교통물류연구사업

06교통핵심A03

위성항법기반 교통인프라 기술개발 최종보고서

2015. 12. 29

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국항공우주연구원
공동연구기관 / 한국해양과학기술원
건국대학교
충남대학교
서울대학교
한국항공대학교
전자부품연구원
위탁연구기관 / 인하대학교
카이스트

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 “위성항법기반 교통인프라 기술개발“과제의 보고서로 제출합니다.

2015 . 12. 29

주관연구기관명 : 한국항공우주연구원
주관연구책임자 : 허문범 박사/책임연구원
공동연구기관명 : 한국해양과학기술원
공동연구책임자 : 조득재 박사/선임연구원
공동연구기관명 : 건국대학교
공동연구책임자 : 지규인 박사/교수
공동연구기관명 : 충남대학교
공동연구책임자 : 황동환 박사/교수
위탁연구기관명 : 서울대학교
위탁연구책임자 : 기창돈 박사/교수
공동연구기관명 : 한국항공대학교
공동연구책임자 : 김원규 박사/교수
공동연구기관명 : 전자부품연구원
공동연구책임자 : 임기택 박사/센터장

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>06교통핵심
A03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2009.10.11~
2015.10.11</td><td>단 계 구 분</td><td></td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>최 상 위
과 제 명</td><td colspan="4">위성항법기반 교통인프라 기술개발</td></tr>
<tr><td>단위과제명</td><td colspan="4">- 육상교통 환경에서 위성항법 활용을 위한 항법신호 이상 감시기법 연구
- 육상교통 환경에서의 위성항법 측정치 변환 검출 및 반송파 측정치의 안정적 활용을 위한 기반기술 연구
- 반송파정밀항법 성능 개선을 위한 난수신신호 처리 기법 설계
- 육상 교통 환경에서의 다중 기준국을 활용한 정밀 위치결정 기반 연구
- 위성항법기반 교통측위기술의 연계적용 연구
- WAVE 통신기반 측위기술 적용가능성 검토</td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>허문범</td><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 439 명
내부 : 439 명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 19,110,000천원
계 : 19,110,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국항공우주연구원
위성항법팀</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>345</td></tr>
</table>

■ 육상교통 환경 반송파기반 차로구분 위치결정 성능 도출을 위한 위성항법 신호오차·이상현상 모델링 및 시뮬레이션 기반기술 개발

- 반송파기반 다중수신국 활용 위치결정을 위한 보정정보 생성 방법 분석 및 모델링
- 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 오차분석 및 모델링

■ 육상교통 환경 준실시간 실측데이터를 활용한 반송파기반 다중수신국 네트워크 기반기술 개발

- 실측데이터를 활용한 보정정보 생성 모델 검증
- 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 모델 검증
- 육상교통 환경에서 기반기술 시험을 위한 실측데이터 활용 위치결정

■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 요소 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 도출/대응 기반기술 개발

- 수신국/중앙국/사용자 세부 요소 적용기술개발
- 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 요소 기술 개발
- 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 요소 기술 개발
- 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 요소 기술 개발
- 요소 기술 시험을 위한 장비개발

※ 요소 기술 : 실시간 테스트베드를 구성하기 위한 세부 모듈의 기술

■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 시스템 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 대응 핵심기술 개발

- 수신국/중앙국/사용자 세부 시스템 적용기술 개발
- 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 시스템 핵심기술 개발
- 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 시스템 핵심기술 개발
- 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 시스템 핵심기술 개발
- 시스템 기술 시험을 위한 장비개발

※ 시스템 기술 : 실시간 테스트베드를 대상으로 시간지연 등의 현상이 발생하는 것을 고려한 기술

■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 테스트베드 구축 및 시험 운용

- 시스템 통합 기술개발 및 성능개선
- 육상교통 환경 위성항법 활용 시나리오 적용 기술개발
- 테스트베드를 활용한 종합 환경 시험평가 수행
- WAVE 통신기반 측위기술 적용가능성 검토
- 위성항법기반 교통측위 기술의 연계적용 연구

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	위성항법, 육상교통차로구분, GPS, 반송파위치결정, 육상교통, 2단계 기획
	영 어	GNSS, Network RTK, Correction information, Land Transportation, Ambiguity Resolution

목 차

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1

제1절 연구개발의 필요성 및 중요성 ····· 1

1. 연구개발의 필요성 ····· 1
2. 연구개발의 중요성 ····· 9

가. 기술적 측면 ····· 9

나. 경제적, 산업적 측면 ····· 11

다. 사회적, 문화적 측면(공공성 포함) ····· 13

제2절 연구 최종 목표 및 연구 범위 ····· 15

1. 최종목표 ····· 15
2. 연구의 범위 ····· 16

가. 연구의 기획 ····· 16

나. 연구 범위 및 내용 ····· 17

다. 상세 기술 개발 내용 ····· 20

제3절 국내외 기술개발 현황 ····· 26

1. 위성항법시스템 현황 ····· 26

가. 국가별 위성항법시스템 종류 ····· 26

나. 미국의 GPS (Global Positioning System) ····· 26

다. 러시아의 GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System) ····· 28

라. 유럽의 GALILEO ····· 28

마. 중국의 Beidou ····· 30

바. 일본의 QZSS(Quasi Zenith Satellite System) ····· 31

사. 인도의 IRNSS(Indian Regional Navigational Satellite System) ····· 31

2. 국내외 위치결정 관련 ITS (Intelligent Transportation System) 기술 동향 ·32

가. 미국의 위치결정 관련 ITS 기술 동향 ····· 32

나. 유럽의 위치결정 관련 ITS 기술 동향 ····· 35

다. 일본의 위치결정 관련 ITS 기술 동향 ····· 36

라. 국내의 위치결정 관련 ITS 기술 동향 ····· 37

3. 국내외 위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술 동향 ····· 38

가. 미국 ····· 38

나. 유럽 ····· 39

다. 일본 ·····40
라. 국내 ·····42

제2장 연구개발 수행내용 및 결과 ·····49

제1절 실시간 시험평가용 테스트베드 요구사항 분석 ·····49
1. 자문회의를 통한 테스트베드 요구사항 결정 ·····49
가. 테스트베드 선정 요구사항 ·····49
나. 테스트베드 요구사항 후보지 선정 ·····50
2. 테스트베드 최종 후보지 선정평가 ·····50
가. 위성항법신호 수신환경 분석 ·····50
나. 보정정보(DMB) 수신환경 분석 ·····54
다. 교통환경 분석 ·····56
라. 최종 테스트베드 선정 ·····56
3. 테스트베드 수신국 위치선정 ·····59
가. 수신국 위치 선정을 위한 요구사항 도출 및 필요성 ·····59
나. 네트워크 구성을 위한 후보 사이트 선정 ·····61
다. 실측 데이터 분석을 통한 최종 수신국 사이트 선정 ·····63
4. 테스트베드 개발 및 성과활용을 위한 시범운용 데모 장비 개발 ·····76
가. 시범운용 데모방안 및 테스트베드 적용방안 도출 ·····76
나. 테스트베드 및 시범운용 장비 설계, 운영 매뉴얼 작성 ·····77
다. 테스트베드 지역 정밀 환경 분석 ·····79
라. 테스트베드 지역 정밀 전자지도 제작 ·····80
마. 테스트베드 시범운용 장비제작 ·····83
바. 테스트베드 장비 및 시범운용 장비 평가 ·····88

제2절 실시간 시험평가용 지역수신국 시스템 개발 ·····91
1. 지역수신국 시스템 상세설계 ·····91
가. 기능 및 요구조건 ·····91
나. 수신국 시스템 설계안 ·····98
2. 지역수신국 실시간 시험평가 시스템 개발 ·····103
가. 수신국 시스템 하드웨어 개발 내용 ·····103
나. 수신국 시스템 소프트웨어 개발 내용 ·····113
다. 다중 수신국 사이트 설치 ·····119

제3절 실시간 시험평가용 지역제어국 시스템 개발 ····125
1. 지역제어국 시스템 상세설계 ····125
가. 지역제어국 시스템 설계 ····125
나. 지역제어국 시스템 하드웨어 설계 ····131
다. 지역제어국 시스템 하드웨어 이중화 설계 ····135
라. 지역제어국 시스템 소프트웨어 설계 ····135
마. 지역제어국 시스템 소프트웨어 이중화 설계 ····139
바. 지역제어국 시스템 알고리즘 설계 ····147
2. 실시간 지역제어국 하드웨어 개발 ····152
가. 데이터 처리부 ····152
나. 디스플레이부 ····153
다. 방송통신부 ····154
라. 실시간 지역제어국 하드웨어 이중화 ····155
3. 실시간 지역제어국 소프트웨어 개발 ····158
가. 정보 생성부 ····158
나. 시각화 표현부 ····159
다. 시각화 표현부 ····164

제4절 실시간 시험평가용 사용자 시스템 개발 ····166
1. 사용자 시스템 상세설계안 ····166
가. 사용자 시스템 요구사항 ····166
나. 사용자 시스템 설계안 ····169
2. 사용자 실시간 시험평가 시스템 개발 ····183
가. 사용자 시험평가 시스템 개발 ····183
나. 사용자 시험평가 시스템 개발 성능 평가 ····237

제5절 성능평가 ····248
1. 성능평가 정의 및 평가방법 ····248
가. 성능평가 항목 ····248
나. 지역 수신국 ····248
다. 지역 제어국 ····251
라. 사용자 ····259

제3장 최종 연구성과 및 활용실적 ····271

제1절 최종 연구성과 ····271
1. 핵심성과 ····273

제2절 주요 연구성과 ····281
1. 과제 기획단계 성과 ····281
가. 논문 게재 실적 ····281
나. 논문 발표 실적 ····281
2. 본과제 학술적 성과 ····282
가. 논문 게재 실적 ····282
나. 논문 발표 실적 ····287
3. 본과제 기술적 성과 ····301
가. 특허 실적 ····301
나. 소프트웨어 등록 ····304
4. 본과제 활용실적 ····306
가. 연구성과물 활용 ····306

제3절 표준화 추진 ····307
1. 표준화 개요 ····307
가. ISO TC204 소개 ····307
나. ISO 표준 제정개요 ····312
2. ISO TC204(WG17) 국제표준화 추진 경과 ····314
가. ISO TC204 WG17 표준 범위 ····314
나. WG17 참여 국가 ····315
다. ISO TC204 WG17 제정된 표준 ····315
라. 의제 발표 ····315

제4장 연구목표 달성도 및 연구개발 효과 ····320

제1절 연구개발 최종목표 달성도 ····320
1. 연구개발 수행 진도율(최종년도) ····320
2. 연구개발 목표의 달성도 ····321

제2절 연구개발 효과 ····322
1. 기술적 효과분석 ····322
2. 경제적 효과분석 ····322

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성 ·····324

제1절 연구성과 활용방안 ·····324

1. 사업화 추진방안 ·····324
2. 정책반영 계획 ·····324
3. 기존 연구 및 타 연구와의 연계 ·····324

제2절 추가연구 필요성 ·····324

1. 교통분야에서의 추가연구에 대한 요구사항 ·····324
2. 추가연구가 제시하는 비전 ·····325
3. 추가연구 개발과제 기획 ·····325

참고문헌 ·····328

약어설명 ·····340

용어설명 ·····345

그림 목차

<그림 1.1-1> 현재 육상교통 시스템의 문제점 ·····2
<그림 1.1-2> 도로망의 포화율 증가의 원인 및 결과 ·····2
<그림 1.1-3> 교통혼잡비용 변화 추이 (통계청) ·····3
<그림 1.1-4> 유럽의 eCall 시스템 ·····4
<그림 1.1-5> 위치결정 교통인프라 기술의 고려사항 ·····4
<그림 1.1-6> 위성항법기반 정밀위치결정 인프라 기술개발의 비전 ·····5
<그림 1.1-7> 차로구분이 가능한 안전한 위치결정 분야 ·····5
<그림 1.1-8> 육상교통분야에서의 차로구분수준 정밀위치결정 기술개발 필요성 6
<그림 1.1-9> 위성항법 인프라 기술개발 필요성 ·····6
<그림 1.1-10> 항공교통분야와 육상교통분야의 위성항법 수신환경 ·····7
<그림 1.1-11> 위성항법기반 육상교통 인프라 필요기술 ·····7
<그림 1.1-12> 위성항법기반 위치결정 육상교통인프라 기술 수준 ·····8
<그림 1.1-13> 다중 기준국 네트워크 기반의 교통 인프라망 ·····9
<그림 1.1-14> 활주로 침입에 대한 새로운 표준 채택에 따른 침입 회수 비교 10
<그림 1.1-15> EU FP 7의 예산 비중 ·····10
<그림 1.1-16> IVBSS(Integrated Vehicle Based Safety System)의 경차용 DAS(Data Acquisition System)구성 ·····11
<그림 1.1-17> 일본 ITS 시장 전망 ·····13
<그림 1.1-18> CO2 배출 비율 ·····14
<그림 1.2-1> 현재와 미래의 위성항법기반 육상교통분야 위치결정 방법 ·····15
<그림 1.2-2> 현재와 미래의 위성항법기반 육상교통분야 위치결정 방법 ·····16
<그림 1.2-3> 2차년도 기획 연구 반영 ·····17
<그림 1.2-4> 단계별 연구개발 ·····18
<그림 1.2-5> 기술단계별 연구개발 ·····19
<그림 1.2-6> 연차별 연구 목표 ·····20
<그림 1.2-7> 위성항법기반 교통인프라 테스트베드 ·····25
<그림 1.3-1> 위성항법시스템 개발동향 요약 ·····26
<그림 1.3-2> 개발 단계별 GPS 위성 ·····27
<그림 1.3-3> GPS 현대화 단계 ·····27
<그림 1.3-4> GLONASS 현대화 단계 ·····28
<그림 1.3-5> GALILEO 개발계획 ·····29
<그림 1.3-6> 북두위성 항법시스템 개발 순서 ·····30
<그림 1.3-7> QZSS 위성 종류 ·····31

<그림 1.3-8> IRNSS 위성 배열 ·····32
<그림 1.3-9> IVBSS의 위성항법 활용 장비 ·····33
<그림 1.3-10> Intelli-Drive의 위성항법 활용 장비 ·····34
<그림 1.3-11> CICAS-V의 위성항법 활용 장비 ·····35
<그림 1.3-12> COOPERS의 위성항법 활용 장비 ·····36
<그림 1.3-13> ASV의 위성항법 활용 장비 ·····37
<그림 1.3-14> U-TSN용 정밀차량 시스템 구성 ·····38
<그림 1.3-15> 스마트 하이웨이 시스템 구성 ·····38
<그림 1.3-16> 차로구분 수준 위치결정 연구 소개 및 GPS 탑재장비 ·····39
<그림 1.3-17> GMV에서 개발 중인 장비 ·····40
<그림 1.3-18> 차로구분 수준 위치결정 연구를 위한 차량 및 GPS 탑재장비 ·····41
<그림 1.3-19> GPS와 DGPS 개요 ·····43
<그림 1.3-20> SBAS 개요 ·····44
<그림 1.3-21> 육상교통 환경 위성항법 신호 관측 환경 ·····45
<그림 1.3-22> SBAS의 육상교통 활용 시 한계점 ·····45
<그림 1.3-23> VRS 시스템 구성 ·····47
<그림 2-1> 테스트베드 선정 시스템 구조도 ·····49
<그림 2-2> 테스트베드 1차 후보지 선정 ·····50
<그림 2-3> 오창 가시위성 수 ·····51
<그림 2-4> 오창 DOP ·····51
<그림 2-5> 오창 신호대잡음비 ·····51
<그림 2-6> 청주 가시위성수 ·····52
<그림 2-7> 청주 DOP ·····52
<그림 2-8> 청주 신호대 잡음비 ·····52
<그림 2-9> 세종 가시위성 수 ·····53
<그림 2-10> 세종 DOP ·····53
<그림 2-11> 세종 신호대잡음비 ·····53
<그림 2-12> 청주,오창,세종 위성항법신호 환경 분석 ·····54
<그림 2-13> 오창 DMB 데이터 획득률 ·····54
<그림 2-14> 오창 DMB 신호세기 ·····54
<그림 2-15> 청주 DMB 데이터 획득률 ·····55
<그림 2-16> 청주 DMB 신호세기 ·····55
<그림 2-17> 세종 DMB 데이터 획득률 ·····55
<그림 2-18> 세종 DMB 신호세기 ·····55
<그림 2-19> 오창,청주,세종 지역의 DMB 신호환경 분석 ·····56

<그림 2-20> 오창 최종 환경 적합도 분석 결과 ·····57
<그림 2-21> 청주 최종 환경 적합도 분석 결과 ·····58
<그림 2-22> 세종 최종 환경 적합도 분석 결과 ·····58
<그림 2-23> 수신국 사이트 선정 방식 ·····60
<그림 2-24> 예비 후보지 16곳 선정 ·····62
<그림 2-25> 최종 후보지 8곳 선정 ·····63
<그림 2-26> 항법 위성 신호 주파수 분포 ·····64
<그림 2-27> GNSS 각 주파수 대역 ·····64
<그림 2-28> 전파 측정 장비 및 측정 과정 ·····65
<그림 2-29> 전파환경 분석 결과 ·····65
<그림 2-30> 상공장애도 측정 과정 ·····66
<그림 2-31> 7개 후보지의 상공장애도 분석 결과 ·····67
<그림 2-32> 수신국 네트워크 성능 향상을 위한 이론적 배치 ·····68
<그림 2-33> IDOP 분포 ·····69
<그림 2-34> 미국 전역의 Network RTK 예상성능 ·····70
<그림 2-35> 제 1안 결과 ·····71
<그림 2-36> 제 2안 결과 ·····72
<그림 2-37> 제 3안 결과 ·····73
<그림 2-38> 제 4안 결과 ·····74
<그림 2-39> 제 5안 결과 ·····75
<그림 2-40> 제 6안 결과 ·····76
<그림 2-41> 수신국 배치 성능 결과 ·····76
<그림 2-42> 테스트베드 및 시범운용을 위한 장비구축 ·····78
<그림 2-43> 테스트베드 및 시범운용을 위한 통신운영 구성 ·····78
<그림 2-44> 측정환경 선정기준 ·····79
<그림 2-45> 3차원 모델링 결과 ·····80
<그림 2-46> 테스트베드 환경 분석 및 1,2,3환경 선정 결과 ·····80
<그림 2-47> 정밀 전자지도 데이터베이스 구축 ·····81
<그림 2-48> 정밀 전자지도 데이터베이스 측량점 ·····81
<그림 2-49> 구축된 정밀 전자지도 ·····81
<그림 2-50> 정밀 전자지도 추가 제작 구간 ·····82
<그림 2-51> 정밀 전자지도 검증 구간 ·····83
<그림 2-52> 주파수별 최대, 평균, 최소 신호세기 노이즈 결과(청주) ·····84
<그림 2-53> 주파수별 최대, 평균, 최소 신호세기 노이즈 결과(비봉초등학교) ·85
<그림 2-54> 사용자 네비게이션 시스템 ·····86

<그림 2-55> 사용자 단말기 활용 설명도 ·····86
<그림 2-56> 차량용 관성센서(IMU) 보드 ·····87
<그림 2-57> 단말기 외형도 ·····87
<그림 2-58> 통합시험 결과 화면(네비게이션) ·····89
<그림 2-59> 통합 기능 시험을 위한 경로 선정 ·····89
<그림 2-60> 수신국 시스템 기능 ·····91
<그림 2-61> 수신국 장비 기본 구성도 ·····96
<그림 2-62> 안테나부 외형 구성 및 분해도 ·····98
<그림 2-63> 제어함체부 외형 구성 ·····99
<그림 2-64> 제어함체부 내부 구성 ·····99
<그림 2-65> 감시카메라부 구성 ·····100
<그림 2-66> 소프트웨어 전체 상세 설계도 ·····100
<그림 2-67> 소프트웨어 GUI 설계 시안 ·····101
<그림 2-68> 다중 데이터 획득 모듈 상세 설계 ·····101
<그림 2-69> 다중 데이터 동기화 모듈 상세 설계 ·····102
<그림 2-70> 통신 네트워크 동기화 모듈 상세 설계 및 흐름도 ·····103
<그림 2-71> 이중화 안테나 구조 ·····104
<그림 2-72> 안테나부 외형 ·····104
<그림 2-73> 수신국 안테나 필러 연결 봉 설치 ·····105
<그림 2-74> 안테나부 필러 보강 설치 ·····105
<그림 2-75> 안테나 거치대 설치 ·····106
<그림 2-76> 위성항법 안테나 ·····107
<그림 2-77> 기상측정장치 ·····107
<그림 2-78> 수신국 제어 함체 내부/외부 제작 ·····109
<그림 2-79> 위성항법 수신기 ·····109
<그림 2-80> 위성항법 수신기 함체 내부 설치 ·····110
<그림 2-81> 중앙처리장치(산업용 PC) ·····110
<그림 2-82> 중앙처리장치 함체 내부 설치 ·····111
<그림 2-83> 디스플레이 장치 함체 Door 설치 ·····111
<그림 2-84> 무정전 전원공급장치 ·····112
<그림 2-85> 무정전전원공급장치 함체 내부 설치 ·····112
<그림 2-86> 일체형 키보드 설치 ·····113
<그림 2-87> 수신국 소프트웨어 메인 화면 ·····114
<그림 2-88> 가시 위성 상태 및 수신기 위치 결정 상태 ·····114
<그림 2-89> 위성항법데이터 상세 데이터 상태 ·····115

<그림 2-90> 기상측정 데이터 모니터링 ·····115
<그림 2-91> 수신국 시스템 장치 동작 상태 ·····116
<그림 2-92> 수신국 소프트웨어 모듈별 동작 상태 및 시스템 상태 ·····116
<그림 2-93> 수신국 소프트웨어 모듈별 상태 정보 ·····117
<그림 2-94> 수신국 소프트웨어 모듈별 이상 발생 정보 ·····117
<그림 2-95> 수신국 함체 제어 및 입력 전원 정보 ·····118
<그림 2-96> 실시간 위성항법 데이터 저장 상태 정보 ·····118
<그림 2-97> 실시간 획득 영상 상태 및 정보 ·····119
<그림 2-98> 수신국 안테나부 현장 설치 ·····120
<그림 2-99> 제어함체 안테나 연결 케이블 현장 설치 ·····120
<그림 2-100> 감시카메라 현장 설치 ·····121
<그림 2-101> 감시카메라 주간(좌) 및 야간(우) 촬영 영상 ·····121
<그림 2-102> 안성 수신국 현장 설치 ·····122
<그림 2-103> 음성 수신국 현장 설치 ·····122
<그림 2-104> 공주 수신국 현장 설치 ·····123
<그림 2-105> 보은 수신국 현장 설치 ·····123
<그림 2-106> 지역제어국 집중처리시스템 기본 설계 ·····127
<그림 2-107> 지역제어국 집중처리 시스템 상세 설계도 ·····128
<그림 2-108> 지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 흐름 구성도 ·····130
<그림 2-109> 지역제어국 소프트웨어 상세 인터페이스 구성도 ·····130
<그림 2-110> 지역제어국 시스템 전체 구성도 ·····131
<그림 2-111> 지역제어국과 지역수신국 통신 구성도 ·····131
<그림 2-112> 지역제어국 시스템 하드웨어 설계도 ·····132
<그림 2-113> 지역제어국 하드웨어 서버 ·····133
<그림 2-114> 지역제어국 비상전원공급 장치 ·····134
<그림 2-115> 디스플레이부 외형 ·····135
<그림 2-116> 지역제어국 시스템 소프트웨어 설계도 ·····136
<그림 2-117> 데이터 획득 모듈 설계도 ·····137
<그림 2-118> 데이터 동기화 개념도 ·····138
<그림 2-119> 데이터 전처리 설계도 ·····138
<그림 2-120> 지역제어국 집중처리 시스템 모듈별, 스레드별 동작 구성도 ·····140
<그림 2-121> IGS 궤도력 포맷 예시 ·····143
<그림 2-122> NTP 패킷 구조 ·····144
<그림 2-123> 지역수신국 데이터 지연량 검출 개념도 ·····145
<그림 2-124> 지역제어국 시스템 다중 데이터 획득 기본 설계 ·····147

<그림 2-125> 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기본 설계 ·····148
<그림 2-126> 다중 지역수신국 위성항법 데이터 전처리 기본 설계 ·····148
<그림 2-127> 지역제어국 다중 지역수신국 반송파 보정정보 생성 기본 설계 ·149
<그림 2-128> 미지정수 결정 방법 ·····149
<그림 2-129> 반송파 보정정보 출력 기본 설계 ·····150
<그림 2-130> 실시간 궤도력 활용 기본 설계 ·····150
<그림 2-131> 지역제어국 집중처리 시스템 제어 ·····151
<그림 2-132> 지역제어국 집중처리 시스템 렉 구성 ·····153
<그림 2-133> 지역제어국 집중처리 시스템 디스플레이 장치 ·····154
<그림 2-134> 방송통신 시스템 하드웨어 ·····155
<그림 2-135> 보정정보 송출을 위한 방송통신 운영 구성 ·····155
<그림 2-136> DABAir-Mini ·····155
<그림 2-137> 실시간 지역제어국 이중화 개념도 ·····156
<그림 2-138> 실시간 지역제어국 이중화 시스템의 논리적 개념도 ·····157
<그림 2-139> 실시간 지역제어국 이중화 시스템의 물리적 개념도 ·····158
<그림 2-140> 지역제어국 시스템 하드웨어 외형 ·····158
<그림 2-141> 정보 생성부 수행 내용 ·····159
<그림 2-142> 시각화 표출장치 ·····159
<그림 2-143> 지역수신국 데이터 표출 화면 ·····160
<그림 2-144> 지역제어국 시스템 메인 표출 화면 ·····160
<그림 2-145> 획득 관련 상태 화면 ·····161
<그림 2-146> 동기화 및 전처리 상태 화면 ·····161
<그림 2-147> 보정정보 생성 상태 표출 화면 ·····162
<그림 2-148> 무결성 정보 생성 상태 표출 화면 ·····162
<그림 2-149> 보정정보 상태 출력 화면 ·····163
<그림 2-150> 시스템 제어 상태 관련 표출 화면 ·····163
<그림 2-151> 실시간 위성 궤도력 상태 화면 ·····164
<그림 2-152> T-DMB 수신 단말 모듈 소프트웨어 실행 화면 ·····165
<그림 2-153> 보정데이터 추정 알고리즘 설계 ·····169
<그림 2-154> 위성데이터 구조화 알고리즘 설계 ·····170
<그림 2-155> 차분 잔차 계산 알고리즘 설계 ·····170
<그림 2-156> 단일측위 알고리즘 설계 ·····171
<그림 2-157> 위성변화감시 알고리즘 설계 ·····172
<그림 2-158> GPS/DR 차량 항법 알고리즘 세부 구조도 ·····173
<그림 2-159> GPS/DR 차량 항법시스템 필터 구조도 ·····174

<그림 2-160> 1차 사용자 단말기 블록다이어그램 ·····175
<그림 2-161> 2차(PP) 사용자 단말기 블록다이어그램 ·····176
<그림 2-162> IMU 모듈 블록다이어그램 ·····176
<그림 2-163>Vision 센서 블록다이어그램 ·····177
<그림 2-164> 통합 소프트웨어 구성도 ·····177
<그림 2-165> 전자지도 구성도 ·····178
<그림 2-166> 영상 정보 처리 소프트웨어 구성도 ·····178
<그림 2-167> 데이터 흐름도 ·····179
<그림 2-168> 포지션 알고리즘 동작 흐름도 ·····181
<그림 2-169> 전자지도 인터페이스 ·····182
<그림 2-170> TCC8930 CPU 블록다이어그램 ·····183
<그림 2-171> 적용된 RAM 및 NAND Flash 이미지 ·····184
<그림 2-172> TCC3171 DMB 수신기 블록다이어그램 ·····184
<그림 2-173> 적용된 WiFi 수신기 이미지 ·····185
<그림 2-174> LEA 6T GPS 수신기 블록다이어그램 ·····185
<그림 2-175> 적용된 7인치 LCD 이미지 ·····186
<그림 2-176> 최종 사용자 단말기 PCB 이미지 - 전면 ·····187
<그림 2-177> 최종 사용자 단말기 PCB 이미지 - 후면 ·····187
<그림 2-178> Windows Compact 7 기능 비교 ·····188
<그림 2-179> Windows Compact 7 성능 비교 ·····189
<그림 2-180> 사용자 어플리케이션 목록 ·····190
<그림 2-181> 사용자 단말기 전면 이미지 ·····191
<그림 2-182> 사용자 단말기 후면 이미지 ·····191
<그림 2-183> OBD-II 단자 ·····192
<그림 2-184> 차속 알고리즘 절차 ·····193
<그림 2-185> IMU 모듈 (2차 보드) ·····194
<그림 2-186> IMU 알고리즘 절차 ·····195
<그림 2-187> 다양한 용도로 활용 가능한 플랫폼 ·····195
<그림 2-188> A5s SoC의 블록다이어그램 ·····196
<그림 2-189> MT9P031 이미지센서의 블록다이어그램 ·····196
<그림 2-190> 4개의 메인 모듈로 구성된 Vision 센서 ·····197
<그림 2-191> 각 모듈들이 결합된 Vision 센서 하드웨어 향상 ·····197
<그림 2-192> 광각 대구경 렌즈 ·····198
<그림 2-193> 시스템 소프트웨어 구성도 ·····198
<그림 2-194> 컴팩트한 제품 사이즈 ·····199

<그림 2-195> 차량에 장착된 Vision 센서 형상 ·····199
<그림 2-196> 포지션 알고리즘 초기화 방법 ·····200
<그림 2-197> 데이터 획득 구조 ·····200
<그림 2-198> 데이터 처리 구조 ·····201
<그림 2-199> 데이터 출력 구조 ·····201
<그림 2-200> 측정 환경 선정 기준 ·····203
<그림 2-201> 오창읍 일대 ·····203
<그림 2-202> 3차원 모델링 결과 ·····204
<그림 2-203> 지역별 건물 높이 현황 ·····205
<그림 2-204> 관측 지점 선점 ·····205
<그림 2-205> 전자지도 데이터베이스 구축 목표 ·····206
<그림 2-206> RTK(Real Time Kinematic) 방식 ·····208
<그림 2-207> LEICA Geo Office S/W 화면 ·····209
<그림 2-208> 국가기준점 GPS관측망도(대망) ·····210
<그림 2-209> 보조기준점 30개 선정 및 측량(소망) ·····211
<그림 2-210> 1차, 2차 측량 노선 및 구간 ·····212
<그림 2-211> 측점 위치 예 ·····212
<그림 2-212> 현황 측량 결과 ·····213
<그림 2-213> 교차로 및 블록 구간 현황 측량 결과 예 ·····213
<그림 2-214> 도로 차선 구축 절차 ·····214
<그림 2-215> 배경 표시용 차선 구축 방법 ·····215
<그림 2-216> 차선 고도데이터 구축 ·····215
<그림 2-217> 건물 고도데이터 구축 ·····216
<그림 2-218> 차선 구축 결과 ·····216
<그림 2-219> 정확도 검증을 위한 검측 지점 ·····217
<그림 2-220> 경로 안내 데이터 구축 절차 ·····218
<그림 2-221> 경로 안내 데이터 구축 결과 ·····219
<그림 2-222> 차로 맵매칭 소프트웨어 구조 ·····220
<그림 2-223> 시범지역 차선 표시 예 (2D뷰) ·····221
<그림 2-224> 시범지역 차선 표시 예 (3D뷰) ·····221
<그림 2-225> 궤적 표시 예 ·····222
<그림 2-226> Sat Data 표시 예 ·····222
<그림 2-227> 차로 안내 실시 예 ·····223
<그림 2-228> 차로 안내 알고리즘 ·····223
<그림 2-229> MapWindowGIS 화면 ·····224

<그림 2-230> 사진이 찍히는 모습 ·····225
<그림 2-231> 역원근 변환을 하기 위한 3차원 이미지의 4개점 ·····226
<그림 2-232> 원 영상(좌)과 역원근변환 결과영상(우) ·····226
<그림 2-233> RGB(3채널)영상을 Y(1채널)영상으로 변환 결과 ·····227
<그림 2-234> 영상 스무딩전(좌)과 스무딩후(우) ·····227
<그림 2-235> Sobel을 이용한 에지 추출(magnitude) ·····228
<그림 2-236> Y영상, Sobel 에지영상, threshold된 영상 ·····229
<그림 2-237> 차선 추출 결과 1 ·····230
<그림 2-238> 차선 추출 결과2 ·····231
<그림 2-239> 차선 추출 결과3 ·····231
<그림 2-240> hough transform의 원리 ·····232
<그림 2-241> hough transform 결과 ·····233
<그림 2-242> hough space ·····234
<그림 2-243> 좌측 차선변경전 차량의 헤딩검출 ·····235
<그림 2-244> 직선주행의 차량 헤딩검출 ·····235
<그림 2-245> 주행 시나리오 ·····236
<그림 2-246> 차선 변경 시나리오 ·····236
<그림 2-247> 최인접차선의 x값과 기울기값 ·····237
<그림 2-248> 차속 펄스 실차테스트 결과 ·····239
<그림 2-249> BMI055 데이터시트 예시 ·····240
<그림 2-250> 제작한 IMU 모듈로 실제 테스트한 결과 (단위 : m/sec2) ·····240
<그림 2-251> 제작한 IMU 모듈로 실제 테스트한 결과 (단위 : ° /sec) ·····240
<그림 2-252> 알고리즘 검증 방법 ·····242
<그림 2-253> 전자지도 검측 결과서 작성 방법 ·····243
<그림 2-254> 1~3 환경 지역 검측 지점 ·····243
<그림 2-255> 1환경 지역 검측 좌표 ·····244
<그림 2-256> 2환경 지역 검측 좌표 ·····244
<그림 2-257> 3환경 지역 검측 좌표 ·····245
<그림 2-258> 지역수신국-지역제어국간 통신 네트워크 지연량 ·····250
<그림 2-259> 정적 실측 데이터 획득 네트워크 구성 ·····254
<그림 2-260> 각 보정정보 생성 방식 별 수평 위치 오차 ·····255
<그림 2-261> 각 조합방식별 사용자 위치영역 정확도 비교 ·····255
<그림 2-262> 보정정보 불연속 계산을 위한 다중 네트워크 설정 ·····256
<그림 2-263> 사용자 위치에 따른 네트워크 1, 2에서 생성된 사용자 위치 보정정보 위성 차분 값(레벨링 전: 左上, 레벨링 후: 左下) 및 보정정보 변

화량(레벨링 전: 右上, 레벨링 후: 右下) ·····257
<그림 2-264> 실시간 이상검출 플랫폼의 처리 지연시간 결과 ·····258
<그림 2-265> 위성항법 수신기 PPS를 이용한 센서 간 고정밀 시각동기 오차(측정 오차 500us) ·····260
<그림 2-266> 방송궤도력 및 위성간차분 이용 보정정보 지연 추정구조 ·····261
<그림 2-267> 사용자 신호변화 검출 성공률 검정통계량의 히스토그램 ·····262
<그림 2-268> 정밀위치 결정의 차로이탈 시간 ·····263
<그림 2-269> 사용자 위치결정 안정성 검증결과 ·····263
<그림 2-270> 사용자 위치 결정 성능 향상 필터 ·····264
<그림 2-271> 기준국용 수신기의 이중 차분된 코드 의사거리 ·····265
<그림 2-272> 사용자용 수신기의 이중 차분된 코드 의사거리 ·····265
<그림 2-273> 실제 다중경로 발생 환경 ·····266
<그림 2-274> 이중 차분된 코드 의사거리 - 시간영역(좌:L1, 우:L2) ·····266
<그림 2-275> 이중 차분된 코드 의사거리 - 주파수영역(좌:L1, 우:L2) ·····266
<그림 2-276> 반송파 평활 필터 ·····267
<그림 2-277> 형상 필터 ·····267
<그림 2-278> 다중경로 오차를 포함하는 데이터 수집 환경 ·····268
<그림 2-279> 다중경로 환경에서의 항법 수평오차(좌:x축, 우:y축) ·····269
<그림 2-280> 실험 기간 동안의 위치 항법해 무결성 지표 계산 ·····270
<그림 3.1-1> 성과로드맵 ·····272
<그림 3.3-1> ISO TC2014 조직도 ·····309
<그림 3.3-2> ISO 표준제정절차 ·····314
<그림 3.3-3> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 모습(좌) 및 진행 사항(우) ··316
<그림 3.3-4> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 항우연 발표 모습 ·····316
<그림 3.3-5> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 항우연 발표 내용 ·····317
<그림 3.3-6> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의 모습 ·····318
<그림 3.3-7> JWG 회의 모습(좌) 및 내용(우) ·····318
<그림 3.3-8> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의 항우연 발표 모습 ·····319
<그림 3.3-9> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의 항우연 발표 내용 ·····319
<그림 4.2-1> 본 연구와 기존 분석 및 주요도시 ITS사업의 경제성 비교 ·····322
<그림 5.2-1> 차로구분 정밀위치결정 교통인프라 기술 실용화 연구 개념도 ····326

표 목차

<표 1.1-1> GPS 시장군 비교 ····12
<표 1.2-1> 2차 기획 반영내용 ····17
<표 1.2-2> 기반 기술 분류 ····21
<표 1.2-3> 핵심기술 분류 ····22
<표 1.2-4> Testbed 기술 분류 ····23
<표 1.2-5> 연차별 주요 연구내용 ····23
<표 1.3-1> Galileo 제공 서비스 ····29
<표 1.3-2> 위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술 동향 요약 ····41
<표 1.3-3> GPS 발생요인별 오차 ····42
<표 2-1> 청주,오창,세종의 교통환경 분석표 ····56
<표 2-2> 최종 환경 적합도 비교표 ····59
<표 2-3> 통합기능 시험 평가지표(예시) ····90
<표 2-4> 수신국 시스템 연구 개발 요구사항 ····93
<표 2-5> 수신국 상세 시스템 요구사항 I (전체 시스템) ····93
<표 2-6> 수신국 상세 시스템 요구사항 II(소프트웨어, 하드웨어) ····93
<표 2-7> 수신국 상세 시스템 요구사항 검증 방법 ····95
<표 2-8> 하드웨어 연차별 장비 개발 ····103
<표 2-9> 안테나부 제작 사양 ····106
<표 2-10> 위성항법 안테나 성능 ····107
<표 2-11> 기상측정장치 성능 ····108
<표 2-12> 안성 수신국 설치 상황 ····122
<표 2-13> 음성 수신국 설치 상황 ····122
<표 2-14> 공주 수신국 설치 상황 ····123
<표 2-15> 보은 수신국 설치 상황 ····124
<표 2-16> 지역제어국 시스템 요구사항 ····125
<표 2-17> 지역제어국 시스템 하드웨어 요구조건 ····126
<표 2-18> 지역제어국 시스템 하드웨어 개발 단계 ····126
<표 2-19> 지역제어국 집중처리 시스템 요구사항 ····127
<표 2-20> 지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 단계 ····128
<표 2-21> 지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 환경 ····129
<표 2-22> 지역제어국 소프트웨어 요구사항 ····129
<표 2-23>지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 요구사항 ····129
<표 2-24> 지역제어국 하드웨어 사양 ····133

〈표 2-25〉 전원 보조장치 사양 ·····134
〈표 2-26〉 지역수신국 데이터량 예시 ·····137
〈표 2-27〉 데이터 처리 시스템 사양 ·····152
〈표 2-28〉 디스플레이부 하드웨어 성능 ·····154
〈표 2-29〉 방송통신 수신 단말 모듈 구성 ·····164
〈표 2-30〉 사용자 시스템의 기능 요구사항 ·····166
〈표 2-31〉 사용자 시스템의 설계 요구사항 ·····167
〈표 2-32〉 사용자 시스템의 운영 요구사항 ·····168
〈표 2-33〉 단말기 세트 제작 지원 성능 ·····186
〈표 2-34〉 차속센서 OBD-II 단자 입력 메세지 ·····192
〈표 2-35〉 통합 소프트웨어 데이터 전달 주기 ·····202
〈표 2-36〉 테스트베드 후보지 선정 내용 ·····206
〈표 2-37〉 구축 항목 (측량 성과) ·····207
〈표 2-38〉 구축 항목 이외의 지도(국가기본도 기반 내비게이션MAP) ·····207
〈표 2-39〉 현황 측량 대상 ·····208
〈표 2-40〉 현황 측량 범위 ·····212
〈표 2-41〉 차선 구축 정확도 검증 결과 ·····217
〈표 2-42〉 경로 안내 데이터 구축 항목 ·····218
〈표 2-43〉 Sobel 수평 마스트 ·····228
〈표 2-44〉 Sobel 수직마스크 ·····228
〈표 2-45〉 사용자 단말기 전압 및 Ripple 시험표 ·····238
〈표 2-46〉 사용자 단말기 GPS 성능 시험성적서 ·····238
〈표 2-47〉 사용자 단말기 T-DMB 최저 수신 감도 시험 성적서 ·····239
〈표 2-48〉 사용자 단말기 렌즈 및 센서 화각 기능 검증 ·····241
〈표 2-49〉 사용자 단말기 통합 소프트웨어 CPU 및 RAM 사용량 ·····241
〈표 2-50〉 사용자 전자지도 정확도 평과 결과 ·····245
〈표 2-51〉 사용자 영상 정보처리 소프트웨어 성능 결과 ·····247
〈표 2-52〉 반송파 평활필터 성능 비교표 ·····267
〈표 2-53〉 형상필터 성능 비교표 ·····268
〈표 3.3-1〉 ISO 표준제정 단계 ·····313
〈표 3.3-2〉 ISO 표준제정 시기 및 승인조건 ·····313
〈표 5.2-1〉 연구 목표 및 주요 연구내용 ·····326

요 약 문

I. 제목

위성항법기반 교통인프라 기술개발

II. 연구개발과제 개요

1. 연구 목적 및 필요성

□ 미래 육상교통 시스템의 안전성과 효율성을 증대시키기 위하여 위치정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술을 위성항법기반으로 개발

□ 차량의 급증으로 인한 교통망 수요의 포화 현상은 교통 혼잡을 발생하며, 다변화된 교통 환경으로 인하여 대형사고가 증가하고 있으며 또한, 차량에 의한 대기오염 등은 심각한 사회적 문제임

□ 육상교통의 문제점 해결을 위하여 교통의 효율성과 안전성을 향상시키기 위한 국가적인 인프라의 필요성이 대두됨

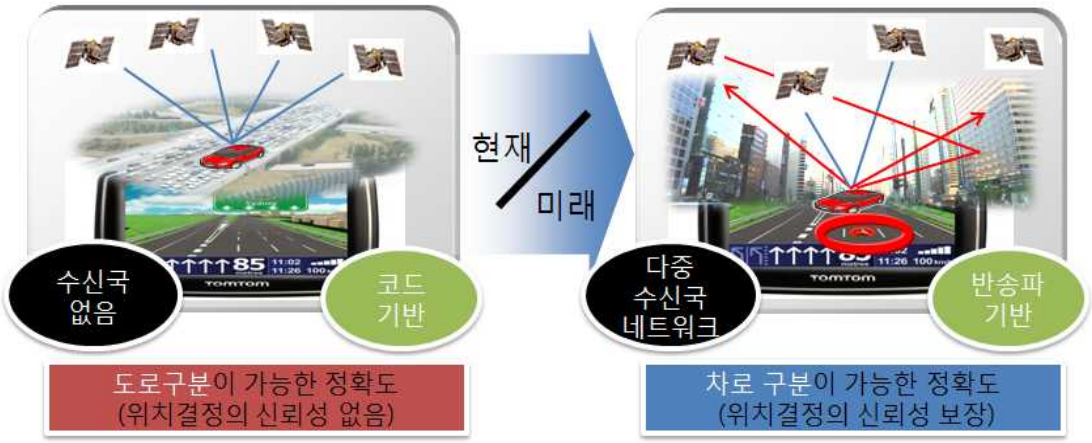
□ 육상교통 분야의 효율성 및 안전성을 향상시키기 위해서는 정확하고 신뢰성 있는 위치 정보가 필요

2. 연구 목표 및 내용

본 과제의 최종 목표는 **"미래 육상교통 시스템의 안정성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 활용의 위치정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술의 개발"**

- **미래 육상교통 시스템의 안전성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 기반 위치정확도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술을 개발**
  - 다중 수신국 위성항법 반송파기반 차로 구분이 가능한 수준의 위치결정 기술개발
  - 다중 수신국 활용 신호감시를 통한 위치정보의 신뢰성 향상 기술개발
  - 테스트베드 개발 및 시험 평가

※ 상기 제시된 최종목표는 기획연구의 연구 결과에 따라 도출된 전체 연구 개발의 최종목표임



[위성항법기반 교통인프라 기술개발 연구목표]

□ 1차년도 : 육상교통 환경 반송파기반 차로구분 위치결정 성능 도출을 위한 위성항법 신호오차·이상현상 모델링 및 시뮬레이션 기반기술 개발

□ 2차년도 : 육상교통 환경 준실시간 실측데이터를 활용한 반송파기반 다중수신국 네트워크 기반기술 개발

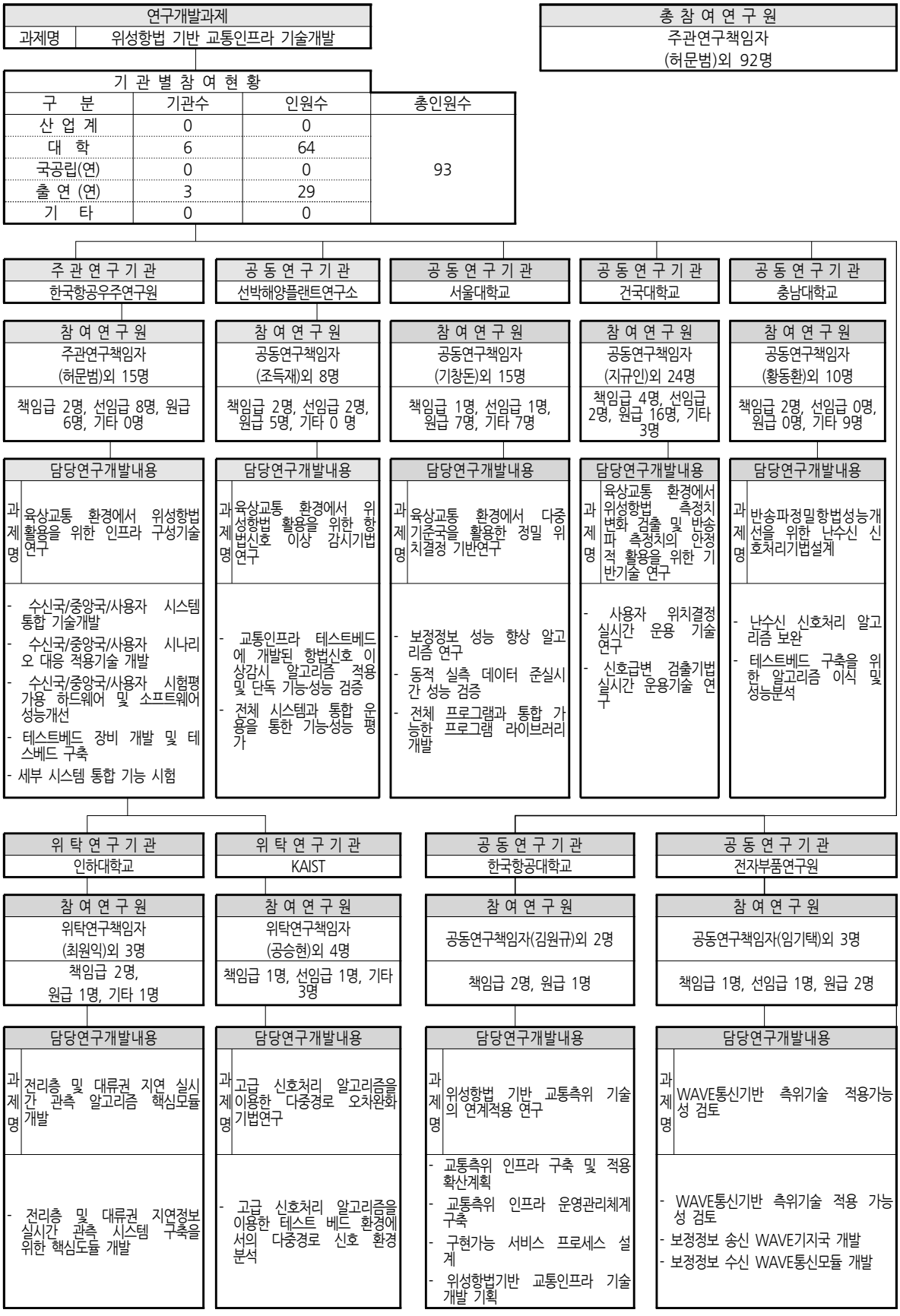
□ 3차년도 : 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 요소 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 도출/대응 기반기술 개발

□ 4차년도 : 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 시스템 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 대응 핵심기술 개발

□ 5차년도 : 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 테스트베드 구축 및 시험 운용

Ⅲ. 연구개발 수행내용

1. 연구 추진체계

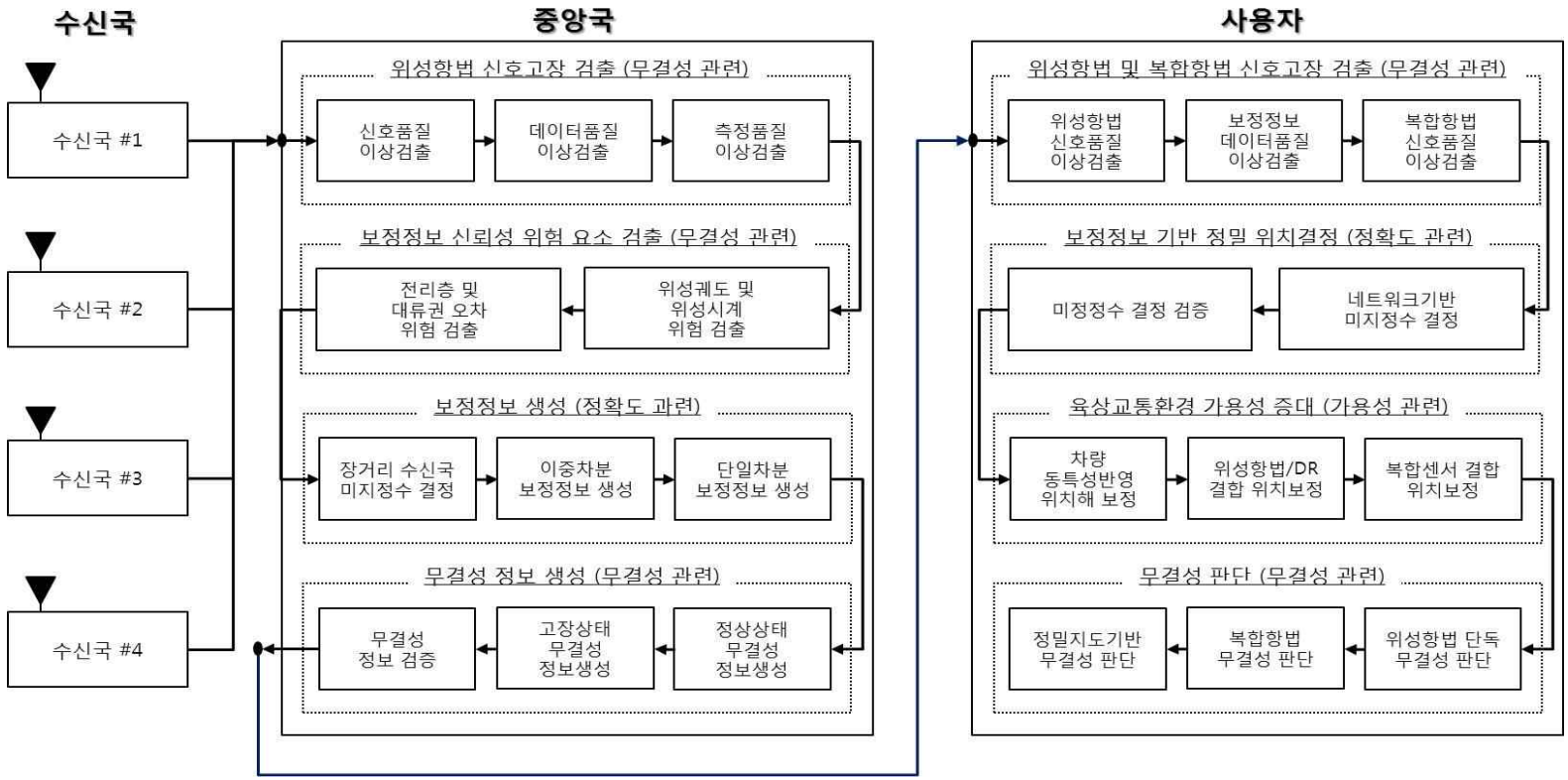


2. 연차별 연구내용

전체 연구기간 동안의 정확성, 무결성, 가용성 관련 기술개발 내용을 수신국, 중앙국, 사용자 시스템 부분에서 데이터 흐름을 기준으로 정리하면 아래의 그림과 같으며, 연차별로 정리하면 아래의 표와 같음

□ 기반/핵심(적용) 기술 연구

- 전체 연구기간 동안 중앙국, 사용자 시스템에서 정확도, 무결성 관련 연구 주제를 정리하면 아래 그림과 같음



[정확성, 무결성, 가용성 관련 기술개발 내용을 수신국, 중앙국, 사용자 시스템 부분에서 데이터 흐름 기준으로 정리]

○ **정확도 관련 연차별 주요 연구 내용**

- 전체 연구기간 동안 중앙국, 사용자 시스템에서 정확도 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
중앙국	보정정보 생성	■ 장거리 수신국 미지정수 결정 - 수신국간 기선거리별 미지정수 결정확률 분석 - 단일/네트워크 활용 위치결정성능 비교분석 - 측정값 단순 (미조합) 미지정수 결정 필터 적용 위치결정 성능분석 ■ 이중차분 보정정보 생성 - 단순 이중차분 보정정보 활용 차로구분 수준 위치결정 기술 개발	■ 장거리 수신국 미지정수 결정 - 기존 실데이터 활용 조합 보정정보 생성방법 분석 - Wide-Lane 조합식 (반송파 측정값만 사용)활용 미지정수 결정 필터 적용 - 전리층 및 대류권 측정값 추정으로 수신국간 거리 60km 미지정수 결정가능	■ 장거리 수신국 미지정수 결정 - MW wide-lane (반송파 및 코드 측정값 사용)과 전리층 프리 선형조합을 미지정수 결정 필터에 적용 - Geometry Free 조합을 활용한 미지정수 결정 ■ 단일차분 보정정보 생성 - 사용자 활용성을 향상하기 위한 보정정보 제공 방식 결정	■ 장거리 수신국 미지정수 결정 - 전리층 및 대류권 오차 제거 기법 활용 수신국간 거리 60km 이상 미지정수 결정 기술 개발 - 대류권 오차 제거 성능을 향상한 L1 미지정수 결정 기술 개발 - 가시위성 변화에 따른 보정정보 정확도 유지 안정성 기법개발
사용자	보정정보 기반 정밀 위치결정	■ 반송파 보정정보 조합 - 반송파 보정정보 단순조합기법 활용 위치정확도 검증 - 반송파 보정정보 거리기반 가중치 활용 위치정확도 검증 - 상시기준국 데이터 활용 후처리가반 위치결정성능분석(최대 허용오차 1.5m 이하)	■ 네트워크기반 미지정수 결정 - 육상교통 환경에서 난수신 신호처리 기법 설계 - 네트워크 이동시 보정정보 불연속 감소 연구 ■ 미지정수 결정 검증 - 실시간 반송파 보정정보 생성 성능 검증	■ 네트워크기반 미지정수 결정 - 육상교통 환경에서 난수신 신호처리 기법 보완 - 다중 네트워크 이동을 고려한 보정정보 처리 기술개발 - 보정정보 조합방법에 따른 위치성능 향상 기술개발 ■ 미지정수 결정 검증 - 실시간 반송파 보정정보 생성 성능 검증	■ 네트워크기반 미지정수 결정 - 실시간 정밀지도와 영상기반 이동상태 반송파 미지정수 결정 모듈 개발 - 다중수신국 네트워크간 미지정수 Hand-Over 기술 개발 - 복합항법기반 위성항법신호 스무딩 필터링 기술 개발 ■ 미지정수 결정 검증 - 테스트베드 위성항법 데이터 기반 미지정수 검출통계량 분석 및 미지정수 확정 임계값 설정

○ **무결성 관련 연차별 주요 연구 내용**

- 전체 연구기간 동안 중앙국, 사용자 시스템에서 무결성 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
중앙국	위성항법 신호고장 검출	■ 신호품질 이상검출 - 위성항법 신호품질 기반 가용위성 판별기술	■ 신호품질 이상검출 - 시뮬레이션 데이터 기반 신호 위험요소 검출 성능 만족 임계치 결정 ■ 데이터품질 이상검출 - 시뮬레이션 데이터 기반 데이터 위험요소 검출 성능 만족 임계치 결정 ■ 측정치품질 이상검출 - 시뮬레이션 데이터 기반 측정치 위험요소 검출 성능 만족 임계치 결정	■ 신호품질 이상검출 - 신호품질 이상검출 알고리즘 실데이터 적용분석 ■ 데이터품질 이상검출 - 데이터품질 이상검출 알고리즘 실데이터 적용분석 ■ 측정치품질 이상검출 - 측정치품질 이상검출 알고리즘 실데이터 적용분석	■ 신호품질 이상검출 - 테스트베드 환경 연속 신호품질데이터 축적을 통한 최적 임계값 선정 및 임계값 적용 분석 ■ 데이터품질 이상검출 - 테스트베드 환경 연속 데이터품질데이터 축적을 통한 최적 임계값 선정 및 임계값 적용 분석 ■ 측정치품질 이상검출 - 테스트베드 환경 연속 측정치품질데이터 축적을 통한 최적 임계값 선정 및 임계값 적용 분석
	보정정보 신뢰성 위험요소 검출	■ 이상현상 시뮬레이션 및 특성분석 - 보정정보 신뢰성 검증 ■ 보정정보 신뢰성 위험요소 검출 - 보정정보 신뢰성 위협요소 정의 및 각 위협 요소 도출	■ 전리층 및 대류권 오차 위험 분석 - 저감도 신호위험 검출 및 임계값 결정 - 위성궤도 및 위성시계 위험 검출 및 임계값 결정 ■ 전리층 및 대류권 오차 위험 검출 - 시뮬레이션 데이터 활용 전리층 및 대류권 위험요소검출 성능 분석	■ 전리층 및 대류권 오차 위험 검출 - 실데이터 활용 전리층 위험요소검출 임계값 분석 및 성능분석 - 실데이터 활용 대류권 위험요소검출 임계값 분석 및 성능분석 ■ 위성궤도 및 시계 오차 위험 검출 - 실데이터 활용 위성궤도 위험요소검출 임계값분석 및 성능분석	■ 전리층 및 대류권 오차 위험 검출 - 테스트베드 환경 전리층 위험요소검출 임계값 결정 및 성능 분석 - 테스트베드 환경 대류권 위험요소검출 임계값 결정 및 성능 분석 ■ 위성궤도 및 시계 오차 위험 검출 - 테스트베드 환경 위성시계 위험요소검출 임계값 결정 및 성능 분석

				- 실데이터 활용 위성시계 위험요소검출 임계값분석 및 성능분석	- 테스트베드 환경 위성궤도 위험요소검출 임계값 결정 및 성능 분석
	무결성 정보 생성	■ 사용자에게 가용위성과 비가용 위성의 정보 제공	■ 정상상태 무결성 정보생성 - 반송파 측정값 기반 무결성 정보전송 프로토콜 설계기술 개발	■ 정상상태 무결성 정보생성 - 보정정보 잔차를 활용 정상상태 무결성정보 생성 - 반송파 측정값 기반 무결성 정보전송 프로토콜 설계기술 개발 ■ 무결성정보 검증 - 정밀위치 감시국 활용 무결성정보 성능 검증	■ 정상상태 무결성 정보생성 - 확률분석를 통한 정상상태 무결성정보 생성 - 무결성 프로토콜 적용 ■ 고장상태 무결성 정보생성 - 확률분석을 통한 비정상상태 무결성정보 생성 ■ 무결성 정보 검증 - 테스트베드 지역에서 지속적인 데이터 획득을 통한 성능검증
사용자	위성항법 및 복합항법 신호고장 검출	■ 위성항법 신호품질 이상검출 - 신호급변 현상 분석 및 코드-반송파 검사 - 육상교통을 고려한 신호급변 검출방법 제시 및 평가	■ 위성항법 신호품질 이상검출 - 항법용 수신기의 측정치 특성을 반영한 정밀항법 성능향상 방안 연구 ■ 복합항법 신호품질 이상검출 - 보조센서를 도입하여 동특성 반영된 신호급변 검출	■ 위성항법 신호품질 이상검출 - 위성항법 실시간 데이터 전처리 모듈 개발 ■ 복합항법 신호품질 이상검출 - 위치결정 성능 향상을 위한 센서간 고정밀 시각동기 기술개발	■ 위성항법 신호품질 이상검출 - 테스트베드 위성항법 신호품질 분석을 통한 최적 검출 임계값 도출 - 정밀지도와 영상정보를 활용한 위성항법 신호 순간 도약 검출 모듈 개발 ■ 보정정보 데이터품질 이상검출 - 보정정보 데이터품질 이상검출 모듈개발 ■ 복합항법 신호품질 이상검출 - GPS/IMU/Odometer/Vision 통합 이상 감시 알고리즘 개발
	무결성 판단			■ 복합항법 무결성 판단 - 복합항법시스템 기반 차량용 위치해 무결성확보 알고리즘 설계 - 복합항법시스템 기반 차량용 위치해 무결성 확보 알고리즘 성능 판단	■ 위성항법 단독 무결성 판단 - 테스트베드 실데이터기반 무결성 판단 알고리즘 개선 ■ 복합항법 무결성 판단 - 관성시스템의 무보상 지속시간에 따른 오차증가 모델 개발 ■ 정밀지도기반 무결성 판단 - 복합항법과 정밀지도기반 무결성 판단 기법 개발

○ **가용성 관련 연차별 주요 연구 내용**

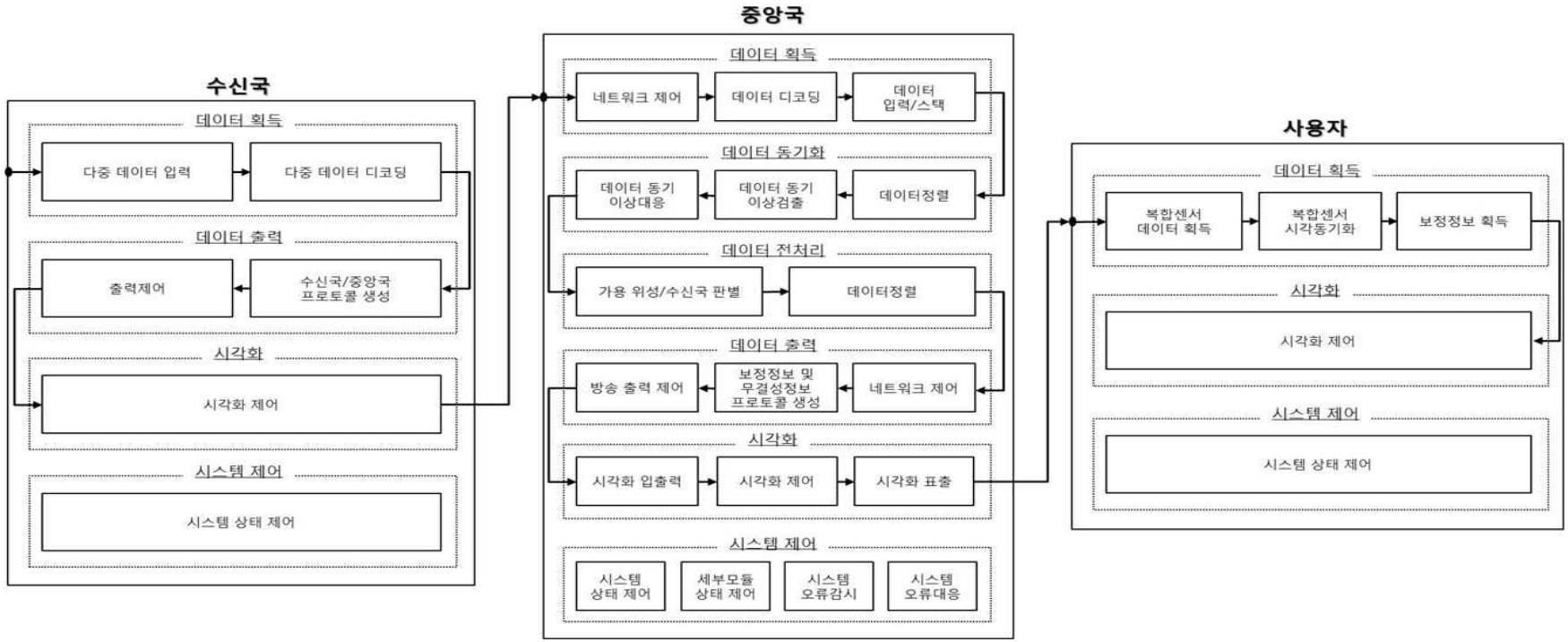
- 전체 연구기간 동안 사용자 시스템에서 가용성 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
사용자	육상교통환경 가용성 증대	■ 차량 동특성반영 위치해 보정 - 육상교통 사용자를 위한 안정적 반송파 활용 알고리즘 설계 - 육상교통 환경에서의 급격한 신호 변화 성분 발생원인 분석	■ 차량 동특성반영 위치해 보정 - 사용자 동특성을 활용한 신호 급변 검출 - 사용자 통특성을 활용한 신호 급변 검출 적용을 통한 위치해 보정 분석 ■ 위성항법/INS 결합 위치보정 - RTK/INS 약결합 정밀위치 알고리즘 구현 - 관성항법신호 운항 중 정렬을 위한 임계치 도출 - 칼만필터 Innovation 검정을 통한 이상신호 검출 및 배제 - 사용자 시스템을 위한 저가의 상용 위성항법장치 사용을 위한 성능분석 ■ 복합센서 결합 위치보정 - 영상항법장치를 이용한 복합 정밀위치 결정 알고리즘 설계	■ 차량 동특성반영 위치해 보정 - 육상교통 차량 동특성 분석 - 육상교통 차량 동특성 반영 위치 보정 성능 평가 ■ 위성항법/DR 결합 위치보정 - 위치결정 성능 향상을 위한 차량의 정지 판단 기술 개발 - 저가 자이로스코프 바이어스 추정 필터 추가 및 성능 분석 - 차량센서 속도 바이어스 추정 필터 추가 및 성능 분석 - 저가 자이로스코프를 이용한 방향각 추정 필터 추가 및 성능 분석 - 저가 자이로스코프와 차속계를 이용한 위치결정 필터 추가 및 성능 분석 ■ 복합센서 결합 위치보정 - 외부 센서를 결합한 위치 결정 기법 설계 및 성능 분석	■ 차량 동특성반영 위치해 보정 - 차량모델 개선을 통한 동특성 반영 위치결정 성능향상 기술 개발 ■ 위성항법/DR 결합 위치보정 - 실시간 정밀 지도기반 고성능 3차원 DR 모듈 개발 - 실시간 정밀 지도(기울임각)기반 관성항법센서 자세보정 모듈 개발 - 실시간 반송파기반 위치결정을 이용한 저가 관성센서 단시간 보상 모듈 개발 ■ 복합센서 결합 위치보정 - 실시간 복합센서 최적결합 및 임베디드 시스템 탑재를 위한 효율적인 결합필터 기술 개발

□ 시스템 기술 연구

전체 연구기간 동안의 시험평가를 위한 수신국, 중앙국, 사용자 시스템 세부시스템 개발 부분에서 데이터 흐름을 기준으로 정리하면 아래의 그림과 같으며, 연차별로 정리하면 아래의 표와 같음

- 전체 연구기간 동안 수신국, 중앙국, 사용자 시스템의 기능을 정리하면 아래 그림과 같음



[시스템 관련 기술개발 내용을 수신국, 중앙국, 사용자 시스템 부분에서 기능 기준으로 정리]

○ **수신국 시스템 기술개발 연차별 주요 연구내용**

- 전체 연구기간 동안 수신국 시스템 기능 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
수신국	데이터 획득	■ 다중 데이터디코딩 - 단순 측정치 프로토콜	■ 다중 데이터 입력 - 외부획득장치 (위성항법/기상측정) 획득 제어기술 ■ 다중 데이터 디코딩 - 다중 데이터 디코딩 기술	■ 다중 데이터 입력 - 외부획득장치 (위성,기상,영상,시스템) 획득 속도 향상제어기술 ■ 다중 데이터 디코딩 - 다중 데이터 처리/안정성 향상 디코딩 기술	■ 다중 데이터 입력 - 외부획득장치 (위성,기상,영상,시스템) 획득 이중화 제어기술 및 속도향상 제어기술 ■ 다중 데이터 디코딩 - 다중 데이터 디코딩 이상대응기술
	데이터 출력	■ 프로토콜생성 - 단순 측정치 프로토콜 ■ 출력 제어 - 단순 파일 출력	■ 수신국/중앙국 프로토콜 생성 - 수신국 획득 데이터 단순 전송 프로토콜 설계 ■ 출력 제어 - 단순 출력제어	■ 수신국/중앙국 프로토콜 생성 - 네트워크 지연 고려 수신국-중앙국 프로토콜 최적화 ■ 출력 제어 - 네트워크 상태 고려 출력제어	■ 수신국/중앙국 프로토콜 생성 - 처리속도 및 가용성 고려 프로토콜 표준화 ■ 출력 제어 - 안정성/처리성능 고려 출력제어
	시스템 제어		■ 시스템 상태 제어 - 수신국 데이터단위 오류감시 - 수신국 데이터단위 단순 동작제어	■ 시스템 상태 제어 - 수신국 모듈단위 이상감시 - 수신국 모듈단위 동작제어	■ 시스템 상태 제어 - 수신국 시스템단위 오류감시 - 수신국 시스템단위 동작/상태제어
	시각화	■ 시각화 제어 - 단순 처리과정 표출	■ 시각화 제어 - 연산 데이터 시각화 표출	■ 시각화 제어 - 독립 시각화 스레드 구조 개발 - 단순이상 시각화 표출제어 - 데이터/제어/영상 단위구분표출	■ 시각화 제어 - 독립 시각화 스레드 구조 검증 - 이상대응 시각화 표출제어 - 실시간 운용자 최적화 시각화 표출

○ **중앙국 시스템 기술개발 연차별 주요 연구내용**

- 전체 연구기간 동안 중앙국 시스템 기능 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
중앙국	데이터 획득	■ 네트워크 제어 - 후처리 파일 제어 ■ 데이터디코딩 - 단순 측정치 프로토콜	■ 네트워크 제어 - 준실시간 네트워크 제어 ■ 데이터디코딩 - 실시간 가용 프로토콜 설계 ■ 데이터 입력/스택 - 단순 측정치 데이터 스펙	■ 네트워크 제어 - 실시간 네트워크 제어기술(RT -TCP) ■ 데이터디코딩 - 실시간 디코딩 기술 적용	■ 네트워크 제어 - 실시간 네트워크 제어기술 최적화 ■ 데이터디코딩 - 실시간 디코딩 최적화 ■ 데이터 입력/스택 - 실시간 활용 가용데이터 선별 및 최적화
	데이터 동기화	■ 데이터 정렬 - 단순 측정치 데이터 정렬	■ 데이터 정렬 - 단순 측정치 데이터 정렬 ■ 데이터 동기이상검출 - GPS time 기준 동기이상검출	■ 데이터 정렬 - 가용 수신국별 데이터정렬 ■ 데이터 동기이상검출 - 정밀시계기준 동기이상검출 ■ 데이터 동기이상대응 - 동기이상 예외 처리구조	■ 데이터 정렬 - 가용수신국/위성별 데이터정렬 ■ 데이터 동기이상검출 - 정밀시계기준 동기 이상검출 검증 ■ 데이터 동기이상대응 - 동기이상 백업 수신국 대응
	데이터 전처리		■ 가용위성/수신국 판별 - 임계값 (고도/잡음) ■ 데이터 정렬 - 위성별 가용 데이터 정렬	■ 가용위성/수신국 판별 - 고장검출/이상감시 결과 고려 가용위성 판단 ■ 데이터 정렬 - 위성/수신국별 가용데이터 정렬	■ 가용위성/수신국 판별 - 전처리 이상 시 관련 일부 가용위성 복원/추정 ■ 데이터 정렬 - 정렬방식 최적화 (처리량 및 안정성 감소)

	데이터 출력	■ 네트워크 제어 - 후처리 파일 제어 ■ 보정정보/무결성정보 프로토콜 - 단순 측정치 프로토콜 ■ 방송출력 제어 - 단순 파일 출력	■ 네트워크 제어 - 준실시간 네트워크 제어 ■ 보정정보/무결성정보 프로토콜 - 측정치/보정정보 단순 설계 ■ 방송출력 제어 - 3G 방송통신 제어	■ 네트워크 제어 - 네트워크 실시간 제어(RT-TCP) ■ 보정정보/무결성정보 프로토콜 - 가용성 향상 프로토콜 설계 ■ 방송출력 제어 - 방송통신방법 고려 출력제어	■ 네트워크 제어 - 네트워크 실시간제어 최적화 ■ 보정정보/무결성정보 프로토콜 생성 - 처리속도 및 가용성 고려 프로토콜 표준화 ■ 방송 출력 제어 - DMB 및 무선방송통신 고려 출력제어
	시스템 제어		■ 시스템 상태 제어 - 일부 중앙국 시스템 상태제어 (단순 모듈) ■ 세부 모듈상태 제어 - 단순 모듈 상태제어 ■ 시스템 오류감시 - 준실시간 오류감시사항 분석	■ 시스템 상태제어 - 중앙국 시스템 단독 상태제어 ■ 세부 모듈상태 제어 - 핵심모듈 상태제어 ■ 시스템 오류감시 - 오류사항 분석 - 모듈별 오류감시 ■ 시스템 오류대응 - 기본오류 대응	■ 시스템 상태 제어 - 수신국/중앙국/감시국/통신 관련 포괄 시스템 상태제어 ■ 세부 모듈상태 제어 - 핵심/운용 모듈 상태제어 ■ 시스템 오류감시 - 모듈 조합 오류감시 ■ 시스템 오류대응 - 상세오류 대응
	시각화	■ 시각화 표출 - 단순 처리과정 표출	■ 시각화 제어 - 단순 시각화표출 이상검출 ■ 시각화 표출 - 단일시각화 표출	■ 시각화 입/출력 - 독립 시각화 입/출력 ■ 시각화 제어 - 시각화 표출 오류대응 ■ 시각화 표출 - 기능 단위구분 시각화표출	■ 시각화 입/출력 - 실시간 독립시각화 입/출력 ■ 시각화 제어 - 시각화 전체 오류대응 ■ 시각화 표출 - 실시간 운용자 최적 시각표출

○ **사용자 시스템 기술개발 연차별 주요 연구내용**

- 전체 연구기간 동안 사용자 시스템 기능 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
사용자	데이터 획득	■ 후처리 데이터 획득 모듈 설계 및 개발 ■ 준실시간 데이터 획득 모듈 개발	■ 실시간 데이터 획득 모듈 설계 및 모듈 초기 개발 - GPS, 차속, 관성 센서 데이터 획득 모듈	■ 복합 센서 데이터 획득 - 복합 센서 데이터 획득 모듈 개발 ■ 복합 센서 시각동기화 - 위성항법 기반 PPS를 이용한 복합 센서 정밀 시각동기화 모듈 기술 개발 ■ 보정정보 획득 - DMB를 이용한 단방향 보정정보 획득 기술 개발 - 보정정보 수신 모듈 이중화망(DMB/무선통신) 기술 개발	■ 복합센서 시각동기화 - GPS PPS(pulse per second)기반 시스템시각 보상모듈 개발 - 시스템 시각기반 데이터 이상지연 검출 및 대응 모듈 개발 ■ 고정밀 차속측정 모듈 설계 및 개발 - 정밀 타이머를 이용한 차속펄스간격 측정기반 차속 검출 모듈 개발
	시스템 제어	■ 준실시간 사용자 시험 차량 시스템 제어 모듈 개발	■ 산업용 PC기반 단말기 시스템 제어 - 산업용 PC를 이용한 복합 센서 제어 모듈 개발	■ 시스템 상태 제어 - 복합 센서 사용 및 전자지도 사용을 위한 Embedded Board 제어 모듈 개발	■ 실시간 사용자 단말기 시스템 상태 제어 모듈 개발 - 사용자 단말기 복합 센서 제어 모듈 안정화 개발
	시각화	■ 후처리를 위한 시각화 표출 모듈 개발 ■ 준실시간 사용자 시험차량 시스템을 위한 시각화 모듈 개발	■ 사용자 컴퓨터 시스템 기본 시각화 표출 모듈 개발 - 기본적인 위성 상태 표시 및 사용자 좌표 표시	■ 시각화 제어 - 정밀 전자지도를 이용한 사용자 정밀 위치 표시 및 항법 신호 상태 표시	■ 시각화 제어 - 복합 센서 및 위성 상태 표시 모듈 안정화 - 정밀 위치 기반 네비게이션 안내 정보 표출

○ **테스트베드 구축 및 시험**

- 전체 연구기간 동안 테스트베드 구축 기능 관련 연구 주제를 연차별로 정리하면 아래 표와 같음

구분	기능	1단계	2단계		
			3차년	4차년	5차년
테스트베드 구축 및 시험	설계	■ 테스트베드 요구사항 정의 ■ 테스트베드 설계	■ 테스트베드 설계보완	■ 고정형 수신국 시스템 정확도 보장 설계 ■ 고정형 수신국 시스템 이중화 무결성 보장 설계 ■ 고정형 수신국 시스템 이상 및 고장 대응 가용성 향상 설계 ■ 실시간 운용을 고려한 중앙국 시험용 시스템 및 이중화 설계 ■ 중앙국 시스템 이상 및 고장 대응 설계 ■ 사용자 시스템 H/W 및 S/W 설계 ■ 테스트베드 시험평가를 위한 환경 분석	■ 고정형 수신국 이중화 시스템 최적화 설계 ■ 테스트베드 중앙국 시험용 시스템 성능 개선 설계 ■ 사용자 시스템 H/W 및 S/W 안정화 설계 ■ 통합 시스템 성능평가를 위한 알고리즘 설계 ■ 테스트베드 경로선정 및 시험평가 ■ 수신국~사용자간 통합 지연시간 확인을 위한 알고리즘 설계
	수신국 설치 및 환경 분석	■ 기존 상시기준국 이용 ■ 이동형 수신국 사이트 설치 - 수신국 사이트 선정을 위한 이동형 수신국 임시 설치	■ 수신국 사이트 선정 및 평가 - 기선거리, 환경 등을 고려한 수신국 사이트 선정 및 평가	■ 수신국 5개소 고정 설치 - 대전, 안성, 공주, 보은, 음성	■ 테스트베드 수신국 시험용 시스템 성능 개선 및 유지보수 - 구축 수신국의 외부환경 안정성 향상을 위한

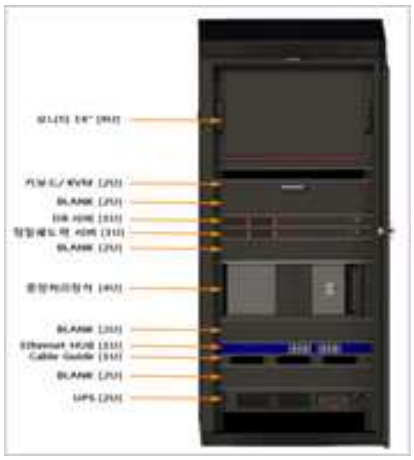
					하드웨어 개선 - 수신국 시스템 운영 보장 및 유지보수
	중앙국 설치 및 운영		■ 중앙국 초기 시스템 설계 - 준실시간 평가를 위한 중앙국 초기 시스템 설계	■ 중앙국 시스템 설치 ■ 중앙국 시스템 이중화 하드웨어 구현 및 개선 - 하드웨어 이상사항에 대한 연속 운영 안정성 확보	■ 분산구조 중앙국 시스템 설치 - 처리지연 극복 및 안정성 확보 ■ 중앙국 시스템 이중화 하드웨어 설치 및 운영
	통신장비 설치 및 운영		■ 전송매체 선정 및 평가 - T-DMB 권역별 신호세기 및 전송속도 분석 - 이동통신 매체(3G,4G) 전송속도 및 측위오차 분석	■ 보강정보 방송 시스템 개발 및 운영 - DMB 통신장비 설치(SBS) - 수도권 및 충청권역 방송 ■ T-DMB 수신 단말모듈 개발 - 보강정보 수신을 위한 T-DMB 수신 단말 모듈 개발 - 테스트베드 통신 지연시간 및 수신율 분석	■ 보강정보 방송 시스템 개선 - 보강정보의 전송속도 및 전송효율을 고려한 시스템 구성 개선 - 연계시스템·TPEG 인코더·스케쥴러 통합 개발 ■ 단말기 역호환성 테스트 수행 - DMB 기존 방송에 신규기술을 적용하므로 기존 단말기 역호환성 분석 ■ DMB 통신 및 이동통신을 이용한 장기 테스트베드 운영
	감시국 설치 및 환경분석	■ 감시국 환경 분석 계획서 및 절차서 작성	■ 감시국 사이트 후보지 환경 분석 - 사용자 성능, 환경 등을 고려한 감시국 사이트 선정 및 평가	■ 감시국 2개소 고정 설치 - 테스트베드 지역 내 오창, 청주 사이트 감시국 설치 - 감시국 환경 분석	■ 추가 감시국 사이트 환경 분석 및 설치 - 추가 감시국 설치를 위한 환경 분석

	네비게이터 단말기 제작		■ 산업용 PC기반 단말기 제작 - 산업용 PC를 이용한 이동형 사용자 단말기 설계 및 제작	■ 상용 네비게이션 기반 단말기 제작 - Embedded 설계를 통한 저전력, 저비용 사용자 단말기 제작	■ 단말기 운용 및 업그레이드 - 차로 구분 위치 정확도를 이용한 차로 안내 알고리즘 안정화 개발
	정밀 전자 지도	■ PC기반 정밀전자지도 제작(2D) - 도로 표시 및 좌표정보 포함 - 후처리 위치 검증	■ PC 기반 정밀전자지도 실시간 단말기 적용(2D) - 도로표시 및 좌표정보 포함 - 실시간 위치 검증	■ 네비게이션 기반 정밀 전자지도 제작(3D) - 실측 데이터를 이용하여 정밀 전자지도 구축 - 정밀 전자지도 실측 방안	■ 네비게이션 기반 정밀 전자지도 추가 제작 - 테스트베드 구간 확장에 따른 정밀 전자지도 추가 제작 ■ 네비게이션 기반 단말기 장기 운용을 통한 정밀 전자지도 검증 - 실시간 위치 검증 및 경로 안내
	통합 시험	■ 상시 기준국을 활용한 후처리 Network RTK 시험 ■ 이동형 기준국을 활용한 준실시간 Network RTK 시험	■ 고정형 기준국을 활용한 실시간 Network RTK 시험	■ 통합 시험 - 차로구분이 가능한 정밀 위치결정 테스트를 위한 통합 시험 수행	■ 테스트베드 지역 내 통합 기능 시험을 위한 경로선정 ■ 통합 기능 시험평가를 위한 평가방법 도출

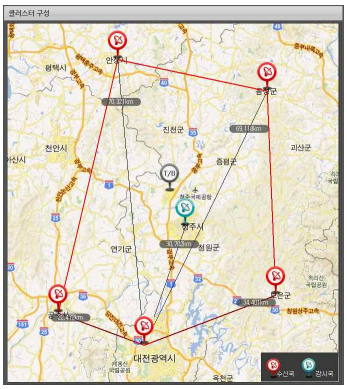
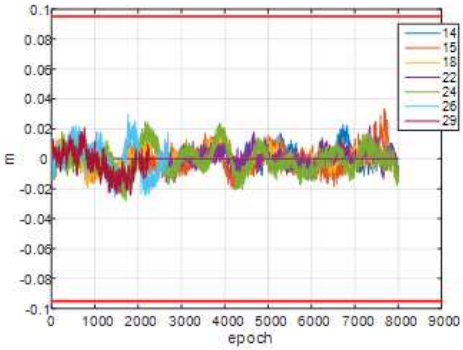
Ⅳ. 최종 연구성과 및 활용실적

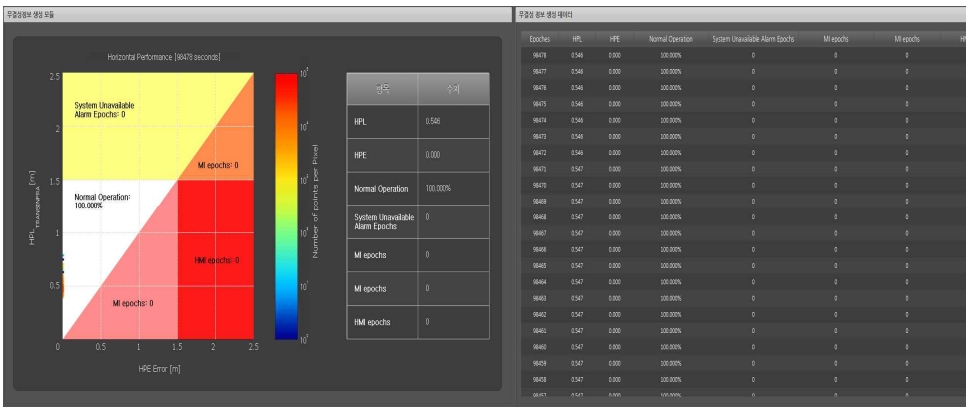
1. 핵심 연구 성과

<table>
<tr><td colspan="7">실시간 운용 지역수신국</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">지역수신국은 위성항법 데이터, 기상측정 데이터, 수신국 상태 데이터 등을 획득하여 지역제어국으로 전송</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성항법을 이용한 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성의 기초가 되는 데이터를 수집하고 전달하는 시스템으로써 수신국을 구성하고 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 안정과 사용 편의를 제공</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
지역수신국 안테나
 
지역수신국 함체</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 기 구축된 수신국들은 1개의 위성항법수신기와 안테나, 인터넷 등이 설치되어 있으며 유지관리, 설치, 철거 등이 어려움
(개발기술 수준) 지역수신국은 위성항법수신기와 안테나, 데이터 처리 서버, 보조전원 공급 장치 등이 2개씩 설치되어 있으며 장비, 통신 네트워크의 이중화 및 교차연결 설치로 데이터들의 연속성과 가용성을 향상시켰으며 필요에 따라 이동이 용이함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1</td><td>3</td><td>-</td><td>4</td><td>1</td><td>6</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">기존 콘크리트 구조물 보다 유지보수 및 관리가 용이하고 주변환경이 급변하는 사회에서 수신국의 이동 설치가 유용하며 이에 따른 비용이 적음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성 기초 데이터 수집 목적으로 청계, 양평, 일죽, 송탄 지역에 추가적으로 설치될 예정</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">지역수신국의 데이터를 수집 및 분석하여 지역별 위성항법신호 전리층오차, 대류권 오차 등의 분석에 활용</td></tr>
</table>

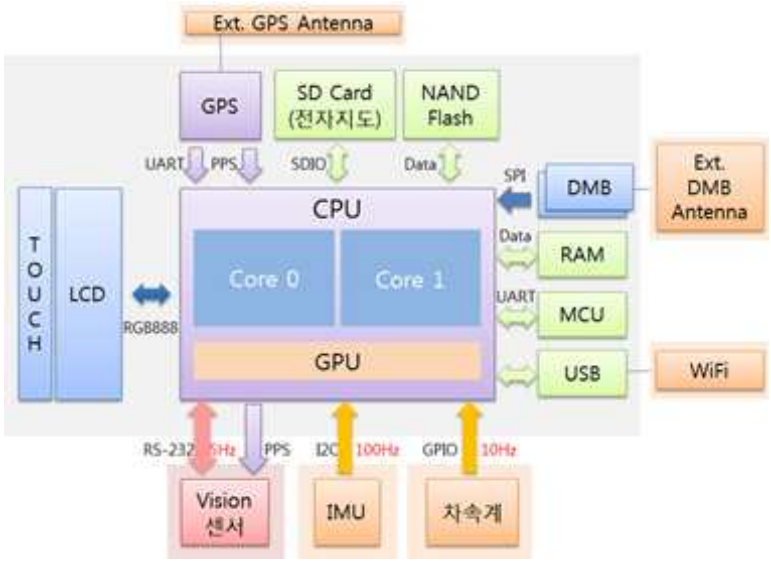
<table>
<tr><th colspan="7">실시간 운용 지역제어국</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">지역수신국으로부터 획득된 데이터의 전처리, 이상감시 등을 수행한 후
위성항법을 이용한 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보를 생성 및
지역수신국 내에 송출 가능하게 함</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">여러 개로 구성되어 있는 지역수신국을 총괄하는 시스템으로써 제어,
집중처리, 표출, 방송통신 등의 역할을 수행</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
지역제어국 서버</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 현존하는 다중 수신국 기반 위성항법 보정정보 생성
시스템은 고가의 위성항법수신기만을 대상으로 개발되어 있음
(개발기술 수준) 지역제어국은 저가형 위성항법수신기를 대상으로 보정정보를
생성하며 사용자는 보정정보를 이용하여 이동하는 상황에서 본 과제의
요구정확도인 최대 0.9m 위치결정 결과를 획득할 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>15</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">저가형 위성항법수신기의 위치결정 성능이 향상시킬 수 있으므로 수십 cm
수준의 위치결정 결과를 요구하는 사용자는 보다 저렴한 비용으로
요구정확도를 만족할 수 있음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템
개발” 과제에 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 시스템에
활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 보정정보 생성에서 러시아
위성항법시스템을 추가한 보정정보 생성 기초 연구에 활용하며 지속적인
운영으로 보정정보 송출 지역에 위치결정 정확도를 향상시킴</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">실시간 운용 인프라 모니터링 시스템</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">실시간으로 운영되는 지역수신국과 지역제어국을 모니터링하는 시스템으로써 각각의 하드웨어 및 소프트웨어 동작 상태를 실시간으로 확인할 수 있게 함</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">지역수신국과 지역제어국을 모니터링하는 시스템으로써 하드웨어 및 소프트웨어의 동작 상태 및 이상 상황 등을 실시간으로 표출하고 문제 발생시 빠른 문제 파악과 조치를 취하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
모니터링 시스템</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(개발기술 수준) 모니터링시스템은 실시간으로 지역수신국 지역제어국의 데이터 송·수신 상태를 파악할 수 있으며 이러한 시스템들이 오류가 발생하였을 경우 시각적으로 표출되어 시스템의 상태를 실시간으로 파악할 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>(1)</td><td>-</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">없음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제의 센터 구축에 일부 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">위성항법시스템을 이용한 기술개발 모니터링 시스템의 구축 환경, 표출 내용 등의 참고 자료로 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">다중 수신국 실시간 보정정보 생성</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">위성항법신호는 전리층, 대류권 등의 오차요소들이 포함되어 있으므로 다중 수신국을 활용하여 이러한 오차들을 최소화하기 위한 보정정보가 필요</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성항법신호의 오차요소들을 최소화하여 보다 높은 정확도의 위치결정 성능을 확보하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
다중 수신국 구성
 
다중 수신국 보정정보</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 단일 수신국 반경 10km를 초과하면 사용자의 위치결정 성능이 저하되며 이를 보완하기 위해 Network-RTK가 개발되었으나 기 구축 시스템은 고가의 위성항법 수신기 사용을 권장하며 수신국간 거리가 40km 이내
(개발기술 수준) 지역수신국간 거리를 최대 70km까지 확장하여 있으며 저가형 위성항법 수신기를 대상으로 보정정보를 생성하고 장기저선 기반의 보정정보 적용 시 본 과제 요구정확도인 약 0.9m 위치결정 만족</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>1</td><td>17</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">수신국간 거리 확정으로 인한 서비스 범위 확대</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 에서 WAVE 통신과 연계하여 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성에 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 보정정보 생성에서 러시아 위성항법시스템을 추가한 보정정보를 생성하고 적용하여 과제 요구정확도 향상 연구개발에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">다중 수신국 실시간 무결성정보 생성</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">위성항법신호와 보정정보의 신뢰성을 판단하고 신뢰성을 만족하지 못하였을 경우 이를 정해진 시간 내에 사용자에게 경보를 알림</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">육상교통 사용자는 수신국과 달리 위성항법신호 차폐지역이 많이 발생하여 낮은 위성고도각의 오차가 많이 내포되어 있는 위성항법신호를 사용하되 이를 선택적으로 사용할 수 있도록 지역제어국에서 위성항법신호와 보정정보의 신뢰성을 판별하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

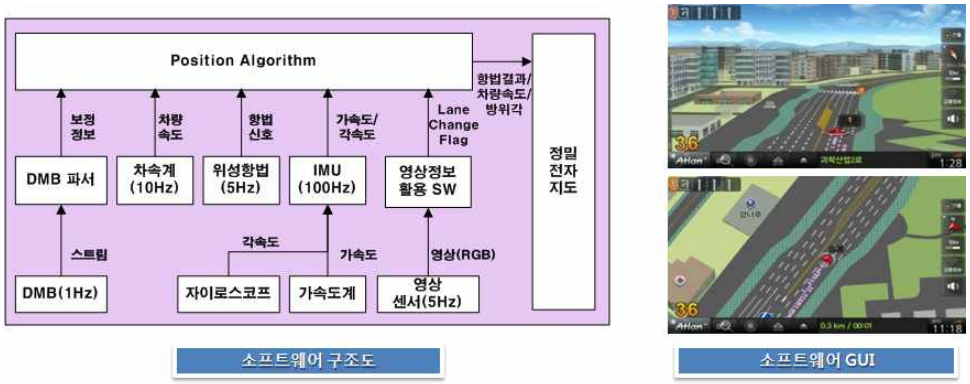
무결성 정보</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 무결성정보는 현재 항공, 해상분야에서 사용
(개발기술 수준) 항공분야에서만 활용하는 무결정정보를 육상교통환경 사용자에게 전달하는 독자적인 프로토콜을 개발하고 실시간 판단 결과 본 과제 요구무결성 오차경보 1.5m에 대한 신뢰도 99.9% 만족</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>5</td><td>9</td><td>1</td><td>10</td><td>10</td><td>16</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">무결성정보 활용을 항공, 해상분야뿐만 아니라 육상환경에 적용하여 현존하는 육상 분야 시스템들의 위성항법신호 및 보정정보 신뢰성 판단 중요성 확산</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발”에서 WAVE 통신과 연계하여 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 신뢰성 검증에 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 활용에서 러시아 위성항법시스템을 추가하여 본 과제 요구무결성 향상 연구개발에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">사용자 시스템 설계 및 시험평가 장비 개발</th></tr>
<tr><td>정의</td><td>정확도가 향상된 보정정보의 성능 확인을 위한 보정정보를 이용한 차로구분 사용자 시스템 시험평가 장비</td></tr>
<tr><td>목적</td><td>최종 연구 목표인 차로구분이 가능한 위치결정 기술을 검증하기 위하여 차로가 표현된 정밀 전자지도가 내장되어 있으며, 보정정보를 획득할 수 있는 통신 장비가 내장된 시험평가용 사용자 단말기를 개발하여 보정정보의 성능을 검증</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td> 

<시험평가용 사용자 시험평가 장비 하드웨어 설계></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td>(기존기술 수준)코드기반, 도로기반, 출력 주기 1초 네비게이션 단말기
(개발기술 수준)반송파기반, 차로기반, 출력주기 0.2초 네비게이션 단말기
(개발기술 설정근거) 차로구분 수준의 위치결정 성능을 확인하기 위하여 기존 사용 저가형 단말기 사양의 하드웨어에 호환 가능하도록 통신 및 GPS 칩을 설계하고, 위치결정 알고리즘을 개발하여 0.2초 주기의 빠른 출력 주기를 갖는 시험 평가용 사용자 단말기 개발이 필요</td></tr>
<tr><td>양적성과</td><td>
<table>
<tr><th>특허 출원</th><th>특허 등록</th><th>SCI 논문</th><th>비SCI 논문</th><th>S/W</th><th>기타</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>-</td><td>2</td><td>3</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td>저가형 네비게이션으로 차로구분 수준의 정밀위치결정 가능성을 보여줌으로써 향후 일반 네비게이션에 적용될시 다양한 콘텐츠에 적용될 것으로 예상함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td>국내 일반 네비게이션 업체에 기술실시계약 체결 1건</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td>국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">시험평가를 위한 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">육상교통에서 사용자의 다양한 위성항법 수신환경 및 통신환경을 대상으로 차로구분 수준의 위치결정 기술의 시험 및 평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">최종 연구 목표인 차로구분이 가능한 위치결정 기술을 검증하기 위하여 4곳의 수신국과 2곳의 감시국, 차로구분 정밀전자지도 구축을 위한 다양한 교통환경이 내재된 도심지를 선정하여 시험평가용 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

