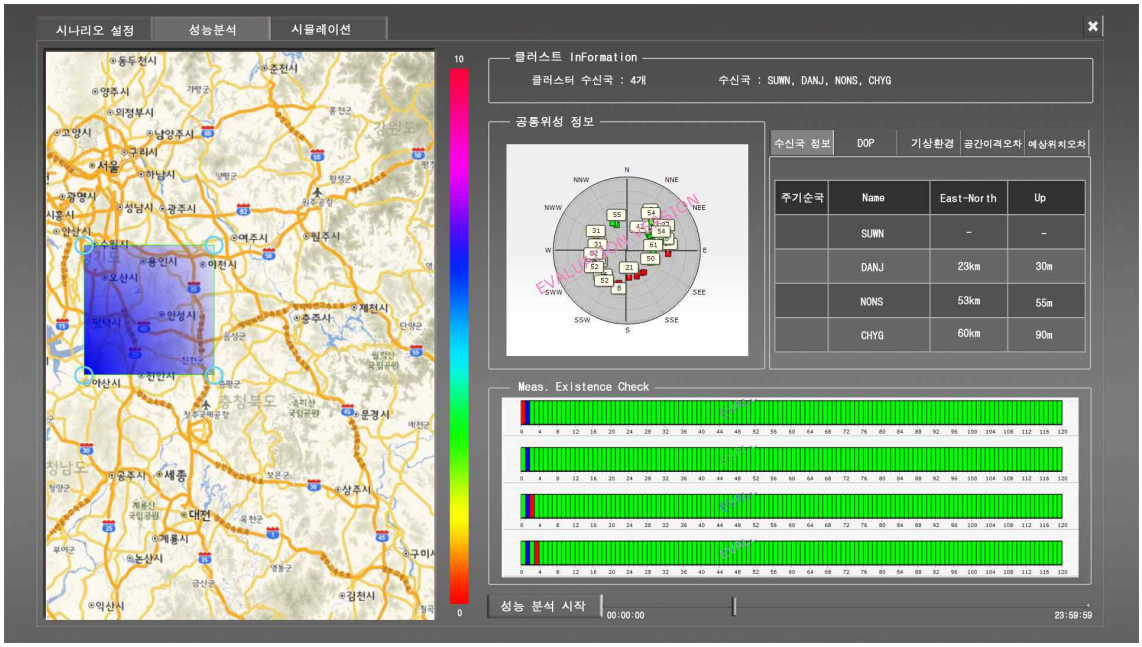
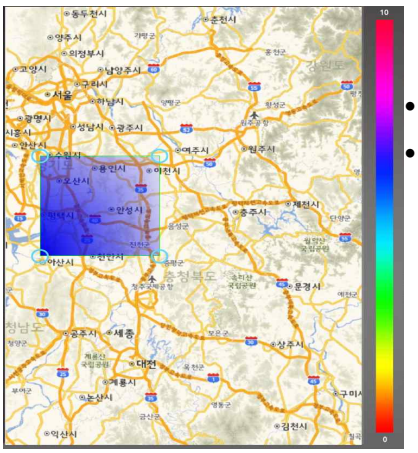


그림 21. GUI 성능 분석.

7.3.1. 지도 및 클러스터 색상 변경.



- 수신국 및 클러스터 위치 표시 기능
- 클러스터 색상 변경 기능

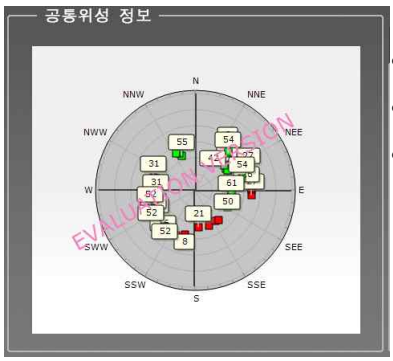
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.3.2. 클러스터 정보 표시 GUI 화면



- 클러스터 수신국 개수 표시.
- 클러스터의 수신국 명칭 전시.

7.3.3. 공통위성 정보 표시



- 공통위성 위치 표시.
- 공통위성 Type 표시(GPS/GLONASS).
- 공통위성 번호 표시.

7.3.4. 수신국정보 표시 GUI 화면



- 수신국 정보 표시.
- 클러스터 주 수신국 및 포함 수신국 표시.

7.3.5. DOP정보 표시 GUI 화면



- 수신국에 따른 DOP 정보 표시
- 수신국의 가시 위성 수 표시

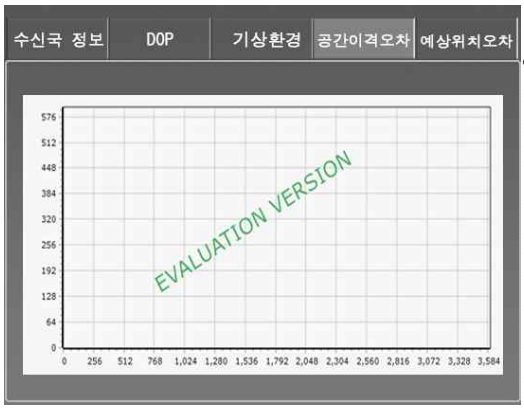
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7.3.6. 기상환경 표시 GUI 화면



- 각 수신국의 기상환경 표시(온도/압력/절대습도/상대습도)

7.3.7. 공각이격오차 표시 GUI 화면



- 주기준국외의 수신국에서의 보정차이를 전시

7.3.8. 예상위치오차 표시 GUI 화면



- 클러스터 중간에 사용자의 예상위치오차를 전시.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-49

전국구축 클러스터 형태 및 비용 분석

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	신미리	2018. 12. 30.	
	안종선	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 07.	신미리, 안종선

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 전국단위 클러스터 설계 및 검증 ····· 1
1.1 전국단위 클러스터 설계 기준 설정 ····· 1
1.2 전국단위 클러스터 설계 및 검증 ····· 4

2. 전국구축 클러스터 비용 분석 ····· 10
2.1 전국구축 클러스터 구축 비용 분석 ····· 10
2.2 전국구축 클러스터 운영 비용 분석 ····· 10

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

1.1. 전국단위 클러스터 설계 기준 설정

전국에 정밀위치결정 서비스를 제공하기 위해서 정밀위치결정 교통인프라 클러스터 구축이 필요하다. 이를 위하여 상시기준국을 활용한 전국단위 클러스터를 설계안을 도출하고, 이를 기반으로 클러스터 사전 성능분석 시뮬레이터를 통한 전국단위 클러스터에 대한 성능 예측을 하였다.

1.2. 전국단위 클러스터 설계 및 검증

상시기준국 및 기존 지역수신국을 기반으로 [표 1]에 제시된 클러스터 설계 기준을 따라 전국단위 클러스터 설계를 진행하였다.

[표 1]에서 제시되는 기준 중 '국내 주요 고속도로 형상에 따라 기본설계 후 확장'기준은 국내 C-ITS 및 자율주행차 전문기관 13기관에 정밀위치결정 기술을 C-ITS 적용하는 방안과 적용 방향성을 자문 받아 도출하였다. 정밀위치결정 기술은 기반 C-ITS 서비스에서 V2V 기반의 정밀한 차간 거리 정보 제공을 통해 교통사고감소 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다. 더불어 국내 C-ITS 구축계획과 연계하여 위성항법신호 수신환경이 양호할 것으로 예상되는 고속도로, 일반국도, 지방국도 중심의 서비스를 제공하는 단계적 운용 계획 방향을 도출하였다.

표 1. 전국단위 클러스터 주요 설계 기준

주요 설계 기준
상시기준국 선정결과 토대 고속도로, 일반도로, 지방도 서비스 목표 국내 주요 고속도로 형상에 따라 기본설계 후 확장 - 경부, 서울외곽, 영동, 서해안, 중앙, 호남, 중부, 중부내륙, 남해, 경인 - 주요 고속도로 내, 클러스터 핸드오버 최소화 EPDO와 면적당 클러스터 수신국 개수 비례

정밀위치결정 기술은 C-ITS 서비스 적용 시 교통사고 효과가 기대되므로 교통사고 통계를 조사하고 이를 기반으로 교통사고 피해가 가장 높은 주요 고속도로를 선정하여 클러스터 형상을 확대하는 방식으로 설계를 진행하였다. 국내고속도로의 사고 통계를 조사한 [표 2]는 국내 고속도로의 사고 통계를 조사하여 EPDO(대물피해환산법)를 적용하여 교통사고피해 순위를 정하였다. 여기서 EPDO는 교통사고 유형을 대물피해 기준으로 환산하는 방법으로 식 (2)와 같이 계산할 수 있으며, 주요 고속도로 중 상대적인 교통사고 피해 크기를 확인하는데 사용하였다.[1)]

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

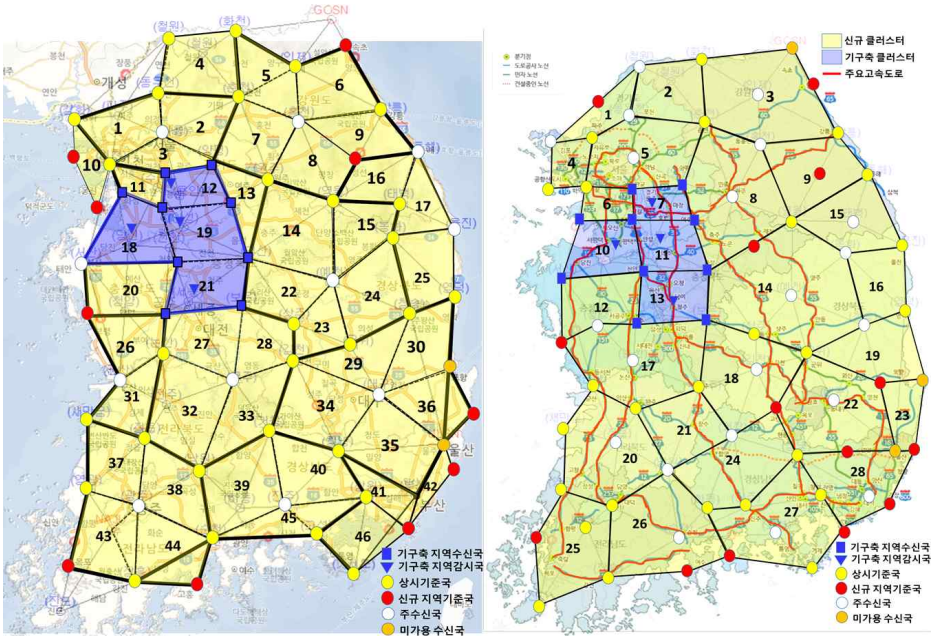


그림 1. 전국단위 클러스터 후보 설계안(좌) 및 최종 설계안(우)

1) S. H. Lee, D. S. Oh, J. H. Seo, J. Y. Yoon, C. H. Choi, and S. C. Yoon: Establishment of Intelligent Transport Systems (ITS), Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Republic of Korea, Government Publications Registration Number 11-1051000-000460-01, 2014.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 전국단위 클러스터 설계(안) 사전 성능 분석 결과

클러스터 번호	주수신국	부수신국	가용성(%)	클러스터 내 성능 분석 가용 범위(%)
1	동두천	파주, 강화, 철원	100	80
2	철원	동두천, 춘천, 화천	100	100
3	인제	화천, 춘천, 홍천, 강릉	100	71.4
4	강화	파주, 인천	100	75
5	서울	파주, 동두천, 춘천, 북여주, 성남, 인천	100	100
6	인천	성남*, 화성*, 오산*	99.62	100
7	오산*	성남*, 북여주*, 여주*	99.12	100
8	원주	춘천, 양평, 여주*, 괴산, 영월, 홍천	99.55	87.5
9	홍천	강릉, 동해, 영월	100	80
10	오산*	화성*, 천안*, 서산*	99.01	100
11	천안*	괴산*, 보은*, 공주*	93.63	100
12	청양	공주, 서산, 안성	95.05	80
13	천안*	괴산*, 보은*, 공주*	100	100
14	예천	괴산, 보은, 상주, 군위, 청송, 봉화, 영월	100	88.9
15	태백	영월, 동해, 울진, 봉화	97.72	100
16	봉화	청송, 울진, 영덕	95.62	100
17	논산	청양, 군산, 전주, 무주, 보은*, 공주*	99.38	87.5
18	김천	보은*, 상주, 군위, 거창, 무주	100	85.7
19	청송	군위, 영덕	95.63	60
20	정읍	영광, 새만금, 군산, 전주, 남원, 광주, 영광	99.04	100
21	남원	전주, 무주, 거창	99.99	100
22	대구	창녕, 군위	96.82	42.9
23	(신규)	(*신규기준국으로 구성됨)	-	-
24	거창	남원, 하동, 진주, 창녕	99.85	83.3
25	나주	진도, 장흥, 광주, 영광	95.35	83.3
26	순천	장흥, 광주, 남원, 하동	100	71.4
27	고성	하동, 진주, 창원, 거제	100	62.5
28	부산	창원, 창녕	100	37.5

※ 수신국* 는 KARI 수신국임

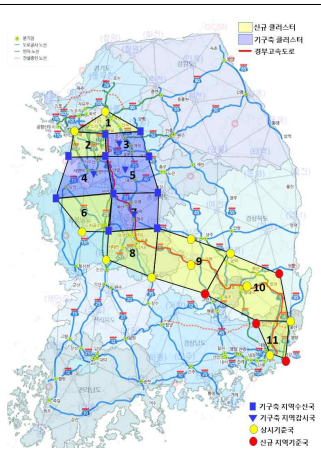
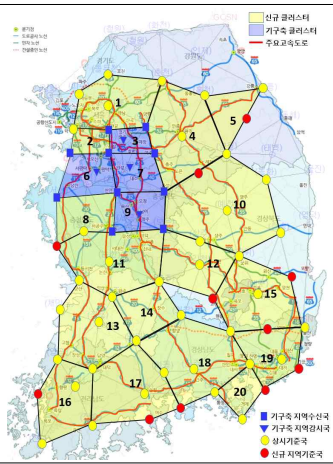
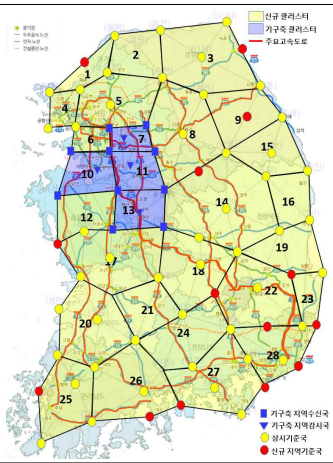
이러한 설계 방향과 클러스터 사전 성능 예측 결과를 기반으로 [표 3]과 같이 단계별 클러스터 구축 및 운용 계획(안)을 도출하였다. 각 단계별로 C-ITS 구축 계획을 고려하였으며, 계획(안)에 따르면 최종적으로 2030년 이후 28기 클러스터로 전국에서 육

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상교통 환경의 사용자가 정밀위치결정 서비스를 받아볼 수 있을 것이다. 전국단위 클러스터에 필요한 지역수신국은 총 71기로 10기의 기존 지역수신국, 47기의 상시기준국, 14기의 신규기준국로 구성된다. 이에 예상되는 구축비용과 연간 운용비용을 [표 21]의 전국단위 시스템 구성(안)을 고려하여 최종적으로 [표 9], [표 10] 과 같이 산출하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 3. 단계별 클러스터 구축 및 운용 계획(안)

단계	단기	중기	장기
예상시기	~2022년	~2030년	2030년 이후
운용 및 구축범위	· 경부고속도로	·주요고속도로 ·일반국도, 지방도 (70%)	·전국고속도로 ·일반국도, 지방도 (90%)
클러스터 개수	11기	20기	28기
통합 운영국	1기	1기	1기
지역 제어국	11기	20기	28기
지역 수신국	25기 - 기존수신국 : 10기 - 상시기준국 : 11기 - 신규기준국 : 4기	60기 - 기존수신국 : 10기 - 상시기준국 : 40기 - 신규기준국 : 10기	71기 - 기존수신국 : 10기 - 상시기준국 : 47기 - 신규기준국 : 14기
지역 감시국	11기	20기	28기
인프라 형상案			
대상차량	CV	CV	CAV
운용 전략	· 고속도로 시범운용 (경부고속도로 전 구간) · 공공, 특수 운송차량 V2I 시범서비스	· 주요 고속도로 확대 · 일반도로 기반조성 (일반국도, 지방도) · V2I 서비스 확대 · V2V 시범서비스	· 전국고속도로 구축완료 · 일반도로 확대 (일반국도, 지방도) · V2V 서비스 확대 · 자율주행차 융합시작 (Level 4, 5 대상)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 전국단위 클러스터 비용 분석

2.1. 전국단위 클러스터 구축 비용 분석

표 4. 전국단위 시스템 구성(안)

구분	총 개수	기구축 ('18년 기준)	신규	비고
클러스터	28	4	24	상시기준국 중심
통합운영국	1	1	0	-
지역제어국	28	5	23	클러스터 당 1기 배치
지역수신국	71	10	61	상시기준국 (47기) - 국토지리정보원 : 42기 - LX공사 공간정보연구원 : 3기 - 국립해양측위정보원 : 2기 신규구축필요 : 14기
지역감시국	28	4	24	클러스터 당 1기 배치 신규지역감시국

1) 위성항법 수신 품질 및 클러스터 성능평가 결과에 따른 클러스터 설계(안) 변경 시 및 안성정/가용성 확보를 위해서는 시스템 구성 요소는 추가/감소될 수 있음

2) 상시기준국 활용 유무는 "차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구" 과제 종료시점에 이뤄질 예정이며, 각 상시기준국 업그레이드 유무는 본 과제의 연구결과를 기반으로 상시기준국 운용 기관에서 판단할 사항임

3) 전국단위 교통인프라 클러스터 운용주체에 따라 형상 및 규모는 변경될 수 있음

정밀위치결정 교통인프라 클러스터 시스템 기본 구성 요소는 통합운영국, 지역제어국, 지역수신국, 지역감시국이 있으며, [표 4]와 같이 전국단위 클러스터 설계(안)을 위한 최소 시스템 구성 요소는 통합운영국, 지역제어국, 지역수신국, 지역감시국이 있다. 이 중 통합운영국은 현재 본 과제에서 개발한 1기가 존재하여 전국단위 구축 시 개발 비용은 추가로 발생하지 않으며, 운영 비용만 발생할 것으로 예상된다.

나머지 클러스터 구성요소인 지역수신국, 지역제어국, 지역감시국의 각 개발 비용 산정 내역은 [표 5], [표 6], [표 7]과 같다. 지역수신국 개발비는 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비, 이윤으로 구성된다. 이 중 경비, 일반관리비, 이윤은 회사에 따라 산정 방법은 다소 차이가 있으나, 여기서는 재료비와 노무비의 18.76%를 경비로 산정하고, 재료비와 노무비와 경비의 25%를 일반관리비로 산정하였다. 지역수신국의 개발 비용은 1

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

기 당 약 1억 6,479만원으로 예상된다. 지역제어국, 지역감시국에서도 경비, 일반관리비, 이윤은 같은 방식으로 산정하였다. 지역제어국 개발 비용은 1기 당 약 2,485만원으로 예상된다. 마지막으로 지역감시국 개발 비용은 1기 당 약 6,433만원으로 예상된다. 이와 같이 산정된 개발 비용을 토대로 [표 8], [표 9]와 같이 전국단위 클러스터 구축 비용을 산출하였다.

표 5. 지역수신국 개발 비용 산정 내역 (단위: 천원)

비목			항목	단가	단위	수량	금 액	비 고
순제조원가	재료비	직접재료비	중앙처리장치	1,750	Set	2	3,500	
			유/무선 모뎀	1,000	대	1	1,000	
			네트웍 보안장치	1,500	대	2	3,000	
			전원유지장치	300	대	2	600	
			감시카메라	400	대	1	400	
			함체/필러	8,500	식	1	8,500	
			함체센서모듈	1,500	대	1	1,500	
			써지보호기(RF/전원)	400	Set	1	400	
			KVM 스위치	200	대	1	200	
			KVM 모듈	900	대	1	900	
			위성항법안테나	4,700	대	2	9,400	
			위성안테나 케이블	300	대	2	600	
			위성항법 수신장치	18,000	대	2	36,000	
			기상측정장치	15,000	대	1	15,000	
			연결Cable/Panel 가공	1,500	Set	1	1,500	
			설치 공사 및 운반비	2,500	회	1	2,500	
			소 계				85,000	
		간접재료비					4,845	직접재료비x5.7%
		(1) 소 계					89,845	
	노무비	직접인건비	조립/시험	239,504	M/D	10	2,395	중급기술자2명x2일
			소 계				2,395	
		간접인건비					599	직접인건비x25%
		(2) 소 계					2,994	
(3) 경 비							17,417	((1)+(2))x18.76%
(4) 합 계							110,255	(1)+(2)+(3)
(5) 일반관리비							27,564	(4)x25%
(6) 이 윤							11,994	((4)+(5)-(1))x25%
(7) 총 원 가							149,813	(4)+(5)+(6)
(8) 부가가치세							14,981	(7)x10%
(9) 총 개발비							164,794	(7)+(8)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 6. 지역제어국 개발 비용 산정 내역 (단위: 천원)

비목			항목		단가	단위	수량	금 액	비 고
순제조원가	재료비	직접재료비	중앙처리장치		9,000	Set	1.00	9,000	
			이중화 서버		15,000	Set	0.20	3,000	제어국 5개에 1개의 이중화 서버 (스위치, UPS, 랙 포함)
			소 계					12,000	
		간접재료비						684	직접재료비 * 5.7%
		(1) 소 계						12,684	
	노무비		직접인건비	설치/시험	239.5	M/D	4	958	중급기술자2명x2일
				소 계				958	
			간접인건비					240	직접인건비x25%
			(2) 소 계					1,198	
(3) 경 비								2,604	((1)+(2))x18.76%
(4) 합 계								16,486	(1)+(2)+(3)
(5) 일반관리비								4,121	(4)x25%
(6) 이 윤								1,981	((4)+(5)-(1))x25%
(7) 총 원 가								22,588	(4)+(5)+(6)
(8) 부가가치세								2,259	(7)x10%
(9) 총 개발비								24,847	(7)+(8)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 7. 지역감시국 개발 비용 산정 내역 (단위: 천원)

비목			항목	단가	단위	수량	금 액	비 고
순제조원가	재료비	직접재료비	중앙처리장치	1,750	Set	1	1,750	
			DMB수신기	200	대	1	200	
			유/무선 모뎀	1,000	대	1	1,000	
			네트웍 보안장치	1,500	대	1	1,500	
			전원유지장치	300	대	1	300	
			써지보호기(RF/전원)	400	Set	1	400	
			위성항법안테나	4,700	대	1	4,700	
			위성안테나 케이블	300	대	1	300	
			위성항법 수신장치	18,000	대	1	18,000	
			함체/필러	5,000	식	1	5,000	
			소 계				33,150	
		간접재료비					1,890	직접재료비x5.7%
		(1) 소 계					35,040	
	노무비	직접인건비	조립/시험	239.5	M/D	4	958	중급기술자2명x2일
			소 계				958	
		간접인건비					239.5	직접인건비x5%
		(2) 소 계					1,197.5	
(3) 경 비							6,798	((1)+(2))x18.76%
(4) 합 계							43,035	(1)+(2)+(3)
(5) 일반관리비							10,759	(4)x25%
(6) 이 윤							4,689	((4)+(5)-(1))x25%
(7) 총 원 가							58,483	(4)+(5)+(6)
(8) 부가가치세							5,848	(7)x10%
(9) 총 개발비							64,331	(7)+(8)

먼저 [표 8]은 시기준국 시스템을 활용하지 않은 경우의 전국 클러스터 구축 비용이다. 여기서 상시기준국 시스템을 활용하지 않는다는 것은 지역수신국을 모두 신규로 새로 개발하는 것을 의미한다. 단, 상시기준국의 부지를 활용하여 지역수신국을 설치한다고 가정하여 지역수신국의 부지 선정에 드는 비용은 생략하였다. 이렇게 상시기준국 시스템을 미활용할 경우 [표 8]과 같이 클러스터 구축에 드는 총 비용은 약 122억원으로 산출된다.

표 8. 상시기준국 미활용 경우 전국단위 구축 비용(안) (단위: 천원)

구 분	단가 (A)	개수 (B)	총 비용 (C=A x B)
지역제어국	24,847	23	571,481
지역수신국	164,794	61	10,052,434
지역감시국	64,331	24	1,543,944
총합			12,167,859

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

다음으로 상시기준국 시스템을 활용하는 경우의 구축 비용은 [표 9]와 같다. 여기서 상시기준국 시스템을 활용하고 이를 정밀위치결정 교통인프라 시스템 요구사항에 따라 하드웨어와 소프트웨어를 업그레이드하여 활용하는 것으로 가정하였다. 시스템 업그레이드 내용으로는 지역수신국 용도를 위한 이중화, UPS 탑재가 있으며, 이 경우 총 비용은 약 83억원으로 예상된다.

상시기준국 시스템을 미활용하는 경우 총 구축 비용은 약 122억원이며, 상시기준국 시스템을 활용하여 지역수신국 용도를 위해 이중화, UPS 탑재 등의 업그레이드만 실시할 경우는 총 구축 비용은 약 83억이다. 즉 상시기준국 시스템을 지역수신국 대체용으로 활용할 경우 약 39억원의 구축비용을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

2.2. 전국단위 클러스터 운영 비용 분석

전국단위 정밀위치결정 교통인프라 시스템 연간 운영 비용은 [표 10]과 같이 산정하였다. 이러한 전국단위 클러스터 시스템에 대한 산출 근거는 통합운영국, 지역감시국, 지역수신국 각각의 연간 운용 비용 근거를 [표 11], [표 12] [표 13]과 같이 작성하였다. 여기서 연간 운영 비용 산정 시 부지 임대료는 포함하지 않았으며, 재료비는 소모성 재료에 대한 수명을 5년으로 가정하였다. 그러나 위성항법 데이터 수신기 및 안테나 장비의 경우 소모성 재료에 포함되지 않으나, 차후 장비 교체에는 장비 비용이 추가적으로 지출될 수 있다. 또 지역제어국은 지역수신국 하드웨어에서 소프트웨어가 운용되는 형태이므로 지역제어국의 운용비는 지역수신국 운용비에 포함된다. 시스템 운영 인건비는 각 개소별 정기점검 연간 4회, 각 개소별 긴급점검 2회를 기준으로 출장비는 기계/설비 엔지니어 기술자 노임단가 371,152원[2]과 출장비를 150,000원으로 계산하여 정하였다. 이에 따른 연간 운영비 총액은 약 15.1억원으로 예상된다.

표 9. 상시기준국 활용 경우 전국단위 구축 비용(안) (단위: 천원)

구 분	단가 (A)	개수 (B)	총 비용 (C=A x B)
지역제어국	24,847	23	571,481
지역수신국 (신규)	164,794	14	2,307,116
지역수신국 (상시)	82,397	47	3,872,659

2) 엔지니어링 기술자 노임단가,
http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=372&tblId=TX_37201_A000

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

지역감시국	64,331	24	1,543,944
총합			8,295,200

표 10. 전국단위 시스템 연간 운영 비용 (단위: 천원)

구 분		단가 (A)	개수 (B)	총 비용 (C=AxB)
통합운영국 (시스템 운영 인건비 포함)		465,333	1	465,333
지역수신국 (재료비, 노무비)		10,478	71	743,938
지역감시국 (재료비, 노무비)		9,753	28	273,084
통신비	통합운영국	100	2	200
	지역제어국		56	5,600
	지역수신국		136	13,600
	지역감시국		56	5,600
총합				1,507,355

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-50

자율주행 융합측위 시험 분석서

2017. 11. 14.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이제영	2017. 11. 14.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 14.	이제영

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 자율주행 융합측위 시험 구간 ····· 1
1.1. 자율주행 융합측위 평가구간 후보 선정 ····· 1
1.2. 자율주행 융합측위 평가구간 도로환경 분석 ····· 1
1.3. 자율주행 융합측위 평가구간 GNSS 환경 분석 ····· 4

2. 자율주행 융합측위 평가 파라미터 및 평가 시나리오 도출 ····· 8
2.1. 평가 파라미터 ····· 8
2.2. 평가 시나리오 ····· 8
2.3. 기준장비 : RT3002 ····· 9

3. 자율주행 융합측위 평가 결과 분석 ····· 10

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 자율주행 융합측위 시험 구간

본 과제에서는 DMB RTK 기반의 자율주행 융합측위 성능시험을 목표로 한다. 본 장에서는 자율주행 융합측위 성능시험을 위한 평가구간을 선정한다.

1.1. 자율주행 융합측위 평가구간 후보 선정

1.1.1. 후보 선정 조건

. 자율주행차량 운행 허가구간 ('16이후 어린이/노인 보호구역 外 전구간 운행가능)
. 정밀맵 구축(예정) 구간
. DMB RTK 클러스터 구축(예정) 구간
. 다양한 GNSS 환경 평가 가능 구간(터널진출입, 도심, 방음벽 등)

1.1.2. 선정구간

. 비봉IC – 부곡IC, 동수원IC-모비스 연구소(마북), 모비스 연구소(의왕)-동수원IC

1.2. 자율주행 융합측위 평가구간 도로환경 분석

. 비봉IC-부곡IC
- 도로형태 : 고속도로(서해안고속도로~영동고속도로)
- 도로환경 : 대부분 open-sky, 일부 GNSS 열악구간 존재(터널, 육교 등)
- 주행속도 : 80km/h 이상



그림 1 평가구간 후보 1

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 2 GNSS 열악구간 (후보 1)

. 동수원IC-모비스연구소(마북)
- 도로형태 : 고속도로 및 국도(영동고속도로~경부고속도로~국도)
- 도로환경 : GNSS 열악구간 다수 존재(방음벽, 터널, 지하차도 등)
- 주행속도 : 80km/h 이상



그림 3 평가구간 후보 2

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 4 GNSS 열악구간 (후보 2)

. 모비스연구소(의왕)-동수원IC
- 도로형태 : 일반국도
- 도로환경 : 도심 및 GNSS 열악구간 다수 존재(고가도로, 지하차도 등)
- 주행속도 : 60km/h



그림 5 평가구간 후보 3

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 6 GNSS 열악구간 (후보 3)

1.3. 자율주행 융합측위 평가구간 GNSS 환경 분석

시험일자 : 2017.04.20

GNSS 수신기 : Ublox M8L (GNSS only mode)

. 후보 1 : 비봉IC-부곡IC

- 도로형태 : 고속도로(서해안고속도로~영동고속도로)
- 도로환경 : 대부분 open-sky, 일부 GNSS 열악구간 존재(터널, 육교 등)
- 주행속도 : 80km/h 이상

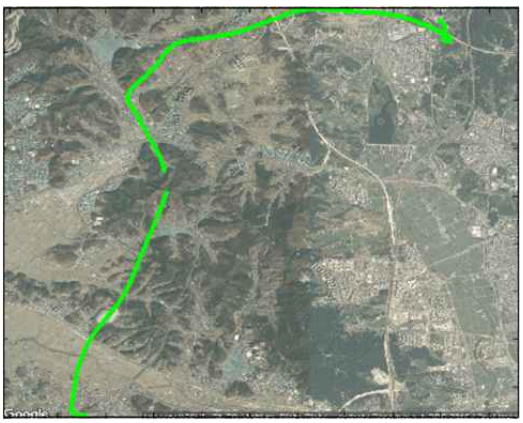


그림 7 주행 궤적(후보 1)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

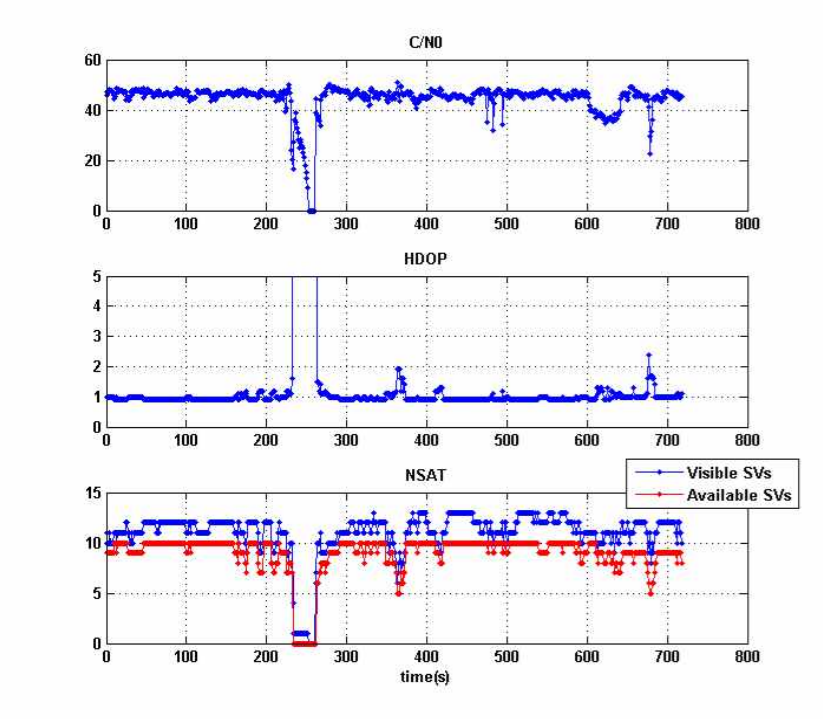


그림 8 GNSS 환경분석 (후보 1)

. 후보 2 : 동수원IC-모비스연구소(마북)
- 도로형태 : 고속도로 및 국도(영동고속도로~경부고속도로~국도)
- 도로환경 : GNSS 열악구간 다수 존재(방음벽, 터널, 지하차도 등)
- 주행속도 : 80km/h 이상

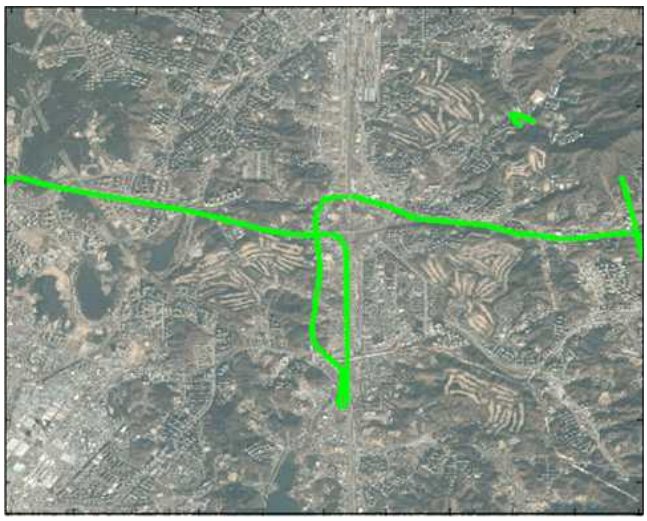


그림 9 주행 궤적 (후보 2)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

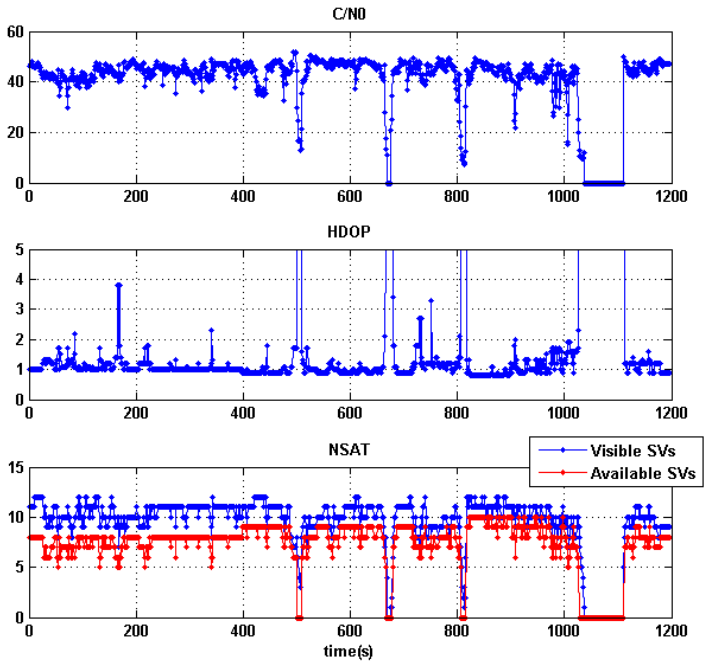


그림 10 GNSS 환경분석 (후보 2)

. 모비스연구소(의왕)-동수원IC
- 도로형태 : 일반국도
- 도로환경 : 도심 및 GNSS 열악구간 다수 존재(고가도로, 지하차도 등)
- 주행속도 : 60km/h



그림 11 주행 궤적 (후보 3)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

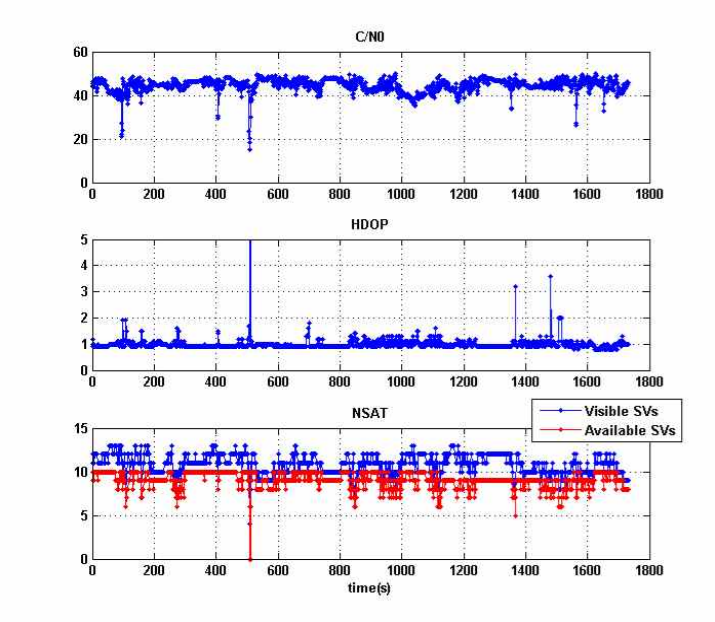


그림 12 GNSS 환경분석 (후보 3)

표 1 GNSS 환경분석(종합)

구분		후보 1	후보 2	후보 3
위성항법 신호수신 CN0	평균	44.4	40.4	44.6
	45dB-Hz 이상	74.1	46.8	51.1
	35~44.99dB-Hz	21.1	41.3	48.0
	35dB-Hz	4.8	11.9	0.9
GPS 가시위성 수	평균	10.9	9.3	10.8
	7개 이상	95.8	90.7	99.9
	4~6개	0.4	1.4	0.1
	4개 미만	3.8	7.9	0
GPS 가용위성 수	평균	8.9	7.2	9.0
	7개 이상	93.5	83.0	98.7
	4~6개	2.3	7.3	1.1
	4개 미만	4.2	9.7	0.2
HDOP	1.0 이하	81.4	55.1	81.3
	1.0 초과	18.6	44.9	18.7

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 후보 3 (의왕연구소-동수원IC)이 GNSS 단절 구간이 가장 적으며(0.2%) 고가도로, 지하차도, 도심 등 다양한 환경에서 GNSS 및 자율주행 측위성능을 시험하기에 가장 적합함
- 위 결과는 DMB RTK 클러스터가 구축된 이후 DMB 수신환경에 따라 변경될 수 있음

2. 자율주행 융합측위 평가 파라미터 및 평가 시나리오 도출

2.1. 평가 파라미터

표 2 정지상태 평가 파라미터

#	평가 파라미터	단위	확률	수식	정의
1	CEP(Circular Error Probability)	m	50%	$0.62\sigma_y + 0.56\sigma_x$	The radius of circle centered at the true position, containing the position estimate with probability of 50%.

σ_x : 종방향 에러값의 표준편차, σ_y : 횡방향 에러값의 표준편차

표 3 이동상태 평가 파라미터

#	평가 파라미터	단위	확률	수식	정의
1	RMSE(Root Mean Square Error)	m	-	$\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2\right)}$	The square root of the average of the set of squared differences between collected and true data for identical locations.

ΔE : 동쪽방향 에러, ΔN : 북쪽방향 에러

2.2. 평가 시나리오

2.2.1. 평가차량 구성

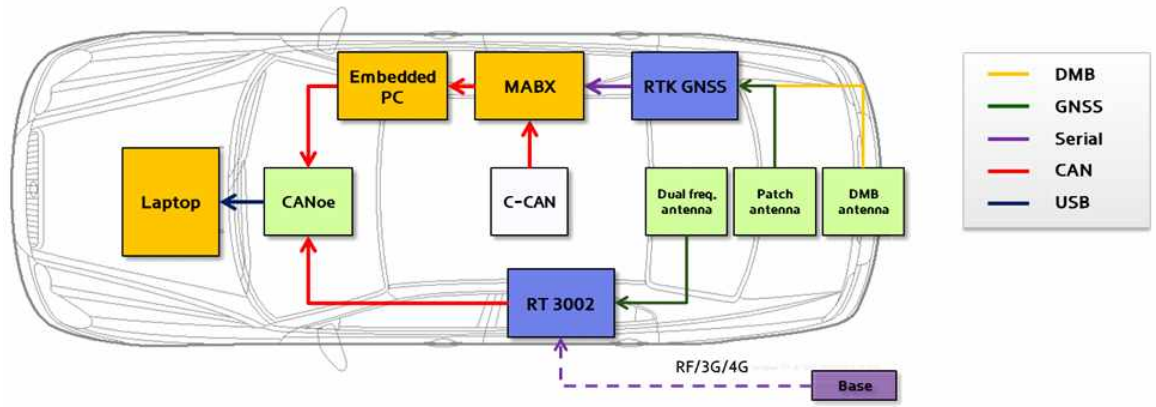


그림 13 평가차량 장비 구성도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4 평가차량 장비 목록

시험장비	수량 (Set)	주요사양	비고
RTK GNSS	1	DMB RTK GNSS 측위장치	
MABX	1	DR로직 구동용 RCP 장비	
Embedded PC	1	맵매칭 및 GNSS 융합측위용 PC	
CANoe	1	CAN/기준장비 데이터 로깅 장치	데이터 분석
RT3002	1	GNSS 및 보정정보 수신 + IMU센서 융합을 통한 고정밀 측위결과 제공 (약 5cm)	기준장비
Laptop	1	측위데이터 취득 및 분석 장비	노트북
시험차	1	시험차량	AE HEV

2.3. 기준장비 : RT3002

· GNSS + INS기반의 고정밀/고정확 측위 장비
· CAN/Ethernet IF 지원, 차량 장착 및 데이터 분석 용이함
· Slip-angle/Lever arm 자동계산 등 차량 측위 장치로 적합함



그림 14 RT-3002 장비 사진

· 주요사양
위치정확도 : 1.8m(SPS), 0.6m(SBAS), 0.4m(DGPS), 0.01m(RTK)
속도정확도 : 0.05km/h
Pitch/Roll 정확도 : 0.03deg
Heading 정확도 : 0.1deg
Update rate : 100Hz
Input voltage : 10-25Vdc
Dimensions : 234*120*80
무게 : 2.2Kg

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 자율주행 융합측위 평가 결과 분석

- 평가구간 : 모비스연구소(의왕)-동수원IC
- 평가차량 : 모비스 자율주행 임시허가 차량(LF)



그림 15 자율주행 임시허가 차량

- 평가시스템(PE) : 모비스 자율주행 융합측위 + 저가형 GNSS수신기(Ublox M8L)
- 기준장비(RT) : RT-3002 (RTK mode)



그림 16 주행 궤적

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

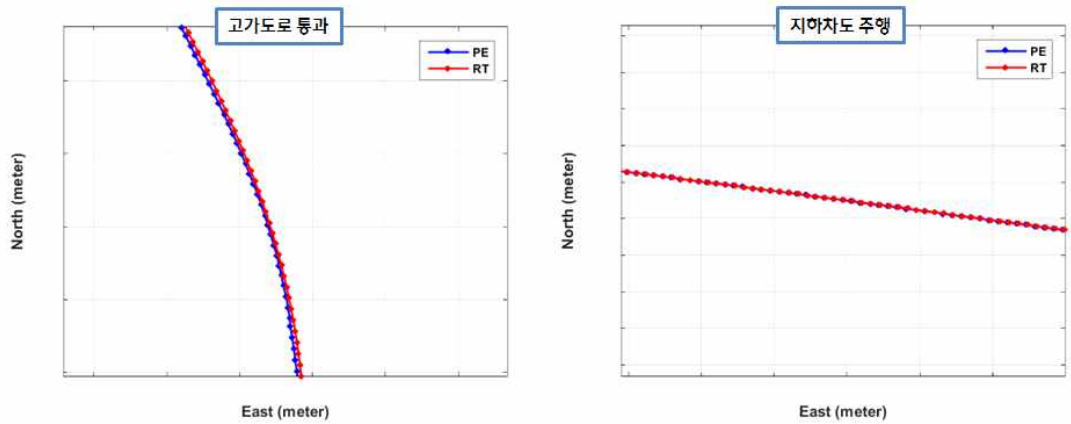


그림 17 상세 주행 궤적

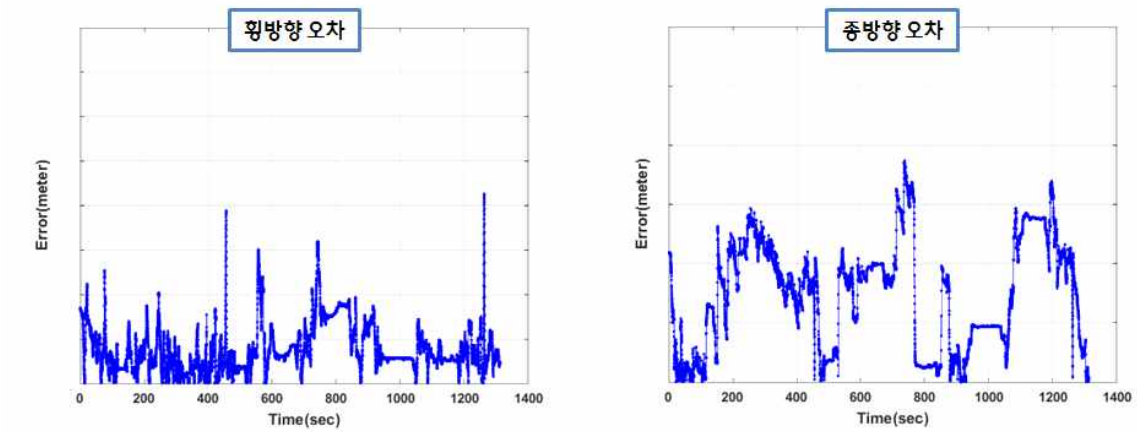


그림 18 오차 분포도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-51

자율주행 측위 요구사양 개발 보고서

2017. 11. 14.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이제영	2017. 11. 14.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 14.	이제영

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 자율주행용 GNSS 수신기 성능 요구사양 ····· 1

2. 자율주행용 측위 기능 요구사항 ····· 2

3. 자율주행용 측위 성능 요구사양 ····· 5

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 자율주행용 GNSS 수신기 성능 요구사양

본 장에서는 자율주행 융합측위를 위한 GNSS 수신기의 성능 요구사항을 정의한다.

· 2D 측위 정확도
  - SBAS 운용지역 : 1.2m 이하 (1sigma, *Open Sky)
  - 기타지역 : 1.5m 이하 (1sigma , Open Sky)

· 고도 정확도
  - SBAS 운용지역 : 2.4m 이하 (1sigma, Open Sky)
  - 기타지역 : 3.0m 이하 (1sigma, Open Sky)

· 속도 정확도 : 0.8kph 이하 (1sigma)

· 헤딩 정확도
  - 45kph 이하 : 2.4도 이하 (1sigma)
  - 45kph 초과 : 1.6도 이하 (1sigma)

· 절대 시각 정확도 : 0.2msec 이하

· PPS 시각 정확도 : 1μsec 이하

· 출력 주기 : 5Hz 이상

* Open Sky 조건 : 장애물 없는 환경에서 Masking angle>5도, Healthy 위성 7개 이상, HDOP≤1.5, VDOP≤3

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 자율주행용 측위 기능 요구사항

본 장에서는 자율주행 융합측위의 기능 요구사항을 정의한다.

· AD_Localization_SYS_1
자율주행 융합측위 시스템은 시동 ON시 자동으로 실행되어야 한다.

· AD_Localization_SYS_2
정밀 지도가 없는 곳에서는 GNSS/DR 기반의 개략 위치추정을 수행해야 한다.

· AD_Localization_SYS_3
정밀 지도가 가용한 구간에 진입한 경우 GNSS/라이다/카메라 등의 센서를 활용하여 정밀위치 초기화를 수행해야 한다.

· AD_Localization_SYS_4
[AD_Localization_SYS_3]가 완료되면 측위 초기화 완료 신호를 자율주행 시스템에 보내야 한다.

· AD_Localization_SYS_5
[AD_Localization_SYS_3]가 실패하면 측위 초기화 FAIL 신호를 자율주행 시스템에 보내야 한다.

· AD_Localization_SYS_6
[AD_Localization_SYS_4]가 완료되면 요구되는 성능을 만족하는 측위 정보를 실시간으로 자율주행 시스템에 보내야 한다.

· AD_Localization_SYS_7
고정밀 측위 시스템은 생성되는 측위 정보의 요구 성능 만족여부를 판단해야 한다.

· AD_Localization_SYS_8
고정밀 측위 시스템은 현재 측위 정보의 정확성 정도를 자율주행 시스템에 알려주어야 한다.

· AD_Localization_SYS_9
측위 정보의 생성이 불가능할 경우 측위 FAIL 신호를 자율주행 시스템에 보내야 한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

· AD_Localization_SYS_10
[AD_Localization_SYS_9] 상황에서 고정밀 측위 시스템은 FAIL/SAFE 기능이 동작해야 한다.

· AD_Localization_SYS_11
[AD_Localization_SYS_10] 상황에서 SAFE가 완료되면 측위 초기화 모드로 진입해야 한다.

· AD_Localization_SYS_12
고정밀 측위 시스템에 사용되는 센서는 각각 상호 보완적으로 동작하도록 구성한다.

· AD_Localization_SYS_13
고정밀 측위 시스템은 측위에 사용되는 센서 각각의 현재 상태를 진단하는 기능을 보유해야 한다.

· AD_Localization_SYS_14
고정밀 측위 시스템은 단일 센서의 고장이 발생한 경우 고장이 발생하지 않은 나머지 센서로 측위를 수행해야 한다.

· AD_Localization_SYS_15
[AD_Localization_SYS_14] 상황이 발생한 경우 자율주행 시스템에 해당 센서에 대한 정보를 자율주행 시스템에 보내야 한다.

· AD_Localization_SYS_16
[AD_Localization_SYS_14] 상황이 일시적인 경우 센서 진단기능을 통해 해당 센서의 사용가능 여부를 지속적으로 판단하여 가용한 경우 즉시 측위 정보 생성에 활용해야 한다.

· AD_Localization_SYS_17
[AD_Localization_SYS_14] 상황이 지속적인 경우 운전자에게 해당 정보를 알려주어야 한다.

· AD_Localization_SYS_18
고정밀 측위 시스템은 날씨/주야간 등 차량 주변 환경과 무관하게 요구되는 성능을 만족하는 측위정보를 생성해야 한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

· AD_Localization_SYS_19
자차의 위치정보를 위도/경도 좌표로 생성해야 한다.

· AD_Localization_SYS_20
자차의 방향정보를 정북방향을 0도로 하며 시계방향을 (+)로 하는 헤딩정보로 생성해야 한다.

· AD_Localization_SYS_21
자차의 고도정보를 Geoid Height 형태로 생성해야 한다.

· AD_Localization_SYS_22
자차의 속도정보를 차량의 휠스피드와 GPS 속도를 결합하여 생성해야 한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 자율주행용 측위 성능 요구사양

본 장에서는 자율주행 융합측위를 위한 측위 성능 요구사양을 정의한다. 본 장에서 정의하는 자율주행 단계는 Lv. 3에 해당한다. 또한 터널, 지하차도 등 외부 환경과 무관하게 목표구간에서 아래 사양을 모두 만족해야 한다.

· 측위 정확도
  - 종방향 : 2.0 m 이하 (1sigma)
  - 횡방향 : 0.3 m 이하 (1sigma)

· 속도 정확도
  - 0.5 kph 이하 (1sigma)

· 헤딩 정확도
  - 0.3 도 이하 (1sigma)

· 출력 주기
  - 50Hz 이상

· 차선 유지율
  - 99.9%

· 측위 가용성
  - 99.9% (맵 존재구간, 초기화 완료 이후)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-52

자율주행 융합측위 시험 분석서
- 정확도 -

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이제영	2018. 12. 31.	
	이정훈	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	이제영
R2.0	수정	2018. 12. 31.	이정훈

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 자율주행 융합측위 시험차량 ····· 1
1.1. 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성 ····· 1
1.2. 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성 ····· 3

2. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 4
2.1. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 4
2.2. 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경 ····· 5

3. 자율주행 융합측위 시험결과 ····· 6
3.1. 자율주행 융합측위 정확도 판단 기준 ····· 6
3.2. 자율주행 융합측위 시험결과 ····· 7

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 자율주행 융합측위 시험차량

차로구분 정밀위치결정 단말기 기반의 자율주행 융합측위 성능 시험을 위하여 현대모비스에서 운용중인 자율주행 차량(M.Billy)을 활용함

1.1. 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성

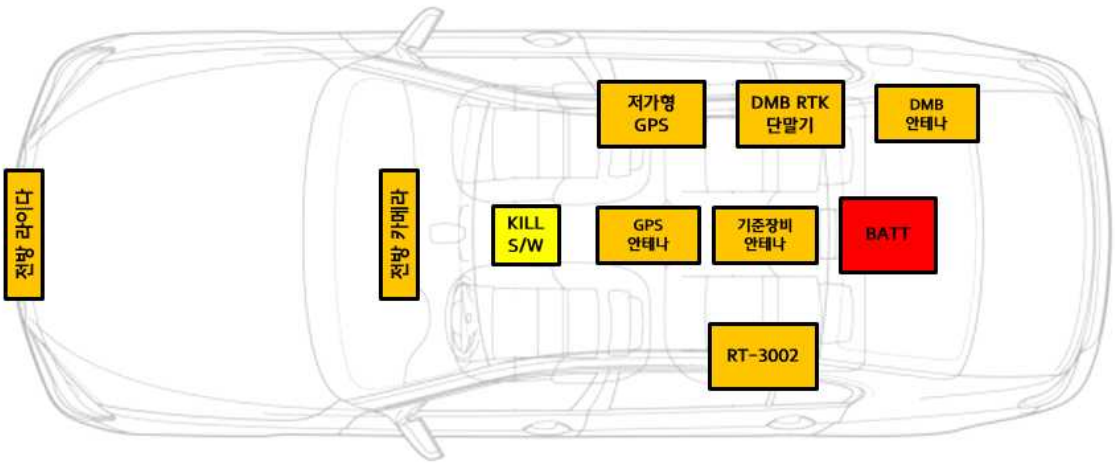


그림 1 시험차량 센서 구성도

표 1. 센서 목록

센서	수량 (set)	주요사항	비고
DMB RTK 단말기	1	정밀위치결정 단말기	-
저가형 GPS	1	비교시험용 저가형 GPS	ublox M8L
RT3002	1	위성항법 및 보정정보 수신+INS 융합을 통한 고정확/고정밀 측위결과 제공	기준장비
전방 라이다	1	주변환경 인식	-
전방 카메라	1	전방 차선 검출	-
이중주파수 안테나	1	기준 장비용 안테나 (NovAtel GPS-702)	-
단말기 안테나	1	정밀측위 단말기용 안테나	-
DMB 안테나	1	DMB 보정정보 수신용 안테나	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 2 시험차량 사진 (전면)



그림 3 시험차량 사진 (후면)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 4 시험차량 사진 (루프)

1.2. 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성

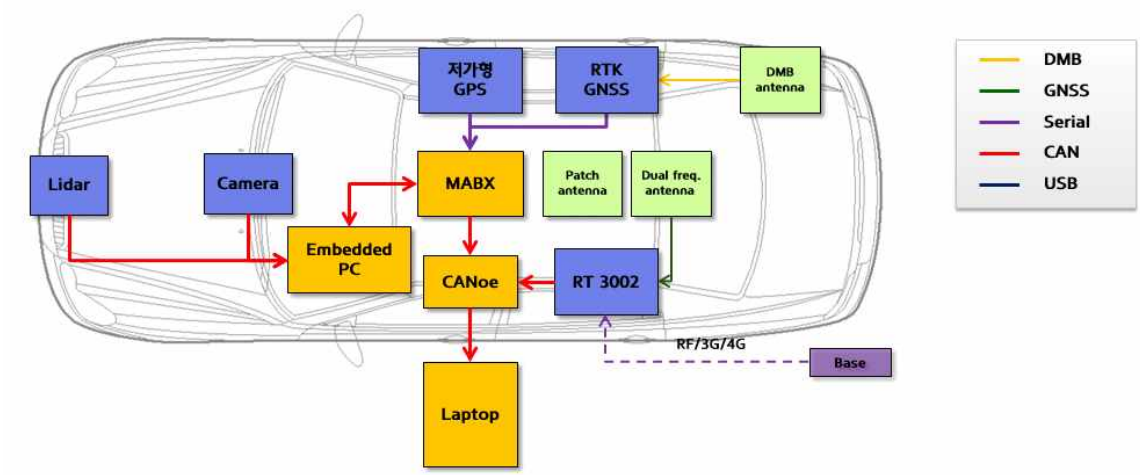


그림 5 시험차량 장비 구성도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 장비 목록

장비	수량 (set)	주요사항	비고
MABX	1	DR로직 구동용 장비	-
Embedded PC	1	웹매칭 및 위성항법 융합측위용 PC	-
CANoe	1	CAN/기준장비 데이터 로깅 장치	데이터 분석
Laptop	1	측위데이터 취득 및 분석 장비	데이터 분석
차량 본체	1	시험차량	UM(쏘렌토)

2. 자율주행 융합측위 시험구간

2.1. 자율주행 융합측위 시험구간



그림 6 시험구간 (경부고속도로)

- 도로형태 : 고속도로(경부고속도로)
- 구간 : 서울톨게이트 ~ 신갈JC
- 도로환경 : 대부분 open-sky, 일부 GNSS 열악구간 존재(빌딩 등)
- 주행속도 : 70km/h 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2. 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경

- Open-sky 구간



그림 7 시험구간 도로환경 (Open-Sky)

- GNSS 열악구간



그림 8 시험구간 도로환경 (GNSS 열악구간)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 자율주행 융합측위 시험결과

3.1. 자율주행 융합측위 정확도 판단 기준

- 전체 주행구간 중 기 도출된 자율주행 융합측위 요구사양(표 4)의 위치결정 정확도 조건으로 각 주행 회차의 수평, 종, 횡 방향의 2RMSE 계산

표 3. 사용자 시스템 성능 평가 방법

평가 지표	평가 방법	목표
위치결정 정확도	위치결정 결과의 수평 2RMSE (Root Mean Square Error) 평가 $2RMSE = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} e_{p,k}^2} = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|^2}$ $\mathbf{p}_k$와 $\hat{\mathbf{p}}_k$은 각각 사용자 시스템에서 획득한 k번째 기준위치와 위치결정 결과(ENU 좌표계 기준)이며, K은 전체 데이터 수	0.90 m 이하 (2 σ, 95%)
위치결정 무결성	무결성 HMI 환경 [수평 보호수준≤한계치<위치결정 수평 오차] 발생률 평가 $P_{\mathrm{HMI}} = \frac{\mathbb{N}\left(PL \le 1.5\mathrm{m} < \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|\right)}{K}$ $\mathbb{N}(\cdot)$은 내부 조건을 만족하는 횟수 측정 연산자이며, PL은 사용자 시스템의 위치결정 수평 보호수준	0.8×10-3 이하
위치결정 가용성	가용성 [위치결정 수평 오차≤수평 보호수준<한계치] 만족확률 평가 $P_A = \frac{\mathbb{N}\left(\| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \| \le PL\right)}{K} \times 100$	92 % 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4. 정밀위치결정 적용 자율주행 융합측위 성능 평가 방법

평가 지표		평가 방법	목표
위치결정 정확도	종 방향	$2RMSE_{lon} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lon_i)}$	4.00m 이하 (2σ, 95%)
	횡 방향	$2RMSE_{lat} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i)}$	0.60 m 이하 (2σ, 95%)
	수평 위치	$2RMSE_{H} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2)}$	0.90 m 이하 (2σ, 95%)
위치결정 무결성	종 방향	$\frac{P_{HMI(lon)} = \mathbb{N}(HPL_{lon} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lon_i)}{K}$	0.8×10-3 이하
	횡 방향	$\frac{P_{HMI(lat)} = \mathbb{N}(HPL_{lat} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lat_i)}{K}$	
	수평 위치	$\frac{P_{HMI(H)} = \mathbb{N}(HPL_{H} \le 1.5\mathrm{m} < (\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2))}{K}$	
위치결정 가용성	종 방향	$P_{A(lon)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lon \le HPL_{lon} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	92 % 이상
	횡 방향	$P_{A(lat)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lat \le HPL_{lat} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
	수평 위치	$P_{A(H)} = \frac{\mathbb{N}((\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2) \le HPL_{H} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
종.횡 방향 HPL 산출 방식	종 방향	$HPL_{lon} = \frac{\triangle Lon_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	
	횡 방향	$HPL_{lat} = \frac{\triangle Lat_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	

3.2. 자율주행 융합측위 시험결과

총 3회 주행 중 정밀위치결정 기술 적용시 수평위치오차(HPE)는 0.70 m로써, 저가형 수신기 사용 대비, 수평위치에서 53 %의 성능향상 효과가 있었음

표 5. 자율주행 융합측위 정확도 시험결과

회차	차로구분 정밀위치결정 단말기			저가형 GPS 수신기		
	종방향 오차 (m, 2σ)	횡방향 오차 (m, 2σ)	수평 위치오차 (m, 2σ)	종방향 오차 (m, 2σ)	횡방향 오차 (m, 2σ)	수평 위치오차 (m, 2σ)
1	0.84	0.24	0.88	-	-	-
2	0.74	0.14	0.74	1.75	0.18	1.75
3	0.46	0.10	0.46	1.24	0.18	1.26
종합	0.68	0.18	0.70	1.50	0.18	1.50

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

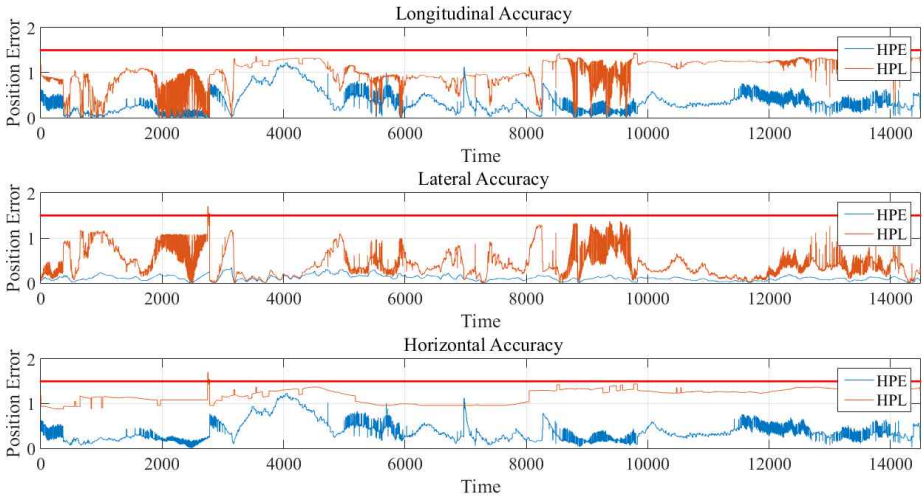


그림 9 자율주행 융합측위 정확도 시험결과 (1회차, 종, 횡, 수평 방향순)

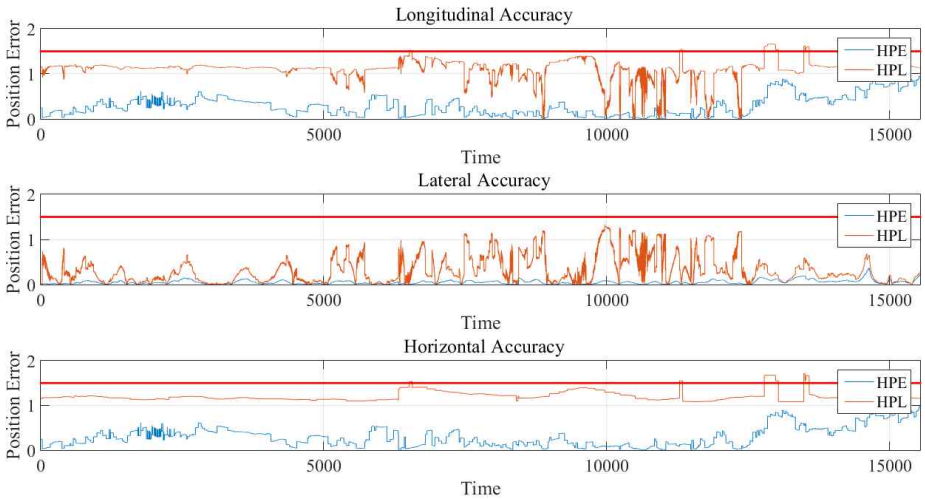


그림 10 자율주행 융합측위 정확도 시험결과 (2회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

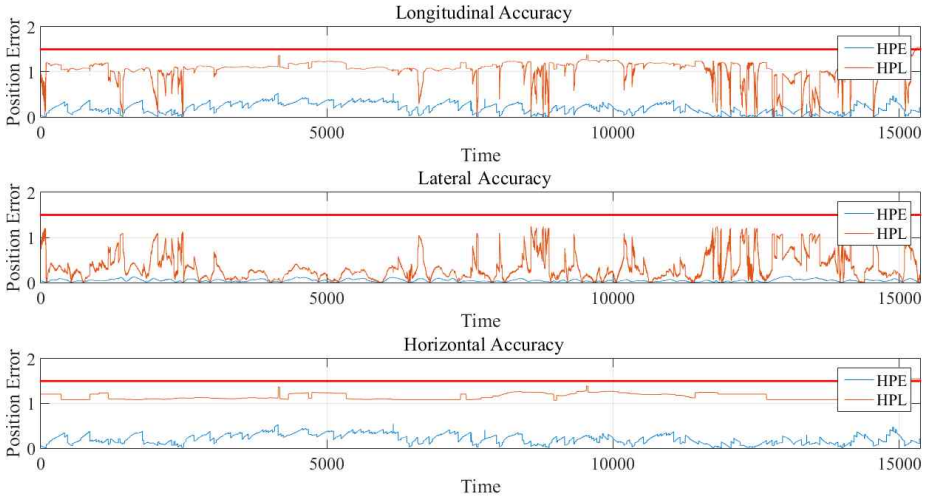


그림 11 자율주행 융합측위 정확도 시험결과 (3회차, 종, 횡, 수평 방향순)

무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-53

자율주행 융합측위 시험 분석서 – 무결성 (2)

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이제영	2018. 12. 31.	
	이정훈	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	이제영 이정훈 (한국항공우주연구원)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 자율주행 융합측위 시험차량 ····· 3
1.1. 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성 ····· 3
1.2. 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성 ····· 5

2. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 6
2.1. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 6
2.2. 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경 ····· 7

3. 자율주행 융합측위 시험결과 ····· 7
3.1. 자율주행 융합측위 무결성 판단기준 ····· 7
3.2. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 자율주행 융합측위 시험차량

차로구분 정밀위치결정 단말기 기반의 자율주행 융합측위 성능 시험을 위하여 현대모비스에서 운용중인 자율주행 차량(M.Billy)을 활용함

1.1 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성

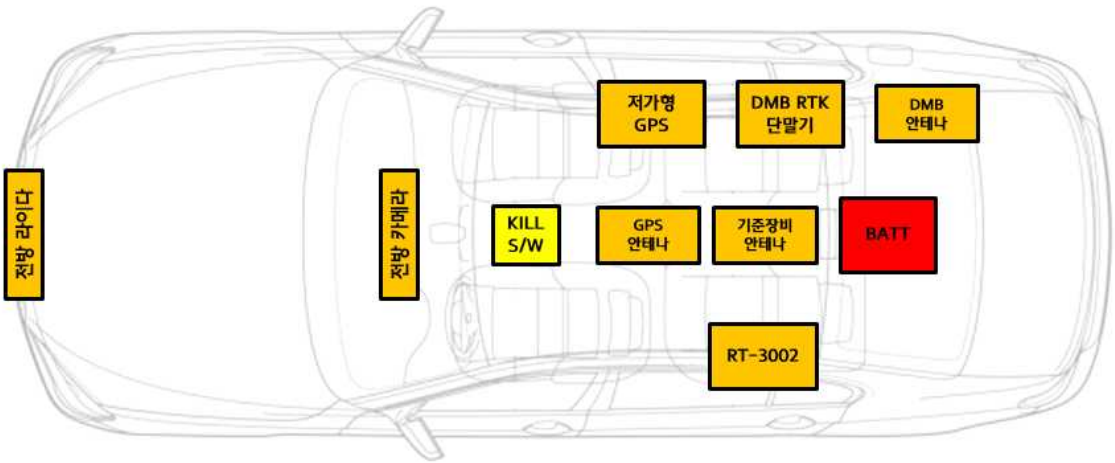


그림 1. 시험차량 센서 구성도

표 1. 센서 목록

센서	수량 (set)	주요사항	비고
DMB RTK 단말기	1	정밀위치결정 단말기	-
저가형 GPS	1	비교시험용 저가형 GPS	ublox M8L
RT3002	1	위성항법 및 보정정보 수신+INS 융합을 통한 고정확/고정밀 측위결과 제공	기준장비
전방 라이다	1	주변환경 인식	-
전방 카메라	1	전방 차선 검출	-
이중주파수 안테나	1	기준 장비용 안테나 (NovAtel GPS-702)	-
단말기 안테나	1	정밀측위 단말기용 안테나	-
DMB 안테나	1	DMB 보정정보 수신용 안테나	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 2. 시험차량 사진 (전면)



그림 3. 시험차량 사진 (후면)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 4. 시험차량 사진 (루프)

1.2 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성

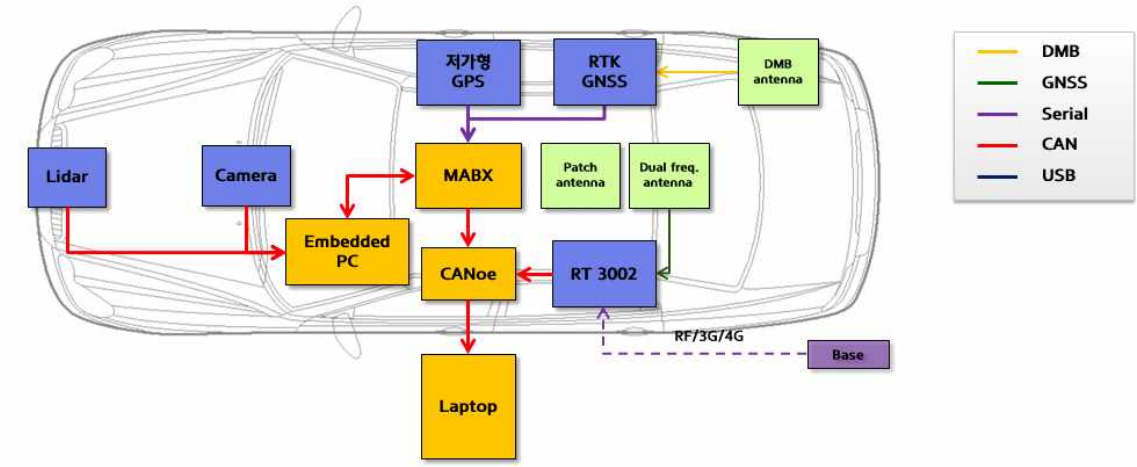


그림 5. 시험차량 장비 구성도

표 2. 장비 목록

장비	수량 (set)	주요사항	비고
MABX	1	DR로직 구동용 장비	-
Embedded PC	1	웹매칭 및 위성항법 융합측위용 PC	-
CANoe	1	CAN/기준장비 데이터 로깅 장치	데이터 분석
Laptop	1	측위데이터 취득 및 분석 장비	데이터 분석
차량 본체	1	시험차량	UM(쏘렌토)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 자율주행 융합측위 시험구간

2.1 자율주행 융합측위 시험구간



그림 6. 시험구간 (경부고속도로)

- 도로형태 : 고속도로(경부고속도로)
- 구간 : 서울톨게이트 ~ 신갈JC
- 도로환경 : 대부분 open-sky, 일부 GNSS 열악구간 존재(빌딩 등)
- 주행속도 : 70km/h 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경

- Open-sky 구간



그림 7. 시험구간 도로환경 (Open-Sky)

- GNSS 열악구간



그림 8 시험구간 도로환경 (GNSS 열악구간)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 자율주행 융합측위 시험결과

3.1 자율주행 융합측위 무결성 판단 기준

- 전체 주행구간 중 기 도출된 자율주행 융합측위 요구사양(표 4)의 위치결정 무결성 훼손 조건에 부합되지 않는 구간의 비율로 판단

표 3. 사용자 시스템 성능 평가 방법

평가 지표	평가 방법	목표
위치결정 정확도	위치결정 결과의 수평 2RMSE (Root Mean Square Error) 평가 $2RMSE = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} e_{p,k}^2} = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|^2}$ $\mathbf{p}_k$와 $\hat{\mathbf{p}}_k$은 각각 사용자 시스템에서 획득한 k번째 기준위치와 위치결정 결과(ENU 좌표계 기준)이며, K은 전체 데이터 수	0.90 m 이하 (2 σ, 95%)
위치결정 무결성	무결성 HMI 환경 [수평 보호수준≤한계치<위치결정 수평 오차] 발생률 평가 $P_{\mathrm{HMI}} = \frac{\mathbb{N}\left(PL \le 1.5\mathrm{m} < \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \| \right)}{K}$ $\mathbb{N}(\cdot)$은 내부 조건을 만족하는 횟수 측정 연산자이며, PL은 사용자 시스템의 위치결정 수평 보호수준	0.8×10-3 이하
위치결정 가용성	가용성 [위치결정 수평 오차≤수평 보호수준<한계치] 만족확률 평가 $P_A = \frac{\mathbb{N}\left(\| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \| \le PL \right)}{K} \times 100$	92 % 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4. 정밀위치결정 적용 자율주행 융합측위 성능 평가 방법

평가 지표		평가 방법	목표
위치결정 정확도	종방향	$2RMSE_{lon} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lon_i)}$	4.00m 이하 (2σ, 95%)
	횡방향	$2RMSE_{lat} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i)}$	0.60 m 이하 (2σ, 95%)
	수평위치	$2RMSE_{H} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2)}$	0.90 m 이하 (2σ, 95%)
위치결정 무결성	종방향	$\frac{P_{HMI(lon)} = \mathbb{N}(HPL_{lon} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lon_i)}{K}$	0.8×10-3 이하
	횡방향	$\frac{P_{HMI(lat)} = \mathbb{N}(HPL_{lat} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lat_i)}{K}$	
	수평위치	$\frac{P_{HMI(H)} = \mathbb{N}(HPL_{H} \le 1.5\mathrm{m} < (\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2))}{K}$	
위치결정 가용성	종방향	$P_{A(lon)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lon \le HPL_{lon} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	92 % 이상
	횡방향	$P_{A(lat)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lat \le HPL_{lat} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
	수평위치	$P_{A(H)} = \frac{\mathbb{N}((\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2) \le HPL_{H} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
종.횡 방향 HPL 산출 방식	종방향	$HPL_{lon} = \frac{\triangle Lon_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	
	횡방향	$HPL_{lat} = \frac{\triangle Lat_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	

3.2 자율주행 융합측위 무결성 시험결과

총 3회 주행 중, 전 시험구간에서 수평위치오차(HPE)가 한계치(AL)인1.5 m를 초과하는 Epoch이 없기 때문에, 무결성 훼손 경우가 없음. 때문에 무결성 성능은 모두 0으로 평가됨.

표 5. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과

회차	종	횡	수평
목표치	0.8×10-3 이하		
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
종합	0	0	0

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

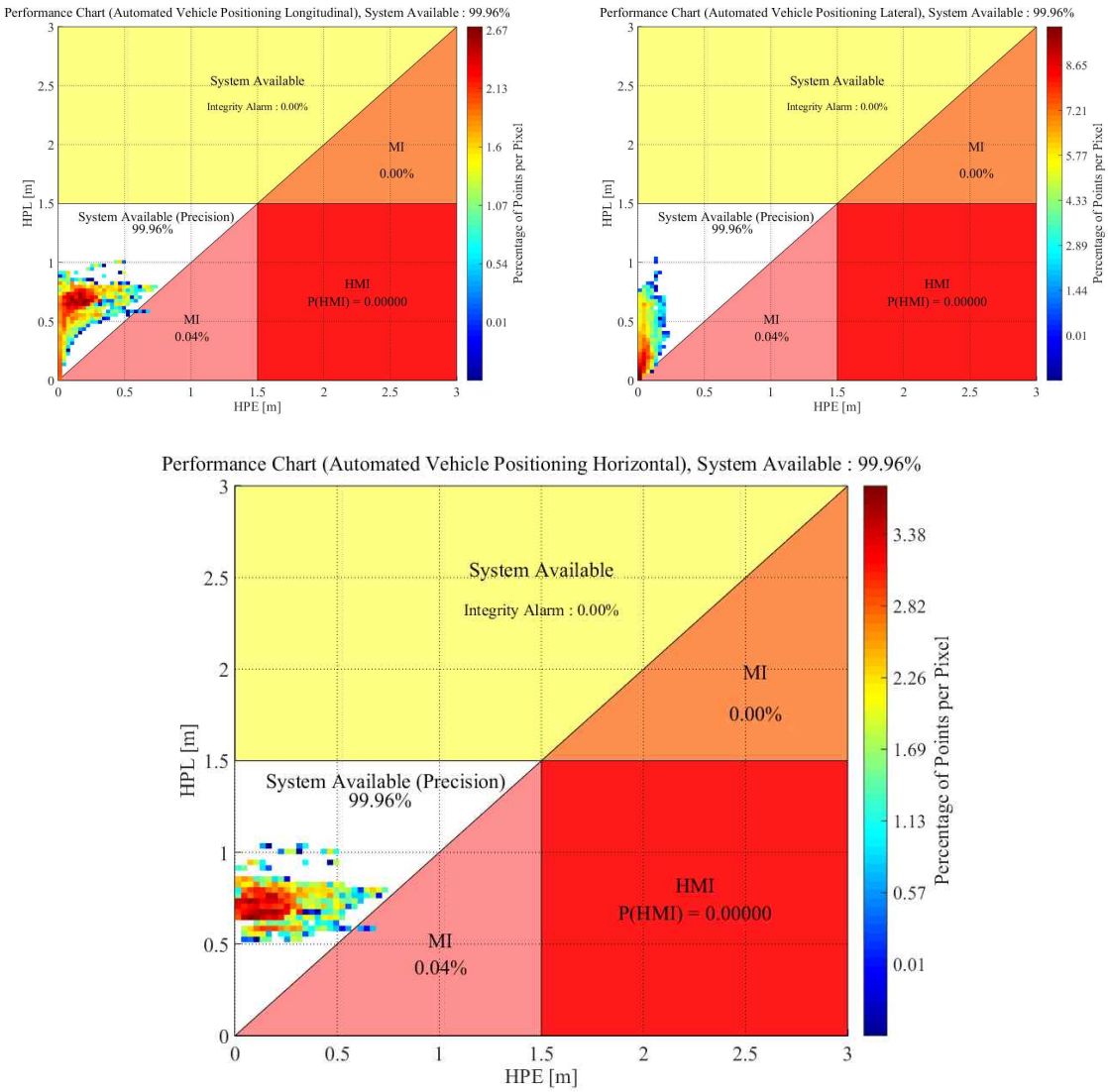


그림 9. 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (전체 통계, 종, 횡, 수평 방향 순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

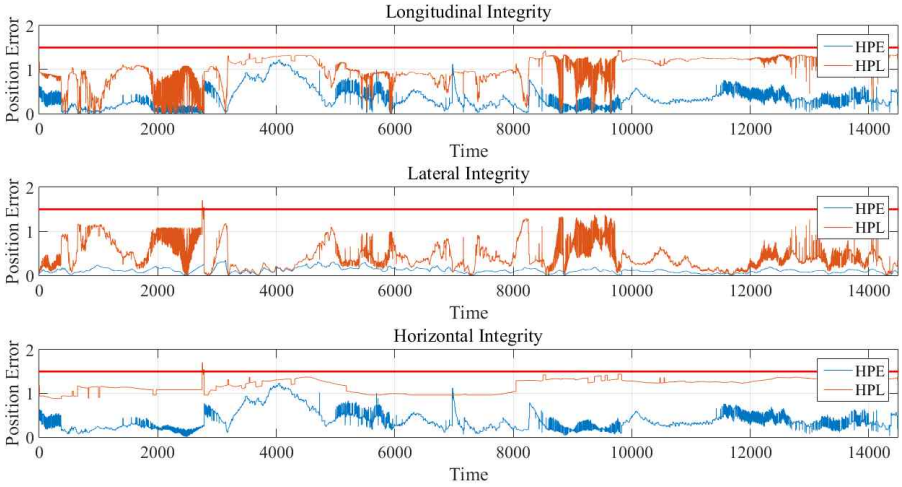


그림 10. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과 (1회차, 종, 횡, 수평 방향순)

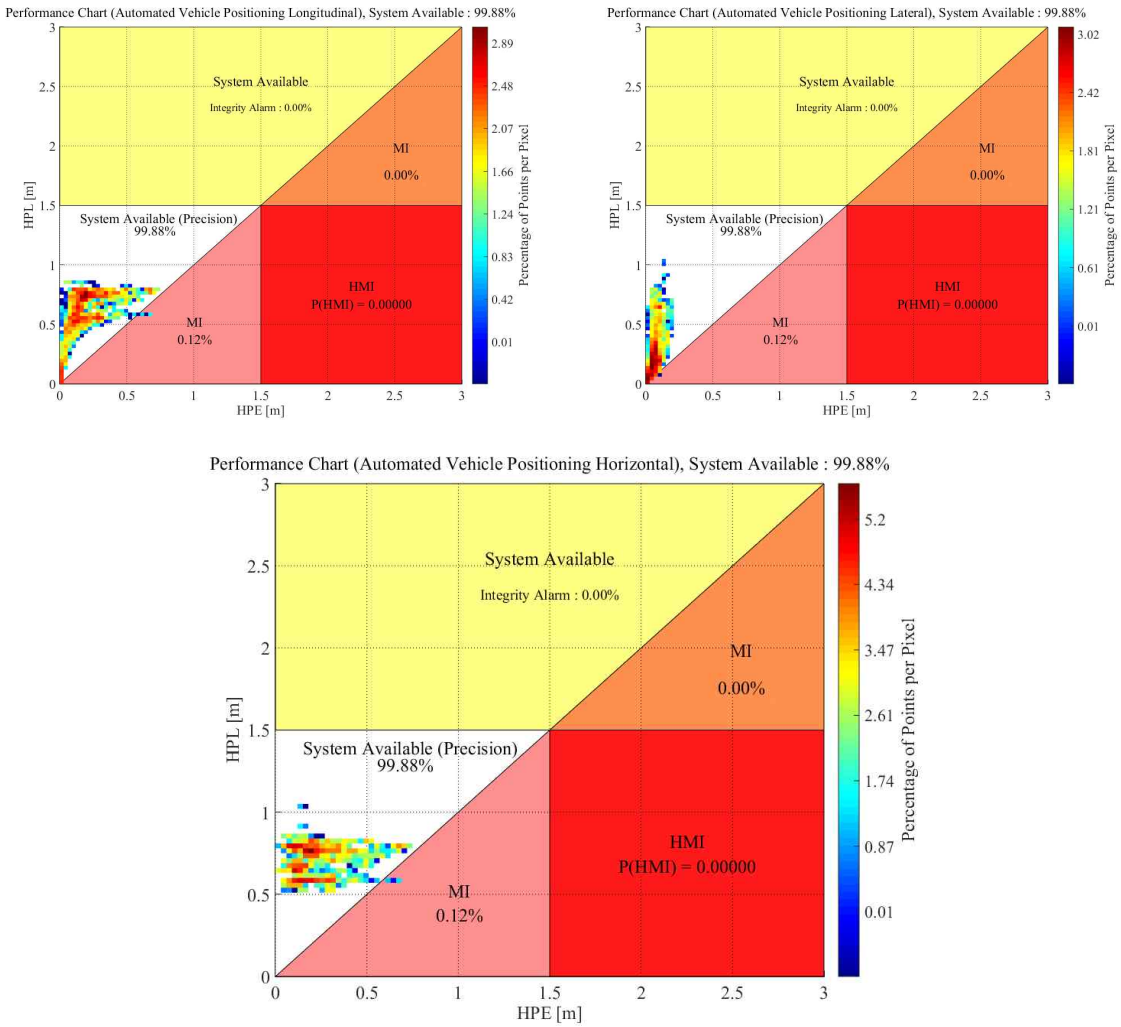


그림 11. 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (1회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

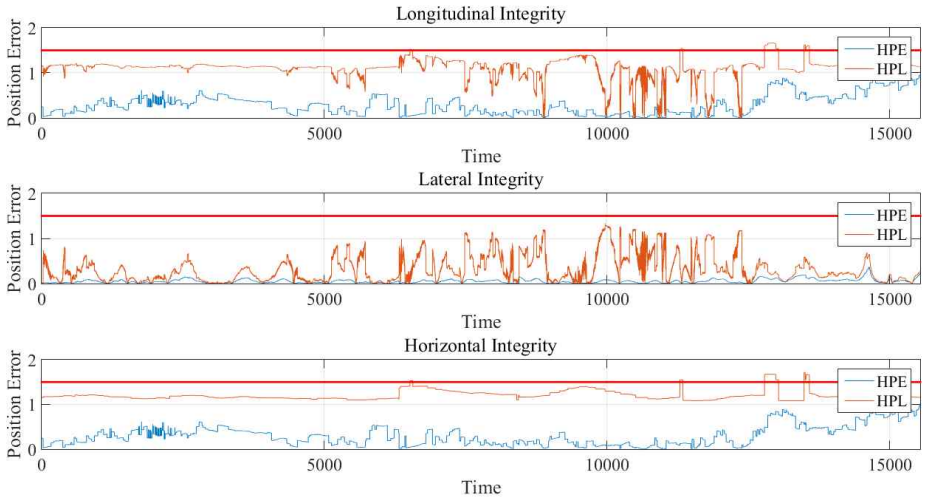


그림 12. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과 (2회차, 종, 횡, 수평 방향순)

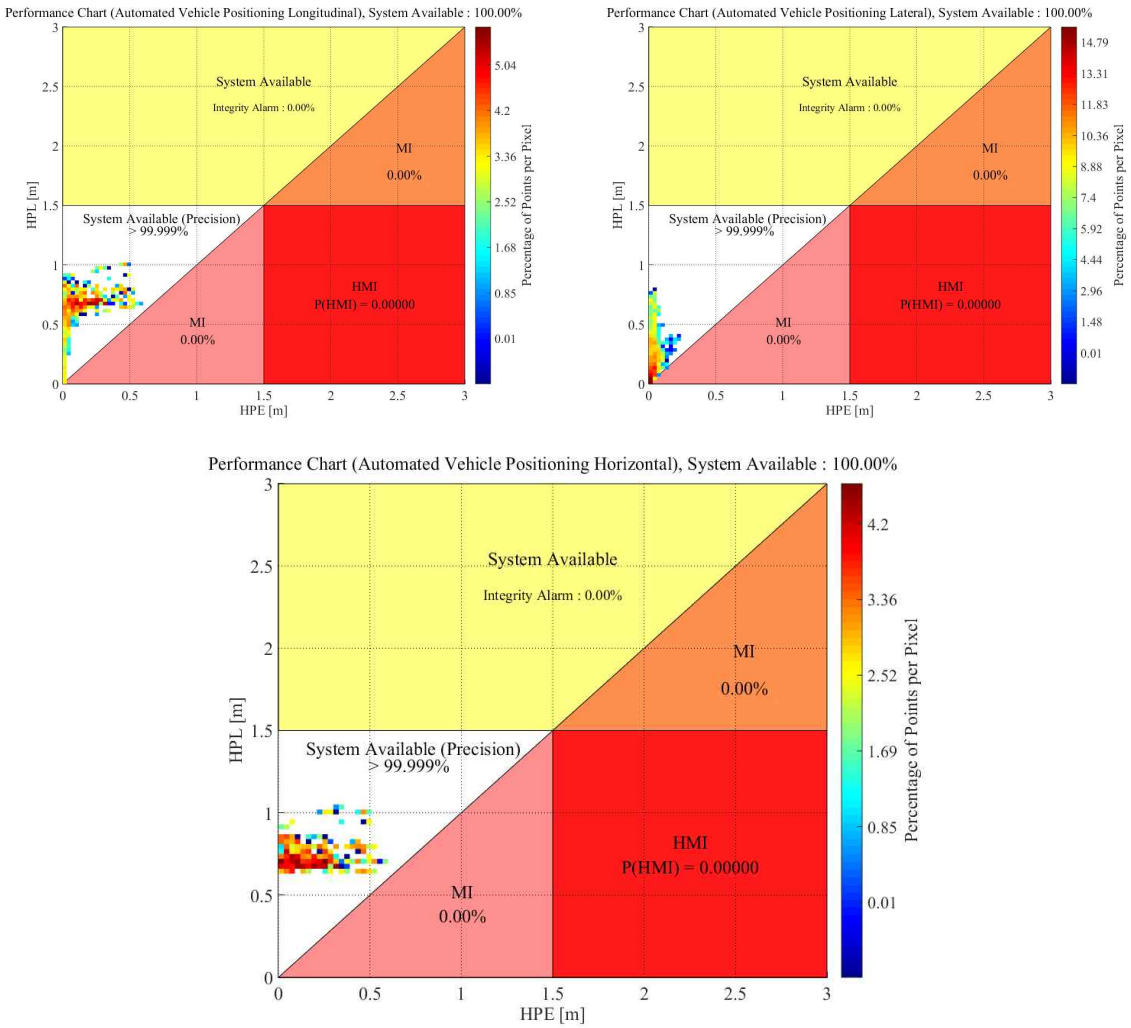


그림 13. 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (2회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

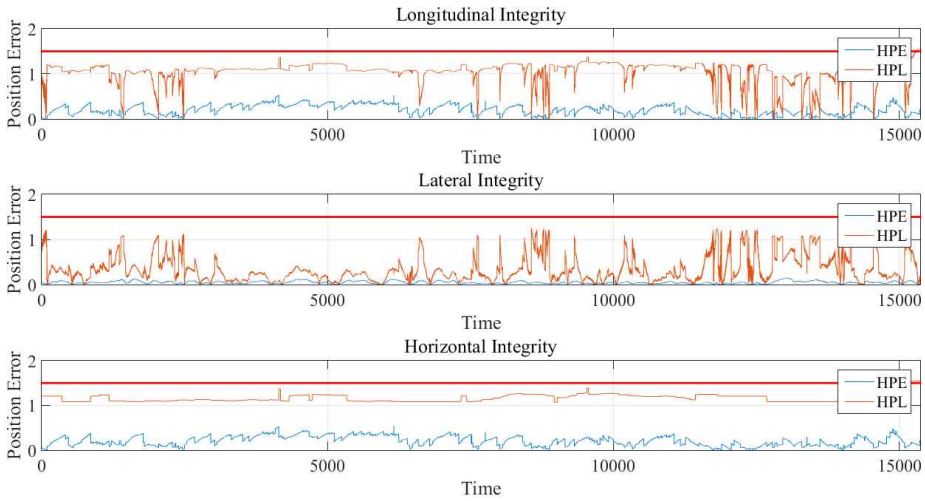


그림 14. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과 (3회차, 종, 횡, 수평 방향순)

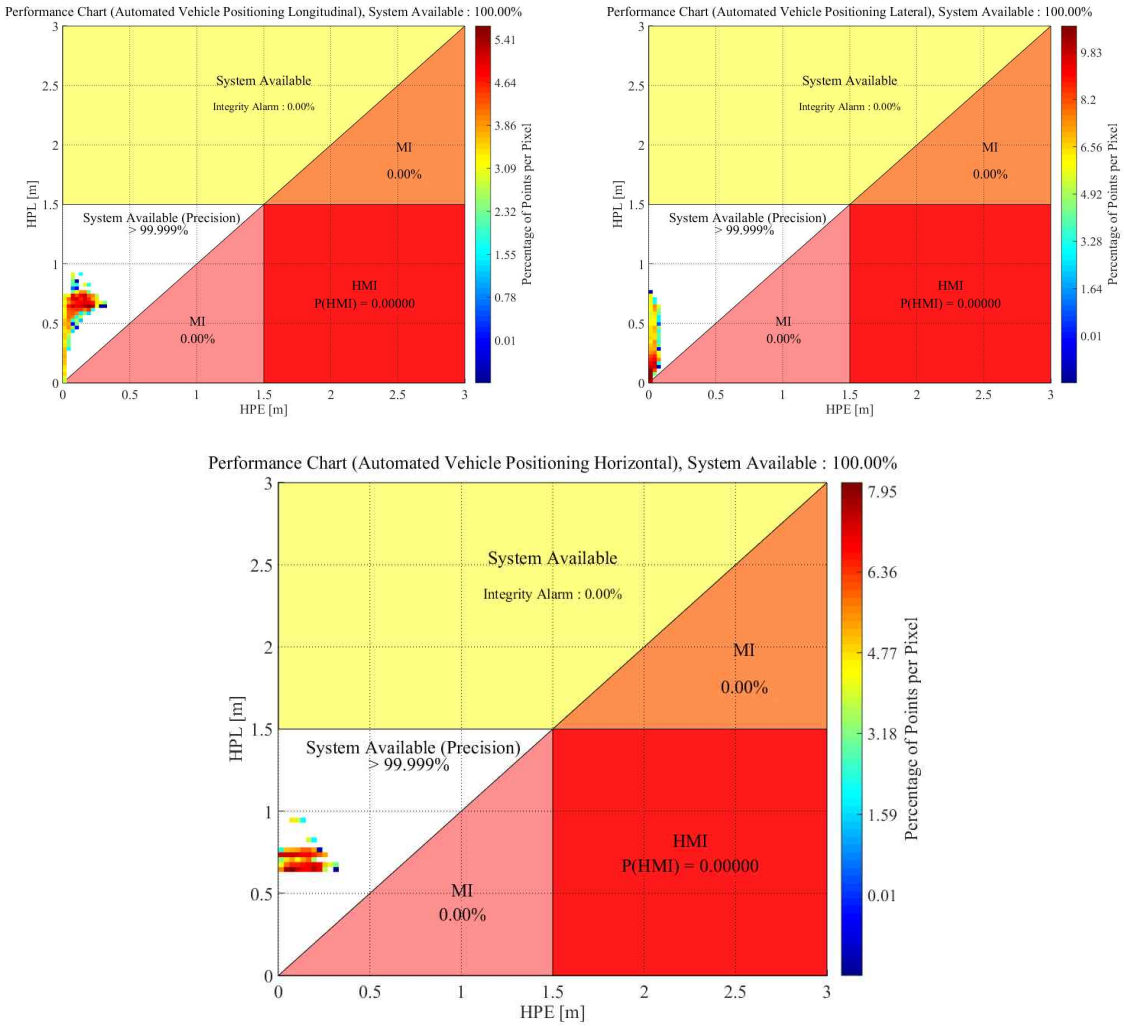


그림 15. 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (3회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-54

자율주행 융합측위 시험 분석서
- 가용성 -

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이제영	2018. 12. 31.	
	이정훈	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	이제영
R2.0	수정	2018. 12. 31.	이정훈

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 자율주행 융합측위 시험차량 ····· 1
1.1. 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성 ····· 1
1.2. 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성 ····· 3

2. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 4
2.1. 자율주행 융합측위 시험구간 ····· 4
2.2. 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경 ····· 5

3. 자율주행 융합측위 가용성 시험결과 ····· 6
3.1. 자율주행 융합측위 가용성 판단 기준 ····· 6
3.2. 자율주행 융합측위 가용성 시험결과 ····· 7

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 자율주행 융합측위 시험차량

차로구분 정밀위치결정 단말기 기반의 자율주행 융합측위 성능 시험을 위하여 현대모비스에서 운용중인 자율주행 차량(M.Billy)을 활용함

1.1. 자율주행 융합측위 시험차량 센서 구성

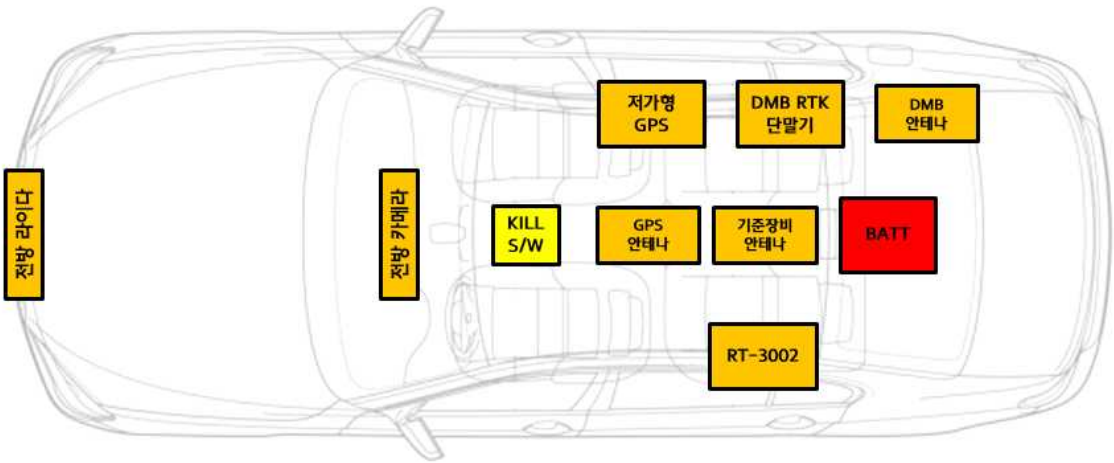


그림 1 시험차량 센서 구성도

표 1. 센서 목록

센서	수량 (set)	주요사항	비고
DMB RTK 단말기	1	정밀위치결정 단말기	-
저가형 GPS	1	비교시험용 저가형 GPS	ublox M8L
RT3002	1	위성항법 및 보정정보 수신+INS 융합을 통한 고정확/고정밀 측위결과 제공	기준장비
전방 라이다	1	주변환경 인식	-
전방 카메라	1	전방 차선 검출	-
이중주파수 안테나	1	기준 장비용 안테나 (NovAtel GPS-702)	-
단말기 안테나	1	정밀측위 단말기용 안테나	-
DMB 안테나	1	DMB 보정정보 수신용 안테나	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 2 시험차량 사진 (전면)



그림 3 시험차량 사진 (후면)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 4 시험차량 사진 (루프)

1.2. 자율주행 융합측위 시험차량 장비 구성

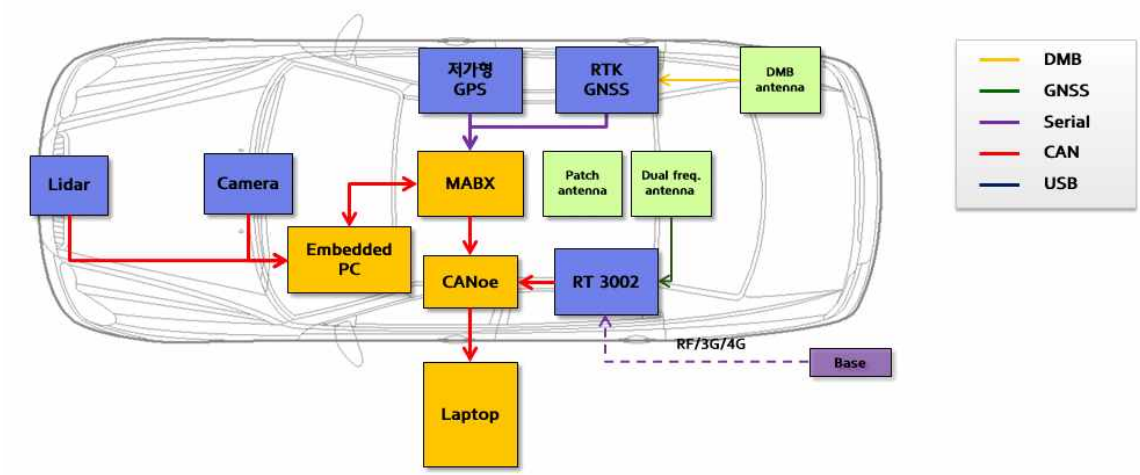


그림 5 시험차량 장비 구성도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 장비 목록

장비	수량 (set)	주요사항	비고
MABX	1	DR로직 구동용 장비	-
Embedded PC	1	웹매칭 및 위성항법 융합측위용 PC	-
CANoe	1	CAN/기준장비 데이터 로깅 장치	데이터 분석
Laptop	1	측위데이터 취득 및 분석 장비	데이터 분석
차량 본체	1	시험차량	UM(쏘렌토)

2. 자율주행 융합측위 시험구간

2.1. 자율주행 융합측위 시험구간



그림 6 시험구간 (경부고속도로)

- 도로형태 : 고속도로(경부고속도로)
- 구간 : 서울톨게이트 ~ 신갈JC
- 도로환경 : 대부분 open-sky, 일부 GNSS 열악구간 존재(빌딩 등)
- 주행속도 : 70km/h 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2. 자율주행 융합측위 시험구간 도로환경

- Open-sky 구간



그림 7 시험구간 도로환경 (Open-Sky)

- GNSS 열악구간



그림 8 시험구간 도로환경 (GNSS 열악구간)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 자율주행 융합측위 가용성 시험결과

3.1. 자율주행 융합측위 가용성 판단 기준

- 본과제의 정밀위치결정 가용성은 전체 주행구간 중 기 도출된 자율주행 융합측위 요구사양(표 4)의 가용성 조건에 부합되는 구간의 비율로 판단

표 3. 사용자 시스템 성능 평가 방법

평가 지표	평가 방법	목표
위치결정 정확도	위치결정 결과의 수평 2RMSE (Root Mean Square Error) 평가 $2RMSE = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} e_{p,k}^2} = 2\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|^2}$ $\mathbf{p}_k$와 $\hat{\mathbf{p}}_k$은 각각 사용자 시스템에서 획득한 k번째 기준위치와 위치결정 결과(ENU 좌표계 기준)이며, K은 전체 데이터 수	0.90 m 이하 (2 σ, 95%)
위치결정 무결성	무결성 HMI 환경 [수평 보호수준≤한계치<위치결정 수평 오차] 발생률 평가 $P_{\mathrm{HMI}} = \frac{\mathbb{N}\left(PL \le 1.5\mathrm{m} < \| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \| \right)}{K}$ $\mathbb{N}(\cdot)$은 내부 조건을 만족하는 횟수 측정 연산자이며, PL은 사용자 시스템의 위치결정 수평 보호수준	0.8×10-3 이하
위치결정 가용성	가용성 [위치결정 수평 오차≤수평 보호수준<한계치] 만족확률 평가 $P_A = \frac{\mathbb{N}\left(\| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \| \le PL \right)}{K} \times 100$	92 % 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4. 정밀위치결정 적용 자율주행 융합측위 성능 평가 방법

평가 지표		평가 방법	목표
위치결정 정확도	종 방향	$2RMSE_{lon} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lon_i)}$	4.00m 이하 (2σ, 95%)
	횡 방향	$2RMSE_{lat} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i)}$	0.60 m 이하 (2σ, 95%)
	수평 위치	$2RMSE_{H} = 2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2)}$	0.90 m 이하 (2σ, 95%)
위치결정 무결성	종 방향	$\frac{P_{HMI(lon)} = \mathbb{N}(HPL_{lon} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lon_i)}{K}$	0.8×10-3 이하
	횡 방향	$\frac{P_{HMI(lat)} = \mathbb{N}(HPL_{lat} \le 1.5\mathrm{m} < \triangle Lat_i)}{K}$	
	수평 위치	$\frac{P_{HMI(H)} = \mathbb{N}(HPL_{H} \le 1.5\mathrm{m} < (\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2))}{K}$	
위치결정 가용성	종 방향	$P_{A(lon)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lon \le HPL_{lon} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	92 % 이상
	횡 방향	$P_{A(lat)} = \frac{\mathbb{N}(\triangle Lat \le HPL_{lat} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
	수평 위치	$P_{A(H)} = \frac{\mathbb{N}((\triangle Lat_i^2 + \triangle Lon_i^2) \le HPL_{H} < 1.5\mathrm{m})}{K} \times 100$	
종.횡 방향 HPL 산출 방식	종 방향	$HPL_{lon} = \frac{\triangle Lon_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	
	횡 방향	$HPL_{lat} = \frac{\triangle Lat_i}{\triangle Lat_i + \triangle Lon_i} \times HPL_H$	

3.2. 자율주행 융합측위 가용성 시험결과

총 3회 중 1회차 주행 시. 수평위치오차(HPE)가 수평보호수준(HPL)을 초과하는 Epoch이 발생되었음. 이에 간헐적으로 가용성 하락 발생되었지만, 전체성능은 99.9% 이상으로 평가됨.