<테스트베드 구성></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준)비교 기술 없음
(개발기술 수준)정확도 20cm이내인 정밀전자지도, L1/L2 고가형 단말기 탑재 수신국, 사용자의 저가형 수신기 탑재 감시국, 지연시간 30초 이내의 DMB 방송 송출
(개발기술 설정근거) 차로구분 수준의 위치결정 성능을 확인하기 위하여 다양한 교통환경을 가진 장소를 전파환경 분석 및 GPS 환경 분석을 통해 자문평가를 통해 선정하고, 4개의 수신국 네트워크를 구성하여 1개의 지역제어국을 통해 DMB 방송으로 보정정보를 송신하는 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>4</td><td>5</td><td>21</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">차로 정보가 포함된 정밀전자지도를 포함한 테스트베드로는 국내에 유일하며, 차로구분 관련 성능실험에 사용 가능함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">추후 위성항법기반 교통인프라 2단계 사업에 정확도 관련 성능 실험에 사용 예정이며, 국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에서도 성능테스트를 위해 일부 사용 예정임</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">복합항법을 이용한 정밀위치결정 알고리즘 개발</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">급변하는 다양한 육상교통환경에서 차로구분 정확도를 유지하기 위한
위성항법, 관성항법, DR항법, 영상항법을 이용한 복합항법 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성 차폐구간이 빈번한 도심지에서 차로구분 정확도를 유지하기 위한
위성항법 성능을 향상시키기위한 복합항법 알고리즘 개발이 필요</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

소프트웨어 구조도
소프트웨어 GUI
<복합항법을 이용한 정밀위치 알고리즘 개발></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준)코드기반 DR 항법 사용(도심지 차로구분 불가능)
(개발기술 수준)반송파기반 복합항법(정확도 0.9m, 가용성 90%)
(개발기술 설정근거) 위성 차폐구간이 빈번한 도심지에서 반송파기반
보정정보를 사용하여 차로구분 성능의 위치를 유지하기 위해서는 차속,
관성센서, 영상센서 정보를 이용하여 가용성을 높일 필요가 있으며, 최적의
항법을 하기위한 복합항법 알고리즘 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>9</td><td>9</td><td>8</td><td>13</td><td>3</td><td>71</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">차로 정보가 포함된 정밀전자지도를 포함한 테스트베드로는 국내에
유일하며, 차로구분 관련 성능실험에 사용 가능함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">추후 위성항법기반 교통인프라 2단계 사업에 정확도 관련 성능 실험에 사용
예정이며, 국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행
도로시스템 개발” 과제에서도 성능테스트를 위해 일부 사용 예정임</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템
개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

2. 활용실적

□ 기술협력

○ 네비게이션 단말기 업체 (파인티지털)를 대상으로 위성항법기반 차로구분 위치결정 기술이전 예정

□ 지역제어국 보정정보 전송 관련 기술협력

○ DMB 통신의 기술 협력을 위하여 MBC에서 차년도 DMB 통신망을 무상으로 제공하고 향후 상용화를 위한 지속적인 제공 의사 표명

○ 현재 MBC와 한국항공우주연구원은 양해각서(MOU) 체결을 통해 본 과제에서 도출된 성과물 활용을 위한 기술이전 및 상호협력을 진행 중

□ 연구성과물 활용한 협력과제 수행

○ 과 제 명 : 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발

○ 과제기간 : 2015.07～2020.07

○ 본 과제 활용 내용

- 서울 톨게이트에서 신갈JC를 거쳐 호법에 이르는 고속도로 구간에 위성항법기반의 차로구분 수준 위치정확도 제공을 위한 보정정보 생성 인프라 및 차량용 저가수신기를 활용한 반송파기반 정밀위치결정 소프트웨어 개발에 활용

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

○ 아래와 같은 후속사업 통해 위성항법기반 교통인프라 기술 실용화 예정

1. 위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정화 연구 제안 요구서(RFP)

	위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정화 연구
1. 연구개발 목표	
○ 육상 교통 안전성과 효율성 증대를 위한 차로구분 수준 정확도를 갖는 위성항법기반 정밀위치결정 교통인프라 실용화 기술 및 첨단 육상교통체계 적용 기술 개발의 일환으로 위성항법기반 교통 인프라 확대 및 안정화 연구를 수행하는 것이 목표임	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
○ 위성항법 기반 교통측위 기술의 정밀국가교통측위 인프라로서의 기능을 공고히 하기 위하여 인프라 확대 및 안정화 방안을 연구하여 공공인프라 서비스가 원활히 되도록 함 ○ C-ITS의 서비스들은 서비스 제공의 효율성 향상 및 안전성 제고를 위해 차로구분 수준의 신뢰성 있는 정밀 측위정보를 요구하고 있음 ○ 육상 교통 분야의 효율성 및 안전성을 향상시키기 위해서는 정확하고 신뢰성있는 위치 정보가 필요함 ○ 자율주행시대에 요구되는 V2X 통신을 이용한 서비스 제공의 기반기술로서 정밀 차량 측위기술에 대한 기술개발 요구증대 및 시급성 ○ 지능형 신호시스템 개발, 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발 과제들은 독자적 정밀측위 기술개발을 시도하고 있음 ○ 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발, LDM(Local Dynamic Map) 과제등 정밀측위 인프라 요구의 증대에 부응하기 위하여 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술의 연계 적용을 시도하	

며, 이를 통한 경제적· 기술적 시너지 효과를 창출

○ 미국, 유럽, 일본 등의 위성항법 관련 선진국에서는 위성항법 반송파 정밀 위치결정 기술에 고가의 레이져, 고가의 관성센서, 고가의 영상센서 등을 추가하여 육상 교통환경에서 연속적인 위치결정 정보를 제공하기 위한 기술을 개발 중에 있으며, 높은 신뢰도와 정밀도를 지닌 위치정보의 활용이 중요함

○ 위치기반산업 및 교통서비스 제공 산업 등 다양한 분야에 일자리 창출이 가능하여 ‘R&D 지원을 통한 창조 경제 구축’이라는 국가 정책목표에 이바지 할 수 있음

○ 기 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술에 대한 활용성을 극대화하기 위해서는 실용화 측면의 연구가 필요함

3. 연구개발내용	

○ 인프라 확대방안 연구
- 기설치 기준국 활용을 위한 다중클러스터 시뮬레이션
- 클러스터 확장을 위한 기준국 제작 및 관리
- 비용분석
- 클러스터간 측위 연속성 방안 제시 및 검증

○ 인프라 안정화 연구
- Network RTK 미지정수 기법 안정화
- 다중클러스터기반 장기저선 RTK 기술개발
- 다중클러스터기반 미지정수 추정속도 향상기술 개발
- 다중클러스터기반 정밀측위 신뢰성 요구조건 설정 연구
- 다중클러스터기반 보정정보 신뢰성 향상 및 확보 기술

○ 다중 위성항법신호 활용 연구
- 다중 위성항법신호 기반 보정정보 생성기술
- 다중 위성항법신호 기반 무결성 생성기술
- 다중위성항법과 다중주파수 결합 정밀위치결정기술

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 위성항법기반 교통인프라 기술개발 과제가 중단됨 없이 다음단계로 연결되기 위해서는 다음단계 기획연구결과물 최종년도 연구종료 이전에 완성되어야 함 ※ 과제 종료일 7~8개월 이전에 기획연구 보고서 제출 ○ 차로구분 궤적정보 수집 및 활용을 위해서 관련 부처와 유기적 협조체계 구축 ○ 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보 ○ 관련분야 전문가 자문 - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴 - 관련 첨단교통물류사업과제들과 정례적인 회의를 통한 방향설정 및 연계활용성 제고 - 국제 공동연구등 관련연구 기관 활용 ○ 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개발결과와의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 (www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr 참조)
□ 추진체계	○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문이 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

5. 최종성과물

○ 확장클러스터기반 정밀위치결정 알고리즘 특허, 다중 위성항법시스템기반 정밀위치결정 알고리즘 특허, 확장클러스터/운용 시스템 및 구조물

6. 기대효과 및 파급효과

○ 사회적 기대효과

- 차로구분수준의 정밀교통측위 정보제공을 통해 기존 측위정보제공과 차별화된 정밀교통측위정보 서비스를 제공함으로서 차원높은 정밀교통측위정보 서비스에 대한 사회적 수요를 충족시킴
- 신뢰성 있는 위치 정보를 기반으로 하는 다양한 서비스의 산출을 통하여 편익이 증대될 수 있음
- 기존 측위정보 시스템이 갖는 한계를 극복할 수 있는 차로구분수준의 정밀측위 시스템의 활용으로 관련첨단교통서비스 구현이 가능해지므로 교통안전, 교통효율성 측면에서 사회적 기여도가 큼
- 빅데이터 및 LDM(Local Dynamic Map)과 같은 신기술과의 융합을 통해 고차원적인 서비스 제공이 가능해지므로 국민 편익 증대가 예상됨
- 국가의 사회적기간망으로서 위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정적인 운용에 도움이 될 것임

○ 경제적 기대효과

- 위성항법 교통인프라 기반 기술 제공으로 관련 첨단교통정밀 인프라 개발의 중복투자를 방지할 수 있으며 관련예산의 효율적 집행을 유도 할 수 있음
- 인프라 구축시 Telematics,지능형 자동차 등 관련 차세대 성장 동력의 신뢰성 향상으로 경쟁력을 높이고 고부가가치의 시장을 창출할 수 있음
- 상용화시 사용자 단말기 및 응용시스템 분야에서 새로운 시장 창출이 예상됨

○ 기술적 기대효과

- 미래첨단교통시스템이 요구하는 정확하고 신뢰성 있는 위치정보 제공의 실용화로 교통의 효율성 및 안전성을 향상시킬 수 있음

- 기술의 특성상 관련하드웨어 개발, 통신을 위한 소프트웨어 개발 등 연관 산업에의 파급효과가 발생하며, 측위기술의 관련분야 적용을 통한 관련 산업의 육성을 도모 할 수 있음
- 정밀하고 현실성있는 적용기술 개발로 육상교통 분야의 위성항법 사용에 있어 국가적 기술 우위를 점할 수 있으며, 표준화를 통하여 세계시장에서의 기술 파급효과를 가질 수 있음
- 정밀교통측위정보를 기반으로 하는 첨단교통서비스의 개발에 필요한 요소기술 발전에 기여할 수 있음
- 기술 연구 중 알고리즘 개발 및 특허 출원을 통해 국내 기술력을 향상에 기여할 수 있음

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 연구기간 : 2016.00.00 ~ 2018.00.00

○ 연구예산 : 총 예산 7,000백만원(정부지원)

※ 과제특성상 정부출연금을 총연구개발비의 100%까지 지원 가능

8. 기 타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성

- 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 연구내용을 일부 추가할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시

○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함(성과점검기준표 등 활용)
- 제시한 성과지표에 교통체계효율화사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능
- 연구성과의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 제시

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제 목록 참조

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구관리 전문기관(국토교통기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

2. 육상교통에서의 정밀 측위 가용성 향상을 위한 연구 제안 요구서(RFP)

	육상교통에서의 정밀 측위 가용성 향상을 위한 연구
1. 연구개발 목표	
○ 육상 교통 안전성과 효율성 증대를 위한 차로구분 수준 정확도를 갖는 위성항법기반 정밀위치결정 교통인프라 실용화 기술 및 첨단 육상교통체계 적용 기술 개발의 일환으로 해당 기술의 육상교통에서의 정밀측위 가용성 향상을 위한 연구를 수행하는 것이 목표임	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
○ 위성항법 기반 교통측위 기술의 정밀국가교통측위 인프라로서의 기능을 공고히 하기 위하여 인프라 확대 및 안정화 방안을 연구하여 공공인프라 서비스가 원활히 되도록 함	

○ C-ITS의 서비스들은 서비스 제공의 효율성 향상 및 안전성 제고를 위해 차로구분 수준의 신뢰성 있는 정밀 측위정보를 요구하고 있음

○ 육상 교통 분야의 효율성 및 안전성을 향상시키기 위해서는 정확하고 신뢰성있는 위치 정보가 필요함

○ 자율주행시대에 요구되는 V2X 통신을 이용한 서비스 제공의 기반기술로서 정밀 차량 측위기술에 대한 기술개발 요구증대 및 시급성

○ 지능형 신호시스템 개발, 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발 과제들은 독자적 정밀측위 기술개발을 시도하고 있음

○ 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발, LDM(Local Dynamic Map) 과제등 정밀측위 인프라 요구의 증대에 부응하기 위하여 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술의 연계 적용을 시도하며, 이를 통한 경제적· 기술적 시너지 효과를 창출

○ 미국, 유럽, 일본 등의 위성항법 관련 선진국에서는 위성항법 반송파 정밀 위치결정 기술에 고가의 레이져, 고가의 관성센서, 고가의 영상센서 등을 추가하여 육상 교통환경에서 연속적인 위치결정 정보를 제공하기 위한 기술을 개발 중에 있으며, 높은 신뢰도와 정밀도를 지닌 위치정보의 활용이 중요함

○ 위치기반산업 및 교통서비스 제공 산업 등 다양한 분야에 일자리 창출이 가능하여 ‘R&D 지원을 통한 창조 경제 구축’이라는 국가 정책목표에 이바지 할 수 있음

○ 기 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술에 대한 활용성을 극대화하기 위해서는 실용화 측면의 연구가 필요함

3. 연구개발내용

○ 인프라기반 가용성 향상기술개발

- 지상 전파기반 정밀측위 기술 조사 및 적용성 연구
- 도로 시설(표지)기반 정밀측위기술 조사 및 적용성 연구
- 지형지물기반 정밀측위기술 조사 및 적용성 연구

- 3차원 지도기반 위성항법신호 가용성 및 품질 판단기법 연구

○ 사용자 기반 가용성 향상기술 연구
- 차량탑재 복합센서기반 가용성 향상 기술 개발
- 자지도를 이용한 정밀측위 향상 기술 개발
- ITS 단말용 통합 차량 측위 시스템 개발
- GPS 보정정보 시간지연 보상
  · 음영지역 탈출 후 신속한 정밀위치 결정기술 개발

○ 차량적용기술연구
- 차량안전표준 분석 및 적용방안 연구
- 차량연계를 위한 정밀측위모듈과 차량간 통신방안 연구
- 차량보유 센서 및 제어정보 결합 연구

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 위성항법기반 교통인프라 기술개발 과제가 중단됨 없이 다음단계로 연결되기 위해서는 다음단계 기획연구결과물 최종년도 연구종료 이전에 완성되어야 함

※ 과제 종료일 7~8개월 이전에 기획연구 보고서 제출

○ 차로구분 궤적정보 수집 및 활용을 위해서 관련 부처와 유기적 협조체계 구축

○ 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축
- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보

○ 관련분야 전문가 자문
- 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사
- 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴
- 관련 첨단교통물류사업과제들과 정례적인 회의를 통한 방향설정 및 연계활용성 제고
- 국제 공동연구 등 관련연구 기관 활용

○ 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개발결과와의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 (www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr 참조)

□ 추진체계

○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용

○ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문이 필요

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

5. 최종성과물

○ 인프라 및 사용자기반 위성항법 음영구간 극복 알고리즘 특허, 차량적용기술 특허, 차량적용을 위한 위치결정 안전판단 기술, 차량용 단말시스템

6. 기대효과 및 파급효과

○ 사회적 기대효과

- 차로구분수준의 정밀교통측위 정보제공을 통해 기존 측위정보제공과 차별화된 정밀교통측위정보 서비스를 제공함으로서 차원높은 정밀교통측위정보 서비스에 대한 사회적 수요를 충족시킴
- 신뢰성 있는 위치 정보를 기반으로 하는 다양한 서비스의 산출을 통하여 편익이 증대될 수 있음
- 기존 측위정보 시스템이 갖는 한계를 극복할 수 있는 차로구분수준의 정밀측위 시스템의 활용으로 관련첨단교통서비스 구현이 가능해지므로 교통안전, 교통효율성 측면에서 사회적 기여도가 큼
- 빅데이터 및 LDM(Local Dynamic Map)과 같은 신기술과의 융합을 통해 고차원적인 서비스 제공이 가능해지므로 국민 편익 증대가 예상됨
- 국가의 사회적기간망으로서 위성항법기반 교통인프라 확대 및 안

정적인 운용에 도움이 될 것임

○ 경제적 기대효과

- 위성항법 교통인프라 기반 기술 제공으로 관련 첨단교통정밀 인프라 개발의 중복투자를 방지할 수 있으며 관련예산의 효율적 집행을 유도 할 수 있음
- 인프라 구축시 Telematics,지능형 자동차 등 관련 차세대 성장 동력의 신뢰성 향상으로 경쟁력을 높이고 고부가가치의 시장을 창출할 수 있음
- 상용화시 사용자 단말기 및 응용시스템 분야에서 새로운 시장 창출이 예상됨

○ 기술적 기대효과

- 미래첨단교통시스템이 요구하는 정확하고 신뢰성 있는 위치정보 제공의 실용화로 교통의 효율성 및 안전성을 향상시킬 수 있음
- 기술의 특성상 관련하드웨어 개발, 통신을 위한 소프트웨어 개발 등 연관 산업에의 파급효과가 발생하며, 측위기술의 관련분야 적용을 통한 관련 산업의 육성을 도모 할 수 있음
- 정밀하고 현실성있는 적용기술 개발로 육상교통 분야의 위성항법 사용에 있어 국가적 기술 우위를 점할 수 있으며, 표준화를 통하여 세계시장에서의 기술 파급효과를 가질 수 있음
- 정밀교통측위정보를 기반으로 하는 첨단교통서비스의 개발에 필요한 요소기술 발전에 기여할 수 있음
- 기술 연구 중 알고리즘 개발 및 특허 출원을 통해 국내 기술력을 향상에 기여할 수 있음

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 연구기간 : 2016.00.00 ~ 2018.00.00

○ 연구예산 : 총 예산 3,000백만원(정부지원)

※ 과제특성상 정부출연금을 총연구개발비의 100%까지 지원 가능

8. 기 타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성

- 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 연구내용을 일부 추가할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시

○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함(성과점검기준표 등 활용)
- 제시한 성과지표에 교통체계효율화사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능
- 연구성과의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 제시

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제 목록 참조

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구관리 전문기관(국토교통기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

3. 차로수준 정밀측위 기반 실시간 교통관리 및 정보체계 적용성 향상 연구 제안요구서(RFP)

	차로구분 정밀위치결정 교통인프라 기술 실용화 연구
1. 연구개발 목표	
○ 육상 교통 안전성과 효율성 증대를 위한 차로구분 수준 정확도를 갖는 위성항법기반 정밀위치결정 교통인프라 실용화 기술 및 첨단 육상교통체계 적용 기술 개발의 일환으로 차로수준 정밀측위 기반 기술의 실시간 교통 관리 및 정보체계 적용성 향상을 수행하는 것이 본 과제의 목표임	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
○ 위성항법 기반 교통측위 기술의 정밀국가교통측위 인프라로서의 기능을 공고히 하기 위하여 인프라 확대 및 안정화 방안을 연구하여 공공인프라 서비스가 원활히 되도록 함 ○ C-ITS의 서비스들은 서비스 제공의 효율성 향상 및 안전성 제고를 위해 차로구분 수준의 신뢰성 있는 정밀 측위정보를 요구하고 있음 ○ 육상 교통 분야의 효율성 및 안전성을 향상시키기 위해서는 정확하고 신뢰성있는 위치 정보가 필요함 ○ 자율주행시대에 요구되는 V2X 통신을 이용한 서비스 제공의 기반기술로서 정밀 차량 측위기술에 대한 기술개발 요구증대 및 시급성 ○ 지능형 신호시스템 개발, 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발 과제들은 독자적 정밀측위 기술개발을 시도하고 있음 ○ 위성항법 음영지역극복을 위한 정밀측위기술개발, LDM(Local Dynamic Map) 과제등 정밀측위 인프라 요구의 증대에 부응하기 위하여 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술의 연계 적용을 시도하며, 이를 통한 경제적· 기술적 시너지 효과를 창출 ○ 미국, 유럽, 일본 등의 위성항법 관련 선진국에서는 위성항법 반송파	

정밀 위치결정 기술에 고가의 레이져, 고가의 관성센서, 고가의 영상센서 등을 추가하여 육상 교통환경에서 연속적인 위치결정 정보를 제공하기 위한 기술을 개발 중에 있으며, 높은 신뢰도와 정밀도를 지닌 위치정보의 활용이 중요함

○ 위치기반산업 및 교통서비스 제공 산업 등 다양한 분야에 일자리 창출이 가능하여 ‘R&D 지원을 통한 창조 경제 구축’이라는 국가 정책목표에 이바지 할 수 있음

○ 기 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술에 대한 활용성을 극대화하기 위해서는 실용화 측면의 연구가 필요함

3. 연구개발내용	

○ 차로구분 궤적정보 수집 및 전처리 기술개발

- 차로구분 궤적 빅데이터 구축 및 운영/관리 기술 개발
- 복합 이벤트 처리를 활용한 전역 도로망 궤적데이터 전처리 기술개발
- 시/공간적, 상시적/비상시적 교통혼잡 유발인자 추출 및 가중치 생성, 상관도 분석 기술

○ 차로구분 궤적정보 활용에 의한 교통관리 및 정보가공 기술개발

- 차로구분 궤적 정보기반 연속류 돌발상황 자동감지 기술개발
- 차로구분기반 차량 안전유도관리 기술개발
- 차로기반 통행시간 산정 및 정밀경로안내 기술개발
- 차로구분 궤적 정보의 단속류 관리부문 적용 기술개발

○ 차로구분 교통서비스를 위한 LDM 기술 연구

- 차로기반 교통서비스 요구 데이터 설계
- 차로기반 교통서비스를 위한 LDM 구현 기술개발
- 대상 서비스 제공을 위한 LDM 운영 및 유지관리 기술개발
- 차로기반 교통서비스를 위한 LDM 표준화 기술개발

○ 테스트 베드 구축 및 운용성 평가기술개발

- 고정밀 측위기술의 서비스 / 기술 표준화 및 성능평가 기준(안) 개

	발(성능실험 포함) - 차로구분 교통서비스 구현 테스트 베드 구축 및 운영평가
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 위성항법기반 교통인프라 기술개발 과제가 중단됨 없이 다음단계로 연결되기 위해서는 다음단계 기획연구결과물 최종년도 연구종료 이전에 완성되어야 함 ※ 과제 종료일 7~8개월 이전에 기획연구 보고서 제출 ○ 차로구분 궤적정보 수집 및 활용을 위해서 관련 부처와 유기적 협조체계 구축 ○ 정부 및 관련 기업·공사 등 기술수요처와 유기적 협조체제 구축 - 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보 ○ 관련분야 전문가 자문 - 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사 - 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴 - 관련 첨단교통물류사업과제들과 정례적인 회의를 통한 방향설정 및 연계활용성 제고 - 국제 공동연구등 관련연구 기관 활용 ○ 기 수행(종료과제, 중단과제) 및 현재 수행중인 동 과제 관련 연구개발결과와의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함 (www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr 참조)
□ 추진체계	○ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용 ○ 연구개발 해당 기술 및 법·제도와 같은 기타 관련 전문가 자문단을 구성하여 정기적인 자문회의를 통해 연구개발의 기술·정책적 보완사항에 대한 자문이 필요 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로

만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고 필요

5. 최종성과물

○ 기술보고서 차로구분 궤적정보 이용 관리 및 정보 가공알고리즘 특허, SW 테스트 베드 센터시스템 및 현장시설물

6. 기대효과 및 파급효과

○ 사회적 기대효과

- 차로구분수준의 정밀교통측위 정보제공을 통해 기존 측위정보제공과 차별화된 정밀교통측위정보 서비스를 제공함으로서 차원높은 정밀교통측위정보 서비스에 대한 사회적 수요를 충족시킴
- 신뢰성 있는 위치 정보를 기반으로 하는 다양한 서비스의 산출을 통하여 편익이 증대될 수 있음
- 기존 측위정보 시스템이 갖는 한계를 극복할 수 있는 차로구분수준의 정밀측위 시스템의 활용으로 관련첨단교통서비스 구현이 가능해지므로 교통안전, 교통효율성 측면에서 사회적 기여도가 큼
- 빅데이터 및 LDM(Local Dynamic Map)과 같은 신기술과의 융합을 통해 고차원적인 서비스 제공이 가능해지므로 국민 편익 증대가 예상됨
- 국가의 사회적기간망으로서 위성항법기반 교통인프라 확대 및 안정적인 운용에 도움이 될 것임

○ 경제적 기대효과

- 위성항법 교통인프라 기반 기술 제공으로 관련 첨단교통정밀 인프라 개발의 중복투자를 방지할 수 있으며 관련예산의 효율적 집행을 유도 할 수 있음
- 인프라 구축시 Telematics,지능형 자동차 등 관련 차세대 성장 동력의 신뢰성 향상으로 경쟁력을 높이고 고부가가치의 시장을 창출할 수 있음
- 상용화시 사용자 단말기 및 응용시스템 분야에서 새로운 시장 창

출이 예상됨

○ 기술적 기대효과

- 미래첨단교통시스템이 요구하는 정확하고 신뢰성 있는 위치정보 제공의 실용화로 교통의 효율성 및 안전성을 향상시킬 수 있음
- 기술의 특성상 관련하드웨어 개발, 통신을 위한 소프트웨어 개발 등 연관 산업에의 파급효과가 발생하며, 측위기술의 관련분야 적용을 통한 관련 산업의 육성을 도모 할 수 있음
- 정밀하고 현실성있는 적용기술 개발로 육상교통 분야의 위성항법 사용에 있어 국가적 기술 우위를 점할 수 있으며, 표준화를 통하여 세계시장에서의 기술 파급효과를 가질 수 있음
- 정밀교통측위정보를 기반으로 하는 첨단교통서비스의 개발에 필요한 요소기술 발전에 기여할 수 있음
- 기술 연구 중 알고리즘 개발 및 특허 출원을 통해 국내 기술력을 향상에 기여할 수 있음

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 연구기간 : 2016.00.00 ~ 2018.00.00

○ 연구예산 : 총 예산 6,000백만원(정부지원)

※ 과제특성상 정부출연금을 총연구개발비의 100%까지 지원 가능

8. 기 타

○ 연구내용, 연구기간 및 연구개발비는 본 과제제안요구서(RFP)를 참조하여 작성

- 과제의 목적 달성을 위해 필요하다고 판단되는 경우에는 연구내용을 일부 추가할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시

○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서에 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구

체적 방안을 제시해야 함(성과점검기준표 등 활용)

- 제시한 성과지표에 교통체계효율화사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능
- 연구성과의 실용화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급 효과 제시

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kictep.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제 목록 참조

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구관리 전문기관(국토교통기술진흥원)은 필요시 선정된 동 과제 연구책임자와 협의를 거쳐 연구개발계획서를 수정·보완(연구기간 변경, 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

제1장 연구개발과제의 개요

전 세계적으로 지난 반세기 동안의 비약적인 경제 발전에 힘입어 소득 수준이 높아짐에 따라 다양한 분야에서 인류의 생활 방식이 바뀌었다. 특히 교통 분야의 경우 이동편리를 증대시킬 수 있는 자가용 차량이 큰 폭으로 증가하였으며, 국제적인 교역의 증가와 인터넷을 활용한 물품구매의 확산으로 물류 량이 큰 폭으로 증가하였다. 이러한 교통량의 증가는 육상 교통 분야에서 만성적인 교통 혼잡, 환경오염, 교통사고 등의 문제를 발생시키고 있으며 이로 인한 인적, 물적 손실과 아울러 경제적, 사회적 비용이 증대되고 있다. 이러한 이유로 미국, EU, 일본 등의 교통 선진국들은 육상 교통시설의 증설과 함께 전자, 통신 등의 정보통신기술을 활용한 교통체계의 효율적 관리를 통하여 증가하는 교통 수요에 대응해 나가고 있다. 교통 선진국들은 육상 교통 분야의 문제에 대응하고자 오래전부터 위성항법시스템을 활용하고 있으며, 이를 이용한 차량위치정보 제공 단말기(네비게이션)의 보급으로 교통의 효율성을 크게 증대시켰다. 그러나 교통의 효율성과 함께 안전성 및 친환경성을 포함하는 미래지향적인 교통시스템의 경우 현재보다 더욱 정확하고 신뢰성이 높은 위치 정보를 요구하고 있다. 높은 정확도와 위치정보는 정확하고 정밀한 위치 정보 수집을 통하여 교통 흐름을 향상 시킬 수 있으며 신뢰성 높은 위치 정보는 안전과 관련된 분야에 활용이 가능하다. 이러한 교통의 효율성 및 안전성의 향상은 배기가스(Co2) 저감 및 사고 감소를 통하여 친환경성을 증대시킨다.

본 과제에서는 신개념 미래 교통시스템의 등장에 대비하고 현재 육상 교통 분야의 위성항법시스템 활용 확대를 위하여 안전성과 효율성이 향상된 육상교통환경에의 적용을 위한 위성항법기반의 정밀위치결정 인프라 기술개발을 수행하고자 한다. 본 과제는 단계별로 연구가 진행되었으며 본 보고서는 2차년(1～2차년도)에 걸친 기획내용을 제외한 Phase Ⅰ 연구개발(3～4차년)과 Phase Ⅱ 연구개발(5～7차년)에 수행한 전체연구결과 보고서이다.

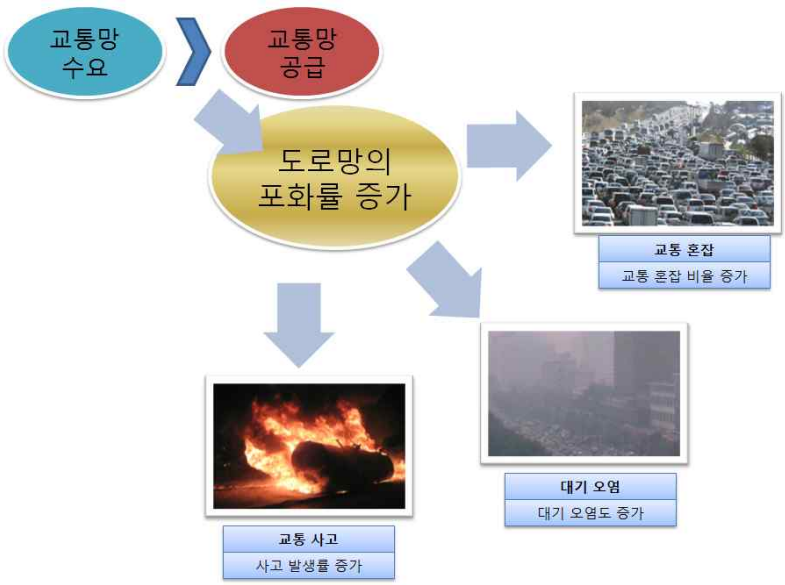
제1절 연구개발의 필요성 및 중요성

1. 연구개발의 필요성

최근 육상교통량의 급증과 다변화된 육상교통 환경으로 인하여 교통 혼잡, 대기오염(Co2 및 Nox 증가), 교통사고 등의 교통문제가 심각해지고 있다. 현재 육상교통이 직면한 문제를 해결하기 위해서는 육상교통의 효율성과 안전성을 향상시킬 수 있는 국가적인 인프라의 개발이 필요하다. 이러한 국가적인 인프라를 개발하기 위해서는 높은 정확도와 신뢰도를 가지는 위치정보 제공 기술이 필요하다. <그림 1.1-1>은 현재 육상교통 시스템의 문제점을 나타내고 있다.



<그림 1.1-1> 현재 육상교통 시스템의 문제점



<그림 1.1-2> 도로망의 포화율 증가의 원인 및 결과

다양한 형태의 교통망 중 가장 비중이 높은 육상 교통망은 물류적으로 최초 목적지, 최종 목적지에 가장 근접한 교통망이다. 육상 교통망은 크게 철도망과 도로망으로 구분되는데, 철도망은 시간의 정시성 및 대량 이송의 장점을 가지고 있지만, 망의 구축이 자유롭지 못하며, 최초·최종 목적지와는 다소 거리가 있다. 이에 비해 도로망은 가장 최초·최종 목적지와 가까우며 구축이 다른 망에 비해 자유롭다는 장점을 가진다.



<그림 1.1-3> 교통혼잡비용 변화 추이 (통계청)

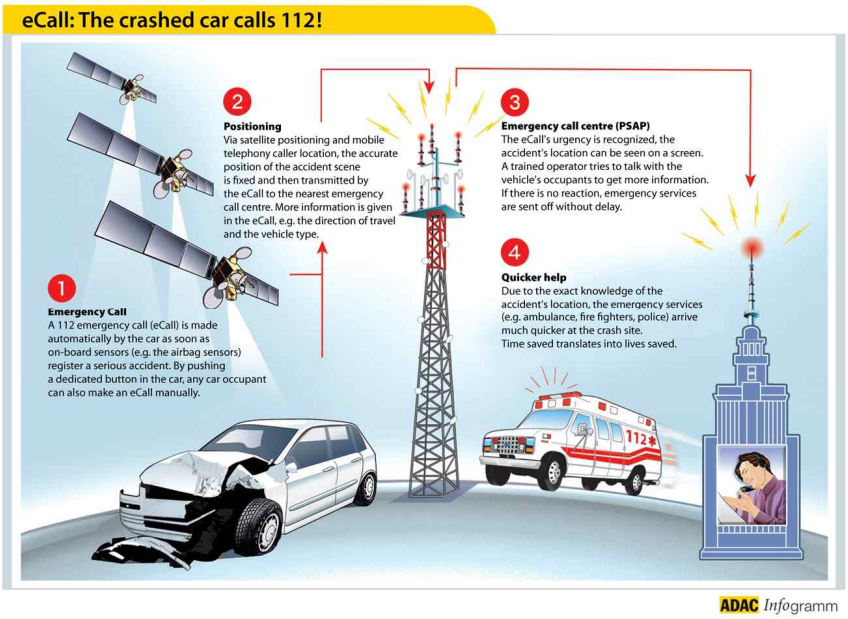
도로망의 이용 주체인 차량은 그 개체의 수가 많은 것이 특징이며 인구 집중 현상에 의하여 지역적으로 치중되어 있다. 이러한 현상은 다른 교통에 비해 사고율이 높은 현상을 보여주고 있으며, 도로를 주행하는 차량이 교통 혼잡으로 인해 정상속도 이하로 운행함으로써 발생하는 시간가치의 손실과 차량운행비의 증가 등과 같이 추가적으로 발생하는 총체적인 손실비용인 혼잡비용이 높아진다. <그림1.1-3>은 교통혼잡비용의 변화 추이를 보여주고 있다. 2008년에 28조원에 이르렀으며 매년 증가 추세를 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 문제점들은 중대한 사회적 문제이며, 도로망의 공급 문제만으로는 해결되지 않는다.

육상 교통분야의 문제점 극복과 함께 미래 육상교통 시스템은 현재 시스템보다 정밀한 제어 기법을 사용할 것으로 예상된다. 이를 위하여 현재 제공되고 있는 위치정보의 정확도와 신뢰성의 향상이 필요하며 이를 위하여 새로운 위치정보 제공 인프라가 필요하다.

현재 다양한 육상교통 위치정보 획득기술이 개발되어 있으나 기술적 문제 혹은 비용적 문제로 인하여 그 한계를 가지고 있다. 이러한 한계를 극복하고자 위성항법기반 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며 현재 교통관련 선진국에서는 위성항법 기반으로 차량의 위치 파악뿐 아니라 도로 사용료 부과, 물류 이동 정보 등을 파악할 수 있는 시스템을 개발하여 운영하고 있다.

또한 이와 함께 최근 정보통신기술은 지능형 교통체계의 개발을 가능하게 하였고, 지능형 교통체계의 성능을 향상시키기 위해서는 높은 정확도와 높은 신뢰도를 갖는 위치정보가 필요하다. 유럽에서 판매되는 차량의 경우 2014년부터 eCall (Emergency Call) 시스템의 장착이 의무화될 예정이며, eCall 시스템은 차량의 사고시에 자동적으로 응급구난 신호를 전송하는 시스템으로 이미 덴마크, 프랑스, 영국 등에서 표준화 작업이 진행되었다. eCall의 사용으로 연간 2,500명의 인명을 구조할 수 있을 것으로 예상된다. eCall의 시스템을 구성하기 위해서는 정확

한 사고 위치를 알려 줄 수 있는 위치결정 시스템이 필요하며, 이 장비로 위성항법시스템을 사용하고 있다.



<그림 1.1-4> 유럽의 eCall 시스템



<그림 1.1-5> 위치결정 교통인프라 기술의 고려사항

유럽의 eCall에서 위치결정의 방법으로 위성항법시스템을 사용하고 있는 점에서 알 수 있듯이 육상교통환경에의 적용을 위한 위성항법기반의 차로구분수준 정밀위치결정 인프라 기술은 다른 위치결정 시스템에 비하여 개발 및 구축비용이 저렴한 저비용 기술이며, 기존의 시스템과 호환성을 생각할 경우 매우 효율적이며, 기술 개발의 용이성 측면에서 매우 경쟁력이 있다. 또한 미래교통 요구자의 요구사항을 반영하기에 용이하며, 차세대 교통체계에 적합하다. <그림 1.1-5>은 위에서 나열한 차로구분수준 정밀위치결정 인프라 기술의 고려사항을 나타내고 있다.

육상교통환경에의 적용을 위한 위성항법기반의 차로구분수준 정밀위치결정 인프라 기술개발은 신개념 미래 육상교통시스템에 필요한 위치결정 인프라를 개발하기 위한 것으로 그 비전을 나타내면 <그림 1.1-6>와 같다.



그림 출처 : http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/ecall/index_en.htm

신개념 미래 교통시스템 : 효율성, 안정성, 친환경성의 새로운 개념을 포함하는
미래지향적인 교통 수단으로 구성된 교통체계

<그림 1.1-6> 위성항법기반 정밀위치결정 인프라 기술개발의 비전



<그림 1.1-7> 차로구분이 가능한 안전한 위치결정 분야

신개념 미래 육상교통시스템에 필요한 위치결정 인프라의 요구성능은 차로구분이 가능한 수준이며, 차로구분이 가능한 위치결정 인프라의 활용분야 예는 <그림 1.1-7>과 같다.

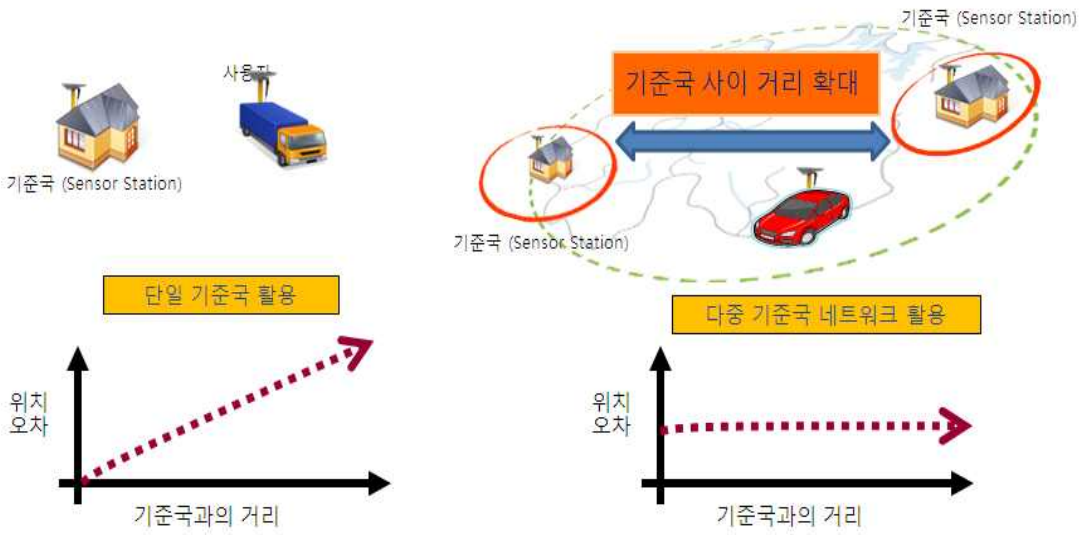
기존 위성항법을 활용한 위치결정 기술을 육상교통분야에서 차로구분이 가능한 위치결정 분야에 활용하기에는 크게 두 가지 한계가 있다. 그 중 첫 번째는 사용자와 기준국 사이의 거리가 증가함에 따라서 위치 정확도가 감쇄한다는 것이며, 두 번째는 육상교통사용자의 위성항법 신호 수신환경이 다른 항공 및 해양 교통사용자의 위성항법신호 수신환경과 매우 다르다는 것

이다.

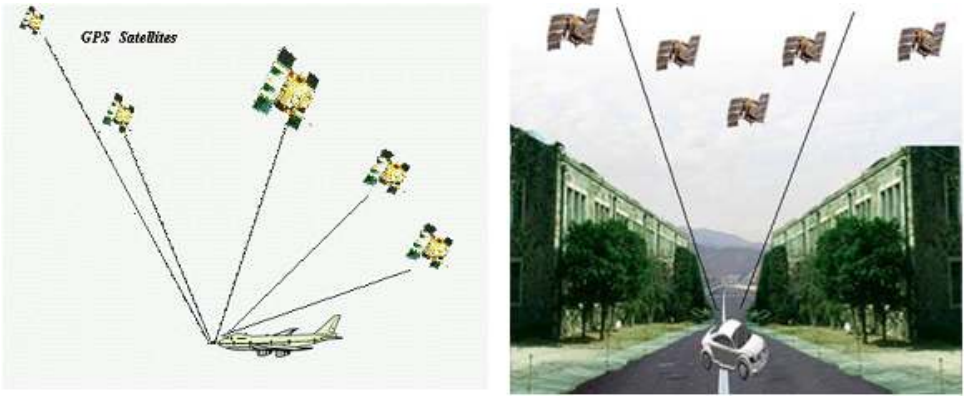
기존의 위성항법시스템을 활용하여 정확한 위치를 결정하기 위해서는 10km ~15km 마다 기준국을 세워야하는 어려움이 있다. 본 과제에서는 반송파기반 다중기준국 네트워크를 활용하여 수십 km(80km)안에서도 차로구분이 가능한 위치결정 성능이 일정수준으로 유지할 수 있도록 하는 기술을 개발하는 것이다. 그림<1.1-8>의 차로구분이 가능하도록 하는 교통인프라의 필요성을 설명하고 있으며, <그림 1.1-9>는 위성항법 인프라 기술개발의 필요성을 나타내고 있다.



<그림 1.1-8> 육상교통분야에서의 차로구분수준 정밀위치결정 기술개발 필요성



<그림 1.1-9> 위성항법 인프라 기술개발 필요성



<그림 1.1-10> 항공교통분야와 육상교통분야의 위성항법 수신환경

항공교통 및 해양교통 분야와는 달리 육상교통 환경에서는 다중경로 오차나 잦은 위성 신호의 단절, DOP(Dilution of Precision) 변화 등 수신 환경으로 인한 신호 변화가 빈번하게 발생하므로 이를 고려한 육상 교통 기반 위성항법 기술을 개발해야 하며, 육상교통 사용자를 위한 정확하고 신뢰성 있는 위성항법 기반의 위치정보 제공을 위해서는 기존에 항공교통 및 해양교통 분야에서 활용되었던 기술과 달리 위성항법 반송파 기반의 위치결정이 가능한 오차정보 생성 기술과 항법신호 이상 감시기술 개발이 필요하다. <그림 1.1-10>은 항공교통분야와 육상교통분야에서 위성항법 수신환경이 다름을 나타내고 있다. 항공교통분야에서 위성항법시스템을 활용하는데 있어서 항법위성의 가시성이 충분히 확보됨을 가정하지만, 육상교통분야에서 항법위성의 가시성은 충분히 확보되지 못함으로 이를 보완할 수 있는 기술이 반드시 필요하다. <그림 1.1-11>는 육상교통환경에서 차로구분이 가능한 위성항법기반 위치결정 인프라 기술을 개발하기 위한 세부 필요기술을 나타낸 것이다.



<그림 1.1-11> 위성항법기반 육상교통 인프라 필요기술

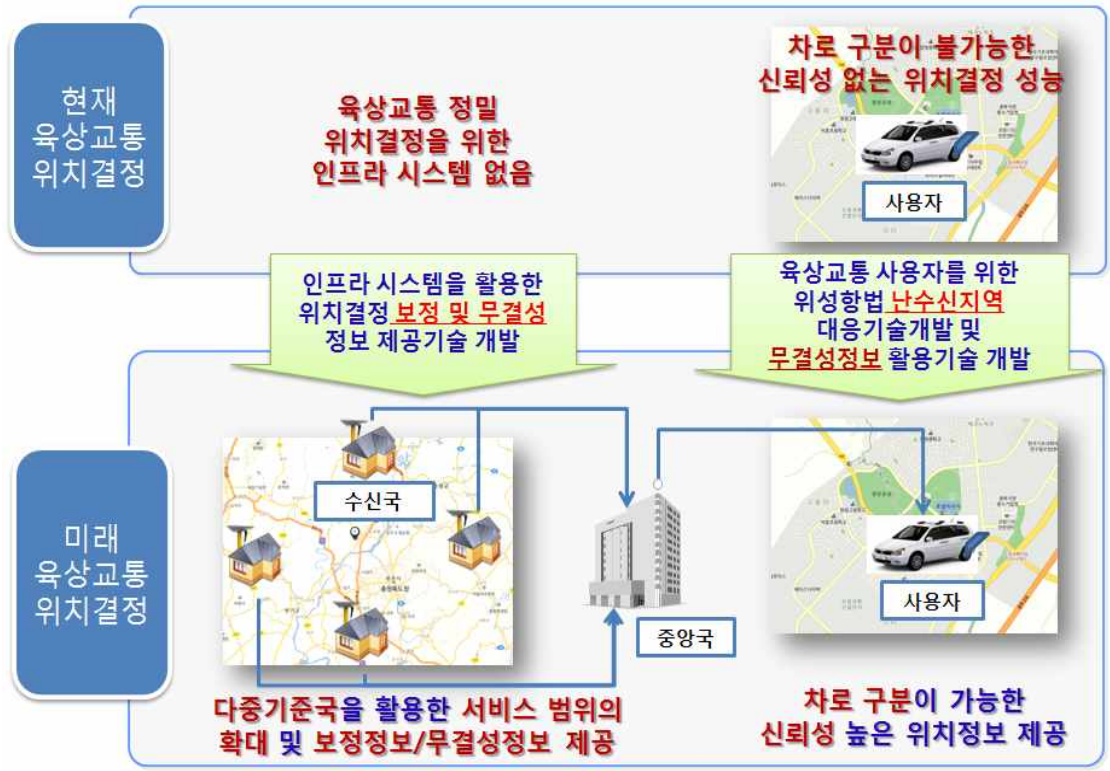
현재 전 세계적으로 육상교통분야에의 활용을 위한 차로구분수준의 위성항법기반 위치결정

인프라 기술이 개발되고 있으며, 사용자와 기준국 사이의 거리가 증가함에도 위치 정확도가 감쇄하는 것을 극복하는 연구가 주로 진행 중이다. 본 연구에서 육상교통 사용자를 대상으로 차로구분이 가능한 수준의 인프라 기술의 개발은 세계적인 수준에 도달하는 것이다. 또한 육상교통사용자의 환경에 적합한 사용자기술을 개발하여 이동 중에 육상교통사용자 차로구분의 위치결정을 안정적으로 수행하는 것은 세계적으로 앞선 기술을 개발하는 것이다. 이를 나타내면 <그림 1-1-12>와 같다.



<그림 1.1-12> 위성항법기반 위치결정 육상교통인프라 기술 수준

이러한 기술 개발과 동시에 육상 교통 분야의 효율성을 향상시키기 위해서는 정확한 위치 정보를 바탕으로 하는 첨단교통관리시스템(ATMS: Advanced Traffic Management System), 첨단교통정보시스템(ATIS: Advanced Traveler Information System) 등의 서비스가 제공 되어야 한다. 위치 정보 제공을 위하여 전 세계적으로 위성항법을 이용한 연구가 진행 되고 있으며 이와 관련된 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다. 우리나라의 경우에도 지능·정보화 교통시스템(ITS: Intelligent Transportation System, u_Transportation), 교통안전 분야 등에서 위성항법을 이용한 신뢰성 있는 위치정보를 요구하고 있다. 그러므로 우리나라가 선도적 위치를 점유하고 있는 IT(Information Technology) 기술과 위성항법을 접목하여 위성항법 기반 교통인프라를 구축한다면 선도적인 국가로 부상할 수 있다. 그리고 이 과정에서 위성항법 정보의 정확성과 신뢰성에 대한 성능 요구사항은 향후 육상교통 분야의 위성항법 적용에 있어서 세계적인 표준으로서 채택될 수 있다.



<그림 1.1-13> 다중 기준국 네트워크 기반의 교통 인프라망

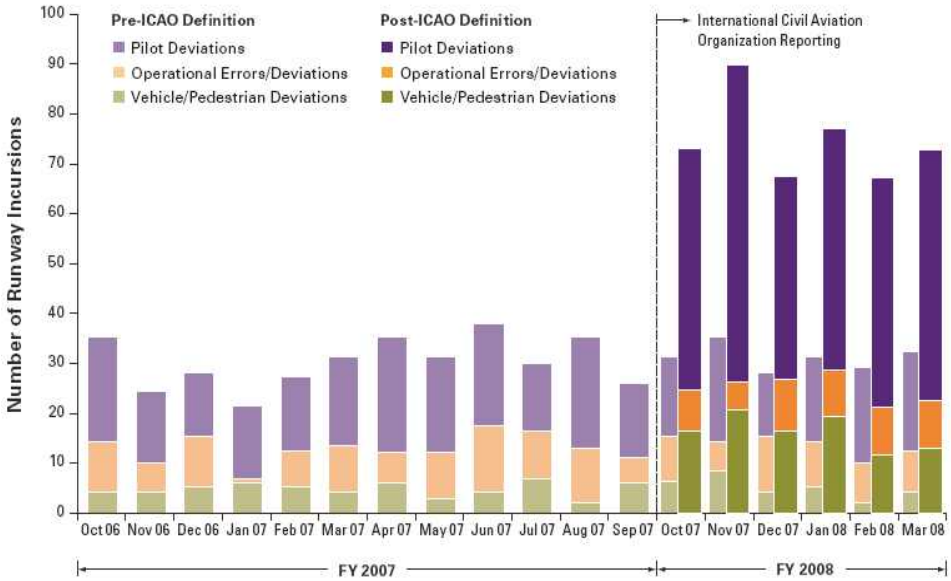
2. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

교통 분야에 위성항법을 사용함에 있어서 위치정보의 정확성과 신뢰성 확보가 중요함. 현재 항공 및 해양 분야의 경우 위성항법 위치 정보의 정확성과 신뢰성 향상을 위한 기술 표준이 제시되었으며 이를 바탕으로 다양한 위성항법 보강시스템을 구축하여 운영 중임. 그러나 육상교통 분야의 경우 성능 요구 사항에 대한 표준안이 제시되지 못하였으며, 각국은 육상교통에 위성항법시스템을 활용하기 위한 연구 개발에 많은 투자를 하고 있다.

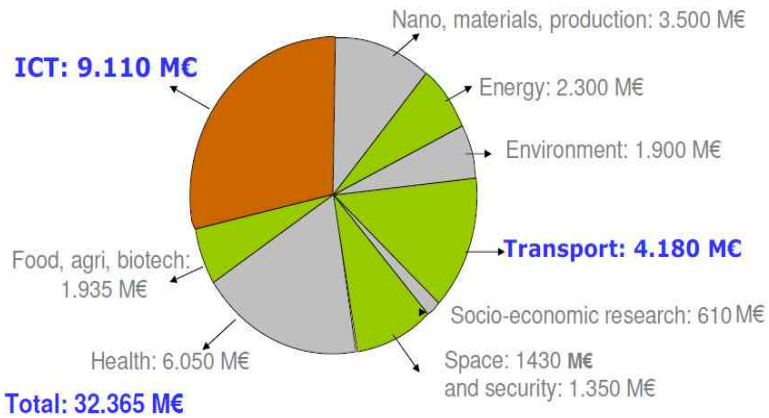
육상교통 분야의 다양한 연구를 통하여 성능 요구사항에 대한 표준안을 마련하고 이를 바탕으로 기술 개발을 수행하면 위성항법시스템 관련 선진국에 대한 기술적인 우위 확보가 가능하다.

FAA(Federal Aviation Administration)는 2008년에 효과적인 항공기 이·착륙을 위하여 활주로 내에 침입하는 차량이나 사람, 조종사의 운전 부주의 등에 대하여 엄격한 표준을 재정립하고 있다.



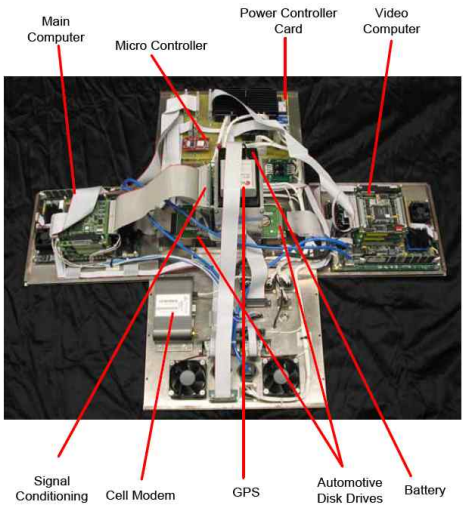
<그림 1.1-14> 활주로 침입에 대한 새로운 표준 채택에 따른 침입 회수 비교

유럽의 과학기술정책 연구 개발 프로그램으로 FP(Framework Program)를 진행하고 있으며, 현재 FP 7이 진행 중인데, FP 7에서 ICT 및 Transport 가 차지하고 있는 연구비는 50,910 M€에 달한다.



<그림 1.1-15> EU FP 7의 예산 비중

<그림 1.1-16>은 미국의 DOT(Department Of Transportation)에서는 ITS (Intelligent Transportation Systems) 등의 분야에 대한 폭넓은 연구가 수행중임. 아래는 ITS의 연구 개발 결과물의 하나인 IVBSS(Integrated Vehicle Based Safety System)의 경차용 DAS(Data Acquisition System) 구성을 나타내고 있다.



<그림 1.1-16> IVBSS(Integrated Vehicle Based Safety System)의 경차용 DAS(Data Acquisition System)구성

육상교통 사용자를 위한 기술 개발을 위해서는 일반 차량에서 사용 가능한 저가 수신 모듈을 이용한 정밀측위 알고리즘이 개발되어야 함. 이를 바탕으로 기술적인 우위 확보와 함께 기술적인 효율성 입증이 가능하다.

나. 경제적, 산업적 측면

육상교통 분야에서는 세계적으로 4천만대 이상의 네비게이션 단말기가 판매되었으며, 차량항법 단말기 시장은 2011년까지 약 7배 증가한 3억대 규모로 성장할 것으로 예측됨. 차로 구별이 가능한 기술이 개발될 경우 이러한 단말기 시장은 급격히 증가할 것으로 예상된다.

자동차 보험료를 낮춰주는 '주행량에 따른 지불방식 서비스' PAYD(Pay-As-You-Drive)는 초기에 보험사기를 줄이기 위한 방법으로 도입되어 소비자의 보험료 혜택을 주는 것으로 증명되었는데, 이제 보험사들은 배출가스 감소와 도로안전 향상의 이점을 강조하고 있음. 글로벌 컨설팅 및 리서치 회사인 프로스트 앤 설리번(Frost & Sullivan)이 최근 발표한 '텔레매틱스 기반의 PAYD 자동차보험 유럽시장 보고서'에 따르면, 유럽에서 텔레매틱스 기반의 PAYD 자동차보험 시장규모는 2007년 1864만 유로 매출을 올렸으며 2015년에는 매출이 1억4181만 유로에 달할 것으로 전망되며, PAYD 보험에 가입하는 자동차대수는 2007년 1만600대에서 2015년 157만6100대로 증가하면서 연평균 40% 성장할 것으로 전망됨. 미국의 보험회사 '프로그레시브'의 경우, 차량 내 센서를 설치해 인공위성을 통해 개별 고객의 차량 주행량을 측정하고 이에 따라 보험료를 차등 부과하는 서비스를 제공하면서 고객을 끌어 모으고 있음. 보다 신뢰성 있는 서비스 제공을 위하여 위성항법기반 교통인프라 기술 개발은 필요하다.

위성항법기반 교통인프라 기술 개발을 통해 획득한 성능 표준화 관련 기술은 인프라 구축 및 핵심 부품 산업의 시장 활성화와 함께 고부가가치를 창출 할 수 있음. 또한 확보된 원천 기술을 정밀항법 및 정밀측위 분야에 적용이 가능하므로 이에 따르는 산업적 파급 효과가 클 것으로 기대되고 있다.

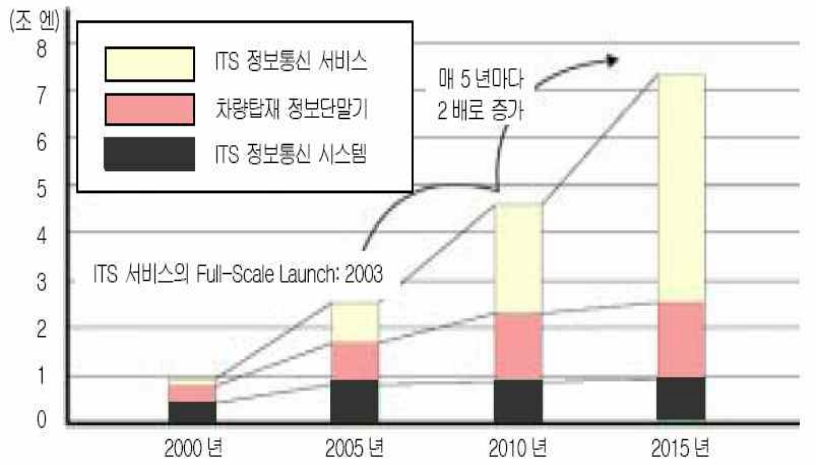
위성항법시스템이 비정상적으로 운용되는 경우에 위성항법 기반의 육상교통체계의 혼란 및 서비스 중단이 야기되며, 이로 인해 막대한 경제적 손실 발생. 그러므로 이를 예방하기 위한 국가적인 인프라 구축이 시급하다.

<표 1.1-1> GPS 시장군 비교

분류	GPS적합성	시장점유율	시장매력도	범용스코어
항공	중간	낮음	낮음	낮음
통신	낮음-중간	높음	중간	중간
지오태깅	중간	중간-높음	중간	중간
차량항법	높음	높음	중간	높음
기계제어(농업)	높음	중간	중간	중간-높음
기계제어(건설)	중간	중간	중간	중간
해양	중간	낮음-중간	중간	중간
군용	중간-높음	중간-높음	낮음	중간
대인추적	중간	낮음	높음	낮음-중간
동물추적	낮음-중간	낮음	낮음-중간	낮음
휴양	높음	중간	중간	중간-높음
측지,맵핑	중간-높음	중간	중간	중간
시각동기	높음	중간	높음	높음
차량추적	높음	높음	중간	높음

(Source : ABI Research 2007)

IT 기술과 위성항법 기술이 융합된 차세대 성장 산업인 지능형교통체계와 텔레매틱스분야의 성장 속도가 두드러짐. 이와 함께 위성항법기술을 바탕으로 한 육상교통 분야의 다양한 시장이 창출되고 있다.



<그림 1.1-17> 일본 ITS 시장 전망

항공교통 및 해양교통 분야와 달리 육상교통 분야는 상품개발 시간 및 교체 주기가 빠르고, 그 보급력이 뛰어나므로 경제/산업적인 측면에서 시장 활성화를 유도할 수 있다.

다. 사회적, 문화적 측면(공공성 포함)

위성항법시스템은 국민의 실생활과 국가의 경제활동의 기반이 되는 공공 인프라의 성격이 강하며 국가재난이나 테러발생시 보다 효율적이고 원활한 대처 및 복구 작업을 지원할 수 있음. 이를 위하여 위치정보 제공 도구로서 위성항법시스템의 필요성이 증대되고 있으며 보다 정확하고 신뢰성 있는 육상교통 분야의 국가 인프라를 구축할 경우 국민의 안전에 도움이 될 것으로 예상된다.

위성항법이 제공하는 위치정보를 이용하는 분야는 육상/항공/해상교통 뿐만 아니라 측지, 측량, 지구과학 등 다양한 분야로 확대되고 있으며, 재해재난 구조와 긴급방재시스템 등과 같은 국가차원의 위기관리에도 적용되고 있다.

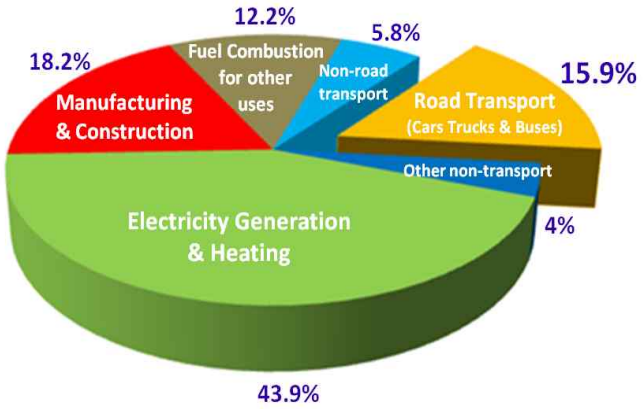
위성항법신호를 이용하고 있는 국민들에게 보다 정확하면서도 안정성이 보장된 위성항법기반 서비스를 제공함으로써 위성항법 사용에 대한 만족도를 향상시킬 수 있다.

육상교통 분야는 자동차 보급증가와 국민의 여가활동 증가로 인해 네비게이션 시장이 활성화되었으며, 이로 인해 사용자들은 정확하고 신뢰도 높은 위치정보를 요구하고 있다.

정확하고 신뢰도 높은 위성항법 신호의 활용으로 인해 운전자의 이동성/편의성/안전성 향상, 국가산업 경쟁력 강화, 에너지 효율성 제고 및 대기오염 절감을 통한 환경비용을 절감할 수 있다.

NAVTEQ에서 발표한 자료에 의하면, 실시간 교통정보의 활용이 가능한 네비게이터를 장착한 차량이 CO2의 배출을 줄일 수 있음. 네비게이터를 장착한 차량과 그렇지 않은 차량으로 독일의 뒤셀도르프와 뮌헨의 도로를 주행한 결과, 네비게이터를 장착한 차량의 연료 효율은 12%가 증가하였으며, 네비게이터를 장착한 차량이 그렇지 않은 차량에 비하여 CO2 배출을 24% 줄일 수 있음을 확인. 보다 향상된 정확도와 신뢰도를 활용할 경우 CO2 배출을 더욱 줄일 수 있을 것으로 예상한다.

유럽은 도로 교통부분에서 현재의 에너지 수요를 20% 줄이고, ICT(Information Communication Technology)의 개발로 자동차의 연료 효율 향상, 물류 시스템의 최적화, 지능교통정보의 제공 등을 활용하여 도로 교통부분에서 에너지 수요의 17%를 줄일 수 있을 것으로 예상한다.



<그림 1.1-18> CO2 배출 비율

최근 사회, 문화적으로 높은 정확도의 실시간 측위 기술에 대한 요구가 날로 높아지고 있으며 사고 도로가 아닌 사고 차로까지 검출해내는 방법을 요구하고 있음. 이를 바탕으로 개인의 안전 뿐 아니라 법률적으로 활용 가치를 지닌 정보로 이용가능 하므로 국민 생활 안전에 기여하고, 사고 예방을 통해서 경제적 환경적 손실 절감에 기여할 수 있다.

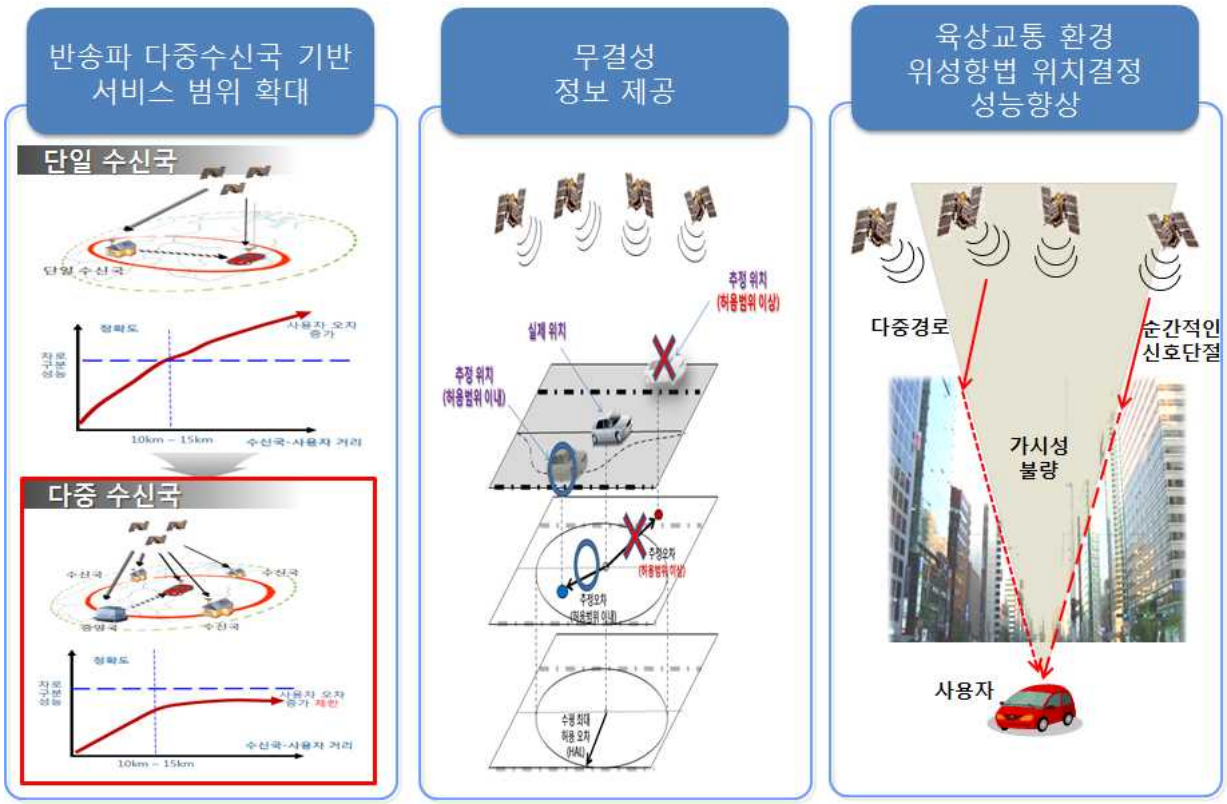
제2절 연구 최종 목표 및 연구 범위

1. 최종목표

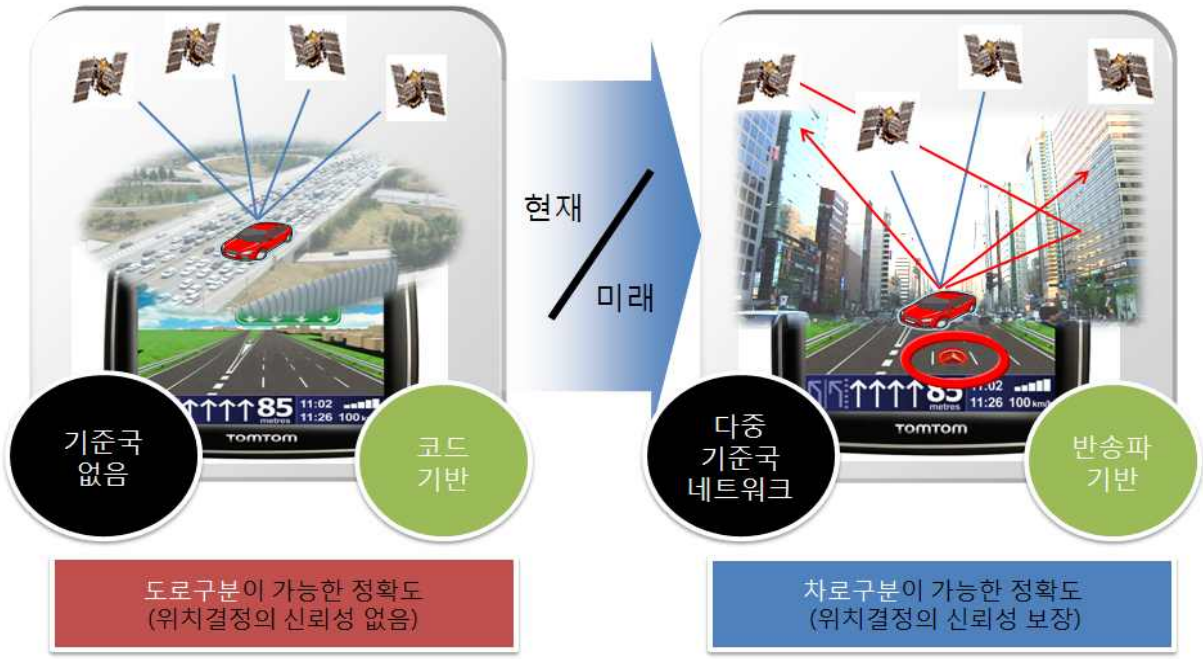
□ 본 과제의 최종목표는 미래 육상교통 시스템의 안정성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 활용의 위치정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있는 위성항법기반의 차로구분 수준 정밀위치결정 인프라 기술의 개발

- **미래 육상교통 시스템의 안전성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 기반 위치정확도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술을 개발**
  - 다중 수신국 위성항법 반송파기반 차로 구분이 가능한 수준의 위치결정 기술개발
  - 다중 수신국 활용 신호감시를 통한 위치정보의 신뢰성 향상 기술개발
  - 테스트베드 개발 및 시험 평가

※ 상기 제시된 최종목표는 기획연구의 연구 결과에 따라 도출된 전체 연구 개발의 최종목표임



〈그림 1.2-1〉 현재와 미래의 위성항법기반 육상교통분야 위치결정 방법



<그림 1.2-2> 현재와 미래의 위성항법기반 육상교통분야 위치결정 방법

※ 상기 제시된 최종목표는 항법위성의 가시성이 확보되는 특정 도로환경을 대상으로 하며, 항법위성의 가시성과 범용성이 확보되지 않는 도로 환경에 대해서는 추가적인 기술 개발이 필요함

2. 연구의 범위

가. 연구의 기획

1차년도에는 위성항법 코드정보만을 사용하여 갈릴레오 SOL(Safety of Life)급의 준정확도, 고신뢰도 위치 정보를 제공하기 위한 기획 연구를 수행하였으나 육상교통 분야에서 위성항법 신호를 활용한 고정확도의 위치정보를 요구하였다.

이를 반영하여 2차년도 기획연구에서는 1차년도 기획에서 수행되었던 내용을 반영하여 미래 육상 교통 사용자가 요구하는 다양한 성능 요구사항을 도출하였으며 2차년도 기획에서 반영된 1차 기획연구 결과는 <표 1.2-1>과 같다.

<표 1.2-1> 2차 기획 반영내용

세부 과제	1차 기획연구 내용	2차 기획 반영내용
1세부과제	■ 위성항법 지상시스템 기술연구 동향 분석	■ 위성항법기반 교통인프라 기술전개도 내용 도출에 활용
2세부과제	■ 위성항법 기반 무인차량 시스템 연구동향 분석 ■ 위성항법 기반 신교통 차량 무인 제어 시스템 연구 동향 분석	■ 위성항법 적용 가능한 서비스 도출에 활용 ■ 9가지 적용가능 서비스에 대한 성능 요구사항 도출에 활용
3세부과제	■ Test-Range 기술 동향 분석 ■ Test-Range 운용기술 동향 분석	■ 위성항법기반 교통인프라 기준국 및 중앙국 운영 기술개발 내용 도출에 활용

본 과제의 2차년도에는 1차년도 연구개발 과정에서 제기된 연구 환경의 변화와 함께 안전을 보다 고려한 육상교통 사용자의 위치 정확도 증대를 반영하여 반송파 기반의 고정확도, 고신뢰도를 가지는 위치정보 제공을 위한 위성항법 요구조건을 도출하는 것이 연구의 목표임. 이러한 위성항법 요구조건을 기반으로 차년도 이후 육상교통 환경에 적합한 위성항법 기반 정밀위치결정 인프라의 연구개발 방안을 도출하였으며



<그림 1.2-3> 2차년도 기획 연구 반영

나. 연구 범위 및 내용

본 과제의 전체 연구개발 범위는 육상교통의 안전성 및 효율성을 증대시킬수 있는 위성항법 기반의 위치결정 기술개발이며, 세부적으로 위성항법기반 차로 구분이 가능한 수준의 위치결정 기술개발, 신호 감시를 통한 위치 정보의 신뢰성 향상 기술개발이다.

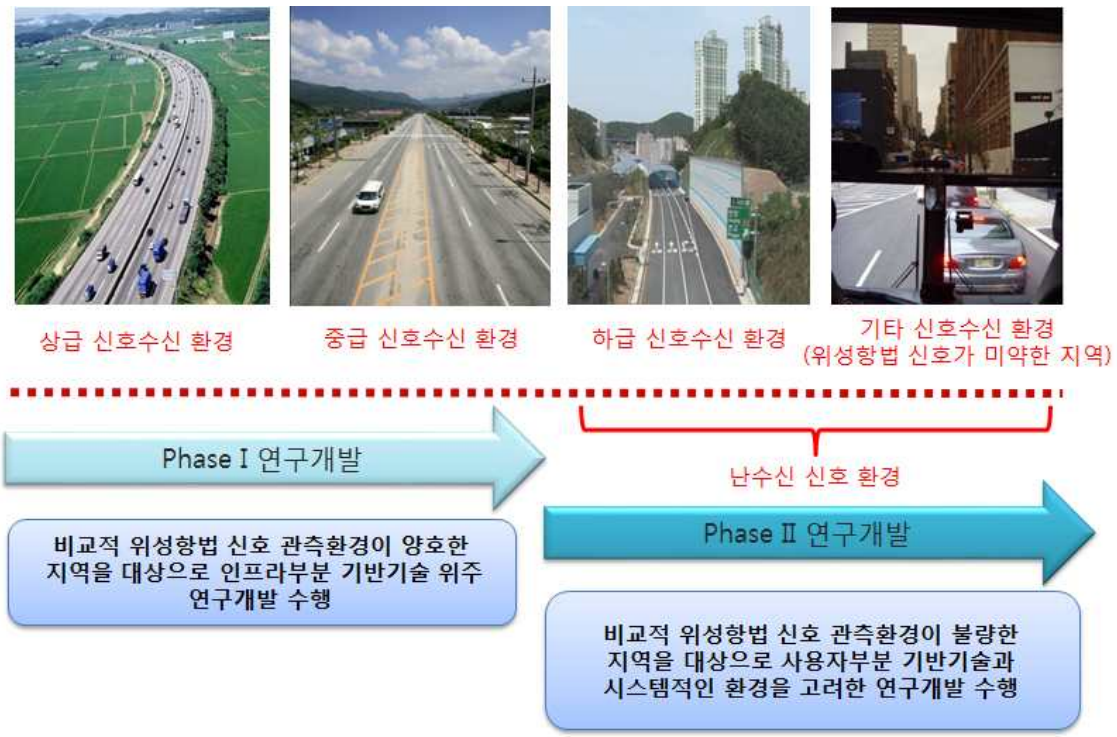
본 과제의 단계별 세부개발 내용은 <그림 1.2-4>와 같다. <그림 1.2-4>에서 보는 바와 같이 Phase Ⅰ 단계 연구 2년 동안 기반기술연구, Phase Ⅱ 단계 연구 3년 동안 핵심(적용) 기술 및

Testbed 연구가 진행되었다.

<table>
<tr><td>연도</td><td colspan="2">2010</td><td>2011</td><td>2012</td><td>2013</td><td>2014-2015</td></tr>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">기반기술연구</td><td colspan="3">핵심(적용) 기술 및 Test-bed</td></tr>
<tr><td>세부개발 내용</td><td colspan="2">• 보정정보 생성 기반 알고리즘 개발
• 무결성정보 생성 기반 알고리즘 개발
• 준실시간 시험 기술 개발
• 기타 항법 위성 활용 연구</td><td colspan="3">• 소규모 시험환경 구성, 시나리오 별 시험 평가
• 활용 가능 위성 포함, 실생활 환경 시험평가
• 실시간 시험환경 구축
• 종합 환경 시험평가, 기존 기준국 성능향상 방안연구</td></tr>
<tr><td>세부기술</td><td colspan="5"> 
</td></tr>
<tr><td>추진체계</td><td colspan="2">Phase Ⅰ : 기반기술개발단계</td><td colspan="3">Phase Ⅱ : 핵심(적용)기술개발단계</td></tr>
</table>

<그림 1.2-4> 단계별 연구개발

<그림 1.2-4>에서 설명한 단계별 연구개발 내용은 <그림 1.2-5>와 같이 다르게 표현할 수 있으며, Phase Ⅰ은 상급 및 중급 신호수신 환경에서 주로 개발된 연구내용이며, 나머지 부분이 Phase Ⅱ 에서 주로 개발된 연구내용이다. Phase Ⅰ 연구개발에서는 반송파기반 다중기준국 네트워크를 활용한 위치결정을 위한 준실시간 인프라기술개발을 주로 수행하였으며, Phase Ⅱ 연구개발에서는 실시간 인프라기술개발과 육상교통사용자를 위한 사용자기술개발을 주로 수행하였다. 육상교통 환경에서 반송파기반 다중기준국 네트워크를 활용한 위치결정 기술의 개발 및 육상교통 환경에서 반송파기반 육상교통 사용자 위치결정기술은 세계적으로 앞선 기술이다.



<그림 1.2-5> 기술단계별 연구개발

※ 준실시간이란 통신 환경의 지연을 고려하지 않은 상황으로 정의함

※ Phase I 연구에서는 Phase II 연구 개발을 위한 기반 기술을 확보함

위성항법기반 교통인프라 구현을 위한 기술 개발 전략은 <그림 1.2-6>과 같은 순서로 진행하며, Phase I 연구기간 동안 위성항법 신호를 비교적 활용하기 용이한 육상교통 환경을 대상으로 본 과제를 진행하였다.

Phase II 연구기간 동안 Phase I 연구기간동안 개발된 연구 개발 기술을 활용함은 물론, 육상교통 환경에서 위성항법을 상대적으로 활용하기 어려운 지역을 대상으로 기술을 개발하였다.

Phase I 연구기간 동안 위성항법 반송파 측정값 기반의 다중수신국 네트워크 활용 위치 결정 인프라 기술과 Phase II 연구기간 동안 인프라기술의 핵심 및 적용 기술과 사용자부분의 기술을 아래와 같이 연차별(이후 내용에서는 2차년에 걸친 기획연차 제외한 연차 표기)로 연구를 수행하였다.

□ 1차년도 (과제 전체기준 3차년도) : 육상교통 환경 반송파기반 다중수신국 네트워크를 활용하기 위한 위성항법 신호오차·이상 현상 모델링 및 시뮬레이션 기반기술 개발

□ 2차년도 (과제 전체기준 4차년도) : 육상교통 환경 준실시간 실측데이터를 활용한 반

송파기반 다중수신국 네트워크 기반기술 개발

□ 3차년도 (과제 전체기준 5차년도) : 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 단위 핵심 기술 개발

□ 4차년도 (과제 전체기준 6차년도) : 육상교통 환경 사용자를 위한 위성항법 교통인프라 적용 기술 개발 및 단위기술 통합기술 개발

□ 5차년도 (과제 전체기준 7차년도) : 육상교통 환경 테스트베드를 활용한 위성항법기반 교통인프라 통합시스템 시험평가



<그림 1.2-6> 연차별 연구 목표

다. 상세 기술 개발 내용

(1) 기반기술 연구 내용

육상 교통 분야에서 위성항법시스템기반으로 차로구분수준의 정밀위치결정 인프라를 구축하기 위한 기반기술 연구 내용은 다음과 같으며 <표 1.2-2>와 같이 분류할 수 있다.

□ 육상 교통용 위성항법기반 인프라 설계 및 운영 기반 기술

□ 육상 교통용 정밀 보정 정보 생성 및 무결성 정보 생성 기반 기술

□ 육상 교통용 위치결정 도움정보 생성 기반 기술

□ 육상 교통용 위성항법기반 인프라 송신 기반 기술

<표 1.2-2> 기반 기술 분류

대분류	중분류	소분류
육상교통 인프라 구성 및 평가기술	육상교통 인프라 구성 기술	시스템 엔지니어링
		육상 교통 관측소 설계 기술
		중앙처리 알고리즘 생성 기술
		위성항법 가용성 분석 기술
	육상교통 인프라 시험 평가 기술	보정정보 시험평가 기술
		무결성 정보 시험평가 기술
		전파 송신 시험평가 기술
보정정보 생성 기술	궤도력 보정정보 생성 기술	궤도력 모델링 기술
		궤도력 오차 추정 기술
	전리층 보정정보 생성 기술	전리층 모델링 기술
	대류권 보정정보 생성 기술	대류권 모델링 기술
	위성시계 보정정보 생성 기술	위성시계 모델링 기술
	고난도 다중경로 지역 보정정보 생성기술	고난도 다중경로 지역 모델링 기술
		고난도 다중경로 지역 오차 보정 기술
	전송지연 보정정보 생성 기술	난수신 환경을 고려한 보정정보 전송지연 오차 분석 기술
		난수신 환경을 고려한 전송지연 보정정보 변화율 생성 기술
무결성 정보 생성 기술	위성이상 감시 기술	신호왜곡 감시 기술
		저감도 신호 감시 기술
		위성시계 이상 감시 기술
		항법 데이터 이상 감시 기술
		위성 궤도 이상 감시 기술
	측정치 이상 감시 기술	전리층 오차 감시 기술
		대류권 오차 감시 기술
		코드-반송파 발산 감시 기술
		고도 신호 가속도 성분 이상 감시 기술
	보정정보오차 추정정보 생성기술	고도 보정정보 오차 추정 기술
		보정정보 이상 감시 기술
위치결정 도움정보 생성기술	미지정수 신속 결정 기술	네트워크 도움 미지정수 확정 기술
		실시간 미지정수 확정 및 검증 기술
인프라 정보 송신 기술	인프라 정보 형식 표준화	국제표준 보강 정보 전송형식 및 개정추이 분석 기술
		인프라 정보 전송형식 최적화 기술
		방송용 인프라 정보 프로토콜 통합 기술
		인프라 정보 데이터 오류 보정 기술

(2) 핵심(적용) 기술 및 Testbed

육상교통 분야에서 위성항법 시스템기반으로 차로구분수준의 정밀위치결정 인프라를 구축하기 위한 핵심기술 개발 및 Testbed 기술개발에 대한 연구내용은 다음과 같으며 <표 1.2-3>과 같이 분류할 수 있다.

□ 육상교통 용 위성항법기반 인프라 설계 및 운영 핵심기술

□ 육상교통 용 정밀 보정정보 생성 및 무결성 정보 생성 핵심기술

□ 육상교통 용 신호획득 향상 및 위치결정 도움정보 생성 핵심기술

□ 육상교통 용 위성항법기반 인프라 활용 핵심기술

□ Testbed 구축을 통한 소규모 시험환경 구성

□ Testbed 운영을 통한 시나리오 별 시험 평가

□ 활용가능 위성 포함, 실생활 환경시험 평가

□ 종합 환경시험 평가, 기존 기준국 성능향상 방안 연구

<표 1.2-3> 핵심기술 분류

대분류	중분류	소분류
핵심기술	시스템 설계 및 운영 핵심기술	인프라시스템 설계기술
		시험평가 기술
		인프라 시스템운영기술
	보정정보 생성 핵심기술	궤도력 보정정보 생성기술
		전리층 보정정보 생성기술
		위성시계 보정정보 생성기술
		고난도 다중경로 지역 보정정보생성기술
		전송지연 보정정보 생성기술
		궤도력 보정정보 향상기술
		위성시계 보정정보 향상기술
	무결성 정보 생성 핵심기술	위성이상 감시기술
		보정정보 오차 추정정보 생성기술
	신호획득 향상정보 생성 핵심기술	궤도력 정보생성기술
		코드정보 생성기술
		반송파정보 생성기술
	위치결정 도움정보 생성 핵심기술	미지정수 신속결정기술
		시각정보 생성기술
		고도정보 생성기술
	음영지역 극복기술	의사위성 활용기술
		추가센서 활용기술
	인프라정보 송신 핵심기술	인프라정보 형식 표준화
	신호처리 성능 향상기술	전파 간섭 대응기술
		안정적인 고속 신호처리 기술
		다중경로 오차 감쇄기술
	사용자 활용기술	추측항법센서 활용기술
		영상센서 활용기술
		지상전파 결합기술
		인프라정보 활용기술

<표 1.2-4> Testbed 기술 분류

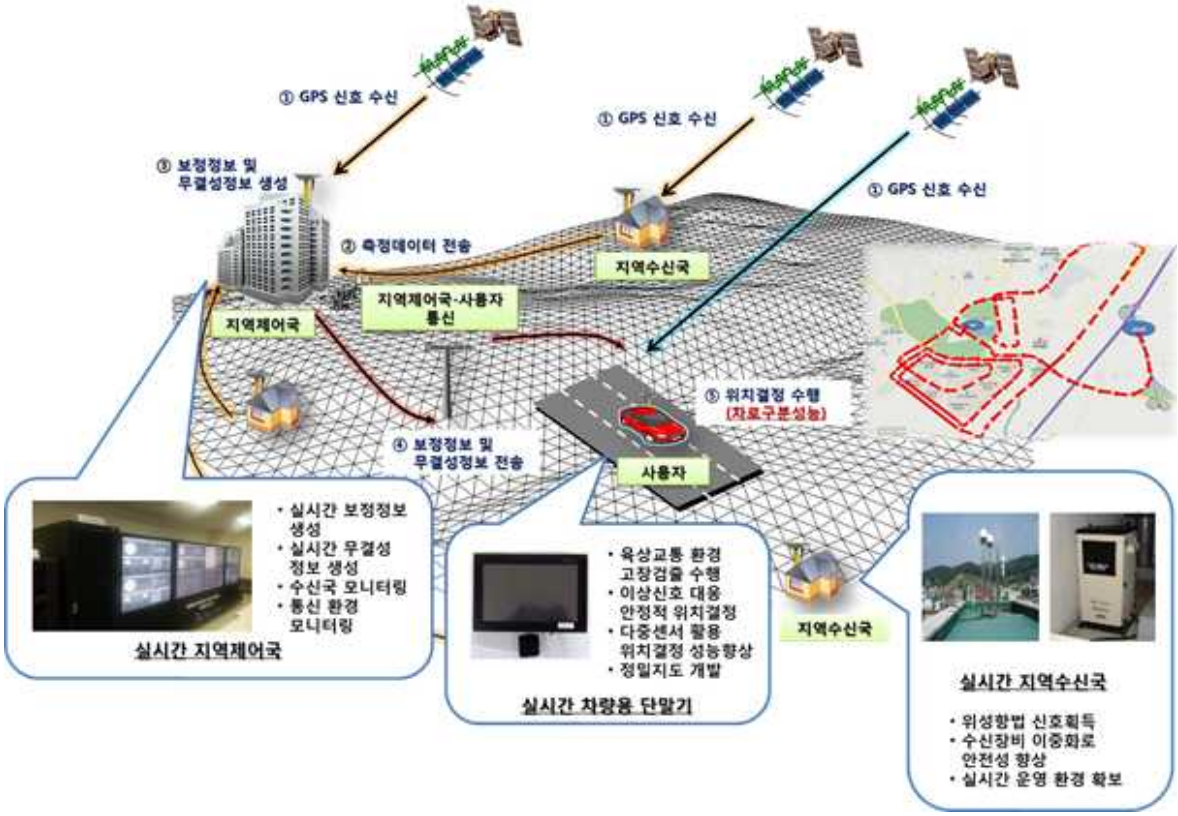
대분류	중분류	소분류
Testbed 기술	Testbed 설계	시스템 엔지니어링
		하드웨어 설계
		소프트웨어 설계
		실험 환경 구현 방법 개발
		시험 및 평가 방안 수립
	Testbed 구현	Testbed 설치 공사
		Testbed 정상 설치 확인
	Testbed 운영	Testbed 운영 기술 검증
		Testbed 성능 평가
		Testbed 성능 개선

<표 1.2-5> 연차별 주요 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
기획연구 (’ 07.8~ ’ 08.7)	■ 위성항법 코드정보만을 사용하여 갈릴레오 SOL (Safety of Life)급 준정확도, 고신뢰도 위치정보 제공을 위한 기획연구 수행	■ 위성항법 지상시스템 요구사항 정의 ■ 위성항법 기반 인터모달 자동항법 시스템 요구사항 정의 ■ 위성항법 기반 인터모달 지상시스템 통합, 시험, 검증 시스템 요구사항 정의
상세기획 (’ 08.12~ ’ 09.9)	■ 위성항법 육상교통 적용을 위한 상세 기획연구 수행	■ 수요조사위원회를 통하여 육상 및 위성항법 분야에 대한 국내외 정책 동향을 분석하고 적용 가능 분야 도출 ■ 기술자문위원회를 통하여 위성항법 기반 차로구분 수준의 위치결정 필요 기술 도출 ■ 상세기술 분류 및 상세개발 일정을 담은 결과보고서 상의 연구개발의 목표, 기술전개도 및 추진일정 및 예산, 추진전략 도출
본과제 1차년도 (’ 09.11~ ’ 10.11)	■ 육상교통 환경 반송파 기반 차로구분 위치결정 성능 도출을 위한 위성항법 신호오차·이상현상 모델링 및 시뮬레이션 기반기술 개발	■ 반송파기반 다중수신국 활용 위치결정을 위한 보정정보 생성 방법 분석 및 모델링 ■ 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 오차분석 및 모델링

본과제 2차년도 (’ 10.11~ ’ 11.11)	■ 육상교통 환경 준실시간 실측데이터를 활용한 반송파기반 다중수신국 네트워크 기반기술 개발	■ 실측데이터를 활용한 보정정보 생성 모델 검증 ■ 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 모델 검증 ■ 육상교통 환경에서 기반기술 시험을 위한 실측데이터 활용 위치결정
본과제 3차년도 (’ 11.11~ ’ 12.8)	■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법 기반 교통인프라 세부 요소 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 도출/대응 기반기술 개발	■ 수신국/중앙국/사용자 세부 요소 적용기술개발 ■ 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 요소 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 요소 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 요소 핵심기술 개발 ■ 요소 기술 시험을 위한 장비개발 ※ 요소 기술 : 실시간 테스트베드를 구성하기 위한 세부 모듈의 기술
본과제 4차년도 (’ 12.8~ ’ 13.8)	■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법 기반 교통인프라 세부 시스템 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 대응 핵심기술 개발	■ 수신국/중앙국/사용자 세부 시스템 적용기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 시스템 기술 시험을 위한 장비개발 ※ 시스템 기술 : 실시간 테스트베드를 대상으로 시간지연 등의 현상이 발생하는 것을 고려한 기술
본과제 5차년도 (’ 13.10~ ’ 15.10)	■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법 기반 교통인프라 테스트베드 구축 및 시험운용	■ 시스템 통합 기술개발 및 성능개선 ■ 육상교통 환경 위성항법 활용 시나리오 적용 기술개발 ■ 테스트베드를 활용한 종합 환경 시험평가 수행 ■ WAVE 통신기반 측위기술 적용가능성 검토 ■ 위성항법기반 교통측위 기술의 연계적용 연구

본 과제의 성공적인 최종목표 달성을 위해 앞서 기술된 연차별 연구수행을 통해 확보된 기술을 통합하여 실시간으로 성능평가를 수행하는 실시간 시험평가 테스트베드를 구축하여 운용한다. <그림 1.2-7>은 위성항법기반 교통인프라 테스트베드를 나타내고 있다. 시험평가 테스트베드 시험운용을 통해 개발된 기술의 성능평가 및 보완을 실시한다.



<그림 1.2-7> 위성항법기반 교통인프라 테스트베드

제3절 국내외 기술개발 현황

1. 위성항법시스템 현황

가. 국가별 위성항법시스템 종류

□ 전지구위성항법시스템 (GNSS-Global Navigation Satellite System)이란 지구 전체를 서비스 대상으로 하는 위성항법시스템으로 중궤도(2만km 내외)를 선회하는 20 ~ 30기의 위성으로 구성되며 미국의 GPS, EU의 Galileo, 러시아의 GLONASS 등을 예로 들 수 있음

□ 지역위성항법시스템 (RNSS-Regional Navigation Satellite System)이란 정지궤도 위성을 사용하여 특정 지역(대륙·국가)을 서비스 대상으로 하는 위성항법시스템으로 중국의 북두(Beidu), 일본의 JRNSS, 인도의 IRNSS 등이 현재 개발 중임



	GNSS				RNSS	
명칭	GPS	Galileo	GLONASS	Beidou	JRANS/ QZSS	IRNSS
국가	미국	유럽	러시아	중국	일본	인도
위성수 (설계/정상운영)	24/31	30/4	24/24	35/15	7/1	7/1
운영개시	'93	'20	'96	'20	미정/'18	'16

※ 2014년 1월 정상운영 위성 기준

※ GPS : Global Positioning System
※ GLONASS : Global Navigation Satellite System
※ Beidou : 북두
※ JRANS : Japanese Regional Navigation Satellite System
※ QZSS : Quasi-Zenith Satellite System
※ IRNSS : Indian Regional Navigation Satellite System

<그림 1.3-1> 위성항법시스템 개발동향 요약

나. 미국의 GPS (Global Positioning System)

□ 1960년대부터 군사적인 목적을 위해 미국 국방부와 NASA의 의해 연구를 시작하였으며 1978년 2월 최초의 위성을 발사함

□ 1995년 정상 운용 (FOC : Full Operation Capability)단계에 진입하였고 1996년 미대통령 결정각서 (PDD : President Decision Directive)에서 안정적이고 지속적인 GPS 무료

사용 보장하였으며 2000년 5월 1일 고의잡음 (SA : Selective Availability)이 제거됨

□ GPS 우주부분에서는 고도 20,200km의 12시간 (11시간 56분)주기로 6개의 지구 궤도를 도는 24개의 위성으로 구성되어 있으며 L1 (1575.42 MHz), L2 (1227.6 MHz) 두 개의 주파수로 신호를 송출함

□ GPS 지상부분에는 1개의 중앙제어국 (Master Control Station)과 4개의 감시국 (Monitor Station)으로 구성되며 위성시계오차 보정 및 작동 상태 감시, 위성 궤도 추적 및 조정의 기능을 수행함

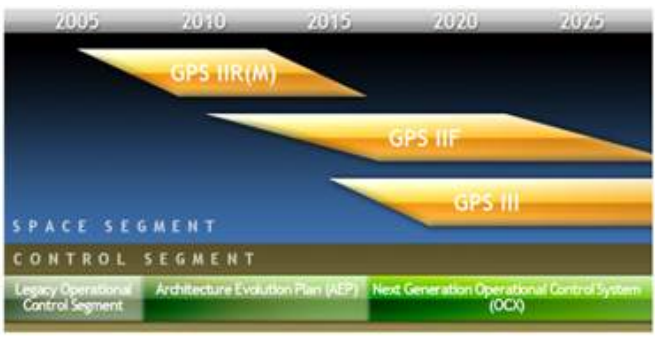
□ GPS의 정확도는 민간용 C/A 코드를 사용할 경우 위치 오차 25m(2drms) 시각오차 500ns이며 GPS는 민간용 서비스를 무료로 개방함으로써 전 세계 위성항법시장을 사실상 독점하고 있고 위치 및 시각 정보는 미국을 포함한 전 세계에서 중요 인프라로서의 기능을 수행하고 있음

□ GPS의 성능 개선 요구 및 EU의 Galileo 시스템에 대한 비교 우위 확보를 위해서 현대화 계획을 추진 중에 있고 2010년부터 새로운 항법 신호 주파수인 L5 밴드 및 군사용 M 코드가 추가된 3세대 GPS 위성들을 발사하고 2013년 1월 17일에는 GPS 보정 신호 테스트를 위한 신호 전송 시작하였으며 2013년 2월 GPS Ⅲ 핵심 비행 소프트웨어의 테스트 마일스톤 완료함

□ 2013년 6월 17일부터 GPS L2, L5 신호의 CNAV 기능 테스트를 시작하는 등 현 시스템보다 더 정밀하며 외부 신호에 강인한 항법정보를 제공



<그림 1.3-2> 개발 단계별 GPS 위성



<그림 1.3-3> GPS 현대화 단계

다. 러시아의 GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System)

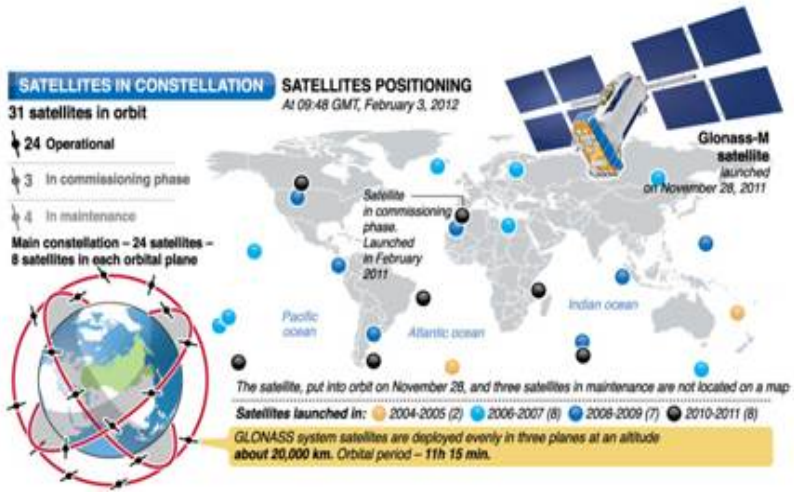
□ 1976년부터 개발을 시작하였으며 1982년 10월 첫 번째 위성을 발사하였고 총 24기(21기 주위성, 3기 보조위성)의 위성들을 고도 19,100km의 중궤도에 64.8°의 궤도경사각을 가지도록 배치할 계획이었으나 구소련 붕괴이후 재정적 어려움으로 인하여 정상적으로 운영하지 못함

□ 2004년 12월에 발사 된 3기의 위성을 포함하여 2007년 5월 기준으로 17기의 위성으로 불완전 운영되고 있으나 추가적인 위성 발사를 통하여 2007년 말까지 18기, 2010년 말까지 총 24기의 위성을 가동

□ 러시아 항공우주국 (Russia Aviation and Space Agency, Rosaviakosmos)에서 2002년에서 2011년까지 10년간 현대화 계획을 추진하고 있으며 2007년 18기, 2010년 24기로 구성된 시스템을 목표로 2003년부터 개발을 시작한 GLONASS-M 타입의 신형 위성을 2013년 4월 26일에 러시아 플래세츠크 우주발사기지에서 발사함

□ GLONASS-M 위성 이후 GLONASS-K 위성으로 교체를 계획하고 있으며 이를 통하여 위성의 크기와 질량이 GLONASS-M에 비교할 때 절반 수준으로 줄어들며 수명도 10년 이상이 될 것으로 예상됨

□ 제 2의 민간 신호를 L2 주파수 대역에 포함시켜 측위 정확도를 향상이 예상되고 2013년 2월에는 항법시스템의 정확도를 향상시키는 SCDM (System for Differential Correction and Monitoring)을 위한 첫 번째 GLONASS 해외 지상국을 브라질의 수도에 설치한다고 발표됨



<그림 1.3-4> GLONASS 현대화 단계

라. 유럽의 GALILEO

□ EU는 1999년부터 전지구위성항법시스템(GNSS) 구축에 착수하였으며 2001년 5월 각료이사회에서 Galileo 계획이 승인됨

□ 2003년 9월 GJU(Galileo Joint Undertaking)를 결성하여 사업을 추진을 시작하였으며 2005년 12월 첫 번째 시험위성인 GIOVE-A(Galileo In Orbit Validation Element-A)를 성공적으로 발사됨

□ 2006년 12월부터는 GJU에서 GSA(GNSS Supervisory Authority)로 업무가 이관되어 Galileo가 구축됨

□ Galileo는 최초의 민간용 위성항법시스템으로 총 33억 유로(약 4.3조원)을 투자하여 총 30기(27기 주 위성, 3기 보조위성)의 위성들을 고도 23,616 km의 궤도에 배치하여 2018년부터 서비스를 개시할 예정임

□ Galileo는 3개의 주파수 대역에 의하여 전송(E5A-E5B, E6, E2-L1-E1; 2개의 주파수 대역은 GPS와 겹침)되며, 3개의 반송파에는 총 10개의 신호가 전송되도록 구성됨

□ 2010년 발사 계획이었으나 연기됨, 2011년 8월 이후로 계획 조정

□ 2011년 3월 PDR 완료 (ESA), 2011년 중반 CDR 완료

□ 2011년 10월 21일, 첫 번째 IOV(in-orbit validation) 위성(2기) 발사 성공

□ 2011년 11월 3일 navigation payloads 실험 시작

□ 2012년 12월 1일 Galileo 항법위성 IOV-3 신호 전송 시작

<표 1.3-1> Galileo 제공 서비스

service 종류	서비스 내용	사용되는 신호 종류					
		L1BC	L1A	E5A	E5B	E6A	E6BC
Open Service (OS)	• Timing과 Positioning 서비스 위주의 무료서비스 • 단일/이중 주파수 측위가 가능	○		○	○		
Safety-of-Live Service (SoL)	• 주로 항법분야 사용 목적 • 정확도는 Open Service와 동일하나, 높은 Integrity 제공 (GPS의 L5에 대응신호)	○		○	○		
Commercial Service (CS)	• 2개의 Commercial 신호 (E6B, E6C)을 이용한 높은 정확도의 유료 서비스	○		○	○		○
Public Regulated Service (PRS)	• police, fire, ambulance, military 응용 분야와 같은 공공 목적으로 사용하기 위한 서비스 • PRS 서비스의 접근은 EU 멤버 국가들에 의해 관리		○			○	



<그림 1.3-5> GALILEO 개발계획

마. 중국의 Beidou

□ 2020년까지 35기의 위성을 발사하여 전 지구적인 위성항법시스템 구축을 목표로 추진 중에 있으며 정확성에 있어서는 위치 오차 10m, 시각동기 오차 50ns 속도측정 오차 0.2m/s의 성능이 예상됨

□ 제공하는 항법 서비스는 GPS와 같이 공개 서비스와 군용 서비스를 제공할 예정임

□ 2012년 12월 27일에 test version ICD에 누락 되었던 항법위성의 궤도 정보가 기록된 항법 메시지 내용 포함한 위성항법시스템의 ICD 발표하였고 2013년 항법위성시스템(BDS)의 지상 시스템 개발이 승인되는 등 항법위성의 정확도를 향상시키고 있음

□ 위성항법 관련 핵심 기술 확보를 위해 EU의 Galileo 프로젝트에 참여하고 있으며 2004년 9월 중국은 EU와 Galileo 프로젝트 참여 협정이 체결됨 (2억 유로 투자)

□ 전 지구적인 위성항법시스템 구축 이전에는 아래 그림과 같은 정지궤도 위성인 북두(Beidou)를 이용하여 70° E에서 140° E, 그리고 5° N에서 55° N의 서비스 지역을 가지는 지역위성항법시스템을 제공할 계획임



<그림 1.3-6> 북두위성 항법시스템 개발 순서

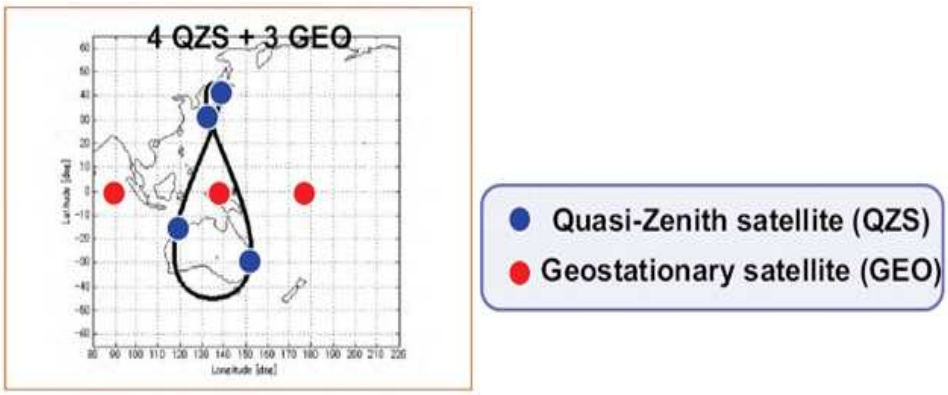
바. 일본의 QZSS(Quasi Zenith Satellite System)

□ GPS와 호환되며 이심률이 큰 타원궤도에 배치된 총 3기의 위성들과 8개 모니터링 지상국들로 구성되는 준천정위성시스템(QZSS)을 2010년까지 개발하여 DGPS 보정데이터를 전송하고 GPS 서비스의 안정성 확보 및 도심지 수신 장애가 해소됨

□ 2010년에 첫 번째 위성 'Michibiki' 위성 발사에 성공하였고 QZS-1 발사 이후 수년 이내에 2기의 위성을 발사하여 2013년 시스템 완성을 목표로 하였으나 개발 계획이 연기됨

□ QZSS는 <그림 1.3-7>과 같이 추후 위성 4기를 추가, 총 7기 위성으로 구성되는 지역위성항법시스템(JRANS)으로 발전시키는 방안을 계획 중이며 1단계에서는 3기의 위성을 준천정궤도(Quazi-Zenith Orbit)에 배치하고 2단계에서는 4기의 위성을 준천정궤도(QZO)와 정지궤도(GEO)에 발사 예정임

□ JRANS는 GPS를 보완해 줄 수 있는 보정데이터 전송과 방송 및 통신 서비스 제공하며 향후 독자항법시스템 개발을 목적으로 함

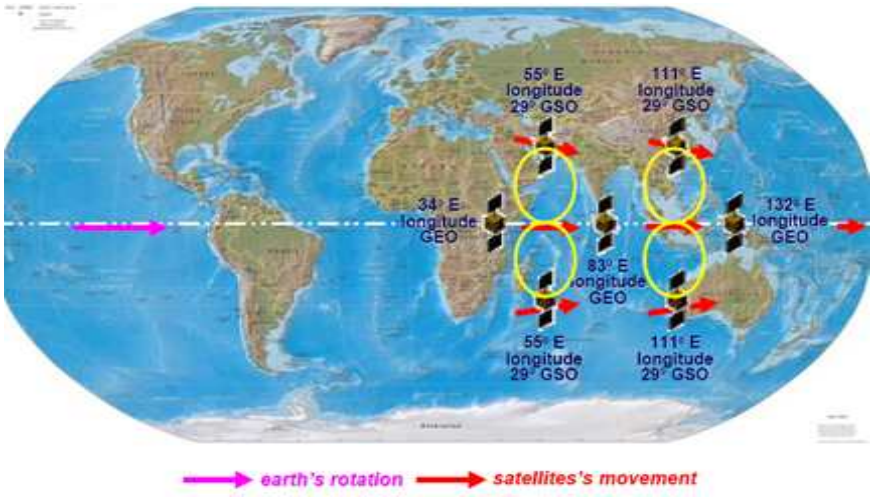


<그림 1.3-7> QZSS 위성 종류

사. 인도의 IRNSS(Indian Regional Navigational Satellite System)

□ GPS와 호환되는 위성 7기로 구성되는 자체 지역위성항법시스템을 2010년에 구축 하였고 2013년 7월 2일 새로운 네비게이션 시스템 위성이 발사됨

□ 2014년에 시스템 완성을 계획하고 있고 <그림 1.3-8>과 같이 위성 7기를 추가적으로 발사하여 위성군 배치를 완료할 예정임



<그림 1.3-8> IRNSS 위성 배열

2. 국내외 위치결정 관련 ITS (Intelligent Transportation System) 기술 동향

가. 미국의 위치결정 관련 ITS 기술 동향

□ 미국의 육상교통 환경 위치결정 관련 연구 개발은 DOT (Department of Transportation)이 주관하고 있으며, 다양한 연구기관과 대학 업체가 참여

□ 대표적인 과제로는 IVBSS (Integrated Vehicle Based Safety System), Intelli- Drive, CICAS-V (Cooperative Intersection Collision Avoidance System for Violations) 등

(1) IVBSS 프로그램

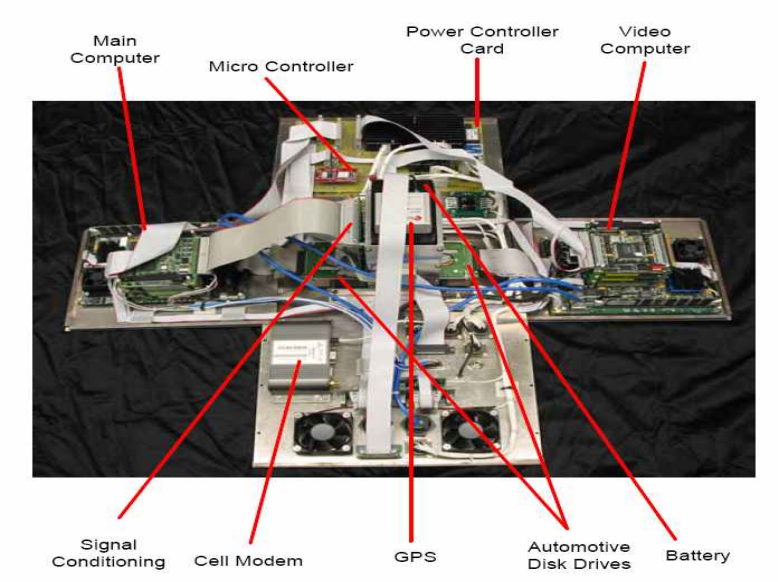
□ IVBSS 프로그램은 2005년에 미국 DOT의 연구비의 지원으로 시작되었으며, NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), 미시간대학 UMTRI (University of Michigan Transportation Research Institute)이 중심이 되어 여러 기관들이 컨소시엄을 구성해서 진행

□ IVBSS 프로그램의 수행기간은 2단계로 나누어 진행되었으며 1단계는 2005년부터 2008년까지, 2단계는 2008년부터 2010년까지 진행되어 현재 완료된 상태

□ 과제의 주요목적은 지능형 통합 충돌경고 시스템을 개발하는 것이며, 이를 진행하기 위하여 통합 충돌경고 시스템을 장착한 차량을 활용하여 실제도로 주행 테스트를 수행하고 시스템의 효과 등을 연구 하는 것임

□ IVBSS 프로그램에서 위성항법 장비는 아래 그림과 같이 DAS (Data Aquisition System)의 일부로 장착되어서 연구에 필요한 경도, 위도, 헤딩, 속도, 시각정보를 제공

□ 이때 활용한 위치결정 기법은 위성항법 DGPS (Differential GPS)이며 사용된 장비는 <그림 1.3-9>와 같음



<그림 1.3-9> IVBSS의 위성항법 활용 장비

(2) Intelli-Drive 프로그램

□ 2004년부터 시작된 VII (Vehicle Infrastructure Integration) 프로젝트 이름을 2009년 IntelliDrive로 변경

□ 안전성 (Safety), 이동성 (Mobility) 등의 향상을 목적으로 2011년까지 연구가 진행되었음

□ IntelliDrive 프로젝트는 2004년부터 미국 DOT에서 지원을 하고 각 주의 DOT와 컨소시움의 주도로 진행되었으며, Ford, Nissan Technical Center North America, BMW of North America, GM 등의 완성차 업체들이 컨소시움에 구성원으로 참여하였음

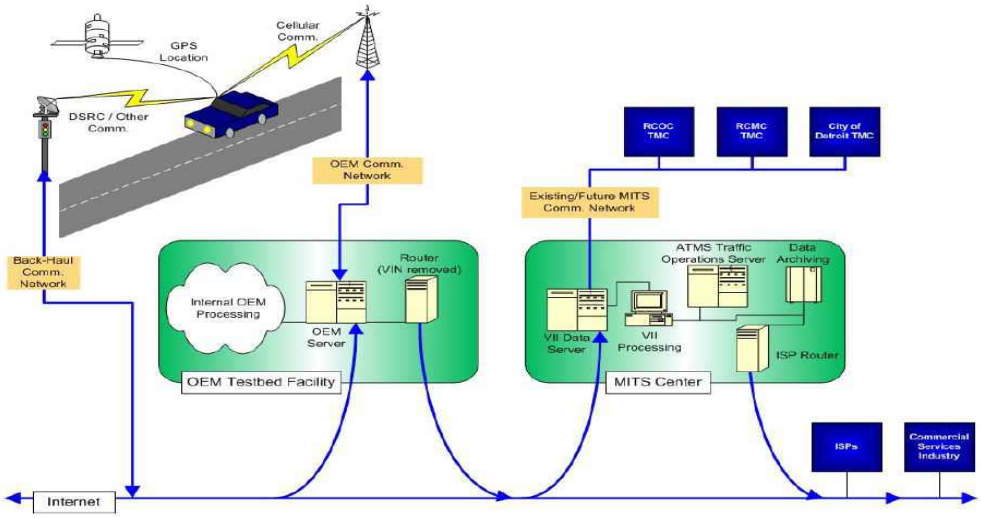
□ IntelliDrive 시스템은 운전자에게 다양한 운전 위협 요소에 대하여 자동적으로 경고를 제공하고, 차량운전자는 실시간 교통정보, 혼잡정보, 차량상태정보 등을 제공받아서 교통 혼잡시 우회노선을 선택하거나 대중교통 활용 정보를 받음으로써 교통의 편의성을 얻음

□ 교통관리자는 각종 실시간 정보를 활용하여 램프미터링, 교차로 진입제어, 돌발상황 관리 등 효율적인 수행함

□ 위와 같은 연구를 진행하기 위하여 아래와 같은 시스템을 구현함

- 10,000대 이상의 위성항법장비와 연동하는 모바일에 서비스 소프트웨어를 설치
- 실시간으로 차량의 속도와 위치정보를 서버에 송신하여 교통상황 모델을 구성
- 교통흐름에 대한 정보가 다시 운전자에게 모바일로 재전송

□ 이러한 IntelliDrive 프로그램에서 차량의 위치결정에 사용된 장비는 <그림 1.3-10>과 같음



<그림 1.3-10> Intelli-Drive의 위성항법 활용 장비

(3) CICAS-V 프로그램

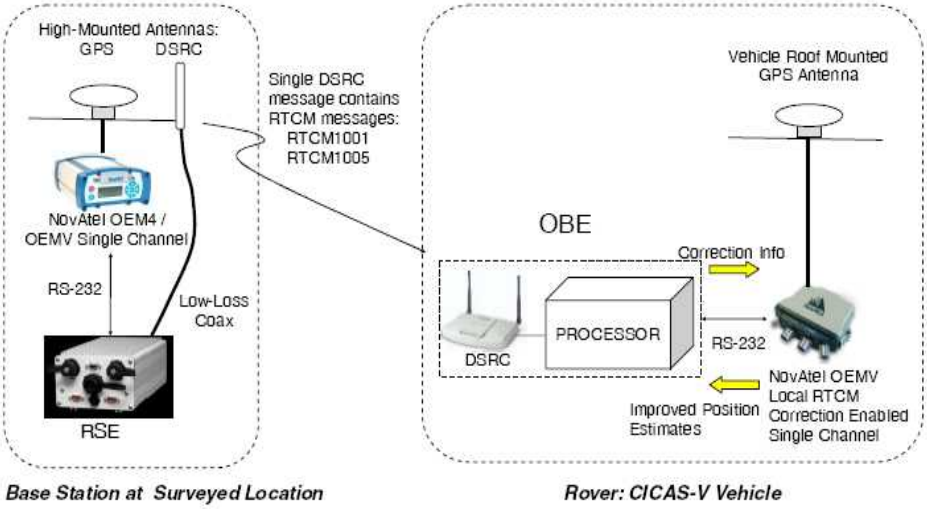
□ CICAS-V 프로젝트의 경우 미국 DOT에서 진행하는 프로그램으로 2006년부터 2009년까지 교차로 충돌방지 및 운전자 경고 시스템을 개발 완료

□ CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership) 산하 VSC2 컨소시엄 (Vehicle Safety Communications 2 Consortium)을 중심으로 GM, FORD, Honda R & D America, Mercedes-Benz R & D America, Toyota Engineering & Manufacturing America 5개 업체들과 버지니아 교통연구소(VTTI, Virginia Tech Transportation Institute)가 연구를 진행하였음

□ CICAS-V 프로젝트는 교차로에 접근하는 운전자에게 교통신호 위반 및 보행자 출연등의 경고를 보내 운전자가 교차로 진입 시 적절한 행동을 할 수 있도록 도와주는 것을 주요 목적으로 함

□ 주요연구 활동으로는 시스템 노변센서 차량감지, 위험 인식을 위한 프로세서 신호 시스템 메시지 표시, 다양한 운전자 경보 목적의 통신을 위한 인터페이스 등의 인프라기반 기술연구, DSRC (Dedicated Short-Range Communications)를 이용한 V2I 경고 및 데이터 통신연구 등이 있음

□ CICAS-V 프로젝트에서 GPS 모듈은 <그림 1.3-11>과 같이 Novatel 수신기를 사용한 DGPS 시스템이 활용되었음



<그림 1.3-11> CICAS-V의 위성항법 활용 장비

나. 유럽의 위치결정 관련 ITS 기술 동향

(1) COOPERS 프로그램

□ 유럽의 육상교통 위치결정과 관련된 사업은 크게 COOPERS (Co-operative Systems for Intelligent Road Safety), SAFESPOT 및 CVIS (Cooperative Vehicle - Infrastructure System)사업의 총3개가 현재 진행 중

□ 이 중 SAFESPOT과 CVIS는 공동연구 형태로 진행 중이며 COOPERS는 이들 연구의 하위개념으로 진행 중에 있음

□ SAFESPOT은 차량-차량간, 차량-노변간 통합협력시스템을 구축하여 도로의 안전성 향상을 목적으로 연구를 진행

□ CVIS는 CALM (Continuous Air Interface for Long and Medium Range) 표준을 활용하여 차량, 노변, 중앙시스템 간 협력을 통해 차량 내 실시간 도로상황 및 차량상태 정보를 수집하고 제공하는 신개념 양방향 서비스 제공을 목적으로 함

□ COOPERS는 SAFESPOT의 안전개념과 CVIS의 협력시스템 개념을 모두 반영하여 차량과 도로인프라의 상호 연결 추구

□ COOPERS 사업의 최종목표는 끊김 없는 무선 통신 방식을 활용하여 차량과 도로 간의 상호 정보교환 시스템을 구축하고 이를 통해 운전자에게 다양한 실시간정보 를 제공하는 것임

□ COOPERS 시스템을 사용하는 운전자는 도로주행에 필요한 매우 정확한 도로상황 정보를 실시간으로 제공 받아서 안전사고에 대비할 수 있을 것으로 예상

□ 또한, 실시간 교통정보를 반영한 최적 경로, 도착시간 예측 정보 등을 제공받을 수 있을 것으로 예상하고 이로 인하여 차량운행시간을 단축시키고 교통 혼잡과 탄소배출량을 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 예상

□ COOPERS의 다양한 응용 서비스는 전용 OBU (On Board Unit)를 통해 제공되며, CALM 표준을 기반으로 다양한 통신방식을 수용하여 이용자에게 서비스 됨

□ <그림 1.3-12>는 COOPERS에 사용된 전용 OBU를 나타내고 있으며, 전용 OBU에는 위성항법 장비가 탑재되어 있으며 오도미터 (Odometer)를 함께 활용하여 차량의 위치결정에 활용하고 있음



<그림 1.3-12> COOPERS의 위성항법 활용 장비

다. 일본의 위치결정 관련 ITS 기술 동향

□ 일본의 ITS관련 기술개발 대표 사례로 1991년부터 진행되고 있는 국토교통성의 ASV (Advanced Safety Vehicle)가 있음

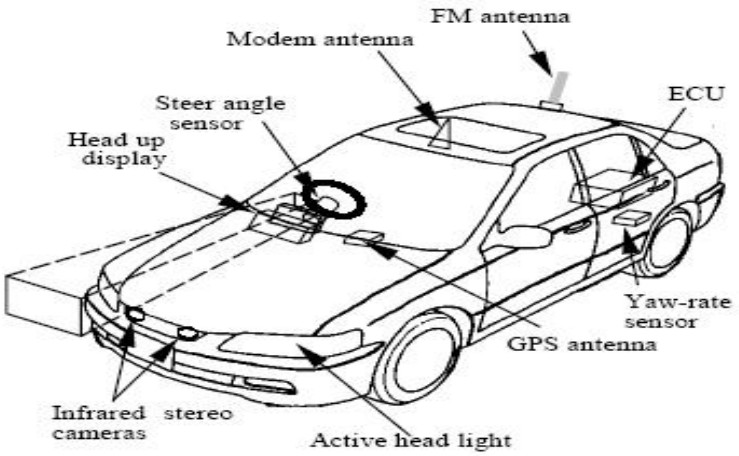
□ ASV 프로젝트는 자동차의 안전성 향상을 위한 전자장비 등의 신기술을 적용하여 교통사고방지와 그 피해절감을 목적으로, 1991~1995년에 제1기 ASV를 시작하여 2010년까지 제4기 ASV가 추진되었으며 2011~2015년까지 제5기 ASV를 추진 중

(1) ASV 프로그램

□ ASV 프로젝트에서 첨단 안전기술을 탑재한 컨셉트카를 활용하여 도로에서 실증실험을 실시하였으며, 이륜차, 사륜차, 도로인프라, 차량과 시설물간 또는 차량간의 통신에 의해 차량의 존재 유무정보를 획득함

□ 본 프로그램을 통하여 교통사고 방지 기술을 연구하였으며 추돌 및 충돌 방지 지원, 우회전시 충돌 방지 지원, 긴급 차량 정보 제공 지원 등의 기술을 개발함

□ 차량의 위치정보는 위성항법 DGPS를 사용하여 획득하며, DGPS 이외에 아래 <그림 1.3-13>과 같이 다양한 센서를 사용



<그림 1.3-13> ASV의 위성항법 활용 장비

라. 국내의 위치결정 관련 ITS 기술 동향

□ 국내 육상교통 환경 위치결정 관련 주요 프로젝트는 u-Transportation 연구단 과제와 스마트하이웨이 (SmartHighway) 연구단 과제가 있음

□ 각각의 연구단 과제에서 위성항법은 차량의 위치결정 방법으로 사용됨

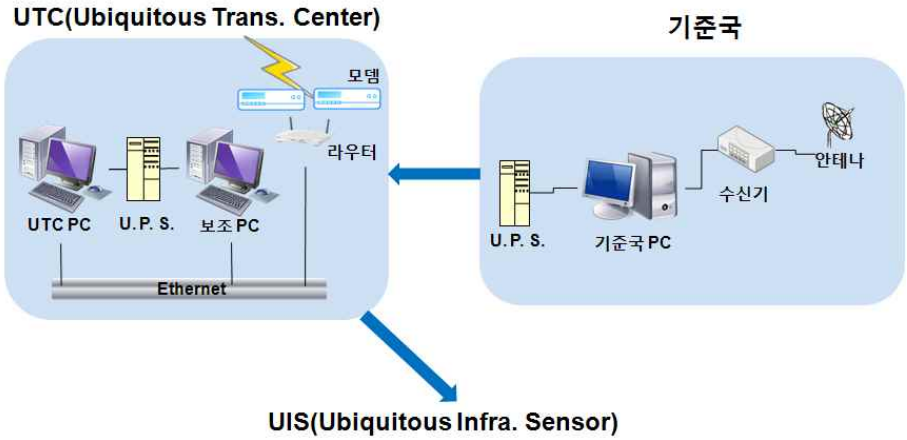
(1) u-Transportation 연구단 과제

□ u-Transportation 연구단은 2006년부터 2012까지 한국교통연구원을 비롯한 교통, 통신 분야의 총 39개 전문기관이 참여하여 연구를 수행

□ 실시간 교통정보를 시간과 공간 제약 없이 제공, 모든 생활영역 구분 없이 언제 어디서나 원하는 서비스 및 교통상황에 맞는 맞춤형 최적의 교통정보 서비스를 가능하게 하는 유비쿼터스 환경의 미래교통시스템 개발을 목적으로 수행

□ u-Transportation에서 위성항법 위치결정 방법으로 DGNSS (Differential GNSS)를 사용하며, 관성센서를 함께 사용하여 위성항법 신호가 수신되지 않는 지역에서 위치결정을 수행

□ <그림 1.3-14>는 u-Transportation 연구단에서 사용된 위성항법 관련 장비를 설명한 것으로 기준국에서 위성항법 의사거리 보정정보를 사용자에게 전달하고 사용자는 이를 받아 위치결정에 사용



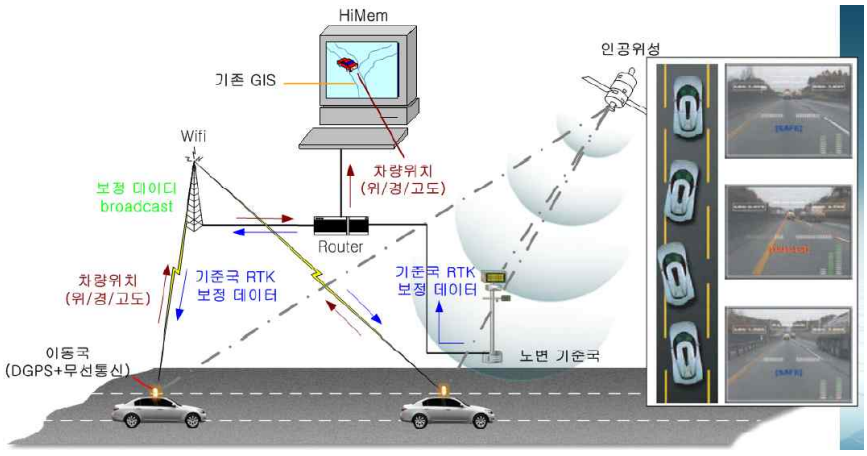
<그림 1.3-14> U-TSN용 정밀차량 시스템 구성

(2) 스마트하이웨이 사업단

□ 스마트하이웨이 사업단은 국토해양부에서 수립한 “건설교통 R&D 혁신 로드맵”에서 “SMART Highway 사업“이 VC (Value Creator) 10으로 선정되어 추진됨

□ 스마트하이웨이 사업단은 <그림 1.3-15>과 같은 시스템 구성이 목표로서 2007년부터 착수하여 2014년까지 진행되었으며, 세계 최고수준의 빠르고 편안한 지능형 녹색도로를 실현하기 위하여 ITS와 자동차 기술을 융합시켜 교통사고를 사전에 예방하고 편리한 녹색고속도로 핵심기술을 개발하고 실용화 하는 것이 목표

□ 위치결정 방법으로 위성항법이 사용되고 있으며 상용 소프트웨어를 활용한 정밀 위치결정 방법이 사용됨



<그림 1.3-15> 스마트 하이웨이 시스템 구성

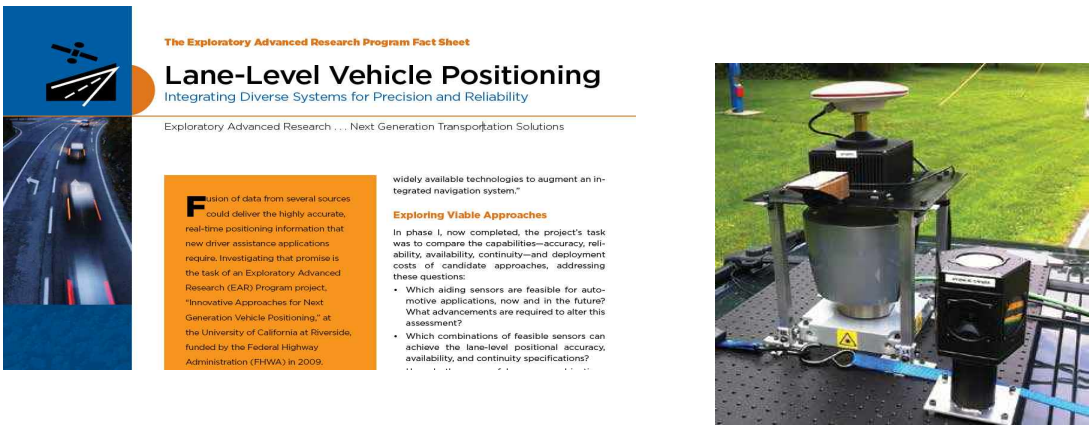
3. 국내외 위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술 동향

가. 미국

□ 미국의 교통성은 차세대 (Next Generation) 항법을 위하여 GPS RTK (Real Time Kinematic) 기반의 차로구분 수준 위치결정 기술을 개발 중임

- 2009년 본 과제를 착수하였으며 3년 동안 고가의 복합센서 (레이져, GPS, 관성센서, 영상센서 등)를 활용하여 위치결정 연구를 수행하여 개활지에서 수 cm 정확도 위치결정 정보를 제공함
- 현재 육상교통 도심지에서 정확한 위치결정 기술개발은 진행 중임

* 미국 교통성에서 개발 중인 사용자 단말기는 이중주파수 사용 고가 단말기임



The Exploratory Advanced Research Program Fact Sheet

Lane-Level Vehicle Positioning

Integrating Diverse Systems for Precision and Reliability

Exploratory Advanced Research . . . Next Generation Transportation Solutions

Fusion of data from several sources could deliver the highly accurate, real-time positioning information that new driver assistance applications require. Investigating that promise is the task of an Exploratory Advanced Research (EAR) Program project, "Innovative Approaches for Next Generation Vehicle Positioning," at the University of California at Riverside, funded by the Federal Highway Administration (FHWA) in 2009.

widely available technologies to augment an integrated navigation system."

Exploring Viable Approaches

In phase I, now completed, the project's task was to compare the capabilities—accuracy, reliability, availability, continuity—and deployment costs of candidate approaches, addressing these questions:

- Which aiding sensors are feasible for automotive applications, now and in the future? What advancements are required to alter this assessment?
- Which combinations of feasible sensors can achieve the lane-level positional accuracy, availability, and continuity specifications?

〈그림 1.3-16〉 차로구분 수준 위치결정 연구 소개 및 GPS 탑재장비

* 출처 : 미국 교통성 (DOT) 보고서 (2013)

나. 유럽

□ 2008년부터 측지측량에서 사용되는 반송파 기반 정밀 위치결정 기술을 육상교통 활용 연구에 적용, 현재 고가의 위성항법 수신기를 활용하여 개활지에서 차로구분 수준의 위치결정이 가능함

□ 유럽에서 개발중인 차로 구분수준을 갖는 위성항법 반송파 기반 정밀 위치결정시스템 원리

- 정밀 위치결정 알고리즘은 Precise Point Positioning (PPP)로 불리우며 이는 중앙국에서 수신된 보정정보를 활용하여 GPS 위성의 궤도 및 시계 오차를 제거하고, 이중주파수 수신기를 사용하여 전리층 오차를 제거하는 기능을 가지고 있음
- 전세계에 분포된 30여개의 위성항법 수신국에서 위성항법 데이터 수집하여, PPP 보정정보를 생성함

□ 보정정보 전송 통신 방법

- 휴대 이동 통신 (GSM)과 위성 이동 통신 (Iridium)을 사용함

□ 위성항법 수신기와 정밀위치 계산 단말기

- 유럽의 GMV에서 개발 중인 장비의 형태는 <그림 1.3-17>과 같으며, 정밀위치 항법 해를 계산하는 단말기에 고가의 위성항법 수신기를 연결하여 구성함

* 유럽 GMV에서 개발 중인 사용자 단말기는 이중주파수 사용 고가 단말기임



<그림 1.3-17> GMV에서 개발 중인 장비

□ 유럽연합의 연구개발 프로그램 (FP7 : Framework Program 7) GENEVA (Galileo / EGNOS Enhanced Driver Assistance)의 위성항법기반의 차로구분 수준의 위치결정 기술개발 연구

- 2010년 과제를 착수하여 2년 동안 진행되었으며 수 천만원 수준의 장비 사용하는 시스템임
- 개활지에서 GPS 반송파 (2중주파수)를 사용하여 수 cm 정확도 위치결정

다. 일본

□ 일본의 JAXA (항공우주연구개발기구)는 자국의 QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) 위성을 활용하여 차로구분 수준 위치결정 기술을 개발 중임

□ 2007년부터 반송파 기반 정밀 위치결정 기술을 육상교통 활용 연구에 적용, 현재 고가의 위성항법 수신기를 활용하여 개활지에서 차로구분 수준의 위치결정 가능

□ 차로 구분 수준의 위성항법 반송파 기반 정밀 위치결정 원리

- QZSS에서 위성항법 보정정보를 전송하고 이를 단말기에서 수신하여 정밀위치결정에 활용함
- 사용된 정밀 위치결정 알고리즘은 PPP로 중앙국에서 수신된 보정정보를 활용하여 GPS 위성의 궤도 및 시계 오차를 제거하고, 이중주파수 수신기를 사용하여 전리층 오차를 제거함

□ 사용자 단말기 동작원리

- 위성항법 수신기, 보정정보 수신기 (QZSS LEX 수신기), 관성센서 (IMU), 차속계 등을 활용하여 정밀 위치결정을 수행함
- 단말기에 탑재된 3차원 지도를 활용하여 위치를 표시함

* 일본 JAXA에서 개발 중인 사용자 단말기는 이중주파수 사용 고가 단말기임



<그림 1.3-18> 차로구분 수준 위치결정 연구를 위한 차량 및 GPS 탑재장비

□ 위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술개발 국외 동향은 다음표와 같이 나타낼 수 있음

- 개활지 대상이며, 도심지에서의 동적 위치결정은 아직 연구가 더 필요한 수준
- 사용자 단말의 가격이 수천만원대로 경제적 현실성이 떨어짐

<표 1.3-2> 위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술 동향 요약

구분	미국	유럽	일본
장비 가격	수 천만원	수 천만원	수 천만원
위치결정 정확도	개활지 대상 수 cm	개활지 대상 수 cm	개활지 대상 수 cm
도심 대상 실험 결과	없음	없음	가용성 76% (GPS 단독 57%)
특징	도심 환경 연구 필요	도심 환경 연구 필요	독자 위성 사용

라. 국내

(1) DGPS (Differential GPS)

□ 위성항법 시스템(Global Navigation Satellite System, 이하 GNSS)은 위성을 이용하여 지상물체의 위치와 고도를 제공하는 시스템의 총칭임

- 실시간으로 제공되는 지상물체의 위치를 바탕으로 속도를 산정할 수 있게 때문에 실시간 교통정보를 제공하는 첨단교통시스템의 가장 중요한 기본적인 구성인프라 중 하나임
- 대표적인 GNSS에는 미국의 GPS(Global Positioning System), 러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System), 유럽연합의 Gallileo가 있는바 국내에서는 GPS가 가장 많이 사용되고 있음
- 국내에서 가장 많이 사용하는 GPS는 실제 차량의 위치와 15m 잠재적인 오차가 발생하여 차로구분 수준의 위치결정에 한계가 있음

<표 1.3-3> GPS 발생요인별 오차

오차발생요인	잠재오차	통상오차
Ionosphere (전리층 지연)	5.0 m	0.4 m
Troposphere (대류권 통과)	0.5 m	0.2 m
Ephemeris data (위성궤도정보오차)	2.5 m	0 m
Satellite clock drift (위성원자시계 오차)	1.5 m	0 m
Multipath (다중경로오차)	0.6 m	0.6 m
Measurement noise (측정오차)	0.3 m	0.3 m
계	~ 15 m	~ 10 m

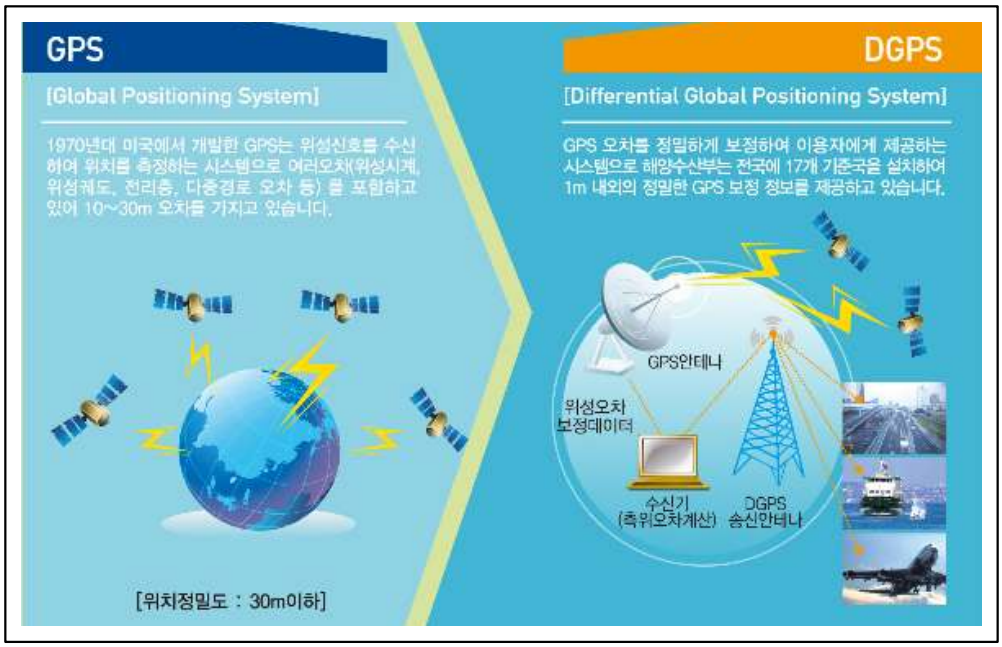
자료: Diana Cooksey, Understanding the Global Positioning System (GPS), MSU GPS Laboratory, Department of Land Resources and Environmental Sciences, Montana State University-Bozeman http://www.montana.edu/gps/understd.htmlhttp://www.montana.edu/gps/understd.html

□ DGNSS(Differential GNSS)는 서로 인접한 위치에 있는 GNSS 수신기들이 비슷한 수준의 오차를 갖는다는 점을 이용하여 오차를 보정한 위치결정 기술임

□ DGPS(Differential GPS)는 DGNSS의 일종으로 이러한 GPS의 오차를 줄이기 위한 시스템의 통칭으로 국내에서는 해양수산부의 시스템을 일컫는 시스템의 명칭으로 주로사용

- 해양수산부의 DGPS 시스템은 전국에 17개 기준국을 세워 기존 GPS의 오차를 줄인

위치결정 기술이 적용된 시스템으로서, 선박 항해·연구·측량 등 특수 목적에 주로 이용되었음



<그림 1.3-19> GPS와 DGPS 개요

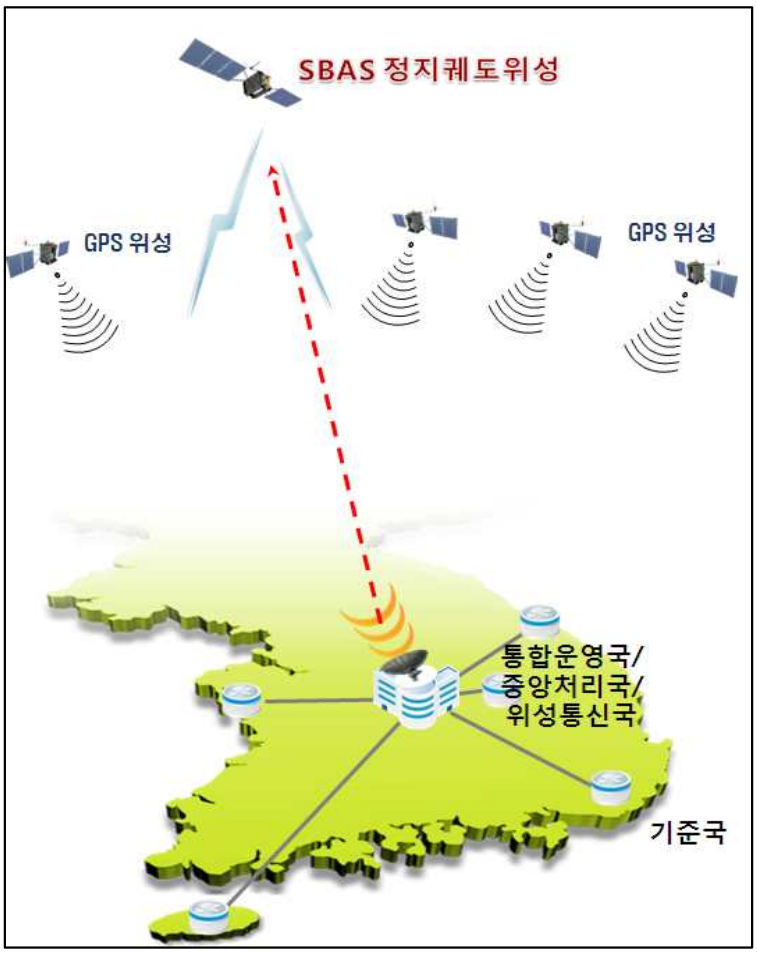
* 출처 : 해양수산부 홈페이지 (http://mof.go.kr/)

□ 그러나 이 DGPS 전용 수신기의 가격은 대부분 500만 원 이상으로 소비자의 부담이 크며, 건물 등 장애물이 많은 곳에서는 정확도가 떨어지는 단점이 있으며 특히 가격 대비 성능이 낮아 차로구분 수준의 위치결정에 실제적인 활용이 어렵다는데 문제점이 있음

(2) SBAS (Satellite Based Augmentation System)

□ 차세대 위성항법보정시스템 SBAS는 정지궤도 위성을 이용하여 수신기와 위성간의 거리오차, GPS 위성궤도 및 시계오차, 전리층 지연 등에 대한 보정 정보를 보다 광범위한 지역에 제공하기 위한 시스템임

□ SBAS는 주로 항공기 항법을 지원하기 위한 목적으로 국토교통부에서 추진 중에 있으며, 2012년 상용화를 목표로 2014년부터 연구개발에 착수함



<그림 1.3-20> SBAS 개요

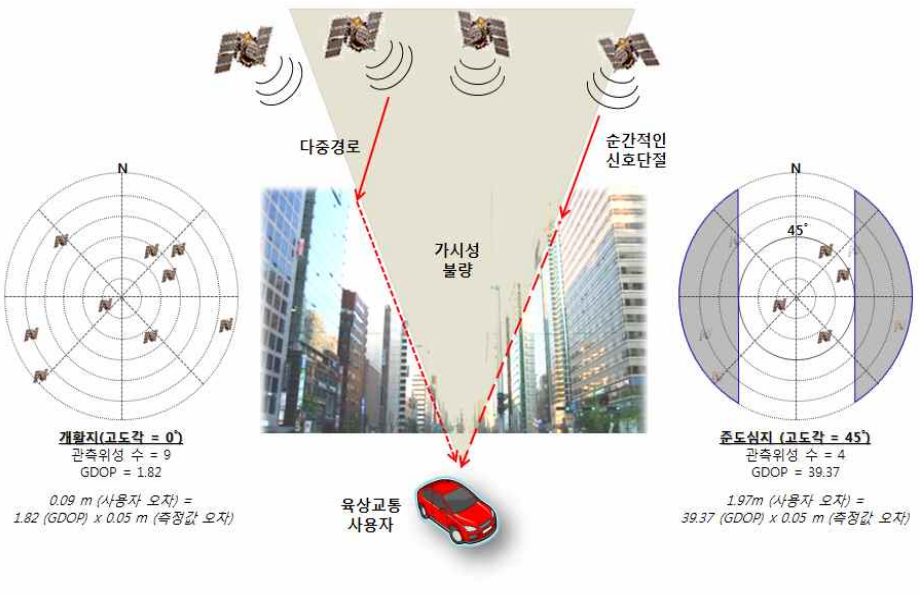
* 출처 : 한국항공우주연구원 내부자료 (2013)

□ SBAS는 항공용으로 사용할 경우 위치정확도 16m, 무결성 $2x10^{-7}$ 성능을 항상 보장하는바 SBAS를 육상용에 적용할 경우 전반적으로 GNSS의 위치정확도 성능은 향상되지만, 차로 구분을 할 수 있는 수준의 성능을 보장하지 않는 것으로 판단됨

- 개활지에서 SBAS 기준국 장비를 활용하여 움직이지 않는 상태에서 측정하는 경우 1m이내의 위치결정 정확도는 가능하나 무결성 $2x10^{-7}$을 만족하지 못함

□ 육상교통 상황 특히, 도심 및 준도심 상황에서 차로구분을 위한 1m 내외 위치결정 정확도를 얻기 위해서는 추가 센서가 필요함

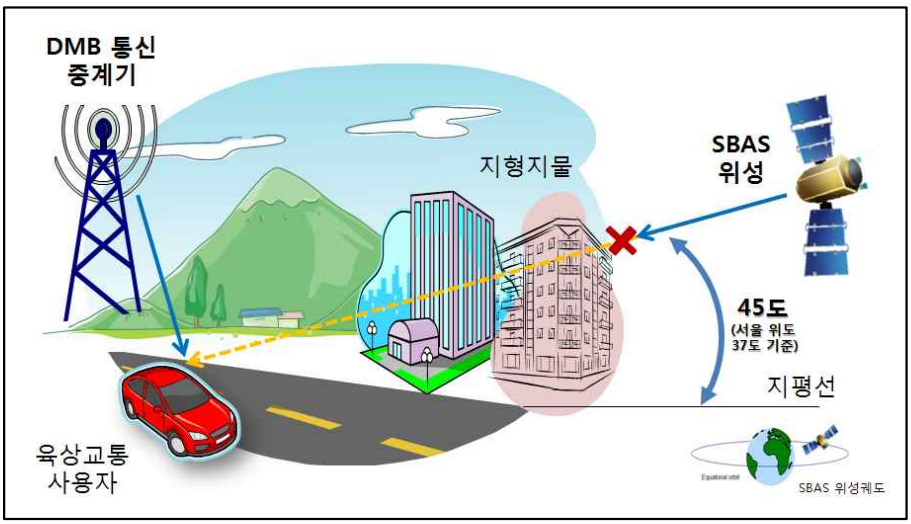
- 육상교통수단은 가로수, 고층건물, 고가도로 등과 같이 가시성과 신호의 수신감도가 나쁜 지역을 주행하는 경우가 많아서 특히 오차발생의 가능성이 커짐
- <그림 1.3-21>과 같은 육상교통 환경에서 다중경로 및 순간적인 신호 단절이 발생하여 SBAS처럼 개활지에서 측정한 위치결정 정확도 획득이 불가능함



<그림 1.3-21> 육상교통 환경 위성항법 신호 관측 환경
* 출처 : 한국항공우주연구원 내부자료 (2013)

□ SBAS 정지궤도위성의 기하학적 특성으로 인하여 육상 교통에서 활용 시 장애물이 많은 지역에 활용이 거의 불가능함

- SBAS 위성은 지구적도면에 놓여있으므로, 서울을 기준으로 주변에 고도각(Elevation Angle) 45도 이하에서 장애물이 없어야 관측 가능함
- <그림 1.3-22>와 같이 주위 건물 때문에 위성을 바라볼 수 없는 경우 위성방송(Sky-life) 설치가 안 되는 이유와 동일함(SBAS 위성 궤도와 위성방송 위성 궤도 동일)



<그림 1.3-22> SBAS의 육상교통 활용 시 한계점

* 출처 : 한국항공우주연구원 내부자료 (2013)

위성항법 기반 교통인프라 기술 개발의 국내 기술 동향은 보정정보를 전송하는 인프라 부분의 기술과 육상 교통 분야에서 반송파 기반의 위성항법 정보를 이용하는 사용자 부분 기술 개발로 나누어서 기술한다. 인프라 부분은 국내에서 기술 개발이 진행된 보정정보 생성 시스템인 WADGPS, VRS 시스템을 위주로 기술하며 사용자 부분은 현재 차로 구분 기술과 관련하여 스마트 하이웨이, UT(Ubiquitous Transportation)의 기술 개발 동향을 설명한다.

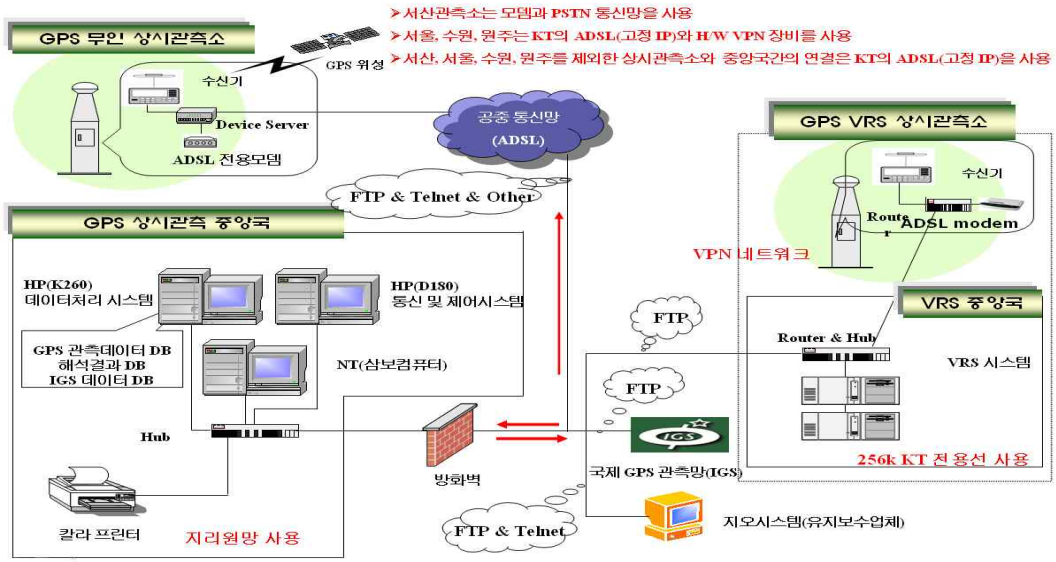
(3) WADGPS 기술 개발

코드 기반의 보강정보 전송을 위해서 한국해양연구원 주도로 2002년 6월부터 2005년 9월까지 WADGPS 기술 개발이 수행되었으며 이 연구의 결과로 지상테스트베드 및 가상 사용자 성능 평가, 시범 시스템 운용 및 활용 방안이 제시되었다.

WADGPS는 소프트웨어에서는 코드 기반 DGPS 보정정보를 생성하며, 무결성 알고리즘은 IM 수신기가 위치 정확도를 매 초마다 계산하여 자신의 위치 값으로부터 벗어나는 정도를 확인하는 수준으로 위치오차의 검출 기능만을 수행하므로 육상 교통 사용자의 무결성을 만족하는 수준에는 한계가 있다.

(4) VRS

국토지리정보원은 2004년부터 VRS 시스템을 원내 국토공간정보센터 GPS 중앙센터에 설치하였으며, 2006년 12월 22일자로 전국 14개 상시관측소를 이용하여 “실시간 정밀 GNSS 측량 서비스(http://vrs.ngii.go.kr)”를 제공하기 시작하였다. 현재는 (구)행정자치부의 관측소를 통합하여 전국 50개 이상의 상시관측소를 이용한 VRS 서비스를 제공하고 있음. 상시관측소 망내부나 망외부에 관계없이 네트워크를 이용하여 서버에 연결한 후 이동점의 위치 근처에 가상기준점을 생성하여 수 cm의 정밀한 측량을 할 수 있도록 서비스를 제공하고 있으며 시스템 구성은 다음 <그림 1.3-23>과 같다.



<그림 1.3-23> VRS 시스템 구성

VRS 시스템의 중앙국 서버 하드웨어는 RTKNet 서버 1대, GPStream 서버 1대로 구성되어 있으며, Trimble VRS 소프트웨어와 홈페이지 서비스를 위한 Apache 소프트웨어, 데이터베이스 관리를 위한 MS Access로 이루어진다. 그리고 Trimble VRS 소프트웨어는 GPSNet, DGPSNet, RTKNet으로 이루어지면 GPSNet은 수신기로부터 관측데이터의 실시간 수집, RINEX 파일 생성, 관측자료 통계 및 무결성 검증, 싱글베이스 RTK 보정치 생성 등의 역할을 수행한다. 또한 DGPSNet은 DGPS의 보정치를 생성하며, RTKNet은 전리층 및 대류권 오차 및 위성 궤도오차 모델링과 모델링에 따른 RTK 보정치를 생성한다.

VRS의 통신 구성은 중앙 제어국의 경우 KT Kornet 256Kbps 전용선과 라우터(Router), VPN으로 이루어지며 기준국은 KT ADSL MyIP, ADSL 라우터, VPN으로 구성된다. 사용자는 CDMA (휴대폰)과 GPS 수신기를 가지고 VRS 측량을 실시한다. 측지 측량용으로 개발된 시스템이므로 실시간 성과 다수의 사용자에게 보정정보의 전송이 이루어져야 하는 교통 인프라 시스템과는 다른 구성을 가진다.

제2장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 실시간 시험평가용 테스트베드 요구사항 분석

1. 자문회의를 통한 테스트베드 요구사항 결정

3차에 걸친 전문가 자문회의를 통해 테스트베드 요구사항을 결정하고, 요구사항에 부합되는 후보지를 선정한 후 최종 테스트베드 선정 평가를 진행하여 테스트베드를 확정하였다. <그림 2-1>은 테스트베드 선정 시스템의 구조도를 나타낸 것이다.



<그림 2-1> 테스트베드 선정 시스템 구조도

가. 테스트베드 선정 요구사항

(1) 위성항법 신호 획득환경이 양호한 지역과 불량한 지역(난신호 지역) 포함

(2) 왕복 4차로(편도 2차로) 이상 도로 포함

(3) 직선도로 5Km 이상이 포함되어야 하며, 차로 구분 차선이 명확한 지역

(4) 차로 구분 전자지도를 만들기 용이한 지역

(5) 도출된 시나리오를 검증할 수 있는 지역

(6) 지역제어국 설치지역(대전)에서 접근성이 용이한 지역

(7) Test-bed를 중심으로 다중 수신국 설치가 용이한 지역

(8) 통신망 후보 (DMB, 3G)를 사용할 수 있는 지역

나. 테스트베드 요구사항 후보지 선정

도출된 테스트베드 요구사항을 기본으로 전국 지도를 이용한 후보지 5곳을 선정하여 현장 답사를 통해 요구사항 부합 여부를 검토하였다. 후보지 5곳 중 요구사항에 가장 근접하게 접근하는 최종 후보지 2곳(세종시, 오창)을 선정하였으나, 청주시 도심 지역이 환경에 부합되어 추가로 총 3곳의 후보지를 선정하였다. <그림 2-2>는 테스트베드 1차 후보지 결과를 나타낸 것이다.



조건	세종시 (청사주변)	청주시 (오창)	공주시 (도심)	대전 (관평동)	계룡시 (도심)
다양한 위성항법 측정 환경 보유 (시나리오 검증 지역 포함)	O	O	X	X	X
중앙국 설치지역에서 접근성이 용이한 지역	O	X	X	O	O
다중 수신국 배치 용이성 (주변 50km ~ 60km 인근 지형 지물 고려)	O	O	X	X	X
왕복 4차로 이상 도로 포함	O	O	O	O	O
차로 구분이 명확한 직선 5Km 이상 도로 포함	O	O	O	X	X
차로구분 전자 지도를 만들기 용이한 지역	O	O	X	O	X
통신망(DMB,HSDPA) 가용성	O	O	O	O	O
교통량 및 실험 안정성	X	O	X	O	X

<그림 2-2> 테스트베드 1차 후보지 선정

2. 테스트베드 최종 후보지 선정평가

도출된 요구사항을 토대로 테스트베드 최종 후보지 3곳(청주,오창,세종)을 선정하여 GPS데이터 및 DMB 데이터 획득실험을 통해 최종 평가를 진행하였다.

가. 위성항법신호 수신환경 분석

(1) 위성항법신호 수신환경 정의

(가) 위성개수 : 상(7개이상), 중(7개 - 4개), 하(4개 미만)

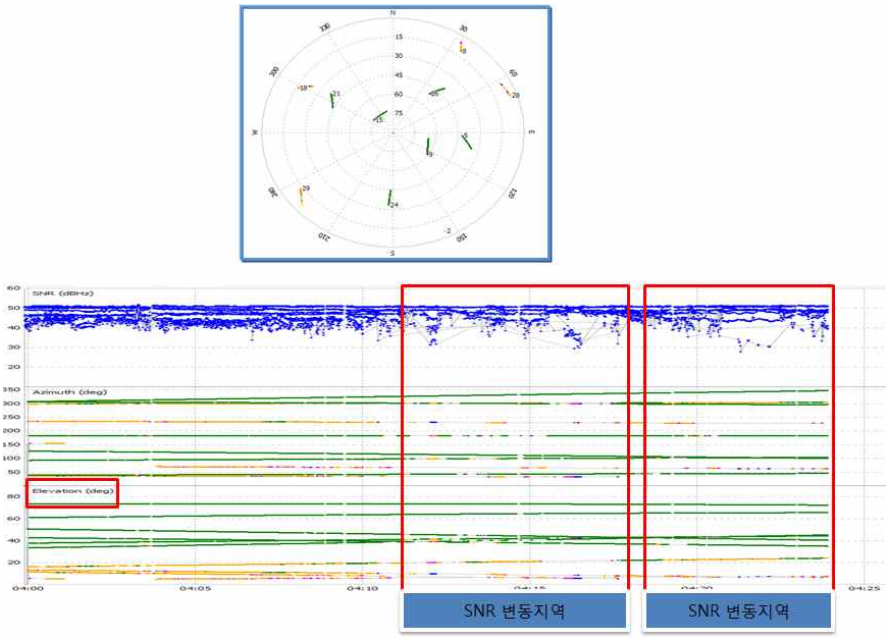
(나) PDOP : 상(3이하), 중(3 - 7), 하(7 이상)

(2) 오창 위성항법신호 수신환경은 <그림 2-3>과 같이 가시위성수 상 지역이 다수 분포되어 있으며, 고층 아파트 구간에서 4개 미만인 하 환경이 나타나고, 중 환경이 포함되어 있음

을 확인 할 수 있었다. <그림 2-4>에서 보는 바와 같이 PDOP가 좋은 상 환경이 많이 분포되어 있으며, 고층 아파트 구간에서 7 이상으로 하 환경이 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. <그림 2-5>에서 보는 바와 같이 후반부의 고층아파트 지역에서 SNR이 나빠지는 것을 확인 하였다.



<그림 2-3> 오창 가시위성 수 <그림 2-4> 오창 DOP

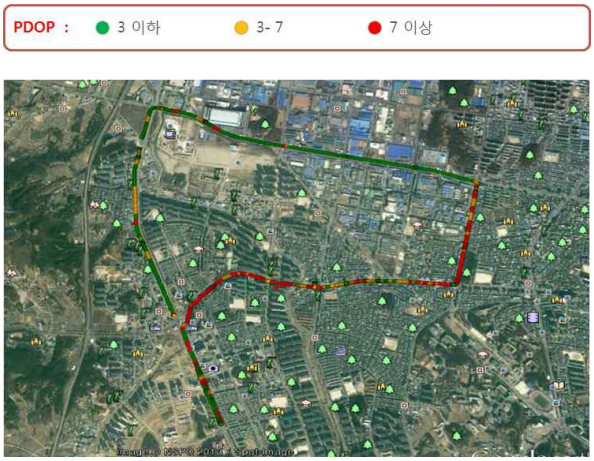


<그림 2-5> 오창 신호대잡음비

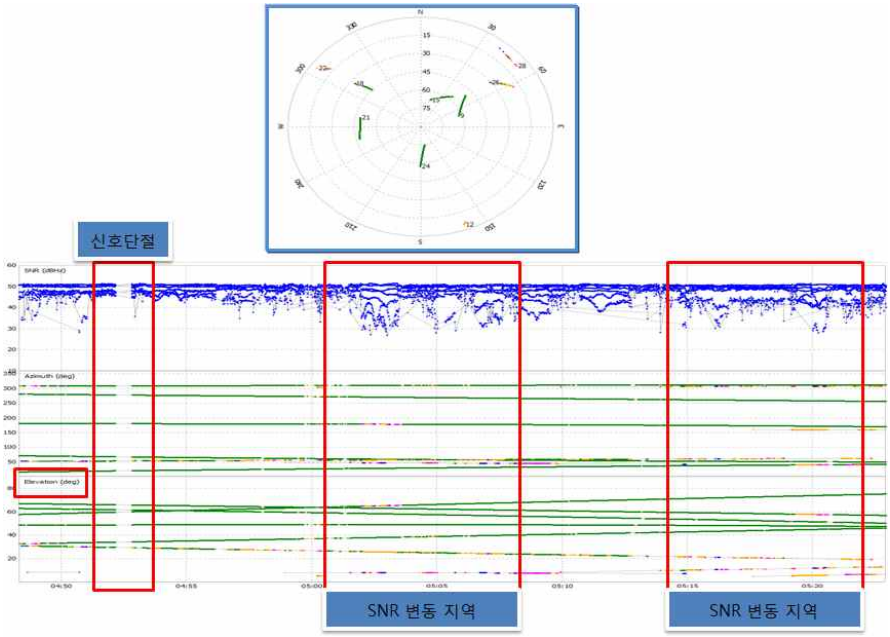
(3) 청주 위성항법신호 수신환경은 <그림 2-6>에서 보는바와 같이 위성개수가 7개이상인 상 환경이 없으며, 대다수 중 환경과 하 환경으로 이루어져 있다. 또한 <그림 2-7>에서 보는 바와 같이 PDOP 환경은 상 환경과, 하 환경이 대다수를 이루고 있으며, 중 환경이 거의 없음을 확인할수 있었다. <그림 2-8>에서 보는 바와 같이 대다수 지역에서 SNR 변동폭이 큰 것을 확인 할 수 있다.



<그림 2-6> 청주 가시위성수



<그림 2-7> 청주 DOP

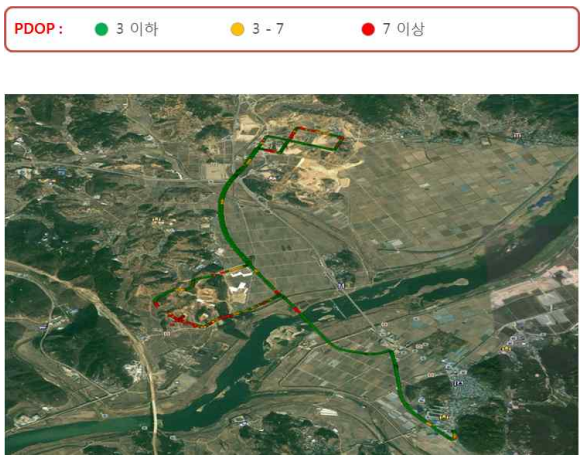


<그림 2-8> 청주 신호대 잡음비

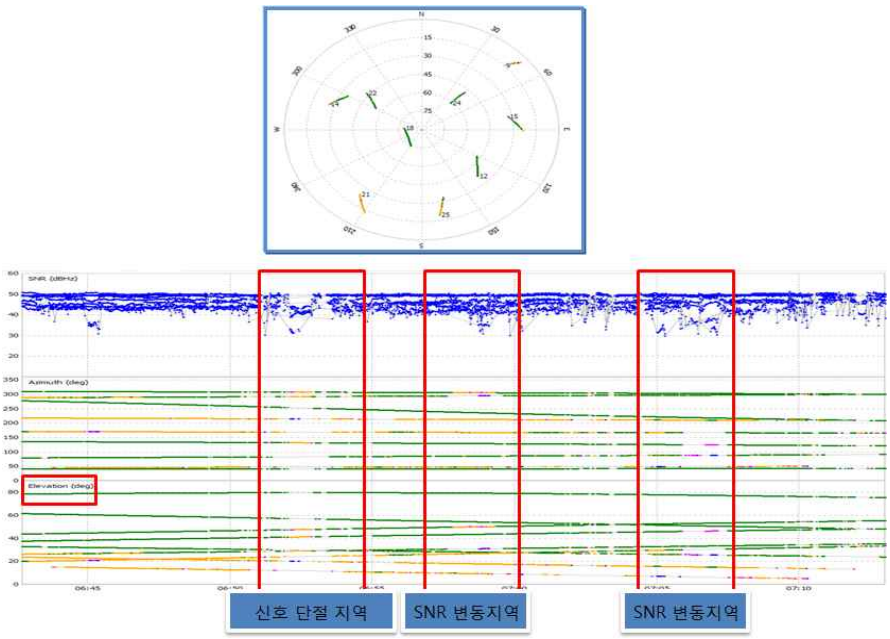
(4) 세종 위성항법신호 수신환경은 <그림 2-9>에서 보는 바와 같이 위성개수 7개 이상이 상 환경이 다수 존재하며, 중 환경 지역이 여러군데에 조금씩 분포되어 있는 것을 확인 할 수 있다. PDOP의 경우 <그림 2-10>에서 보는 바와 같이 상 환경과, 하 환경이 다수를 이루며, 중 환경이 거의 없음을 확인 할 수 있다. <그림 2-11>에서 보는바와 같이 SNR 은 고층 아파트 지역에서 많은 변동폭이 있는 것을 확인하였다.



<그림 2-9> 세종 가시위성 수



<그림 2-10> 세종 DOP



<그림 2-11> 세종 신호대잡음비

(5) 비교 분석

오창과 세종에서 가시위성수는 고른 분포를 보였으며, 청주는 가시위성수 7개 이상지역이 타 지역에 비해 적은 결과를 보였다. PDOP의 경우 청주, 오창, 세종 모두 3 이하의 지역이 많은 분포를 보이며 양호한 결과를 나타내었다. <그림 2-12>는 후보지 3곳의 위성항법신호 환경분석 결과를 나타낸 것이다.



<그림 2-12> 청주,오창,세종 위성항법신호 환경 분석

나. 보정정보(DMB) 수신환경 분석

(1) 보정정보 수신환경 정의

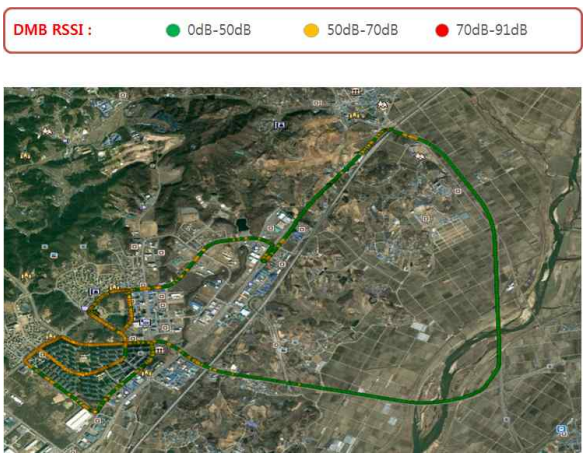
(가) DMB 데이터 전송률(Signal Quality) : 상(80%이상), 중(80-40%), 하(40%미만)

(나) DMB 신호세기(RSSI) : 상(0dB - 50dB), 중(50dB - 70dB), 하(70dB - 91dB)

(2) 오창 보정정보(DMB) 수신환경은 <그림 2-13>에서 보는바와 같이 대체적으로 중 환경 이상의 결과를 나타내었다. DMB 세기는 <그림 2-14>에서 보는 바와 같이 대체적으로 상 환경이 우세한 가운데 약간의 중 환경이 나타났으며, 대체적으로 DMB 수신 환경은 양호한 편이다.



<그림 2-13> 오창 DMB 데이터 획득률



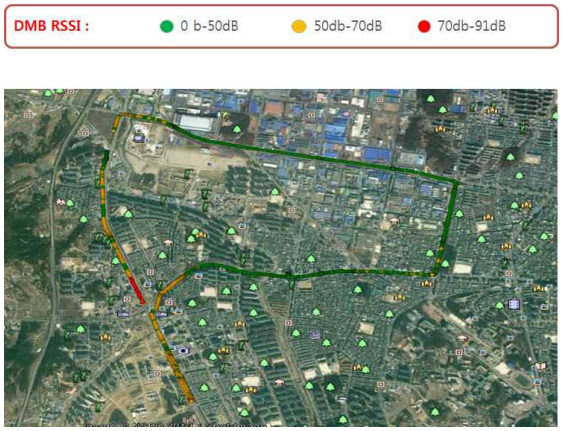
<그림 2-14> 오창 DMB 신호세기

(3) 청주 보정정보(DMB) 수신환경은 <그림 2-15>에서 보는 바와 같이 DMB 전송률은 중 환

경이 많이 포진되어 있으며, 하 환경도 적지않게 나타내었다. DMB 세기는 <그림 2-16>과 같이 상 환경 지역이 많이 나타났다.



<그림 2-15> 청주 DMB 데이터 획득률

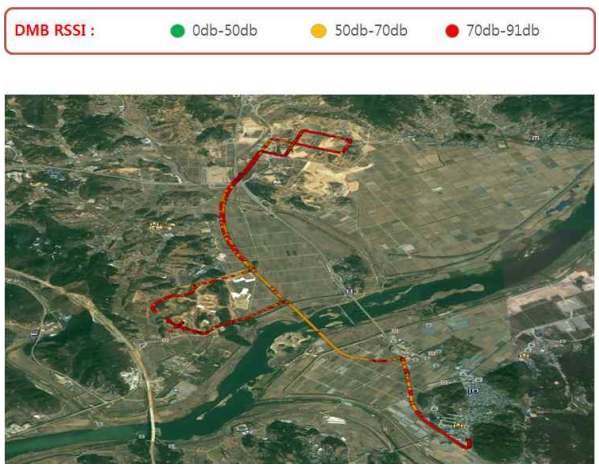


<그림 2-16> 청주 DMB 신호세기

(4) 세종 보정정보(DMB) 수신환경은 <그림 2-17>과 <그림 2-18>에서 보는바와 같이 전송률, 세기 모두 대부분 하 환경으로 나타났으며, 확인결과 DMB 권역이 겹치는 지역임을 알 수 있었다.



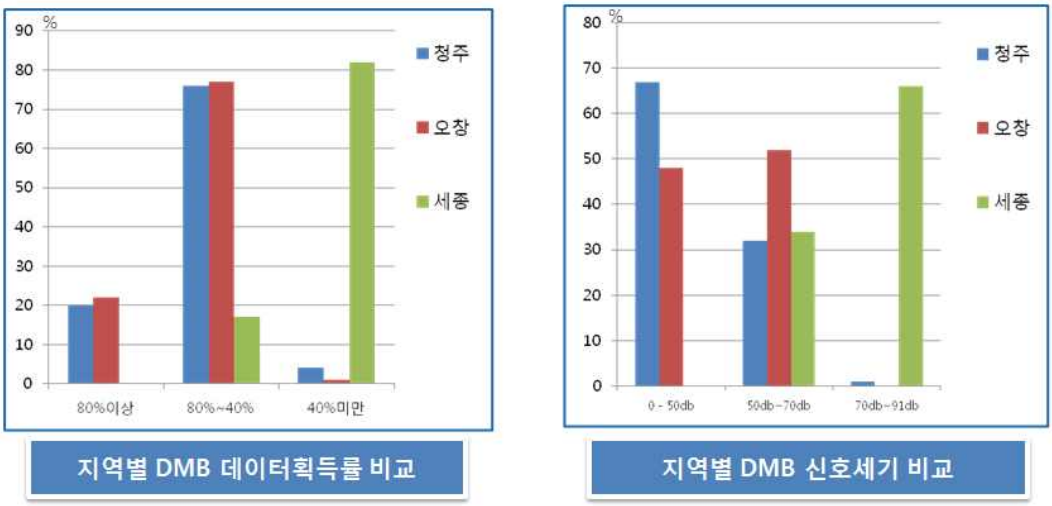
<그림 2-17> 세종 DMB 데이터 획득률



<그림 2-18> 세종 DMB 신호세기

(5) 비교 분석

DMB 데이터 획득률은 청주와 오창지역에서 양호하게 나타났으며, 세종에서 40%미만이 많이 나타나며 환경이 좋지 않음을 나타내었다. DMB 신호세기 역시 청주와 오창은 양호 하였으나 세종에서 신호가 약하게 나타남을 알 수 있었다. <그림 2-19>는 후보지 3곳의 DMB 신호 환경 분석 결과를 나타낸 것이다.



<그림 2-19> 오창,청주,세종 지역의 DMB 신호환경 분석

다. 교통환경 분석

현장답사를 통한 교통환경을 분석한 결과 오창지역은 교통량이 적은 장점이 있으나, 도심지역의 경우 다량의 불법주차 차량으로 인해 차로 변경 실험시 방해가 될 가능성이 보였다. 청주지역의 경우 도심 교통량이 너무 많아 차로가 넓음에도 불구하고 차로 변경이 어려울 것으로 분석되었다. 세종은 현재 많은 공사가 진행중이며, 향후 도로 위치가 달라질 위험이 있어 전자지도 구축시 문제점으로 분석 되었다. <표 2-1>은 후보지 3곳의 교통환경 분석 결과를 나타낸 것이다.

<표 2-1> 청주,오창,세종의 교통환경 분석표

조건/지역		오창	청주	세종
도로환경	교통량	양호	불량	양호
	불법주차	불량	불량	양호
	공사차량	양호	양호	불량
이동환경	고속주행가능 (80km/h)	양호	불량	양호
	중속주행가능(60km/h)	양호	양호	양호
	저속주행가능 (30km/h)	양호	양호	양호

라. 최종 테스트베드 선정

(1) 위성신호 관측환경, 위성신호 품질환경, 보정정보 신호 환경을 이용한 사용자 시나리오 지역을 선정하고, 얼마나 다양한 지역을 포함하고 있는지를 고려하여 테스트베드 선정에 적용하였다.

(가) A 지역 : 위성신호 관측환경(양호), 위성신호 품질(양호), 보정정보 신호획득(양호)

(나) B 지역 : 위성신호 관측환경(양호), 위성신호 품질(양호), 보정정보 신호획득(불량)

(다) C 지역 : 위성신호 관측환경(양호), 위성신호 품질(보통), 보정정보 신호획득(불량)

(라) D 지역 : 위성신호 관측환경(보통), 위성신호 품질(불량), 보정정보 신호획득(양호)

(마) E 지역 : 위성신호 관측환경(불량), 위성신호 품질(양호), 보정정보 신호획득(양호)

(바) F 지역 : 위성신호 관측환경(불량), 위성신호 품질(불량), 보정정보 신호획득(불량)

(2) 오창 최종 환경 적합도 분석

위성신호 및 DMB 신호 그리고 교통환경 적합도를 종합하여 그림으로 나타내면 <그림 2-20>과 같이 B 지역을 제외한 모든 시나리오 환경 지역을 포함하고 있으며, 모든 부분에서 양호함을 나타내었다.

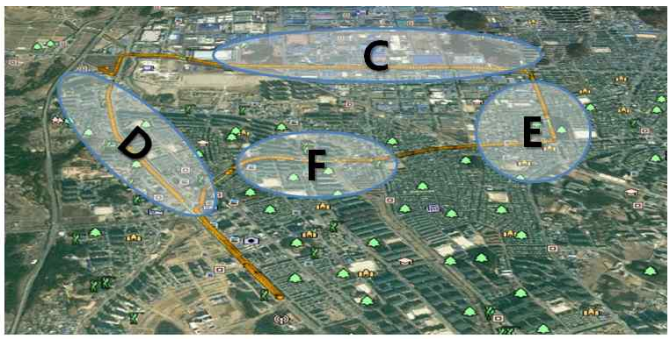


시험 CASE	A	B	C	D	E	F
위성 신호 적합도	O	O	O	O	O	O
DMB 신호 적합도	O	O	O	O	O	O
교통환경 적합도	O	O	O	O	O	△

<그림 2-20> 오창 최종 환경 적합도 분석 결과

(3) 청주 최종 환경 적합도 분석

위성신호 및 DMB 신호 그리고 교통환경 적합도를 종합하여 그림으로 나타내면 <그림 2-21>과 같이 A, B 지역이 없는 것으로 나타났다.

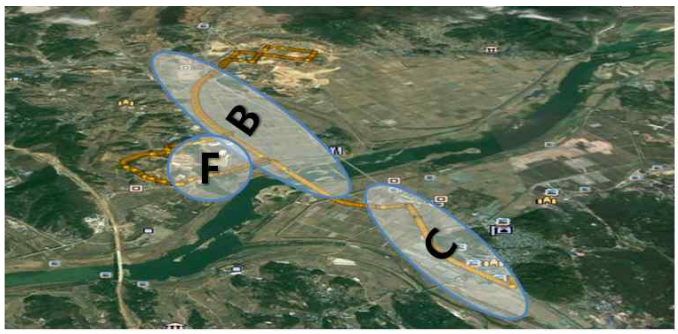


시험 CASE	A	B	C	D	E	F
위성 신호 적합도	X	X	O	O	O	O
DMB 신호 적합도	-	-	O	△	O	△
교통환경 적합도	-	-	O	O	△	△

<그림 2-21> 청주 최종 환경 적합도 분석 결과

(4) 세종 최종 환경 적합도 분석

위성신호 및 DMB 신호 그리고 교통환경 적합도를 종합하여 그림으로 나타내면 <그림 2-22>와 같이 A, D, E 환경지역이 없는 것으로 나타났다.



시험 CASE	A	B	C	D	E	F
위성 신호 적합도	-	O	O	-	-	O
DMB 신호 적합도	X	O	△	X	X	△
교통환경 적합도	-	△	O	-	-	△

<그림 2-22> 세종 최종 환경 적합도 분석 결과

(5) 최종 테스트베드 선정

분석된 자료를 토대로 전문가 자문회의를 통해 오창지역을 최종 테스트베드 지역으로 선정하였다. <표 2-2>는 환경 적합도를 분석한 결과를 나타낸다.

<표 2-2> 최종 환경 적합도 비교표

지역	적합도	대표 테스트 사례 지역					
		A	B	C	D	E	F
오창	위성	O	O	O	O	O	O
	DMB	O	O	O	O	O	O
	교통	O	O	O	O	O	△
청주	위성	X	X	O	O	O	O
	DMB	-	-	O	△	O	△
	교통	-	-	O	O	△	△
세종	위성	-	O	O	-	-	O
	DMB	X	△	△	X	X	△
	교통	-	△	O	-	-	△

3. 테스트베드 수신국 위치선정

가. 수신국 위치 선정을 위한 요구사항 도출 및 필요성

육상 교통 인프라로 Network 알고리즘을 사용하기 위해서는 다중 수신국과 수신국간 네트워크 구성이 필수적이다. 실제 구축에 앞서 외국의 표준 권고안을 종합하여 설치 운영을 위한 권고사항 및 적용 지침을 도출하고, 도출된 지침을 현실에 맞게 적용하여 설치 후보지를 중심으로 지형과 전파 환경 영향을 예측하고, 직접 측량을 통해 사용가능성을 판단한다. 사용 가능한 수신국을 중심으로 다양한 배치에 따른 네트워크 RTK 성능을 예측하고, 사용자 성능을 극대화 시킬 수 있는 최종 후보 수신국 배치에 따른 네트워크 RTK 개발 환경을 제공하기 위해 최적 수신국 위치선정이 필요하다. <그림 2-21>은 수신국 사이트 선정 방식을 나타낸 것이다.



<그림 2-23> 수신국 사이트 선정 방식

(1) 수신국 사이트 요구사항 도출

(가) 일반적 요구사항

① 장기간 고정밀 서비스 제공

위성항법 수신국은 지속적으로 데이터를 수신하여 처리하여야 하므로 시계열 안정성이 우선적으로 확보(IGS)되어야 하고, 최소 15년이상(CORS) 장기간 운영이 가능하도록 구축이 유지(IGS)되어야 한다. 일정수준의 정확도가 유지되어야 하고 이를 위하여 내식성도 보장되어야 한다.(IGS)

② 신호 품질 확보

다중 경로오차나 싸이클 슬립, 대기권 오차 영향이 적은 고품질의 위성항법 신호를 최대한 다량 수신하기 위하여, 시계가 확보된 지역에 구축되어야 하고, 신호 간섭 요소도 제거되어야 한다(IGS).

③ 구축 및 관리 용이

위성항법 수신국의 구축과 관리를 용이하게 하기 위하여 비용이 적게 소요되고, 설치가 용이하며 단순화된 디자인을 사용하도록 하며 운영에 필요한 부대 시설을 갖춘 곳이 좋다(IGS). 유

지 관리를 위한 접근이 용이하되, 파손/훼손/도난의 위험은 제거하여야 한다.(CORS)

(나) 토질 등 안정성

활성 단층이나 지각 변형 또는 침강의 지각 변위 지점으로부터 멀리 떨어진 안정적인 지각판이 좋고, 견고하고 안정된 고품질의 지반, 특히 기저부노두(basement outcrop)가 설치에 적합하다. 붕괴, 산사태, 융기, 고도 변위 등이 발생할 수 있는 토질 지역과 파도, 차량 통행 등으로 지표면 진동이 심한 곳은 지양한다(IGS).

(다) 가시환경

위성 가시환경 확보를 위하여 고도각 5도 이상에 방해물이 거의 없는 지역을 사용한다. 울타리, 벽 등 심각한 신호 반사를 일으키는 장애물이 있거나, 다중 경로 오차를 유발하기 쉬운 곳이나 주변 환경의 변화(건물, 나무 등)가 심각할 것으로 예상되는 지역은 지양하되, 시계 확보를 위해 나무 등 주변 식물 조경이 가능한 곳을 사용한다(IGS).

(라) 전파 환경

전파 간섭이 심한 곳은 지양하여(IGS), TV, 마이크로파, FM 라디오 방송국, 핸드폰, 고주파수/극초단파 중계기, 레이더, 고전압 전선 등으로부터 최대한 멀리 위치시킨다(CORS). 낙뢰 위험이 없는 곳에 설치하고(IGS), 관측소 로그는 주변 주파수 환경을 자세히 기록한다(CORS).

(마) 부대 시설 및 관리

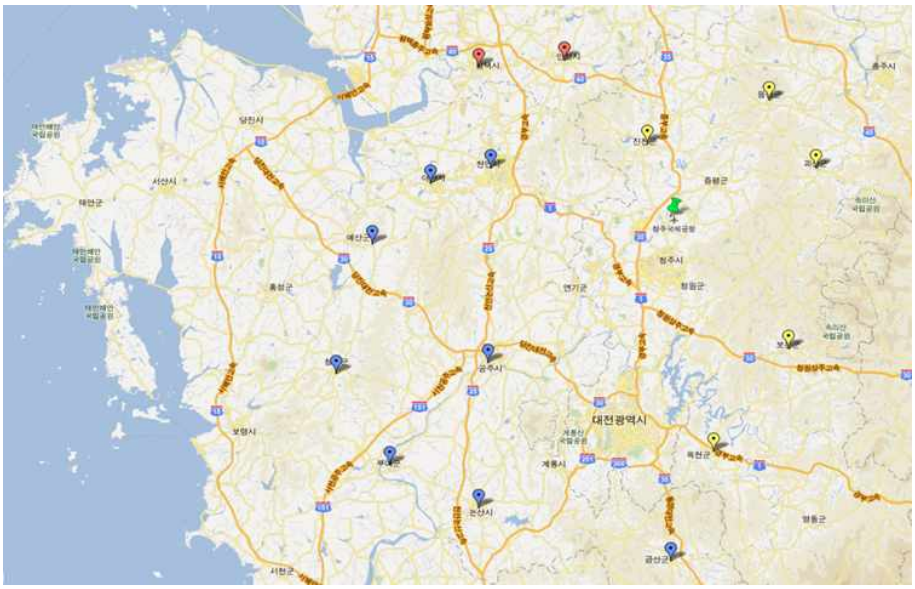
인터넷이나 전화 회선을 통한 데이터 접근이 가능하거나, 빠른 시간 내 복구 가능한 지점을 선택하고(CORS) 전력 공급이 원활하고 연속적인 장소를 확보해야 한다(IGS). 유지 보수를 위해 접근이 용이한 곳을 선정하되 지진, 강풍, 홍수 등에 의해 파손의 위험이 없고 사람에 의한 훼손 및 도난의 위험이 없는 곳을 선택하여야 한다(IGS).

나. 네트워크 구성을 위한 후보 사이트 선정

도출된 요구사항을 토대로 국내 지역의 적합한 사이트를 보유한 곳으로 대한지적공사를 선정하였다. 대한지적공사는 전국에 걸쳐 12개 지역본부, 185개 지사가 자가 건물을 사용하고 있으므로, 안정적이고 원활한 전기 공급과 빠른 데이터 통신 확보가 가능하다. 또한 인력이 사무실에서 근무하고 있으므로 유지보수를 위한 접근성이 매우 용이하고, 석조 건물을 사용하므로 안정적이며, 보안장치가 설치되어 훼손, 도난의 위험이 적다.

(1) 포탈 사이트를 이용한 1차 선정

사전 조사를 통해 지리적 위치 및 개략적인 주변환경을 고려하여 예비 후보지 16곳을 선정하였다. <그림 2-24>는 예비 후보지 16곳의 위치를 나타낸 것이다.



<그림 2-24> 예비 후보지 16곳 선정

(2) 현장답사를 통한 최종 후보지 선정

3일간 경기남부, 충청남북도 16개 지사를 조사하여 양호지사 2개소, 검측필요지사 6개소, 불량지사 8개소로 분류 하였으며, 검측필요지사 6개소의 경우 중앙전파관리소에 의뢰하여 전파환경분석을 실시하였다. <그림 2-25>는 최종 후보지 8곳의 위치를 나타낸 것이다.



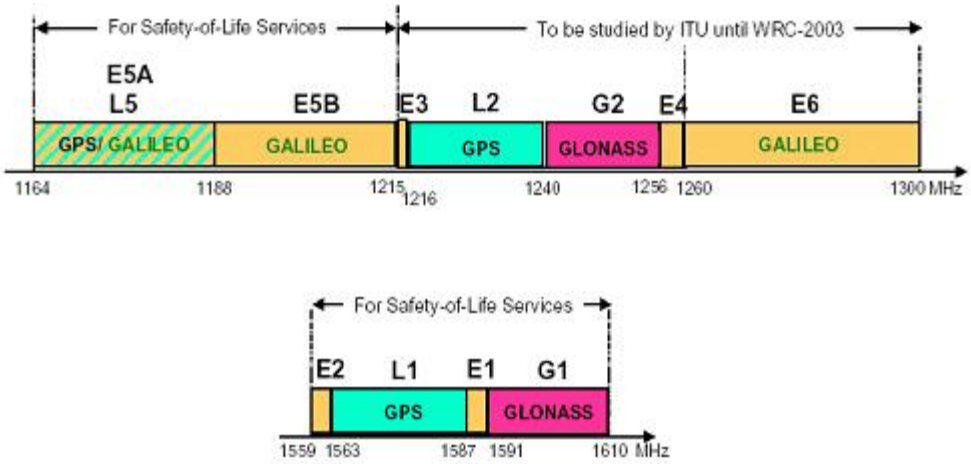
<그림 2-25> 최종 후보지 8곳 선정

다. 실측 데이터 분석을 통한 최종 수신국 사이트 선정

(1) 전파환경 분석

(가) GPS 신호 주파수

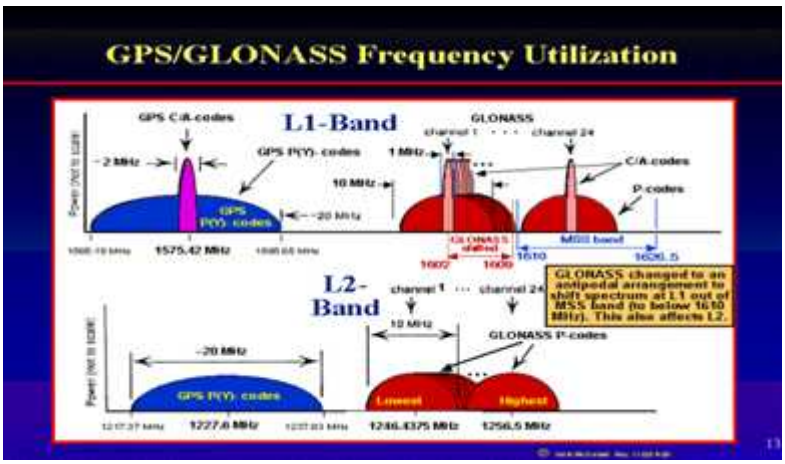
GPS 위성에서 송출되는 신호는 크게 반송파와 코드로 나뉘고, 코드에 포함되는 정보가 반송파에 실려서 보내진다. GPS 주파수는 L1(1575.42MHz)와 L2(1227.60MHz)를 주로 사용하고 있는데 이는 원자시계 출력 10.23MHz의 154배와 120배에 의해 생성된 값이다. GPS 현대화 계획에 따라 일부 위성의 경우 L5(1176.45MHz)로 신호를 송출하고 있다. 아래 그림은 GPS L1/L2/L5와 유럽의 항법 위성인 Galileo, 러시아 시스템인 GLONASS의 주파수 분포를 도시한 그림으로 본 연구에서는 해당 주파수의 간섭 가능성이 있는지를 확인하도록 한다.



<그림 2-26> 항법 위성 신호 주파수 분포

(나) 전파 간섭 측정

GPS 신호는 위성으로부터 수신기까지 도달하면서 그 신호의 강도가 약해지며 주변의 여러 전파에 의해 잡음을 포함하게 된다. GPS 신호가 약해지는 주요 요인으로는 수목 등을 통과한 후 수신기에 도달되는 경우와 낮은 고도각을 갖는 위성으로부터의 도달되는 위성신호인 경우이다. 위성 위성신호의 강도는 신호잡음비(Signal-Noise Ratio)로 표현되며 신호의 질은 신호정도(Signal Level)가 증가 함에 따라 향상된다. 위성신호에 잡음이 많이 포함될수록 위성신호가 손실된다는 것을 의미하며 이러한 잡음에 의한 위치 오차량은 약 1.5m이상의 크기를 갖는다. 전파간섭측정은 기준국 후보지 인근에서 위성신호 영역대의 전파 존재 여부, 전파의 강도와 세기를 측정하여 GPS 위성신호에 영향을 미칠 수 있는 전파를 파악하기 위한 과정이다. 기준국에서 이러한 전파 잡음의 영향을 평가하기 위해서 중앙전파관리소에서 제공하는 전파환경측정을 수행하였다. GPS와 GLONASS 해당 네비게이션 시스템의 주파수 대역을 중점적으로 파악하는데 집중했다. <그림 2-27>은 GNSS의 각 주파수 대역을 나타낸 것이다.



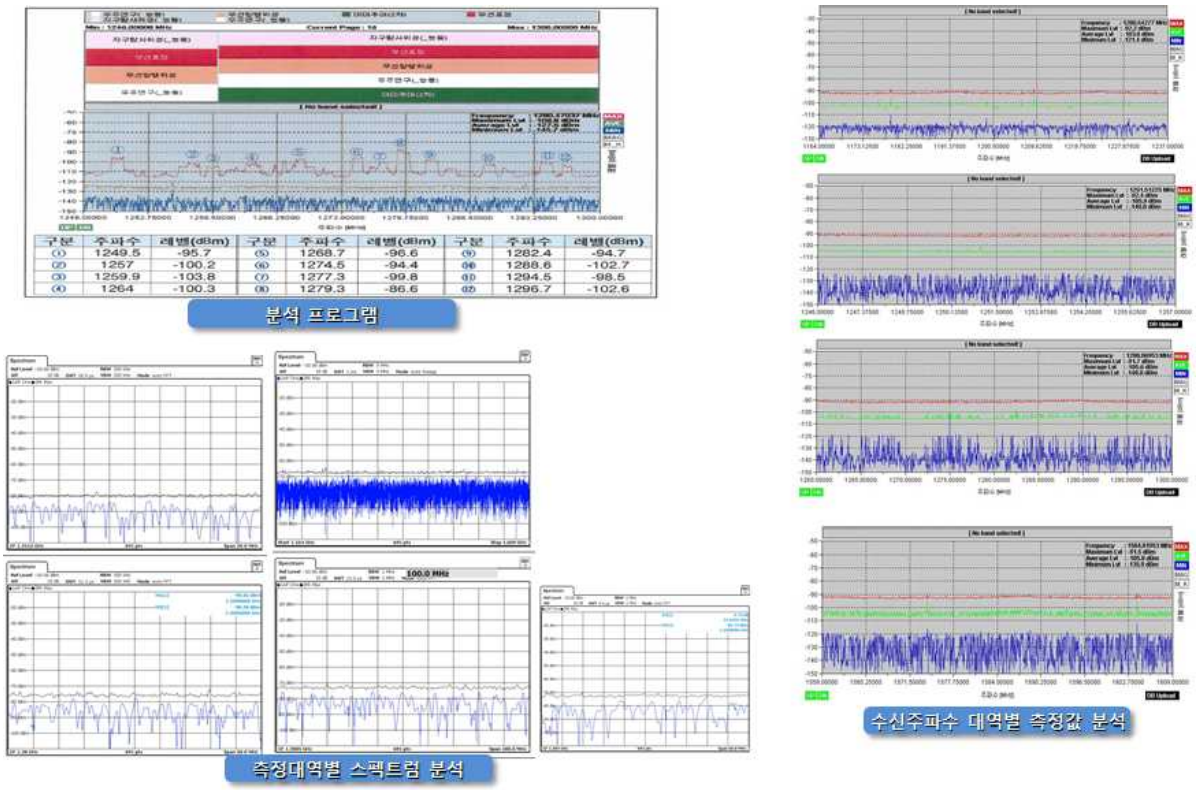
<그림 2-27> GNSS 각 주파수 대역

(다) 전파환경 분석 결과

후보지 8개소의 전파환경을 실측 분석한 결과 8곳 모두 GPS 신호 주파수 간섭은 허용범위 안의 정상 판정을 받았다. <그림 2-28>은 측정과정을 <그림 2-29>는 분석결과를 나타낸 것이다.