표 5. 자율주행 융합측위 무결성 시험결과

회차	종	횡	수평
목표치	92 % 이상		
1	99.88	99.88	99.88
2	100	100	100
3	100	100	100
종합	99.96	99.96	99.96

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

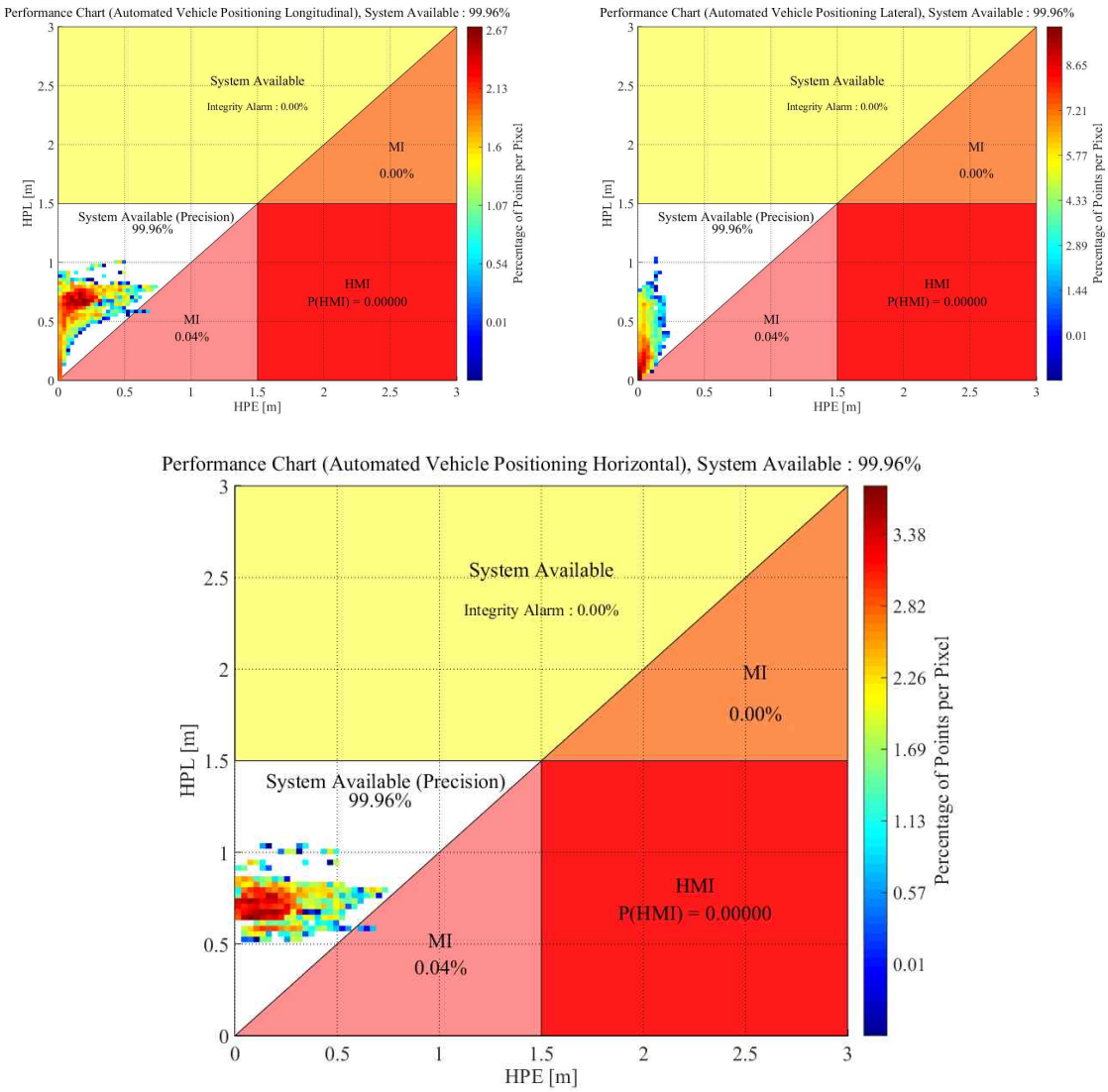


그림 9 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (전체 통계, 종, 횡, 수평 방향 순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

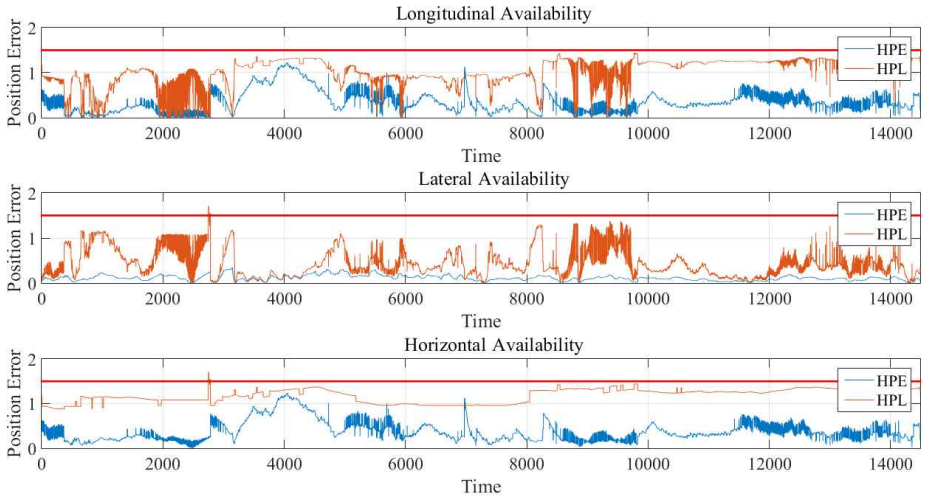
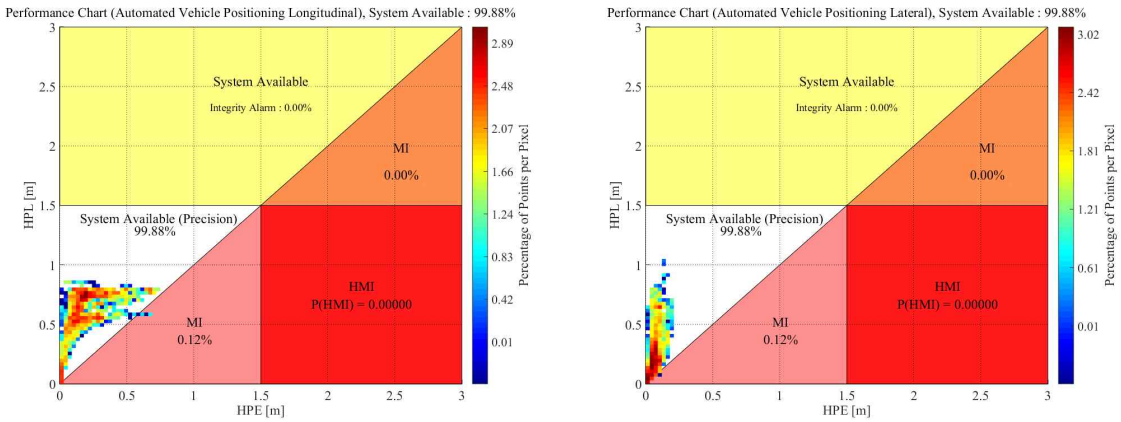


그림 10 자율주행 융합측위 가용성 시험결과 (1회차, 종, 횡, 수평 방향순)



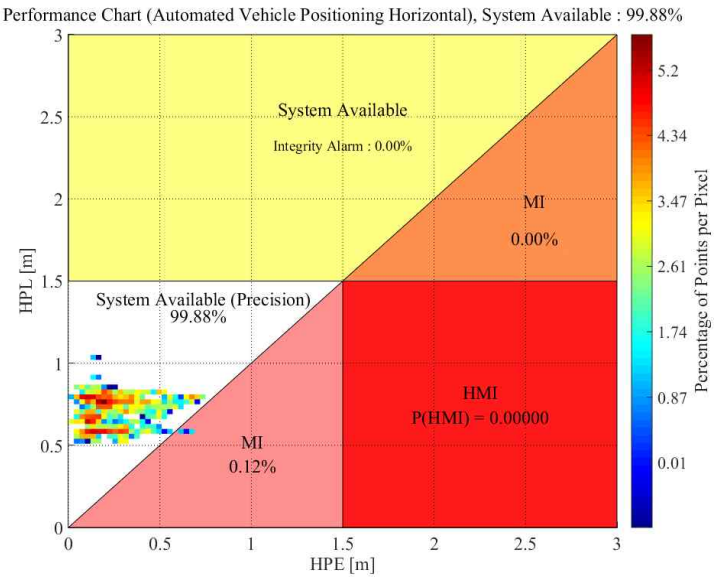


그림 11 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (1회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

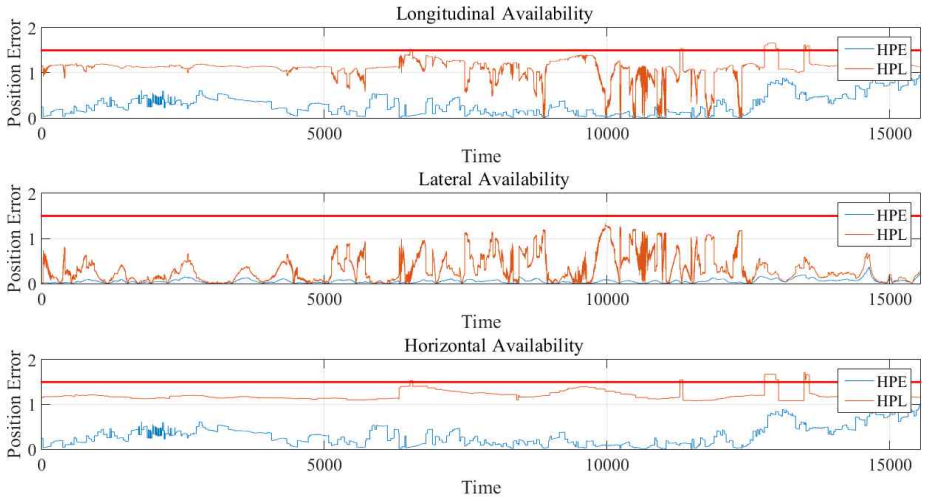
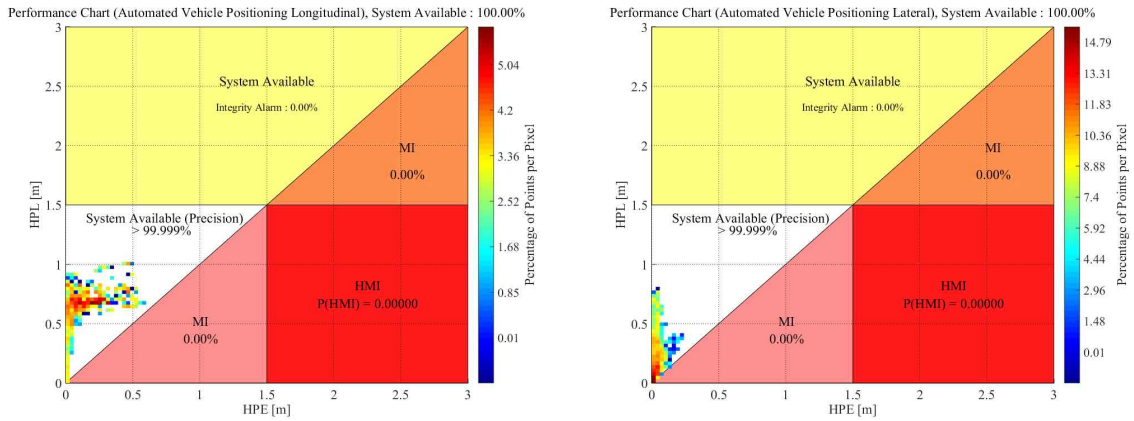


그림 12 자율주행 융합측위 가용성 시험결과 (2회차, 종, 횡, 수평 방향순)



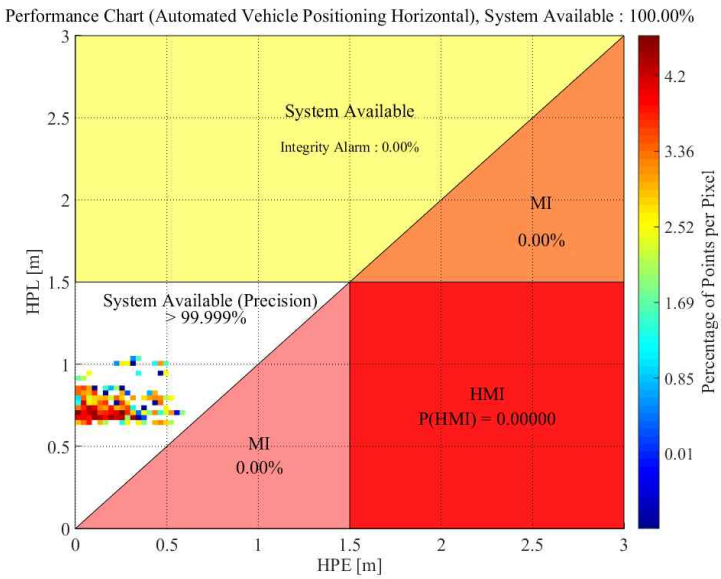


그림 13 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (2회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

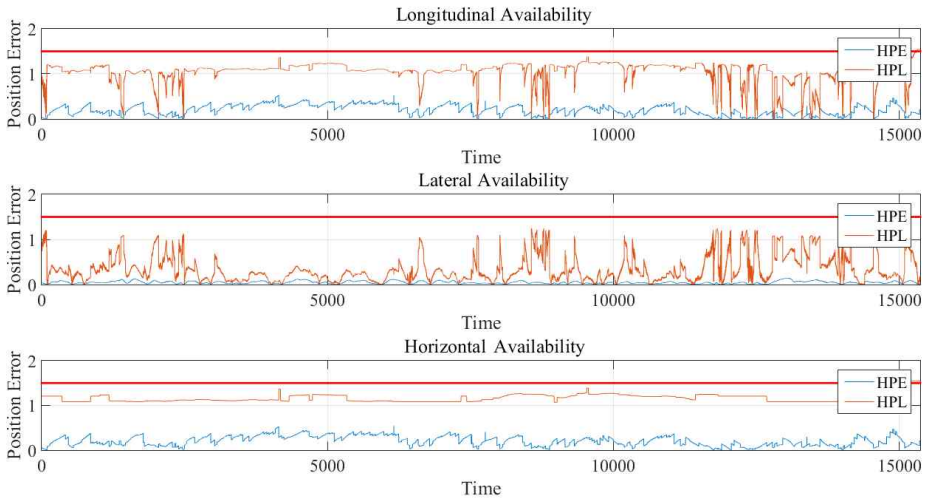
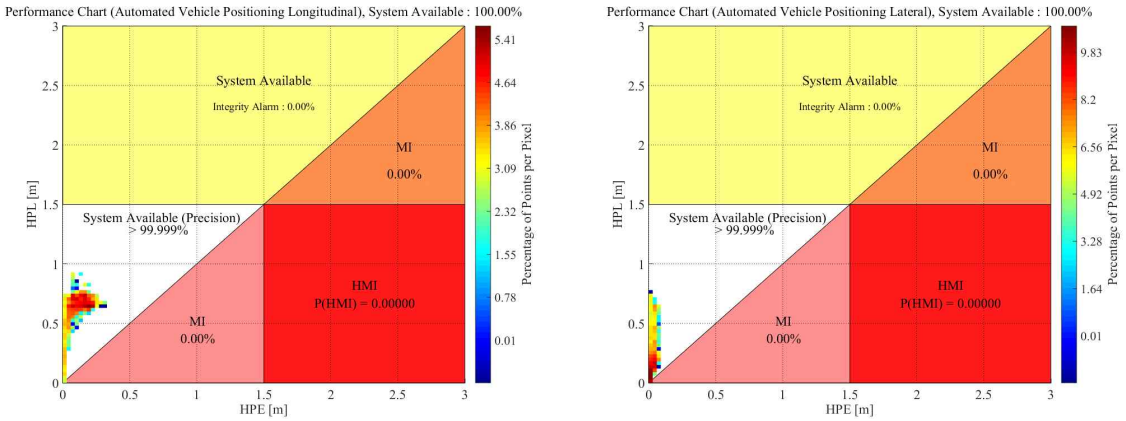


그림 14 자율주행 융합측위 가용성 시험결과 (3회차, 종, 횡, 수평 방향순)



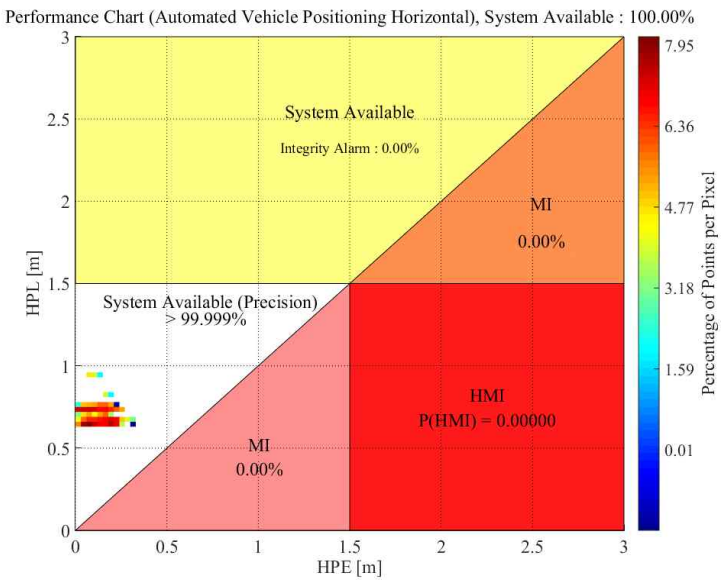


그림 15 자율주행 융합측위 Stanford Diagram (3회차, 종, 횡, 수평 방향순)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-55

차로구분기반 차량 안전유도 요구사항 분석서

2016. 12. 07.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	최용길	2016.11.01	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	초안작성	2016.11.01	최용길

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1. 단일 클러스터 기반 시스템 ····· 3
1.2. 클러스터 확장에 따른 기 구축 시스템의 제약사항 ····· 4

2. 용어 정의 ····· 4

3. 통합운영국 목적 및 임무 ····· 6
3.1. 운영 목적 ····· 6
3.2. 다중 클러스터 기반 시스템 구성 ····· 6
3.3. 통합운영국의 임무 ····· 7

4. 통합운영국 시스템 아키텍처 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

본 문서에서는 국토교통부 교통물류연구사업 "차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구" 과제의 일환으로, 한국항공우주연구원에서 위탁받은 "차로구분 궤적 정보활용방안 및 표준화 연구"를 수행하면서 기존에 개발되고 있는 C-ITS 및 안전유도 기술을 분석하고 차로기분 정말 측위 기술을 활용한 신교통 서비스 분야를 조사하고 분석함.

본 문서는 조사된 기술 자료를 바탕으로 상용화 할 수 있는 교통서비스를 제공하기 위한 위성항법 기반 수집기술, 정보가공기술, 연속류 안전유도교통운영기술, 통합단말기 연계한 정보 제공 기술 등에 대한 세부적인 요구사항을 분석하여 차로구분 기반차량 안전유도 요구사항 분석서를 작성하고자 함.

2. 소요기술 현황조사

2.1. 소요기술 현황(4대 분야 16개 서비스)₩

1.수집기반 기술	2.정보가공기술	3.차로구분 기반 차량안전유도 연속류 교통운영기술	4.통합단말기 연계기술 (초기 : 통합단말기 발전 : 스마트폰)
1-1) 위성항법기반 정밀측위 기술	2-1) LDM	3-1) 연속류 본선 차로별 안전유도제어 기술	4-1) 스마트폰 위성항법기반 위치정보 수집 H/W 소형화 및 펌웨어기술
1-2) 음영지역 정밀측위기술개발	2-2) 실시간 빅데이터 처리를 위한 계층별 센터운영관리기술	3-2) 연속류 진출입부 차로별 안전유도 제어기술	4-2) 스마트폰 정보제공을 위한 통합 APP 아키텍처
1-3) 안전유도를 위한 정밀측위 기술	2-3) 구역DB 및 구역간 매칭, 경계영역 처리기술	3-3) 연속류, 상황별(돌발, 음영,통신불량등)주행제어 우선권(차량&센터)설정 알고리즘	4-3) 차로기반 자율주행 네비게이션 기술
	2-4) 차선DB설계 및 차선매핑 기술	3-4) OO기반 복합경로 탐색 및 경로선택에 따른 자율주행 운영기술	4-4) 연속류 안전유도교통운영 정보제공 기술 - 돌발상황 정보 - 예상통행시간 - 구간별/차로별 안전유도속도
	2-5) 차로기반 차량궤적		

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

	빅데이터 기술		

3. 수집기반기술

3.1. 위성항법 정밀측위 기술

위성항법을 위용한 위치결정 시, 아래와 같은 이유로 오차가 발생하게 되며 그 최대치는 15M에 달함.

- 위성에 의한 오차 : 위성궤도 오차, 위성시계 오차, 위성데이터 오차
- 전리층 지연에 의한 오차 : 대류층 지연에 의한 오차
- 난수신 신호 및 신호 왜곡에 의한 오차
- 수신기 오차

프로젝트	기술명	정의	차로구분기술 추가 시 이점
CVIS	CURB	도심지역에서의 교통류 효율성을 위해 여러 가지 정보와 서비스를 제공함	보다 정확한 정보를 제공함으로써 교통류의 효율적인 통제와 운전자의 안전한 운행이 가능하게 됨
	CINT	노변 또는 차량으로부터 도로교통상황 정보를 제공받아 운전자에 맞춤화된 정보제공	정보제공의 정확도와 정밀도를 향상시켜 도로네트워크 교통 효율성 제고 가능
	CF&F	화물차량의 정보를 지역기관에 제공하여 화물차량을 효율적으로 관리하는 서비스	화물차량의 정보를 제공하여 보다 효율적인 관리와 안전운전을 가능하게 함
	COMO	차량과 도로 네트워크에 대한 정보를 수집하여 다양한 목적으로 이용할 수 있게함	정보의 정밀도를 높여 정보 활용 범위를 넓힐 수 있음
SAFESPOT	LATC	운전자에게 초기경고를 통해 측면추돌의 위험을 피하게 해주는 서비스	차로구분기술을 통해 수집하는 정보의 정밀도와 정확도를 높여 운전자의 안전성을 높일 수 있음
	LONC	전후방 추돌위험에 대해 해당차량 직접통신 혹은 인프라를 이용하여 경고	위험상황에 대한 예측 정보의 제공 정확도를 제고가능
	RODP	좋지 않은 노면상황 혹은 도로상태에 대한 정보를 다른차량과 공유하여 적절한 방법을 통해 정보를 공지함	도로상태정보수집에 차로구분기술을 적용한다면 정보의 정확도를 향상시킬 수 있음
	VURU	다치기 쉬운 도로이용자를 감지 하거나 다른 차량에게 정보를 제공하는 서비스	다치기 쉬운 도로이용자의 위치 정보를 차량운전자에게 보다 정확하게 전달 가능함

* 출처: 위성항법 기반 교통인프라 기술개발 재기획 보고서

<표1> C-ITS 서비스와 위성항법 차로구분 위치결정 기술 비교(계속)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 연속류 차로별 안전유도교통운영 및 통합단말기 연계 기술개발을 위한 전제조건으로 차로구분 수준의 위성항법기반 정밀교통측위 기반기술 개발이 함께 이루어져야 함.

3.2. 음영지역 정밀측위 기술개발

■ 터멀, 지하도로 및 시설 등 위성항법 음영지역에서 차량 네비게이션과 주행 및 안전정보의 Seamless한 신뢰성 확보가 어려워 첨단교통운영 및 차량주행안전관리, 차량안전유도 도로체계에 응용하기 위한 주행기반의 고정밀 측위장치의 기술은 미확보 상태임.

■ 본 기술은 V2X 기술 등 지상이동체 국제표준통신체계(CALM : Communication Access for Land Mobile – ISO/TC204)를 바탕으로 함.

■ 위성항법 음영지역 도로체계 고속차량주행기반 기존 네비게이션 혹은 모바일 디바이스 등 차내 장치와 연계된 자차 측위 및 상대 차량 측위를 포함한 정밀 측위장치를 개발하고자 함.

■ 세부 기술 내용 및 개념도는 다음 그림과 같음.

- 실시간 차량(자차 및 상대차량) 주행 정밀측위 장치 개발
- V2X 통신 기반의 자차 및 상대차량 측위 기술
- V2X 통신 등 CALM 기반 도로체계 위치 측위 통신인프라 설계
- 통신성능 기반 측위결과 분석 통신최적화 알고리즘 설계



<그림1> 자차 및 상대차량 실시간 정밀측위장치기술 개념도

* 출처 : 교통물류연구사업 로드맵 (Smart-Mobility 분야), 국토교통부 (2013)

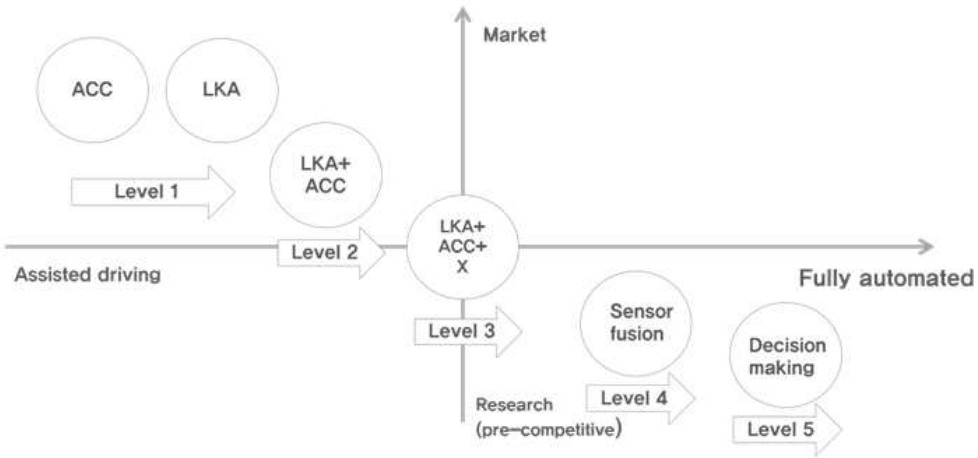
3.3. 차량 안전유도를 위한 정밀 측위 기술

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 차량 안전유도와 Enhanced Mapping

- 차량 안전유도는 The Advanced Driver Assistance System (ADAS)의 발전이라고 볼 수 있음

- 대표적인 기술로는 Adaptive Cruise Control(ACC), Lane Departure Warning(LDW), lane Keeping Assist Systems(LKA)가 있음.



<그림 2> 스마트 시스템 통합에 관한 유럽 기술 플랫폼

■ Active RFID Positioning

- 아래 표는 ARP(Active RFID Positioning), GPS(Global Positioning System), WNP(Wireless Network Positioning)을 비교 분석한 표임

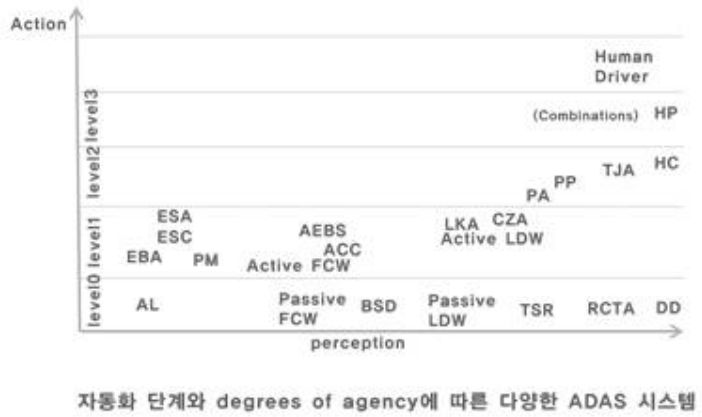
	ARP (Active RFID Positioning)	GPS (Global Positioning System)	WNP (Wireless Network Positioning)
Infrastructure	RFID tags	satellites	Wireless networks
Map	Yes	Yes	Yes
Accuracy (meters)	< 6m	> 1m	> 35m
Positioning to lane	Yes	No	No
Time-consuming	Short (< 2s)	Long (< 5s)	Medium (< 3s)
Anti-destroying ability	Strong	Medium	Weak
Sky blocked scenario	Available	Disabled	Available
Coverage	Narrow	Wide	Medium
Network dependence	No	No	Yes
Cost	Cheap	Expensive	Medium
Complexity	Low	High	Medium

<표 2> ARP, GPS, WNP 비교 분석

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Abb.	System	Abb.	System
ACC	Adaptive Cruise Control	HC	Highway Chauffeur
AEBS	Advanced Emergency Braking	HP	Highway Pilot
AL	Adaptive Lighting	LDW	Lane Departure Warning
BSD	Blind Spot Detection	LKA	Lane Keeping Assist
CZA	Construction Zone Assist	PA	Parking Assistant
DD	Drowsiness Detection	PP	Parking Pilot
EBA	Emergency Brake Assist	PM	Pedal Misapplication
ESA	Emergency Steer Assist	RCTA	Rear Cross Traffic Alert
ESC	Electronic Stability Control	TSR	Traffic Sign Recognition
FCW	Forward Collision Warning	TJA	Traffic Jam Assistant

<표 3> 자동화 수준과 ADAS



<그림 3> 자동운전을 위한 인프라 조정 – 출처
:유장도시교통연구센터 2013.

출처 : 'Adapting infrastructure for automated Driving', YuZhang,Ph.D, Center for Urban Transportation Research, 2013

○ Enhanced Digital Maps (EDMap)

- Near-term (EDMap 시행 1년 후)

■ 도로 수준의 정보 데이터베이스를 기반으로 함

■ 가장 신뢰할 만한 정확한 정보임

■ Curve Speed Warning(커브길속도경고), Speed Limit Advisory(속도제한알림), Stop sign warning(정지신호경고)

- Mid-term (EDMap 시행 5년 후)

■ 도로와 도로 이하 수준의 데이터베이스로 향상된 정확성 및 정보를 기반으로 함.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 중앙선과 각 차로의 너비에 대한 정보를 포함하며, 이에 따라 차로의 위치를 파악할 수 있음.
■ 데시미터(10분의 1미터)수준으로 정밀함.
■ 각 차로의 도로 유형, 그 특징, 차로 선, 갓길 정보 등을 포함함.
■ Curve speed control(커브길 속도 통제), stop sign control(정지신호통제), forward collision warning(전면충돌경고), Lane following warning(차로 경고), Traffic signal warning(교통신호경고)

- Long-term (EDMap 시행 10년 이상)
■ Forward collision avoidance(전면충돌방지), Intersection collision avoidance(교차로충돌방지), Lane following control(차로 통제), Automated Lateral and longitudinal control(측면 및 전후방 자동통제)

- 각 어플리케이션들은 What road, Which lane, Where-in-lane 세 개 중 하나에 대한 정보를 나타냄.

- What road
■ 도로 수준의 정보 데이터베이스를 기반으로 함.
■ 가장 신뢰할 만한 정확한 정보
■ Curve Speed Warning(커브길속도경고), Speed Limit Advisory(속도제한알림), Stop sign warning(정지신호경고)

- Which lane
■ 도로와 도로 이하 수준의 데이터베이스로 향상된 정확성 및 정보를 기반으로 함.
■ 중앙선과 각 차로의 너비에 대한 정보를 포함하며, 이에 따라 차로의 위치를 파악할 수 있음.
■ 데시미터(10분의 1미터)수준으로 정밀함
■ Curve speed control(커브길 속도 통제), stop sign control(정지신호통제), forward collision warning(전면충돌경고), Lane following warning(차로 경고), Traffic signal warning(교통신호경고)

- Where-in-lane
■ Forward collision avoidance(전면충돌방지), Intersection collision avoidance(교차로충돌방지), Lane following control(차로 통제), Automated Lateral and longitudinal control(측면 및 전후방 자동통제)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 정보가공기술

4.1. LDM(Local Dynamic Map)

○ [Local Dynamic Map 정의]

■ 매우 유동적인 공간 데이터의 집합체

■ 물체의 유형, 위치, 그 밖의 다른 특성들을 포함한 저장과 업데이트가 가능함

■ 수집된 정보들을 토대로 궤적 계산, 위험 물체 탐지, 충돌가능성 등 상황 분석 및 처리를 수행함

■ Static maps, Landmarks, Temporary objects, Dynamic objects 의 4가지 레이어로 구성됨

■차량정보와 위치정보, 기상정보 등을 포함한 통합 data형 차로 수준(Lane-level) 지도를 의미함

○ C-ITS 제공을 위한 요소 기술 중 하나임

■ C-ITS라 함은 WAVE 통신을 바탕으로 수동적(passive) 안전서비스를 넘어 능동적(active) 안전서비스의 제공까지 목적으로 하는 차량, VMS, 노변기지국 등 모든 네트워크를 포괄하는 개념임

■ C-ITS 요소기술에는 통신기술(WAVE, DSRC, 3G), 지도기술(LDM, Lane-level지도), 측위기술(센서기반 고정밀 기술) 등이 있음

○ 1단계 [Static maps]

■ 최신 정보가 반영되지 않은 영구불변의 데이터

○ 2단계 [Landmarks]

■ 규정 속도 등 일시적 불변 데이터

■ 루트를 설명할 때 사용되는 방향을 명확히 하기 위해 사용되는 점, 선 또는 영역의 특성들을 의미하며, 이는 노드나 링크와 결부될 수 있음 (특허 ISO/TS 17931)

■ 예시 : 나무, 빌딩, 신호등과 같이 도로 위에 고정된 물체들

○ 3단계 [Temporary objects]

■ 기상, 교통 정보 등 일시적 동적 데이터

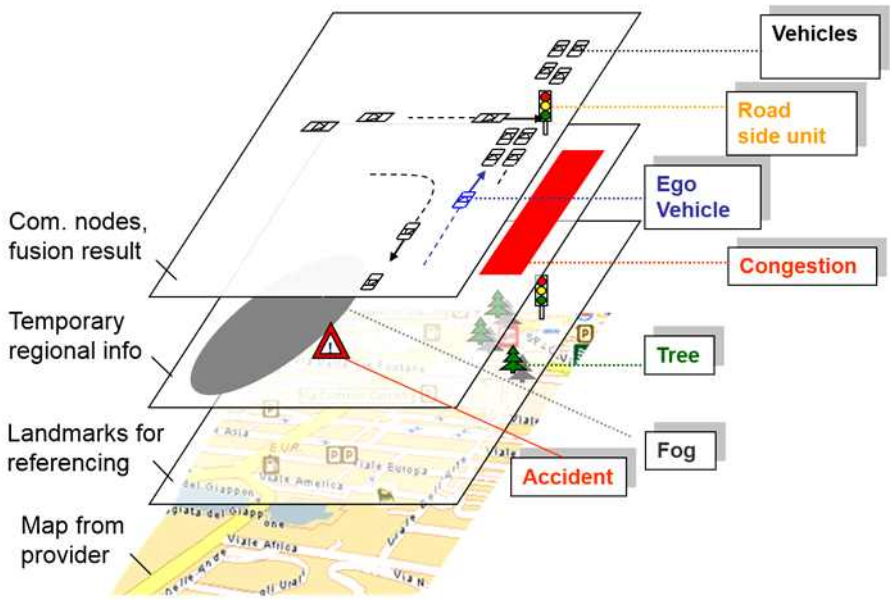
■ 예시 : 안개 지역 및 도로 공사 등

○ 4단계 [Dynamic objects]

■ 사고 정보와 같은 순간 동적 데이터

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 예시 : 차량 등



<그림 4>동적객체

4.2. 실시간 빅데이터 처리를 위한 계층별 센터운영관리기술

■ 빅데이터를 실시간으로 처리하기위해서 DB를 구역단위로 분할하여 관리 운영하여 DB부하를 최소화하여 실시간에 가까운 빅데이터 처리를 하기위한 계층별 센터운영관리기술 개발이 필요함

■ 연속류 구간 차로별로 통제하기 위해서는 실시간으로 안전유도 정보를 차량에 제공하여야함. 그러나 차로별로 수집되는 데이터는 기존 교통센터에서 운영하는 데이터 수준을 뛰어넘는 방대한 양이기 때문에 단독 센터시스템에서 처리하기에는 무리가 있음. 따라서 구역을 정해 중앙관리센터 하부에 구역세터를 두어 계층으로 처리하고 그 하단에 안전과 직결된 부분은 V2V를 통한 차량자체제어에 우선권을 두어 센터통신지연으로 인한 사고로부터 차량안전을 확보하고자 함.

■ 계층은 1계층 중앙관리센터, 2계층 구역센터, 3계층 차량자체제어



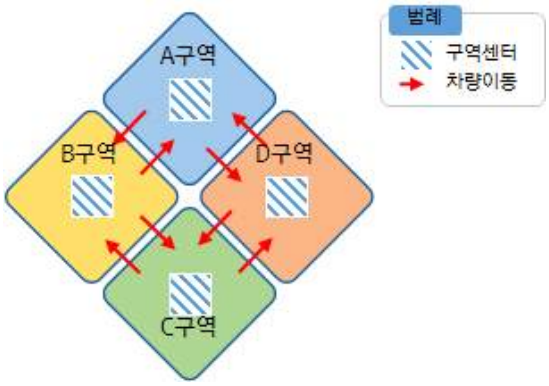
<그림 5> 계층별 센터운영관리기술 개발

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

구 분	정 의	수 행 내 용	비 고
<1계층> 중앙 주행관리센터	교통통합관리 및 대시민 서비스제공	위성기반 차량기반 차량궤적 빅데이터 기술을 바탕으로 생성된 차로별 운영 현황 데이터 생성 및 정보제공 전체 맵관리(음영지역 DB포함)	구역센터 관리 및 제어
<2계층> 구역 주행교통 운영센터	구역별 연속류 차로기반 교통운영	구역별 연속류 차로별 안전유도제어 돌발상황 발생시 차로별 차량운행제어	인접구역 연계를 통한 개별차량제어
<3계층> 차량자체 처리(C-ITS)	안전(Safety)과 관련된 차량자체제어가 필요한 경우 센터제어보다 차량자체 제어를 우선으로 처리	안전에 관련된 차량자체제어가 필요한 경우 음영지역등 센터제어가 불가능한 경우 우선 적용 스마트카 기술 및 C-ITS의 Safety 관련 기술 적용 - 차량추돌방지, 합류지원, 차로 변경/추월지원, 협조형 차량추종 주행 지원 등	차량안전을 위한 서비스 필요

<표 3> 계층별 센터운영관리기술 개발

4.3. 구역DB 및 구역간 매칭, 경계영역 처리기술



<그림 6> 구역DB 및 구역간 매칭

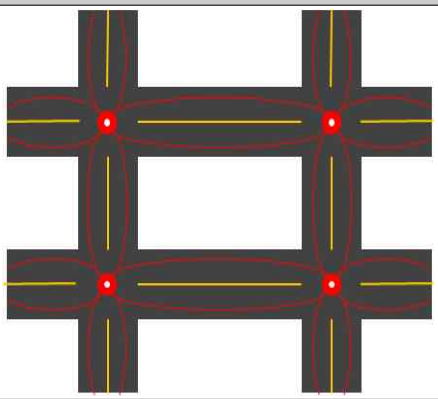
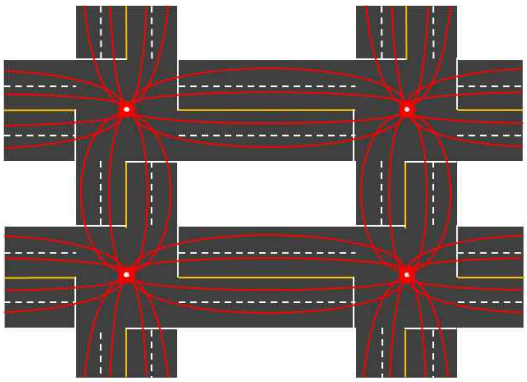
■ 구역간 이동발생시 구역간 매칭을 위한 DB설계 및 경계영역 차량진입시 구역센터간 연계를 통한 연속류 차로별 안전유도에 관련된 데이터를 차량에 제공하기 위한 기술 개발 필요.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4.4. 차선DB설계 및 차선매핑기술

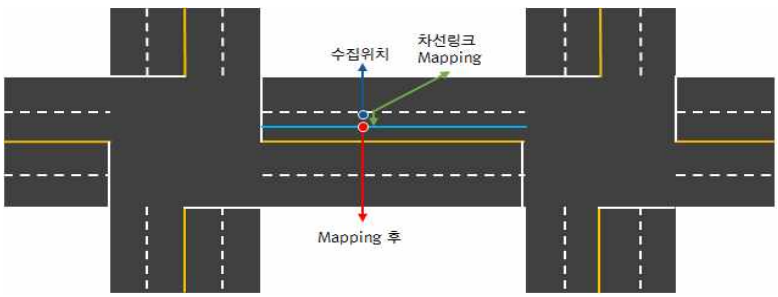
○ 차선DB설계기술

■ 기존 ITS의 노드링크는 방향성만 가지며 차로별 정보수집을 고려하지 않아 차선별 DB설계기술개발이 필요함

기존 ITS 노드링크(DB)	차로별 노드링크(DB) 예시
	
기존 ITS에서 사용하는 노드링크는 차로고려없이 방향성만 가지고 링크를 구성함. 차로별 정보는 생성불가능하며, 링크 방향에 따른 정보만 생성이 가능하며, 통행속도 및 통행시간예측에 많이 사용됨	차로별 로드링크의 경우 방향성 뿐만 아니라 차로별 링크가 추가로 구성됨 기존 노드링크에 비해 데이터가 방대해지나 차로별 관리가 가능한 기반정보로서 활용이 가능함

○ 차로 Mapping 기술

■ 기존 네비게이션은 방향성을 기반으로한 노드 링크기방하에 수집위치와 링크DB 간의오차를 링크 Mapping기술을 통해 보정을 하고 있음. 그러나, 차로별 링크DB기반에서는 차로별로 Mapping기술을 도입하여야하며, 이 기술을 기존 링크 Mapping 기술을 상외하는 정확도를 확보하여야함.이 기술이 정확도가 확보되어야 차량의 주행차로를 정확히 판단할 수 있으므로 중요한 기술임



<그림 7> 차로 Mapping 기술

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4.5. 차로기반 차량궤적 빅데이터 기술

○ 차로기반 차량궤적 빅데이터의 정의

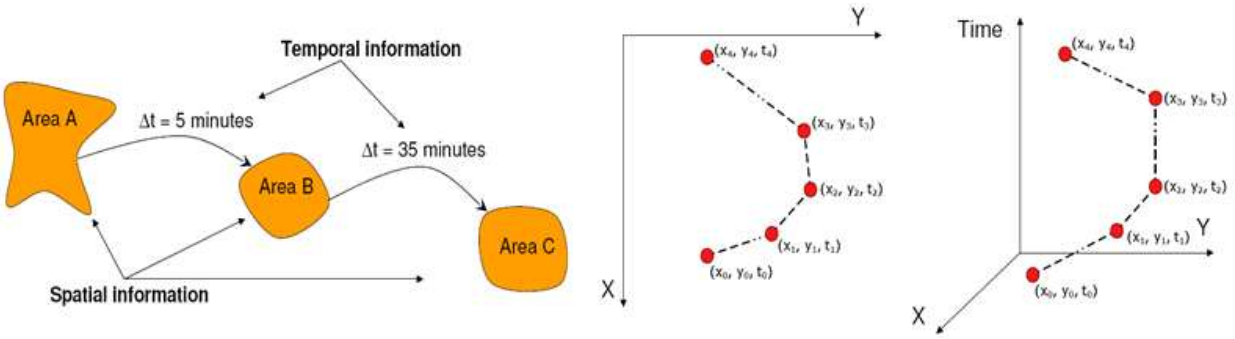
■ 2차원 또는 3차원 공간에서 좌표계의 값으로 표현되는 특점 시점의 위치 데이터가 아닌, 차량이 이동하는 경로를 단위 시간별 위치 정보로 연속적으로 기록한 데이터를 차량궤적 데이터라고 함

■ 차량의 이동궤적 데이터는 일반적인 객체 데이터와는 달리 객체의 수 변화와 관계없이 시간에 따라 데이터가 지속적으로 증가함

■ 따라서 초 대용량성, 빠른 증가속도, 높은 다양성이라는 특성을 갖고 있기에 빅데이터로 생각할 수 있음

■ 궤적이란 움직임에 대한 공간적, 시간적 정보의 배열임

■ 궤적은 일반적으로 시공간 배열로 주어지며, <($x0$, $y0$, $t0$), ..., (xn , yn , tn)>



<그림 8> MapReduce 환경에서의 실시간 LBS를 위한 이동궤적 데이터 색인 및 검색 시스템 설계

출처 : 'MapReduce 환경에서의 실시간 LBS를 위한 이동궤적 데이터 색인 및 검색 시스템 설계', 정재화, Journal of Digital Contents Society, 2013Trajectory Pattern Mining, Qiming Zou, ISTI-CNR & Univ. Pisa,

○ 차로기반 차량궤적 빅데이터 고려사항

- 데이터 압축

■ 기존의 차량궤적 데이터를 차로기반 차량궤적 데이터로 확장할 경우 정보량이 급증하므로 데이터 압축이 필요함

- 스트리밍 데이터 : 실시간 처리

■ 차로기반 차량궤적 빅데이터를 이용한 서비스를 제공하기 위해서는 실시간 처리가 고려되어야 함

■ 차량 및 주행환경의 특성상 환경 변화가 빠르게 나타나기 때문임

- 데이터 압축(Data Compression)

■ 많은 양의 데이터를 처리하는 기술적인 문제들과, 사람이 처리할 수 있는 양보다 많은 데이터의 많은 양,데이터 수집 전략의 부족을 해결하기 위해 데이터 압축이 필요함

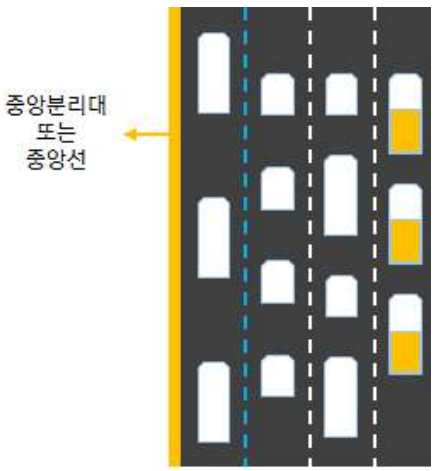
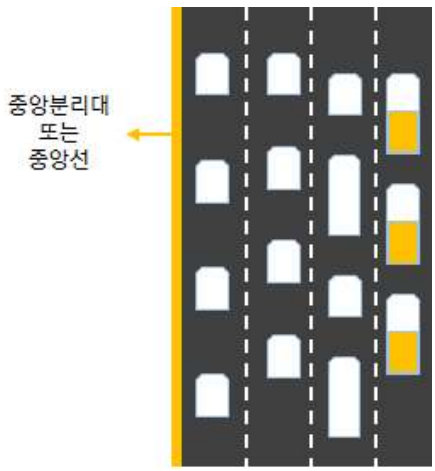
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 데이터 압축의 방법의 대표적인 예는 두 가지가 있음
■ 코딩 기반 압축방법
■ 원본의 데이터 보다 적은 수의 비트들은 사용하여 데이터를 부호화(Enconde) 하고 데이터 들은 다른 어플리케이션에서 사용되기 이전에 해석(Decode)됨
■ 데이터의 저장과 표현(비디오, 오디오 압축 및 스트리밍)과 관련이 있음
■ 샘플링 기반 압축방법 :
1) 다른 데이터 부분은 고려하지 않고 데이터의 특정 부분만 추출하는 것
2) 추출된 샘플은 바로 다른 어플리케이션이나 분석에 사용될 수 있음
3) 좋은 샘플링 알고리즘은 데이터의 통계적 특성이나 데이터의 다른 특성을 보존해야 함
4) 궤도 데이터 같은 측정된 데이터에 많이 사용됨

5. 차로구분 기반 연속류 차량안전유도 교통운영기술

5.1. 연속류 본선 차로별 안전유도 제어기술

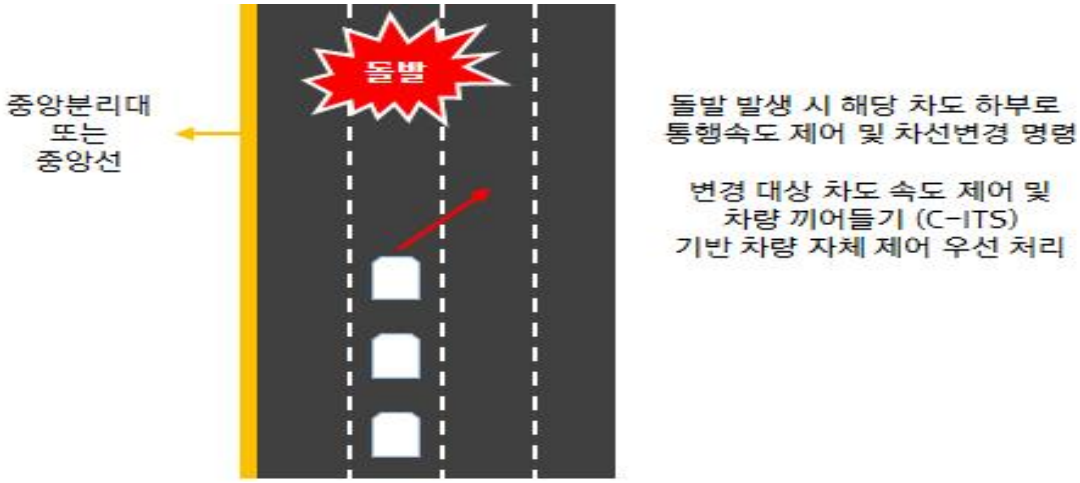
■ 본선 차로별 속도, 차간거리, 진입가능한 차량종류(버스전용, 승용차, 승용차 화물차 혼합, 화물차전용 등) 차로별 안전유도제어정보를 차량에 제공하여 연속류 본선의 교통흐름 향상 및 안전유도 안전성 확보를 위한 안전유도 제어기술 개발이 필요함

연속류도로[버스전용(1차로)] 예시	고속도로 예시
	

<그림 9> 안전유도제어정보 장착

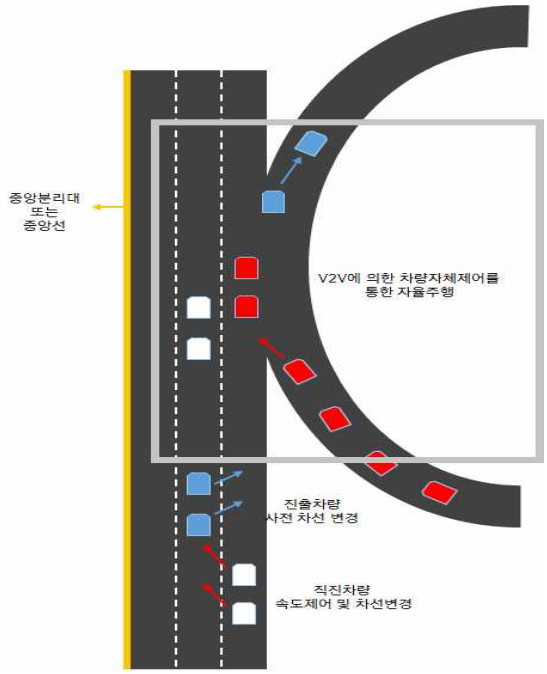
■ 돌발상황 발생시 차로별 속도 및 차선변경명령을 통해서 충격파로 인한 영향을 최소화함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



<그림 10> 돌발상황 발생시 차선변경 명령

5.2. 연속류 진출입부 차로별 차량 안전유도 제어기술



<그림 11> V2V에 의한 차량자체제어를 통한 자율주행

■ 차량진출입램프 구간 진입전 직진차량, 진출입차량의 안전유도 제어를 위한 기술개발 필요함

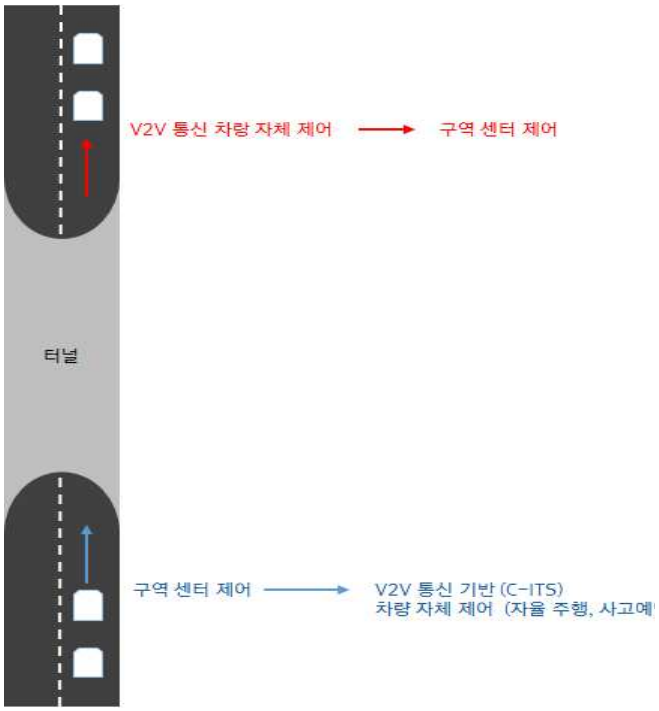
■ 진출입구간 사전에 차선변경 및 속도를 제어하여 교통흐름에 주는 영향을 최소화하는 제어를 구역센터에서 진행함

■ 램프구간에 진입하면 차량자체제어를 우선으로 하여 차량간 안전유도 필요

■ 구간을 벗어나면 구역센터제어명령에 따라 안전유도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.3. 연속류 상황별(돌발, 음영, 통신불량 등) 주행제어 우선권(차량&센터)설정 알고리즘



<그림 7> 상황별 주행제어 우선권 설정 알고리즘

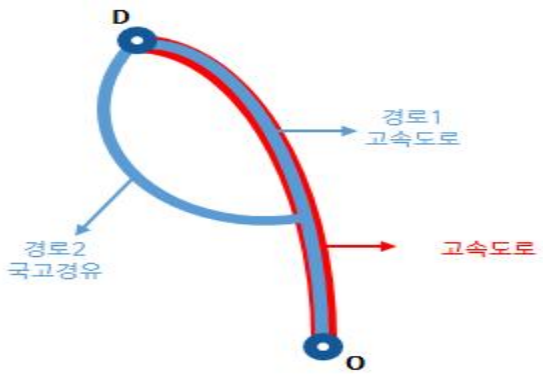
■ 음영지역의 위치측위 기술이 개발되기전 활용하기 위한 기술로 음영지역의 100% 통신보장이 불가능하기 때문에 이에 따라 V2V를 통한 차량자체제어(3계층)를 이용한 안전유도를 실시 이를 위해 주행제어 우선권을 설정하는 알고리즘 개발이 필요함

■ 음영구간, 돌발구간, 통신불량으로 인한 센터에서 제어가 불가능한 경우는 3계층의 차량자체제어를 통해 안전유도

■ 터널 전체가 사고로 인해 통행이 불가능하거나 하는 경우 대체경로를 센터에서 제공하여 대체경로로 차량을 유도

■ 사고시 경찰 및 병원, 소방소등에 신속한 위치를 전달하고 신속한 사고처리가 가능하도록 연계기술 개발

5.4. OD기반 복합경로 탐색 및 경로선택에 따른 안전유도 운영 기술



<그림 8> OD기반

■ OD기반 복합경로를 안내하고 경로탐색결과를 사용자가 선택하게되면 관련 경로를 중앙관리센터에서 수집, 구역센터에 제공

■ 단속류+연속류 복합경로인 경우 향후 개발되는 단속류 차량 안전유도 기술과 연계한 교통관리 제공

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.5. 차량 경로 및 교통류 관리를 위한 차로기반 차량 네비게이션 기술(미국사례)

○ 차로구분 수준의 차량 경로 및 네비게이션 장치는 교통류내 개별 차량의 미시적 시뮬레이션을 수행하는 모듈을 포함하고 모듈분석에 의거 0-D간 추천경로에 대한 예측상황을 평가하고 차로기반 수준의 차로 정보를 제시함

■ 링크 수준의 최적화 정보는 실시간 교통 정보데이터(교통신호제어 포함)를 기반으로하여 시뮬레이션 모듈 분석에 의거 제공될 수 있도록 설계됨

■ 시뮬레이션 속도 향상을 위해 복수의 대안경로를 동시에 평가함

■ 차로기반의 추천경로 및 정보 제공 서비스는 비상대응차량, 대피차량, 쓰레기차, 우편차량, 배송 트럭 등에 제공될 수 있도록 설계함

■ 미시적 시뮬레이션 모듈은 교통계획 및 관리시 필요한 도로 기하구조, 교통신호 계획결정 등에 사용될 수 있도록 설계함

■ 네비게이션 설계시 차로구분이 가능한 지도서비스와 연계된 시뮬레이션을 구현함

■ 미래의 무인 차량 시스템 운행시 차로기반의 정보를 제공할 수 있는 네비게이션으로서 역할 수행 가능

■ 시스템 구현 개념도

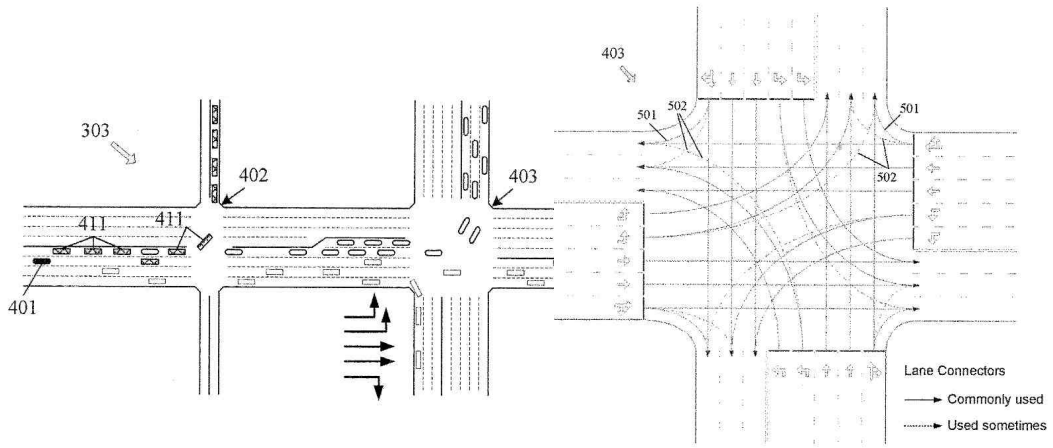


FIG. 5

<그림 9> 차량네비게이션기술(미국사례)

○ 돌발상황, 차로구분 정보 제공을 위해서는 정밀측위 기술 적용이 가능한 차량경로 및 교통류 관리가 가능한 시뮬레이션 모듈 기반의 네이게이션 개발 필요

6. 통합단말기 연계기술(초기 : 통합단말기 → 발전 : 스마트폰)

6.1. 스마트폰 위성항법기반 위치정보 수집 H/W 소형화 및 펌웨어 기술

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

○ 위성합법기반 위치정보 수집을 위한 H/W(Chip)를 향후 스마트폰에 장작가능한 정도로 소형화 하는 기술개발이 필요함

○ 또한 스마트폰 OS와 연동 제어와 정보를 센터로 송출하기 위해서 연구개발이 필요함

6.2. 스마트폰 정보제공을 위한 통합 APP 아키텍처

○ 스마트폰 정보제공을 위해 산제해 있는 고속도로소통정보(도로공사), 국도소통정보(국토교통부) 지자체 도시고속도로 소토정보(각 지자체) 교통소통정보와 UTIS(경찰청)에서 운영하는 여러 앱을 통합 관련정보를 제공하기 위한 통합APP 아키택처가 필요함

○ 연속류 교통정보제공을 제공하고 향후 개발될 추가 위한 통합APP 아키텍처 설계 기술 개발이 필요함

6.3. 연속류 차량 안전유도 교통운영 정보제공 기술

○ 연속류 안전유도교통운영 정보를 통합단말기를 통해 운전자에게 제공하는 기술개발이 필요함

■ 돌발상황정보, 예상통행시간, 구간별/ 차로별 속도 및 통행시간 정보

7. 요구사항 분석 결과

○ 차로구분 기반 차량 안전유도 서비스 구현을 위해 요구되는 사항에 대해서 분석한 결과 크게 4개(수집기반기술, 정보가공기술, 차로구분 기반 연속류 교통운영기술, 통합단말기와 연계된 정보제공 기술) 유형으로 구분되며 16개 핵심 세부 요구사항이 도출되었음

7.1. 수집기반 기술

○ 위성항법기반 정밀 측위 기술

■ 위성항법을 이용한 위치결정시 위성에 의한 오차와 더불어 전리층 지연, 대류층 지연, 신호 왜곡 및 수신기에 의한 오차가 발생하게 되며 이를 해결하기 위해서는 차로구분 수준의 위성항법기반 정밀교통측위 기반기술 개발이 전제되어야 함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	알고리즘 설명서	문서번호	보고서-56

차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 개발

2017. 11. 08

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	조용완	2017. 11. 08	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 8	조용완

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 연구 목표 ····· 3
1.1 연구 목표 ····· 3
1.2 연구의 차별성 ····· 3

2. 기존 알고리즘 분석 ····· 3
2.1 기존 알고리즘 분석 ····· 3

3. 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 설계 및 개발 ····· 4
3.1 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 항의 개념 ····· 4
3.2 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 설계 ····· 4
3.2 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 개발 ····· 9

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 연구 목표

1.1 연구 목표

고속도로 돌발상황 자동감지는 통상 인접한 차량검지기의 교통류 특성 자료를 비교, 분석함으로써 이루어진다. 하지만 같은 교통류 상황이라도 검지기 종류, 정산노력, 노후화, 도로 기하구조등에 따라 인접 검지기간 검측 값 차이가 기본적으로 발생하기 때문에 실제로는 상황 오인이나 높은 돌발 상황 오보율로 이어진다. 이러한 오보율 때문에 많은 연속류 관리센터에서는 돌발상황 자동감지 알고리즘(Automatic Incident Detection Algorithm 이하 AIDA)가동을 기피하는 작금의 현실이다. 본 연구는 차로 구분 기반 교통 상용화 서비스 구현을 위해 알고리즘 구조가 간단하면서도 양 검지기간의 상대 점유율과 상대 속도 항을 융.결합하여 오보율을 크게 감소시킨 개선된 차로기반 AIDA를 사용했다.

1.2 연구의 차별성

본 연구는 교통류이론과 검지기 자료의 내재적 가변성에 대한 이해를 바탕으로 간결한 이론을 정립하고, 모의실험 환경에서 핵심 변수를 테스트 후 실제 경부고속도로에 자료 검증을 거친다. 특히 양 검지기(노드)에서 측정된 30초 점유율과 속도 값들 각각의 상대 차이를 산정하되, 분모에 양 검지기 값을 더해 사용하게 하여 검측 값의 심한 변동을 진점시킴과 동시에 그렇게 변형된 상대 점유율 항과 속도 항을 곱한 특성을 가지고 있다.

2. 기존 알고리즘 분석

2.1 기존 알고리즘 분석

AIDA는 주로 통계학, 패턴인식을 기반으로 한 것이며, 자세히는 비교알고리즘, 통계알고리즘, 시계열 및 필터링 알고리즘, 교통류이론기반 알고리즘으로 분류된다.

비교식 알고리즘은 특정 자료 변수의 거동과 그 패턴의 발견을 통해 돌발상황의 상태를 인식하는 패턴인식에 의존하는 특징을 가지며, 대표적인 APID(All Purpose Incident Detection) 알고리즘이 있다.

통계학적 알고리즘은 표준의 통계기법을 사용하여 차로점유율과 같은 변수의 거동에 변화를 찾아내는 것으로 SND(Standard Normal Deviate) 알고리즘이 있다.

시계열 및 필터링 알고리즘은 결정 변수를 추적하는 시계열 이론 개념에 의존하며 ARIMA(Auto_Regressive Integrated Moving Average) 알고기즘이 대표적이다.

교통류이론기반 알고리즘은 교통류 큭성 변수간의 시공간적 상관관계를 구별, 상황을 인식하는 방식으로 McMaster알고리즘이 대표적이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 설계 및 개발

3.1 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 항의 개념

본 연구에서는 점유율의 상대적 차이(OCCRDF(i,t) : relative difference in occupancy for station i & period t)항에서 분모에 하류부 점유율을 더하는 항의 형태(SAO식)에, 같은 방식으로 만든 상대속도 항을 곱하여 추적변수 항 DiFI를 만듬.

3.2 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 설계

$$DiFI = \frac{OCC_{(i,t)} - OCC_{(i+1,t)}}{OCC_{(i,t)} + OCC_{(i+1,t)}} \times \frac{Spd_{(i+1,t)} - Spd_{(i,t)}}{Spd_{(i,t)} + Spd_{(i+1,t)}}$$

OCC : 점유율

Spd : 평균속도

i 링크인덱스

t : 단위시간 (30초)

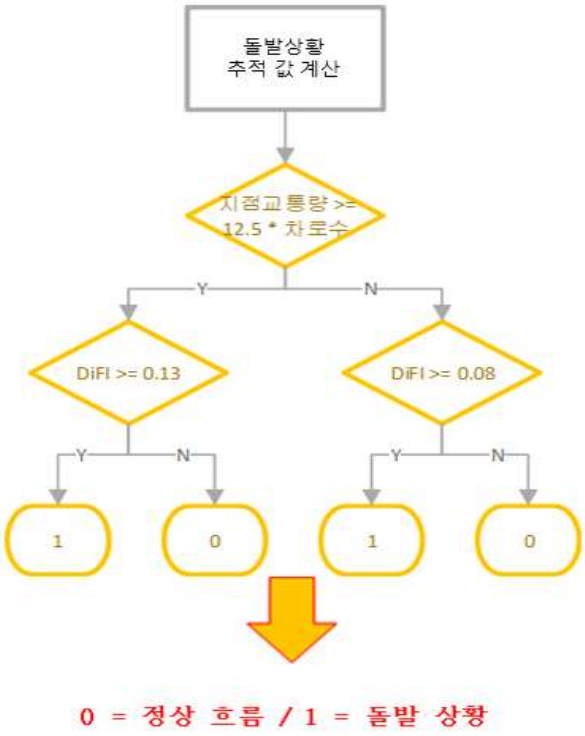
그림 1. 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘

구간 양 지점이 검지기에서 바로 측정되는 점유율과 속도의 상대적인 차이를 각각구하고 분모에 값을 더하는 융합을 하면 정상상황에서는 각각의 값이 0에 가깝고, 이를 곱하면 더욱 작은 값이 계산된다. 굳이 점유율과 속도의 상대 값을 계산할 때 특정 검지기의 값 대신 두 개의 값을 융합해 분모로 쓰는 것은 양 검지기에서 추출되는 변수값의 내재적 차이를 극복하면서 안정적인 분모 값을 유지하기 위함이다. 항의 분자에서 상류 검지기의 점유율 값을 앞에 놓고 하류 검지기의 값을 뒤에 놓은 이유는 저이상 흐름 상황에서는 큰 음수(-) 값의 출현을 배제하고, 돌발상황 발생이나 진행과정에서는 양수(+)의 값을 공고히 하며, 돌발상황의 해제에서는 음수(-)값을 보이기 위함임.

- **돌발상황 추적값 계산**

  - 상대 점유율과 상대 속도를 기준으로 30초 계산 주기마다 정상상황에 대비하여 미처 통과하기 못해 적체된 교통량과 관련지은 개념을 지수로 표현한 것으로, 구간 양 지점의 링크에서 바로 측정되는 점유율과

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



속도의 상대적인 차이를 각각 구하고 분모에 값을 더하는 융합을 하면 정상상황에서는 각각의 값이 0에 가깝고, 이를 곱한 결과값은 더욱 작은 값이 된다 그러므로, 결과값을 추적하면 정상상황에서는 시간의흐름에 따라 0을 중심으로 상대적으로 미동을 보이고, 돌발상황의 징후나 발생 시에는 0.00 보다는 큰 특정 값에서 1.00 사이의 값을 보이게된다

$$\text{추적값} = \frac{OCC_{(i,t)} - OCC_{(i+1,t)}}{OCC_{(i,t)} + OCC_{(i+1,t)}} \times \frac{Spd_{(i+1,t)} - Spd_{(i,t)}}{Spd_{(i,t)} + Spd_{(i+1,t)}}$$

OCC : 점유율 / Spd : 평균속도 / i 링크 인덱스 / t : 단위시간 (30초)

- **지점교통량**
  - 해당 지점 차로의 교통량과 임계값* 차로수를 곱한 값과 비교한다.
  - 임계값을 30초당 12.5대로 표현 (1500vphpl 수준이 차량 상호작용의 본격적 발생여부를 가르는 끝지점의 교통량으로 판단)
- **DiFl >= 0.13 상태값**
  - 차로별 교통량 1,500vphpl를 기준으로 한계점의 기준을 High_Vol(0.13)으로 정의
- **DiFl >= 0.08 상태값**
  - 차로별 교통량 1,500vphpl를 기준으로 한계점의 기준을 Med_Vol(0.08)으로 정의
- **결과값**
  - 해당 차로간 결과값이 0이면 정상 흐름, 1이면 돌발 상황 으로 간주하며, 돌발로 판정될 경우 Flag로 처리한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

우선 임계값은 30초당 12.5대로 정의했으며, 근거는 교통량 1500 vphpl를 기준으로 2원화 하였다.

Item	Flow Level	THR_value
TH_Med_q	L.T. 12.5 veh/30s/lane	0.08
TH_High_q	12.5 veh/30s/lane or more	0.13

그림 2. 돌발상황 임계값

단 고속의 연속류에 적용될 때는 1500vphpl이하의 수준에서는 0.07~0.08을, 초과 수준에서는 0.12~0.14의 사이 값 중에서 선택하도록 설계하였음.

■ 시스템 구성

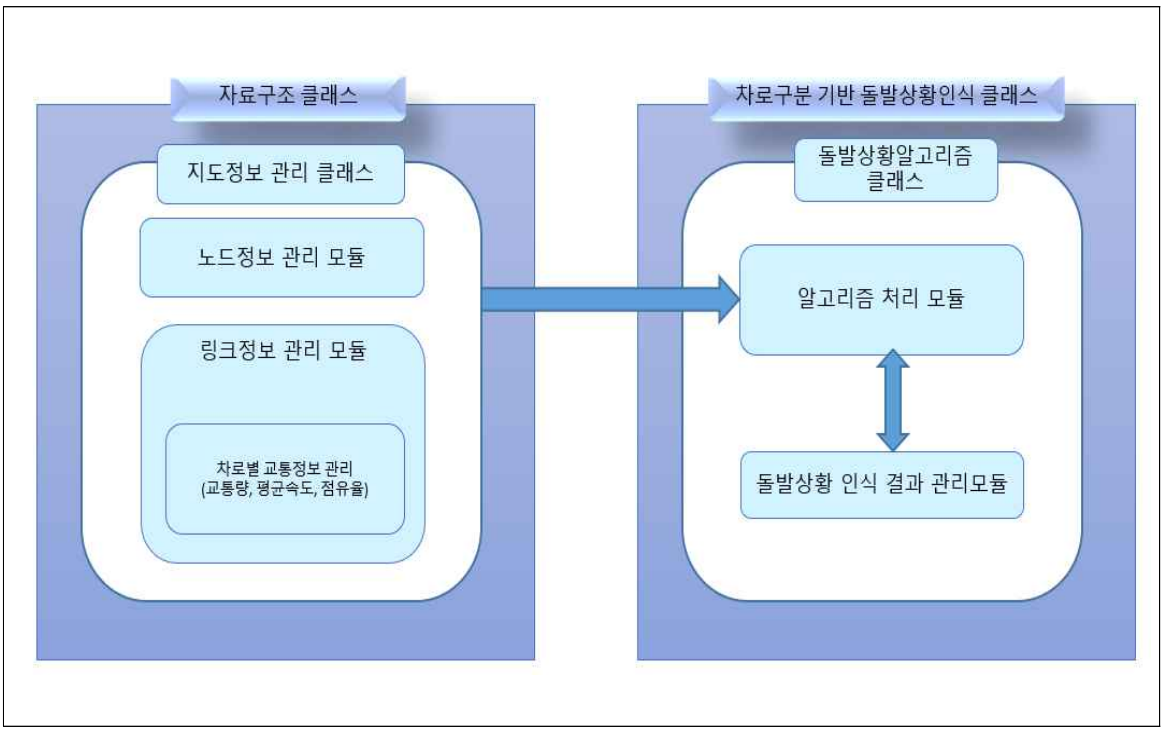


그림 3. 차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 아키텍처

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 주요 모듈 설계

모듈요소	기능설명
노드정보 관리모듈	• 하나의 노드 정보를 가지고 있음 - 노드ID, 노드 X좌표, 노드Y좌표
링크정보 관리모듈	• 하나의 링크 정보를 가지고 있음 - 링크ID, 링크의 시작 노드 포인터, 링크의 종료 노드 포이터, 링크의 길이, 링크의 길이, 차로별 평균속도를 가지고 있는 배열, 경로탐색시 사용되는 상위 링크를 가리키는 포인터 • LoadJson 메소드 - 돌발상황인식 소스 데이터를 (링크/차로별 점유율, 평균속도, 교통량) 파라메터 filePath로 넘겨준 json 포맷 파일로 부터 읽어들이고 에러 발생시 에러코드를 DWORD 값으로 반환한다 • SaveJson 메소드 - 파라메터로 넘겨준 filePath 파일에 json 포맷으로 돌발상황인식 소스데이터를 (링크/차로별 점유율, 평균속도, 교통량) 저장한다. 에러 발생시 에러코드를 DWORD 값으로 반환한다
알고리즘 처리모듈	• ClearAllDetection 메소드 - 돌발상황 관련 소스데이터들을 클리어 한다. 이후 새롭게 소스데이터 추가등의 작업을 다시 할수 있다 • SetTrafficData 메소드 - 지정 링크에 돌발판단을 위한 차로별 소스 데이터를 (교통량, 점유율, 평균속도) 지정 • DetectIncidentCore 메소드 - 파라메터 Link1, Link2로 넘겨준 두개의 링크 각 차선을 대상으로 돌발상황 알고리즘을 통하여 돌발상황 발생여부를 처리한다
돌발상황 인식결과 관리모듈	• SaveResultJson 메소드 - 돌발상황발생 인식 결과를 (돌발상황이 발생한 링크,차로번호들) json 포맷으로 저장. 에러 발생시 에러코드를 DWORD 값으로 반환한다

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 클래스 다이어그램

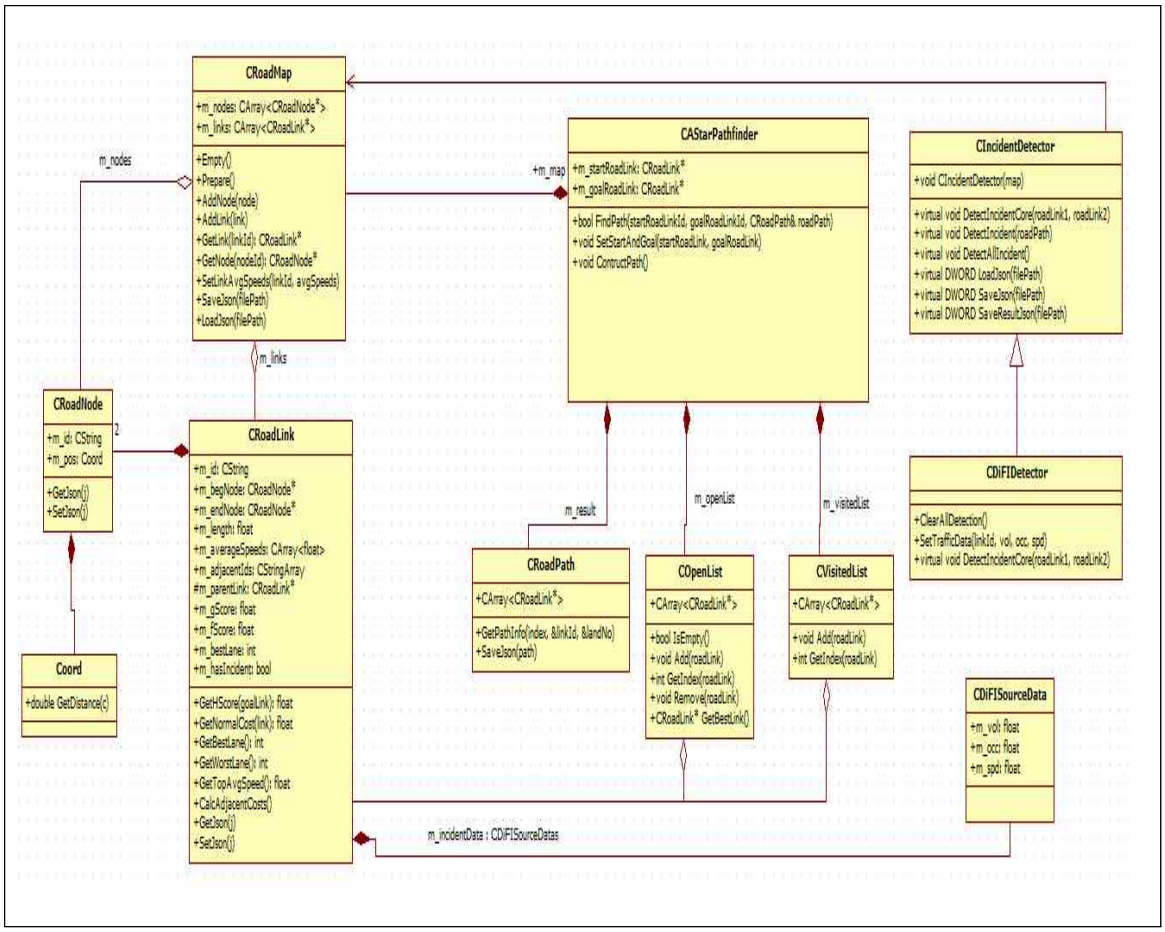


그림 4. 차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 클래스 다이어그램

- 클래스 다이어그램 동작원리

구간 양 CDiFIDetector 클래스는 돌발상황인식 알고리즘을 사용하여 돌발상황인식을 처리하며, 필요한 교통정보 자료는 CRoadMap내의 각 CRoadLink클래스내의 CDiFISourceData 클래스로 부터 가져와 처리한 후 돌발여부를 CRoadLink 클래스내에 저장한다

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.3 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘 개발

3.3.1 개발환경

본 연구 과제른 통행 구현된 환경은 OS, 개발언어, 클라이언트 툴, 설계툴 로 구분하여 구성할 수 있다.

분류	세부사항
OS	Windows 10, Windows Server 2003
개발언어	Visual C++, C#, XML,
클라이언트 툴	Eclilipes, Visual Studio 2017
설계 툴	StarUML 5.0, ThinkWise

3.3.2 알고리즘 의사코드

```
Function DetectIncident(path)
        for i = 0 in link count in path – 2
        laneCount = link(i).laneCount  // 차선수
        occ1 = link(i).occ        // 지점점유율
        spd1 = link(i).spd        // 지점평균속도
        vol1 = link(i).vol        // 지점교통량
        occ2 = link(i+1).occ
        spd2 = link(i+1).spd
        vol2 = link(i+1).vol
        DiFI = ((occ1–occ2)/(occ1+occ2))*((spd2–spd1)/(spd1+spd2))
        If (vol1/laneCount >= 12.5)
        If (DiFI > 0.13)
        Return true     // 돌발상황 발생
        Else
        If (DiFI > 0.08)
        Return true     // 돌발상황 발생
        Endif
        Return false    // 정상흐름
        end for
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

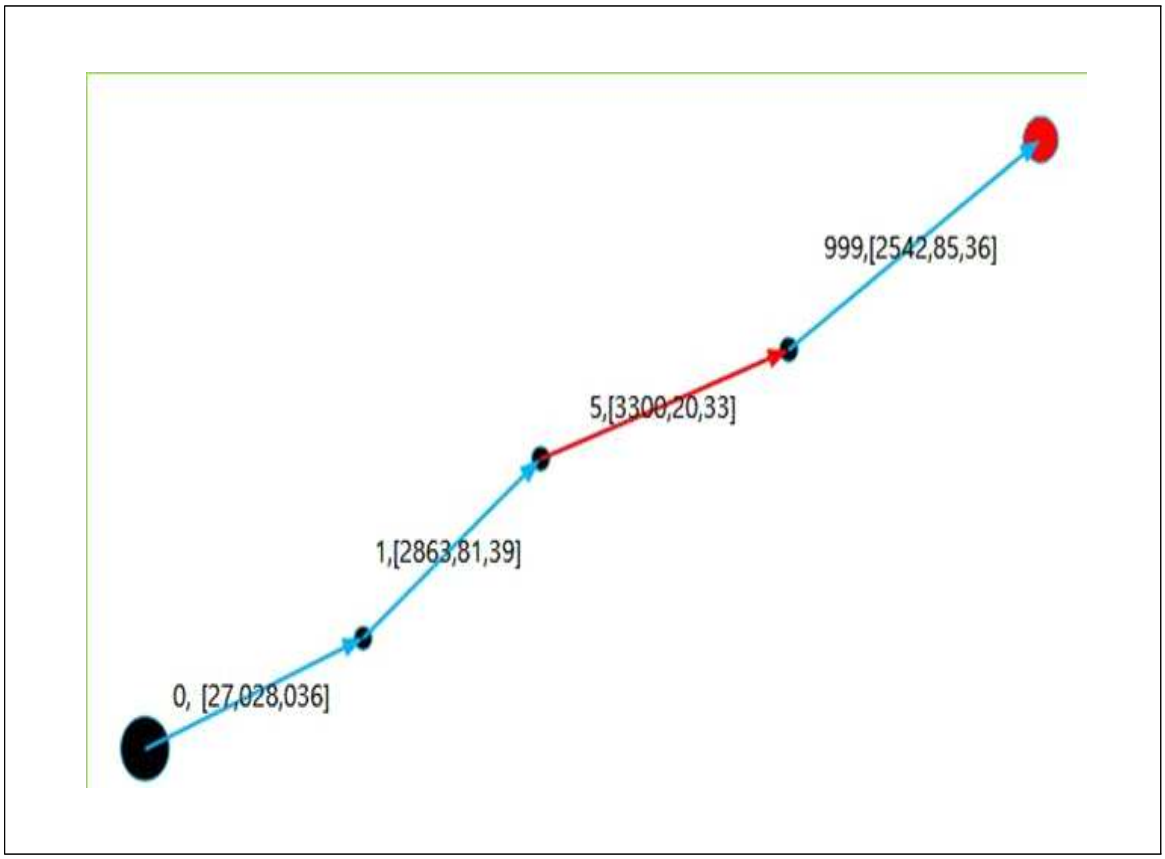


그림 5. 차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 흐름인식

참고자료

[1] Kyu-Soon Lee and Chi-Hyun Shin(2016), Development of an AIDA(Automatic Incident Detection Algorithm) for Uninterrupted Flow Based on the Concept of Short-term Displaced Flow

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	설명서	문서번호	보고서-57

차로구분 기반 차량안전유도 관리 알고리즘

2017. 11. 08.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	조용완	2017.11.07.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017.11.8.	조용완

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1 연구 목표 ····· 3
1.2 연구의 차별성 ····· 3

2. 알고리즘 분석 ····· 3
2.1 알고리즘 개념 ····· 3
2.2 알고리즘 구현방법 ····· 3

3. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 설계 및 개발 ····· 4
3.1 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 설계 ····· 4
3.2 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 개발 ····· 9

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 연구 목표

1.1. 연구 목표

최근, 차량 안전 서비스에 대한 연구가 국내외에서 이뤄지고 있다. 차량 안전 서비스는 단거리 차량 간 무선 통신을 통해 실시간 주행상황을 모니터링 함으로써, 차량의 안전운행을 유도하고 교통 혼잡 상황을 개선하여 운전자에게 보다 안전하고 쾌적한 주행환경을 제공하도록 하는 것을 목적으로 한다. 차량 안전에는 차량위치, 속도 및 이동 방향 등의 차량 위치 벡터가 포함되어 있어서 주변 차량들의 주행상태를 실시간으로 인지하여 사고를 미연에 방지할 수 있다.

1.2. 연구의 차별성

기존 연구에서는 이용자 선호도에 따른 완전 탐색 알고리즘(우선순위 없이 모든 노드 탐색)인 BFS 알고리즘, 일반적인 최단거리 알고리즘인 다익스트라 알고리즘, 모든 노드의 최단 경로를 찾는 알고리즘인 플로이드 알고리즘에 대한 연구를 주로 수행하였다. 본 연구에서는 A*알고리즘을 이용하여 개발을 하였고, A*알고리즘이 기존 알고리즘과의 차별성은 최소가 되는 지점을 우선 선택, 휴리스틱 추정값 사용, Open List/Closed List를 이용하여 노드 관리를 한다. 기존 연구에서는 각 개별 운전자들의 요구에 대응하는데 한계가 존재하지만, 본 연구에서는 최소가 되는 지점을 탐색을 제공하는 방법론 개발을 통해 실시간으로 운전자에게 좋은 방안을 제시한다.

2. 알고리즘 분석

2.1. 알고리즘 개념

컴퓨터공학에서 A* (에이스타라고 발음함) 알고리즘은 길찾기(pathfinding)와 그래프 자 자료구조 탐색에서 널리 쓰이며, 노드라고 불리는 여러 개의 지점들을 가장 효율적으로 직접 도달 할 수 있는 경로를 찾아내며, 수행속도와 정확도면에서 우수하여 다방면에서 사용되고 있다.

스텐포드 연구소의 Peter Hart, Nils Nilsson과 Bertram Raphael 에 의해 1968년도에 처음 기술되었으며, 1959년도에 개발된 딕스트라(Ddsger Dijkstra) 알고리즘의 개념을 확장한 형태이며, 휴리스틱의 개념을 적용하여 탐색성능을 훨씬 개선하였다

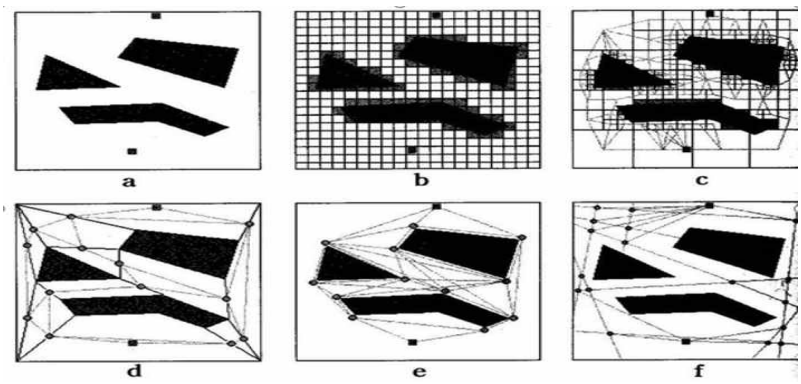
2.2. 알고리즘 구현 방법

여러 가지 탐색 알고리즘 중 가장 효율적인 A* 알고리즘은 여러 문제해결을 위해사용되는데, 특히 게임에서와 같이 여러 장애물이 있는 맵상에서 목표위치까지의 경로를 구하는데 효과적으로 사용되어진다.

n길찾기 문제에서 하나의 상태(노드)는 특정한 위치로 구성되며, 인접한 상태는 유닛이 직접 이동할 수 있는 인접한 위치로 구성된다. 현재 상태에서 아직 조사하지 않은

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

상태들 중 가장 유망한 상태를 조사하는 과정을 반복한다. 이때 그 상태가 목표이면 길찾기는 끝나고, 그렇지 않으면 그 상태의 인접한 상태를 조사해 나간다



3. 차로구분 기반 안전유도알고리즘 설계 및 개발

3.1. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 설계

■ 노드

: 노드는 위치정보(x, y)와 거쳐온 상위 노드에 대한 주소, 그리고 3개의 스코어(G, H, F)를 가지고 있고, 이 스코어를 가지고 A* 알고리즘은 어떤 노드를 우선 먼저 탐색 시도 해볼지를 결정한다.

■ G스코어

: 노드의 기본적인 스코어이며 단순하게 시작 노드로부터 해당 노드까지의 이동 비용을 가지고 있으며 노드를 이동할 때 마다 값이 이동 비용만큼 증가한다. 본 프로젝트에서는 해당 노드까지 가는 링크의 길이를 해당링크의 차선 중 가장 빠른 평균속도 값으로 나누어 이동시간을 구하여 사용한다.

$$g(n) = g(n.parent) + cost(n.parent, n)$$

cost(n1, n2) = n1에서 n2로 이동비용(본 프로젝트에서는 이동하는데 걸리는 시간)

■ H스코어

: 각 노드로부터 목표 노드까지의 '거리'이다. 실제적인 계산은 다음 수식을 사용

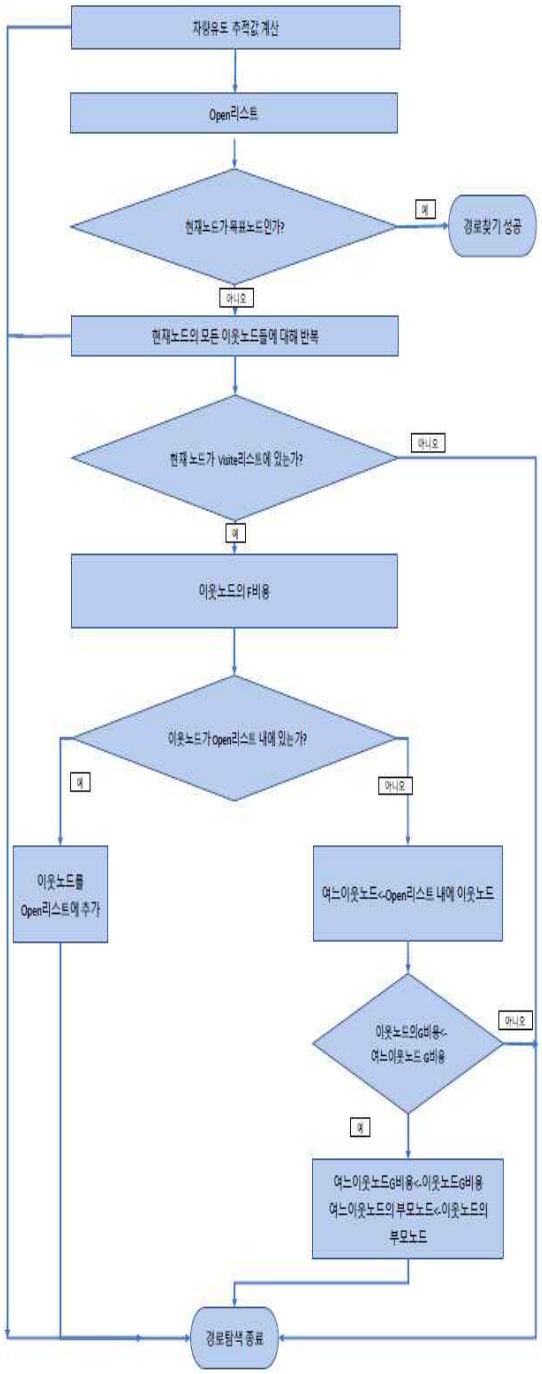
$$h(n) = \sqrt{(n.x - goal.x)^2 + (n.y - goal.y)^2}$$

■ F스코어

: 단순히 G 스코어와 H 스코어를 더한 값이며 해당 노드를 거치는 경로의 총비용을 나타낸다.

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



- **차량유도 추적값 계산**
  - Open리스트<-시작노드
  - Visited리스트<-빈 상태
  - 시작노드의 G비용<-0
  - 시작노드의 G비용은 시작 노드로부터 해당 노드까지 가는 링크의 길이를 해당링크의 차선 중 가장 빠른 평균속도 값으로 나누어 이동시간을

$$g(n) = g(n.parent) + cost(n.parent, n)$$

  구함
  - 휴리스틱 H비용은 각 노드로부터 목표 노드까지의 거리

$$h(n) = \sqrt{(n.x - goal.x)^2 + (n.y - goal.y)^2}$$

  - 시작노드의 F비용 = 시작노드의G비용 + 휴리스틱 비용(시작노드,목표노드)

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

- **Open리스트**
  - Open리스트에 내용이 있는 동안 반복하며, 현재노드<-Open리스트에서 가장 작은 F비용을 가진 노드를 가져옴
- **현재노드가 목표노드인가? = 예**
  - 경로찾기 성공
- **현재노드가 목표노드인가? = 아니오**
  - 현재노드의 모든 이웃노드들에 반복
- **현재노드가 Visited리스트에 있는가? = 아니오**
  - 경로탐색 종료
- **현재노드가 Visited리스트에 있는가? = 예**
  - 이웃노드의 F비용
- **이웃노드가 Open리스트에 있는가? = 예**
  - 이웃노드를 Open리스트에 추가 후 경로탐색 종료
- **이웃노드가 Open리스트에 있는가? = 아니오**
  - 여느이웃노드<-Open리스트 내에 이웃노드
- **이웃노드의 G비용<-여느이웃노드 G비용인가? = 아니오**
  - 경로탐색 종료
- **이웃노드의 G비용<-여느이웃노드 G비용인가? = 예**
  - 여느이웃노드 G비용<-이웃노드G비용
- **여느이웃노드의 부모노드<-이웃노드의 부모노드인가? = 예**
  - 경로탐색 종료

그림 1. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 순서도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 시스템 구성

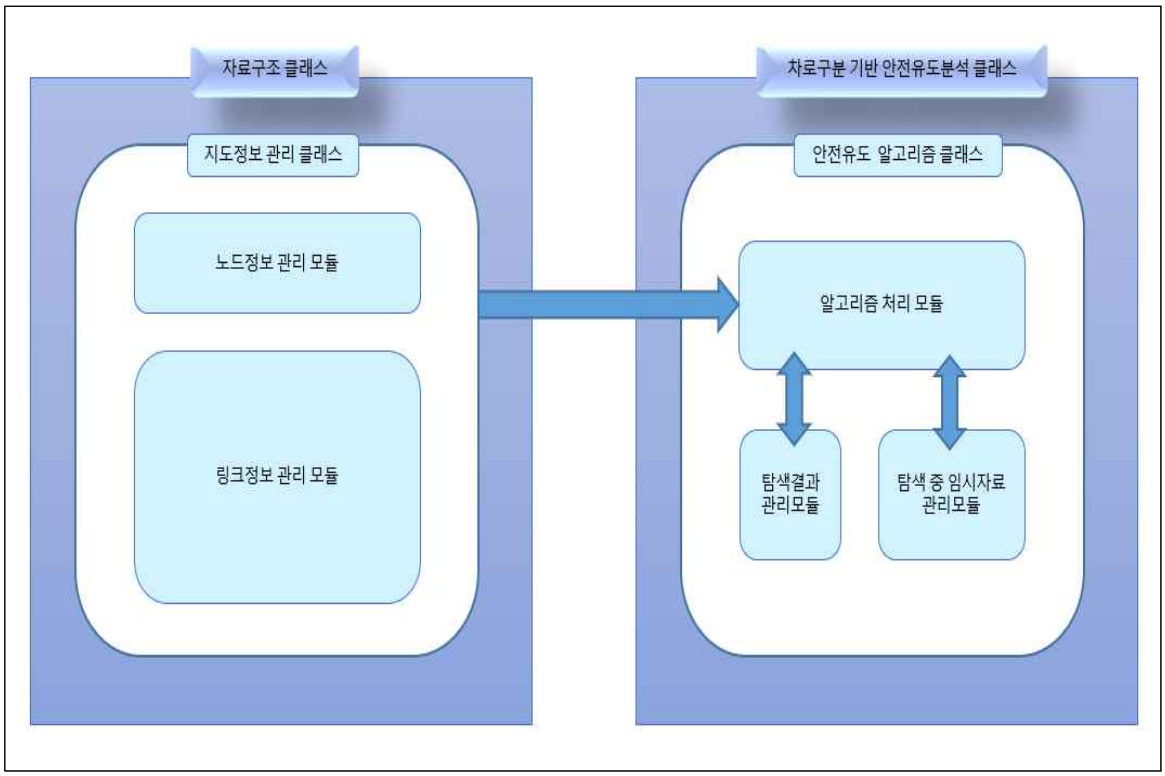


그림2. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 아키텍처

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 주요 모듈 설계

표 1. 주요 모듈 기능 설명

모듈요소	기능설명
노드정보 관리모듈	하나의 노드 정보를 가지고 있음 - 노드ID, 노드 X좌표, 노드Y좌표
링크정보 관리모듈	IsEmpty 메소드 - 해당 클래스에 추가된 자료가 하나도 없으면 true를 반환, 아니면 false를 반환함. Remove 메소드 - Link 포인터로 지정한 해당 CRoadLink.객체를 본 클래스 내에서 찾아 제거함 GetIndex 메소드 - Link 포인터로 지정한 해당 CRoadLink 객체의 본 클래스 내의 인덱스 번호를 찾아 반환함. GetBestLink 메소드 - 현재 OpenList 에서 F 코스트가 가장 작은 값을 가진(목표 링크까지 이동 비용이 가장 적을 것으로 추정되는) 링크를 가져옴
알고리즘 처리모듈	FindPath 메소드 - startRoadLinkId의 아이디를 가진 시작 링크로 부터 goalRoadLinkId 를 아이디로 가진 목적링크까지 차로기반 최적경로 탐색 알고리즘을 적용하여 경로 탐색을 실시함. 탐색결과는 m_result 속성에 저장함 SetStartAndGoal 메소드 - 경로 탐색을 위한 내부 자료 구조들을 준비상태로 만들고 초기 자료구조의 비용등을 계산하여 저장함 ConstructPath 메소드 - 탐색결과를 생성하여 CRoadPath 객체 형태의 속성인 m_results 에 저장함
탐색결과 관리모듈	GetPathInfo 메소드 - Index 에가져올 인덱스 번호를 넣고 호출하면 linkId에 해당 링크의 아이디와 laneNo에 해당 링크내의 최적 차선(평균속도가 가장 빠른 차선)을 가져옴
임시자료 관리모듈	SaveJson 메소드 - 차선기반 최적경로 탐색결과 전체를 json 포맷의 파일에 저장한다. 저장할 파일명은 filePath에 지정함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 클래스 다이어그램

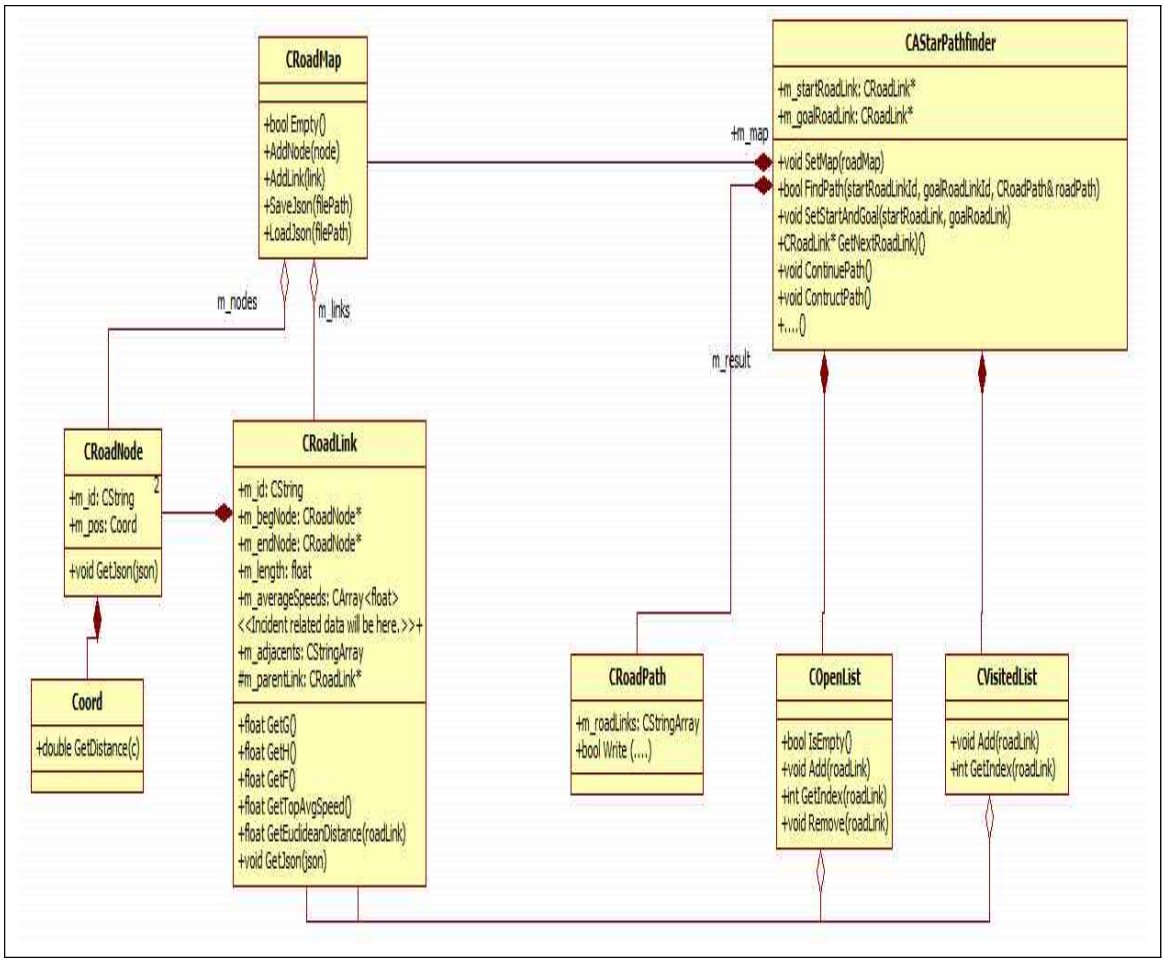


그림 3. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 클래스 다이어그램

- 클래스 다이어그램 동작 원리

1) 구간 CAStarPathFinder 클래스는 차로구분 기반 안전유도 알고리즘을 처리하는 클래스로써 지도 자료구조를 나타내는 클래스인 CRoadMap 내의 지도정보를 사용하여 탐색을 실시한 후 결과는 CRoadPath 클래스에 저장한다. 탐색 처리중에는 COpenList와 CVisitedList 클래스를 사용하여 처리 중 필요한 임시 자료들을 관리함
2) CRoadMap 클래스는 링크 자료구조를 나타내는 CRoadLink 클래스와 노드 자료구조를 나타내는 CRoadNode 클래스를 사용하여 지도 자료구조를 관리함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 개발

3.2.1. 개발환경

본 연구 과제른 통행 구현된 환경은 OS, 개발언어, 클라이언트 툴, 설계툴 로 구분하여 구성할 수 있다.

표 2. 세부 개발환경

분류	세부사항
OS	Windows 10, Windows Server 2003
DBMS	My SQL 5.7.19.0
개발언어	Java, Visual C++, C#, JSP, XML,
클라이언트 툴	Eclilipes, Google Android 2.3 SDK
설계툴	StarUML 5.0, ThinkWise, SQLyog, ERwin 7.3.11

3.2.2. 알고리즘 의사코드