<그림 2-28> 전파 측정 장비 및 측정 과정



<그림 2-29> 전파환경 분석 결과

(2) 위성항법 가시성 측정

GPS 기준국 설치장소는 충분한 상공 시계확보와 안정적인 위성신호를 수신할 수 있어야 한다. GPS 기준국 안테나 주위의 고층건물, 나무 등은 멀티패스를 발생시켜 수신데이터 품질을 저하시키며 Network-RTK 시스템의 균질한 보정정보 생성을 방해하여 이동국의 측위 정밀도를 저하시키게 된다. 그러므로 기준국은 상공시계와 이에 따른 위성의 가시성을 검증한 후 기준국 설치여부를 결정하여야 하며 이를 위해서 상공장애도를 작성하고 기준국의 위성가시성을 검증

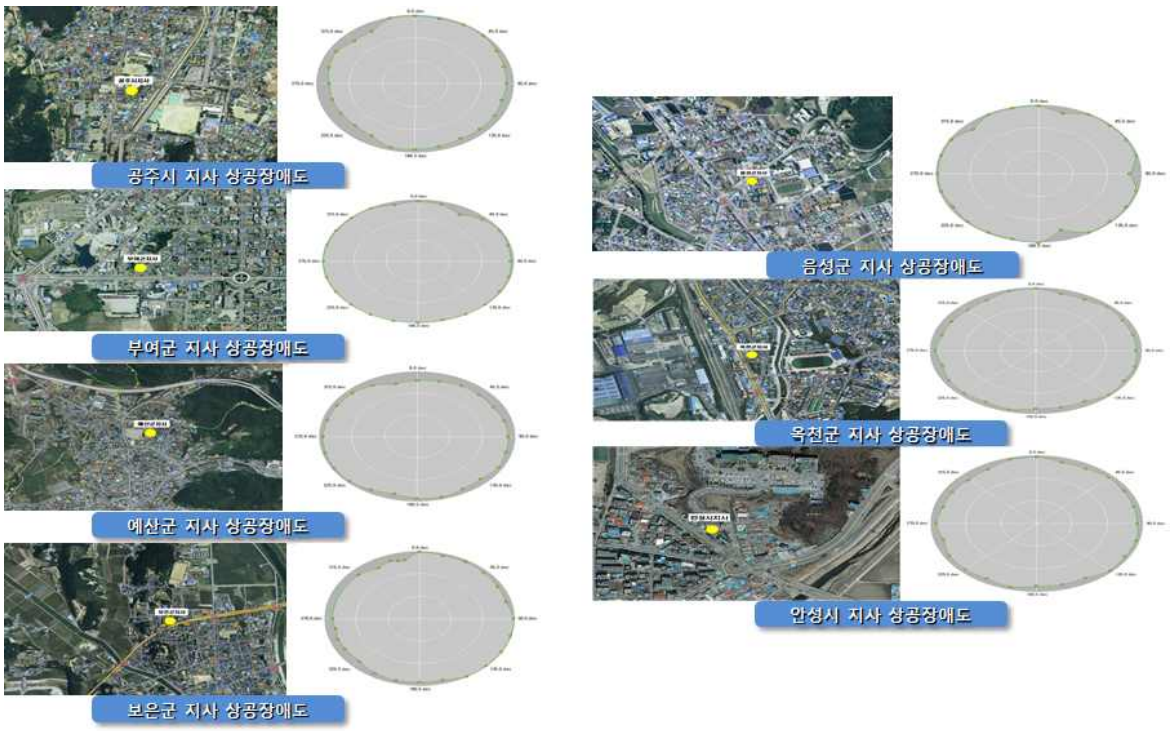
한다. GPS 기준국 주변의 위성가시성을 확인하는 방법으로는 주로 상공 장애도를 작성한다. 상공장애도는 GPS를 이용한 기준점 측량시에 설치될 기준점의 상공시계를 그림으로 표현한 것으로 GPS측량의 적합성과 기선해석시 정밀도 점검에 참고 자료로 사용된다. 이번 과제에서는 수평각(horizontal angle)과 고저각(elevation angle)을 측정할 수 있는 토탈스테이션(total-station)을 이용하여 수평각 15° 간격으로 주변 장애물의 고저각을 관측하여 상공 장애도를 작성하였다. <그림 2-30>은 상공장애도 측정 과정을 나타낸 것이다.



<그림 2-30> 상공장애도 측정 과정

(가) 상공장애도 분석

후보지 8개 장소의 상공장애도를 분석한 결과 7개 후보지 장소가 최소 앙각 15도 이상의 위성 가시성을 가지고 있는 것으로 분석되었다. <그림 2-31>은 분석 결과를 나타낸 것이다.



<그림 2-31> 7개 후보지의 상공장애도 분석 결과

(3) 수신국 배치 성능 분석

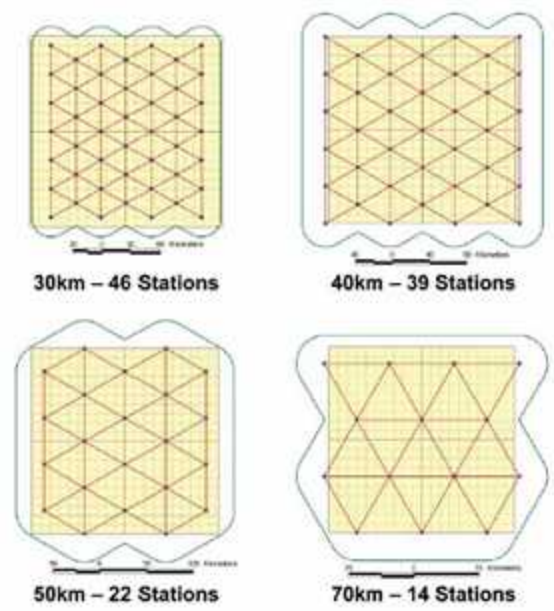
(가) 수신국 네트워크 구축 계획을 위한 고려사항

수신국 네트워크 구축에 앞서 가장 먼저 고려해야 할 사항은 RTN 타입에 대한 결정이다. 수익을 위한 사설 서비스, 무료 공공 서비스, 제한된 사용자에 대한 공공 서비스, 투자금 회수 개념의 공공 서비스, 사설-공공 파트너쉽, 상호 협정, 표준, 인프라 공유를 통한 다양한 네트워크 서비스 등 여러 가지 형태 중 어떠한 형태로 운영이 될지에 대해 가장 먼저 고려한다. 다음으로 수요 분석과 비용 편익 분석을 한 후에 RTN 서비스 가용성과 성능 목표를 설정하고, 설정된 목표에 따라 배치 간격, 서버 구성, 운영 모델, 전력, 통신 등 설계 요소를 결정한다. 일반적으로 날씨, 전력, 방해, 사이트보안 등의 리스크와 성능은 서로 상충하는 경우가 많으므로 이에 대해 신중히 고려할 필요가 있다. 다음으로 보정정보 전송 포맷, 네트워크 방식, 실시간/후처리 프로세싱 등 RTN 서비스 타입을 결정하고, 운영 책임자, 상시 서비스 여부, Single-point of failure 방지 등 운영 모델을 정한다. 또한 단순히 서비스를 제공하는 수준일지, 모든 사용자의 문제를 해결할지 등의 책임 범위를 정해야 하고, 권한 부여 받은 사용자에게만 실시간 보정정보를 제공할지 여부와 양방향/단방향/혼합 방식 등 어떤 방식으로 최종 성과물을 제시할 지에 대해서도 고민하여야 한다. (※ National Geodetic Survey Guideline for Real Time GNSS Networks 내용에서 일부 발췌)

(나) 수신국 배치 전략 및 요구 조건

① 이론적 접근

기준국 1개소 비용(1K~10K$)이 매우 크므로 구축에 앞서 최적 배치에 대한 고려가 필요하고, 실제 RTN의 계획과 설계에 영향을 가장 많이 미치는 요소는 바로 기준국 간 간격과 기하학적 배치이다. 이론적으로는 정삼각형 패턴이 최적의 배치라고 알려져 있으며, 기준국 간의 간격에 따라 아래와 같은 구조로 구성할 수 있다. <그림 2-32>는 수신국 네트워크 성능 향상을 위한 이론적 배치를 나타낸 것이다.



<그림 2-32> 수신국 네트워크 성능
향상을 위한 이론적 배치

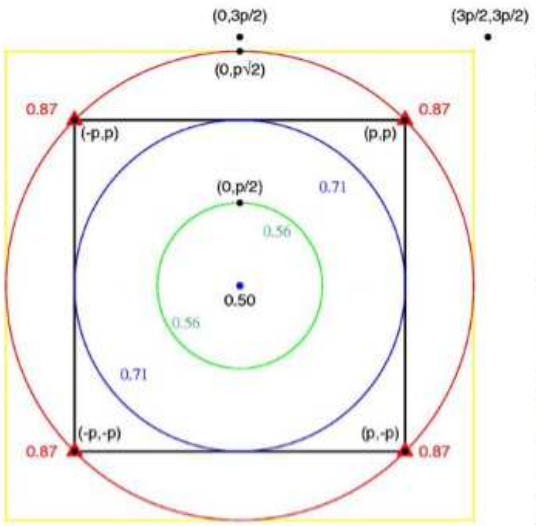
② 수신국 배치 제한 요소

RTN 프로세싱의 제한 요소 중 수신국 간 거리가 가장 우선시되는데, RTN 소프트웨어 제작 회사들이 각 서비스 타입에 따라 배치 간격을 제시한다. 일반화된 경험치는 없으나 점차 증가되는 추세이고, 50~70km가 보편적이라고 알려져 있다. 장기저선의 경우 태양 활동이 높은 시기에는 네트워크 성능이 저하될 수 있고, 특정 기준국 고장시 전 네트워크 성능에 미치는 영향이 크므로 이를 고려하여 설정하여야 한다. 사용자에 탁월한 성능을 제공하는 정삼각형 배치는 현실적으로 달성하기 어렵다.설치에 적당한 장소와 최적 배치를 위한 장소가 늘 상충되는 것은 아니나, 장소 보안 유지 가능성, 실시간 통신 가능성, 신뢰할 만한 전력 사용 가능성, 토양 상태, 상공 장애도, 국지적 다중 경로 오차, 전파 간섭 등과 같은 장소적 제약을 고려하여 선정하도록 한다.

(다) 네트워크 성능 예측

① 네트워크 성능 예측 시뮬레이션

네트워크 수신국의 배치를 결정함에 앞서 수신국의 기하학적 배치와 기타 환경 인자들이 사용자의 위치 결정 성능에 어떠한 영향을 끼치는지 분석하고 이에 대한 상관 관계 도출이 필요하다. 일반적으로 수신국의 배치는 정삼각형의 배열 형태가 가장 이상적(NGS 2011)이라고 알려져 있고, 수신국의 배치와 거리에 따른 Network RTK 성능에 관한 논문이 다수 발표된 바 있다. (Geisler 2006)의 논문에 따르면 수신국의 조합에 따라 Network RTK의 성능이 단일 수신국 RTK 대비 -68%에서 59%까지 크게 차이가 날 정도로 수신국의 배치가 직접적인 영향을 끼친다. 동일 수신국 구성에 대해서도 대해서도 사용자의 위치에 따라 그 성능이 달라질 수 있으며 (Grejner-Brzezinska 2005), 동일 수신국의 구성에 대해서도 적용하는 Network RTK 방식도 영향을 크게 미친다(Dabove 2011). (Schwarz 2009)는 수신국의 배치와 간격이 사용자의 정확도에 미치는 영향을 모델링하고 이를 NGS의 OPUS(Online Positioning User Service)의 수신국 네트워크에 적용하였는데 기준국의 기하학적인 분포와 기준국으로부터의 거리가 반영된 식을 이용하였다. 이를 위해 도입한 IDOP(Interpolative Dilution Of Precision)은 오차를 위·경도에 대한 평면으로 모델링할 때 사용자의 위치에 따른 영향을 지표화한 개념이다. IDOP은 아래 도시된 바와 같이 수신국으로부터의 거리가 아무리 멀더라도, 네트워크 상 중심에 있으면 그 값이 작아지는 특성이 있다. 따라서 IDOP은 수신국간의 거리와는 무관하게 수신국과 사용자간 상대적인 배치 형상에 의해서만 결정되는 값이므로, 수신국과의 거리에 대한 고려가 추가적으로 필요하다. <그림 2-33>은 IDOP 분포를 나타낸 것이다.

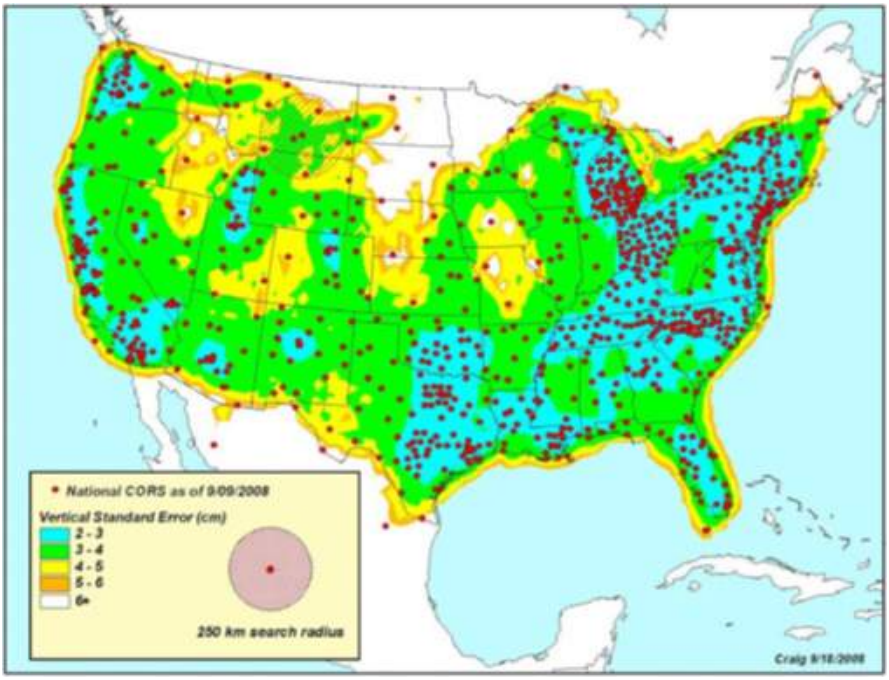


(x_0, y_0)	IDOP
(0, 0)	0.50
(0, p/2)	0.56
(p/2, 0)	0.56
(0, $-p$)	0.71
(p, 0)	0.71
(p, p)	0.87
(p, $-p$)	0.87
($-p$, $-p$)	0.87
($-p$, p)	0.87
(0, 3p/2)	0.90
(0, 2p)	1.12
(3p/2, 3p/2)	1.17
(2p, 2p)	1.50

<그림 2-33> IDOP 분포

사용자-수신국간 거리에 의해 평면 모델링에 의한 잔여 오차 추정을 위하여 RMSD (Root-Mean-Square Distance)를 사용한, 미국 전역에 대하여 Network RTK의 예상 성능을 도시

한 그림은 <그림 2-34>와 같다.



<그림 2-34> 미국 전역의 Network RTK 예상성능

본 연구에서는 IDOP와 RMSD의 제곱합으로 제시된 관계식의 검증을 통해 연구에서 구성하고자 하는 다중 수신국 기반 네트워크에 적용 가능성을 타진하고, 미국 CORS 기준국의 데이터를 바탕으로 산출된 계수를 적용함으로써 사용자 성능 관계식을 도출하고자 한다.

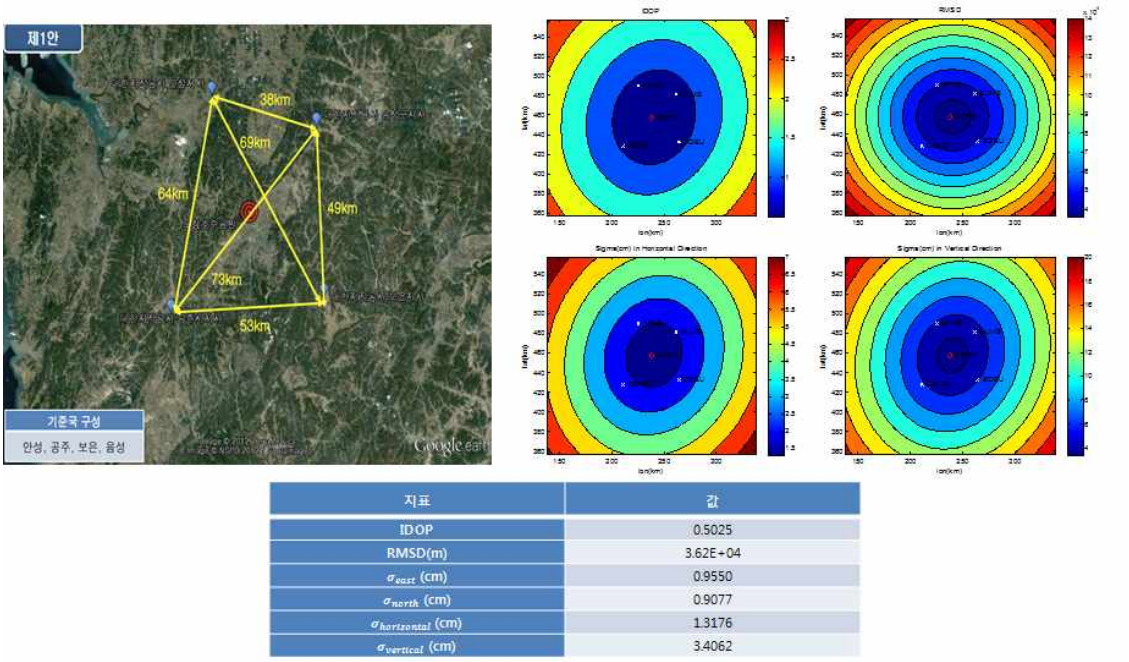
② 수신국 조합 후보안 별 성능

앞 항에서 도출된 최종 수신국 후보는 경기 본부의 안성지사와 충북 본부의 보은, 옥천 지사 및 음성 사이클 선수단 숙소, 충남 본부의 공주, 부여, 예산 지사에 진천을 추가하여 총 8개소로 수신국간 거리와 배치를 고려하여 아래와 같이 6개의 조합안을 제시하고 각각의 성능을 예측한다. 성능 예측은 Schwarz의 식을 따르고, 국내 데이터를 기반으로 산출해야 하는 α와 β는 여건상 미국 CORS 시뮬레이션에서 사용한 계수를 따르도록 한다.

㉮ 제 1안

안성, 공주, 보은, 음성으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 38km, 최대 73km로 비교적 균등하며, 네트워크 구성 형태가 사다리꼴에 가까워 큰 왜곡이 없으며, 테스트베드인 오창 지역이 네트워크의 중심부에 위치하여 양호한 성능이 예상된다. 위의 구성으로 Schwarz의 식에 대입되는 지표인 IDOP과 RMSD의 분포는 아래 그림과 같이 오창 지역에서의 지표값이 타 지역에 비해 좋다. 이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트

워크 내 지역에서 수평 2.24cm, 수직 6.35cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.32cm, 수직 3.41cm가 예상되었다. <그림 2-35>는 결과를 나타낸다.

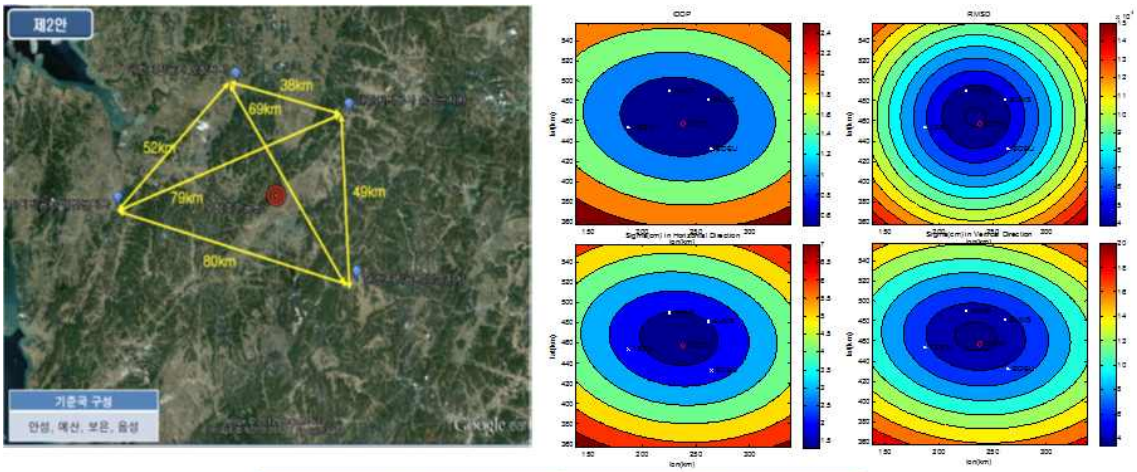


지표	값
IDOP	0.5025
RMSD(m)	3.62E+04
σ_{east} (cm)	0.9550
σ_{north} (cm)	0.9077
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.3176
$\sigma_{vertical}$ (cm)	3.4062

<그림 2-35> 제 1안 결과

㉯ 제 2안

안성, 예산, 보은, 음성으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 38km, 최대 80km이고, 네트워크 구성 형태가 사다리꼴에 가까워 큰 왜곡이 없다. 다만 테스트베드인 오창 지역이 네트워크에서 다소 치우친 위치에 배치된 점이 단점이다. 위의 구성으로 Schwarz의 식에 대입되는 지표인 IDOP과 RMSD의 분포는 아래 그림과 같고 오창 지역에서의 지표값이 타 지역에 비해 양호하다는 것을 확인할 수 있다.이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트워크 내 지역에서 수평 2.44cm, 수직 6.32cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.38cm, 수직 3.57cm가 예상되었다. <그림 2-36>은 결과를 나타낸다.

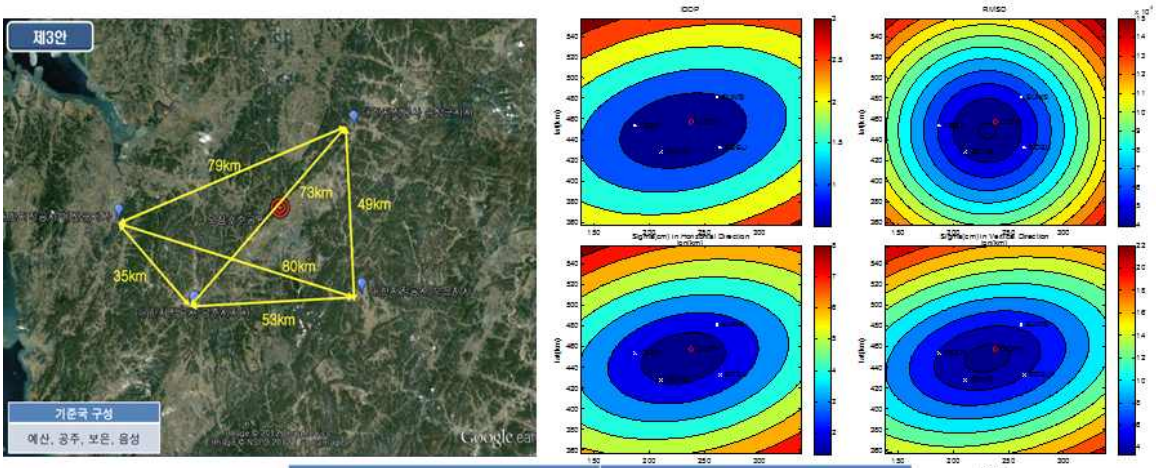


지표	값
IDOP	0.5271
RMSD(m)	3.97E+04
σ_{east} (cm)	1.0032
σ_{north} (cm)	0.9539
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.3844
$\sigma_{vertical}$ (cm)	3.5771

<그림 2-36> 제 2안 결과

㉮ 제 3안

예산, 공주, 보은, 음성으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 35km, 최대 80km로 기준국별 거리 편차가 크고, 네트워크 구성 형태의 왜곡이 크다. 또한 테스트베드인 오창 지역이 네트워크에서 치우친 위치에 배치되어 다른 안에 비해 성능이 불량할 것으로 예상된다. 이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트워크 내 지역에서 수평 2.55cm, 수직 6.65cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.42cm, 수직 3.67cm가 예상되었다. 이상의 수치 결과는 아래 표에 종합하였다. <그림 2-37>은 결과를 나타낸다.

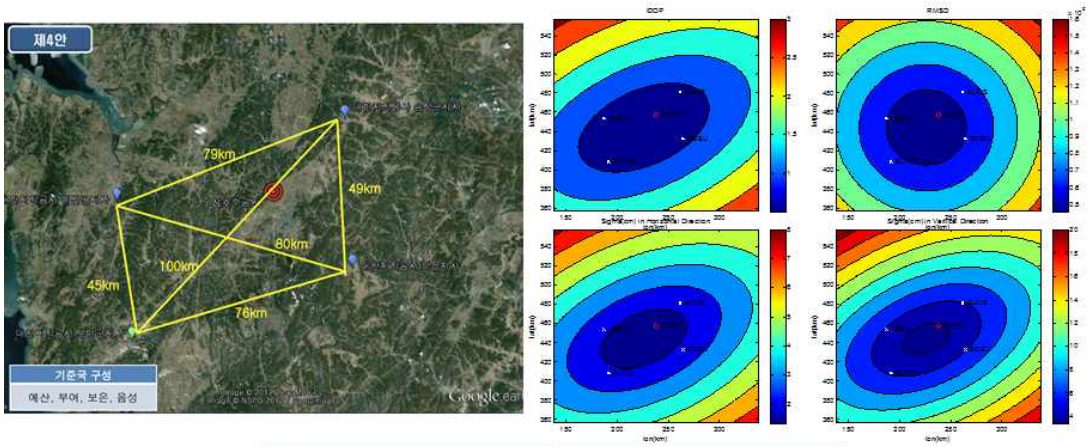


지표	값
IDOP	0.5410
RMSD(m)	4.08E+04
σ_{east} (cm)	1.0296
σ_{north} (cm)	0.9790
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.4207
$\sigma_{vertical}$ (cm)	3.6710

<그림 2-37> 제 3안 결과

㉮ 제 4안

안성, 부여, 보은, 음성으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 45km, 최대 100km로 NGS 규정에서 권고하는 기준국간 거리를 초과한다. 네트워크 구성 형태는 평행사변형에 가까워 네트워크 내 균등한 성능이 예상되나 테스트베드인 오창 지역이 네트워크에서 다소 치우친 위치에 배치된 점이 단점이다. 위의 구성으로 Schwarz의 식에 대입되는 지표인 IDOP과 RMSD의 분포는 아래 그림과 같고 오창 지역이 가장 좋은 위치는 아니나 네트워크 내의 성능이 전반적으로 균등하게 분포하여 큰 영향이 없을 것으로 예상된다.이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트워크 내 지역에서 수평 25cm, 수직 5.92cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.48cm, 수직 3.82cm가 예상되었다. <그림 2-38>은 결과를 나타낸다.

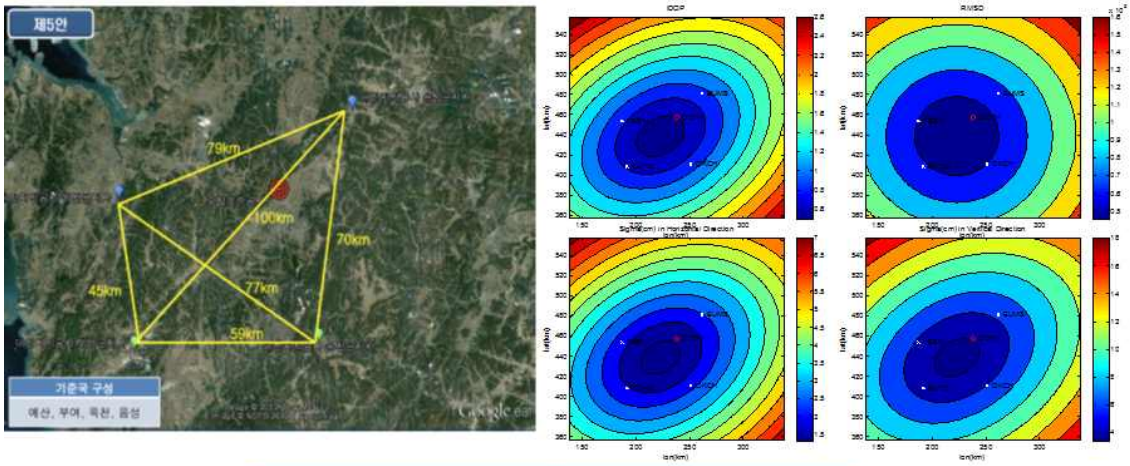


지표	값
IDOP	0.5600
RMSD(m)	4.88E+04
σ_{east} (cm)	1.0720
σ_{north} (cm)	1.0208
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.4803
$\sigma_{vertical}$ (cm)	3.8181

<그림 2-38> 제 4안 결과

㉮ 제 5안

예산, 부여, 옥천, 음성으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 45km, 최대 100km로, NGS의 권고사항보다 기준국간 거리가 멀고, 예산, 옥천, 음성으로 구성된 삼각망이 예산, 부여, 옥천의 망에 비해 지나치게 커서 지역별로 성능이 상이할 것으로 예상된다. 또한 테스트베드인 오창 지역이 네트워크에서 다소 치우친 위치에 배치된 점이 단점이다. 위의 구성으로 Schwarz의 식에 대입되는 지표인 IDOP과 RMSD의 분포는 아래 그림과 같고 기준국 네트워크 내의 성능 편차가 크고, 오창 지역은 최적의 위치는 아님을 확인할 수 있다.이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트워크 내 지역에서 수평 2.51cm, 수직 6.47cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.58cm, 수직 4.09cm가 예상되었다. <그림 2-39>는 결과를 나타낸다.

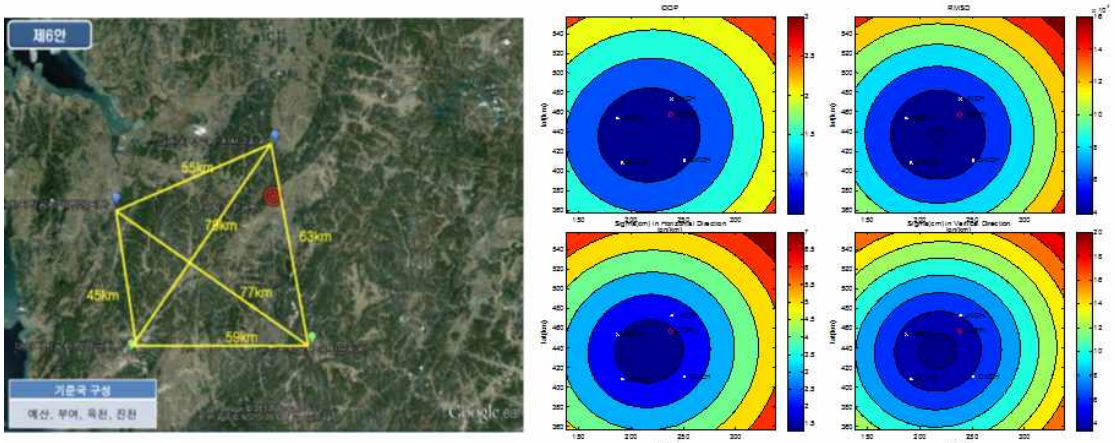


지표	값
IDOP	0.6012
RMSD(m)	5.13E+04
σ_{east} (cm)	1.1498
σ_{north} (cm)	1.0946
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.5875
$\sigma_{vertical}$ (cm)	4.0959

<그림 2-39> 제 5안 결과

㉮ 제 6안

예산, 부여, 옥천, 진천으로 구성된 안으로, 기준국간 거리가 최소 45km, 최대 78km로 편차가 적고, 네트워크 구성 형태가 마름모에 가까워 큰 왜곡이 없다. 다만 테스트베드인 오창 지역이 네트워크에서 지나치게 치우친 위치에 배치된 점이 단점이다. 위의 구성으로 Schwarz의 식에 대입되는 지표인 IDOP과 RMSD의 분포는 아래 그림과 같고, 오창 지역이 네트워크 경계지점에 극단적으로 치우쳐 있으나, 네트워크 내 성능이 전반적으로 편차가 적으므로 성능은 양호할 것으로 예상된다. 이를 대입하여 추정한 수평과 수직 정확도(1sigma)는 아래 그림과 같이 네트워크 내 지역에서 수평 2.45cm, 수직 6.26cm 수준이고, 오창 지역에서는 수평 1.87cm, 수직 4.58cm가 예상되었다. <그림 2-40>은 결과를 나타낸다.



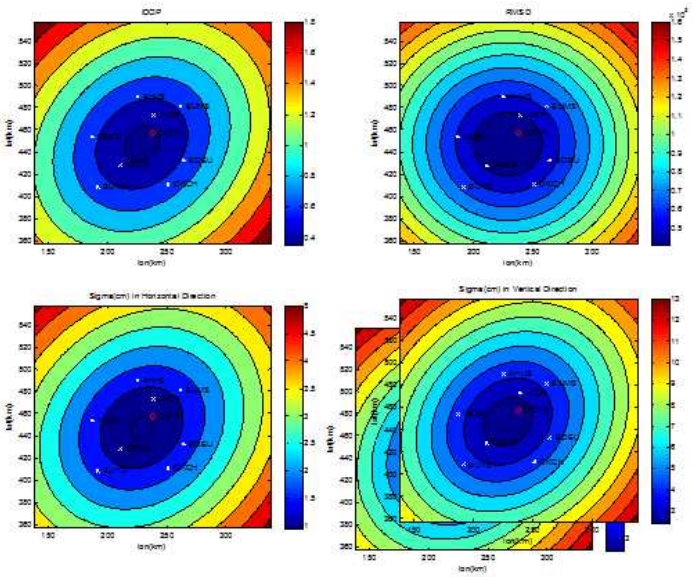
지표	값
IDOP	0.7171
RMSD(m)	4.91E+04
σ_{east} (cm)	1.3607
σ_{north} (cm)	1.2928
$\sigma_{horizontal}$ (cm)	1.8769
$\sigma_{vertical}$ (cm)	4.8543

<그림 2-40> 제 6안 결과

(라) 수신국 위치 최종 선정

이상의 결과를 종합해 볼 때 제 1 안의 안성, 음성, 공주, 보은의 위치가 최적임을 알 수 있다. <그림 2-41>은 최종 결과를 나타낸다.

	수평 정확도 (1sigma, cm)		수직 정확도 (1sigma, cm)	
	네트워크 외각	오창 지역	네트워크 외각	오창 지역
제 1 안	2.24	1.32	6.35	3.41
제 2 안	2.44	1.38	6.32	3.57
제 3 안	2.55	1.42	6.65	3.67
제 4 안	2.35	1.48	5.92	3.82
제 5 안	2.51	1.58	6.47	4.09
제 6 안	2.45	1.87	6.26	4.58



<그림 2-41> 수신국 배치 성능 결과

4. 테스트베드 개발 및 성과활용을 위한 시범운용 데모 장비 개발

가. 시범운용 데모방안 및 테스트베드 적용방안 도출

(1) 시범운용 데모방안 도출

(가) 사용자 시나리오를 기반으로 시범운용을 위한 요구사항 및 평가방법을 도출 및 데모 방안을 수립

○ 사용자 시나리오는 아래의 그림을 통해 확인할 수 있듯이 위성의 고장 유무, 위성 신호환경, 보정정보 상태, 항법도출 가능여부에 따라 구분하여 다양한 시나리오 대응 방안을 수립하였다.

○ 위성 고장의 경우 위성에 하드웨어적인 고장이 발생한 경우이므로 평가에 제약이 있기 때문에 실테스트는 불가하여 시뮬레이션 방법으로 대체하였고, 위성이 정상적으로 동작하는 상황에 발생할 수 있는 시나리오에 대한 데모방안을 도출하였다.

(나) 사용자 시나리오에 따른 요구사항 및 평가방법 도출

사용자 시나리오를 기반으로 위성 신호환경, 보정정보 상태, 항법도출 가능 여부에 따라 요구사항을 작성하였으며 해당 요구사항을 평가할 수 있는 평가방법을 수립하였다.

(2) 테스트베드 적용방안 도출을 위한 도로환경 분석

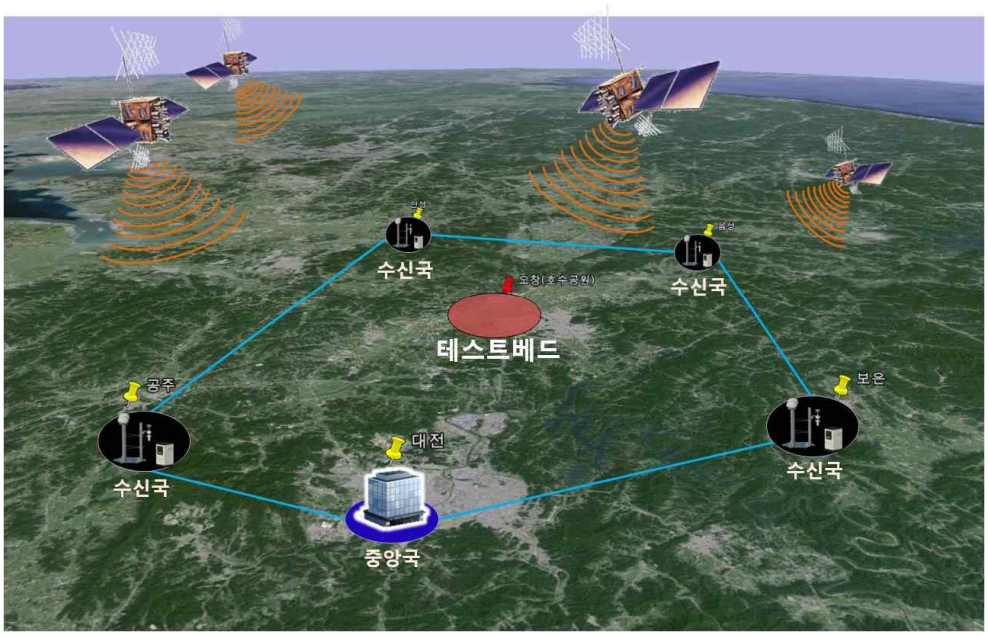
데모방안의 요구사항 중 보정정보 상태와 항법도출 가능여부의 경우 테스트베드 지역에서 데모 수행 시 인위적으로 적용할 수 있지만 위성 신호환경의 경우 다양한 도로환경에 따라 영향을 받게 되므로 테스트베드 지역의 도로환경 분석을 우선적으로 실시하여 테스트베드 적용방안을 도출하였다.

나. 테스트베드 및 시범운용 장비 설계, 운영 매뉴얼 작성

(1) 테스트베드 및 시범운용 장비 설계

(가) 시범운용 데모방안과 테스트베드 적용방안에 필요한 테스트베드 및 시범운용을 위한 장비 설계

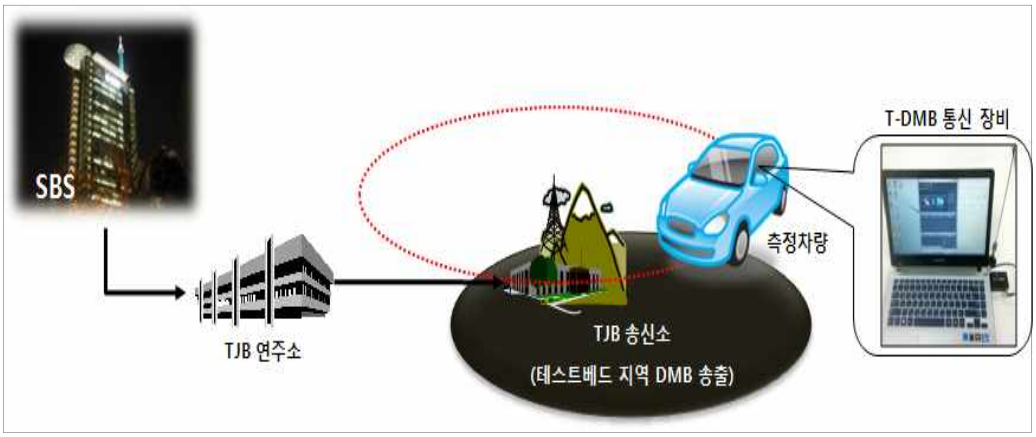
○ 테스트베드 시범운용을 위해 아래의 <그림 2-42>와 같이 안성, 음성, 공주, 보은 지역에 수신국을 설치하였으며 대전에 중앙국을 설치하여 차로구분 정밀 위치결정에 필요한 보강정보를 생성하도록 설계하였다.



<그림 2-42> 테스트베드 및 시범운용을 위한 장비구축

○ 중앙국에서 생성된 보강정보를 테스트베드 지역에 전송하기 위해 아래의 그림과 같이 통신운영 장비를 구성하였다.

○ 보강정보는 SBS 방송국-TJB연주소-TJB송신소를 거쳐 T-DMB 방송을 통해 테스트베드 지역에 송출되며 T-DMB 수신단말 모듈을 통해 보강정보를 수신할 수 있도록 설계하였다. <그림 2-43>은 통신운영 구성도를 나타낸다.



<그림 2-43> 테스트베드 및 시범운용을 위한 통신운영 구성

○ 본 과제 5차년도 이후 통신사를 MBC로 교체하여 운영하였다.

(2) 테스트베드 운영 매뉴얼 작성

사용자 시나리오를 통해 수립한 데모방안을 기반으로 다양한 육상교통 환경에서 장비를 운영하고 평가할 수 있는 운영매뉴얼을 작성하였으며 이를 통해 본 과제에서 개발한 차로구분 정밀위치결정 기술을 평가하기 위한 통합시험을 수행하였다.

다. 테스트베드 지역 정밀 환경 분석

(1) 테스트베드 시험평가를 위한 환경 분석

(가) 위성항법 신호에 따른 환경 분석

○ 위성항법 신호의 수신 상태는 주위 환경에 따라 영향을 받으며 그 요인은 주위 건물이나 나무, 장애물 등의 밀집도와 높이에 영향을 받는다.

○ 테스트베드 환경을 위성항법 신호 저해 요인에 따라 3가지 유형으로 분류하고 후보지를 분석하여 테스트베드를 선정하였으며 아래의 <그림 2-44>에 측정환경 선정기준을 나타낸다.



<그림 2-44> 측정환경 선정기준

(나) 테스트베드 환경 분석 방법

○ 정밀한 환경 분석을 위해 테스트베드 지역을 실측하여 3차원 모델링을 제작하고 제작된 3차원 모델링 지형도를 통해 건물이나 나무, 장애물 등의 밀집도 및 고도를 계산하였다.

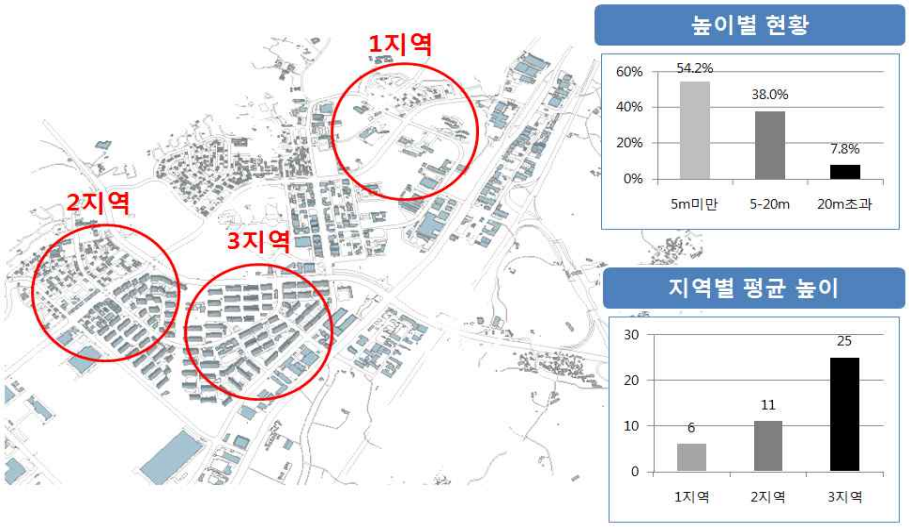
○ 아래의 <그림 2-45>은 실측데이터를 기반으로 제작한 테스트베드 지역의 3차원 모델링 결과를 나타낸다.



<그림 2-45> 3차원 모델링 결과

(다) 테스트베드 환경 분석 결과

테스트베드의 3차원 모델링 결과를 분석하여 측정환경 선정기준에 따른 1, 2, 3환경을 선정하였으며 해당 위치는 아래의 <그림 2-46>에 표시하였다.



<그림 2-46> 테스트베드 환경 분석 및 1,2,3환경 선정 결과

라. 테스트베드 지역 정밀 전자지도 제작

(1) 네비게이션 기반 정밀 전자지도 제작

(가) 실측 데이터를 이용한 정밀 전자지도 구축

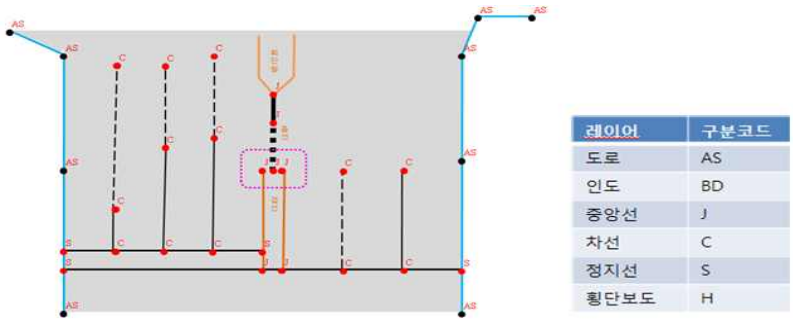
차로 구분이 가능한 정밀 전자지도의 구축을 위해 고성능 측량 장비로 측량을 하고 아래의 <그림 2-47>처럼 측량 값을 국가 기본도를 기반으로 네비게이션 Map과의 정위치 및 구조화 편집으로 정밀한 데이터베이스를 구축하였다.



<그림 2-47> 정밀 전자지도 데이터베이스 구축

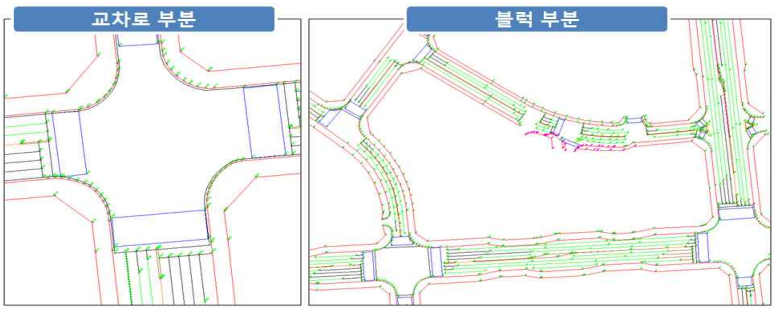
(나) 정밀 전자지도 실측 방안

○ 정밀 전자지도 구축을 위한 실측은 아래 <그림 2-48>에서 보이는 것처럼 차선 직선의 끝부분이나 곡선의 다수 점을 측량하여 지도에 표현하였다.



<그림 2-48> 정밀 전자지도 데이터베이스 측량점

○ 측량점을 직선으로 연결하고 구축 항목에 맞는 색상이나 이미지를 입혀서 보다 정밀하고 세분화된 정밀 전자지도를 구축하였으며 아래의 <그림 2-49>와 같다.



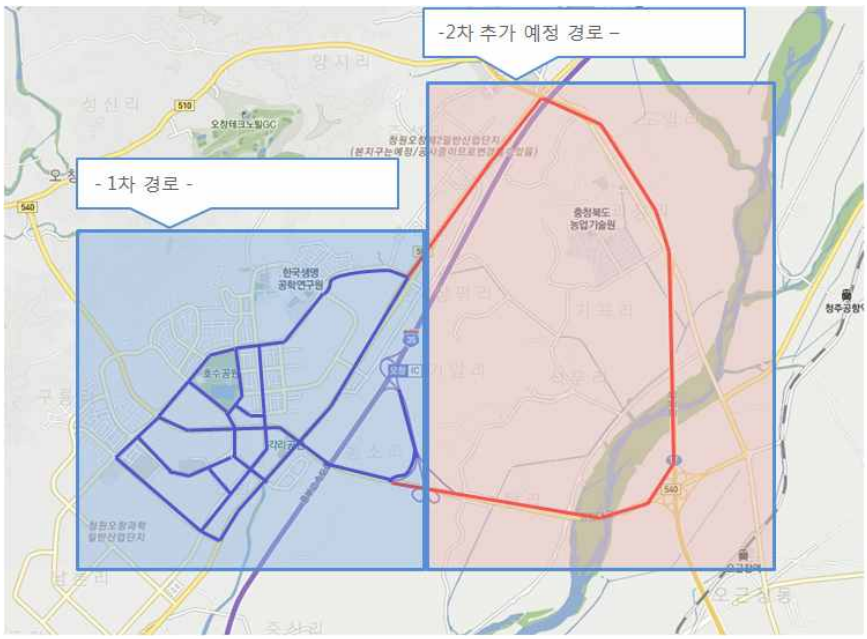
<그림 2-49> 구축된 정밀 전자지도

(다) 정밀 전자지도 추가 제작

① 테스트베드 구간 확장에 따른 정밀 전자지도 추가 제작

○ 움직이고 있는 차량의 위치 정확도를 알기 위해서는 차량의 움직임을 비교 분석 할 수 있는 정밀전자지도가 필요하다.

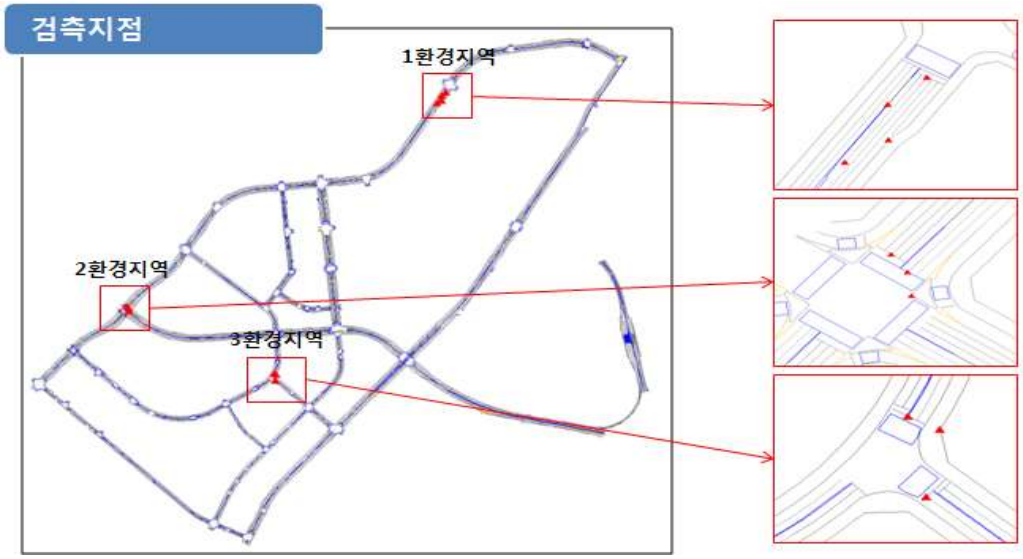
○ 차로 구분 가능 정밀 위치 결정의 과제 결과물을 실험하기 위해 지금의 테스트베드 보다 넓고 다양한 육상교통 환경에서 실험을 진행할 필요가 있으므로 이를 위한 추가적인 전자지도 제작이 필요하다. <그림 2-50>은 정밀전자지도 추가제작 구간을 나타낸 것이다.



<그림 2-50> 정밀 전자지도 추가 제작 구간

② 2차 단말기 장기 운용을 통한 정밀 전자지도 검증

정밀 전자지도의 정확도 검증을 위해 다양한 지점에 대한 실측을 통해 정밀 전자지도를 검증하였다.



<그림 2-51> 정밀 전자지도 검증 구간

마. 테스트베드 시범운용 장비제작

○ 테스트베드 지역에서 상시적으로 위성항법 데이터를 획득하고 중앙국의 보정정보 성능을 독립적으로 감시할 수 있도록 2기의 감시국 제작 및 설치하였다.

○ 감시국 설치를 위해 위성항법 신호에 영향을 줄 수 있는 전파환경 분석을 수행하였으며 오창과 청주에 감시국을 설치하였다.

(1) 감시국 환경 분석 결과

(가) 청주 감시국 (대한지적공사 충북 본부)

○ 충청북도본부 주변의 전파간섭 측정을 위해 6월14일 1,164 ~ 1,237㎒, 1,246 ~ 1,257㎒, 1,260 ~ 1,300㎒, 1,559 ~ 1,609㎒ 의 대역을 상대로 측정하였다.

○ 아래 <그림 2-52>는 각 주파수 범위에 대한 최대, 평균, 최소 세기에 대한 노이즈 결과이며 각 주파수 범위에 걸쳐 최대 -90dBm, 평균 -104dBm, 최소 -120~-170dBm로서 평상 노이즈 레벨이다.

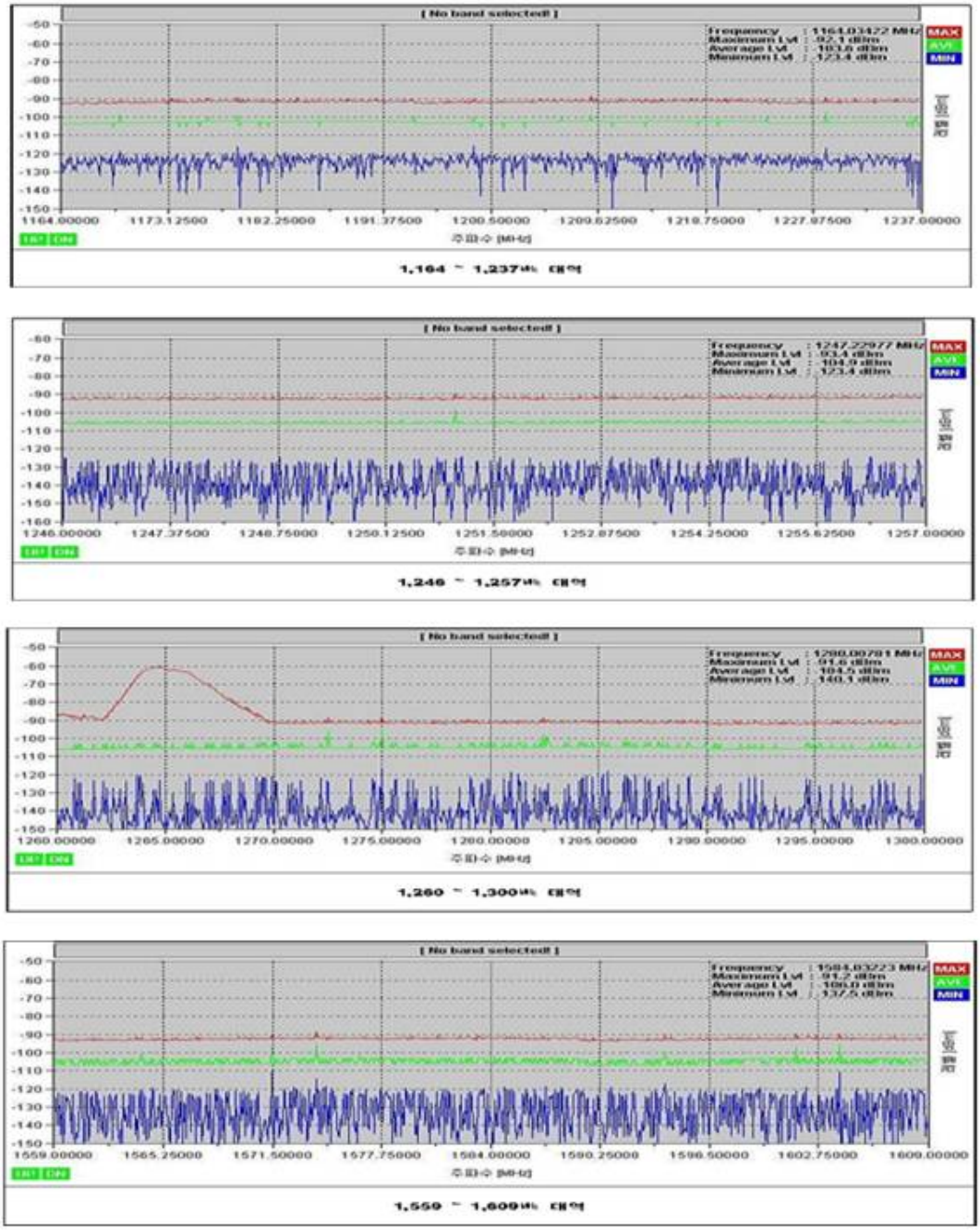


<그림 2-52> 주파수별 최대, 평균, 최소 신호세기 노이즈 결과(청주)

(나) 비봉초등학교 감시국

○ 충북 청원군 오창읍에 위치한 비봉초등학교 주변의 전파간섭 측정을 위해 4월26일 1,164 ~ 1,237㎒, 1,246 ~ 1,257㎒, 1,260 ~ 1,300㎒, 1,559 ~ 1,609㎒ 의 대역을 상대로 측정하였다.

○ 아래 <그림 2-53>은 각 주파수 범위에 대한 최대, 평균, 최소 세기에 대한 노이즈 결과이며 각 주파수 범위에 걸쳐 최대 -90dBm, 평균 -105dBm, 최소 -120~-140dBm 로서 평상 노이즈 레벨이다.



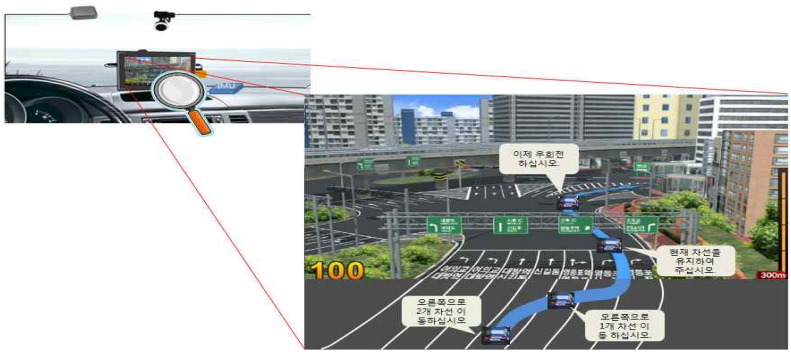
<그림 2-53> 주파수별 최대, 평균, 최소 신호세기 노이즈 결과(비봉초등학교)

(2) 상용 네비게이션 기반 단말기 제작

(가) 차로구분이 가능한 네비게이션 장비의 설계 및 제작

(나) 사용자 네비게이션 시스템의 기능 및 구조

① 사용자 시스템이 갖는 기능은 아래 <그림 2-54>처럼 정밀 위치 결정을 수행하고 구해진 결과를 육상교통 환경에서 차로 구분이 가능할 정도의 정확도를 갖고 있는 정밀 전자지도에 표현하였다.



<그림 2-54> 사용자 네비게이션 시스템

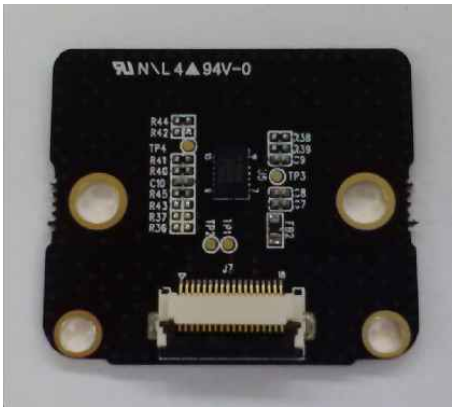
② 사용자 네비게이션 시스템은 아래 <그림 2-55>과 같이 복합센서 데이터를 획득하는 획득 모듈과 보정정보 획득 모듈, 정밀 전자지도, 위성항법 알고리즘으로 구성되는 사용자 단말기 본체와 Vision 센서, 차량용 관성 센서, 차속 센서 등과 같은 장비로 구성된다.



<그림 2-55> 사용자 단말기 활용 설명도

(다) 차량 장착용 관성센서 모듈 제작

차량용 관성센서 모듈은 가속도계 3축과 각속도계 3축으로 구성되어 있으며 차량 진동에 흔들리는 단말기의 떨림을 고려하여 사용자 단말기에 고정 장착을 하지 않고 차량에 직접 장착하여 차량의 움직임만을 측정할 수 있도록 개발하였으며 아래의 <그림 2-56>는 개발된 보드의 형상이다.



<그림 2-56> 차량용
관성센서(IMU) 보드

(라) 이미지 처리용 Vision 센서 모듈 제작

Vision 센서 모듈은 120° 이상의 광각 렌즈와 카메라, 영상처리를 하기 위한 Processer를 포함하고 있으며 카메라를 통하여 촬영된 이미지를 Vision 센서 모듈 안에서 Image Processing을 진행하고 차선변경 Flag와 차량의 헤딩을 검출하였다.

(마) 사용자 단말기 외형도

사용자 단말기 외형은 차량에 장착하기 편리하고 위성항법 정밀 위치 결정의 결과를 확인하기 편리하도록 네비게이션 형태로 설계하였고 이를 통해 아래 <그림 2-57>과 같이 완성된 사용자 단말기의 외형을 제작하였다.



<그림 2-57> 단말기 외형도

(바) 실시간 운영을 위한 Embedded 소프트웨어 개발

① 획득, 처리, 출력 단계로 진행되는 라이브러리 형태의 소프트웨어 개발 진행(DLL 형태로 제작)하였다.

② 처리 모듈(알고리즘 Thread)은 획득 모듈과 병행으로 처리되어 획득된 데이터에 대해 실시간으로 처리하고 출력하였다.

③ 포지션 알고리즘 초기화는 라이브러리가 로드되면, Position data 전달을 위한 CallBack Function 선언 및 실시간으로 처리하기 위한 알고리즘 Thread, 데이터 수신 관련 Thread, 데이터 전송 Thread를 구동될 수 있도록 개발하였다.

④ 데이터 획득 부분은 DLL내 데이터 전달 함수들을 통해 GPS(Ublox), IMU, DGPS 데이터를 전달받아 알고리즘에서 사용가능한 Struct 형태로 변환하여 알고리즘 Thread 전달을 위한 Data MessageQueue로 전달되는 구조이다.

⑤ 데이터 처리 부분은 실시간으로 전달되는 각각의 데이터들은 Message Queue에서 Load되어 알고리즘에 대입 및 처리하였다.

⑥ 처리된 데이터는 Position data 및 그와 관련된 데이터를 포함한 Structure 형태로 표출하였다.

⑦ 데이터 출력 부분은 처리 후 표출된 Position data 는 $GPIGF 데이터(NMEA Format)로 변환되어 각각 전자지도 S/W 및 영상처리 S/W로 전달하였다.

바. 테스트베드 장비 및 시범운용 장비 평가

(1) 테스트베드 지역 내 통합시험 수행

- 테스트베드 장비와 시범운용 장비의 성능을 평가하기 위한 통합시험 수행
- 일시: 2013년 7월 9일
- 장소: 오창 호수공원 주변 도로 (테스트베드)
- 목적: 차로구분 가능 정밀 위치결정을 위해 구축된 전체 시스템의 기능 검사 및 정확도 분석을 위한 통합 시험 수행
- 방법: 테스트베드 지역 내에서 차량이동을 하며 사용자 알고리즘에 의한 위치와 차선매칭된 위치를 정밀 전자지도 상에 표시하여 비교 분석함
- 결과: 차량 이동간에 사용자 알고리즘에 의해 산출된 위치는 아래 결과 화면의 파란색 궤적이며 차선매칭을 통해 산출된 위치는 분홍색 궤적임



<그림 2-58> 통합시험 결과 화면(네비게이션)

(2) 테스트베드 지역 내 통합 기능 시험

(가) 테스트베드 지역 내 통합 기능 시험을 위한 경로 선정

① 통합 기능 시험을 위해 테스트베드 지역 환경분석 결과와 사용자 시나리오를 바탕으로 시험평가 경로를 선정하였다. <그림 2-59>은 경로선정 내용을 나타낸 것이다.

② GPS단독항법의 결과와 Network RTK+INS 항법의 결과를 비교할 수 있도록 네비게이션에 표출하여 평가를 수행하였다.



<그림 2-59> 통합 기능 시험을 위한 경로 선정

(나) 통합 기능 시험평가를 위한 평가방법 도출

① 본 과제에서 개발한 위성항법 기반 차로구분 위치결정 시스템의 성능 검증을 위해 테스트베드 지역에서 통합 기능 시험을 수행하였다.

② 통합 기능 시험평가를 위한 평가지표를 작성하였다

○ 평가 일정 및 시간, 평가 목적, 평가 경로 및 지점등을 계획하여 작성

○ 시스템 성능 검증 평가지표

- 데모방안 시나리오에 따른 시험평가 시나리오 대응기술의 성능을 검증하기 위한 평가지표를 도출하였다.
- 시나리오에 따른 평가항목 및 방법을 계획하여 기입하고 데모를 수행하며 평가 결과를 작성하였다.

○ 데모방안 시나리오 현장구현 검증 평가지표

- 통합 기능 시험평가 시 데모방안 시나리오의 요구사항과 현장상황의 일치함을 검증하기 위한 평가지표
- 시험평가를 진행하는 동안 위성항법데이터, 보정정보 데이터, INS 데이터를 저장하여 평가 후 데모수행 시간의 현장상황을 분석하여 평가지표 작성

<표 2-3> 통합기능 시험 평가지표(예시)

<table>
<tr><th colspan="6">위성항법기반 교통인프라 시스템 성능 검증</th></tr>
<tr><td>날짜</td><td colspan="2">201X. XX. XX</td><td>장소</td><td colspan="2">오창 호수공원</td></tr>
<tr><th colspan="6">시스템 성능 검증</th></tr>
<tr><td colspan="3">평가 경로</td><td colspan="3">평가 지점</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시나리오 요구사항</td><td colspan="5">1) 위성 4개 미만 2) PDOP 7이상</td></tr>
<tr><td colspan="5">3) 보정정보 정상 4) INS 항법 적용</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가 항목</td><td colspan="3">평가 방법</td></tr>
<tr><td colspan="3">위성항법 신호 수신 불가능 지역의 INS 항법 성능 확인</td><td colspan="3">지하차도 내에서 직선방향으로 이동하는 차량의 차선 유지 상태 확인</td></tr>
<tr><td rowspan="2">평가 결과</td><td colspan="2">상</td><td>중</td><td colspan="2">하</td></tr>
<tr><td colspan="5">메모:</td></tr>
<tr><th colspan="6">시나리오 현장구현 검증</th></tr>
<tr><td>관측 위성 수</td><td colspan="2"></td><td>PDOP</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>보정정보 적용</td><td>O</td><td>X</td><td>INS 항법 적용</td><td>O</td><td>X</td></tr>
<tr><td>현장상황 평가 결과</td><td colspan="2">상</td><td>중</td><td colspan="2">하</td></tr>
</table>

제2절 실시간 시험평가용 지역수신국 시스템 개발

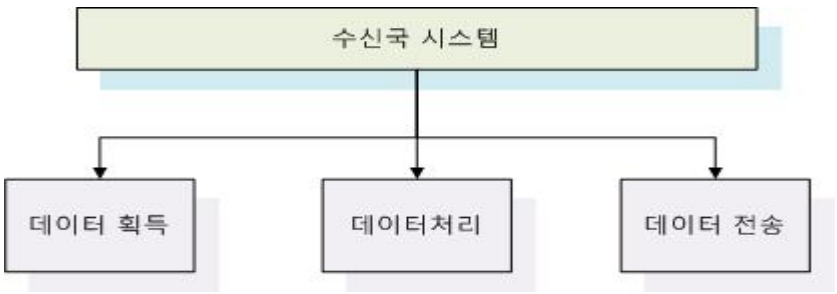
1. 지역수신국 시스템 상세설계

반송파 위성항법 기반의 다중 수신국 네트워크를 활용한 실시간 시험평가 수신국 시스템으로 위성항법신호를 수신 및 기상 측정 데이터, 감시 영상을 획득하여 안정적으로 중앙국으로 전송하는 시스템이다.

가. 기능 및 요구조건

(1) 수신국 시스템 기능

수신국 시스템은 위성항법 신호 수신 및 기상 데이터를 수신하여 기초적인 신호검사를 수행한 후 이후 데이터를 저장하고 중앙국으로 데이터를 전송하는 기능을 수행한다.



<그림 2-60> 수신국 시스템 기능

<그림 2-60>과 같이 수신국 시스템의 세부 기능은 데이터 획득, 데이터 처리, 데이터 전송 등으로 구분할 수 있으며 각각의 기능은 다음과 같다.

- 데이터 획득 : 위성항법 신호, 기상측정 데이터, 영상 데이터를 획득함
- 데이터 처리 : 획득된 데이터를 디코딩하고, 데이터 이상을 검출하고, 실시간으로 데이터를 저장함
- 데이터 전송 : 유/무선 네트워크 통신을 활용하여 데이터를 중앙국으로 전송함

(2) 수신국 시스템 요구조건

(가) 장기간 고정밀 서비스 제공

위성항법 수신국은 지속적으로 데이터를 수신하여 처리하여야 하므로 시계열 안정성이 우선적으로 확보되어야 하고, 최소 15년 이상 장기간 운영이 가능하도록 구축이 유지되어야 한다.

일정수준의 정확도가 유지되어야 하고 이를 위하여 내식성도 보장하여야 한다.

(나) 신호 품질 확보

다중 경로오차나 싸이클 슬립, 대기권 오차 영향이 적은 고품질의 위성항법 신호를 최대한 다량 수신하기 위하여, 시계가 확보된 지역에 구축되어야 하고, 신호 간섭 요소도 제거되어야한다.

① 가시환경

위성 가시환경 확보를 위하여 고도각 15도 이상에 방해물이 거의 없는 지역을 사용한다. 울타리, 벽 등 심각한 신호 반사를 일으키는 장애물이 있거나, 다중 경로 오차를 유발하기 쉬운 곳이나 주변 환경의 변화(건물, 나무 등)가 심각할 것으로 예상되는 지역은 지양하되, 시계 확보를 위해 나무 등 주변 식물 조경이 가능한 곳을 사용하도록 한다.

② 전파환경

전파 간섭이 심한 곳은 지양하며 TV, 마이크로파, FM 라디오 방송국, 핸드폰, 고주파수/극초단파 중계기, 레이더, 고전압 전선 등으로부터 최대한 멀리 위치하도록 한다. 또한 낙뢰 위험이 없는 곳에 설치하도록 한다.

(다) 구축 및 관리 용이

위성항법 수신국의 구축과 관리를 용이하게 하기 위하여 비용이 적게 소요되고, 설치가 용이하며 단순화된 디자인을 사용하도록 하며 운영에 필요한 부대시설을 갖추어야 한다. 유지 관리를 위한 접근이 용이하되, 파손/훼손/도난의 위험은 제거해야 한다.

(라) 부대시설 및 관리

인터넷이나 전화 회선을 통한 데이터 접근이 가능하거나, 빠른 시간 내 복구 가능한 지점을 선택하고 전력 공급이 원활하고 연속적인 장소를 확보해야 한다. 유지보수를 위해 접근이 용이한 곳을 선정하되 지진, 강풍, 홍수 등에 의해 파손의 위험이 없고 사람에 의한 훼손 및 도난의 위험이 없는 곳을 선택하여야 한다.

<표 2-4> 수신국 시스템 연구 개발 요구사항

구분	요구조건	비고
케이블 설치	- 케이블이 최대한 고정 - 케이블의 길이는 30m 이내 이며, 신호손실은 9dB 이내	
기상측정 장비	- 압력센서 잡음은 0.5hPa 이하 - 온도센서 정확도 1K 이하로 평향(drift)와 편이(bias)는 최소화 - 지면에서 기상측정 장비의 높이는 1m 이상	
위성항법 수신기	- 위성항법 신호는 L1 C/A또는 P-Code, L1/L2 를 수신 - 채널 12개 이상 - 데이터 샘플링 간격은 1Hz 이상	
데이터 통신 장치	- 원시 데이터는 대략 500bps로 전송되므로, 56K정도 대역폭이상	
전원 공급 장치	- 신뢰할 수 있는 전원입력을 통해 연속적으로 전력을 공급	
데이터 처리 지연시간	- 위성항법 수신기와 기상측정장비로부터 데이터를 획득하여 처리되는 지연 시간 300ms 이내	
유지 보수성	- 각 구성 장치별 유지보수가 가능한 구조로 장비 교체 및 변경이 용이	
이동가능 구조	- 안테나와 데이터처리장치와의 이동성을 고려하여 분리 및 조립 가능	
신뢰성	- 상시 전원 공급시 한달이상 연속 운영 가능 - 전원 일시 단절시 5분이상 동작 유지 및 자가 복구 가능	

(3) 수신국 상세 시스템 요구사항 및 검증 방법

(가) 수신국 상세 시스템 요구사항

<표 2-5> 수신국 상세 시스템 요구사항 I (전체 시스템)

Title	Requirements	Verification
설계 수명 (하드웨어)	전체 시스템 설계 수명 5년 이상	Analysis
설계 수명 (소프트웨어)	전체 시스템 설계 수명 5년 이상	Analysis
데이터 획득 및 출력주기	수신국의 데이터 획득 및 출력 주기 1Hz (±10ms)	Analysis
총괄 데이터 처리시간	전체 데이터 처리시간 100 ms 이내	Analysis
총괄 시스템 안정성	전체 시스템 안정성 10-8 이상	Analysis

<표 2-6> 수신국 상세 시스템 요구사항Ⅱ(소프트웨어, 하드웨어)

Title	Requirements	Verification
소프트웨어		
설계 수명 (소프트웨어)	소프트웨어 동작 수명 (이상사항 제외)	Analysis [V-01]
데이터 획득 및 출력 주기	수신국의 데이터 획득 및 출력 주기 1Hz의 ±10ms 이내	Analysis [V-02]
데이터 처리시간 (획득 모듈)	획득모듈 데이터 처리시간 20 ms 이내	Operating Test [V-03]
데이터 처리시간 (처리 모듈)	처리모듈 데이터 처리시간 20 ms 이내	Operating Test [V-03]
데이터 처리시간 (출력 모듈)	출력모듈 데이터 처리시간 10 ms 이내	Operating Test [V-03]
데이터 처리안정성 (획득 모듈)	획득 모듈의 안정성 합이 10-8 이상	Operating Test [V-04]
데이터 처리안정성 (처리 모듈)	처리 모듈의 안정성 합이 10-8이상	Operating Test [V-04]
데이터 처리안정성 (출력 모듈)	출력 모듈의 안정성 합이 10-8 이상	Operating Test [V-04]
데이터 성능 (반송파 측정치)	데이터상의 반송파 측정치 성능 0.01m 미만	Analysis [V-05]
데이터 성능 (신호대 잡음비)	데이터의 신호대 잡음비 35 dB/Hz 미만	Analysis [V-05]
데이터 성능 (평균 고도각)	가시 위성 6개 이상 Elevation 10 이상	Analysis [V-05]
데이터 핸들링방법	각 데이터의 독립적인 획득을 위한 다중 Thread 방식 사용	Analysis [V-06]
시계 동기 정확도	중앙국 정밀시계 동기시간 10ms 이하	Analysis [V-07]
프로그램 메모리 점유율	처리지연 현상 고려 프로그램 동작 시 50% 이하로 설정 (HW 고려)	Analysis [V-08]
프로그램 처리 점유율	처리지연 현상 고려 프로그램 동작 시 50% 이하로 설정(HW고려) (HW 사양고려)	Analysis [V-08]
프로그램 네트워크 점유율	네트워크 지연 현상 고려 프로그램 동작 시 50% 이하로 설정 (HW고려)	Analysis [V-09]
하드웨어		
설계 수명 (하드웨어)	하드웨어 동작 수명 (이상사항 제외)	Analysis [V-01]
장치안정성 (수신 모듈)	수신 시스템 오류빈도 10-9이상	Operating Test [V-08]
장치안정성 (네트워크 모듈)	시스템 네트워크 오류빈도 10-9 이상	Operating Test [V-08]
장치안정성 (데이터처리모듈)	시스템 중앙처리장치 오류빈도 10-9 이상	Operating Test [V-08]
장치안정성 (외부인터페이스모듈)	시스템 I/O장치 오류빈도 10-9 이상	Operating Test [V-08]

장치안정성 (데이터저장모듈)	시스템 하드디스크 오류빈도 10-9 이상	Operating Test [V-08]
장치성능 (네트워크 모듈)	네트워크 모듈의 최소 성능 1 Gbps 이상, 4 Port 이상	Analysis [V-09]

(나) 수신국 상세 시스템 검증방법

<표 2-7> 수신국 상세 시스템 요구사항 검증 방법

Verification	검증 방법
V-01	하드웨어의 설계 수명은 하드웨어 Specification 및 단기 연속 운용일로 검증 소프트웨어의 설계 수명은 소프트웨어의 Code Analysis, 동작과정 중의 Program, Memory 등의 Risk Check, 단기 연속 운용일로 검증
V-02	데이터 획득 및 출력 주기의 검증은 시스템 단위 처리시간 분석, Time Tack 분석을 통하여 검증
V-03	외부장치로부터의 데이터 획득 시점을 기준시점으로 출력까지의 처리 지연시간 분석하여 검증 (정밀 시계 동기 가정)
V-04	1일 단위의 단위 함수 연속 운용률 측정(오류 발생수/운용시간)을 통하여 안정성 검증
V-05	일주일 이상의 데이터 Logging을 통하여 통상적인 데이터를 분석하여 성능을 검증
V-06	Code Level 단위의 분석을 통하여 Multi-thread 동작 유무를 검증
V-07	중앙국 정밀 시계 대비 수신국 시계의 차이로 그 성능을 검증[네트워크 지연 고려]
V-08	1일 단위의 단위 시스템 연속 운용률 측정(오류 발생수/운용시간)을 통하여 안정성 검증
V-09	제조사의 사양 검토, 설계 검토, 상세 구현 시작품을 통하여 검증
V-10	상시전원 단락을 통하여 정상동작 시간을 측정하여 검증
V-11	설계 검토 및 연속 운용을 통하여 외부 안정성을 검증

(4) 수신국 시스템 장비 구성

수신국 시스템은 안테나부와 제어함체부로 구성되어 있으며 <그림 2-61>와 같다.



<그림 2-61> 수신국 장비 기본 구성도

(가) 위성항법 수신안테나

안테나 설치 지점을 기준으로 0.1mm의 미동도 없을 정도로 단단히 고정하여야 하고, 안테나 기준점은 지표상 표기된 지점에서 정확히 연직 방향에 설치되어야 한다. 정준 위치는 지표상 표기된 지점 기준으로 0.15도 이내, 또는 2.5mm/m 이내여야 한다.

안테나 기준점과 마크의 이격(eccentricities)은 1mm 내의 정확도로 측정되고 관측소 로그와 RINEX 헤더에 기재되어야 하고, 이격의 각 구성요소(easting, northing, height)는 5m 이하여야 한다.

위상중심모델은 IGS, NGS 사이트에 기록되어 인정된 것을 사용하여야 하고, 수평을 유지하되, 안테나의 북쪽 표시 또는 안테나 케이블 연결 단자를 통해 정북 방향을 설정해야 한다. 표준 안테나(Dorne Margolin choke ring)와의 함께 사용시 오차를 무시할 수 있을 정도로 잘 정의된 phase와 gain 패턴이 정확히 정의되고, 그 패턴이 재현(reproducible) 가능하여야 한다. 위상 절대 중심(Absolute phase center)의 안정성(stability)이 Dorne Margolin choke ring을 기준으로 수평 2mm, 수직 4mm 이내여야 하고, 안테나로부터 위상 중심까지의 재현성(최소 3회 측정, 1sigma)도 수평 5mm, 수직 1mm 이내여야 한다.

(나) 안테나 케이블

케이블이 최대한 고정되어 움직임이 없도록 설치하되, 100ft/30m까지를 최대 길이로 하며 신호 손실은 9db 이하로 한다. 연결단자를 지양하고 수신기와 안테나와 직접연결 가능한 형태로 설치하되, 접합점은 부틸합성, 고무피복과 같은 방수재료로 봉인한다. 피뢰기에는 독립적 접지가 필요하고 안테나와 수신기 사이의 안테나 케이블에 피뢰기를 삽입한다. 수신기 파손 방지를 위하여 피뢰기는 건물의 바깥쪽 또는 건물 안의 케이블 끝 지점에 설치한다.

(다) 기상측정장비

정밀 기상 관측 장비는 압력과 기온은 반드시 관측하여야 하고, 데이터는 RINEX 형식을 지원하여야 한다. 압력 센서의 잡음은 0.5hPa이하, 온도 센서의 정확도는 1K 이하로 편향(drift)과 편이(bias)는 최소화되어야 한다. 압력 측정에 대한 온도의 영향을 최소화하되, 필요시 태양 차단막을 설치하거나 센서를 근처 건물 내에 설치한다. GPS 안테나를 기준으로 기상 관측 장비의 높이를 1m 이내 정확도로 결정한다.

(라) 위성항법 수신기

수신국에 설치되는 위성항법 수신기의 수신 신호는 L1 C/A 또는 P-Code, L1/L2 반송파가 공통으로 수신하는 것이다. 동시 관측 위성 수의 경우 IGS는 임계각 3도 이하에서 모든 방향 트래킹을 지원하여 8개 이상 수신하도록, NGS는 0도 이상 시계에서 위성상태와 무관하게 10개 이상의 모든 위성을 트래킹 하도록 권고하고 있다.

데이터 샘플링 간격은 30초 이하를 공통적으로 권하고 있으며, NGS의 경우 30/15/10/5/1초 등의 간격을 유지하고, 시간별/일별 저장이 가능한 것을 추천한다. 임계 고도각(cutoff angle)으로는 IGS는 10도 이하, NGS는 0도 또는 5도, UNAVCO는 15도를 권고하고 있다.

(마) 데이터 통신 장치

수신국과 중앙국간에는 원시 데이터를 그대로 시간 지연 없이 실시간 전송하고 단방향, 양방향, NTRIP 방식 등 다양한 방식의 사용이 가능하다. 원시 데이터는 대략 500bps로 전송되므로, 56K정도의 대역폭에서는 큰 고려대상이 아니다. 시간 지연은 주요 고려 대상이므로 모든 수신국이 1초 이하로 동기되는 것이 바람직하고, 최대 2.5초 시간 지연까지 허용한다.

WAN, LAN은 시간 지연을 가장 낮출 수 있는 방법으로 단일 선으로 연결되므로 통신 두절 시 문제 발생의 여지가 있다. 통신 품질, 타 사용자 로드에 대한 검토가 필요하므로 전용선의 사용을 권장한다. 상용 DSL/케이블의 경우 시간 지연과 신뢰성 측면에서 성능이 우수하나 보안이 제한적이고 수신기에 따라 단방향 통신만 가능할 수 있다.

(바) 전원 공급 장치

신뢰할 수 있는 전원입력을 통해 연속적으로 전력을 공급받아야 하고, 가능한 다른 장비들과 회손 공유를 피한다. 필요시 전압 조정장치와 UPS 사용 또는 이에 대한 대안으로 태양전지판, 납산성 배터리 등도 고려한다.

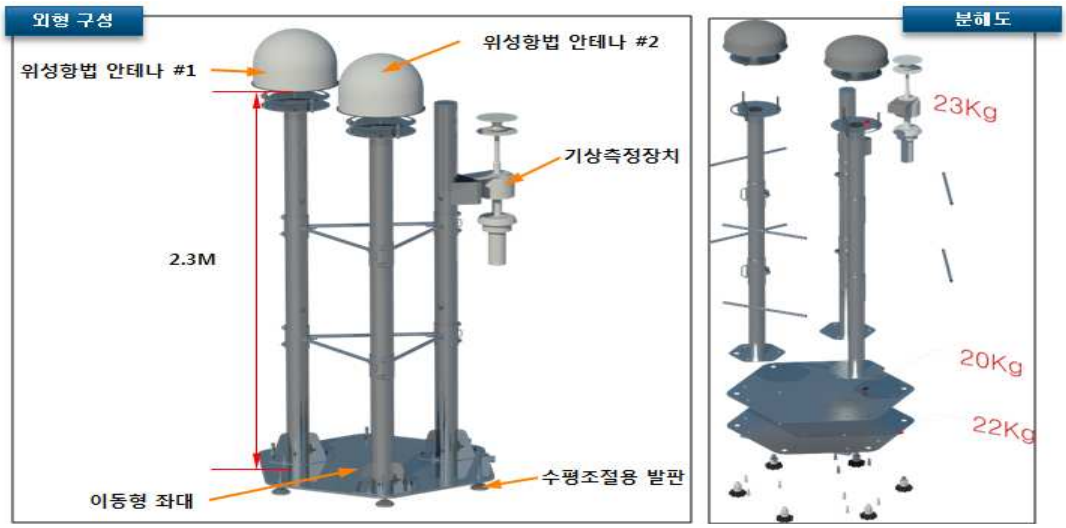
나. 수신국 시스템 설계안

(1) 수신국 시스템 하드웨어 상세 설계

수신국 시스템 하드웨어는 안테나부와 제어함체부로 크게 구성된다. 안테나부는 안테나가 듀얼로 설치가 가능한 구조로 구성하고 기상측정 장치를 포함하여 구성이 가능해야 한다. 제어함체부는 위성항법 수신기, 중앙처리장치, 통신장치 등을 포함하며 실외에 설치가 가능하도록 방수 및 전원에 대한 안전성을 확보하여야 한다.

(가) 안테나부

아래의 <그림 2-62>과 같이 안테나부 하드웨어를 설계하였다. 위성항법 안테나 및 기상측정장치를 흔들림 없도록 고정하고, 이동이 용이하도록 분해 및 조립이 가능해야 한다. 위성항법 안테나를 이중으로 장착 할 수 있는 구조로 제작하고, 기상측정장치는 지열의 영향을 받지 않도록 지상에서 일정 높이 1.2M로 이격시켜 고정하도록 구성하였다. 안테나 거치대는 수평 조절용 발판을 구성하여 안테나 설치 시 정밀 수평 조절이 가능하도록 구성한다.



<그림 2-62> 안테나부 외형 구성 및 분해도

(나) 제어함체부

① 제어함체부 외형 구성

제어함체부는 장비를 외부환경으로부터 안전하게 보호 할 수 있도록 방수구조로 제작하고 함체를 이중판 구조로 구성하고 환풍구를 설치하여 외부온도에 강건한 구조로 구성한다. 또한 알루미늄 재질로 제작하여 함체를 경량화 하고 이동형 좌대 및 이동용 고리를 장착하여 이동이 쉽고 현장 설치가 용이하도록 구성한다. 외부인의 접근을 방지하기 위해 열쇠 장착형 고리를 장착한다. 제어함체부 외형은 아래의 <그림 2-63>과 같다.



<그림 2-63> 제어함체부 외형 구성

② 제어함체부 내부 구성

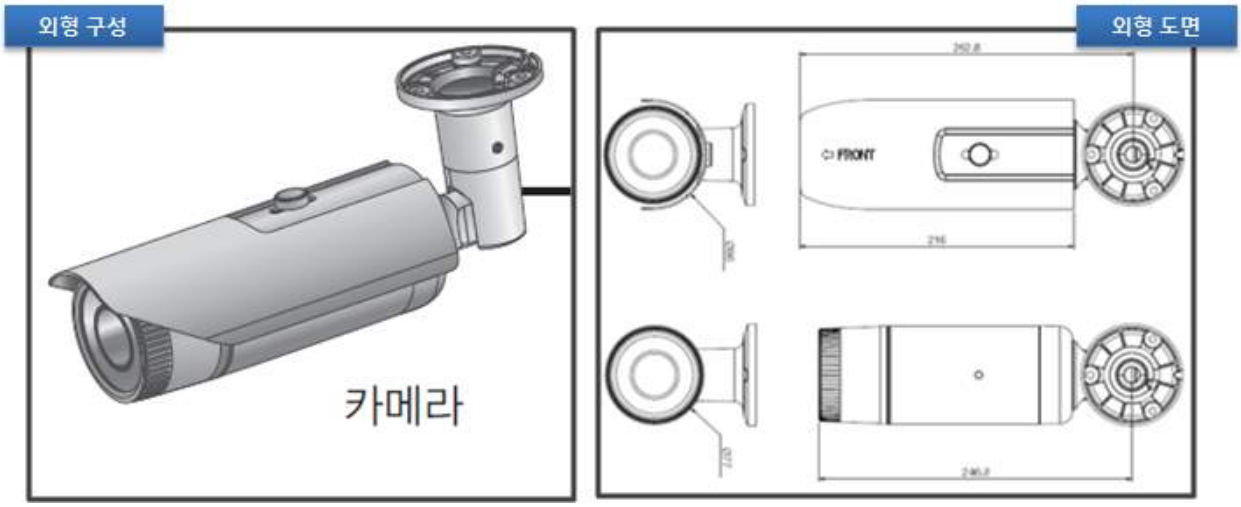
수신국 제어 함체는 장비를 외부환경으로부터 영향을 받지 않도록 하고 생활방수에 강건하도록 방수구조로 제작하여야 한다. 알루미늄 재질로 제작하여 함체를 경량화 하여 이동이 용이하도록 하고 이동형 좌대를 장착하여 현장 여건에 따라 능동적으로 설치가 가능하도록 제작되어야 한다. <그림 2-64>는 제어함체부의 내부 구성을 나타낸 것이다.



<그림 2-64> 제어함체부 내부 구성

(다) 감시카메라부 구성

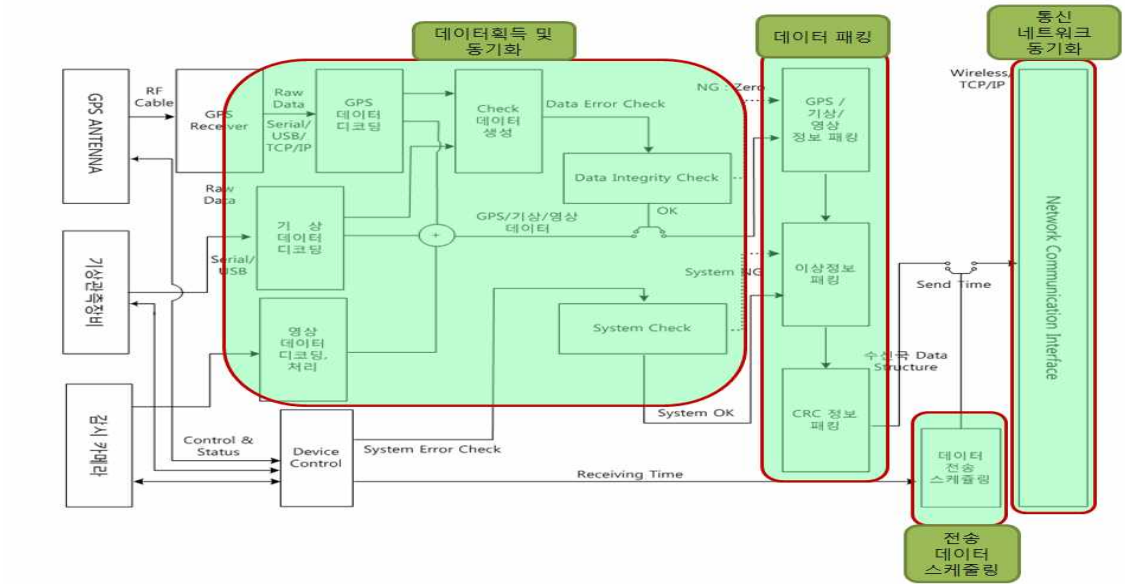
감시카메라부는 수신국 장비를 중앙국에서 확인 할 수 있도록 고해상도 카메라를 사용하여 수신국 장비를 감시한다. 감시카메라부 외형은 아래의 <그림 2-65>과 같다.



<그림 2-65> 감시카메라부 구성

(2) 수신국 시스템 소프트웨어 상세 설계

(가) 시스템 소프트웨어 전체 상세 설계



<그림 2-66> 소프트웨어 전체 상세 설계도

(나) 수신국 소프트웨어 GUI 디자인 설계

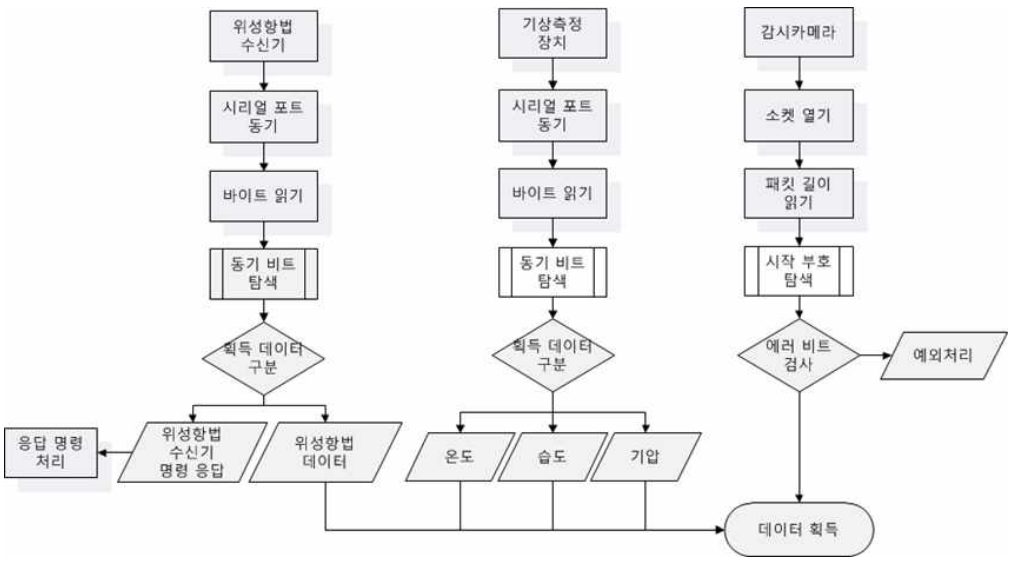
위성항법, 기상정보, 영상 데이터 획득을 위한 운용 소프트웨어 시각화를 위한 GUI 디자인 시안을 설계하였다. 설계 시안은 아래의 <그림 2-67>과 같다.



<그림 2-67> 소프트웨어 GUI 설계 시안

(다) 다중 데이터 획득 모듈

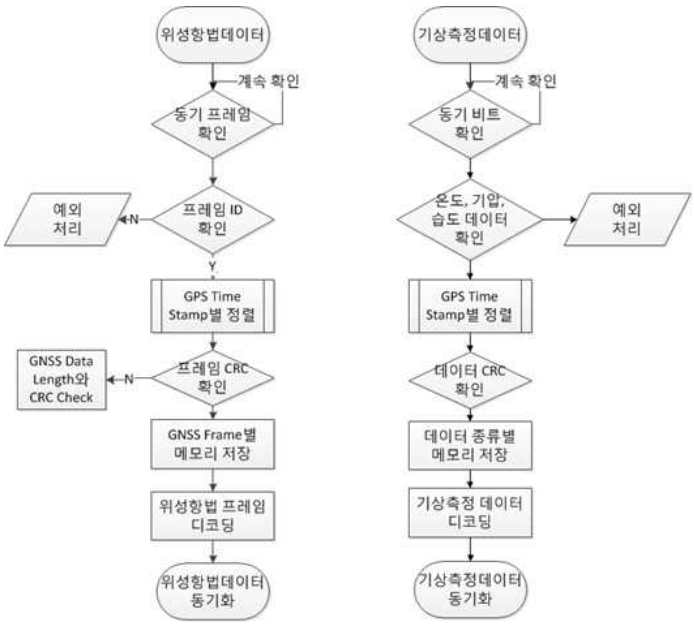
다중 데이터 획득 모듈은 위성항법, 기상정보, 영상 데이터를 획득하여 동기화 모듈로 전달하는 기능을 수행하며 세부 모듈 흐름도는 아래의 <그림 2-68>과 같다.



<그림 2-68> 다중 데이터 획득 모듈 상세 설계

(라) 다중 데이터 동기화 모듈

다중 데이터 동기화 모듈에서는 획득된 데이터를 위성항법 시간 기준으로 데이터 정렬 및 메모리 적재하며 세부 모듈 흐름도는 아래의 <그림 2-69>와 같다.



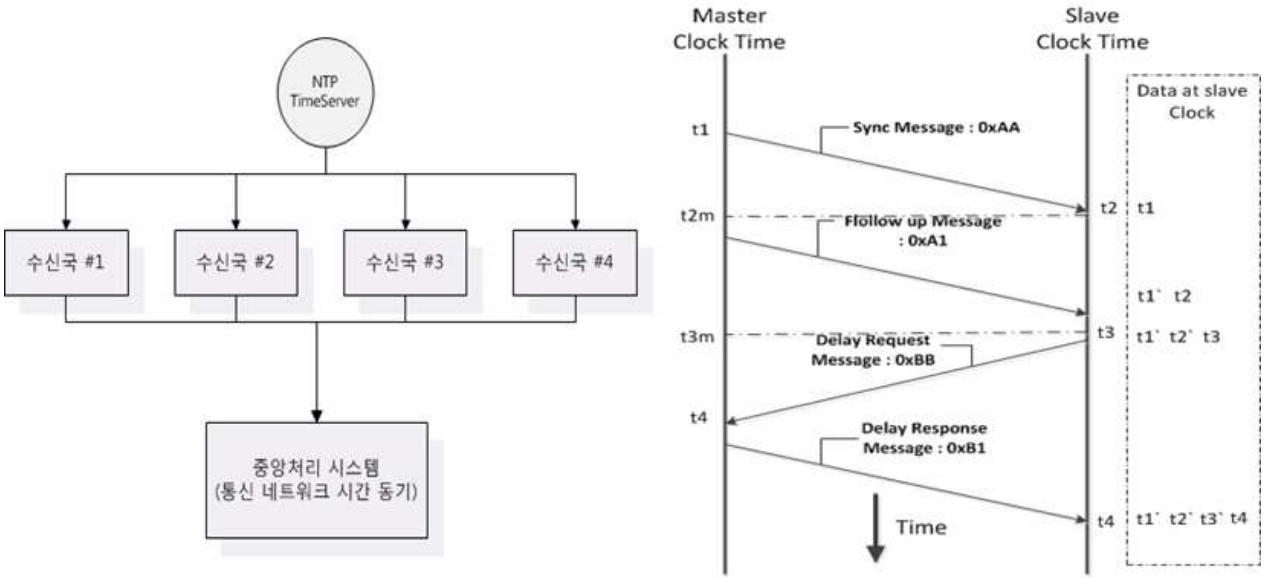
<그림 2-69> 다중 데이터 동기화 모듈 상세 설계

(마) 데이터 패킹 모듈

수신국에서 획득한 위성항법 데이터, 기상정보 데이터, 영상 데이터 등을 중앙국으로 효율적으로 전송하는 기능을 수행한다.

(바) 통신 네트워크 동기화 모듈

수신국과 중앙국간의 통신 네트워크 전달 지연을 최소화하기 위한 통신 네트워크를 통한 시간을 동기화하는 기능을 수행하며, 통신 네트워크 동기를 위한 모듈 설계도는 아래의 <그림 2-70>와 같다.



<그림 2-70> 통신 네트워크 동기화 모듈 상세 설계 및 흐름도

(사) 전송 데이터 스케쥴링 모듈

수신국과 중앙국간의 통신 네트워크 상태에 따라 전달 지연을 최소화하기 위한 전송 데이터 스케쥴링 기법을 사용하였다.

2. 지역수신국 실시간 시험평가 시스템 개발

가. 수신국 시스템 하드웨어 개발 내용

(1) 연차별 장비 개발 방법

<표 2-8> 하드웨어 연차별 장비 개발

구분	5차년도	6차년도	7차년도
안테나부	이중화 안테나 필러	이중화 안테나 및 기상측정장치 필러	이중화 안테나 및 기상측정장치 필러
데이터처리장치 (중앙처리장치 및 형태)	산업용 임베디드 처리장치	산업용 임베디드 처리장치	산업용 임베디드 처리장치
출력장치(출력 장치 및 형태)	상용 네트워크(VPN)	상용 네트워크 (VPN)	전용 네트워크 (T1급 이상)
저장장치 (저장 장치 및 형태)	없음	내부 네트워크 저장장치	내부 네트워크 저장장치
기타장치	저급 함체 온도 유지 장치	고급 함체 온도 유지 장치	고급 함체 온도 유지 장치

(2) 수신국 시스템 안테나부

위성항법 안테나 이중화 설치가 가능한 구조로 제작하여 시스템 이상과 운영에 따른 대응 및 영향을 최소화 할 수 있도록 아래의 <그림 2-71>과 같이 제작하였다.

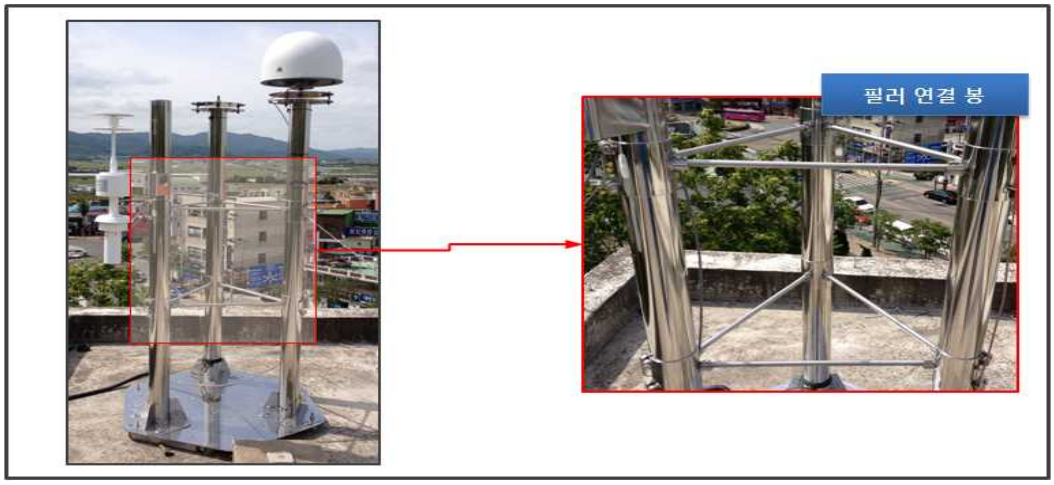


<그림 2-71> 이중화 안테나 구조

기상측정장치는 정확한 측정을 위해 아래의 <그림 2-72>과 같이 지면으로부터 1m이상 이격시켜 안정적으로 운영이 가능하도록 하였다. 안테나의 설치 높이는 지면에서 2.3m지점에 설치하여 인위적인 영향을 최소화하도록 하였다.

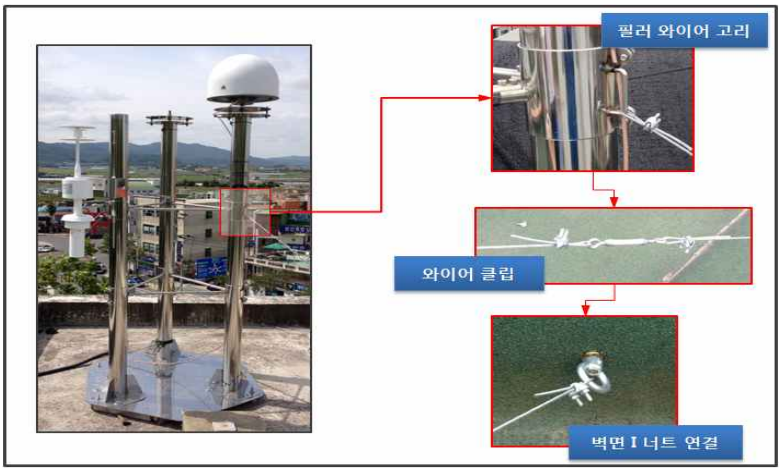


<그림 2-72> 안테나부 외형



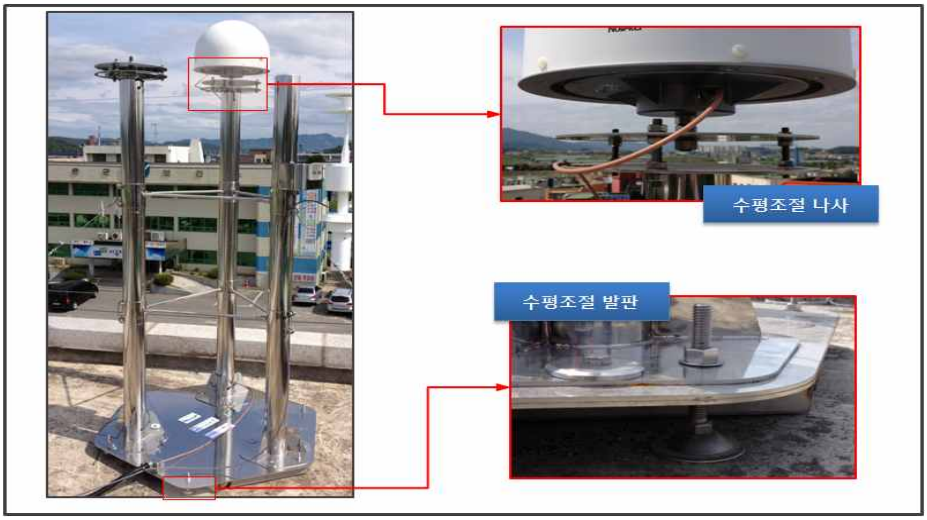
<그림 2-73> 수신국 안테나 필러 연결 봉 설치

위의 <그림 2-74>과 같이 3개의 필러를 결합한 구조로 제작하여, 필러별 연결봉으로 연결되는 구조로 제작하여 필러가 흔들림에 강건하도록 구조를 설계하여 제작하였다.



<그림 2-74> 안테나부 필러 보강 설치

위의 <그림 2-75>와 같이 필러별 고정 와이어를 사용하여 콘크리트 구조물에 고정하도록 하여 흔들림에 강건한 구조로 안테나 흔들림에 강건하도록 보강 제작하였다.



<그림 2-75> 안테나 거치대 설치

위의 <그림 2-75>과 같이 이동형 좌대에 수평 조절 발판을 제작하여 필러 전체의 수평 조절이 가능하도록 하였고 안테나 고정부에 수평조절용 너트 3개를 장착하여 안테나의 정밀 수평 조절이 가능한 구조로 구성하여 수평을 확보하도록 제작하였다.

<표 2-9> 안테나부 제작 사양

항목	성능
설치 높이	2,300mm
전체 중량	120Kg
부품별 최대 중량	50Kg 이하
안테나 좌대 크기	1,000mm X 1,200mm
안테나 센터 간격	600mm
기상측정장치 장착 높이	1,200mm
재질	스테인레스

각 구성별 조립형으로 구성하여 분해가 용이하도록 제작하였으며, 각 구성품별 무게를 50Kg 이하로 구성하여 이동 설치가 용이하도록 제작하였다.



<그림 2-76> 위성항법 안테나

<표 2-10> 위성항법 안테나 성능

항목	성능
주요 신호수신 조건	L1/L2/L2C/L5 수신지원
3 dB pass band	Upper 1525-1621MHz Lower 1164-1301MHz
동작 온도	-55° C - +85° C

위성항법 안테나는 별도의 개발 없이 NovAtel GNSS-750제품을 활용하였다.



<그림 2-77> 기상측정장치

<표 2-11> 기상측정장치 성능

항목	성능
온도	Range : -40° C to +60° C Resolution : 0.01° C Performance : ±0.1° C
습도	Range : 0 to 100% Recovery Time : ≤20 Seconds Performance : Better than ±0.8% RH at 23° C
대기압	Range : 500~1100hPa Maximum Pressure : 1240 hPa Accuracy : Better than ±0.08hPa Stability : Better than 0.1hPa/year
Interface	RS232/RS485

기상 측정장치는 대류권 및 전리층 오차의 추정을 위해 사용되며, 대류권 오차 추정을 위해 온도, 기압, 습도를 측정한다. 기상측정장치의 성능은 위의 <표 2-11>와 같다.

(3) 수신국 시스템 제어함체부

(가) 외형 구성

수신국 함체는 아래의 <그림 2-78>과 같이 위성항법 수신기, 중앙처리장치, 통신장치, 무정전 전원공급장치, 디스플레이 장치, 키보드, 함체외형으로 구성하였다. 안정적인 운용을 위하여 UPS, 위성항법 수신기, 중앙처리장치, 공유기를 이중화 구성이 가능하도록 예비 장착 슬롯을 구성하였으며, 모든 장비는 랙 타입으로 구성하여 유지보수가 용이하도록 제작하였다.



<그림 2-78> 수신국 제어 함체 내부/외부 제작

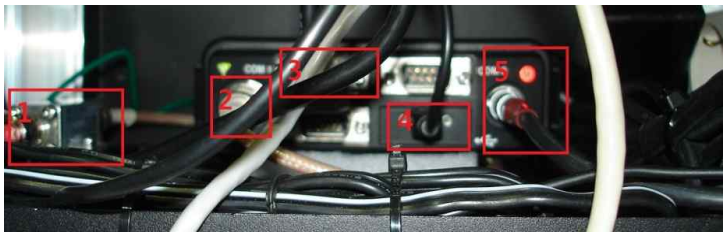
(나) 내부 장비 구성

① 위성항법 수신기

위성항법 수신장치는 별도의 개발 없이 NovAtel Flex6급 수신기를 활용하며, 항법위성 종류, GPS Week, GPS Sec, Ref ID, SV num, SV ID, Pr1, Pr2, DI, SV_XYZ등의 위성항법 관련 데이터 수신이 가능하고, 수신장치의 출력은 RS232, USB, Ethernet형태로 제공 한다. <그림 2-79>는 위성항법 수신기 외형을 나타낸 것이다.



<그림 2-79> 위성항법 수신기

전면부		
후면부		1.위성 서지 보호기 2.위성 입력 포트 3.COM 포트 4.USB 포트 5.전원 입력단자

<그림 2-80> 위성항법 수신기 함체 내부 설치

② 중앙처리장치

중앙처리장치는 위성항법 수신기, 기상측정장치, 감시카메라의 정보를 수신하여 기초적인 신호 검사를 수행하며, 데이터를 저장하고 중앙국으로 데이터를 전송하며, 디스플레이 장치에 수신국 정보를 표출한다. <그림 2-81>은 중앙처리장치를 나타낸 것이다.



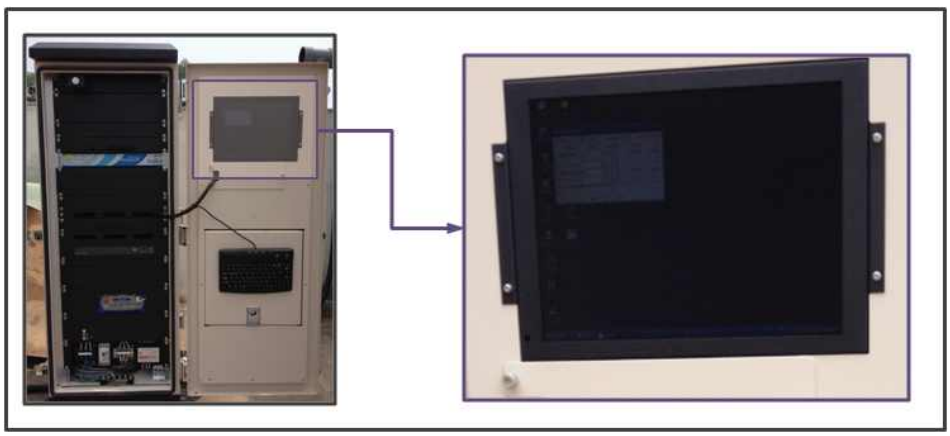
<그림 2-81> 중앙처리장치(산업용 PC)

전면부		
후면부		1.전원 ON/OFF 2.COM 포트 3.전원 입력단자

<그림 2-82> 중앙처리장치 함체 내부 설치

③ 디스플레이 장치

디스플레이 장치는 중앙처리 장치와 연계하여 위성항법데이터, 기상측정 데이터, 감시카메라 영상 표출 등 수신국장비의 정보를 표출하여 현장에서 수신국 동작 상태를 확인 가능하도록 한다. 디스플레이 장치는 함체 전면 Door에 고정형으로 장착하여 함체 동작상태 확인을 용이하게 한다. <그림 2-83>은 함체에 장착된 디스플레이 장치를 나타낸 것이다.



<그림 2-83> 디스플레이 장치 함체 Door 설치

④ 무정전 전원공급장치(UPS)

UPS는 일시적인 정전이나 입력전원이 불안정 하여도 수신국 장비에 안정적인 전원을 공급하고, 영구 정전 시에는 수신국 장비의 Data 백업 및 정전상황을 중앙국으로 전송 할 수 있도록 최소 10분 이상 수신국 장비에 전원을 공급 할 수 있다. 중앙처리 장치와 USB 통신을 통해 원격에서 UPS 상태를 감시하고, 원격 리셋이 가능하다. <그림 2-84>는 무정전 전원공급장치를 나타낸 것이다.



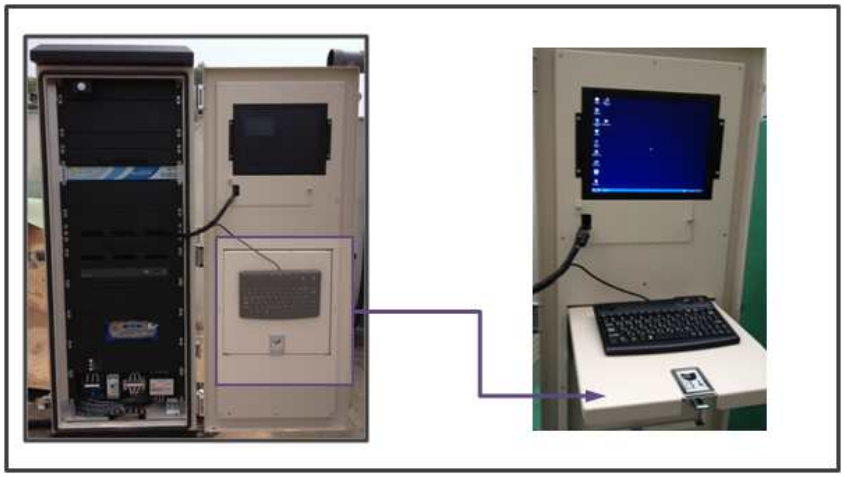
<그림 2-84> 무정전 전원공급장치

전면부		
후면부		1.전원 입력단자 2.전원 출력부 3.시리얼 포트

<그림 2-85> 무정전전원공급장치 함체 내부 설치

⑤ 제어함체

제어 함체는 장비를 외부환경으로부터 안전하고 보호 할 수 있도록 방수구조로 제작하였고, 알루미늄 재질로 제작하여 함체를 경량화 하여 이동이 용이하도록 하였다. 또한 이동형 좌대를 장착하여, 현장 설치를 용이하도록 하였다. 키보드 받침대를 일체형으로 적용하여 현장에서 사용이 용이하도록 구성하였다. <그림 2-86>은 제어함제를 나타낸 것이다.



<그림 2-86> 일체형 키보드 설치

⑥ 환경감시 장치

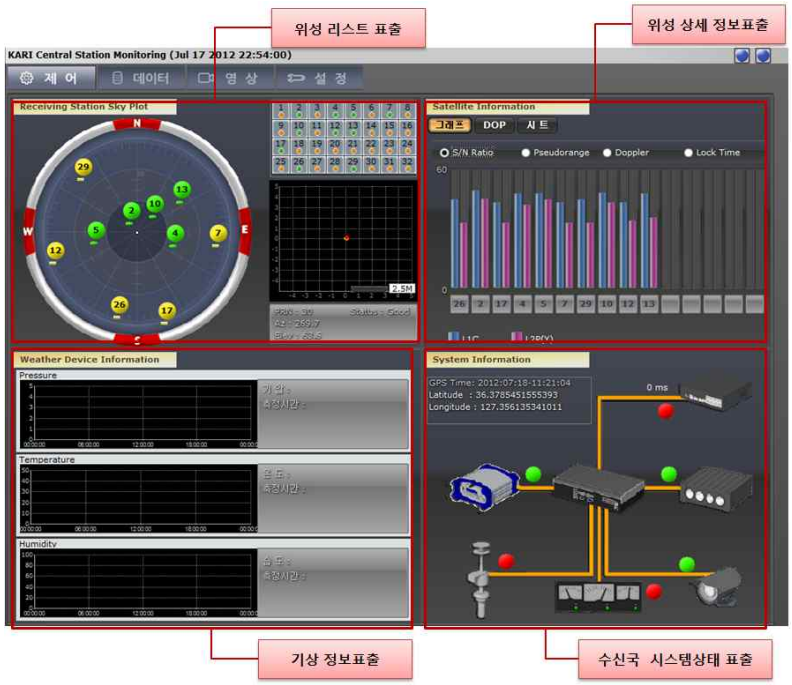
환경감시 장치는 RACK 내부의 온도를 자동으로 감지하여 내장 FAN 및 Heater를 구동하여 함체 내부 온도를 적정 수준으로 유지 시킨다.

나. 수신국 시스템 소프트웨어 개발 내용

(1) 획득 데이터 상태 화면 구성

(가) 전체 화면

아래 <그림 2-87>와 같이 획득 데이터 상태 화면에서는 위성항법 수신기로부터 획득한 위성항법데이터와 기상측정 데이터를 실시간으로 표출한다. 위성항법 수신기, 기상측정장치, 통신장치, 전원 공급 장치, 감시 카메라 장치 등의 획득 상태를 확인할 수 있도록 제작하였다.



<그림 2-87> 수신국 소프트웨어 메인 화면

(나) 가시 위성 상태 정보

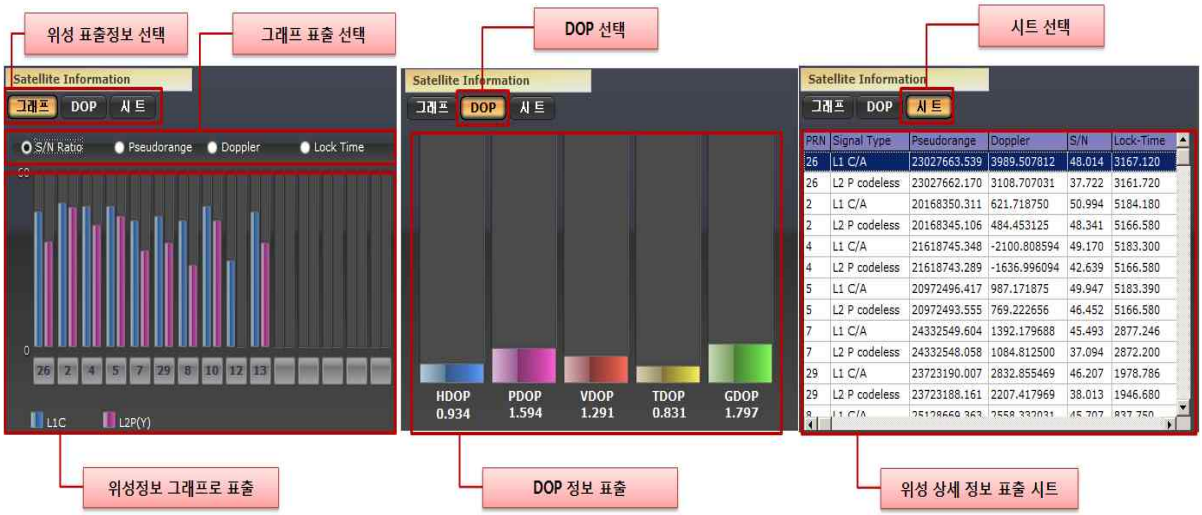
아래 <그림 2-88>과 같이 위성항법 수신기로부터 획득된 데이터를 통해 가시 위성의 위치, 위성별 고도각, 신호 세기, 수신기 단독 위치 정보를 표출하도록 구성하였다.



<그림 2-88> 가시 위성 상태 및 수신기 위치 결정 상태

(다) 위성항법 데이터 상세 정보 확인

획득된 위성항법 데이터의 상세 정보를 직관적으로 확인하기 위해 아래 <그림 2-89>와 같이 Signal To Noise. Pseudorange, Doppler, LockTime, DOP(Dilution Of Precision)을 그래프로 표출하였다.



<그림 2-89> 위성항법데이터 상세 데이터 상태

(라) 기상정보 데이터 상세 정보 확인

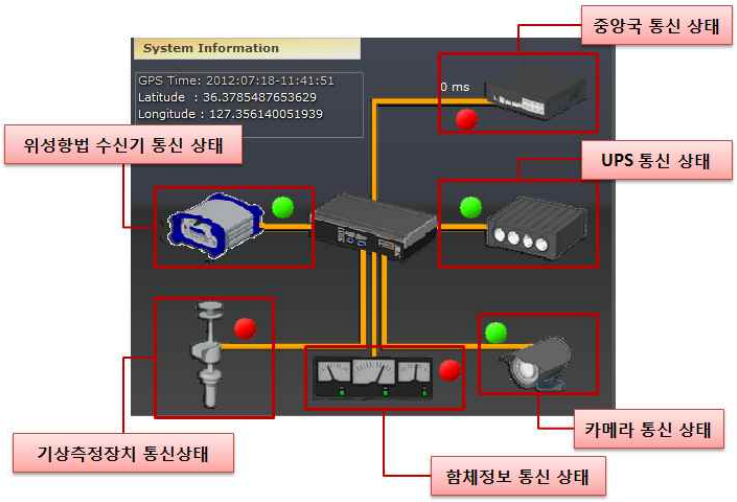
획득된 기상측정 데이터는 아래 <그림 2-90>와 같이 기압, 온도, 습도 정보를 그래프로 표출하였다.



<그림 2-90> 기상측정 데이터 모니터링

(마) 시스템 각 구성별 상태 확인

수신국 중앙처리장치와 연결되는 위성항법 수신기, 기상측정장치, 감시 카메라, 무정전전원공급장치(UPS), 통신장치의 데이터 획득 상태를 아래 <그림 2-91>과 같이 표출하였다.



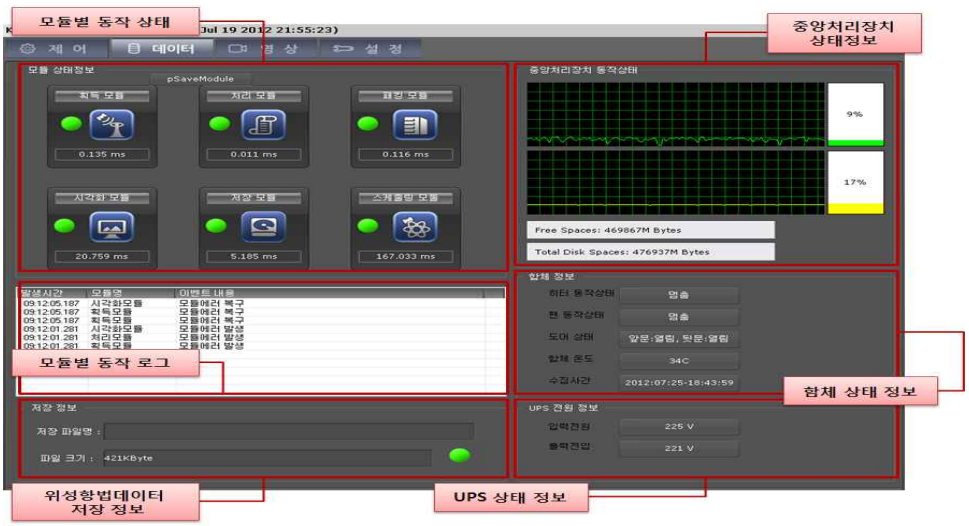
<그림 2-91> 수신국 시스템 장치 동작 상태

각 장치별 상태표시등은 녹색은 정상, 적색 표시는 장치와의 통신 이상상태를 표출한다.

(2) 소프트웨어 모듈 상태 감시 화면 구성

(가) 전체 화면

아래 <그림 2-92>은 수신국 소프트웨어의 각 모듈 상태 및 함체 제어 상태를 표출한 화면이다.



<그림 2-92> 수신국 소프트웨어 모듈별 동작 상태 및 시스템 상태

소프트웨어의 각 모듈에서 이상이 발생하는 경우 상태표시등이 적색으로 표시되고 발생된 모듈의 이상상태를 알리는 동작이 로그화면에 표출이 된다. 함체 제어를 통해 상태를 확인하는 온도 및 도어상태가 표출되며 위성항법데이터 저장시 저장파일명과 파일크기가 실시간으로 표출되도록 하였다.

(나) 모듈별 상태 정보

아래 <그림 2-93>과 같이 수신국 소프트웨어의 각 모듈별 상태감시를 표출하며 각 모듈별 이상 발생 시 청색에서 적색으로 표출되도록 하였다.



<그림 2-93> 수신국 소프트웨어 모듈별 상태 정보

(다) 모듈별 이상 발생 확인

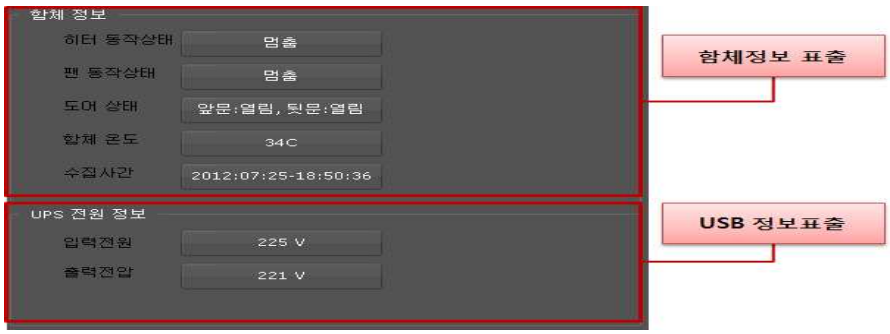
아래 <그림 2-94>는 각 모듈별 통신이상이나 예외 상황 발생 시 어떠한 상태가 발생하였는지 나타낸 화면이다.



<그림 2-94> 수신국 소프트웨어 모듈별 이상 발생 정보

(라) 수신국 제어 함체 상태 확인

아래 <그림 2-95>은 수신국 제어 함체 환경감시를 표출한 화면이며 내부 운영 온도와 입력 전원, 보안문에 대한 상태를 감시하는 화면이다.



<그림 2-95> 수신국 함체 제어 및 입력 전원 정보

(마) 위성항법 데이터 저장 상태

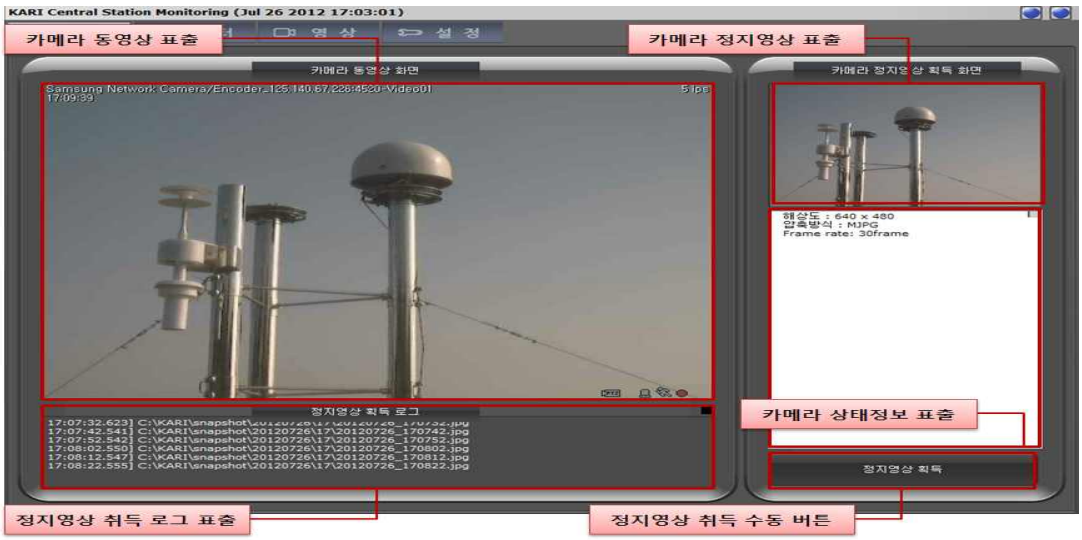
아래 <그림 2-96>과 같이 실시간으로 획득되는 위성항법 데이터와 기상측정데이터를 저장하는 경우 상태를 나타내는 상태확인 화면을 표출하도록 하였다.



<그림 2-96> 실시간 위성항법 데이터 저장 상태 정보

(3) 감시 영상 상태 확인 화면 구성

아래 <그림 2-97>는 실시간으로 획득되는 영상을 표출하는 화면이다. 실시간으로 안테나의 상태를 확인하는 영상을 표출하고, 중앙국으로 전송하기 위한 정지 영상 저장 및 획득 영상의 정보를 확인하는 화면을 표출하도록 하였다.



<그림 2-97> 실시간 획득 영상 상태 및 정보

다. 다중 수신국 사이트 설치

(1) 수신국 설치 시 고려사항

빌딩을 이용하여 수신국을 구축할 때, 고유의 특성을 설계에 반영하는 것이 가장 중요하다. 일반적인 사항으로는 석조 건물, 벽돌, 철근 콘크리트 구조의 2층 이하의 건물에 설치하여야 하고, 지반 안정화 현상이 발생하는 기간인 최소 5년 전에 건축된 건물이 선호된다. 눈에 보이는 균열은 없어야 하고, 목조, 단순 철골 구조 건물은 허용되지 않으며, 철제 지붕도 피해야 한다.

위성항법 수신기는 안테나가 설치될 빌딩 내부에 가급적 배치하되 케이블의 길이가 30m이내이어야 하므로, 이를 고려하여 위성항법 수신기를 설치한다. 불가피하게 30m이상의 케이블을 사용해야 하는 경우, 낮은 Impedance의 안테나를 이용하는데, 케이블이 딱딱하고 단단하여 설치가 어려우므로, in-line 증폭기를 사용하고, 표준 케이블을 추가하여 길이를 늘이는 방법도 있으나, 안테나의 위치를 수신기에 좀 더 가깝게 이동시키거나, 다른 지점을 고려하는 것이 좋다.

(2) 수신국 현장 설치

다중 수신국 사이트 선정에 따른 수신국 설치는 한국국토정보공사 안성지사, 음성지사, 공주지사, 보은지사, 항공우주연구원 총 5개 사이트에 설치를 하였다. 아래 <그림 2-98>과 같이 안테나 필러의 안정성을 확보하기 위하여 안테나 필러에 고정 와이어를 연결하여 추가 고정 작업을 하였다.



<그림 2-98> 수신국 안테나부 현장 설치

안테나부의 안정성을 확보하기 위하여 필러의 3개 기둥과 옥상 벽면의 3지점을 와이어로 연결하여 안테나의 흔들림을 최소화하였다.



<그림 2-99> 제어함체 안테나 연결 케이블 현장 설치

위의 <그림 2-99>와 같이 플랙시블관을 사용하여 케이블을 보호하여 전원/통신/RF 케이블의 외부 영향을 최소화하였다.



<그림 2-100> 감시카메라 현장 설치

위의 <그림 2-100>과 같이 감시카메라는 HD급 IP 카메라를 적용하여 중앙국 관제를 원활하게 하였다. 방수형 일체형 구조로 야외 설치가 용이하고 적외선 LED와 야간 모드 적용이 가능하여 야간에도 수신국 감시가 가능하도록 하였다. 수신국 함체의 경우 잠금장치가 장착되어 있고 외부인 접근이 어려운 구조로 설계되어 있어, 함체부 보다 보안이 취약한 안테나부를 중점적으로 감시하도록 하였다.



<그림 2-101> 감시카메라 주간(좌) 및 야간(우) 촬영 영상

(가) 안성 수신국 현장 설치



<그림 2-102> 안성 수신국 현장 설치

<표 2-12> 안성 수신국 설치 상황

항목	설치장소	기타
함체	옥상(옥외)	한국국토정보공사 안성지사 경기도 안성시 봉산동 20-4
필러	최상위 옥상	

(나) 음성 수신국 현장 설치

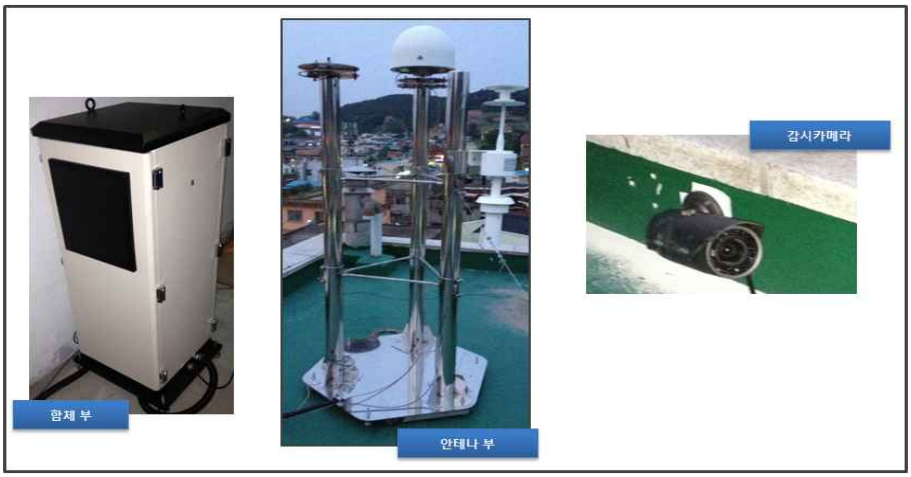


<그림 2-103> 음성 수신국 현장 설치

<표 2-13> 음성 수신국 설치 상황

항목	설치장소	기타
함체	옥상(그늘막)	한국국토정보공사 사이클선수단 충청북도 음성군 음성읍 읍내리
필러	최상위 옥상	

(다) 공주 수신국 현장 설치



<그림 2-104> 공주 수신국 현장 설치

<표 2-14> 공주 수신국 설치 상황

항목	설치장소	기타
함체	건물 내	한국국토정보공사 공주지사 충청남도 공주시 봉황동 327-2
필러	최상위 옥상	

(라) 보은 수신국 현장 설치



<그림 2-105> 보은 수신국 현장 설치

<표 2-15> 보은 수신국 설치 상황

항목	설치장소	기타
함체	옥상(옥외)	한국국토정보공사 보은지사 충청북도 보은군 보은읍 교사리 95-2
필러	최상위 옥상	

제3절 실시간 시험평가용 지역제어국 시스템 개발

1. 지역제어국 시스템 상세설계

가. 지역제어국 시스템 설계

(1) 지역제어국 시스템 요구사항

지역제어국 시스템의 요구사항은 시스템의 안정성, 시스템 성능으로 구분할 수 있으며 <표 2-16>와 같다.

<표 2-16> 지역제어국 시스템 요구사항

구분	요구조건	비고
시스템 안정성	중앙국 시스템 데이터 처리 오류 발생빈도 (시스템의 모든 오류 사항을 포함한 발생 빈도)	
시스템 성능	중앙국 시스템 획득/처리/출력의 총 처리 지연량 400ms 이내 (1Hz의 출력 성능을 만족하기 위한 최소 성능 지표, 수신국 처리 및 지연시간 고려)	
위치결정 성능	보정정보 생성 정보 가용성 90% (최대허용오차 1.5 m)	
원격제어 성능	수신국 이상 사항 발생 시 원격 제어 성능 플래그 응답시간 15 sec 이내 (중앙국의 감지 및 네트워크 지연시간을 포함)	
시스템 제작 및 개선	중앙국 중앙처리시스템 개발 중앙국 모니터링시스템 개선	
시스템 하드웨어 동작 안정성	중앙국 하드웨어 연간 운용일 (90% 이상, 292일 이상 / 365일) [일반적인 시스템 동작 환경 시의 연속 운용일]	
시스템 소프트웨어 동작 안정성	중앙국 소프트웨어 연간 연속 운용일 (90% 이상, 292일 이상/365) [일반적인 시스템 동작 환경 시의 연속 운용일]	

지역제어국 시스템 하드웨어 개발 요구조건은 <표 2-17>과 같다.

<표 2-17> 지역제어국 시스템 하드웨어 요구조건

요구항목	항목	상세 요구조건
신뢰성	연속 운영	상시전원 한달 이상
	환경 변화	온도/습도 강건
안정성	시스템 안정성	검증된 장치 사용
	네트워크 안정성	상용 네트워크망 사용
유지보수	편의성	일주일 이상 연속동작
사용 편리성	데이터 백업	1일 단위 데이터 백업
	데이터 저장	획득 데이터 저장

<표 2-17>을 반영한 지역제어국 시스템 하드웨어 개발 단계는 <표 2-18>와 같다.

<표 2-18> 지역제어국 시스템 하드웨어 개발 단계

요구항목	항목	상세 요구사항
개발 계획 수립	개발 계획 수립	개발 목적 정의
		하드웨어 개발 공정 수립
		하드웨어 개발 진행계획 수립
		요구사항 분석 및 구현방안 검토
설계	요구사항 분석	요구사항에 대한 상세 설계서 작성
	설계서 작성	상세 설계서 작성
제작 및 조립	하드웨어 제작 및 조립	하드웨어 제작 및 조립
테스트 단계	단위 테스트	기능 테스트
	단위 통합테스트	통합 테스트
시스템 구축	현장 설치 및 안정화	안정화

(2) 지역제어국 시스템 하드웨어 요구사항

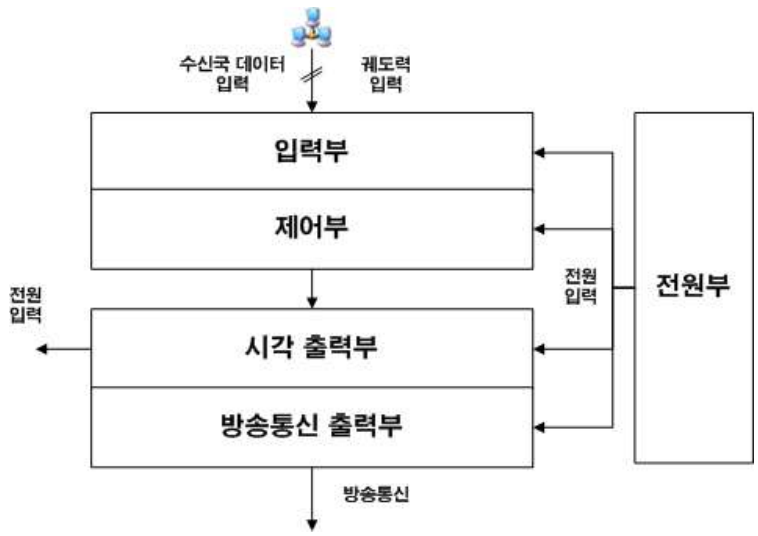
지역제어국 데이터처리 시스템은 보정정보 (Correction)의 연산을 담당하는 집중처리장치, 궤도력 정보를 저장하는 정밀궤도력 서버, 획득 데이터 및 처리된 데이터를 저장하는 데이터베이스 서버로 구분되어야 하며 시각화 표출을 위한 디스플레이 장치, 안정적 전원을 공급하는 전원장치, 장치의 안정성을 높이기 위한 온도조절 장치를 고려해야한다. 지역제어국 데이터 처리 시스템의 요구사항은 <표 2-19>와 같다.

<표 2-19> 지역제어국 집중처리 시스템 요구사항

분류	항목	상세 요구 사항
지역제어국 집중처리 시스템 장치별 기능 요구 사항	집중처리장치	Intel Xeon 2.3G 이상급
	궤도력 서버	Intel Xeon 2.3G 이상급
	데이터베이스 서버	Intel Xeon 2.3G 이상급
	전원 백업	정전시 30분 이상 유지
	디스플레이 장치	모니터 동시 혼용가능
	온도 조절장치	랙 내부 온도 조절가능

(가) 지역제어국 집중처리 시스템 기본 설계

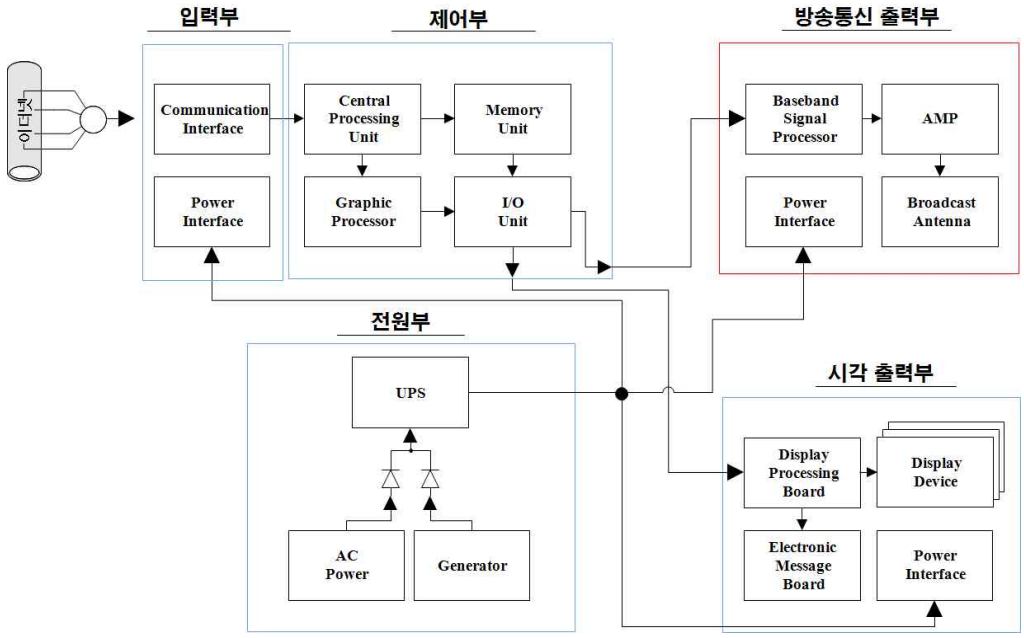
지역제어국 집중처리시스템의 기초 설계 요구사항 항목을 반영한 기본 설계는 <그림 2-106>과 같다. 지역제어국 집중처리 시스템은 다수의 지역수신국 접속을 위한 네트워크 장치로 구성된 입력부, 반송파 (Carrier-phase) 보정정보 생성을 위한 데이터 획득, 처리 및 연산, 출력을 제어하기 위한 집중처리장치로 구성된 제어부, 시각화 표출을 위하여 디스플레이장치로 구성된 시각 출력부, 사용자 방송통신을 위한 반송통신 출력부로 구성된다.



<그림 2-106> 지역제어국 집중처리시스템 기본 설계

(나) 지역제어국 집중처리 시스템 상세 설계

지역제어국 집중처리 시스템의 기본 설계의 요구사항을 반영한 상세 설계는 <그림 2-107>와 같다.



<그림 2-107> 지역제어국 집중처리 시스템 상세 설계도

(3) 지역제어국 시스템 소프트웨어 요구사항

지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 단계는 <표 2-20>와 같으며 개발계획 수립, 설계, 단위 기능 구현 및 통합, 테스트, 시스템 구축의 순서로 진행된다.

<표 2-20> 지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 단계

요구항목	항목	상세 구현
개발 계획 수립	개발 계획 수립	개발 목적 정의
		소프트웨어 개발 공정
		진행 계획 수립
		요구사항 분석 및 구현방안 검토
설계	요구사항 분석	요구사항에 대한 상세 설계서 작성
	설계서 작성	상세 설계서 작성
단위 기능 구현 및 통합	소프트웨어 기능 구현 / 통합	소프트웨어 기능별 구현 / 통합
테스트	단위 테스트	기능 테스트
	단위 통합테스트	통합 테스트
시스템 구축	장비 적용 및 안정화	안정화

지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 환경은 <표 2-21>과 같으며 지역제어국 소프트웨어 개발 플랫폼은 윈도우 계열을 사용하여 있으며 개발 도구는 Visual Studio, 통합을 위해 Mercurial을

사용하였다.

<표 2-21> 지역제어국 시스템 소프트웨어 개발 환경

구분	명칭	적용장비
SW 플랫폼	Windows XP	지역제어국 모니터링 시스템
	Windows 7	지역제어국 집중처리 시스템
SW 개발도구	Visual Studio 2010	개발구현 PC
	Mercurial	개발통합 PC

지역제어국 소프트웨어의 전체 요구사항은 <표 2-22>과 같다.

<표 2-22> 지역제어국 소프트웨어 요구사항

요구항목	요구 상세 항목	요구사항
Performance	알고리즘 처리시간	0.5 sec 이내
신뢰성(Reliability)	안정성	일주일 이상 연속동작

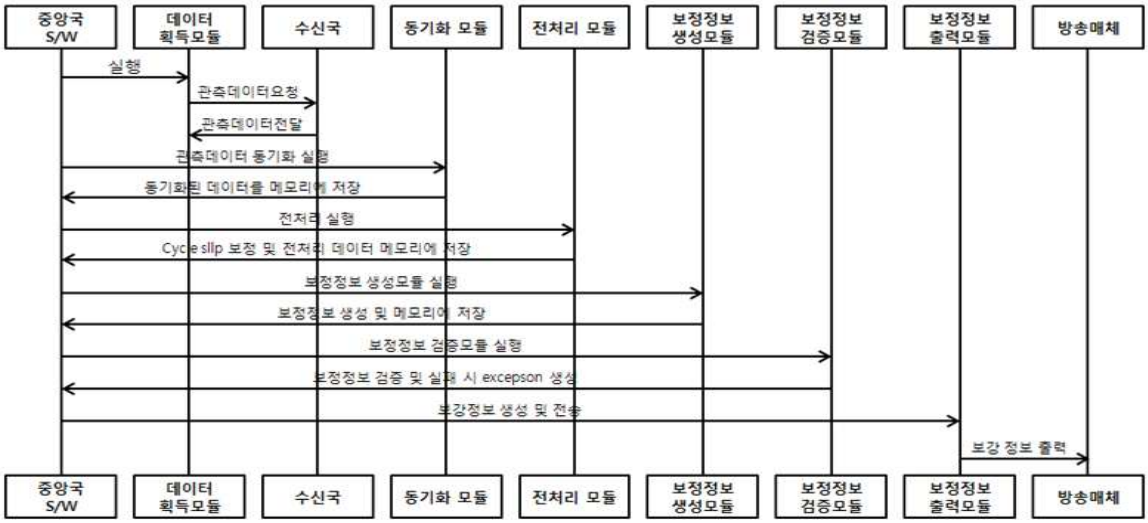
지역제어국 소프트웨어의 전체 상세 요구사항은 <표 2-23>와 같으며 연산 과정에서 사용되는 데이터들을 소프트웨어 코드에서 어느 위치에서도 접근이 가능해야하며 프로그램의 모든 연산은 구조적으로 다른 연산 모듈에 의해 쉽게 대체될 수 있는 구조를 가져야한다. 또한 소스 코드의 모든 함수들을 재사용성을 고려하여 인터페이스가 설계되어야 하며 모든 함수 혹은 모듈들은 더 이상 분류될 수 없는 단위로 원자성이 확보되어야 한다. 또한 분류된 함수 또는 모듈들은 독특성이 유지되어야 한다. 그리고 각 연산 과정들이 명확한 기능 단위로 구분된 모듈 형태이어야 한다.

<표 2-23>지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 요구사항

구성요소	요구 상세 항목
지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 요구사항	접근성 (Accessability)
	적용성 (Adaptability)
	재사용성(Reuseability)
	원자성 (Atomicity)
	모듈성 (Modularity)

(가) 지역제어국 집중처리 시스템 기본 설계

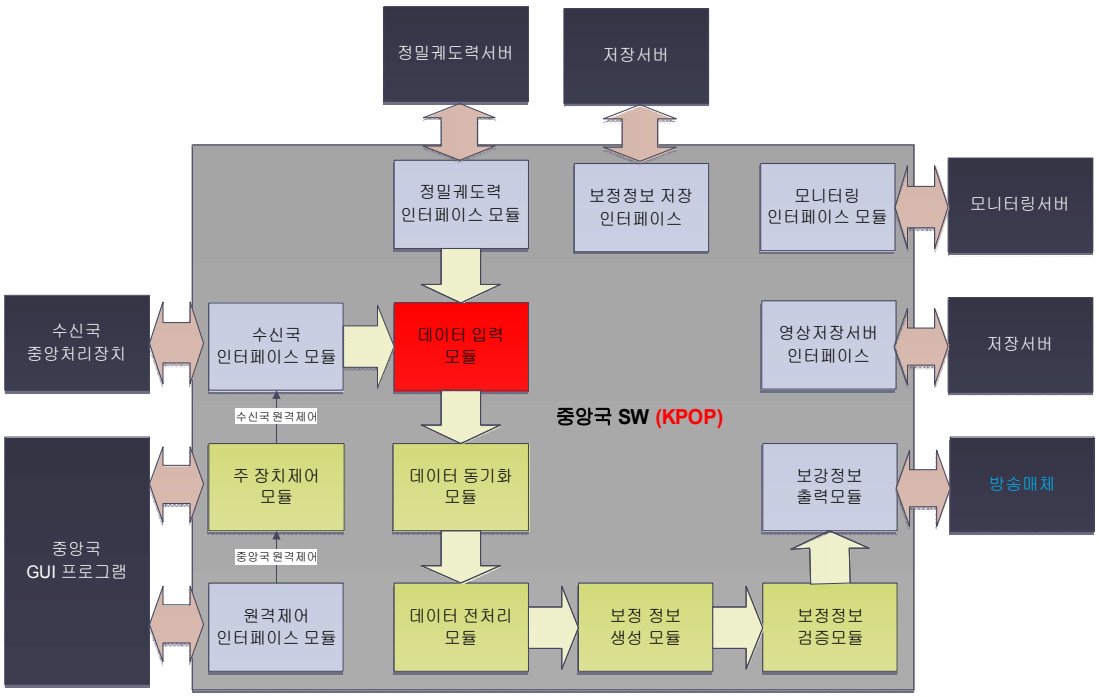
지역제어국 소프트웨어의 기본 흐름 구성도는 <그림 2-108>과 같다.



<그림 2-108> 지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 흐름 구성도

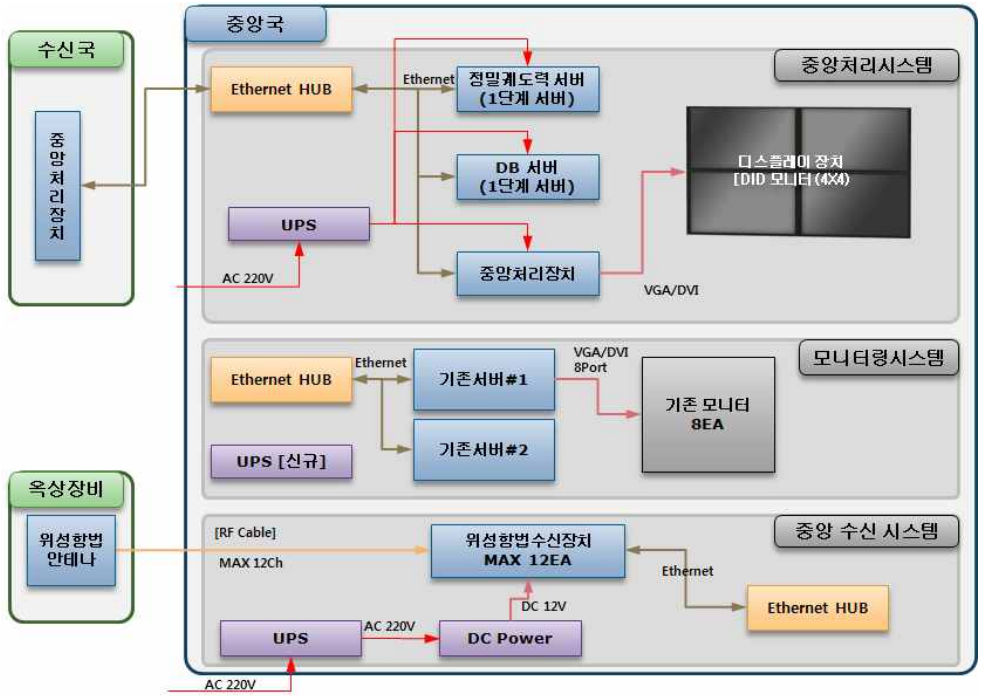
(나) 지역제어국 집중처리 시스템 상세 설계

지역제어국 집중처리 시스템 소프트웨어 상세 인터페이스 구성도는 <그림 2-109>와 같다.

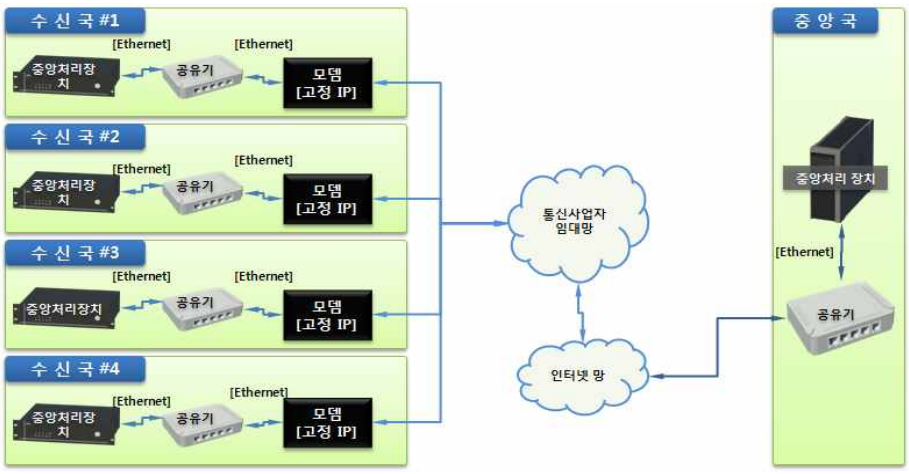


<그림 2-109> 지역제어국 소프트웨어 상세 인터페이스 구성도

위의 요구사항을 반영하여 설계된 지역제어국 시스템 전체 구성도는 <그림 2-110>과 같으며 지역제어국과 지역수신국의 통신 구성도는 <그림 2-111>와 같다.



<그림 2-110> 지역제어국 시스템 전체 구성도

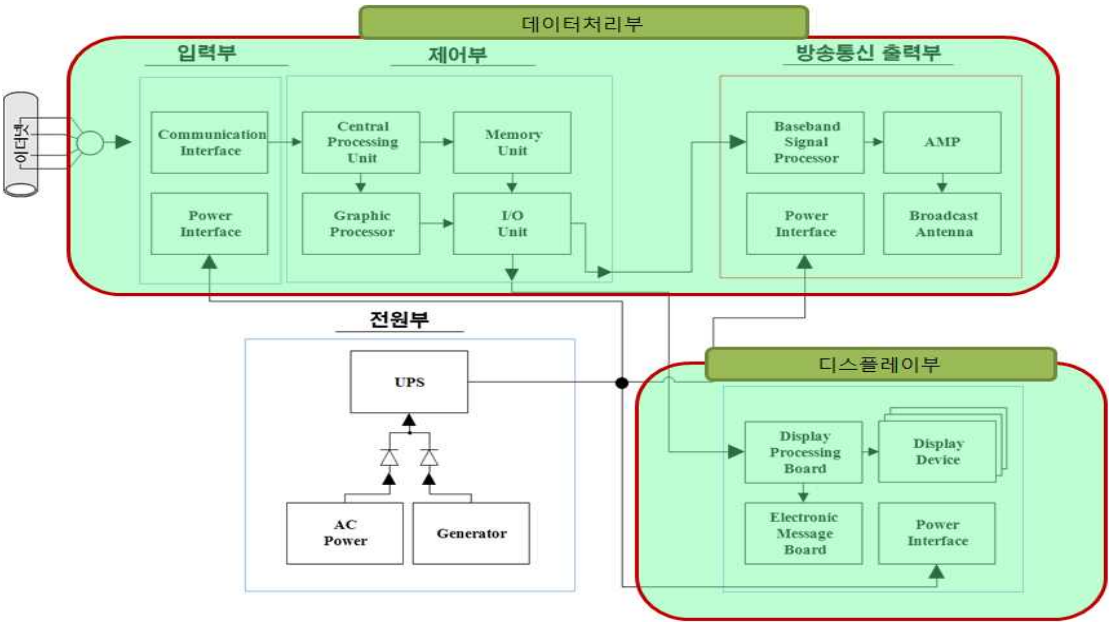


<그림 2-111> 지역제어국과 지역수신국 통신 구성도

나. 지역제어국 시스템 하드웨어 설계

지역제어국 시스템의 하드웨어는 데이터 처리부와 디스플레이부, 데이터 저장부로 구성된다. 데이터 처리부는 지역수신국에서 수집한 데이터를 처리하여 보정정보 및 무결성 (Integrity)정보

를 생성하고 이를 사용자에게 보내는 일련의 과정을 수행하며 디스플레이부는 시스템부에서 처리한 데이터를 화면에 표출한다. 그리고 데이터 저장부는 처리부에서 획득한 데이터 및 생성된 정보를 저장한다. <그림 2-112>에 지역제어국 시스템 하드웨어 설계를 나타내었다.



<그림 2-112> 지역제어국 시스템 하드웨어 설계도

(1) 데이터 처리부

데이터 처리부는 연산장치, 데이터 저장장치, 전원장치 등이 포함된 렉 (Rack) 거치 형태로 구성되어 있으며 세부적으로 입력/출력부, 제어/처리부, 전원부로 구분된다.

(가) 입력/출력부

입력/출력부는 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 접속을 위한 네트워크 장치 및 파일 출력을 위한 저장장치로 구성된다.

(나) 제어/처리부

제어/처리부는 대용량 데이터 처리 및 복잡한 연산이 가능하도록 고성능의 집중처리장치가 구성되어 있다.

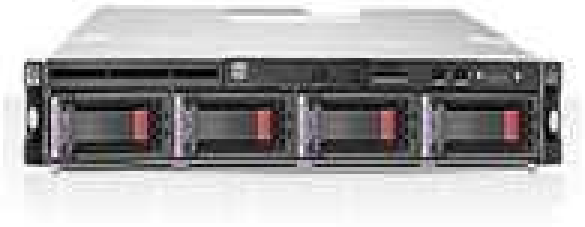
(다) 전원부

전원부는 정전 발생시 30분 이상 동작해야한다.

데이터 처리장치는 고속의 데이터 처리를 위한 서버급 워크스테이션으로 구성하였으며 자세한 하드웨어 사양은 <표 2-24>과 같으며 <그림 2-113>에 서버를 나타내었다.

<표 2-24> 지역제어국 하드웨어 사양

항 목	사양	비고
Processor & Chipset	Intel Xeon E3-1220(4코어 3.1GHz, 8MB, 80W)	서버급 사양
메모리	PC3-10600E UDIMM DDR3 UB ECC 4GB	
하드디스크	HP 250GB 3G SATA 7.2K, 3.5인치 ETY HDD	
그래픽카드	Nvidia	



<그림 2-113> 지역제어국 하드웨어 서버

그리고 정전을 대비하여 비상전원공급 (UPS, Uninterruptible Power Supply) 장치를 설치하였다. UPS는 지역제어국 시스템에 외부전원이 차단되었을 경우 전원이 재인가되는 시점까지 전원을 공급하여 지역제어국 시스템을 안정적으로 운용하도록 일시적인 전원을 시스템에 제공한다. 본 하드웨어에 사용한 UPS 용량은 5KVA로써 60분간의 정전보상시간을 가지며 무 변압기 형태로 동작한다. <표 2-25>에 비상전원공급 장치의 사용을 나타내었으며 <그림 2-114>에 하드웨어를 나타내었다.

<표 2-25> 전원 보조장치 사양

항 목	사양
입력전압	1상 2선 220V
입력전압범위	160V ~ 276V
입력주파수	60Hz ±5%
출력전압	220V
출력전압안정도	±1%
동기절체시간	무순단
절체조건	인버터 비정상, 과부하, 직류저전압
축전지 종류	무보수밀폐형 연축전지
축전지 용량	Hi-Ca 12V 26AH
축전지 수량	16CELLS
축전지 정격 전압	192V
축전지 최저 전압	172V
축전지 부동 충전전압	210(25도씨)
LCD 표시 상태	입,출력 전압/입,출력 주파수/온도/인버터/BY-PASS/고장/부하량/배터리량
원격감시	RS-232C Port
UPS 외함	W433 x D545 x H 130 mm
축전지 외함	W433 x D645 x H 630 mm



<그림 2-114> 지역제어국 비상전원공급 장치

(2) 디스플레이부

디스플레이부는 다양한 데이터 표출을 위하여 최소 4개 이상의 다중화면 모니터가 필요하며 지역제어국 시스템 획득, 처리, 제어관련 항목의 표현을 위한 화면 구성은 <그림 2-115>과 같다.



<그림 2-115> 디스플레이부 외형

(3) 데이터 저장부

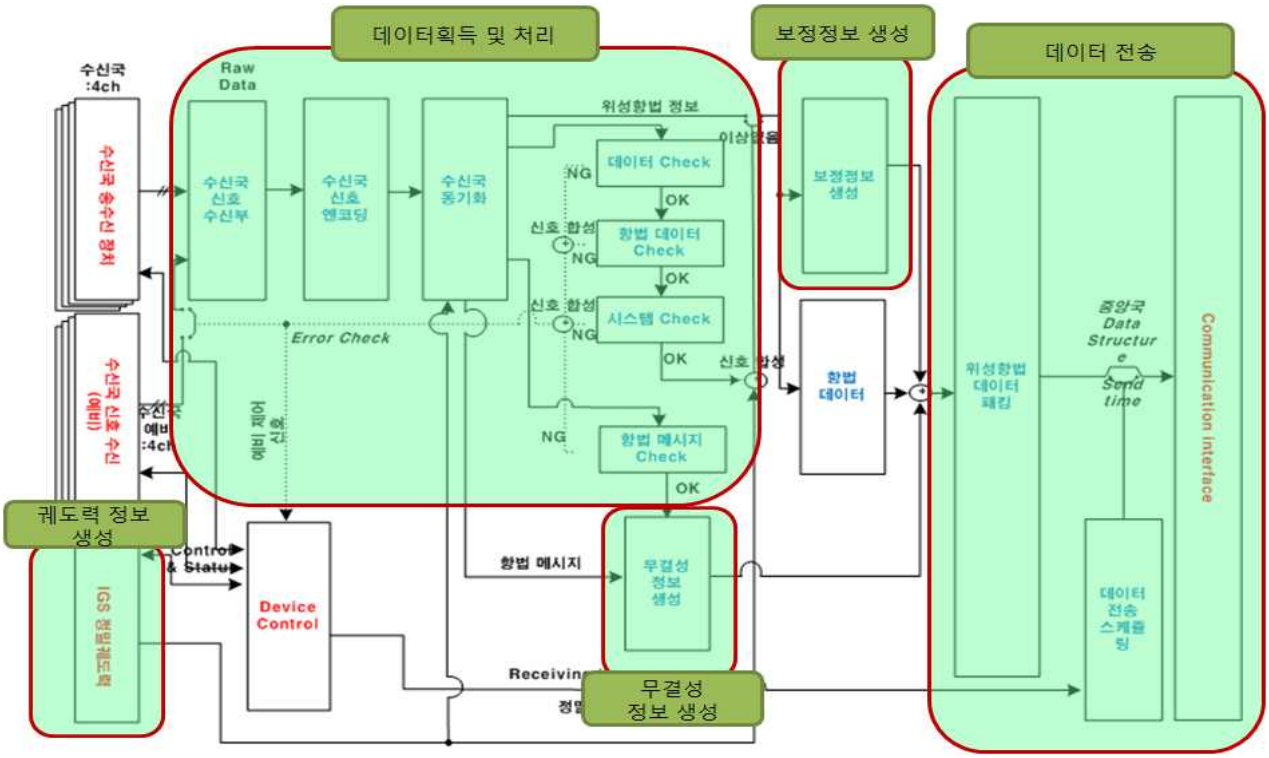
지역제어국 시스템의 오류를 대응하기 위하여 미러링 서버 및 데이터 저장 데이터베이스 서버를 구축하였다. 데이터 저장부는 연산처리서버의 주서버를 미러링 (mirroring) 이중화 서버로 구축하여 시스템 오류에 대한 대응이 가능하도록 구축하였으며 데이터 처리부 및 디스플레이부와 별개로 구축하여 연산처리서버의 안정성 및 처리성능을 향상시켰다.

다. 지역제어국 시스템 하드웨어 이중화 설계

지역제어국 시스템 처리 성능 및 안정성을 개선하기 위해 추가 디스플레이 장비를 2기 제작하고 연산처리장비를 이중화 구조로 개선하였으며 지역제어국 연속운영의 가용성 (Availability) 향상을 위하여 시스템의 이상발생시 물리적 이중화 (Dual) 시스템을 활용하여 사용자에게 연속적인 정보를 제공하도록 설계하였다. 지역제어국 시스템의 효율적인 데이터 처리를 위한 장비 추가 및 데이터 처리 속도 개선을 위해 안정성 향상을 위해 하드웨어 이중화 구조개선을 수행하였으며 처리시간 향상을 위한 독립형 시각화 표출 서버를 추가하였다.

라. 지역제어국 시스템 소프트웨어 설계

지역제어국 시스템의 소프트웨어는 데이터 획득 및 처리, 보정정보 생성, 무결정정보 생성, 궤도력 정보 생성 등으로 구분할 수 있으며 <그림 2-116>에 전체 설계도를 나타내었다.



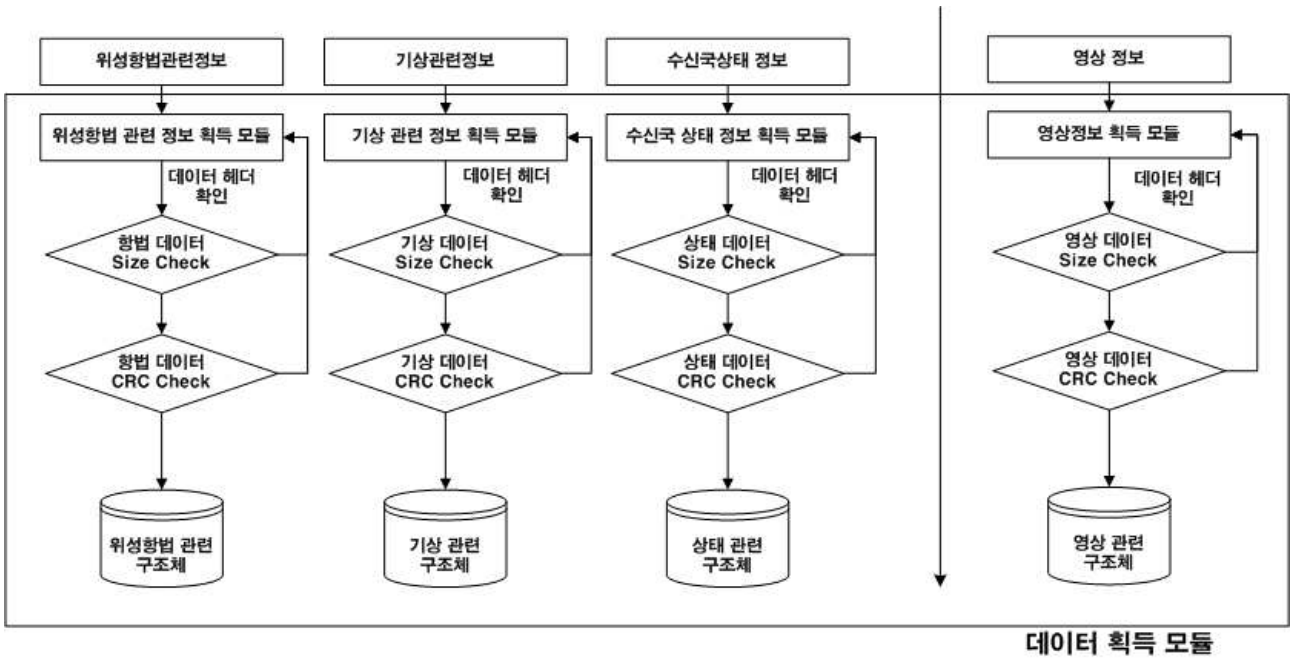
<그림 2-116> 지역제어국 시스템 소프트웨어 설계도

(1) 데이터 획득 및 처리

데이터 획득 및 처리 기술을 다중 데이터 획득, 데이터 동기화, 데이터 전처리 기술 모듈로 구성된다.

(가) 다중 데이터 획득

다중 데이터 획득 기술은 다수의 지역수신국 및 IGS (International GNSS Service) 궤도력 서버의 데이터를 획득하기 위한 접속, 획득, 디코딩 과정으로 구성되며 모듈의 흐름도는 <그림 2-117>과 같다.



<그림 2-117> 데이터 획득 모듈 설계도

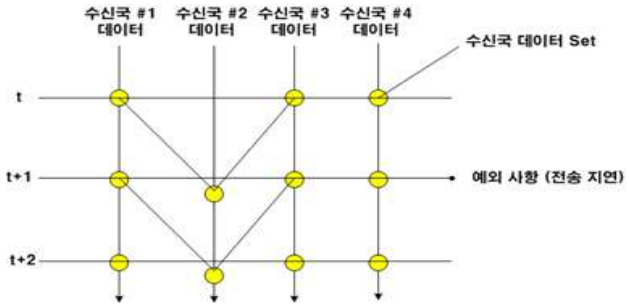
지역수신국으로부터 획득되는 위성항법 데이터는 초당 약 550 바이트 (bytes)로 위성의 개수가 10개일 경우의 데이터량은 <표 2-32>와 같다.

<표 2-26> 지역수신국 데이터량 예시

위성항법 데이터 종류	데이터량	데이터량
관측값	44bytes * n + 4 (n=10)	444 Byte
항법메시지	90byte	90 byte

(나) 다중 데이터 획득

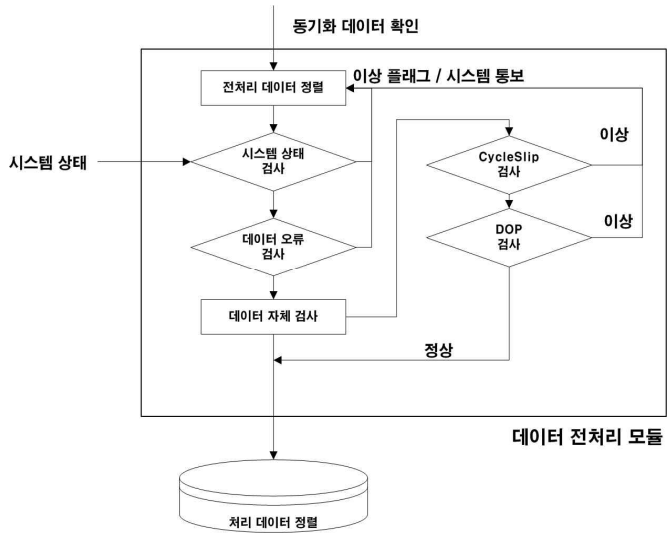
데이터 동기화는 다중 지역수신국 데이터의 시각 동기를 위한 것이며 입력, 처리, 검증 및 예외, 출력 기능 등이 모듈에 포함되어 있다. <그림 2-118>에 데이터 동기화 개념도를 나타내었다.



<그림 2-118> 데이터 동기화 개념도

(다) 데이터 전처리

데이터 전처리는 지역제어국 시스템, 데이터 등의 이상 (Anomaly)을 검사하기 위한 모듈이다. <그림 2-119>에 데이터 전처리 설계도를 나타내었다.



<그림 2-119> 데이터 전처리 설계도

(라) 보정정보 생성

실시간 반송파 보정정보 생성은 다중 지역수신국으로부터의 데이터 획득, 동기화, 전처리 과정을 통하여 입력된 위성항법 데이터, 기상측정 데이터 등을 이용하여 반송파 보정정보를 생성하는 모듈로 구성된다. 반송파 보정정보 생성 모듈을 위성항법 데이터의 입력, 필터 (Filter)를 통한 미지정수 (Integer Ambiguity) 추정, 검증 등의 기능을 가지며 추정 또는 결정된 미지정수를 이용하여 보정정보를 생성한다.

(마) 무결성정보 생성

무결성정보 생성 모듈은 지역수신국에서 획득한 위성항법 데이터, 기상측정 데이터를 활용하

여 보정정보를 생성하는 과정에서 문제가 없는지 감시하고 사용자에게 보정정보의 통계적 분석 값은 제공하는 일련의 과정을 담당한다. 무결성정보 생성 모듈을 위성항법 신호 이상검출 모듈과 무결성 파라미터 (Parameter) 생성 모듈로 구분되며 실시간 위성항법 신호 이상검출은 위성시계 이상, 위성궤도 이상, 저감도, 수신국간 전리층 신호지연 변칙, 수신국간 대류권 신호지연 변칙, 항법메시지 이상 감시를 수행하고 무결성정보 파라미터 생성 모듈은 보정정보를 생성하면서 계산되는 통계적 분석값을 활용하여 사용자가 무결성 계산 및 판단을 할 수 있도록 파라미터를 제공하는 기능을 수행한다.

(바) 궤도력 정보 생성

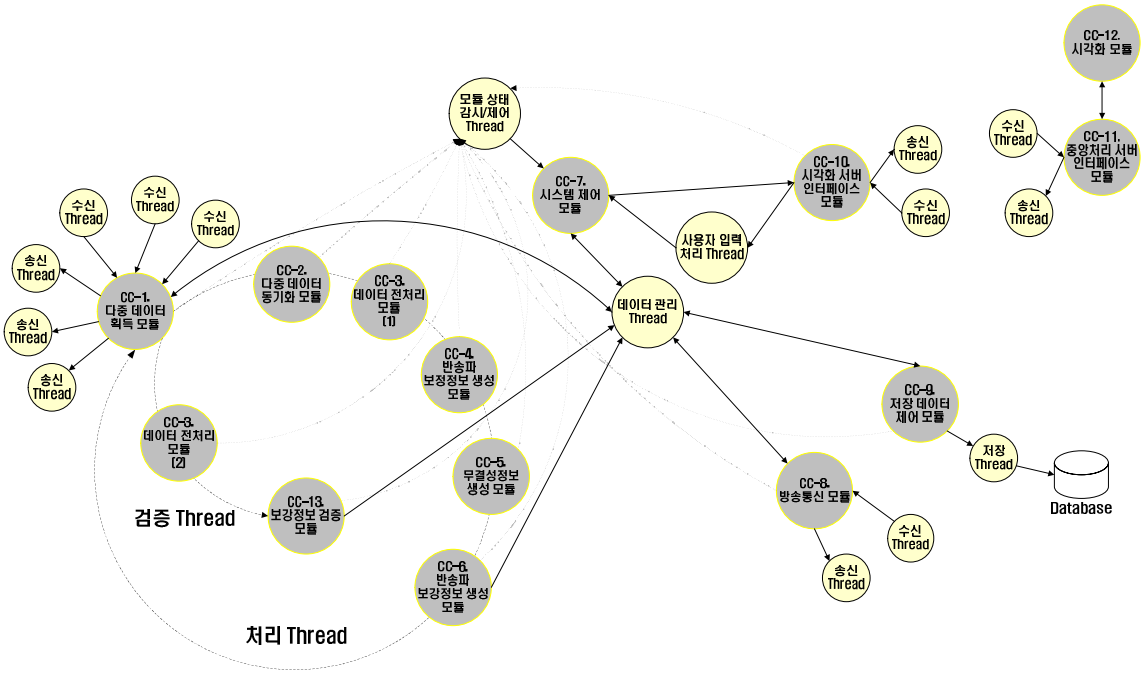
궤도력 정보 생성 모듈을 반송궤도력의 성능을 높이거나 대체하기 위하여 IGS 궤도력 서버에 접속하여 GPS (Global Positioning System) 위성의 궤도 데이터를 획득한다. 궤도 데이터는 실시간으로 운영되는 지역제어국의 시작 동기화를 하기 위한 내삽 (Interpolation) 과정, 궤도력 데이터의 병합 및 대체 과정으로 구분된다.

마. 지역제어국 시스템 소프트웨어 이중화 설계

지역제어국 하드웨어 이중화에 따른 독립적 처리구조 및 각각의 모듈별을 구별하여 설계하였으며 보정정보 제공의 무결성을 충족하기 위한 핵심 기능 및 연속성 (Continuity)을 보장하기 위한 운용 기능을 설계하였다.

(1) 지역제어국 시스템 모듈별 설계

지역제어국 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어적으로 이중화 설계되었으며 이에 따른 각각 하드웨어와 소프트웨어의 모듈별 설계가 필요하다. 지역제어국 집중처리 시스템의 동작은 여러개의 스레드로 구성되어 동작한다. 다중 데이터 획득 모듈에서는 지역수신국, IGS 궤도력 서버, 정밀시계 서버 등에 연결 가능 수에 따라 수신 스레드와 송신 스레드가 생성되어 데이터 수신 및 송신을 담당한다. 수신된 데이터 중 지역수신국과 IGS 궤도력 서버에서 획득한 데이터는 다중 데이터 동기화 모듈, 데이터 전처리 모듈 등을 거쳐 반송파 보정정보 생성 모듈에서 처리된 결과를 시스템 제어 모듈의 데이터 관리 스레드로 전송하는 처리 스레드에서 다루어지며 지역감시국에서 획득한 데이터는 데이터 전처리 모듈에서 정제한 데이터로 보정정보를 검증하여 데이터 관리 스레드로 전송하는 검증 스레드에서 다루어 진다. 시스템 제어 모듈을 모듈 상태 감시, 제어 스레드, 데이터 관리 스레드, 관리자 입력 처리 스레드 등의 스레드가 운영되며 시스템 전반적인 사항을 처리한다. <그림 2-120>에 스레드별 동작 구성도를 나타내었다.



<그림 2-120> 지역제어국 집중처리 시스템 모듈별, 스레드별 동작 구성도

(가) 다중데이터 획득 모듈

다중데이터 획득 모듈은 다중 지역수신국, 지역감시국, 정밀궤도 서버, 정밀시계 서버 등의 서버와의 연결을 관리 및 제어한다. 수신된 모든 데이터는 시스템 제어 모듈로 전달되고 수신 데이터 중 지역수신국 데이터는 다중 데이터 동기화 모듈로, 감시국 데이터는 데이터 전처리 모듈로 전달되며 송신한 데이터는 외부로 송신한다. 지역수신국과 지역감시국의 구성은 가변적으로 설정할 수 있게 설계되었으며 또한 다수의 클러스터를 가질 수 있다.

수신되는 다중 데이터 중 지역수신국은 위성항법 데이터, 기상측정 데이터, 영상 데이터, 수신국 상태 정보 데이터, 수신국 설정 상태 데이터이며, 감시국은 위성항법 데이터, 보정정보 데이터, 감시국 상태 정보 데이터, 감시국 설정 상태 데이터가 있다.

지역수신국과 지역감시국 등의 데이터는 TCP/IP, IGS 궤도력 데이터는 FTP (File Transfer Protocol) 서버, 정밀시계 데이터는 NTP (Network Time Protocol)로 획득한다. 실시간 데이터 획득이 아닌 후처리 (Post-Processing) 파일 입력을 통한 데이터 분석 및 모니터링 또한 지원하게 설계되었다.

(나) 다중데이터 동기화 모듈

다수의 지역수신국으로부터 획득한 위성항법 데이터는 지역수신국에서 처리 지연 시간 및 지역수신국과 지역제어국 사이의 네트워크 지연으로 인해 시각 이격이 발생 할 수 있다. 총 지연

시간을 앞서 나열한 두 상황을 합쳐 획득할 수 있으며 다중 데이터 동기화 모듈에서는 지역제어국의 시각과 비교하여 지역수신국-지역제어국간 지연량을 검출할 수 있으며 지연량 감소 기법을 적용하여 데이터의 동기화를 수행한다.

(다) 데이터 전처리 모듈

다수의 지역수신국과 지역감시국으로부터 획득되는 위성항법 데이터는 각 지역수신국의 상태에 따라 데이터 품질이 고르지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 데이터는 보정정보 생성 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 데이터 전처리 모듈에서 데이터의 이상 검출을 수행하여 보정정보 생성시 사용 여부를 결정하거나 데이터를 복원하여 사용 가능하도록 처리한다. 대표적인 예로 사이클슬립 (Cycle Slip), 다중경로 (Multipath) 검출 등이 있다.

(라) 반송파 보정정보 생성 모듈

획득 모듈과 동기화 모듈, 전처리 모듈을 통해 정제된 측정 데이터를 필터를 이용하여 미지정수를 결정하고 사용자의 위치결정 성능을 향상 시킬 수 있는 보정정보를 생성한다.

(마) 무결성정보 생성 모듈

각 클러스터 별 지역수신국 데이터 자체의 무결성 검사 및 생성된 반송파 보정정보의 무결성을 검사하여 무결성 정도를 수치적으로 표현한다.

(바) 시스템 제어 모듈

각 핵심 모듈들의 처리 과정 및 이상을 감지하며 이상 발생시 적절한 처리를 수행한다. 또한 수신 데이터, 처리 데이터 등의 데이터를 저장 할 수 있도록 지원하며, 지역제어국, 지역수신국, 지역감시국의 설정 상태를 관리하는 설정 데이터를 관리한다. 그리고 모든 데이터를 조합하여 시각화가 가능 하도록 시각화 데이터를 구성한다.

(사) 방송 통신 모듈

DMB 송출 방송국과의 연결을 관리하며 생성된 보정정보 및 무결성정보를 전달한다.

(아) 데이터 저장 모듈

데이터 획득 모듈에서 획득한 위성항법 데이터, 기상측정 데이터, 영상 데이터 등과 산출된 보정정보, 무결성정보를 데이터베이스 서버를 이용하여 저장한다.

(자) 시각화 서버 인터페이스 모듈

시각화를 위해 구성한 데이터와 지역수신국 및 지역감시국 설정을 위한 설정 데이터를 시각화 서버에 전달한다.

(차) 집중처리 서버 인터페이스 모듈

관리자가 설정한 내용을 집중처리 서버에 전달한다.

(카) 시각화 모듈

지역수신국에서 획득한 데이터, 산출된 보정정보, 지역수신국과 지역감시국의 동작 상태 및 설정 데이터, 집중처리 시스템의 동작 데이터 등 인프라 시스템 전반적인 동작 상환을 시각화하여 표출하며 관리자와의 상호 작용을 수행한다.

(타) 보정정보 검증 모듈

지역감시국에서 획득한 데이터와 데이터 전처리 모듈, 보정정보 생성 모듈 등과의 연계를 통해 봉정정보를 검증한다.

(2) 지역제어국 시스템 모듈별 구성 요소

(가) 다중데이터 획득 모듈

입력 받을 데이터가 지역수신국, 지역감시국 등의 데이터인지 파일인지에 따라 통신 제어 모듈이나 파일 제어 모듈에서 데이터를 수신 받으며 데이터 이상 확인 모듈에서 패킷을 검사하고 다중 데이터 전달 모듈에서 데이터 타입에 따라 시스템 제어 모듈, 데이터 동기화 모듈, 데이터 전처리 모듈로 데이터를 전달한다.

① 통신 제어 모듈

외부 지역수신국, 지역감시국 서버와의 연결을 관리하며 각 연결당 수신, 송신 스레드를 생성하여 데이터 획득 및 전송을 수행한다. 획득하는 데이터에는 지역수신국과 지역감시국의 데이터, IGS 궤도력, 정밀시계 데이터가 있다.

㉮ 지역수신국 및 지역감시국 데이터 포맷

지역수신국과 지역 감시국에서는 데이터 획득 즉시 지역제어국으로 전송하여 헤더, 패킷 길이, 아이디, 타입 등의 데이터를 패킷으로 조합하여 전송한다. 데이터의 총 길이는 실제 데이터의 크기에 따라 가변적이다.

㉯ IGS 궤도력 포맷

IGS에서는 위성항법시스템 (GNSS, Global Navigaion Satellite System) 항법위성에 대한 위치와 시계정보를 15분 간격으로 제공한다. IGS 궤도력의 종류는 초신속 궤도력, 신속 궤도력, 정밀 궤도력이 있다. <그림 2-121>에 IGS 궤도력 포맷을 나타내었다.

Standard Product #3 ASCII SP3 Format Version "c".

Columns	Description	Example	Format
SP3 First Line			
Columns 1-2	Version Symbol	#c	A2
Column 3	Pos or Vel Flag	P or V	A1
Columns 4-7	Year Start	2001	I4
Column 8	Unused	_	blank
Columns 9-10	Month Start	_8	I2
Column 11	Unused	_	blank
Columns 12-13	Day of Month St	_8	I2
Column 14	Unused	_	blank
Columns 15-16	Hour Start	_0	I2
Column 17	Unused	_	blank
Columns 18-19	Minute Start	_0	I2
Column 20	Unused	_	blank
Columns 21-31	Second Start	_0.00000000	F11.8
Column 32	Unused	_	blank
Columns 33-39	Number of Epochs	____192	I7
Column 40	Unused	_	blank
Columns 41-45	Data Used	____d	A5
Column 46	Unused	_	blank
Columns 47-51	Coordinate Sys	ITR97	A5
Column 52	Unused	_	blank
Columns 53-55	Orbit Type	FIT	A3
Column 56	Unused	_	blank
Columns 57-60	Agency	_NGS	A4

중략..

SP3 Line Twenty four (The Position and Clock Record)

Column 1	Symbol	P	A1
Columns 2-4	Vehicle Id.	G01	A1,I2.2
Columns 5-18	x-coordinate(km)	-19119.133015	F14.6
Columns 19-32	y-coordinate(km)	-13852.632224	F14.6
Columns 33-46	z-coordinate(km)	-12257.696696	F14.6
Columns 47-60	clock (microsec)	______1.500024	F14.6
Column 61	Unused	_	blank
Columns 62-63	x-sdev (b**n mm)	8	I2
Column 64	Unused	_	blank
Columns 65-66	y-sdev (b**n mm)	6	I2
Column 67	Unused	_	blank
Columns 68-69	z-sdev (b**n mm)	5	I2
Column 70	Unused	_	blank
Columns 71-73	c-sdev (b**n psec)	174	I3
Column 74	Unused	_	blank
Column 75	Clock Event Flag	E	A1
Column 76	Clock Pred. Flag	P	A1
Columns 77-78	Unused	__	2 blanks
Column 79	Maneuver Flag	M	A1
Column 80	Orbit Pred. Flag	P	A1

<그림 2-121> IGS 궤도력 포맷 예시

㉰ NTP 패킷 구조

NTP는 네트워크로 연결되어 있는 컴퓨터간의 시각을 동기화하는데 사용되는 프로토콜(Protocol)이다. <그림 2-122>에 구조를 나타내었다.



<그림 2-122> NTP 패킷 구조

② 파일 제어 모듈

파일로 저장한 회득 데이터를 읽고 제어하는 기능을 수행한다. 읽는 파일 당 하나의 Read 스레드가 생성되어 동작한다. 이 모듈은 지역수신국, IGS 등의 데이터를 읽어 획득하며 이를 데이터 이상 확인 모듈로 전달한다.

③ 데이터 이상 확인

획득한 데이터의 크기 검사, CRC (Cycle Redundancy Check) 검사 등을 통해 데이터의 정상 수신 여부를 확인하고 획득한 데이터를 다중 데이터 모듈로 전달한다. 만약 데이터 이상을 검출한 경우 이를 시스템 제어 모듈로 통보한다.

④ 다중데이터 전달

이상이 없는 것으로 판단된 데이터는 시스템 제어 모듈과 데이터 동기화 모듈, 데이터 전처리 모듈로 전달되어 처리, 저장, 화면 표출에 이용된다.

(나) 다중데이터 동기화 모듈

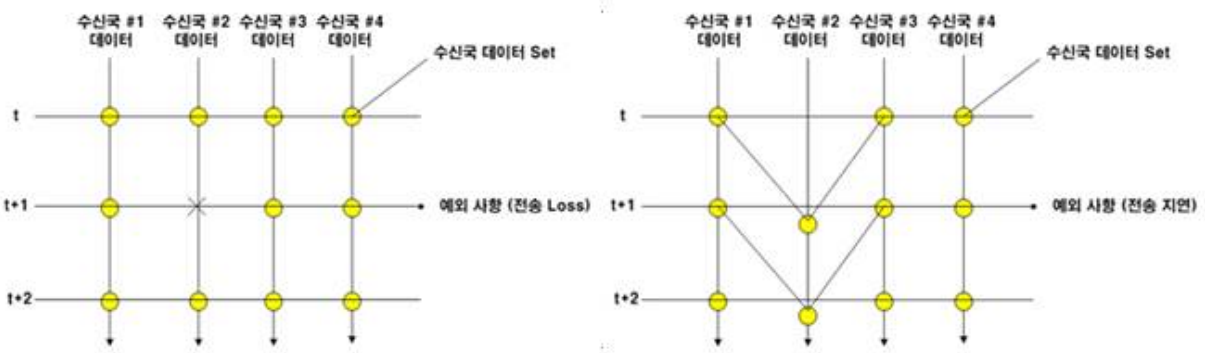
획득된 지역수신국, 지역감시국, 정밀시계 데이터를 이용하여 지연량 검출, 감소 등의 동작을 수행하여 데이터 전처리 모듈로 전달한다.

① 시각 획득 모듈

정밀시계 서버를 기준으로 동기화한 시스템의 시간을 획득한다.

② 시각 획득 모듈

지역수신국-지역제어국간 지연량을 검출한다. <그림 2-123>에 지연량 검출 개념도를 나타내었다.



<그림 2-123> 지역수신국 데이터 지연량 검출 개념도

③ 지연량 감소 모듈

지역수신국-지역제어국간 시간 지연이 발생한 경우 이를 감소시켜 계산에 사용할 수 있도록 한다.

(다) 데이터 전처리 모듈

동기화된 지역수신국, 지역감시국 정밀시계 데이터를 이용하여 위성 고도 확인 및 위성별 신호 강도 확인 등의 데이터 체크를 통하여 반송파 보정정보 생성시 사용하지 않을 데이터를 검출한다. 전처리된 데이터는 반송파 보정정보 생성 모듈과 무결성정보 생성 모듈 그리고 데이터 검증 모듈로 전달된다.

(라) 반송파 보정정보 생성 모듈

전처리된 수신 데이터를 이용하여 단일차분, 이중차분, 필터를 이용한 미정정수 결정 등의 알고리즘을 이용하여 반송파 보정정보를 생성한다. 생성된 반송파 보정정보는 무결성정보 생성에 사용된다.

(마) 무결성정보 생성 모듈

전처리된 데이터와 생성된 반송파 보정정보를 이용하여 무결성정보를 생성하고 방송 통신 모듈, 데이터 저장 모듈, 시각화 모듈 등으로 전달된다.

(바) 시스템 제어 모듈

수신 데이터, 설정 데이터, 상태 데이터, 이상감시 데이터, 보정정보 및 무결성정보 데이터, 검증 결과 데이터를 받아 데이터를 저장 및 방송통신 모듈로 전달하며 시각화 표출을 위한 시각화 데이터를 생성한다. 관리자로부터 입력되는 설정 데이터를 처리하며 필요시 지역수신국, 지역감시국 등으로 설정 데이터를 전달한다. 각 모듈의 상태를 감시하고 필요시 정의된 동작을 수행하여 원활한 시스템 동작을 지원한다. 위 동작을 위해 데이터 관리, 관리자 사용 입력 처리, 모듈 상태 감시 및 제어 스레드 등을 생성해 처리한다.

(사) 방송통신 모듈

생성된 보정정보 데이터를 DMB (Digital Multimedia Broadcasting) 송출 방송국, LTE (Long Term Evolution), WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) 등으로 전송할 수 있는 패킷으로 구성하여 전달한다.

(아) 데이터 저장 모듈

수신 데이터, 생성 데이터 등을 데이터베이스에 저장한다.

(자) 시각화 서버 인터페이스 모듈

시각화 서버에 데이터를 표출하기 위해 생성된 시각화 데이터와 설정 데이터를 내부 패킷으로 구성하여 시각화 서버에 전달한다.

㉮ 시각화 서버-지역제어국 시스템간 데이터 포맷

시각화 서버, 지역제어국 시스템간 데이터 전송은 내부 패킷으로 조합되어 전송되며 헤더, 패킷 길이, 타입 등의 데이터를 조합하여 전송한다. 데이터의 총 길이는 실제 데이터의 크기에 따라 가변적이다.

(차) 집중처리 서버 인터페이스 모듈

집중처리 서버 데이터 연산을 위해 각 모듈에서 데이터를 전송받는다.

(카) 시각화 모듈

시각화를 위해 구성된 시각화 데이터와 설정 상태를 표시하기 위한 설정 데이터를 입력 받아 시각화 표출하며 관리자화의 상호 작용을 수행한다.

(타) 보정정보 검증 모듈

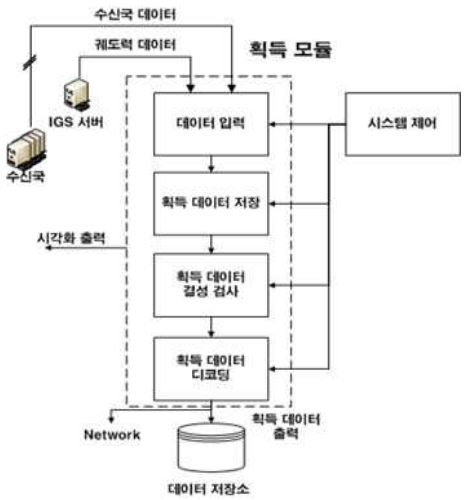
보정정보를 검증하는 모듈로써 검증 과정에서 발생한 이상 정보와 검증 결과를 시스템 제어 모듈에 보낸다.

바. 지역제어국 시스템 알고리즘 설계

(1) 데이터 획득

(가) 지역제어국 시스템 다중 데이터 획득 기술 설계

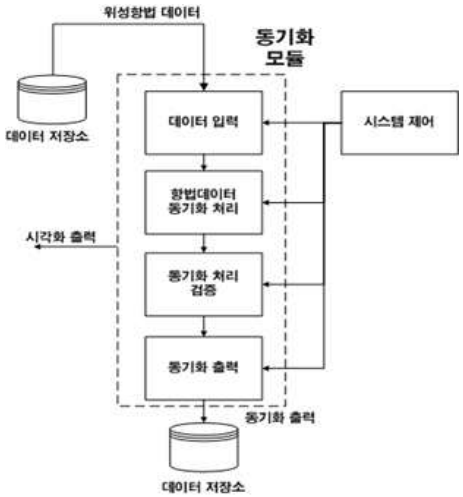
지역제어국 다중 데이터 획득 기술을 다중 지역수신국 및 IGS 궤도력 서버 TCP/IP 접속, 다중 스레드 (Multi-thread) 데이터 획득, 획득 데이터의 디코딩을 포함하고 있으며 이를 반영하여 지역제어국 시스템 다중 데이터 획득 모듈의 기본 설계는 <그림 2-124>과 같다.



<그림 2-124> 지역제어국 시스템 다중 데이터 획득 기본 설계

(나) 지역제어국 시스템 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기술 설계

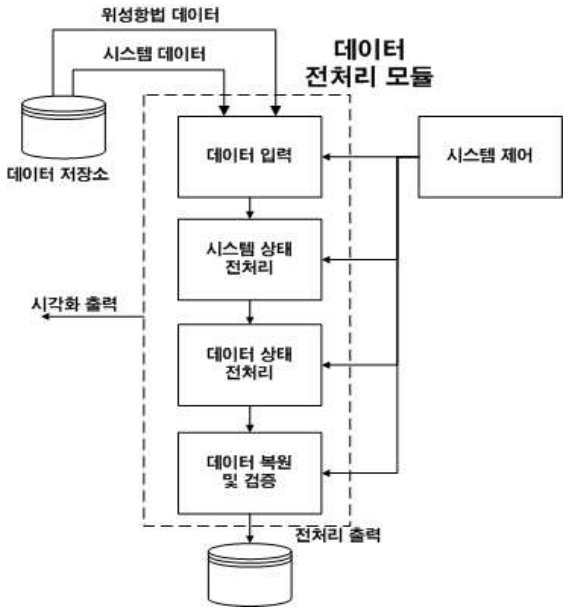
지역제어국 시스템 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기술을 지역제어국 처리 과정에서 다중 지역수신국의 시각을 동일 시점으로 동기화하여 사용하기 위한 기술로써 입력, 처리, 검증 및 예외처리, 출력 기술 등이 있다. 이를 반영하여 지역제어국 시스템 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기술의 기본 설계는 <그림 2-125>와 같다.



<그림 2-125> 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기본 설계

(다) 실시간 다중 지역수신국 데이터 전처리 기술 설계

실시간 다중 지역수신국 데이터 전처리 기술을 지역제어국 다중 데이터 동기화, 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화 기술의 실시간 처리를 위한 기술로써 입력, 처리, 검증 및 예외처리, 출력 기술 등이 있다. 이를 반영하여 지역제어국 시스템 다중 지역수신국 위성항법 데이터 전처리 기술의 기본 설계는 <그림 2-126>와 같다.