```
function A*Pathfinding(start, goal)

  open_list = set containing start
  closed_list = empty set
  start.g = 0
  start.f = start.g + heuristic(start, goal)

  while open_list is not empty
    current = open_list element with lowest f cost

    if current = goal
      return construct_path(goal) // 경로 찾기 성공


    remove current from open_list
    add current to closed_list


    for each neighbor in neighbors(current)
      if neighbor not in closed_list
        neighbor.f = neighbor.g + heuristic(neighbor, goal)

        if neighbor is not in open_list
          add neighbor to open_list

        else

          openneighbor = neighbor in open_list

          if neighbor.g < openneighbor.g
            openneighbor.g = neighbor.g
            openneighbor.parent = neighbor.parent


    return false    // 도로구조상 실제로 경로가 없는 경우.
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
function neighbors(node)
  neighbors = set of valid neighbors to node

  for each neighbor in neighbors
    neighbor.g = node.g + normal_cost // 평균속도가 가장 빠른 차선의 cost를 계산
    neighbor.parent = node
  return neighbors


function construct_path(node)
  path = set containing node
  while node.parent exists
    node = node.parent
    add node to path

  return path
```

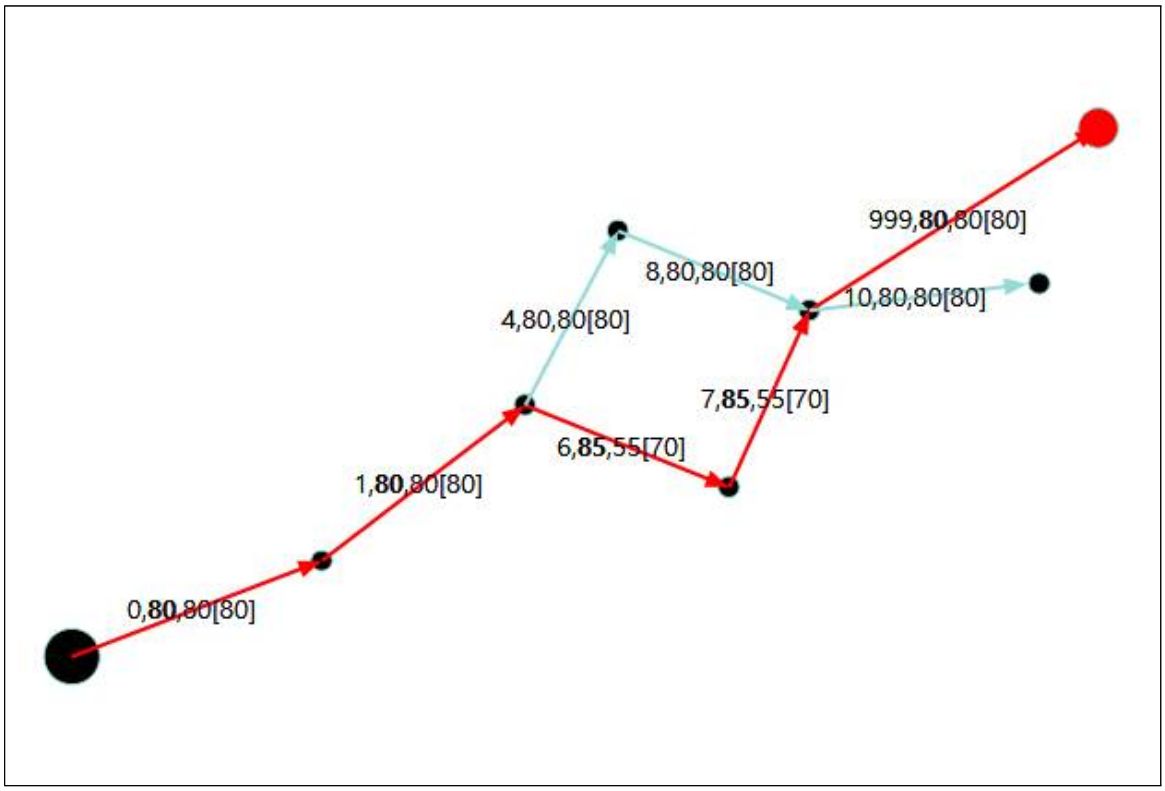


그림 4. 차로구분 기반 안전유도 알고리즘 흐름인식

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	보고서	문서번호	보고서-58

교통 운영 서비스 적용 시나리오 보고서

2017. 11. 16

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	조용완	2017. 11. 16.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 16	조용완

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 연구 개요 ····· 3
1.1. 연구 목적 ····· 4
1.2. 연구 목표 ····· 4
1.3. 연구의 필요성 ····· 4

2. 배경 지식 ····· 5
2.1. 돌발상황 알고리즘 ····· 5
2.2. 안전유도 최적경로 알고리즘 ····· 6

3. 연구내용 ····· 8
3.1. 돌발상황 및 차로안내 서비스 설계 ····· 8
3.2. 돌발상황 및 차로안내 서비스 개발 ····· 15
3.3. 교통운영 서비스 시험평가 방안 ····· 26
3.4. 교통운영 서비스 활용방안 및 제약사항 ····· 33

4. 기타 ····· 36
4.1. 차로기반 안전유도 알고리즘 특허 ····· 36

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 연구 개요

○ 과제 제목
- 차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구

○ 과제 제원
- 국토교통부 교통물류연구사업 (전문기관 : 국토교통과학기술진흥원)

○ 최종 목표
- 위성항법 정밀측위 기술을 적용한 미래형 상용화 교통서비스 개발
- 실제 도로상에서 이용하는 단말기를 통한 현실적 교통서비스 상용화

○ 연구 기간
- 2차년도 : 2017. 01 ~ 2017. 12
- 3차년도 : 2018. 01 ~ 2018. 12

○ 당해연도 연구 내용
- 차로구분 돌발상황 감지 알고리즘 개발
- 차로구분 차량 안전유도 알고리즘 개발
- 통합 단말기 연계 교통 서비스 S/W 프로토 타입 개발

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1.1 연구 목적

- 고속도로 돌발상황의 검지, 확인, 대응, 사후관리 들 일련의 돌발상황 관리에서 발생되는 데이터를 효율적으로 수집, 저장, 관리하는 정보관리 체계를 구축하고, 이를 기반으로 돌발상황 의사결정에 이용할 수 있는 기반을 제공하기 위함.

1.2 연구 목표

- 정밀위치결정 기반 돌발상황 및 차로안내 서비스 개발

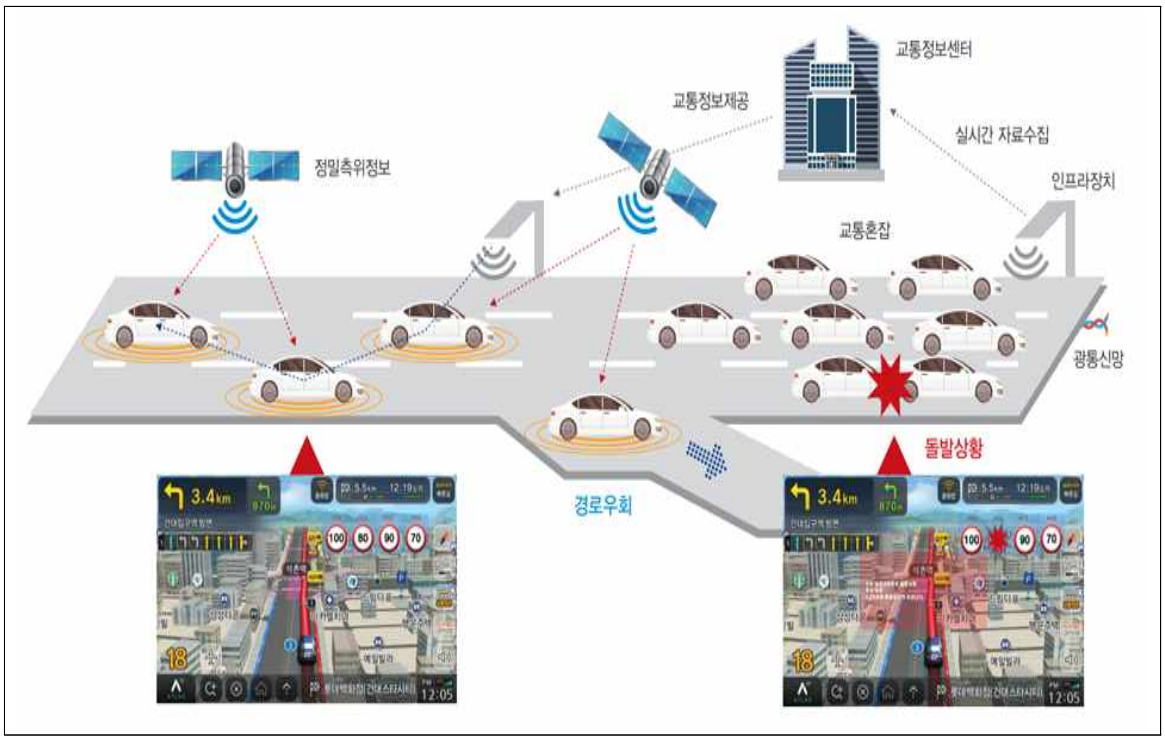


그림 1. 돌발상황 및 차로안내 서비스 구성도

1.3 연구의 필요성

- 사후 대응관리 차원에서 이미 발생된 돌발상황을 신속히 정리하고 해소함으로써 2차 사고방지와 도로 용량의 신속한 기능 회복
- 돌발상황 예방 관리 및 사후 대응 방안 수립 위한 차로별 이력 데이터 활용.
- 적용된 서비스를 시험도로에서 테스트와 기술시연을 통해 개발기술에 대한 성과를 조기 실현 및 고도화 달성을 기대 할 수 있다.
- 개발 기술의 면밀한 분석을 통해 실제 교통상황에 적용 가능한 서비스 도출이 요구되며, 효과적인 기술시연 시나리오 기획이 필요함.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 배경지식

2.1 돌발상황 알고리즘

2.1.1 기존 알고리즘 분석

- AIDA는 주로 통계학, 패턴인식을 기반으로 한 것이며, 자세히는 비교알고리즘, 통계알고리즘, 시계열 및 필터링 알고리즘, 교통류이론기반 알고리즘으로 분류된다. 비교식 알고리즘은 특정 자료 변수의 거동과 그 패턴의 발견을 통해 돌발상황의 상태를 인식하는 패턴인식에 의존하는 특징을 가지며, 대표적인 APID(All Purpose Incident Detection) 알고리즘이 있다.
- 통계학적 알고리즘은 표준의 통계기법을 사용하여 차로점유율과 같은 변수의 거동에 변화를 찾아내는 것으로 SND(Standard Normal Deviate) 알고리즘이 있다.
- 시계열 및 필터링 알고리즘은 결정 변수를 추적하는 시계열 이론 개념에 의존하며 ARIMA(Auto_Regressive Integrated Moving Average) 알고기즘이 대표적이다.
- 교통류이론기반 알고리즘은 교통류 극성 변수간의 시공간적 상관관계를 구별, 상황을 인식하는 방식으로 McMaster알고리즘이 대표적이다

.

2.1.2 DiFI 항의 개념

본 연구에서는 점유율의 상대적 차이(OCCRDF(i,t) : relative difference in occupancy for station i & period t)항에서 분모에 하류부 점유율을 더하는 항의 형태(SAO식)에, 같은 방식으로 만든 상대속도 항을 곱하여 추적변수 항 DiFI를 만듬.

2.1.3 DiFI 알고리즘 설계

- 구간 양 지점이 검지기에서 바로 측정되는 점유율과 속도의 상대적인 차이를 각각 구하고 분모에 값을 더하는 융합을 하면 정상상황에서는 각각의 값이 0에 가깝고 이를 곱하면 더욱 작은 값이 계산된다. 굳이 점유율과 속도의 상대 값을 계산할 때 특정 검지기의 값 대신 두 개의 값을 융합해 분모로 쓰는 것은 양 검지기에서 추출되는 변수 값의 내재적 차이를 극복하면서 안정적인 분모 값을 유지하기 위함이다. 항의 분자에서 상류 검지기의 점유율 값을 앞에 놓고 하류 검지기의 값을 뒤에 놓은 이유는 저이상 흐름 상황에서는 큰 음수(-) 값의 출현을 배제하고, 돌발상황 발생이나 진행과정에서는 양수(+)의 값을 공고히 하며, 돌발상황의 해제에서는 음수(-)값을 보이기 위함임.

$$DiFI = \frac{OCC_{(i,t)} - OCC_{(i+1,t)}}{OCC_{(i,t)} + OCC_{(i+1,t)}} \times \frac{Spd_{(i+1,t)} - Spd_{(i,t)}}{Spd_{(i,t)} + Spd_{(i+1,t)}}$$

OCC : 점유율

Spd : 평균속도

i 링크인덱스

t : 단위시간 (30초)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



0 = 정상흐름 / 1 = 돌발상황

2.2 안전유도 최적경로 알고리즘

2.2.1 기존 알고리즘 분석

- AIDA는 주로 통계학, 패턴인식을 기반으로 한 것이며, 자세히는 비교알고리즘, 통계알고리즘, 시계열 및 필터링 알고리즘, 교통류이론기반 알고리즘으로 분류된다. 비교식 알고리즘은 특정 자료 변수의 거동과 그 패턴의 발견을 통해 돌발상황의 상태를 인식하는 패턴인식에 의존하는 특징을 가지며, 대표적인 APID(All Purpose Incident Detection) 알고리즘이 있다.
- 통계학적 알고리즘은 표준의 통계기법을 사용하여 차로점유율과 같은 변수의 거동에 변화를 찾아내는 것으로 SND(Standard Normal Deviate) 알고리즘이 있다.
- 시계열 및 필터링 알고리즘은 결정 변수를 추적하는 시계열 이론 개념에 의존하며 RIMA(Auto_Regressive Integrated Moving Average) 알고리즘이 대표적이다.
- 교통류이론기반 알고리즘은 교통류 큭성 변수간의 시공간적 상관관계를 구별, 상황을 인식하는 방식으로 McMaster알고리즘이 대표적이다.

2.2.2 알고리즘 개념

- A* 알고리즘은 두 개의 리스트(Open리스트와 Visited리스트)를 관리하며 동작한다. Open리스트는 잠정적으로 최적경로로 추정되는 노드들을 가지고 있으며 처음에는 시작노드를 가지고 있다. Visited리스트는 빈상태로 시작되며, 탐색 처리가 완료된 모든 노드들을 보관하고 있다. 알고리즘의 핵심 루프는 Open리스트 내의 노드들 중에서 목표노드까지 이동 비용이 가장적은 노드를 가져온 후 그 노드가 목표노드가 아니면 가져온 노드의 이웃노드들을 전부 Open리스트에 넣고 처리를 반복한다. 특징으로는 알고리즘에서 처리된 모든 노드들은 거쳐온 상위노드에 대한 주소를 가지고 있어서 역으로 탐색하여 시작노드까지 거슬러 올라갈 수 있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2.3 A* 알고리즘 설계

- 노드

: 노드는 위치정보(x, y)와 거쳐온 상위 노드에 대한 주소, 그리고 3개의 스코어(G, H, F)를 가지고 있고, 이 스코어를 가지고 A* 알고리즘은 어떤 노드를 우선 먼저 탐색 시도 해볼지를 결정한다.

- G스코어

: 노드의 기본적인 스코어이며 단순하게 시작 노드로부터 해당 노드까지의 이동 비용을 가지고 있으며 노드를 이동할 때 마다 값이 이동 비용만큼 증가한다. 본 프로젝트에서는 해당 노드까지 가는 링크의 길이를 해당링크의 차선중 가장 빠른 평균속도 값으로 나누어 이동시간을 구하여 사용한다.

$$g(n) = g(n.parent) + cost(n.parent, n)$$

cost(n1, n2) = n1에서 n2로 이동비용(본 프로젝트에서는 이동하는데 걸리는 시간)

- H스코어

: 각 노드로부터 목표 노드까지의 '거리'이다. 실제적인 계산은 다음 수식을 사용

$$h(n) = \sqrt{(n.x - goal.x)^2 + (n.y - goal.y)^2}$$

- F스코어

: 단순히 G 스코어와 H 스코어를 더한 값이며 해당 노드를 거치는 경로의 총비용을 나타낸다.

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 연구 내용

3.1 돌발상황 및 차로안내 서비스 설계

3.1.1 시스템 흐름도

- 연동 모듈은 단말기에서 http통신을 통해 수신된 정밀 측위 데이터를 파싱을 통해 데이터베이스에 저장하며, 알고리즘을 통해 계산된 돌발 데이터 및 안전유도 데이터를 TCP/IP Socket 통신을 이용해 해당 단말기에 전송하는 역할을 하며, 알고리즘을 계산하기 위한 기초 데이터(평균속도, 교통량, 점유율)를 계산하여 알고리즘 모듈에 전달하는 역할을 한다.

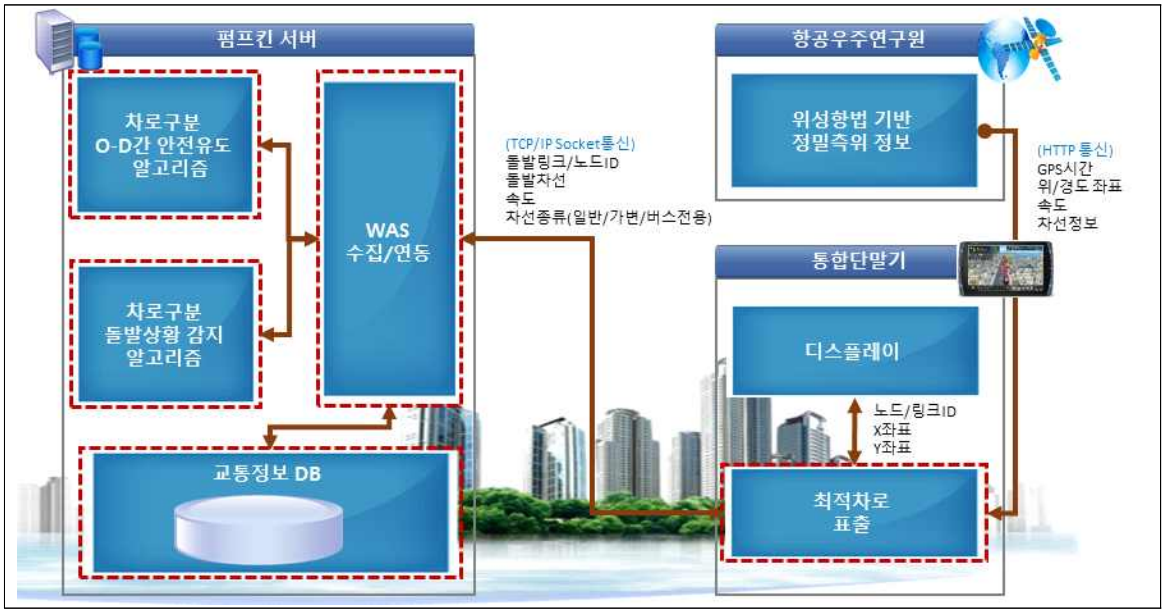


그림 1. 시스템 흐름도

3.1.2 돌발상황 알고리즘 설계

- 우선 임계값은 30초당 12.5대로 정의했으며, 근거는 교통량 1500 vphpl를 기준으로 2원화 하였다.

Item	Flow Level	THR_value
TH_Med_q	L.T. 12.5 veh/30s/lane	0.08
TH_High_q	12.5 veh/30s/lane or more	0.13

- 단 고속의 연속류에 적용될 때는 1500vphpl이하의 수준에서는 0.07~0.08을, 초과 수준에서는 0.12~0.14의 사이 값 중에서 선택하도록 설계하였음.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

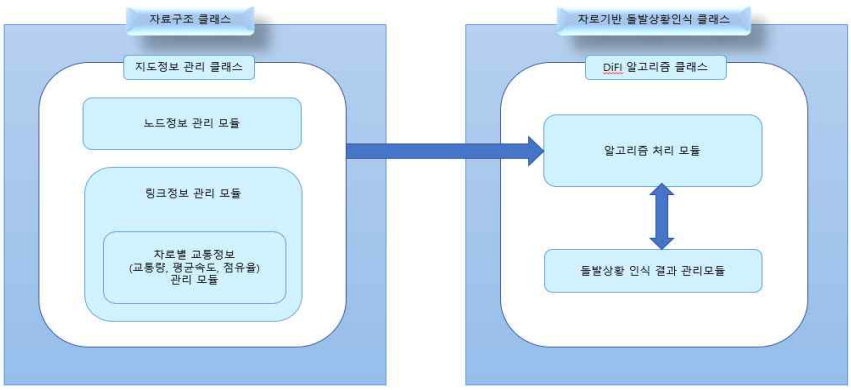


그림 2. 차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 아키텍처

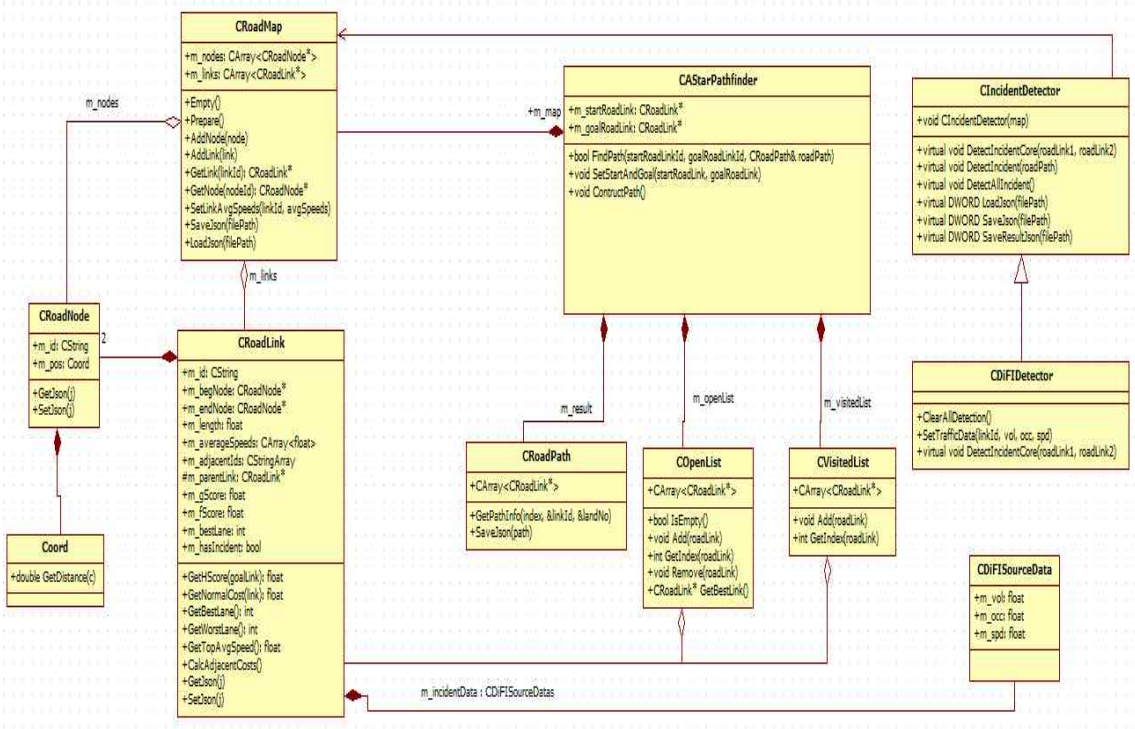


그림 3. 차로구분 기반 돌발 상황 감지 알고리즘 클래스 다이어그램

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.3 차로안내 알고리즘 설계

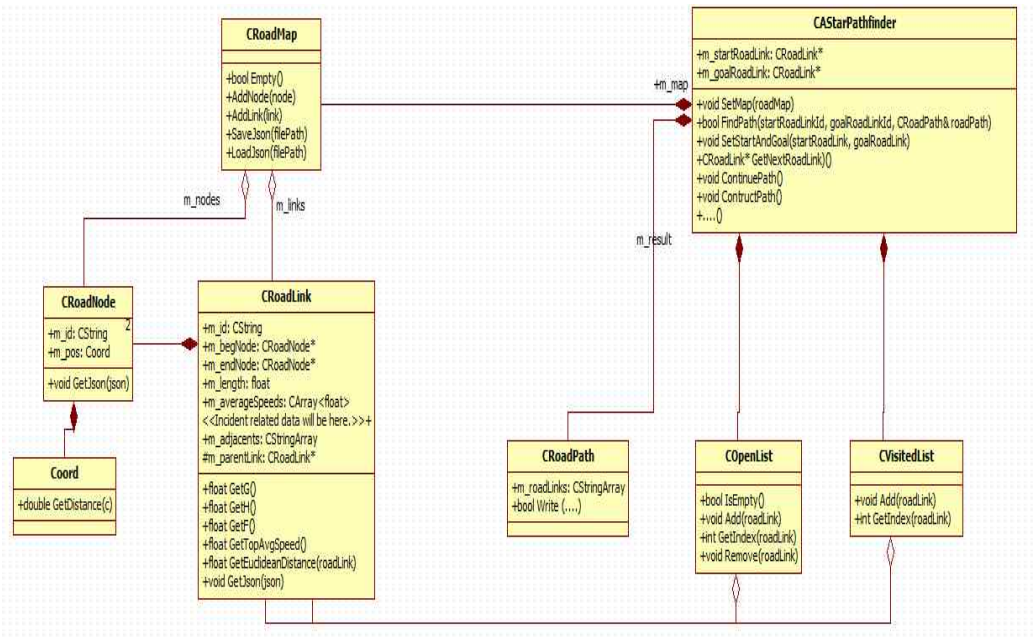


그림 4. 차로 안내 알고리즘 모듈 클래스 다이어그램

3.1.4 서버 모듈 설계

3.1.4.1 연계 S/W 프로트 타입 제작

- 서버 모듈은 단말기에서 http통신을 통해 수신된 정밀 측위 데이터를 파싱을 통해 데이터베이스에 저장하며, 알고리즘을 통해 계산된 돌발 데이터 및 안전유도 데이터를 TCP/IP Socket 통신을 이용해 해당 단말기에 전송하는 역할을 하며, 알고리즘을 계산하기 위한 기초 데이터(평균속도, 교통량, 점유율)를 계산하여 알고리즘 모듈에 전달하는 역할을 한다.

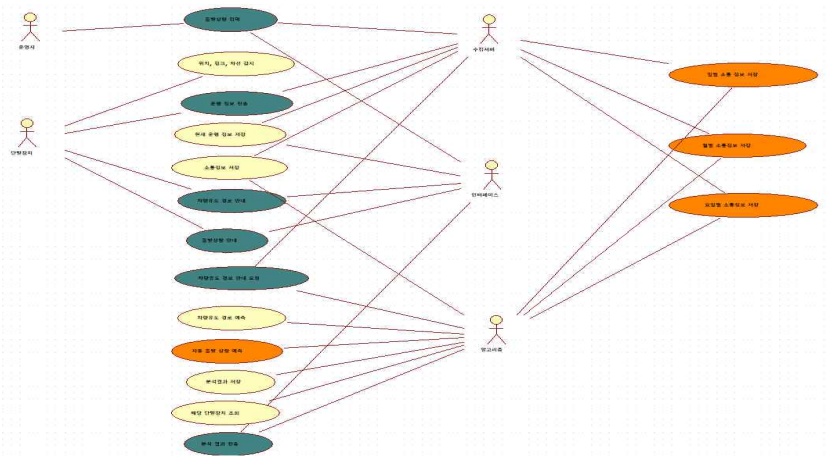


그림 5. 서버모듈 시퀀스 다이어그램

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Seq	항 목	영문항목명	Length	요청	응답	항목설명
1	메시지아이디	id	2	O		전문 요청 Key
2	메시지길이	len	2	O		데이터(json format) byte 길이 + 체크코드 4byte
3	데이터			O		전문구분코드에 따라 Layout 상이 (오른쪽참조)
4	체크코드	crc	4	O		

[IF-PL-001-001]단말장치확인(단말장치 -> 이벤트서버) *TCP/IP Socket 연동

항 목	데이터	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디		2	id	O		메시지번호 : 1001
메시지길이		2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	통신모뎀아이디	12	commModemID	O		단말장치의 통신모뎀아이디
	클라이언트구분	1	clIType	O		요청 클라이언트 구분
체크코드		4	crc	O		체크코드

데이터 부 JSON FORMAT 예제
{"commModemId":"123456789011","clIType":"1"}

[IF-PL-001-002] 돌발정보알림(이벤트서버 -> 단말장치) (TCP/IP Socket)

항 목	데이터	데이터항목	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디			2	id	O		메시지번호 : 1002
메시지길이			2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	반복부	돌발링크아이디	10	linkID	O		돌발링크아이디
		돌발차선번호	2	laneNo	O		돌발차선번호
		속도	8	spd	O		차선속도(5,2)
		종료노드아이디	10	endNodeId	O		링크 종점 노드아이디
		돌발차선여부	1	incidLaneYn	O		돌발차선여부(0: 일반차선, 1:돌발발생차선)
체크코드			4	crc	O		체크코드

*데이터 부 JSON FORMAT 예제
[{"linkId":"0123456789", "laneNo":1, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}, {"linkId":"0123456789", "laneNo":2, "spd":5, "incidLaneYn":"1"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":3, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":4, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":5, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}]

[IF-PL-001-001]단말장치확인(단말장치 -> 이벤트서버) *TCP/IP Socket 연동

항 목	데이터	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디		2	id	O		메시지번호 : 1001
메시지길이		2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	통신모뎀아이디	12	commModemID	O		단말장치의 통신모뎀아이디
	클라이언트구분	1	clIType	O		요청 클라이언트 구분
체크코드		4	crc	O		체크코드

데이터 부 JSON FORMAT 예제
{"commModemId":"123456789011","clIType":"1"}

[IF-PL-001-002] 돌발정보알림(이벤트서버 -> 단말장치) (TCP/IP Socket)

항 목	데이터	데이터항목	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디			2	id	O		메시지번호 : 1002
메시지길이			2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	반복부	돌발링크아이디	10	linkID	O		돌발링크아이디
		돌발차선번호	2	laneNo	O		돌발차선번호
		속도	8	spd	O		차선속도(5,2)
		종료노드아이디	10	endNodeId	O		링크 종점 노드아이디
		돌발차선여부	1	incidLaneYn	O		돌발차선여부(0: 일반차선, 1:돌발발생차선)
체크코드			4	crc	O		체크코드

*데이터 부 JSON FORMAT 예제
[{"linkId":"0123456789", "laneNo":1, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}, {"linkId":"0123456789", "laneNo":2, "spd":5, "incidLaneYn":"1"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":3, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":4, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":5, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}]

* 돌발상황 발생 시는 안전유도 차선 정보, 평상 시에는 링크 속도 정보 제공

[IF-PL-002-001]단말장치확인(단말장치 -> 수집서버) *Restful 연동 TCP/IP Socket

항 목	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
통신모뎀아이디	12	modemID	O		단말장치의 통신모뎀아이디
속도	8	spd	O		차량속도
위도	8	lat	O		위도
경도	8	longt	O		경도
링크아이디	0	itslinkId	O		링크아이디
차선번호	2	laneNo	O		차선번호
노드아이디	10	nodeId	O		노드아이디

[IF-PL-002-001]단말장치확인(수집서버 -> 단말장치) *응답 TCP/IP Socket

항 목	항목상세1	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
오류정보	에러코드	10	errCd		O	에러코드
	에러메시지	100	errMsg		O	에러메시지
반복부 (안전유도/평균속도)	링크아이디	4	linkId		O	안전유도 링크 아이디
	차선번호	2	laneNo		O	차선번호
	차선종류	50	laneType		O	차선종류: 일반, 버스전용, 가변
	속도	8	spd		O	차선 속도
	안전유도차선여부	1	leadYn		O	유도차선 : 1, 일반차선: 0
	종료노드아이디	10	endNodeId		O	링크 종료 노드 아이디

[IF-PL-003-001]$GPIGF 포맷 데이터(네비게이션->단말장치) *Binder 통신(http통신)

항 목	크기	Format	영문항목명	요청	응답	항목설명
Message ID	6	String	Message ID	O	O	GPIGF Protocol header
UTC Time		hhmmss.s	GPS 시간	O		GPS Time
Latitude	10,7	dd.ddddddd	위도	O	O	위도 정보
Longitude	10,7	dd.ddddddd	경도	O	O	경도 정보
Position Covariance (Accuracy)	5,2	numeric	포지션 Covariance	O		포지션 Covariance 값
Valocity	5,2	numeric	속도	O	O	속도 (m/s)
Heading	5,2	numeric	방위각	O		방위각
Heading Convariance (Accuracy)		numeric	방위각 Covariance	O		방위각 Covariance 값
Lane		numeric	차선	O	O	주행 차선 정보 1~N: 차선 번호, 0:모름
Lane change flag		numeric	차선 변경	O		차로 변경 정보 0: 차로 변경 없음. 1: 왼쪽->오른쪽 2: 오른쪽->왼쪽. 3:모름
Lane Convariance (Accuracy)	5,2	numeric	차선 Covariance	O		차선 정보 Covariance 값
Checksum		hexadecimal	Checksum	O		Checksum
Terminator		Character		O		Carriage Return and Line Feed

그림 6. 서버모듈 인터페이스 정의서

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.5 클라이언트 모듈 설계

3.1.5.1 클라이언트 구성방안

- 위성에서 초당 10회 Binder통신을 통해 전송되는 정밀측위 정보를 네비게이션에 탑제한 차로안내앱이 수신하며, 수신된 정보를 Http통신을 통해 서버에 데이터를 전달한다.

: 안드로이드 기반의 바인더 프레임워크를 통해 프로세스간 통신(IPC)으로 정밀즉위 데이터 수신.

: 차로안내APP과 서버와간은 TCP/IP 소켓 통신을 통해 교통 정보 데이터를 통신한다.

: BroadcastReceiver를 기반 앱과 앱간의 통신 즉 정밀맵앱과 차로안내앱간의 통신을 통해 돌발상황, 안전유도, 평균속도등의 정보 표출.

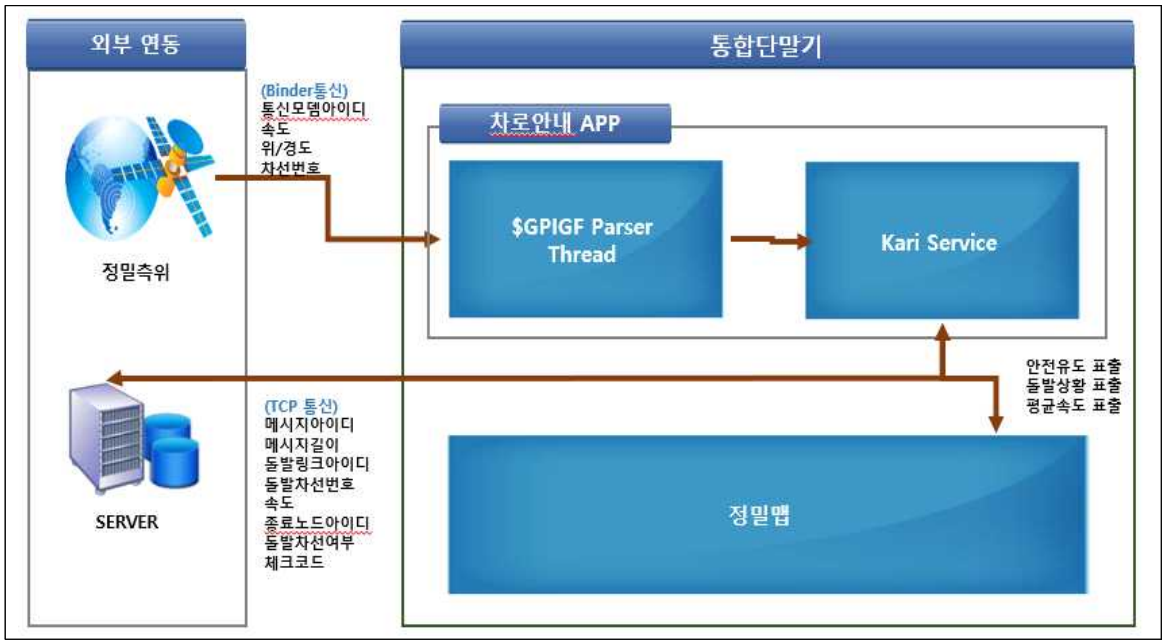


그림 7. 단말기 구성 방안

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.5.2 클라이언트 모듈

- 클라이언트 모듈은 네비게이션에 탑제된 App으로써 안드로이드 계열입니다. 정밀측위 데이터를 $GPIGF 포맷을 수신하여 파싱 후 Http 통신을 통해 서버모듈에 전송한다. 수신 주기는 1초에 10회이며, GPS시간, 위도, 경도, 속도, 차선 변경 등의 정보를 받는다.

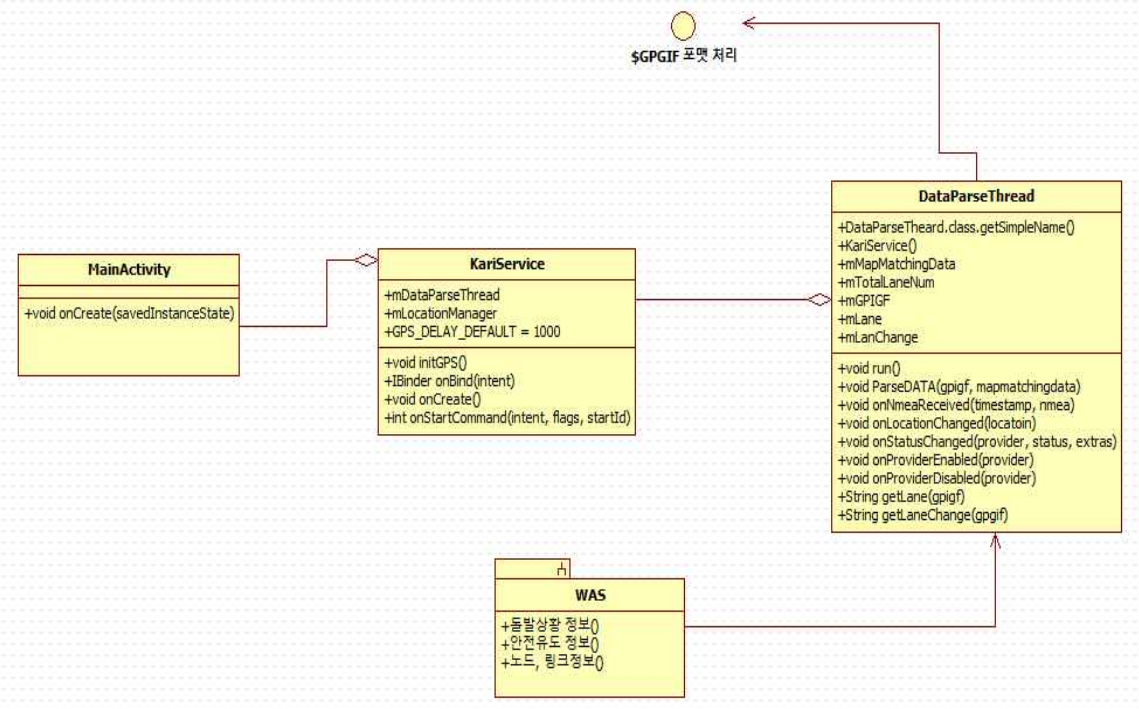


그림 8. 클라이언트 모듈 클래스 다이어그램

3.1.6 DB 모듈 설계

3.1.6.1 DB 스키마 설계

- 웹 서버 데이터베이스로 관계형 테이블로 구성되어있다. 테이블 설계 시 국토교통부 기준을 준행하여 테이블 설계를 하였다. 우선 기초정보 및 공통 정보를 저장하는 테이블 구조와 GIS 정보를 저장하는 테이블, 교통정보를 저장하는 테이블, 알고리즘을 저장하는 테이블로 구분되어 있다. 기초 및 공통 테이블은 코드_정의, 소통_등급, 공휴일_관리 등으로 구성되며, GIS정보는 노드_정보, 링크_정보, 가변_차선_정보, 회전_정보 등으로 구성되며, 교통정보는 링크_교통_정보, 차량_단말장치_소통_이력 등으로 구성되며, 알고리즘 정보는 돌발_상황_정보, 자동_돌발_감지_정보, 돌발_제보,자동_돌발_링크_정보, 안전유도_분석_정보, 안전유도_분석_상세, 안전유도_배치,돌발_제보_링크_정보등 으로 구성되어있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

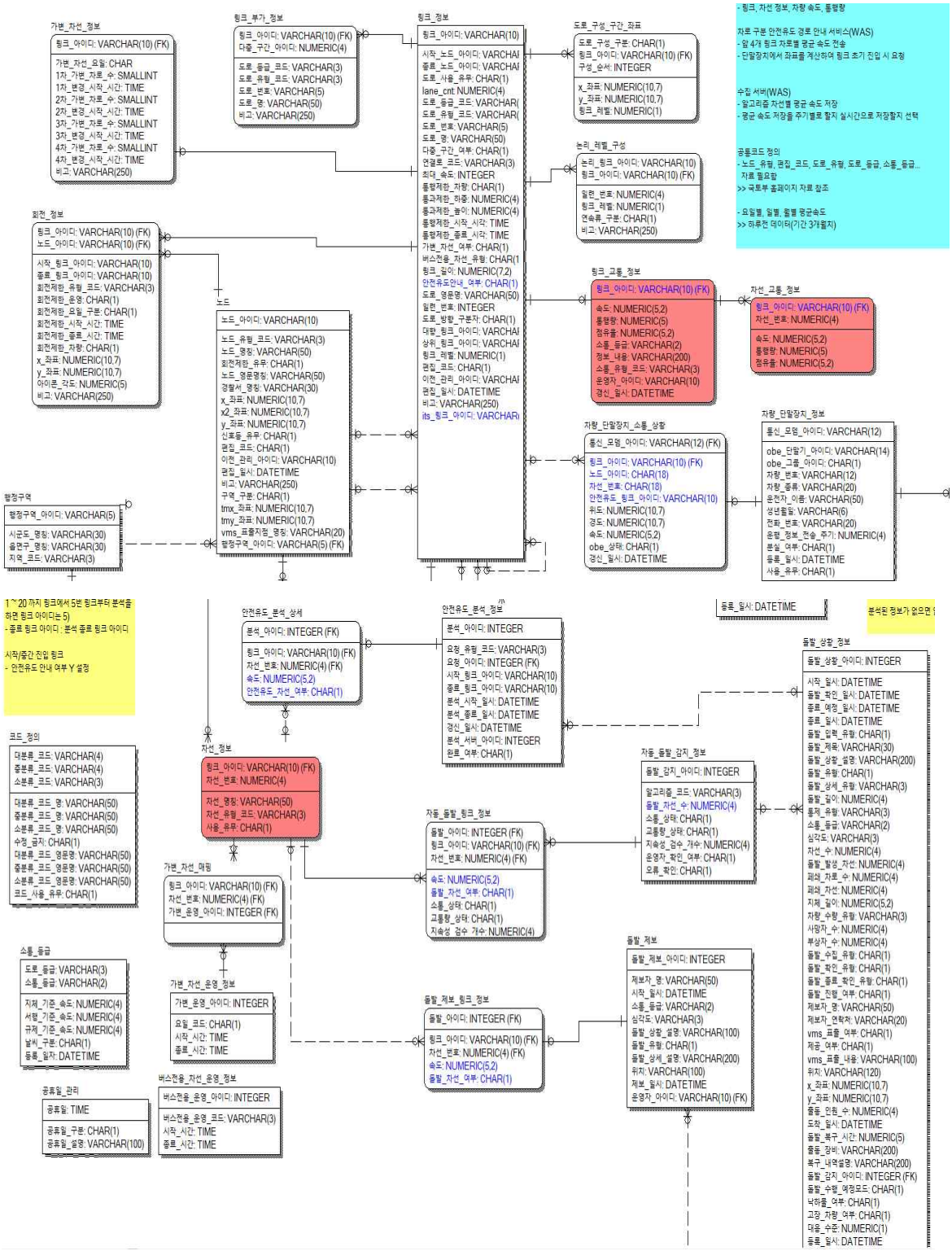


그림 9. 데이터베이스 스키마(ER-D)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2 돌발상황 및 차로안내 서비스 개발

3.2.1 시스템 구성도

- 본 서비스는 차량 단말기를 통해서 수집된 정밀 측위 정보를 연동을 통해 서버의 DB에 저장하며, 저장된 교통데이터 기반 A*알고리즘, DiFi알고리즘을 활용해 차로 구분 돌발상황 및 안전유도 정보를 차량 단말기에 전송함으로써 운전자의 안전 유도 및 최적 경로 서비스를 제공함.

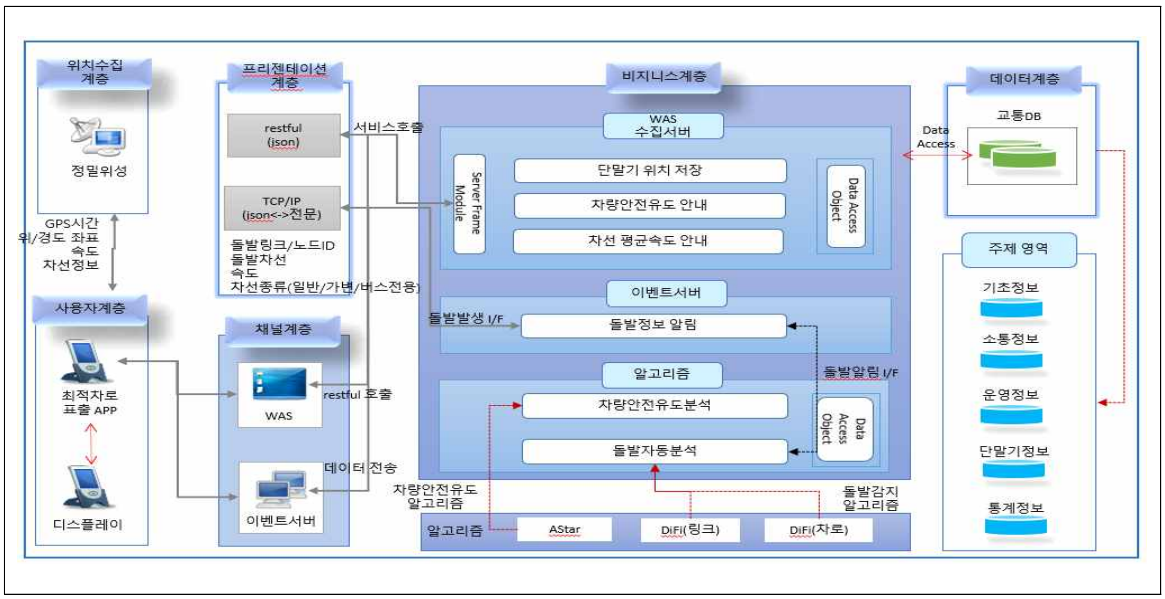


그림 10. 시스템 구성도

3.2.2 개발환경

- 본 연구 과제른 통행 구현된 환경은 OS, DBMS, 개발언어, 클라이언트 툴, 설계툴로 구분하여 구성할 수 있다.

분류	세부사항
OS	Windows 10, Windows Server 2003
DBMS	My SQL 5.7.19.0
개발언어	Java, Visual C++, C#, JSP, XML,
클라이언트 툴	Eclilipes, Google Android 2.3 SDK
설계툴	StarUML 5.0, ThinkWise, SQLyog, ERwin 7.3.11

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.3 연구결과

3.2.3.1 차로구분 기반 돌발상황 감지 알고리즘

```
Function DetectIncident(path)
        for i = 0 in link count in path – 2
        laneCount = link(i).laneCount  // 차선수
        occ1 = link(i).occ        // 지점점유율
        spd1 = link(i).spd        // 지점평균속도
        vol1 = link(i).vol        // 지점교통량
        occ2 = link(i+1).occ
        spd2 = link(i+1).spd
        vol2 = link(i+1).vol
        DiFI = ((occ1–occ2)/(occ1+occ2))*((spd2–spd1)/(spd1+spd2))
        If (vol1/laneCount >= 12.5)
        If (DiFI > 0.13)
        Return true     // 돌발상황 발생
        Else
        If (DiFI > 0.08)
        Return true     // 돌발상황 발생
        Endif
        Return false    // 정상흐름
        end for
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.3.2 차로구분 기반 차량안전유도 관리 알고리즘

```
function A*Pathfinding(start, goal)

  open_list = set containing start
  closed_list = empty set
  start.g = 0
  start.f = start.g + heuristic(start, goal)

  while open_list is not empty
    current = open_list element with lowest f cost

    if current = goal
      return construct_path(goal) // 경로 찾기 성공



    remove current from open_list
    add current to closed_list



    for each neighbor in neighbors(current)
      if neighbor not in closed_list
        neighbor.f = neighbor.g + heuristic(neighbor, goal)

        if neighbor is not in open_list
          add neighbor to open_list

        else

          openneighbor = neighbor in open_list

          if neighbor.g < openneighbor.g
            openneighbor.g = neighbor.g
            openneighbor.parent = neighbor.parent
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
    return false            // 도로구조상 실제로 경로가 없는 경우.



function neighbors(node)
  neighbors = set of valid neighbors to node

  for each neighbor in neighbors
    neighbor.g = node.g + normal_cost // 평균속도가 가장 빠른 차선의 cost를
계산
    neighbor.parent = node
  return neighbors


function construct_path(node)
  path = set containing node
  while node.parent exists
    node = node.parent
    add node to path

  return path
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3.3 연계 S/W 프로트 타입 제작

DiFi 알고리즘을 사용하여 돌발 링크, 차선을 감지하고 돌발 정보를 DB 저장, 이벤트 서버로 전송한다

- **DB Connection**

각 메소드는 시작부(Initialization Scope)에 해당 DB의 Connection 객체를 생성하며 Connection 객체 생성 후 각 쿼리 오브젝트의 쿼리를 수행한다. 또한 각 메소드는 Close 메소드를 호출하여 생성한 DB Connection을 Close 한다.

- **돌발 정보 전송**

시스템 시작 시 클라이언트 소켓 인스턴스를 생성하고 ServiceManager에 클라이언트 소켓 인스턴스를 주입한다. 각 스케줄러는 ServiceManager 인스턴스를 주입 받는다. 돌발 이벤트 전송 요청은 ServiceManager SendPack 메소드를 호출한다.

- **돌발 스케줄러 배치 주기**

돌발 스케줄러 주기는 Config.ini 에 설정한다.

```
[SCHEDULER]
INCID_TIME=30        // 자동 돌발 감지 스케줄러 주기 설정(초)
REPORT_TIME=30 // 안전유도 안내 스케줄러 주기 설정(초)
```

- **DoIncidAnalysys 메소드**

링크, 차선 별 속도, 교통량, 점유율을 조회하여 DiFi 알고리즘에 전달한다. 알고리즘에서 분석한 결과를 확인하여 돌발 발생 링크, 차선 정보를 DB에 저장하고, 차량 단말 장치로 돌발 상황을 실시간으로 전달한다.

돌발 분석 처리 순서는 아래와 같다.

1. DB Connection 처리
2. 노드, 링크, 차선 정보 등 기초 정보 조회
3. 교통량 정보(평균속도, 교통량, 점유율 정보) 저장
4. 교통량 정보 조회
5. 현재 돌발 정보 조회
6. AStart 알고리즘에 링크, 차선 속도 정보 설정
7. DiFi 알고리즘에 링크, 차선 속도, 교통량, 점유율 정보 설정
8. DiFi 알고리즘 실행
9. 알고리즘 분석 결과 저장
10. 돌발 이벤트 전송 요청
11. DB Close 처리

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

DoIncidAnalysys 메소드 소스

```
UINT CIncidScheduler::DoIncidAnalysys()
{
	CMySqlDb* db = new CMySqlDb();
	TCHAR szServer[30], szDB[30], szUser[30], szPW[30];
	int port(3306);
	//노드 정보
	CBaseList<Node> nodeList;
	// 링크 정보
	CBaseList<AdjacentLink> linkList;
	// 돌발발생 링크 정보
	CBaseList<AdjacentLink > incidlinkList;
	//돌발감지 정보
	CBaseList<IncidStatus> incidStatusList;
	 // DB 객체 주입
	CNodeSql nodeSql(db);
	CLinkSql linkSql(db);
	CTrafficSql trafficSql(db);
	CIncidStatusInfoSql incidStatusSql(db);

	GetPrivateProfileString(_T("Database"), _T("Server"), _T(""), szServer,
_countof(szServer), CONFIG_FILE);
	GetPrivateProfileString(_T("Database"), _T("DBName"), _T(""), szDB,
_countof(szDB), CONFIG_FILE);
	GetPrivateProfileString(_T("Database"), _T("ID"), _T(""), szUser,
_countof(szUser), CONFIG_FILE);
	GetPrivateProfileString(_T("Database"), _T("PW"), _T(""), szPW,
_countof(szPW), CONFIG_FILE);

	port = GetPrivateProfileInt(_T("Database"), _T("Port"), 3306, CONFIG_FILE);
		// DB 연결
	if (db->open(CStringConv::w2a(szServer).c_str(), port,
CStringConv::w2a(szDB).c_str(), CStringConv::w2a(szUser).c_str(),
CStringConv::w2a(szPW).c_str()) == false)
	{
	return _RESULT_FAIL;
	}
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
        //노드 조회
        nodeSql.SelectList(NULL, &nodeList);
        //링크 조회
        linkSql.SelectList(NULL, &linkList);
        //교통량 정보 저장
        trafficSql.InsertTrafficInfo();
        //현재 링크 속도 조회
        trafficSql.SelectLinkTrafficList(NULL, &linkList);
        //현재 차선 속도 조회
        trafficSql.SelectLaneTrafficList(NULL, &linkList);
        // 진행중인 돌발상황 정보 조회
        incidStatusSql.SelectList(NULL, &m_OnIncidStatusList);

        CLog::Write(_T("============================="));
        CLog::Write(_T("차선별 돌발 분석 시작"));
// AStar 알고리즘 인스턴스 선언
        CAStarPathFinder pathFinder;
// 링크, 차선 속도 정보 설정
        SetTrafficInfo(pathFinder, nodeList, linkList);

        // 알고리즘 맵 메모리 생성
        pathFinder.m_map.Prepare();
 // DiFi 알고리즘 인스턴스 선언
        CDiFIDetector incidentDetector(&pathFinder.m_map);
 // 차선 가중치 정보 설정
        SetLaneTrafficInfo(incidentDetector, linkList);
        // 전체 링크를 대상으로 돌발 분석
        incidentDetector.DetectAllIncident();
        // 돌발상황 분석 결과 저장
        incidentDetector.SaveResultJson(_T(".₩₩laneincident.json"));
        CLog::Write(_T("차선별 돌발 분석 결과 처리 시작"));
        CLog::Write(_T("============================="));
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
        //돌발 발생링크정보 설정
        // if (SetIncidLinkInfo(incidentDetector, incidlinkList, linkList) ==
_RESULT_OK)
        SetIncidLinkInfo(incidentDetector, incidlinkList, linkList);
        {
        CLog::Write(_T("============================="));
        SetIncidGroupInfo(incidlinkList);
        SetAnalysysResult(incidlinkList, incidStatusList);
        CLog::Write(_T("============================="));
        //돌발정보 변경 사항 설정
        DeleteIncidStatus(incidlinkList, incidStatusList);
        InsertIncidStatus(incidlinkList, incidStatusList);
        CLog::Write(_T("============================="));
        //돌발정보 저장
        SaveAnalysysResult(&incidStatusSql);
        SendIncidInfo(&trafficSql, linkList);
        CLog::Write(_T("============================="));
        //안전유도 안내 분석
        CReportScheduler report(m_pServiceManager);
        report.DoReportAnalysys();
        }
        CLog::Write(_T("============================="));
        CLog::Write(_T("차선별 돌발 분석 결과 처리 종료"));
        /* DB 연결 해제*/
        db->close();
        delete db;
        db = NULL;
        /*메모리 클리어*/
        m_MatchMap.RemoveAll();
        m_IncidGroupMap.RemoveAll();
        incidlinkList.clear();
        nodeList.RemoveAll();
        linkList.RemoveAll();
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Astra 알고리즘을 구현한 오브젝트로 안전 유도 안내를 분석한다

- **FindPath 메소드**

AStar 알고리즘을 구현하여 차로 기반 최적 경로를 탐색한다.
최적경로 처리 순서는 아래와 같다.

1. 노드, 링크, 차선 정보 등 기초 정보 설정
2. 교통량 정보(평균속도, 교통량, 점유율 정보) 설정
3. 분석 시작, 종료 링크 설정
4. AStar 최적 경로 탐색 알고리즘 실행

- **FindPath 소스 코드**

```
bool CAStarPathFinder::FindPath(LPCTSTR startRoadLinkId, LPCTSTR
goalRoadLinkId)
{
        SetStartAndGoal(startRoadLinkId, goalRoadLinkId);

        while (!m_openList.IsEmpty())   // OpenList에 모든 링크가 다 처리될때까지
반복한다.
        {
        CRoadLink* current = m_openList.GetBestLink();

        if (current == m_goalRoadLink)          // 목표링크에 도착시 경로자료
구조를 완성한다.
        {
        ConstructPath();
        return true;
        }

        m_openList.Remove(current);
        m_visitedList.Add(current);
        current->CalcAdjacentCosts();
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
for (int i = 0; i < current->m_adjacents.GetSize(); i++)
        {
        CRoadLink* adjacent = current->m_adjacents[i];

        float newGCost = CRoadLink::AdjacentGCosts[i];
        float newFCost = newGCost + adjacent->GetHCost(m_goalRoadLink);

        if (m_visitedList.GetIndex(adjacent) == -1)
        {
        if (m_openList.GetIndex(adjacent) == -1)
        {
        // OpenList 에 이웃링크가 없는 경우에 계산된 G, F 코스트를 지정 후
        // 현재링크를 부모로 지정하고 OpenList 에 추가한다.
        adjacent->m_parent = current;
        adjacent->m_gCost = newGCost;
        adjacent->m_fCost = newFCost;
        m_openList.Add(adjacent);
        }
        else
        // OpenList 에 이웃링크가 존재한다면 G 코스트를 비교하여 현재 경로의
        // G 코스트가 더 작다면 이웃링크의 부모링크와 G코스트를 갱신한다.
        if (newGCost < adjacent->m_gCost)
        {
        adjacent->m_gCost = newGCost;
        adjacent->m_parent = current;
        }
        }
        }
        }
        }
        return false;
}
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.4 네비게이션 GUI



그림 11. <APP 돌발상황>



그림 12. <APP 안전유도>

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.3 교통운영 서비스 시험평가 방안

3.3.1 테스트 구간 내 돌발상황 시나리오별 현장 테스트 및 평가

3.3.1.1 목적

- 본 서비스는 차로구분 정밀위치 정보를 받는 차량이 고속도로상의 사고, 장애물, 공사 등의 정보를 서버로부터 제공 받아 본인의 차로를 인지하고 차량의 속도를 감속하거나 차로를 변경하는 것을 네비게이션으로 안내하여 안전하게 주행하는 것임

3.3.1.2 서비스 개요

- 구간내 돌발상황을 검지(CCTV, 노변센서, 레이더, 사전정보(공사) 등)하여 돌발상황에 대한 위치정보(좌표) 및 상황정보(사고, 장애물, 공사 등)를 수집하여 센터에 전송되며 전자지도상에 돌발상황 위치를 안내해 줌
- 해당 테스트 구간 내 돌발상황 정보(과거 DB)를 서버 상에 입력하여 테스트 시연 예정
- 돌발상황정보를 제공 받은 차로구분 시험 차량은 네비게이션 상에서 시험차량의 위치 정보와 제공된 정보의 위치정보를 비교하여 동일차로(돌발상황 발생 지점)일 경우 차내 경보를 문자와 음성으로 동시에 제고함
- 정보를 제공 받은 시험 차량의 테스트 운전자는 감속/제동, 차선 변경 등의 행태의 안전 유도를 시행함

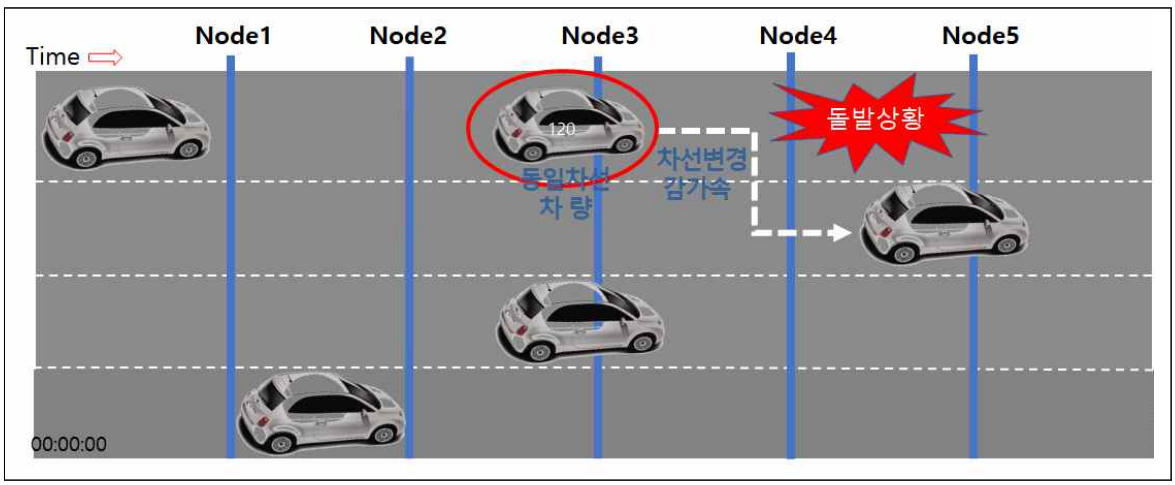
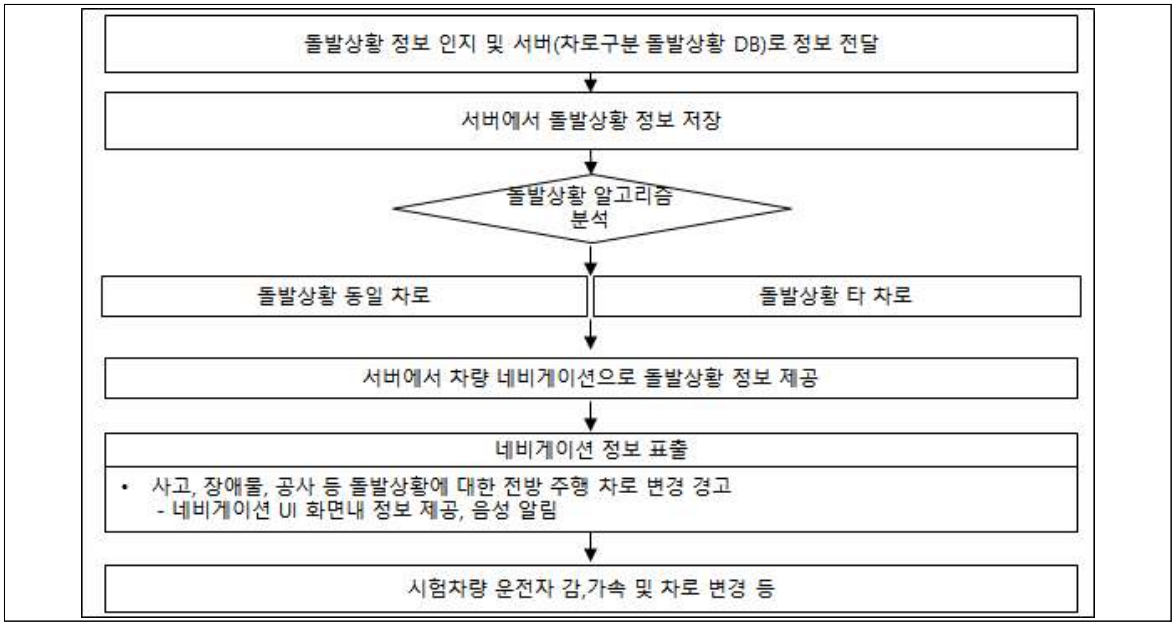


그림 13. 서비스 개요

3.3.1.3 서비스 정보 프로세스



3.3.1.4 제약 조건

- 본 서비스 기술시연을 위해서는 돌발상황에 대한 정보를 실시간으로 차량내 네비게이션에서 제공 받아야 하나, 기본 고속도로정보센터와 연계된 시스템이 구현되지 않아 돌발상황에 대한 정보(과거 이력 데이터)를 현장 테스트 주행시 이벤트로 발생시켜서 시연 예정

3.3.1.5 현장 평가 방안

- 시험 세트 : 오전·오후 첨두 4회, 비첨두 4회
  : 시험기간 동안 반복 수행
  : 소통원활시간대 : 편도 30~40분 소요, 정체시간대 : 편도 약 60분 이상
  (주행속도별 차로구분 정보 수집과 제공서비스에 따른 운전자 민감도 차이 예상)

- 시험 방법 : 주행 중 돌발 상황 메시지 표출 후 운전자 안전 유도 행태 검증
- 시험테스트 차량 : 6대
  : 교통인프라 정밀위치 결정 단말 장착(항우연 협조)
- 테스트 기간 : 총 10일(3분기, 4분기 각 5일간)
- 테스트 인원 : 60명(매일 변경하여 평가)
  : 남성/여성, 연령대별 고려하여 조사
  : 정보 신뢰성을 위해 정성적 부문(수용성 등) 동시 평가

구 분	시험1	시험2	시험3	시험4
(상행 또는 하행)출발시간	07:00(상)	08:30(하)	10:30(상)	11:30(하)
(상행 또는 하행)출발시간	14:00(상)	15:00(하)	18:00(상)	19:30(하)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 테스트 구간 현황

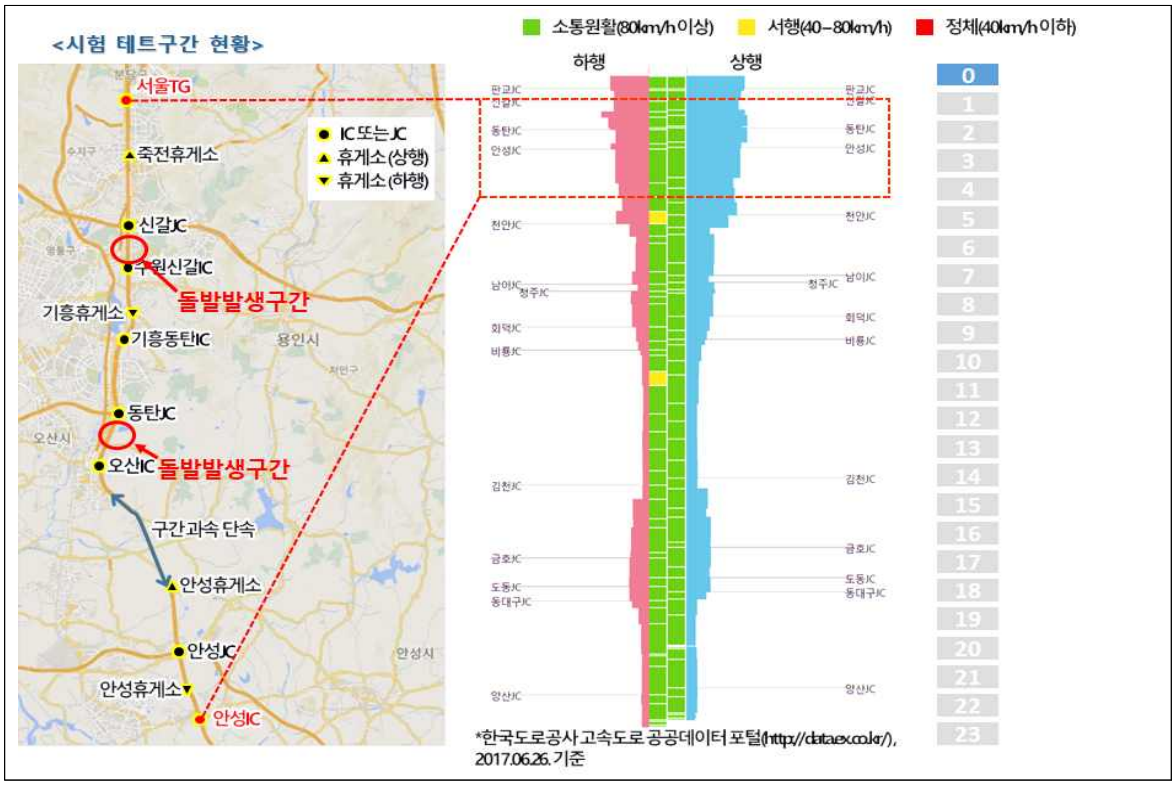


그림 14. <테스트 구간>

3.3.2 차로구분 돌발상황 안내 및 유도 서비스 평가

3.3.2.1 평가 개요

동적 노드-링크 개념 도입

: 차로구분 동적 노드-링크를 세분화하여 테스트 구건 내 O-D 작성

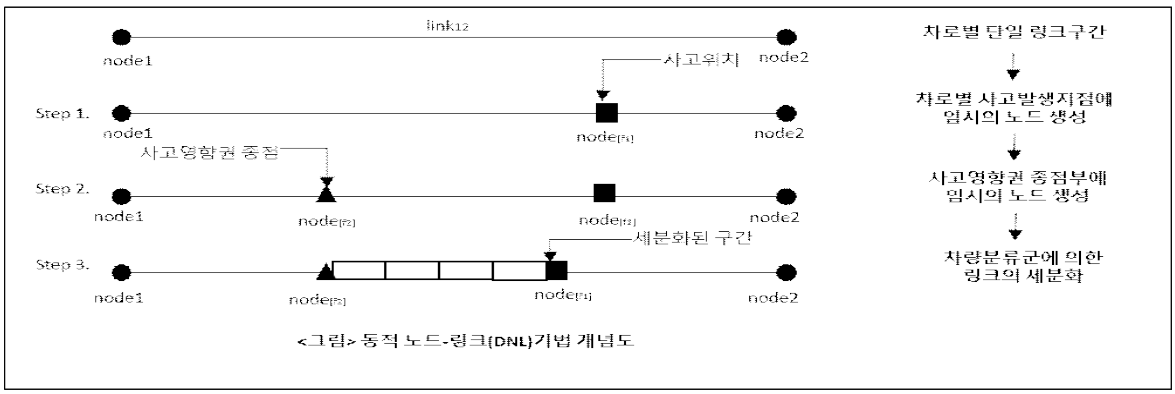


그림 15. 동적 노드-링크 개념도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 평가 분석 시나리오
  : Case 1. 대상구간 내에 돌발상황이 발생하지 않아 정상 교통류가 지속되는 경우
  : Case 2. 대상구간 링크 진입 시부터 완전히 통과할 때까지 돌발상황이 지속되는 경우
  : Case 3. 링크 진입 시 대상구간 내에 사고가 존재하나 구간을 통과 중 돌발상황 처리가 완료
- 평가 분석 구간 설정 : 현장 테스트 조사 기간내 자료로 업데이트 예정

표 1. 분석 구간

도로유형		연속류 도로(경부고속도로)
도로길이		40km(시험구간 설정)
차로수		편도4차로
제한속도		100kph
(임의) 교통량 - 향후, 조사일정 구간내 분석	**승용차**	80%
	버스	10%
	트럭	10%
	전체	1400 veh/h/1n(기존 자료 활용)
전체 시뮬레이션 시간		7200초
사고 발생시각		1800초
사고처리 완료시각		4500초
사고 발생위치		④,⑦ 지점
사고 발생차로(돌발상황 변수 : 사고, 정지,공사)		1차로

3.3.2.2 서비스 구현 검증(정량적)

- 시험목적
  : 차로구분 돌발상황 서비스 알고리즘의 정확한 구현 여부 및 알고리즘 적정성을 평가
  : 즉, 서비스 알고리즘이 교통상황에 따라 단계별로 구동되는지 점검하는 평가
- 평가항목
  : 다양한 돌발상황 이벤트 정보에 대한 효과적인 경고 및 주의조치(메세지, 음성) 제공
  : 돌발상황 정보 인지에 따른 속도 감속 및 차로 변경 횟수
- 평가기준
  : 다양한 돌발상황 이벤트 정보에 대한 경고 및 주의조치(메세지, 음성) 표출 정확도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

: 돌발상황 정보 인지에 따른 속도 감속 횟수
: 돌발상황 정보 인지에 따른 차로 변경 횟수

- 분석방법
: 표본 T검정을 이용하여 평가기준과 분석결과를 비교 검증함

$$t = \frac{\overline{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

$\overline{X}$: 모집단의 평균, μ: 평가기준 값, S: 모집단의 표준편차, n: 모집단의 샘플수

: Analysis는 로그를 통해 분석하는 것으로 Test는 평가시트지에 작성한 자료를 기반 으로 분석함 (시험차량 운전자가 파인디지털 네비게이션으로 제공되는 메시지를 근거로 운행한 경우 VS 차로기반 돌발상황 정보를 제공받지 않고 운전하는 차량 운전자 의지 비교)

- 평가 검증
: 시험 차량내 네비게이션에 제공되는 돌발상황 이벤트 정보에 대한 차로구분 정보 VS 차로구분 되지 않는 정보를 비교한 정량적인 평가 시행
: 단, 정량적 지표로서 의미를 갖기 위해서는 시험테스트 구간내 물리적 상황으로 인한 감속 횟수의 편차가 발생하는 것과 교통류 대비 시험차량이 차지하는 비율이 낮은 점을 해결해야함

- 검증결과 비교표(예시)

구 분	돌발상황 정보 형태		비고
	차로구분	차로구분 미제공	
돌발상황 메시지 정확도	480/480	480/480	
감속 횟수	400/480	300/480	
차로변경 횟수	390/480	200/480	

주) 400/480 : 감속횟수/총 메시지 전달 수

3.3.2.3 서비스 효과 검증(정성적)

- 시험목적
: 차로구분 돌발상황 서비스에 대한 충분한 시험차량 수 확보가 어려우므로 정량적 평가를 보완하는 효과 검증을 설문조사로 시행함
: 차로구분 돌발상황 정보에 대한 운전자의 정량적 분석 결과(감속, 차로 변경 등)이 교통사고 감소효과를 단기적 또는 직접적으로 평가하기 어려우며 6대의 조사 차량의 낮은 사고 개연성으로 효과 측정이 어렵기 때문에 조사 차량의 운전자와 이용

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

자들의 만족도 조사를 시행함
: 즉, 설문조사를 통해 안전도 제고 측면의 이용자 만족도 조사

- 평가항목
: 차로구분 돌발상황 정보 제공 내용, 정보제공 방법, 서비스 사용 의향 등 조사
- 평가기준
: 평가항목별로 5단계(1~5점)로 설문을 작성하여 만족도 평균 조사
- 평가방법
: 현장 테스트 조사원(60명)과 교통관련 전문가(산·학·연, 인터넷 등) 조사
- 설문조사 항목별 조사 시트지(예)
: "5점"으로 갈수록 정확도와 수용성이 높음을 의미

표 3. 설문 조사 예

차로구분 돌발상황 교통서비스 제공에 따른 설문조사							
No	설문내용	점수(만점 5점)					설문지 조사 내용은 전문가 자문을 통해 결정 예정
		5	4	3	2	1	
1	차로구분 돌발상황 정보가 정확한가?						
2	차로구분 돌발상황 정보가 제공된다면 이용할 의향이 있습니까?						
3	차로구분 돌발상황 정보가 교통사고 예방을 위한 안전운전에 도움이 됩니까?						
4	차로구분 돌발상황 정보가 제공된다면 감속이나 차로변경할 의향이 있습니까?						

3.3.3 차량 안전유도 서비스 현장 테스트 및 평가

3.3.3.1 목적

- 본 서비스는 차로구분 정밀위치 정보를 전송한 차량이 고속도로상의 차로별 최적 경로를 제공받아 차량의 속도를 감속하거나 차로를 변경하는 것을 네비게이션으로 안내하여 안전하게 주행하는 것임

※ 기존 ITS, C-ITS, 자율주행 관련 연구와 차별화된 차로구분 통행속도(시간) 정보 제공 가능

3.3.3.2 서비스 개요

- 고속도로 구간내 개별 차량별 속도정보를 서버에 전송하고 서버에서 수집된 차로별 평균 속도를 제공 받아 통행시간 산출 후 네비게이션에 표출하며, 차로별 최적 경로를 안내해줌

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

: 해당 테스트 구간내 시험 운행을 통한 교통DB를 구축하여 테스트 시연 예정

- 차로별 평균 속도를 제공 받은 차로구분 시험 차량은 시험차량의 위치 정보와 제공된 차로별 평균속도 정보를 차내 내비게이션을 통해 차로별 평균속도(시간)를 안내 문자와 음성으로 동시에 제공함
- 주행 중인 시험 차량의 운전자는 차로별 통행시간 정보를 제공받은 후 감속/제동, 차선 변경 등의 행태의 안전 유도를 시행하는지 테스트 시행함
- 서비스 시행 흐름도

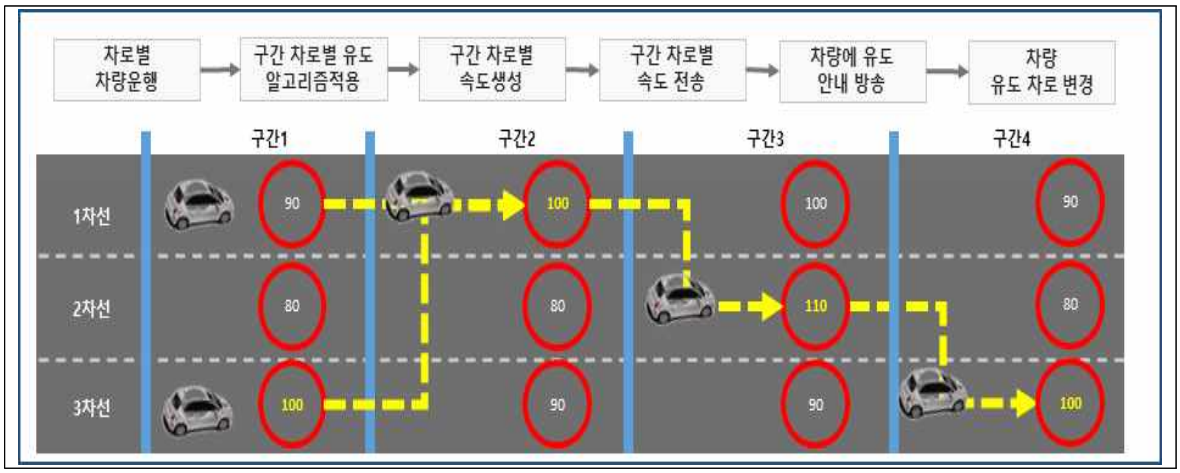


그림 16. 서비스 흐름도



그림 17. 네비게이션 제공 정보

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.3.3.3 제약 조건

- 본 서비스 기술시연을 위해서는 알고리즘을 이용해 차로별 평균속도를 구해야하나 누적된 데이터의 부족으로 인해 정확한 평균속도를 구하는데 어려움이 있고, 수집된 데이터의 신뢰성도 검토해야함.

3.3.3.4 현장 평가 방안

- 돌발상황 평가방안과 동시에 시행 예정(제공 메시지 변화하여 테스트 차량 주행 중에 실시)

3.4 교통운영 서비스 활용방안 및 제약사항

3.4.1 연구개발성과의 활용방안

3.4.1.1 차로구분 정밀위치 기반의 상용화 교통서비스와 연계된 수익성 교통사업 추진

- 교통정보 이용자 맞춤형 차로구분 상용화 교통서비스 앱 서비스 연계 기술
  : 차로구분의 돌발상황, 경로 안전 유도는 기존 교통정보 사업자(통신사, 카카오 등)과 연계한 고급화된 서비스 플랫폼으로 활용 가능
- 차로구분 교통정보 활용성 증대를 위한 기존 ITS 정보와의 융합 알고리즘 및 처리 기술 연구
  : 기존 ITS 교통수집장치(VDS, DSRC 등)에 수집되는 교통량, 속도, 통행시간 등의 정보와 융합하는 알고리즘, 보정 처리 방안, 정보 신뢰성 향상 등의 기술 개발 통해 신규 교통 사업 육성 가능
- 연속류+단속류 구간의 차로구분 기반 교통 사용화 서비스 활용 방안 연구
  : 연속류(고속도로) 기반 하에 개발한 상용화 교통서비스 알고리즘과 평가 결과는 단속류상에서 제공할 수 있는 신호교차로 운영, U-Turn/좌회전 정보, 진·출입로 유도, 어린이 보호구역(노인보호구역 등) 안전 지대 구간내 차로별 안전 유도 방안 등의 신규 서비스 개발이 기반이 됨
  : 이를 통행 연속류와 단속류 모든 구간내 제공가는한 플랫폼 형태의 상용화 교통서비스 S/W 상용화 및 판매 가능

3.4.1.2 C-ITS 및 자율주행 관련 서비스 신뢰성 및 고도화 가능

- 돌발상황 자동제어
  : 장애물 인지 및 제어 서비스(감속 및 차로변경)
- 활용방안
  : 자율차 센서 검지영역 밖의 고속도로 상의 장애물을 검지하여 장애물에 대한 정보를 자율차에 제공함으로써, 자율차가 감속 또는 차로변경을 통해 안전하게 장애물을 통과하는 것이나 자율차 센서 장착 차량만 가능한 서비스임. 따라서 위성항법 정밀측위 기반 교통서비스에서 개발한 차로 기반 돌발상황 기술과 연계하여 차로별 발생되는 교통사고, 장애물, 공사 등에 대응 기술의 향상 유도 가능.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

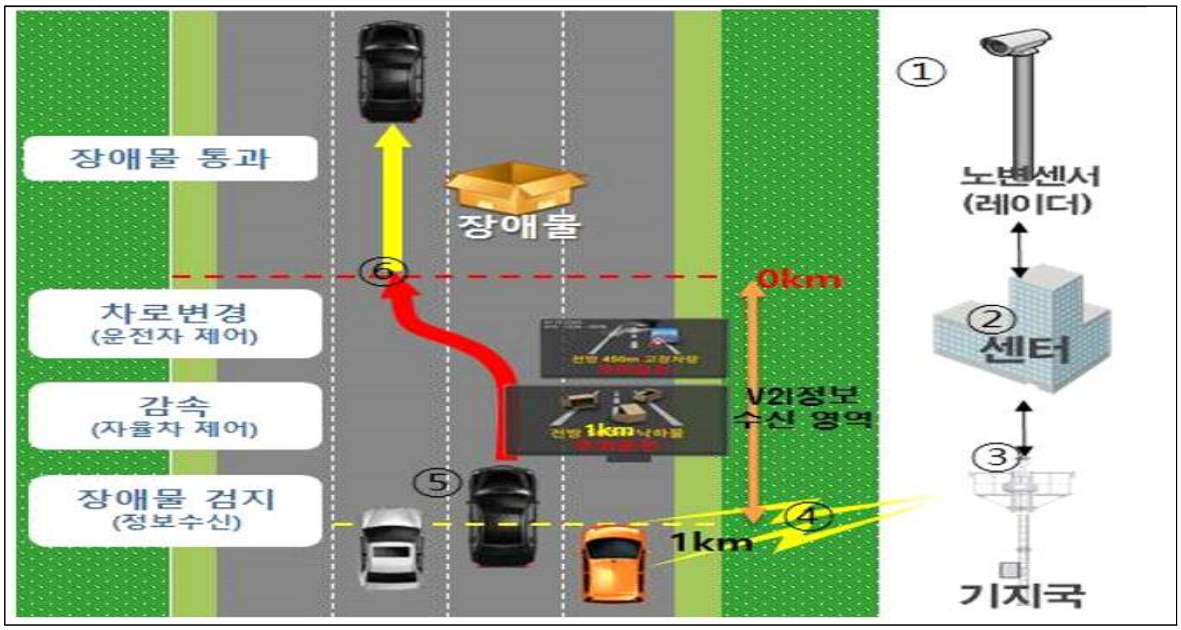


그림 18. 돌발 상황 자동 제어

- 차로별 기상정보(안개, 결빙) 및 도로상태 정보에 따른 가변속도 제공서비스

: 차로별 기상정보, 도로상태(차로별 결빙, 도로파손 등) 정보를 네비게이션에 차로별로 제공될 수있어 차선변경, 속도 감소 유도하여 도로상에 사고 최소화 가능을 제공하여 가변속도에 대한 자율차의 자동속도제어를 하는 것

- 자율주행 관련 기술 개발 계획

: 실시간 기상정보를 바탕으로 센터LDM을 통해 기상상태에 맞는 안전속도를 자율차에 제공하여 가변속도에 대한 자율차의 자동속도제어를 하는 것

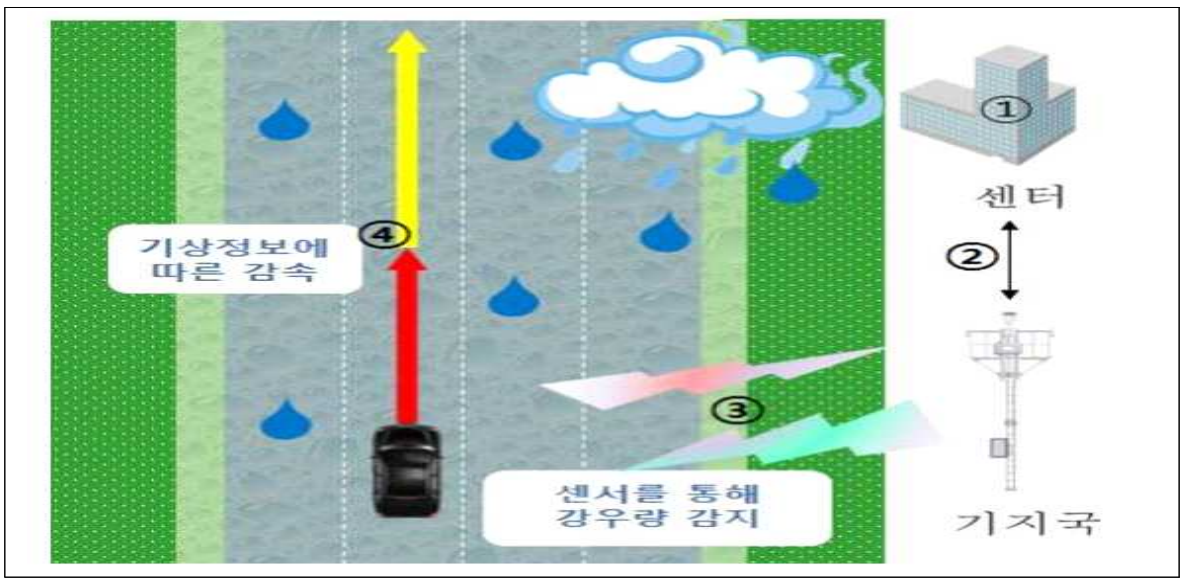


그림 19. 기상정보에 따른 가변속도 제공

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 교통상황 및 도로 여건에 따른 버스전용차로, 가변차로, 도로 차단 등의 정보를 차로기반으로 제공



그림 20. 도로정보에 따른 가변속도 제공

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 기타

4.1 차로기반 안전유도 알고리즘 특허

4.1.1 1.1 제안발명의 특징

- 차로구분 기반 돌발상황 및 안전유도 교통운영 서비스 개발에 관한 것으로 현재 특허 1건을 진행 중이며, 11월에 특허 출원 예정

4.1.2 1.2 검색 과정(키워드 선정 및 선행기술 조사 방향)

- 본 조사대상발명의 필수구성요소는 차로구분, 돌발상황, 안전유도, 교통운영 및 이들의 서비스 시스템에 관한 것으로 이러한 특징에 따라 공개/등록 특허를 검색함

지식재산권명(특허)	출원인	출원/등록번호
주행 차로 인식 시스템 및 그 인식 방법	(주)와이파이브	10-2012-0114082
차로변경행태를 고려한 안전운전 경로 안내 장치 및 방법	한국건설기술연구원	10-2013-0065975
주행차로 인식을 이용한 경로안내장치 및 방법	현대자동차주식회사	10-2013-0152441
증강 현실 기반의 차로 변경 안내 장치 및 방법	한국전자통신연구원	10-2014-0007795
차로 변경 예측 장치 및 차로 변경 예측 방법	현대자동차주식회사	10-2014-0143493

4.1.3 선행특허 분석

- 결론적으로 조사대상발명의 주요 아이템들은 다수의 선행기술들에 의해 개별적인 개시된 상태이므로, 특정 아이템의 구체화나, 주요 아이템들 간의 유기적인 결합 관계를 추가하는 등 구체적인 기술적 구성을 통해 발명을 구체화하는 방향으로 연구개발 및 특허출원을 진행하는 것이 바람직함
- 본 연구과제의 핵심인 기술은 "A*알고리즘을 적용한 차로구분 기반 차량 안전유도 관리 알고리즘 "이며, 국내 특허 법인을 통하여 특허 저촉 여부를 확인하였고, 검토 결과 새로운 기술임을 확인함.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	설계서	문서번호	보고서-59

연계S/W 프로토타입 제작 설계서

2017. 11. 13.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	조용완	2017.11.13.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017.11.13.	조용완

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1 연구 목표 ····· 3
1.2 연구의 차별성 ····· 3

2. 연계 S/W 설계 및 개발 ····· 4
2.1 연계 S/W 프로토타입 설계 ····· 4
2.2 연계 S/W 프로토타입 개발 ····· 11

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 연구 목표

1.1. 연구 목표

고속도로 돌발상황의 검지, 확인, 대응, 사후관리 들 일련의 돌발상황 관리에서 발생되는 데이터를 효율적으로 수집, 저장, 관리하는 정보관리 체계를 구축하고, 이를 기반으로 돌발상황 의사결정에 이용할 수 있는 기반을 제공하기 위함.

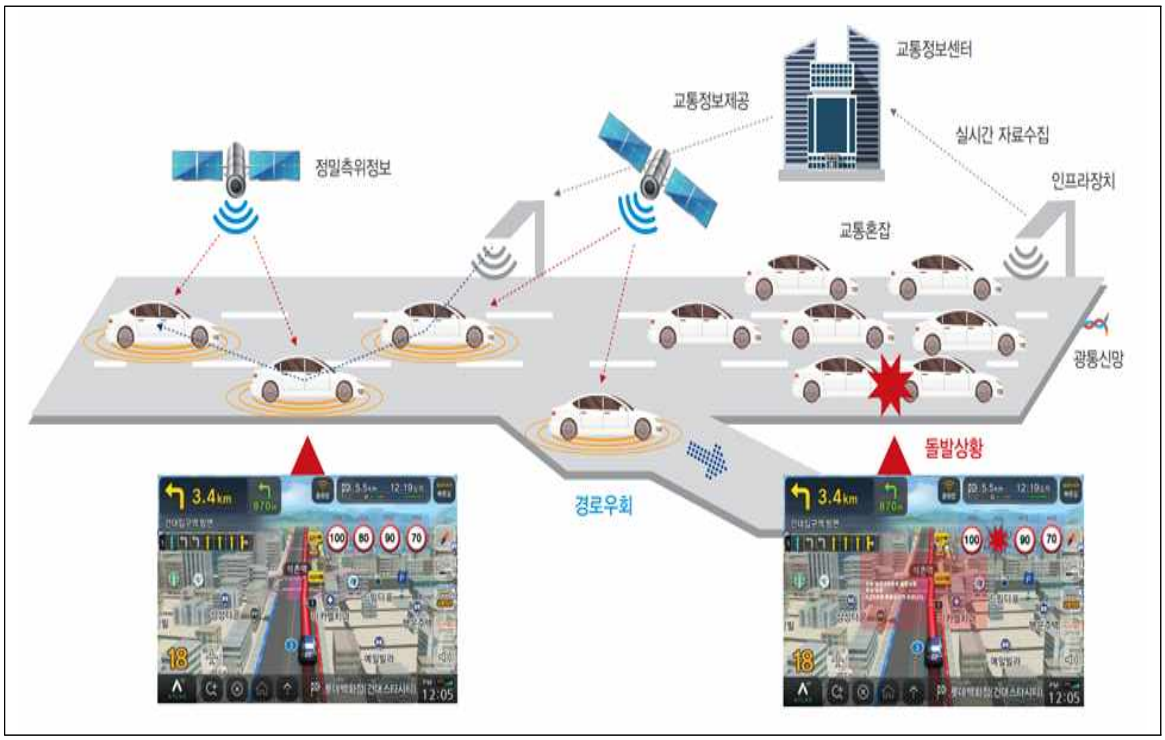


그림 1. 고속도로 돌방상황 알고리즘

1.2. 연구의 필요성

- 사후 대응관리 차원에서 이미 발생된 돌발상황을 신속히 정리하고 해소함으로써 2차 사고방지와 도로 용량의 신속한 기능 회복
- 돌발상황 예방 관리 및 사후 대응 방안 수립 위한 차로별 이력 데이터 활용.
- 적용된 서비스를 시험도로에서 테스트와 기술시연을 통해 개발기술에 대한 성과를 조기 실현 및 고도화 달성을 기대 할 수 있다.
- 개발 기술의 면밀한 분석을 통해 실제 교통상황에 적용 가능한 서비스 도출 요구되며, 효과적인 기술시연 시나리오 기획이 필요함.

2. 연계 S/W 설계 및 개발

2.1. 연계 S/W 프로토타입 설계

2.1.1. .NET 컴팩트 프레임워크의 특징

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

C# 과 VB.NET 언어는 사실 언어만으로써 장점을 가지지 않는다. 바로 .NET CLR 이라는 메인 런타임을 가진 .NET 프레임워크가 있어야 함께 동작한다. 다시 말해 .NET CLR이 C# 과 VB.NET 언어로 생성한 응용 프로그램을 실행시켜 준다.

한편 위도우 모바일 어플리케이션도 이와 같이 .NET CLR에서 동작되는 데, 이러한 것을 담당하는 것이 바로 .NET 컴팩트 프레임워크 이다. .NET 컴팩트 프레임 워크 (이한 .NET CF로 표기)는 데스크탑/서버의 .NET 프레임워크의 모바일 버전으로써 윈도우 모바일에 필요한 기능만 탑재되어 있다.

그러나 닷넷CF의 가장 큰 장점은 기존의 비관리형 코드에서 CPU에 종속되어 컴파일 하던 것이 '추상 플랫폼 레이어(APL)'을 통하여 .NET CF만 설치되어 있으면 CPU에 관계없이 모바일 응용 프로그램을 개발 및 배포를 할 수 있다. 따라서 이러한 것은 플랫폼 탈피를 해서 포켓PC용으로 만든 코드를 간단히 UI만 변경하여 스마트폰 이나 커넥트 카 시스템과 같은 다른 윈도우 모바일 응용 프로그램으로 발전시킬 수 있는 큰 장점을 가진다.

결론적으로 이제 윈도우 모바일 응용 프로그램은 하나의 플랫폼만 설정하는 것이 아니라 .NET CF가 지원하는 모든 플랫폼을 지원하기 위해 화면 UI 와 비즈니스 데이터 처리 등을 별도로 분리해서 개발하는 것이 당연시 된다. 결국은 개체 지향 기법(OOP)으로써 컴포넌트의 재활용성을 십분 발휘하게 되는 모습이다.

2.1.2. 시스템 구성

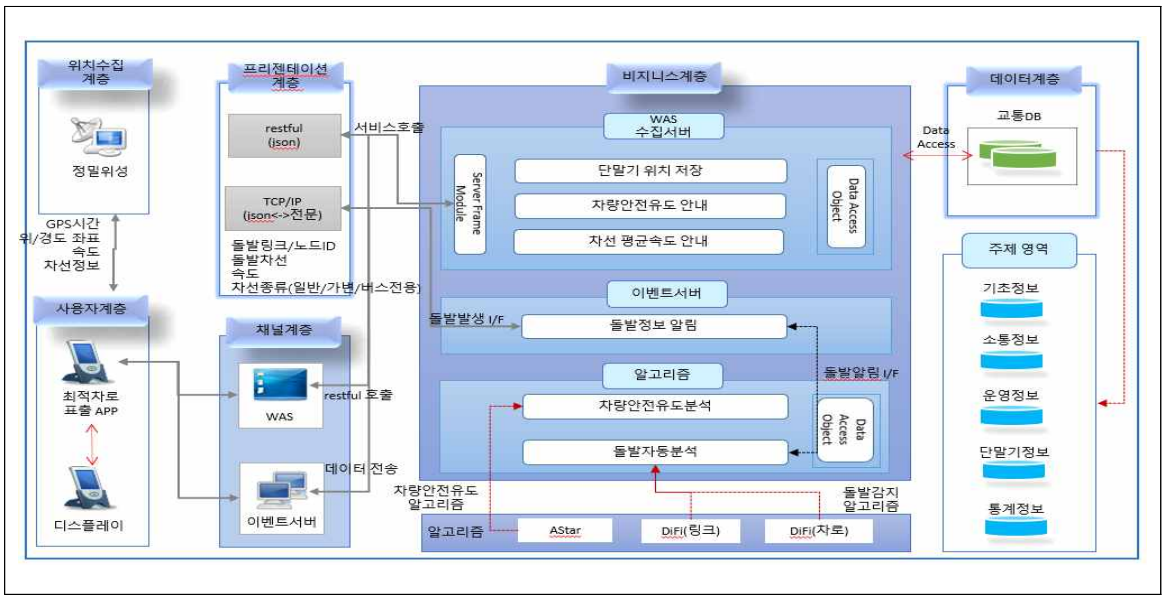


그림 1. 시스템 구성도

본 서비스는 차량 단말기를 통해서 수집된 정밀 측위 정보를 연동을 통해 서버의 DB에 저장하며, 저장된 교통데이터 기반 차로구분 기반 돌발상황 알고리즘, 차로구분 기반 안전유도 알고리즘을 활용해 차로구분 돌발상황 및 안전유도 정보를 차량 단말

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

기에 전송함으로써 운전자의 안전유도 및 최적 경로 서비스를 제공함.

2.1.3. 시스템 흐름



그림 2. 시스템 흐름도

연동 모듈은 단말기에서 http통신을 통해 수신된 정밀 측위 데이터를 파싱을 통해 데이터베이스에 저장하며, 알고리즘을 통해 계산된 돌발 데이터 및 안전유도 데이터를 TCP/IP Socket 통신을 이용해 해당 단말기에 전송하는 역할을 하며, 알고리즘을 계산하기 위한 기초 데이터(평균속도, 교통량, 점유율)를 계산하여 알고리즘 모듈에 전달하는 역할을 한다.

2.1.4. 사용자 어플리케이션 개발

■ 시스템 구성

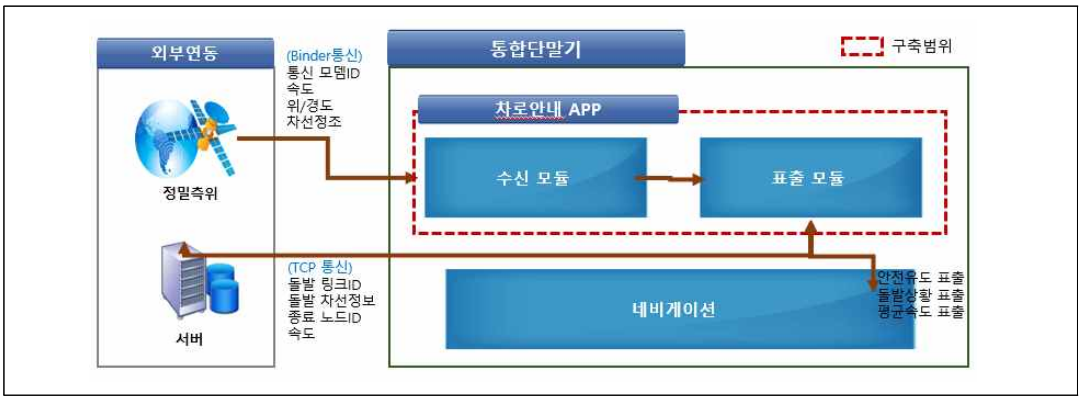


그림 3. 사용자 어플리케이션 시스템 구성도

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 사용자 어플리케이션 모듈설계

표 1. 사용자 어플리케이션 모듈 기능설명

모듈요소	기능설명
수신 모듈	- 정밀측위 Binder 통신(통신모뎀아이디, 속도, 위/경도, 차선번호) 정보를 단말기 전송 - 정밀측위 전송된 $GPIGF 프로토콜 정보를 파싱 처리 역할 - $GPIGf 프로토콜 파싱된 처리 결과를 서버 전송하여 이력 정보 등록 처리
표출 모듈	- 안전유도 표출은 수신모듈에서 처리된 결과 즉 돌발상황 여부를 체크하여 돌발정보가 없으면 안전유도 안내와 평균속도 단말기에 표출 - 돌발상황 표출은 TCP 통신(차량단말장치 데이터 호출(메시지아이디, 메시지길이, 통신모뎀아이디, 클라이언트구분, 체크코드)) 정보를 전송하여 얻은 결과 즉 전달받은 데이터(돌발링크아이디, 돌발차선번호, 속도, 종료노드아이디, 돌발차선여부)를 통하여 돌발상황 안내를 단말기에 표출

2.1.5. 유스케이스 정의서

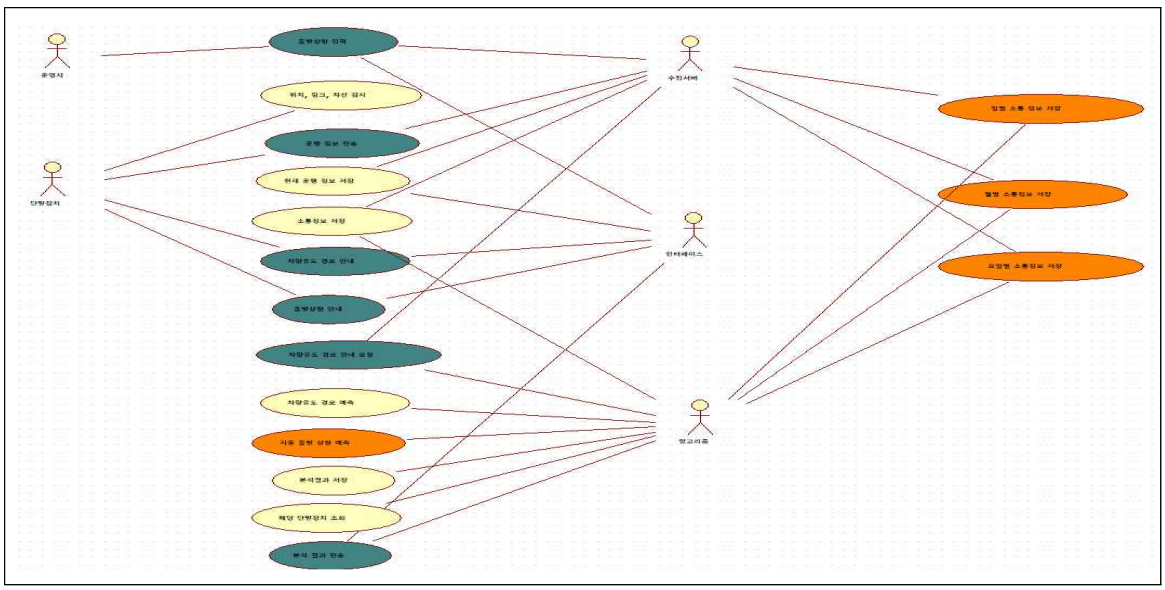


그림 4. 유스케이스 정의서 설명도

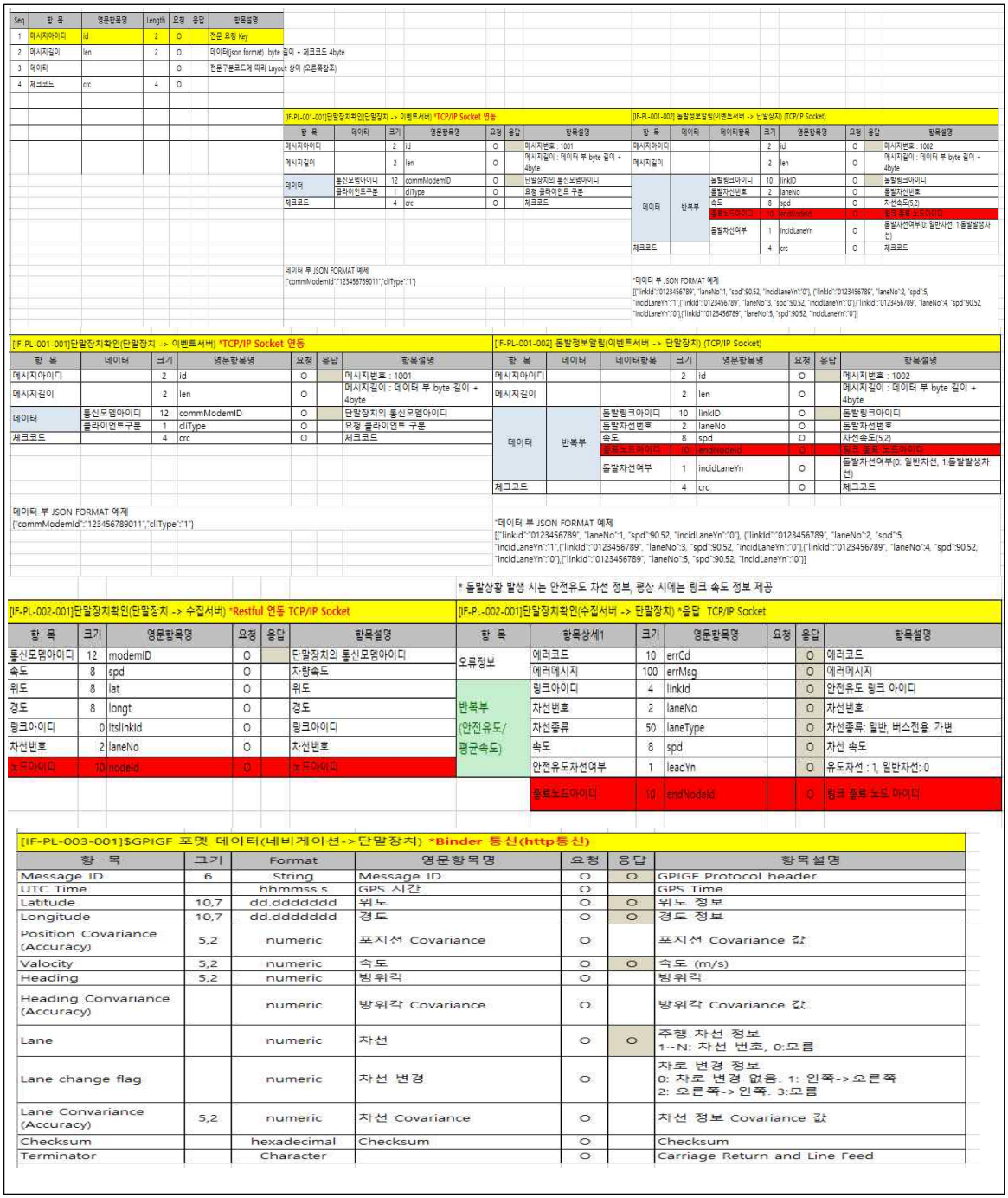
운영자가 돌발상황 입력 시 DB 저장, 인터페이스 화면에 출력이 되고, 단말기는 위치, 링크, 차선 감지를 하여 운행 정보를 DB에 저장하고, 경로 안내 및 돌발 상황 안내를 인터페이스 화면에 출력한다. 차량유도 및 돌발상황은 알고리즘을 통해 차량 유도,

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

돌발 상황 경로 예측, 분석 결과 저장, 분석 결과 전송을 인터페이스 화면에 출력한다.

이 수집 DB와 알고리즘을 통하여 요일별, 일별, 월별 소통정보를 저장하여 DB를 구축한다.

2.1.6. 인터페이스 정의서



[IF-PL-001-001]단말장치확인(단말장치 -> 이벤트서버) *TCP/IP Socket 연동

항 목	데이터	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디		2	id	O		메시지번호 : 1001
메시지길이		2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	통신모뎀아이디	12	commModemID	O		단말장치의 통신모뎀아이디
	클라이언트구분	1	clIType	O		요청 클라이언트 구분
체크코드		4	crc	O		체크코드

데이터 부 JSON FORMAT 예제
{"commModemId":"123456789011","clIType":"1"}

[IF-PL-001-002] 돌발정보알림(이벤트서버 -> 단말장치) (TCP/IP Socket)

항 목	데이터	데이터항목	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
메시지아이디			2	id	O		메시지번호 : 1002
메시지길이			2	len	O		메시지길이 : 데이터 부 byte 길이 + 4byte
데이터	반복부	돌발링크아이디	10	linkID	O		돌발링크아이디
		돌발차선번호	2	laneNo	O		돌발차선번호
		속도	8	spd	O		차선속도(5,2)
		종료노드아이디	10	endNodeId	O		링크 종료 노드아이디
		돌발차선여부	1	incidLaneYn	O		돌발차선여부(0: 일반차선, 1:돌발발생차선)
체크코드			4	crc	O		체크코드

*데이터 부 JSON FORMAT 예제
[{"linkId":"0123456789", "laneNo":1, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}, {"linkId":"0123456789", "laneNo":2, "spd":5, "incidLaneYn":"1"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":3, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":4, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"},{"linkId":"0123456789", "laneNo":5, "spd":90.52, "incidLaneYn":"0"}]

* 돌발상황 발생 시는 안전유도 차선 정보, 평상 시에는 링크 속도 정보 제공

[IF-PL-002-001]단말장치확인(단말장치 -> 수집서버) *Restful 연동 TCP/IP Socket

항 목	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
통신모뎀아이디	12	modemID	O		단말장치의 통신모뎀아이디
속도	8	spd	O		차량속도
위도	8	lat	O		위도
경도	8	longt	O		경도
링크아이디	0	itslinkId	O		링크아이디
차선번호	2	laneNo	O		차선번호
노드아이디	10	nodeId	O		노드아이디

[IF-PL-002-001]단말장치확인(수집서버 -> 단말장치) *응답 TCP/IP Socket

항 목	항목상세1	크기	영문항목명	요청	응답	항목설명
오류정보	에러코드	10	errCd		O	에러코드
	에러메시지	100	errMsg		O	에러메시지
반복부 (안전유도/ 평균속도)	링크아이디	4	linkId		O	안전유도 링크 아이디
	차선번호	2	laneNo		O	차선번호
	차선종류	50	laneType		O	차선종류: 일반, 버스전용, 가변
	속도	8	spd		O	차선 속도
	안전유도차선여부	1	leadYn		O	유도차선 : 1, 일반차선: 0
	종료노드아이디	10	endNodeId		O	링크 종료 노드 아이디

[IF-PL-003-001]$GPIGF 포멧 데이터(네비게이션->단말장치) *Binder 통신(http통신)

항 목	크기	Format	영문항목명	요청	응답	항목설명
Message ID	6	String	Message ID	O	O	GPIGF Protocol header
UTC Time		hhmmss.s	GPS 시간	O		GPS Time
Latitude	10,7	dd.ddddddd	위도	O	O	위도 정보
Longitude	10,7	dd.ddddddd	경도	O	O	경도 정보
Position Covariance (Accuracy)	5,2	numeric	포지션 Covariance	O		포지션 Covariance 값
Valocity	5,2	numeric	속도	O	O	속도 (m/s)
Heading	5,2	numeric	방위각	O		방위각
Heading Convariance (Accuracy)		numeric	방위각 Covariance	O		방위각 Covariance 값
Lane		numeric	차선	O	O	주행 차선 정보 1~N: 차선 번호, 0:모름
Lane change flag		numeric	차선 변경	O		차로 변경 정보 0: 차로 변경 없음. 1: 왼쪽->오른쪽 2: 오른쪽->왼쪽. 3:모름
Lane Convariance (Accuracy)	5,2	numeric	차선 Covariance	O		차선 정보 Covariance 값
Checksum		hexadecimal	Checksum	O		Checksum
Terminator		Character		O		Carriage Return and Line Feed

그림 5. 인터페이스 정의서

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 2. 인터페이스 기능 설명

인터페이스 ID	기능설명
IF-PL-001-001	단말장치 확인 - 통합단말기에서 서버로 단말기 정보(통신모뎀ID, 클라이언트 구분, 체크코드)를 전송함 - 통신방식 : TCP/IP Sockte 통신
IF-PL-001-002	돌발정보 알림 - 서버에서 통합단말기로 돌발정보(돌발링크ID, 돌발차로, 속도,돌발차선, 돌발유형, 종료노드ID)를 전송함 - 통신방식 : TCP/IP Sockte 통신
IF-PL-002-001	안전유도정보 알림 - 서버에서 통합단말기로 안전유도정보(링크ID, 차선번호, 차선종류, 속도,안전유도차선, 종료노드ID)를 전송함 - 통신방식 : TCP/IP Sockte 통신
IF-PL-003-001	$GPIGF 포맷 데이터 전송 - 네비게이션에서 단말기 앱으로$GPIGF정보(GPS시간, 위도, 경도, 속도, 방위각, 주행차선정보, 차로변경정보, 차선정보)를 수신함 - 통신방식 : Binder 통신

2.1.7. 클래스 다이어그램

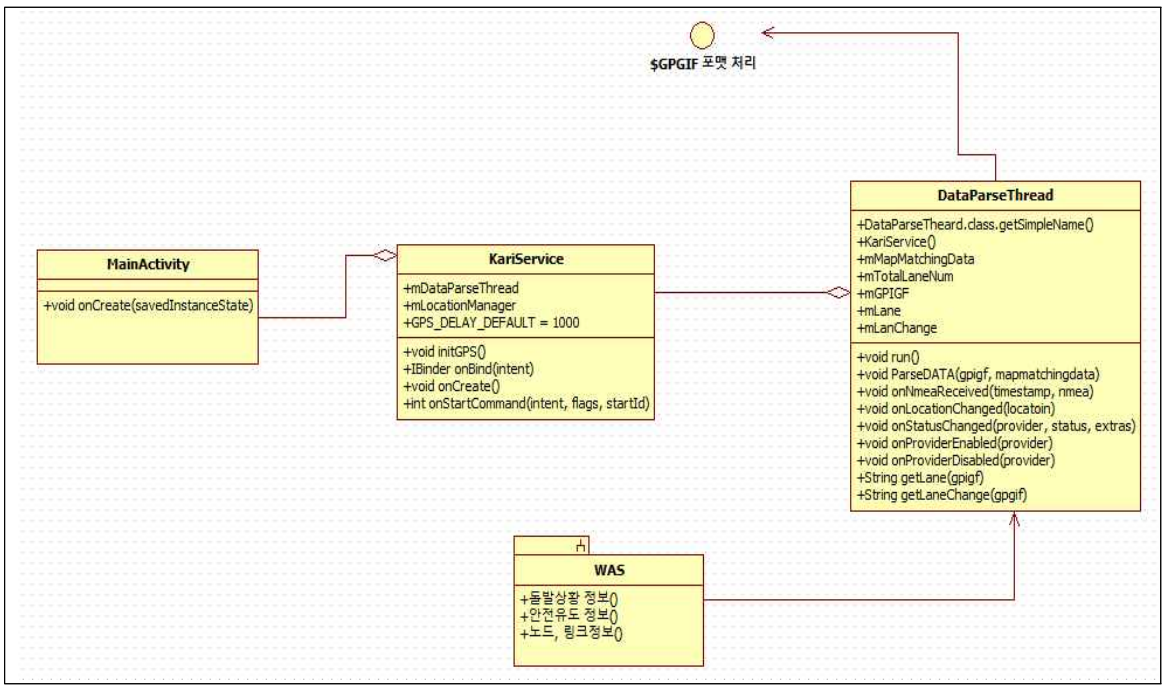


그림 6. 클라이언트 APP 클래스 다이어그램

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 클래스 다이어그램 동작 원리

- 초기 MainActivity 클래스는 APP이 초기에 실행 시 현재 서비스가 실행중인지 확인하고 서비스를 시작한다.
- KairSservice 클래스는 서비스가 실행될 때 쓰레드를 통해 전달된 데이터를 Message를 통해 각 기능별 Message로 정의하여 기능을 호출한다.
- DataParseThread 클래스는 GPS위치 변경 및 활성화, 비활성화를 확인하고 수신된 $GPIGF 포맷 데이터를 파싱 및 자료 구조를 관리함

2.1.8. DB스키마 설계

관계형 테이블로 구성되어있다. 테이블 설계시 국토교통부 기준을 준행하여 테이블 설계를 하였다.

우선 기초정보 및 공통 정보을 저장하는 테이블 구조와 GIS 정보를 저장하는 테이블, 교통정보를 저장하는 테이블, 알고리즘을 저장하는 테이블로 구분되어 있다.기초 및 공통 테이블은 코드_정의, 소통_등급, 공휴일_관리 등으로 구성되며, GIS정보는 노드_정보, 링크_정보, 가변_차선_정보, 회전_정보 등으로 구성되며, 교통정보는 링크_교통_정보, 차량_단말장치_소통_이력 등 으로구성되며, 알고리즘 정보는 돌발_상황_정보, 자동_돌발_감지_정보, 돌발_제보, 자동_돌발_링크_정보, 안전유도_분석_정보, 안전유도_분석_상세, 안전유도_배치, 돌발_제보_링크_정보등 으로 구성되어있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

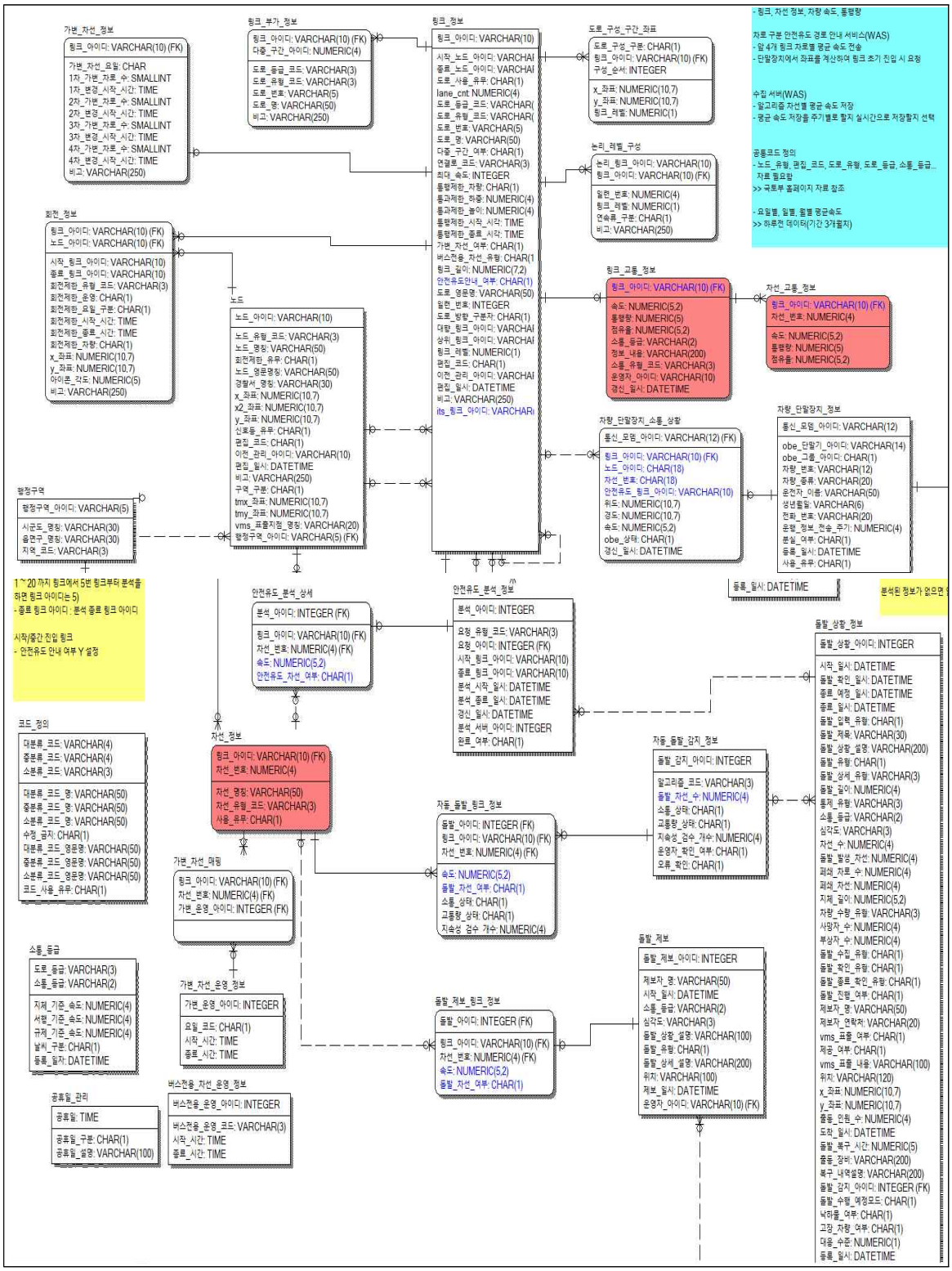


그림 7. DB 스키마 설계도

2.1.9. User Interface

표 3. 유저 인터페이스 모듈 기능설명

모듈요소	기능설명
차로구분 기반 안전유도	 · 차로구분 기반 차로별 평균속도 표출 - 각각의 차로 표출 - 차로별 평균속도 표출 - 최적차로 안전유도 메시지 표출 - 최적차로 안전유도 방송 표출
차로구분 기반 돌발상황	 · 차로구분 기반 차로 돌발상황 표출 - 각각의 차로 표출 - 차로별 평균속도 표출 - 해당 돌발차로에 돌발 유형 표출 - 돌발차로 안내 메시지 표출 - 돌발차로 안내 방송 표출

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2. 연계 S/W 프로토타입 개발

2.2.1. 개발환경

본 연구 과제의 통행 구현된 환경은 OS, 개발언어, 클라이언트 툴, 설계툴 로 구분하여 구성할 수 있다.

표 4. 프로토타입 개발환경

분류	세부사항
OS	Windows 10, Windows Server 2003
개발언어	Visual C++, C#, XML,
클라이언트 툴	Eclilipes, Visual Studio 2017
설계 툴	StarUML 5.0, ThinkWise, ERwin7.3.11, SQLyog
DB	Mysql 5.7.19.0

2.2.2. 기본 클래스 및 메소드 설명

2.2.2.1. KariappController.class

$GPIGF 포맷 파싱 데이터 정보 수신 및 돌발상황 발생 시는 안전유도 차선 정보, 평상 시에는 링크 속도 정보 제공.

각 메소드의 반환값은 처리 결과 Map이며 메소드 별 Map는 다음과 같다.

처리결과 Map

1. postTrafficInfo

A. KariappService.java 참고

```
@RequestMapping(value = "/postTrafficInfo", produces="text/plain;charset=UTF-8")
@ResponseBody
public String postTrafficInfo(HttpServletRequest request) throws IOException, DataAccessException {
Map<String, Object> mapResult = new HashMap<>();
/**
 * 1. 통신모뎀아이디
 * 2. 속도
 * 3. 위도
 * 4. 경도
 * 5. 링크아이디
 * 6. 차선번호
 * 7. 노드아이디
 */
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
    Map<String, Object> paramMap = new HashMap<String, Object>();
    String modemID = request.getParameter("modemID");
    String spd = request.getParameter("spd");
    String lat = request.getParameter("lat");
    String longt = request.getParameter("longt");
    String itslinkId = request.getParameter("itslinkId");
    String laneNo = request.getParameter("laneNo");
    String nodeId = request.getParameter("nodeId");
    int latSize = lat.substring(0, lat.indexOf(".")).length();
    int longtSize = longt.substring(0, longt.indexOf(".")).length();
  paramMap.put("modemID", modemID);
    paramMap.put("spd", spd);
    paramMap.put("lat", lat);
    paramMap.put("longt", longt);
    paramMap.put("itslinkId", itslinkId);
    paramMap.put("laneNo", laneNo);
    paramMap.put("nodeId", nodeId);
    System.out.println("modemID=" + modemID);
    System.out.println("spd=" + spd);
    System.out.println("lat=" + lat);
    System.out.println("longt=" + longt);
    System.out.println("itslinkId=" + itslinkId);
    System.out.println("laneNo=" + laneNo);
    System.out.println("nodeId=" + nodeId);
    /**
     * <p>
     *       1. 진행 처리
     *         <ul>
     *       <li>GPGIF 파서된 데이터에서 위도, 경도, 속도, 주행차선 & 노드, 링크
  인터페이스 데이터 제공</li>
     *       <li>돌발상황 조회 - 위도, 경도 데이터 여부확인한다.</li>
     *       <li>돌발상황 있으면 안전유도 안내 정보 리턴</li>
     *       <li>돌발상황 없음면 링크 차선 속도 정보 제공 리턴</li>
     *     </ul>
     * </p>
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
if (latSize <= 3 && longtSize <= 3) {
mapResult = kariappService.postTrafficInfoInsert(paramMap);
} else if (latSize <= 3 && longtSize > 3) {
mapResult.put("errCd", "T999");
mapResult.put("errMsg", "기타 오류");
} else if (latSize > 3 && longtSize <= 3) {
mapResult = kariappService.postTrafficInfoInsert(paramMap);
} else if (latSize > 3 && longtSize > 3) {
mapResult.put("errCd", "T999");
mapResult.put("errMsg", "기타 오류");
}

System.out.println("mapResult=" + mapResult);

Gson gson = new Gson();
return gson.toJson(mapResult);
}
```

2.2.2.2. KariappService.class

KariappController 로부터 전달된 정보를 이용하여 입력, 수정, 조회, 출력등과 관련된 업무(로직처리, 쿼리생성)를 DAO 연결하는 수행 역할

postTrafficInfoInsert

통신모뎀아이디, 위도, 경도, 속도, 링크아이디, 차선번호, 노드아이디 전달받아서 단말장치 소통이력 및 상황 정보, 돌발여부 조회, 안전유도 조회, 평상시속도 조회 제공을 한다.

```
@Override
public Map<String, Object> postTrafficInfoInsert(Map<String, Object> paramMap) throws IOException, DataAccessException {
Map<String, Object> rtn = new HashMap<String, Object>();
List<?> list = new ArrayList<>();

try {
trafficInfoInsert(paramMap);
// 돌발조회
// 위도, 경도 돌발여부
```

```
int cnt = kariappMapper.breakTrafficInfo(paramMap);
// 돌발정보 있을 경우
// 안전 유도 정보 조회
if (cnt > 0) {
// 안전유도/평균속도
// 링크정보/차선정보 리턴
list = kariappMapper.safeTrafficInfo(paramMap);
} else if (cnt == 0) {     // 링크속도정보제공
// 안전유도/평균속도
// 링크정보/차선정보 리턴
System.out.println("평상시 속도 제공");
list = kariappMapper.trafficInfo(paramMap);
}
rtn.put("errCd", "0000");
rtn.put("errMsg", "정상");
} catch (DataAccessException e) {
e.printStackTrace();
rtn.put("errCd", "T003");
rtn.put("errMsg", "해당 시스템 연동장애(DB오류)");
}
rtn.put("list", list);
return rtn;
}
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- **trafficInfoInsert**

통신모뎀아이디, 위도, 경도, 속도, 링크아이디, 차선번호, 노드아이디 전달받아서 차량단말장치소통이력 및 상황 데이터 처리 영역 수행한다.

```
public void trafficInfoInsert(Map<String, Object> paramMap) throws IOException, DataAccessException {
        Map<String, Object> dataMap = new HashMap<String, Object>();
        dataMap.put("commModemId", paramMap.get("modemID"));
        dataMap.put("lat", paramMap.get("lat"));
        dataMap.put("longt", paramMap.get("longt"));
        dataMap.put("linkId", paramMap.get("itslinkId"));
        dataMap.put("laneNo", paramMap.get("laneNo"));
        dataMap.put("spd", paramMap.get("spd"));
        dataMap.put("nodeId", paramMap.get("nodeId"));
        int vehItemTrafficHistCnt = kariappMapper.vehItemTrafficHistCnt(dataMap);
        if (vehItemTrafficHistCnt == 0) {
        // 차량단말장치 소통 이력
        kariappMapper.vehItemTrafficHist(dataMap);
        } else if (vehItemTrafficHistCnt > 0) {
        // 체크
        }
        int commModemIdCnt = kariappMapper.vehTermTrafficStatusCnt(dataMap);
        if (commModemIdCnt > 0) {
        kariappMapper.vehTermTrafficStatusUpdate(dataMap);
        } else if (commModemIdCnt == 0) {
        // 차량단말장치 소통 상황
        kariappMapper.vehTermTrafficStatus(dataMap);
        }
        // 링크정보
        // 노드
        }
```


무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2.2.3. KariappMapperImpl.class

KariappService 로부터 전달된 정보를 이용하여 입력, 수정, 조회, 출력등과 관련된 업무(쿼리생성)를 DAO 연결하는 수행 역할

- breakTrafficInfo

위도,경도로 돌발여부 조회 한다

```
@Override
public int breakTrafficInfo(Map<String, Object> paramMap) {
return commonDAO.selectOne("kari.breakTrafficInfo", paramMap);
}
```

- safeTrafficInfo

위도, 경도 정보를 통하여 안전유도 조회한다.

```
@Override
public List<?> safeTrafficInfo(Map<String, Object> paramMap) {
return commonDAO.selectList("kari.safeTrafficInfo", paramMap);
}
```

- trafficInfo

위도,경도 정보를 통하여 평상시 속도 조회한다.

```
@Override
public List<?> trafficInfo(Map<String, Object> paramMap) {
return commonDAO.selectList("kari.trafficInfo", paramMap);
}
```

- vehItemTrafficHist

통신모뎀아이디, 위도, 경도, 속도,차선번호,링크아이디정보전달하여 차량단말장치소통이력 등록한다

```
@Override
public void vehItemTrafficHist(Map<String, Object> paramMap) {
commonDAO.insert("kari.vehItemTrafficHist", paramMap);
}
```

- vehTermTrafficStatus

통신모뎀아이디, 위도, 경도, 속도,차선번호,노드아이디, 링크아이디 정보전달하여 차량단말장치소통 상황등록한다

```
@Override
public void vehTermTrafficStatus(Map<String, Object> paramMap) {
commonDAO.insert("kari.vehTermTrafficStatus", paramMap);
}
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- vehTermTrafficStatusCnt

차량단말장치소통상황데이터 건이 통신모뎀아이디로 체크 한다.

```
@Override
public int vehTermTrafficStatusCnt(Map<String, Object> paramMap) {
return commonDAO.selectOne("kari.vehTermTrafficStatusCnt", paramMap);
}
```

- vehTermTrafficStatusUpdate

차량단말장치소통상황 데이터를 통신모뎀아이디 조건에 해당하는 최종 위도, 경도 데이터 수정 한다.

```
@Override
public void vehTermTrafficStatusUpdate(Map<String, Object> paramMap) {
commonDAO.update("kari.vehTermTrafficStatusUpdate", paramMap);
        }
```

- vehItemTrafficHistCnt

차량단말장소통이력 데이터 건이 등록일시, 통신모뎀아이디 조건으로 조회 한다.

```
@Override
public int vehItemTrafficHistCnt(Map<String, Object> paramMap) {
return commonDAO.selectOne("kari.vehItemTrafficHistCnt", paramMap);
        }
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2.2.4. App.class

차량 단말기, 알고리즘 단말기간 돌발 이벤트를 전송하는 TCP/IP 서버이다. 알고리즘에서 자동 돌발 이벤트를 감지하면 이벤트 서버로 돌발 정보를 전송하고 이벤트 서버에서 해당 차량 단말기로 돌발 정보를 실시간으로 전송한다.

- init 메소드

TCP 서버 리슨 소켓을 생성한다.

```
public void init(){
        try {
        this.listenSocket = new ServerSocket(this.port);
        } catch (IOException e) {
        System.err
        .println("An exception occurred while creating the listen socket: "
        + e.getMessage());
        e.printStackTrace();
        System.exit(1);
        } }
```

- run 메소드

클라이언트 소켓 연결 수락을 대기하는 쓰레드이다.

```
public void run() {
        // Set a timeout on the accept so we can catch shutdown requests
        try {
        this.listenSocket.setSoTimeout(1000);
        this.listenSocket.setReuseAddress(true);
        } catch (SocketException e1) {
        System.err
        .println("Unable to set acceptor timeout value.  The server may not shutdown gracefully."); }
        System.out.println("Accepting incoming connections on port " + this.listenSocket.getLocalPort());
        // Accept an incoming connection, handle it, then close and repeat.
        while (this.keepRunning) {
        try {
        // Accept the next incoming connection
        final Socket clientSocket = this.listenSocket.accept();
        System.out.println("Accepted connection from " + clientSocket.getRemoteSocketAddress());
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

```
KEventClient client = new KEventClient(clientSocket, this.session);
this.workers.execute(client);
this.session.addList(client);
} catch (SocketTimeoutException te) {
// Ignored, timeouts will happen every 1 second
} catch (IOException ioe) {
System.err
.println("Exception occurred while handling client request: "
+ ioe.getMessage());
// Yield to other threads if an exception occurs (prevent CPU
// spin)
Thread.yield();
}
}
try {
// Make sure to release the port, otherwise it may remain bound for several minutes
this.listenSocket.close();
}catch(IOException ioe){
// Ignored
}
System.out.println("Stopped accepting incoming connections.");
}
```

- shutdown 메소드

TCP 서버를 종료한다.

```
public void shutdown() {
System.out.println("Shutting down the server.");
this.keepRunning = false;
this.workers.shutdownNow();
try {
this.join();
} catch (InterruptedException e) {
// Ignored, we're exiting anyway
}
}
```


무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2.2.5. KEventClient.class

이벤트 서버에 연결된 클라이언트 소켓 오브젝트이다

```
public boolean getRun(){
   return mRun;
   }
   return result;
}
```

- stop 메소드

소켓 접속을 종료한다.

```
public void stop(){
   try{
   if( mRun == false){
   return;
   }

   mRun = false;

   if(mIs != null){
   mIs.close();
   mIs = null;
   }
   if(mOs != null){
   mOs.close();
   mOs = null;
   }
   if( mSock.isConnected() || mSock.isClosed() == false){
   mSock.close();
   }
   System.out.println(mKey + " >> " + mSock.getRemoteSocketAddress() + " disconnectd!!");
   }
   catch(IOException ex){
   ex.printStackTrace();
   }
   }
```

- **run 메소드**

패킷 수신 쓰레드이다.

```
public void run() {
  // TODO Auto-generated method stub
  try{
  mIs = mSock.getInputStream();
  mOs = mSock.getOutputStream();
  while(mRun){
  // Read a line from the client
  byte[] recv = new byte[1024*10];
  Packet pack = new Packet();
  int nRead = mIs.read(recv, 0, 4);
  if (nRead < 0) {
  System.out.println("recv >> packet disconnected" );
  break;
  }
  pack.id = (short)((recv[0]&0xff)<<8 | (recv[1] & 0xff));
  pack.len = (short)((recv[2]&0xff)<<8 | (recv[3] & 0xff));
  if( pack.len < 1 || pack.len > 1024 * 10 ) { //|| nBodyLen > 1024 ){
  System.out.println("recv >> packet lenght error  id : " + pack.id + ", len : " + pack.len  );
  pack = null;
  recv = null;
  continue;
        }
  if (readBody(recv, nRead, pack.len) < 0) {
  System.out.println("recv >> receive body error" );
  break;
  }
  String body = new String(recv, 4, pack.len - 4, Charset.forName("UTF-8"));
  //pack.body = new String(recv, 4, pack.len - 5, Charset.forName("euc-kr"));
  pack.body = body.replaceAll("\\s+", "");
  int idx = pack.len;
  pack.crc = ((recv[idx]&0xff)<<24 | (recv[idx+1]&0xff)<<16 | (recv[idx+2]&0xff)<<8 |
(recv[idx+3] & 0xff));
  KEventProcHandler.handle(this, mSession, pack);
  pack = null;
  recv = null;
```

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- **readBody 메소드**

패킷의 바디부를 수신한다.

```
public int readBody(byte[]data, final int offset, final int bodyLen){
  int nRead = 0, nTotal = offset, nTotRead = bodyLen;
  try {
  while(true){
  nRead = mIs.read(data, nTotal, nTotRead);
  if( nRead < 0 ){
  return -1; }
  nTotal += nRead;
  nTotRead -= nRead;
  if( nTotal - offset < bodyLen){
  continue;
  }
  break;
  }
  } catch (IOException e) {
  // TODO Auto-generated catch block
  e.printStackTrace();
  nRead = -1;
  }
  return nRead;
  }
```

- doWrite 메소드

패킷을 전송한다.