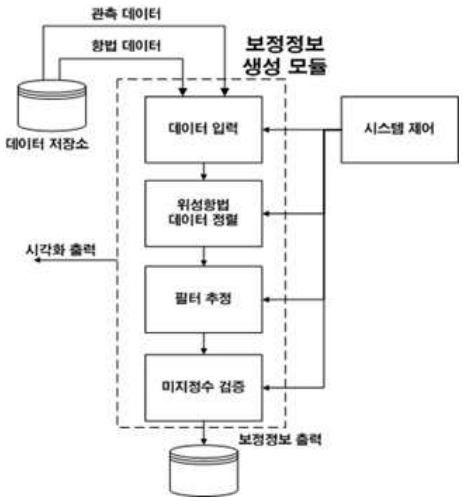


<그림 2-126> 다중 지역수신국 위성항법 데이터 전처리 기본 설계

(2) 보정정보 생성

(가) 실시간 반송파 보정정보 생성 기술 설계

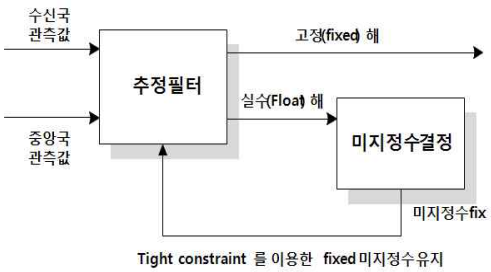
실시간 반송파 보정정보 생성 기술을 실시간으로 다중 지역수신국으로부터의 데이터 획득, 동기화, 처리 과정을 통하여 입력된 위성항법 정보를 이용하여 반송파 보정정보를 생성하는 기술로써 실시간 반송파 보정정보 생성 입력, 주-부 지역수신국간 위성항법 데이터 정렬, 보정량 필터 추정, 미지정수 검증 기술 등이 있다. 이를 반영하여 지역제어국 시스템 반송파 보정정보 생성 기술의 기본 설계를 <그림 2-127>에 나타내었다.



<그림 2-127> 지역제어국 다중 지역수신국 반송파 보정정보 생성 기본 설계

(나) 다중 지역수신국간 미지정수 결정 기술 설계

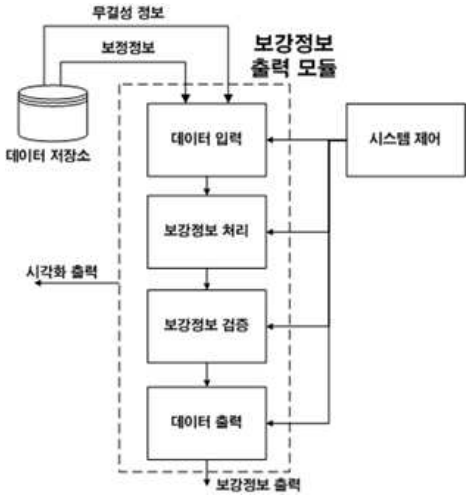
실시간 보정정보 생성을 위해서는 반송파 위상 측정치의 미지정수를 우선적으로 결정해야한다. 필터로부터 미지정수의 실수해를 결정한 후 실수해의 공분산 값을 이용하여 정수해를 결정하는 방법을 통하여 미지정수를 결정한다. <그림 2-128>에 미지정수 결정 방법 설계도를 나타내었다.



<그림 2-128> 미지정수 결정 방법

(다) 반송파 보정정보 출력 기술 설계

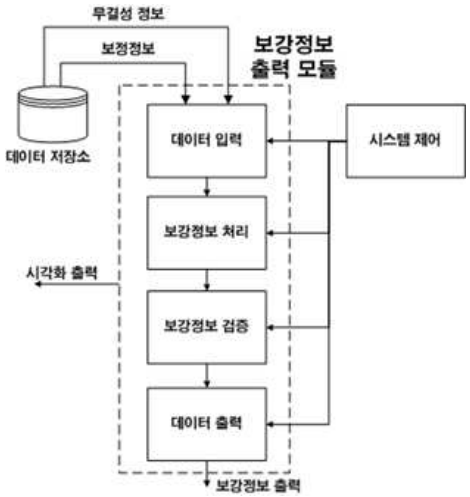
반송파 보정정보 출력 기술은 생성된 보정정보를 사용자에게 전송하기 위하여 정형화된 구조로 데이터를 조합하기 위한 기술로써 반송파 보정정보 데이터 입력, 처리, 검증, 출력 등이 있다. 이를 반영하여 지역제어국 시스템 반송파 보정정보 출력 기술의 기본 설계를 <그림 2-129>에 나타내었다.



<그림 2-129> 반송파 보정정보 출력 기본 설계

(라) 실시간 궤도력 활용 기술 설계

실시간 궤도력 활용 기술을 항법위성으로부터 전달되는 방송궤도력 (Broadcast Ephemeris)의 성능을 향상시키기 위하여 IGS 궤도력 제공 서버에 접속하여 항법위성의 정밀궤도력을 획득하여 방송궤도력을 보완하거나 대체하는 기술로써 궤도력 서버 접속 및 다운로드 기술, 데이터 디코딩 기술, 동기화 기술, 내삽 기술, 궤도력 데이터 대체 기술 등이 있다. 이를 반영하여 지역제어국 시스템 실시간 궤도력 활용 기술의 기본 설계를 <그림 2-130>에 나타내었다.



<그림 2-130> 실시간 궤도력 활용 기본 설계

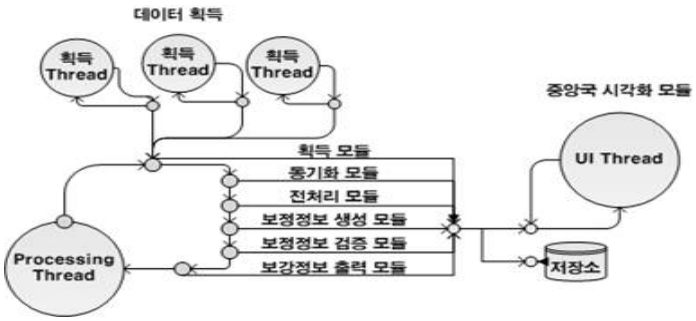
(3) 네트워크 통신

지역제어국 시스템에서 데이터 통신 기술은 지역수신국-지역제어국간, 지역제어국-사용자간의 데이터 통신으로 구분된다. 데이터 통신 스케쥴링 기술은 수신국 TCP/IP 접속 요청, 데이터 요청, 지역제어국 통신 상태 확인, 데이터 획득 등이 있다.

(4) 시스템 제어

(가) 집중처리 시스템 제어 기술 설계

지역제어국 집중처리 시스템 제어 기술은 다중 데이터 획득, 다중 지역수신국 위성항법 데이터 동기화, 다중 지역수신국 위성항법 데이터 전처리, 반송파 보정정보 생성, 반송파 보정정보 출력, 반송파 보정정보 검증 모듈을 제어하는 기술이며 이를 위하여 획득, 처리, 시각화 스레드를 제어한다. <그림 2-131>에 집중처리 시스템의 제어 방법을 나타내었다.



<그림 2-131> 지역제어국 집중처리 시스템 제어

(나) 집중처리 시스템 상태 감시 기술 설계

지역제어국 집중처리 시스템 상태 감시 기술을 획득, 동기화, 전처리, 보정정보 생성, 보정정보 출력, 보정정보 검증 모듈의 상태를 감시하는 기술이다.

(다) 모니터링 시스템 제어 기술 설계

지역제어국 모니터링 시스템 제어 기술을 다중 지역수신국 및 지역제어국을 제어하기 위한 기술이다.

(라) 모니터링 시스템 상태감시 기술 설계

지역제어국 모니터링 시스템 상태 감시는 다중 지역수신국 및 지역제어국의 데이터 및 시스템 이상을 감시하기 위한 기술이다.

2. 실시간 지역제어국 하드웨어 개발

지역제어국 데이터 처리 시스템을 렉 타입으로 제작되어 있으며 집중처리장치, 정밀궤도력 서버, 데이터버이스 서버, 렉 모니터, 보조정원공급장치, 이더넷 허브 (Ethernet Hub)로 구성된다. 집중처리장치는 지역수신국 데이터를 획득하고 보정정보 및 무결성정보를 생성하며 디스플레이 장치에 관련 정보를 표출한다. 데이터베이스 서버는 지역수신국 영상 데이터 저장, 보정정보 저장, 무결성정보 저장, 시스템 로그 및 처리과정을 저장한다. 정밀 궤도력 서버는 정밀 궤도력 정보를 디스플레이 한다. 렉 모니터는 집중처리장치, 데이터베이스 서버, 정밀궤도력 서버의 운영 상태를 모니터링 한다.

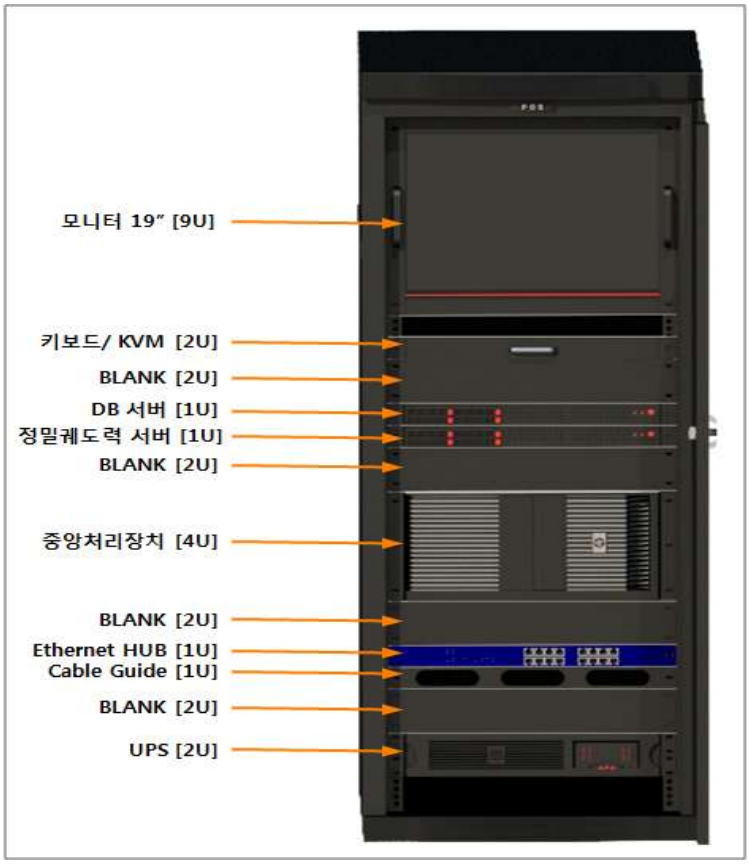
가. 데이터 처리부

지역제어국 데이터 처리 시스템은 렉 타입으로 제작되었으며 하드웨어 성능 사양은 <표 2-27>과 같다.

<표 2-27> 데이터 처리 시스템 사양

항목	성능
집중처리장치	Intel Xeon 2.4
그래픽장치	Matrox M9120
저장장치	HP 1TB
네트워크 카드	Intel EXPI9301CT
전원공급장치	1500VA (980W), 26.5분

집중처리 시스템 렉 크기는 600(W)×1000(D)×1600(H)로 구성하며 제작된 하드웨어는 <그림 2-132>과 같다.



<그림 2-132> 지역제어국 집중처리 시스템 렉 구성

나. 디스플레이부

디스플레이부는 4개의 LED (Light Emitting Diode) 모니터로 구성되며, 하나의 화면으로 활용하거나 각각을 분할해서 사용할 수 있도록 제작하였다. 이 장치는 집중처리장치와 연계하여 지역수신국 데이터 및 플래그 정보, 보정정보 및 무결정정보 생성 관련 정보, 지역제어국 제어 관련 정보, 지역제어국 알고리즘 옵션 및 시스템 옵션 사항을 표출한다. 제작된 하드웨어는 DID (Digital Information Display) 모니터로 구성하여 화면 표출 제어가 가능하도록 구성하였다. 이 장치의 크기는 2200(W)×450(D)×2000(H)이다. <표 2-28>에 디스플레이 하드웨어 성능을 나타내었으며 <그림 2-133>에 하드웨어를 나타내었다.

<표 2-28> 디스플레이부 하드웨어 성능

항목	성능
화면 크기	46” x 4 [2x2 배열]
화면 간격	6.7mm
모니터 수량	4EA [2x2 배열]
Resolution	1366 x 768 [각모니터 별]
Brightness	450cd/m2
Dimension(mm)	1148 x 705 x 330 [1대]



<그림 2-133> 지역제어국 집중처리 시스템 디스플레이 장치

다. 방송통신부

다수의 육상교통 사용자에게 지역제어국 보정정보를 전달하기 위해서는 적절한 통신 방법이 필요하다. 방송을 활용한 통신 방법은 다수의 육상교통 사용자에게 동일한 정보를 일정한 주기로 제공하기 위한 적적한 방법으로 판단하였으며 이용 가능한 방송통신 매체로 T-DMB (Terrestrial-DMB)를 선정하였으며 이 매체를 활용하기 위하여 T-DMB 송출을 위한 내부 장비를 개발하였다. 내무 장비 구성은 지역제어국 연계를 위한 연계시스템, 보정정보를 TPEC (Transport Protocol Expert Group) 규격에 맞추기 위한 TPEC 인코더, 보정정보의 전송주기를 제어하기 휘한 스케쥴러를 구성하였으며, 송출 시스템의 이상을 감시하기 위한 모니터링 시스템 및 디스플레이 장치를 구성하였다. 송출 시스템 하드웨어는 각각의 기능별 서버로 구성하였으며 DMB를 방송할 수 있는 방송국에 설치하여 지역제어국에서 생성한 보정정보를 테스트베드 (Test-Bed) 지역인 충청권에 송출하였다. <그림 2-134>에 방송국에 설치된 송출 시스템 하드웨어를 나타내었다.



<그림 2-134> 방송통신 시스템 하드웨어

지역제어국에서 생성한 보정정보는 <그림 2-135>와 같이 송출시스템-중계소-송신호를 통해 송출되며 T-DMB 수신 단말 모듈을 통해 보정정보를 수신할 수 있도록 구성하였다. <그림 2-136>에 보정정보 수신을 위한 T-DMB 수신 단말 모듈을 나타내었다.



<그림 2-135> 보정정보 송출을 위한 방송통신 운영 구성

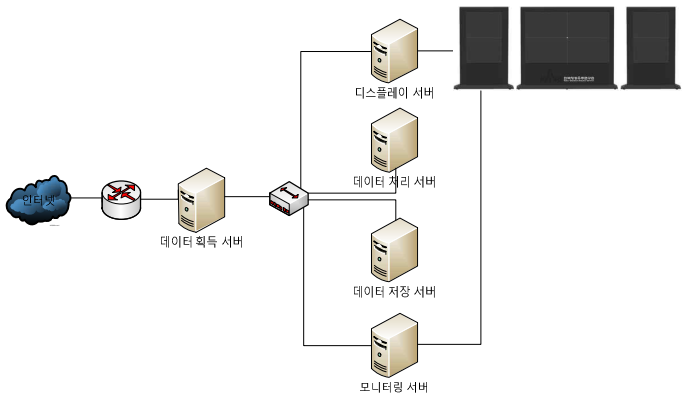


<그림 2-136> DABAir-Mini

라. 실시간 지역제어국 하드웨어 이중화

지역제어국 집중처리 시스템은 유무선 통신 장치를 가지고 지역수신국 시스템의 정보를 수신,

검증하고 이를 집중처리 서버, 데이터베이스 서버로 전달된다. 그리고 최종 계산된 정보를 외부로 전달해 준다. 집중처리 서버는 데이터 획득 서버로부터 받은 지역수신국 정보를 이용하여 보정정보를 산출 한 후 데이터 획득 서버, 디스플레이 서버로 전달한다. 데이터베이스 서버는 정의된 데이터베이스에 데이터 획득 서버로부터 전달 받은 지역수신국 정보를 저장한다. 디스플레이 서버는 일련의 정보를 다중디스플레이 (DID)에 표출하는 기능을 담당한다. 모니터링 서버는 이상 감시 및 감시국 시스템을 감시하는 역할을 수행한다. <그림 2-137>에 이중화된 실시간 지역제어국 설계 개념도를 나타내었다.



<그림 2-137> 실시간 지역제어국 이중화 개념도

(1) 데이터 획득 서버

데이터 획득 서버는 네트워크 상의 정보를 송수신을 담당하는 서버로 지역수신국의 위성항법 정보, 기상 정보, 영상정보, 지역수신국 상태 정보를 수신하며 IGS 궤도력 정보 수신, 보정정보 송신 등의 역할을 수행한다. 주된 특징으로는 두 개의 네트워크를 접속하기 위한 두 개의 네트워크 카드를 갖는다.

(2) 데이터 처리 서버

데이터 처리 서버는 데이터 획득 서버로부터 받은 정보를 가공하여 사용자에게 전달할 정밀 위치결정에 필요한 보정정보를 생성하는 서버이다.

(3) 데이터 저장 서버

데이터 저장 서버는 데이터 획득 서버로부터 받은 정보와 데이터 처리 서버에서 생성한 보정정보를 데이터베이스 서버에 저장하는 역할을 한다.

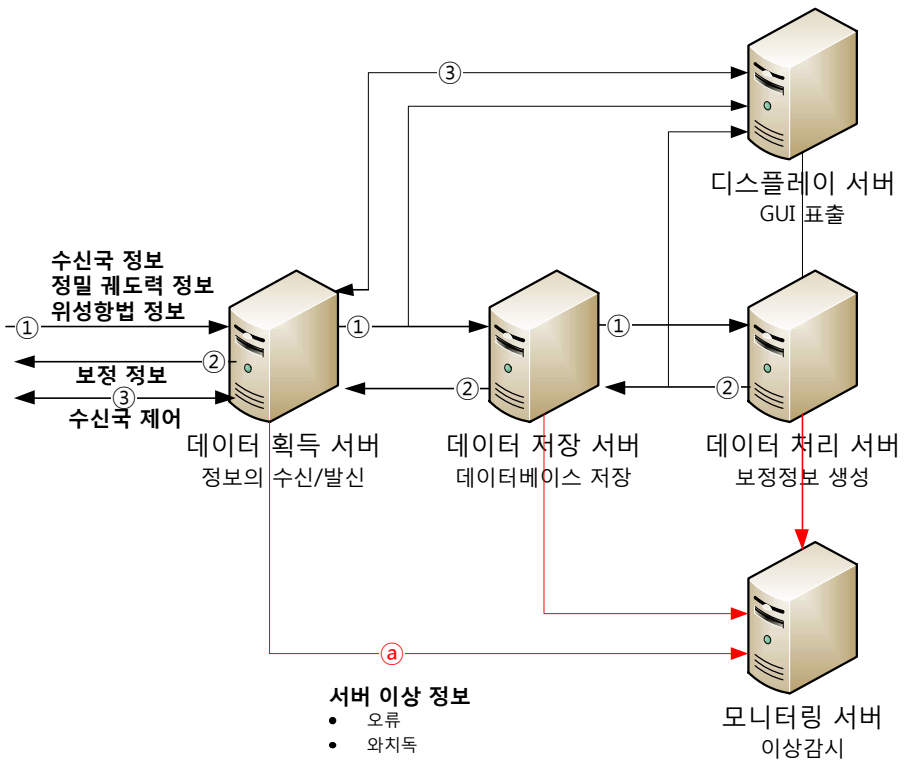
(4) 디스플레이 서버

디스플레이 서버는 관리자에게 각종 정보를 시각화하여 보여주는 시스템으로 데이터 획득 서버로부터 받은 정보와 데이터 처리 서버에서 생성한 보정정보를 시각화하여 보여주는 서버이다. 주된 특징으로는 다중모니터를 구동하기 위한 특별한 디스플레이 카드를 갖는다.

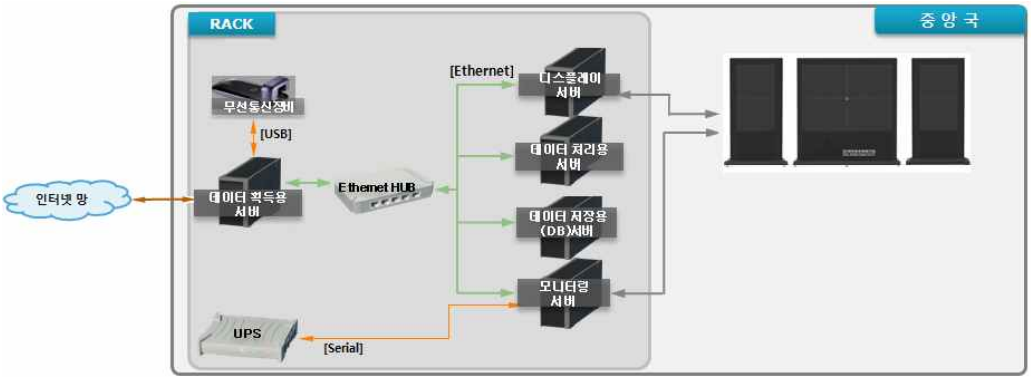
(5) 모니터링 서버

모니터링 서버는 지역제어국 시스템 구성 요소들의 이상 동작 유무를 실시간에 파악 및 분석할 수 있도록 감시하는 서버이다.

위에 나열한 서버들의 논리적 개념과 물리적 개념을 <그림 2-138>과 <그림 2-139>에 각각 나타내었다.



<그림 2-138> 실시간 지역제어국 이중화 시스템의 논리적 개념도



<그림 2-139> 실시간 지역제어국 이중화 시스템의 물리적 개념도

<그림 2-140>에 이중화된 지역제어국 시스템 하드웨어 외형을 나타내었다.



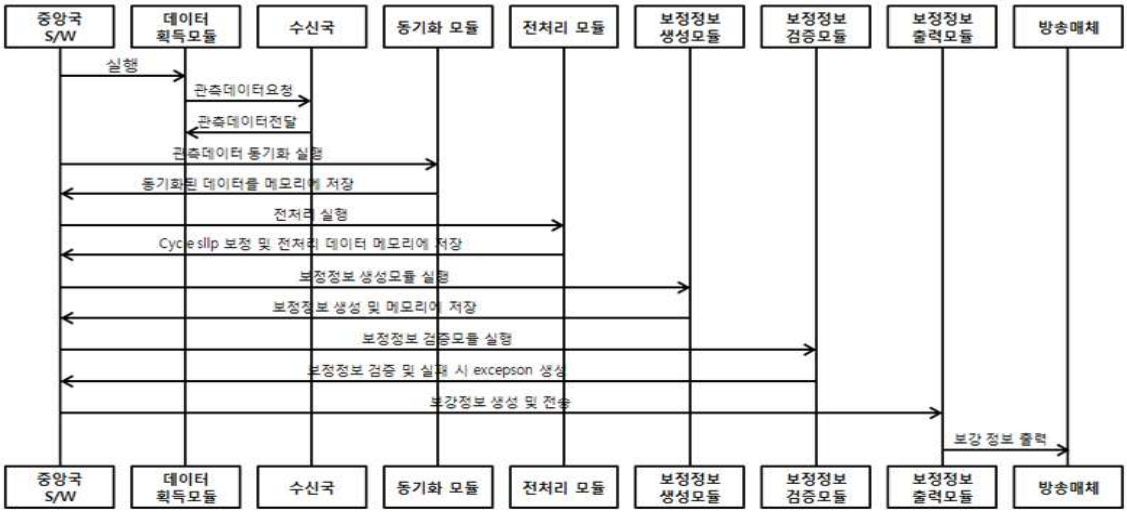
<그림 2-140> 지역제어국 시스템 하드웨어 외형

3. 실시간 지역제어국 소프트웨어 개발

실시간 지역제어국 소프트웨어는 지역수신국의 데이터를 획득하여 보정정보와 무결성정보를 생성하고 이를 사용자에게 전달하는 일련의 과정을 구현한 정보 생성부와 정보 생성부에서 만들어진 정보를 화면에 표현하는 시각화 표현부로 나뉜다.

가. 정보 생성부

정보 생성부에서는 기반, 핵심, 적용 기술 등에서 만들어진 알고리즘을 실시간으로 구현하여 실제로 획득한 데이터에 적용하는 기능을 수행한다. 위성항법기반 교통인프라 기술개발에서는 총 5차년도에서 후처리, 준실시간, 실시간 순으로 데이터를 처리하는 소프트웨어를 개발하였으며 최종적으로 보정정보와 무결성정보가 실시간으로 실제로 획득한 데이터를 기반으로 생성되게 개발하였다. <그림 2-141>은 정보 생성부에서 수행하는 전체적인 내용을 나타내었다.



<그림 2-141> 정보 생성부 수행 내용

나. 시각화 표현부

시각화 표현부에서는 정보 생성부에서 만들어진 데이터를 지역제어국 시스템 관리 담당자에게 효과적으로 전달할 수 있도록 디스플레이 화면에 표출한다.

(1) 전체 화면 개요

전체 화면 구성은 각각의 지역수신국에서 획득한 데이터의 상태에서 보정정보 생성, 무결성정보 생성 및 전달까지 일련의 과정을 일목요연하게 표현하였다. <그림 2-142>에 시각화 표현 소프트웨어 메인 화면을 나타내었다.



<그림 2-142> 시각화 표출장치

(2) 수신국 제어 화면

수신국 제어 화면에서는 위성항법 수신기로부터 획득한 위성항법 데이터와 기상측정 데이터

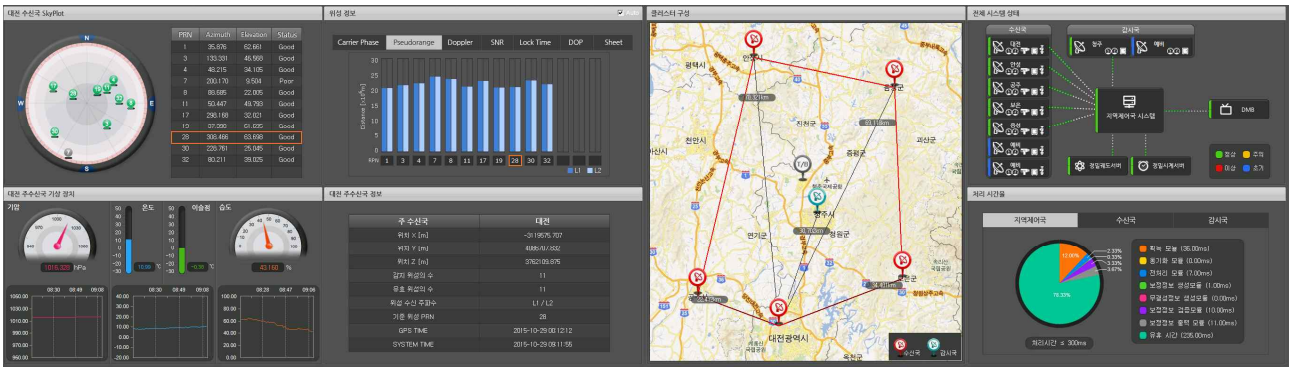
를 실시간으로 표출한다. 이는 위성항법 수신기, 기상측정장비, 통신 장치, 전원 공급장치, 감시 카메라 등의 획득 상태를 확인할 수 있으며 수신국으로부터 획득된 데이터를 이용하여 위성위치, 위성의 고도각 및 방위각, 신호 세기, 지역수신국 위치, 지역수신국의 기상 관련 정보 등의 수신국 데이터 관련 정보를 표출한다. <그림 2-143>에 수신국 데이터 표출 화면을 나타내었다.



<그림 2-143> 지역수신국 데이터 표출 화면

(3) 지역제어국 상태 화면

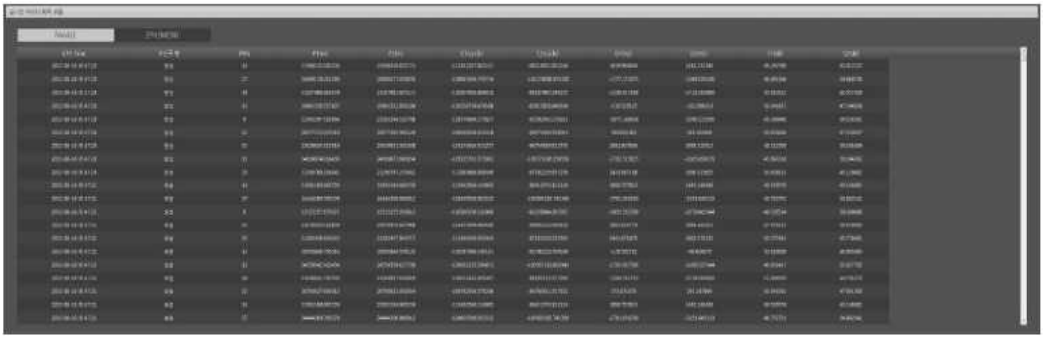
지역제어국 상태 화면은 지역제어국 관련 정보, 주 수신국 정보, 부 수신국 정보, 클러스터 정보, 지역제어국 상태 정보, 처리시간 지연 정보 등을 표출한다. <그림 2-144>에 지역제어국 상태 메인 화면을 나타내었다.



<그림 2-144> 지역제어국 시스템 메인 표출 화면

(4) 획득 상태 화면

지역제어국 획득 상태 화면은 다수의 지역수신국으로부터 획득되는 위성항법 데이터를 디코딩하여 실제 보정정보를 생성하는데 사용되는 데이터들을 지역수신국별로 실시간으로 표출된다. <그림 2-145>에 획득 화면을 나타내었다.



<그림 2-145> 획득 관련 상태 화면

(5) 동기화 및 전처리 상태 화면

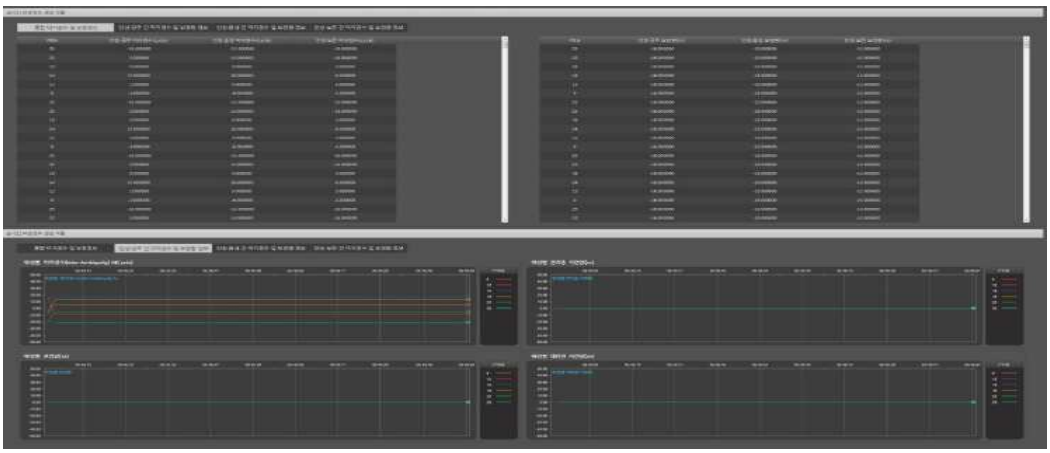
지역제어국 시스템 동기화 및 전처리 모듈 시각화 표출을 지역제어국의 동기화, 전처리 모듈의 데이터를 활용한다. 각 지역수신국-지역제어국간의 시간 이격량, 정밀시계-지역제어국간의 시간 이격량의 표출 기능 그리고 각 지역수신국의 신호, 데이터, 측정치의 이상검출 상태를 시각화 하여 표출하는 기능을 수행한다. <그림 2-146>에 동기화 및 전처리 상태 화면을 나타내었다.



<그림 2-146> 동기화 및 전처리 상태 화면

(6) 보정정보 상태 화면

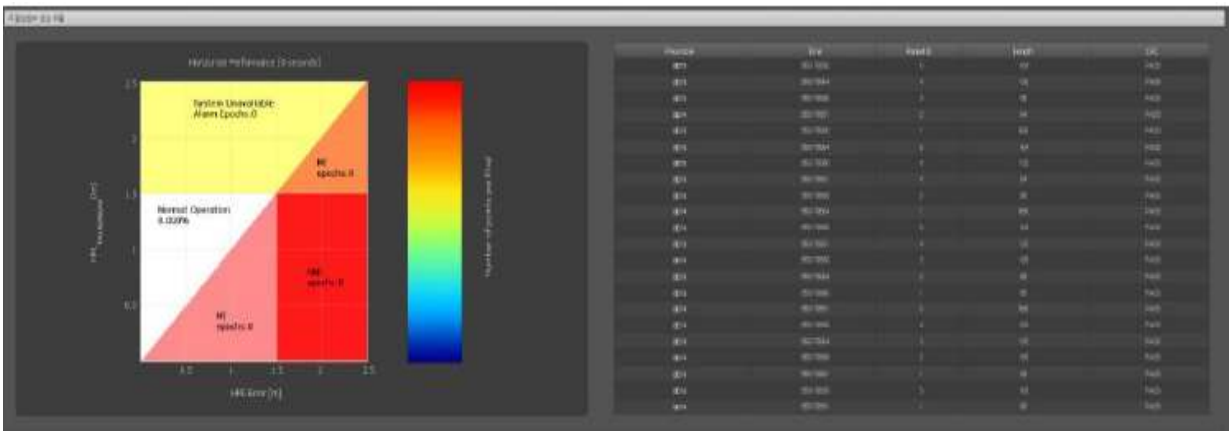
지역제어국 집중처리 시스템의 반송파 보정정보 상태 화면은 회득 데이터를 이용한 반송파 보정정보 생성과 관련된 미지정수, 전리층 지연량, 대류권 지연량, 보정량 등에 관련된 항목을 표출한다. <그림 2-147>에 보정정보 생성과 관련된 표출 화면을 나타내었다.



<그림 2-147> 보정정보 생성 상태 표출 화면

(7) 무결성정보 상태 화면

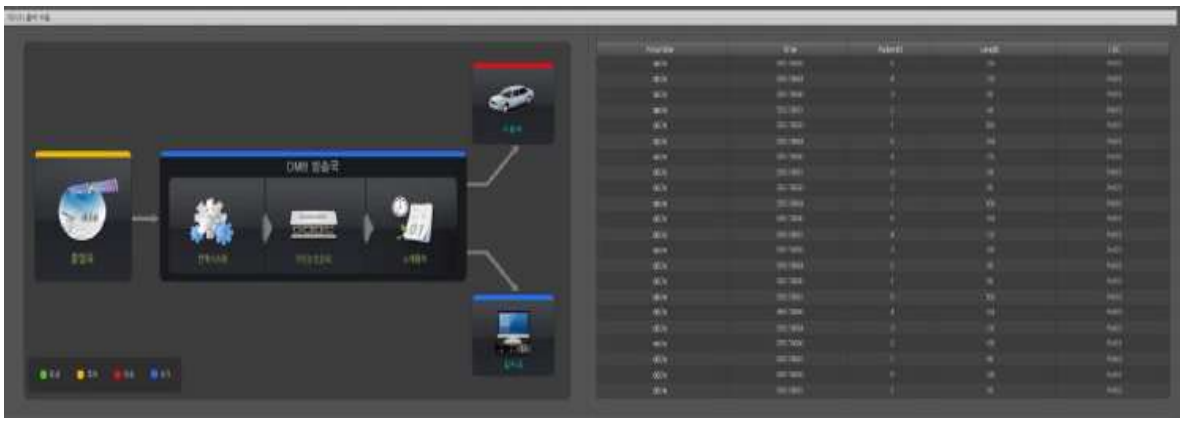
지역제어국 시스템 무결정정보 생성 시각화 표출은 지역제어국의 무결성정보 생성 모듈의 데이터를 활용한다. 지역제어국 무결성정보 생성 시각화 표출부는 무결성정보 검증을 위한 HPL (Horizontal Protection Level) 차트 및 관련 데이터를 시각화하여 표출하는 기능을 수행한다. <그림 2-148>에 무결성 정보 상태 화면을 나타내었다.



<그림 2-148> 무결성 정보 생성 상태 표출 화면

(8) 보정정보 출력 상태 화면

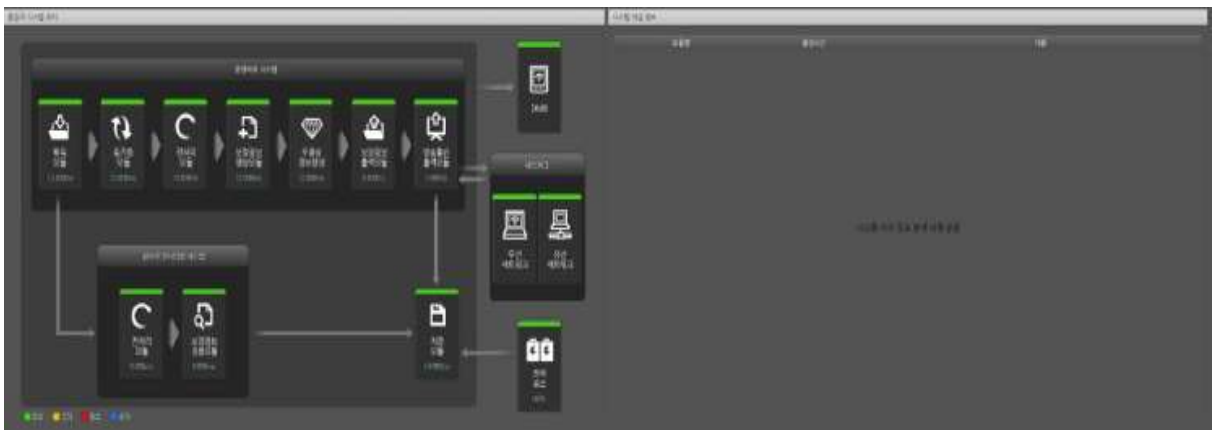
지역제어국 시스템 출력 모듈 시각화 표출은 지역제어국의 출력 모듈의 데이터를 활용한다. 지역제어국-사용자 전송을 위한 방송통신 간의 시스템 상태 및 프로토콜을 표와 그래프로 표출하는 기능을 가지며 <그림 2-149>에 나타내었다.



<그림 2-149> 보정정보 상태 출력 화면

(9) 시스템 제어 상태 화면

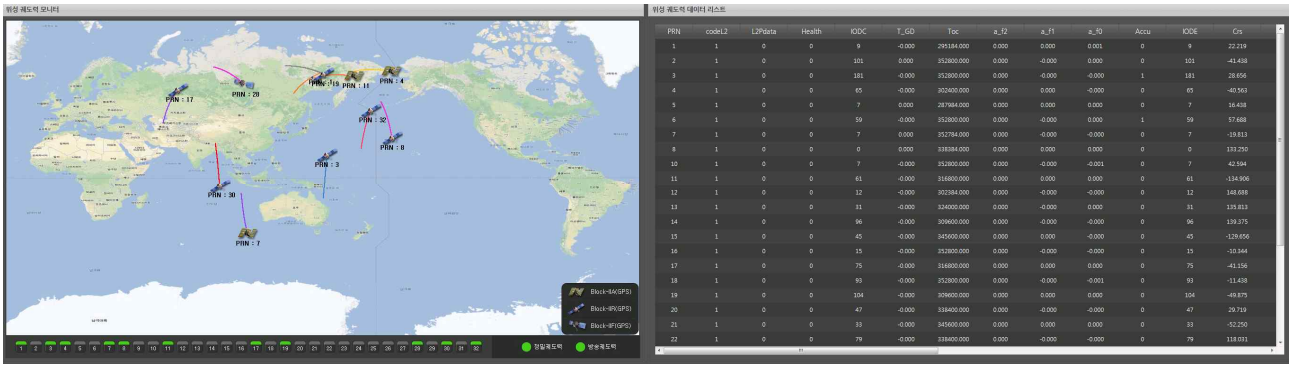
지역제어국 시스템 시스템제어 모듈 시각화 표출은 지역제어국의 시스템 제어 모듈의 데이터를 활용한다. 지역제어국의 획득, 동기화, 전처리, 보정정보 생성, 무결성정보 생성, 보정정보 출력, 그리고 방송통신 모듈에 대한 처리연산 상태에 대한 정보를 플래그와 데이터로 표출하는 기능을 가지며 <그림 2-150>와 같다.



<그림 2-150> 시스템 제어 상태 관련 표출 화면

(10) 궤도력 상태 화면

궤도력 상태 화면에는 방송궤도력과 IGS 궤도력을 활용하여 본 과제에서 활용할 수 있는 실시간 위성위치를 생성하고 이를 실시간으로 시각화 하였다. 이는 항법위성의 궤적정보 및 IGS 궤도력에 대한 방송궤도력의 궤도 차이량을 시각화 표출하는 기능을 가지며 <그림 2-151>에 위성위치 시각화 표출을 나타내었다.



<그림 2-151> 실시간 위성 궤도력 상태 화면

다. 시각화 표현부

방송통신 하드웨어와 함께 제공되는 전송 소프트웨어를 이용하여 T-DMB 데이터 방송을 수신할 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며 전송 소프트웨어를 이용하여 수신 주파수, 서브 채널을 선택할 수 있다. 수신 주파수의 반송신호 강도 및 실시간 화면 표시 그리고 로그저장 기능을 제공하며 DMB 데이터 방송 채널의 패킷 (Packet)/데이터 그룹 디코딩, MOT (Multimedia Object Transfer) 디코딩을 수행한다. 방송통신 하드웨어는 별도의 전원입력 없이 USB타입으로 본체와 연결되어 동작하며 수신 채널의 bit rate, user application type, sub channel ID 등 채널 속성ㅇ 값 화면 표시 기능을 제공한다. <표 2-28>에 수신 단말 모듈 구성을 나타내었으며 <그림 2-152>에 T-DMB 수신 단말 모듈 소프트웨어를 나타내었다.

<표 2-29> 방송통신 수신 단말 모듈 구성

분류	설명
모델명	DABAir-Mini
사양	T-DMB/DAB+/DAB 수신 USB 인터페이스 SMA 타입 input BAND Ⅲ 안테나 포함
용도	T-DMB 데이터 방송 수신 T-DMB RF 상태 출력



<그림 2-152> T-DMB 수신 단말 모듈 소프트웨어 실행 화면

방송통신 소프트웨어는 T-DMB 수신기에서 수신된 TPEC 데이터를 디코딩해서 원본 보정정보를 추출한 후 이를 외부장치로 전달하는 기능을 구현하였으며 외부장치로 데이터를 전달할 때 통신 방식은 TCP/IP 소켓 통신 또는 USB 포트를 이용한 시리얼 통신을 이용한다. 보체 내부에서 동작하는 소프트웨어로 보정정보를 전달할 때는 TCP/IP 통신 방식을 이용한다. TCP/IP 통신 방식으로 통신할 때 외부장치가 서버 모드가 되고 T-DMB 수신기 소프트웨어가 클라이언트 모드가 된다. 방송통신 소프트웨어는 신호수신 강도와 신호지연 시간을 표시하는 기능과 로그 저장 기능을 제공하며 이를 이용하여 반송통신 장비 운영을 통한 테스트베드 지역 T-DMB 반송 지역시간을 분석할 수 있다. 이 때 TPEC 데이터 패킷에 방송국 시스템의 시간정보를 입력하여 송출하므로 방송국에서 보정정보를 송출하고 이를 단말기에서 수신하여 지연시간을 측정할 수 있다. 따라서 방송국의 NTP 서버와 단말기 시스템 시각을 동기화하여 지연시간을 분석할 수 있다.

제4절 실시간 시험평가용 사용자 시스템 개발

1. 사용자 시스템 상세설계안

가. 사용자 시스템 요구사항

사용자 시스템은 위성항법 신호와 중앙국에서 제공하는 보정정보를 수신하고 여러 가지 센서를 이용하여 차로 구분이 가능한 사용자의 정밀 위치 결정을 수행하여야 한다. 이를 수행하기 위한 기능, 설계, 운영 요구사항은 각각 <표 2-30>, <표 2-31>, <표 2-32> 와 같다.

(1) 사용자 시스템의 기능 요구사항

<표 2-30> 사용자 시스템의 기능 요구사항

구분	요구조건	비고
위치 결정 오차	- 사용자 시스템의 위치 결정 오차는 최대 1.5m 이하	
정상 상태 데이터 성능	- 사용자 시스템은 정상상태에서 데이터 반송파 측정치 성능이 0.03m 미만	
위치 결정 가용성	- 사용자 시스템의 위치 결정 가용성은 90% 이상	
전원 off시 데이터 저장	- 사용자 시스템은 전원이 꺼지면서 과거 5분 이상 데이터 저장하도록 설계	

(2) 사용자 시스템의 설계 요구사항

<표 2-31> 사용자 시스템의 설계 요구사항

구분	요구조건	비고
데이터 획득 모듈 처리 시간	- 사용자 시스템의 획득모듈 데이터 처리 시간은 100ms 이내 · Ublox GPS 통신 Baudrate 115200 이상으로 설계하여 최대 800byte (8(Message Structure) + 8+24*32(Payload) = 776byte 기준) 의 데이터 처리 시간 70ms 이내가 됨 · 영상데이터 장치와의 Baudrate 115200 이상으로 설계하여 최대 100byte의 데이터 처리 시간 10ms 이내가 됨 · IMU 데이터 획득은 1ms 이하의 처리시간이 소요됨 · 각 데이터 획득이 병렬처리 되므로 데이터 획득 모듈의 전체 처리 시간은 최악의 경우 70ms를 미만 임	
위치 결정 모듈 처리 시간	- 사용자 시스템의 위치 결정 모듈 처리 시간은 400ms 이내 · Telechips TCC8930 1.2GHz(Dual Core)로 HW설계시 CPU Clock에 의한 성능 저하 43% · 기존 Navigator에서는 동일 사양의 Single Core CPU로 모든 사용자 UI를 구현하였고, Dual Corer각각에 UI Task와 위치 결정 모룔 처리 Task를 할당 하도록 설계하여 처리 모듈 최대 CPU 점유율 90% 이상임 · 모든 성능 저하를 고려한 처리 모듈의 성능 지수는 기존 ATOM CPU 대비 0.39=0.43X0.9 임 · 위치 결정 모듈 처리 시간은 25ms/0.39로 최대 65ms 이하 임	
위치 출력 모듈 처리 시간	- 사용자 시스템의 위치 출력 모듈 데이터 처리 시간은 200ms 이내 ·전자지도 SW와의 통신에 Virtual Com을 이용한 시리얼통신방식으로 설계 · 전자지도 SW와의 통신시 Baudrate 500000 로 설계하여 최대 900byte의 데이터 처리 시간 18ms 임 · GPS 데이터 800byte, 영상 센서 데이터 100byte, 위치결정 데이터 100byte 이내 임 (위치 결정 데이터는 전송되는 NMEA String 길이 기준임. 데이터 길이 정리 표 참고.) · 순간 최대로 전송할 데이터의 양이 900byte 미만이므로 출력모듈의 데이터 처리 시간은 18ms 이하임	

(3) 사용자 시스템의 운영 요구사항

<표 2-32> 사용자 시스템의 운영 요구사항

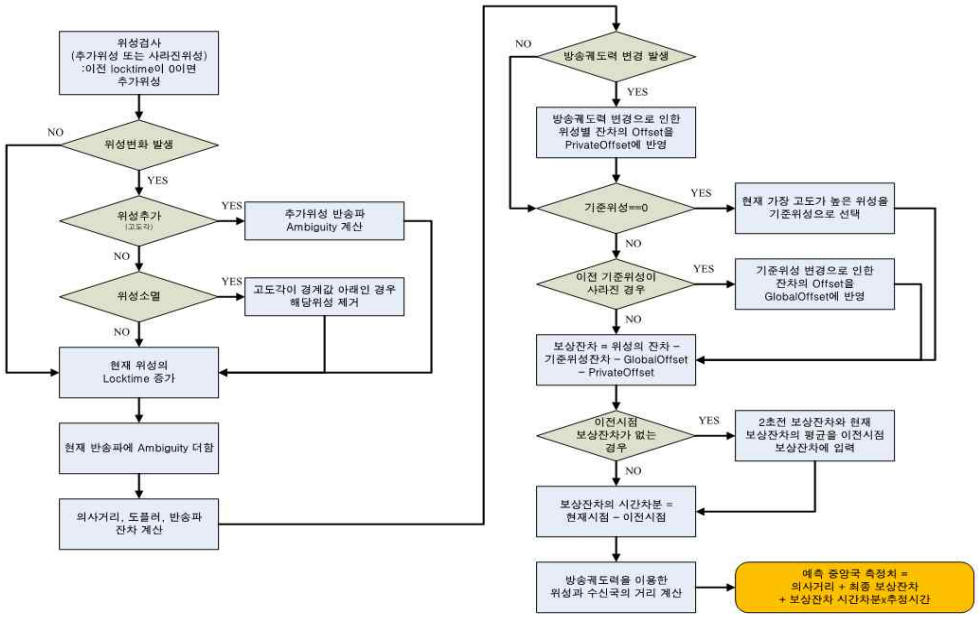
구분	요구조건	비고
차로 안내 네비	- 사용자 시스템의 차로 변경 플래그 발생시 100ms 이내 안내 · 영상데이터 장치와의 Baudrate 115200 이상으로 설계하여 최대 100byte의 데이터 처리 시간 10ms 이내가 됨 · 전자지도 SW와의 통신시 Baudrate 500000 로 설계하여 최대 100Byte의 데이터 처리 시간 2ms 임 · 데이터 획득 모듈의 처리 시간이 최악의 경우 70ms를 미만 임 · 차선 변경 플래그가 생성된 후 전자지도 SW에 전달 될때 까지 소요시간의 최대 82ms 이내가 됨 · 전자 지도 SW에서의 화면 출력시 까지의 처리시간은 10ms 이내 · 전체 소요시간은 최대 92ms 임	
데이터 획득 모듈 안정성	- 사용자 시스템의 데이터 획득 모듈 안정성은 10^{-5} 이상 · CD_U0_AP_007에 의하여 장치 안정성이 10^{-5} 이상 임 · 획득 모듈 SW의 안정성은 ≈0 임 · 데이터 획득 모듈의 안정성은 장치 안정성에 의하여 결정되므로 10^{-5} 이상 임	
위치 결정 모듈 안정성	- 사용자 시스템의 위치 결정 모듈 안정성은 10^{-5} 이상 · CD_U0_AP_004에 의하여 장치 안정성이 10^{-5} 이상 임 · 위치 결정 모듈 SW의 안정성은 ≈0 임 · 위치 결정 모듈의 안정성은 장치 안정성에 의하여 결정되므로 10^{-5} 이상 임	
위치 출력 모듈 안정성	- 사용자 시스템의 위치 출력 모듈 안정성은 10^{-5} 이상 · CD_U0_AP_005에 의하여 장치 안정성이 10^{-5} 이상 임 · 위치 출력 모듈 SW의 안정성은 ≈0 임 · 위치 출력 모듈의 안정성은 장치 안정성에 의하여 결정되므로 10^{-5} 이상 임	
위치 정보 데이터 출력 주기	- 사용자 시스템의 위치 정보 데이터 출력 주기는 10Hz - 위성항법 장치의 경우 · 데이터 획득 모듈의 처리 시간 70ms 이내 · 상기 데이터인 경우 데이터 처리 모듈의 처리 시간 65ms 이내 · 데이터 출력 모듈의 처리 시간 18ms 이내 · 1Hz의 위치 정보 출력시 최대 처리 시간은 153ms 이내 - IMU 장치의 경우 · 100Hz의 IMU 데이터를 계산하기 위한 처리시간은 10ms 이내 이여야 함 · 데이터 획득 시간은 1ms 이내 · DR 연산만 수행하는 경우 데이터 처리 모듈의 처리시간은 2msec 이내 · DR 연산까지의 최대 시간은 3ms 로 10ms 보다 적음 · 데이터 출력 모듈 처리 시간이 18m 이내 · 10Hz의 위치 정보 출력시 최대 처리 시간은 23ms 임	

나. 사용자 시스템 설계안

(1) 위성항법 정밀위치결정 알고리즘 설계

(가) 보정데이터 추정 알고리즘 설계

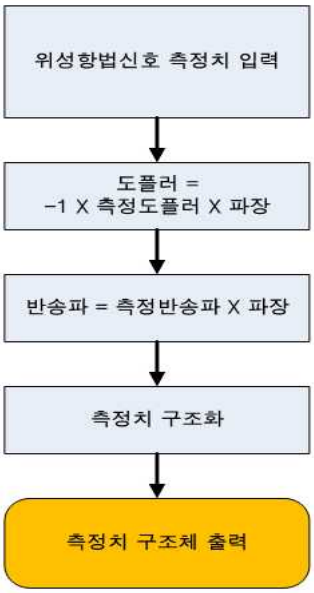
지역제어국에서 생성된 보정데이터를 사용자가 획득하여 정밀위치결정을 하기 위해서는 보정데이터를 추정하는 알고리즘이 필요하다. 이에 본 연구에서는 <그림 2-153>와 같이 보정데이터 추정 알고리즘을 설계하였다.



<그림 2-153> 보정데이터 추정 알고리즘 설계

(나) 위성데이터 구조화 알고리즘 설계

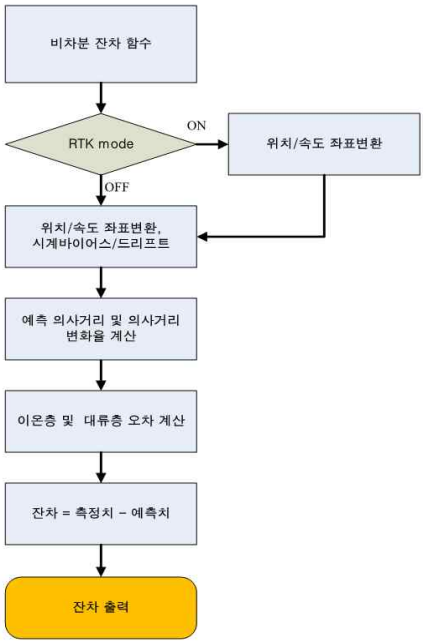
위성데이터의 Raw 데이터를 이용하여 정밀위치결정을 하기 위해서는 사용하고자 하는 데이터를 최적화하여 사용할 수 있도록 구조화하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 위성데이터 구조화 알고리즘을 <그림 2-154>과 같이 설계하였다.



<그림 2-154> 위성데이터 구조화 알고리즘 설계

(다) 잔차 계산 알고리즘 설계

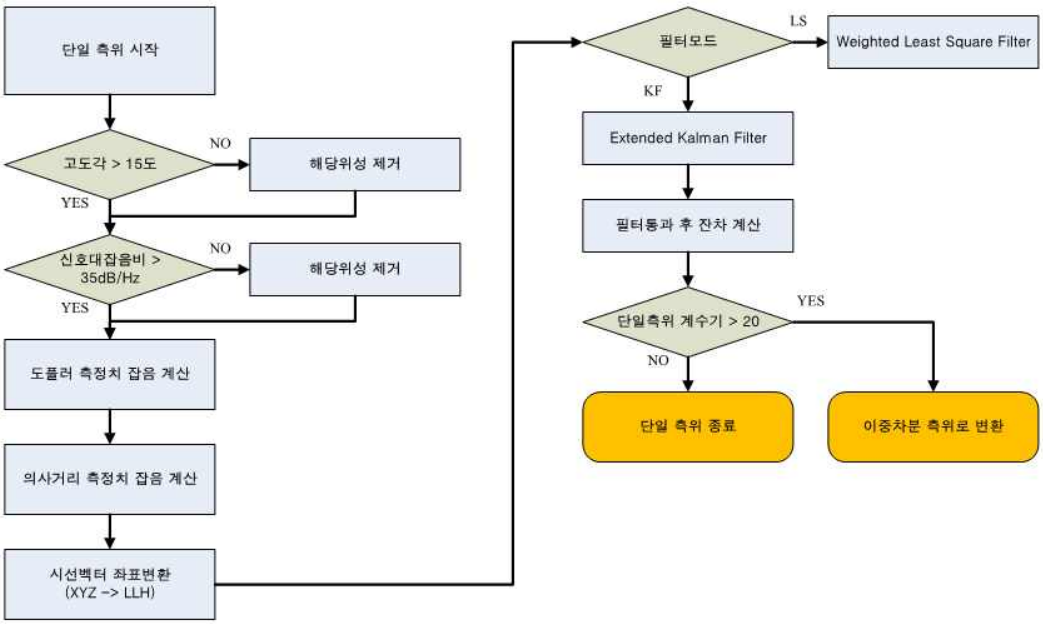
정밀 위치결정을 하기 위해서는 비차분 잔차함수를 구하는 것이 필요하다. 보정정보데이터를 사용하지 못하는 상황에서 안정적으로 위치결정을 하기위한 잔차계산 알고리즘을 <그림 2-155>와 같이 설계하였다.



<그림 2-155> 차분 잔차 계산 알고리즘 설계

(라) 단일측위 알고리즘 설계

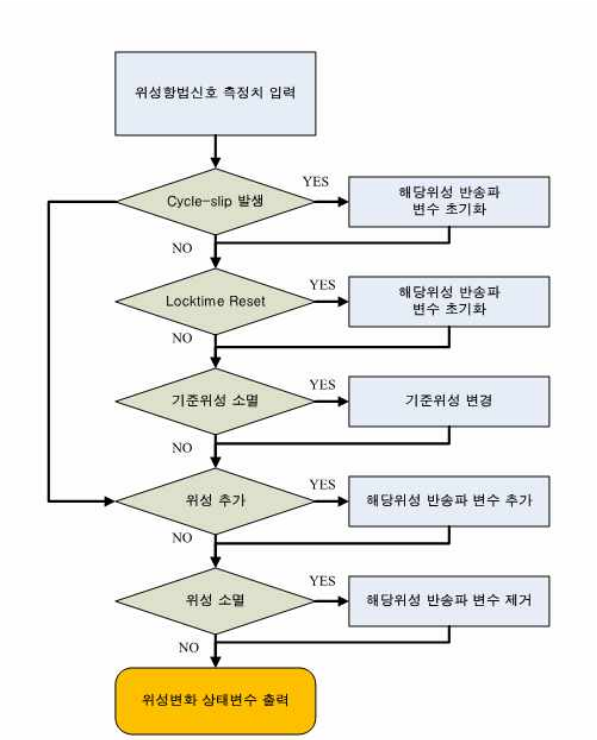
이중차분 측위를 하기 위한 단일 측위 알고리즘을 아래 <그림 2-156>와 같이 설계하였다.



<그림 2-156> 단일측위 알고리즘 설계

(마) 위성변화감시 알고리즘 설계

측정치 단계에서 위성의 변화를 감시하기위한 위성변화 감시 알고리즘을 <그림 2-157>과 같이 설계하였다.



<그림 2-157> 위성변화감시 알고리즘 설계

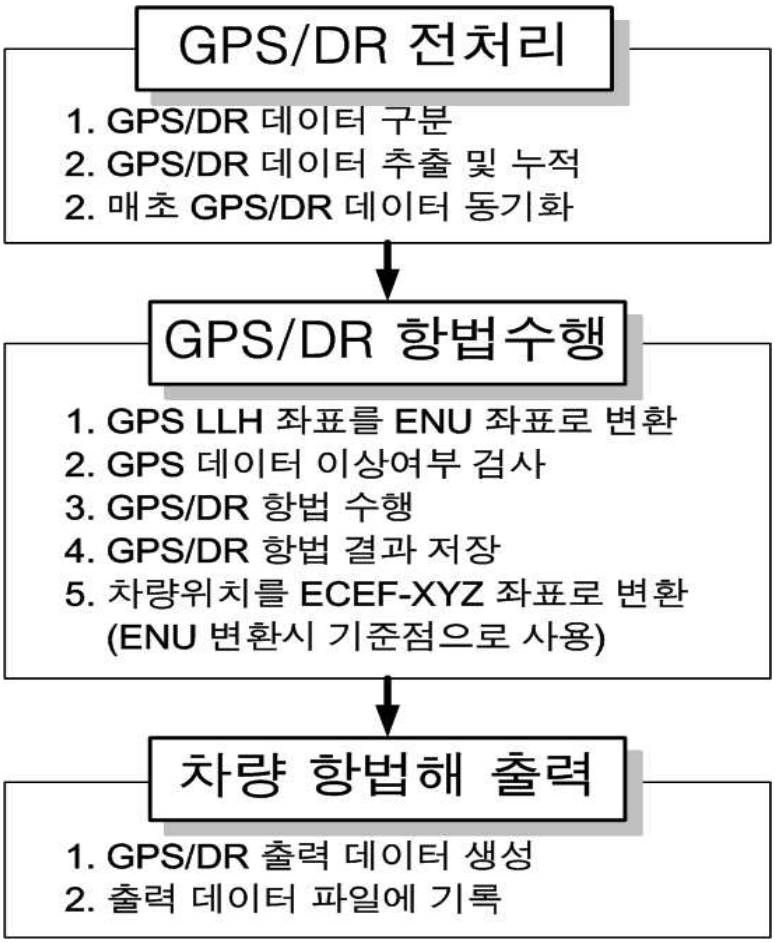
(바) GPS/DR 통합 알고리즘 설계

① GPS/DR 항법 시스템 개요

일반적으로 GPS는 시간에 따라 누적되는 오차가 적은 반면 DR 센서는 동적 특성이 좋은 것으로 알려져 있다. 또한 DR 센서는 주위 환경에 영향을 받지 않고 항법 정보를 얻을 수 있는 반면, GPS는 외부 환경의 영향을 비교적 많이 받는다. 이와 같은 이유로 GPS와 DR 센서를 결합한 항법시스템은 특성이 다른 두 시스템의 단점을 상호 보완할 수 있는 구조라고 볼 수 있다. 최근에 차량 항법시스템을 구현하기 위해 GPS 정보와 DR 센서 정보를 결합하는 연구가 많이 수행되고 있다. 지금까지 연구되어 온 서로 다른 두 항법 시스템의 통합 방법은 크게 Embedded Approach와 Cascaded Approach로 나뉠 수 있다. Embedded Approach는 두 시스템을 하나의 필터 모델로 축약하여 오차를 보정 하는 방식으로 중앙집중형 필터(Centralized filter)로도 불리며, 하나의 필터를 이용하므로 이론적으로 최적의 추정치를 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면에, 필터의 차수가 증가하여 계산 시간 면에서 불리하며 고장이 발생할 경우 대처할 수 있는 능력이 떨어진다. 이에 반해 Cascaded Approach는 한 시스템의 필터링 된 출력을 다시 다른 시스템의 필터 입력으로 이용하는 방식으로 구조가 간단하고, 모듈화가 가능하며, 고장 검출에 용이하다고 알려져 있다. 본 과제에서는 GPS 위치 정보를 DR 칼만 필터의 입력으로 이용하여 항체의 위치를 보정하는 Cascaded filter를 고려한다. Cascaded filter는 Embedded filter에 비하여 이론적으로 준 최적의 추정치를 제공하나, 이미 구현되어 있는 GPS 및 DR 칼만 필터를 그대로 이용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 최근 여러 연구를 통하여 Embedded filter와 근접한 성능을 보일 수 있음이 밝혀진 바 있다.

② GPS/DR 항법 알고리즘 전체 구성

GPS/DR 차량 항법시스템은 전체적으로 GPS/DR 전처리 단계, GPS/DR 항법수행 단계, 차량 항법해 출력 단계로 구분된다. 각 단계별 세부적인 수행과정을 <그림 2-158>의 GPS/DR 차량 항법 알고리즘 세부 구조도로 나타내었다. GPS/DR 전처리 단계에서는 센서 데이터를 추출하고, 항법 알고리즘에 사용될 GPS, Odometer, Gyroscope 데이터를 동기화 한다. GPS/DR 항법수행 단계에서는 전처리 단계에서 제공된 센서 데이터들의 이상 여부를 검사한 다음 항법 알고리즘의 여러 필터들로 데이터를 전달하며, 각 필터들은 전달받은 센서 데이터를 사용하여 항법을 수행한다. 항법 수행결과 얻어진 차량의 위치는 출력을 위해 다음 단계로 전달되며, 이와 함께 다음 순간의 항법 수행을 위해서 좌표변환을 수행하여 내부적으로 저장해 놓는다. 마지막으로 내부에 저장된 항법 수행 결과는 GPS 수신정보, DR 센서정보와 함께 출력된다.

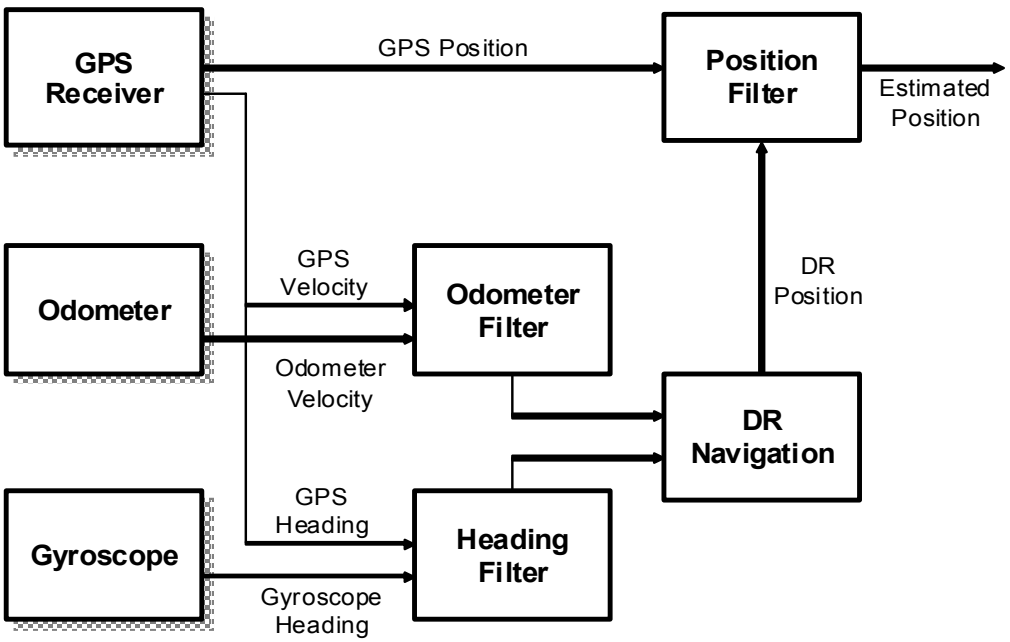


<그림 2-158> GPS/DR 차량 항법 알고리즘 세부 구조도

③ GPS/DR 항법 알고리즘 세부 구성

GPS 신호가 양호한 곳에서는 GPS 정보가 DR 센서 정보보다 정확하기 때문에 차량 항법 성능은 주로 GPS 정보에 의존하게 된다. 다소 오차를 포함한 부정확한 DR 센서는 GPS 신호가

양호한 구간에서 상대적으로 정확한 GPS 정보를 통해 오차가 보정된다. 그러나 GPS 신호가 단절되거나 여러 가지 환경 요인에 의하여 신호가 불량해질 경우 DR 센서는 단독으로 동작하므로 차량 항법 성능을 좌우하게 된다. 본 과제에서 구현한 필터의 구조는 <그림 2-159>과 같다. <그림 2-159>의 구조에서 GPS 신호가 완전 단절될 경우 속도 필터, 방위각 필터, 위치 필터는 GPS 정보를 이용할 수 없으므로 동작하지 않고 순수 DR 센서 정보만을 이용하여 항법을 수행한다. 그러므로 GPS가 양호한 곳에서 DR 센서오차가 얼마나 잘 보정되었는지가 이후 GPS 정보가 단절되거나 신호가 불량한 곳에서의 차량 항법 성능을 좌우하게 된다. 주행거리계와 자이로스코프는 100Hz 로 정보를 제공하지만 각 DR 센서 데이터는 신호처리의 편의를 위해 10Hz 데이터로 가공된 다음 10Hz 주기로 단독 DR 항법을 수행한다. 그러나 GPS의 경우 1Hz 주기로 정보를 제공하기 때문에 전체 GPS/DR 항법에서 각 필터들은 모두 GPS의 1Hz 주기를 기준으로 동작하게 된다. 먼저 GPS 수신기로부터 차량의 위치, 속도, 방위각 정보를 얻는다. 이와 함께 DR 센서인 주행거리계(Odometer)로부터는 차량의 속도를, 자이로스코프(Gyroscope)로부터는 방위각 정보를 각각 얻는다. DR 센서들은 모두 시간이 지남에 따라 오차가 증가하는 특성을 가지고 있으므로, GPS 정보를 이용하여 오차 보정을 수행해야한다. 이를 위해 속도 필터(Odometer Filter)는 GPS의 속도 정보와 주행거리계의 속도 정보의 차이를 측정치로 사용하여 주행거리계의 환산계수를 보정한다.



<그림 2-159> GPS/DR 차량 항법시스템 필터 구조도

반면에 방위각 필터(Heading Filter)는 GPS의 방위각 정보와 자이로스코프의 방위각 정보의 차이를 측정치로 사용하여 자이로스코프의 바이어스 오차를 보정한다. 속도 필터와 방위각 필터를 이용하여 오차를 보정한 후 DR 센서의 출력 값들을 이용하여 DR 항법을 수행 차량의 위치

를 계산한다. 마지막으로 GPS로부터 얻어낸 차량의 위치와 DR 센서로부터 얻어낸 차량의 위치의 차이를 측정치로 이용하여 위치 필터(Position Filter)가 최종적인 차량 위치를 계산한다.

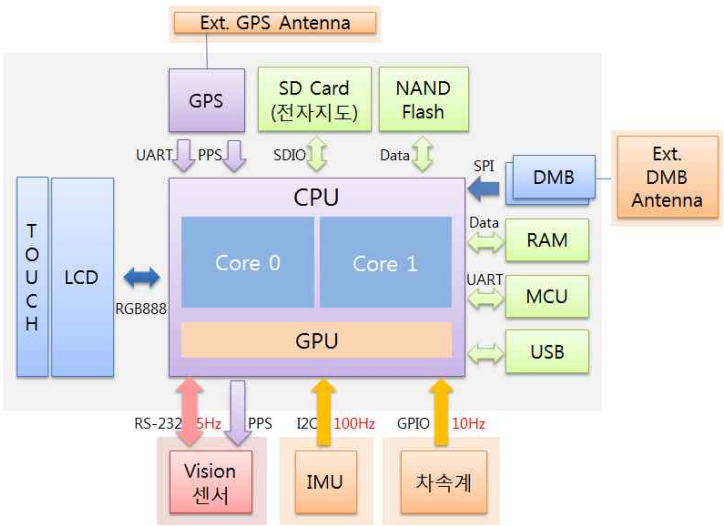
(2) 통합 플랫폼 설계

(가) 사용자 단말기

① 하드웨어 구성도

㉮ 1차(ES) 단말기 구성도

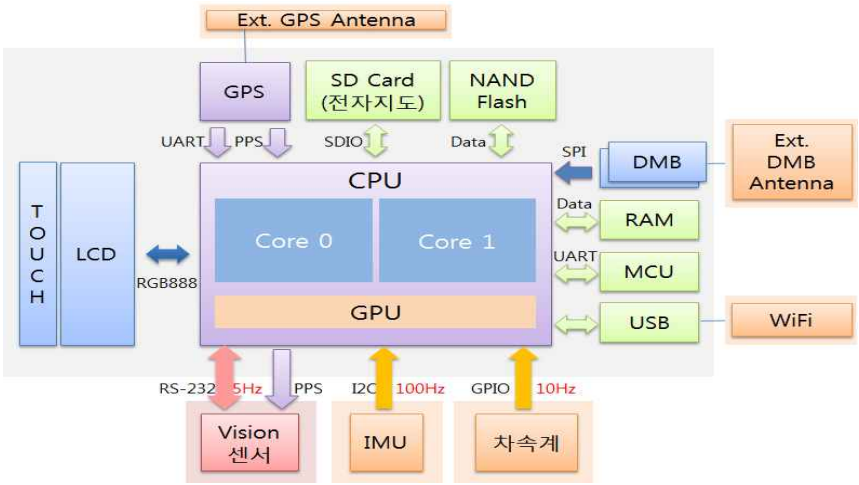
1차(ES) 단말기는 위성항법, 관성항법, 영상항법, 보정정보를 융합한 복합항법의 성능을 검증하는 단말기로 개발하였으며, 그 구성도는 <그림 2-160>와 같다.



<그림 2-160> 1차 사용자 단말기 블록다이어그램

㉯ 2차(PP) 단말기 구성도

2차(PP) 단말기는 1차 단말기 구성에서 wifi 기능을 통한 LTE 망을 통한 보정정보 수신이 가능하게 설계되었으며, 최적의 복합항법이 가능하도록 펌웨어 및 전자지도가 수정되었으며, 테스트용 OS가 아닌 일반 네비게이션 OS를 적용하여, 일반네비게이션과 최대한 유사한 환경으로 설계하였다. <그림 2-161>은 그 구성도를 나타낸다.

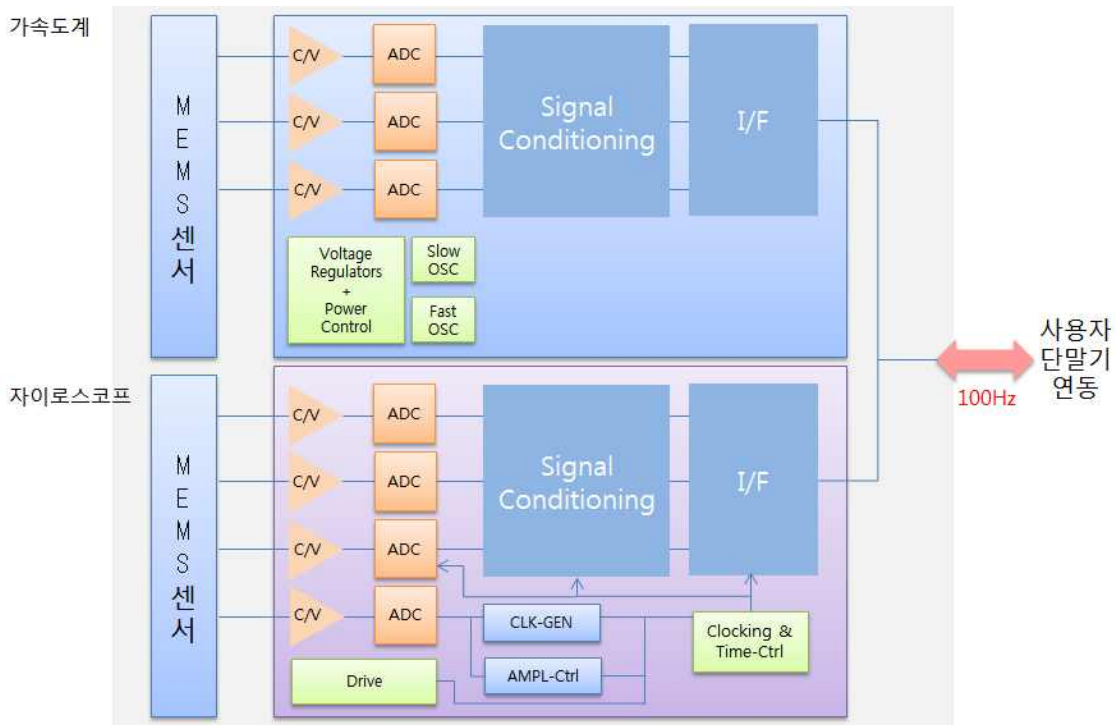


<그림 2-161> 2차(PP) 사용자 단말기 블록다이어그램

(나) 차량용 IMU 모듈

① 하드웨어 구성도

차량용 IMU 모듈은 저가형 관성센서를 차량에서 사용가능하도록 컴팩트하게 개발됐으며, 그 구성도는 <그림 2-162>과 같다.

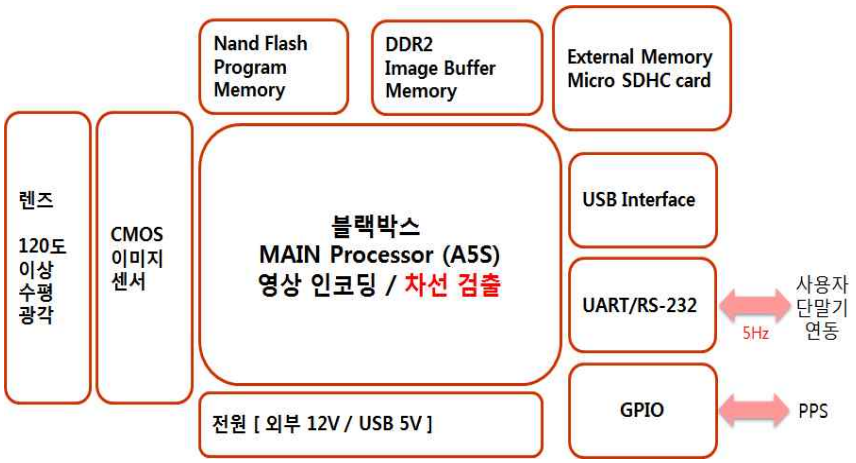


<그림 2-162> IMU 모듈 블록다이어그램

(다) Vision 센서

① 하드웨어 구성도

영상센서는 향후 실용화를 고려하여 현재 일반 사용자가 사용하고 있는 블랙박스를 채택하였으며, 연구에 적용하기 위해 일반 블랙박스를 연구에 사용 가능하도록 <그림 2-163>와 같이 설계하였다.



<그림 2-163>Vision 센서 블록다이어그램

(라) 통합 소프트웨어

① 소프트웨어 구성도

정밀 전자지도와 정밀위치결정 알고리즘 소프트웨어, 그리고 각종 센서들을 융합하는 통합 소프트웨어는 <그림 2-164>과 같이 설계하였다.

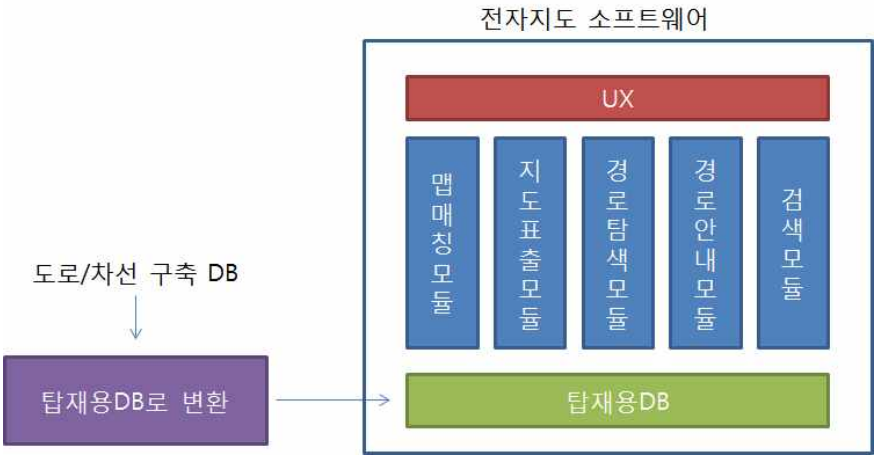


<그림 2-164> 통합 소프트웨어 구성도

(마) 전자지도

① 구성도

네비게이션에서 사용되는 전자지도는 검색모듈, 경로안내모듈, 경로탐색모듈, 지도표출모듈, 맵매칭 모듈 등 다양한 컨텐츠가 포함되어 있다. <그림 2-165>는 그 구성도를 나타낸다.

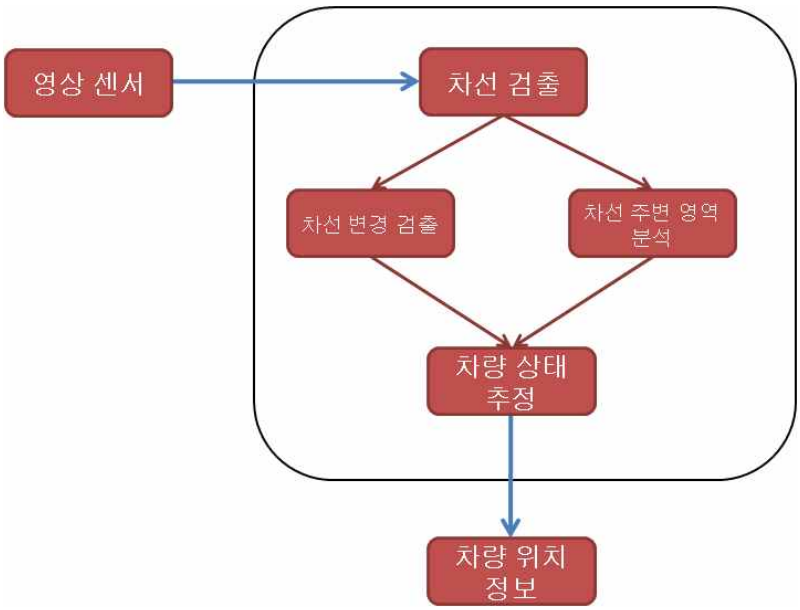


<그림 2-165> 전자지도 구성도

(바) 영상 정보 처리 소프트웨어

① 구성도

영상 정보 처리 소프트웨어는 차선검출과 차선 변경 검출이 핵심이며, 저가 사양인 블랙박스에서 동작되어야 한다는 요구사항을 충족시켜야 한다. 그 구성도는 <그림 2-166>와 같다.



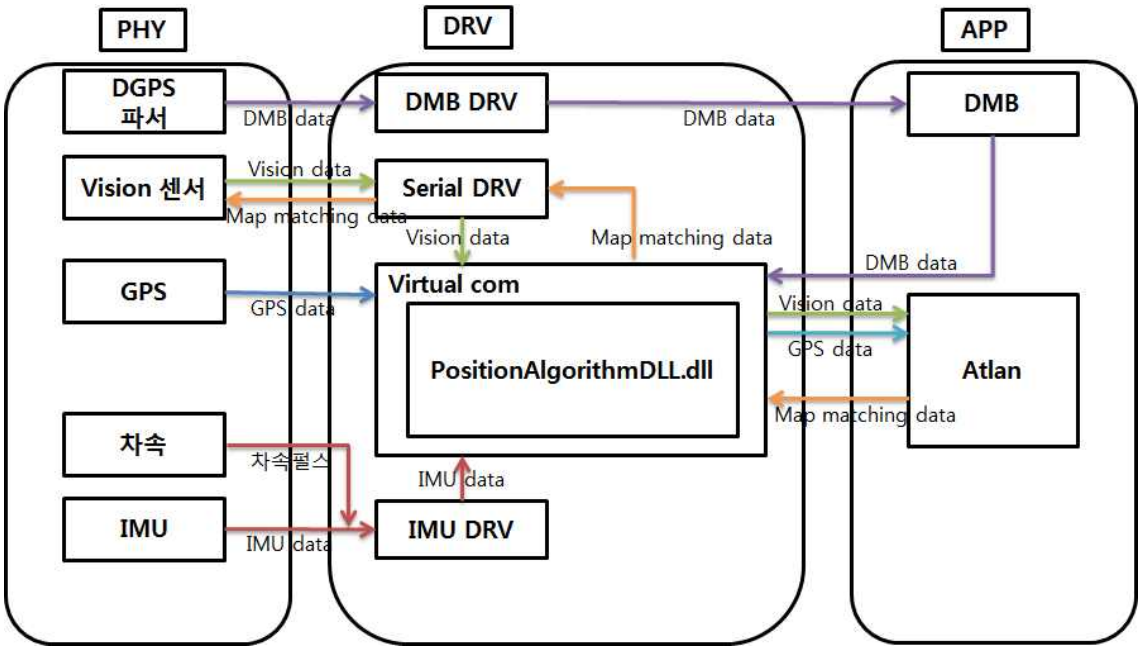
<그림 2-166> 영상 정보 처리 소프트웨어 구성도

(3) 인터페이스 설계

(가) 운영체계 및 미들웨어 인터페이스

① 데이터 흐름도

다양한 센서들과 그 센서들을 구동하는 드라이버등 복합적인 하드웨어와 소프트웨를 통합하는 인터페이스 설계는 중요하다. 본 연구에서 설계한 인터페이스는 <그림 2-167>과 같다.



<그림 2-167> 데이터 흐름도

② 운영체계와 포지션 알고리즘 간의 인터페이스

- Virtual com에서 포지션 알고리즘의 함수를 함수 포인터로 이용하여 등록하고 등록된 함수 포인터로 포지션 알고리즘의 함수를 호출하는 방식이다.
- 포지션 알고리즘(dll)에서 아래 정의된 함수를 구현하여 export해 주어야 한다.

③ 포지션 알고리즘 초기화 인터페이스

- 포지션 알고리즘을 구동하기 위한 초기화 과정을 수행하는 함수이며, 인자로 $GPIGF를 Virtual com에서 전달 받을 수 있도록 callback function을 넣어준다.
- 포지션 알고리즘에서 $GPIGF가 생성되면 BNSInitialize를 통해 등록된 callback함수를 호출하고 Vitual com에서는 $GPIGF를 전자지도로 전달한다.

④ GPS 데이터 인터페이스

- Ublox GPS RAW 데이터를 전달할 때 사용되는 함수

⑤ DMB 데이터 인터페이스

- DMB TPEG을 통해서 수신된 DGPS 데이터를 전달할 때에 Virtual com에서 TransferDmbDGpsData(..)를 호출하여 포지션 알고리즘으로 데이터를 전달한다.
- TPEG을 통한 DGPS 데이터를 넘겨주는 함수 포인터 타입(DMB data flow)

⑥ IMU 데이터 인터페이스

- IMU를 통해 수신된 가속정보와 자이로스코프 정보를 전달할 때에 Virtual com에서 TransferIMUData(..)를 호출하여 포지션 알고리즘으로 데이터를 전달하며, 주기는 10ms으로 전달되어 진다.
- 가속계, 자이로스코프 정보를 전달하는 함수 포인터 타입(IMU data flow)

⑦ GPS/DR 데이터 인터페이스

- 생성된 $GPIGF를 BNSInitialize를 통해서 등록된 TransferGPIGF로 포지션 알고리즘에서 호출하여 Virtual com으로 전달한다.

⑧ Vision 센서 데이터 인터페이스

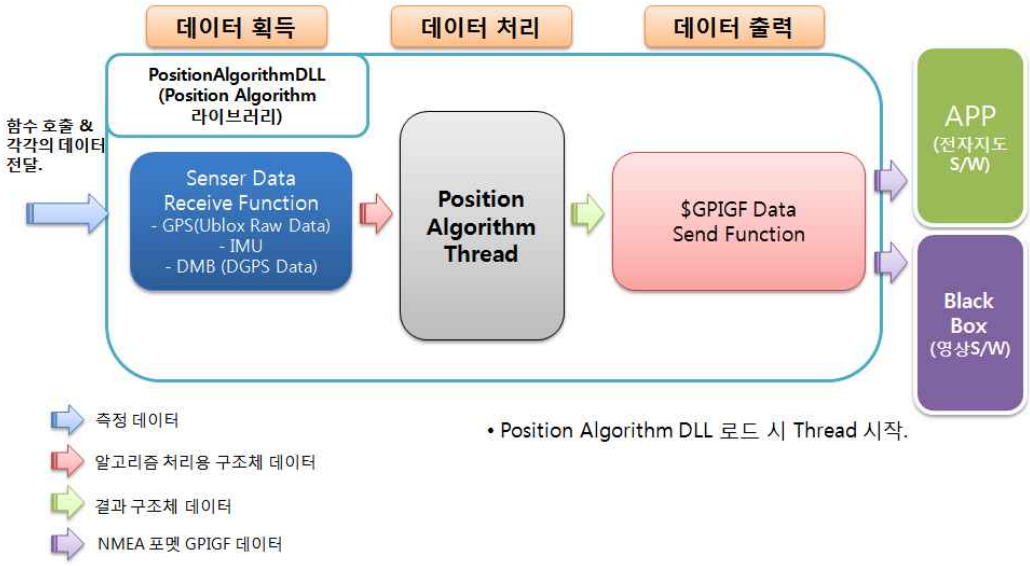
- 포지션 알고리즘에서 Port 번호 COM2로 open하여 데이터를 송수신한다.

⑨ 전자지도 맵매칭 인터페이스

- 맵매칭 정보를 전달하는 함수 포인터 타입(Map Matching Data Flow)
- COM2 통신하여 Vision 센서로 데이터를 전달한다.

(나) 포지션 알고리즘 인터페이스

① 포지션 알고리즘 기본 동작 흐름도

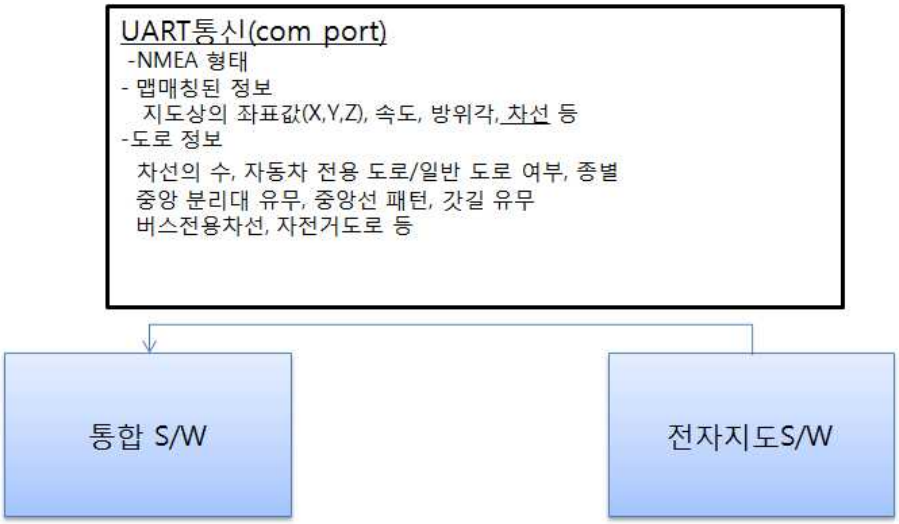


<그림 2-168> 포지션 알고리즘 동작 흐름도

- DLL 라이브러리 형태로 Load 되어 획득 → 처리 → 출력의 단계로 NMEA 형태의 Position Data 생성한다.
- 획득 단계에서는 함수 호출 형태로 전달되는 각 센서의 데이터를 알고리즘에서 사용가능한 Struct data 형태로 변환 및 전달을 담당한다.
- 처리 단계에서는 전달된 각각의 데이터를 알고리즘을 통해 계산하여 보정된 Position Data를 생성하는 기능을 담당한다.
- 출력 단계에서는 생성된 Position Data를 App에서 사용가능한 NMEA 포맷으로 변환하여 App(Callback 함수를 통해 전달) 및 영상 S/W (Serial port를 통해 전달)로 전달하는 기능을 담당한다.
- 전자 지도 S/W 및 영상처리 S/W에서 생성된 데이터를 각 S/W(전자지도 및 영상처리)로 생성된 주기에 맞게 전달한다.

(다) 전자지도 인터페이스

① 구조



<그림 2-169> 전자지도 인터페이스

② 전송 규칙

- NMEA 형태의 정의된 형식을 사용한다.
- 전송주기는 1초에 1회 전송된다.

③ 전송 형식

○ MAMMD Message - Map matching data

(라) 영상 정보 처리 소프트웨어 인터페이스

① 영상 정보 처리 통합 인터페이스

○ 사용자 단말기에서 COM2를 통해 Vision 센서가 PPS를 받아온다. 이 PPS를 통해 200ms 주기로 Vision 센서의 전방 카메라에서 수신된 전방 영상(720×480 해상도 영상)을 얻어와 시간 동기화를 한 후, 영상 정보 처리 소프트웨어 결과(차선 변경 정보, 사용자 단말기에서 영상을 받은 시각을 의미하는 time stamp 그리고 serial이 온전히 전달되었는지를 알아보기 위한 16진수 2자리 숫자 checksum)를 COM2를 통해 5Hz로 Vision 센서로 전달한다.

○ Vision 센서로 전달되는 영상 정보 처리 결과의 예는 다음과 같다.

"$GPIMG,10,%01d(state),%09d(timestamp),3,.....,2,*%2x(checksum)"

- state : 차선 변경 정보
- timestamp : 처리한 영상을 찍은 시각
- checksum : Serial이 온전히 전달되었는지를 알아보기 위한 16진수 2자리 숫자

2. 사용자 실시간 시험평가 시스템 개발

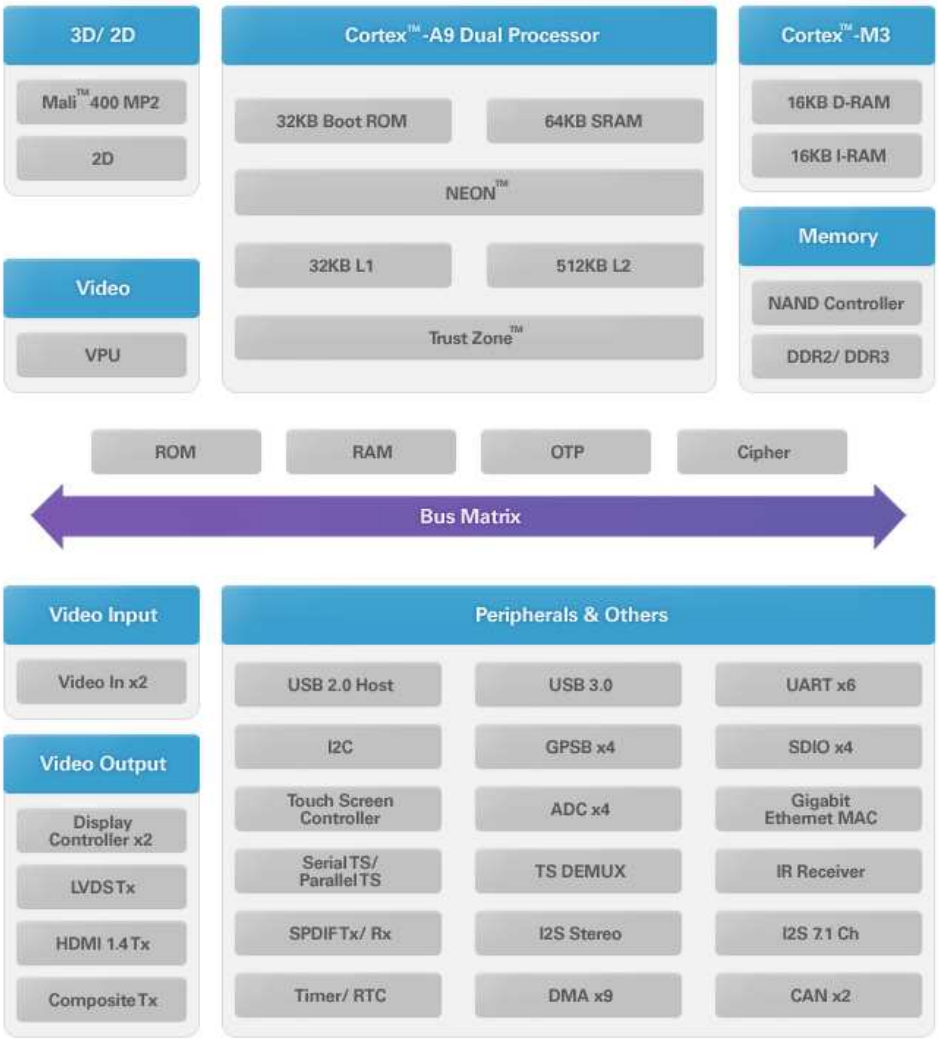
가. 사용자 시험평가 시스템 개발

(1) 사용자 단말기

(가) 하드웨어 개발

① CPU

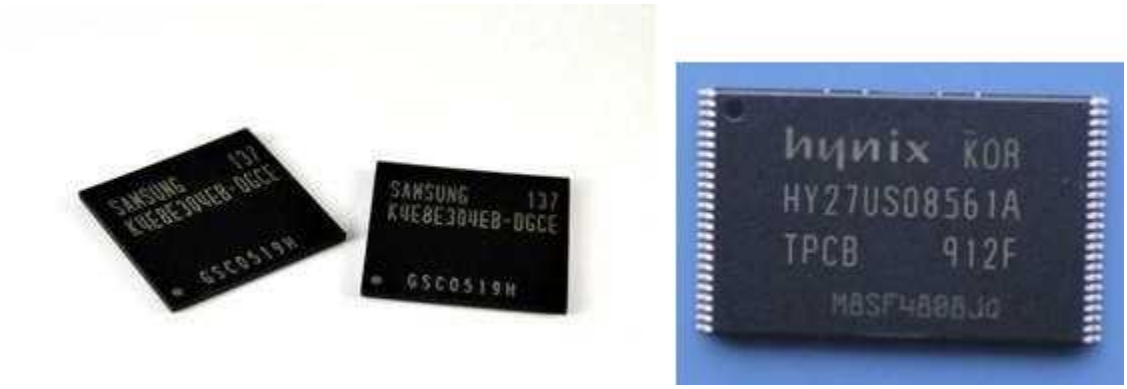
○ 일반적인 상용 차량용 임베디드 내비게이션의 하드웨어 플랫폼을 기반으로 개발하였다. 차속 센서, 차량용 IMU, Vision 센서, DMB 수신 등의 다양한 주변기기들이 연결되어야 하므로, 텔레칩스사에서 나온 최신 CPU인 TCC8930(1GHz Dual Core)을 적용하였다. <그림 2-170>는 블록다이어그램을 나타낸다.



<그림 2-170> TCC8930 CPU 블록다이어그램

② Memory

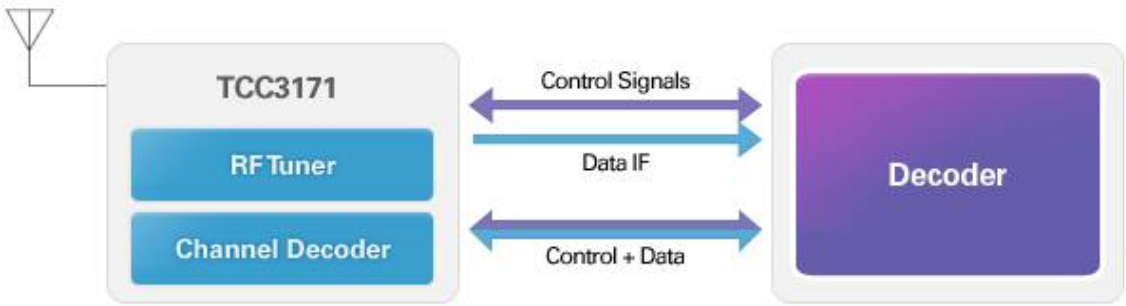
○ 포지션 알고리즘 및 상세 전자지도 등을 운용하기 위해서 넉넉한 메모리가 필수적이여서 RAM을 DDR3 1GB로 탑재하였고, 운영체계 및 사용자 필수 어플리케이션 저장을 위해 신뢰성이 보장되는 SLC NAND Flash 메모리 256MB를 탑재하였다. 메모리 이미지는 <그림 2-171>과 같다.



<그림 2-171> 적용된 RAM 및 NAND Flash 이미지

③ DMB

○ DGPS 수신을 위해서는 필수적으로 DMB 수신기가 사용자 단말기에 내장되어야 한다. 따라서 DGPS 데이터 수신을 위한 전용 수신기와 별도로 사용자 편의를 위한 DMB 비디오 방송 수신기를 별도로 구성하였다. <그림 2-172>과 같이 독립된 2채널 DMB를 구성하므로써 어떤 조건하에서도 DGPS 보정 정보를 수신할 수 있는 환경을 갖추었다.



<그림 2-172> TCC3171 DMB 수신기 블록다이어그램

④ WIFI

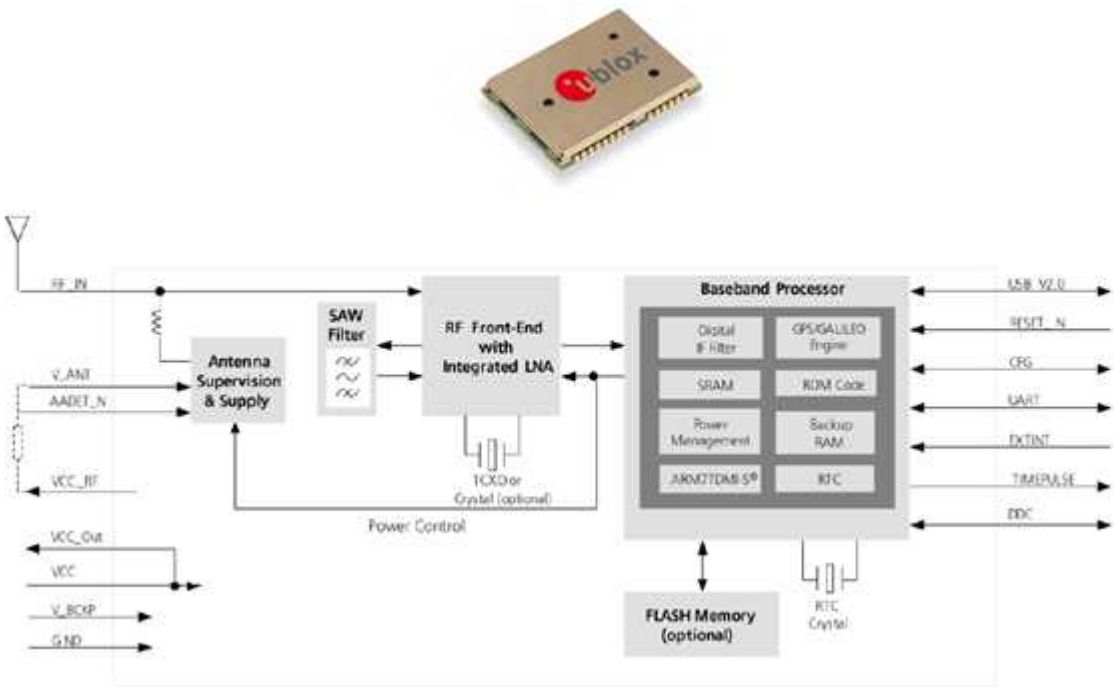
○ DMB 방송을 통한 DGPS 수신과 별도로 WiFi 수신기를 이용하여서도 DGPS를 수신할 수 있게 구성하였다. 이는 DMB 수신이 열악한 음영지역에서도 DGPS를 수신할 수 있는 환경을 제공한다. <그림 2-173>는 WiFi 수신기를 나타낸 것이다.



<그림 2-173> 적용된 WiFi 수신기 이미지

⑤ GPS

○ GPS 수신기 또한 현존하는 최고의 성능을 발휘하는 Ublox사의 LEA 6T 제품이 탑재되어 실시간 위성 정보를 받을 수 있다. <그림 2-174>은 LEA 6T의 외형도와 블록다이어그램을 나타낸 것이다.



<그림 2-174> LEA 6T GPS 수신기 블록다이어그램

⑥ LCD

○ 상용 차량용 내비게이션 시장에서 가장 많이 사용되는 7인치 사이즈 LCD를 적용하였고, 주간의 운전시에도 가시성을 보장하기 위해서 450cd/m2 밝기의 고급 제품을 채택하였다. 또한 눈부심 방지 기능이 있는 터치 패널을 부착하였다. <그림 2-175>

는 적용된 터치 패널을 나타낸 것이다.



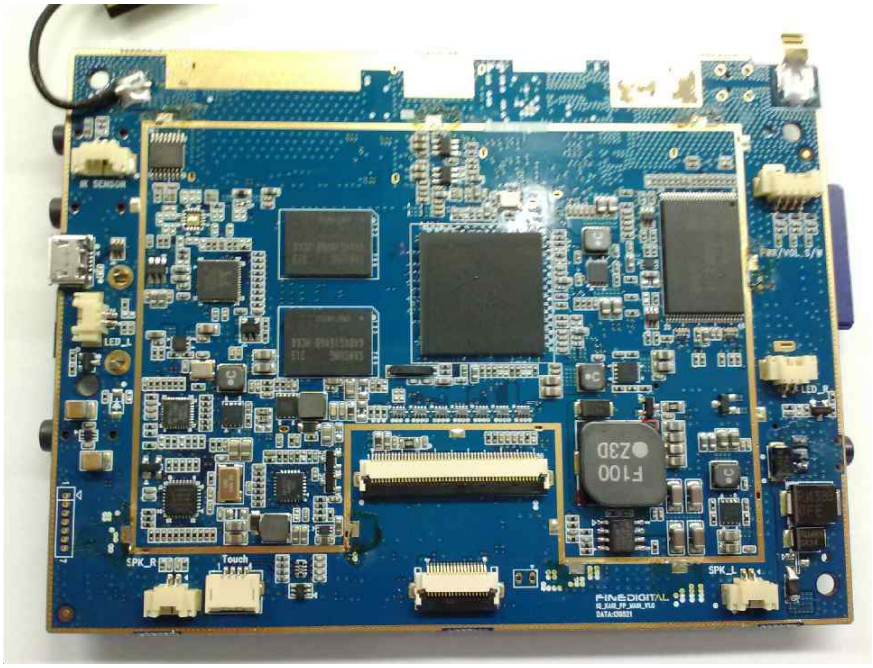
<그림 2-175> 적용된 7인치 LCD 이미지

(나) 세트 제작

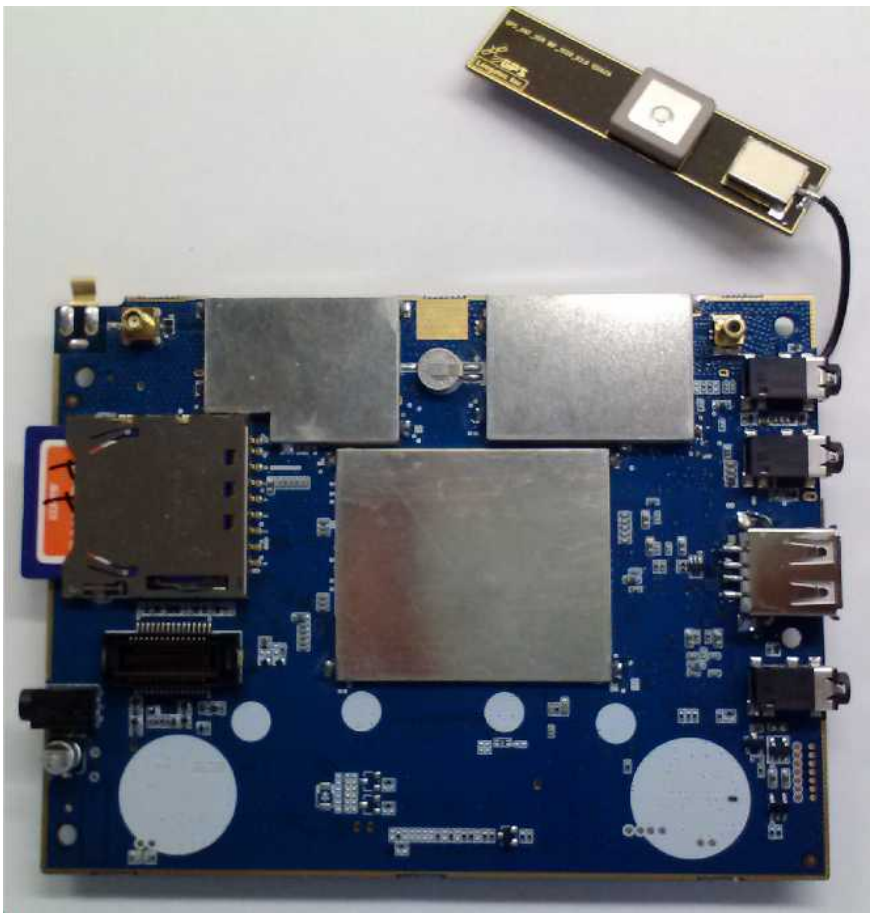
○ 사용자 단말기 하드웨어를 개발하면서 2번에 걸쳐서 단말기를 개발, 제작하였다. <표 2-33>는 1차단말기와 2차단말기를 비교한 결과이다.

<표 2-33> 단말기 세트 제작 지원 성능

구분	1차 단말기(ES)	2차 단말기(PP)
기구물 지원	불가	가능
WiFi 지원	불가	가능
S/W 지원	일부 어플리케이션만 지원	전체 어플리케이션 지원



<그림 2-176> 최종 사용자 단말기 PCB 이미지 - 전면



<그림 2-177> 최종 사용자 단말기 PCB 이미지 - 후면

(다) 운영체계 개발

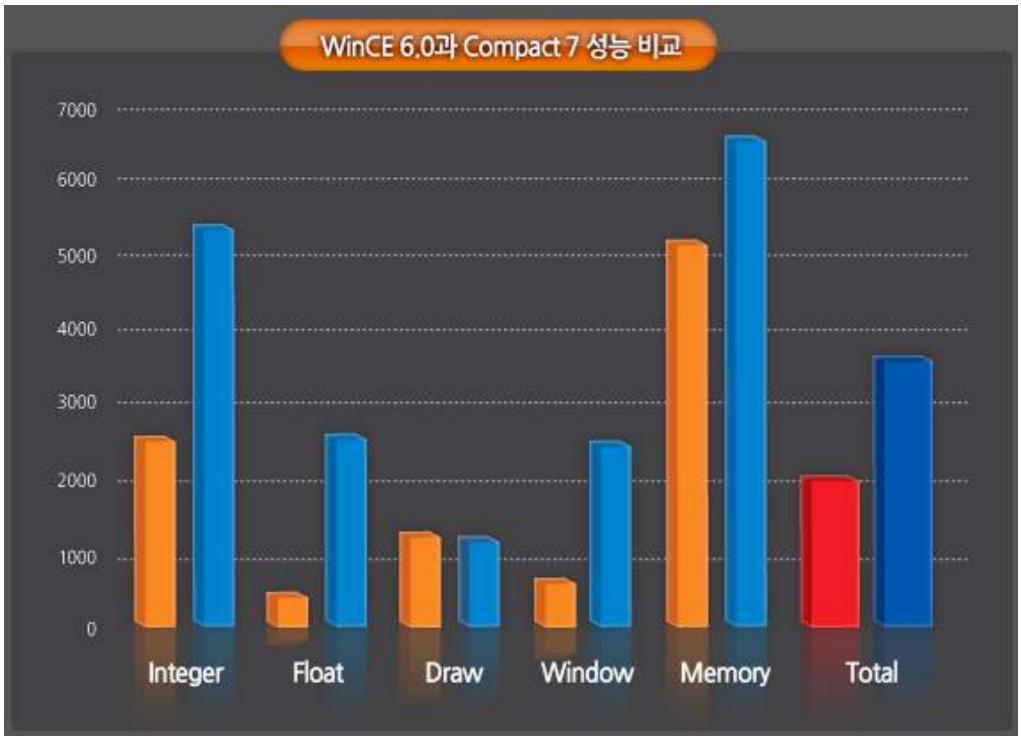
○ Microsoft사의 최신 Embedded 운영체계인 Windows Embedded Compact 7을 적용하였다. Windows Embedded Compact7은 동일 CPU 기준으로 Windows CE 6.0 대비하여 평균 1.84배 빠른 성능을 발휘한다. 또한 Windows CE 6.0에서는 불가능한 미디어 엔진 가속기(NEON)의 지원으로 3차원 그래픽이 더욱 빨라졌고, 기존 제한적 사용에 머물렀던 연산 가속기(VFP)가 지원되어 경로탐색 등에서 더욱 빠른 속도를 낸다. 이는 복잡한 연산이 필요한 포지션 알고리즘 및 차선 구분 전자지도 등의 운용을 위한 필수적인 운영체계이다. Windows Embedded Compact7을 적용하므로써 기존의 개발된 다양한 사용자 어플리케이션을 그대로 활용할 수 있으며 차속 계산 알고리즘, IMU 드라이버 개발, DGPS 파서 등의 개발에 있어 많은 비용과 시간을 줄일 수 있었다. <그림 2-178>은 OS의 기능을 비교한 것이다.

Comparing CE6 and Compact 7

	Feature area	Windows Embedded CE 6.0 R3	Windows Embedded Compact 7 "Chelan"
NEW	CPU Support	ARM V4i, x86, MIPS, SH	**ARMv7** support - NEON, VFP, SMP, SIMD, L2. x86, MIPS
	Kernel	Max 32,000 Processes Max 2GB Virtual Memory per Process	
NEW	Multimedia	WM-DRM 10, CODECs, WMP	WM-DRM 10.02, CODECs, WMP fully customizable XAML UI, **MPEG-4 re-architected pipe-line, MTP, Media library, DLNA 1.5** HTTP streaming, Buffer filter, server-side playlist
NEW	Networking	NDIS 5.1, WiFi, Bluetooth 1.2	**NDIS** 6.1, Wifi, **Bluetooth** 2.1, Kerberos v5
NEW	Graphics	DirectX, Win32, GDI, Open GL ES 2.0	**DirectDraw**, Win32, GDI, OpenGL ES 2.0
NEW	UI development	Silverlight 2.0-based UI development framework	**Silverlight 3.0-based UI development** framework (3D transformations, Pixel/Shader effects), Multi-touch support
NEW	Internet Browser	IE6, Panning/Zooming, Customizable XAML UI, Flash Lite 3.1	**New version of IE for Windows Embedded**, Panning/Zooming, Thumbnail-view, Customizable XAML UI, **Flash 10.1, Multi-touch**
NEW	Tools	Platform Builder integration into VS 2005, Expression Blend 2.0	Platform Builder integration into **VS 2008**, **Expression Blend 3.0**
NEW	Applications	.NetCF 3.5, Cellcore, Connection Manager, Office Viewer 2003 PDF Reader	.NetCF 3.5, Cellcore, Connection Manager, **Office Viewer 2007**, PDF Reader, **Active Sync, Air Sync. for OTA email**, POOM v3, Windows Device Stage

Windows Embedded Compact 7

<그림 2-178> Windows Compact 7 기능 비교

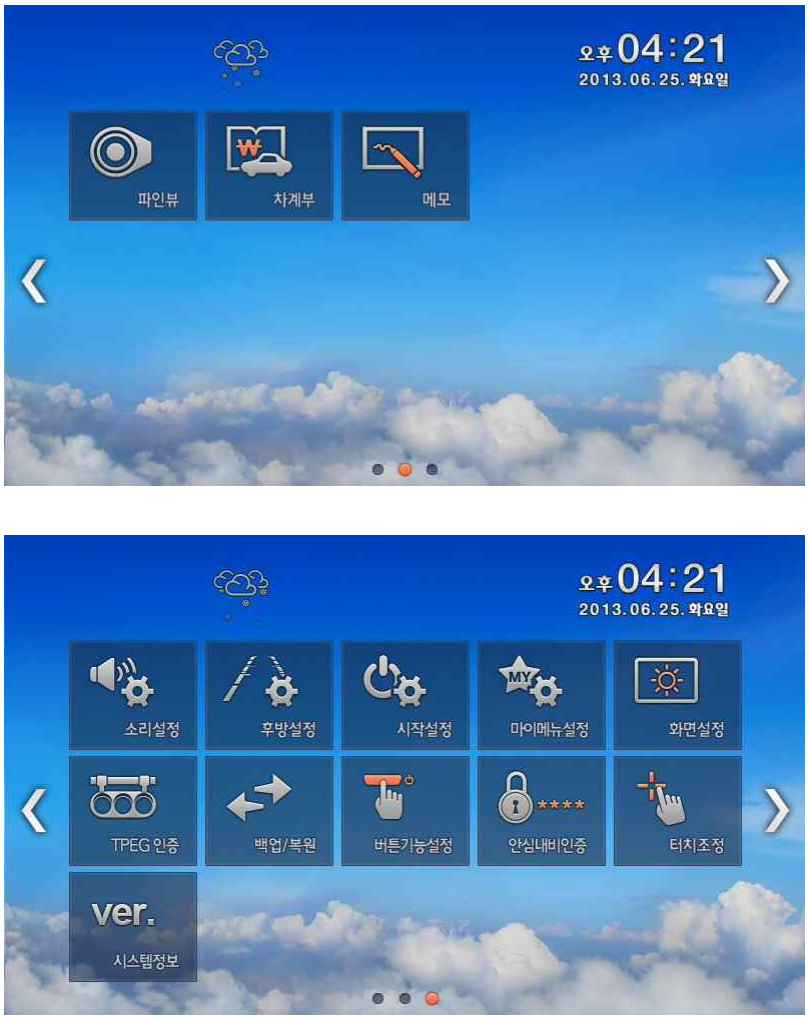


<그림 2-179> Windows Compact 7 성능 비교

(라) 소프트웨어 개발

○ 본 연구의 특성상 개발되는 사용자 단말기는 현실적으로 상용화가 가능한 제품이여야 한다. 따라서 기존의 전자지도 이외에도 운전자 편의를 위한 다양한 어플리케이션들을 추가 개발하였다. 뮤직 플레이어, 동영상 플레이어, 포토 뷰어 등의 멀티미디어 어플리케이션은 물론이고 차계부, 메모장 등의 유용한 어플리케이션도 추가 개발하였다. 사용자의 취향에 따라 단말기의 설정을 변경할 수 있도록 소리, 화면, 터치 등의 조정이 가능하게 개발되었다. <그림 2-180>는 어플리케이션을 나타낸 것이다.





<그림 2-180> 사용자 어플리케이션 목록

(마) 기구물 개발

○ 사용자 단말기의 기구물 제작을 위해서 기존 모델의 일부 금형을 이용하고, 이와 별도로 본 과업을 위한 별도의 기구물을 제작하였다. Vision 센서와의 연결, 차속 펄스 정보 수신, IMU 모듈 연결 등이 필요하여 단말기 뒷면에 'CAR IT 포트'를 만들었고 본 포트에 'CAR IT 동글'을 연결할 수 있도록 기구 설계하였다. CAT IT 포트와 CAR IT 동글은 운전 중에 차량의 진동 등으로 탈거가 발생하면 안 되므로 나사 2개를 고정할 수 있도록 설계하였다. <그림 2-181>과 <그림 2-182>은 사용자 단말기 외형을 나타낸 것이다.



<그림 2-181> 사용자 단말기 전면 이미지

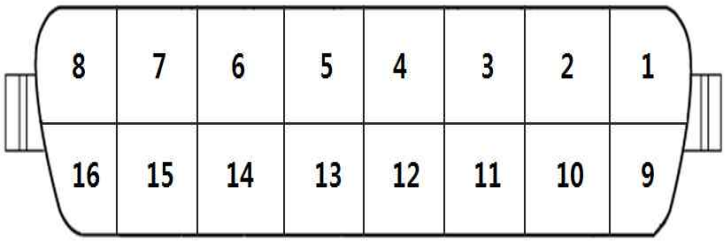


<그림 2-182> 사용자 단말기 후면 이미지

(2) 차속 센서

(가) 하드웨어 개발

○ 기존의 CAN 통신을 이용하여 차량의 속도를 획득하는 방식으로는 저속 구간에서 많은 오차가 발생하였다. 따라서 본 과업에서는 CAN 통신을 이용하지 않고, OBD-II 단자에서 출력되는 차량의 펄스 신호를 계산하여 차량 속도를 구하는 방법으로 차속 센서를 개발하였다. <그림 2-183>는 OBD-II 단자를 나타낸 것이다.



<그림 2-183> OBD-II 단자

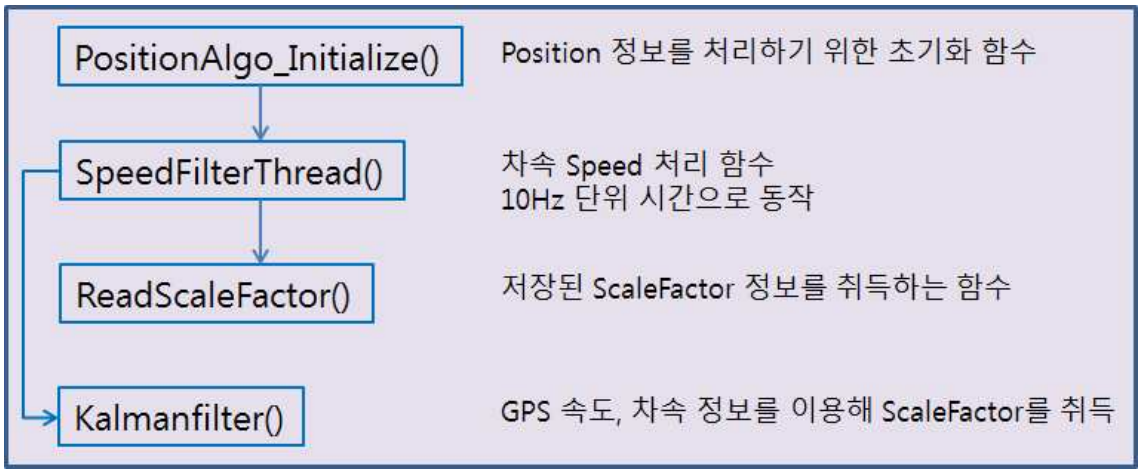
<표 2-34> 차속센서 OBD-II 단자 입력 메세지

NO	내용
1	-
2	P/T K-라인
3	CAN-H
4	SIGNAL 접지
5	CHASSIS 접지
6	차속신호 (Speed Pulse)
7	-
8	-
9	상시전원 (B+)
10	-
11	CAN-L
12	코드세이브 (Tx)
13	Body K-라인
14	-
15	-
16	-

(나) 소프트웨어 드라이버 개발

○ 기본적으로 ODB-II 단자를 통해 입력되는 차속 펄스 시그널을 주기적으로 체크하여 주어진 연산을 통해 GPS의 속도와 차속 펄스를 통해 추출된 속도를 비교하여 GPS의 Multi-Pass 지역 진입 시 정확한 위치 정보를 확보하기 위해 사용된다. 10Hz 단위로 차속 펄스를 추출하며, 이에 ScaleFactor와의 주어진 알고리즘을 통해 속도 정보를 얻을 수 있다. 속도 정보는 10Hz 단위 시간으로 포지션 알고리즘으로 데이터를 전달한다. 설계된 소프트웨어는 <그림 2-184>과 같다.

- 구현 드라이버 : GPS_VCOM.dll
- 드라이버 기능 : Virtual COM Port Driver, GPS 정보 취득 / 처리, PositionAlgorithmDLL.dll Loading, IMU 정보 취득 Thread 생성 / 관리, 차속 정보 취득 Thread 생성 / 관리



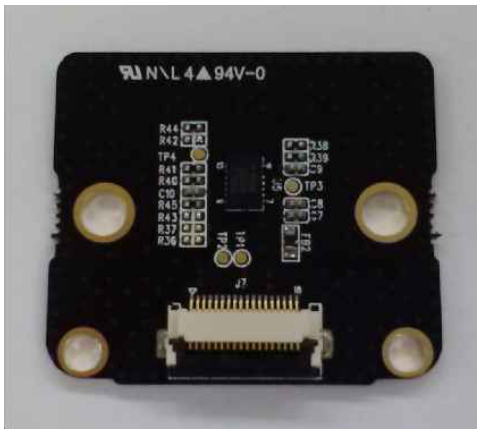
<그림 2-184> 차속 알고리즘 절차

(3) 차량용 IMU 모듈

(가) 하드웨어 개발

○ 당초 Sensor Dynamics사의 SD746을 사용하고자 하였으나, 해당모델이 단종 되어 BOSCH사의 BMI055 제품을 사용하게 되었다. 가속도, 각속도는 물론이고 온도 센서까지 포함되어서 정확한 결과값을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 차량의 움직임을 실시간으로 전달해야하는 IMU의 속성상 100Hz 출력이 가능해야 하는데, 본 모델은 100Hz의 출력을 지원한다. 센서의 Data Sheet를 기반으로 아래와 같이 작은 모듈 형태로 설계, 제조하였다. 사용자 단말기의 메인 보드에 내장할 수 도 있으나, 단말기 거치대의 미세한 흔들림이 IMU 센서에 영향을 미칠 것을 우려하여 별도의 모듈

로 제작하였다. 차량용 IMU의 출력값은 차량의 움직임을 반영해야하므로 별도 기구물에 내장하여 차량의 데쉬보드 위에 부착, 설치 할 수 있도록 설계하였다. 차량용 IMU 모듈과 사용자 단말기는 FPC로 연결되고, IMU의 출력 결과값은 사용자 단말기 'CAR IT 동글' 을 통해서 내부 수신되게 처리하였다. <그림 2-185>는 2차 IMU모듈을 나타낸 것이다.

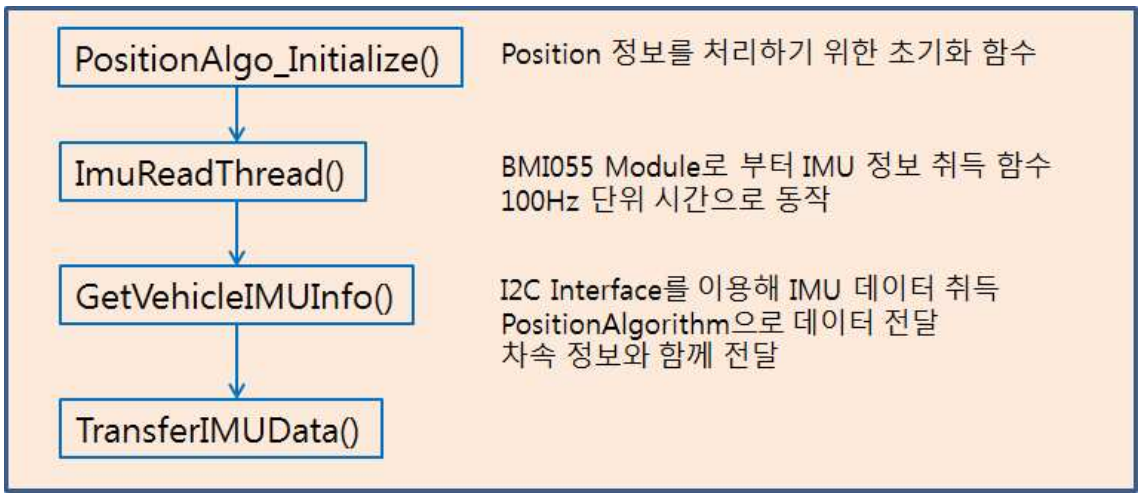


<그림 2-185> IMU 모듈 (2차 보드)

(나) 소프트웨어 드라이버 개발

○ BMI055 Module은 CPU와 I2C Interface를 이용하여 주어진 데이터를 추출하도록 구현하였다. 100Hz 단위 시간으로 I2C Interface를 통해 필요한 데이터 정보를 얻어오고, 해당 데이터를 포지션 알고리즘에 전달하여 위치 정보 보정에 사용될 수 있도록 구현하였다. 데이터 동기화를 위해 GPS의 PPS Interrupt에 맞춰 시간 동기화를 구현하였고, 포지션 알고리즘으로 데이터 전달시, 주어진 포맷에 시간 동기 정보를 포함하도록 구현하였다. 소프트웨어 설계 아래와 같다.

- 구현 드라이버 : GPS_VCOM.dll
- 드라이버 기능 : Virtual COM Port Driver, GPS 정보 취득 / 처리, PositionAlgorithmDLL.dll Loading, IMU 정보 취득 Thread 생성 / 관리, 차속 정보 취득 Thread 생성 / 관리
- 주요 API 기능



<그림 2-186> IMU 알고리즘 절차

(4) Vision 센서

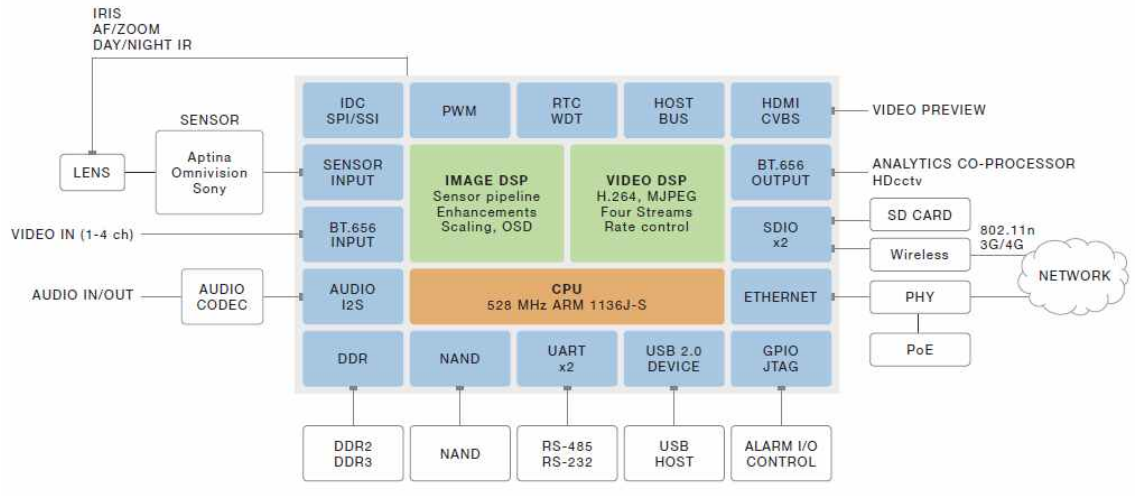
(가) 하드웨어 개발

① CPU

○ 상용 차량용 블랙박스의 하드웨어 플랫폼을 기반으로 Vision 센서를 개발하였다. HD는 물론이고 Full HD까지 지원하는 사양으로 설계하였고 미국 Ambarella사의 A5s SoC를 메인 프로세서로 채택하였습니다. 본 과업에 적용된 A5s SoC는 ARM11 기반의 CPU로 차량용 블랙박스 및 보안용 IP 카메라에 주로 적용되는 제품이다. A5s SoC를 채택한 이유는 이미 여러 시장에서 검증된 플랫폼이고, 완성도가 높은 SDK를 제공하기 때문이다. <그림 2-187>은 A5s의 활용도를 나타낸 것이다.



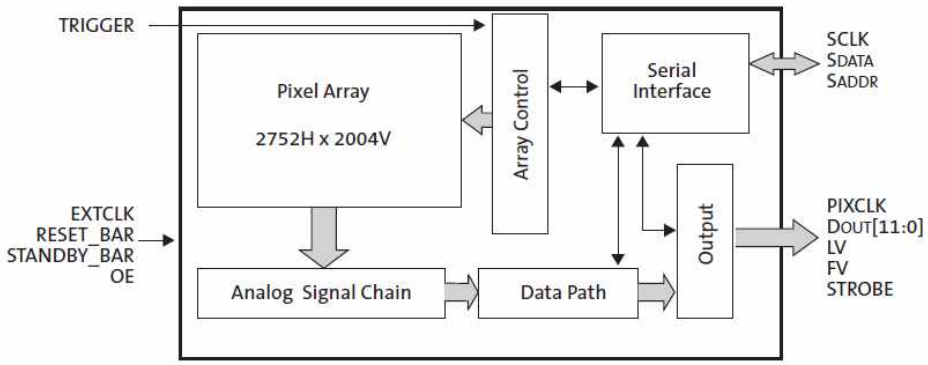
<그림 2-187> 다양한 용도로 활용 가능한 플랫폼



<그림 2-188> A5s SoC의 블록다이어그램

② 이미지센서

○ A5s 모델과 호환성이 좋은 Aptina사의 MT9P031 이미지센서를 적용하였다. 본 모델은 1/2.5인치의 CMOS형으로 5백만(2592H×1944V) 화소의 성능을 발휘한다. 따라서 보안 감시용 시장에 높은 점유율을 나타낸다. <그림 2-189>은 이미지 센서의 블록다이어그램을 나타낸다.



<그림 2-189> MT9P031 이미지센서의 블록다이어그램

③ PCB

○ 차량의 전방에 설치되는 제품인 만큼 전체 Vision 센서의 크기는 작아야 한다. 또한 고급스럽고 예쁜 디자인을 가지고 있어야 한다. 이 조건을 충족하기 위해서 Vision 센서의 하드웨어를 아래 <그림 2-190>와 같이 여러 개의 보드로 나눠서 설계하였다.



<그림 2-190> 4개의 메인 모듈로 구성된 Vision 센서



<그림 2-191> 각 모듈들이 결합된 Vision 센서 하드웨어 향상

④ 렌즈

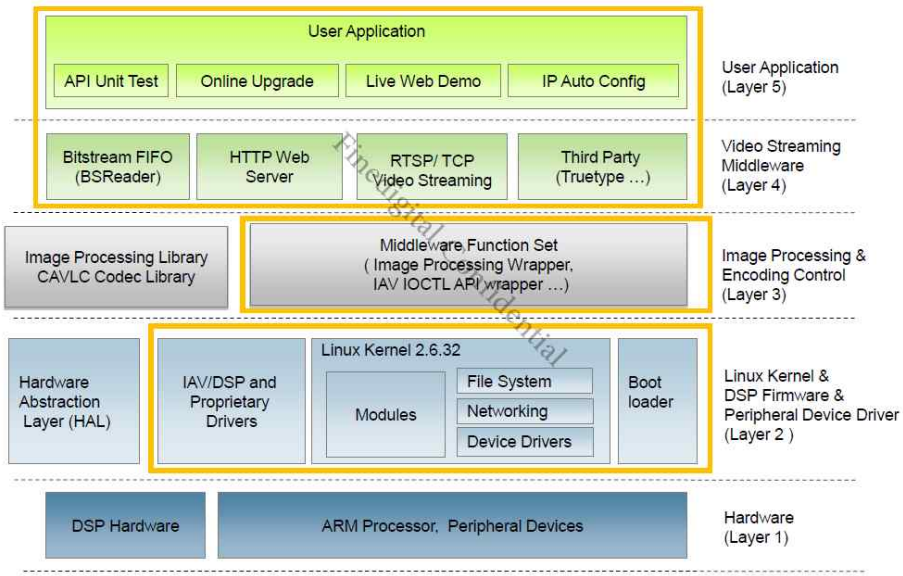
○ Vision 센서의 가장 앞에서 도로 영상을 획득하는 렌즈는 한광사의 광각 대구경 제품을 적용하였다. <그림 2-192>은 광각 대구경 렌즈 이미지이다.



<그림 2-192> 광각 대구경 렌즈

(나) 운영체계 개발

○ Ambarella사에서 기본적으로 제공되는 개발 환경은 아래 <그림 2-193>와 같은 구조로 되어 있다. 기본적인 운영체계는 Linux로 동작되고 Linux Kernel 2.6 위에 DSP 펌웨어 및 디바이스 드라이버 등으로 구성되어 있다.



<그림 2-193> 시스템 소프트웨어 구성도

(다) 기구물 제작

○ 본 연구를 위해 시중의 블랙박스를 활용하였다.



<그림 2-194> 컴팩트한 제품 사이즈



<그림 2-195> 차량에 장착된 Vision 센서 형상

(5) 통합 소프트웨어

(가) 기 개발된 기존 소프트웨어 알고리즘 추가

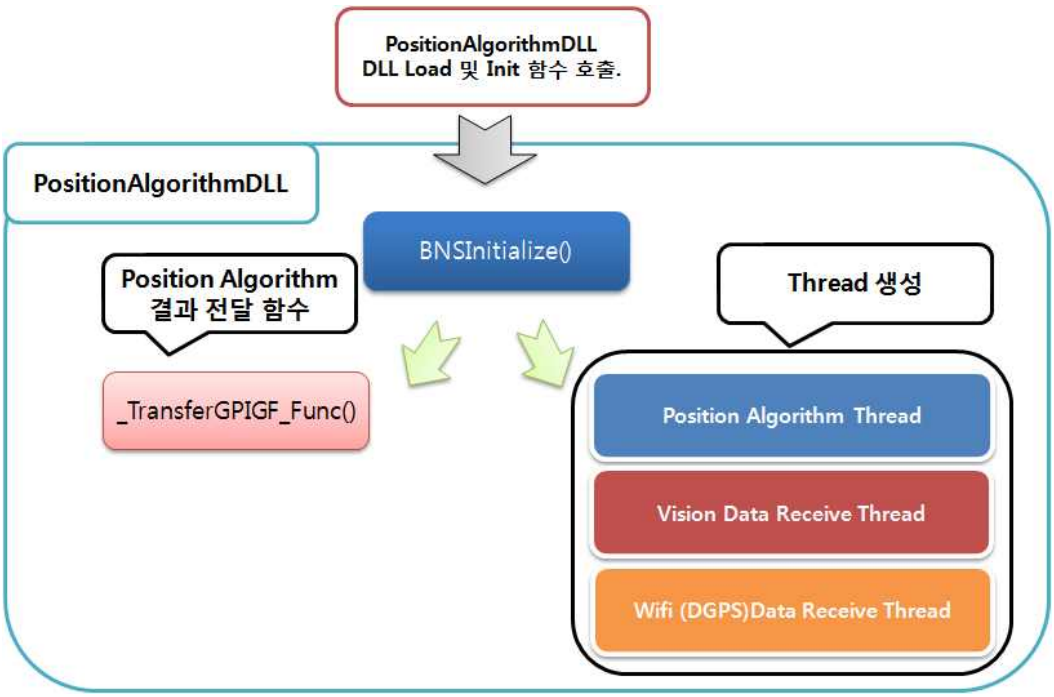
○ 3차년도에 진행된 알고리즘 소스를 적용하여 진행하였다.

○ Win32 기반(일반 32/64비트 윈도우) 플랫폼으로 개발된 알고리즘 소스를 Windows Compact7에 맞게 변환, 현재 사용 가능한 구조로 변경 및 적용하였다.

(나) 실시간 운영을 위한 Embedded 소프트웨어 개발

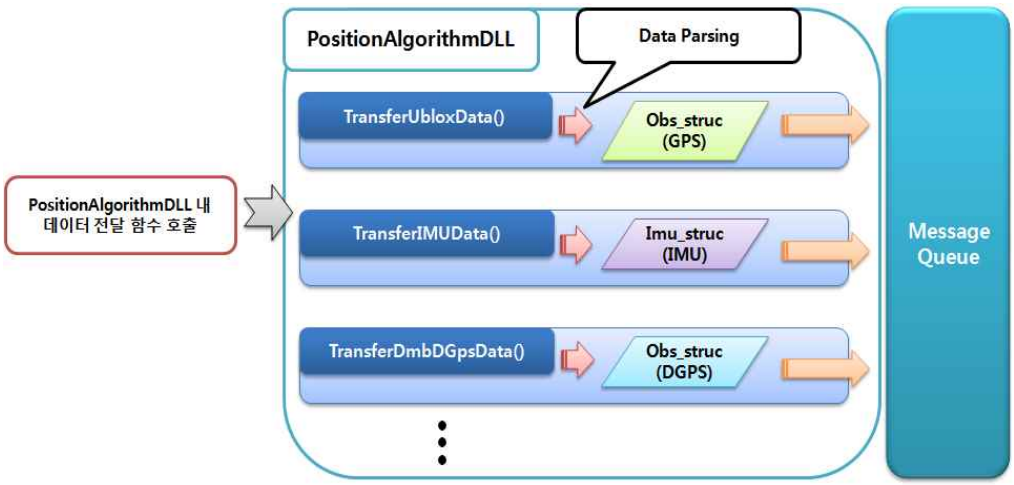
○ 획득, 처리, 출력 단계로 진행되는 라이브러리 형태의 소프트웨어 개 발 진행(DLL 형태로 제작)하였다. 처리 모듈(알고리즘 Thread)은 획득 모듈과 병행으로 처리되어 획득된 데이터에 대해 실시간으로 처리하고 출력한다.

○ PositionAlgorithmDLL Initialize 부분 : 라이브러리가 로드되면, Position data 전달을 위한 CallBack Function 선언 및 실시간으로 처리하기 위한 알고리즘 Thread, 데이터 수신 관련 Thread, 데이터 전송 Thread를 구동될 수 있도록 개발하였다. <그림 2-196>는 포지션 알고리즘 초기화 방법을 도식화 한 것이다.



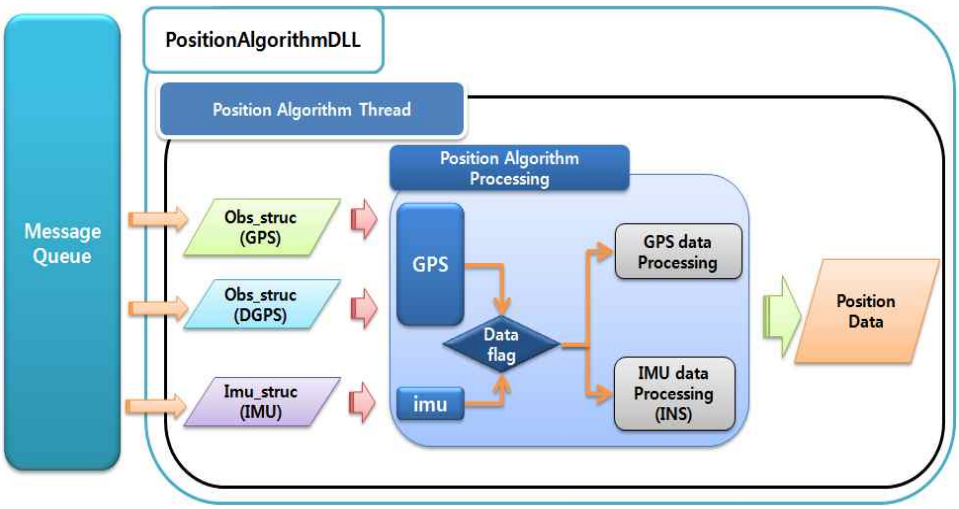
<그림 2-196> 포지션 알고리즘 초기화 방법

○ 데이터 획득 부분 : DLL내 데이터 전달 함수들을 통해 GPS(Ublox), IMU, DGPS 데이터를 전달받아 알고리즘에서 사용가능한 Struct 형태로 변환하여 알고리즘 Thread 전달을 위한 Data MessageQueue로 전달되는 구조로 진행하였다. <그림 2-197>은 데이터 획득 구조를 나타낸 것이다.



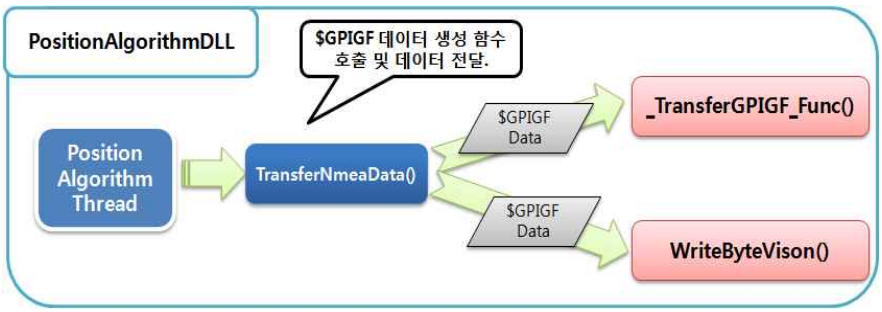
<그림 2-197> 데이터 획득 구조

○ 데이터 처리 부분 : 실시간으로 전달되는 각각의 데이터들은 Message Queue에서 Load되어 알고리즘에 대입 및 처리된다. 처리된 데이터는 Position data 및 그와 관련된 데이터를 포함한 Struct 형태로 표출한다. <그림 2-198>은 데이터 처리 구조를 나타낸 것이다.



<그림 2-198> 데이터 처리 구조

○ 데이터 출력 부분 : 처리 후 표출된 Position data 는 $GPIGF 데이터(NMEA Format)로 변환되어 각각 전자지도 S/W 및 영상처리 S/W로 전달된다. <그림 2-199>은 데이터 출력 구조를 나타낸 것이다.



<그림 2-199> 데이터 출력 구조

○ 데이터 전달 부분 : 전자지도 S/W 와 영상처리 S/W 의 출력 데이터는각각의 S/W로 전달된다. $GPIMG 데이터는 영상처리 S/W에서 Serial Port (COM2)를 통해 전달되며 Callback 함수를 통해 전자지도 S/W로 보내진다.

○ $MAMMD 데이터는 전자지도 S/W에서 TransferMapMatchingData() 함수를 통해 전달되며 Serial Port를 통해 전자지도 S/W로 보내진다.

○ $GPSTS는 영상처리 S/W에서 시간동기화 및 관련 데이터 생성을 위해 사용되는 데이터로 1Hz 주기로 생성되어 전달된다.

○ 데이터 전달 주기 : 각각 생성 및 전달된 데이터는 일정 주기로 전자지도 S/W 및 영상 처리 S/W 로 전달되며 전달 주기는 <표 2-35>과 같다.

<표 2-35> 통합 소프트웨어 데이터 전달 주기

구분	데이터 종류	전달 주기	비고
전자 지도 S/W 출력	GPS 보강 정보 ($GPIGF)	10Hz	전자 지도 S/W로 전달되는 데이터 주기.
	영상 정보 ($GPIMG)	5Hz	
영상 처리 S/W 출력	GPS 보강 정보 ($GPIGF)	10Hz	영상 처리 S/W로 전달되는 데이터 주기.
	전자지도 Data ($MAMMD)	1Hz	
	RTC Time 정보 ($GPSTS)	1Hz	

(6) 전자지도

(가) 테스트베드 후보지 선정

① 목표 및 선정 기준

○ 목표

- 테스트베드 지역의 환경 분석을 통해 요구사항에 적합한 지역을 선정하여 전자지도로 제작하는 것이다.

○ 선정 기준

GPS위성 수신 상태가 다른 환경을 건물의 밀집도와 높이에 따라 3가지 유형으로 분류하여 후보지를 분석하고 선정하였다. <그림 2-200>은 측정 환경 선정 기준을 나타낸다.

- 건물의 밀집도 및 가시성
- 후보지 현장 답사 및 실측
- 측위지점의 GPS측량 및 분석



<그림 2-200> 측정 환경 선정 기준

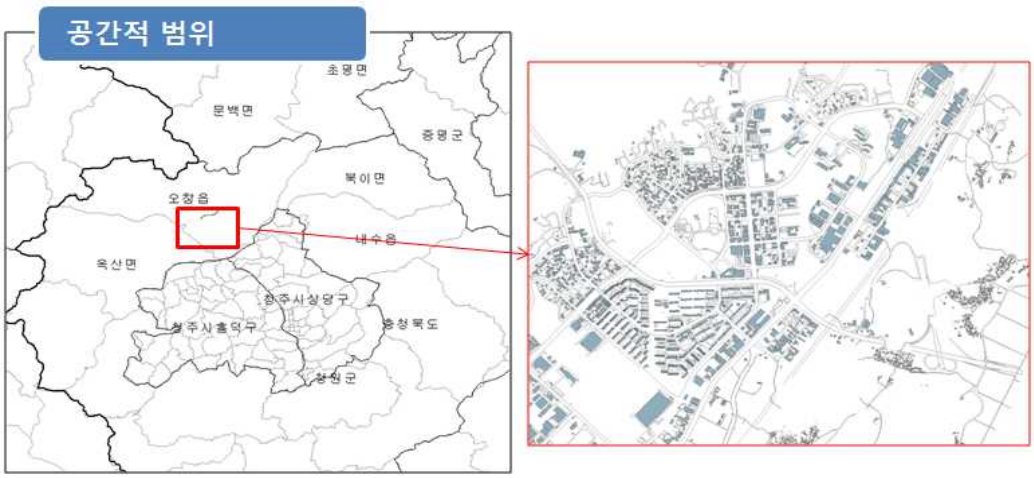
○ 현장 답사 및 실측 데이터 분석

- 후보지 지형지물 밀집도 및 높이 등을 분석하였다.
- 차선정보 구축에 적합한 지역을 선정하였다.
- GPS위성 관측지점에 대한 위치 선점 및 관측을 진행하였다.
- 후보지 가시 위성의 최대, 최소 수치 분석하였다.

② 후보지 3차원 모델링

○ 후보지 예상지역

- 고층건물과 저층건물이 지역적으로 고르게 분포되어있는 “충북 청원군 오창읍 양청리” 일원을 대상으로 하였다. <그림 2-201>은 오창읍 일대의 3차원 모델링을 나타낸다.



<그림 2-201> 오창읍 일대

○ 3차원 모델링

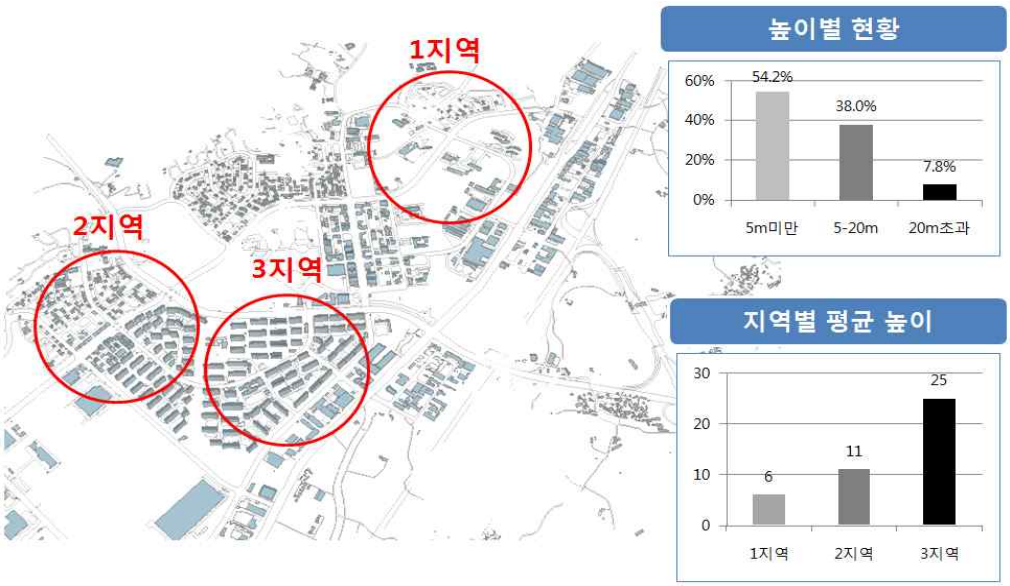
- 가시성 상태를 분석하기 위하여 건물의 밀집도 및 고도에 따라 위성 신호 수신률이 달라지는 환경을 건물데이터와 층수정보를 활용하여 3차원 모델을 생성하여 분석 하였다.
- 국가기본도(NGIS V2)기반의 건물 및 속성자료 활용(1/5,000축척)하였다.
- 건물의 고도는 1층의 높이를 3m로 계산하였다.



<그림 2-202> 3차원 모델링 결과

○ 건물의 높이 현황

조사 결과 건물 높이 현황은 <그림 2-203>과 같이 1,2,3지역으로 분포되어 있으며, 분포된 내역을 바탕으로 차선을 획득할 구간을 선정하였다.

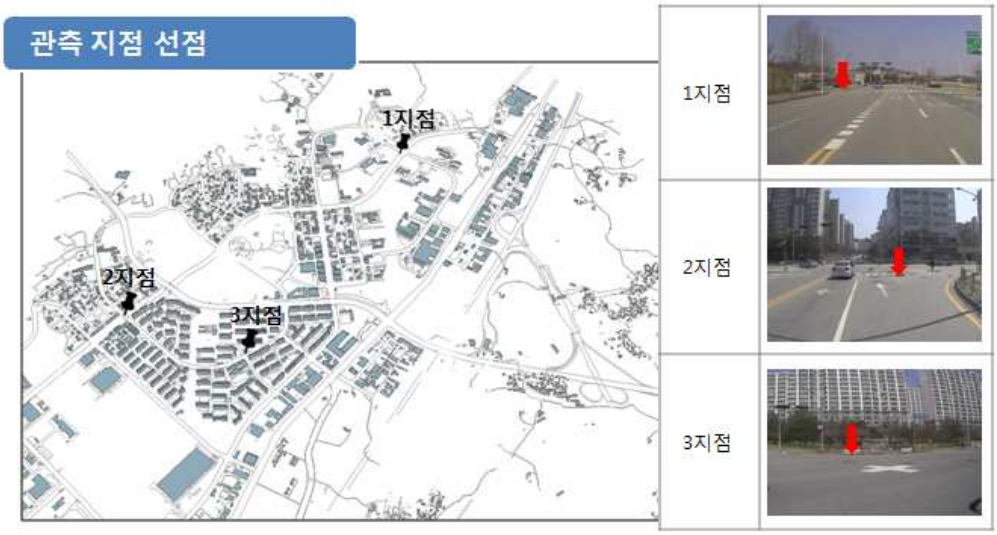


<그림 2-203> 지역별 건물 높이 현황

③ 후보지 GPS 관측

○ 현장 답사

- GPS의 관측 대상점을 선점하여 지도에 표시하고 관측점에서 시계를 확보할 수 있는지 확인하였다.
- GPS관측 가능성(장애물)/관측지점으로서의 적합성/측위의 안정성을 고려하였다.



<그림 2-204> 관측 지점 선점

④ 후보지 선정 결과

○ 테스트베드 후보지 선정 결과

위의 요구사항을 만족하는 16.3km 구간의 도로를 선정하였으며, 선정된 내용은 <표 2-36>와 같다. 원활한 테스트를 위해 5차년도에 9km를 추가 구축하였다.

<표 2-36> 테스트베드 후보지 선정 내용

구분	내용	비고
선정 지역	충북 청원군 오창읍 양청리 일원	
선정 노선	16.3km(이후 9km 추가)	
선정 사유	3차원 모델링과 위성 수신상태를 분석한 결과 3가지 환경을 모두 만족하는 지역으로 분석됨	

(나) 전자지도 데이터베이스 구축

① 구축 개요

도로, 차선, 중앙선 레이어를 전문 측량장비로 측량하여 구축하고 국가기본도 기반의 내비게이션 Map과의 정위치 및 구조화 편집으로 정밀한 데이터베이스를 구축하였다. <그림 2-205>는 전자지도 데이터베이스 구축 목표를 나타낸다.



<그림 2-205> 전자지도 데이터베이스 구축 목표

② 구축 항목

○ 구축 항목(측량 성과)

측량의 대상은 차로변경이 가능한 최소 편도 2차선 이상의 도로이며, 차선과 중앙선이 포함되어야 한다. <표 2-37>은 구축 항목을 나타낸다.

<표 2-37> 구축 항목 (측량 성과)

구분	항목	비고
도로	➢ 2차선 이상 도로 : 측량된 성과 활용(후보지 대상 구간)	➢ Shape Data ➢ 좌표 : Wgs84
차선	➢ 측량성과 활용 제작	
중앙선	➢ 측량성과 활용 제작	

○ 구축 항목 이외의 지도(국가기본도 기반 내비게이션MAP)

네비게이션 지도의 경우 여러 컨텐츠를 사용할 수 있도록 많은 내용이 추가 되어야 한다. 아래 <표 2-38>은 네비게이션 지도에 필요한 항목을 나타낸다.

<표 2-38> 구축 항목 이외의 지도(국가기본도 기반 내비게이션MAP)

구분	항목	비고
도로	➢ 2차선 이하 도로 : 국가기본도 1/5,000 기반(후보지 이외 구간) ➢ 도로 최신성 보장	➢ Shape Data ➢ 좌표 : Wgs84
건물	➢ 등급 속성으로 구분(16개 등급) / 건물의 높이(층수) 속성 추가 제공	
구역	➢ 공장, 아파트, 공원, 학교, 병원, 관공서, 대단지, 주차장, 휴게소 ➢ 녹지, 스쿨존, 사적지구역	
하천	➢ 하천경계, 실폭하천, 호수, 저수지	
시설물	➢ 인도, 횡단보도, 육교	
부속도로	➢ 터널, 교량, 지하차도, 고가차도	
철도시설	➢ 철도선로, 역사	
기타	➢ 골프장(상세레이어 포함), 식생	
행정경계	➢ 법정동, 행정동 경계	
주기(POI)	➢ 건물, 시설물, 행정구역 등의 명칭으로 최신성 보장	

③ 현황 측량 및 방법

○ 측량 대상

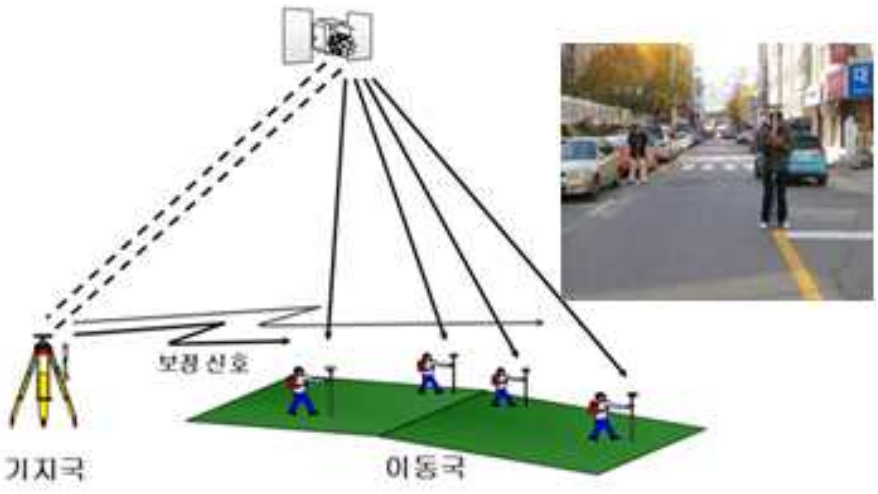
측량 대상에 따라 측량 방법이 다르며, 아래 <표 2-39>는 측량 방법을 나타낸 것이다.

<표 2-39> 현황 측량 대상

측량 대상	내용	비고
도로	➢ 2차선 이상 도로(테스트베드 선정 노선) ➢ 도로의 모양이 변하는 지점 위주로 측량	
차선	➢ 차로 구분선 ➢ 차선의 양끝점을 측량하고 중간지점은 현장상황에 따라 약 2~3점 측량	
중앙선	➢ 중앙선 및 분리대(화단형태)	

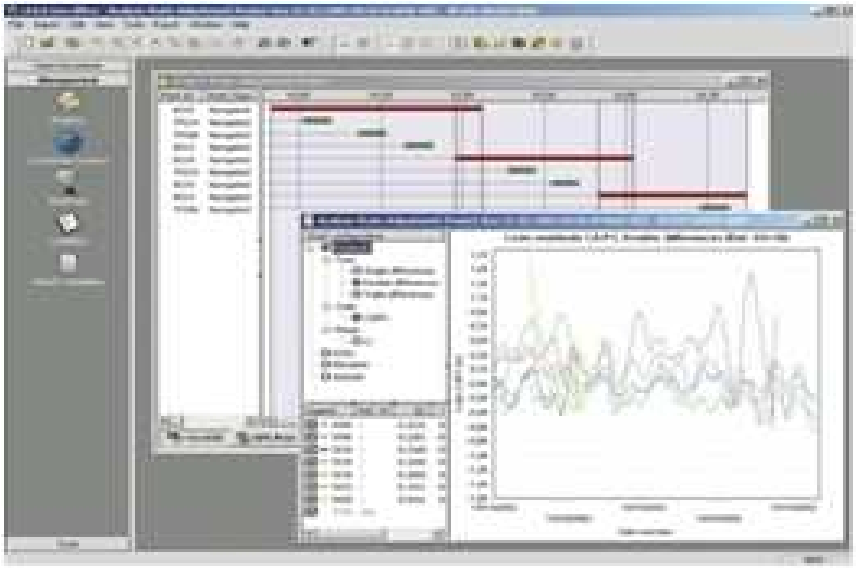
○ 측량 방법

RTK(Real Time Kinematic) 방식을 사용하였으며, 실시간으로 위성신호와 기지국 신호를 수신하여 측량하였다. 이동국이 해당 기지국으로부터 수신한 위치보정신호와 이동국이 관측한 위치정보를 결합하여 1~2cm정도의 정확도를 실시간으로 관측하는 방법을 사용하였다. 위 방법은 소단위, 대단위 택지 현황측량 및 평지에서의 도로 및 시설물 현황을 측량할 때 사용하는 방법이다. <그림 2-206>은 RTK 방식을 그림으로 표현한 것이다. 측량시 사용된 소프트웨어는 <그림 2-207>에서 보는바와 같이LEICA Geo Office 프로그램을 사용하였다.



<그림 2-206> RTK(Real Time Kinematic) 방식

- 사용 S/W는 LEICA Geo Office



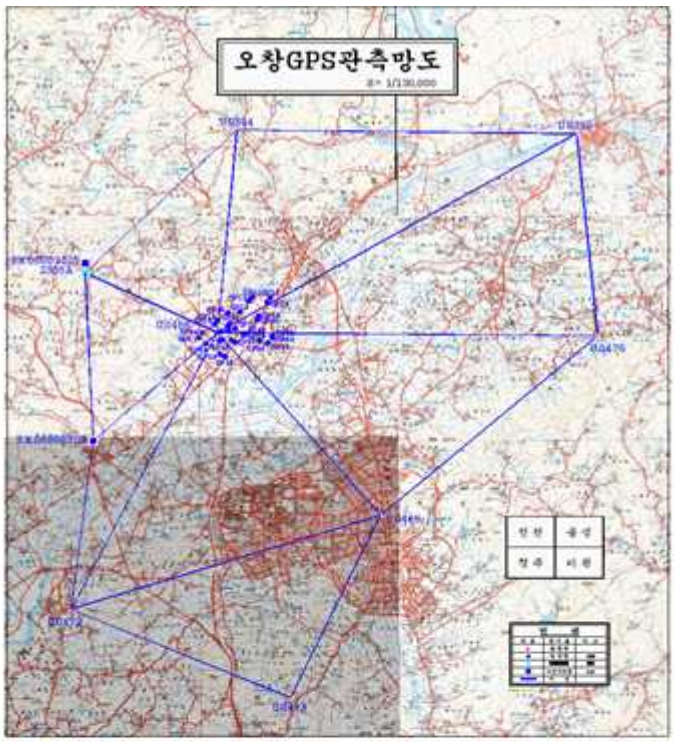
<그림 2-207> LEICA Geo Office S/W 화면

④ 지상 기준점 및 현황 측량

○ 지상 기준점 측량

측량을 위해서는 측량할 지역 주변의 국가기준점을 활용하여야 한다. 우선 대망을 고려해야 하며, <그림2-208>은 오창 주변의 관측망도를 나타낸 것이다.

- 국가기준점 GPS관측망도(대망)



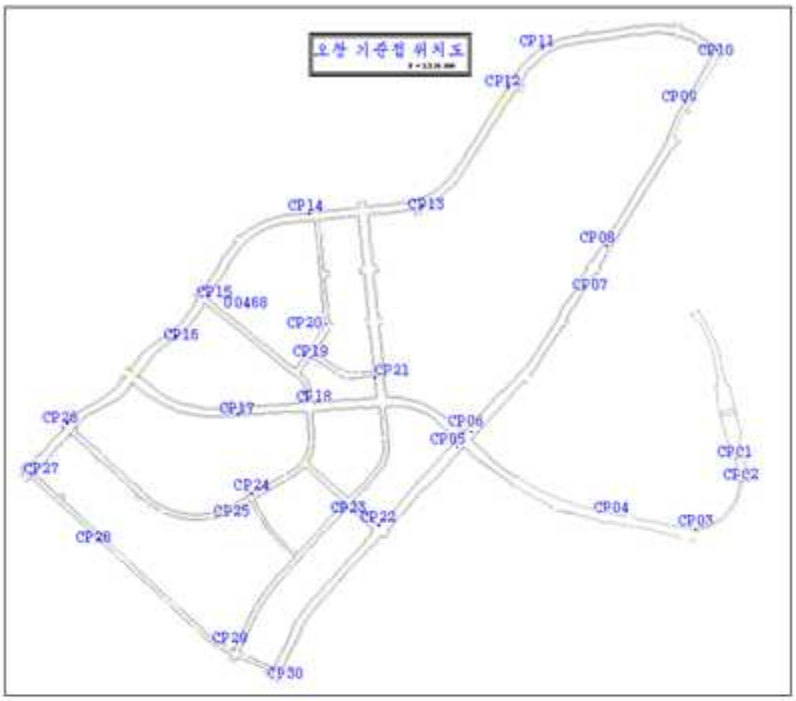
기준점 성과기록부(GRS80)

등급	점적종류	점명	도엽번호 및 점명	X(m)	Y(m)	표고	좌표원점	비고
	통합	D0394	진천 NJ52-13-06	465386.424	238583.459	77.148	중부	
	통합	D0390	음성 NJ52-13-07	465438.612	251161.286	55.224	중부	
	통합	D0468	청주 NJ52-13-13	457393.500	237692.250	59.976	중부	
	통합	D0469	청주 NJ52-13-13	450033.700	243806.699	45.303	중부	
	삼각	D0472	청주 NJ52-13-13	445838.869	232458.133	51.692	중부	
	삼각	D0473	청주 NJ52-13-13	442215.692	240576.239	76.622	중부	
	삼각	D0476	대전 NJ52-13-14	457110.135	252059.156	79.072	중부	
	수준	BM0000305	청주 NJ52-13-13			64.200		
	수준	BM0000309	청주 NJ52-13-13					

<그림 2-208> 국가기준점 GPS관측망도(대망)

- 오창읍 선정노선 주변 보조기준점 30개 선정하여 측량(소망)을 진행하였다.<그림 2-209>는 30개의 보조기준점 위치와 취득한 결과를 나타낸 것이다.

-



평면성과기록부

측량종류	측량성공	측량좌표		측량좌표		H(m)	비고
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)		
측량기준점	2306A	459 555 . 466 m	232 976 . 066 m	-	-	65 . 556 m	
측량기준점	CP01	456 790 . 662 m	239 777 . 036 m	-	-	57 . 873 m	
측량기준점	CP02	456 704 . 566 m	239 799 . 142 m	-	-	56 . 094 m	
측량기준점	CP03	456 514 . 437 m	239 623 . 677 m	-	-	54 . 069 m	
측량기준점	CP04	456 578 . 690 m	239 600 . 923 m	-	-	55 . 268 m	
측량기준점	CP05	456 857 . 133 m	238 704 . 661 m	-	-	51 . 519 m	
측량기준점	CP06	456 896 . 711 m	238 760 . 177 m	-	-	51 . 867 m	
측량기준점	CP07	457 452 . 451 m	239 196 . 587 m	-	-	55 . 845 m	
측량기준점	CP08	457 609 . 666 m	239 280 . 695 m	-	-	60 . 869 m	
측량기준점	CP09	456 164 . 594 m	239 583 . 186 m	-	-	65 . 187 m	
측량기준점	CP10	456 382 . 677 m	239 704 . 492 m	-	-	55 . 822 m	
측량기준점	CP11	456 575 . 952 m	239 054 . 201 m	-	-	62 . 234 m	
측량기준점	CP12	456 218 . 670 m	238 902 . 601 m	-	-	59 . 960 m	
측량기준점	CP13	457 783 . 451 m	238 571 . 319 m	-	-	54 . 013 m	
측량기준점	CP14	457 730 . 512 m	238 133 . 666 m	-	-	59 . 591 m	
측량기준점	CP15	457 419 . 357 m	237 746 . 556 m	-	-	64 . 970 m	
측량기준점	CP16	457 262 . 736 m	237 624 . 033 m	-	-	69 . 668 m	
측량기준점	CP17	458 961 . 651 m	237 660 . 287 m	-	-	66 . 069 m	
측량기준점	CP18	457 006 . 762 m	238 156 . 156 m	-	-	55 . 364 m	
측량기준점	CP19	457 151 . 715 m	238 141 . 084 m	-	-	54 . 729 m	
측량기준점	CP20	457 310 . 196 m	238 197 . 283 m	-	-	51 . 162 m	
측량기준점	CP21	457 104 . 612 m	238 388 . 287 m	-	-	47 . 906 m	
측량기준점	CP22	456 553 . 229 m	238 402 . 675 m	-	-	44 . 852 m	
측량기준점	CP23	456 603 . 248 m	238 277 . 760 m	-	-	46 . 819 m	
측량기준점	CP24	456 665 . 178 m	237 914 . 660 m	-	-	54 . 725 m	
측량기준점	CP25	456 583 . 660 m	237 822 . 573 m	-	-	58 . 668 m	
측량기준점	CP26	456 928 . 029 m	237 202 . 606 m	-	-	56 . 521 m	
측량기준점	CP27	456 729 . 036 m	237 067 . 630 m	-	-	54 . 462 m	
측량기준점	CP28	456 481 . 018 m	237 826 . 966 m	-	-	50 . 825 m	
측량기준점	CP29	456 066 . 107 m	237 844 . 456 m	-	-	46 . 248 m	
측량기준점	CP30	455 963 . 602 m	238 020 . 595 m	-	-	40 . 565 m	

<그림 2-209> 보조기준점 30개 선정 및 측량(소망)

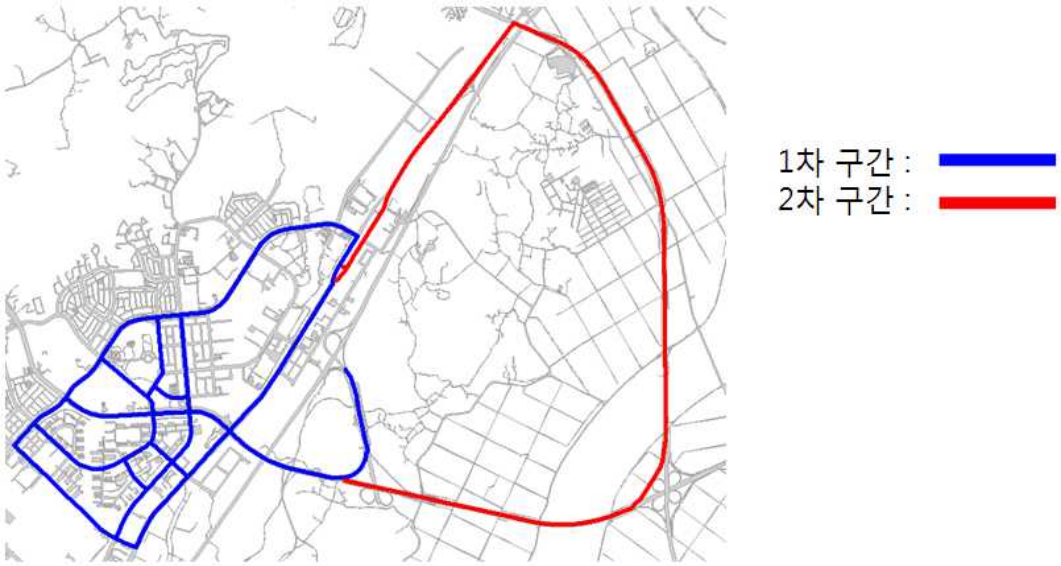
○ 현황 측량

- 측량 범위는 1차구간 16.3km 와 2차구간 9km를 합한 총 25.3km 이다.

<표 2-40> 현황 측량 범위

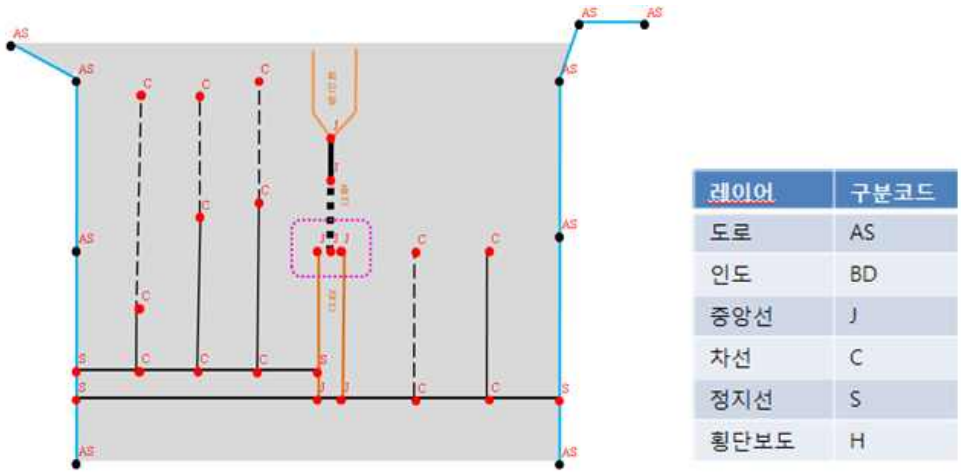
구분	진행 물량	비고
1차 구간	16.3 km	
2차 구간	9 km	
계	25.3 km	

- 측량 노선도는 <그림 2-210>과 같다.



<그림 2-210> 1차, 2차 측량 노선 및 구간

- 측점 위치 및 코드표는 <그림 2-211>과 같다.



레이어	구분코드
도로	AS
인도	BD
중앙선	J
차선	C
정지선	S
횡단보도	H

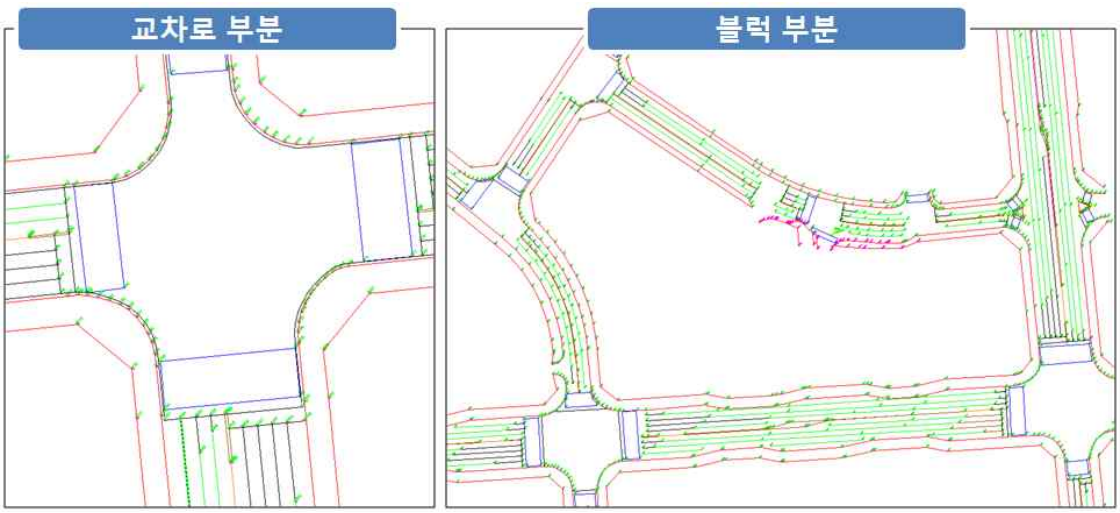
<그림 2-211> 측점 위치 예

- 현황 측량 결과(전체)를 도식화하면 <그림 2-212>와 같으며, 측량 결과 구축된 전자지도와 일치하는 것을 확인하였다.



<그림 2-212> 현황 측량 결과

- 교차로 및 블록 구간 결과를 보여주는 <그림 2-213>에서처럼 측량된 노드점들이 구축된 전자지도와 일치하는 것을 확인할 수 있다.



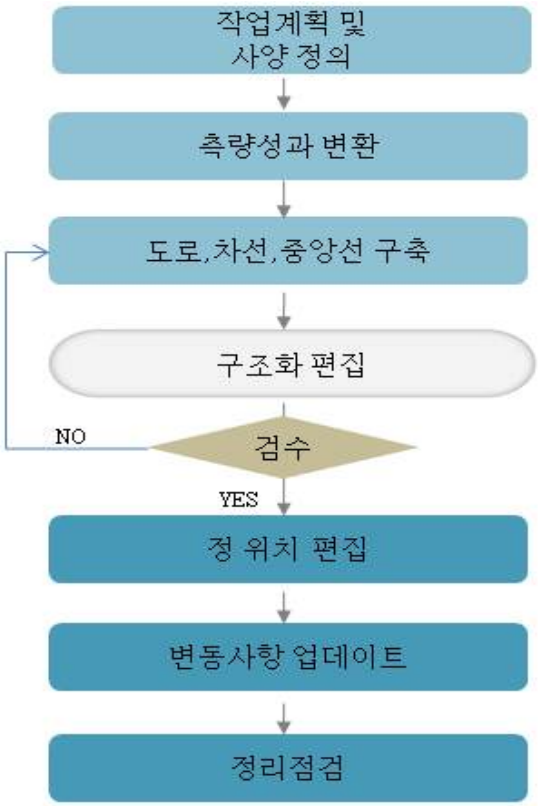
<그림 2-213> 교차로 및 블록 구간 현황 측량 결과 예

⑤ 도로 및 차선 데이터 구축

○ 구축 개요

- 측량된 성과를 이용 도로,차선,인도,중앙선,정지선,횡단보도를 제작하고 구조화 편집하여 내비게이션 Map과 정위치 편집, 정밀한 전자지도를 완성하였다.

○ 구축 절차는 <그림 2-214>와 같이 진행하였다.



<그림 2-214> 도로 차선 구축 절차

○ 구축 방법은 아래와 같으며, <그림 2-215>는 아래 방법을 이용한 구축방법을 도식화 한 것이다.

- 작업 계획 및 사양서 정의

· 작업 계획 수립, 수행계획서 작성

· 구축에 필요한 Layer의 사양 및 속성 등을 정의, 사양서 작성

- 측량성과 변환

· 좌표로 구성된 측량성과를 가공할 수 있는 점형 형태로 변환

· 각 레이어별로 구분

- 도로, 차선, 중앙선 구축

· 점형태로 변환된 측점을 레이어별로 선형을 연결

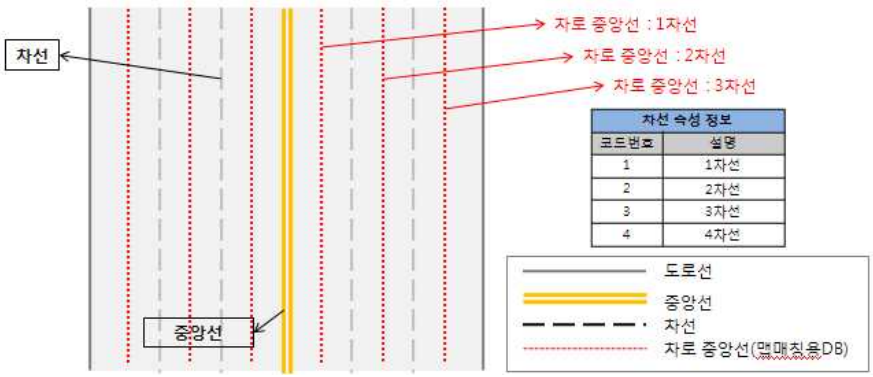
· 각 레이어별로 연결 누락, 단락 등의 검수 진행

· 구조화편집 후 국가기본도(1/5k) 맵과 정위치 편집

· 주변 맵 변동사항 업데이트(현장조사 촬영 영상 참고)

- 배경 표시용 차선 구축 (차선+맵매칭용 차로 중앙선)

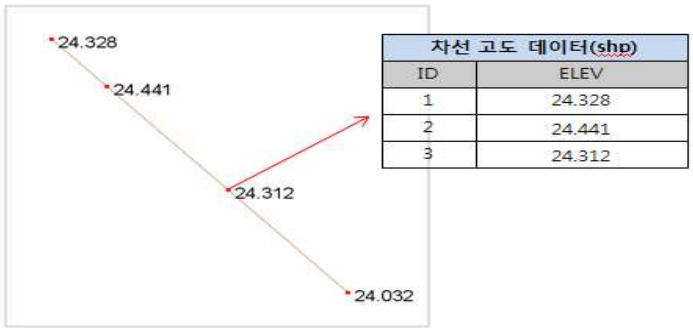
· 각 차로의 중앙선을 구축하고 차선 정보를 속성으로 구축



<그림 2-215> 배경 표시용 차선 구축 방법

- 차선 고도데이터를 측량하여 DB화 하였으며, <그림 2-216>은 고도데이터 구축을 나타낸다.

· 고도정보(z) : 차선 측량성과 Z값을 DB화하여 구축

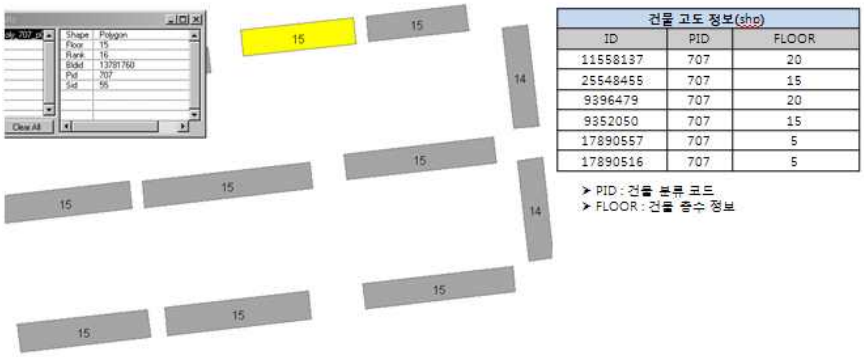


<그림 2-216> 차선 고도데이터 구축

- 건물 고도데이터를 아래와 같은 방법으로 구축하였으며, <그림 2-217>은 구축된 DB의 한 예이다.

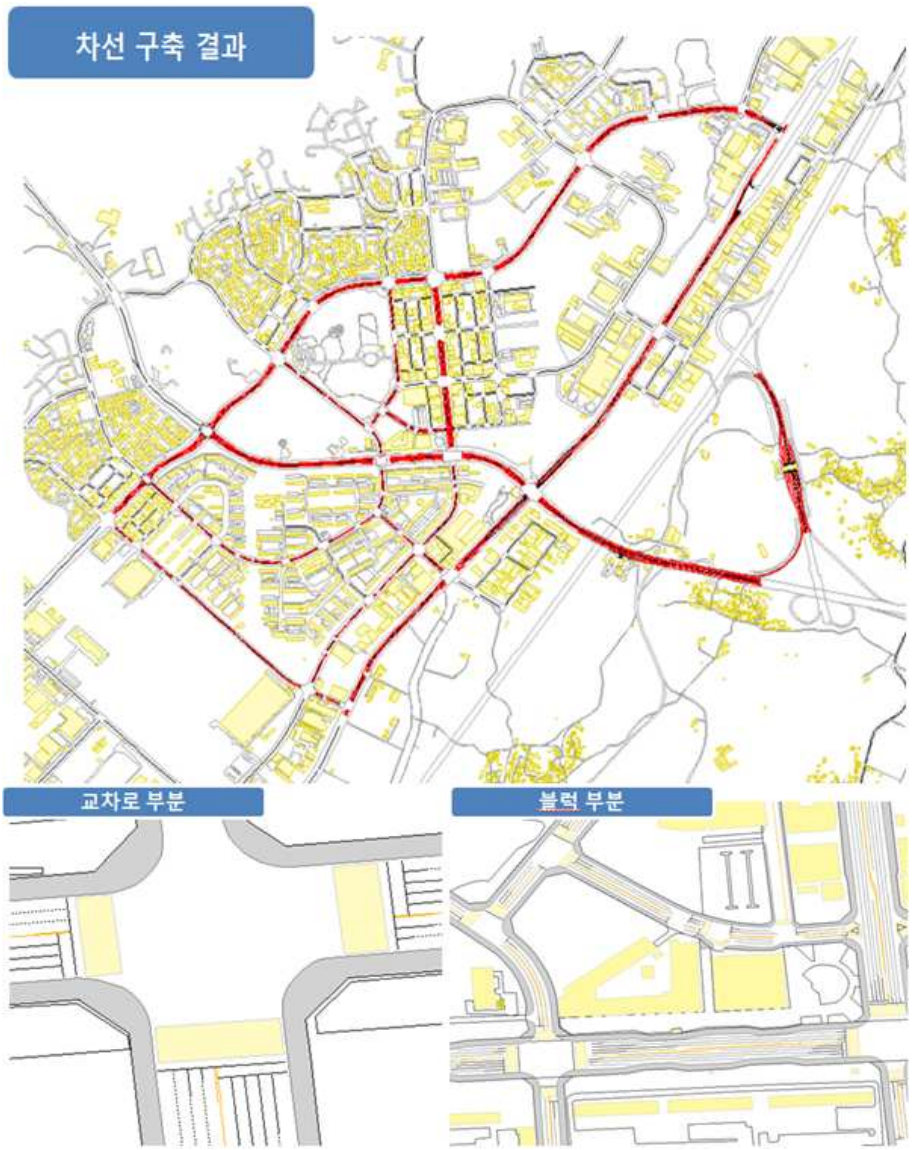
· 건물의 층수를 속성정보로 구축

· 층수정보는 국가기본도와 자체적으로 수집한 소스로 구축



<그림 2-217> 건물 고도데이터 구축

○ 모든 데이터를 구축하여 최종적으로 전자지도를 구축한 결과는 <그림 2-218>이며, 각 건물 및 도로, 차선등을 표시하였다.



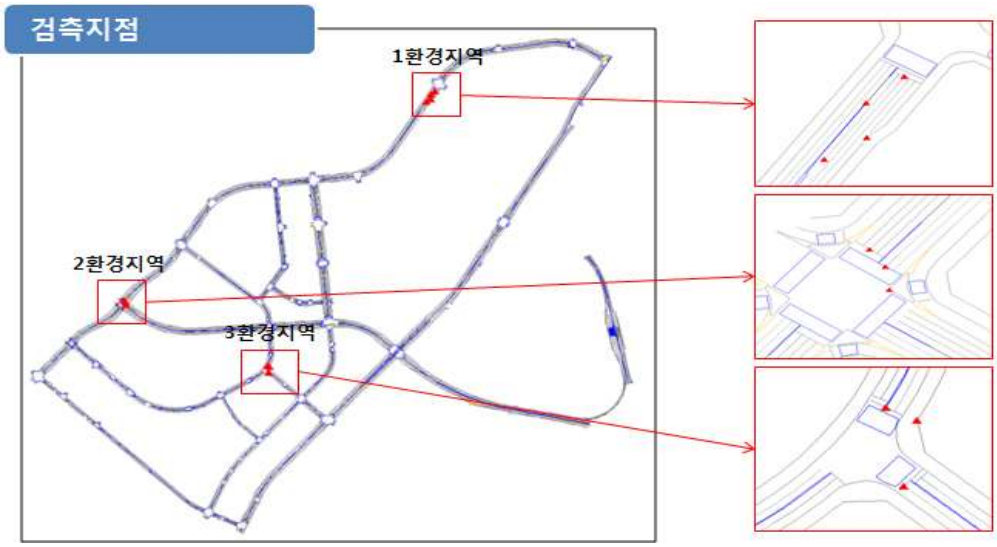
<그림 2-218> 차선 구축 결과

⑥ 정확도 검증

○ 정확도 검증을 위하여 아래와 같은 절차를 진행하였다.

- 전자지도 정확도 검증을 위한 검측 측량
- 구축 성과 중 임의로 10개 지점 선정
- 1환경, 2환경, 3환경 지역을 유사한 비율(3~4개 지점)로 검측

○ 검측 지점은 <그림 2-219>와 같이 각 환경지역에서 모두 진행하였다.



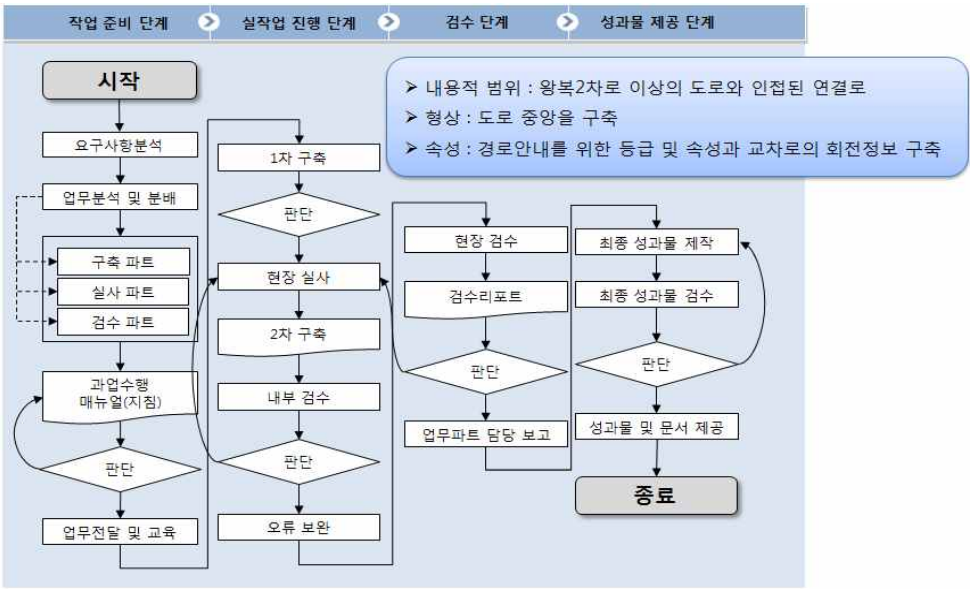
<그림 2-219> 정확도 검증을 위한 검측 지점

○ 정확도 검증 결과는 <표 2-41>에 나타냈으며, 검증결과 지도 정확도는 0.3m이내인 것을 확인하였다.

<표 2-41> 차선 구축 정확도 검증 결과

순서	측점	전자지도 성과	검측 성과	오차(m)	판정	비고
1	131	X : 458199.496 Y : 238909.918	X : 458199.499 Y : 238909.897	0.0212	PASS	
2	798	X : 458143.928 Y : 238870.839	X : 458143.929 Y : 238870.842	0.0032	PASS	
3	1317	X : 458181.745 Y : 238891.373	X : 458181.765 Y : 238891.376	0.0202	PASS	
4	1464	X : 458158.355 Y : 238891.660	X : 458158.383 Y : 238891.669	0.0294	PASS	
5	2716	X : 457119.500 Y : 237464.677	X : 457119.488 Y : 237464.697	0.0233	PASS	
6	2814	X : 457127.658 Y : 237459.297	X : 457127.662 Y : 237459.298	0.0041	PASS	
7	4326	X : 457108.560 Y : 237465.959	X : 457108.558 Y : 237465.979	0.0201	PASS	
8	4966	X : 456758.359 Y : 238133.237	X : 456758.402 Y : 238133.232	0.0433	PASS	
9	6614	X : 456793.787 Y : 238126.806	X : 456793.779 Y : 238126.806	0.0080	PASS	
10	7701	X : 456787.936 Y : 238137.809	X : 456787.952 Y : 238137.801	0.0179	PASS	

⑦ 경로 안내 데이터 구축 절차는 <그림 2-220>에 나타낸 것처럼 작업준비단계, 실작업 진행단계, 검수단계, 성과물 제공 단계로 진행하였다.



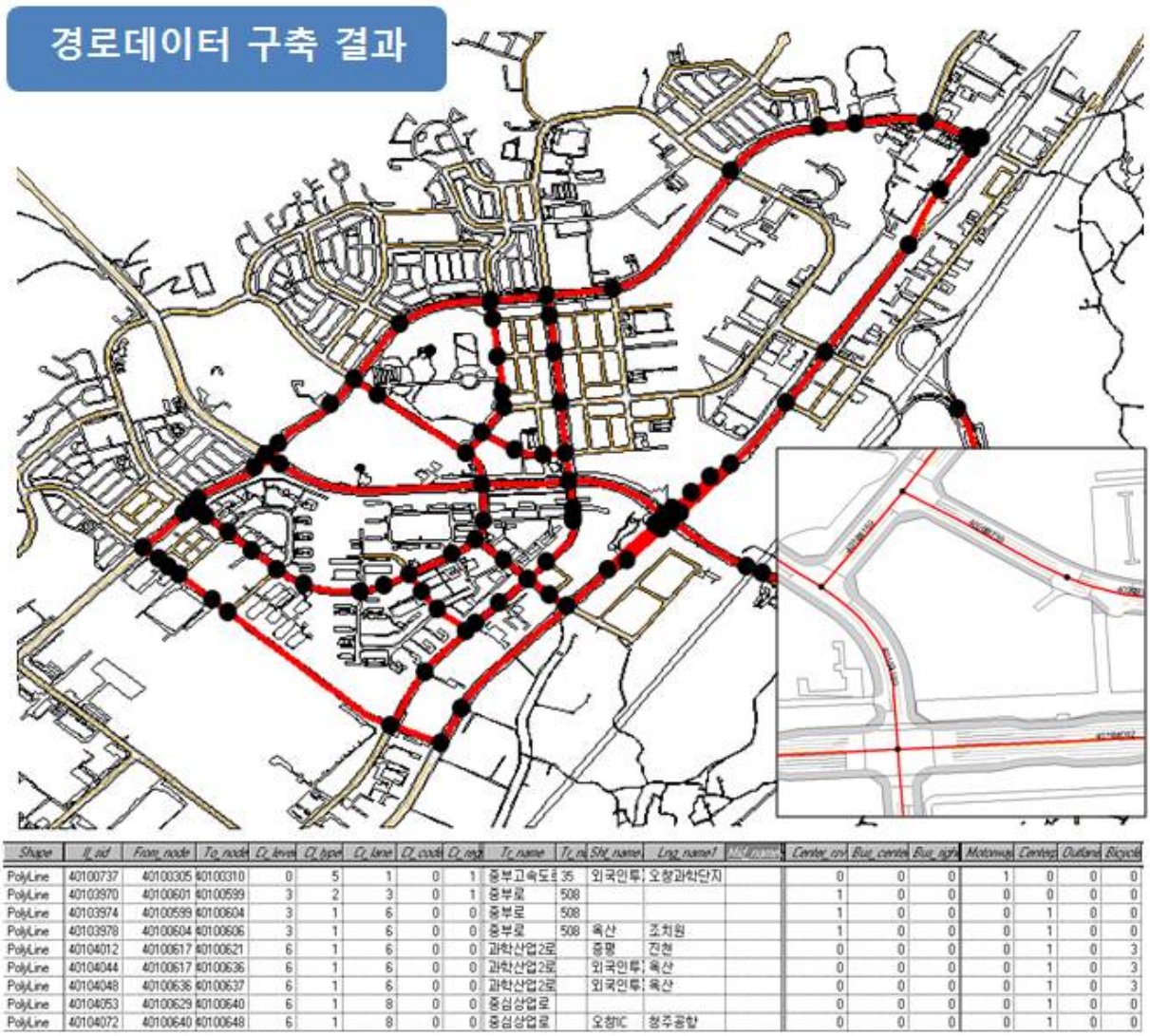
<그림 2-220> 경로 안내 데이터 구축 절차

⑧ 경로 안내 데이터 구축 항목은 <표 2-42>에 나타난 것처럼 각 속성을 정의하고 정의된 속성을 Link로 구축하였다.

<표 2-42> 경로 안내 데이터 구축 항목

데이터	속성	정의 및 사양	비고
Link	형상	vertex로 multiline 구성	vertex 순서가 link 정방향
	도로종별	도로의 등급 분류	고속도로/도시고속/국도/지방도/주요도로/일반도로
	링크종별	도로의 형태 분류	본선/IC/JC/교차로통로/램프/로터리/유턴/SA(휴게소)/차선변경/좌회전전용
	노선번호	지방도이상의 도로 등급의 해당 노선번호	중용노선의 경우 모두 적용(예: 1,35)
	차선수	해당 도로의 통상 전체 차선수	왕복의 경우 왕복 차로 수, 편도의 편도 차로 수
	도로명	도로공사 및 지자체, 행안부 지정 도로명	
	제한속도	해당 도로의 최고 제한 속도(승용차기준)	
	자동차전용도로	자동차 전용도로 여부	참고1)
	도로시설물	도로의 시설물	교량/터널/고가차도/지하차도
	방면정보	진출방향에 따른 방면정보	
	레인가이드	진출방향별 회전 가능차로 정보	방향별 차로 및 포켓 차로 정보
	버스중앙차로 유무	버스중앙차로 존재 유무	
	우측버스차로 유무	우측버스전용차로 존재 유무	
	중앙선패턴	중앙선 패턴 유형	참고2)
	갓길유무	갓길 유무	참고3)
	자전거도로 유무	자전거도로 유무	참고4)
Node	형상	link의 양끝단 및 link 종료	
	회전정보	교차로의 진행방향별 회전 정보	진입link/경유node/진출link/회전정보로 구성 가능
	멘트정보	진행 방향별 발성멘트 정보	진입link/경유node/진출link/멘트 정보로 구성
	교차로명칭	해당 교차로 명칭	

⑨ 테스트베드내에 구축된 경로안내 데이터는 <그림 2-221>에서 보는 바와 같이 구축되었다.