```
public void doWrite(byte[]data, int offset, int len){
  try{
  if( mOs != null){
  mOs.write(data, offset, len);
  }
  }
  catch( IOException ex){
  ex.printStackTrace();
  }
        }
```

문서종류	기술명세서	문서번호	보고서-60

고정밀 측위기술의 서비스 표준화 기술문서

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이상우	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31.	이상우

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

© ISO 2011 – All rights reserved

ISO/TC 204/SC

Date: 2011-04-12

ISO/TC 204/SC /WG 17

Secretariat: KATS

Intelligent transport systems (ITS) — Network based precise positioning infrastructure for land transportation — Part 1: General information and use cases definition

Warning

This document is not an ISO International Standard. It is distributed for review and comment. It is subject to change without notice and may not be referred to as an International Standard.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Document type: Technical Report
Document subtype:
Document stage:
Document language: E

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Copyright notice

This ISO document is a working draft or committee draft and is copyright-protected by ISO. While the reproduction of working drafts or committee drafts in any form for use by participants in the ISO standards development process is permitted without prior permission from ISO, neither this document nor any extract from it may be reproduced, stored or transmitted in any form for any other purpose without prior written permission from ISO.

Requests for permission to reproduce this document for the purpose of selling it should be addressed as shown below or to ISO's member body in the country of the requester:

[Indicate the full address, telephone number, fax number, telex number, and electronic mail address, as appropriate, of the Copyright Manager of the ISO member body responsible for the secretariat of the TC or SC within the framework of which the working document has been prepared.]

Reproduction for sales purposes may be subject to royalty payments or a licensing agreement.

Violators may be prosecuted.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Contents

Page

Foreword iv
Introduction v

1 Scope 1
2 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms 2
2.1 Terms and definitions 2
2.2 Abbreviated terms 2
3 Document overview and structure 4
4 General information 4
4.1 Purpose of this technical report 4
4.2 Overview of NETPPI-LT 4
5 Use cases overview and definitions 7
5.1 Use cases overview 7
5.1.1 Basic principles for use cases 7
5.1.2 Use cases clusters 7
5.2 Use cases definition 9
5.2.1 UC cluster 1 – Safe driving 9
5.2.2 UC cluster 2 – Intersection approach and clearance 11
5.2.3 UC cluster 3 – Public transportation safety 12
Bibliography 10

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO **shall** not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Introduction

This technical report provides the framework guidelines to identify lane-level positioning technologies with the land transportation service requirements and related standards required to deploy, manage, and operate network-based precise positioning infrastructure for land transportation. The purpose of the system is to generate and transmit the GNSS correction and integrity information to land transportation users including drivers, pedestrians, riders, etc. in order to enable them to perform lane-level positioning with low-cost GNSS receivers on nomadic devices at a high confidence level. The system design following the requirements of ITS and automotive services that are closely related to traffic safety and traffic efficiency is defined.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

WORKING DRAFT

Intelligent transport systems (ITS) — Network based precise positioning infrastructure for land transportation — Part 1: General information and use cases definition

1 Scope

This report provides the framework guidelines on technologies related to the network-based precise positioning infrastructure for land transportation (NETPPI-LT) that allows land transportation users or objects carrying nomadic devices, equipped with low-cost global navigation satellite systems (GNSS) receivers and wireless communication transceivers, to perform lane-level positioning and integrity monitoring. These technologies will unlock enhanced intelligent transport systems (ITS) services and applications, and will increase traffic operation/management efficiencies and traffic safety by reducing economic and social costs from traffic jam, traffic accident, and environmental pollution.

The framework described in this report includes;

- Reference architecture for the NETPPI-LT enabling lane-level positioning and integrity monitoring on personal ITS devices
- Guidelines for providing a real-time lane-level positioning service based on GNSS with the aid of the NETPPI-LT
- Guidelines to facilitate the practical implementation of the NETPPI-LT for engineers including related use cases

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

2.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1.1
Reference Station
Implementation of a NETPPI-LT subsystem which captures signals/data from visible GNSS satellites and monitoring information (pressure, temperature, humidity, image, etc.) at a known position with clear sky view and no radio interferences, and includes wired or wireless links to send the collected data to the control station.

3.1.2
Control Station
Implementation of a NETPPI-LT subsystem which generates the GNSS carrier phase measurement correction and integrity information based on the information received from multiple reference stations, and sends the correction and integrity information to wireless communication/broadcast systems (cellular networks, WAVE, DMB, etc.) for data transmission to drivers or pedestrians with nomadic devices.

3.1.3
Monitoring Station
Implementation of a NETPPI-LT subsystem which tests validity of the information, originated by the control station, and gives feedback to the control station for the system management.

3.1.4
Base Station
Implementation of a NETPPI-LT subsystem which is a part of wireless communication/broadcast systems and provides the correction and integrity information, originated by the control station, to drivers or pedestrians carrying nomadic devices.

3.1.5
Nomadic Device
Implementation of any types of nomadic devices which captures carrier phase measurements for ranging to visible GNSS satellites, receives the correction and integrity information, originated by the control station, via wireless links including cellular networks (LTE families, 5G), WAVE, DSRC, DAB, DMB, etc., and determines its own position along with integrity by using the received data.

2.2 Abbreviated terms

5G	fifth-generation mobile communications
C-ITS-S	central intelligent transportation system station
DAB	digital audio broadcasting
DMB	digital multimedia broadcasting
DSRC	dedicated short-range communications
GNSS	global navigation satellite systems
IMU	inertial measurement unit
ITS	intelligent transportation system
LTE	long term evolution
NETPPI-LT	network based precise positioning infrastructure for land transportation

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

R-ITS-S	roadside intelligent transportation system station
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
WAVE	wireless access for vehicular environment
V2I	vehicle-to-infrastructure
V2V	vehicle-to-vehicle
V2X	vehicle-to-everything

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3 Document overview and structure

This technical report provides all documents and references required to support the implementation of the requirements related to GNSS-based positioning with lane-level accuracy on nomadic devices. The technical report consists of the following documents.

— Part 1: General information and use cases definition
This part provides an overview of the document set and structure along with the use cases definition and common set of resources (definitions, references), which are used for all subsequent parts.

— Part 2: Functional requirements and data interface
This part provides functional requirements of nomadic devices for the NETPPI-LT services and data interface between the infrastructure side and nomadic device.

4 General information

4.1 Purpose of this technical report

This technical report addresses three major areas:

— Identify the requirements of application level framework for the NETPPI-LT (lane-level positioning and integrity monitoring) services, that can be frequently inserted, modified, and deleted;

— Identify the general information for all subjects related to the NETPPI-LT services from the perspectives of infrastructure and personal station (nomadic device);

— Specify the general use cases that should be included for the NETPPI-LT services.

4.2 Overview of NETPPI-LT

Existing ITS services and applications require road-level (meter) positioning accuracy, and commercial nomadic devices or ITS stations meet this requirement with low-cost standalone GNSS receivers, that exploit code phase measurements for ranging to the satellites and may have the aid of mobile networks.

Emerging ITS services and vehicle technologies including autonomous vehicles, platooning, and collision avoidance demand lane-level (sub-meter) positioning accuracy, which cannot be achieved with the low-cost standalone GNSS receivers on the nomadic devices at a high level (95% or more) of confidence. Integrity is another requirement to provide reliable services, but it cannot be provided on the standalone receivers.

The concept of the NETPPI-LT is to provide GNSS-based lane-level positioning and integrity monitoring services to land transportation users and objects carrying nomadic devices including cellular (smart) phones, navigators, etc. that are able to receive GNSS carrier phase measurements and to receive the GNSS correction and integrity information, originated by the control station, via wireless links (e.g. DAB, DMB, LTE, 5G, WAVE). The nomadic devices might be connected to external positioning personal stations that have above functionalities. The correction information assists the nomadic devices to mitigate the effects of ionospheric and tropospheric delays, satellite clock errors, and ephemeris errors etc. in the range measurements. The integrity information provides reliability of the correction information and is used to determine integrity of the positioning result.

Figure 1 presents a reference architecture of the NETPPI-LT and an outline of data flow from the infrastructure to any types of nomadic devices performing lane-level positioning and integrity monitoring using satellite navigation. The main components of the NETPPI-LT and their key roles are as follows:

- *Reference station* plays a role that collects GNSS range and quality measurements and senses the presence of intentional or unintentional threats to the GNSS measurements with different monitoring sensors including camera, weather sensors, and others. The collected data from GNSS and monitoring sensors is transmitted to the control station. The system may have a single reference station or multiple

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

reference stations; the number of stations depends on the coverage of the NETPPI-LT service. Its functionalities may be implemented into the R-ITS-S.

- *Control Station* generates the GNSS correction information, used for ranging error removal on nomadic devices, with the combination of measurements from the reference stations. The integrity information, which describes the extent of belief on the correction information, is generated through a sequence of integrity tests. The control station offers the correction and integrity information via wireless links to land transportation users or objects carrying the nomadic devices to perform lane-level positioning and integrity monitoring. Its functionalities may be implemented into the C-ITS-S.

- *Monitoring Station* tests if the information from the control station is valid for lane-level positioning and gives the feedback to the control station. Its installation is optional, but would be needed for the system operation and management. Its functionalities may be implemented into the R-ITS-S.

- *Base Station* forwards the information, originated by the control station, to users over wireless links. The base station configuration follows the standards of the communication system used for data transfer. The link may indicate a data channel of one of communications systems including cellular networks, WAVE, DSRC, DAB, DMB, etc.

- *Nomadic Device* is capable of receiving GNSS carrier phase measurements for ranging and of receiving the correction and integrity information from the control station. Based on the data, it determines its own position, along with integrity that gives how reliable the position estimate is.

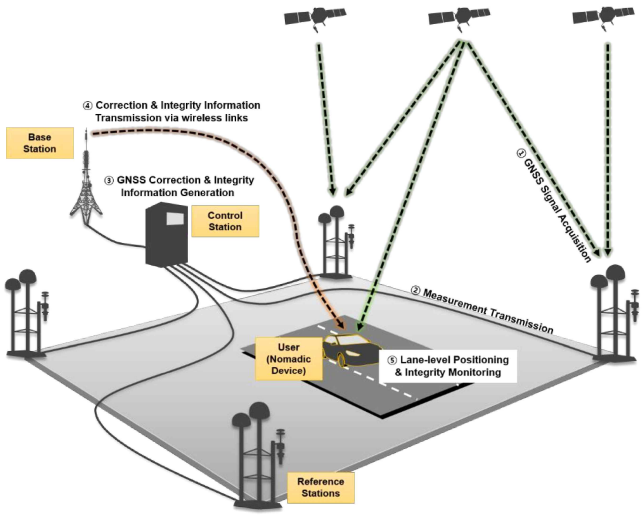


Figure 1 —NETPPI-LT framework

The issues for the implementation of the NETPPI-LT include:

- Reference stations may be installed at free of physical and electrical threats that may interrupt reception of GNSS signals.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- Reference stations may periodically provide measurements from GNSS receivers and monitoring sensors, which have stable and high performance not to introduce large hardware errors in the measurements. The GNSS receivers equipped on the reference stations also may receive GNSS signals propagating through different frequencies for capturing ionosphere delays in the range measurements.

- Control station may be installed at free of physical and electrical threats that may harm the system operation.

- Control station may be equipped with high-throughput data processor such that the delay during data reception, validation, and generation remains negligible for the system operation.

- Control station may identify the occurrence of an ionosphere event and its change with the measurements from the reference stations.

- Control station may monitor the quality of GNSS signals and the satellite status, and may detect anomalies in the GNSS measurements from the reference stations.

- Control station may alert system administrators and users (nomadic devices) if the protection level, computed by the monitoring station, exceeds the alert limit.

- Nomadic devices may provide carrier phase measurements with a single-frequency GNSS receiver and receive information from the control station via wireless links.

- Nomadic devices may be assisted by different sensors (e.g. IMU, vision, odometer, etc.) to improve availability of lane-level positioning under GNSS-deprived areas.

- Nomadic devices may be able to compute their protection levels in real time based on their own positioning measurements and the information from the control station, and they may provide valid warnings to the users or relevant applications when the protection level exceeds an alert limit, that is, the largest position error acceptable for the operation.

- Monitoring stations may have wired and/or wireless links to the control station to give feedback on the downlink status (e.g. detection of data loss during transmission, transmission delay) and the positioning results including a position estimate and associated protection level.

- Base stations may send the information from the control station to the target nomadic devices that want to take the NETPPI-LT service.

- All the subsystems related to data reception, communication, and processing may be equipped with backup power supply for blackout and may configure in a dual structure (i.e. backup infrastructure) to guarantee continuity and availability in case of system failure.

- Termination of the NETPPI-LT service may be considered in the absence of a backup system under system failure. The occurrence of the termination should be noted to all the nomadic devices in service.

- Data format and transmission to the user device may be defined by a protocol (e.g. RTCA, RTCM) depending on the communications systems. The limitations (e.g. bandwidth, delay, policy) of the communications systems may yield different protocols.

- Data collected from and generated by any subsystem may be stored at an internal/external storage device for use in accident and incident investigations.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5 Use cases overview and definitions

The main purposes for reference for developing standards are to define the service platform with the related use cases.

5.1 Use cases overview

5.1.1 Basic principles for use cases

Basic principles have been established as a framework to define the use cases:

— The use cases of lane-level positioning describe the enhancements of existing ITS services based on the position information.

— The use cases in this technical report define sample cases that are available with lane-level positioning for transport users including drivers, public transport trippers, pedestrians, and transportation managers, who are carrying personal stations with the support of GNSS and wireless communications.

The lane-level positioning services may include the following group of use cases:

— Safe Driving: hazardous road driving support, road construction/maintenance zone driving support, stationary/slow-moving vehicle collision prevention, first priority vehicle support, lane-level navigation, etc.

— Intersection Approach and Clearance: intersection collision avoidance, adaptive traffic signal control, etc.

— Public Transportation Safety: public transportation route/stop guidance, etc.

— Transportation Vulnerable Support: school/silver zone safety support, pedestrian safety, etc.

5.1.2 Use cases clusters

Table 1 provides an overview about the different use cases categories. The use cases are grouped into use case clusters.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

Table 1 — Use cases clusters and associated use cases overview

# – Title of use cases cluster	Brief description
1. Safe Driving	This cluster describes ITS services focused on enhancing the traffic safety and flow by providing warning message to vehicles on hazardous roads. Upon receiving the warning message including the existence of hazards with their lane-level positions, the vehicles on the roads might in advance determine which lanes to use in order to avoid conflict and traffic accident from the hazards. Services related to lane change guidance for safety and traffic efficiency are included in this cluster. — UC 1.1 – Hazardous road driving — UC 1.2 – Road construction/maintenance zone driving support — UC 1.3 – Stationary/slow-moving vehicle collision prevention — UC 1.4 – First priority vehicle support — UC 1.5 – Lane-level navigation
2. Intersection Approach and Clearance	This cluster specifies services to improve the safety and efficiency at intersections with the avoidance of sudden stop, overspeed, signal violation, and wrong lane violation. It may include traffic control applications that adaptively change traffic signal timing for each lane based on the actual traffic demand. Functions of lane-based congestion control may be included in this use cases cluster. — UC 2.1 – Intersection collision avoidance — UC 2.2 – Adaptive traffic signal control
3. Public Transportation Safety	This cluster deals with public transportation safety issues that may occur while changing lanes for routes and stops. It may include guidance services that inform caution to vehicles nearby buses or taxies which will make lane changes. Accordingly, the vehicles may make plans for the use of lanes and speed to secure safety. Such services are applicable to general vehicles of which routes are given with navigation services. — UC 3.1 – Public transportation route/stop guidance — UC 3.2 – Restricted traffic lane violation

The detailed definition of each use case is defined in clause 6.2.

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2 Use cases definition

The clause defines the aforementioned use cases that enhance the safety of drivers, riders, passengers, and pedestrians based on the lane-level position information.

5.2.1 UC cluster 1 – Safe driving

5.2.1.1 UC 1.1 – Hazardous road driving support

This use case describes the safety guidance procedure when a vehicle is approaching a pothole.

Table 2 describes the UC 1.1 – Hazardous road driving support.

Table 2 — UC 1.1 – Hazardous road driving support

Use case name	UC 1.1 – Hazardous road driving support
Goal	Provide a “warning” notification/indication to the driver of the vehicle that may sustain in an accident from a pothole on the road.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level position of potholes (road surface conditions) and corresponding weather conditions (optional) on the road; — Lane-level road map; — The lane-level position of the vehicle;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Warning if the vehicle is in the lane with potholes ahead; — Speed reduction guidance to avoid the accident; — Lane change guidance to avoid the accident;
Brief description	When a nomadic device finds that the vehicle is approaching potholes based on the information from the device itself and the database servers, which may be included in the C-ITS-S, the nomadic device makes an alert to the driver to avoid the potholes by changing the lane.
Classification	Mandatory

5.2.1.2 UC 1.2 – Road construction/maintenance zone driving support

This use case describes the safety guidance procedure when a vehicle is approaching a road construction/ maintenance zone. This use case may be extended to the lane merging scenario.

Table 3 describes the UC 1.2 – Road construction/maintenance zone driving support.

Table 3 — UC 1.2 – Road construction/maintenance zone driving support

Use case name	UC 1.2 – Road construction/maintenance zone driving support
Goal	Provide a “lane closed” notification/indication to the driver of the vehicle approaching the road construction/maintenance zone.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — Road construction/maintenance zone in lane-level; — Lane-level road map; — The lane-level position of the vehicle;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Warning to notify lane closed ahead; — Lane change guidance to avoid the accident;
Brief description	When a nomadic device finds that the driving lane of the vehicle is closed ahead, the nomadic device makes an alert to the driver to make a lane change.
Classification	Mandatory

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2.1.3 UC 1.3 – Stationary/slow-moving vehicle collision prevention

This use case describes the safety guidance procedure when a vehicle is approaching stationary/slow-moving vehicles.

Table 4 describes the UC 1.3 – Stationary/slow-moving vehicle collision prevention.

Table 4 — UC 1.3 – Stationary/slow-moving vehicle collision prevention

Use case name	UC 1.3 – Stationary/slow-moving vehicle collision prevention
Goal	Avoid a collision with stationary/slow-moving vehicles on the road.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — Dynamics information (position, speed, acceleration, etc.) of vehicles on the road; — Lane-level road map; — The lane-level position of the vehicle;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Speed reduction guidance to avoid the collision; — Lane change guidance to avoid the collision;
Brief description	When stationary/slow-moving vehicles on the same lane are reported, the nomadic device provides a “warning” notification/indication to the driver.
Classification	Mandatory

5.2.1.4 UC 1.4 – First priority vehicle support

This use case describes the handling procedure to assign a lane to be temporarily available for first priority vehicles such as ambulances, patrols, and fire trucks.

Table 5 describes the UC 1.4 – First priority vehicle support.

Table 5 — UC 1.4 – First priority vehicle support

Use case name	UC 1.4 – First priority vehicle support
Goal	Provide a “priority lane” notification/indication to the vehicles (drivers) to make a lane change and not to use the lane for first priority vehicles.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level positions of the vehicles on the road; — Lane-level road map; — A request to assign a priority lane;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Broadcasting to notice a specific lane assigned for first priority vehicles; — Lane change guidance for each vehicle following the provided message;
Brief description	According to a request for priority lane assignment, a central system, i.e. C-ITS-S, assigns a lane as the priority lane temporarily and broadcasts a “priority lane” notification/indication to the vehicles. As long as the assignment is available, first priority vehicles are only allowed to use the lane, and general vehicles are informed to use other lanes.
Classification	Mandatory

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2.1.5 UC 1.5 – Lane-level navigation

This use case describes the routing and guidance service where the lane-level route to the destination is provided. The route needs to be determined according to the traveling time and the safety issues described in clauses 6.2.1.1-6.2.1.4.

Table 6 describes the UC 1.5 – Lane-level navigation.

Table 6 — UC 1.5 – Lane-level navigation

Use case name	UC 1.5 – Lane-level navigation
Goal	Provide a lane-level route to the destination to the driver.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level position of the vehicle; — Lane-level road map; — Road surface and weather conditions; — Road construction/maintenance zone in lane-level; — Vehicle counts, speed, and occupancy per lane; — Temporarily unavailable lanes;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Lane-level routes to the destination; — Speed limit guidance; — Lane change guidance;
Brief description	The nomadic device with a routing service provides lane-level routes from the current position of the vehicle to the destination. The routes are determined according to the traveling time and the safety issues, and one of them needs to be selected by the driver. During driving, proper notification/indication is informed with corresponding guidance.
Classification	Mandatory and/or Optional

5.2.2 UC cluster 2 – Intersection approach and clearance

5.2.2.1 UC 2.1 – Intersection collision avoidance

This use case describes the handling procedure of vehicles approaching intersections for collision avoidance.

Table 7 describes the UC 2.1 – Intersection collision avoidance.

Table 7 — UC 2.1 – Intersection collision avoidance

Use case name	UC 2.1 – Intersection collision avoidance
Goal	Provide an “entering vehicle” notification/indication for collision avoidance at an intersection.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level positions of the vehicles approaching the intersection; — Lane-level road map;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Broadcasting the “entering vehicle” notification/indication to the vehicles approaching the intersection; — Speed reduction guidance or immediate stop for the approaching vehicles; — Broadcasting the “clearance” notification/indication to the approaching vehicles if the entering vehicle leaves the intersection;
Brief description	When a vehicle enters an intersection, its status is broadcasted to other vehicles approaching the intersection. Those vehicles receiving the “entering vehicle” notification/indication reduce their speeds or make an immediate stop.
Classification	Mandatory

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2.2.2 UC 2.2 – Adaptive traffic signal control

This use case describes the handling procedure of traffic signal depending on lane-level traffic demands (e.g. vehicle counts, occupancy) on the road.

Table 8 describes the UC 2.2 – Adaptive traffic signal control.

Table 8 — UC 2.2 – Adaptive traffic signal control

Use case name	UC 2.2 – Adaptive traffic signal control
Goal	Control the signalling time, order and sequence of phases depending on lane-level traffic demands on the road.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level positions of the vehicles waiting for signals; — Lane-level road map;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Adaptive signalling time (timing plan) for each signal; — Order and sequence of phases; — Changeable lane assignment;
Brief description	Based on the lane-level position information of the vehicles on the road, the traffic light control system controls the signalling time, order and sequence of phases to enhance the traffic efficiency.
Classification	Optional

5.2.3 UC cluster 3 – Public transportation safety

5.2.3.1 UC 3.1 – Public transportation route/stop guidance

This use case describes the handling procedure of vehicles behind public transportation vehicles including buses and taxies.

Table 9 describes the UC 3.1 – Public transportation route/stop guidance.

Table 9 — UC 3.1 – Public transportation route/stop guidance

Use case name	UC 3.1 – Public transportation route/stop guidance
Goal	Provide an “oncoming vehicle” or “lane blocking” notification/indication to the drivers of the vehicles behind public transportation vehicles making lane changes and stops for their routes.
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level positions of the vehicles on the road; — Routes of the public transportation vehicles; — Lane-level road map;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Speed reduction guidance for preparing the public transportation vehicles straying into the lane; — Lane change guidance for lane blocking by stops;
Brief description	When a vehicle is following closely behind public transportation vehicles, the vehicle needs to prepare for sudden lane change or sudden stop. Based on the information of vehicles’ positions and routes, the nomadic device provides an “oncoming vehicle” or “lane blocking” notification/indication to the driver in advance to avoid collision from lane changes or stops of the public transportation vehicles by reducing the following vehicle’s speed or by making a stop.
Classification	Optional

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

5.2.3.2 UC 3.2 – Restricted traffic lane violation

This use case describes the handling procedure when an unpermitted vehicle use restricted traffic lanes (e.g. bus-only lane, express lane, high-occupancy vehicle lane, high-occupancy toll lane) and violates the restricted traffic lane rule.

Table 10 describes the UC 3.2 – Restricted traffic lane violation.

Table 10 — UC 3.2 – Restricted traffic lane violation

Use case name	UC 3.2 – Restricted traffic lane violation
Goal	Provide a notification/indication to the drivers of the vehicles unpermitted for using restricted traffic lanes including bus-only lane, express lane, high-occupancy vehicle lane, and high-occupancy toll lane).
Actor	Control station (C-ITS-S), Base station, Nomadic device
Use case input	The following inputs need to be considered: — The lane-level positions of the vehicles on the road; — The types of the vehicles (or other conditions defined by the restricted traffic lane rule); — The information of the restricted traffic lane (lane, operating hours, permission state); — Lane-level road map;
Use case output	The following outputs need to be considered: — Lane change guidance for restricted traffic lane violation;
Brief description	When a vehicle enters a restricted traffic lane without permission, a notification/indication is provided to the driver to inform that the driver is violating the traffic lane rule and to make a lane change.
Classification	Mandatory

© ISO 2011 – All rights reserved

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술명세서	문서번호	보고서-61

시험방송 지역 요구사항 명세서

2016. 10. 27.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이상우	2016. 10. 27.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 10. 27.	이상우

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 **1**

2. 용어 정의 **1**

3. 요구사항 **2**
3.1 요구사항 총괄표 2
3.2 분류별 요구사항 2

4. 참고자료 **6**

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

본 문서에서는 국토교통부 교통물류연구사업 "차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구" 과제의 일환으로, 정밀위치 시범서비스 제공을 위한 시범지역 요구사항에 대해 기술한다. 정밀위치 시범서비스라 함은 과제를 통해 개발하는 정밀위치 결정 교통인프라의 위성항법 보강정보(보정정보 및 무결성정보)를 활용하여 위성항법 사용자가 정밀한 위치정보(1m 이내의 측위오차)를 확보할 수 있는 서비스를 의미하며, 시스템 안정성 검증, 운용 시나리오 대응 기술 개발, 전국 구축 방안 도출에 그 목적이 있다.

2. 용어 정의

본 문서에서 사용되는 용어와 그에 대한 설명은 다음과 같다.

표 1. 용어 정의

용 어	정 의
차로구분 정밀위치	폭 3m 내외의 차로를 구분하기 위해 사용자의 위치정보 오차가 0.9m(2σ) 이내임을 의미한다.
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport System의 약어로 차세대 지능형 교통시스템이라고도 불린다. 국토교통부는 2016년 7월부터 2017년 7월까지 대전, 세종 간 총 87.8km 도로(고속도로 26km, 국도 2.9km, 도심부 58.8km)에 한하여 C-ITS 시범사업[1]을 진행하고, 향후 광주-대구 고속도로까지 서비스를 확대할 계획[2]이다.
위성항법 시스템	위성항법시스템은 4개 이상의 위성을 이용하여 사용자가 위치, 시간 정보를 획득할 수 있는 시스템으로, 미국의 GPS(Global Positioning System)과 러시아의 GLONASS(GLobal NAvigation Satellite System)이 대표적이다.
지상파 DMB	DMB는 Digital Multimedia Broadcasting의 약어로, 지상파 DMB는 지상통신망 기반의 디지털방송시스템을 의미한다. 본 문서에서는 교통/여행 관련 서비스를 위한 TPEG(Transport Protocol Experts Group) 서비스만을 고려한다.
정밀도로 지도	차선, 시설물 정보 등이 표시된 정확도 25cm 내외의 전자지도를 의미한다. 국토지리정보원에서는 자율차 시험운행을 위해 도로 5구간에 대해 정밀도로지도를 구축하였으며, 2020년부터 전국 4차로 이상 도로에 대해 정밀도로지도 구축할 계획이다.
CN0	Carrier-to-noise ratio의 약어로, 반송파 대 잡음비를 의미한다.
RSS	Received Signal Strength의 약어로, 무선신호의 수신 세기를 의미한다.

1) 국토교통부 보도자료 2016. 1. 26.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 요구사항

3.1 요구사항 총괄표

표 2. 요구사항 총괄표

분류기준	세부 내용	요구사항 수
연구사업 요구사항 (Research Requirement)	• 제안요청서(RFP) 등 연구사업 관련 요구사항을 기술함	2
시스템 요구사항 (System Requirement)	• 목표시스템의 기능 수행을 위한 필수 요구사항 및 구성요건에 대해 기술함	3
서비스 요구사항 (Service Requirement)	• 서비스의 유효성을 화보하기 위해 필요한 환경적 요구사항을 기술함	2

3.2 분류별 요구사항

3.2.1 연구사업 요구사항

표 3. 연구사업 요구사항 1

요구사항 분류		연구사업 요구사항
요구사항 명칭		제안요청서 기준
요구사항 상세설명	**정의**	제안요청서 상에 명시된 시범지역 선정 기준
	세부 내용	1) 정밀위치 제공 시범지역은 수도권을 포함 ➢ 수도권은 서울, 인천, 경기도의 시, 군을 포함한 총 30개 시와 3개 군으로 구성 ➢ 대중적 의미에서 서울 및 인근 시를 포함 2) 국토교통부에서 추진하고 있는 C-ITS 사업과 연계할 수 있는 지역 고려

2) 국토교통부 보도자료 2015. 12. 22.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4. 연구사업 요구사항 2

요구사항 분류		연구사업 요구사항
요구사항 명칭		관련 사업과제 연계
요구사항 상세설명	정의	타 교통물류연구 사업과제와의 연계활용성 제고
	세부 내용	1) 타 교통물류연구 사업과제와의 연계가 가능해야함 ➢ "스마트 자율협력주행 도로시스템 개발" 과제와의 연계 고려

3.2.2 시스템 요구사항

표 5. 시스템 요구사항 1

요구사항 분류		시스템 요구사항
요구사항 명칭		위성항법시스템 요건
요구사항 상세설명	정의	위성항법시스템을 통해 위치를 제공받기 위한 요건
	세부 내용	1) 시간대에 관계없이 최소 4개 이상의 단일 위성항법시스템 위성이 관측 가능한 지역 ➢ 기 구축 시스템이 GPS에 기반을 둠에 따라 항시 4개 이상의 GPS 위성이 관측 가능해야 함 ➢ 가용성 증대를 위해 GLONASS 위성이 관측 가능해야 함 ➢ 관측 위성은 위성항법 신호의 CN0가 35 dB-Hz 이상이고, lock-time이 2초 이상인 위성에만 한함 2) 위성항법 신호 차단과 간섭에 따른 위성항법시스템 기능이 단절되지 않는 지역 ➢ 지하차도, 터널, 교각 등에 의한 100m 이상 위성항법 신호가 차단되는 지역 제외 ➢ 고압선, 고출력 무선 송신장비(레이더 등)에 의한 신호 간섭이 존재하는 지역 배제[3)]

3) Trimble GNSS Receiver Module User Guide 권고사항

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 6. 시스템 요구사항 2

요구사항 분류		시스템 요구사항
요구사항 명칭		보강정보 유효지역 요건
요구사항 상세설명	정의	사용자가 위성항법 보강정보를 활용하여 차로구분 수준의 측위 정확도를 보장받기 위한 요건
	세부 내용	1) 시범지역은 교통인프라 클러스터 내 포함되는 지역 ➢ 클러스터는 기본적으로 4개의 지역수신국으로 구성되며, 교통인프라 과제의 목표 성능 달성을 위해서는 클러스터 내에 위치하여야 함 ➢ 기 구축 클러스터는 안성, 보은, 괴산, 공주로 구성 ➢ "연구사업 요구사항"과 당초 연구목표에 따라 수도권, 충청권 클러스터를 추가 구축 예정

표 7. 시스템 요구사항 3

요구사항 분류		시스템 요구사항
요구사항 명칭		보정정보 수신 요건
요구사항 상세설명	정의	위성항법 보정정보를 수신받기 위한 요건
	세부 내용	1) DMB 신호 수신상태가 양호하여 위성항법 보정정보를 안정적으로 수신할 수 있는 지역 ➢ 시범지역 내 DMB 신호의 RSS –90 dBm 이상 ➢ 단, 일부 DMB 음영지역에서는 지상통신망(3G, LTE)을 통해 보정정보 제공이 가능한 지역을 반영해야 함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.3 서비스 요구사항

표 8. 서비스 요구사항 1

요구사항 분류		서비스 요구사항
요구사항 명칭		정밀도로지도 제공
요구사항 상세설명	정의	정밀도로지도 제공 및 제작 가능 지역
	세부 내용	1) 차선, 시설물 정보 등이 표시된 정밀도로지도 제공 가능한 지역 ➢ 국토지리정보원의 자율차 시험운행 구간 정밀도로지도를 우선적 활용[4]

표 9. 서비스 요구사항 2

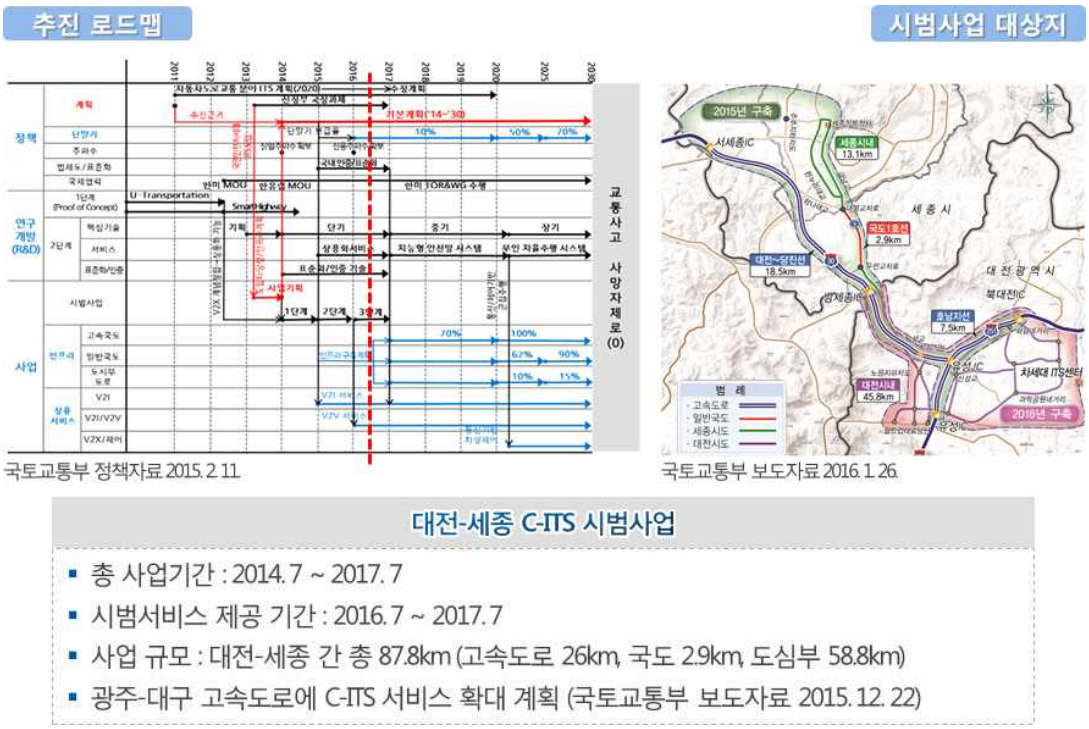
요구사항 분류		서비스 요구사항
요구사항 명칭		도로 요건
요구사항 상세설명	정의	정밀위치 서비스 제공 및 검증을 위한 도로 요구사항
	세부 내용	1) 왕복 4차로 이상으로 차로 변경이 가능하고, 터널 및 지하차도를 통과하지 않는 연속 구간 2) 공사, 불법주정차 등으로 인해 도로 변경 가능성이 있거나, 차로/속도 변경 및 차선 구분이 제한되는 도로 제외 3) 다양한 교통 시나리오를 고려할 수 있는 지역 ➢ 주행차량의 다양성, 다차로, 고속/저속, 속도 변경 구간 등을 포함하는 지역 ➢ 참고자료 중 "실환경 교통상황 예시" 참고

4) 국토교통부 보도자료 2016. 2. 25.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 참고자료

□ 국내 C-ITS사업 추진 현황

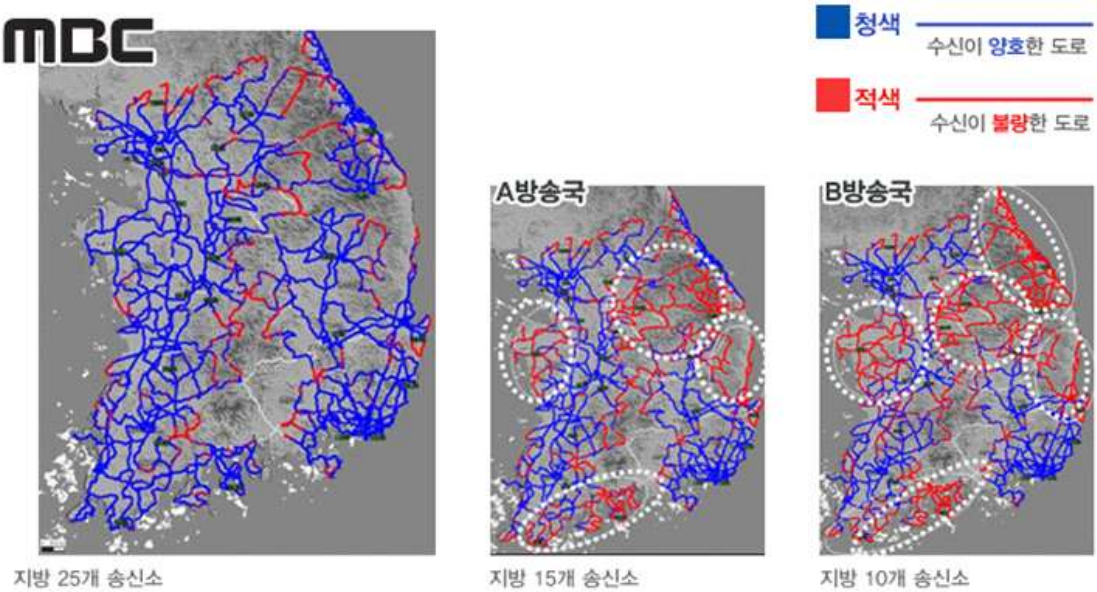


국토교통부 정책자료 2015. 2. 11.

국토교통부 보도자료 2016. 1. 26.

그림 1. 국내 C-ITS사업 추진 현황

□ 국내 주요도로 MBC TPEG 수신상태



국내 주요도로 MBC TPEG 수신상태, 2010년 기준 (http://www.mbctpeg.com/info/info_03.jsp)

그림 2.국내 주요도로 MBC TPEG 수신상태

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

□ 국토지리정보원 정밀도로지도 구축현황 및 제공시기

구 분		구 간(시·종점)	연장	제공 시기
자율차 시험운행 구간	고속국도	경부선(서울TG - 신갈JC) - 영동선(신갈 JC - 호법JC)	42km	즉시
	국도1구간	국도42호선 - 39호선 - 77호선 - 38호선(수원, 화성)	61km	즉시
	국도2구간	국도42호선 - 45호선(기흥, 용인)	40km	즉시
	국도3구간	국도45호선 - 42호선 - 17호선 - 38호선(용인, 안성)	88km	'16 상반기
	국도4구간	국도37호선 - 1호선 - 39호선 - 77호선(파주, 일산)	85km	즉시
	국도5구간	국도3호선 - 45호선 - 42호선(광주, 용인, 성남)	45km	'16 상반기
교통안전공단 자동차안전연구원 내 주행시험장		첨단주행 시험로	13km	즉시

※2016. 2. 29.부터 정밀도로지도 제공: 국토지리정보원 직접 방문

국토교통부 보도자료 2016. 2. 25.

그림 3. 국토지리정보원 정밀도로지도 구축현황

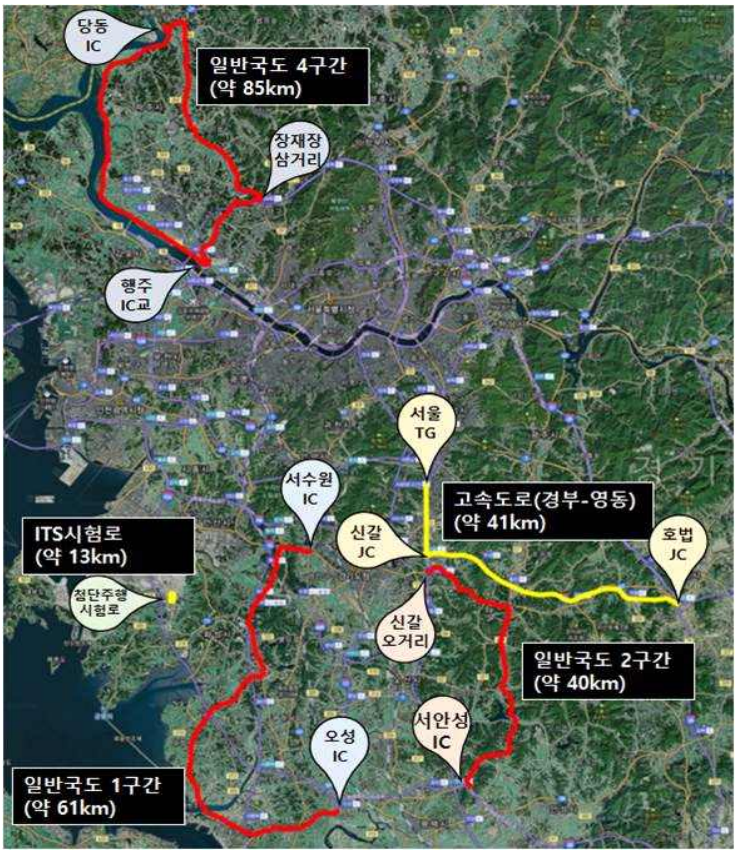


그림 4. 국토교통부 국토지리정보원 지리정보과 제공

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 10. 실환경 교통상황 예시

제목	설명
터널 집입 직전	터널진입 직전 일부 위성 신호 단절 및 다중경로 오차 발생
한쪽면 대형차 주행	한쪽면 낮은 고도각의 위성신호 수신 차단
양쪽면 대형차 주행	양쪽면 낮은 고도각의 위성신호 수신 차단
도로 표지만 아래로 주행	특정 위성의 간헐적인 신호 세기 저하
전면표지만, 전광판, 교량 아래로 주행	다수 위성의 순간적인 신호 단절 및 세기 저하
톨게이트 아래로 주행	다수 위성의 신호 단절 및 신호 세기 저하
측면에 산이 위치하는 도로 주행	산이 위치하고 있는 부분의 낮은 고도각의 위성 신호 단절
고압선 아래 도로 주행	고압선으로 인한 위성 신호 세기 저하 및 고압선에서 발생하는 전자기파의 영향으로 위성항법 신호에 문제가 예상
소음 차단막 옆 주행	소음차단막 근처의 고도각이 낮은 위성의 신호 단절, 가시위성의 경우에도 위성항법 신호 세기 저하 및 다중경로 오차 발생
투명터널/투명 소음 차단막 아래 주행	고도각이 낮은 위성 신호 단절, 가시 위성의 경우에도 위성항법 신호 세기 저하 및 다중경로 오차 발생
고가도로 아래 주행	고가도로 아래를 주행하는 경우 위성 신호 단절
가로수 주행	가로수로 인한 가시위성수 감소, 신호세기 저하, 다중경로 오차 증가 발생
양쪽으로 고층 건물	건물로 인한 다수의 가시위성수 감소, 신호세기 저하, 위성수 변화, 다중경로 오차 증가 발생
양쪽으로 낮은 건물	건물로 인한 낮은 위성의 가시위성수 감소 신호세기 저하, 위성수 변화 다중경로 오차 증가 발생

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-62

시험방송 지역 후보 분석서

2016. 11. 01.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이상우	2016. 11. 01.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2016. 11. 01.	이상우

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 1
1.1 시범지역 후보 1
1.2 실험 환경 2

2. 용어 정의 4

3. 시범지역 후보에 대한 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질 분석 5
3.1 환경 분석 5
3.2 GPS 가시위성 수 및 위성별 Locktime 분석 6
3.3 CN0 분석 9
3.4 HDOP 분석 9
3.3 DMB RSS 분석 10
3.4 시범지역 후보 종합 비교 11

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

본 문서에서는 국토교통부 교통물류연구사업 "차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구" 과제의 일환으로, 정밀위치 시범서비스 제공을 위한 시범지역 후보를 도출하고, 후보별 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질을 비교, 분석한다.

본 문서의 구성은 다음과 같다. 본 장에서는 시범지역 후보를 도출하고, 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질 분석을 위한 실험 환경에 대해 설명한다. 2장에서는 본 문서에서 사용되는 용어와 그 의미를 설명하고, 3장에서는 시범후보 지역에 대한 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질을 비교, 분석한다.

1.1 시범지역 후보

교통인프라 시범서비스 추진위원회 1차 회의[1] 결과에 따라, 시범지역은 국토지리정보원에서 자율주행차를 위해 구축한 정밀도로지도가 존재하는 도로에 한정하였다. 그림 1은 국토지리정보원 정밀도로지도 구축 현황[2]을 보인다. 현재까지 고속도로 1개 구간, 일반국도 4개 구간(ITS 시험로 포함)으로 총 5개 구간에 대해 정밀도로지도가 구축되어 있다. 이 중 일반국도 4구간은 본 과제의 연구범위[3]를 벗어나며, ITS 시험로는 접근이 용이하지 못하여 시범지역 후보에서 배제한다.

시범지역 후보를 도출하기 위하여, 나머지 3개 구간에 대해 사전 환경조사를 수행하였다. 사전 환경조사는 인터넷 지도를 활용하였으며, 위성항법 신호 수신 방해물의 유무와 위치를 조사하였다. 그림 2에서 보이는 바와 같이, 고속도로 구간의 경우에는 방음벽, 터널 등에 의해 위성항법 신호 수신이 제한될 것으로 예상되는 구간이 중간부에 밀집함에 따라 고속도로 구간 또한 시범지역 후보에서 제외한다. 이에 본 문서에서는 시범지역 후보를 국토지리정보원 정밀도로지도의 일반국도 1구간과 2구간으로 정의하고, 실험을 통한 구간별 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질을 분석한다. 단, 제외 구간 중 일부 구간은 타 구간과의 연계를 통해 시범지역으로 선정될 수 있다.

1) 시범서비스를 위한 시범지역, 기준국 설치 장소 선정 기준 논의, 2016.7.28.

2) 2015년 정밀도로지도 구축현황, 국토지리정보원 지리정보과 제공

3) 본 과제에서 구축하는 클러스터는 서울 서부, 수도권 이남을 포함함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 1. 국토지리정보원 정밀도로지도 구축현황

1.2 실험 환경

시범서비스 후보도로인 정밀도로지도 일반국도 1구간(후보1)과 2구간(후보2)에 대한 실험 환경은 다음과 같다. 실험 목적은 각 후보별 위성항법 및 DMB 실측 데이터 확보와 분석을 통한 정밀위치 서비스 적합성을 판단하는 것이다. 실험을 위해 그림 1과 같이 실험 차량에 시험 장비를 구성하였으며, 주요 장비로는 위성항법 수신기 ublox EVK M8T와 Novaltel DLV3, DMB 수신기 DABAir II Plus가 있다. 위성항법 및 DMB 수신기 안테나는 차축을 따라 일렬로 배치하였다. 두 후보 모두 일반국도임에 따라 평균 시속 60~80km으로 주행하며, 5Hz 주기로 위성항법 raw measurement data와 1Hz 주기로 MBC DMB 데이터 로그[4]를 기록하였다. 수도권과 충청권 교차 지역임에 따라 MBC DMB는 수도권 채널과 충청권 채널에 대해 수집하였다. 실험은 2016년 10월 13일, 14일 총 이틀에 걸쳐 진행하였으며, 실험 당시 기온은 22.0℃, 습도는 51%(경기도 용인시 기준)이었다. 3장에서는 수집 데이터를 기반으로 위치별 GPS의 가시위성 수와 HDOP, GPS 신호의 평균 CN0, 그리고 DMB RSS을 분석하고, 품질 정도에 따라 정밀위치 서비스 유효거리를 도출한다.

4) LUMANTEK, “DABAIR II Plus: DMB/DAB+/DAB Field Monitor & Analyser”, Manual ver. 1.0, 2012.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 2. 정밀도로지도 고속도로 구간 사전 환경조사 결과



그림 3. 실험 장비 구성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 용어 정의

본 문서에서 사용되는 용어와 그에 대한 설명은 다음과 같다.

표 1. 용어 정의

용 어	정 의
차로구분 정밀위치	폭 3m 내외의 차로를 구분하기 위해 사용자의 위치정보 오차가 0.9m(2σ) 이내임을 의미한다.
위성항법 시스템	위성항법시스템은 4개 이상의 위성을 이용하여 사용자가 위치, 시각 정보를 획득할 수 있는 시스템으로, 미국의 GPS(Global Positioning System)와 러시아의 GLONASS(GLobal NAvigation Satellite System)가 대표적이다.
DMB	Digital Multimedia Broadcasting의 약어로, 지상파 DMB는 지상통신망 기반의 디지털방송시스템을 의미한다. 본 문서에서는 교통/여행 관련 서비스를 위한 TPEG(Transport Protocol Experts Group) 서비스만을 고려한다.
보강정보	교통인프라 시스템에서 생성하는 보정정보와 무결성정보를 아우르며, 위성항법 사용자는 DMB TPEG 서비스를 통해 이 정보를 수신하여 차로구분 수준의 위치정보를 확보할 수 있다.
지상파 DMB	DMB는 Digital Multimedia Broadcasting의 약어로, 지상파 DMB는 지상통신망 기반의 디지털방송시스템을 의미한다. 본 문서에서는 교통/여행 관련 서비스를 위한 TPEG(Transport Protocol Experts Group) 서비스만을 고려한다.
정밀도로 지도	차선, 시설물 정보 등이 표시된 정확도 25cm 내외의 전자지도를 의미한다. 국토지리정보원에서는 자율차 시험운행을 위해 도로 5구간에 대해 정밀도로지도를 구축하였으며, 2020년부터 전국 4차로 이상 도로에 대해 정밀도로지도 구축할 계획이다.
CN0	Carrier-to-Noise ratio의 약어로, 반송파 대 잡음비를 의미한다.
HDOP	Horizontal Dilution of Precision의 약어로, 위성의 배치에 따른 수평 좌표 정확도를 의미하며, 값이 낮을수록 우수한 결과 도출이 가능하다.
RSS	Received Signal Strength의 약어로, 무선신호의 수신 세기를 의미한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



그림 4. 일반국도 1구간(후보1)의 사전 환경조사 결과

3. 시범지역 후보에 대한 위성항법 및 DMB 신호 환경 및 품질 분석

3.1 환경 분석

그림 4는 후보1에 대한 사전 환경조사 결과로, 위성항법 신호 수신의 주요 방해물과 그 위치를 보인다. 후보1은 서해안고속도로, 평택시흥고속도로, 수원광명고속도로가 관통하는 구간으로, 도로 위를 지나는 고가 및 육교가 곳곳에 위치한다. 또한, 후보1 중 국도 39호선(양촌IC-율암교차로) 구간에는 도로 양옆에 언덕이 위치하는 구간이 존재하여 간헐적으로 일부 위성에 대해 신호 수신이 제한적일 수 있다. 이외 구간에 대해서는 개활지 환경으로 위성항법 신호 수신이 양호할 것으로 보인다.

그림 5는 후보2에 대한 사전 환경조사 결과이다. 후보2에는 400m 이상의 고가/육교, 지하차도, 터널이 위치하여, 후보1에 비해 장시간 동안 위성항법 신호 수신이 제한되는 구간이 있었다. 이뿐만 아니라, 국도 42호선(신갈오거리-용인버스터미널사거리)은 용인 시내를 관통함에 따라, 고층 빌딩에 의한 위성항법 신호 수신이 제한될 것으로 예상됐다. 후보2 구간에도 도로 위를 가로지는 고가가 일부 존재하나, 그 수가 매우 적어 이는 표기하지 않았다. 국도 45호선(용인버스터미널사거리-서안성IC)은 하단부의 터널을 제외하고는 개활지로 구성되어, 구조물, 환경에 따른 위성항법 간섭은 미비할

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

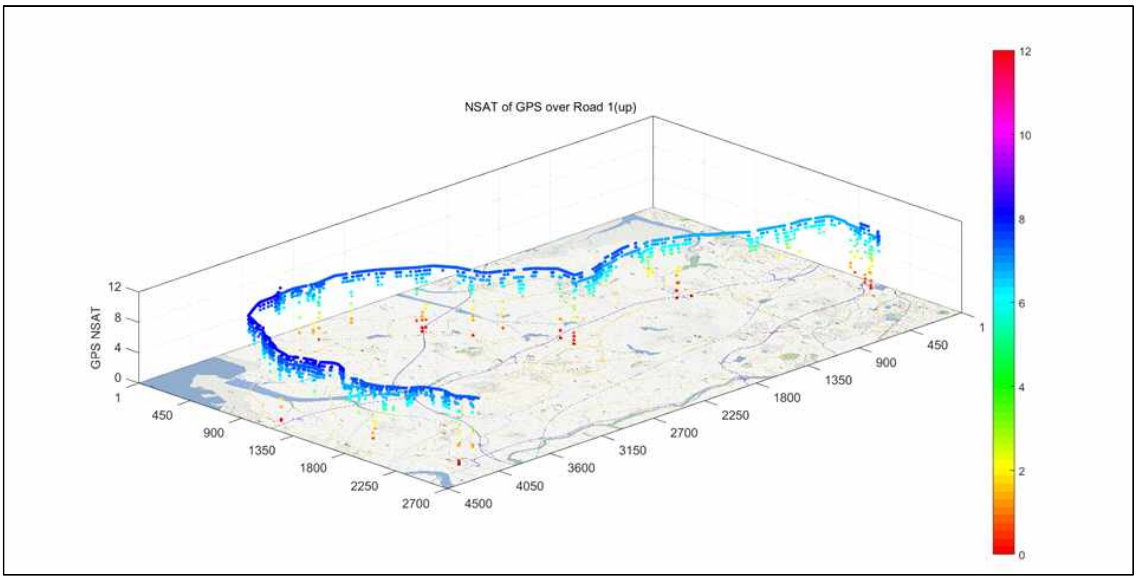


그림 5. 일반국도 1구간(후보1)의 GPS 가시위성 수

것으로 판단된다. 그러나 후보1과 후보2 모두 화물트럭 및 버스 등 대형차의 점유 비율이 높아 주행환경에 따른 간섭이 존재할 것으로 예상된다.

3.2 GPS 가시위성 수 및 위성별 Locktime 분석

위성항법을 위해서는 기본적으로 최소 4개 이상의 위성이 관측되어야 한다. 그렇기 때문에 지점별 가시위성 수 분석은 가장 우선시되어야 한다. 본 과제를 통해 개발, 구축한 교통인프라 시스템은 GPS에 근간하며, 이에 각 후보 구간에 따른 GPS 가시위성 수를 분석한다.

그림 6은 후보1의 지점별 GPS 가시위성 수를 보인다. 전 구간에 걸쳐 평균 8.43개의 GPS 위성이 관측되었으며, 교각, 육교, 언덕 등이 위치하는 지점에서 그 수가 순간적으로 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 대형차 유무에 따라 일부 지점에서 가시위성 수가 감소한 것으로 보인다. 서수원IC-율암교차로 구간은 도로 인근에 언덕이 위치하고, 다수의 송전탑이 밀집해 있어, 율암교차로-오성IC 구간에 비해 GPS 가시위성 수가 평균적으로 1~2개 감소한 추세를 보인다.

그림 7은 후보2의 지점별 GPS 가시위성 수다. 평균 GPS 가시위성 수는 7.84개로, 전반적으로 후보1에 비해 적은 수의 위성이 관측됐다. 지하차도, 용인 에버라인, 터널에 의해 연속적으로 위성 관측이 불가한 구간이 존재했으며, 국도 42호선(용인 시내) 구간에서는 고층 빌딩에 의해 GPS 가시위성 수가 크게 감소했다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

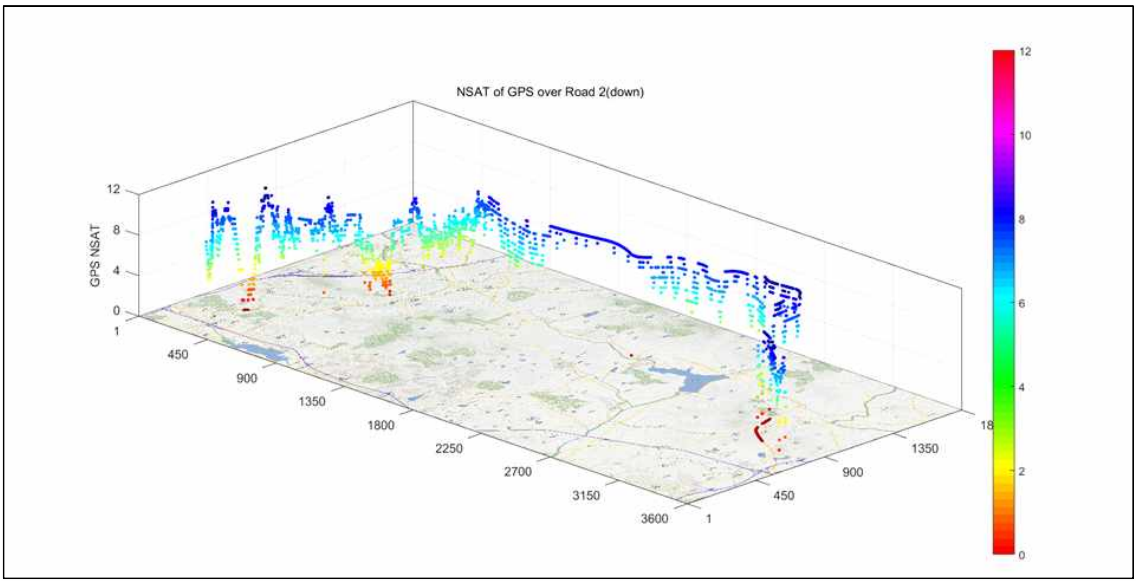


그림 6. 일반국도 2구간(후보2)의 GPS 가시위성 수

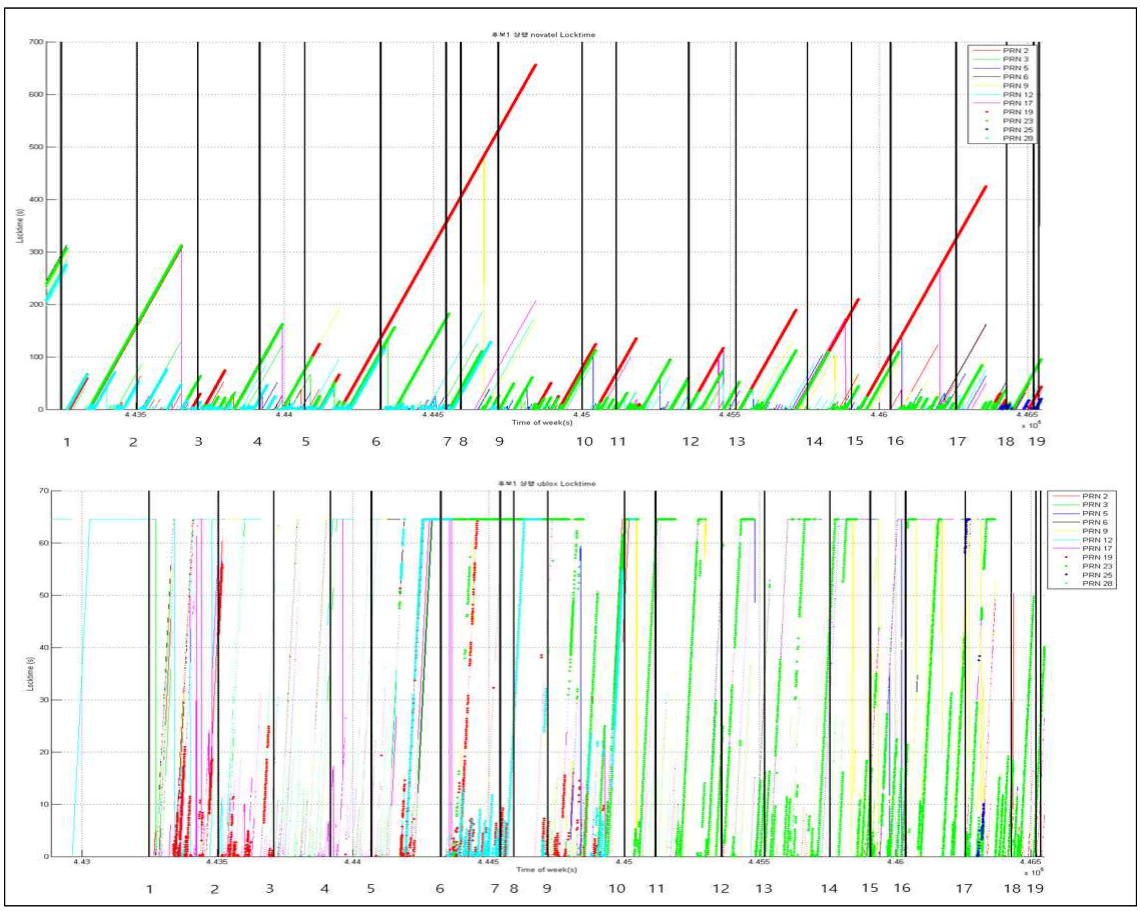


그림 7. 일반국도 1구간(후보1) Locktime 결과: Novatel(上), uBlox(下)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

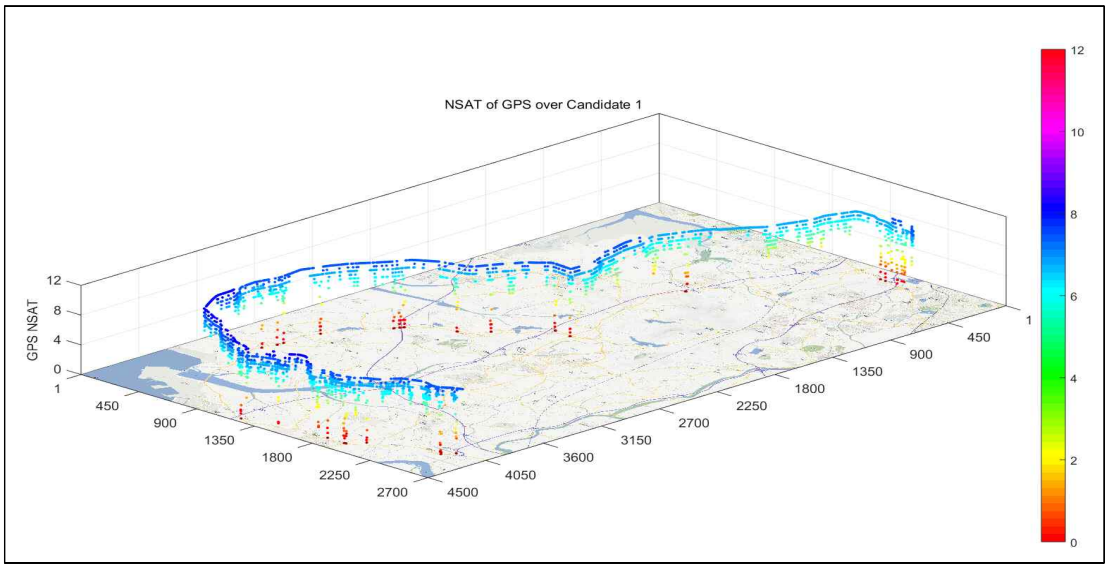


그림 8. 일반국도 1구간(후보1)의 가시위성 중 Locktime 2초 이상 위성 수

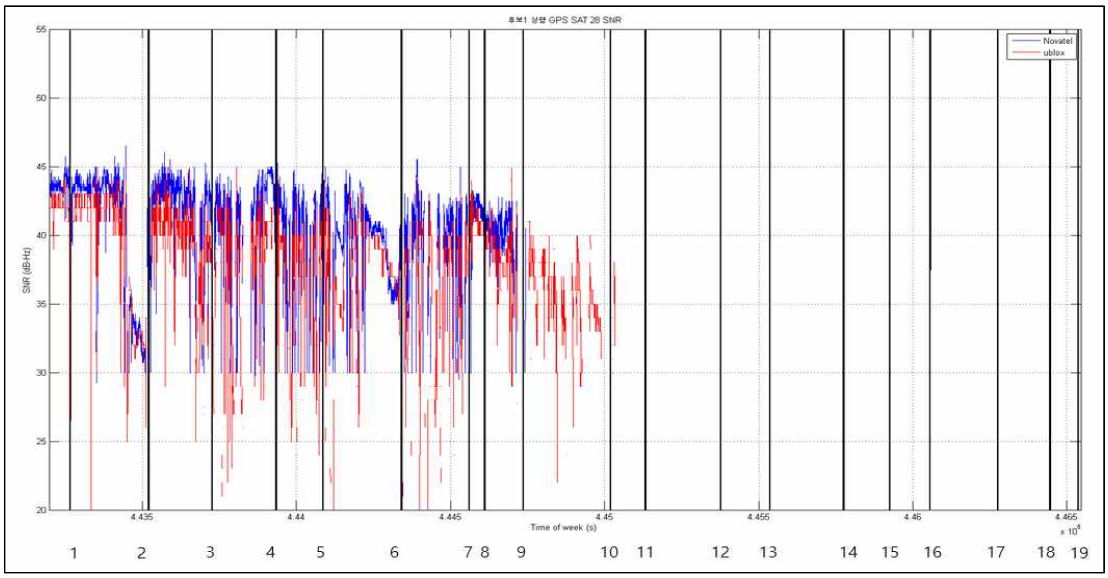


그림 9. 일반국도 1구간(후보1) GPS PRN20 신호의 CN0

그림 8은 후보1에 대한 GPS 위성별 Locktime 결과이다. 전체적으로 가시위성 수가 감소하는 구간에서 Locktime 끊김 현상이 나타났다. 위성 Locktime의 잦은 끊김은 주행 환경의 변화로 인해 세부 원인을 파악하기는 어려우나, 주행과정 속에서 화물트럭, 버스, 송전탑, 표지판 등 지형, 구조물에 의한 복합적인 영향으로 판단된다. 안정적인 Carrier phase 측정치 사용을 위해서는 Locktime이 일정 시간 이상 유지되어야 한다. 육상교통 환경임을 고려하여 최소 2초 이상의 Locktime이 유지되는 위성만을 사용한다 하였을 때, 후보1과 후보2의 평균 가용위성 수는 각각 8.03개, 7.25개였으며, 가시

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

위성 중 가용 불가한 위성의 수는 후보1 0.40개, 후보2 0.59개로, 크지 않았다. 그림 6과 그림 9 비교를 통해서, 지형, 구조물의 이유로 위성의 관측이 제한되는 지점 인근에서 Locktime 끊김이 상대적으로 많이 일어남을 알 수 있다.

3.3 CN0 분석

GPS 신호 측정 결과, 후보1과 후보2 모두 지형, 구조물에 의한 신호차단 구간(그림 6 및 그림 7 참고)을 제외하고는 대다수의 GPS 위성에 대해서는 45~50dB-Hz 이상의 세기로 신호를 수신하였다. 그러나 일부 위성에 대해서는 그림 10과 같이 시간에 따라 CN0가 증가 혹은 감소하는 추세를 보였다. 이는 앞서 수행한 지역수신국 후보지 분석 결과를 통해 위성의 배치(고도각)에 의한 결과임을 알 수 있다. 세부 분석을 위해서는 위성별 고도각 도출이 필요할 것으로 보인다.

3.4 HDOP 분석

후보1 구간에 대한 HDOP 결과는 그림 11과 같다. 평균적으로 1.12의 HDOP을 보여 전 구간에 대해 안정적이었다. 그러나 가시위성 수가 감소하는 지점, 즉 교각, 육교, 언덕이 위치한 곳에서 HDOP이 상승하여, 이외 구간과 비교하였을 때, 3 이상의 HDOP 차이가 나타났다. 위성항법 신호 수신이 불가한 지점에 대해서는 보다 용이한 확인을 위하여 0 값으로 표기하였다. 후보2에 대한 HDOP 결과도 이와 비슷한 양상을 뗬다. 그림 12는 후보2의 HDOP 결과로, 앞서 보인 결과와 일맥상통하게, 지하차도, 용인 에버라인, 터널뿐만 아니라, 용인 시내를 관통하는 국도 42호선에는 불안정한 HDOP 결과를 보였다. 이러한 이유에는 고층 건물의 위치에 따른 가시위성 수 감소에 있다.

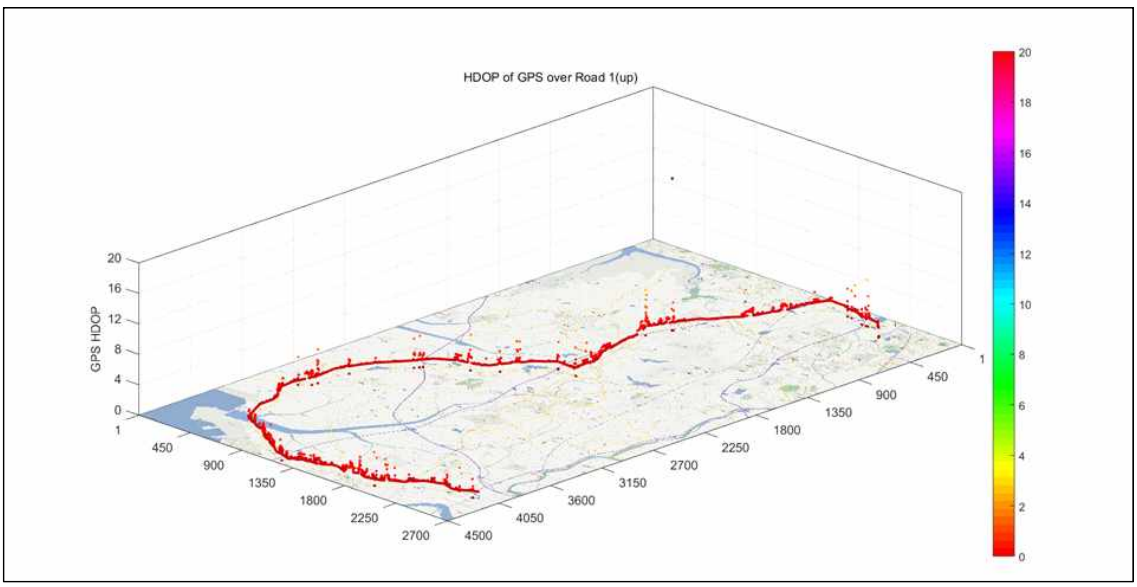


그림 10. 일반국도 1구간(후보1)의 HDOP

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

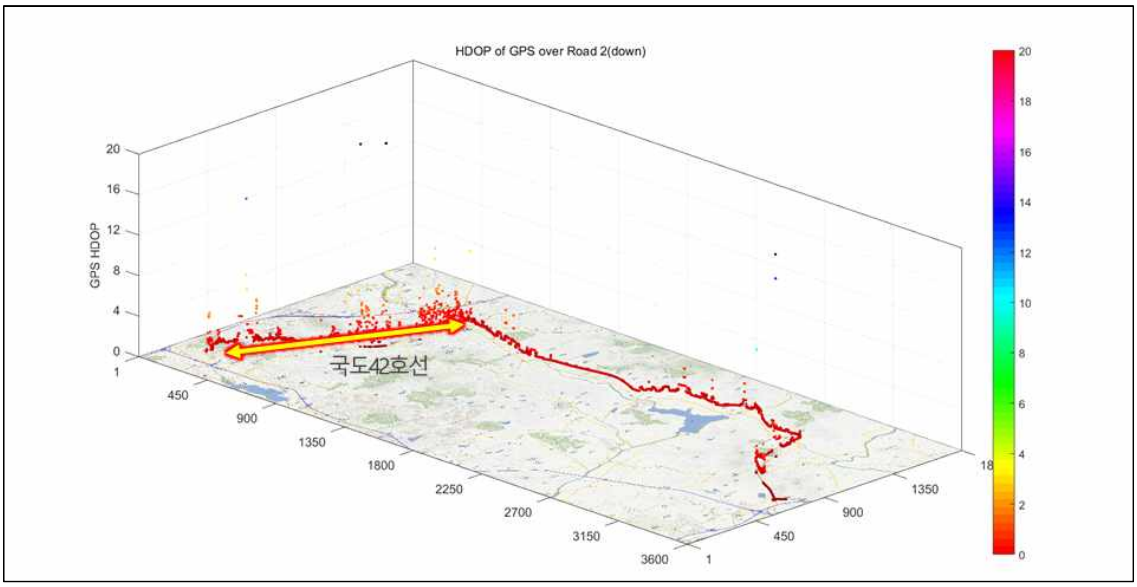


그림 11. 일반국도 2구간(후보2)의 HDOP

3.5 DMB RSS 분석

위성항법 기반 교통인프라를 통해 정밀위치 서비스를 제공받기 위해서는 교통인프라에서 제공하는 보강정보를 실시간, 그리고 안정적으로 수신해야 하며, 보강정보는 MBC DMB를 통해 사용자에게 공급된다. RSS는 수신신호세기를 나타내는 지표로, 높은 세기의 신호를 수신할수록 신호가 담고 있는 데이터(보강정보) 오류율이 낮다. 후보1과 후보2는 충청권과 수도권 경계에 존재하여, MBC DMB의 충청권 채널과 수도권 채널에 대해 모두 분석한다.

그림 13은 시범지역 후보에 따른 MBC DMB RSS 결과를 보인다. 후보1 충청권 채널의 평균 RSS은 –63dBm, 수도권 채널의 평균 RSS은 –55dBm이며, 후보2 충청권 채널의 평균 RSS은 –93dBm, 수도권 채널의 평균 RSS은 –77dBm으로, 두 구간 모두 충청권 채널에 비해 수도권 채널의 신호가 보다 세게 수신되었다. 후보1의 충청권 채널은 조암IC 기준 북쪽 지역에서는 RSS가 –100dBm 수준으로 신호 세기가 크게 저하하고, 수도권 채널은 율암교차로 기준 남쪽 지역에서 –85dBm 수준까지 세기가 감소하였다. 후보2의 충청권 채널은 수신 불가 지역이 많았으며, 국도 45호선에서도 –80dBm 수준에 머물렀다. 후보2의 수도권 채널은 충청권 채널에 비해 높은 수신율을 보였다. 충청권 채널과 수도권 채널의 수신 불가 지역이 겹침에 따라 일부 구간에서 MBC DMB 신호에 대한 차단 및 간섭이 존재할 것으로 보인다. DMB 수신 제약을 극복하기 위해서는 인근 지역에 중계기 설치가 필수적으로 요구된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

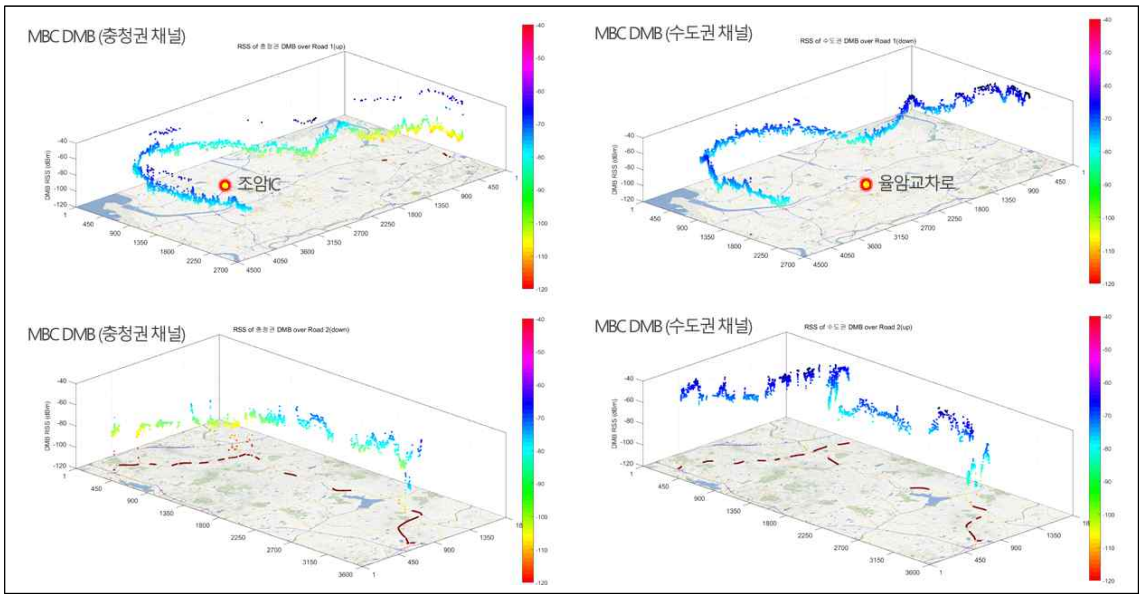


그림 12. MBC(충청권/수도권 채널) DMB RSS

3.6 시범지역 후보 종합 비교

표 2. 시범지역 후보 비교표

구분			후보 1		후보 2	
총 길이			61 km		40 km	
차로 수(왕복)	승용차 점유율(2015년 기준)*		4	64 %	4	69 %
신호 수신 방해요인	종류		교각, 육교, 언덕		지하차도, 교각, 터널,	
	총 길이	총 비율비율	간헐적으로 위치함에 따라 측정 불가		3.7 km	9 %
위성항법 신호 수신 CN0	평균		47.2		45.8	
	45dB-Hz 이상 구간		97 %		79 %	
	35~44.99dB-Hz 구간		1 %		15 %	
	35dB-Hz 미만 구간		2 %		6 %	
GPS 가시위성 수	평균		8.43		7.84	
	7개 이상 구간		95 %		73 %	
	4~6개 구간		4 %		18 %	
	4개 미만 구간		1 %		9 %	
DMB 수신 RSS (수도권 채널)	평균		-55		-77	
	-50dBm 이상 구간		22 %		15 %	
	-90~-49.99dBm 구간		78 %		54 %	
	-90dBm 미만 구간		0 %		31 %	
정밀위치 서비스 유효구간			상(84 %), 중(8 %), 하(8 %)		상(58 %), 중(24 %), 하(18 %)	

* 대형차(화물트럭, 버스 등) 점유율은 후보1(36 %), 후보2(31 %)이며, 주로 2차로 점유

정밀위치 서비스 품질에 영향을 미치는 요인을 상, 중, 하로 분류하여, 두 후보를 비교한다. 위성항법 신호 CN0의 세기를 45dB-Hz 이상은 "상", 35~44.99dB-Hz은 "중", 35dB-Hz 미만은 "하", 가시위성 수를 7개 이상은 "상", 4~6개는 "중", 4개 미만은 "하",

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

그리고 DMB RSS를 –50dBm 이상은 "상", -90~-49.99dBm은 "중", -90dBm 미만은 "하"로 분류한다. 이에 따른 후보 간 비교는 표2와 같다. 두 후보의 총 길이가 다르기에, 비율 산출을 통해 비교한다. 비교 결과에 따르면, 일반국도 1구간(후보1)에서 일반국도 2구간(후보2)에 비해 고품질의 정밀위치 서비스 제공이 가능할 것으로 보인다. 후보2는 고속도로 구간과 근사하여 고속도로와의 연계가 가능하다는 장점이 있지만, 후보2를 시범지역으로 선정하기 위해서는 DMB 중계기 설치 등의 보완 작업이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	운영 방안서	문서번호	보고서-63

다중클러스터 운영 방안서

2016. 11. 12.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이상우	2017. 11. 27.	
	신미리	2017. 11. 27.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2017. 11. 12.	신미리
R2.0	수정	2017. 11. 27.	신미리

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 다중클러스터 운영 방안 ····· 1
1.1 다중클러스터 운영 목적 ····· 1
1.2 다중클러스터 운영 기간 ····· 1
1.3 다중클러스터 운영 체계 ····· 1

2. 다중클러스터 운영 관리 ····· 3
2.1 DMB 보정정보 방송서비스 관리 ····· 3
2.2 인프라 운영 관리 ····· 3
2.3 사용자 단말 활용 및 보완 ····· 5

3. 다중클러스터 운영 결과 분석 ····· 8

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

본 과제에서는 기 구축 클러스터 활용과 신규 클러스터 구축을 통한 다중클러스터 구축 이후 다중클러스터 운영을 목표로 하고 있다. 본 문서에서는 다중클러스터의 안정적 운영을 위한 시험방송 운영의 방안에 대하여 설명한다.

1.1. 다중클러스터 운영 목적

교통인프라 시스템 안정성 검증 및 운용성 평가를 통한 개선사항 도출하고, 정밀위치결정과 정밀위치 기반 교통서비스에 대한 시험평가를 목적으로 한다.

1.2. 다중클러스터 운영 기간

운영 기간은 2018년 2분기부터 시작으로 24시간 운영 예정이며, 이후 분기마다 평가를 통하여 다중클러스터 운영의 안정성을 향상시키고자 한다.

(※ 과제종료 이후의 운영 방안에 대한 논의는 3차년도 일정에 포함)

- 운영 기간 : 2018년 2분기부터 시작 (24시간 운영)
- 평가 기간 : 2018년 2분기, 3분기, 4분기

1.3. 다중클러스터 운영 체계

운영 체계는 주관기관, 공동 기관, 위탁기관의 각 역할 및 업무를 정하여, 한국항공우주연구원은 시험방송 운영 총괄, 문화방송은 보정정보 방송서비스 운영, 지아이시스템은 일자별 인프라 고장 및 장애 대응, 펌프킨은 교통서비스 관련 시스템(데이터베이스) 구축/운영/관리 및 교통서비스 시험/검증 방안 제시, 파인디지털은 사용자 단말기 이상 추적 및 기술 보완을 맡아 다중클러스터를 운영한다. 구체적인 내용은 아래와 같다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 1. 다중클러스터 운영 체계

운영 기관	역할 및 업무
KARI 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute	시험방송 운영 총괄 이벤트별 대응 (인프라/사용자 보완) 기술 개발 인프라/사용자 성능 시험 및 통계 분석 운영/평가 분기보고서 작성
HYUNDAI MnSOFT	(항우연) 감시국 기반 인프라 시험 방안 제시 (현대엠엔소프트) 정밀측위 사용자 시험 방안 제시
MBC	DMB 및 IP 기반 보정정보 방송서비스 운영 (MBC) 각 매체별 송수신 이상 유무, 데이터 손실, 전송 지연 등 감시를 통한 보정정보 송출단 운영 방안 (세부 운영체계, 평가/감시 지표, 고장/장애 및 기술보완 이벤트 로깅 등) 제시
GI SYSTEM	일자별 인프라 고장/장애 이벤트 (발생/종료시간, 위치, 주/부 시스템, 이벤트 설명 등) 추적 및 히스토리 관리 고장/장애시 인프라 복구 인프라 운영 매뉴얼 (정상, 고장 대응) 작성 (지아이시스템) 이벤트 추적 및 관리, 복구 방안 제시

2. 다중클러스터 운영 관리

2.1. DMB 송출시스템 운영 및 이상 감시

- 기존 DMB 방송시스템과 결합도 최소화 운영
- DMB의 비디오, 오디오 채널과는 독립적인 데이터 채널을 이용하여 송출
- 보정정보 송출시 TPEG의 핵심인 실시간교통정보, 기상/뉴스 등의 서비스 전송에 영향을 주지 않도록 32kbps 대역폭 내에서 송출
- 정파 방송시 주기적 메인/백업 송출시스템 재부팅(순차로 진행)

- 통합 모니터링을 통한 24시간 감시
- 보정정보 전송시스템에 MBC방송시스템 모니터링 체계 적용(3교대 24시간 근무

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

자 상주)

- 네트워크 장애, 보정정보 실시간입력 지연, 송출지연, 전송실패 등 다양한 장애발생 요인을 한눈에 모니터링 할 수 있는 데시보드 설치
- 장애 대응매뉴얼 작성 및 모니터링 근무자 교육으로 복구시간 최소화
- 장애 조치 이후 각종 로그파일을 이용한 장애 원인 분석 및 장애리포트 작성

2.1.1. 장애 발생에 따른 조치 방법

표 2. 클러스터 장애 발생에 따른 조치 방법

분류	이상현상	영향도 / 시급도	조치 방법
데이터 전송 지연	네트워크 장애	중간 / 높음	네트워크 이중화로 인해 장애가 발생하지 않지만, 네트워크 담당자 및 통신사업자의 점검을 통해 신속히 복구해야 함
	접속 상태 장애	낮음 / 중간	접속 상태 장애는 이중화로 인해 장애로 이러지는 경우가 적고 문제발생시 자동재접속 기능이 활성화 자동재접속이 안될 경우 관리자가 수동조치
	송출지연 감지	중간 / 중간	보정정보 유효시간 내에서의 송출지연은 서비스 영향도가 높지 않음 송출지연 시간이 늘어나는 추세라면 원인파악 후 조치 필요 서비스에 영향이 없이 시스템OS 재부팅 및 SW재시작
데이터 처리 지연	인코더 과부하 감시	중간 / 중간	보정정보 송출지연으로 이어질 수 있으므로 인코더 재시작이 필요함 인코더 프로세스 비정상종료시에는 자동으로 프로세스 재시작이 이루어짐
	Bin파일 처리 지연	중간 / 중간	보정정보 송출지연으로 이어질 수 있으므로 스케줄러 재시작이 필요함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			재시작 이후 문제 지속시 스케줄링 정책 변경 적용
DMB 신호 미수신	DMB수신 감시국 장애	낮음 / 낮음	단순 DMB감시국의 이상현상으로 감시국 시스템 재부팅 또는 현장 점검 필요
	송출시스템 중단	높음 / 높음	교통인프라 보정정보 DMB수신 감시국과 DMB방송감시장치 모두 신호 미수신시 심각한 서비스 장애 발생 지역사 및 유관부서 시스템 담당자 소집 및 신속한 복구 절차 돌입
데이터 손실	TPEG 유효성 실패	낮음 / 낮음	DMB 신호수신 불량으로 인한 현상으로 수신단말기의 성능 및 안테나 형태에 따라 차이남 DMB 신호수신 불량시 LTE를 통해 보정정보를 받을 수 있는 기능으로 극복 가능함
	보정정보 유효성 실패	높음 / 높음	교통인프라 보정정보가 포맷에 맞지 않게 들어오거나, 리시버에서 인코더 데이터 전달시 데이터손실이 발생으로 보정정보 이용불가 항우연 지역제어국 및 DMB송출시스템 담당자 소집, 장애원인분석 및 복구 절차 돌입

2.2. 인프라 운영 관리

■ 목적 : 시스템 고장/장애 이벤트 추적 및 관리를 통한 시스템 유지보수/보완

■ 운영 방안

표 3. 인프라 운영 방안

운영관리 방안	운영 관리 내용
보고서	매월 말일 점검 리스트에 대한 보고서 제출
매뉴얼	- H/W : 장비 점검 및 고장 대응 매뉴얼 작성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

	- S/W : 이벤트 매뉴얼 작성
지표 및 점검리스트	H/W 및 S/W에 관한 점검 체크 리스트 작성
고장/장애 시나리오별 대응 방안	고장 및 장애 인지 통합운영국 로그 화명을 확인(토탈 로그) 이슈관리 시스템을 통한 통합운영국 이상/장애 추적 및 관리
세부 운영 주기/일정	매일 아침 운영 체크리스트에 따라 고장/장애 진단 및 해당사항 체크
이벤트 추적 및 관리	데이터베이스에 인프라 고장/장애 이벤트를 저장 후 추적 및 히스토리 확인

2.2.1. 고장/장애 관리 : 이슈관리 시스템 활용

■ 이슈관리시스템 채용 : 통합운영국의 이상/장애 추적 및 관리는 이슈관리시스템을 사용하여 관리한다. 이슈관리시스템은 통합운영국의 운영 과정에서 발생하는 문제(이슈)들을 분류하고 위험도와 조치 우선순위를 부여하여 체계적으로 이슈를 관리한다.

■ 이슈 범위 : 이슈는 통합운영국의 운영중 발생할 수 있는 정의된/정의되지 않은 문제를 가리킨다.

■ 이슈의 우선순위 부여 : 이슈는 통합운영국의 운영에 미치는 심각도에 따라 다음과 같이 분류한다.

표 4. 이슈 우선순위

심각도	설명
LOW	대응하지 않아도 문제가 없는 사소한 경우
NORMAL	시간적 여유가 있다면 대응해야하는 경우
HIGH	가능한 빨리 수정되어야 하는 결함이 발생한 경우
URGENT	긴급히 대응해야하는 결함으로 최대한 빨리 대응
IMMEDIATE	우선 순위가 가장 높은 결함으로 즉시 해결되어야하는 결함

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 이슈 상태 및 처리 절차 : 이슈의 상태는 현재 이슈가 처리중인지, 처리되었는지, 인지되었는지에 대한 상황을 나타낸다. 이슈에 대한 처리 절차는 다음과 같으며, 각 상태 설명은 아래 표와 같다.

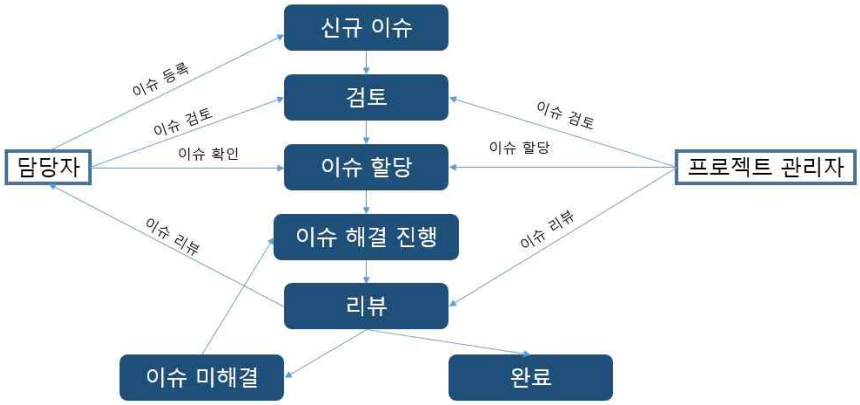


그림 1. 이슈관리시스템

표 5. 이슈 관리시스템 설명

상태	설명
신규 이슈	담당자에 의해 확인된 새로운 이슈
검토	- 새로운 이슈에 대해서 담당자를 할당하기 위해 프로젝트 관리자와 담당자간 회의를 진행 - 사전에 정의된 문제가 발생하였을 경우 매뉴얼에 따라 조취를 취하고, 정의되지 않은 문제가 발생하였을 경우문제를 해결하기 위한 팀을 소집하여 검토회의를 진행
이슈 할당	이슈를 해결하기에 가장 적절한 담당자를 할당
이슈 해결 진행	이슈를 해결을 위한 활동을 진행
리뷰	해결된 이슈가 정말 해결되었는지 관리자와 담당자간 회의 진행
이슈 미해결	결함이 여전히 발견되어 이슈 해결 과정을 다시 진행
완료	이슈가 해결되었음을 확인한 상태

■ Redmine : Redmine은 Web기반의 이슈관리시스템이다. 주요기능은 다음과 같다.
- 이슈 등록 및 관리

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 이슈에 대한 ID, 담당자, 현재상태, 심각도, 우선순위, 진행상황 기록
- 이슈에 대한 속성 편집 가능
- 사용자와 관리자 권한 설정 가능

Apply Clear Save

#	Tracker	Status	Priority	Subject	Assignee	Updated
439	Feature	진행	Normal			11/16/2017 06:14 PM
438	Feature	신규일감	Normal			11/15/2017 02:34 PM
437	Feature	신규일감	Normal			11/15/2017 11:02 AM
436	Bug	진행	Normal			11/15/2017 04:29 PM
435	Feature	진행	Normal			11/16/2017 06:19 PM
433	Feature	검토	Normal			11/15/2017 11:26 AM
432	Feature	진행	Normal			11/15/2017 03:05 PM
426	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:11 AM
425	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:12 AM
424	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:13 AM
423	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:13 AM
422	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:08 AM
421	산출물	리뷰	Normal			11/15/2017 11:09 AM
417	Feature	진행	Normal			11/18/2017 11:51 AM
415	Feature	신규일감	Normal			10/25/2017 11:31 AM
409	Feature	리뷰	Normal			11/15/2017 11:14 AM
408	Feature	리뷰	Normal			11/15/2017 11:14 AM
404	Feature	진행	Normal			11/09/2017 09:09 AM
403	산출물	진행	Normal			11/15/2017 11:14 AM
397	Feature	리뷰	Normal			11/15/2017 11:14 AM
395	Feature	리뷰	Normal			11/15/2017 11:12 AM
393	Feature	리뷰	Normal			11/15/2017 11:10 AM
392	Feature	진행	Normal			10/25/2017 02:38 PM
390	Feature	검토	Normal			11/15/2017 02:25 PM
388	**Bug**	**검토**	**Immediate**			**10/18/2017 04:51 PM**

그림 2. Redmine의 이슈 관리화면

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 시험방송 운영 결과 분석

클러스터별 지역감시국 및 DMB 감시시스템이 수신하고 측정한 정보를 바탕으로 아래와 같이 시험방송 운영 결과를 분석한다.

■ 주요 이벤트 기록

표 6. 주요 이벤트 기록 예시

시작일시	종료일시	이벤트 구분	장소/시설물	기록 절차	상세설명
년/월/일 시:분:초	년/월/일 시:분:초	위성 및 시스템 이상, 시스템 관리/업그레이드, 전리층 변화, 송출 포트 변경, 클러스터 추가/변경/삭제 등	이벤트 발생/감지 장소 및 시스템 또는 위성	자동/수동	이벤트에 대한 설명, 변경사항에 대해서는 변경 사유와 변경 전/후 명시

■ 일자별/분기별 수평 측위 오차 분포(히스포그램), 95% 측위정확성 : 매초 교통인프라 지역수신국이 수신한 정보를 바탕으로 측위해, HPL 측정

표 7. 예시) 95% 수평 측위 정확도

Location	95% Horizontal (meters)	Maximum Horizontal Error
Atlanta	1.061	2.528

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

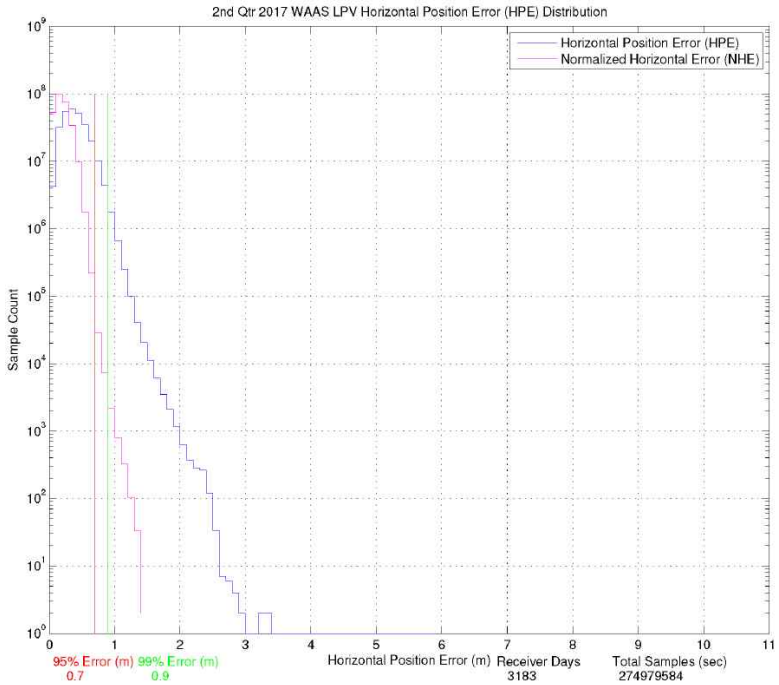


그림 3. 수평위치 오차 히스토그램 예시

■ 일자별/분기별 무결성 손상(측위오차 > 보호수준) 발생 통계 분석(HMI 분석) : 교통인프라 보호 수준에 따른 Safety margin을 정의하고자 HMI 분석

표 8. 예시) HMI 통계표 – HMI 확률계산

위치	안전 계수		HMI 개수
	수평	수직	
안성	6.3	8.04	0

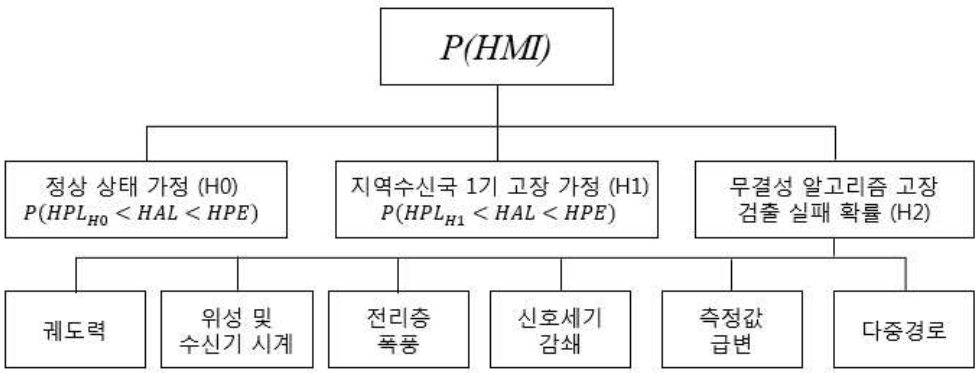


그림 4. 교통인프라 무결성 요구조건 10-3 비교

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

■ 일자별/분기별 가용성 (측위 Outage 발생) 통계 분석

표 9. 예시) Outage 발생 분석

위치	Outages	Outage Rates
안성	1	0.000019

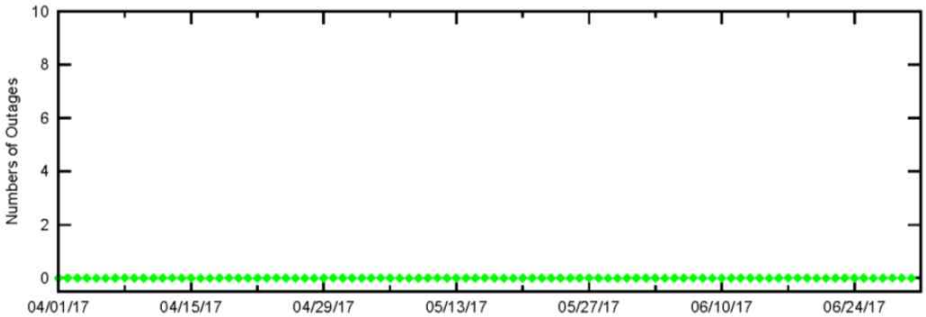


그림 5. 일자별 outage 그래프

■ 일자별/분기별 보정정보 송출 이상 (전송/처리지연 한계 초과, 정보 손실 등) 통계 분석

표 10. 예시) 정보 처리 지연 송출 통계 분석

Message Type	On Time	Late	Max Late Length (seconds)
1	98903	0	0

■ 무결성 알고리즘 분석 : 정상상태의 무결성 알고리즘의 검정통계량 통계분석, 고장 검출 한계치 신뢰도 향상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 11. 무결성 알고리즘 설계 및 검출 대상

알고리즘 / 고장요인	궤도력	위성시계	수신기 시계	전리층 폭풍	측정값 급변	신호감쇄 다중경로
CN0 Test						O
Code-Carrier Divergence				O	O	O
Carrier ARS		O	O		O	
Code Carrier Innovation					O	
Cycle Slip Detection					O	O
Ephemeris – Ephemeris	O					
YE-TE	O					
DFCD				O		
C-Value			O			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	운영 결과서	문서번호	보고서-64

시험방송 운영평가 결과보고서

2019. 1. 28.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	이상우, 이정훈	2018.10.24.	
	이상우, 이정훈	2019.01.28.	
검 토			
승 인	허문범	2019.01.29.	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	초안작성 (운영, 평가 계획(안) 작성)	2018.09.27.	이상우, 이정훈
R2.0	3분기 운영평가 결과 추가	2018.10.24.	이상우, 이정훈
R3.0	3분기 운영평가 결과 추가	2019.01.28.	이상우, 이정훈

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 시험방송 운영평가 개요 ····· 1
1.1. 시험방송 목적 ····· 1
1.2. 시험방송 시스템 구성 ····· 2
1.3. 시험방송 추진체계 ····· 7

2. 시험방송 운영평가 방법 ····· 8
2.1. 시험방송 운영 방법 ····· 8
2.2. 시험방송 평가 방법 ····· 25

3. 시험방송 운영평가 결과 ····· 44
3.1. 인프라 시스템 운영평가 결과 ····· 44
3.2. 정밀위치결정 서비스 평가 ····· 88

4. 결론 ····· 101

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 시험방송 운영평가 개요

본 보고서에서는 국토교통부 교통물류연구사업 "차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구" 과제(주관 한국항공우주연구원)의 연구성과인 정밀위치결정 교통인프라 시스템(이하 정밀위치결정 시스템[1])의 성능을 24시간 시험방송 운영을 통해 평가, 분석한다. 시험방송은 위성항법 데이터 측정부터 정밀위치결정을 위한 보정정보/무결성정보 생성을 거쳐 사용자에게 DMB TPEG[2] 채널을 통한 보정정보/무결성정보 제공까지, 즉 인프라 시스템의 전 과정을 운영, 검증하고, 장기간 데이터를 바탕으로 사용자 시스템(정밀위치결정) 성능 평가결과의 신뢰성을 확보하기 위함이다. 궁극적으로는 시험방송 평가, 분석 결과를 토대로 위성항법 기반 정밀위치결정 기술의 실용화 가능성을 검토하고자 한다. 또한 정밀위치결정 기술의 도로교통 분야의 실용화 가능성을 검토하기 위하여, 다양한 교통환경(정체~원활), 도로환경(도로시설물 유형 및 형태)을 고려한 정밀위치결정 성능 평가를 진행한다.

본 장에서는 시험방송 운영평가의 목적, 시험방송을 위한 정밀위치결정 시스템 구성, 그리고 시험방송 운영평가 체계와 각 기관별 역할에 대해 설명한다. 2장에서는 정밀위치결정 시스템 시험방송 운영 및 평가 방법을 설명하며, 3장에서는 시험방송 운영 결과 및 시험방송 운영에 따른 정밀위치결정 시스템 성능을 평가, 분석한다. 4장에서 본 보고서의 결론을 맺는다.

1.1. 시험방송 목적

시험방송의 목적은 위성항법 기반 정밀위치결정 시스템의 기능 검증 및 성능 평가하는 것으로, 세부적으로는 다음과 같은 목적을 갖는다.

- 통합 시스템 운영 기술 체계화: 정밀위치결정 인프라 시스템 운영 과정에서 발생하는 이벤트 및 이슈를 감지, 추적하고, 이슈별 우선순위 부여 및 대응 방안을 마련함으로써 시스템 운영 기술을 체계화하고자 함
- 통합 시스템 가용성 평가: 인프라단을 구성하는 지역수신국, 지역제어국, DMB 방송국의 개별 가용성과 정밀위치결정을 위한 보정정보/무결성정보 제공 서비스의 가용성을 평가, 분석하고자 함
- 사용자 정밀위치결정 성능 검증: 장기간 데이터를 바탕으로, 사용자 정밀위치결정 성능(정확성, 무결성, 가용성)에 대해 신뢰성 있는 평가결과를 제시하고, 목표 성능[3] 달성 여부를 검증하고자 함

---

1) 정밀위치결정 시스템은 인프라 시스템과 사용자 시스템으로 구분되며, 인프라 시스템은 다시 지역수신국, 지역제어국, DMB 방송국으로, 사용자 시스템은 지역감시국(고정형)과 일반 사용자 단말기(이동형)으로 구분된다. 자세한 설명은 본 보고서의 [1.나. 시험방송 시스템 구성]에서 설명한다.

2) DMB TPEG은 Digital Media Broadcasting Transport Protocol Expert Group의 약어로, 교통/여행/날씨 정보 제공을 목적으로 한 방송시스템을 의미한다.

3) 정확성 (오차 0.9m 이내@95%), 무결성 (위험 0.8×10^{-3} 이내), 가용성 (92% 이상)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1.2. 시험방송 시스템 구성

정밀위치결정 시스템은 인프라 시스템과 사용자 시스템으로 구분된다. 인프라 시스템은 위성항법 데이터 측정과 이상 유무를 감시하는 지역수신국, 지역수신국의 데이터를 이용하여 보정정보/무결성정보를 생성하는 지역제어국, 지역제어국의 보정정보/무결성정보를 사용자 시스템으로 제공하는 DMB 방송국, 그리고 인프라 시스템 통합 감시 및 제어의 역할을 수행하는 통합운영국으로 구성된다. 사용자 시스템은 인프라 시스템에서 생성한 보정정보/무결성정보를 DMB TPEG 채널을 통해 수신하고, 이를 자신이 측정한 위성항법 데이터와 결합하여 정밀위치결정을 수행한다. 정밀위치결정 가용범위는 클러스터 단위로 결정되며, 클러스터는 복수의 지역수신국(이격 거리 70km 내외)으로 구성된다. 그림 1은 정밀위치결정 시스템 구성을 보인다.

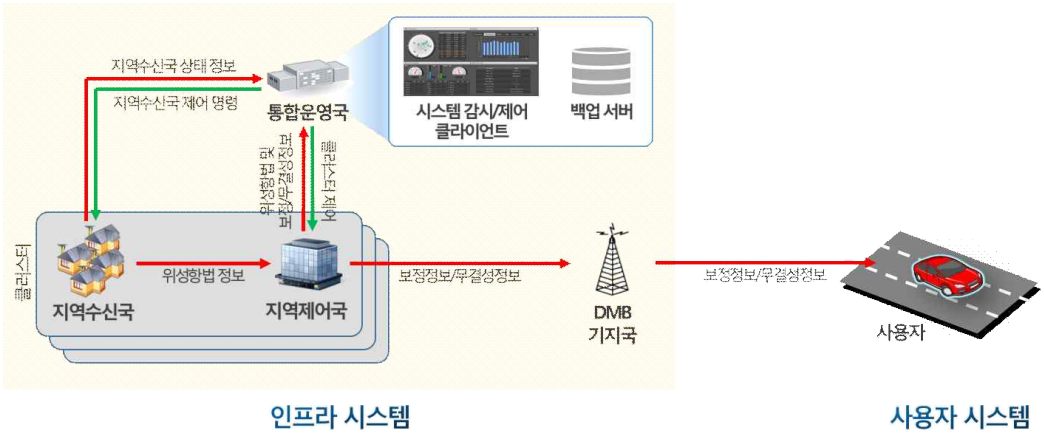


그림 1. 정밀위치결정 시스템 구성

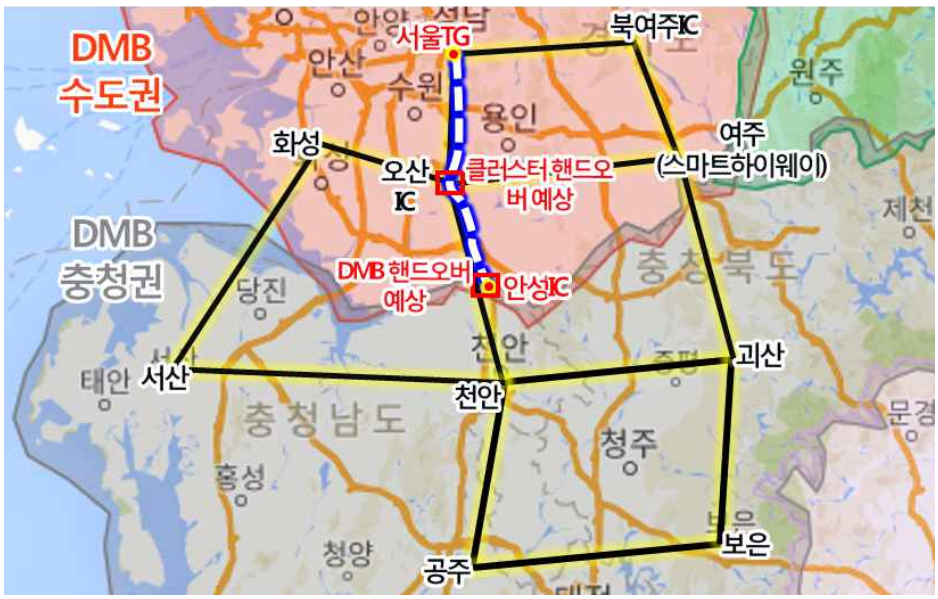


그림 2. 클러스터 구성 및 사용자 시스템 평가구간 (경부고속도로 서울TG-안성IC)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1.2.1. 인프라 시스템

그림 2는 시험방송을 위한 클러스터 구성으로, 총 4개의 클러스터를 구축, 운영한다. 클러스터 A는 서울, 양평(북여주IC), 여주, 오산으로 구성되며, 정밀위치결정 서비스 지역은 용인시, 이천시를 중심으로 한다. 클러스터 B는 오산, 여주, 괴산, 천안으로 구성되며, 서비스 지역에 안성시, 음성군, 진천군이 포함된다. 천안, 괴산, 보은, 공주로 구성되는 클러스터 C는 천안시와 충주시를, 화성, 오산, 천안, 서산으로 구성되는 클러스터 D는 당진시와 평택시를 포함한다. 이로써 시험방송은 수도권 이남 지역 및 충청권 중북부를 중심으로 실시한다. 클러스터별 지역제어국과 지역수신국의 구성은 표 1과 같으며, 지역수신국의 세부 정보는 표 2에서 보인다.

표 1. 클러스터별 지역제어국 및 지역수신국 구성

클러스터 (지역제어국)		지역수신국		서비스 지역	비고
이름	시스템 ID	주	부		
클러스터 A	CLSA_A/B	오산	양평, 여주, 서울	용인시, 이천시	"자율협력주행을 위한 LDM 및 V2X기반 도로시스템 개발" 과제
클러스터 B	CLSB_A/B	천안	오산, 여주, 괴산	안성시, 음성군, 진천군	-
클러스터 C	CLSC_A/B	천안	괴산, 보은, 공주	천안시, 충주시	-
클러스터 D	CLSD_A/B	오산	화성, 천안, 서산	당진시, 평택시	-

표 2. 지역수신국 ID, 좌표, 주소

지역수신국		좌표 (ECEF 기준, m)			주소
이름	시스템 ID	X	Y	Z	
서울	CNTM	-3061737.772	4048060.661	3849778.472	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 246 한국도로공사 교통센터
	CNTS	-3061738.352	4048060.550	3849778.189	
양평	NYJM	-3091015.448	4025086.286	3850486.986	경기도 여주시 흥천면 이여로 1032 한국도로공사 북여주영업소
	NYJS	-3091015.873	4025086.415	3850486.507	
여주	YJTM	-3104317.514	4029404.410	3835403.473	경기도 여주시 가남읍 금당리 스마트 하이웨이 시험도로
	YJTS	-3104317.661	4029404.774	3835402.957	
오산	OSNM	-3069208.241	4061106.060	3830127.704	경기도 오산시 원동로 105 한국도로 공사 오산영업소
	OSNS	-3069208.778	4061105.931	3830127.378	
천안	CHAM	-3094457.248	4073583.733	3796828.672	충청남도 천안시 동남구 충절로 1048-68 우정힐스 컨트리클럽
	CHAS	-3094456.695	4073583.844	3796828.955	
괴산	GSNM	-3132008.423	4040624.461	3801204.466	충청북도 괴산군 괴산읍 임꺽정로 152 한국국토정보공사 괴산지사
	GSNS	-3132007.998	4040624.332	3801204.945	
보은	BONM	-3140739.460	4061376.797	3772030.230	충청북도 보은군 보은읍 보청대로 1912 한국국토정보공사 보은지사
	BONS	-3140739.313	4061376.433	3772030.746	
공주	GNJM	-3099946.895	4095776.110	3768384.745	충청북도 공주시 봉황로 26 한국국토정보공사 공주지사
	GNJS	-3099946.358	4095776.239	3768385.071	
서산	SSNM	-3040616.064	4114045.267	3796600.048	충청남도 서산시 덕지천로 145-27 한국국토정보공사 서산지사
	SSNS	-3040616.617	4114045.156	3796599.765	
화성	WHSM	-3043772.687	4073103.740	3837643.579	경기도 화성시 송산면 삼존로 200 한국교통안전공단 자동차안전연구원
	WHSS	-3043773.112	4073103.869	3837643.100	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 3. 클러스터와 DMB 방송국 매칭

클러스터 (지역제어국)			DMB 방송국			
이름	시스템 ID		IP	포트	시스템 ID	권역
클러스터 A	주	CLSA_A	222.111.157.xxx	20002	MBCA_1	수도권
	부	CLSA_B		20003	MBCA_2	
클러스터 B	주	CLSB_A		20004	MBCB_1	수도권, 충청권
	부	CLSB_B		20005	MBCB_2	
클러스터 C	주	CLSC_A		10002	MBCC_1	수도권, 충청권
	부	CLSC_B		10003	MBCC_2	
클러스터 D	주	CLSD_A		10004	MBCD_1	충청권
	부	CLSD_B		10005	MBCD_2	

DMB 방송국은 포트 번호 구분을 통해 클러스터별 데이터를 수신하며, 본 연구과제에서는 그림 3의 클러스터 구성에 따라 총 4개의 클러스터 정보를 수신한다. 지역제어국의 이중화에 따라 DMB 방송국은 총 8개의 지역제어국으로부터 데이터를 수신한다. DMB TPEG 채널을 통해 송출되는 데이터는 주 지역제어국의 데이터가 우선 송출되나, 지역제어국 고장/장애 또는 네트워크 혼잡 등에 따라 주 지역제어국의 데이터를 일정 시간 수신하지 못하는 경우에는 부 지역제어국으로부터 수신한 데이터가 DMB TPEG 채널을 통해 송출된다. 또한, 고장/장애 등으로부터 복구되어 주 지역제어국의 데이터 수신이 원활할 시, 주 지역제어국의 데이터가 사용자 시스템에 제공된다. 표 3은 클러스터와 DMB 방송국 간 매칭 테이블로, 지역제어국별 접속하는 DMB 방송국 포트 번호와 그에 따른 송출 권역을 보인다. 그림 3에서 보이는 바와 같이, 클러스터 A, B, D는 DMB 수도권 권역에 속하며, 클러스터 B, C, D는 DMB 충청권 권역에 포함된다. 이에 DMB 수도권 권역은 클러스터 A, 클러스터 B, 클러스터 D의 보정정보/무결성정보를 송출하며, DMB 충청권 권역은 클러스터 B, 클러스터 C, 클러스터 D의 보정정보/무결성정보를 송출한다.

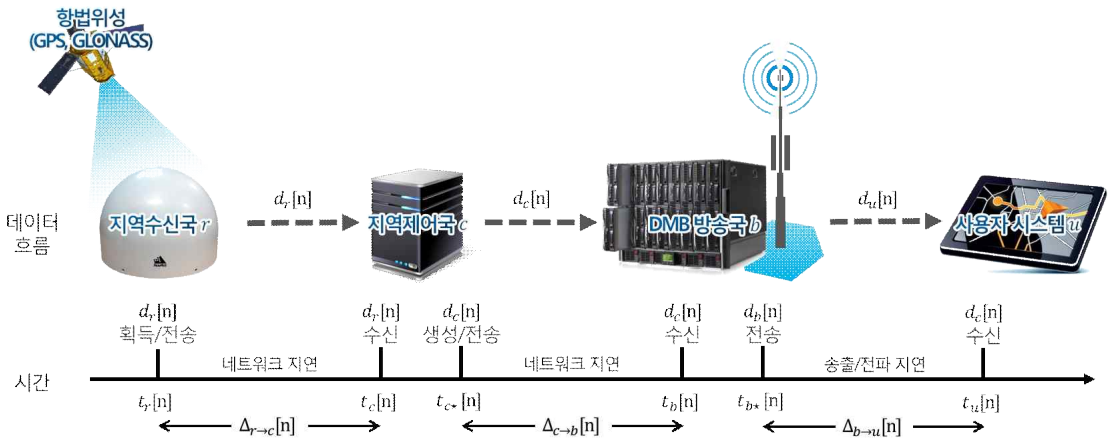


그림 3. 정밀위치결정 시스템 데이터 흐름

무단복제 및 전재를 금합니다.

표 4. 용어 표기 및 정의

표기	정의
n	데이터 순서에 대한 인덱스 $n=1,2,...,N$
r	지역수신국 인덱스/고유 번호 $r=1,2,...,R$
c	지역제어국 인덱스/고유 번호 $c=1,2,...,C$
b	DMB 방송국(포트) 인덱스/고유 번호 $b=1,2,...,B$
u	사용자 시스템(지역감시국, 일반 단말기) 인덱스/고유 번호 $u=1,2,...,U$
$d_r[n]$	지역수신국 r이 n번째 획득한 위성항법 측정치
$t_r[n]$	지역수신국 r이 $d_r[n]$을 획득/전송한 시각 (획득부터 처리지연=0초)
$\triangle_{r\to c}[n]$	$d_r[n]$ 전송지연 시간, 네트워크 지연 $(:=t_c[n]-t_r[n])$
$t_c[n]$	지역제어국 c가 $d_r[n]$을 수신한 시각 (기타 처리지연=0초)
$d_c[n]$	지역제어국 c가 n번째 생성한 보정정보, 수신국 측정치 획득시각 $t(d_c[n])$
$t_{c\bigstar}[n]$	지역제어국 c가 $d_c[n]$을 생성/전송한 시각 ($t_c[n]$부터 최대 처리지연=1초)
$\triangle_{c\to b}[n]$	$d_c[n]$ 전송지연 시간, 네트워크 지연 $(:=t_b[n]-t_{c\bigstar}[n])$
$t_b[n]$	DMB 방송국 b가 $d_c[n]$을 수신한 시각 (기타 처리지연=0)
$d_b[n]$	DMB 방송국 b가 n번째 송출하는 보정정보, 수신국 측정치 획득시각 $t(d_b[n])$
$t_{b\bigstar}[n]$	DMB 방송국 b가 $d_b[n]$을 전송한 시각 ($t_b[n]$부터 최대 처리지연=1초)
$\triangle_{b\to u}[n]$	$d_b[n]$ 전송지연 시간, 처리/송출/전파 지연 $(:=t_u[n]-t_{b\bigstar}[n])$
$t_u[n]$	사용자 u가 $d_b[n]$을 수신, 정밀위치결정 수행 시각

그림 3은 정밀위치결정 시스템의 전체 데이터 흐름을 보이며, 표 4은 사용되는 용어 표기 및 정의를 나타낸다. 데이터는 1초 단위로 획득, 생성, 전송되는 이산(discrete) 이벤트이므로, 데이터 흐름은 순서에 대한 인덱스 n으로 표기한다. 개별 지역수신국, 지역제어국, DMB 방송국, 사용자 시스템은 각각 아래 첨자 r,c,b,u로 표기한다. $d_{(\cdot)}[n]$은 각 시스템에서 n번째 획득 또는 생성한 데이터를 의미하며, $t_{(\cdot)}[n]$은 n번째 데이터, 즉 $d_{(\cdot)}[n]$을 획득 또는 생성한 시각을 의미하고, $\triangle_{(\cdot\to\cdot)}[n]$은 두 시스템 간 데이터 전송에 걸리는 지연시간을 나타낸다. 또한, $t(d_{(\cdot)}[n])\in\{t_r[m]\,|\,m=1,2,...,n\}$은 $d_{(\cdot)}[n]$ 생성에 사용된 주 지역수신국 r의 데이터 획득 시각을 의미한다. 예를 들어, 주 지역수신국 r의 위성항법 측정치 $d_r[1]$을 이용하여, 지역제어국 c가 4번째 보정정보 $d_c[4]$을 생성하였을 때, $t(d_c[4])=t_r[1]$이다. 이는 지역제어국 및 DMB 방송국은 서비스의 연속성을 보장하기 위해 버퍼를 이용하여 송출하기 때문이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

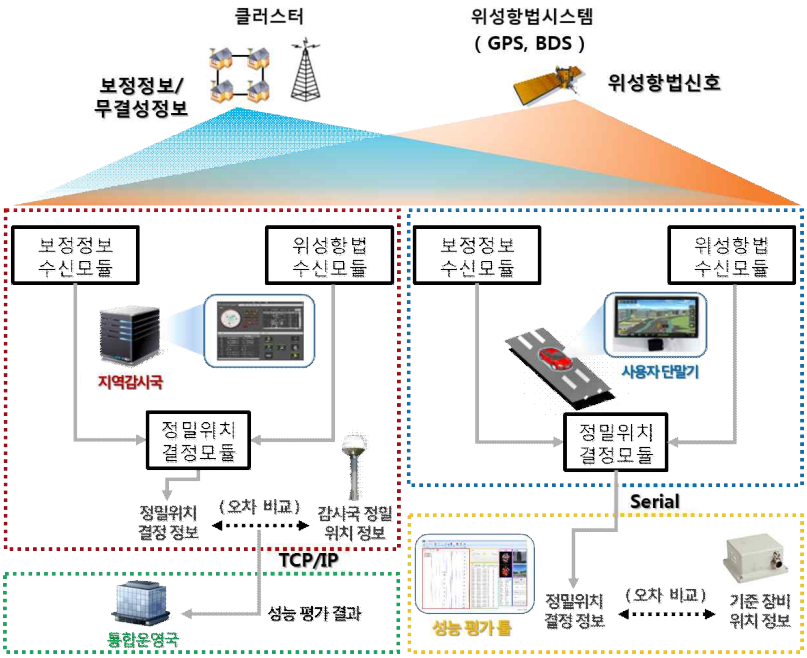


그림 4. 사용자 성능 평가 시스템 구조

1.2.2. 사용자 시스템

사용자 시스템은 직접 측정한 반송파 위상 기반 거리측정치와 인프라 시스템으로부터 수신한 보정정보를 결합하여 정밀위치결정을 수행한다. 이를 위한 주요 구성은 위성항법 수신부, DMB TPEG 수신부(또는 LTE 및 기타 통신부), 그리고 처리부를 포함한다.

위성항법 수신부는 GPS 및 BDS 신호를 동시 수신/처리가 가능한 u-blox社 LEA-M8T 칩셋[4]을 사용하며, 최대 10Hz의 속도로 위치결정 수행이 가능하다. 인프라 시스템의 보정정보는 DMB TPEG 채널을 통해 1Hz의 속도로 전송되며, 전파 과정에서의 오류가 발생하지 않는 경우 동일한 속도로 수신한다. 보정정보는 시간에 따른 변화율이 작기 때문에 1Hz의 속도로 정보를 제공받더라도, 사용자 시스템은 거리측정치 내 오차를 효과적으로 제거할 수 있다. 또한, 보정정보에는 시간에 따른 변화율 정보를 포함하고 있어, 이를 바탕으로 보정정보의 변화를 예측할 수 있다. 모든 정보는 처리부를 통해 결합, 처리되고 최종적으로 정밀위치결정을 수행한다.

사용자 시스템은 고정형의 지역감시국 (기준국 타입, 정적 환경)과 이동형의 사용자 단말기 (내비게이션 타입, 동적 환경)로 나눠며, 직접 측정한 반송파 위상 기반 거리측정치와 인프라 시스템으로부터 수신한 보정정보를 결합하여 정밀위치결정을 수행한다. 그림 4는 사용자 시스템의 구성 및 평가 시스템을 나타낸다. 지역감시국은 각 클러스터 내 임의의 지역에 구축된 고정형 설비로, 클러스터의 정밀위치결정 성능을 평가하기 위한 시스템이다. 지역감시국에서 수신된 위성항법 신호, DMB 보정정보는 성능평

4) https://www.u-blox.com/en/product/neolea-m8t-series

가 모듈로 송신되어, 정밀위치결정을 수행하며, 고가의 수신기를 활용하여 1주 이상 장시간 수신된 위성항법 신호를 바탕으로 정밀 상대측위를 통해 도출한 실제 위치(수 ㎝ 단위 오차) 수준의 기준 좌표 위치와 비교하여, 클러스터 내 정밀위치결정 성능을 평가 후, 그 결과를 TCP/IP를 통해 통합운영국으로 전송하고, 이를 실시간으로 모니터링 하게 된다. 사용자 단말기 기반 시스템은 클러스터 내 시험구간의 실제 동적 환경의 사용자 성능 평가를 진행한다. 사용자 단말기 설치 차량에서 위성항법 신호 및 DMB 보정정보를 획득하고 획득한 정보를 통해 단말기 자체적으로 정밀위치 결정을 수행한다. 단말기에서 도출된 정밀위치결정 결과는 이중주파수, IMU가 포함된 고가의 기준장비의 위치 좌표를 기준으로 수평 위치결정오차, 수평보호수준 등을 계산하여 시험평가 도로 구간의 정밀위치결정 성능을 평가한다.

1.3. 시험방송 추진체계

표 5는 시험방송 추진체계를 보인다. 본 연구과제의 주관기관인 한국항공우주연구원은 시험방송 운영평가 총괄로서, 시험방송 평가 방안 도출 및 시험방송을 통한 정밀위치결정 시스템 평가, 정밀위치결정 관련 이벤트별 대응 기술 개발, 시험방송 운영평가 결과보고서 작성의 업무를 수행한다. 공동기관인 ㈜문화방송 및 지아이시스템㈜은 인프라 시스템의 운영 주체로서, 인프라 시스템의 운영 방안을 마련하고, 이를 통해서 인프라 시스템의 상태 상시 감시 및 이상, 장애 등 이벤트 발생 시 대응/복구의 업무를 수행하며, 월별 운영 결과를 보고한다. 시험방송 운영평가 결과보고서는 분기별 작성을 목표로 하며, 이는 시험방송 추진위원회를 통해 자문 및 평가를 받는다.

표 5. 시험방송 추진체계

운영 기관	역할 및 업무
시험방송 추진위원회	- 시험방송 자문 및 평가
KARI 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute	[시험방송 운영평가 총괄] - 시험방송 평가 방안 도출 - 인프라 및 사용자 시스템 평가 및 통계 분석 - 정밀위치결정 관련 대응 기술 개발 - 시험방송 운영평가 결과보고서 작성
GI Global Innovation	[통합운영국/지역제어국/지역수신국 시스템 운영] - 통합운영국/지역제어국/지역수신국 시스템 운영 방안 도출 - 시스템별 고장/장애 이벤트 추적/관리 및 대응/복구 - 시스템별 운영 결과보고서 작성
MBC	[DMB TPEG 보정정보 송출 시스템 운영] - 보정정보 송출 시스템 운영 방안 도출 - 송출 시스템 고장/장애 이벤트 추적/관리 및 대응/복구 - 송출 시스템 운영 결과보고서 작성

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 시험방송 운영평가 방법

2.1. 시험방송 운영 방법

시험방송 기간 동안 인프라 시스템은 클러스터 내 위치한 사용자 시스템이 정밀위치 결정을 수행할 수 있도록 끊임없이 유효한 보정정보/무결성정보를 제공할 수 있어야 한다. 안정적인 보정정보 서비스 제공을 위해 인프라 시스템의 운영 범위는 구성 시스템 상태 감시 및 점검, 이를 통해 발견되는 이상/장애 등의 이벤트 관리 및 대응을 포함한다. 운영 대상은 그림 1에서 보이는 바와 같이 인프라 시스템의 지역수신국, 지역제어국, DMB 방송국, 통합운영국과 사용자 시스템의 고정 설비인 지역감시국을 포함한다. DMB 방송국의 전송부는 기존 방송시스템을 활용함에 따라 운영의 대상에서 제외하며, 이와 관련해서는 2.가.2)장에서 상세히 설명한다.

인프라 시스템(지역감시국 포함)은 통합운영국을 통해 일괄적으로 상태 감시 및 제어가 가능하다. 이에 따라, 통합운영국 기반 운영을 기본 전제로 한다. 본 장에서는 통합운영국 기반 인프라 시스템 운영 방법과 DMB 방송국의 보정정보/무결성정보 송출 이상/장애 감시 및 대응 방법을 설명한다.

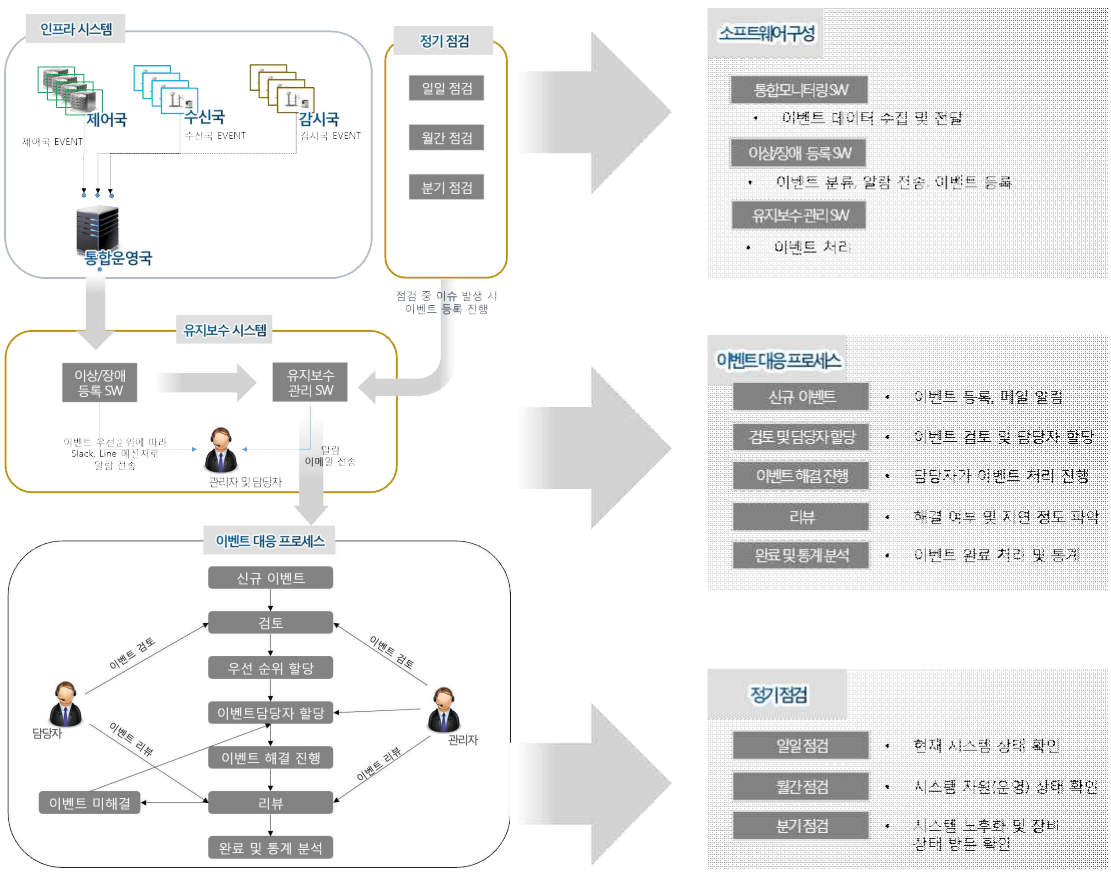


그림 5. 인프라 시스템 운영 구조

2.1.1. 통합운영국 기반 인프라 시스템 운영

본 절에서는 통합운영국을 이용한 인프라 시스템 운영 방법에 대해 설명한다. 인프라 시스템은 그림 5와 같이 통합운영국의 통합 모니터링 소프트웨어, 유지보수 시스템의 이상/장애 등록 소프트웨어와 유지보수 관리 소프트웨어를 통해 운영된다. 통합 모니터링 소프트웨어는 각 시스템으로부터 이상/장애 이벤트를 수신 혹은 데이터로부터 이상/장애 이벤트를 판단, 감시하고, 이는 이상/장애 등록 소프트웨어를 통해 유지보수 시스템 내 등록된다. 유지보수 관리 소프트웨어는 해당 이벤트와 관련하여 수행하는 모든 내용(담당자 지정, 진행 사항, 완료 결과 등의 작업 내역)을 기록, 관리하여 이벤트가 원활하게 처리될 수 있도록 한다.

우선, 시스템 운영 소프트웨어인 통합운영국의 통합 모니터링 소프트웨어, 유지보수 시스템의 이상/장애 등록 소프트웨어와 유지보수 관리 소프트웨어를 소개하며, 이를 이용한 시스템 상태 감시/점검/대응 방법을 설명한다. 또한, 시스템 운용 과정에서 발생할 수 있는 시스템별 이상/장애 이벤트와 이벤트별 대응 절차를 설명한다.

2.1.1.1. 시스템 운영 소프트웨어

통합 모니터링 소프트웨어는 기본적으로 인프라 시스템의 전반적인 상태 감시 및 점검 기능을 수행한다[5]. 모니터링 소프트웨어는 관리의 효율성을 위해 GUI(Graphic User Interface)로 개발되어 있으며, 감시 기능은 통합 시스템 모니터링, 클러스터 모니터링, 시스템 자원 모니터링으로 구분되며, 이는 그림 6에서 보인다.

- 통합 시스템 모니터링: 클러스터의 구성, 각 시스템의 주요 모듈단위 동작 상태 및 이벤트 발생, 네트워크 전송지연과 지역감시국(고정형 사용자 시스템[6])의 정밀위치결정 성능을 감시
- 클러스터 모니터링: 개별 지역제어국의 모듈별 상태 및 지역감시국의 정밀위치결정 성능을 확인하고, 클러스터를 구성하는 지역수신국의 모듈별 상태, 항법위성 데이터 상태 및 정보, 기상 데이터를 확인, 감시
- 시스템 자원 모니터링: 데이터 처리, 연산에 관계된 컴퓨터 및 네트워크 상태를 감시한다.

이상/장애 등록 소프트웨어는 그림 7와 같이 정보 수집, 분류, 등록의 3단계 구조로 동작한다.

- 정보 수집 단계: 통합운영국으로부터 이상/장애 이벤트 정보를 전달 받는 과정
- 정보 분류 단계: 해당 이벤트의 우선순위 및 담당자 등을 분류
- 정보 등록 단계: 유지보수 관리 소프트웨어에 이벤트 정보를 등록하는 과정으로, 유지보수 관리 소프트웨어는 이벤트 등록과 동시에 이벤트의 우선순위(표 6 참

5) 필요(물리적 결함 등 발생 시)에 따라 현장 방문을 통해 시스템 상태 감시 및 점검을 수행할 수 있다.
6) 지역감시국은 사용자 시스템으로 분류되나, 고정 설비로 운영, 관리의 대상에 포함된다.

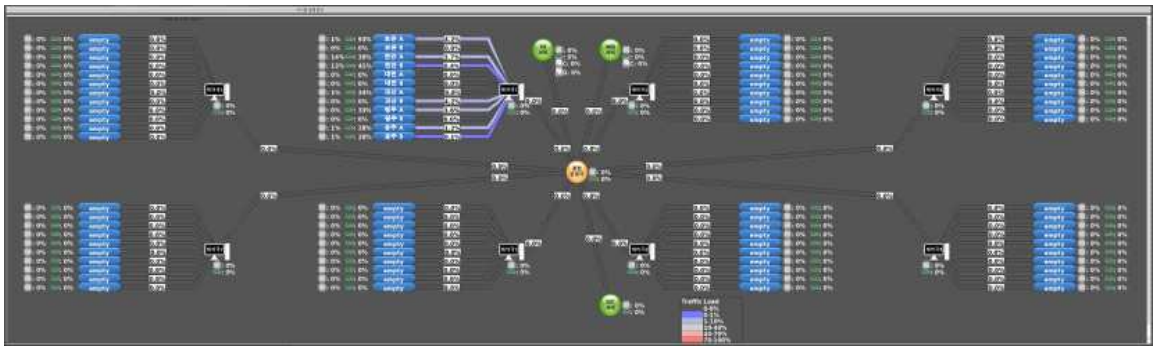
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



(a) 통합 시스템 모니터링



(b) 클러스터 모니터링



(c) 시스템 자원 모니터링

그림 6. 통합 모니터링 소프트웨어

고)에 따라 메일, 메신저 등을 이용하여 관리자 및 담당자에게 이벤트의 발생을 알림

유지보수 관리 소프트웨어는 통합 모니터링 소프트웨어 및 관리자가 생성한 이상/장애 정보를 저장하고, 체계적인 유지보수 작업을 관리하는 역할을 한다. 유지보수 관리 소프트웨어는 이상/장애 정보 저장 기능, 이상/장애 발생 알림 기능, 유지보수 스케쥴 관리 기능, 유지보수 이력 관리 기능, 통계자료 제공 기능을 지원하며, 각 기능의 설명은 다음과 같다.

- 이상/장애 정보 저장: 이상/장애 등록 소프트웨어를 통해 입력되는 이상/장애 정

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

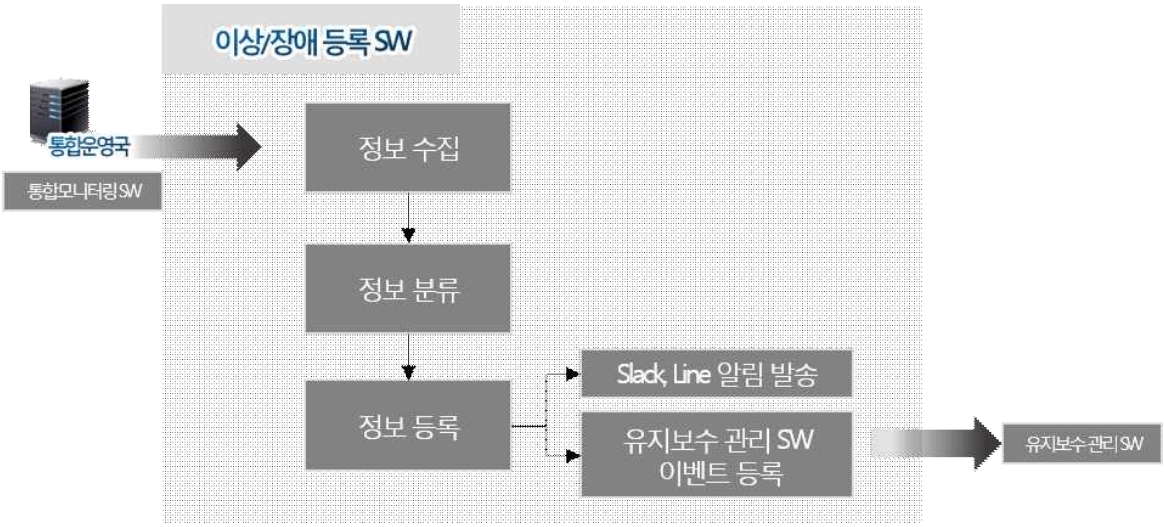


그림 7. 이상/장애 등록 소프트웨어 구조



그림 8. 유지보수 관리 소프트웨어에 등록된 이벤트 예시

보를 유형, 우선순위, 담당자 등에 따라 일감(task) 단위로 분류, 저장(그림 8 참고)하며, 이상/장애 처리 후에도 통계관리를 위해 보관하고, 데이터 유실 방지를 위해 주기적으로 별도 서버에 백업

- 이상/장애 발생 알림: 유지보수 관리 소프트웨어에 이상/장애 정보가 등록되면, 소프트웨어에 등록된 관리자 및 담당자의 이메일로 관련 정보를 송부하여 이상/

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

장애 발생을 알리며, 유지보수 진행에 따른 업데이트 사항도 이메일로 송부함

- 유지보수 스케쥴 관리: 이상/장애 일감별로 시작일자, 완료 시한을 설정하고, 달력, 간트 차트 등으로 진척도 및 기한을 시각화 표출
- 유지보수 이력 관리: 이상/장애 발생 시, 해당 이벤트 처리, 우선순위, 오류 내용 등을 저장하여 통계 분석에 사용
- 통계자료 제공: 이상/장애의 발생 빈도와 유지보수 진행 상황 등을 그래프로 표출

2.1.1.2. 인프라 시스템 상태 감시 및 점검

인프라 시스템 상태 감시 및 점검은 시스템의 상태를 실시간 감시 또는 정기 점검을 통해, 시스템 운용에 문제가 되는 부분을 즉각 대응 또는 사전에 예방하기 위함이다.

실시간 감시는 현재 인프라 시스템 정상 동작을 감시하기 위해 통합 모니터링 소프트웨어를 통해 시스템별 동작 상태, 데이터 처리 결과, 이벤트 발생 여부를 감시한다. 운용 중 발생하는 이벤트[7]는 표 6의 위험도에 따라 분류하고, 이벤트 고유 번호를 지정하여 이상/장애 등록 소프트웨어로 전달한다. 이상/장애 등록 소프트웨어는 위험도 HIGH 이상의 이벤트에 대해서 즉시 관리자 및 담당자에게 메신저 알림을 보내고, 유지보수 관리 소프트웨어에 이벤트 등록을 진행한다. 또한, 유지보수 관리 소프트웨어는 모든 이벤트 등록 시, 관리자 및 담당자에게 메일을 통해 알린다. 관리자 및 담당자는 알람을 통해 이벤트 발생 여부를 확인하고, 이벤트별 대응 절차에 따라 처리함으로써

표 6. 이벤트 위험도

위험도	정의 및 예시	알림 방법	알림 대상
IMMEDIATE	- 시스템 중단 가능성이 높아, 1시간~6시간 이내에 해결해야 할 이슈 예1) 제어국 UPS의 전원 공급이 중단된 경우 (1시간) 예2) 주 수신국의 위성 수신기 고장으로 위성항법 데이터를 수신 받지 못하는 경우 (6시간)	메일, Slack 메신저, Line 메신저 알림 발송	관리자/ 담당자
URGENT	- 하루 안에 해결해야 할 이슈 예) 수신국이 중단되었을 경우	메일, Slack 메신저 알림 방송	관리자/ 담당자
HIGH	- 일주일 안에 해결해야 할 이슈 예) 수신국 카메라 모듈이 고장나서 위성수신기의 상태를 확인하지 못하는 경우	Slack 메신저 메일 발송	관리자/ 담당자
NORMAL	- 한 달 안에 해결해야 할 이슈 예) 데이터베이스의 잔여 저장 공간이 한 달 정도의 데이터를 저장할 공간 밖에 남지 않았을 경우	메일 발송	관리자/ 담당자

7) 유지보수 관리 소프트웨어에 등록되는 모든 이벤트 정보는 관리자 및 담당자에게 메일로 기본 발송된다. 즉각 대응이 요구되는 IMMEDIATE 레벨의 이벤트는 스마트기기를 통해 확인할 수 있도록 Line 메신저를 이용한 알림이 추가되고, URGENT 및 HIGH 레벨의 이벤트는 관리자 및 담당자가 출근하여 확인할 수 있도록 Slack 메신저로 알림이 추가 발송된다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

인프라 시스템이 지속적으로 운용 가능하도록 한다.

정기 점검은 다시 일일 점검, 월간 점검, 분기 점검으로 나뉜다. 일일 점검은 하루 동안의 서비스 품질을 점검하기 위해 인프라 시스템 및 사용자 시스템(지역감시국)의 가용성을 점검한다. 월간 점검은 1개월 간 시스템의 자원 변화를 확인함으로써 지속적인 시스템 운영 여부를 판단하기 위해 PC 자원, 네트워크 사용량, 전원 장치를 점검하고, 분기 점검은 시간에 따른 장비 노후화를 확인하기 위해 설치장소에 방문하여 함체(랙), 필라, PC의 동작 상태, 케이블, 청결 생태 등을 점검한다. 표 7은 시스템별 정기 점검 항목과 항목별 이상/장애 판단 기준을 보인다. 모든 점검 내용은 유지보수 관리 소프트웨어에 등록하며, 일정 기간 소요되는 작업의 경우에는 진행 사항, 완료 결과 등의 작업 내용을 기록한다.

표 7. 정기 점검 항목 및 기준

구분	점검 항목	기준	점검 목적	점검 주기	점검 대상				
					통합 운영국	DMB 방송국	지역 제어국	지역 수신국	지역 감시국
서비스	인프라 시스템 가용성	92% 이상	서비스 품질 확인	일	●	●	●	●	●
	시스템 정상동작	오류 이벤트 발생 유무	서비스 가용성 확보	일	●		●	●	●
	데이터베이스 데이터 정상 저장	저장 실패 이벤트 발생 유무	가용성 통계	일	●				
	이벤트 처리 진행 사항	발생 이벤트 처리 유무	지연 원인 파악	월	●		●	●	●
HW	PC 메모리 사용량	메모리 사용량 45% 이하	PC 사용 자원 확인	월	●		●	●	●
	PC HDD 용량	여유 용량 30% 이상	데이터 저장 공간 확인	일, 월	●		●	●	●
	PC CPU 사용량	CPU 사용량 50% 이하	PC 사용 자원 확인	월	●		●	●	●
	UPS 충전량	충전량 100%	비상 전원 확보	일, 월	●		●	●	●
	PC 부팅	부팅 후 프로그램 실행 및 동작까지 10분 이내	PC 성능 확인	분기	●		●	●	●
	PC 팬 동작	동작 여부	PC 운용 환경 확인	분기	●		●	●	●
	모니터, 키보드, 마우스	동작 여부	컨트롤 기기 동작 기능 확인	분기	●		●	●	●
	케이블 연결 상태	연결 상태 및 정리정돈	정상 접합 확인 및 교체	분기	●		●	●	●

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			여부						
	랙 외관	정결 상태 및 부식 유무 확인	함체 청결 유지	분기	●		●	●	●
	랙 내부 온도	-1℃~40℃ 유지	내부 기기 운용 환경 확인	분기	●		●	●	●
	랙 내부 청결	먼지, 부식 상태	내부 기기 운용 환경 확인	분기	●		●	●	●
	열교환기 동작 여부	동작 여부	내부 기기 운용 환경 확보	분기				●	
	KVM 모듈 및 스위치	동작 여부	KVM 스위칭 동작 확인	분기	●		●	●	●
	필러 고정	부식 및 고정 상태	안테나 및 필러 고정	분기				●	●
	카메라	수신기 설치 환경 상태	위성 데이터 수신 방해 요소 확인	일				●	
SW	Log 데이터 저장	날짜별 데이터 저장 유무	SW 정상 동작 확인	월				●	●
	데이터 백업	날짜별 백업 파일 확인	데이터베이스 백업 확인	일	●				
	윈도우 이벤트	시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 유무	OS 안정성 확인	월	●		●	●	●
네트워크	네트워크 끊김	1회 이상 네트워크 끊김	네트워크 동작 확인	월	●		●	●	●
	네트워크 트래픽	사용량 10M 이하	네트워크 부하 확인	월	●		●	●	●
	통신 끊김	시스템 간 통신 끊김	시스템 통신 동작 확인	일	●	●	●	●	●
	고정 IP 확인	할당 IP	IP 중복 할당 점검	월				●	●

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 8. 수신국/제어국/감시국/운영국 일일 점검 일지 양식

일일 점검 일지		
점검 및 작성일	YYYY년 MM월 DD일	
작성자 및 담당자	홍길동 사원	
순번	**점검 사항**	
	점검 내용	**확인**
1	**수신국, 제어국, DMB 시스템 별 가용성 데이터가 정상 저장 되었는가?** (가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)	합격 여부
2	**통합운영국 모니터링 시스템은 정상 동작하는가?** *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	
3	**통합운영국 유지보수 시스템은 정상 동작하는가?** *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	
4	**각 시스템(제어국, 수신국, DMB, 감시국)간 통신은 정상적으로 동작하는가?** *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	
5	**각 시스템(제어국, 수신국, DMB, 감시국)은 정상 동작 하는가?** *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	
6	**통합운영국은 수신국 데이터를 정상 수신하고 있는가?** *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	
7	**통합운영국은 감시국 데이터를 정상 수신하고 있는가?** *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	
8	**데이터베이스의 저장데이터는 금일 백업이 되었는가?** *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	
9	**데이터베이스 저장 여유 공간이 30% 이상인가?** *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	
특이사항	-불합격일 시 상세한 내용, 원인 예상 작성	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 9. 수신국/제어국/감시국/운영국 월간 점검 일지 양식

월간 점검 일지		
점검 및 작성일	YYYY년 MM월 DD일	
작성자 및 담당자	홍길동 사원	
점검 시스템	시스템 이름: 천안 (수신국[O], 제어국[ ], 감시국[ ], 통합운영국[ ])	
순번	**점검 사항**	
	점검 내용	**확인**
1	**PC의 메모리 사용량이 45% 이하인가?** *(45% 이하)*	합격 여부
2	**PC의 HDD 여유 용량이 30% 이상인가?** *(30%이상)*	
3	**PC의 CPU사용량이 50% 이하인가?** *(50% 이하)*	
4	**PC 네트워크 트래픽dl 10M 미만인가?** *(10M 미만)*	
5	**윈도우 이벤트 중 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트가 발생했는가?** *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	
6	**PC의 네트워크 끊김 현상이 발생한 적이 있는가?** *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	
7	**SW 다운이 발생한 적 있는가?** *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	
8	**수신국, 감시국의 Log날짜 별 데이터는 정상 저장되었는가?** *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	
9	**데이터베이스 백업파일 중 3개월 전 데이터는 삭제가 되었는가?** *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	
10	**현재 UPS 충전량이 100% 인가?** *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	
11	**발생 이벤트 중 처리가 지연되고 있는 이벤트가 있는가?** *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	
12	**통신사에서 할당한 고정 IP는 정상적인가?** *(통신사에 문의하여 확인)*	
특이사항	-불합격일 시 상세한 내용, 원인 예상 작성	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 10. 수신국/제어국/감시국/운영국 분기 점검 일지 양식

분기 점검 일지		
점검 및 작성일	YYYY년 MM월 DD일	
작성자 및 담당자	홍길동 사원	
점검 시스템	시스템 이름: 천안 (수신국[O], 제어국[ ], 감시국[ ], 통합운영국[ ])	
순번	**점검 사항**	
	점검 내용	**확인**
1	**PC 부팅 후 SW실행까지 10분 이내에 동작하는가?** *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	합격 여부
2	**PC의 팬은 동작하는가?** *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	
3	**모니터, 키보드, 마우스는 정상 동작 하는가?** *(동작 테스트 진행)*	
4	**PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 상태는 양호한가?** *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	
5	**랙(함체) 외관은 청결 하고, 부식되어있는 부분은 없는가?** *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	
6	**랙(함체) 내부 온도는 적정 온도인가?** *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	
7	**랙(함체) 내부는 청결(먼지, 부식) 한가?** *(랙 내부 육안 검사 진행)*	
8	**랙(함체) 케이블의 연결상태와 정리정돈은 양호한가?** *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	
9	**수신국의 열교환기는 정상 동작하는가?** *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	
10	**KVM 모듈 및 스위치는 정상 동작 하는가?** *(KVM 동작 테스트 진행)*	
11	**수신국의 필라 고정 상태(부식, 헐거움 등)는 양호한가?** *(필라 고정상태 검사 진행)*	
12	**수신국의 필라 외관은 부식정도 및 주변 환경(장애물)이 양호한가?** *(육안 검사 진행)*	
13	**수신국의 필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등)는 양호한가?** *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	
특이사항	-불합격일 시 상세한 내용, 원인 예상 작성	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.1.1.3. 이상/장애 이벤트 관리 및 대응 절차

인프라 시스템 운용 과정에서 발생하는 이상/장애 이벤트 및 이슈는 이상/장애 등록 소프트웨어를 통해 분류(이벤트 번호 및 위험도 부여)되며, 유지보수 관리 소프트웨어에 등록되며, 관리자 및 담당자가 이를 인지, 대응할 수 있도록 통보한다. 이벤트 관리 번호는 대, 중, 소로 분류되며, 대분류는 시스템 ID를, 중분류는 시스템 파트(하드웨어, 소프트웨어, 네트워크, 기타)를, 소분류는 세부 이벤트 번호를 의미한다. 각 시스템별 이상/장애 이벤트와 이벤트별 대응 방법은 표 11에서 보인다.

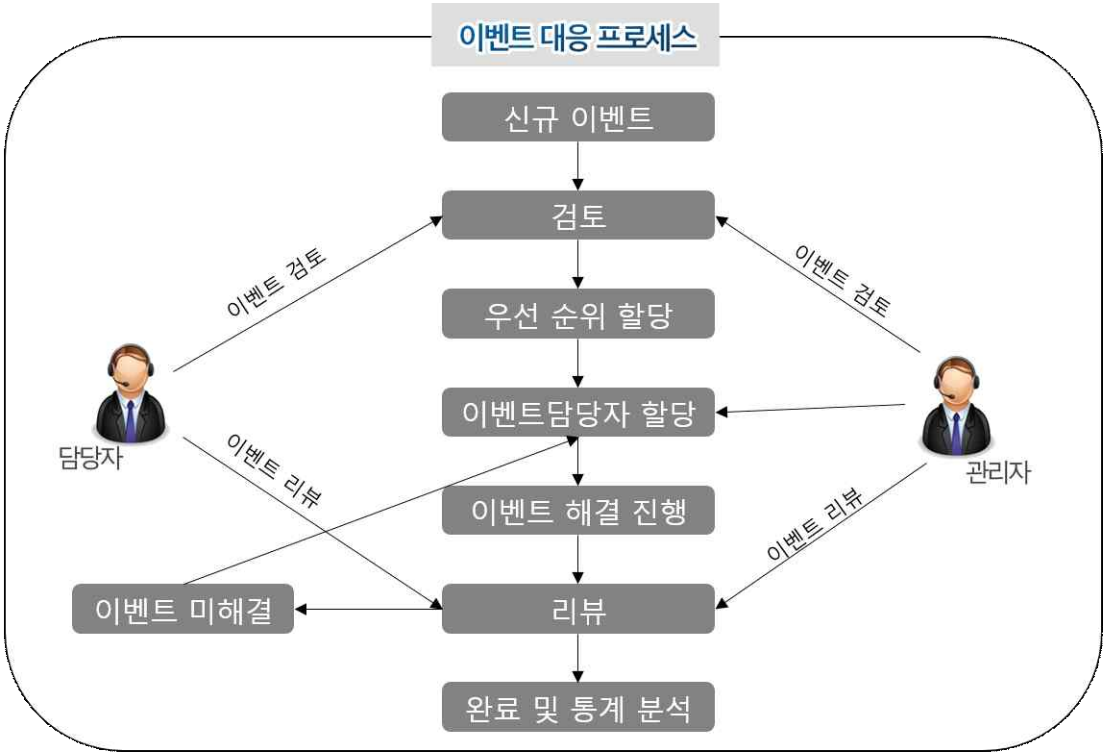


그림 9. 이벤트 대응 절차

인프라 시스템을 운용하면서, 발생하는 이벤트에 대한 대응 절차는 그림 9에서 보이며, 각 단계의 업무는 다음과 같다.

- 신규 이벤트: 통합 모니터링 소프트웨어를 통해 감지된 이벤트는 이상/장애 등록 소프트웨어를 거쳐, 유지보수 관리 소프트웨어에 등록(표 11에서 정의된 이벤트는 자동 등록되나, 정의되지 않은 이벤트[8]는 수동 등록)되며, 이는 관리자 및 담당자에게 메일, 메신저를 통해 통보
- 검토: 신규 이벤트와 관련된 담당자와 관리자는 이벤트에 대한 발생 시스템, 파트, 원인 등을 검토

8) 정의되지 않은 이벤트는 데이터베이스에 저장된 데이터를 이용하여 후처리 과정을 통해 원인을 파악 또는 이벤트 발생 지역에 방문 후 원인을 파악하고 문제점과 해결방법을 정의하며, 이벤트에 대한 대응이 마무리(완료)되면, 이상/장애 등록 소프트웨어에 이를 추가 등록한다.

무단복제 및 전재를 금합니다.

- 우선순위 할당: 신규 이벤트의 위험도에 따라 우선순위를 할당하고, 대응 일정 수립
- 이벤트 담당자 할당: 관리자는 신규 이벤트를 해결할 담당자를 할당하고, 할당받은 담당자는 이벤트 검토 내용을 자세히 숙지
- 이벤트 해결 진행: 신규 이벤트를 할당받은 담당자는 우선순위와 일정에 따라, 이벤트를 해결
- 리뷰: 관리자와 담당자는 이벤트의 해결 여부 및 일정 지연 정도를 검토
- 이벤트 미해결: 리뷰 결과, 이벤트가 미해결된 경우, 검토 단계부터 재진행하며, 추가 인원 투입 또는 일정을 추가 할당하고, 위험도를 IMMEDIATE 혹은 URGENT로 승급
- 완료 및 통계 분석: 리뷰 결과, 이벤트가 해결된 경우, 해당 이벤트를 유지보수 관리 소프트웨어에 완료 처리 등록하고, 추후 이벤트의 발생 빈도를 통계 분석

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2) DMB TPEG 보정정보 송출 이상/장애 감시 및 대응

앞서 언급한 바와 같이, 인프라 시스템의 보정정보는 DMB TPEG 서비스(㈜문화방송 운영)를 통해 사용자 시스템에게 제공된다. DMB TPEG 서비스는 실시간 교통정보, 유가정보 등 차량 운행과 관련한 정보 제공을 위한 데이터 서비스로, DMB 비디오/오디오 서비스와 달리 무료가 아닌 상용 서비스이다. 또한, DMB TPEG 시스템은 재난발생 등 국가 위기 상황 시, 재난방송매체로 지정되어 있어 고도의 안정성이 요구된다. 이와 같이 높은 요구사항으로 DMB TPEG 시스템은 이상/장애 발생률 0% 달성을 전제로 설계, 개발, 운영되고 있다.

DMB TPEG 시스템은 교통서버, 기상서버 등 외부로부터 정보를 수신하는 데이터 수신부, 인코딩 및 스케줄링과 같이 TPEG 채널에 맞게 정보를 가공하는 데이터 처리부, 가공된 정보를 무선 채널로 송출하는 데이터 전송부로 구분된다. 모든 과정은 TPEG 표준을 따라 진행되나, 정밀위치결정 시스템의 보정정보는 TPEG 표준에 정의되지 않았기에 이를 위해 데이터 수신부와 처리부를 별도 개발, 운영한다. 전송부는 기존 상용 시스템을 변경 없이 공유하여 사용함에 따라 데이터 수신부와 처리부만이 보정정보 송출시스템 운영 대상으로 포함한다. 본 장에서는 DMB TPEG 보정정보 송출 감시시스템을 소개하고, 이를 이용한 데이터 수신부와 처리부에 대한 상태 감시 및 대응에 대해 설명한다.

가) DMB TPEG 보정정보 송출 감시 및 점검

DMB TPEG을 이용한 보정정보 송출 감시시스템은 그림 10와 같이 구성된다. 보정정보 송출 감시는 보정정보를 수신하는 수신부(리시버 모듈)부터 처리부(인코딩 모듈)를 거쳐 실제 필드에 설치된 DMB 수신 감시모듈(지역감시국)까지의 과정을 포함한다. 각 모듈별 감시 결과는 모니터링을 총괄하는 감시데이터 리시버에서 한 되 수집한다. 각 모듈의 기능 및 역할은 표 11와 같다.

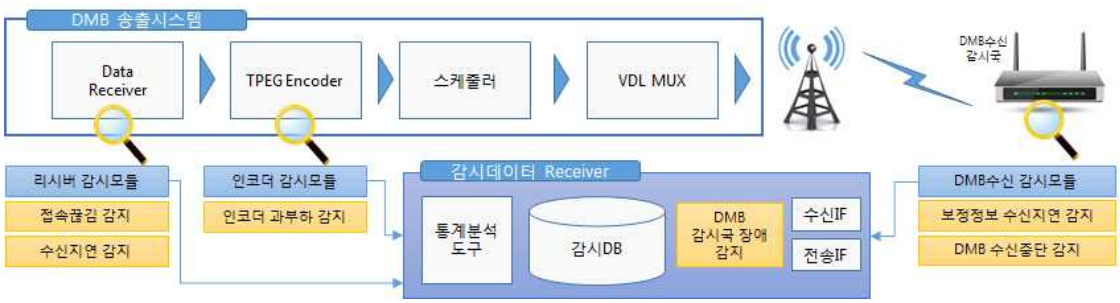


그림 10. DMB 보정정보 송출 감시시스템 구성

무단복제 및 전재를 금합니다.

표 11. DMB 보정정보 송출 감시시스템의 모듈별 기능 및 역할

감시 모듈	기능	역할
리시버 감시모듈	▪ 제어국(클러스터)에서 생성되는 보정정보의 리시버 수신 감시	▪ 리시버의 시스템 시간을 기준으로 Time stamp를 생성, 이를 포함하는 데이터 수신 피드백 메시지 생성 ▪ 리시버의 피드백 메시지를 운영국 및 감시데이터 리시버로 송출
인코더 감시모듈	▪ 수집된 제어국의 보정정보를 DMB 송출 권역별 인코딩의 대한 감시	▪ 인코더의 시스템 시간을 기준으로 Time stamp를 생성, 이를 포함하는 인코딩 데이터 메시지 생성 ▪ 인코더 시점에 따른 생성 메시지를 운영국 및 감시데이터 리시버로 송출
DMB수신 감시모듈	▪ DMB의 보정정보 수신에 따른 데이터 유효성 감시	▪ TPEG 데이터의 디코딩을 통해 보정정보의 생성 시점에 대한 GPS Time 정보를 감시데이터 리시버로 송출 ▪ DMB 감시국의 GPS 수신기를 통해 수집되는 GPS Time 정보를 감시데이터 리시버로 송출
감시데이터 리시버	▪ 각 감시모듈에서 생성된 감시데이터 수집/DB저장	▪ Time stamp 비교를 통해 교통인프라 보정정보 송출 지연의 대한 모니터링 메시지 생성 ▪ 모니터링 메시지의 분석을 통해 통합관제 및 경고 알람 메시지 생성에 활용

DMB TPEG 보정정보 송출 감시시스템을 이용한 모듈별 이상/장애 이벤트 감시는 다음과 같다.

- 리시버 감시모듈: 지역제어국으로부터 연속으로 수신하는 데이터 간 시간 차이가 1초 이상인 경우, 데이터 지연 및 미입력에 따른 상태 경고 메시지 출력
- 인코더 감시모듈: 데이터 수신부에서 인코더단으로 넘어오는 데이터와 인코더 송출단의 데이터 간 시간 차이를 기준으로 데이터 지연 및 인코딩 오류를 판별하고, 상태 경고 메시지 출력
- DMB 수신 감시모듈: DMB TPEG을 통해 수신하는 보정정보의 나이를 측정하여, 그 나이가 20초를 경과한 경우 장애 상태 메시지 출력

DMB TPEG 보정정보 송출시스템은 ㈜문화방송의 운영 정책에 따라 장애 요인이 될 수 있는 부분을 사전에 예방하기 위해 정기 점검을 수행하며, 세부 내용은 표 12와 같다.

표 12. DMB TPEG 보정정보 송출시스템 점검

점검 항목	점검 주기	점검 방법
시스템 초기화	매월	▪ 매달 말일 새벽 정파시간에 시스템을 초기화 후 재가동함 ▪ 이중화 된 시스템의 백업장치를 활성화 후 정상동작이 확인되면 메인장치를 재가동함 ▪ 메인장치가 다시 정상동작하면 메인으로 서비스 절체 후 백업장치 재가동 ▪ 백업장치의 정상동작을 확인하면 초기화 작업 종료
디스크 용량	매 분기	▪ DMB TPEG 보정정보 송출시스템의 디스크 사용량이 할당된 용량의 50%를 넘으면 오래된 파일을 기준으로 삭제 작업 수행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 13. DMB 방송국 월간 점검 일지 양식

월간 점검 일지		
점검 및 작성일	YYYY년 MM월 DD일	
작성자 및 담당자	홍길동 사원	
점검 시스템	시스템 이름: DMB 방송국 송출 시스템	
구분	**점검 사항**	
	점검 내용	**확인**
PC	**메모리 사용량이 45%이하인가?** (PC 메모리 사용량 확인)	합격 여부
	HDD의 여유 용량이 30%이상 인가? (PC HDD 용량 확인)	
	CPU사용량이 50%이하인가? (PC CPU 사용량 확인)	
	점검 기간 중 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트(윈도우 이벤트)가 발생한적 있는가? (PC 이벤트 뷰어 확인)	
네트워크	**점검 기간 중 네트워크가 끊긴 적이 있는가?** (PC 이벤트 뷰어 확인)	
	네트워크 트래픽 사용량이 10%미만 이였는가? (PC 네트워크 트래픽 사용량 확인)	
	점검 기간 중 송출 지연 및 누락은 0.1% 이하인가? (수신 데이터 대비 송출 데이터 확인)	
데이터	**점검 기간 중 Log를 정상 저장 했는가?** (수신 Log 및 송출 Log 확인)	
운영 이벤트	**월 1회 시스템 재가동이 되었는가?** (시스템 및 프로그램 재가동 여부 확인)	
특이사항	-불합격일 시 상세한 내용, 원인 예상 작성	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 14. DMB 방송국 분기 점검 일지 양식

분기 점검 일지		
점검 및 작성일	YYYY년 MM월 DD일	
작성자 및 담당자	홍길동 사원	
점검 시스템	시스템 이름: DMB 방송국 송출 시스템	
구분	**점검 사항**	
	점검 내용	**확인**
서버	**부팅 후 프로그램 실행 및 동작까지 5분이내인가?** (부팅 테스트 진행)	합격 여부
	서버 정기 점검은 진행 되었는가? (월 1회 가상 서버 정기점검 실시여부 확인)	
서버랙	**외관은 청결하고, 부식되어 있는 부분은 없는가?** (외관 육안 검사 진행)	
	랙 내부 온도가 -1℃ 이상 40℃ 이하인가? (랙의 내부 온도 검사 진행)	
	랙 내부 청결(먼지, 부식) 상태는 양호한가? (랙 내부 육안 검사 진행)	
	랙의 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈)는 양호한가? (각 기기(UPS, 네트워크 장비 등)의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)	
	KVM 모듈 및 스위치는 정상동작 하는가? (KVM 동작 테스트 진행)	
특이사항	-불합격일 시 상세한 내용, 원인 예상 작성	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

나) 이상/장애 이벤트별 대응 방법

표 15는 DMB TPEG 보정정보 송출시스템의 이상/장애 이벤트와 이벤트별 대응 방법을 보인다.

표 15. DMB TPEG 보정정보 송출시스템 이상/장애 이벤트 및 이벤트별 대응

분류	이상현상	영향도 / 시급도 / 발생빈도	대응 방법
데이터 수신 지연	네트워크	높음 / 높음 / 매우 낮음	▪ 네트워크 이중화로 인해 1개 회선 장애는 인지하지 못함 ▪ 모든 회선에 장애가 발생한 경우는 서비스가 일시 중단되므로 네트워크 담당자 및 통신사업자의 점검을 통해 신속히 복구해야 함
	접속 끊김 감지	낮음 / 중간 / 중간	▪ 접속상태 이상 발생시 백업으로 자동절체 되어 장애로 이어지는 것을 방지함 ▪ 담당자는 이상이 발생한 장치의 로그 분석을 통해 이상의 원인 확인 및 조치 ▪ 이상 발생 장치를 재가동 함
	수신지연 감지	중간 / 중간 / 중간	▪ 보정정보 유효시간 내의 지연은 서비스 영향도가 높지 않음(12~13초 여유 있음) ▪ 수신지연 시간이 늘어나는 추세라면 지역제어국 담당자와 연락하여 원인파악 후 조치 필요 ▪ 서비스에 영향이 없이 메인/백업 시스템 순차적으로 재가동
데이터 처리 지연	인코더 과부하 감지	중간 / 중간 / 낮음	▪ 인코더로 인한 처리지연이 3초 이상 발생시 백업장치로 자동 절체함 ▪ 담당자는 이상이 발생한 장치의 로그 분석을 통해 이상의 원인 확인 및 조치 ▪ 이상 발생 장치를 재가동 함
DMB 수신 지연 및 신호 미수신	보정정보 수신지연 감지	중간 / 중간 / 낮음	▪ 보정정보 유효시간 내의 지연은 서비스 영향도가 높지 않음(12~13초 여유 있음) ▪ 수신지연 시간이 늘어나는 추세라면 유관시스템 담당자와 연락하여 신속히 원인 파악 ▪ 통합운영국을 통해 각 시스템 구간별 지연시간의 추이를 통해 원인 분석 및 조치
	DMB 감시국 장애	낮음 / 낮음 / 낮음	▪ 단순 DMB감시국의 이상현상으로 감시국 시스템 재부팅 또는 현장 점검 필요
	DMB 수신중단 감지	높음 / 높음 / 매우 낮음	▪ DMB 보정정보 감시국과 DMB 방송 감시장치 모두 신호미수신시 심각한 서비스 장애 발생 ▪ 지역사 및 유관부서 시스템 담당자 소집 및 신속한 복구 절차 돌입

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.1. 시험방송 평가 방법

정밀위치결정 교통인프라 시스템은 사용자 정밀위치결정 지원을 위한 보정정보(무결성정보 포함)를 생성/제공하는 인프라 시스템과 인프라의 보정정보를 통해 자신의 정밀위치를 찾는 사용자 시스템으로 구성된다. 인프라 시스템의 임무는 매초 보정정보를 DMB TPEG 채널을 통해 사용자 시스템에 제공하는 것이며, 사용자 시스템은 인프라 시스템을 통해 제공되는 보정정보를 이용한 차로구분 수준의 위치결정 및 위치정보의 무결성 위험 감시를 수행한다. 정밀위치결정 교통인프라 시스템은 시스템 구성 및 임무에 따라, 시스템/서비스/시나리오 단위로 분류 가능하며, 그에 따른 평가 대상과 항목은 그림 11와 같이 정의할 수 있다.

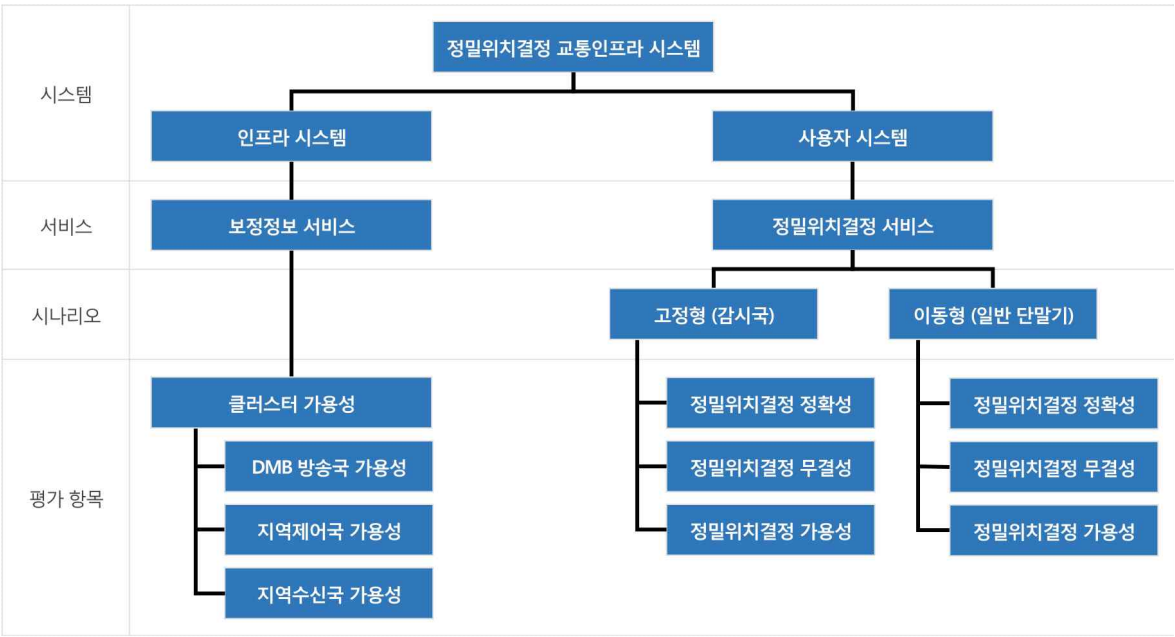


그림 11. 정밀위치결정 시스템, 서비스, 시나리오, 평가 항목 분류

2.1.1. 인프라 시스템 (보정정보 서비스)

인프라 시스템의 보정정보 서비스는 매초 DMB TPEG을 통해 매초 유효 정보의 송출해야 함에 따라, 매초 데이터 송출 여부와 송출 데이터의 유효 여부를 기준으로 인프라 시스템의 가용 여부를 정의하고, 이를 통해 인프라 시스템을 평가하고자 한다. 클러스터 단위로 제공되는 보정정보 서비스 특성에 따라, 크게 클러스터별 가용성을 평가한다. 다시, 클러스터 가용성은 DMB 방송국, 지역제어국, 지역수신국의 가용 여부로 결정되므로, 하위 항목으로 각 시스템별 가용성을 평가한다. 클러스터 및 각 시스템의 가용성 $A_{(\cdot)}$은 시험방송 전체 기간 대비 클러스터 및 시스템 가용 기간의 비율로 정의하며, 다음과 같이 계산한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 16. 클러스터 및 시스템의 주 기능에 따른 데이터 유효성 및 시스템 가용성

구분	임무	시스템 가용성	데이터	데이터 유효성
클러스터	매초 DMB TPEG 채널을 통한 유효 보정정보 송출	- DMB 방송국 가용성 충족 (매초 보정정보 송출) - 보정정보 유효성 충족	보정정보 $d_b[n]$	- (데이터 송출 시각 – 수신국 데이터 생성 시각) = 보정정보 송출지연 + 생성지연 + 전송지연 ≤ 데이터 유효 기간
DMB 방송국	매초 보정정보 송출 (보정정보 유효성 검사 안함)	- TPEG 인코더로 매초 데이터 송출	보정정보 $d_b[n]$	-
지역 제어국	매초 보정정보 생성하고, DMB 방송국으로 전송 (보정정보 유효성 보장 요구)	- 매초 보정정보 생성 및 전송 - 보정정보 유효성 충족	보정정보 $d_c[n]$	- (DMB 방송국 데이터 수신 시각 – 수신국 데이터 생성 시각) = 보정정보 생성지연 + 전송지연 ≤ 데이터 유효 기간
지역 수신국	매초 위성항법 측정치를 획득하고, 지역제어국으로 전송 (데이터 유효성 보장 요구)	- 매초 위성항법 측정치 획득 및 전송 - 데이터 유효성 충족	위성항법 측정치 $d_r[n]$	- (제어국 데이터 수신 시각 – 수신국 데이터 생성 시각) = 전송지연 ≤ 데이터 유효 기간 - 데이터 CRC[9] 검사 통과

$$P_{A(\cdot)}(\%) = \frac{S_{(\cdot)}}{N} \times 100$$

여기서, $S_{(\cdot)}$은 가용 조건을 충족시킨 횟수(초 단위)이며, N은 시험방송 전체 기간(초 단위)이다. 클러스터 및 DMB 방송국/지역제어국/지역수신국의 주 임무에 따라. 시스템별 가용성 정의는 표 16와 같다.

인프라 시스템의 보정정보 서비스는 실시간 스트리밍 서비스 유형으로, 제공되는 데이터는 생성된 시점으로부터 일정 기간 내에만 유효하다. 이에 인프라 데이터의 유효성은 보정정보 생성에 사용된 지역수신국의 데이터(위성항법 측정치) 획득 시각을 기준으로 정의할 수 있으며, 데이터 처리 시점과 지역수신국의 데이터 획득 시점의 차이를 데이터의 나이(age)로 정의한다. 인프라 시스템 간 통신은 TCP/IP에 기반을 두고 있음에 따라, 통신 과정에서 데이터 오류는 발생하지 않는다[10]. 다만, 지역수신국의 경

9) CRC은 Cyclic Redundancy Check의 약어로, 데이터 전송 과정에서 발생한 오류를 검출하기 위한 보조 정보이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 17. 클러스터 및 시스템 가용성 검사 항목 및 요구조건

구분	가용성 검사 항목	요구조건	비고
클러스터	DMB 방송국 데이터 매초 송출 여부	$t_{b\bigstar}[n]-t_{b\bigstar}[n-1]=1$	$T_{r\to u}=11\text{sec}$ $T_{b\to u}=5\,\text{sec}$
	송출 보정정보 유효성 여부	$t_{b\bigstar}[n]-t(d_b[n]) \le T_{r\to u}-T_{b\to u}=T_{b\bigstar}=6\text{sec}$	
DMB 방송국	DMB 방송국 데이터 매초 송출 여부	$t_{b\bigstar}[n]-t_{b\bigstar}[n-1]=1$	-
지역 제어국	매초 보정정보 생성 및 전송 여부	$t_{c\bigstar}[n]-t_{c\bigstar}[n-1]=1$	$T_P=1\,\text{sec}$ $T_{UB}=3.5\,\text{sec}$ $T_{c\to c\bigstar} \le 1.5\,\text{sec}$
	보정정보 유효성 여부	$t_b[n]-t(d_c[n]) \le T_{b\bigstar}-T_P=T_{r\to b}=5\text{sec}$	
		(제어국 버퍼 설계 요구조건) $T_{c\to c\bigstar}=\text{sizeof}(\text{buf})+T_P \le T_{r\to b}-T_{UI}=1.5\,\text{sec}$	
지역 수신국	매초 데이터 전송 여부	$t_r[n]-t_r[n-1]=1$	-
	데이터 유효성 여부	$\triangle_{r\to c}[n]=t_c[n]-t_r[n] \le T_{c\to c\bigstar}=1.5\,\text{se}$	
		CRC 검사 통과	

우에는 위성항법 수신기에서 획득한 데이터를 수신국 프로세서로 전송하는 과정에 발생하는 오류에 대한 복구를 지원하지 않으므로, CRC 검사를 통해 데이터 유효 여부를 가린다.

인프라 시스템의 가용성 평가를 위해 각 시스템에서의 데이터 처리 시점을 매초 기록, 분석한다. 정밀위치결정 시스템의 전체 데이터 흐름(그림 3)과 클러스터 및 시스템 가용성(표 16) 정의에 따라, 세부 시스템 단위별 가용성 검사 항목과 요구조건은 표 3과 같다.

표 3에서 $T_{r\to u}$은 지역수신국의 위성항법 측정치 획득으로부터 이를 이용하여 생성한 보정정보를 사용자까지 제공하는데 소요되는 시간의 최대 허용치를 의미한다. $T_{b\to u}$은 DMB TPEG 인코더, 스케줄러 등의 처리 및 송출 과정에서 발생하는 최대 지연량이다. $T_{r\to u}$와 $T_{b\to u}$은 사전 실험을 통해 각각 11초(부록 A 참조)와 5초의 값을 갖는다. 즉, DMB 방송국에서 TPEG 채널을 통해 송출되는 보정정보는 지역수신국의 데이터 획득 시점으로부터 14초 이내의 데이터이어야 한다. DMB 방송국과 지역제어국은 1초 단위로 데이터 전송이 이루어지므로, 이전 시스템으로부터 데이터 수신 후 전송까지 최대 1초의 지연(T_P)이 발생할 수 있다. 또한, 네트워크 혼잡 및 기타 문제에 따라 발생할 수 있는 지연(T_{UB})은 최대 3.5초로 한정한다. 이에 지역제어국의 보정정보 생성은 지역수신국의 데이터 획득부터 5초 이내에 완료되어야 한다. 또한, 지역수신국의 데이터는 획득 시점으로부터 1.5초 이내에 지역제어국에 도달해야 한다. 그림 12은 각 시

10) 실제로는 통신 과정에서 오류가 발생할 수 있으나, TCP/IP은 데이터 오류 발생 시 검출 및 복구를 지원하여, 어플리케이션에서는 항시 오류 없이 수신 가능하다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

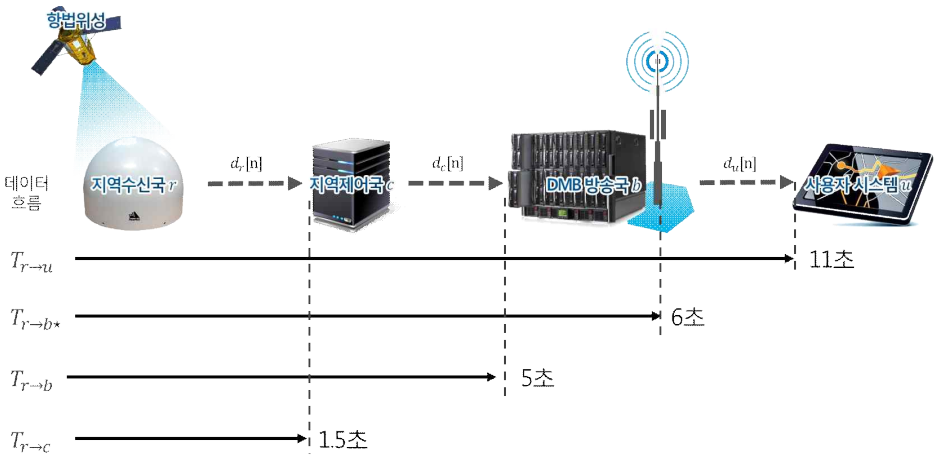


그림 12. 시스템별 데이터 허용 지연시간

스템에서의 데이터 허용 지연시간을 보인다.

2.1.2. 사용자 시스템 (정밀위치결정 서비스)

사용자 시스템의 성능은 본 연구개발 과제에서 제시한 대로 정확성, 무결성, 가용성으로 평가하며, 표 18의 지표별 목표 성능 달성 여부를 검증한다.

위치결정의 정확성은 사용자 시스템의 위치결정 수평 오차를 통해 평가하며, 위치결정 오차는 위치결정 결과(추정 위치)와 기준 위치 간 차이로 정의한다. 기준 위치는 지역감시국의 경우, 실제 위치로 대응되며, 일반 단말기의 경우, 기준장비를 통해 획득한 위치결정 결과로 대응된다.

위치결정의 무결성은 사용자 시스템의 위치결정 수평 오차의 예측치(이하 수평 보호수준: PL)가 실제 오차(PE, $\| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|$)를 포함($PE \le PL$)하면, 무결성이 보호된다고 판단한다. 반대로 실제 위치결정 오차보다 낮은 값으로 예측할 경우($PL < PE$)에는 무결성 보호에 실패한 것으로 판단한다. 이때, 사용자의 위치결정 오차가 사용자 안전에 위협할 수준(이하 한계치(AL, 1.5m 초과)을 기준으로 무결성 판단은 표 19와 같이 구분된다.

시스템 가용성은 사용자 시스템이 차로 구분을 위한 무결성 측면에서의 경보 기능을 얼마나 가용할 수 있는지의 확률로 정의하며, 만족여부는 시스템이 사용자에게 정확한 무결정 경보 기능을 제공하여 수평 보호수준이 위치결정 오차를 포함하는 상황을 나타낸다. 사용자가 단, 평가 기간 동안 위치결정 정확성 및 무결성 목표수치가 만족된 상태에서 가용성 평가지표가 유의미하다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 18. 사용자 시스템 성능 평가 방법

평가 지표	평가 방법	목표
위치결정 정확성	- 위치결정 결과의 수평 2RMSE (Root Mean Square Error) 평가 $2RMSE = \sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} e_{p,k}^2} = \sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} \| \mathrm{p_k} - \hat{\mathrm{p}}_\mathrm{k} \|^2}$ - $\mathrm{p_k}$와 $\hat{\mathrm{p}}_k$은 각각 사용자 시스템에서 획득한 k번째 기준위치와 위치결정 결과(ENU 좌표계 기준)이며, K은 전체 데이터 수	0.90m (2σ, 95%)
위치결정 무결성	- 무결성 HMI 환경 [수평 보호수준≤한계치<위치결정 수평 오차] 발생률 평가 $P_{\mathrm{HMI}} = \frac{\mathbb{N}\left(PL \le 1.5\mathrm{m} < \| \mathrm{p}_k - \hat{\mathrm{p}}_k \|\right)}{K}$ - $\mathbb{N}(\cdot)$은 내부 조건을 만족하는 횟수 측정 연산자이며, PL은 사용자 시스템의 위치결정 수평 보호수준	0.8×10^{-3}
시스템 가용성	- 가용성 [위치결정 수평 오차≤수평 보호수준<한계치] 만족확률 평가 $P_A = \frac{\mathbb{N}\left(\| \mathrm{p}_k - \hat{\mathrm{p}}_k \| \le PL\right)}{K} \times 100$ - 단, 분석 기간 동안 위치결정 정확성 및 무결성 목표를 만족된 상황에서 가용성 평가수치 결과가 유의미함	92%

표 19. 무결성 판단 환경

구분	가용성 검사 항목	내 용	무결성 보호
Available	$\| \mathrm{p}_k - \hat{\mathrm{p}}_k \| \le PL$	- 위치결정오차 예측 성공	○
MI (Misleading Information)	$PL \le \| \mathrm{p}_k - \hat{\mathrm{p}}_k \| < 1.5\mathrm{m}$	- 위치결정오차 예측엔 실패하였으나, 사용자 차로구분에 실패할 정도의 위치결정오차가 발생하지 않은 경우	△
HMI (Hazard Misleading Information)	$PL \le 1.5\mathrm{m} < \| \mathrm{p}_k - \hat{\mathrm{p}}_k \|$	- 위치결정오차 예측엔 실패하였고, 사용자 차로구분에 실패할 정도의 위치결정오차가 발생	×

Stanford Diagram은 측정치(샘플)의 PE, PL, AL 값을 통해 해당 영역에 표시하여 무결성, 가용성 수치를 보여주는 차트이다. 그림 13과 같이 Stanford Diagram의 각 영역을 통해 무결성 및 가용성을 분석하며, 표 20을 기반으로 사용자 상태를 구분하는 기준은 표 21과 같다. ① 영역은 사용자 시스템이 정상운용이 되는 정상상태를 나타낸

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

다. 사용자 관점에서는 실제 위치를 모르는 환경에서 운용되기 때문에 단순히 PL과 AL의 비교를 통해 가용여부를 판단한다. 다시 말해, 무결성 보호가 실패한 ②, ⑥ 상황에서도 가용한 상태로 운용될 수밖에 없으며, ⑥ 영역은 차로구분에 실패하였지만, 사용자는 이를 인지하지 못한 상황이므로 발생확률을 최소화시켜야 한다. 이 ⑥ 상황에 해당되는 데이터 발생 확률로 무결성 성능이 평가된다. 사용자 성능 평가 시스템에서는 사용자의 기준위치(지역감시국) 혹은 궤적 정보(기준장비)가 확보되어 있으므로, PL이 PE를 예측하여 무결성 보호 상황인 ①, ③, ④ 영역에 해당하는 데이터 분석을 통해 가용성 지표를 도출한다.

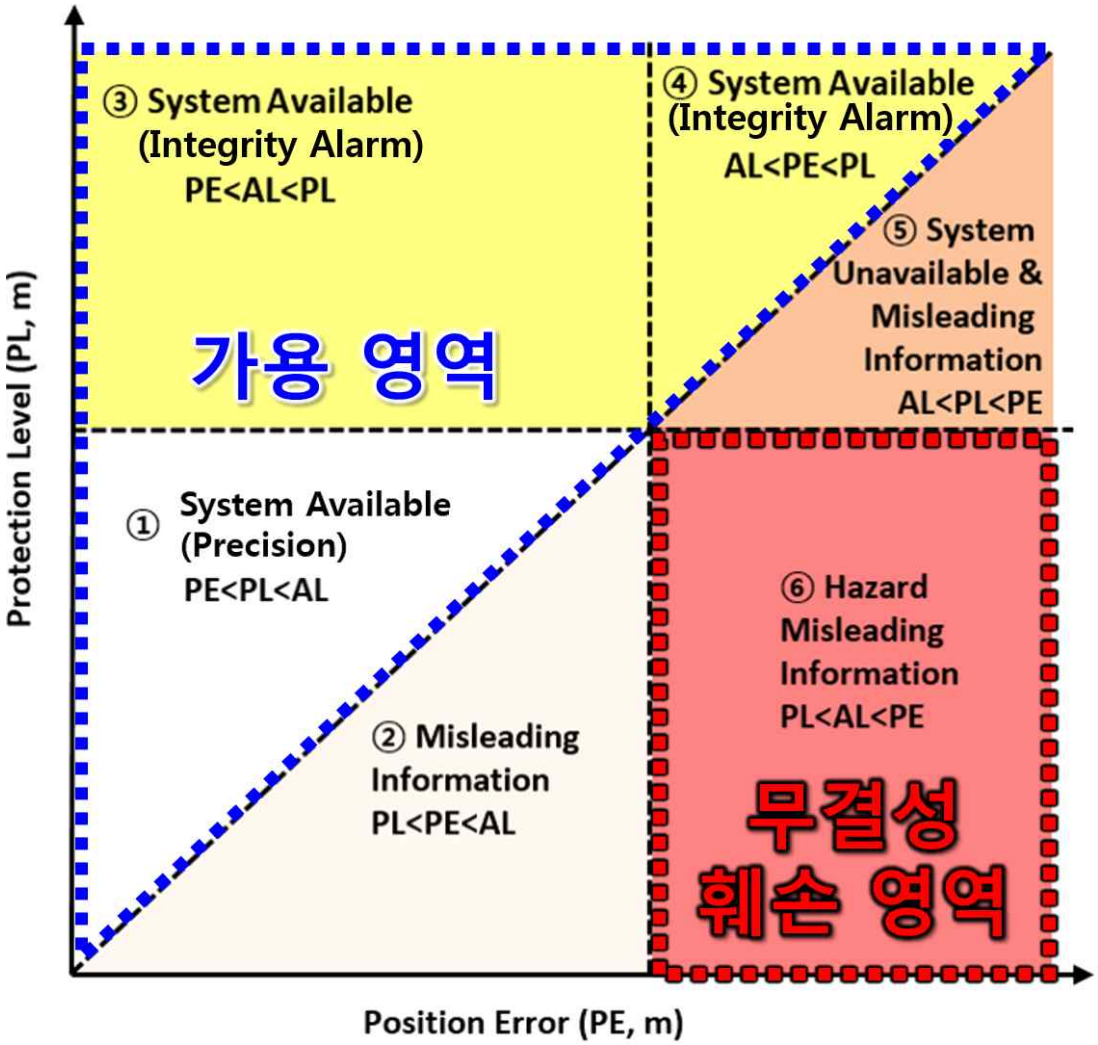


그림 13. 무결성, 가용성 분석 차트 (Stanford Diagram)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 20. 무결성, 가용성 분석 주요 지표

구분	PL (Protection Level)	PE (Positioning Error)	AL (Alert Limit)
정의	수평 보호수준 (PL)	위치결정 수평 오차 ($\| \mathbf{p}_k - \hat{\mathbf{p}}_k \|$)	위치결정 오차 한계치 (1.5m)

표 21. 무결성, 가용성 분석 영역 정의

영역	상황	무결성 보호	실제 차로 구분	사용자의 위험인지
①	PE < PL < AL	○	○	×
②	PL < PE < AL	×	○	×
③	PE < AL < PL	○	○	○
④	AL < PE < PL	○	×	○
⑤	AL < PL < PE	×	×	○
⑥	PL < AL < PE	×	×	×

2.1.2.1. 지역감시국 기반 평가

지역감시국은 클러스터 내 임의의 지역에 구축된 고정형 설비로, 직접 측정한 반송파 위상 기반 거리측정치와 인프라 시스템으로부터 수신한 보정정보를 지역제어국으로 전송하고, 제어국은 이를 결합하여 정밀위치결정을 수행하여, 성능을 측정한다. 지역제어국에서 측정된 성능은 통합운영국으로 전송되어 성능이 기록되고 표출된다. 이를 위한 주요 구성은 위성항법 수신부, DMB TPEG 수신부, 그리고 LTE 송신부를 포함한다.

위성항법 수신부는 GPS 및 BDS 신호를 동시 수신/처리가 가능한 u-blox 社 LEA-M8T 칩셋을 사용하며, 최대 10Hz의 속도로 위치결정 수행이 가능하다. 인프라 시스템의 보정정보는 DMB TPEG 채널을 통해 1Hz의 속도로 전송되며, 전파 과정에서의 오류가 발생하지 않는 경우 동일한 속도로 수신한다. 보정정보는 시간에 따른 변화율이 작기 때문에 1 Hz의 속도로 정보를 제공받더라도, 사용자 시스템은 거리측정치 내 오차를 효과적으로 제거할 수 있다. 또한, 보정정보에는 시간에 따른 변화율 정보를 포함하고 있어, 이를 바탕으로 보정정보의 변화를 예측할 수 있다. 모든 정보는 LTE 무선망을 통해 제어국으로 전송되고, 제어국에서는 최종적으로 정밀위치결정을 수행한다.

신뢰성 있는 성능 평가를 위해 지역감시국은 위성 가시 환경 및 DMB 수신 환경이 양호 한 지역에 설치 및 고정 되어야 하며, 보안 상 관계자 외 접근이 제한되어야 한다. 또한 운영 시, 유지보수를 위해 설비 접근에 용이해야 하며, 수신된 정보를 매 초

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

지역제어국으로 전송하기 위해서는 유선 또는 무선(LTE) 네트워크 연결이 원활해야 한다. 마지막으로 운영에 앞서 반드시 장시간 수신된 위성항법 신호를 기반으로 하는 수 ㎜ 수준의 지역감시국의 위치 (정확하게는 위성항법 수신 안테나의 위치)를 도출하여 정밀위치결정 기술의 위치 결과와 비교하여 위치결정 성능 평가가 가능해야 한다.

클러스터별 지역감시국의 설치 목록은 그림 14 표 22과 같다. 지역감시국 주요 구성은 위성항법 수신기와 보정정보 수신을 위한 DMB TPEG 수신기로 이루어지며, 세부 기능별 구성은 그림 15, 모듈별 기능 사항은 표 23과 같다. 지역감시국의 정보는 해당 클러스터의 통합운영국의 시험방송 성능평가 모듈로 송신되어, 사전에 정밀하게 획득한 지역감시국 안테나 좌표 정보를 기준으로 수평 위치결정오차(PE), 수평보호수준(PL) 등을 계산한다. 그리고 최종적으로 클러스터 내 위치결정의 정확성, 무결성, 가용성을 평가한다.

표 22. 지역감시국 ID, 설치 좌표, 주소

지역수신국			좌표 (ECEF, m)			주소
클러스터	이름	시스템 ID	X	Y	Z	
A	용인	YOIM	-3074205.568	4049927.828	3838030.777	경기도 용인시 처인구 중부대로 1414 한국국토정보공사 용인지사
B	안성	ANSM	-3089021.554	4057372.069	3818245.819	경기도 안성시 보개원삼로 47 한국국토정보공사 안성 지사
C	청주	CHJM	-3117093.960	4066893.921	3785440.968	충청북도 청주시 서원구 예체로 149 한국국토정보공사 충북지역본부
D	평택	PYTM	-3071446.145	4066055.712	3823163.826	경기도 평택시 서정로 308 한국국토정보공사 평택송탄 지사

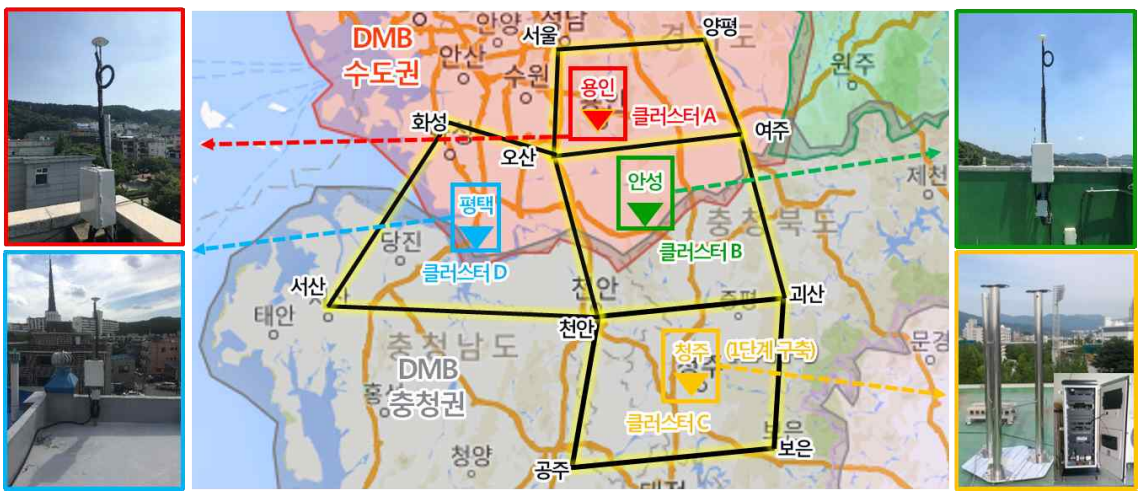


그림 14. 클러스터 내 지역감시국 설치 위치

무단복제 및 전재를 금합니다.

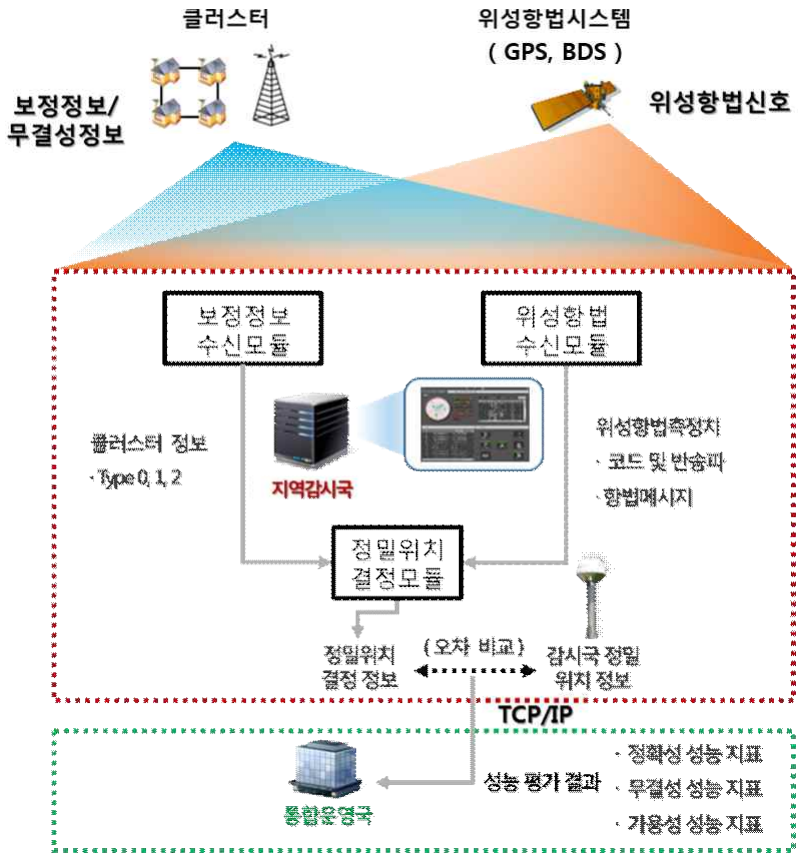


그림 15. 지역감시국 구성 및 기능

표 23. 지역감시국 모듈별 기능

구분	내 용
위성항법 수신 모듈 (지역감시국)	- 사용자 단말기와 동일한 모델 (권고사항) - 다중 위성항법시스템 신호 수신 (GPS BDS 수신, 1Hz) - 항법신호의 수신 세기가 35 dB-Hz 이상 - 항법신호 차단과 간섭 최소화 구간
클러스터 정보 수신 모듈 (지역감시국)	- 사용자 단말기와 동일한 모델 (권고사항) - 클러스터 방송국에서 전송되는, 클러스터 상태정보(Type 0), 주 기준국 정보(Type 1), 보정정보/무결성 정보(Type 2) 수신 - DMB 신호 수신 상태가 양호 (수신 세기 평균 –90dBm 이상)
감시국 정보 생성 및 송신 모듈 (지역감시국)	- 수신된 위성항법신호 기반 측정치 및 클러스터 정보를 기반으로 감시국 정보 생성 - 생성된 감시국 정보는 클러스터 제어국으로 유선 혹은 무선 통신을 통해 일정 주기(5초 간격, 추후 변동 가능)로 송신
시험방송 성능평가 모듈 (지역제어국)	- 사용자 단말기의 정밀위치결정 모듈 - 감시국의 위치해 계산, 위치오차계산, 수평보호수준 계산 (0.2Hz) - 정확성, 무결성, 가용성 성능 지표 계산 및 통계분석

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.1.2.2. 사용자 단말기 기반 평가

사용자 단말기의 정밀위치결정 성능은 실제 주행을 통해 평가한다. 이를 위한 시험평가 장비 설계도는 그림 16과 같다. 크게 위성항법 신호 수신을 위한 안테나 및 신호분배기(Splitter), 정밀위치결정 비교 기준점 획득을 위한 기준장비, 정밀위치결정 사용자 단말기, 주행 환경 영상을 기록 가능한 영상기록 장치, 그리고 데이터 기록, 분석을 위한 처리 장치로 구성된다. 기준장비와 정밀위치결정 사용자 단말기에 상용 위성항법 안테나 수준 (23~26 dB)의 동일 신호를 제공하기 위한 분배기의 신호의 손실을 고려하여 설계를 해야 한다. 기준장비는 위치결정에 대한 정밀도가 우수해야 하며, 수 ㎝ 정확도의 위치결정을 실시간 및 후처리로 수행할 수 있어야 한다. 또한, 정밀위치결정 단말기 이상의(5 Hz) 출력주기를 지원해야하며, 위성항법 음영구간에서의 정확한 위치결정을 위해 고사양의 IMU가 포함되어야 한다.

설계 구성도를 기반으로 현대엠엔소프트 社의 위탁을 통해 실제 시험평가 장비를 그림 17와 같이 구성하였고, 구성품 목록은 표 24와 같다. 설계 구성품 외에 추가적으로 실험장비 전원관리를 위한 Isolator와 기준장비의 INS 보조 센서인 DMI(Distance Measurement Instrument)를 추가하였고, 주행 환경을 수집 위한 외부 촬용 카메라와 정밀위치결정 단말기 화면 수집을 위한 내부 촬영용 카메라를 설치하였다. 설치한 신호분배기는 약 –6 dB의 손실이 있어 상용 위성항법 안테나 수준 (23~26 dB)의 신호를 재공하기 위해 이득 29 dB의 안테나를 설치하였다.

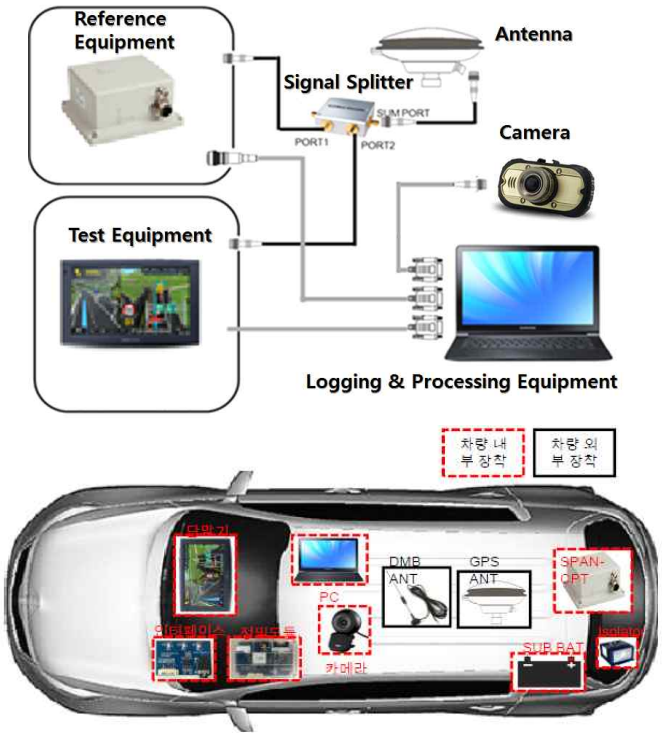


그림 16. 시험평가 장비 구성도

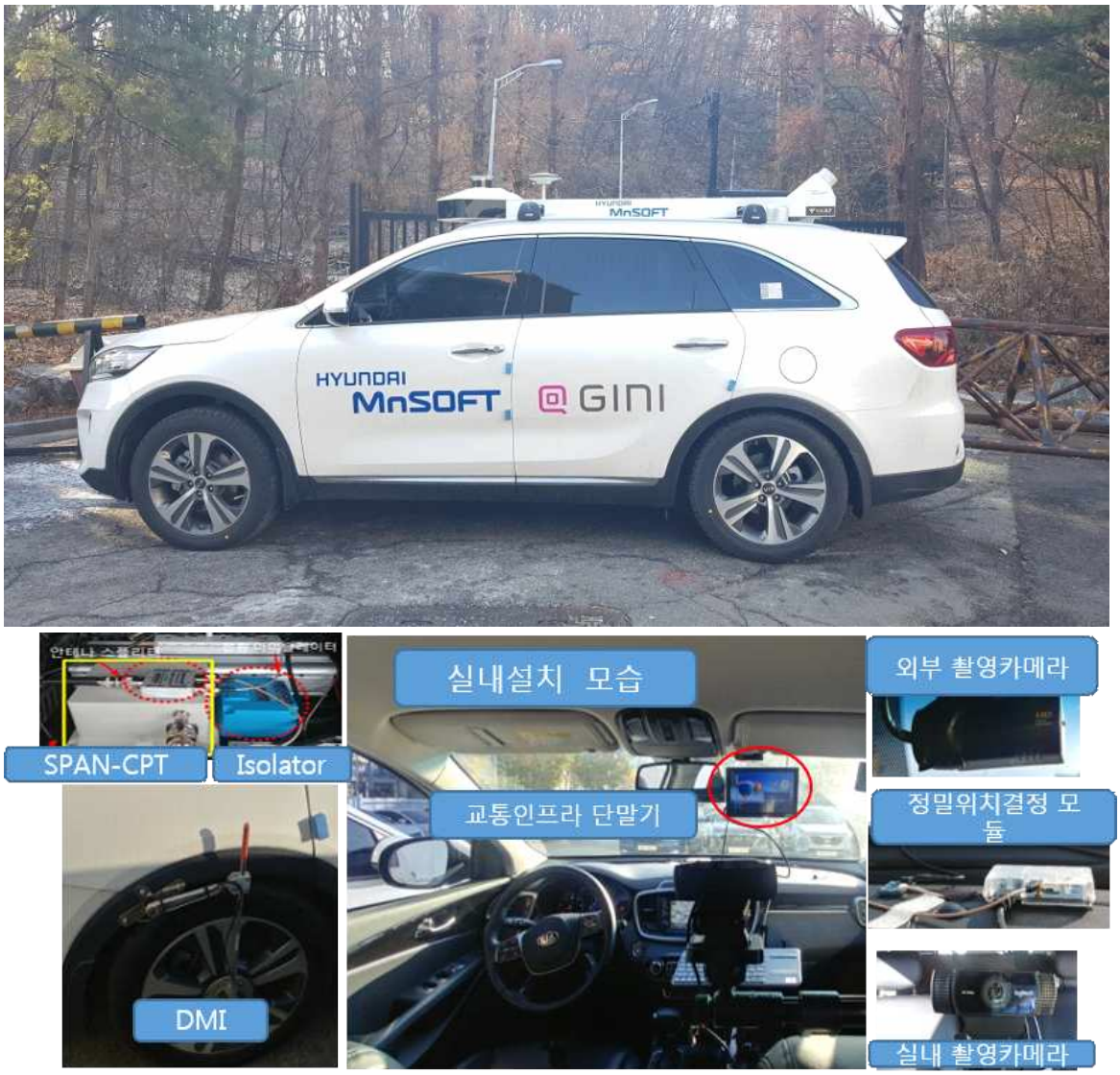


그림 17. 시험평가 장비 실제 구성 사진

기준장비의 요구사항에 따라 NovAtel 社의 SPAN-CPT (OEM628)을 평가를 위한 기준장비로 선정하였다. SPAN-CPT의 사양은 그림 18과 같으며, 실시간 PPP(Precise Point Positioning) 서비스 또는 NovAte l社의 후처리 SW인 Inertial Explorer를 선택적으로 사용하여 기준장비의 위치결정을 수행한다. 기준장비 또한 위성항법 기반 솔루션임에 따라, 위성항법 난수신 환경에서는 마찬가지로 성능이 저하되어, 비교 평가에 한계가 있을 수 있다. 이에 비교 평가는 기준장비 측위해의 신뢰도가 확보된 경우에 한해서만 진행한다. PPP 서비스를 사용할 시에는 제공되는 수평위치의 위.경도 표준편차(BESTPOS 메시지, Latitude and longitude standard deviation)를, Inertial Explorer를 사용할 시에는 제공되는 측위해의 Quality Number를 참조하여 기준장비 측위해의 신뢰도를 판단할 수 있다. Quality Number는 1~6 사이 값을 가지며, 각 값에 따른 품질

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 24. 사용자 단말기 주요 모듈별 기능

구분	내 용
SPAN-CPT (기준장비 모듈)	- 고가의 위성항법시스템 수신기 + 관성항법시스템 + 차속계 외 - 사용자 단말기 정밀위치결정 결과 평가를 위한 기준 위치 좌표 제공
DMI	- SPAN-CPT의 INS 보조 센서로 차량 위치, 속도 측정
교통인프라 단말기 (평가 단말기 모듈)	- 정밀위치결정 모듈 (위성항법시스템), 보정정보 수신 모듈 (DMB) - 교통인프라 정밀위치결정 결과 (위치해, 보호수준) 제공
GNSS 안테나	- NovAtel GPS-700-GGG (GPS,GLO,BDS 수신), 기본 신호 이득 : 29 dB
신호 분배기	- Mini-Circuits ZA4PD-2-S+, 신호 분배 시 손실 : -6 dB
촬영 카메라	- 영상 분석을 위한 실외(주행 도로 환경), 실내(단말기 화면) 촬영
Isolator	- 메인 배터리, 보조 배터리 연결을 통한 전원 관리 시스템 구성

정의는 표 25와 같다. 평가는 Quality Number가 1인 경우를 우선 평가하며, 평가를



SPAN SYSTEM PERFORMANCE[1]

Horizontal Position Accuracy (RMS)	
Single point L1/L2	1.2 m
NovAtel CORRECT™	
» SBAS[2]	60 cm
» DGPS	40 cm
» PPP[3, 4]	4 cm
» RTK	1 cm + 1 ppm

IMU PERFORMANCE[7]

Gyroscope Performance	
Gyro technology	FOG
Output range	±375°/s
Bias	20°/hr
Bias stability	±1°/hr
Scale factor	1500 ppm
Angular random walk	0.0667°/√hr (max)

PERFORMANCE DURING GNSS OUTAGES[1,8]

Outage Duration	Positioning Mode	POSITION ACCURACY (M) RMS		VELOCITY ACCURACY (M/S) RMS		ATTITUDE ACCURACY (DEGREES) RMS		
		Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Roll	Pitch	Heading
0 s	RTK[9]	0.02	0.03	0.015	0.010	0.020	0.020	0.060
	SP	1.00	0.60	0.020	0.010	0.020	0.020	0.060
	PP[10]	0.01	0.02	0.015	0.010	0.008	0.008	0.035
10 s	RTK[9]	0.25	0.18	0.045	0.025	0.030	0.030	0.080
	SP	1.20	0.75	0.050	0.025	0.030	0.030	0.080
	PP[10]	0.02	0.02	0.015	0.010	0.008	0.008	0.035
60 s	RTK[9]	6.10	2.05	0.255	0.080	0.045	0.045	0.100
	SP	7.00	2.60	0.260	0.080	0.045	0.045	0.100
	PP[10]	0.23	0.11	0.020	0.012	0.013	0.013	0.038

그림 18. 기준장비 SPAN-CPT 주요 사양

위한 샘플 수가 적은 경우, 2인 경우를 포함한다.

본 연구개발 과제에서 성능평가 SW로 개발한 궤적비교 툴을 이용하여 시험평가 결과 분석을 수행한다. 궤적비교 툴은 실시간 또는 후처리로 기준장비 및 사용자 단말기의 결과 값을 비교할 수 있는 SW로, NMEA 데이터를 기반으로 값을 출력하며, 기존의

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 25. Quality Number 수치에 따른 위치결정 성능 표

Quality Number	설명		3D 위치결정 정확도 (m)
1	Fixed integer	오차가 최소화된 상태로 최상의 위치결정 결과 제공 가능	0.00 – 0.15
2	Converged float or noisy fixed integer	일부 오차가 소량 남아 있는 상태로 일부 낮은 품질의 위치결정 결과 제공 가능	0.05 – 0.40
3	Converging float	오차가 다소 크게 남아 있어 성능평가에 사용이 부적절한 상태	0.20 – 1.00
4	Converging float		0.50 – 2.00
5	DGPS		1.00 – 5.00
6	DGPS		2.00 – 10.00
Unprocessed	Has not been processed	데이터가 처리되지 않아 사용이 불가능	N/A

후처리에서 수행되던 성능 분석의 주요 기능을 통합, 한 화면을 활용하여 성능 평가가 가능하다. 동일 환경, 동일 안테나(신호 분배기 사용)에서 수신된 두 장비의 위치를 실시간으로 시리얼 포트를 통해서 데이터 처리 장치로 전송하고 SW를 통해 두 장비의 정보를 비교하여 손쉬운 성능 평가 결과 출력을 한다. 실시간 성능 결과뿐만 아니라 정밀 상대 측위 기반 후처리 위치결정 데이터를 입력하면 사용자 시스템과의 비교와 성능 평가 결과 출력이 가능하다. 표 26는 성능 평가 SW의 요구사항이며, 그림 19은 요구사항에 따른 구조 설계구성도이다.

표 26. 성능 평가 SW 요구사항 기능

구분		요구사항
GNSS	기능	수신된 측위 데이터의 좌표 지도화면 상 출력
		수신된 측위 데이터의 저장
		기준장비, 평가장비의 측위 데이터의 GNSS 좌표 동시 표시
		GNSS 위성 정보 확인
		기준장비, 평가장비의 측위 데이터 GNSS 좌표 거리차이
		로그에서 원하는 정보 추출 및 저장
	비기능	측위 데이터 입력 주기 5Hz까지 지원
사용자	기능	카메라의 동영상 실시간 play, 저장 후 play 가능

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

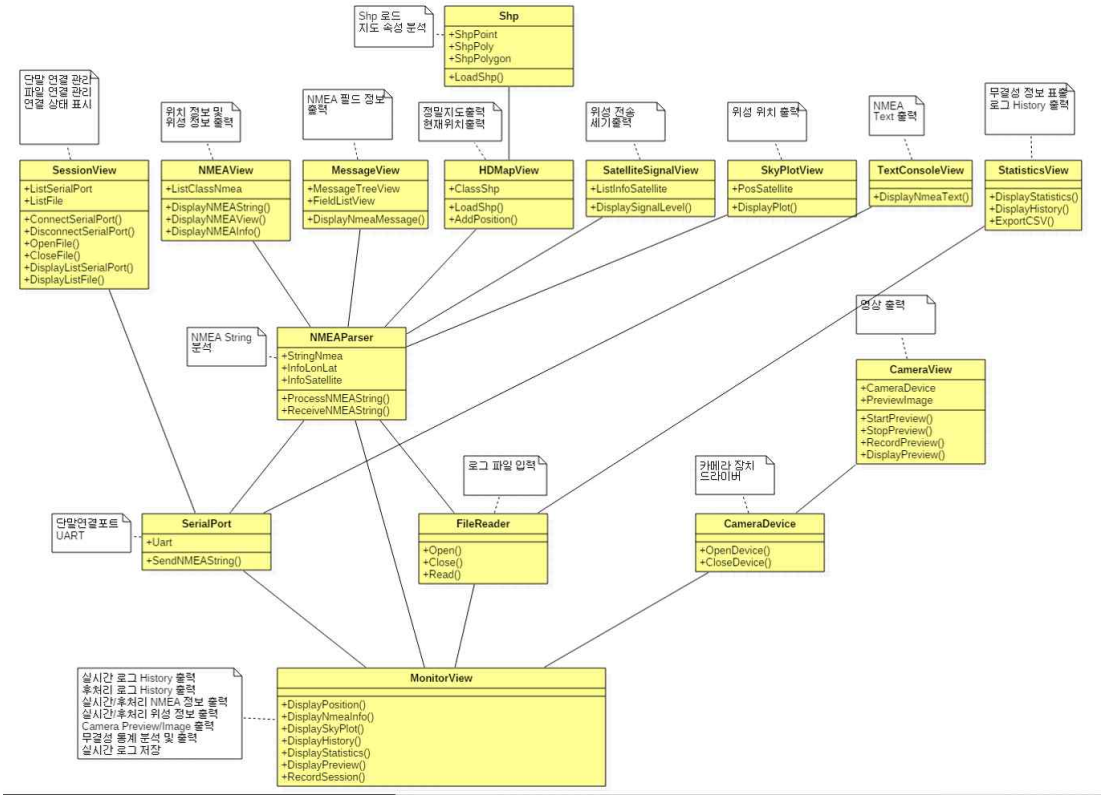


그림 19. 성능 평가 SW 설계 구성도

성능 평가 SW 메인 화면 및 주요 기능은 그림 20와 같으며, 정밀위치결정의 정확성, 무결성, 가용성 평가와 더불어 시간대별 결과 및 위성항법 신호 품질 등 분석이 가능하다. Monitor view는 메인 화면으로서, 성능 평가를 여러 주요 기능의 모듈들을 통합하여 한눈에 기준장비 및 평가 장비의 성능을 비교 할 수 있게 구성을 하였다. Session view를 통해서 두 장비에 대한 시리얼 포트 연결을 할 수 있으며, 두 장비가 연결되면 장비의 NMEA 정보가 출력되며 Record 기능을 통해서 성능평가 시작, 종료 시점을 설정 할 수 있다. 차로 구분 여부 및 지도 축적, 무결성 정보를 실시간으로 확인 할 수 있는 Map view(3), 실시간 성능 분석 후 지난 샘플의 수치를 확인 할 수 있게 샘플 이동이 가능한 Control view(4), 두 장비에서 같은 시간에 수신된 샘플의 여러 수치가 기록되어 지난 샘플의 수치를 비교할 수 있는 History view(5), 항법 위성의 위치를 확인 가능한 Skyplot view(6), 현재 샘플의 NMEA 출력 값을 보여주는 NMEA view(7), 실제 주행화면을 촬영하여 이미지 파일로 저장하여 추후 주행 환경 분석이 가능한 Camera view(8), 주행 전체의 성능 평가를 요약한 Performance indicator(9)로 구성이 되어있다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

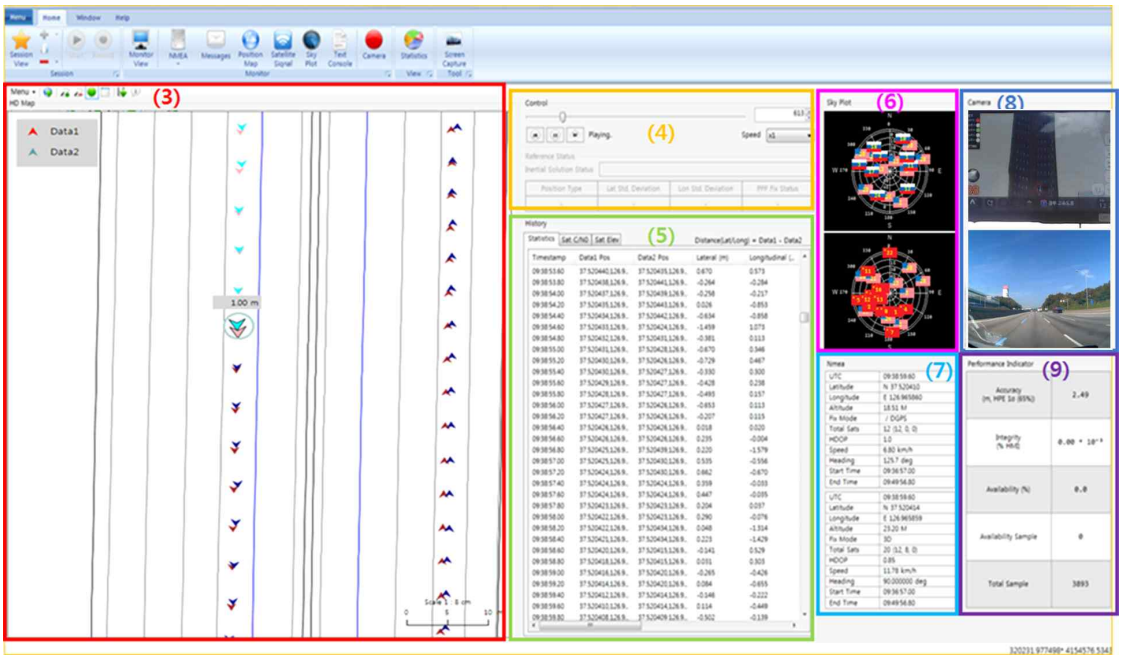


그림 20. 성능 평가 SW 메인 화면 및 주요 기능

시험평가 시나리오는 다양한 교통, 도로 환경 별 성능 평가가 필요함 따라, 전문가 자문을 통해 주행 횟수를 평가구간 왕복 주행 20회(하루 2~3회) 이상으로 변경하고, 클러스터/DMB 구성 환경, 교통 환경, 도로 환경 조건과 같은 주행환경 주요 요인별 영향 분석으로 구분하여 평가할 수 있도록 시나리오를 수립하였다. 재수립된 정밀위치 결정 검증, 평가분석을 위한 주행 조건은 표 27과 같이 크게 3가지 요인으로 구성되었다. 시험평가 시나리오는 일반 주행을 가정하며, 교통 환경 조건으로 연속류 및 단속류에 대한 평가를 위하여, 주행속도를 구분하여 속도별 성능을 확인한다. 차로별 위치결정 성능을 분석하기 위해 가능한 한 차로를 유지하며 주행하며, 동승자가 주행 중 교

표 27. 시험평가 구간 평가 환경/조건

구분	내 용		
클러스터 및 DMB 구성 조건	클러스터 핸드오버 구간 주행		오산IC 인근 (4km)
	DMB 핸드오버 구간 주행		안성IC 인근 (5km)
교통 조건	속도	원활	80 km/h 이상
		서행	40 ~ 80 km/h
		정체	40 km/h 미만
	주행 차로	N 차로 (1, 2, 3 ...)	
도로 조건	도로 변 장애물	방음벽, 언덕, 고층빌딩	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 28. 시간대 별 도로 조건 표 (예시)

일시 (UTC)		핸드오버		속도 구분	주행 차로	도로변 장애물	도로상 장애물
		DMB	클러스터				
YY.MM.DD	16:00	수도권	A	정지	1	유	유
	16:01	수도권	A	정지	1	유	무
	16:02	수도권, 충청권	A	정체	1	유	무
	17:00	수도권, 충청권	A, B	정체	1	무	무
	17:01	수도권, 충청권	A, B	정체	1	무	무
	17:02	수도권, 충청권	A, B	서행	1	무	무
	18:00	충청권	A, B	서행	1	무	무
	18:01	충청권	B	서행	1	무	유

통 및 도로 환경 정보 수집, 사전 조사 후, 작성된 시험평가 도로 장애물 목록과 녹화된 주행 영상을 비교, 분석하여 시간대별 주행 환경 조건 여부를 확인하며, 조건별 성능 영향과 통계적 유의성 분석을 위해 표 28와 같은 시간대별 조건 표를 작성 후, 데이터 필터링을 통해 조건별 성능 분석을 수행하였다.

클러스터 및 DMB 핸드오버 평가 구간은 그림 21과 같다. 클러스터 핸드오버는 성능



그림 21. 클러스터, DMB 핸드오버 평가 구간

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

평가는 클러스터 A, B 사이의 경계 구간임과 동시에 시험평가구간 경부고속도로에 위치한 오산 IC 부근이며, 기존 클러스터 보정정보를 사용하는 정밀위치결정 모듈과 신규 진입 클러스터 보정정보를 사용하는 정밀위치결정 모듈의 동시 동작 여부를 기준으로 설정하여 클러스터 핸드오버 조건을 선정하였다. DMB 핸드오버는 MBC DMB 수도권 충청권 사이의 경계 구간임과 동시에 시험평가구간 경부고속도로에 위치한 안성 IC 부근이다. 하지만 안성 IC 부근은 DMB 음영지역인 관계로 DMB 핸드오버가 원활하게 이루어지지 않는다. 따라서 DMB/IP 스위칭 기능을 통해 DMB 핸드오버 성능을 평가하며, 주행 구간에서 30초 단위 연속적인 DMB/IP 스위칭 시뮬레이션을 통해 DMB 핸드오버 조건을 도출하였다.

그림 22은 각 교통 환경 조건에 대한 예시를 보인다. 교통 환경에는 주행 속도 별, 주행 차로 별 조건이 포함된다. 위와 같은 요인들은 매 주행 환경에 따라 가변하기 때문에 기준장비 및 정밀위치결정 사용자 단말기의 주행 속도, 차로정보(차로 매칭 기술 적용) 그리고 각 주행의 단말기 화면 및 주변 환경 영상을 참고하여 조건 별 데이터를 분류하여 주행 속도, 주행 차로 별 조건 및 시나리오를 도출하였다. 그림 23은 각 도로 환경 조건 예시를 보인다. 도로 환경에는 주변 시설물 요인으로 도로 변 장애물인 방음벽, 언덕, 고층건물 등이 포함된다. 도로 상 장애물인 고가도로 표지판, 톨케이트 등은 주행속도에 따라 성능 차이가 발생할 수 있고, 도로 상 장애물에 의한 영향을 받는 구간 정의가 불명확하여 평가분석을 위한 요인에서 제외한다. 위와 같은 장애물 주



그림 22. 교통 환경 별 영상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

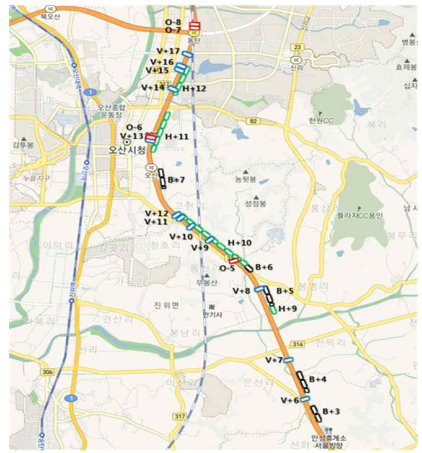
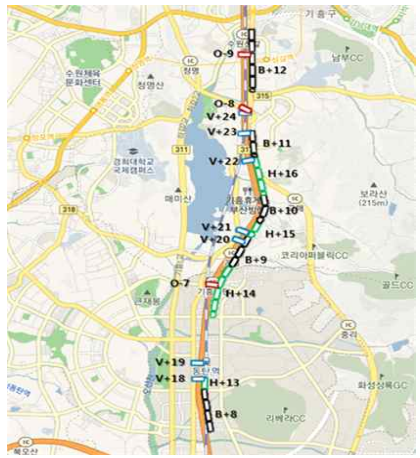
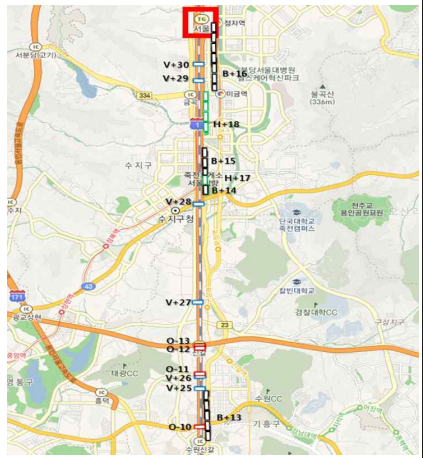
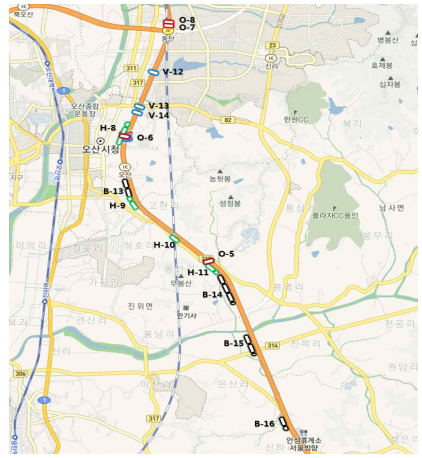
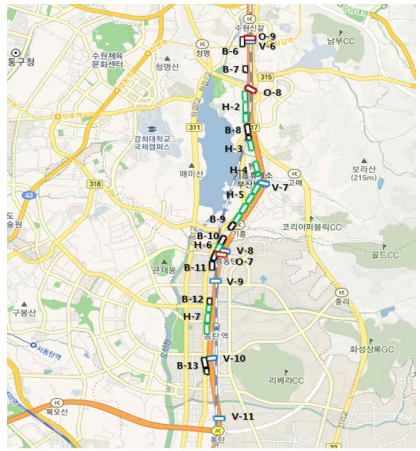
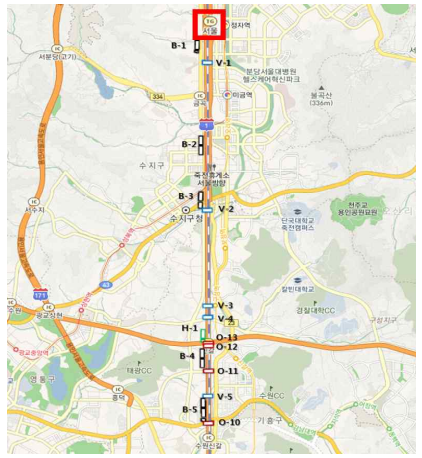
도로 변 장애물 (방음벽, 언덕, 고층빌딩)	도로 상 장애물 (전광판, 고가도로, 톨게이트)
	
	
	

그림 23. 도로 환경 별 영상

행을 반복하더라도 환경이 불변하기 때문에 사전에 수집한 주행 영상과 로드 뷰 영상 확인을 통해 지도 상의 도로 장애물의 위치와 목록을 작성해서 표 29와 같이 각 장애물의 영향을 받는 구간을 분류하였다. 위 자료를 통해 해당 구간의 위치 좌표와 각 주행의 단말기 화면 및 주변 환경 영상을 참고하여 조건 별 데이터를 분류하고 도로 변 장애물 구간 조건 및 시나리오를 도출하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 29. 도로 환경 장애물 목록 및 위치

항목	안성IC~안성휴게소(서울방향)	안성휴게소(서울방향)~동탄JC	동탄JC ~ 수원신갈IC	수원신갈IC ~ 서울TG
상행				
하행				

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 시험방송 운영평가 결과

3.1. 인프라 시스템 운영평가 결과

3.1.1. 인프라 시스템 성능 평가

본 절에서는 시험방송 기간 동안 인프라 시스템의 정상 가동률을 평가하기 위해, 인프라 시스템의 성능을 가용성, 에러율, 정지율로 나누어 평가한다. 표 16에 따라 가용성은 전체 운영/평가 기간 동안 시스템의 정상 동작(모든 가용 조건 만족) 비율로, 에러율은 시스템의 비정상 동작(가용 조건 불만족) 비율로 정의한다. 정지율은 전원 및 네트워크 차단, 소프트웨어 비정상 종료 등으로 인한 시스템 비가동률을 의미한다. 따라서, 시스템별 가용성, 에러율, 정지율의 합은 1을 만족한다. 시험방송 운영은 2018년 3분기, 4분기에 한해 이뤄진다. 3분기[11]에는 24시간 운영 과정에서 발생할 수 있는 시스템의 이슈를 도출 및 보완하고, 4분기에 실질적인 평가를 진행하고자 한다. 이에 인프라 시스템의 성능 평가는 분기별로 진행한다.

3.1.1.1. 3분기 운용결과 평가

그림 24는 2018년 3분기(8~9월, 총 61일)의 클러스터 A의 4시간 단위 가용성 결과를 보인다. 결과가 노랑색(1)에 가까울수록 단위 시간 당 시스템의 정상 동작 비율이 높음을 의미하며, 반대로 결과가 남색(0)에 가까울수록 단위 시간 당 시스템의 비정상 동작 또는 정지 비율이 높음을 의미한다. 표 28은 3분기 시스템별 성능, 에러 발생 비율과 가용성 저하와 관련된 주요 이벤트를 간략히 보인다.

시험방송 운영 초기에는 단일 시스템 검증 과정에서 발견되지 않았던 이슈들로 인하여 전체적으로 시스템 가용성이 저하된 것을 알 수 있다. 주요 이슈는 메모리 누수에 따른 통합운영국/IDC[12] SW의 비정상 종료와 DMB 방송국의 답신 데이터 전송 누락에 관한 것으로, 모든 클러스터에 공통적으로 적용된다. 단, IDC 이슈는 클러스터 C에 해당되지 않는다.

- 통합운영국 비정상 종료에 따른 가용성 저하: 통합운영국의 본 기능은 인프라 시스템 모니터링에 있기에 그 기능이 멈추더라도 인프라 시스템의 주 목적인 보정정보 서비스는 지속적으로 제공 가능하다. 그러나 모니터링 데이터를 기반으로 인프라 시스템의 성능을 평가하기 때문에 통합운영국이 동작을 멈춘 경우에는 시스템 모니터링 데이터 수집이 불가하여 인프라 시스템의 성능 평가가 불가하다. 이 경우에 모든 시스템은 정지 상태로 판정하기에 모든 시스템의 정지율이 증가하였다.
- IDC 비정상 종료에 따른 가용성 저하: 클러스터 A의 지역수신국(서울, 양평, 오산,

11) 노후화 장비 유지보수 및 자체 실험과 운영평가 관련 기능 개발/검증으로 인해, 7월 운영 결과는 평가 대상에서 배제한다.
12) IDC: Internet Data Center

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

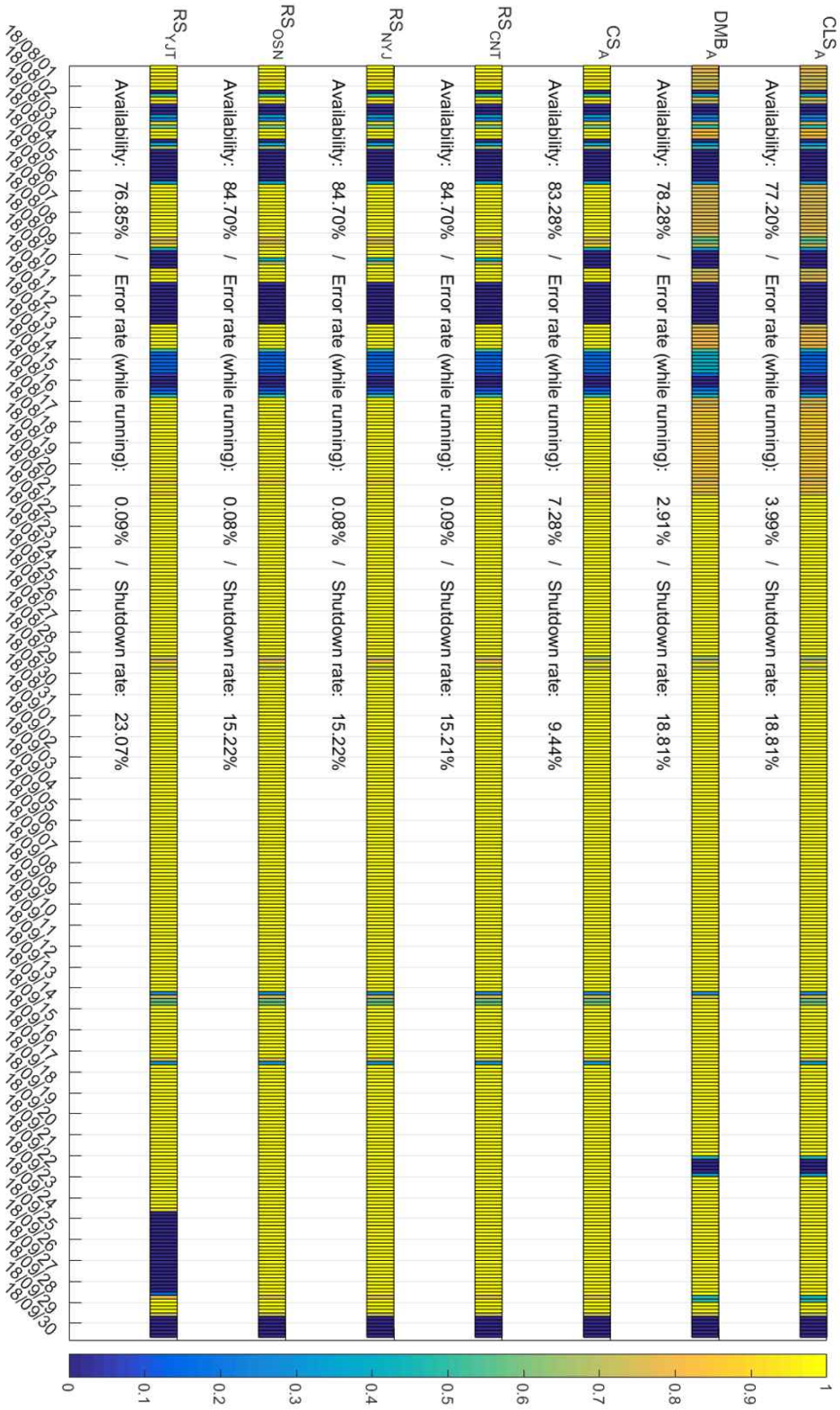


그림 24. 클러스터 A 가용성 결과 (18.08.01.~18.09.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 30. 2018년 3분기 클러스터 A 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용시간 초과	송출간격 >1초	
보정정보 서비스		77.20	3.99	18.81	-	27.76	72.24	▪ 5/8/9번: 통합운영국 다운 (가용성 데이터 누락) ▪ 16/25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		78.28	2.91	18.81	-	-	100	▪ 3번: 답신 데이터 누락 ▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		83.28	7.28	9.44	-	91.03	8.97	▪ 4/10/11/12/23/24/26/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 6번: 여주 수신국 전원 차단 ▪ 7/16/25번: 제어국 유지보수 ▪ 17번: 제어국 비정상 종료
지역수신국	서울	84.70	0.09	15.21	0	9.39	90.61	▪ 4/10/11/12/23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	양평	84.70	0.08	15.22	0	0.09	99.91	▪ 4/10/11/12/23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	오산	84.70	0.08	15.22	0	0.18	99.82	▪ 4/10/11/12/23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	여주	76.85	0.08	23.07	0	1.58	98.42	▪ 4/10/11/12/23/24/26/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 6/28번: 여주 수신국 전원 차단

여주)은 한국도로공사의 사설 네트워크에 연결되어 있어, 지역제어국과의 직접적인 연결이 제한된다. 이를 위해 외부 네트워크와 연결이 가능한 서울 교통센터에 IDC을 설치하고, IDC을 통해 클러스터 A의 지역수신국 데이터를 수집하고 지역제어국으로 전달한다. 따라서, IDC의 기능이 중단되는 경우에는 클러스터 A의 지역수신국 데이터 수집이 불가하고, 나아가 보정정보 생성이 불가하다. 이로 인해 지역수신국의 정지율이 일괄적으로 올라갔으며, 지역제어국은 버퍼를 통해 허용시간을 초과한 보정정보(지역수신국으로부터 가장 최근에 수신한 데이터 기반)를 송출함에 따라 에러율이 증가하였다.

- DMB 방송국 답신 데이터 누락에 따른 가용성 저하: DMB에서 정상적으로 보정정보를 수신하고, DMB을 통해 정상 송출이 되는지 여부를 감시하기 위해 DMB은 보정정보를 수신하거나 송출하는 시점에 각 이벤트에 대한 답신(acknowledgement) 데이터를 보낸다. SW 오류로 인한 답신 데이터 누락은 DMB 동작이 비정상 혹은 중단되었다고 판정한다. 그림 24에서 보이듯이, 클러스터 A의 보정정보 서비스와 DMB 가용성은 DMB 답신 데이터 누락에 의한 것이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 31. 2018년 9월 클러스터 A 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용 시간 초과	송출 간격 >1초	
보정정보 서비스		86.46	1.53	9.01	-	66.20	33.80	▪ 25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		90.47	0.52	9.01	-	-	100	▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		93.58	5.82	0.60	-	99.82	0.18	▪ 23/24/26/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 25번: 제어국 유지보수
지역수신국	서울	93.68	0.02	6.30	0	0.31	99.69	▪ 23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	양평	93.68	0.02	6.30	0	0.29	99.71	▪ 23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	오산	93.68	0.02	6.30	0	0.29	99.71	▪ 23/24/26/30번: IDC 비정상 종료
	여주	80.39	0.03	19.58	0	9.48	90.52	▪ 23/24/26/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 28번: 여주 수신국 전원 차단

이 외에도 상기 이슈에 대한 해결을 위해 수정, 보완, 검증 과정에서 발생한 시스템의 일시적 중단이 가용성 저하의 원인이다.

8월에는 앞서 말한 이슈로 인하여 실질적인 운영이 제한적이었기에 인프라 시스템의 성능 평가 결과의 신뢰성이 낮다. 이에 9월 운영 결과에 대해서 별도 평가한다. 표 44는 9월 클러스터 A의 시스템별 성능을 보인다. DMB 답신 데이터 전송 오류 수정에 따라 보정정보 서비스와 DMB의 가용성이 크게 개선되었으나, DMB 비정상 종료 및 정기 재가동(MBC 내부정책)에 의한 DMB 중단으로 대략 9%의 정지율을 보였다. IDC 비정상 종료로 인한 지역수신국의 정지율은 6% 수준이었으며, 이에 지역제어국은 허용시간 초과한 보정정보 송출에 따라 대략 6%의 에러율을 보였다. 4분기에는 IDC 안정화 작업를 통해서 전체적인 가용성 제고가 가능할 것으로 기대한다.

표 32은 그림 13에서 명시한 주요 시점별 데이터 나이와 허용시간 초과율을 보인다. 지역제어국과 DMB 간 통신은 공용망을 이용함에 따라 인터넷 트래픽 증가 시, 지연시간 증가를 야기할 수 있으나, 데이터 허용시간 초과율이 0.01% 미만인 점을 고려하면, 그 효과가 매우 미비하다고 할 수 있다.

그림 25은 2018년 3분기(8~9월, 총 61일)의 클러스터 B의 4시간 단위 가용성 결과이며, 표 33과 34은 각각 8~9월, 9월에 대한 시스템별 운영 결과이다. 클러스터 B는 오산 수신국과 여주 수신국을 클러스터 A와 공유하며, 클러스터 A와 마찬가지로 IDC

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 32. 2018년 3분기 클러스터 A의 주요 시점별 데이터 나이 및 허용시간 초과율

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	4,278,971	2.196	0.00379	16,227	10.807
	수신	4,279,986	1.687	0.00492	21,041	9.293
제어국 (수신)		17,459,728	0.018	0.00002	362	3.998
평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	2,335,423	2.248	0.00142	3,326	10.504
	수신	2,335,434	1.742	0.00232	5,429	8.114
제어국 (수신)		9,371,182	0.017	0.00000	8	1.945

를 이용하여 두 수신국의 데이터를 수집한다. 앞서도 언급했듯이, 통합운영국/IDC SW의 비정상 종료와 DMB 답신 데이터 전송 누락은 공통사항이다. 이에 따라 클러스터 B는 클러스터 A와 유사한 결과를 보인다. 자세한 설명은 클러스터 A 결과 분석과 동일하므로, 생략한다. 표 35은 3분기 클러스터 B의 주요 시점에서 측정한 데이터 나이 결과로, 데이터의 허용시간 초과율은 0.01% 미만의 결과를 보였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

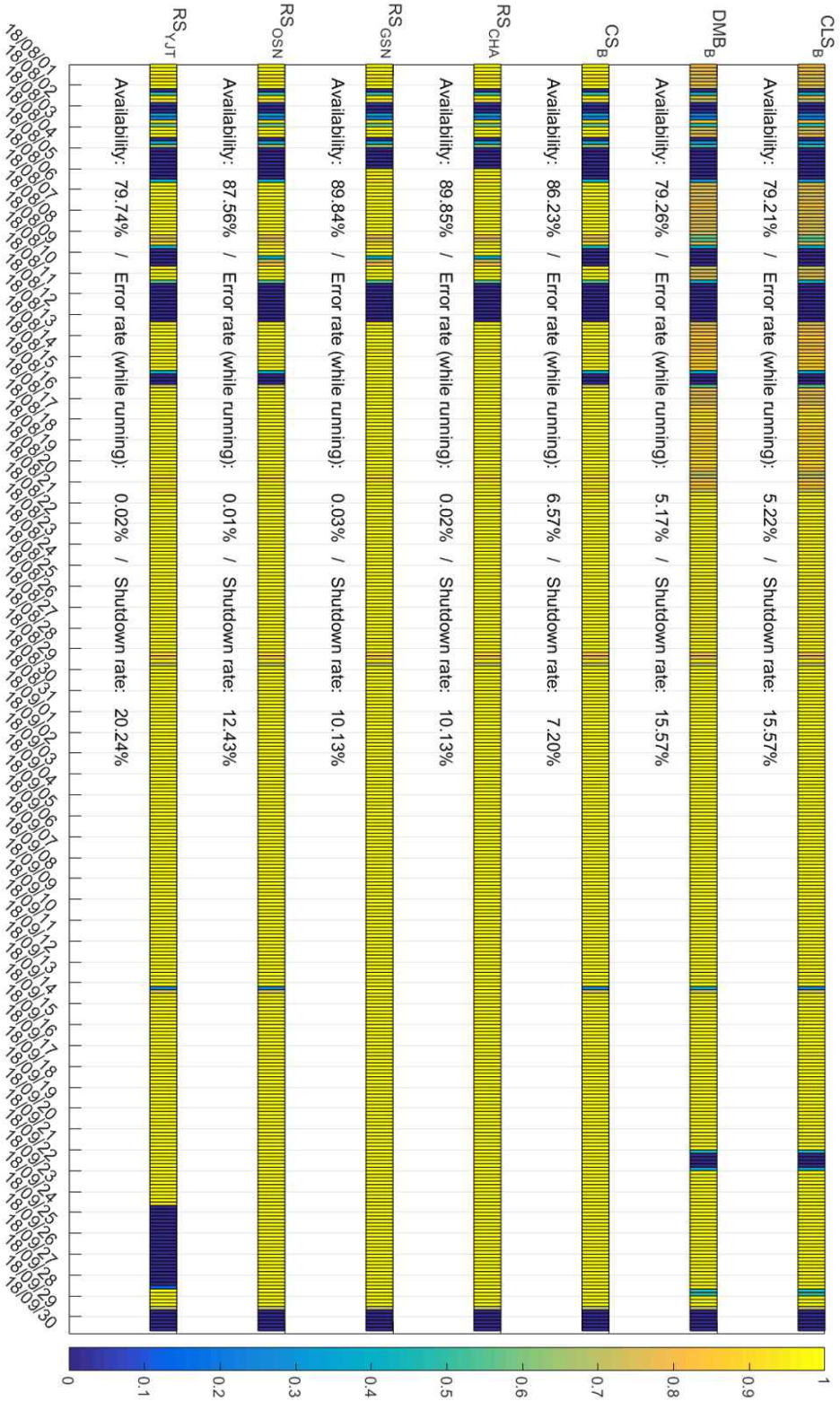


그림 25. 클러스터 B 가용성 결과 (18.08.01.~18.09.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 33. 2018년 3분기 클러스터 B 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용 시간 초과	송출 간격 >1초	
보정정보 서비스		79.21	5.22	15.57	-	1.01	98.99	▪ 5/8/9번: 통합운영국 다운 (가용성 데이터 누락) ▪ 16/25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		79.26	5.17	15.57	-	-	100	▪ 3번: 답신 데이터 누락 ▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		86.23	6.57	7.20	-	61.48	38.52	▪ 4/11/23/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 6번: 여주 수신국 전원 차단 ▪ 7/16/25번: 제어국 유지보수 ▪ 17번: 제어국 비정상 종료
지역 수신국	천안	89.85	0.02	10.13	0	22.15	77.85	▪ 4/11/23/30번: IDC 비정상 종료
	괴산	89.84	0.03	10.13	0	50.85	49.15	▪ 4/11/23/30번: IDC 비정상 종료
	오산	87.56	0.01	12.43	0	1.31	98.69	▪ 4/11/23/30번: IDC 비정상 종료
	여주	79.74	0.02	20.24	0	8.93	91.07	▪ 4/11/23/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 6/28번: 여주 수신국 전원 차단

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 34. 2018년 9월 클러스터 B 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용 시간 초과	송출 간격 >1초	
보정정보 서비스		90.00	1.40	8.60	-	6.37	93.63	▪ 25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		90.09	1.31	8.60	-	-	100	▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		94.77	5.19	0.05	-	99.77	0.23	▪ 23/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 25번: 제어국 유지보수
지역 수신국	천안	95.33	0.01	4.66	0	52.74	47.26	▪ 23/30번: IDC 비정상 종료
	괴산	95.32	0.02	4.66	0	84.31	15.69	▪ 23/30번: IDC 비정상 종료
	오산	94.78	0.00	5.22	0	8.33	91.67	▪ 23/30번: IDC 비정상 종료
	여주	81.49	0.00	18.51	0	71.13	28.87	▪ 23/30번: IDC 비정상 종료 ▪ 28번: 여주 수신국 전원 차단

표 35. 2018년 3분기 클러스터 B의 주요 시점별 데이터 나이 및 허용시간 초과율

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	8,585,028	1.938	0.00008	669	10.675
	수신	8,585,076	1.426	0.00010	829	9.415
제어국 (수신)		26,973,308	0.011	0.00004	977	1.807
평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	4,712,096	1.996	0.00003	148	10.147
	수신	4,712,096	1.490	0.00004	194	8.599
제어국 (수신)		13,673,141	0.012	0.00007	954	1.784

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

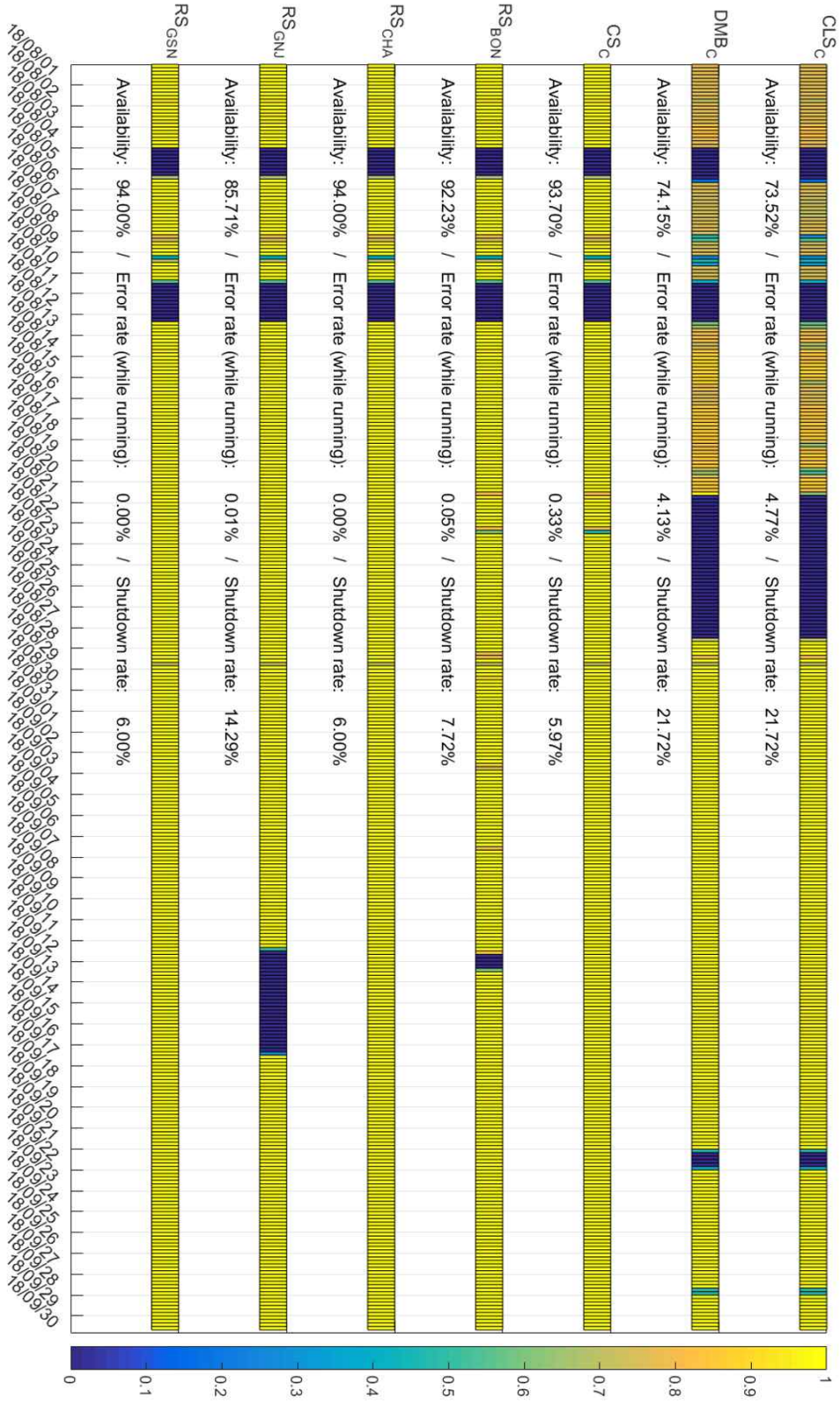


그림 26. 클러스터 C 가용성 결과 (18.08.01.~18.09.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 36. 2018년 3분기 클러스터 C 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용 시간 초과	송출 간격> 1초	
보정정보 서비스		73.52	4.77	21.72	-	14.29	85.71	▪ 5/8/9번: 통합운영국 다운 (가용성 데이터 누락) ▪ 16/25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		74.15	4.13	21.72	-	-	100	▪ 3번: 답신 데이터 누락 ▪ 13번: 주/부 포트 스위칭 오류 ▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		93.70	0.33	5.97	-	17.64	82.36	▪ 7/16/25번: 제어국 유지보수 ▪ 14번: 보은 수신국 UPS 고장 ▪ 17번: 제어국 비정상 종료
지역 수신국	보은	92.23	0.05	7.72	0	71.30	28.70	▪ 14번: 보은 수신국 UPS 고장
	천안	94.00	0.00	6.00	0	0.00	100	-
	공주	85.71	0.01	14.29	0	13.93	86.10	▪ 22번: 공주 수신국 전원 차단
	괴산	94.00	0.00	6.00	0	43.90	56.10	-

그림 26은 2018년 3분기(8~9월, 총 61일)의 클러스터 C의 4시간 단위 가용성 결과이며, 표 34와 35은 각각 8~9월, 9월에 대한 시스템별 운영 결과이다. 클러스터 C의 지역수신국은 모두 공용망에 연결되어 있어, 지역제어국과 지역수신국 간 직접 통신이 가능하다. 이에 클러스터 C는 여타 클러스터와 달리 IDC가 필요하지 않으며, IDC 비정상 종료에 의한 가용성 저하는 발생하지 않았다.

클러스터 C 가용성 저하의 주요 요인으로는 공통 요인인 통합운영국 SW 비정상 종료와 DMB 답신 데이터 전송 누락이 있으며, 별개로 DMB 주/부 포트 스위칭 오류가 있었다.

- DMB 주/부 포트 스위칭 오류에 따른 가용성: 이중화된 지역제어국으로부터 생성/전송되는 2개의 보정정보는 서로 다른 DMB 포트로 전송되며, DMB는 주 제어국의 보정정보가 수신되면 이를 우선 송출하고, 주 보정정보 미수신 시, 부 제어국의 보정정보를 송출한다. 본 이슈는 DMB에서 주/부 제어국의 보정정보가 모두 수신되었으나, 실제로 주 제어국에서 허용시간을 초과한 보정정보를 지속적으로 전송하여[13] 발생한 이슈로, 향후 주/부 포트 중 최신 데이터를 송출하는 기능을 추가하였다.

13) 주 제어국과 보은 수신국 네트워크 단절(주요 이벤트 발생 일지 15번 이벤트 참조)에 의해 보정정보 생성이 안 되었으며, 주 제어국은 버퍼에 저장된 보정정보(보은 수신국과의 연결이 끊기기 직전에 생성)를 지속적으로 전송하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 37. 2018년 3분기 클러스터 C의 주요 시점별 데이터 나이 및 허용시간 초과율

평가기간		2018.08.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	4,155,877	1.672	0.00516	21,424	10.382
	수신	4,157,258	1.168	0.00585	24,330	9.410
제어국 (수신)		67,240,392	0.143	0.03564	2,396,358	2.988
평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	2,484,561	1.552	0.00002	38	10.624
	수신	2,484,561	1.048	0.00002	42	9.835
제어국 (수신)		37,007,682	0.205	0.05329	1,972,040	3.051

보은 수신국은 UPS 고장에 의한, 공주 수신국은 공사에 의한 전원 차단으로 일정 기

표 38. 2018년 9월 클러스터 C 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.09.01.~2018.09.30.						
구분		가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			관련 주요 이벤트 (표 44 참조)
					CRC	허용 시간 초과	송출 간격 >1초	
보정정보 서비스		95.23	0.76	4.01	-	0.14	99.86	▪ 25번: 통합운영국 유지보수 ▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		95.23	0.76	4.01	-	-	100	▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		99.94	0.01	0.05	-	57.56	42.44	▪ 25번: 제어국 유지보수
지역수신국	보은	97.09	0.00	2.91	0	23.53	76.47	-
	천안	99.96	0.00	0.04	0	0	100	-
	공주	83.16	0.01	16.83	0	91.53	8.47	▪ 22번: 공주 수신국 전원 차단
	괴산	99.96	0.00	0.04	0	74.63	25.37	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

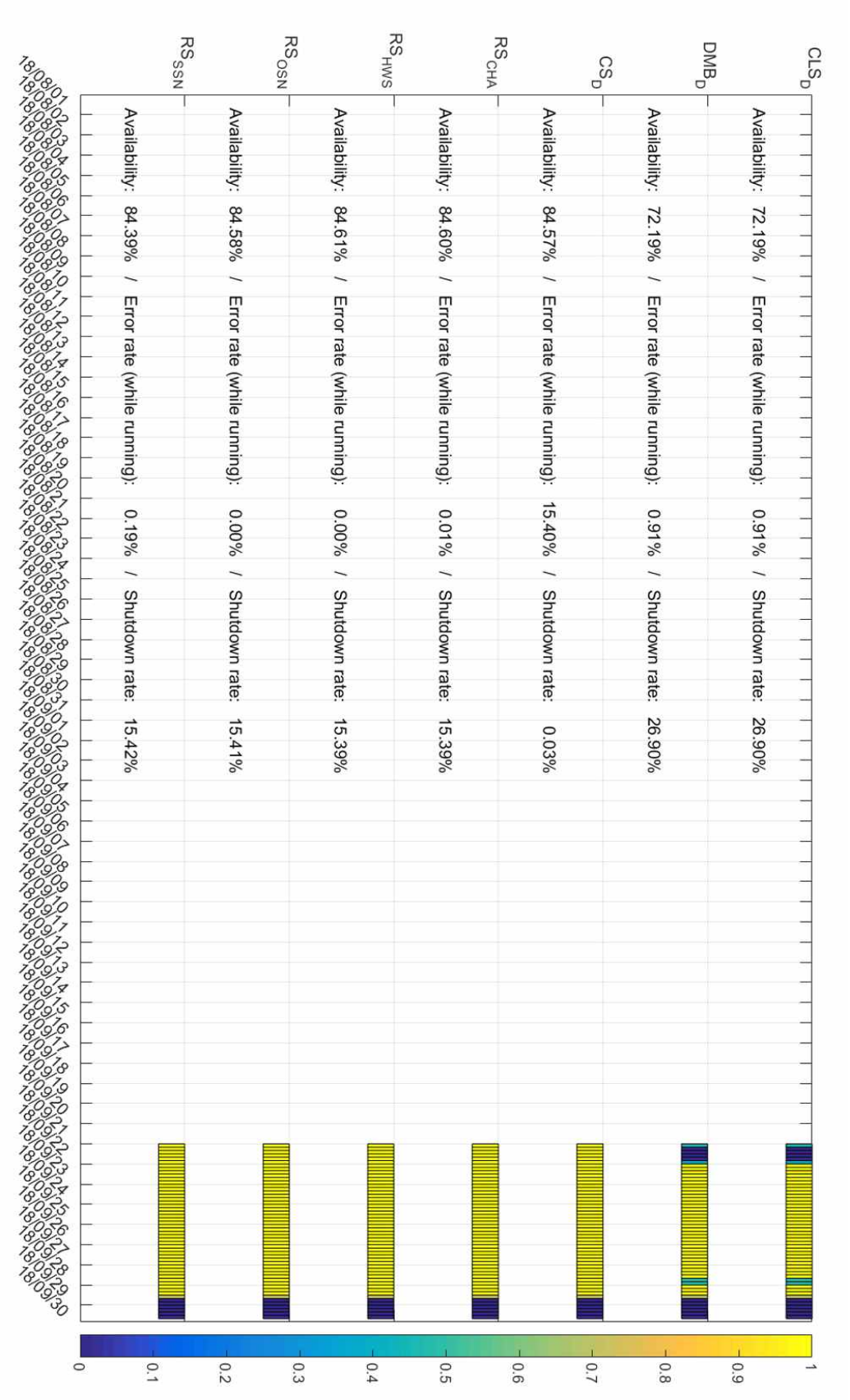


그림 27. 클러스터 D 가용성 결과 (18.09.22.~18.09.30. 4시간 단위)

간 동작을 정지하였다. 보은 수신국은 추가적으로 네트워크 장비 노후화로 인한 네트워크 연결 불안정과 전송지연 증가에 따라 가용성이 저하되었으며, 다른 수신국에 비해 허용시간 초과에 의한 에러율도 높게 측정되었다. 9월의 운영 결과로부터 하드웨어 및 네트워크 이슈 해결을 통해 99% 이상의 가용성 달성 가능함을 확인할 수 있다.

클러스터 D는 2018년 7월에 신규로 구축된 클러스터로, 구축 및 단일 시스템 검증 일정의 지연으로 인해 9월 22일부터 운영되었다. 이에 따라 클러스터 D의 3분기 결과는 2018년 9월 22일부터 9월 30일까지 총 9일의 운영 결과만을 포함한다. 그림 27는 평가 기간의 클러스터 D의 4시간 단위 가용성 결과를 보이며, 표 39와 40은 클러스터 D의 시스템별 운영 결과와 주요 시점별 데이터 나이 결과이다. 클러스터 D 또한 오산 수신국 데이터 수집을 위해 IDC를 이용함에 따라 IDC 비정상 종료에 의한 가용성 저하가 있었으며, DMB 인코더 SW 비정상 종료 및 DMB 정기 재가동이 클러스터 D 가용성 저하의 주요 요인이다. 지역제어국의 에러율은 수신국 데이터 수집 불가에 의한 과거 보정정보 전송으로 다소 높게 측정되었음을 알 수 있다

표 39. 2018년 9월 클러스터 D 시스템별 운영 결과

평가기간		2018.09.22.~2018.09.30.						
구분		**가용성 (%)**	**에러율 (%)**	**정지율 (%)**	**에러 발생 비율 (%)**			**관련 주요 이벤트 (표 44 참조)**
					CRC	**허용 시간 초과**	**송출 간격 >1초**	
보정정보 서비스		72.19	0.91	26.90	-	0.66	99.34	▪ DMB, 제어국 이벤트 참조
DMB 방송국		72.19	0.91	26.90	-	-	100	▪ 27번: DMB 비정상 종료 ▪ 29번: DMB 정기 재가동
지역 제어국		84.57	15.40	0.03	-	99.78	0.22	▪ 30번: IDC 비정상 종료
지역 수신국	천안	84.60	0.01	15.39	0	55.26	44.74	▪ 30번: IDC 비정상 종료
	화성	84.61	0	15.39	0	0	100	▪ 30번: IDC 비정상 종료
	오산	84.58	0	15.41	0	0	100	▪ 30번: IDC 비정상 종료
	서산	84.39	0.19	15.42	0	82.82	17.18	▪ 30번: IDC 비정상 종료

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 40. 2018년 9월 클러스터 D의 주요 시점별 데이터 나이 및 허용시간 초과율

평가기간		2018.09.22.~2018.09.30.				
구분		총 데이터 수 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
				발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
DMB	송신	1,132,366	1.708	0.00004	40	11.157
	수신	1,132,368	1.203	0.00004	44	10.855
제어국 (수신)		3,946,965	0.008	0	0	-

3.1.1.2. 4분기 운용결과 평가

그림 28부터 그림 31까지는 2018년 10월부터 12월까지 총 92일에 대한 클러스터 A, B, C, D의 8시간 단위 가용성 결과를 보이며, 클러스터별 4분기 성능과 주요 이슈는 표 41에서 보인다.3분기를 통해 통합 시스템의 안정화 작업이 이루어진 결과, 4분기에는 시스템 전반적으로 가용성이 15~20% 내외로 향상되었음을 볼 수 있다. 3분기에 7% 내외에 이르던 에러율 또한 3% 미만으로 감소하여 시스템 SW가 안정화되었음을 알 수 있다. 대다수의 에러는 규칙성이 만족되지 않아 발생하였으며, 이는 운영체제 정책, HW 오차 등에 따른 불규칙성에 의한 것이다. 일반적으로 900ms~1,200ms 주기를 갖고 동작하지만, 일시적으로 동작 주기가 1,500ms 내외까지 증가한다. 정지율 또한 3분기에 비해 크게 감소하였다. 3분기에는 장비 노후화에 따른 HW 고장과 더불어 시스템 SW 오류에 의한 비정상 종료로 전반적으로 시스템의 정지율이 15~18% 수준에 이르렀던 반면에, HW 및 SW 안정화를 통해서 4분기에는 정지율이 10% 미만으로 감소되었다. 다만, 시스템 설치 장소의 공사 및 안전점검에 의한 외부 전원공급의 차단과 외부 네트워크 운영/관리업체의 사고, 즉 시험방송 운영/관리 외부 요인이 4분기 정지율의 주된 요인이었다. 추가적으로 HW 오류로 인한 통합운영국 가동이 중단되면서 전체 시스템의 상태 메시지를 수집하지 못하여 전체 시스템이 정지했다고 판단한 경우가 1건 있었다.

4분기 운영 기간에 걸쳐 클러스터 A의 지역제어국과 IDC 간 연결이 불안정하여 IDC SW의 비정상 종료가 총 7회 발생하였다. SW 디버깅을 통해서 지속적으로 이슈의 발생 원인을 파악하기 위해 이슈 추적/관리를 진행해왔으며, 예상되는 원인을 중심으로 예외 기능 처리를 추가하였으나, 발생이 불규칙적으로 지속됨에 따라 그 원인으로 HW 고장/장애를 고려하고, 원인, 파악, 분석을 진행하였다. 클러스터 A의 지역제어국과 IDC 간 통신 불안정 이슈로 인해 IDC SW가 일시적으로 비정상 종료되는 경우가 11월, 12월에 각각 1회씩 발생하였으며, 이로 인하여 클러스터 B, D의 가용성이 저하되었다. 11월 12일에 클러스터 A의 내부 네트워크 이상/장애로 지역수신국 데이터의 불

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

규칙적 수신에 따라 클러스터 A, B, D의 시스템 가용성이 일시적으로 저하되는 경우가 있었다. 12월 5일부터 12월 27일 사이에 클러스터 A의 지역제어국 SW가 빈번하게 비정상 종료되는 현상이 있었다. 클러스터 A는 선행 연구개발 과제의 성과물을 활용하여 GPS 기반 시스템 개발을 목표로 구축되어 클러스터 A의 지역수신국에서 GLONASS, BDS 항법데이터 처리 관련 기능을 지원하지 않는다. 이에 클러스터 C의 공주 수신국 데이터로 대체하여 사용하도록 개발하였으나, 공주 수신국이 설치된 건물공사로 인한 전원 차단, 네트워크 장애가 지속적으로 발생하였고, 이에 공주 수신국의 데이터에 장애가 발생하였으며, 결과적으로 이상 데이터 수신으로 인해 SW가 비정상 종료되었다. 이상 데이터에 대한 예외 처리 기능 추가를 통해 해당 이슈를 해결하였다.

앞서 설명한 바와 같이 클러스터 B, D 또한 IDC를 사용함에 따라 클러스터 A와 유사한 운용 결과를 보였다. 다만, 클러스터 B, D는 GLONASS, BDS 항법데이터 처리가 가능한 지역수신국을 보유하고 있어, 클러스터 A 보다 안정적으로 운용되었음을 알 수 있다. 특이사항으로, 클러스터 D의 서산 수신국은 11월 중순까지 진행된 건물 공사에 의한 외부 전원공급 차단과 외부 네트워크 운영/관리주체인 KT의 중복 IP 할당 이슈로 인하여 운영이 제한적으로 이루어졌다. 클러스터 C는 통합운영국 HW 오류에 의한 종료 이슈, 유지보수를 위해 시스템이 일시적으로 중단되는 경우 외적으로 큰 이슈가 발생하지 않았다. 다만, 앞서도 설명했듯이 12월 5일부터 12월 27일 사이 공주 수신국의 데이터 이상 수신(건물 공사에 의한 네트워크 장애)으로 지역제어국 SW의 운용이 중단되는 사례가 있었다.

IDC불안정 이슈의 원인으로, 클러스터 A의 지역제어국 HW 오류가 의심됨에 따라 해당 지역제어국 HW를 교체하고, 2019년 1월 한 달간 시험평가를 추가로 진행하였다. 다만, 1월 29일부터 31일은 통합운영국 및 지역제어국 설치장소의 외부 네트워크 이슈로 평가에서 제외하였다. 이에 따른 평가 결과는 표 43에서 보인다. 모든 클러스터에 대해 99%의 가용성을 상회하는 결과를 보였으며, 이를 통해서 시스템의 안정성이 확보되었음을 알 수 있다. 다만, 공주 지역수신국은 지속적인 건물 공사로 인하여 외부 전원 및 네트워크 차단 발생으로 시스템 가용성이 낮게 평가되었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

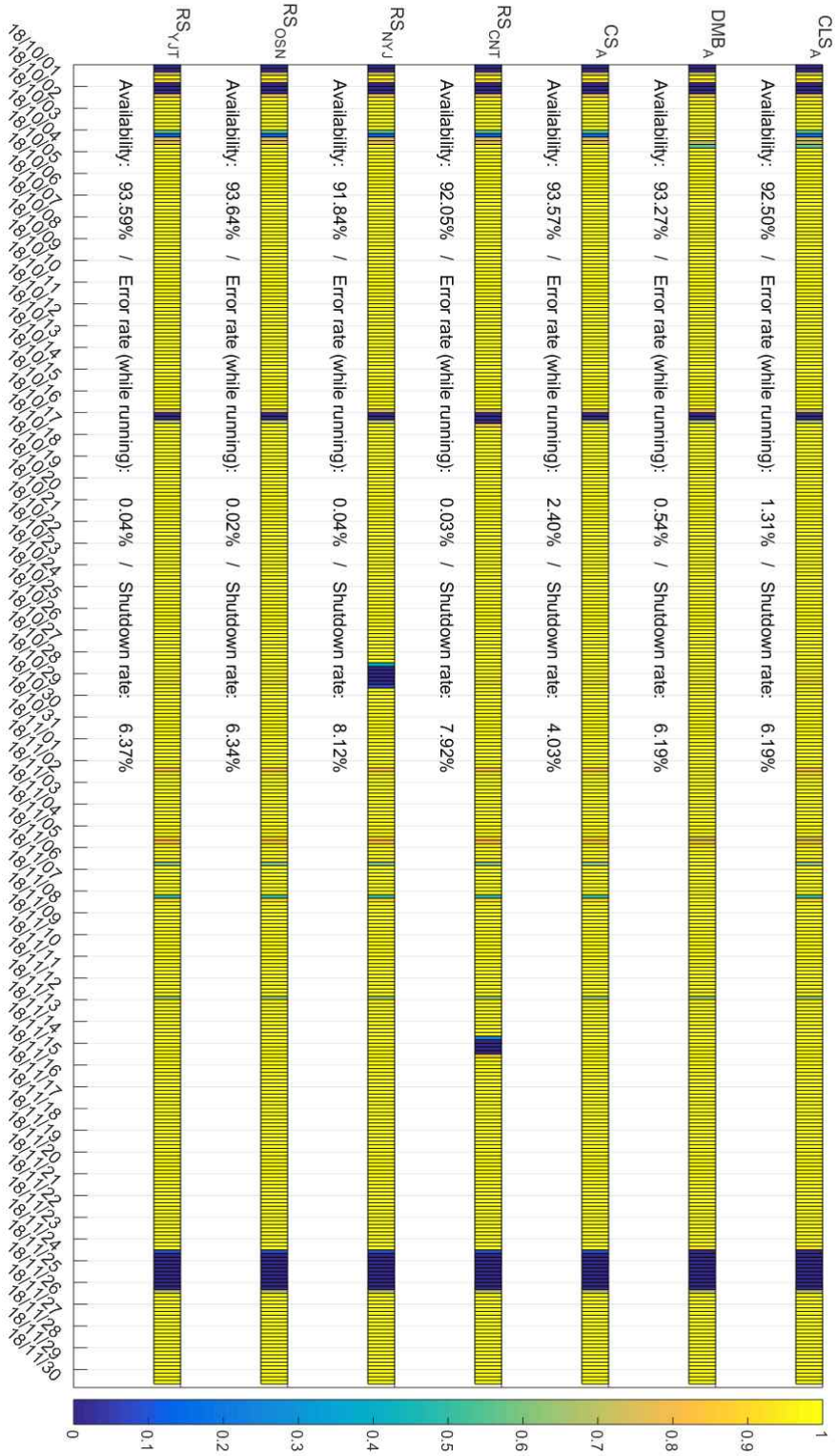


그림 28. 클러스터 A 가용성 결과 (18.10.01.~18.11.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

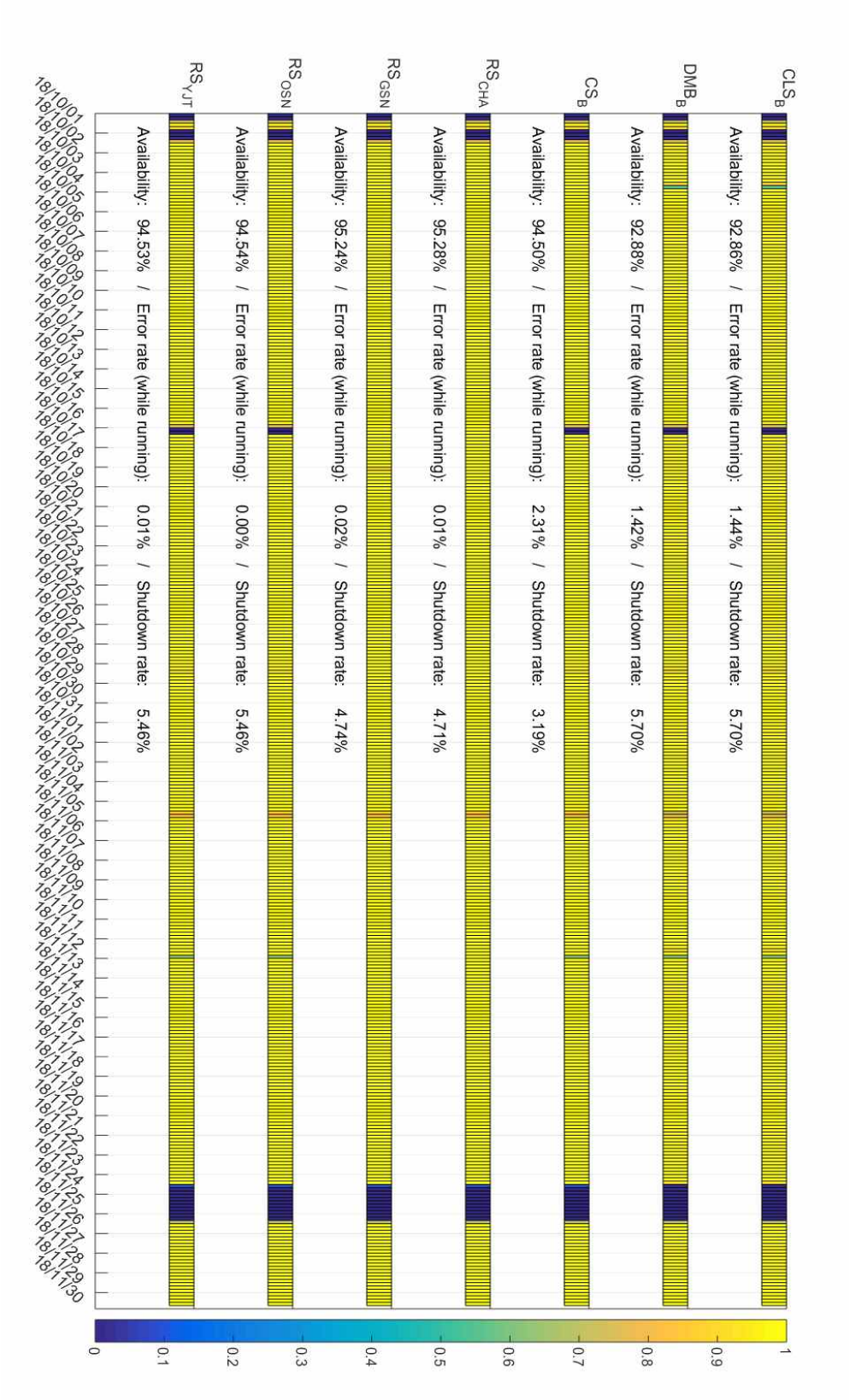


그림 29. 클러스터 B 가용성 결과 (18.10.01.~18.11.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

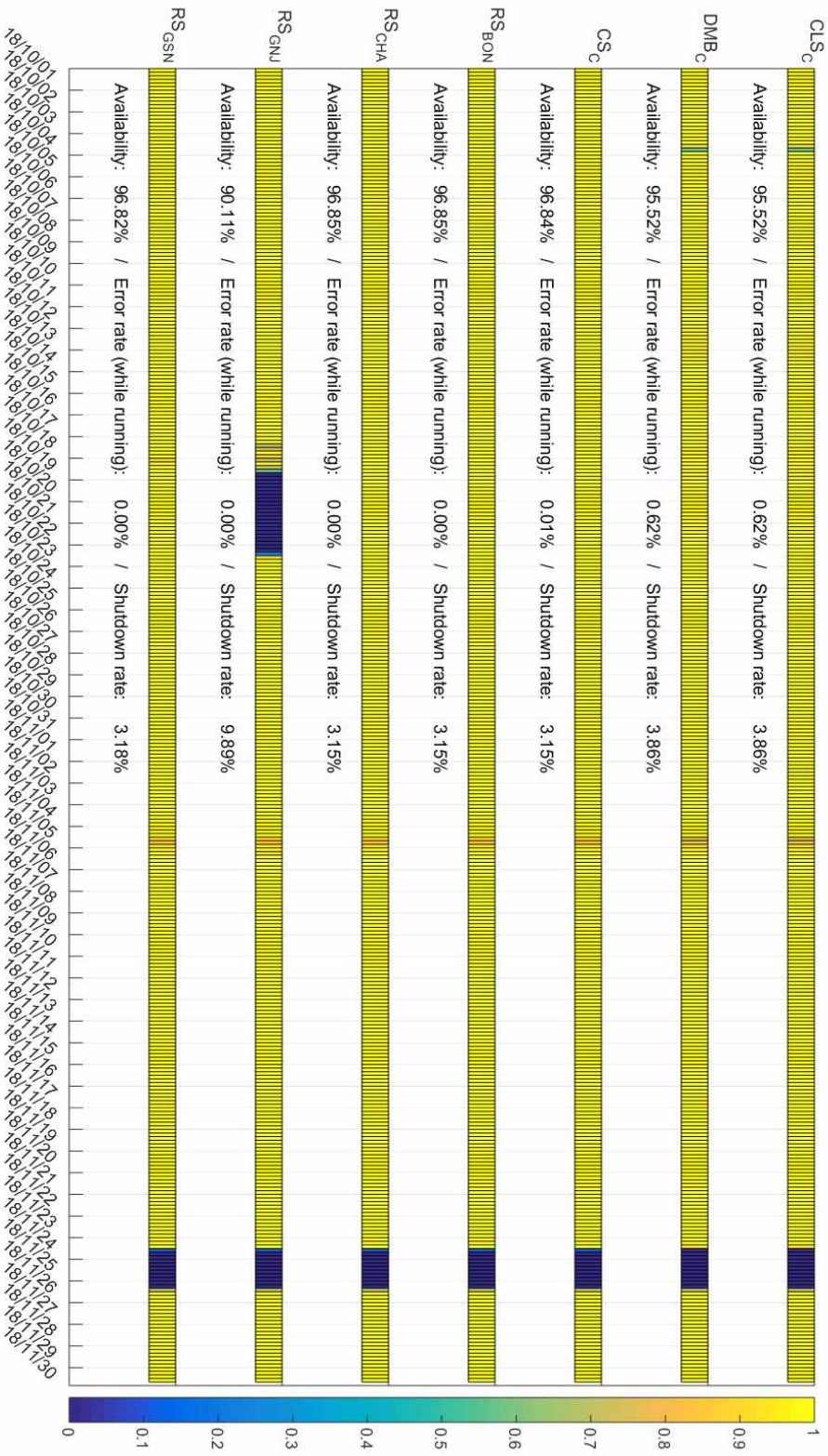


그림 30. 클러스터 C 가용성 결과 (18.10.01.~18.11.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

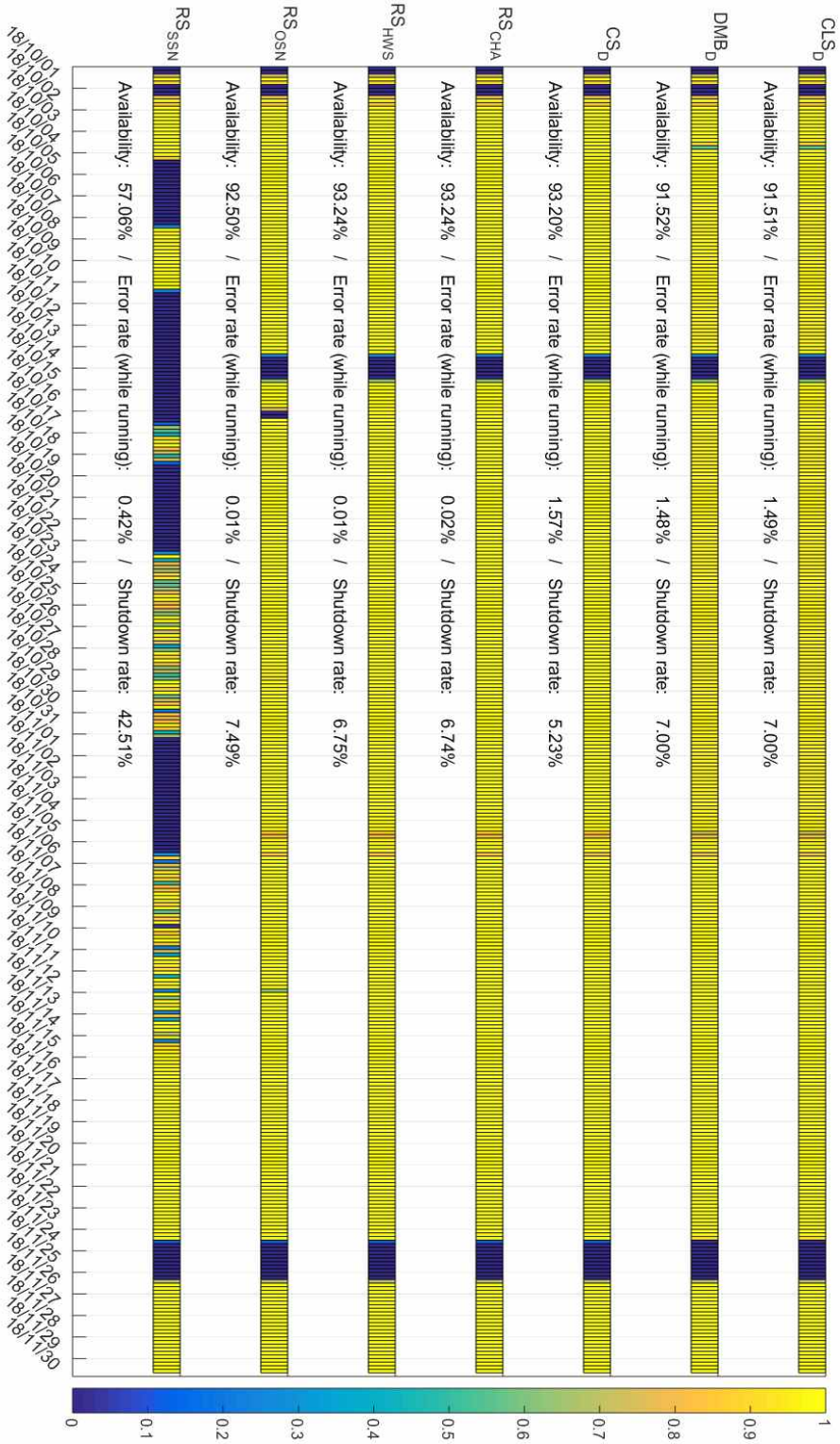


그림 31. 클러스터 D 가용성 결과 (18.10.01.~18.11.30. 4시간 단위)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 41. 2018년 4분기 시험방송 운영에 대한 인프라 시스템 평가 및 주요 이슈

구분			가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)	에러 발생 비율 (%)			주요 이슈	
						규칙성 훼손	적시성 훼손	무결성 훼손	공통	개별
클러스터 A	보정정보 서비스		91.11	1.82	7.08	87.07	12.93	-	▪ (DMB) 제어국과 통신 단절, KT 아현지사 화재로 통신 단절 ▪ (통합운영국) BDS 표출 기능 업데이트, 운영체제 비정상 종료 ▪ (IDC) 통합운영국 미러링 테스트	▪ (IDC) 운영체제 업데이트, 전원 차단, 소켓오류 ▪ (지역수신국-양평) 전원 차단 ▪ (지역수신국-서울) 전원 차단
	DMB 송출시스템		92.40	0.52	7.08	100	-	-		
	지역제어국		92.05	2.51	5.45	54.52	45.48	-		
	지역수신국	서울	91.01	0.07	8.93	100	0	0		
		양평	90.86	0.07	9.06	99.87	0.13	0		
		오산	92.10	0.04	7.86	98.41	1.59	0		
		여주	92.02	0.07	7.91	99.59	0.41	0		
클러스터 B	보정정보 서비스		94.52	1.42	4.06	98.84	1.16	-		▪ (IDC) 운영체제 업데이트, 전원 차단
	DMB 송출시스템		94.54	1.40	4.06	100	-	-		
	지역제어국		96.06	1.61	2.33	81.96	18.04	-		
	지역수신국	천안	96.60	0.01	3.39	100	0	0		
		괴산	96.54	0.04	3.42	99.30	0.70	0		
		오산	96.11	0	3.89	65.21	34.79	0		
		여주	96.05	0.03	3.92	23.24	76.76	0		
클러스터 C	보정정보 서비스		94.58	0.66	4.76	99.42	0.58	-		▪ (지역수신국-공주) 건물 공사로 인한 전원 차단 및 네트워크 불안정
	DMB 송출시스템		94.58	0.66	4.76	100	-	-		
	지역제어국		95.82	0.01	4.17	97.75	2.25	-		
	지역수신국	보은	95.84	0.13	4.03	99.99	0.01	0		
		천안	95.86	0.34	3.80	55.42	44.58	0		
		공주	89.80	0.14	10.06	87.44	12.56	0		
		괴산	95.83	0.31	3.87	99.99	0.01	0		
클러스터 D	보정정보 서비스		93.68	1.41	4.91	98.97	1.03	-		▪ (지역수신국-서산) 전원 차단, 외부 네트워크 IP 중복 ▪ (지역제어국) BDS 표출 기능 테스트 ▪ (IDC) 운영체제 업데이트, 전원 차단
	DMB 송출시스템		93.70	1.40	4.91	100	-	-		
	지역제어국		95.21	1.11	3.67	85.11	14.89	-		
	지역수신국	천안	95.25	0.01	4.74	63.61	36.39	0		
		화성	95.21	0.05	4.74	93.46	6.54	0		
		오산	94.76	0.01	5.23	84.83	5.17	0		
		서산	71.26	0.28	28.45	55.50	44.50	0		

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 42. 2018년 4분기 인프라 시스템의 주요 시점별 데이터 평균 나이 및 허용시간 초과율

구분			총 데이터 (개)	데이터 평균 나이 (초)	허용지연 시간 초과		
					발생률 (%)	데이터 수 (개)	평균 나이 (초)
클러스터 A	DMB	송신	7,295,511	2.005	0.18008	13,138	10.817
		수신	7,295,569	1.500	0.23024	16,797	9.206
	제어국 (수신)		29,111,921	0.017	0.00003	10	2.505
클러스터 B	DMB	송신	15,175,396	1.823	0.00418	634	10.261
		수신	15,175,394	1.318	0.00585	887	8.577
	제어국 (수신)		45,896,524	0.009	0.00208	955	2.060
클러스터 C	DMB	송신	7,535,540	1.442	0.00028	21	9.464
		수신	7,535,541	0.939	0.00033	25	8.966
	제어국 (수신)		113,909,360	0.327	7.26630	8,277,022	4.141
클러스터 D	DMB	송신	15,038,080	1.674	0.00846	1,272	7.777
		수신	15,038,080	1.169	0.01204	1,810	6.830
	제어국 (수신)		47,003,912	0.006	0.00283	1,328	3.565

표 43. 2019년 1월 인프라 시스템 평가 결과 (HW 장애, 외부 요인, 유지보수 항목 제외)

구분			가용성 (%)	에러율 (%)	정지율 (%)
클러스터 A	보정정보 서비스		99.05	0.45	0.50
	DMB 송출시스템		99.06	0.44	0.50
	지역제어국		99.80	0.04	0.16
	지역수신국	서울	99.85	0.00	0.15
		양평	99.74	0.06	0.20
		오산	99.71	0.07	0.22
		여주	99.71	0.07	0.22
클러스터 B	보정정보 서비스		99.80	0.05	0.15
	DMB 송출시스템		98.74	1.20	0.06
	지역제어국		99.92	0.04	0.04
	지역수신국	천안	99.98	0.00	0.02
		괴산	99.82	0.08	0.10
		오산	99.98	0.00	0.02
		여주	99.92	0.06	0.02
클러스터 C	보정정보 서비스		99.19	0.39	0.42
	DMB 송출시스템		99.19	0.39	0.42
	지역제어국		99.93	0.02	0.05
	지역수신국	보은	99.97	0.00	0.03
		천안	99.96	0.01	0.03
		공주	60.28	0.02	39.70
		괴산	99.97	0.00	0.03
클러스터 D	보정정보 서비스		99.25	0.71	0.04
	DMB 송출시스템		98.90	1.06	0.04
	지역제어국		99.97	0.01	0.02
	지역수신국	천안	99.99	0.00	0.01
		화성	99.99	0.00	0.01
		오산	99.98	0.00	0.02
		서산	99.99	0.00	0.01

* 공주 지역수신국이 설치된 건물 공사로 인하여 전원 및 네트워크 차단 발생

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.2. 시스템 고장/장애 및 이벤트 통계분석

3.1.2.1. 주요 이벤트 발생 일지

표 44는 인프라 시스템의 가용성 저하와 관련된 주요 이벤트 발생 내역(이벤트 발생/종료 일시, 이벤트 발원처, 이벤트 상세내용, 해당 이벤트로 인해 가용성이 저하되는 시스템)을 보인다.

표 44. 주요 이벤트 발생 일지

번호	시작일시 종료일시	장소/시설물	이벤트 상세설명	시스템 영향
1	2018/07/16 09:00:00 2018/07/16 18:00:00	안성 감시국	■ 안성 감시국 설치	-
2	2018/07/16 09:00:00 2018/07/16 18:00:00	용인 감시국	■ 용인 감시국 설치	-
3	2018/08/01 12:00:00 2018/08/21 11:11:27	DMB 송출 시스템	■ 답신 데이터 불규칙 전송 (원인) SW 오류: 보정정보 수신, 송출에 대한 일부 답신 데이터 전송 누락 (조치) SW 업데이트: 리시버 모듈 답신 기능 디버깅 및 수정 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~C 서비스/DMB
4	2018/08/02 03:58:48 2018/08/05 12:22:22	IDC, 제어국 A, B	■ IDC, 제어국 A, B 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 통신 모듈 오류 추정 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, 통신 모듈 구조 수정 작업 진행 (추적) 8/14 재발 (이벤트 10번 참조)	클러스터 A, B 전체 시스템
5	2018/08/04 23:59:42 2018/08/06 14:27:14	통합 운영국	■ 통합운영국 SW 비정상 종료 (원인) SW 오류: 저장 모듈 메모리 누수 발생 (조치) SW 테스트: 원인 추적을 위한 테스트/디버깅 모드 실행 (추적) 8/11 재발 (이벤트 9번 참조)	클러스터 A~C 전체 시스템
6	2018/08/09 17:46:32 2018/08/10 16:19:35	여주 수신국	■ 여주 수신국 가동 중단 (원인) HW 오류: 전원 공급 차단 (조치) HW 점검: 특이사항 없음 (전원 차단기 불량 추정) (추적) 9/24 재발 (이벤트 29번 참조)	클러스터 A, B 서비스/제어국, 여주 수신국

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

7	2018/08/09 18:00:00 2018/08/09 18:30:00	제어국 A~C	■ 긴급점검 (원인) SW 보완: 보정정보 프로토콜 수정 (조치) SW 업데이트: 스케일 조정 및 메시지 필드 (CN0, Locktime) 추가 (추적) -	클러스터 A~C 전체 시스템
8	2018/08/10 05:10:31 2018/08/10 21:53:51	통합 운영국	■ 통합운영국 SW 비정상 종료 (원인) SW 오류: 테스트 위해 삽입한 코드(강제 메모리 누수 발생)로 인한 메모리 누수 발생 (조치) SW 업데이트: 테스트 코드 삭제 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~C 전체 시스템
9	2018/08/11 10:11:50 2018/08/13 08:10:42	통합 운영국	■ 통합운영국 SW 비정상 종료 (원인) SW 오류: 저장 모듈 메모리 누수 발생 (조치) SW 업데이트: 저장 모듈의 데이터 구조체 동적 메모리 해제 코드 추가 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~C 전체 시스템
10	2018/08/14 13:48:42 2018/08/15 19:19:52	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 통신 모듈 오류 발생 추정 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, 통신 Log 표출 기능 추가 (추적) 8/20 재발 (이벤트 12번 참조)	클러스터 A 전체 시스템
11	2018/08/15 17:28:56 2018/08/16 09:07:37	수도권 IDC	■ 수도권 IDC 비정상 종료 (원인) SW 업데이트: 운영체제 업데이트 (조치) - (추적) 9/14 재발 (이벤트 24번 참조)	클러스터 A, B 전체 시스템 (천안, 괴산 수신국 제외)
12	2018/08/20 19:45:33 2018/08/20 20:23:26	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 통신 모듈 오류 발생 추정 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행 (추적) 9/14 재발 (이벤트 25번 참조)	클러스터 A 전체 시스템

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

13	2018/08/21 13:33:24 2018/08/28 15:03:55	DMB 송출 시스템, 제어국 C	■ DMB 주/부 포트 스위칭 오류 (원인) SW 오류: 주/부 포트 데이터의 나이 비교 기능 누락 (조치) SW 업데이트: 주/부 포트 중 최신 데이터 송출하도록 기능 추가 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 C 서비스/DMB
14	2018/08/21 16:07:25 2018/08/21 14:00:00	보은 수신국	■ 보은 수신국 가동 중단 (원인) HW 오류: UPS 노후화로 인한 고장 (조치) HW 교체: UPS 교체 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 C 제어국/ 보은 수신국
15	2018/08/21 16:07:25 2018/09/13 09:32:57	보은 수신국	■ 외부 네트워크 (KT망) 연결 단절 (원인) 네트워크 오류: 네트워크 장비 노후화로 인한 네트워크 끊김 발생 (조치) 장비 교체: 네트워크 장비 교체 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 C 주 제어국/ 보은 수신국
16	2018/08/23 14:05:00 2018/08/23 14:08:32	DMB 송출 시스템	■ 긴급점검 (원인) SW 보완: 리시버/인코더 모듈 로그 수집 기능 추가 (조치) SW 업데이트 및 재가동 (추적) 로그 수집 정상 동작 (12/31 기준)	클러스터 A~C 서비스/DMB
17	2018/08/28 13:00:00 2018/08/28 13:30:00	통합 운영국, 제어국 A~C	■ 긴급점검 (원인) SW 보완: 적응형 보정정보 생성 기능 추가 (조치) SW 업데이트 - 제어국: 보정정보 생성 모듈에 적응형 보정정보 생성 기능 추가 - 통합운영국: 데이터베이스 제어국 테이블에 적응형 보정정보 사용 여부 플래그 추가 (추적) -	클러스터 A~C 전체 시스템
18	2018/08/29 10:01:00 2018/08/29 20:40:00	제어국 A~C	■ 제어국 SW 비정상 종료 (원인) SW 오류: 통신 모듈 메모리 누수 발생 (조치) SW 업데이트: 통신 모듈 구조체에 대해 동적 메모리 해제 코드 추가 (조치) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~C 전체 시스템

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

19	2018/09/04 01:56:01 2018/09/19 12:00:00	안성 감시국	■ 운영체제 비정상 종료 (원인) HW 오류: 원인불명, 메모리 (RAM) 불량 추정 (조치) HW 점검: 메모리 탈착/재장착, 재부팅 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준), 재발 시 메모리 교체 계획	-
20	2018/09/08 02:21:24 2018/09/19 13:00:00	용인 감시국	■ 운영체제 비정상 종료 (원인) HW 오류: 원인불명, 메모리 (RAM) 불량 추정 (조치) HW 점검: 메모리 탈착/재장착, 재부팅 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준), 재발 시 메모리 교체 계획	-
21	2018/09/10 09:00:00 2018/09/10 18:00:00	평택 감시국	■ 평택 감시국 설치	-
22	2018/09/14 09:00:00 2018/10/01 13:38:00	평택 감시국	■ DMB 신호 수신 불가 (원인) HW 오류: DMB 안테나 고장 (조치) HW 교체: DMB 안테나 교체 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	-
23	2018/09/12 10:00:01 2018/09/17 10:59:04	공주 수신국	■ 공주 수신국 가동 중단 (원인) 외부요인: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 복구요청: 전원 복구 및 재가동 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	공주 수신국
24	2018/09/14 05:03:03 2018/09/14 09:07:02	수도권 IDC	■ 수도권 IDC 비정상 종료 (원인) SW 업데이트: 운영체제 업데이트 (조치) - (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A, B 전체 시스템 (천안, 괴산 수신국 제외)
25	2018/09/14 05:03:15 2018/09/14 17:56:44	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 수도권 IDC, IDC간 통신 중 수도권 IDC가 종료됨에 따라 소켓 오류가 발생한 것으로 추정 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행 (추적) 9/17 재발 (이벤트 27번 참고)	클러스터 A 전체 시스템 (천안, 괴산 수신국 제외)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

26	2018/09/17 15:00:00 2018/09/18 15:27:00	통합 운영국, 제어국 A~D	■ 긴급점검 (원인) SW 보완: BeiDou 기능 추가 및 클러스터 D 등록 (조치) - 시스템 설정: 통합운영국 클러스터 D 환경정보 추가 - 제어국 SW 업데이트: 보정정보 프로토콜에 BeiDou 측정치 추가 및 클러스터 D 가동 (추적) -	클러스터 A~C 전체 시스템
27	2018/09/17 00:00:00 2018/09/170 0:00:00	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 수도권 IDC, IDC간 통신 중 수도권 IDC가 종료됨에 따라 소켓 오류가 발생한 것으로 추정 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행 (추적) 11/6 재발 (이벤트 45번 참고)	클러스터 A 전체 시스템
28	2018/09/22 01:50:41 2018/09/22 22:37:06	DMB 송출 시스템, 제어국 A~D	■ 제어국, DMB 송출시스템 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 메모리 누수에 따른 DMB 인코더 SW 비정상 종료 (조치) SW 업데이트: 인코더 모듈 메모리 누수 지점 디버깅 및 수정 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~D 서비스/DMB
29	2018/09/24 15:39:01 2018/09/28 15:21:36	여주 수신국	■ 여주 수신국 가동 중단 (원인) HW 오류: 전원 공급 차단 (조치) HW 점검: 특이사항 없음 (전원 차단기 불량 추정) (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준), 재발 시 차단기 교체 예정	여주 수신국
30	2018/09/28 17:55:23 2018/09/29 10:01:35	DMB 송출 시스템, 제어국 A~D	■ 제어국, DMB 송출시스템 간 통신 단절 (원인) 관리자 오류: 프로그램 정기 재가동 후, 프로그램 중복 실행에 따른 소켓 충돌 (조치) SW 업데이트: 프로그램 중복 실행 방지 기능 추가 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~D 서비스/DMB

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

31	2018/09/29 14:49:05 2018/10/01 09:02:25	IDC, 제어국 A, B, D	■ IDC, 제어국 A, B, D 간 통신 단절 (원인) SW 업데이트: 운영체제 업데이트 (조치) - (추적) 10/1 재발 (이벤트 32 참고)	클러스터 A, B, D 전체 시스템
32	2018/10/01 19:33:56 2018/10/02 08:50:09	IDC	■ IDC, 제어국 A, B, D 간 통신 단절 (원인) SW 업데이트: 운영체제 업데이트 (조치) - (추적) 10/4 재발 (이벤트 33번 참고)	클러스터 A, B, D 전체 시스템
33	2018/10/04 01:57:56 2018/10/04 15:42:12	IDC	■ IDC, 제어국 A, B, D 간 통신 단절 (원인) SW 업데이트: 운영체제 업데이트 (조치) - (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A, B, D 전체 시스템
34	2018/10/04 16:44:44 2018/10/04 18:29:34	DMB 송출 시스템	■ 제어국, DMB 송출시스템 간 통신 단절 (원인) HW 오류: 서버 하드용량 부족 (조치) HW 보완: 하드용량 증설 SW 보완: 이중화 구축 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A~D 서비스/DMB
35	2018/10/05 07:34:12 2018/10/08 10:47:51	서산 수신국	■ 서산 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 10/11 재발 (이벤트 35번 참고)	서산 수신국
36	2018/10/11 08:52:39 2018/10/17 03:26:11	서산 수신국	■ 서산 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 10/19 재발 (이벤트 40번 참고)	서산 수신국
37	2018/10/14 09:00:59 2018/10/15 13:31:59	제어국 D	■ 제어국 테스트 진행 (원인) SW 테스트: BDS 표출을 위한 테스트 (조치) SW 업데이트: BDS 표출 관련 데이터 생성 기능 추가 (추적) -	클러스터 D 전체

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

38	2018/10/16 23:00:58 2018/10/17 09:17:48	수도권 IDC	■ 수도권 IDC 가동 중단 (원인) 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 A, B, D 전체
39	2018/10/17 22:16:07 2018/10/18 15:57:57	공주 수신국	■ 공주 수신국 네트워크 불안정 (원인) 네트워크 불안정: 건물 공사로 인한 네트워크 불안정 (조치) 네트워크 모니터링: 일시적인 문제로서 조치하지 않고 추적 진행 (추적) 12/5 재발 (이벤트 52번 참고)	공주 수신국
40	2018/10/18 15:57:57 2018/10/23 10:36:01	공주 수신국	■ 공주 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 12/5 재발 (이벤트 50번 참고)	공주 수신국
41	2018/10/19 10:33:42 2018/10/23 14:56:46	서산 수신국	■ 서산 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 11/1 재발 (이벤트 43번 참고)	서산 수신국
42	2018/10/23 14:56:46 2018/11/21 15:00:15	서산 수신국	■ 서산 수신국 네트워크 불안정 (원인) 네트워크 불안정: 통신사의 중복 고정 IP 할당으로 인해 충돌 발생 (조치) 고정IP 재할당: 고정IP 재할당 후 적용 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	서산 수신국
43	2018/10/28 13:34:52 2018/10/29 15:37:51	양평 수신국	■ 양평 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	양평 수신국
44	2018/10/31 20:01:37 -	평택 감시국	■ DMB 수신 불량 (원인) DMB 수신신호 감도 불량 (조치) 감시국 이전 검토 필요	-
45	2018/11/01 03:55:13 2018/11/06 13:47:59	서산 수신국	■ 서산 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	서산 수신국

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

46	2018/11/05 13:30:00 2018/11/05 21:00:00	통합 운영국, 제어국 A~D	■ 긴급점검 (원인) SW 보완: BDS 표출 기능 수정보완 및 GLONASS 표출 화면 삭제 (조치) SW 업데이트 - 제어국: BDS 표출 데이터 생성 기능 안정화 - 통합운영국: GLONASS 표출 화면 삭제 (추적) -	클러스터 A~D 전체 시스템
47	2018/11/06 15:45:26 2018/11/06 17:51:14	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 원인 불명, IDC와 제어국 A 간 소켓오류 발생 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, SW 안정성을 위한 예외처리 추가 (추적) 11/8 재발 (이벤트 46번 참고)	클러스터 A 전체 시스템
48	2018/11/08 05:39:15 2018/11/08 08:30:17	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 원인 불명, IDC와 제어국 A간 소켓오류 발생 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, SW 안정성을 위한 예외처리 추가 (추적) 12/3 재발 (이벤트 49번 참고)	클러스터 A 전체 시스템
49	2018/11/14 17:00:01 2018/11/15 12:19:53	서울 수신국	■ 서울 수신국 가동 중단 (원인) HW 오류: 전원 공급 차단 (조치) HW 점검: 특이사항 없음 (전원 차단기 불량 추정) (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	서울 수신국
50	2018/11/24 12:00:00 2018/11/24 12:40:00	DMB 송출 시스템	■ 제어국, DMB 송출시스템 간 통신 단절 (원인) KT 아현지사 화재로 인한 통신 단절 (조치) 외부 네트워크 절체로 해결 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	-
51	2018/11/24 12:35:14 2018/11/26 09:11:30	통합 운영국	■ 운영체제 비정상 종료 (원인) HW 오류: 원인불명 (그래픽 카드 오류 추정) (조치) HW 점검: 그래픽 카드 드라이버 재설치 후 재부팅 (추적) 추적 중, 재발없음(12/31 기준), 재발 시 그래픽 카드 교체 계획	클러스터 A~D 전체 시스템

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

52	2018/12/03 02:17:16 2018/12/03 10:48:04	IDC, 제어국 A	■IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 원인 불명, IDC와 제어국 A간 소켓오류 발생 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, SW 안정성을 위한 예외처리 추가 (추적) 12/19 재발 (이벤트 54번 참고)	클러스터 A 전체 시스템
53	2018/12/05 13:45:15 2018/12/05 15:31:26	공주 수신국	■공주 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 공급: 전원 복구 및 재가동 (추적) 12/27 재발 (이벤트 56번 참고)	공주 수신국
54	2018/12/05 16:31:22 2018/12/31 10:21:48	공주 수신국	■공주 수신국 데이터 이상 발생 (원인) 데이터 깨짐 현상: 건물 공사에 따른 네트워크 혼잡 증가로 인한 이상 발생 추정 (조치) 추적 관리: 지속적인 네트워크 상태 감시 진행 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	공주 수신국
55	2018/12/05 16:31:22 2018/12/27 10:38:44	제어국 C	■제어국 C 비정상 종료 (원인) SW 오류: 공주 수신국으로부터 이상 데이터 수신 (조치) SW 업데이트: 제어국 SW 예외처리 추가 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	클러스터 C 전체 시스템
56	2018/12/10 13:16:23 2018/12/10 13:26:47	IDC	■통합운영국 미러링 테스트 진행 (원인) IDC 재실행: 통합운영국 미러링 테스트 진행을 위한 IDC 재실행 (조치) 재실행 후 정상 동작 (추적) -	클러스터 A, B, D 전체 시스템
57	2018/12/19 17:47:56 2018/12/19 18:56:48	IDC, 제어국 A, B, D	■IDC 비정상 종료 (원인) SW 오류: 원인 불명, IDC와 제어국 A간 소켓오류 발생 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, SW 안정성을 위한 예외처리 추가 (추적) 12/26 재발 (이벤트 55번 참고)	클러스터 A, B, D 전체 시스템

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

58	2018/12/26 18:51:45 2018/12/27 10:31:29	IDC, 제어국 A	■ IDC, 제어국 A 간 통신 단절 (원인) SW 오류: 원인 불명, IDC와 제어국 A간 소켓오류 발생 (조치) SW 업데이트: 원인 파악을 위한 테스트/디버깅 모드 실행, SW 안정성을 위한 예외처리 추가 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준) - HW 고장/장애 고려하여 추적 진행 중	클러스터 A, B, D 전체 시스템
59	2018/12/27 04:29:20 2018/12/27 18:01:31	공주 수신국	■ 공주 수신국 가동 중단 (원인) 전원 차단: 건물 공사 중 전원 차단 (조치) 전원 복구: 전원 복구 및 재가동 (추적) 추적 중, 재발없음 (12/31 기준)	공주 수신국
60	2018/12/27 04:54:45 2018/12/27 09:11:33	통합 운영국, 제어국 A~D	■ 전원 차단 발생 (원인) 전원 차단: 건물 전기 안전점검으로 전원 차단 (조치) 전원 복구: 전원 복구 및 재가동 (추적) -	클러스터 A~D 전체 시스템

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.2.2. 이벤트 분류별 통계

표 45와 표 46은 3분기, 4분기에 발생한 시스템별 이벤트 분류 표를 보인다.

표 45. 2018년 3분기 시스템별 이벤트 분류

구분	이벤트 발생 (건)				비고
	HW	SW	네트워크	기타	
통합 운영국	0	4	0	2	(SW 3건) SW 메모리 누수에 따른 프로그램 비정상 종료('18.8.4., '18.8.10., '18.8.11.)가 발생했으며, 저장 모듈 수정('18.8.13)을 통해 해결함 (SW 1건) 데이터 저장 실패 이벤트('18.8.6.)가 발생했으나, 저장에 실패한 데이터(수신국 저장 지연시간 초과 이벤트) 분석 결과 운영에 지장이 없는 데이터이며, 해당 현상이 재 발생하지 않아 이벤트 보류 (기타 1건) 적응형 보정정보 사용 여부 플래그 저장 기능 추가('18.8.28) (기타 1건) BeiDou 데이터, 클러스터 D 감시 기능 추가를 위해 통합운영국 SW 업데이트('18.9.17)
DMB 방송국	0	4	0	1	(SW 1건) 답신 데이터 불규칙 전송('18.8.1.)에 대한 이슈는 리시버 모듈 수정('18.8.21.)을 통해 해결함 (SW 1건) 주/부 포트 보정정보 나이 비교 미수행에 따른 주/부 포트 스위칭 오류('18.8.21.)는 리시버 모듈 수정('18.8.28.)을 통해 해결함 (SW 1건) 인코더 모듈 메모리 누수에 따른 프로그램 비정상 종료('18.9.22.) 발생했으며, 프로그램 송출 모듈 수정('18.9.22.)을 통해 해결함 (SW 1건) 프로그램 중복 실행에 따른 소켓 충돌로 인한 통신 단절('18.9.28.)이 발생하였으며, 향후 재발 방지를

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

					위해 중복 실행 방지 기능 추가('18.9.29.) (기타 1건) SW 업데이트: DMB 리비서/인코더 모듈 로그 수집 기능 추가('18.8.23.)
제어국 A	0	9	0	6	(SW 6건) IDC SW 불안정 및 운영체제 이슈로 인한 통신 단절('18.8.2., '18.8.14., '18.8.20., '18.9.14., '18.9.17., '18.9.29.) 발생하였으며, 통신모듈 이슈('18.8.29.) 및 운영체제 이슈('18.9.29.)는 해결하였으나, 소켓 오류 의심 문제는 원인 파악/추적 중에 있음 (SW 1건) 제어국 통신모듈 메모리 누수로 인해 SW가 비정상 종료('18.8.29.) 되었으며, 동적 메모리 해제 기능 추가('18.8.29.) 이후 재발없음 (SW 1건) DMB 인코더 모듈 메모리 누수로 인한 통신 단절('18.9.22.) 발생하였으며, 해당 모듈 수정('18.9.22.) 진행 이후, 재발없음 (SW 1건) DMB 정기 재가동 후, SW 미실행에 따른 통신 단절('18.9.28.)이 있었으며, 복구('18.9.29.) 이후 재발없음 (기타 2건) 보정정보 프로토콜 중 데이터 스케일 조정, 데이터(CN0, Locktime) 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.9.) (기타 3건) 적응형 보정정보 생성 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.28.) (기타 1건) BeiDou 보정정보 송출 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.9.17.)
제어국 B	0	5	0	6	(SW 2건) IDC SW 불안정 및 운영체제 이슈로 인한 통신 단절('18.8.2., '18.9.29.) 발생하였으며, 통신모듈 이슈('18.8.29.) 및 운영체제 이슈('18.9.29.) 해결함 (SW 1건) 제어국 통신모듈 메모리 누수로 인해

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

					SW가 비정상 종료('18.8.29.) 되었으며, 동적 메모리 해제 기능 추가('18.8.29.) 이후 재발없음 (SW 1건) DMB 인코더 모듈 메모리 누수로 인한 통신 단절('18.9.22.) 발생하였으며, 해당 모듈 수정('18.9.22.) 진행 이후, 재발없음 (SW 1건) DMB 정기 재가동 후, SW 미실행에 따른 통신 단절('18.9.28.)이 있었으며, 복구('18.9.29.) 이후 재발없음 (기타 2건) 보정정보 프로토콜 중 데이터 스케일 조정, 데이터(CN0, Locktime) 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.9.) (기타 3건) 적응형 보정정보 생성 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.28.) (기타 1건) BeiDou 보정정보 송출 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.9.17.)
제어국 C	0	3	0	7	(SW 1건) 제어국 통신모듈 메모리 누수로 인해 SW가 비정상 종료('18.8.29.) 되었으며, 통신모듈 수정('18.8.29.) 이후 재발없음 (SW 1건) DMB 인코더 모듈 메모리 누수로 인한 통신 단절('18.9.22.) 발생하였으며, 해당 모듈 수정('18.9.22.) 진행 이후, 재발없음 (SW 1건) DMB 정기 재가동 후, SW 미실행에 따른 통신 단절('18.9.28.)이 있었으며, 복구('18.9.29.) 이후 재발없음 (기타 2건) 보정정보 프로토콜 중 데이터 스케일 조정, 데이터(CN0, Locktime) 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.9.) (기타 3건) 적응형 보정정보 생성 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.8.28.) (기타 1건) 보은수신국 IP 변경('18.9.13.)에 따른 제어국 SW 내 보은 IP 주소 수정('18.9.14.)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

						(기타 1건) BeiDou 보정정보 송출 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.9.17.)
제어국 D		0	3	0	3	(기타 1건) BeiDou 보정정보 송출 기능 추가를 위한 제어국 SW 업데이트('18.9.17.) (기타 2건) 클러스터 D BURN-IN TEST 진행('18.9.17.) 후 클러스터 D 가동 시작('18.9.22.) (SW 1건) DMB 인코더 모듈 메모리 누수로 인한 통신 단절('18.9.22.) 발생하였으며, 해당 모듈 수정('18.9.22.) 진행 이후, 재발없음 (SW 1건) DMB 정기 재가동 후, SW 미실행에 따른 통신 단절('18.9.28.) 있었으며, 복구('18.9.29.) 이후 재발없음 (SW 1건) IDC 운영체제 자동 업데이트에 따른 종료 이슈로 인한 통신 단절('18.9.29.) 발생하였으며, 해당 이슈('18.9.29.) 해결함
지역수신국	오산	0	7	0	0	(SW 7건) IDC SW 불안정 및 운영체제 이슈로 인한 데이터 미수신('18.8.2., '18.8.14., '19.8.15., '18.8.20., '18.9.14., '18.9.17., '18.9.29.) 발생하였으며, 통신모듈 이슈('18.8.29.) 및 운영체제 이슈('18.9.29.)는 해결하였으나, 소켓 오류 의심 문제는 원인 파악/추적 중에 있음 (HW 2건) 전원 공급 차단으로 여주 수신국 가동 중단('18.8.9., '18.9.24.) 되었으며, 전원 차단기 불량으로 의심에 따라 추적/관리 중에 있음
	서울	0	7	0	0	
	양평	0	7	0	0	
	여주	2	7	0	0	
	천안	0	2	2	0	(기타 1건) 천안 수신기 설정 확인을 위해 SW 재실행('18.9.5.) (기타 1건) 안정성 보완 SW 업데이트('18.9.18.) (네트워크 2건) 네트워크 속도 저하로 데이터 수신 지연 발생('18.9.8., '18.9.12.),

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

						지속 여부 추적/관리 중에 있음
	공주	1	0	11	1	(기타 1건) 기상측정장치 안정성 보완 SW 업데이트('18.8.8.) (HW 1건) 건물 공사 중 전원 차단('18.9.12.)이 발생하여 유지보수('18.9.17.) (네트워크 4건) 네트워크 장비 노후화로 잦은 끊김 현상('18.8.15.)이 발생하여 네트워크 장비 교체 진행('18.9.3.) (네트워크 7건) 네트워크 장비 불량으로 잦은 끊김 현상('18.9.3)이 발생하여 네트워크 장비 교체 진행('18.9.12.)
	괴산	0	1	1	1	(SW 1건) 담당자의 설정 오류로 함체 데이터를 수신('18.9.18.)하지 않아, 설정 수정 조치 완료('18.9.28.) (기타 1건) 안정성 보완 SW 업데이트('18.9.17.) (네트워크 1건) 네트워크 속도 저하로 데이터 수신 지연 발생('18.9.10.), 지속 여부 추적/관리 중에 있음
	보은	1	2	15	1	(SW 1건) 위성데이터의 CRC 오류('18.8.6.)가 발생하였고, 지속 여부 추적/관리 중에 있음 (HW 1건) UPS 고장('18.8.21.)으로 가동 중단되었으며, 장비 교체('18.9.12.) (기타 1건) 안정성 보완 SW 업데이트('18.9.17.) (SW 1건) 담당자의 설정 오류로 함체 데이터를 수신('18.9.18.)하지 않아, 설정 수정 조치 완료('18.9.28.) (네트워크 7건) 네트워크 장비 노후화로 잦은 끊김 현상('18.8.10.)이 발생하여, 네트워크 장비 교체 진행('18.9.3.) (네트워크 8건) 네트워크 장비 오류로 인한 네트워크 끊김('18.9.7.)이 발생하여, 장비 교체('18.9.12.)를 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

	서산	1	0	0	4	(HW 1건) PC 고장('18.9.17.)에 따른 PC 교체('18.9.21.)
	화성	0	0	0	0	-
지역감시국	용인	1	0	0	0	(HW 1건) HW 문제(RAM 불량 추정)에 따른 운영체제 비정상 종료('18.9.4.) 되었으며, 지속 여부 추적/관리 중에 있음
	안성	1	0	0	0	(HW 1건) HW 문제(RAM 불량 추정)에 따른 운영체제 비정상 종료('18.9.8.) 되었으며, 지속 여부 추적/관리 중에 있음
	청주	0	0	3	0	(네트워크 3건) 네트워크 지연('18.9.15., '18.9.10., '18.9.18.)이 발생했으며, 지속 여부 추적/관리 중에 있음
	평택	1	0	0	0	(HW 1건) DMB 안테나 고장에 따른 DMB 신호 수신 불가('18.9.14.) 현상이 있었으며, 안테나 교체 진행('18.10.1.)

표 46. 2018년 4분기 시스템별 이벤트 분류

구분	이벤트 발생 (건)				비고
	HW	SW	네트워크	기타	
통합운영국	2	0	0	1	(HW 1건) 그래픽 카드 불량(추정)에 따른 통합운영국 비정상 종료('18.11.24.)가 발생하였으며, 그래픽 카드 드라이버 최신 업데이트('18.11.26.) 진행하고, 지속 여부 추적/관리 중에 있음 (HW 1건) 건물 전기 안전전검으로 인한 전원 차단('18.12.27.)이 발생하였으며, 점검완료 후 정상 가동('18.12.27.) (기타 1건) 지역감시국 데이터 표출 기능 업데이트('18.11.5.)
DMB 송출	1	0	1	0	(HW 1건) 서버 하드용량 부족으로 리시버 오류 발생('18.10.4.)하였으며, 하드용량

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

시스템					증설 및 SW 이중화 구축('18.10.4.) (네트워크 1건) KT 아현지사 화재('18.11.24.)로 인한 장애
지역 제어국 A	1	10	0	3	(HW 1건) 건물 전기 안전전검으로 인한 전원 차단('18.12.27.)이 발생하였으며, 점검완료 후 정상 가동('18.12.27.) (SW 2건) IDC 운영체제 자동 업데이트에 따른 종료로 인한 통신 단절('18.9.29., '18.10.1.) 발생 (SW 7건) IDC 소켓 오류에 따른 통신 단절('18.10.4., '18.11.2., '18.11.06., '18.11.8., '18.12.3., '18.12.19., '18.12.26.) 발생하였으며, 원인 파악을 위한 테스트 중에 있음 (SW 1건) 공주 수신국 데이터 이상으로 제어국 SW* 비정상 종료('18.12.5.)되었으며, 예외처리 추가('18.12.27.) * 클러스터 A의 지역수신국은 GPS 단일 시스템을 목표로 개발되어, GPS 외 위성항법에 대한 항법메시지 (수신국 공통정보) 수신이 불가함에 따라 공주 수신국의 항법메시지를 사용하도록 개발되어 있음 (기타 1건) 수도권 IDC 전원공급 차단('18.10.16.)에 의한 비정상 종료 및 재실행('18.10.17.) (기타 1건) BDS 알고리즘 및 지역감시국 데이터 표출 기능 업데이트('18.11.5.) (기타 1건) 통합운영국 미러링 기능 테스트를 위한 IDC 재실행('18.12.10.)
지역 제어국 B	1	2	0	4	(HW 1건) 건물 전기 안전전검으로 인한 전원 차단('18.12.27.)이 발생하였으며, 점검완료 후 정상 가동('18.12.27.) (SW 2건) IDC 운영체제 자동 업데이트에 따른

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

					종료로 인한 통신 단절('18.9.29., '18.10.1.) 발생 (기타 1건) 수도권 IDC 전원공급 차단('18.10.16.)에 의한 비정상 종료 및 재실행('18.10.17.) (기타 1건) BDS 알고리즘 및 지역감시국 데이터 표출 기능 업데이트('18.11.5.) (기타 1건) 통합운영국 미러링 기능 테스트를 위한 IDC 재실행('18.12.10.) (기타 1건) 클러스터 A와 IDC간 통신 오류 복구 작업('18.12.19.)
지역 제어국 C	0	1	0	1	(SW 1건) 공주 수신국 데이터 이상으로 제어국 SW 비정상 종료('18.12.5.)되었으며, 예외처리 추가('18.12.27.) (기타 1건) BeiDou 알고리즘 및 지역감시국 데이터 표출 기능 업데이트('18.11.5.)
지역 제어국 D	1	2	0	6	(HW 1건) 건물 전기 안전전검으로 인한 전원 차단('18.12.27.)이 발생하였으며, 점검완료 후 정상 가동('18.12.27.) (SW 2건) IDC 운영체제 자동 업데이트에 따른 종료로 인한 통신 단절('18.9.29., '18.10.1.) 발생 (기타 1건) 수도권 IDC 전원공급 차단('18.10.16.)에 의한 비정상 종료 및 재실행('18.10.17.) (기타 1건) BeiDou 라이브러리 안정성 테스트를 위한 일시 중단('18.10.14.), 테스트 완료 후 재실행('18.10.15.) (기타 1건) IDC 소켓 오류에 따른 통신 단절('18.11.6.) 발생하였으며, 원인 파악을 위한 테스트 중에 있음 (기타 1건) BeiDou 알고리즘 및 지역감시국 데이터 표출 기능 업데이트('18.11.5.) (기타 1건) 통합운영국 미러링 기능 테스트를

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

						위한 IDC 재실행('18.12.10.) (기타 1건) 클러스터 A와 IDC간 통신 오류 복구 작업('18.12.19.)
지역수신국	오산	1	0	0	0	(HW 1건) 수도권 IDC 전원공급 차단('18.10.16.)에 의한 비정상 종료 및 재실행('18.10.17.) (HW 1건) 양평 지역수신국 전원공급 차단('18.10.28.), 정상화('18.10.29.) (HW 1건) 서울 지역수신국 전원공급 차단 ('18.11.14.), 정상화('18.11.15.)
	서울	2	0	0	0	
	양평	2	0	0	0	
	여주	1	0	0	0	
	천안	0	0	0	2	(기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.)
	공주	3	1	3	2	(HW 2건) 건물 공사로 인한 전원공급 차단('18.10.18., '18.11.5., '18.12.27.), 정상화('18.10.23., '18.11.6., '18.12.27.) (SW 1건) 지역수신국 SW 환경설정 오류(관리자 실수)에 의한 일부 데이터 수신 불가('18.10.2.)가 있었으며, 정상화('18.10.4.) (네트워크 1건) 건물 공사로 인한 네트워크 본 시험방송 운영은 연구개발 과제를 통해 수행되기 때문에 시스템 개발자가 운영에 직접적으로 참여하였다. 개발자는 시스템에 대한 이해도가 높아 발생하는 문제에 대한 정밀한 분석과 해결책 도출은 가능하나, 24시간 전문 관리자가 아니기에 시스템 감시 및 운영 역할 수행이 제한적이었다. 통합운영국의 이벤트 감지 및 자동알림 기능을 통해서 개발자는 부재 시에도 발생하는 이벤트를 인지할 수 있으나, 즉각적인 대응이 불가능하였다. 또한,

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

						통합운영국을 통한 감시는 각 시스템의 모니터링 데이터 보고를 통해 이루어짐에 따라 통합운영국을 통해서는 극히 일부의 물리적 장애에 한해서만 원인 파악이 가능하다. 따라서 물리적 장애의 원인 파악을 위해서는 관리자가 시스템 설치장소에 직접 방문하여 정밀 점검을 우선 수행해야 하며, 이후 원인에 적합한 대응/조치를 실시함에 따라, 이 과정 속에서 많은 시간이 소요되었다. 이외에도 전용망 부재와 이종망 사용으로 인한 네트워크 불안정성은 원활한 운영의 주요 방해요인이었다. 향후 전국단위 정밀위치결정 시스템의 안정적 운영을 위해서는 다음의 사항이 요구된다.불안정 및 차단 발생('18.10.17.), 안정화('18.10.18.) (네트워크 1건) 네트워크 장비 불량에 따른 교체('18.10.18.) (네트워크 1건) 건물 공사로 인한 네트워크 불안정 및 지연 지속적 발생('18.12.5.~'18.12.31.) (기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.)
	괴산	0	0	0	3	(기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.) (기타 1건) 수신국 업데이트 중 위성 수신기 연결 오류 발생 시스템 재부팅 및 포트설정 변경 후 정상화 ('18.11.14~'18.11.15)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

	보은	0	1	0	2	(기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (SW 1건) 지역수신국 SW 환경설정 오류(관리자 실수)에 의한 일부 데이터 수신 불가('18.10.2.)가 있었으며, 정상화('18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.)
	서산	1	0	1	6	(기타 4건) 건물 공사로 인한 전원공급 차단 발생('18.10.5, '18.10.11, '18.10.19, '18.11.1.), 정상화('18.10.8., '18.10.17., '18.10.23., '18.11.6.) (HW 1건) 정전 및 UPS 노후화로 인한 전원 차단('18.10.10.)에 따라, UPS 제외 전원 직접 연결('18.10.17.), UPS 교체('18.11.6.) (기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.) (네트워크 1건) 네트워크 지연 발생으로 네트워크 상황 모니터링 및 분석 ('18.10.23.~'18.11.21.) 실시하였으며, 네트워크 상태 악화로 인한 KT A/S 요청('18.11.16.), 고정IP 중복 이슈 발견에 따른 IP 재할당('18.11.21.)
	화성	0	0	0	2	(기타 1건) 수신국 네트워크 상세 정보 주기적 로깅 기능 추가 업데이트('18.10.2.~'18.10.4.) (기타 1건) 수신국 영상 데이터 송신 오류 수정 업데이트('18.11.14.~'18.11.15.)
지	용인	0	0	0	0	-
	안성	0	0	0	0	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

역감시국	청주	2	0	1	0	(HW 2건) 전원공급 차단(정전에 의한 것으로 추정), 정상화('18.10.08, '18.11.16) (네트워크 1건) 네트워크 장비 중단, 네트워크 장비 재가동('18.11.21)
	평택	0	0	0	1	(기타 1건) DMB 신호 수신 감도 불량에 따른 감시국 이전 검토 필요

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.1.2.3. 논의

본 시험방송 운영은 연구개발 과제를 통해 수행되기 때문에 시스템 개발자가 운영에 직접적으로 참여한다. 개발자는 시스템에 대한 이해도가 높아 발생하는 문제에 대한 정밀한 분석과 해결책 도출은 가능하나, 24시간 전문 관리자가 아니기에 시스템 감시 및 운영 역할 수행이 제한적일 수 있다. 통합운영국의 이벤트 감지 및 자동알림 기능을 통해서 개발자는 부재 시에도 발생하는 이벤트를 인지할 수 있으나, 즉각적인 대응이 불가능하다. 그렇다 보니, 노후화 장비 고장, 전원 차단 등 시스템 동작에 심각한 문제가 발생하더라도 시스템 가용성 확보를 위한 요구시간 내에 대응, 처리가 쉽지 않았으며, 교체장비 확보에도 시간이 소요되어 문제 발생부터 해결까지 많은 지연이 발생하였다. 이외에도 전용망 부재와 이종망 사용으로 인한 네트워크 불안정성은 원활한 운영의 주요 방해요인이었다. 향후 전국단위 정밀위치결정 시스템의 안정적 운영을 위해서는 다음의 사항이 요구된다.

- 24시간 전문 관리자 확보: 전문 관리자를 통해 시스템 상태에 대한 24시간 감시가 가능해야 하며, 발생하는 이슈의 위험도를 고려하여 즉각적인 대응, 처리가 가능해야 한다. 또한, 지역별로 지사(branch)를 운영하여 시스템에 대한 관리자의 접근성을 높여 문제 해결에 소요되는 시간을 최소화해야 한다.
- 주기적 장비 점검 및 교체장비 확보: 시스템의 장비 상태를 주기적으로 정밀히 검사할 수 있는 능력이 요구된다. 이를 통해서 장비의 고장을 미리 예측하고, 해당 장비에 대한 교체가 사전에 이뤄질 수 있어야 하며, 빠른 교체를 위해 항시 여유분의 장비 확보가 필수적이다.
- 전용 네트워크 이용: 안정적으로 QoS (Quality of Service) 보장이 가능한 전용 네트워크 이용이 필요하며, 네트워크는 시스템의 실시간성 보장이 가능하도록 관리되어야 한다. 전용 네트워크 이용 시, 외부 네트워크의 침입과 공격에 대한 강인성 제고도 가능하기 때문에 전용 네트워크 확보는 인프라 시스템 운영에 필수적 요소이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2. 정밀위치결정 서비스 평가

3.2.1. 지역감시국 기반 성능 분석

본 절에서는 시험방송 기간 동안 정밀위치결정 서비스의 지역감시국 기반 클러스터 성능 평가 분석 결과에 대해 다룬다. 사용자 시스템의 지역감시국 성능은 정확성, 무결성, 가용성으로 나누어서 평가하며, 각각의 성능 지표는 표 18에 따라 정의한다.

성능 평가는 2018년 3/4분기부터 4/4분기까지 각 분기별로 수행되었으며, 각 클러스터 내에 위치한 한국국토정보공사 지사에 설치된 지역감시국을 통해 수행되었다. 클러스터별 지역감시국의 설치 목록은 그림 15, 표 22과 같다.

3.2.1.1. 3분기 성능 분석

표 47은 3/4 분기 클러스터 별 지역감시국의 위치결정 성능 결과를 보여준다. 정확성 수치는 각 클러스터 별로 0.42 m, 0.30 m, 1.26 m, 0.26 m 로 클러스터 C 청주 지역감시국을 제외한 모든 지역감시국이 목표 성능을 만족하였다. 그림 32은 3/4 분기 클러스터 별 지역감시국에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 모든 클러스터가 0*10-3, 가용성은 99.27 %, 99.78 %, 92.08 %, 99.99 % 로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 지역감시국은 수신이 양호한 환경에 설치되었고 정적 환경에서의 성능을 평가하기 때문에 목표치 대비 높은 성능을 보이며, 3/4분기에 각 클러스터 별로 보정정보 및 차로 구분 수준의 위치결정 성능이 유효함을 보여준다. 단, 청주 지역감시국은 정확성에 대한 목표 성능을 달성하지 못하며, 가용성이 타 지역감시국 대비 7% 정도 낮게 측정되었다. 이는 선행 연구개발 과제에서 설치된 청주 지역감시국의 위성항법 수신기/안테나의 노후화로 인한 것으로 예상되어, 이를 해결하기 위한 보수를 진행하였고, 4/4분기 성능 평가를 진행하였다.

표 47. 3/4 분기 클러스터 별 지역감시국 위치결정 성능 결과

항목		정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (P_{HMI},×10-3)	시스템 가용성 (%)
목표치		0.9 이하	0.8 이하	92 이상
클러스터 A	용인	0.42	0	99.27
클러스터 B	안성	0.30	0	99.78
클러스터 C	청주	1.26	0	92.08
클러스터 D	평택	0.26	0	99.99

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

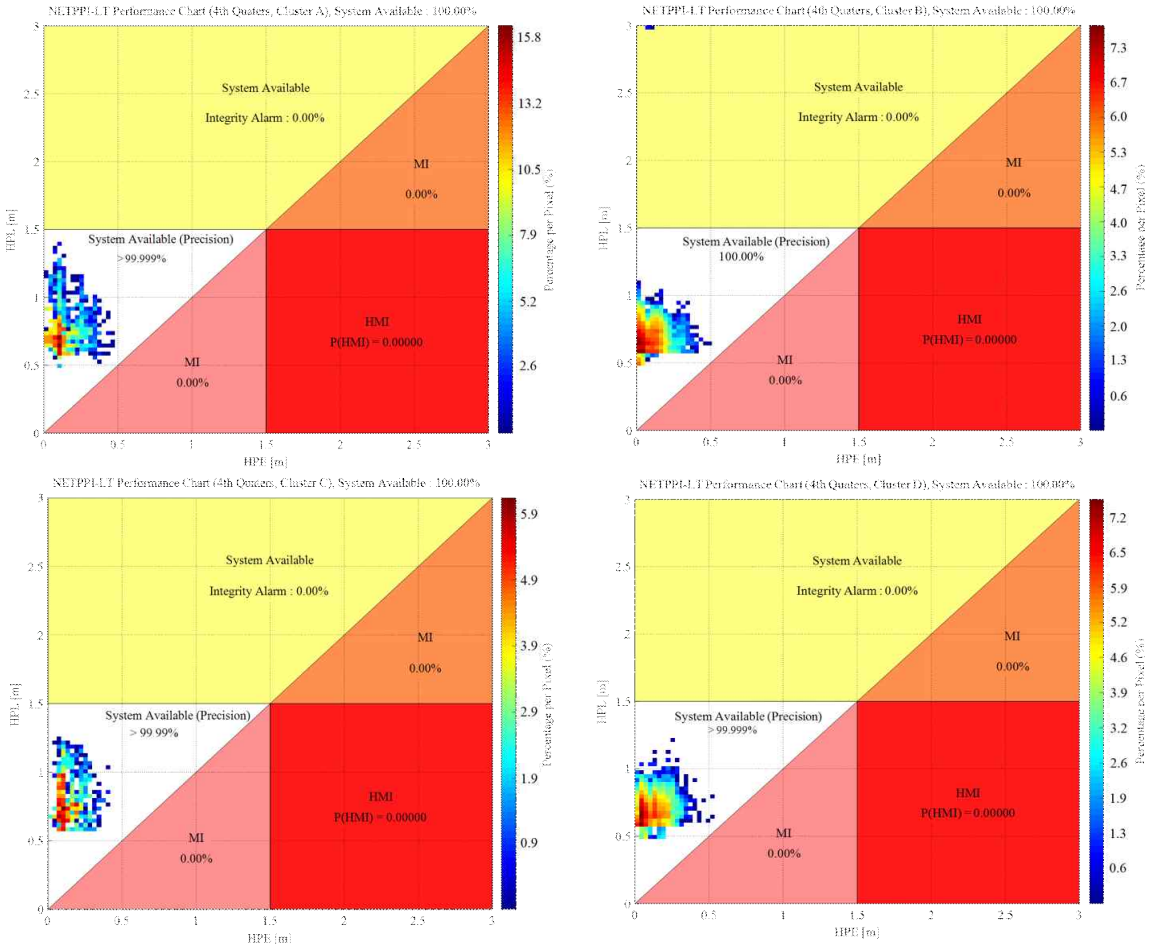


그림 32. 3/4 분기 클러스터 별 지역감시국 위치결정 성능 Stanford Diagram

3.2.1.2. 4분기 성능 분석

표 48는 4/4 분기 클러스터 별 지역감시국의 위치결정 성능 결과를 보여준다. 정확성 수치는 각 클러스터 별로 0.34m, 0.23m, 0.40m, 0.30m 로 모든 지역감시국이 목표 성능을 만족하였다. 그림 32은 3/4 분기 클러스터 별 지역감시국에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 모든 클러스터가 0*10-3, 가용성은 모든 클러스터가 100 % 로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92% 이상을 달성하였다. 3/4 분기와 같게 높은 성능을 보이며, 3/4분기 대비 정밀위치결정 기술의 보완과 보수로 인해 가용성의 향상이 이루어졌다. 이처럼, 4/4분기에 각 클러스터 별로 보정정보 및 차로구분 수준의 위치결정 성능이 유효함을 보여준다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 48. 4/4 분기 클러스터 별 지역감시국 위치결정 성능 결과

항목		정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (P_{HMI},×10-3)	시스템 가용성 (%)
목표치		0.9 이하	0.8 이하	92 이상
클러스터 A	용인	0.34	0	100
클러스터 B	안성	0.23	0	100
클러스터 C	청주	0.40	0	100
클러스터 D	평택	0.30	0	100

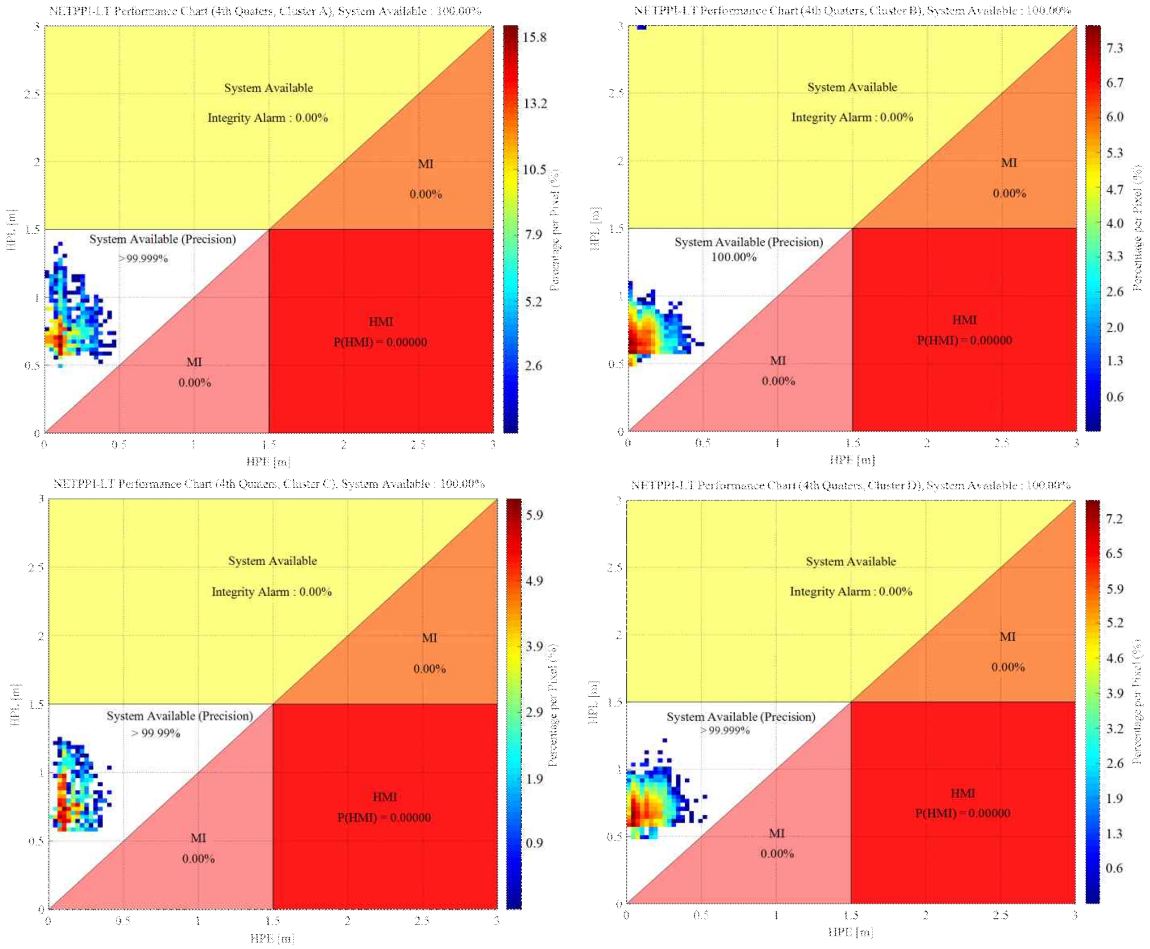


그림 33. 4/4 분기 클러스터 별 지역감시국 위치결정 성능 Stanford Diagram

3.2.2. 사용자 단말기 기반 성능 분석

본 절에서는 시험방송 기간 동안 정밀위치결정 서비스의 사용자 단말기의 주행 시험 평가 분석 결과에 대해 다룬다. 사용자 시스템의 성능을 정확성, 무결성, 가용성으로 나누어서 평가하며, 각각의 성능 지표는 표 18에 따라 정의한다.

사용자 주행 평가는 2018년 3/4분기 10월 16일부터 12월 9일까지 총 20회 수행되

무단복제 및 전재를 금합니다.

었으며, 위탁기관 현대 엠엔소프트의 주행 실험과 한국항공우주연구원의 자체 주행 실험을 통해 이뤄졌다. 주행 1회는 사용자 시험평가 구간인 서울TG-안성IC 간 편도 주행으로 선정하였으며, 주행 회 차 별로 한 차로를 유지하며 1~4차로까지 변경하며 주행하였다. 주행 속도는 안전상 이유로 임의로 조절하지 않고, 교통흐름에 맞게 주행하여 데이터를 수집하였다.

주행 방향에 따라 상행(남쪽(안성IC)-북쪽(서울TG))과 하행(북쪽(서울TG)-남쪽(안성IC))으로 구분하였다. 상·하행 중 도로의 위도가 같은 구간이라면, 전체적인 환경은 비슷하지만, 도로 조건(상.하행 한쪽 도로에만 위치한 방음벽, 언덕, 표지판 등)에 따라 위성항법 수신 환경에 약간의 차이가 있다. 평가분석을 위한 분류는 전체 주행 및 전체 평가 구간 주행 중 수집 데이터(샘플)를 대상으로 통계 분석을 수행하였고, 추가적으로 표 27에 따라 조건 요인을 구성하여 전체 주행 중 각 조건에 따른 시간대를 위치 좌표와 영상 분석을 통해 구분하여 각각의 조건에 따른 결과를 도출하였다.

3.2.2.1. 전체 주행 통계 성능 분석

표 49은 시험평가 구간 전체 주행에 대한 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 2σ (약 95 % 범위)가 0.68 m 에 위치하여 목표수치인 0.90 m 이하를 달성 하였으며, 무결성 훼손율은 0.28*10-3, 가용성은 98.02 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 그림 34은 전체 주행에 대한 위치결정 정확성 누적분포함수를 나타낸다. 수평위치오차는 가우시안 분포 형태로 나타남을 알 수 있으며, 2σ (95% 신뢰도)에 대한 누적확률이 약 0.68m 에 위치하여 목표수치인 0.90m (2σ) 이하를 달성 하였다. 그림 35는 4분기 전체 주행에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 0.28*10-3, 가용성은 98.02 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92% 이상을 달성하였다.

그림 36은 전체 주행에 대한 수평위치 오차를 구간별로 나타낸 결과이다. 각각의 주행 별 수평위치오차를 공통 주행 구간에 따라 표시하였다. A ~ J 로 표시된 주행 시 수평위치 오차가 증가하는 특정 구간은 위성항법신호 난 수신 환경 구간을 주행하는 경우로 위성항법의 한계로 인해 위치결정 성능이 감소하였다. 성능 감소 구간을 영상과 기준장비의 좌표를 기반으로 일반 지도를 통해 확인한 결과는 표 50과 같다. 구간 A, J 는 안성 IC와 성남시 서울 TG의 도로변에 위치한 고층건물 및 게이트의 영향을 받는 경우이며, 구간 B ~ I는 IC나 JC 부근의 고가도로 하단을 주행한 경우이다. 이와 같이 위성항법신호 난 수신 도로 환경 구간을 주행하는 경우에 위성항법의 한계로 위치결정 성능이 감소함을 확인하였다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 49. 시험평가 구간 전체 주행 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
전체 성능	0.68	0.28	98.02

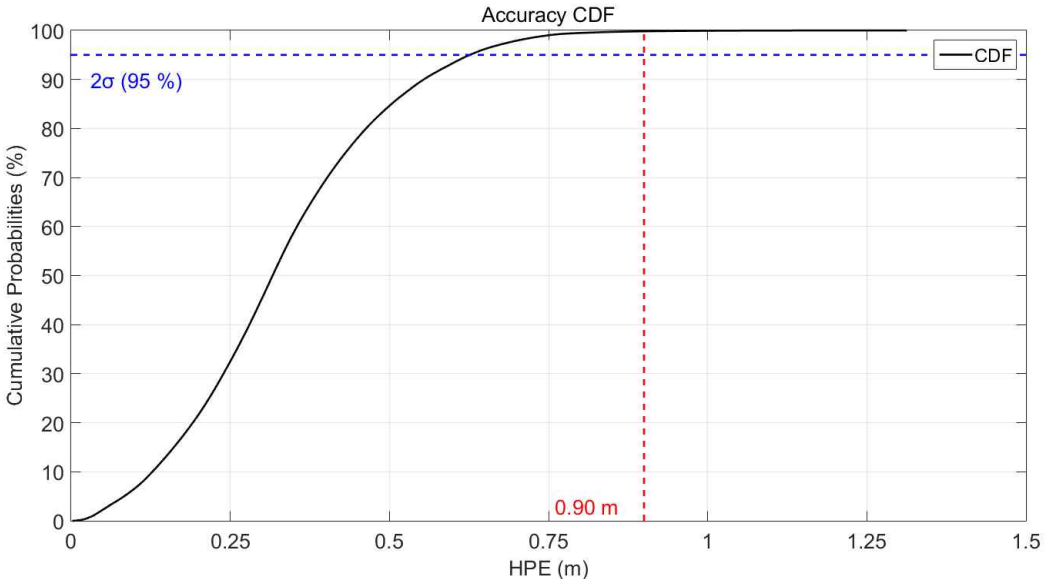


그림 34. 시험평가 구간 전체 주행 위치결정 정확성 누적분포

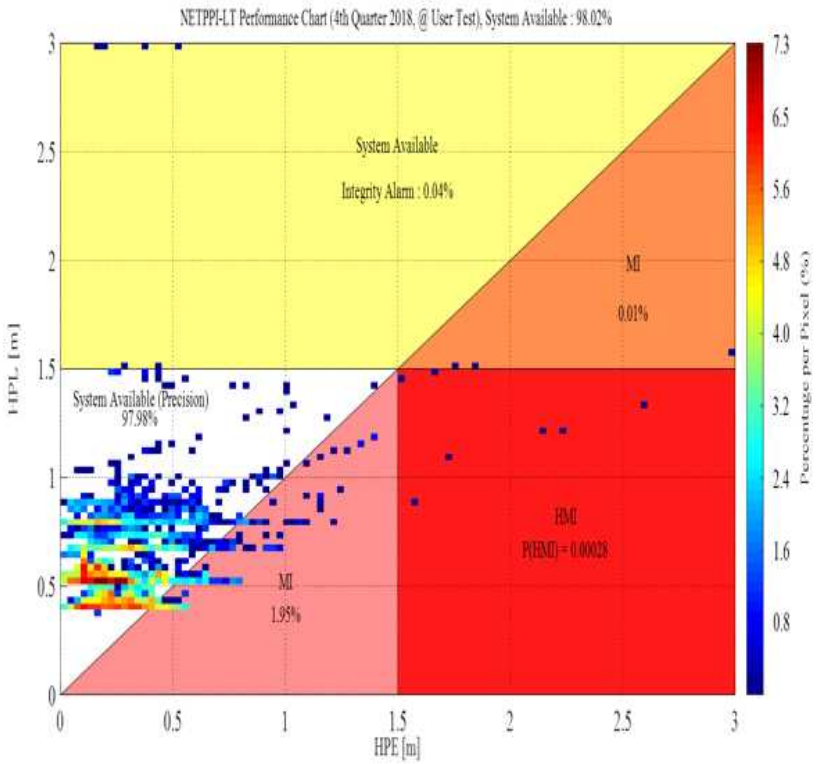


그림 35. 시험평가 구간 전체 주행 위치결정 성능 Stanford Diagram

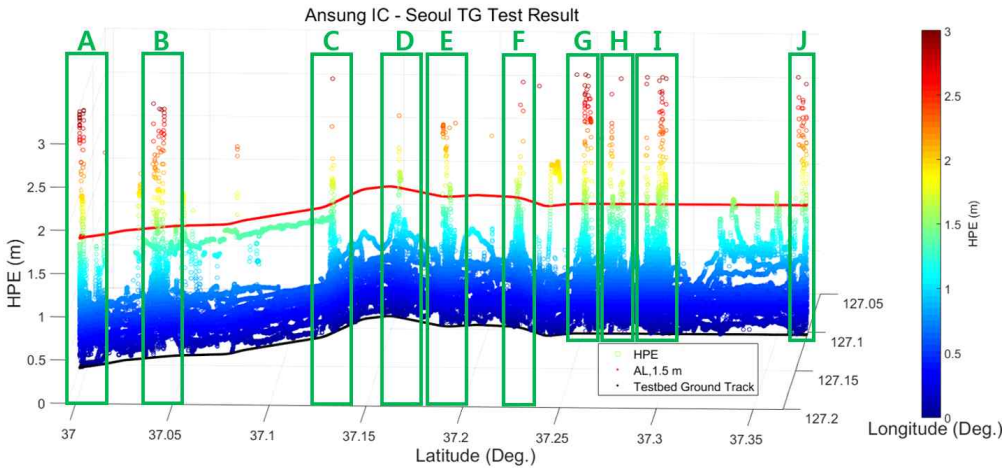


그림 36. 시험평가 구간 별 위치결정 정확성 결과

표 50. 성능 저하 구간 정보

구간	주행 영상	명칭	구간	주행 영상	명칭
A		안성 IC	F		기흥.동탄 IC
B		안성 JC	G		보라횡단교
C		진위천교	H		수원.신갈 IC
D		동부대로 568번 길	I		신갈 JC
E		동탄 JC	J		서울 TG

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3.2.2.2. 클러스터 및 DMB 구성 환경 조건에 따른 성능 분석

클러스터 및 DMB 핸드오버 구간은 그림 22와 같다. 클러스터 핸드오버는 클러스터 A, B 사이의 경계 구간임과 동시에 시험평가구간 경부고속도로에 위치한 오산 IC 부근이며, 기존 클러스터 보정정보를 사용하는 정밀위치결정 모듈과 신규 진입 클러스터 보정정보를 사용하는 정밀위치결정 모듈의 동시 동작 여부를 통해 클러스터 핸드오버가 발생되었다는 것을 구분하여 클러스터 핸드오버 성능을 평가하였다.

DMB 핸드오버는 MBC DMB 수도권 충청권 사이의 경계 구간임과 동시에 시험평가구간 경부고속도로에 위치한 안성 IC 부근이다. 하지만 안성 IC 부근은 DMB 음영지역이라는 점으로 DMB 핸드오버가 원활하게 이루어지지 않는다. 하지만 안성 IC 부근은 DMB 음영지역인 관계로 DMB 핸드오버가 원활하게 이루어지지 않는다. 따라서 DMB/IP 스위칭 기능을 통해 DMB 핸드오버 성능을 평가하며, 주행 구간에서 30초 단위 연속적인 DMB/IP 스위칭 시뮬레이션을 통해 DMB 핸드오버 조건을 도출하였다.

■ 클러스터 핸드오버 구간 성능 분석

표 51는 클러스터 핸드오버 구간 주행에 대한 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 2σ (약 95 % 범위)가 0.82 m 에 위치하여 목표수치인 0.90 m 이하를 달성 하였다. 그림 37은 클러스터 핸드오버 구간 주행에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 0*10-3, 가용성은 98.12 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 분석 결과, 클러스터 핸드오버에 대한 정확성 성능 감소가 존재하지만, 고속도로 환경에서 클러스터 핸드오버 구간의 차로구분이 가능하며 클러스터 핸드오버 기술에 대한 성능이 유효하다는 것을 보여준다.

표 51. 시험 평가 클러스터 핸드오버 구간 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
클러스터 핸드오버	0.82	0	98.12
전체 주행 성능	0.68	0.28	98.02

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

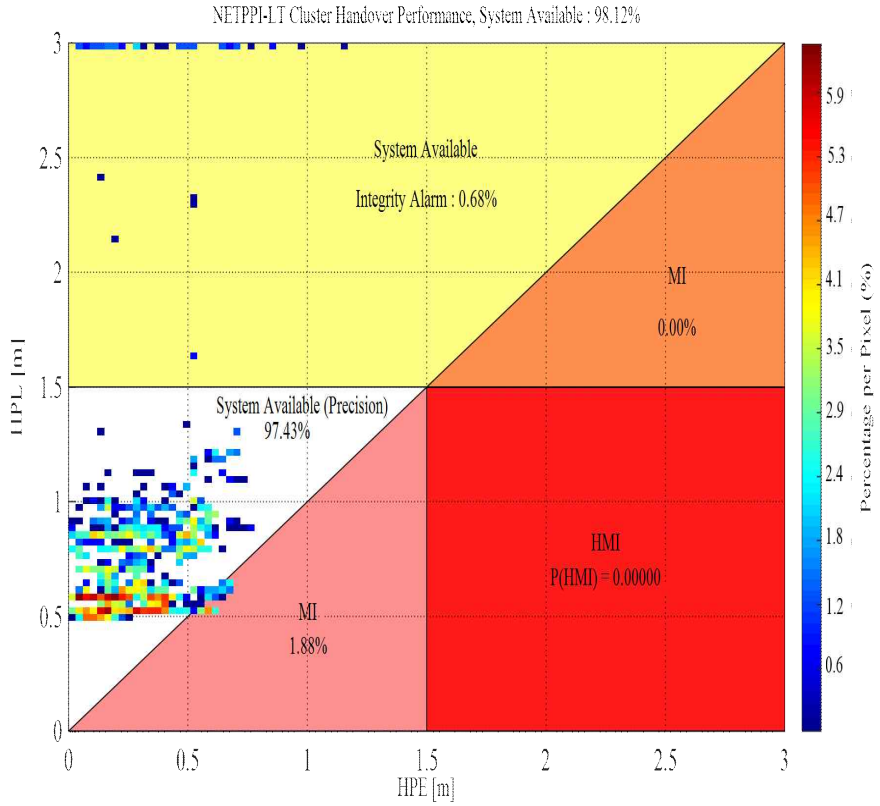


그림 37. 시험 평가 클러스터 핸드오버 구간 위치결정 성능 Stanford Diagram

■ DMB 핸드오버 구간 성능 분석

표 52은 DMB 핸드오버 구간 주행에 대한 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 2σ (약 95 % 범위)가 0.81 m 에 위치하여 목표수치인 0.90 m 이하를 달성 하였다. 그림 38는 DMB 핸드오버 구간 주행에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 0.7*10-3, 가용성은 96.38 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 분석 결과, DMB 핸드오버에 대한 성능 감소 효과가 존재하지만, 고속도로 환경에서 DMB 핸드오버 구간의 차로구분이 가능하며 DMB 핸드오버 기술에 대한 성능이 유효하다는 것을 보여준다.

표 52. 시험 평가 DMB 핸드오버 구간 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
DMB 핸드오버	0.81	0.7	96.38
전체 주행 성능	0.68	0.28	98.02

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

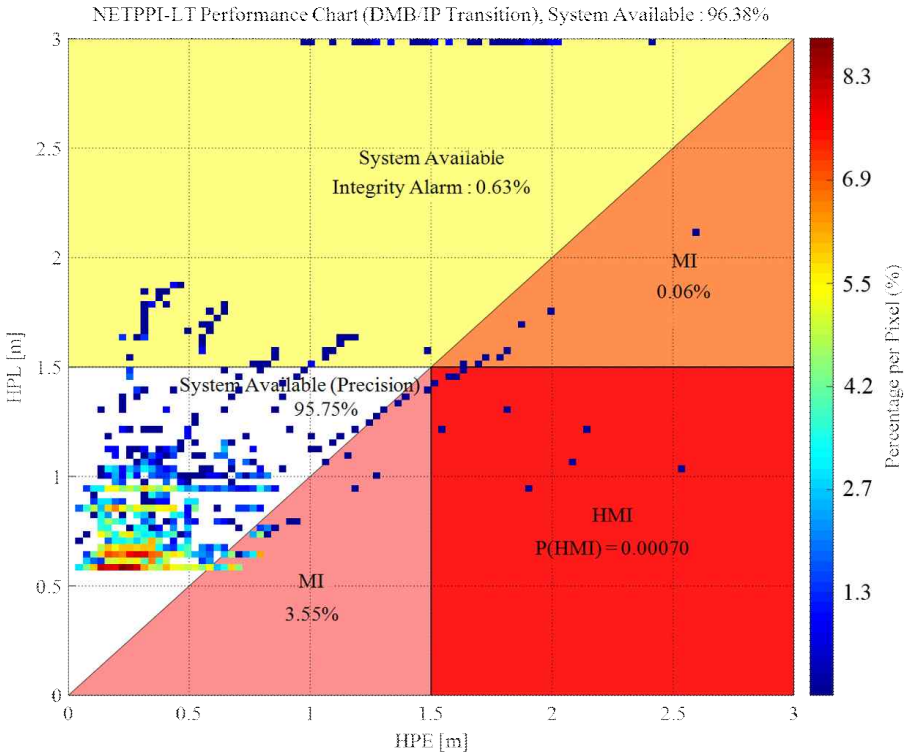


그림 38. 시험 평가 DMB 핸드오버 구간 위치결정 성능 Stanford Diagram

3.2.2.3. 교통 환경 (가변) 조건에 따른 성능 분석

교통 환경에는 주행 속도 별, 주행 차로 별 조건이 포함된다. 위와 같은 요인들은 매 주행 환경에 따라 가변하기 때문에 기준장비 및 정밀위치결정 사용자 단말기의 주행 속도, 차로정보(차로 매칭 기술 적용) 그리고 각 주행의 단말기 화면 및 주변 환경 영상을 참고하여 조건 별 데이터를 분류하여 주행 속도, 주행 차로 별 성능을 분석하였다.

■ 주행 속도별 분석

표 53는 주행 속도 별 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 정지, 정체, 서행, 원활 별로 2σ가 0.76 m, 0.82 m, 0.80 m에 위치하여, 모든 조건이 목표수치인 0.90 m 이하를 달성하였다. 그림 39은 주행 속도 별 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. 각 주행 속도 별 무결성 훼손율은 0.00*10-3, 0.16*10-3, 0.22*10-3, 가용성은 99.59 %, 99.44 %, 98.86 % 로, 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 위성항법의 성능은 속도와 무관하기에, 고속도로 환경에서의 주행 속도의 조건에 무관하게 차로구분이 가능하다는 것을 보여준다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 53. 시험 평가 주행 속도 별 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
정체(0~40 km/h)	0.76	0	99.59
서행(40~80 km/h)	0.82	0.16	99.44
원활(80 km/h 이상)	0.80	0.22	98.86

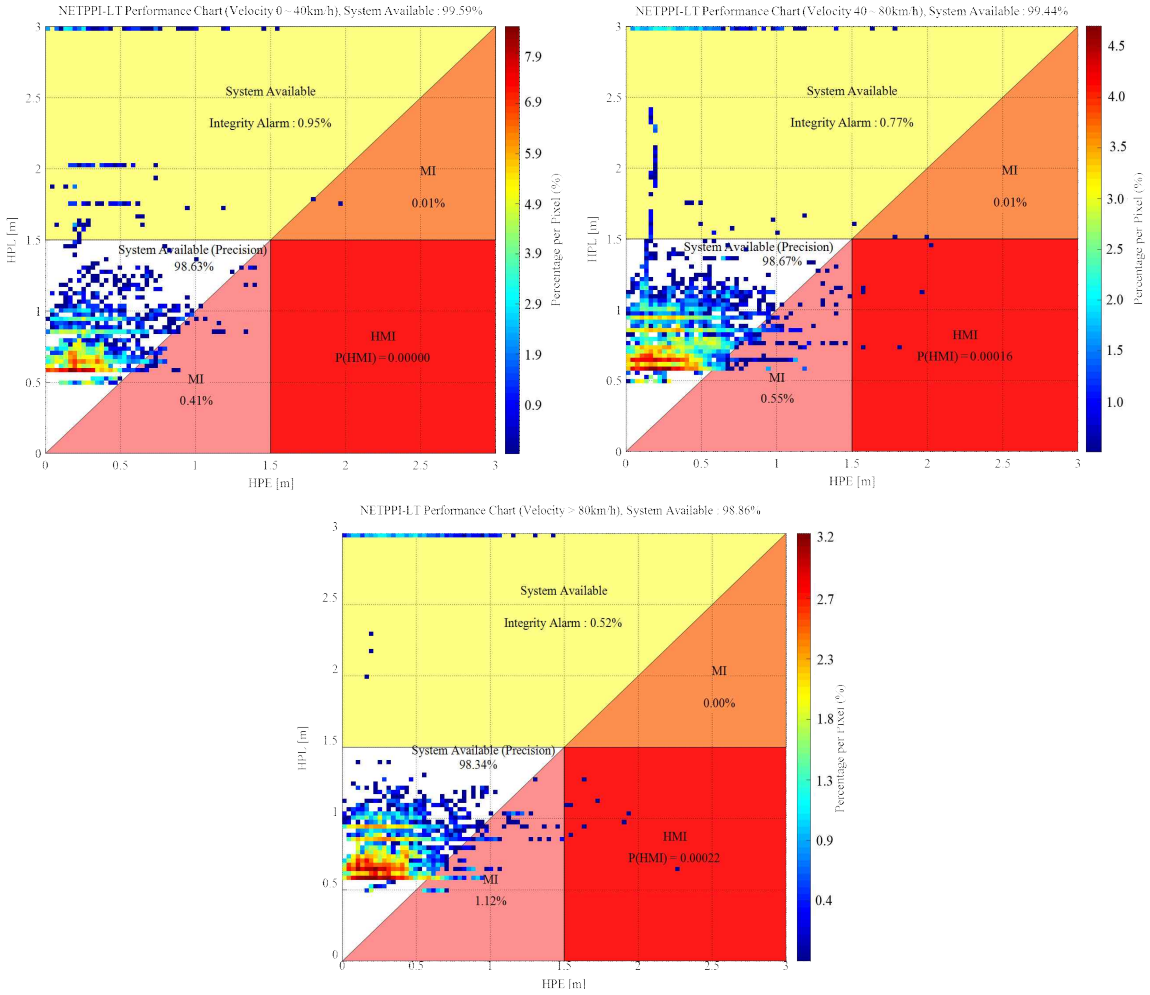


그림 39. 시험 평가 주행 속도 별 위치결정 성능 Stanford Diagram

■ 주행 차로별 분석

표 54는 주행 차로 별 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 1~3 차로 별로 2σ (95% 신뢰도)가 0.62m, 0.83m, 0.87m 에 위치하여, 모든 조건이 목표수치인 0.90m 이하를 달성하였다. 그림 40는 주행 속도 별 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 각 주행 차로별 무결성 훼손율은

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

0*10-3, 0*10-3, 0.08*10-3, 가용성은 99.84 %, 97.52 %, 96.89 % 로, 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 그림 41는 사용자 단말기 주행 차로 별 분류 데이터의 HDOP를 나타낸 결과이다. 1차로에서 3차로로 이동할수록 도로 변에 위치한 장애물의 영향으로 위성항법 신호가 차단 각이 상승되어 HDOP 성능이 하락됨을 알 수 있다. 이와 같이 같은 구간의 주행이라 할지라도, 주행 차로에 따라 위성항법 신호 수신율에 영향을 주는 가시 위성수, HDOP, 위성 고도각 (Elevation angle)이 변화함에 따라 위치결정 성능에 주행 차로에 따른 영향이 존재하지만, 고속도로 환경에서의 주행 차로의 조건에 무관하게 차로구분이 가능한 것으로 판단된다.

표 54. 시험 평가 주행 차로 별 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
1차로	0.62	0	99.84
2차로	0.83	0	97.52
3차로	0.87	0.08	96.89

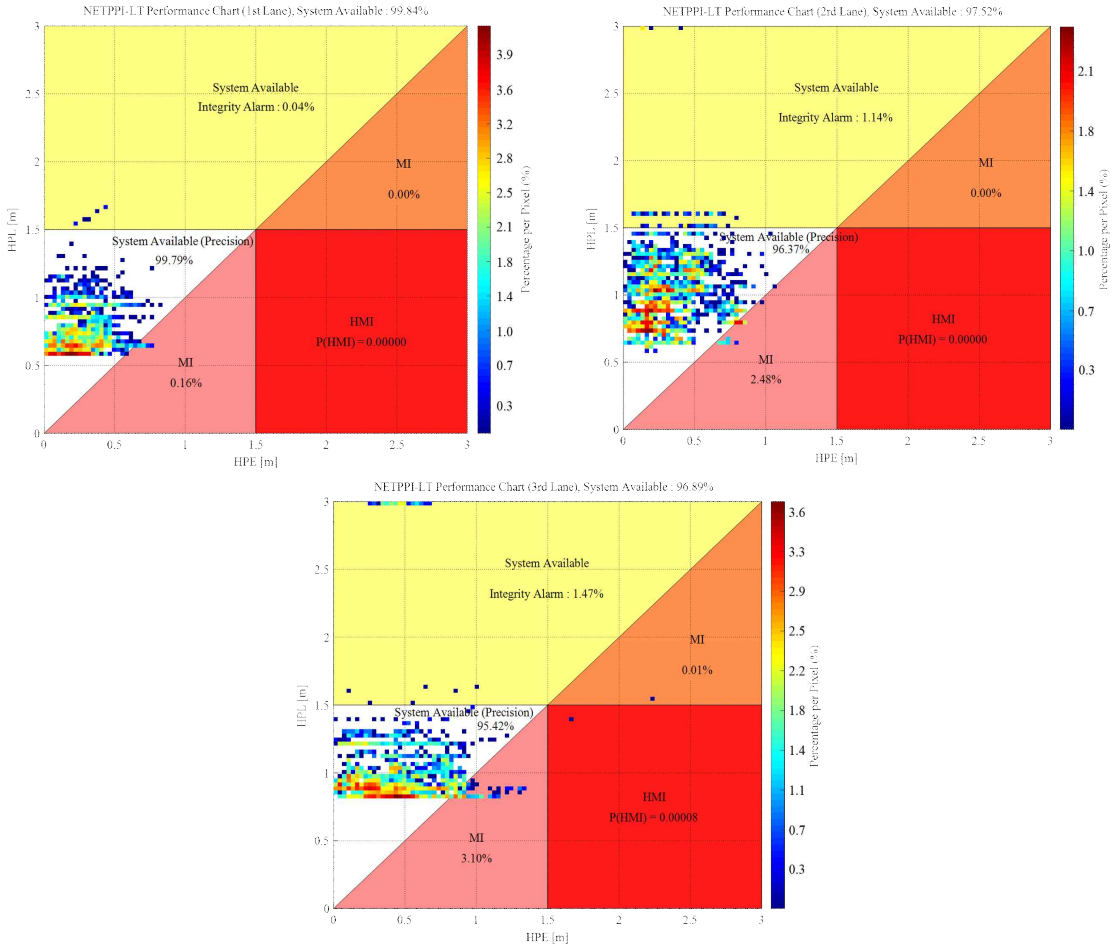


그림 40. 시험 평가 주행 차로 별 위치결정 성능 Stanford Diagram

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

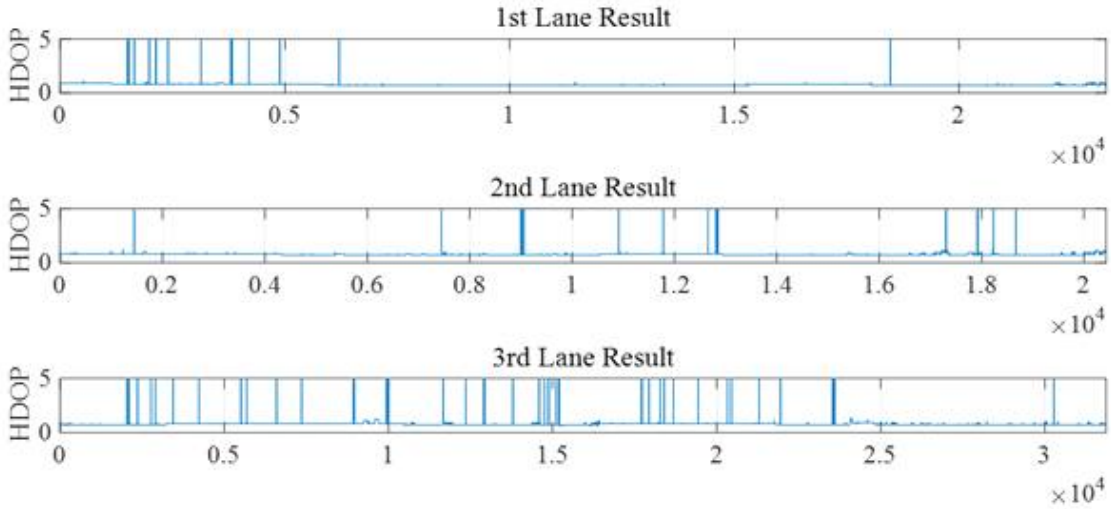


그림 41. 시험 평가 주행 차로 별 HDOP

3.2.2.4. 도로 환경 (불변) 조건에 따른 성능 분석

도로 환경에는 위성항법 수신에 방해 영향을 주는 도로 변 장애물인 방음벽, 언덕, 고층건물 등이 포함된다. 위와 같은 장애물 주행을 반복하더라도 환경이 불변하기 때문에 사전에 수집한 주행 영상과 로드 뷰 영상 확인을 통해 지도 상의 도로 장애물의 위치와 목록을 작성해서 표 29와 같이 각 장애물의 영향을 받는 구간을 분류하였다. 위 자료를 통해 해당 구간의 위치 좌표와 각 주행의 단말기 화면 및 주변 환경 영상을 참고하여 조건 별 데이터를 분류하고 도로 변 장애물 구간의 성능을 분석하였다.

■ 도로 변 장애물

[표 55]은 도로 변 장애물 주행 구간에 대한 위치결정 정확성, 무결성, 가용성 성능 결과를 나타낸다. 2σ (95% 신뢰도)가 0.79 m 에 위치하여 목표수치인 0.90 m 이하를 달성 하였으며, 무결성 훼손율은 0.61*10-3, 가용성은 99.60 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 그림 42은 4분기 전체 주행에 대한 위치결정 무결성, 가용성 분포 및 성능 결과를 보이기 위한 Stanford Diagram을 나타낸다. Stanford Diagram의 정의에 따라 무결성, 가용성 결과를 계산하면, 무결성 훼손율은 0.28*10-3, 가용성은 98.02 %로 각각의 목표수치인 0.8*10-3 이하, 92 % 이상을 달성하였다. 주행 구간에 따라 위성항법 신호 수신율에 영향을 주는 가시 위성수, HDOP, 위성 고도각이 변화함에 따라 위치결정 성능에 영향이 존재하지만, 고속도로 환경에서 도로 변 장애물과 무관하게 차로구분이 가능하다는 것을 보여준다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

표 55. 시험 평가 도로 변 장애물 구간 위치결정 성능 결과

항목	정확성 (m, 2σ)	무결성 훼손율 (*10^{-3}, P_{HMI})	시스템 가용성 (%)
목표치	0.90 이하	0.8 이하	92 이상
도로 변 장애물 구간	0.79	0.61	99.60
전체 주행 성능	0.68	0.28	98.02

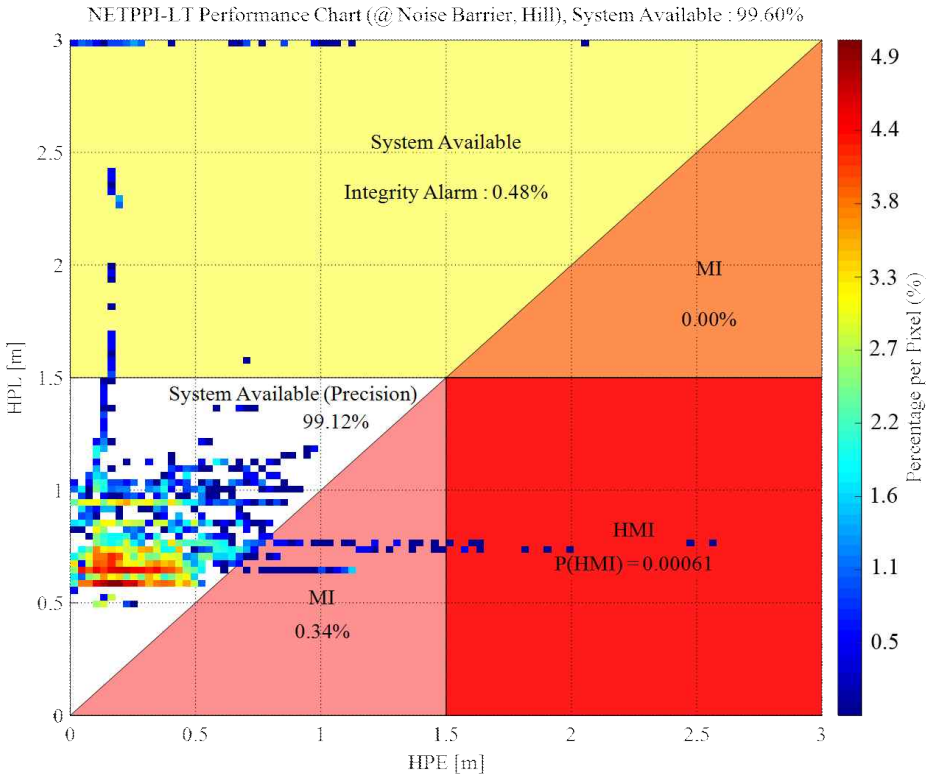


그림 42. 시험 평가 도로 변 장애물 구간 위치결정 성능 Stanford Diagram

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 결론

본 보고서에서는 정밀위치결정 교통인프라 시스템의 24시간 시험방송 운영과 이를 통한 시스템의 성능 평가 방법을 설명하고, 분기별 운영결과를 바탕으로 인프라 시스템과 사용자 시스템의 성능을 평가, 분석하였다.

3분기에는 24시간 운영 과정에서 발생할 수 있는 시스템의 이슈를 도출 및 보완에 목적을 두고 시험방송 운영을 실시하였다. 노후화 장비 유지보수 및 자체 실험과 운영 평가 관련 기능 개발/검증으로 인해, 3분기 운영은 8월부터 실시, 평가하였다. 그러나 8월에도 시스템 SW 이슈, 장비 노후화에 의한 HW 및 네트워크 고장 이슈로 인하여 운영이 제한적으로 이루어졌으며, 이는 전체 클러스터의 가용성을 20% 내외로 저하시키는 요인이 되었다. 발생한 이슈에 대한 수정, 보완, 검증 작업을 진행하였으며, 9월 운영 결과를 통해 가용성 저하의 주요 요인 대부분이 해결되었음을 보였다. 그럼에도 불구하고 DMB 및 IDC SW 이슈가 추가로 발견되었으며, 현재 이슈에 대한 추적, 수정 보완 중에 있다. 특히, IDC는 클러스터 A, B, D의 가용성에 가장 큰 영향을 주는 요소로, 안정화 작업이 지속적으로 이루어져야 한다.

3분기 안정화 작업을 통해 4분기에는 모든 시스템에 대해 가용성이 크게 향상되었다. 전반적으로 가용성은 15~20% 내외로 향상되었으며, 에러율은 3% 미만, 정지율은 10% 미만으로 감소되었다. 시스템이 설치된 장소의 공사 및 안전점검에 의한 외부 전원공급의 차단과 외부 네트워크 운영/관리업체의 사고, 즉 시험방송 운영/관리 외부 요인이 4분기 에러율과 정지율의 주된 요인이었다. IDC 불안정 이슈의 원인으로, 클러스터 A의 지역제어국 HW 오류가 의심됨에 따라 이를 검증하기 위하여 해당 지역제어국 HW를 교체하고, 2019년 1월 한 달간 시험평가를 추가로 진행하였으며, 해당 기간 동안의 모든 클러스터의 보정정보 서비스 가용성은 99%을 상회하였다. 이를 통해서 시스템의 안정성이 확보되었음을 확인하였다.

본 시험방송 운영에는 개발자가 운영자로 참여하였다. 이로써 이슈에 대한 분석과 해결 능력은 높으나, 24시간 감시 및 대응 능력은 낮다는 한계를 갖는다. 또한, 연구개발 과제 내에서 진행함에 따라 교체장비 여유분 확보 및 전용망 확보에 제한이 있다. 추후 전국단위 시스템의 안정적 운영을 위해서는 24시간 전문 관리자 확보를 통한 감시와 대응의 신속성 향상, 장비 정밀 점검 능력 및 교체장비 확보를 통한 안정성 제고, 전용 네트워크 확보를 통한 시스템의 실시간성 및 안정성 보장이 필수적으로 요구될 것으로 보인다.

사용자 시스템 평가 결과, 지역감시국, 사용자 단말기 기반 평가에서 3/4분기 청주 감시국을 제외한 모든 조건에서 목표 성능을 달성하였다.

지역감시국은 수신이 양호한 환경에 설치되었고 정적 환경에서의 성능을 평가하기 때문에 목표치 대비 높은 성능을 보였다. 3/4분기 청주 지역감시국은 정확성에 대한 목표 성능을 달성하지 못하였지만, 위성항법 수신기/안테나의 노후화를 해결하기 위한

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

보수를 진행 후 4/4분기 성능 평가 수행 결과 모든 클러스터 지역감시국이 목표 성능 수치를 만족하였으며, 특히 무결성 훼손율 0과 가용성 100%으로 높은 성능을 보이며 보정정보 성능을 확인하였다.

사용자 단말기 기반 평가 결과 클러스터/DMB 핸드오버 구간, 도로 바깥쪽 주행 차로, 도로상 장애물 구간의 조건에 따라 위성항법 신호의 수신률 감소와 급격한 환경 변화로 약간의 위치결정 성능에 저하가 있었지만, 모든 조건에서 차로구분이 가능한 위치결정 성능 만족하여, 다중 클러스터 구성을 위해 개발된 핸드오버 기술과 사용자 단말기의 차로구분 수준의 정밀위치결정 성능을 확인하였다

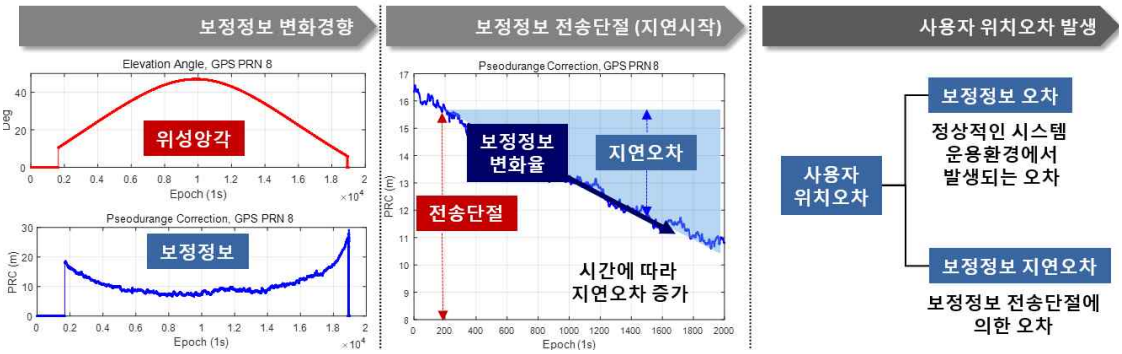
본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

부록

A. 보정정보 지연 허용시간 도출 연구결과

□ 연구 배경

- **(요인) 위성항법데이터 수신, 처리, 보정정보 생성, 사용자까지의 전송 과정에서 시간지연 발생**
- **(영향) 보정정보는 시간에 따라 변화함에 따라 시간지연은 궁극적으로 사용자 위치결정 오차를 야기하며, 지연량이 커질수록 위치결정 오차 증가**



<시간지연에 따른 보정정보 변화율과 사용자 위치결정 오차>

□ 연구 방법

- **(보정정보 변화율 도출) 정상적인 보정정보 변화량(m/s)의 통계적 분석 (1σ 산출)**
  - 2018.5.24. 24시간 (1Hz), 클러스터 C 데이터 기준
  - 보정정보 생성: 천안, 공주, 괴산, 보은 / 위치결정오차 계산: 청주 감시국
- **(시뮬레이션 환경) 보수적인 한계치 도출을 위해 앙각 40도 이하의 위성을 제외하여 열악한 배치 환경에서 보정정보 지연오차를 위치영역으로 투영**
- **(사용자 위치결정 오차 도출) 사용자 위치결정 오차를 발생시킬 수 있는 정상상태의 보정정보 오차(σ_n)와 보정정보 지연오차에 의한 영향(σ_d)을 합산하고, 확률적인 신뢰도(99.9%)를 위해 3.1배 곱하여 도출**

$$\text{사용자 위치오차} = 3.1 \times \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_d^2} \ , \ \sigma_d = {}^{*}HDOP \times \sigma_r \times \Delta t_d \ , \ \sigma_n = {}^{**}0.45$$

*** HDOP (Horizontal Dilution of Precision): 위성배치 상태의 정량수치, Δt_d: 시간지연**

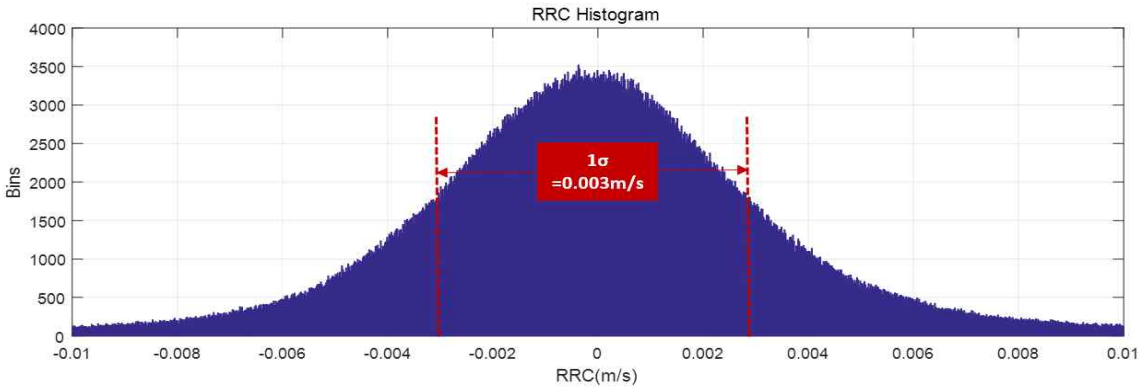
**** 본 과제 수평위치 정확도 목표 수치**

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- **(허용시간 도출) 보정정보 전송단절 상황을 가정하여, 보정정보 변화율에 지연시간을 점차 증가/반영하여 발생되는 보정정보를 위치영역으로 투영, 증가된 지연시간으로 인해 위치결정 오차가 1.5m (차로구분 수준 정확도) 초과지점 전체 시점에서 8%(가용성 92% 만족, 과제목표)을 초과하는 시점을 지연 허용시간으로 도출**

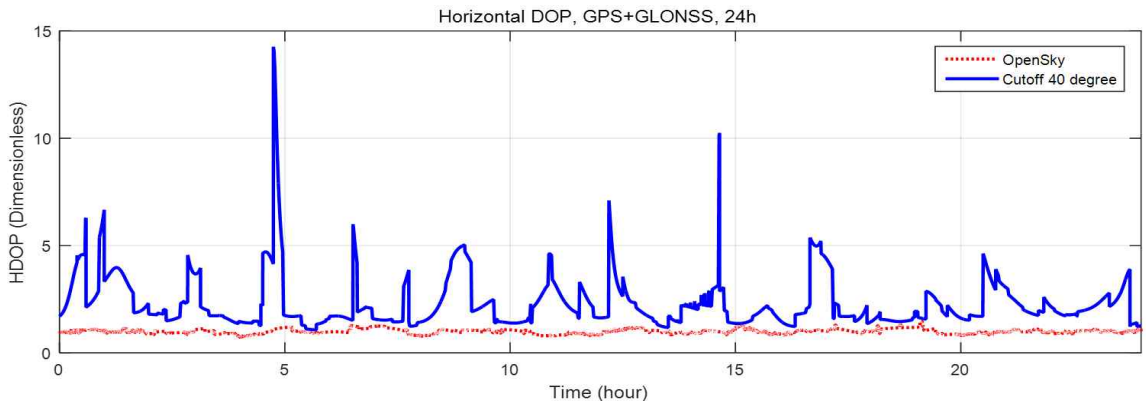
□ 연구 결과

- **보정정보 변화율 도출 결과: 1σ=0.003m/s**



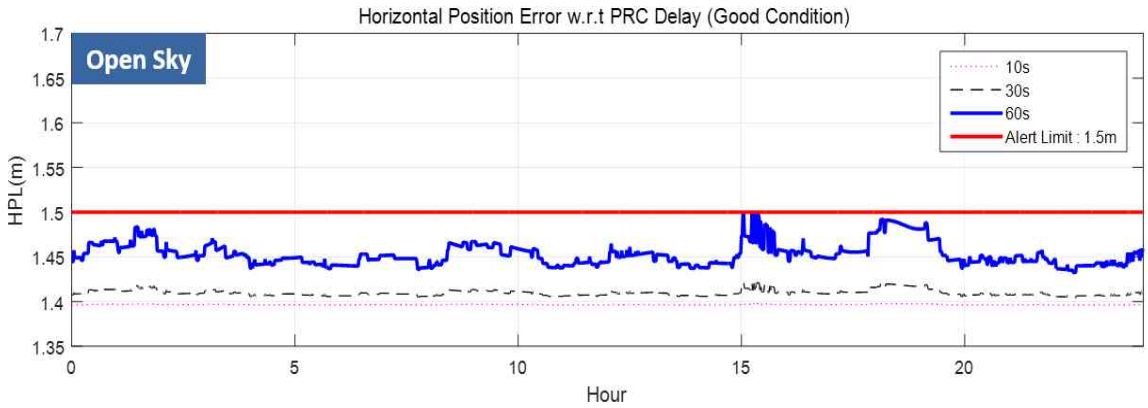
- **시뮬레이션 환경**
  - 다중 위성항법시스템, 24시간 HDOP (Open Sky vs. Cutoff 40 degree)
  - 위성앙각 40도 이하*의 위성을 배재한 결과, 신호 수신환경이 양호한 Open Sky 보다 크게는 13배 이상 HDOP 증가

    * 항법해 도출을 위한 최소 위성개수가 5개인 환경

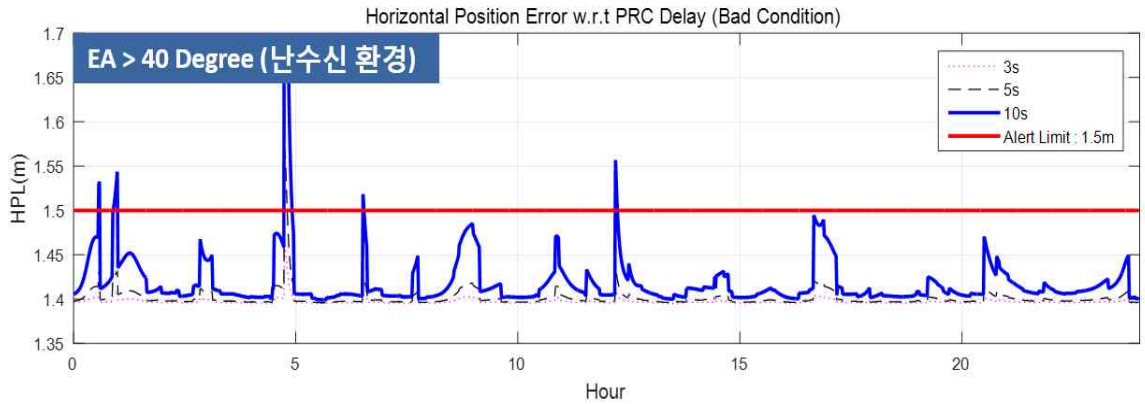


- **허용시간 도출: 11초**
  - @Open Sky 환경: 허용 가능한 보정정보 지연시간은 1분 이상

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.



- @난수신 환경 (Cutoff 40 degree): 허용 가능 보정정보 지연시간은 11초



지연 (초)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**11**	12
가용성 (%)	100	100	100	99.8	99.7	99.5	99.3	98.8	98.3	96.7	**93.8**	91.5

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

B. 인프라 시스템 점검 일지

7월 일일점검																																
시스템 ID	전체	담당자	장 명 재													소속	㈜지아이시스템															
순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(07/01~07/31)GLSONASS 보정정보 기능 추가

(원인)SW 업데이트 및 테스트 진행 : GLONASS 알고리즘 계산 및 상태 표출 기능 추가

(조치)SW 업데이트

통합운영국 : GLONASS 상태 표출 기능 추가(보정정보 그래프, SkyPlot)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

제어국 : GLONASS 상태 데이터, GLONASS 알고리즘 계산 기능 추가
(추적)해결 완료(07/31)

(07/01~07/31)가용성 평가 데이터 생성 및 저장 기능 추가

(원인)SW 업데이트 : 가용성 평가에 필요한 데이터 생성 및 저장 기능 추가
(조치)SW 업데이트
통합운영국 : 데이터베이스에 가용성 테이블 생성, 데이터 저장 기능 추가
제어국 : 가용성 평가 데이터 생성, 가용성 평가데이터 송신 기능 추가
(추적)해결 완료(07/31)

(07/01~07/31)통합운영국 GUI 수정

(원인)SW 업데이트 : 사용자 가시성을 위한 GUI 수정 진행
(조치)SW 업데이트 : 전체 시스템 상태View, 제어국 View 수정(상태 표출, 위치 변경, 그래프 수정 등) 완료
(추적)해결 완료(07/31)

(07/06)제어국 송출 데이터 추가

(원인)SW 업데이트 : 통합운영국 GLONASS 표출 데이터 추가
(조치)SW 업데이트
통합운영국 :GLONASS skyplot 표출 기능 추가
제어국 : GLONASS skyplot 표출 데이터 전달 기능 추가
(추적)해결 완료(07/31)

(07/07)공주 네트워크 장비 오류

(원인)HW 오류 : 노후화된 네트워크 모뎀 오류
(조치)HW 교체 : 네트워크 모뎀 교체
(추적)해결 완료(07/07)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

8월 일일점검

시스템 ID	전체	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	○	X	X	X	X	X	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	X	X	X	X	X	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	X	X	X	X	X	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(08/01~08/21) 답신 데이터 전송 누락

(원인)SW 업데이트 : 보정정보 수신, 송출에 대한 답신 누락,
(조치)SW 업데이트 : 코드 수정 후 업데이트 버전 실행
(추적)해결 완료(08/21)

(08/02) SSN 수신국 유지보수

(원인)점검 및 유지보수 : 구성품 상태 확인, 케이블 연결 확인

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(조치)점검 및 유지보수 : PC, 함체, 네트워크 상태 확인, 기상측정장치 케이블 연결
(추적)해결 완료(08/02)

(08/08) SSN ,GNJ 수신국 유지보수
(원인)점검 및 유지보수 : 모듈(위성, 함체, 기상장치) 데이터 수신 않됨
(조치)점검 유지보수 : GNJ 수신국 기상측정장치 및 함체 점검, SSN 수신국 위성수신기 교체 및 함체 점검
(추적)해결 완료(08/08)

(08/02~08/05) IDC, 제어국간 통신 단절
(원인)SW 오류 : 네트워크 모듈 에러 발생 추정
(조치)SW 업데이트 및 테스트: 원인 파악을 위한 테스트(디버깅) 모드 실행
(추적)원인파악 진행 중 (이벤트 10번 참조)

(08/04~08/06)통합운영국 SW 비정상 종료
(원인)SW 오류 : 저장 모듈 메모리 누수 발생
(조치)SW 테스트 : 원인 추적을 위한 테스트(디버깅) 모드 수행
(추적)해결 완료(08/13)

(08/11~08/13)통합운영국 SW 비정상 종료
(원인)SW 오류 : 저장 모듈 메모리 누수 발생
(조치)SW 업데이트 : 저장 모듈의 데이터 구조체 동적 메모리 해제 코드 추가
(추적)해결 완료(08/13)

(08/15~08/16) 수도권IDC 비정상 종료
(원인)SW 오류 : 운영체제 업데이트 후 재실행 실패
(조치)SW 재실행 : 수도원 IDC SW 재실행
(추적)원인파악 진행 중 (이벤트 23번 참조)

(08/29~08/30) 이상/장애 등록 SW 에러 발생
(원인)SW 오류 :일감 제목에 []가 없는 일감이 있을 경우 자동 등록이 안 됨,
(조치)일감 수정 : 수동 등록된 일감 중 []가 없는 일감 수정 완료
(추적)해결 완료(08/30)

(08/21~08/31)UPS 고장
(원인)HW 오류 : UPS 노후화로 인한 고장
(조치)HW 교체 : UPS 교체 완료
(추적)해결 완료(08/31)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

9월 일일점검

시스템 ID	전체	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	X	X	X	X	X	○	○	
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

작업 및 보수사항

(09/03) BON 수신국 인터넷 끊김

(원인)네트워크 오류 : 인터넷 장비 노후화로 잦은 끊김 현상 발생

(조치)HW 교체 : 인터넷 모뎀 교체

(추적)유지보수 완료 후 같은 현상발생, 추가 조치 진행(이벤트 15 참조)

(09/07) BON 수신국 인터넷 유지보수

(원인)HW 오류 : 인터넷 장비 노후화로 잦은 끊김 현상 발생, UPS 노후화로 인한 오류 발생

(조치)HW 교체 : UPS 교체, 인터넷 회선 교체를 위해 함체 선 정리 선행 작업 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(추적)네트워크 회선 작업 예정일(09/13), 이벤트 15 참조
(09/13) BON 수신국 인터넷 유지보수
(원인)네트워크 오류 : 인터넷 장비 노후화로 잦은 끊김 현상 발생,
(조치)회선 교체 : 인터넷 회선 교체 작업 완료
(추적)해결 완료(09/13)
(09/12~09/17) 공주 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 건물 공사 중 전원 차단
(조치)HW 전원 복구 : 전원 복구 및 재가동
(추적)해결 완료(09/17)
(09/17~09/21) SSN 수신국B 다운
(원인)HW 오류 : 운영체제 파일 손상으로 인한 PC 부팅 불가
(조치)HW 교체 : PC 탈착 후 여분 PC 교체 장착, 기존 PC 제조사 수리 입고
(추적)해결 완료(09/21)
(09/22) SSN 수신국B 다운
(원인)원인 파악 중
(조치)유지보수 출장일정 조율 중
(추적)유지보수 10/17 출장 예정
(09/18) 수신국 소프트웨어 업데이트
(원인)SW 업데이트 : 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치)SW 업데이트 : 최신 버전으로 버전 통일하여 설치
(추적)해결 완료(09/18)
(09/22) 제어국, DMB 간 통신 단절
(원인)SW 오류 : 메모리 누수에 따른 DMB 인코더 SW 비정상 종료
(조치)SW 업데이트 : DMB 인코더 SW 업데이트 및 재실행
(추적)해결 완료(09/22)
(09/24~09/28) YJT 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 전원 공급 차단(전원 차단기 불량 추정)
(조치)원인 파악 : 시스템 재 가동 후 동일 이벤트 발생 여부 확인
(추적)동일 이벤트 지속 발생 시 차단기 교체 예정
(09/29~10/01) IDC, 제어국 A, B, D 간 통신 단절
(원인)SW 오작동 : 운영체제 업데이트 후 IDC SW 재실행 실패
(조치)운영체제 설정 변경 : 자동 윈도우 업데이트 기능 해제
(추적)해결 완료(10/01)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

10월 일일점검

시스템 ID	전체	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	X	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X	X	○	
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	X	X	○	○	X	X	X	X	○	○	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X	X	○	
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

작업 및 보수사항

(10/01~10/02) IDC 서버 PC 윈도우 업데이트

(원인)윈도우 업데이트로 인한 IDC SW 종료

(조치)IDC 재실행 및 자동 업데이트 기능 종료

(추적)해결 완료(10/2)

(10/04) IDC 소켓 오류

(원인)IDC 소켓 오류로 인한 통신 단절

(조치)IDC 재실행 후 원인 추적 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(추적)원인 추적중
(10/01~10/08) SSN 수신국 A, B 인터넷 끊김
(원인)네트워크 오류 : 인터넷 모뎀 전원 공급 차단
(조치)전원 공급 정상화 : 인터넷 모뎀 전원 공급 상태 정상화
(추적)해결 완료(10/8)
(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트
(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링을 위한 주기적 핑 테스트 및 로깅 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)
(10/02~10/04) BON 수신국 A MA 데이터 수신 안됨
(원인)SW 업데이트 : 소프트웨어 업데이트 중 설정 이상
(조치)SW 업데이트 : 수신국 소프트웨어 설정 수정
(추적)해결 완료(10/4)
(10/04~10/05) GNJ 수신국 A, B SA 데이터 수신 안됨
(원인)SW 업데이트 : 소프트웨어 업데이트 중 설정 이상
(조치)SW 업데이트 : 수신국 소프트웨어 설정 수정
(추적)해결 완료(10/5)
(10/10~10/17) SSN 수신국 B 인터넷 끊김
(원인)HW 전원 차단 : 정전 및 UPS 노후화로 인한 전원 차단
(조치)전원 직접 연결 : UPS 제외한 전원 HW 직접 연결
(추적)UPS 교체 완료(11/6)
(10/11~10/17) SSN 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단
(조치)PC 설정 변경 : PC 정상화 및 자동 재시작 설정 변경
(추적)공사로 인한 전원 차단 지속 발생 (10/23) 공사 완료 확인
(10/18) 공주 수신국 인터넷 모뎀 교체
(원인)인터넷 모뎀 교체 : 네트워크 품질 불량
(조치)인터넷 모뎀 교체 : 기존 모뎀 탈거 및 새로운 모뎀으로 교체 장착
(추적)해결 완료(10/18)
(10/18~10/23) 공주 수신국
(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단
(조치)PC 설정 변경 : PC 정상화 및 자동 재시작 설정 변경

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(추적)공사로 인한 전원 차단 지속 발생
(10/19~10/23) SSN 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단
(조치)PC 설정 변경 : 자동 재시작 설정 변경
(추적)공사로 인한 전원 차단 지속 발생 (10/23) 공사 완료 확인
(10/28~10/29) NYJ 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 전원 차단기 고장으로 인한 전원 차단 발생
(조치)전원 공급 : 전원 공급 후, 정상 운용
(추적)해결 완료(10/29)
(10/29~11/21) SSN 수신국 네트워크 지연
(원인)네트워크 지연 : 네트워크 상태 불량
(조치)원인 파악 : 네트워크 지연 원인 분석
(추적)해결 완료(11/21)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

11월 일일점검

시스템 ID	전체	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	○	X	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(11/02, 11/06, 11/08)IDC, 제어국 A간 통신 단절

(원인)소켓 오류 : 소켓오류로 인한 통신 단절 발생

(조치)IDC 재실행 : IDC 재실행 후 원인 추적 진행

(추적)해결 완료(11/08)

(11/01~11/06) SSN 전원 차단

(원인)HW 전원 차단 : 건물 정전으로 인한 전원 차단 및 시동복구모드 진입

(조치)PC 설정 변경 : PC 정상화 및 시동복구 모드 진입 설정 차단

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(추적)해결 완료(11/06)
(11/05~11/06) GNJ 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단
(조치)PC 설정 변경 : PC 정상화 및 자동 재시작 설정 변경
(추적)공사로 인한 전원 차단 지속 발생
(11/14~11/15) CNT 수신국 전원 차단
(원인)HW 전원 차단 : 전원 차단기 고장으로 인한 전원 차단 발생
(조치)전원 공급 : 전원 공급 후, 정상 운용
(추적)해결 완료(11/15)
(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트
(원인)카메라 데이터 송신 오류 발생 : 수신기 안테나 사진 송신 부 오류 발생
(조치)소프트웨어 업데이트: 카메라 데이터 송신 오류 수정
(추적)해결 완료(11/15)
(11/14~11/15) GSN 수신국 PC A 위성수신기M 연결 안 됨
(원인)위성수신기 이상 : PC A 위성수신기M 연결 안 됨
(조치)시스템 재부팅 및 연결 설정 변경 후 정상화
(추적)해결 완료(11/15)
(10/29~11/21) SSN 수신국 네트워크 지연
(원인)고정 IP 충돌 : KT 전산상의 고정 IP와 실제 사용하던 고정 IP가 다름
(조치)HW 설정 변경 : 고정 IP 설정 변경
(추적)해결 완료(11/21)
(11/24~11/26) 통합운영국 PC 오류
(원인)원인 불명 : 그래픽카드 문제 예상
(조치)드라이버 업데이트 : 그래픽카드 드라이버 최신 업데이트 후 정상 운용
(추적)해결 완료(11/26), 추적진행 중

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

12월 일일점검

시스템 ID	전체	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	가용성 데이터 저장 상태 확인 *(가용성 데이터 개수 80,000개 이상인지 확인)*	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	통합 모니터링 시스템 동작 점검 *(통합 모니터링 시스템 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○
3	유지보수 시스템 정상 동작 점검 *(이상/장애 등록 SW의 UI 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	각 시스템 간 통신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○
5	각 시스템 정상 동작 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○
6	수신국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	X	○	○	○	○	○
7	감시국 데이터 수신 상태 점검 *(통합 모니터링 SW의 GUI 조작 및 육안 검사)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	데이터베이스 백업 확인 *(금일 데이터베이스 백업 파일 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 저장여유 공간 확인 *(HDD 여유 용량이 30%이상인지 확인)*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(12/03, 12/19, 12/26)IDC, 제어국 A간 통신 단절

(원인)소켓 오류 : 소켓오류로 인한 통신 단절 발생

(조치)IDC 재실행 : IDC 재실행 후 원인 추적 진행

(추적)해결 완료(12/26)

(12/05) GNJ 수신국 전원 차단

(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단

(조치)전원 공급 : 정상 전원 공급 후 자동 재실행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

(추적)해결 완료(12/05)

(12/27) GNJ 수신국 전원 차단

(원인)HW 전원 차단 : 설치 지역 공사로 인한 전원 차단
(조치)전원 공급 : 정상 전원 공급 후 자동 재실행
(추적)해결 완료(12/27)

(12/05~12/31) GNJ 수신국 네트워크 불안정

(원인)네트워크 불안정 및 지연 : 설치 지역 공사 인한 네트워크 불안정 및 지연 현상 발생
(조치)추적 관리 : ping 테스트 진행 및 추적 진행
(추적)미해결, 추적 진행

(12/05~12/27)제어국 A, C 비정상 종료 발생

(원인)공주 수신국 데이터 이상 : 공주 수신국의 네트워크 불안정으로 인한 데이터 이상 발생
(조치)SW 업데이트 : 이상 데이터에 대해 예외처리 추가 완료
(추적)해결 완료(12/27)

(12/07~12/21) HWS_B PC 네트워크 끊김

(원인)네트워크 케이블 헐거움 : PC의 랜 케이블이 헐겁게 연결되어 있었음
(조치)추적 관리 : 유지보수 출장을 통해 해결 완료
(추적)해결 완료(12/21)

(12/13~12/20) 보은 M 수신기 이상 발생

(원인)원인 불명 : 시리얼 통신 문제로 예상
(조치)수신국 SW 재실행: SW 재실행 후 원인 추적 진행
(추적)해결 완료(12/20)

(12/27) 통합운영국, 제어국 외부 전원 차단

(원인)외부 전원 차단 : 건물 전기 안전 점검으로 인한 외부 전원 차단 발생
(조치)전원 공급 : 전기 안전 점검 완료 후 정상 전원 공급
(추적)해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	MCC (통합운영국)	담당자	장 명 재	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/3)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	X	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	X	X	○	○	X	X
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	X	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(07/01~07/31)GLONASS 표출, 가용성 데이터 저장, GUI 수정
(원인)SW 업데이트 : 추가 데이터 표출 및 가시성을 위한 GUI 수정
(조치)SW 업데이트 : GLONASS 표출(보정정보, SkyPlot) 추가, 가용성 데이터 저장 기능 추가, 표출 화면 위치 변경, 데이터 표출 그래프(정확성, 사용자, 위성 등) 추가
(추적)해결 완료(07/31)

(08/04, 08/11) 통합운영국 SW 비정상 종료
(원인)SW 오류 : 저장 모듈 메모리 누수 발생
(조치)SW 업데이트 : 저장 모듈의 데이터 구조체 동적 메모리 해제 코드 추가
(추적)해결 완료(08/13)

(08/01) 특정 이벤트 데이터 저장 실패
(원인)SW 오류 : 데이터베이스 저장 포맷과 불일치 이벤트 데이터 수신(쓰레기 값이 들어올 때 발생하는 것으로 추정)
(조치)원인 파악 : 지속적으로 일어나는 현상이 아니어서 모니터링 및 발생 원인 파악 진행
(추적)중요 데이터가 아니기 때문에 우선순위 보류

(09/17) SW 업데이트
(원인) 클러스터 D 가동을 위한 SW 업데이트
(조치) 통합운영국 설정파일 수정 후 SW 재실행, 클러스터 D 데이터 저장 및 표출 테스트 진행
(추적) 해결 완료(09/17)

(11/24) PC 오류 발생
(원인) 원인 불명, 그래픽 카드 오류로 인한 PC 블루스크린 발생 예상
(조치) 최신 그래픽카드 드라이버 업데이트 후 재 운용 실시
(추적) 추적 진행 중, 해결 완료(11/26)

(11/27) 전원 차단 발생
(원인) 설치 건물의 전기 안전 검사로 인한 전원 차단 발생
(조치) 전기 안전 검사 완료 후 정상 동작
(추적) 해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	CLSA (제어국A)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/3)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	X	○	○	○	○	X
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	-	-	-	-	-	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(08/28) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : 적응형 보정정보 생성 기능 추가
(조치) SW 업데이트 : 보정정보 생성 모듈에 적응형 보정정보 생성 기능 추가
(추적)해결 완료(09/28)

(09/17) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : BeiDou 보정정보 송출 시작
(조치) SW 업데이트 : 보정정보 프로토콜에 BeiDou측정치 추가
(추적)해결 완료(09/17)

(11/05) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : 베이두 알고리즘, 프로토콜 보완, 수정
(조치) SW 업데이트 : 감시국 위치결정 데이터, 베이두 통합운영국 표출 정보 추가
(추적) 해결완료(11/05)

(12/05~12/27) 지역제어국 SW 다운 발생
(원인) 공주 수신국 데이터 이상 : 이상 데이터 수신으로 인한 SW 다운 현상 발생
(조치) SW 업데이트 : 이상 데이터에 대해 예외처리 추가
(추적) 해결완료(12/27)

(11/27) 전원 차단 발생
(원인) 설치 건물의 전기 안전 검사로 인한 전원 차단 발생
(조치) 전기 안전 검사 완료 후 정상 동작
(추적) 해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	CLSB (제어국B)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/3)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	X	○	○	○	○	X
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	-	-	-	-	-	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(08/28) 지역제어국 SW 업데이트

(원인) SW 업데이트 : 적응형 보정정보 생성 기능 추가

(조치) SW 업데이트 : 보정정보 생성 모듈에 적응형 보정정보 생성 기능 추가

(추적)해결 완료(09/28)

(09/17) 지역제어국 SW 업데이트

(원인) SW 업데이트 : BeiDou 보정정보 송출 시작

(조치) SW 업데이트 : 보정정보 프로토콜에 BeiDou측정치 추가

(추적)해결 완료(09/17)

(11/05) 지역제어국 SW 업데이트

(원인) SW 업데이트 : 베이두 알고리즘, 프로토콜 보완, 수정

(조치) SW 업데이트 : 감시국 위치결정 데이터, 베이두 통합운영국 표출 정보 추가

(추적) 해결완료(11/05)

(11/27) 전원 차단 발생

(원인) 설치 건물의 전기 안전 검사로 인한 전원 차단 발생

(조치) 전기 안전 검사 완료 후 정상 동작

(추적) 해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	CLSC (제어국C)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/3)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	X	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	-	-	-	-	-	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(08/28) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : 적응형 보정정보 생성 기능 추가
(조치) SW 업데이트 : 보정정보 생성 모듈에 적응형 보정정보 생성 기능 추가
(추적)해결 완료(09/28)

(09/13~09/14) 보은 수신국 유지보수
(원인) 보은 수신국 IP 변경 : 보은 수신국 유지보수 이후 보은 수신국 IP 변경
(조치) SW 설정 변경 : 제어국 C 환경설정에서 보은 IP 수정 후 SW 재실행
(추적)해결 완료(09/28)

(09/17) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : BeiDou 보정정보 송출 시작
(조치) SW 업데이트 : 보정정보 프로토콜에 BeiDou측정치 추가
(추적)해결 완료(09/17)

(11/05) 지역제어국 SW 업데이트
(원인) SW 업데이트 : 베이두 알고리즘, 프로토콜 보완, 수정
(조치) SW 업데이트 : 감시국 위치결정 데이터, 베이두 통합운영국 표출 정보 추가
(추적) 해결완료(11/05)

(12/05~12/27) 지역제어국 SW 다운 발생
(원인) 공주 수신국 데이터 이상 : 이상 데이터 수신으로 인한 SW 다운 현상 발생
(조치) SW 업데이트 : 이상 데이터에 대해 예외처리 추가
(추적) 해결완료(12/27)

(11/27) 전원 차단 발생
(원인) 설치 건물의 전기 안전 검사로 인한 전원 차단 발생
(조치) 전기 안전 검사 완료 후 정상 동작
(추적) 해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	CLSD (제어국D)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (-/-)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	-	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	-	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	-	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	-	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	-	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	-	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	-	○	○	○	○	X
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	-	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	-	-	-	-	-	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	-	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	-	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(09/17) 클러스터 D 테스트 가동

(원인) SW 테스트 : 클러스터 D 테스트 가동 시작

(조치) SW 테스트 완료 : 클러스터 D 가동 후, BURN-IN TEST 진행 (5일간)

(추적)해결 완료(09/17)

(09/22) 클러스터 D 가동 시작

(원인) 시스템 시작 : 클러스터 D 가동 시작

(조치) 테스트 완료 : 테스트 완료 후 정상 가동 시작

(추적)해결 완료(09/17)

(11/05) 지역제어국 SW 업데이트

(원인) SW 업데이트 : 베이두 알고리즘, 프로토콜 보완, 수정

(조치) SW 업데이트 : 감시국 위치결정 데이터, 베이두 통합운영국 표출 정보 추가

(추적) 해결완료(11/05)

(11/27) 전원 차단 발생

(원인) 설치 건물의 전기 안전 검사로 인한 전원 차단 발생

(조치) 전기 안전 검사 완료 후 정상 동작

(추적) 해결 완료(12/27)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	CHA (천안 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/27)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	X	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(09/18) SW 업데이트

(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료(09/18)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(12/01) HDD 용량 부족

(원인)HDD 잔여 용량 부족
(조치)데이터 백업 및 공간 확보
(추적)해결 완료(12/01)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	GSN (괴산 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/27)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(09/18) SW 업데이트

(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료(09/18)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	GNJ (공주 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/21)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	X	X	X	○	○	X
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	X	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(09/03~10/18) 네트워크 이상

(원인) 인터넷 회선 노후화로 인한 잦은 네트워크 끊김 발생
(조치) 네트워크 상태 모니터링
(추적) 인터넷 모뎀 교체 장착 (10/18)

(09/18) SW 업데이트

(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료 (09/18)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트

(원인)카메라 데이터 송신 오류 발생 : 수신기 안테나 사진 송신 부 오류 발생
(조치)소프트웨어 업데이트: 카메라 데이터 송신 오류 수정
(추적)해결 완료(11/15)

(12/05~12/31) 네트워크 이상

(원인) 설치 건물 공사로 인한 네트워크 지연, 불안정 발생
(조치) 네트워크 상태 모니터링
(추적) 추적 관리 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	BON (보은 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/28)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	X	X	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	X	X	○	○	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	X	X	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(08/21~09/12) UPS 고장 (이벤트 처리 지연)

(원인) HW 오류 : UPS 고장 및 네트워크 끊김
(조치) UPS 교체장착 (UPS 확보에 따른 딜레이 약 1주 소요), 네트워크 회선 교체작업 완료 (KT 기사 일정과 태풍 및 기상 상태 악화에 따른 딜레이 약 2주 소요)
(추적)해결 완료(09/12)

(09/18) SW 업데이트

(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료(09/18)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트

(원인)카메라 데이터 송신 오류 발생 : 수신기 안테나 사진 송신 부 오류 발생
(조치)소프트웨어 업데이트: 카메라 데이터 송신 오류 수정
(추적)해결 완료(11/15)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	SSN (서산 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/27)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	○	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	X	X	○	○
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	X	X	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	X	○	○

작업 및 보수사항

(09/18) SW 업데이트

(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료(09/18)

(09/22~10/08) 수신국 B 다운 (이벤트 처리 지연)

(원인) 네트워크 오류 : 모뎀 전원공급 차단으로 인한 네트워크 끊김 발생
(조치) 네트워크 전원 공급 : 전원 공급 정상화
(추적) 해결 완료(10/08)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트

(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(10/29~11/21) SSN 수신국 네트워크 지연 (이벤트 처리 지연)

(원인)고정 IP 충돌 : KT 전산상의 고정 IP와 실제 사용하던 고정 IP가 다름
(조치)HW 설정 변경 : 고정 IP 설정 변경
(추적)해결 완료(11/21)

(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트

(원인)카메라 데이터 송신 오류 발생 : 수신기 안테나 사진 송신 부 오류 발생
(조치)소프트웨어 업데이트: 카메라 데이터 송신 오류 수정
(추적)해결 완료(11/15)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

월간점검

시스템 ID	HWS (화성 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)					
		7월 (8/1)	8월 (9/3)	9월 (10/1)	10월 (11/1)	11월 (12/1)	12월 (12/21)
1	PC 메모리 사용량 확인 *(45% 이하)*	○	○	○	○	○	○
2	PC의 HDD 여유 용량 확인 *(30%이상)*	○	○	○	○	X	○
3	CPU사용량 확인 *(50% 이하)*	○	○	○	○	○	○
4	네트워크 트래픽 확인 *(10M 미만)*	○	○	○	○	○	○
5	윈도우 이벤트 발생 현황 점검 *(이벤트 뷰어를 통해 시스템 운용에 영향이 있는 이벤트 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
6	네트워크 끊김 현상 발생 여부 점검 *(윈도우 이벤트 Log 확인)*	○	○	○	○	○	X
7	SW 다운 발생 여부 *(시스템 SW 다운 발생 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○
8	Log날짜 별 데이터 저장 여부 검사 *(각 시스템 별 저장하는 데이터 Log 확인)*	○	○	○	○	○	○
9	데이터베이스 백업 시스템 동작 여부 검사 *(3개월 전 백업 데이터 삭제 여부 확인)*	○	○	○	○	○	-
10	UPS 충전량 확인 *(UPS 충전량이 100%인지 검사)*	○	○	○	○	○	○
11	이벤트 처리 진행 사항 점검 *(등록된 이벤트 일감 중 처리되고 있지 않은 일감 존재 여부 확인)*	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(09/18) SW 업데이트
(원인) 지속적인 테스트로 인한 수신국 간 소프트웨어 버전 불일치
(조치) 안정성 향상된 최신 버전의 SW 업데이트
(추적)해결 완료(09/18)

(10/02~10/04) 수신국 SW 업데이트
(원인)네트워크 지연 : 지속적인 네트워크 지연현상
(조치)SW 업데이트 : 네트워크 지연현상 모니터링 기능 추가
(추적)해결 완료(10/4)

(11/14~11/15) 수신국 SW 업데이트
(원인)카메라 데이터 송신 오류 발생 : 수신기 안테나 사진 송신 부 오류 발생
(조치)소프트웨어 업데이트: 카메라 데이터 송신 오류 수정
(추적)해결 완료(11/15)

(12/01) HDD 용량 부족
(원인)HDD 잔여 용량 부족
(조치)데이터 백업 및 공간 확보
(추적)해결 완료(12/01)

(12/07~12/21) 네트워크 끊김
(원인)PC의 렌선 헐거움
(조치)유지보수 출장을 통해 렌선 교체
(추적)해결 완료(12/21)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	MCC (통합운영국)	**담당자**	장 명 재	**소속**	㈜지아이시스템

순번	**점검내용**	**점검기록 (양호: ○, 고장: X)**	
		3/4분기 (10/2)	**4/4분기 (12/28)**
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	X	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	○	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	-	-
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	-	-
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	-	-

작업 및 보수사항

(10/02) 랙 내부 먼지 쌓임

(원인) 랙 내부 먼지 쌓임 : 시간 지남에 따른 먼지 쌓임

(조치) 랙 내부 청소 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CLSA (제어국A)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/2)	4/4분기 (12/28)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	X	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	-	-
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	-	-
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	-	-

작업 및 보수사항

(10/02) 랙 내부 먼지 쌓임
(원인) 랙 내부 먼지 쌓임 : 시간 지남에 따른 먼지 쌓임
(조치) 랙 내부 청소 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CLSB (제어국B)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/2)	4/4분기 (12/28)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	X	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	-	-
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	-	-
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	-	-

작업 및 보수사항

(10/02) 랙 내부 먼지 쌓임
(원인) 랙 내부 먼지 쌓임 : 시간 지남에 따른 먼지 쌓임
(조치) 랙 내부 청소 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CLSC (제어국C)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/2)	4/4분기 (12/28)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	X	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	-	-
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	-	-
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	-	-

작업 및 보수사항

(10/02) 랙 내부 먼지 쌓임
(원인) 랙 내부 먼지 쌓임 : 시간 지남에 따른 먼지 쌓임
(조치) 랙 내부 청소 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CLSD (제어국D)	담당자	김 찬 영	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/2)	4/4분기 (12/28)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	X	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	-	-
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	-	-
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	-	-

작업 및 보수사항

(10/02) 랙 내부 먼지 쌓임
(원인) 랙 내부 먼지 쌓임 : 시간 지남에 따른 먼지 쌓임
(조치) 랙 내부 청소 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	GNJ (공주 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (9/17)	4/4분기 (12/21)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	X	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(09/17) 케이블 정리 미비

(원인)케이블 정리 : 장비 교체로 인한 케이블 정리 미비

(조치)케이블 정리 작업 진행

(09/17)PC 설정 셋팅

(원인)PC 기기 변경 중 자동 실행 기능 셋팅 않됨

(조치)PC 부팅 시 수신국 SW 자동 실행 기능 추가

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	SSN (서산 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (9/17)	4/4분기 (12/26)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	X	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(09/17) 케이블 정리 미비

(원인)케이블 정리 : 장비 교체로 인한 케이블 정리 미비

(조치)케이블 정리 작업 진행

(09/17~09/21)PC B 고장

(원인)HW 오류 : 하드디스크 손상

(조치)HW 교체 : PC 교체 완료, 고장 HW는 수리중

(추적)해결 완료(09/21)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	HWS(화성 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/03)	4/4분기 (12/21)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	X
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	○	○
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(12/07~12/21)PC의 네트워크 렌선 접촉 불량

(원인)렌선 접촉 불량 : 렌선 불량

(조치)HW 교체 : 렌선 교체 완료

(추적)해결 완료(12/21)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CHA (천안 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X)	
		3/4분기 (10/03)	4/4분기 (12/25)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	○	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	○	○
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	GSN (괴산 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/05)	4/4분기 (12/25)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	X	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(10/05) 케이블 정리 미비

(원인)케이블 정리 : 장비 교체로 인한 케이블 정리 미비

(조치)케이블 정리 작업 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	BON (보은 수신국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/05)	4/4분기 (12/25)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	X	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(10/05) 케이블 정리 미비

(원인)케이블 정리 : 장비 교체로 인한 케이블 정리 미비

(조치)케이블 정리 작업 진행

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

분기점검

시스템 ID	CHJ (청주 감시국)	담당자	곽 홍 석	소속	㈜지아이시스템

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X) 3/4분기 (10/08)	4/4분기 (12/21)
1	PC 부팅 테스트 진행 *(부팅 후 10분 이내에 SW실행 및 동작 하는지 검사)*	○	○
2	PC 팬 동작 확인 *(팬 동작 여부 육안 검사 진행)*	○	○
3	모니터, 키보드, 마우스 동작 여부 확인 *(동작 테스트 진행)*	○	○
4	PC의 케이블 연결 상태 및 정리정돈 확인 *(함체 내부의 PC 케이블 상태에 대해 육안 검사 진행)*	○	○
5	함체 외관 검사 *(함체의 외관에 대해 청결 및 부식되어 있는지 검사)*	○	○
6	랙 내부 온도 검사 *(-1℃이상 40℃ 이하인지 검사)*	○	○
7	랙 내부 청결(먼지, 부식) 검사 *(랙 내부 육안 검사 진행)*	○	○
8	랙 케이블 상태(연결 상태, 정리정돈) 검사 *(각 기기의 케이블 연결상태 및 정리정돈 상태 육안 검사 진행)*	X	○
9	열교환기 정상 동작 확인 *(현재 온도에 맞게 작동중인지 검사 진행)*	-	-
10	KVM 모듈 및 스위치 정상 동작 확인 *(KVM 동작 테스트 진행)*	○	○
11	필라 고정 상태(부식, 헐거움 등) 검사 *(필라 고정상태 검사 진행)*	○	○
12	필라 외관의 부식정도 및 주변 환경(장애물) 존재 여부 검사 *(육안 검사 진행)*	○	○
13	필라 케이블 상태(노후화, 까짐, 연결 상태 등) 확인 *(필라 케이블에 대해 육안 검사 진행)*	○	○

작업 및 보수사항

(10/08) 케이블 정리 미비

(원인)케이블 정리 : 장비 교체로 인한 케이블 정리 미비

(조치)케이블 정리 작업 진행

(10/08)PC 설정 셋팅

(원인)PC 기기 변경 중 자동 실행 기능 셋팅 않됨

(조치)PC 부팅 시 수신국 SW 자동 실행 기능 추가

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

긴급점검

순번	시스템 ID	점검일자	담당자 (소속)	점검사유 및 작업내용
1	IDC, MCC, CLS	2018-08-09	김찬영 (지아이 시스템)	(점검사유) 각 SW에 대해 Debug->Release버전으로 수정 (작업내용) 각 소프트웨어 Release버전으로 수정
2	MCC, CLS	2018-08-28	김찬영 (지아이 시스템)	(점검사유) 적응형 보정정보 생성 기능을 위한 버전 업데이트 (작업내용) 제어국 및 통합운영국 업데이트 버전 실행
3	MCC, CLS	2018-09-17	김찬영 (지아이 시스템)	(점검사유) BeiDou 송출 기능 추가를 위한 버전 업데이트 (작업내용) 제어국 및 통합운영국 업데이트 버전 실행
4	MCC, CLS	2018-11-05	김찬영 (지아이 시스템)	(점검사유)통합운영국 BeiDou 표출 기능 수정보완 및 GLONASS 표출 화면 삭제 (작업내용)SW 업데이트 -제어국: BeiDou 표출 데이터 생성 기능 안정화 -통합운영국:GLONASS 표출 화면 삭제

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

C. DMB TPEG 보정정보 송출시스템 점검 일지

월간점검

시스템 ID	DMB_X	담당자	박 두 경	소속	MBC

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X, 보수: △)					
		7월 (8/1)	8월 (8/30)	9월 (9/27)	10월 (10/31)	11월 (11/30)	12월 (12/7)
1	메모리 사용량	○	○	○	○	○	○
2	CPU 사용량	○	○	○	○	○	○
3	HDD 여유 용량	○	○	○	○	○	○
4	운영체제 장애 발생 여부	○	○	○	○	○	○
5	네트워크 장애 발생 여부	-	△	△	△	△	○
6	데이터 Log 저장 여부	-	-	○	○	○	○
7	시스템 재가동 여부	○	○	○	○	○	○

작업 및 보수사항

(~8/22) 로그 수집 기능 미확보에 따라 네트워크 및 데이터 Log 저장 관련 점검 불가
(8/21) SW 업데이트: 보정정보 송수신에 대한 답신 데이터 불규칙 전송 오류 수정
(8/23) SW 업데이트: 로그 수집 기능 추가 후, 프로그램 재가동
(8/28) SW 업데이트: 주/부 포트 스위칭 오류 수정
(9/22) SW 업데이트: 인코더 모듈 메모리 누수 수정
(9/29) SW 업데이트: 프로그램 중복 실행 방지 기능 추가
(10/4) HW 업데이트: 하드 용량 증설 및 이중화 서버 구축

분기점검

시스템 ID	DMB_X	담당자	박 두 경	소속	MBC

순번	점검내용	점검기록 (양호: ○, 고장: X, 보수: △)	
		3/4분기 (9/27)	4/4분기 (12/7)
1	서버 H/W 검사	○	○
2	랙 내부 온도 검사	○	○
3	랙 케이블 결선 상태	○	○
4	KVM 및 네트워크 스위치 상태 검사	○	○

작업 및 보수사항

긴급점검

순번	시스템 ID	점검일자	담당자 (소속)	점검사유 및 작업내용
1	DMB_X	8/21	박두경 (MBC)	답신 데이터 불규칙 전송 오류 수정 후, 재가동
2		8/23		로그 수집 기능 추가 후, 재가동
3		8/28		주/부 포트 스위칭 오류 수정 후, 재가동
4		9/22		인코더 모듈 메모리 누수 수정 후, 재가동
5		9/29		프로그램 중복 실행 방지 기능 추가 후, 재가동
6		10/4		서버 하드 용량 부족, 하드 용량 증설 후, 재가동
7		11/24		KT아현지사 화재, 네트워크 이중화 자동절체 됨

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-65

HMI 분석서

2018. 12. 31.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	안종선	2018. 12. 31.	
검 토			
승 인			

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 31	안종선

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. HMI 분석 개요 ····· 1

2. HMI 분석 방법 ····· 1

3. HMI 분석 결과 ····· 2

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. HMI 분석 개요

위성항법시스템에서의 무결성은 사용자의 안전에 직결된 요구조건으로 반드시 보장되어야 한다. 무결성을 손상시키는 다양한 요인에 대비하여 보강시스템이 개발 및 운용되고 있다. 보강시스템에서 가장 우려하고 있는 위협요인은 '보강시스템에서 예측할 수 없는 요인'들로 인지하고 있는 위협과 실제 사용자가 겪는 위협이 상이한 경우이다. 이와 같은 고장 상황을 정의하고, 관련 검출 기법을 개발함으로써, 교통인프라 시스템의 위치정보 신뢰성 분석을 위해 HMI (Hazard Misleading Information) 분석을 수행하였다.

2. HMI 분석 방법

위성항법시스템에서의 HMI 확률은 고장이 발생하였을 때, 검출 알고리즘은 검출을 실패한 상태에서 보호수준이 고장에 의한 실제 오차를 Overbound 되지 못할 확률을 나타낸다. 이를 수식적으로 표현하면 Eq. 1와 같다.

$$P(HMI|fault_k) \equiv P(|e_v| > VPL|fault_k) \times P(|q_k| < k_{ffd,mon}\sigma_{r,mon}|fault_k) \tag{1}$$

e_v : 사용자의 수직방향 위치 오차 (unknown)
q_v : k 위성 (고장 위성)의 검정통계량
$k_{ffd,mon}$: Fault Free 확률 마진 (설계치)
$\sigma_{r,mon}$: 정상상태시 검정통계량 표준편차

Eq. 1의 오른쪽 항의 각 확률을 유도하면 Eq. 2, 3과 같다.

$$\begin{aligned}
&P(|e_v| > VPL|fault_k) \\
&\approx P\left(|S_{v,k}b_k| + \sum_{i=1}^{n} S_{v,i}v_i > k_{ffmd}\sigma_v\right) \\
&= 1 - Q\left\{k_{ffmd} - \frac{|S_{v,k}b_k|}{\sigma_v}\right\} \\
&= 1 - Q\left\{k_{ffmd} - \frac{\sigma_{v,k}|b_k|}{\sigma_v\sigma_k}\right\} \\
&\le 1 - Q\left\{k_{ffmd} - \frac{|b_k|}{\sigma_k}\right\} = Q\left\{\frac{|b_k|}{\sigma_k} - k_{ffmd}\right\}
\end{aligned} \tag{2}$$

$S_{v,k}$: 고장 위성 k의 수직위치오차 투영 벡터
b_k : 고장요인으로 인한 바이어스 오차
v_i : 개별 가시위성의 오차 (정상상태)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$S_{v,i}$: 개별 가시위성의 수직위치오차 투영 벡터
k_{ffmd} : H0 가설에서의 마진상수 (설계치)
σ_v: 사용자 수직위치오차 표준편차 (정상상태)

Eq. 2와 같이, Eq. 1 오른쪽 두 번째 항을 유도하면 다음과 같다.

$$P(|q_k| < k_{ffd,mon}\sigma_r \,|\, fault_k) \approx P(|r_k| + \eta_k < k_{ffd,mon}\sigma_r \,|\, fault_k)$$
$$= Q\left\{k_{ffd,mon} - \frac{|r_k|}{\sigma_{r,k}}\right\} \quad (3)$$

q_k : k 위성의 검정통계량
$k_{ffd,mon}$: 검출기법의 마진상수 (Fault Free)
σ_r : 검정통계량 표준편차
$\sigma_{r,k}$: 고장위성 검정통계량 표준편차
r_k : 고장 요인으로 인한 검정통계량
η_k : 정상상태요인으로 인한 검정통계량

3. HMI 분석 결과

교통인프라 무결성 요구조건인 PHMI인 요구조건인 0.8x10^{-3}을 바탕으로 그림 1과 같이, Top-Down 방식으로 세부 고장상황에 대한 하위 PHMI 를 할당하였다. 할당방식은 항공용 GBAS (Ground Based Augmentation System) 방식으로 확률을 배당하였다.

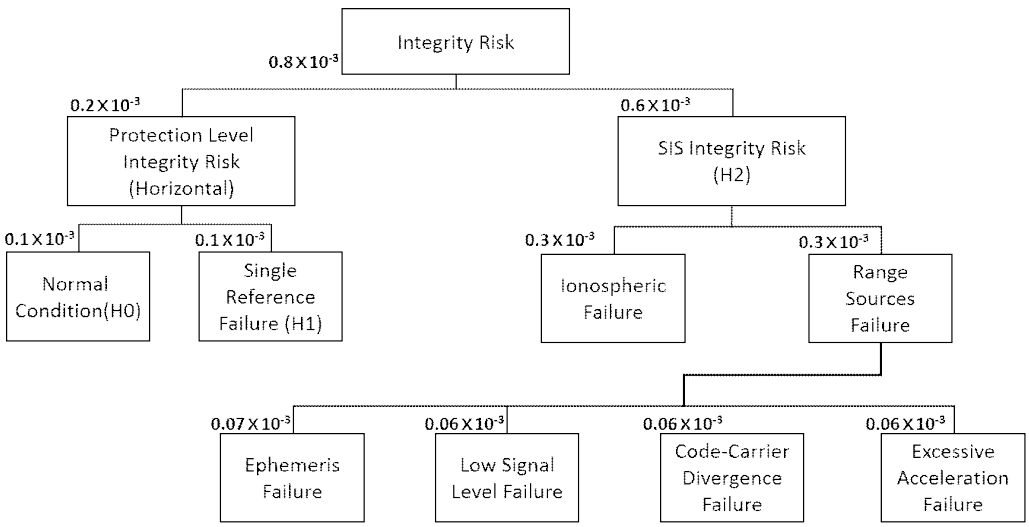


그림 1. 교통인프라 정밀위치결정 무결성 위협 구성도 (Integrity Fault Tree)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

무결성 위협상황은 그림 1과 같이, 위치영역 (Protection Level Integrity Risk)와 거리영역 (Signal In Space Integrity Risk)으로 나뉜다. 위치영역의 경우 고장이 발생하였으나, 이를 두 가지 가설인 H0, H1 기반으로 생성된 보호수준이 고장상황을 예측하지 못한 상황이며, 거리영역의 경우 표 2와 같이 고자 요인에 따른 대처알고리즘의 고장검출을 실패한 상황으로 분류된다.

이를 통해 HMI 분석은 세부 할당된 PHMI를 하위 단계에서의 각 모듈에서 충족을 시키는지 분석하는 것으로, 분석을 위한 주요 파라메터는 각 모듈에서 산출되는 검정통계량의 정상상태 표준편차, 최소검출고장가능 크기 (MDE; Minimum Detectable Error)로 구성된다. 본 연구개발 과제에서는 위치영역의 PHMI를 는 시험방송운영평가 결과를 통해 만족하는 것을 확인하여, 거리영역 환경의 HMI 분석을 수행하였다.

그림 2와 이, PHMI의 기본 개념은 특정 위성의 고장이 발생하였으나, 교통인프라 지상설비에 구축된 고장검출 SW에서 고장검출 및 위치보호수준에서 검출을 실패할 확률을 나타낸 것으로, 각 세부 고장 검출 SW에서의 검정통계량 및 최소고장검출 가능 크기를 통해 도출된다.

표 1. 교통인프라 고장 상황 분류 및 대처 방안

번호	상황 분류		대처 방안
1	보정정보/무결성 정보 생성 하드웨어 고장		클러스터 지역제어국 이중화
2	위성항법시스템 측정값 손실		클러스터 지역수신국 이중화
3	위치오차 발산		Protection Level
4	전리층 폭풍		DFCD, ISD, Code-Carrier Divergence Test
5	측정값 고장	궤도력	Eph-Eph
		신호세기	CN0 Test
		코드-반송파 발산	Code-Carrier Divergence Test
		급격한 측정값 발산	Carrier Acceleration-Ramp-Step Test

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

$$P\left(HMI \middle| fault_k\right) \equiv P\left(\left|q_k\right| < k_{ffd,mon}\sigma_{r,mon} \middle| fault_k\right) P\left(\left|e_v\right| > VPL \middle| fault_k\right)$$

e_v : 차량 사용자 수평위치오차 (Unknown)
q_v : k 위성 (고장 위성) 의 검정통계량
$k_{ffd,mon}$: *Fault Free* 확률 마진 (설계치)
$\sigma_{r,mon}$: 정상상태시의 검정통계량 표준편차

고장 검출 실패 (측정값 영역, 고장검출SW)
허용 위치 오차 초과 (사용자 위치 영역, 육상교통차량)

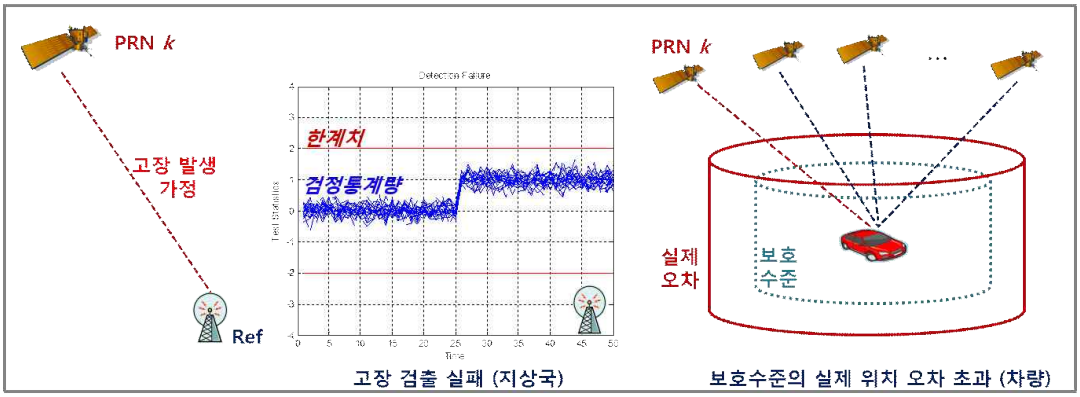


그림 2. PHMI 의 기본 개념

표 2. HMI 분석 주요 파라메터 (SIS Integrity Risk)

하위 무결성 모듈	무결성 검출 기법	검정통계량 표준편차	최소고장검출 가능크기 (MDE)
Ionospheric Failure	DFCD	0.005m/s	0.07m/s
	ISD	0.3 deg	0.2 deg
Range Source Failure	Eph-Eph	0.5m	142m
	Eph-IGS	0.8m	132m
	CN0	5dBW	15dBW
	Code-Carrier Divergence	0.02m/s	0.2m/s
	Carrier ARS	Acceleration	0.04m/s2
		Ramp	0.01m/s
		Step	0.07m

세부 고장 검출 SW에서 도출된 PHMI는 모두 합산되어, 본 연구개발 과제의 요구치인 $0.8\text{x}10^{-3}$와 비교하였다. 표 2는 최종 분석결과로 0.8x10-3로 HMI 요구조건을 만족한 것으로 분석되었다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	기술분석서	문서번호	보고서-66

통합운영국 기능 단위 테스트 결과 보고서

2018. 12. 27.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	김찬영	2018. 12. 27.	
	장명재	2018. . .	
	곽홍석	2018. . .	
검 토		2018. . .	
		2018. . .	
		2018. . .	
승 인		2018. . .	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 27.	김찬영, 장명재, 곽홍석

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1. 통합운영국 소개 ····· 1
1.2. 통합운영국 단위 기능 ····· 1

2. 단위 기능 시험 ····· 1
2.1. 통합 모니터링 기능 시험 ····· 2
2.2. 데이터베이스 기능 시험 ····· 4
2.3. 유지보수 관리 기능 시험 ····· 9

3. 비 기능시험 ····· 10

4. 단위 기능 시험 결과 ····· 11

5. 별첨 ····· 11

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

통합운영국 시스템의 기능 단위 시험을 진행하고, 결과를 확인하여 시스템의 안정성과 신뢰성을 확보한다.

1.1 통합운영국 소개

본 과제에서 실용화 관점에서의 차로구분 정밀위치 결정 교통인프라를 운영하기 위해 통합운영국을 개발했다. 통합운영국은 보정정보를 생성하고 송출하는 전 과정을 모니터링하여 인프라 시스템의 이상/장애 상황을 감시하고 판단하며, 이상/장애가 발생할 경우 관리자 및 담당자가 대응 할 수 있도록 도와주며 인프라 시스템 요구성능 만족도를 분석할 수 있게 데이터를 저장한다.

1.2 통합운영국 단위 기능

통합운영국 시스템의 단위기능은 3가지로써 통합 모니터링 기능, 데이터베이스 기능, 유지보수 관리 기능으로 나눈다. 각 기능의 설명은 아래와 같다.

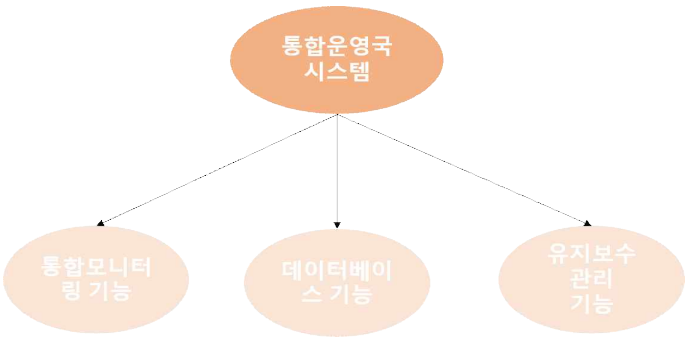


그림 1 통합운영국 단위 기능

- 통합 모니터링 기능

인프라 시스템의 상태를 관리자 및 담당자가 모니터링 할 수 있도록 상태 데이터를 수집하고 가공하여 화면에 표출하는 기능이다.

- 데이터베이스 기능

연구 목적 및 시스템 가용성 평가를 위해 인프라 시스템의 데이터를 저장하는 기능이다.

- 유지보수 관리 기능

인프라의 운용 과정에서 발생하는 이상/장애의 발생 시간, 처리 시간, 담당자 등의 정보를 관리하며, 정의된 시스템 이상/장애가 발생할 경우 관리자 및 담당자가 인지할 수 있도록 알람 통보하는 기능이다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 단위 기능 시험

통합운영국의 단위 기능인 통합 모니터링 기능, 데이터베이스 기능, 유지보수 관리 기능에 대해 단위시험을 진행한다.

2.1 통합 모니터링 기능 시험

표 1 통합모니터링 기능 시험 내용

통합 모니터링 기능 단위 시험							
케이스명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
시스템 PC, APP 상태 기능	PC, APP 상태 데이터	1) 수신국, 제어국의 APP, PC를 하나씩 종료 2) 표출되는 상태와 실제 APP, PC의 상태와 비교 확인	구축된 수신국, 제어국, 감시국의 PC, APP, FTP를 하나씩 종료하며 표출 상태 확인 (적합 기준 : 3개의 시스템 상태 중 상태 동일)	장명재	17.10.16	Pass (시험 횟수 : 3)	-
오류 시스템 및 이벤트 출력 기능	수신국 상태 데이터	1) 수신국의 위성수신기와 연결이 되지 않도록 연결선 분리 2) 해당 수신국의 위성수신기 오류발생 3) 표출되는 오류 시스템 목록에 해당 수신국이 추가되는지 확인	시스템을 임의로 오류를 발생시킨 후 오류시스템 목록에 추가되는지 확인 (적합 기준 : 에러 발생한 모든 시스템 추가 확인)	장명재	17.10.17	Pass (시험 횟수 : 3)	-
	수신국 상태 데이터	1) 수신국 데이터 수집 주기 시간을 1초 미만으로 변경 2) 수신국 데이터 수집 시간 초과 이벤트 발생 3) 해당 수신국의 이벤트가 화면에 출력되는지 확인	임의로 이벤트를 발생시켜 해당 이벤트가 출력되는지 확인 (적합 기준 : 10초간 오류 및 이벤트 발생내용 전부 출력)	장명재	17.10.17	Pass (시험 횟수 : 3)	-
보정정보 데이터 이동 시간 기능	시간이격량 데이터	1) 제어국에서 수신받는 수신국의 송신시간과 수신 받은 시간을 통해 계산되는 시간 확인 2) 확인한 시간과 현재 표출되는 시간과 같은지 확인	수신국 위성데이터 송신시간과 제어국 수신시간을 확인하여 테스트 (적합 기준 : 10초간 통합운영국 출력 값과 제어국 출력 값 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
제어국 무결성 정보 감시 기능	무결성 데이터	1) 제어국에서 생성한 무결성 정보를 바로 출력 2) 출력된 값과 통합운영국에서 표출되는 값 확인	제어국에서 생성한 HPE, HPL 값 확인 (적합 기준 : 10초간 통합운영국 출력 값과 제어국 출력 값 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
		1) 제어국에서 100번	Stanford chart 기능 확인	장명재	17.10.14	Pass (시험	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		무결성 정보 수신 2) 100번 받은 무결성 정보와 통합운영국 화면 표출의 내용이 같은지 확인하고, 영역별로 잘 표출되는지 확인	(적합 기준 : 통합운영국 출력 chart내용과 무결성 데이터 값 동일)			횟수 : 3)	
위성 별 이상감시 기능	위성 이상감시 데이터	1) 제어국에서 각 이상감시 후 값을 제어국 화면에 출력하도록 수정 2) 통합운영국 표출화면의 값과 제어국 표출화면 값 확인	제어국에서 각 수신국별 확인하는 위성의 SQM, DQM, MQM에 대해 표출되는 값과 제어국에서 검사한 값 확인 (적합 기준 : 10초간 통합운영국 출력 값과 제어국 출력 값 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
보정정보 감시 기능	보정정보 데이터	1) 제어국에서 보정정보, 미지정수 계산 후 값을 제어국 화면에 출력하도록 수정 2) 통합운영국 표출화면의 값과 제어국 표출화면 값 확인	제어국에서 계산된 보정정보, 미지정수 값과 통합운영국에서 표출되는 값 확인 (적합 기준 : 10초간 통합운영국 출력 값과 제어국 출력 값 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
위성 데이터 감시 기능	위성 데이터	1) 수신국, 감시국 원격접속 2) 통합운영국에 표출되는 위성 화면과 수신국 원격접속을 통해 표출되는 수신국 SW의 화면과 내용이 동일한지 확인	통합운영국에서 표출되는 위성 정보 화면과 수신국, 감시국에서 표출되는 위성정보 화면 비교 (적합 기준 : 통합운영국이 감시하는 모든 수신국의 화면과 통합운영국 감시화면 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
시스템 별 세부 모듈 상태 감시 기능	상태 데이터	1) 수신국, 감시국 원격접속 2) 통합운영국에 표출되는 세부모듈 상태와 수신국 원격접속을 통해 표출되는 수신국 SW의 화면과 내용이 동일한지 확인 3) 각 수신국, 감시국별 확인 진행	통합운영국에서 표출되는 세부모듈 상태와 수신국, 감시국에서 표출되는 세부모듈 상태 확인 (적합 기준 : 통합운영국이 감시하는 모든 수신국, 감시국의 화면과 통합운영국 감시화면 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
	상태 데이터	1) 제어국에서 세부모듈 상태를 출력하도록 수정 2) 통합운영국에서 표출되는 값과 제어국 표출 값 비교	통합운영국에서 표출되는 제어국 세부모듈 상태와 제어국의 상태 비교 (적합 기준 : 10초간 통합운영국 출력 값과 제어국 출력 값 데이터 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
수신국 카메라 감시 기능	카메라 데이터	1) 수신국 원격 접속 2) 수신국 카메라 사진 저장 폴더에 저장된 최신 사진과 통합운영국 표출 사진 비교	수신국 원격 접속 후 카메라 최신 사진과 통합운영국 출력 사진 비교 (적합 기준 : 통합운영국이 감시하는 모든 수신국 카메	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		3) 각 수신국 별 확인 진행	라 사진과 통합운영국 표출 사진 동일)				
함체 정보 감시 기능	함체 데이터	1) 수신국 함체의 문을 열고 통합운영국 표출 값 확인 2) 수신국의 히터 동작 상태와 통합운영국 표출 값 확인 3) 수신국의 함체 온도와 통합운영국 표출 값 확인 4) 각 수신국 별 확인 진행	수신국의 함체 조작 후 통합운영국 화면 표출 값과 같은지 확인 (적합 기준 : 실제 함체 상태와 통합운영국의 감시표출과 동일)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
전리층 폭풍 감시	전리층 데이터	1) 제어국의 CLI에 해당 데이터를 표출하도록 변경 2) 통합운영국에 제어국을 접속시켜 데이터 수집 3) 통합운영국 표출 화면과 제어국 CLI표출 화면 비교	지역제어국에서 생성되는 전리층 데이터(X, Y)의 값과 통합운영국에서 표출되는 전리층 데이터 확인 (적합 기준 : 10초간 제어국 출력 값과 통합운영국 출력 값 동일)	장명재	18.09.20	Fail (시험 횟수 : 3)	별첨 참고(전리층 폭풍 감시 기능 시험)
다중 데이터 수집 기능	제어국, 수신국 상태 데이터	1) 상태 데이터 항목당 데이터 수집 시간 확인	상태 데이터 수신 주기 확인 (약 1초 단위) (적합 기준 : 데이터 수집 주기 2초 이하)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
	카메라 데이터	1) 통합운영국에서 사메라 수집 주기를 1분으로 설정 2) 수신국 FTP에 접근하여 1분 주기마다 다운 설정 3) 다운로드 완료 후부터 다음 사진 다운로드 완료 시간 측정	각 수신국 카메라 데이터 수집 주기 (적합 기준 : 사진 다운로드 완료 까지 1분 30초 이하)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-
	카메라 데이터	1) 통합운영국에서 카메라 이미지 수집한 현재시간 측정 2) 해당 이미지가 수신국에서 언제 수집했는지 측정 3)"1),2)의 차이"측정	통합운영국의 각 수신국 카메라 이미지 수집 완료 시간과 실제 이미지가 찍힌 시간 차이 확인 (적합 기준 : 10분 동안, 10개 사진이 2초 이내 통합운영국에 저장)	장명재	17.10.14	Pass (시험 횟수 : 3)	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.2 데이터베이스 기능 시험

표 2 데이터베이스 기능 단위 시험 내용

데이터베이스 기능 단위 시험							
케이스 명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
이벤트 데이터 저장 확인	이벤트 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 이벤트 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from EVENT_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
수신국 함체 상태 데이터 확인	수신국 함체 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 함체 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from RACK_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
수신국 UPS 상태 데이터 확인	수신국 UPS 상태 데이터 확인	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 UPS 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from UPS_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
제어국 모듈 상태 데이터 확인	제어국 모듈 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 모듈 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from MODULE_STATUS_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
클러스터 구성요소 상태 데이터 확인	클러스터 구성요소 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 클러스터 구성요소 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from SYS_STATUS_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
수신국 모듈 상태 데이터 확인	수신국 모듈 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 모듈 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from SYS_INFO_TB where received_time >=	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			'검증하고자 하는 시간'				
Novatel 위성 상태 데이터 확인	Novatel 위성 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 Novatel 위성 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from NOV_RANGE_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
Ublox 위성 상태 데이터 확인	Ublox 위성 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 Ublox 위성 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from UBLOX_RANGE_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
보정정보 데이터 확인	보정정보 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 보정정보 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CORRECTION_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
무결성 데이터 확인	무결성 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 무결성 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from INTEGRITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
가용성 데이터 확인	가용성 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 가용성 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from MS_MONITOR_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
위성 품질 모니터링 데이터 확인	위성 품질 모니터링 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 위성품질 모니터링 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from PREPROC_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
수신국 가용성 평가 데이터 확인	수신국 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from RS_AVAILABILITY_TB	김찬영	18/07/15 18/10/25	2회/2회 PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			where received_time >= '검증하고자 하는 시간'				
제어국 가용성 평가 데이터 확인	제어국 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/07/15 18/10/25	2회/2회 PASS	-
DMB 가용성 평가 데이터 확인	DMB 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 DMB 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from DMB_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/07/15 18/10/25	2회/2회 PASS	-
시스템 ID 확인	시스템 ID	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 시스템 ID 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from STATION_TB	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
클러스터 구성 정보 확인	클러스터 구성 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 클러스터 구성정보 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CLUSTER_LINE_TB	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
웹 유저 정보 확인	웹 유저 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 웹 유저 정보 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from USER_INFO_TB	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
시스템 환경설정 정보 확인	시스템 환경 설정 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 시스템 환경 설정 정보 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from ENV_TB	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	-
데이터 베이스 백업	백업 데이터	데이터 베이스 폴더에 저장되어 있는 백업데이터 확인	예상 결과 : 일주일동안의 백업데이터가 존재 검증 방법 : 데이터 베이	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30	8회/8회 PASS	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

확인		확인일을 기준으로 전날부터 일주일동안의 데이터가 백업되어있는지 확인	스 폴더 확인		18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25		
데이터베이스 이전 데이터 삭제 확인	삭제 확인	데이터 베이스 테이블 확인 데이터 베이스 폴더 확인	예상 결과 : 일주일 이전의 백업 데이터 삭제 및 한달 이전의 데이터 베이스 테이블 내 데이터 삭제 검증 방법 : 데이터 베이스 테이블, 폴더 확인	김찬영	17/01/23 17/04/15 17/07/01 17/10/30 18/01/05 18/04/01 18/07/15 18/10/25	8회/8회 PASS	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3 유지보수 관리 기능 시험

표 3 유지보수 관리 기능 시험 내용

이상 장애 관리 기능 단위 시험							
케이스 명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
신규 이벤트 등록	가상 이벤트 데이터	가상 이벤트 데이터 입력 운영시스템 등록 확인	검증방법 : 교통인프라 운영시스템의 일감 텝에서 등록 확인. 예상결과 : 이벤트 내역 및 발생시간, 우선순위가 입력 데이터와 일치하는지 확인	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 등록 알람 확인	가상 이벤트 데이터	교통인프라 운영 시스템에 이메일, 메신저 등록 IMMEDIATE, URGENT, HIGH, NORMAL 이벤트 데이터 각각 입력 교통인프라 운영시스템에 이벤트 등록 확인 이메일, 메신저 알림 확인	검증방법 : 이메일, 메신저 알람 확인. 예상결과 : 메신저에는 Normal을 제외한 모든 이벤트의 등록 알람이 도착해 있어야함. 이메일에는 모든 이벤트의 등록 알람이 도착해 있어야함.	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 처리 기록 확인	가상 이벤트 데이터	교통인프라 운영시스템에 가상 이벤트 데이터 입력 가상 이벤트 데이터의 상태를 변경(신규일감 -> 검토 -> 진행 -> 리뷰 -> 완료) 이벤트 페이지 댓글 작성	검증방법 : 이벤트 일감 페이지의 하단의 기록 확인 예상결과 : 상태변경 내역과 댓글이 모두 기록으로 남아 있어야 함	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 처리 알람 확인	가상 이벤트 데이터	교통인프라 운영시스템에 가상 이벤트 데이터 입력 담당자 이메일 설정 담당자 지정 가상 이벤트 데이터의 상태를 변경(신규일감 -> 검토 -> 진행 -> 리뷰 -> 완료)	검증방법 : 담당자의 설정된 이메일 확인 예상결과 : 담당자 지정 내역 및 데이터 상태 변경 내역이 메일로 도착해 있어야 함	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 통계 확인	없음	교통인프라 운영시스템의 Monitoring & Controlling 탭 확인	검증방법 : 일감 탭에 등록되어있는 상태에 따른 일감의 개수와 Monitoring & Controlling 탭에서 그래프로	곽홍석	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			표현된 데이터가 일치하는지 확인				

3. 비 기능시험

통합운영국 시스템의 HW 기능에 대해 단위시험을 진행한다.

표 4 비 기능시험 내용

통합 모니터링 기능 단위 시험							
케이스명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
메인서버 PC 성능 시험	없음	1.PC 전원 On/Off 2.프로그램 정상동작까지 걸리는 시간 측정	PC 전원 On/Off 후 프로그램 실행 및 정상 동작까지 걸리는 시간 측정 (적합 기준 : 5분 이하, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (1m35s)	-
데이터베이스 서버PC 성능 시험	없음	1.PC 전원 On/Off 2.프로그램 정상동작까지 걸리는 시간 측정	PC 전원 On/Off 후 프로그램 실행 및 정상 동작까지 걸리는 시간 측정 (적합 기준 : 5분 이하, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (1m25s)	-
NMP, WEB 서버PC 성능 시험	없음	1.PC 전원 On/Off 2.프로그램 정상동작까지 걸리는 시간 측정	PC 전원 On/Off 후 프로그램 실행 및 정상 동작까지 걸리는 시간 측정 (적합 기준 : 5분 이하, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (2m31s)	-
전원유지장치(UPS) 성능 시험	없음	1.공급 전력 차단 2.UPS 방전 상태 확인 3.재충전 시간 측정	UPS 방전 후 재충전(완충)까지 시간 측정 (적합 기준 : 4시간 이하, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (2h37m)	-
	없음	1.공급 전력 차단 2.UPS 방전 상태 확인 3.20분 후 출력 전압 측정	UPS 방전 20분 후 출력 전압 측정 (적합 범위 : 200V ~ 300V, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (232V)	-
	없음	1.공급 전력 차단 2.UPS 방전까지 걸리는 시간 측정	전원 차단 후 UPS 방전까지 걸리는 시간 측정 (적합 기준 : 25분 이상, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (29m58s)	-
네트워크 보안장치 성능 시험	없음	1.네트워크 전원 On/Off 2.정상동작까지 걸리는 시간 측정	네트워크 보안장치 전원 On/Off 후 정상동작까지 걸리는 시간 측정 (적합 기준 : 1분 30초 이하, 3회 실시)	장명재	17.08.17	Pass (53.5s)	-
KVM스위치 및 모듈 기능	없음	1.스위치 버튼 클릭 2.화면 변환 확인 3.성공횟수/시험횟수	PC 스위치 시 성공 여부 체크 3회 실시	장명재	17.08.17	Pass	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

시험							

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 단위 기능 시험 결과

통합운영국 시스템의 기능 단위별 시험을 진행했으며, 아래 표와 같이 50개의 시험 케이스를 진행했고 그중 Pass된 케이스는 49개, Fail된 케이스 개수는 1개이다. Pass 개수와 같이 시험 결과 치명적인 결함이 발생하지 않고, 정상적으로 동작했다. 또한 발생한 Fail시험도 코드 수정 보완진행(별첨 참고)이 완료되었다.

단위 시험 케이스가 통합운영국 시스템의 주 기능 위주로 작성되어, 시험 케이스의 범위에 벗어나는 기능이 있다.

표 5 시험 결과

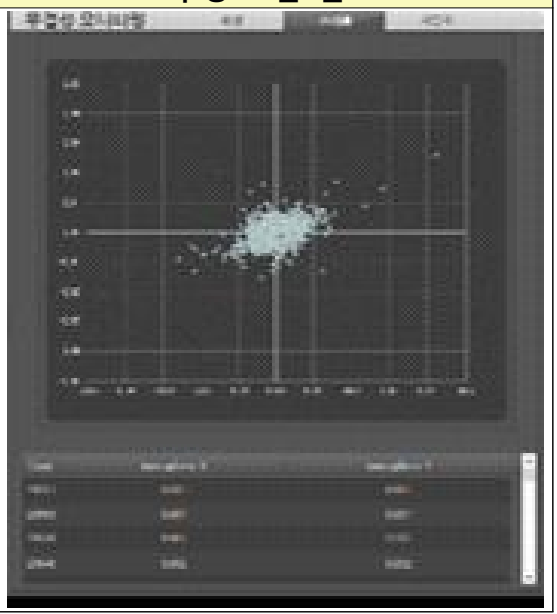
시험 케이스 개수	Pass 개수	Fail 개수
50	49	1

5. 별첨

통합 모니터링 기능-전리층 폭풍 감시 기능 시험

지역제어국으로부터 전리층 폭풍 감시 데이터인 X, Y데이터를 수신 받았으나 통합운영국 화면에 표출이 되지 않아 시험 결과가 Fail이였다. 아래 표와 같이 원인은 작은 단위의 데이터였으며 통합운영국 Chart의 범위를 작게 만들어 사용자가 확인할 수 있도록 수정 보완 완료하고 재 시험을 완료하여 Pass했다.

표 6 시험 Fail원인 및 수정 보완 사항

시험 Fail 원인	수정 보완 완료
X, Y데이터가 0.0001과 같이 단위아 아주 작은 데이터 임으로, Chart에서 사용자가 확인이 불가	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

문서종류	보고서	문서번호	보고서-67

통합운영국 통합 테스트 결과 보고서

2018. 12. 03.

구 분	성 명	일 자	서 명
작 성	장명재	2018. 12. 03.	
		2018. . .	
		2018. . .	
검 토		2018. . .	
		2018. . .	
		2018. . .	
승 인		2018. . .	

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 개 정 기 록 -

개정번호	개정 내용	개정 일자	작성자
R1.0	작성 및 등록	2018. 12. 3	장명재

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

- 목 차 -

1. 개요 ····· 3
1.1. 통합운영국 소개 ····· 3
1.2. 통합시험 방법 ····· 3

2. 통합 시험 ····· 4
2.1. 모니터링 통합 시험 ····· 4
2.2. 데이터베이스 통합 시험 ····· 8
2.3. 유지보수 관리 통합 시험 ····· 13

3. 통합시험 결과 ····· 15

4. 별첨 ····· 16

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

1. 개요

통합운영국 시스템의 통합 시험을 진행하고, 결과를 확인하여 시스템의 안정성과 신뢰성을 확보한다.

1.1 통합운영국 소개

본 과제에서 실용화 관점에서의 차로구분 정밀위치 결정 교통인프라를 운영하기 위해 통합운영국을 개발했다. 통합운영국은 보정정보를 생성하고 송출하는 전 과정을 모니터링하여 인프라 시스템의 이상/장애 상황을 감시하고 판단하며, 이상/장애가 발생할 경우 관리자 및 담당자가 대응 할 수 있도록 도와주며 인프라 시스템 요구성능 만족도를 분석할 수 있게 데이터를 저장한다.

1.2 통합시험 방법

통합운영국은 아래 그림과 같이 각 교통인프라 시스템과 통신을 통해 데이터를 수집하여 운용된다.

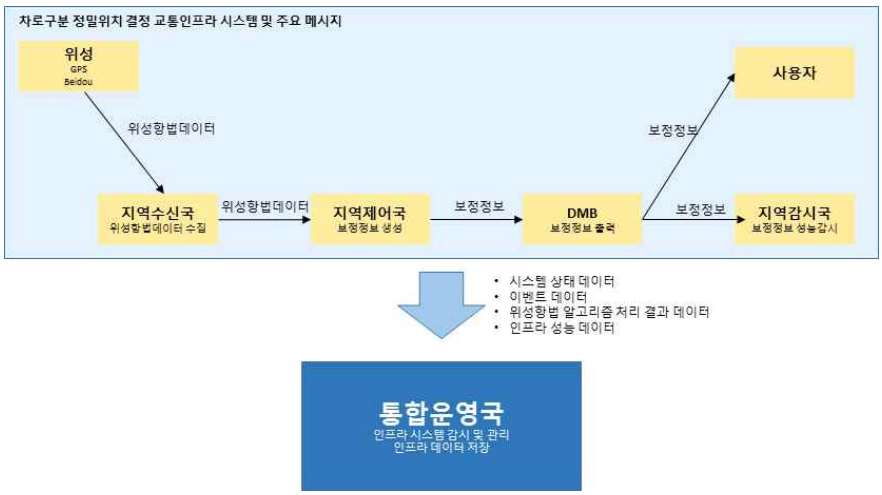


그림 1 데이터 수집 흐름

따라서, 통합시험은 실제 각 시스템에서 전송되는 데이터로 진행하며, 통합운영국의 주요 기능인 통합모니터링 기능, 데이터 저장 기능, 유지보수 관리 기능이 실제 데이터에 대해 정상 동작하는지 시험을 진행한다.

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2. 통합 시험

2.1. 모니터링 통합 시험

표 1 통합모니터링 기능 단위 시험 내용 및 결과

통합 모니터링 기능 단위 시험							
케이스 명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
화면 조작	-	1) 오른쪽 마우스 클릭 후 팝업 버튼 확인 2) 버튼 클릭으로 화면 변경	예상 결과 : 버튼 클릭 시 해당 화면 디스플레이 검증 방법 : 디스플레이 화면과 버튼 매칭 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
	-	1) 제어국 화면 중 상단 클러스터 선택 버튼 클릭	예상 결과 : 클러스터 A, B, C, D 각 버튼 클릭시 해당 정보를 디스플레이 검증 방법 : 디스플레이 화면과 버튼 정보 매칭 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
관리 클러스터 확인	클러스터 환경 정보 데이터(Env ini파일)	1)클러스터 A, B, C, D의 IP, 위치정보 등을 Env 파일에 작성 2)통합모니터링 SW 구동	예상 결과 : 클러스터 A, B, C, D의 정보와 화면이 각각 생성 검증 방법 : 디스플레이 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
다중 시스템 접속	-	1)클러스터 A, B, C, D의 각 시스템(제어국, 수신국)을 통합모니터링 SW 서버에 접속	예상 결과 : 제어국 8개, 수신국 20개 접속 검증 방법 : 통합모니터링의 접속 Log 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
다중 시스템 데이터 수집	제어국, 수신국 데이터	1)클러스터 A, B, C, D의 각 시스템(제어국, 수신국)을 통합모니터링 SW 서버에 접속	예상 결과 : 모든 데이터에 대해 수신 Log 출력 검증 방법 : Log그 표출과 수신받아야할	장명재	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

			데이터 List 비교 확인				
시스템 PC, APP 상태 기능	실제 PC, APP 상태 데이터	1) 수신국, 제어국의 APP, PC를 하나씩 종료 2) 표출되는 상태와 실제 APP, PC의 상태와 비교 확인	예상 결과 : PC, APP이 각 시스템 상태에 맞게 아이콘 색 변경 검증 방법 : 표출 상태화 실제 상태 비교	장명재	18.07.06	PASS	-
오류 시스템 및 이벤트 출력 기능	수신국 이벤트 데이터	1) 수신국의 위성수신기와 연결이 되지 않도록 연결선 분리 2) 해당 수신국의 위성수신기 오류발생 3) 표출되는 오류 시스템 목록에 해당 수신국이 추가되는지 확인	예상 결과 : 오류 정보 화면에 출력 검증 방법 : 오류 정보와 실제 발생 오류 비교	장명재	18.07.06	PASS	-
데이터 수집 주기	수신국 데이터	1) 수신국 데이터 수집 주기 시간을 1초 미만으로 변경 2) 수신국 데이터 수집 시간 초과 이벤트 발생 3) 해당 수신국의 이벤트가 화면에 출력되는지 확인	예상 결과 : 1초 간격으로 데이터 수신 검증 방법 ; 통합모니터링 SW의 Log 화면으로 수신국 데이터 수집이 1초간격으로 되는지 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
보정정보 데이터 이동 시간 기능	시간이격량 데이터	1) 제어국에서 수신받는 수신국의 송신시간과 수신 받은 시간을 통해 계산되는 시간 확인 2) 확인한 시간과 현재 표출되는 시간과 같은지 확인	예상 결과 : 시간 이격량 데이터 표출 검증 방법 : 수신국 송신시간과 제어국 수신시간을 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
제어국 무결성 정보 감시 기능	무결성 데이터	1) 제어국에서 100번 무결성 정보 수신 2) 100번 받은 무결성 정보와 통합운영국 화면 표출의 내용이 같은지 확인하고, 영역별로 잘 표출되는지 확인	예상 결과 : 수신 데이터와 Stanford chart에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
위성 별	위성	1) 제어국에서 각 이상감시 후	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에	장명재	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

이상감시 기능	이상감시 데이터	값을 제어국 화면에 출력하도록 수정 2) 통합운영국 표출화면의 값과 제어국 표출화면 값 확인	표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사				
보정정보 감시 기능	보정정보 데이터	1) 제어국에서 보정정보, 미지정수 계산 후 값을 제어국 화면에 출력하도록 수정 2) 통합운영국 표출화면의 값과 제어국 표출화면 값 확인	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
위성 데이터 감시 기능	위성 데이터	1) 수신국, 감시국 원격접속 2) 통합운영국에 표출되는 위성 화면과 수신국 원격접속을 통해 표출되는 수신국 SW의 화면과 내용이 동일한지 확인	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
시스템 별 세부 모듈 상태 감시 기능	상태 데이터	1) 수신국, 감시국 원격접속 2) 통합운영국에 표출되는 세부모듈 상태와 수신국 원격접속을 통해 표출되는 수신국 SW의 화면과 내용이 동일한지 확인 3) 각 수신국, 감시국 별 확인 진행	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
	상태 데이터	1) 제어국에서 세부모듈 상태를 출력하도록 수정 2) 통합운영국에서 표출되는 값과 제어국 표출 값 비교	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
수신국 카메라 감시 기능	카메라 데이터	1) 수신국 원격 접속 2) 수신국 카메라 사진 저장 폴더에 저장된 최신 사진과	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안	장명재	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		통합운영국 표출 사진 비교 3) 각 수신국 별 확인 진행	검사				
함체 정보 감시 기능	함체 데이터	1) 수신국 함체의 문을 열고 통합운영국 표출 값 확인 2) 수신국의 히터 동작 상태와 통합운영국 표출 값 확인 3) 수신국의 함체 온도와 통합운영국 표출 값 확인 4) 각 수신국 별 확인 진행	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
전리층 폭풍 감시	전리층 데이터	1) 제어국의 CLI에 해당 데이터를 표출하도록 변경 2) 통합운영국에 제어국을 접속시켜 데이터 수집 3) 통합운영국 표출 화면과 제어국 CLI표출 화면 비교	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
다중 데이터 수집 기능	제어국 데이터	1) 상태 데이터 항목 당 데이터 수집 시간 확인	예상 결과 : 1초 간격으로 데이터 수신 검증 방법 ; 통합모니터링 SW의 Log 화면으로 제어국 데이터 수집이 1초간격으로 되는지 확인	장명재	18.07.06	PASS	-
	카메라 데이터	1) 통합운영국에서 사메라 수집 주기를 1분으로 설정 2) 수신국 FTP에 접근하여 1분 주기마다 다운 설정 3) 다운로드 완료 후부터 다음 사진 다운로드 완료 시간 측정	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-
	카메라 데이터	1) 통합운영국에서 카메라 이미지 수집한 현재시간 측정 2) 해당 이미지가 수신국에서 언제 수집했는지 측정	예상 결과 : 수신 데이터와 화면에 표출되는 값 동일 검증 방법 : Log 비교 및 화면 육안 검사	장명재	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		3)"1),2)의 차이"측정					

2.2. 데이터베이스 통합 시험

표 2 데이터베이스 통합 시험 내용 및 결과

데이터베이스 통합 시험							
케이스 명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
데이터 백업	저장된 데이터베이스 데이터	7일 이상 통합운영국 정상 운용 데이터베이스 디렉토리에서 7일치 데이터 백업 파일 확인	예상 결과 : 데이테베이스 서버에 7일치 백업파일 존재 검증 방법 : 데이터베이스 디렉토리에서 파일 육안 확인	김찬영	18/11/27	PASS	-
	저장된 데이터베이스 데이터	8일 이상 통합운영국 정상 운용 데이터베이스 디렉토리에 7일치 데이터 백업 파일만 있는지 확인	예상 결과 : 데이터베이스 서버에 가장 오래된 백업파일은 삭제되고, 최신 7일치 백업 파일만 존재 검증 방법 : 데이터베이스 디렉토리에서 파일 육안 확인	김찬영	18/11/27	PASS	-
데이터 자동 삭제	저장된 데이터베이스 데이터	3개월 이상 통합운영국 정상 운용 저장된 데이터 날짜별 검색	예상 결과 : 3개월 이전 데이터는 삭제되어 검색 시 데이터 없음 검증 방법 : 쿼리문으로 3개월 이전 데이터 검색	김찬영	18/11/27	PASS	-
데이터베이스 원격 접속	-	외부에서 SQL Server Management로 접속 시도	예상 결과 : 외부에서 접속 완료 검증 방법 : 사용자의 실제 접속 시도	김찬영	18/11/27	PASS	-
데이터베이스 저장	이벤트 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

확인		선택 새 쿼리문 작성 이벤트 데이터 확인	검증 방법 : select * from EVENT_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'			이스 모듈 통합시험 결과	
	수신국 함체 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 함체 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from RACK_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	수신국 UPS 상태 데이터 확인	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 UPS 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from UPS_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	제어국 모듈 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 모듈 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from MODULE_STATUS_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	클러스터 구성요소 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from SYS_STATUS_TB where received_time >= '검증하고자 하는	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		클러스터 구성요소 상태 데이터 확인	시간'			결과	
	수신국 모듈 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 모듈 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from SYS_INFO_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	Novatel 위성 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 Novatel 위성 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from NOV_RANGE_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	Ublox 위성 상태 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 Ublox 위성 상태 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from UBLOX_RANGE_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	보정정보 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 보정정보 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CORRECTION_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	무결성 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from INTEGRITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		무결성 데이터 확인	시간'			결과	
	가용성 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 가용성 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from MS_MONITOR_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	위성 품질 모니터링 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 위성품질 모니터링 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from PREPROC_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	수신국 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 수신국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from RS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	제어국 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	DMB 가용성 평가 데이터	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

		확인					
	시스템 ID	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	클러스터 구성 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	웹 유저 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-
	시스템 환경 설정 정보	SQL로 DB 접속 통합운영국 데이터 베이스 선택 새 쿼리문 작성 제어국 가용성 평가 데이터 확인	예상 결과 : 화면에 이벤트 데이터 목록 디스플레이 검증 방법 : select * from CS_AVAILABILITY_TB where received_time >= '검증하고자 하는 시간'	김찬영	18/11/27	별첨 데이터베이스 모듈 통합시험 결과	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

2.3. 유지보수 관리 통합 시험

표 3 유지보수 관리 통합 시험 내용 및 결과

이상 장애 관리 기능 단위 시험							
케이스 명	시험 데이터	시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	시험 결과			
				수행자	수행일	결과	결함 내용
신규 이벤트 등록	없음	유지보수 관리 SW에가상 이벤트 데이터 수동 입력 운영시스템 등록 확인	검증방법 : 교통인프라 운영시스템의 일감 텝에서 등록 확인. 예상결과 : 이벤트 내역 및 발생시간, 우선순위가 입력 데이터와 일치하는지 확인	곽홍석	18.07.06	PASS	-
	수신국 이벤트 데이터	수신국에 강제 이벤트 발생 작업 진행(설정에서 위성수신기 연결 차단) 운영시스템 등록 확인	검증 방법 : 교통인프라 운영시스템의 일감 텝에서 등록 확인(수신국 이벤트와 발생 시간 등 확인) 예상결과 : 이벤트 내역 및 발생시간, 우선숭위가 수신국 이벤트와 일치하는지 확인	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 등록 알람 확인	수신국 이벤트 데이터	교통인프라 운영 시스템에 이메일, 메신저 등록 IMMEDIATE, URGENT, HIGH, NORMAL 이벤트 데이터 각각 입력 교통인프라 운영시스템에 이벤트 등록 확인 이메일, 메신저 알림 확인	검증방법 : 이메일, 메신저 알람 확인. 예상결과 : 메신저에는 Normal을 제외한 모든 이벤트의 등록 알람이 도착해 있어야함. 이메일에는 모든 이벤트의 등록 알람이 도착해 있어야함.	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 처리 기록 확인	수신국 이벤트	교통인프라 운영시스템에 이벤트 데이터 입력	검증방법 : 이벤트 일감 페이지의 하단의 기록 확인	곽홍석	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

	데이터	이벤트 데이터의 상태를 변경(신규일감 -> 검토 -> 진행 -> 리뷰 -> 완료) 이벤트 페이지 댓글 작성	예상결과 : 상태변경 내역과 댓글이 모두 기록으로 남아 있어야 함				
이벤트 처리 알람 확인	수신국 이벤트 데이터	교통인프라 운영시스템에 가상 이벤트 데이터 입력 담당자 이메일 설정 담당자 지정 이벤트 데이터의 상태를 변경(신규일감 -> 검토 -> 진행 -> 리뷰 -> 완료)	검증방법 : 담당자의 설정된 이메일 확인 예상결과 : 담당자 지정 내역 및 데이터 상태 변경 내역이 메일로 도착해 있어야 함	곽홍석	18.07.06	PASS	-
이벤트 통계 확인	없음	교통인프라 운영시스템의 Monitoring & Controlling 탭 확인	검증방법 : 일감 탭에 등록되어있는 상태에 따른 일감의 개수와 Monitoring & Controlling 탭에서 그래프로 표현된 데이터가 일치하는지 확인	곽홍석	18.07.06	PASS	-

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

3. 통합시험 결과

통합운영국 시스템의 모듈의 통합 시험을 진행했으며, 아래 표와 같이 50개의 시험 케이스를 진행했고 그중 PASS된 케이스는 50개, Fail된 케이스 개수는 0개이다. PASS 개수와 같이 시험 결과 치명적인 결함이 발생하지 않고, 정상적으로 동작했다.

통합 시험 케이스가 통합운영국 시스템의 주 기능 위주로 작성되어, 시험 케이스의 범위에 벗어나는 기능이 있다.

표 4 시험 결과

시험 케이스 개수	Pass 개수	Fail 개수
50	50	0

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

4. 별첨

데이터베이스 모듈 통합시험 결과

83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537536	CLSB_A	YJT	0	26	2	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 (290,188ms) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537537	CLSD_A	OSN	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537538	CLSD_A	OSN	0	26	2	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 (293,199ms) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537539	CLSA_A	YJT	0	26	1	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 정상
83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537540	CLSA_A	NYJ	0	26	1	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 정상
83...	2018-11-27 21:35:17.000	14537541	CLSB_A	YJT	0	26	1	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:17 정상
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537542	CLSA_A	NYJ	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537543	CLSA_A	OSN	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537544	CLSA_A	YJT	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537545	CLSA_A	NYJ	0	26	2	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (279,140ms) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537546	CLSA_A	CNT	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537547	CLSD_A	OSN	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537548	CLSD_A	OSN	0	26	2	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (292,298ms) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537549	CLSD_A	OSN	0	26	1	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 정상
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537550	CLSB_A	OSN	0	0	0	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (WatchDog) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537551	CLSB_A	OSN	0	26	2	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 (292,298ms) 위성항법데이터 수신 제한시간 초과
83...	2018-11-27 21:35:18.000	14537552	CLSB_A	OSN	0	26	1	획득 모듈(위성_COM1) 2018-11-27 21:35:18 정상

그림 2 데이터 베이스 모듈 통합시험 결과(이벤트 테이블)

94	2018-11-27 09:01:33.000	2111780	0	2029	172908	1543276890225	1543276890221	1543276891063	1543276890528	CHA	GSN	GNJ	BON	4
95	2018-11-27 09:01:34.000	2111781	0	2029	172909	1543276891225	1543276891220	1543276892063	1543276891542	CHA	GSN	GNJ	BON	7
96	2018-11-27 09:01:35.000	2111782	0	2029	172910	1543276892229	1543276892225	1543276893064	1543276892540	CHA	GSN	GNJ	BON	5
97	2018-11-27 09:01:36.000	2111783	0	2029	172911	1543276893228	1543276893223	1543276894064	1543276893539	CHA	GSN	GNJ	BON	5
98	2018-11-27 09:01:37.000	2111784	0	2029	172912	1543276894229	1543276894224	1543276895065	1543276894537	CHA	GSN	GNJ	BON	4
99	2018-11-27 09:01:38.000	2111785	0	2029	172913	1543276895229	1543276895225	1543276896065	1543276895535	CHA	GSN	GNJ	BON	5
100	2018-11-27 09:01:39.000	2111786	0	2029	172914	1543276896229	1543276896224	1543276897066	1543276896534	CHA	GSN	GNJ	BON	5
101	2018-11-27 09:01:40.000	2111787	0	2029	172915	1543276897225	1543276897220	1543276898066	1543276897532	CHA	GSN	GNJ	BON	4
102	2018-11-27 09:01:41.000	2111788	0	2029	172916	1543276898228	1543276898224	1543276899067	1543276898531	CHA	GSN	GNJ	BON	4
103	2018-11-27 09:01:42.000	2111789	0	2029	172917	1543276899228	1543276899224	1543276900067	1543276899545	CHA	GSN	GNJ	BON	5
104	2018-11-27 09:01:43.000	2111790	0	2029	172918	1543276900228	1543276900223	1543276901068	1543276900543	CHA	GSN	GNJ	BON	5
105	2018-11-27 09:01:44.000	2111791	0	2029	172919	1543276901228	1543276901224	1543276902068	1543276901541	CHA	GSN	GNJ	BON	4
106	2018-11-27 09:01:45.000	2111792	0	2029	172920	1543276902228	1543276902224	1543276903069	1543276902540	CHA	GSN	GNJ	BON	4
107	2018-11-27 09:01:46.000	2111793	0	2029	172921	1543276903228	1543276903223	1543276904070	1543276903538	CHA	GSN	GNJ	BON	4
108	2018-11-27 09:01:47.000	2111794	0	2029	172922	1543276904228	1543276904224	1543276905070	1543276904537	CHA	GSN	GNJ	BON	3
109	2018-11-27 09:01:48.000	2111795	0	2029	172923	1543276905222	1543276905218	1543276906071	1543276905535	CHA	GSN	GNJ	BON	4
110	2018-11-27 09:01:49.000	2111796	0	2029	172924	1543276906224	1543276906220	1543276907071	1543276906533	CHA	GSN	GNJ	BON	4

그림 3 데이터베이스 모듈 통합시험 결과(제어국 가용성 테이블)

본 문서는 국토교통부 교통물류사업 차로구분정밀위치 결정 교통인프라 기술실용화 연구 과제의 연구개발 결과물입니다.
무단복제 및 전재를 금합니다.

9. 평가서

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범

세부연구		
	연구내용	시험방송 운영평가서
	기관명	한국항공우주연구원, ㈜문화방송, ㈜지아이시스템
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.

평가항목			구분	가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
					매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
인프라	운영 방법 및 결과의 적절성 (이상 대응/추적/관리 과정의 적절성)			1	10					10
	평가 방법의 구체성 및 적절성 (성능지표 설정의 적절성 등)			1	10					10
	평가 결과의 적절성			1	10					10
	운영, 평가 결과의 활용성			1		9				9
	목표의 달성도	A-4 (C-1)	DMB 전송 주기: 1초	0.5		9				4.5
			DMB전송실패율: 0.1% 이하	0.5	10					5
사용자	평가 방법의 적절성			1	10					10
	평가 결과의 적절성			1	10					10
	평가 결과의 활용성			1	10					10
	목표의 달성도	A-2 (클러스터 핸드오버)	0.45m (*RMS)	1		9				9
			0.8×10^{-3}							
			90%							
		A-6 (GPS/BDS 위치결정)	0.45m (*RMS)	1		9				9
			0.8×10^{-3}							
			92%							

종합 평점	96.5	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
				○				

종합 의견	※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재 모든 항목에서 우수한 성과를 달성하였음

*Root Mean Square

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	인하대학교 교수	성명	박 관 룡 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구 연구내용	전국구축 클러스터 형태 및 비용 분석		
세부연구 기관명	한국항공우주연구원		
세부연구 총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.		

평가항목 \ 구분		가중치	항목별 평가등급 매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	항목별 점수
A-1	전국구축 클러스터 설계 기준의 적절성 및 타당성	2		9				18
	전국구축 클러스터 설계의 적합성	3		9				27
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 방법의 적절성	2	10					20
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 결과의 타당성 및 활용성	3	10					30

종합 평점	95	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
				O				

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

- 대부분 항목이 성실, 적절히 분석되었음
- 서비스 시나리오와 향후 상용화 계획에 따라 cluster 설계는 재검토가 필요할 것임.

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	인하대학교 교수	성명	박 관동 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범

세부연구	연구내용	시험방송 운영평가서
	기관명	한국항공우주연구원, ㈜문화방송, ㈜지아이시스템
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.

평가항목			구분	가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
					매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
인프라	운영 방법 및 결과의 적절성 (이상 대응/추적/관리 과정의 적절성)			1		✓				9
	평가 방법의 구체성 및 적절성 (성능지표 설정의 적절성 등)			1	✓					10
	평가 결과의 적절성			1		✓				9
	운영, 평가 결과의 활용성			1		✓				9
	목표의 달성도	A-4 (C-1)	DMB 전송 주기: 1초	0.5		✓				4.5
			DMB전송실패율: 0.1% 이하	0.5	✓					5
사용자	평가 방법의 적절성			1	✓					10
	평가 결과의 적절성			1		✓				9
	평가 결과의 활용성			1			✓			8
	목표의 달성도	A-2 (클러스터 핸드오버)	0.45m (*RMS) / 0.8×10^{-3} / 90%	1		✓				9
		A-6 (GPS/BDS 위치결정)	0.45m (*RMS) / 0.8×10^{-3} / 92%	1		✓				9

종합 평점	91.5	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

시험방송 운영부분 연구결과는 모든 성능평가방법의 구체성 및 적절성 측면에서 우수한 결과로 판단됨

향후 본 시험방송 활용을 통한 다양한 항재 활용방안을 기대함

*Root Mean Square

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	한국항공우주연구원 선임연구원	성명	유 명 준 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구	연구내용	전국구축 클러스터 형태 및 비용 분석	
	기관명	한국항공우주연구원	
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.	

평가항목 \ 구분		가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
			매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
A-1	전국구축 클러스터 설계 기준의 적절성 및 타당성	2		✓				18
	전국구축 클러스터 설계의 적합성	3		✓				27
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 방법의 적절성	2			✓			16
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 결과의 타당성 및 활용성	3		✓				27

종합 평점	88	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

전국구축 클러스터 설계를 타당하게 이루어 진 듯이 판단되며 4개 클러스터 기반으로 전국 네트워크 구축을 효율적이라고 판단함.

단, 운영유지 비용에 대한 논리는 다양한 방법론 비교를 통한 두 개 또는 하나를 찾아 대안1, 대안2, ... 등으로 제시할 수 있어야 함.

(향후 R&D 및 기술부 평가 시 자료제출 필요)

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	한국교통연구원 선임연구위원	성명	문 명 준 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구	연구내용	시험방송 운영평가서	
	기관명	한국항공우주연구원, ㈜문화방송, ㈜지아이시스템	
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.	

평가항목			구분	가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
					매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
인프라	운영 방법 및 결과의 적절성 (이상 대응/추적/관리 과정의 적절성)			1	V					10
	평가 방법의 구체성 및 적절성 (성능지표 설정의 적절성 등)			1	V					10
	평가 결과의 적절성			1	V					10
	운영, 평가 결과의 활용성			1		V				9
	목표의 달성도	A-4 (C-1)	DMB 전송 주기: 1초	0.5	V					5
			DMB전송실패율: 0.1% 이하	0.5	V					5
사용자	평가 방법의 적절성			1	V					10
	평가 결과의 적절성			1	~~V~~	V				9
	평가 결과의 활용성			1	~~V~~	V				9
	목표의 달성도	A-2 (클러스터 핸드오버)	0.45m (*RMS)	1	V					10
			0.8×10^{-3}							
			90%							
		A-6 (GPS/BDS 위치결정)	0.45m (*RMS)	1	V					10
			0.8×10^{-3}							
			92%							

종합 평점	97	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
				0				

종합 의견	※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재 평가방법, 결과가 적절하게 수행되었고, 안정적인 결과를 보입니다.

*Root Mean Square

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	아주대학교 / 연구교수	성명	장지아 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범

세부연구	연구내용	전국구축 클러스터 형태 및 비용 분석
	기관명	한국항공우주연구원
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.

평가항목 \ 구분		가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
			매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
A-1	전국구축 클러스터 설계 기준의 적절성 및 타당성	2		○				18
	전국구축 클러스터 설계의 적합성	3	○					30
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 방법의 적절성	2		○				18
	전국구축 클러스터 설계 비용분석 결과의 타당성 및 활용성	3		○				27

종합 평점	93	평가 등급		아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					○			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

우리나라 고속도로 네트워크 기술 기준과 활용성 등에 대하여 전반적 검토가 잘 이루어진 것으로 판단됩니다.

실제 활용성 및 운용성을 위한 효과(편익)에 대한 지속적인 보완을 통해 인프라 비용 투자의 적정성을 증명할 수 있다면 ~~~~ 활용도가 매우 높아질 것으로 기대됩니다.

2018년 12월 18일

평가자	소속 및 직위	아주대학교 / 연구원수	성명	장재영 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구 연구내용	위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정화 연구		
세부연구 기관명	한국항공우주연구원		
세부연구 총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.		

평가항목	구분			가중치	항목별 평가등급 매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	항목별 점수
다중 클러스터 성능안정화 핵심기술 개발	평가 방법의 적절성			2		✓				18
	평가 결과의 적절성			2		✓				18
	목표의 달성도	클러스터 연계 미지정수 추정시간	5분 이내	2		✓				18
		신규위성 보정정보 생성 초기잔차	0.05m 이내	2		✓				18
		다중클러스터 무결성 위험도	0.8 $\times 10^{-3}$	2		✓				18

평점	90	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

평가 방법이 적절하여 목표 달성도 측면에서 연초 목표를 달성함

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	항공전자통신연구본 책임	성명	신 천식 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구 연구내용	위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정화 연구		
세부연구 기관명	한국항공우주연구원		
세부연구 총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.		

평가항목	구분			가중치	항목별 평가등급 매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	항목별 점수
다중 클러스터 성능안정화 핵심기술 개발	평가 방법의 적절성			2		✓				18
	평가 결과의 적절성			2		✓				18
	목표의 달성도	클러스터 연계 미지정수 추정시간	5분 이내	2		✓				18
		신규위성 보정정보 생성 초기잔차	0.05m 이내	2		✓				18
		다중클러스터 무결성 위험도	0.8 $\times 10^{-3}$	2		✓				18

평점	90	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

1) 과제 계획서에 제시된 대로 적절하게 연구가 수행되었음

2) 고정밀 위성항법 data 를 산출하기 위한 Ambiguity Solution 및 Network 안정화에 기여했음

3) 적절한 실용化가 필요함

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	천문연 우주위험감시센터장	성명	조중현 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구 연구내용	육상교통에서의 정밀측위 활용성 증대 연구		
세부연구 기관명	한국항공우주연구원, ㈜현대모비스, ㈜펌프킨		
세부연구 총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.		

평가항목	구분		가중치	항목별 평가등급 매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	항목별 점수
차량적용성 확대를 위한 정밀측위 기술 연구	자율주행 측위 요구사항 개발	항목 적절성	1		V				9
		요구사항 타당성	1		V				9
	목표의 달성도 (차량 및 복합센서 결합) 평가방법의 적절성		1		V				9
	평가결과의 적절성		1		V				9
	위치결정 정확도	0.45m(1σ)	1		V				9
	위치결정 무결성	0.8×10^{-3}	1		V				9
	위치결정 가용성	92%	2	V					20
차로구분 궤적정보 활용방안 및 표준화연구	교통운영서비스 적용시나리오 개발	개발 시나리오 적합성	1		V				P
		시나리오 로드맵 설정의 타당성	1		V				9

평점	P2	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					V			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

개발시나리오에 대한 달성과 추진은 적절하며 성능목표측면에서도 목표는 만성한 것으로 사료됨

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	항공전자통신연구원 책임	성명	신천식 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구 연구내용	육상교통에서의 정밀측위 활용성 증대 연구		
세부연구 기관명	한국항공우주연구원, ㈜현대모비스, ㈜펌프킨		
세부연구 총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.		

평가항목	구분		가중치	항목별 평가등급 매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	항목별 점수
차량적용성 확대를 위한 정밀측위 기술 연구	자율주행 측위 요구사항 개발	항목 적절성	1		✓				9
		요구사항 타당성	1		✓				9
	목표의 달성도 (차량 및 복합센서 결합) 평가방법의 적절성		1		✓				9
	평가결과의 적절성		1		✓				9
	위치결정 정확도	0.45m(1σ)	1		✓				9
	위치결정 무결성	0.8×10^{-3}	1		✓				9
	위치결정 가용성	92%	2		✓				18
차로구분 궤적정보 활용방안 및 표준화연구	교통운영서비스 적용시나리오 개발	개발 시나리오 적합성	1		✓				9
		시나리오 로드맵 설정의 타당성	1		✓				9

평점	96	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

1. 계획서에 제시한 연구목표를 만족함을
2. 정밀측위, 무결성, 가용성의 목표조건을 만족하고 있음
3. 운영 시나리오로 적절함

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	전북대 우주위험감시센터장	성명	조 준 로 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범

세부연구	연구내용	다중클러스터 기반 정밀위치제공 시험방송 운영
	기관명	한국항공우주연구원, ㈜지아이시스템
	총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.

평가항목	구분		가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
				매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
시험방송 운영 및 평가	시험방송 평가지역 선정	선정기준의 적절성	1		✓				9
		선정결과의 적합성 (선정기준 대비)	1		✓				9
	시험방송 운영방안 도출	운영체계의 적절성	1	✓					10
		운영방법의 적절성	1	✓					10
	HMI 분석	HMI 정의, 방법의 타당성	1		✓				9
		HMI 결과의 타당성	1		✓				9
	통합운영국 기능 단위/통합 테스트	테스트방법의 적절성	2		✓				18
		기능 단위 테스트 결과의 적합성 (안정성)	1		✓				9
		통합 테스트 결과의 적합성 (안정성)	1		✓				9

평점	P2	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합의견	※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재 시험 방송 운영방안 도출이 잘 수행되었고 통합운영국 테스트 방법은 적절한 것으로 판단됨

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	한국과학기술연구원 책임	성명	신 천식 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

세부 연구 성과 평가서

주관과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	주관책임자	허문범
세부연구	연구내용	다중클러스터 기반 정밀위치제공 시험방송 운영	
	기관명	한국항공우주연구원, ㈜지아이시스템	
	총연구기간	2016.04.28. ~ 2018.12.31.	

평가항목	구분		가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
				매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
시험방송 운영 및 평가	시험방송 평가지역 선정	선정기준의 적절성	1		✓				9
		선정결과의 적합성 (선정기준 대비)	1		✓				9
	시험방송 운영방안 도출	운영체계의 적절성	1		✓				9
		운영방법의 적절성	1		✓				9
	HMI 분석	HMI 정의, 방법의 타당성	1		✓				9
		HMI 결과의 타당성	1		✓				9
	통합운영국 기능 단위/통합 테스트	테스트방법의 적절성	2		✓				18
		기능 단위 테스트 결과의 적합성 (안정성)	1		✓				9
		통합 테스트 결과의 적합성 (안정성)	1		✓				9

평점	90	평가등급	우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
					✓			

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

1. 과제계획서 ~~94~~ Compliance 함.
2. 적절한 예산관리 및 연구개발 수행이 이뤄졌음
3. 고정인프라 실용화 연구로서 적절함

2018년 12월 21일

평가자	소속 및 직위	천문연 우주위험감시센터장	성명	조경련 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

통합운영국 단위시험 평가서

과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	책임자	서덕환
세부연구 연구내용	통합운영국 단위 기능 시험		
세부연구 기관명	지아이시스템 주식회사	연구책임자	서덕환
세부연구 총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.		

평가항목	구분	가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
			매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
통합운영국 단위시험	평가 방법의 구체성 및 적합성	1		✓				9
	평가 목표의 타당성	2	✓					20
	목표의 달성도 / 단위시험 합격 (95%이상)	3	✓					30
	단위시험 결과의 활용성 (이후 통합운영국 개발에 도움이 되었는가)	2	✓					20
	평가 결과의 적절성	1		✓				9
	평가 결과의 활용성	1		✓				9

종합 평점	97	평가 등급	매우우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
				✓				

종합 의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

평가기준 설정과 그에 따른 평가결과가 매우우수하고 결과가 개발에 큰도움이 되었으로 평가됨.

2018년 12월 28일

평가자	소속 및 직위	파인텔레콤 이사	성명	윤용진 (윤용진)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정

통합운영국 통합시험 평가서

과제명	차로구분 정밀위치 결정 교통인프라 기술 실용화 연구	책임자	서덕환
세부연구	연구내용	통합운영국 통합시험	
	기관명	지아이시스템 주식회사	연구책임자 서덕환
	총연구기간	2018.01.01. ~ 2018.12.31.	

평가항목	구분	가중치	항목별 평가등급					항목별 점수
			매우우수 (10)	우수 (9)	보통 (8)	미흡 (7)	불량 (6)	
통합운영국통합시험	평가 방법의 구체성 및 적합성	1	✓					10
	평가 목표의 타당성	2		✓				18
	목표의 달성도 / 통합시험 합격 (95%이상)	3	✓					30
	통합시험 결과의 활용성 (이후 통합운영국 개발에 도움이 되었는가)	2	✓					20
	평가 결과의 적절성	1		✓				9
	평가 결과의 활용성	1	✓					10

종합평점	97	평가등급	아주우수	아주우수 (95이상)	우 수 (94-85)	보 통 (84-75)	미 흡 (74-65)	불 량 (65미만)
				✓				

종합의견

※ 평가등급 부여 근거와 기타 종합의견을 기재

평가방법의 구체성과 적합성이 적절하고, 그에 따른 결과가 매우 우수하였으며, 향후 활용도가 높은것으로 평가됨

2018년 12월 28일

평가자	소속 및 직위	파이텔레콤 이사	성명	윤용한 (서명)

※ 평점은 항목별 점수의 합으로 산정