Shape	If_id	From_node	To_node	Ct_level	Ct_type	Ct_lane	Ct_cost	Ct_reg	Tc_name	Tc_no	Shp_name	Lng_name1	Mid_name	Center_ori	Bus_center	Bus_right	Motorway	Centerp	Outland	Bicycle
PolyLine	40100737	40100305	40100310	0	5	1	0	1	중부고속도로	35	외국인투	오창과학단지		0	0	0	1	0	0	0
PolyLine	40103970	40100601	40100599	3	2	3	0	1	중부로	508				1	0	0	0	0	0	0
PolyLine	40103974	40100599	40100604	3	1	6	0	0	중부로	508				1	0	0	0	1	0	0
PolyLine	40103978	40100604	40100606	3	1	6	0	0	중부로	508	옥산	조치원		1	0	0	0	1	0	0
PolyLine	40104012	40100617	40100621	6	1	6	0	0	과학산업2로		증평	진천		0	0	0	0	1	0	3
PolyLine	40104044	40100617	40100636	6	1	6	0	0	과학산업2로		외국인투	옥산		0	0	0	0	1	0	3
PolyLine	40104048	40100636	40100637	6	1	6	0	0	과학산업2로		외국인투	옥산		0	0	0	0	1	0	3
PolyLine	40104053	40100629	40100640	6	1	8	0	0	중심상업로					0	0	0	0	1	0	0
PolyLine	40104072	40100640	40100648	6	1	8	0	0	중심상업로		오창IC	청주공항		0	0	0	0	1	0	0

<그림 2-221> 경로 안내 데이터 구축 결과

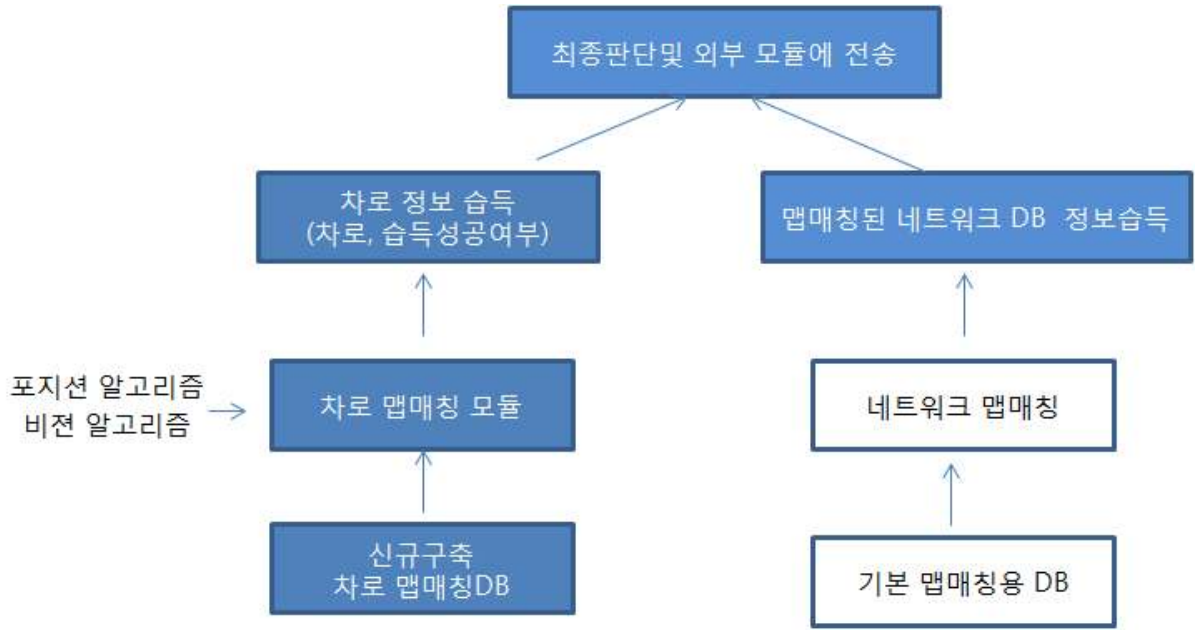
(다) 전자지도 소프트웨어 개발

전자지도 소프트웨어는 경로탐색모듈, 검색모듈, 경로안내모듈, 지도표출모듈, 맵매칭 모듈로 구성되어 있다. 본 과제를 진행하기 위해서 맵매칭 모듈과 지도표출 모듈, 경로안내 모듈을 확장 수정하였다. 특히 핵심 부분인 맵매칭 부분은 차로 맵매칭을 위하여 고정밀 차로 데이터를 구축하고 구축된 데이터를 기반으로 포지션알고리즘과 비젼의 결과를 이용하여 차로 맵매칭을 수행하였다.

① 차로 맵매칭

○ S/W 구조

차로 맵매칭을 위한 DB와 네트워크 일반적인 속성을 구성하는 DB를 분리하여 구성한다. 신규로 만들어진 차로 맵매칭 DB는 차로번호 정보를 포함하고 있는 DB로서 차로 맵매칭처리를 위해 타일 구조로 적재한다. <그림 2-222>는 차로 맴매칭 소프트웨어 구조를 나타낸다.



<그림 2-222> 차로 맵매칭 소프트웨어 구조

○ 차로 맵매칭 개념

차로의 정확한 위치를 알기위한 방법으로 정확하게 구축된 DB를 바탕으로 한다. 그리고 포지션 알고리즘에 의해 얻은 위치 정보를 바탕으로 기준 위치를 계산하여 맵매칭을 수행하고, 비전에 의해 얻은 차로 변경 정보를 이용하여 차로 변경을 수행한다. 만약 비전에 의한 정보가 오류가 있다고 판단되면 포지션 알고리즘에서 얻은 위치 정보로 다시 초기화한다. 즉, 교차로, 유턴등 차로 정보가 연속되어 있지 않은 경우에 비전에 의한 정보가 정확하지 않기 때문에 포지션 알고리즘의 위치로 맵매칭을 초기화한다.

② 정밀 차선 지도 표시

고정밀 지도를 표시한다. 차선, 중앙선을 정밀하게 표시한다. <그림 2-223>와 <그림 2-224>은 네비게이션의 차선 표시를 나타낸다.



<그림 2-223> 시범지역 차선 표시 예 (2D뷰)



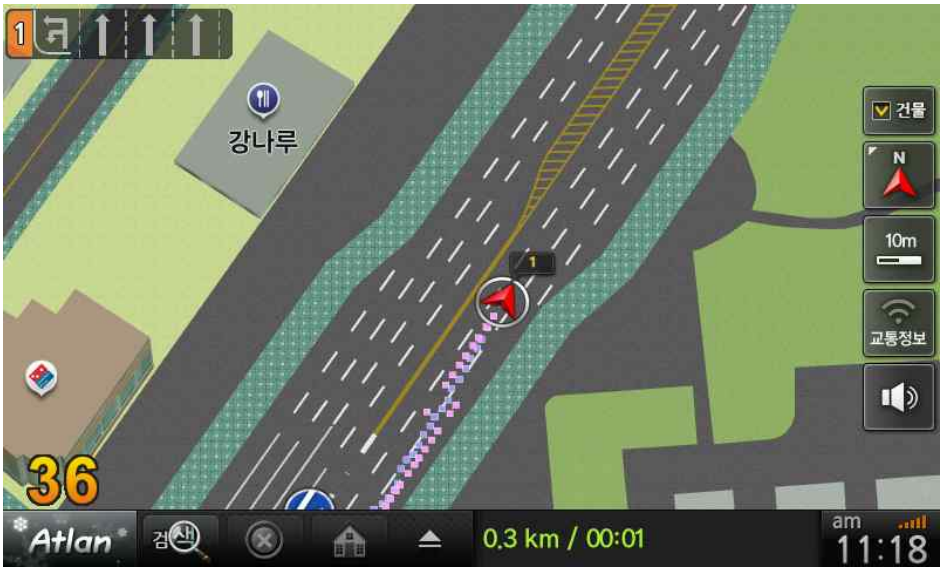
<그림 2-224> 시범지역 차선 표시 예 (3D뷰)

③ 궤적 지도 표시

포지션 알고리즘에 의한 위치와 맵매칭된 위치를 고정밀 지도 상에 표시한다.

○ 파란색 궤적 : 포지션 알고리즘에 의한 위치

○ 분홍색 궤적 : 맵매칭된 위치



<그림 2-225> 궤적 표시 예

④ Sat Data, 정밀도 표시

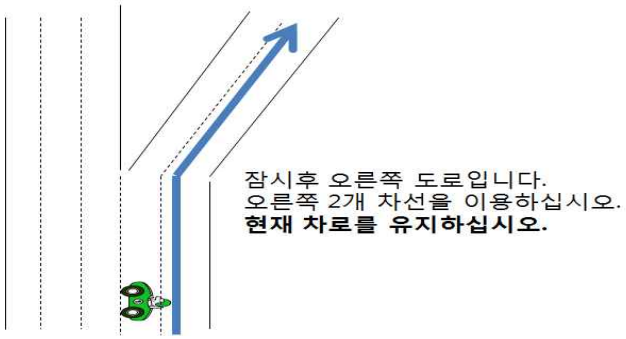
시간, 위도, 경도, 속도, 고도, 위성 개수, HDOP를 표시한다.



<그림 2-226> Sat Data 표시 예

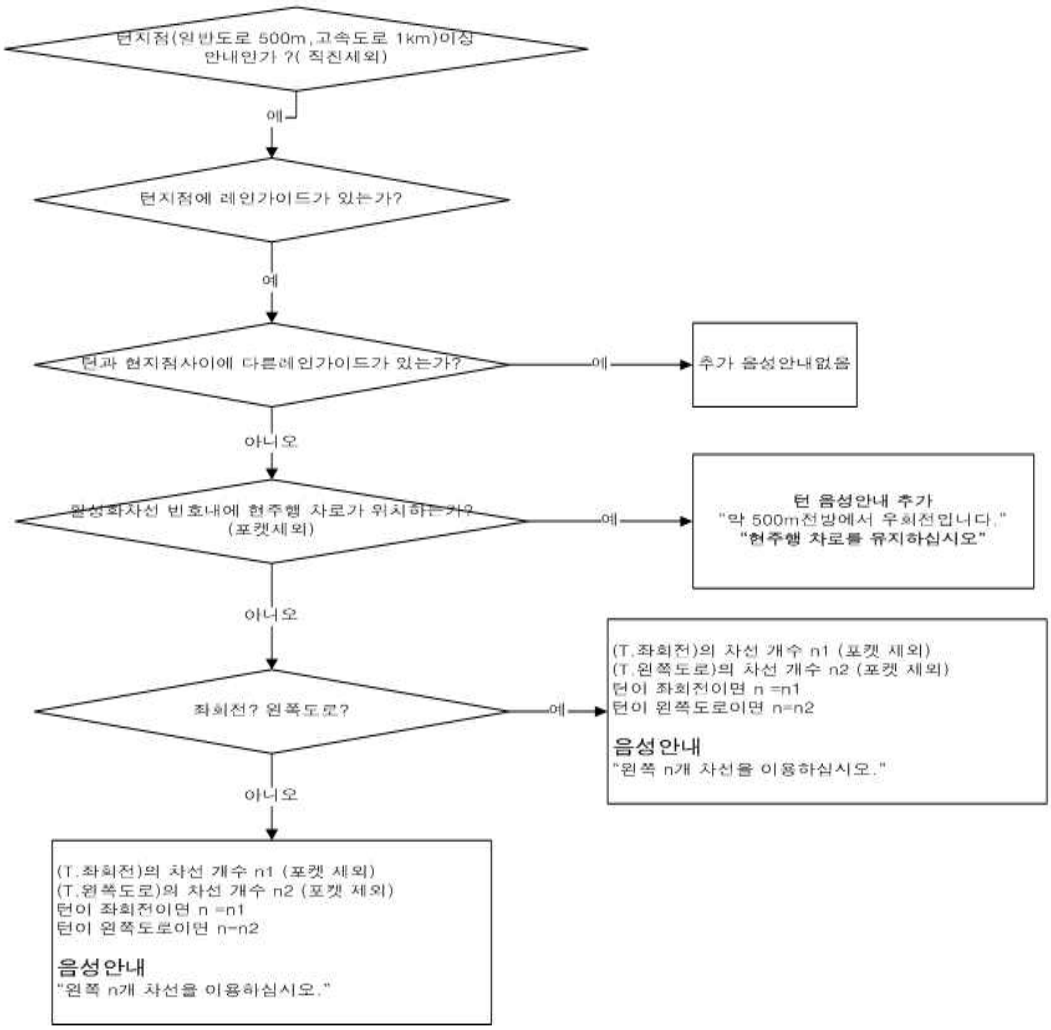
⑤ 차로 안내

습득된 고정밀 차로 정보를 이용하여 경로안내의 턴 안내 시에 정확한 차로 안내를 실시하여 사용자에게 도움을 준다. <그림 2-227>는 경로안내의 예시이다.



<그림 2-227> 차로 안내 실시 예

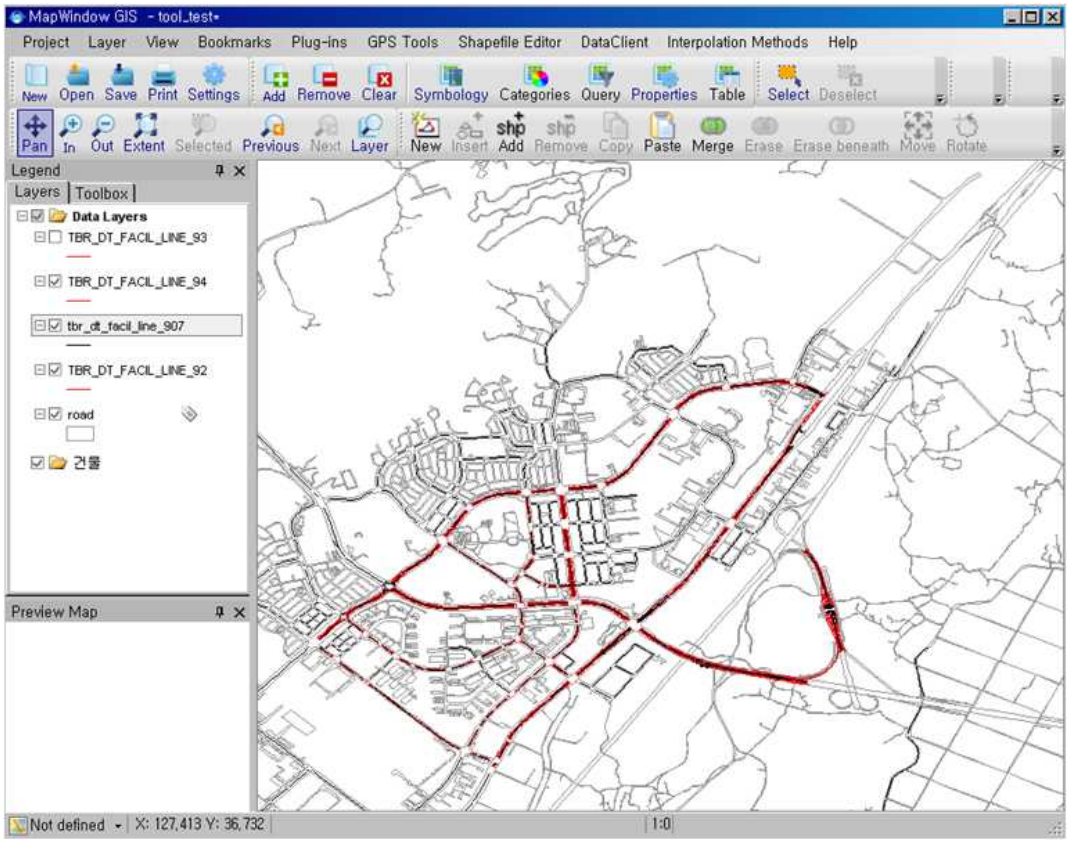
개발된 차로 안내 알고리즘은 <그림 2-270>과 같다.



<그림 2-228> 차로 안내 알고리즘

⑥ 데이터 표출용 툴

차선데이타(shp 포맷)를 PC상에서 볼 수 있게 하는 툴 => 공개용 S/W인 “MapWindowGIS”를 사용한다. 아래 <그림 2-229>은 프로그램을 이용한 전자지도 표출 화면이다.



<그림 2-229> MapWindowGIS 화면

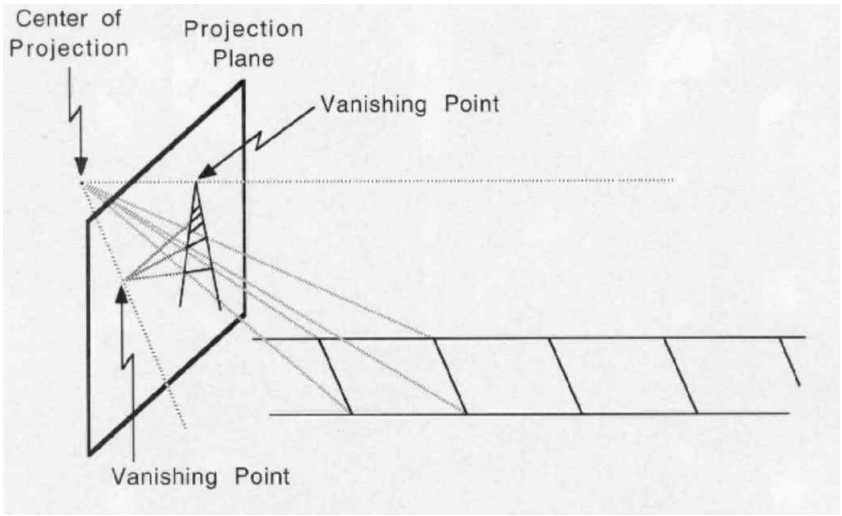
(7) 영상 정보 처리 소프트웨어

(가) 차선검출 알고리즘 개발

① 전처리

○ 역원근변환 (Inverse Perspective Transform)

- 역원근변환의 결과는 조감도(bird's-eye view)라고도 하며, 새가 하늘에서 땅을 내려다 본 것처럼, 3차원에 존재하는 이미지를 2차원 이미지로 만들어 주는 방법이다. <그림 2-230>는 사진이 찍히는 모습을 나타낸다.



<그림 2-230> 사진이 찍히는 모습

- 역원근변환을 위해서는 3차원 이미지의 4점과 그에 매칭되는 2차원 이미지의 4점이 필요하다. 3차원 이미지의 4점을 구하기 위해서, 먼저 카메라로 입력되는 이미지로부터 카메라의 소실점을 구한다. 소실점과 영상하단(보닛이 찍힌 부분을 제거한)의 좌우를 연결한 선을 긋고, 영상 하단의 높이에서 소실점의 높이의 78.43%되는 지점에 그은 수평선과의 교점 2개와 영상 좌우 하단의 2개의 점으로 아래 <그림 2-231>과 같이 3차원 이미지의 4개점을 잡는다.



<그림 2-231> 역원근 변환을 하기 위한 3차원 이미지의 4개점

- 3차원 이미지의 4개의 점과 매칭되는 2차원 이미지의 2개의 점은 2차원이미지의 각각 모서리의 끝으로 잡아 역원근변환을 수행한다. <그림 2-232>는 역원근변환 결과 영상과 원래 영상의 차이를 보여준다.



<그림 2-232> 원 영상(좌)과 역원근변환 결과영상(우)

- 위 그림을 보면 실제차선은 평행하지만 원 영상에서 평행하게 보이는 않는다. 하지만 역원근변환의 결과에서는 차선들이 평행하게 보이게 이미지가 변환된 것을 확인할 수 있다.

○ RGB → Y 색모델 변환

- YCbCr 모델은 RGB 색에서 밝기성분(Y)과 색차정보(Cb,Cr)를 분리하여 표현하는 색상 모델이다. 본 연구의 차선을 인지하는 알고리즘에서는 밝기정보만이 필요하기 때문에 3채널의 RGB색모델을 1채널 Y성분으로 변환을 해준다. <그림 2-233>는 변환된 영상을 나타낸다.

$$Y = 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B$$

Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B

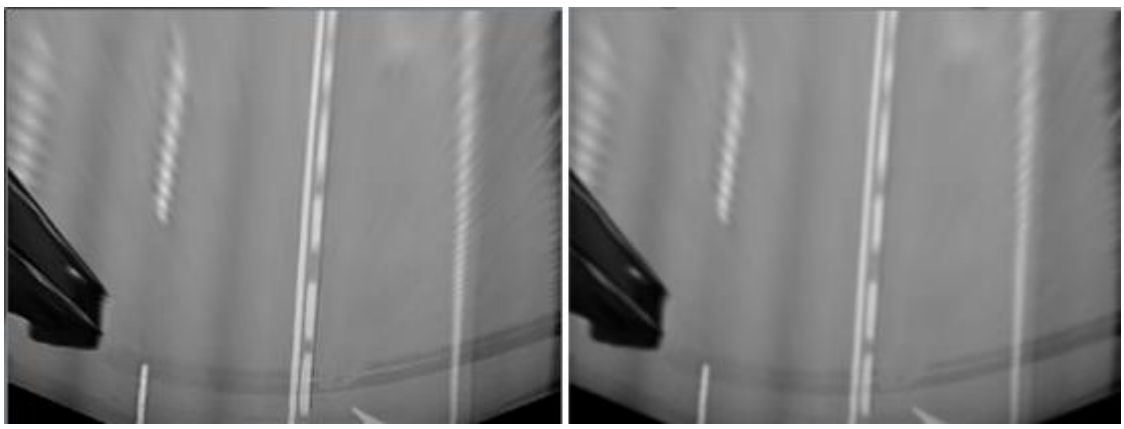
Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B



<그림 2-233> RGB(3채널)영상을 Y(1채널)영상으로 변환 결과

○ 스무딩(Smoothing)

- 스무딩 또는 블러링(Blurring)은 매우 간단하면서도 빈번하게 사용되는 영상처리 기법이다. 스무딩 기법은 주로 영상의 잡음(noise) 또는 손상을 완화시키기 위해서 사용된다. 스무딩은 영상의 크기를 변화시기는 경우에도 중요한 역할을 담당하는데, 아래 그림을 보면 역원근변환의 결과로 이미지 상단은 원영상에서 소실점 부근이므로 Upsampling, 영상의 하단부분은 카메라와 가까워 Downsampling이 된다. 이러한 결과에서 생긴 잡음과 손상을 완화시키기 위해 스무딩을 사용한다.<그림 2-234>은 스무딩 전 과 후의 영상을 비교한 것이다.



<그림 2-234> 영상 스무딩전(좌)과 스무딩후(우)

○ Sobel Edge

- Sobel은 에지 추출의 가장 대표적인 1차 미분 연산자이다. 수평마스크, 수직마스크를 이미지에 필터링하는 방법으로 x축, y축의 편미분을 계산한다.

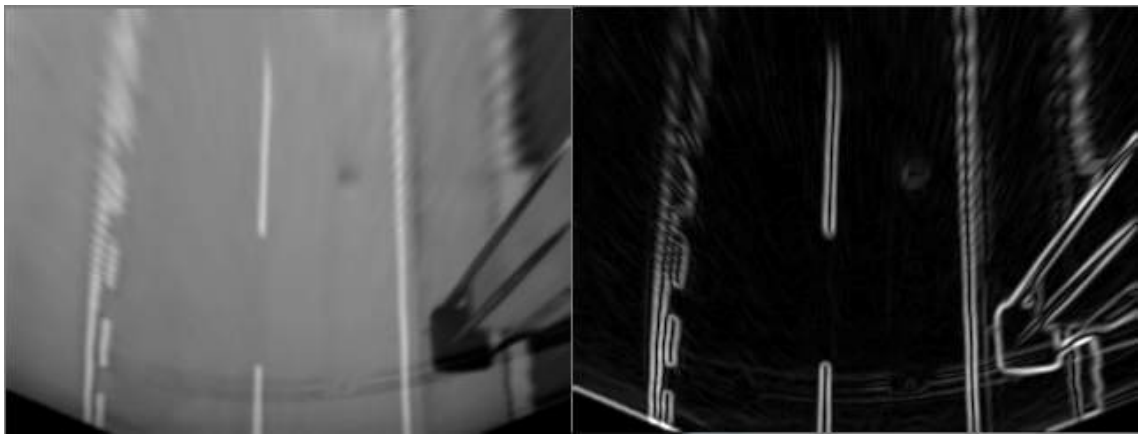
<표 2-43> Sobel 수평 마스트

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

<표 2-44> Sobel 수직마스크

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

- 수평마스크와 수직마스크를 이용해 영상을 2차원 함수$f(x,y)$의 x축 편미분 g_x, y 축 편미분 g_y을 계산할 수 있다.



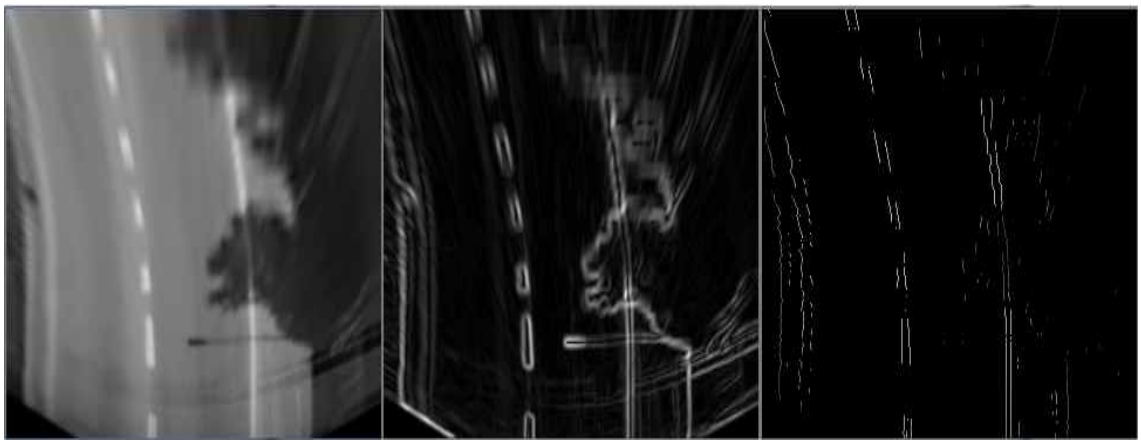
<그림 2-235> Sobel을 이용한 에지 추출(magnitude)

- 또한 g_x와 g_y를 이용해 이미지의 각 픽셀에서의 magnitude와 orientation을 계산할 수 있다. 위 <그림 2-235>은 Sobel을 이용해 추출한 edge의 magnitude를 보여준다. magnitude 이미지를 보면 차선의 edge가 좌우로 보여 진다. 이는 차선과 도로의 경계의 에지로 보여 지는 좌우가 가시화 된 것으로, 3X3 Sobel 수평마스크의 필터링의 결과이다. 중요한 것은 차선의 좌우의 edge는 magnitude의 값은 비슷하고, orientation방향은 180° 차이를 가진다. 본 연구에서는 차선의 이러한 특징을 이용해 차선을 추출한다.

② 차선추출

○ Thresholding (orientation)

- 차선의 특징을 이용해 차선을 추출하기에 앞서, Sobel 에지의 기본적인 차선의 특징을 생각할 수 있다. 정상적인 주행을 하는 차의 경우에 차와 차선이 수평의 각도를 가질 수는 없다. 즉 Sobel 에지 추출을 이용해 계산한 orientation이 0° ±45°, 180° ±45° 값을 가지는 픽셀들은 먼저 제거한다. <그림 2-236>은 픽셀 제거 후 결과로 나타난 영상이다.



<그림 2-236> Y영상, Sobel 에지영상, threshold된 영상

- Sobel 에지영상을 orientation만을 이용해 threshold만 간단히 처리한 영상이지만 그림자나 차의 유리에 비친 영상의 잡음을 충분히 처리해 주고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 orientation이 0° ±45°, 180° ±45° 밖의 값을 가지는 잡음은 여전히 threshold 된 이후의 이미지에서 여전히 남아있다.

○ Lane Extractio

- 차선을 추출하는 알고리즘은 다음의 차선 특징들은 이용한다.

· 차선은 흰색이다.

· 차선은 좌우에 에지를 가지고 있다.

· 차선의 좌우 에지는 일정한 간격으로 떨어져있다.

· 차선의 좌우 에지는 비슷한 magnitude 값을 갖는다.

· 차선의 좌우 에지는 180° 반대 방향의 orientation 값을 갖는다.

- 차선 추출을 위해서, 먼저 orientation 값이 0° ±45° , 180° ±45° 값을 가지는 에지들을 제거한 에지 이미지를 한 열씩 1D Profile을 수행하여 magnitude값(0 ~ 1.0)이 0.15보다 큰 값을 가지는 픽셀들의 위치와 정보를 기억해 둔다.

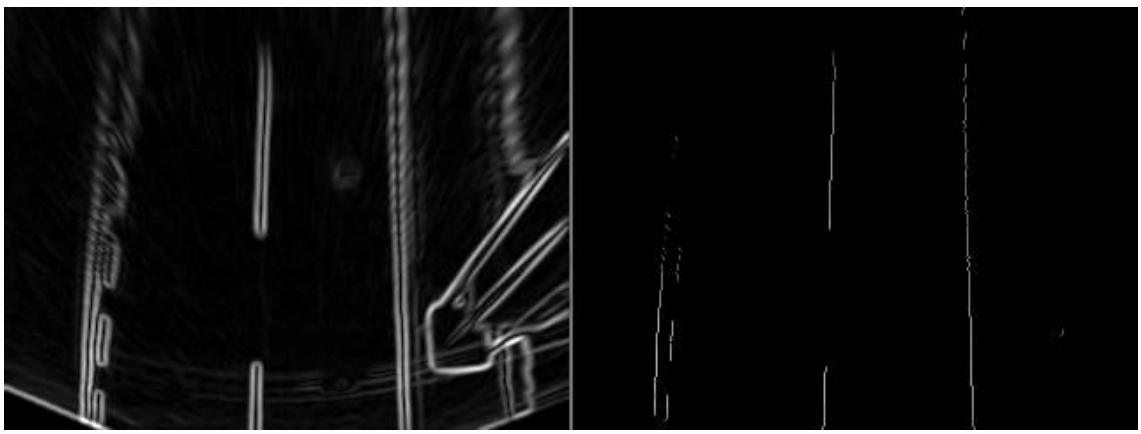
· 역원근변환한 이미지에서의 차선의 폭이 3Pixel값을 가지는 것을 이용해 기억한 픽셀들 간의 거리를 계산하여 2Pixel의 마진(margin)을 준 3pixel±2pixel의 값을 가지는 픽셀을 찾는다.

· 앞서 찾은 두 픽셀들의 magnitude 값의 차이가 0.3보다 작은지 판단한다.

· 앞서 찾은 두 픽셀들의 orientation의 차이가 180° 에서 ±34.4° (0.6radian) 사이의 값인지 판단한다.

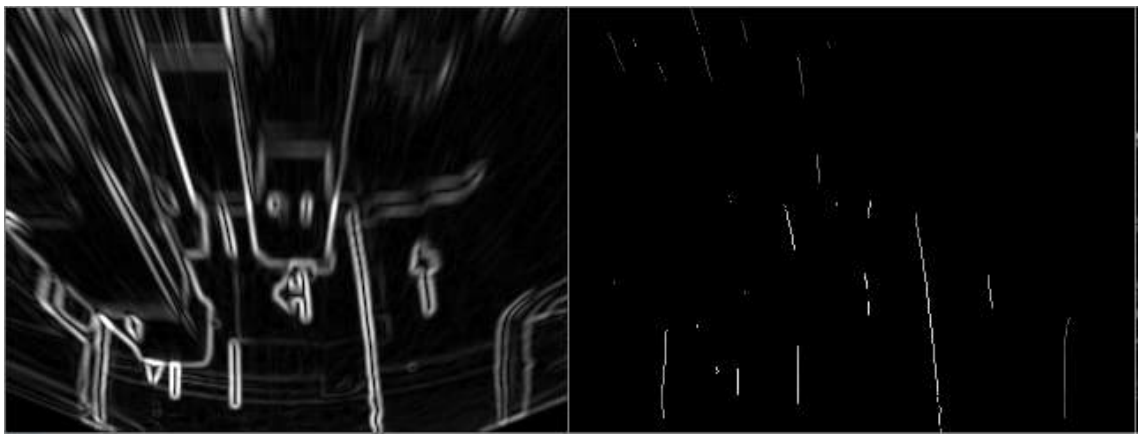
· 위의 조건을 모두 만족한 두 픽셀의 중간 위치 값을 차선의 위치로 표시한다.

· 아래 그림들은 각각 에지의 결과 이미지로만 봤을 때 잡음이 상당히 많은 이미지에서 차선을 추출한 결과이다.

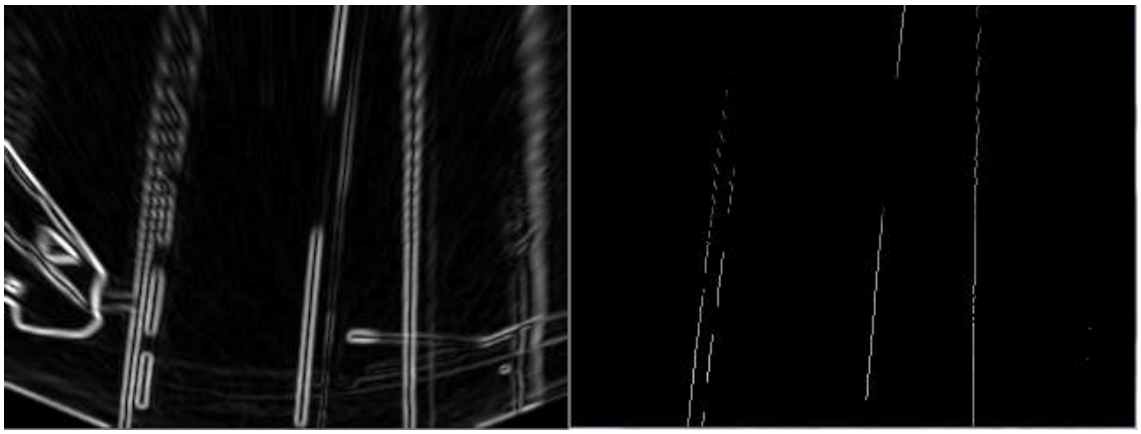


<그림 2-237> 차선 추출 결과 1

- 위 <그림 2-237>는 오른쪽에 위치한 다른 차의 에지와 수풀의 에지가 깔끔히 사라진 결과를 보여주고 있다.



<그림 2-238> 차선 추출 결과2



<그림 2-239> 차선 추출 결과3

- <그림 2-238>은 앞 쪽에 위치한 다른 차로부터 발생되는 수많은 에지들과, 도로의 바닥에 그려진 화살표의 에지가 깔끔하게 사라진 결과 이미지를 확인 할 수 있다. 하지만 화살표의 수직에지는 조금 남아있다. <그림 2-239>은 좌측의 다른 차량에서 발생되는 에지와 도로위의 가로수의 그림자의 에지, 그리고 우측 수풀의 에지가 깔끔히 사라진 차선추출의 결과를 보여준다.
- 역원근변환을 통해 2차원의 이미지를 만들 때 상단부분은 Upsampling이 되면서 실제와는 많이 다른 이미지가 형성되는데 이를 최대한 보완하기 위해 스무딩, 역원근변환시 Bilinear Interpolation 등을 사용한다. 그럼에도 불구하고 차선 추출의 결과 이 미지를 살펴보면 이미지의 하단 쪽과는 달리 비교적 상단 쪽의 차선 추출결과가 전체적으로 직선의 형태를 보이지만 연속적이지 않다.

③ Hough Transform

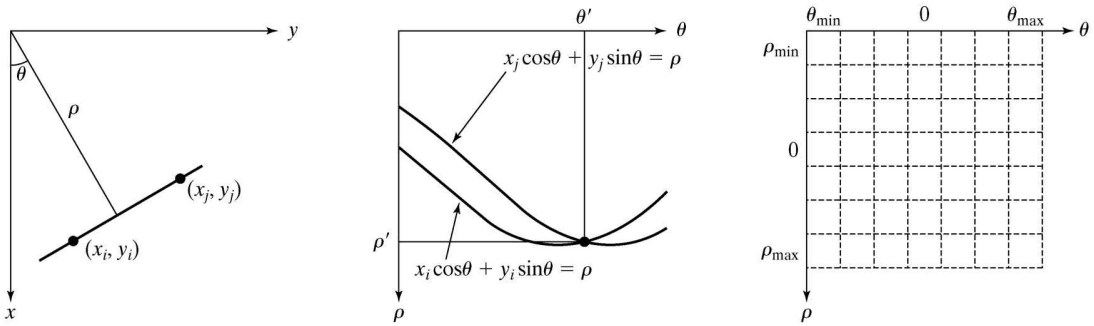
○ Hough Transform

- Hough transform은 영상에서 물체의 윤곽을 이루는 곡선 또는 직선이 매개변수로

표현되어 질 수 있는 경우에 그것을 검출해 내는 방법으로 부분적으로 흐릿한 상과 잡음이 있는 상을 처리하는데 사용할 수 있다. 그리고 이 방법은 검출대상이 연속적인 직선뿐만 아니라 차선의 파선과 같은 경우에도 적용이 가능하며, 통계적인 값을 이용하므로 잡음에 비교적 강하다. 또한 유한한 $\rho\theta$평면에서 파라미터를 예측할 수 있기 때문에 알고리즘의 연산 속도가 빠르다.

○ 원리

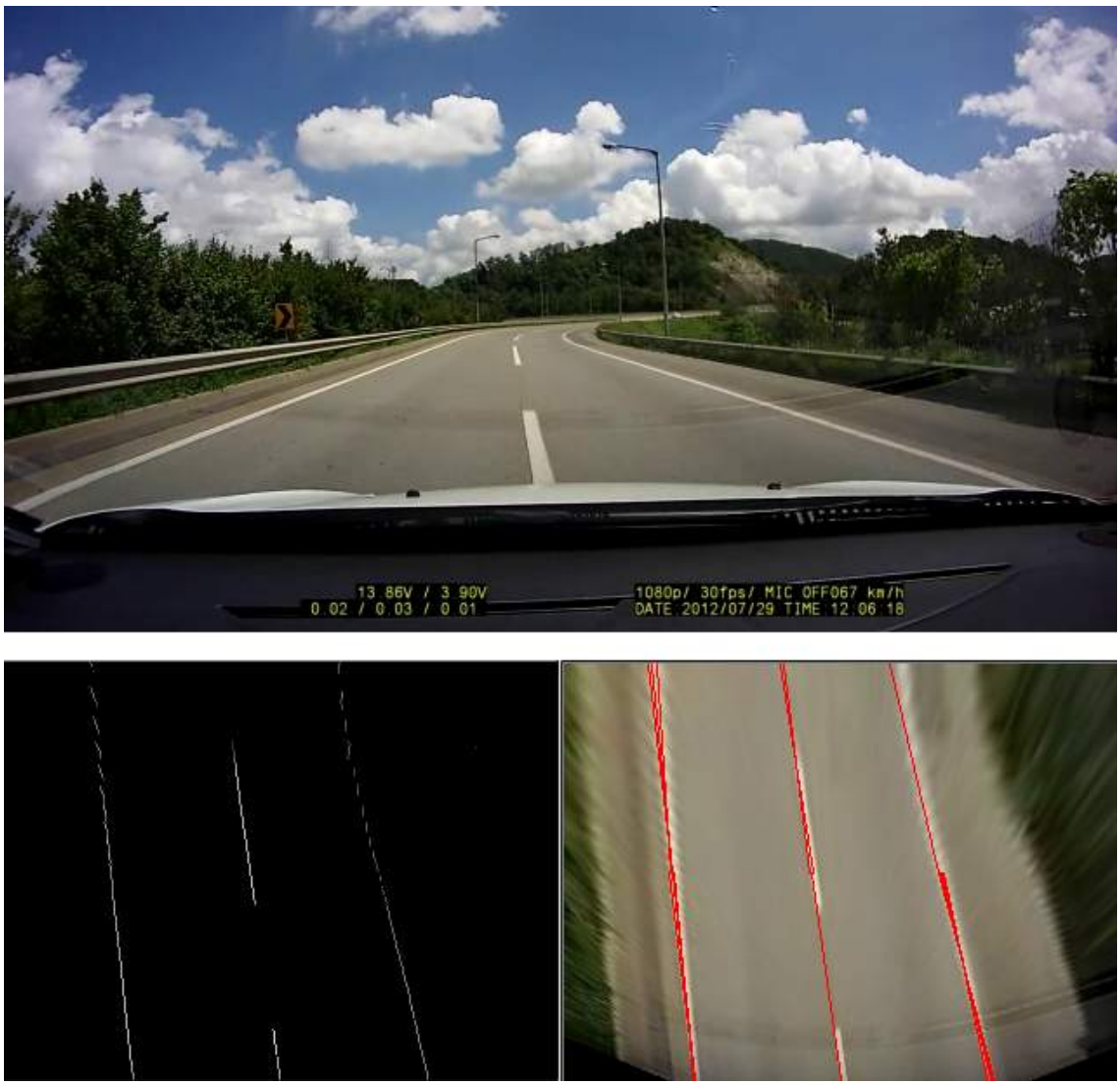
- 평면상의 점 x_i,y_i와 점 x_j,y_j는 아래 식에 의해 아래 'hough transform의 원리' 그림 두 번째와 같이 $\rho\theta$평면에서 표현 할 수 있다. 이때 두 연립방정식의 해로써 구해지는 ρ',θ' xy평면에서 두 점을 지나는 직선의 파라미터가 된다.
- [hough transform 식 : $\rho = x\cos\theta + y\sin\theta$]



<그림 2-240> hough transform의 원리

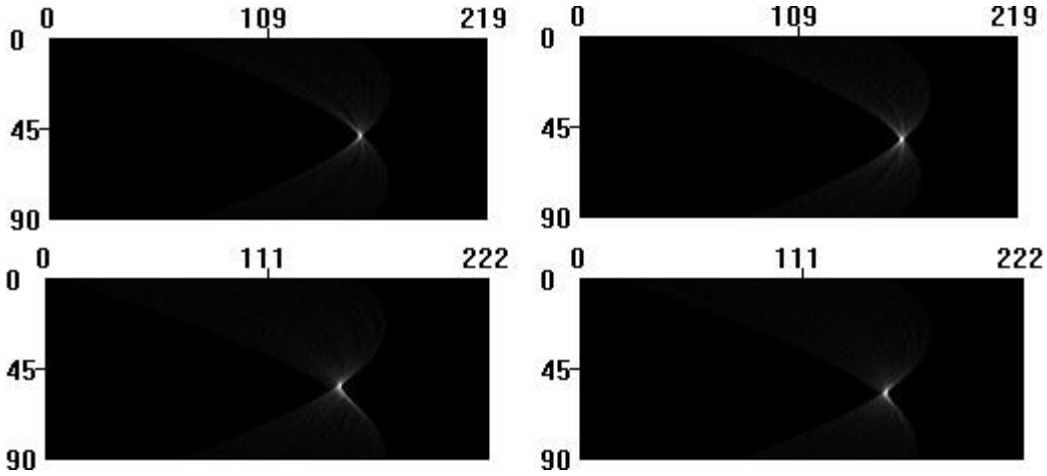
○ 구현

- 먼저 $\rho\theta$평면의 크기를 ρ의 범위는 0 ~ 이미지너비(1 Pixel 단위)의 크기로, θ의 범위는 -25° ~ 25° (1° 단위) 의 크기로 정한다. 이미 차선 추출 과정에서 -45° ~ 45° 이외의 픽셀들은 threshold 되었으며, $\rho\theta$평면의 크기를 줄여 알고리즘의 속도를 늘리기 위해서 θ의 범위가 -25° ~ 25° 결정 되었다. 차선 추출 결과 이미지에서 값을 가지는 모든 픽셀들의 좌표(x,y)들을 이용하여 $\rho\theta$평면에 'hough transform 식'의 결과를 그린다. 겹쳐지는 부분은 값을 더하나가며 증가 시킨다.
- 완성된 $\rho\theta$평면에서 정해진 값을 기준으로 Threshold을 수행한다. 이때 threshold의 값을 차선추출된 이미지의 크기에 따라 바뀐다. 320X240의 이미지에서는 60의 값을 기준으로, 192X144의 이미지에서는 35의 값을 기준으로 threshold를 수행한다. 많은 직선이 추출되 알고리즘의 속도가 저하되는 것을 막기 위해, Local Maximum를 구해 각각 직선의 파라미터를 구함으로 차선을 검출한다.



<그림 2-241> hough transform 결과

- 위 <그림 2-241>은 원 영상과 차선 추출 영상 hough transform을 이용해 차선을 검출한 결과 영상을 보여주고 있다. 차선 추출 영상 상단에서의 차선이 연속적이지 못한 결과에도 hough transform의 통계적인 값을 이용하는 특징으로 차선이 잘 검출된다. 또한 세 차선 중 가운데 차선은 실선이 아님 점선인데도 불구하고 차선이 잘 검출됨을 알 수 있다.



<그림 2-242> hough space

(나) 차량의 헤딩 검출

① 차선의 모델링

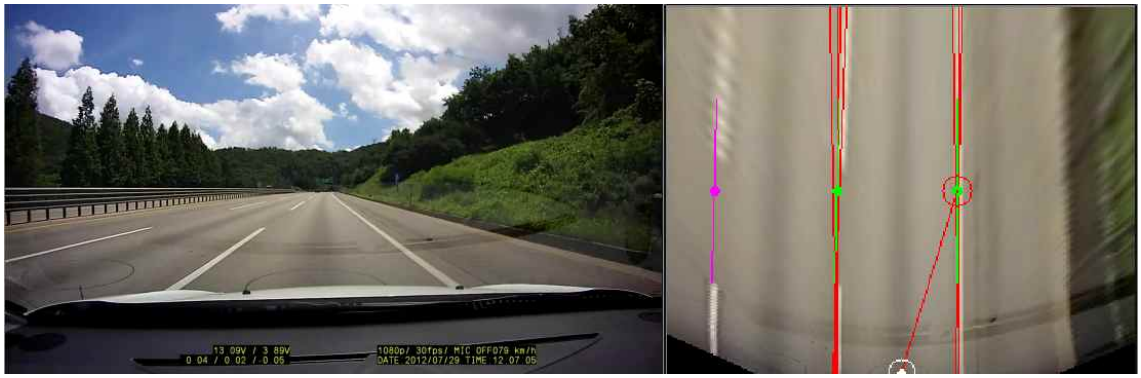
○ hough transform의 결과는 하나의 차선에 여러 개의 직선이 검출된다. 검출된 직선을 군집화하기 위해서 차선을 중심좌표와 기울어진 각도로 모델링을 한다. 이때 직선의 중심좌표의 y값은 항상 이미지의 높이의 절반이 되므로, x값만을 가지고 군집화를 시킨다. 실시간으로 입력되어지는 차선을 잘 군집화하기 위해서는 이전프레임과 다음프레임에서 직선의 수평이동의 마진을 고려해 x값이 ±20Pixel 범위의 직선은 하나의 직선으로 처리한다. 여러 개의 검출된 직선이 하나의 차선으로 군집화된 결과차선의 x값과 기울기 값은 군집화된 직선들의 평균을 계산하여 입력한다. 한 이미지 내에서 차선의 개수는 5개 이상 존재할 수 없기 때문에 최대 값을 5로 정한다.

② 최인접 차선

○ 차량의 헤딩을 검출하기 위해 검출된 차선들의 기울기 정보를 이용한다. 특히 군집화된 차선 중에서 차량과 가장 가까운 차선, 즉 이미지의 중심에서 가장 가까운 차선을 계산하여 최인접 차선으로 정한다. 역원근변환시에 소실점과 가까운 쪽이나 이미지의 양 옆쪽은 이미지 정보의 손실이 크다. 반면 카메라와 가까운 쪽과 이미지의 가운데에 해당하는 부분은 노이즈나 왜곡 발생 상황에서의 정보 손실이 적다. 이에 따라 이미지의 중심에 가까운 차선 정보를 이용하는 것이 비교적 안전한 결과를 도출할 수 있기 때문에 최인접 차선의 기울기를 차량 헤딩 검출의 결과로 사용한다. 아래 <그림 2-243>는 차량이 차선 변경하기 이전의 이미지로 헤딩이 좌측으로 기울어져 검출되었다.



<그림 2-243> 좌측 차선변경전 차량의 헤딩검출

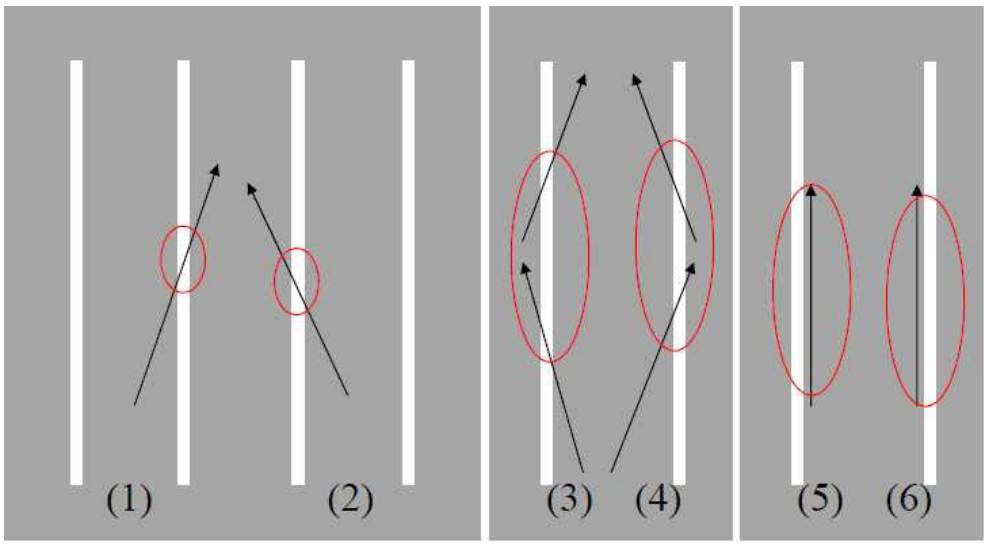


<그림 2-244> 직선주행의 차량 헤딩검출

(다) 차선변경 인지 알고리즘 개발

① 차선 변경 시나리오

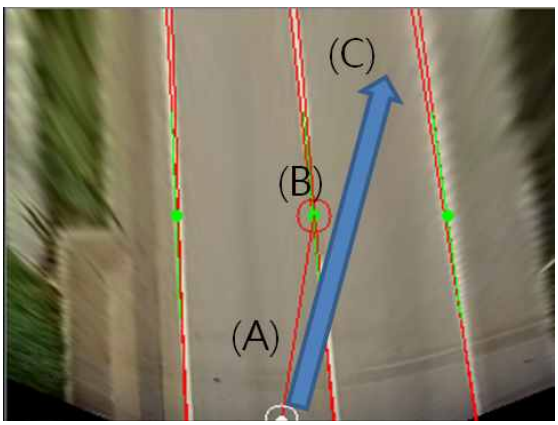
○ 차선변경 시나리오는 아래 <그림 2-245>에서 보는 바와 같이, 차선변경(1),(2), 차선변경취소(3),(4), 차선과 인접하게 직선주행(5),(6)등이 있다. (5),(6)와 (1),(2)를 구분해 내는 것은 쉬워 보이지만, (3),(4)를 구분하는 것은 쉽지 않다.



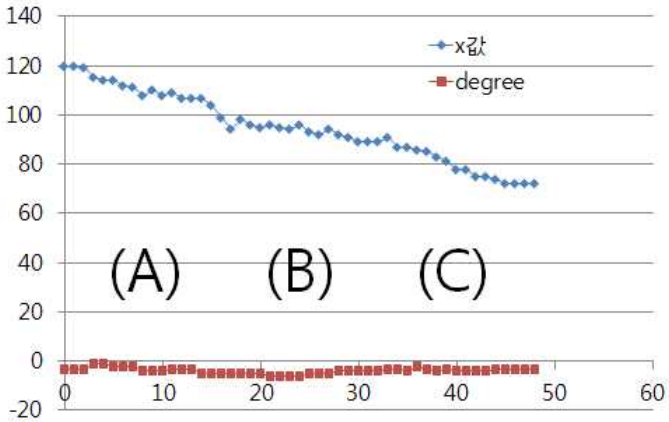
<그림 2-245> 주행 시나리오

② 차선변경 시 차선정보의 경향

○ 차선을 변경하는 시나리오에 차선 검출 알고리즘을 수행하여 최인접 차선이 가지는 값의 경향을 알아보는 실험을 수행하였다. 아래 <그림 2-246>에서 보는 바와 같이 오른쪽으로 차선변경을 수행하는 시나리오에서 최인접 차선이 가지는 값은 아래 우측 그림의 그래프로 표현된다. 차선 변경시에 최인접 차선이 가지는 기울기 값은 마이너스(-)값에서 0의 값을 가지는 것과 x값이 이미지의 중심보다 큰 쪽에서 작은 쪽으로 감소하는 경향을 나타냄을 알 수가 있다.



<그림 2-246> 차선 변경 시나리오



<그림 2-247> 최인접차선의 x값과 기울기값

③ 차선 변경 검출

○ 차선변경시나리오 (3),(4)와 (1),(2)를 구별하기 위해서는 위 <그림 2-247>에서처럼 차선변경을 (A),(B),(C)로 구분한다. (A)는 차선 접근, (B)는 차선 변경 중, (C)는 차선 변경 완료를 나타낸다. 이와 차선 변경시 차선정보의 경향을 이용하여 차선변경을 검출한다. 최인접차선의 정보가 마이너스 기울기 값을 가지고 x값이 영상의 중심으로부터 +20Pixel~+40Pixel값을 가지는 경우 (A)상태, (A)의 상태에서 마이너스 기울기를 가지면서 x값이 ±20Pixel을 가지는 경우 (A)->(B)상태, (B)의 상태에서 마이너스 기울기를 가지면서 x값이 -20Pixel보다 작은 값을 경우 (B)->(C)상태로 변경하면서 오른쪽 차선변경시나리오(1)을 인식한다. 왼쪽 차선변경시나리오(2)는 같은 방법으로 방향을 반대로 하여 인식한다. 차선변경 시나리오(3),(4),(5),(6)을 (B)상태에서 (C)상태로 넘어 오지 못하기 때문에 차선변경으로 인식되지 않는다.

나. 사용자 시험평가 시스템 개발 성능 평가

(1) 사용자 단말기

(가) 전압 및 Ripple 시험결과 <표 2-45>과 같이 모두 PASS 판정을 받아 이상 없음을 확인하였다.

<표 2-45> 사용자 단말기 전압 및 Ripple 시험표

No.	Power Name	Input Voltage		Output Voltage		판 정
		NET	Voltage	출력 전압	Ripple	
1	SYSPWR	PWRIN12V	12V	11.70V	95mV	PASS
2	5V	PWR_12V0	11.50V	5.04V	85mV	PASS
3	VDD_3.3V	P5V	5.04V	3.38V	40mV	PASS
4	MCU_3.3V	P5V	5.04V	3.32V	35mV	PASS
5	VDDA_1.2V	P5V	5.04V	1.23V	30mV	PASS
6	VDDB_1.2V	P5V	5.04V	1.28V	30mV	PASS
7	VDD_1.5V	P5V	5.04V	1.54V	35mV	PASS
8	DMB_3.3V	P5V	5.04V	3.30V	30mV	PASS
9	DMB_1.2V	P5V	5.04V	1.15V	30mV	PASS
10	GPS3.3V	P5V	5.04V	3.28V	30mV	PASS

(나) GPS 시험 성적서

① GPS Sensitivity 성능 시험성적서는 <표 2-46>에서처럼 모두 PASS 판정을 받아 이상없음을 확인하였다.

<표 2-46> 사용자 단말기 GPS 성능 시험성적서

항목	내용	목표 사양	측정 Sensitivity		판정
수신감도 Acquisition	Conductivity (cold start)	-138dBm	-144dBm @ 24dB HZ		PASS
	Radiation (cold start)	-137dBm	-143dBm @ 25dB HZ		PASS
수신 감도 Tracking	Conductivity	-145dBm	-150dBm 이상 @ 18dB HZ		PASS
	Radiation	-140dBm	-150dBm 이상 @ 18dB HZ		PASS
Cold Start TTFF	TTFF Performance - 2 Min		Conductivity	Avr 130dBm @ 33 Sec	PASS
			Radiation	Avr 130dBm @ 27 Sec	PASS
Warm Start TTFF	TTFF Performance - 38 Seconds		Conductivity	Avr 130dBm @ 22 Sec	PASS
			Radiation	Avr 130dBm @ 19 Sec	PASS
Hot Start TTFF	TTFF Performance - 10 Seconds		Conductivity	Avr 130dBm @ 3 Sec	PASS
			Radiation	Avr 130dBm @ 2 Sec	PASS

(다) T-DMB 시험 성적서

① T-DMB 최저 수신 감도 시험 성적서는 <표 2-47>과 같으며 모두 PASS 판정을 받아 이상이 없음을 확인하였다.

<표 2-47> 사용자 단말기 T-DMB 최저 수신 감도 시험 성적서

Channel	목표 사양	Sensitivity	비고	판정
7CH	-100dBm	AVG -103.9dBm		PASS
8CH		AVG -103.8dBm		PASS
9CH		AVG -103.9dBm		PASS
10CH		-	미사용 채널	
11CH		AVG -104.0dBm		PASS
12CH		AVG -104.0dBm		PASS
13CH		AVG -103.8dBm		PASS

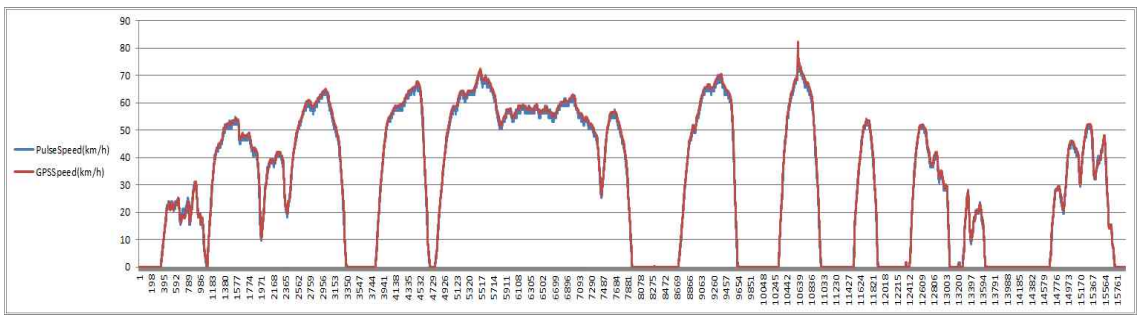
(2) 차속 알고리즘

(가) 구현 방법

차속 알고리즘은 10Hz 단위 시간당 추출된 Pulse 수와 ScaleFactor간의 연산으로 차속 정보를 추출한다. 1초 단위 시간으로 누적된 차속 Pulse 수와 GPS 속도를 칼만필터를 통해 차량의 ScaleFactor를 지속적으로 보정하도록 알고리즘을 구현하였다. 해당 알고리즘을 이용하여 실차 테스트를 진행하였다.

(나) 검증 데이터

<그림 2-248>의 파란색으로 표기된 그래프는 Km/h 단위의 차속 Pulse Speed의 변화를 나타내며 붉은색으로 표기된 그래프는 GPS를 통해 추출한 Speed를 나타내고 있다. 가로축은 밀리세컨드 단위 시간을 나타내며, 세로축은 Km/h 단위 거리를 나타낸다. 실차 측정 결과 GPS Speed와 차속 Pulse Speed의 동기화는 속도에 따른 차이는 있으나, 50~70Km/h 속도 구간에서 1~2Km/h 속도 오차가 발생되는 부분을 확인하였다.



<그림 2-248> 차속 펄스 실차테스트 결과

(3) IMU 모듈

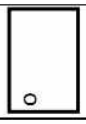
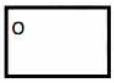
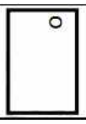
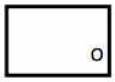
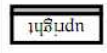
(가) 구현 방법

IMU는 BMI055 Module과 I2C Interface를 통해 데이터를 추출 할 수 있도록 구현하였다.

1000Hz 단위 시간으로 동작하는 Timer 내부에서 100Hz 단위로 데이터를 얻을 수 있도록 구현되어 있으며, PPS 기준으로 시간 동기화 정보를 추가하여 포지션 알고리즘으로 전달, 위치 정보를 보정하도록 구현되었다.

(나) 검증 데이터

실측 검증된 결과와 BMI055 Datasheet상의 예시는 아래 <그림 2-249>과 같다.

Sensor Orientation (gravity vector↓)					 upright	 upright
Output Signal X	0g 0LSB	**+1g** **+1024LSB**	0g 0LSB	**-1g** **-1024LSB**	0g 0LSB	0g 0LSB
Output Signal Y	**-1g** **-1024LSB**	0g 0LSB	**+1g** **+1024LSB**	0g 0LSB	0g 0LSB	0g 0LSB
Output Signal Z	0g 0LSB	0g 0LSB	0g 0LSB	0g 0LSB	**+1g** **+1024LSB**	**-1g** **-1024LSB**

<그림 2-249> BMI055 데이터시트 예시

○ <그림 2-250>와 같이 최대 각가속도가 $\pm 20 m/\sec^2$로 데이터가 변경됨을 확인하였다.

Sensor Orientation						
Output Signal X	0	9	0	-10	0	0
Output Signal Y	-9	0	10	0	0	0
Output Signal Z	0	0	0	0	9	-10

<그림 2-250> 제작한 IMU 모듈로 실제 테스트한 결과 (단위 : m/sec^2)

○ <그림 2-251>과 같이 각속도가 최대 $\pm 124^\circ$ 로 데이터가 변경됨을 확인 하였다.

Sensor Orientation						
Output Signal Ω_X	0	0	0	0	0	0
Output Signal Ω_Y	0	0	0	0	0	0
Output Signa Ω_Z	0	0	0	0	0	0

<그림 2-251> 제작한 IMU 모듈로 실제 테스트한 결과 (단위 : ° /sec)

(4) Vision 센서

(가) 렌즈 및 센서 화각 기능 검증

○ Vision 센서에 적용된 광각 렌즈 및 MT9P031 센서를 기반으로 화각 기능을 검증하였고, 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

<표 2-48> 사용자 단말기 렌즈 및 센서 화각 기능 검증

MODE	센서		대각 Digagonal [mm]	수평 Horizontal [mm]	수직 Vertical [mm]	r	Spec 각도 화각 [degree]		
							D	H	V
	Dimension		5	4	3		100%	80%	60%
1/3“ 렌즈			6	4.8	3.6	2.075	**165.7**	**132.56**	**99.42**
항우연 CR-700HD 1080p MT9P031	Pixel size	2.2	4.846				**133.84**		
	Full-HD	1920		4.224		2.075		**116.65**	
	1080p	1080			2.376				**65.62**

○ <표 2-48>에서와 같이 렌즈 및 센서 모두 차량용 Vision 센서로 사용하기에 충분한 화각을 제공하고 있다.

(5) 통합 소프트웨어

(가) CPU 점유율 및 RAM 사용량

○ 시료 단말 2대로 테스트 진행

○ CPU 사용량은 파인에서 제공한 Test(PERFMON) 툴로 검증

○ RAM 사용량은 GlobalMemoryStatus() API 함수로 검증

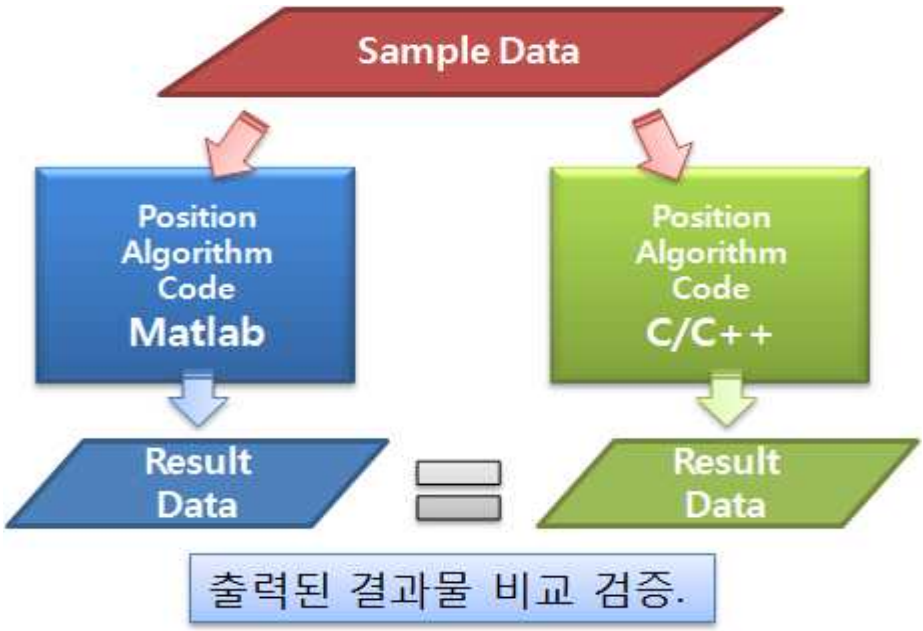
<표 2-49> 사용자 단말기 통합 소프트웨어 CPU 및 RAM 사용량

	Position.dll 실행전	Position.dll만 load된 경우(동작 X)	Position.dll 실행 후 (동작 0)
CPU1 사용량	1~3%	4~23%	30~61%
CPU2 사용량	1~3%	48~61%	55~66%
RAM 사용량	약 140MB	약 145MB사용 중	약 160MB사용 중

(나) 알고리즘 검증 방법

○ Matlab Code 알고리즘 소스와 C/C++ 로 변환한 알고리즘의 출력 데이터를 비교하여 결과가 같음을 검증하였다.

○ 오차 범위 내 (10-8 이내 값 수렴을 기준으로 함.) 데이터가 일치하는지 여부를 확인하였다. <그림 2-252>는 알고리즘 검증방법을 도식화 한 것이다.



<그림 2-252> 알고리즘 검증 방법

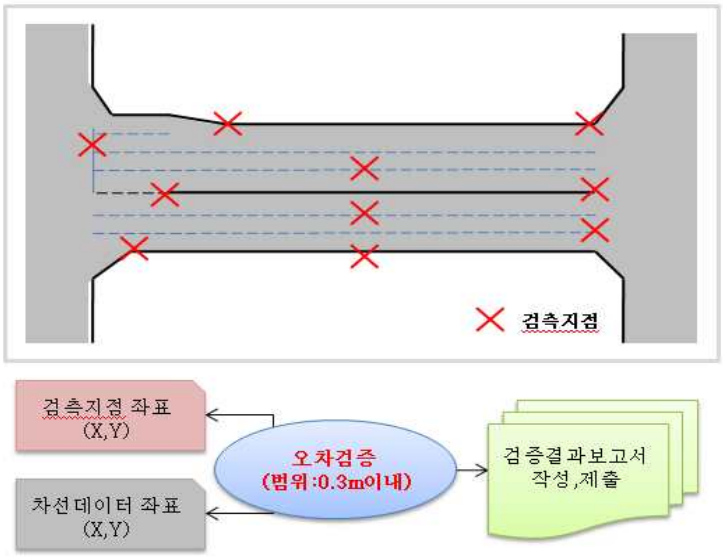
(6) 전자지도

(가) 전자지도 정확도 평가

① 방법 및 절차

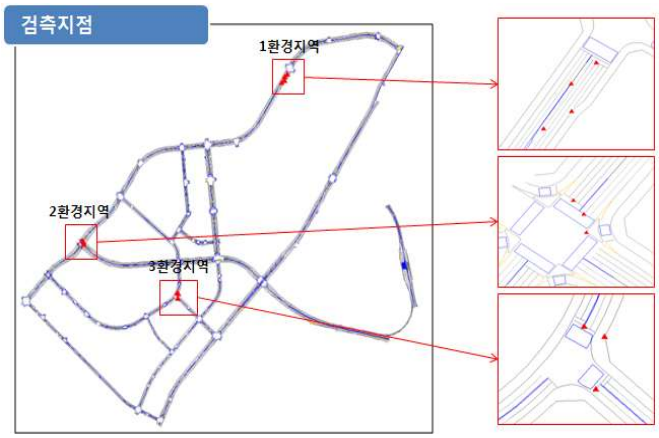
㉮ 10개 지점의 측점을 임의로 선점하여 측량 후 검증하였다.

㉯ 측량한 지점의 좌표와 구축한 차선데이터의 동일한 지점의 좌표를 추출하여 오차를 비교하고 정확도를 검증하였다. <그림 2-253>는 검증한 결과서를 작성하는 방법을 도식화 한 것이다.



<그림 2-253> 전자지도 검측 결과서 작성 방법

㉮ 검측 지점 : 1,2,3환경 지역을 유사한 비율(3~4개 지점)로 검측하였으며 그 결과는 아래 <그림 2-254>와 같다.

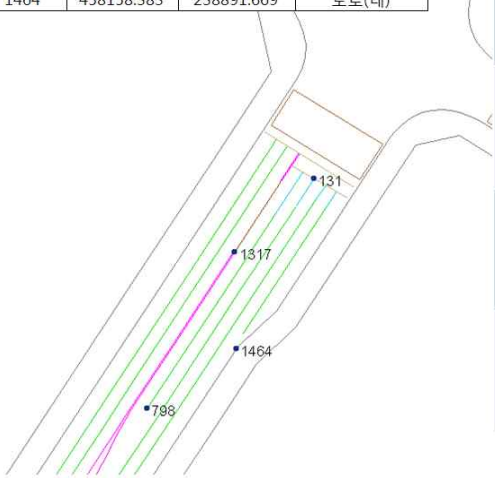


<그림 2-254> 1~3 환경 지역 검측 지점

㉯ 1환경지역 검측 좌표는 <그림 2-255>과 같다.

1환경 지역 검측 좌표

측점	X	Y	LAYER
131	458199.499	238909.897	차선(실선)
798	458143.929	238870.842	차선(점선)
1317	458181.765	238891.376	중앙선(겹선)
1464	458158.383	238891.669	도로(내)



검측 지점

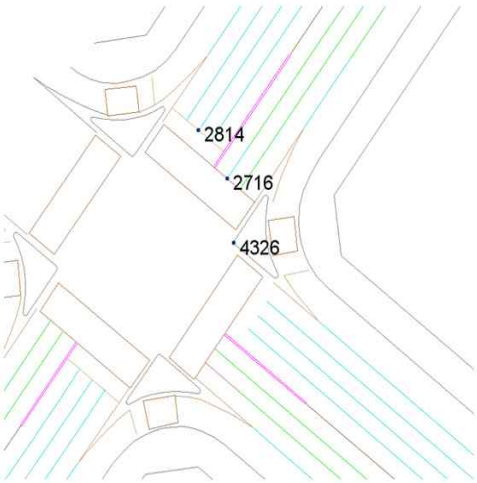
측점	원경	근경
131		
1317		
1464		
798		

<그림 2-255> 1환경 지역 검측 좌표

㉮ 2환경지역 검측 좌표는 <그림 2-256>과 같다.

2환경 지역 검측 좌표

측점	X	Y	LAYER
2716	457119.488	237464.697	차선(실선)
2814	457127.662	237459.298	차선(실선)
4326	457108.558	237465.979	교통섬



검측 지점

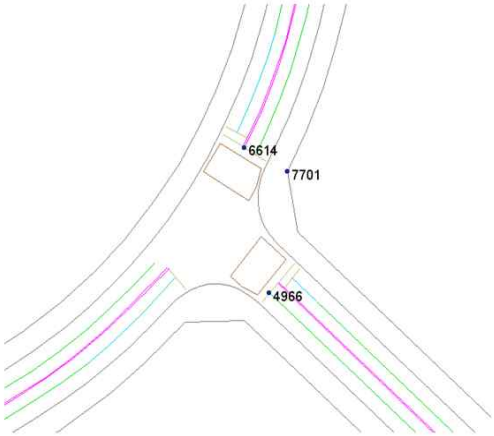
측점	원경	근경
2716		
2814		
4326		

<그림 2-256> 2환경 지역 검측 좌표

㉯ 3환경지역 검측 좌표는 <그림 2-257>와 같다.

3환경 지역 검측 좌표

측점	X	Y	LAYER
4966	456758.402	238133.232	차선(점선)
6614	456793.779	238126.806	중앙선(겹선)
7701	456787.952	238137.801	도로(외)



검측 지점

측점	원경	근경
4966		
6614		
7701		

<그림 2-257> 3환경 지역 검측 좌표

② 평가 결과

동일한 지점의 구축 성과와 검측지점의 좌표 오차가 아래 <표 2-50>과 같이 0.3m 이내이므로 평가 결과 사용자 시스템 요구사항을 만족하였다.

<표 2-50> 사용자 전자지도 정확도 평과 결과

순서	측점	전자지도 성과	검측 성과	오차(m)	판정	비고
1	131	X : 458199.496 Y : 238909.918	X : 458199.499 Y : 238909.897	0.0212	PASS	
2	798	X : 458143.928 Y : 238870.839	X : 458143.929 Y : 238870.842	0.0032	PASS	
3	1317	X : 458181.745 Y : 238891.373	X : 458181.765 Y : 238891.376	0.0202	PASS	
4	1464	X : 458158.355 Y : 238891.660	X : 458158.383 Y : 238891.669	0.0294	PASS	
5	2716	X : 457119.500 Y : 237464.677	X : 457119.488 Y : 237464.697	0.0233	PASS	
6	2814	X : 457127.658 Y : 237459.297	X : 457127.662 Y : 237459.298	0.0041	PASS	
7	4326	X : 457108.560 Y : 237465.959	X : 457108.558 Y : 237465.979	0.0201	PASS	
8	4966	X : 456758.359 Y : 238133.237	X : 456758.402 Y : 238133.232	0.0433	PASS	
9	6614	X : 456793.787 Y : 238126.806	X : 456793.779 Y : 238126.806	0.0080	PASS	
10	7701	X : 456787.936 Y : 238137.809	X : 456787.952 Y : 238137.801	0.0179	PASS	

(7) 영상 정보 처리 소프트웨어

(가) 성능 평가 방법

① 차선 검출 알고리즘

○ 일정 시간 동안 블랙박스 카메라로부터 얻어진 주간 주행 동영상 데이터에서의 차선 검출 결과에 따른 성능을 검증하였다.

② 헤딩 검출 알고리즘

○ 일정 시간 동안 블랙박스 카메라로부터 얻어진 주간 주행 동영상 데이터에서의 헤딩 검출 결과를 분석하여 성능을 검증하였다.

(나) 절차

① 동영상 획득

○ 테스트베드에서 스타렉스 차량에 설치된 블랙박스 카메라로부터 주간 주행 동영상을 획득하였다.

② 알고리즘 검증

㉮ 테스트 베드에서 획득한 30FPS 영상을 영상 정보 처리 소프트웨어의 출력주기5hz에 맞추어 5 FPS의 영상으로 subsampling을 수행하였다. 3분 동안 촬영된 동영상(약 1000frame) 5개를 이용해 검출알고리즘을 수행하였다.

㉯ 차선 검출 알고리즘의 경우 차선이 검출되지 않거나 오검출된 frame 수를 전체 frame 수에서 빼는 방법으로 성능을 평가하였다. (전체 frame - 차선 미검출 frame or 오검출 frame)

㉰ 헤딩 검출 알고리즘의 경우 실제 차량과 차선간의 헤딩의 Ground Truth를 측정하는 것이 현재 개발환경에서는 어렵기 때문에 IPM(Inverse Perspective Mapping)을 수행한 결과에서 직접 차선의 기울기를 측정한 값을 Ground Truth로 잡고 성능을 평가하였다.

(다) 성능 결과

○ 5개의 동영상을 이용한 측정 결과 위의 표와 같이 차선검출의 정확도가 97.04%, 헤딩 검출 알고리즘의 정확도가 98.64%로 목표한 성능에 만족하는 것을 확인할 수 있었다. 가로수의 그림자로 인해 차선 밝기가 변화하거나 도로 차선의 노후화로 인해 실제 사람의 눈으로도 차선의 구분이 모호한 경우에는 차선이 미검출 되는 경우가 발생하였다. 이 때, 차선의 기울기를 이용하는 헤딩 검출 알고리즘 역시 차선 검출의 결과에 영향을 받기 때문에 차선 검출의 정확도와 비슷한 결과가 발생하는 것을 확인하는 것이 가능하였다. <표 2-51>는 성능결과를 나타낸 것이다.

<표 2-51> 사용자 영상 정보처리 소프트웨어 성능 결과

	Capabilities	영상1	영상2	영상3	영상4	영상5	평균
차선 검출 알고리즘(정확도)	≧ 95%	98.1%	98.2%	95.2%	96.5%	97.2%	97.04%
헤딩 검출 알고리즘(정확도)	≦ 5°	98.4%	99.6%	97.9%	99.1%	98.2%	98.64%

제5절 성능평가

1. 성능평가 정의 및 평가방법

가. 성능평가 항목

각 시스템별 성능평가 항목을 정리하면

시스템	번호	항목
지역수신국	1	지역 수신국 처리 지연량
	2	지역 수신국 - 지역 제어국간 네트워크 통신 지연량
	3	수신국 모듈별 지연량
	4	수신국 가용성
지역제어국	1	지역제어국 처리 지연량
	2	이상검출 위험도 분석 및 생성
	3	무결성 정보 생성(무결성 감시 위험도)
	4	보정정보 생성 정보 정확성
	5	보정정보 조합(실측데이터 이용 후처리 수평 2DRMS 오차 측정)
	6	다중클러스터 활용(보정정보 불연속 감소 후처리 최대 오차 측정)
	7	지역제어국 동작 안정성(연속 운용일)
	8	실시간 이상검출 플랫폼 개발(실신호를 사용한 이상 재현시 측위 보정 불능 위험도/프로세싱시간)
사용자	9	항법신호 감시(이상검출 성공률)
	2	항법신호 처리(실시간데이터 획득/동기오차)
	3	보정정보 수신(보정정보 지연 허용 시간)
	4	사용자 신호변화 검출
	5	사용자 위치결정 기술개발(최대허용오차/측위성공률)
	6	사용자 위치결정 안정성(가용성)
	7	사용자 위치결정 성능향상(항법용 수신기)
	8	다중경로 완하기법 성능향상
	9	사용자 항법해 무결성 보장

나. 지역 수신국

(1) 지역 수신국 처리 지연량

(가) 정의

① 사용자의 정밀위치결정에 있어 수신국시스템의 위성항법데이터 획득으로부터 사용자 위치결정까지의 처리시간 지연은 위치결정 성능에 영향을 미치는 요소

② 시간지연에 따른 사용자위치결정성능 보장을 위하여 각 수신국시스템, 중앙국시스템, 사용자시스템의 처리 지연량에 대한 분석이 필요

③ 수신국 처리 지연량 : 위성항법수신기로부터 데이터가 획득 되는 시점에서 획득, 연산/처리, 출력 처리과정을 포함

(나) 검증 방법(목표 : 평균 200ms)

① 위성항법데이터 획득시점의 진입점과 수신국 시스템 출력시점의 진출점에 시각획득 함수를 삽입한 후 실제 운용을 통하여 수신국 시스템의 총 처리 지연량 도출

(다) 검증 결과

각 모듈의 지연량은 수신국 시스템에서 각 모듈에 대한 연산 처리 지연량을 측정함으로써 지역수신국 소프트웨어의 각 모듈의 함수 진입점 및 함수 진출점의 시각획득 함수를 삽입하여 지연량을 도출할 수 있다. 실제 운용과정을 통하여 지역수신국 각 모듈별 지연량을 도출한 결과 각 지역수신국 획득 모듈의 전체 평균 17.11ms, 각 지역수신국 처리/연산 모듈의 전체 평균 0.79ms, 각 지역수신국 출력 모듈의 전체 평균은 0.07ms로 나타났다. 지역수신국 처리 총 지연량은 안성 지역수신국에서 약 17.56ms, 음성 지역수신국에서 약 18.43ms, 공주 지역수신국에서 약 17.36ms, 보은 지역수신국에서 약 18.97ms, 대전 지역수신국에서 약 17.54ms로 평균 17.97ms로 나타났다. 이는 설계 지연시간은 100ms 이내를 만족하는 수치이다

(2) 지역 수신국 - 지역 제어국간 네트워크 통신 지연량

(가) 정의

① 사용자의 정밀위치결정에 있어 수신국시스템의 위성항법데이터 획득으로부터 사용자 위치결정까지의 처리시간 지연은 위치결정 성능에 영향을 미치는 요소

② 시간지연에 따른 사용자위치결정성능 보장을 위하여 각 수신국시스템으로부터 중앙국시스템간의 네트워크통신 지연에 대한 분석이 필요

③ 네트워크통신 지연량 : 수신국에서 중앙국으로 데이터(위성항법, 기상측정, 수신국 시스템 정보, 감시 영상 데이터 포함)를 전달하는데 발생하는 시간

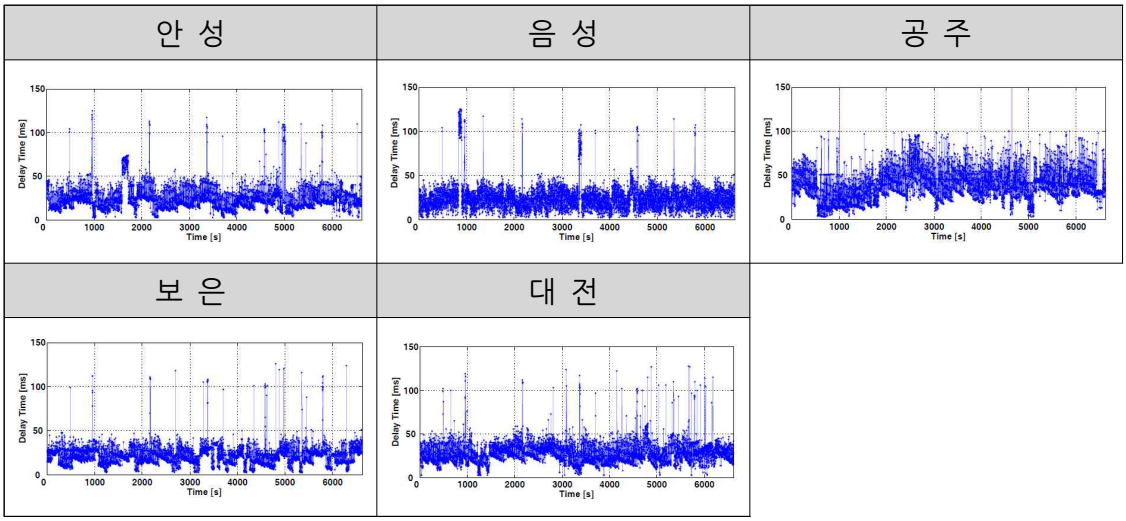
(나) 검증방법

① 수신국 시스템과 중앙국 시스템의 시각 정보를 정밀시계와 동기화한 후 수신국 시스템의 시각정보를 네트워크로 전송

② 수신국 시스템 출력시점의 시각정보와 중앙국 시스템 획득시점의 시각정보를 비교하여 네트워크 지연량을 도출

(다) 검증결과

지역수신국 처리 지연량에 대한 검증을 수행한 결과 전체 지역수신국 시스템-지역제어국 시스템 간의 통신 네트워크 지연량을 평균 27.9ms로 나타났다. <그림 2-258>에 각각의 지역수신국과 지역제어국 간의 지연량을 도출한 결과를 나타내었다.



<그림 2-258> 지역수신국-지역제어국간 통신 네트워크 지연량

각각의 지역수신국 시스템-지역제어국 시스템간 통신 네트워크 평균 지연량은 대전 지역수신국에서 약 24.7ms, 안성 지역수신국에서 약 24.5ms, 음성 지역수신국에서 약 28.4ms, 공주 지역수신국에서 약 39.9ms, 보은 지역수신국에서 약 21.9ms이다.

(3) 수신국 모듈별 지연량

(가) 정의

① 수신국 시스템의 획득, 처리, 출력의 각 단계별 지연량을 측정함으로써 수신국 시스템 소프트웨어의 처리성능에 대한 검증이 가능

② 수신국 모듈별 지연량 : 수신국 시스템 각 기능별 모듈에 대한 연산처리장치 연산처리 지연량

(나) 검증방법(목표 : 모듈별 최대 지연량 120ms)

① 수신국 시스템 소프트웨어의 각 모듈의 함수 진입점 및 함수 진출점에 시각획득 함수를 삽입하여 지연량 도출

(다) 검증결과(결과 : 모듈별 최대 지연량 17.11ms)

① 실제 운용과정을 통하여 수신국 각 모듈별 지연량 도출한 결과 각 수신국 획득모듈의 전체 평균 17.11ms, 각 수신국 처리/연산모듈의 전체 평균 0.79ms, 각 수신국 출력모듈의 전체 평균 0.07ms으로 나타남

(4) 수신국 가용성

(가) 정의

① 수신국 가용성 : 수신국 시스템의 가용성은 전체 수신국에 대하여 총 연속운용 시간 중 고장시간을 제외한 시간

② 고장시간(Fault Time) : 수신국 시스템이 고장으로 운용될 수 없는 시간

(나) 검증방법 (목표 : 가용성 80%)

① 가용성 검증방법을 활용한 연속 운용 수신국 시스템의 가용성 검증방법

- 수신국 시스템 가용성 평가는 5개 수신국에 대하여 7일 동안(168시간)의 연속운용 중 각 수신국별 고장시간을 제외한 시간으로 도출
- 경미오류는 1시간 내외, 중대오류는 3시간 내외

(다) 검증결과(결과 : 가용성 88%)

① 각 수신국의 연속운용을 통하여 가용성을 검증

- 수신국 시스템 가용성 80%는 당해연도 연구 목표이며 검증결과 전체 수신국의 경미오류는 총 6회, 중대오류는 총 4회 발생. 총 연속운용시간(168시간) 중 총 수신국의 경미오류 총합은 6회, 중대오류 총합은 4회로 약 88%의 가용성 확보
- 수신국 시스템의 과년도/당해연도 안정성 검증 결과는 3차년도에 비해 37% 이상 향상된 결과를 나타냄

다. 지역 제어국

(1) 지역제어국 처리 지연량

(가) 정의

중앙국이 데이터를 획득한 시점으로부터 동기화, 전처리, 보정정보 생성, 무결성정보 생성, 보강정보 출력까지의 각 처리단계에 대한 총 시간 지연량

(나) 검증방법(목표 : 처리지연량 500ms 이내)

① 수신국 시스템 데이터 획득시점의 진입점과 출력시점의 진출점에 시각획득함수를 삽입한 후 실제 운용을 통하여 중앙국 처리 지연량을 도출

② 정확한 처리지연량의 계산을 위하여 정밀시계서버와 시각을 동기화

③ 실제 운용과정을 통하여 중앙국의 각 처리단계에 대한 지연량 및 총 지연량 도출

(다) 검증결과(결과 : 처리지연량 219.51ms 이내)

① 중앙국 시스템의 각 모듈의 검증결과 획득모듈 처리지연량 29.4 ms, 동기화모듈 처리지연량 177.31ms, 전처리모듈 처리지연량 12.58ms, 보정정보 생성모듈 처리지연량 0.16ms, 무결성정보생성모듈 처리지연량 0.03ms, 보강정보 출력모듈 처리지연량 0.04ms으로 도출

② 중앙국 시스템의 총 처리지연량은 5회 평균 219.51ms 로 도출되었음

(2) 이상검출 위험도 생성 및 분석

(가) 정의

① 이상검출 위험도 : 위성항법 신호의 고장검출 과정에서 신호의 이상을 판별하지 못하는 빈도

② 보정정보 측위 오차 : 보정정보를 활용한 사용자의 위치결정 오차

(나) 검증방법(목표 및 결과 : 5×10^{-3} ,최대허용오차 1.5m, 가용성 80%)

① 본 항목의 이상검출 위험도 5×10-3 및 최대허용 오차 1.5m는 당해연도 장비설계 요구사항

② 본 설계 요구사항을 기반으로 실제신호 입력 시 측정치 및 이상검출 알고리즘(위성시계/궤도 이상, 수신국 간 전리층/대류권 신호지연 변칙, 저감도) 출력 파라미터의 특성을 분석

③ 설계사양을 만족하는 이상검출 알고리즘의 임계치 설정

(다) 검증결과

(3) 무결성 정보 생성(무결성 감시 위험도)

(가) 정의

중앙국 시스템에서 생성한 반송파 보정정보의 오류 및 오차에 관한 확률 정보

(나) 검증방법(목표 : 무결성정보 생성 성능 10^{-3})

① 본 항목의 무결성정보 생성 성능 10^{-3}는 당해연도 설계 요구사항

② 실제 운용과정을 통하여 생성된 반송파 보정정보 및 무결성정보를 활용 실제 사용자 위치결정 수행과정을 통하여 수평경고임계값 (HAL, Horizontal Alert Limits) 1.5m를 만족하는 횟수를 측정

(다) 검증결과(결과 : 무결성정보 생성 성능 10^{-3})

① 총 13,284epoch 동안 12epoch의 오류 관측 확률 99.91%

② 무결성정보 생성 성능의 분석 결과 10^{-3} 만족하는 결과를 보임

(4) 보정정보 생성 정보 정확성

(가) 정의

① 보정정보 : 각 수신국의 데이터를 활용 중앙국에서의 연산과정을 거쳐 생성된 비공통오차(대류권 지연, 전리층 지연)에 관한 오차량으로 정의

② 정확성 : 생성된 보정정보를 활용 실제 사용자(또는 감시국)의 정밀위치 대비 추정위치의 오차량으로 정의

(나) 검증방법(목표 : 정확성 0.05m[가용성 80%])

① 본 항목의 보정정보 생성 정확성 0.05m(가용성 80%)는 당해연도 요구 사항임

- 보정정보는 비공통오차량 이므로 그 수치만으로 정확성을 판단할 수 없음
- 또한 비공통오차는 위성의 고도각(Elevation)에 따라 값의 변화가 다양하므로 높은 고도각의 위성만을 이용하여 정확성 판단

(다) 검증결과(결과 : 정확성 0.05m[가용성 83.9%])

① 보정정보 생성 정확성 성능 분석 결과 위성별 표준편차의 평균은 0.037m로 당해연도 요구 사항 만족

② 또한 위성별 표준편차의 최대값은 0.053m 최소값은 0.027m이고 0.05m을 넘은 위성은 31개 중 5개

③ 따라서 가용성은 83.9%로 당해연도 요구사항 만족

(5) 보정정보 조합(실측데이터 이용 후처리 수평 2DRMS 오차 측정)

(가) 정의

정적 실측 데이터를 활용한 다양한 보정정보 조합방법으로 사용자의 위치오차를 2DRMS로 계산

(나) 검증방법(목표 : 30cm이내, 2DRMS)

① 아래 그림과 같이 하나의 네트워크를 구성하는 4개의 수신국과 사용자에 대해 장시간 정적 실측 데이터를 습득한 후, 다중 수신국 기반 보정정보를 생성하여 사용자 (금천) 위치에서의 보정정보 생성



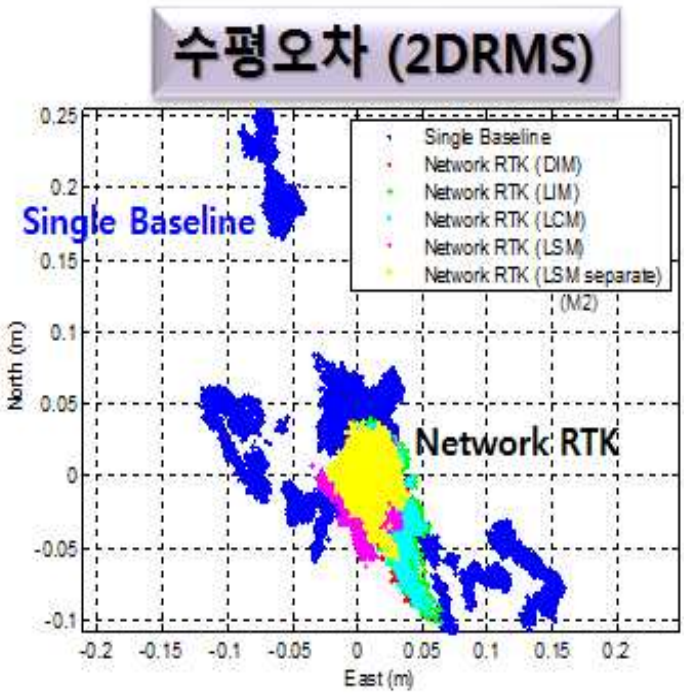
<그림 2-259> 정적 실측 데이터 획득 네트워크 구성

② 사용자 위치의 다중 수신국 기반 보정정보는 DIM (Distance-Based Linear Interpolation Method), LCM (Linear Combination Model), LIM (Linear Interpolation Model), LSM (Low-order Surface Model), 그리고 LSM 방식의 변형인 LSM separate M2 방식으로 조합

③ 보정정보의 성능은 생성된 사용자 위치의 보정정보와 사용자 위치의 실제 보정정보의 차이의 위치 도메인 값으로 측정

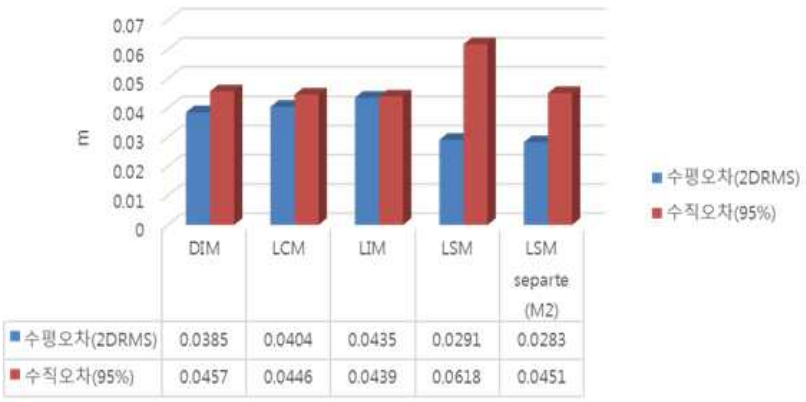
(다) 검증결과(결과 : 5cm 이내, 2DRMS)

① 제시한 검증방법을 통해 도출된 결과는 LSM separate M2 방식을 포함한 모든 보정정보 조합 방식의 2DRMS 정확도가 5cm 이내로 나타남



<그림 2-260> 각 보정정보 생성 방식 별 수평 위치 오차

② 각 조합방식별 사용자 위치영역 정확도(수평오차 2DRMS, 수직오차 95%) 비교결과는 아래 그림과 같이 정리



	DIM	LCM	LIM	LSM	LSM separte (M2)
수평오차(2DRMS)	0.0385	0.0404	0.0435	0.0291	0.0283
수직오차(95%)	0.0457	0.0446	0.0439	0.0618	0.0451

<그림 2-261> 각 조합방식별 사용자 위치영역 정확도 비교

(6) 다중클러스터 활용(보정정보 불연속 감소 후처리 최대 오차 측정)

(가) 정의

① 전국단위 실적용 가능성을 확보하기 위하여 다중 네트워크 환경에서 발생되는 보정정보의 불연속 현상에 대한 대응이 필요

② 보정정보 불연속 : 서로 다른 두 네트워크를 구성하는 수신국 조합으로부터 생성된 보정정보의 가용성 저하

(나) 검증방법(목표 : 0.5cycle)

① 보정정보의 불연속 환경을 구성하기 위하여 아래 그림과 같이 두 개의 네트워크를 구성하는 총 4개의 수신국을 선정하여 정적 실측 데이터 습득



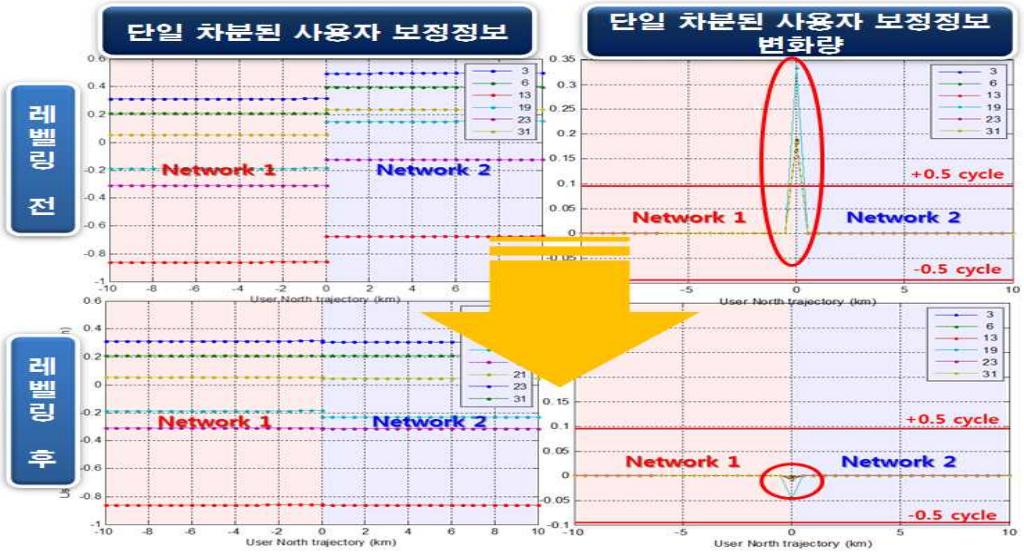
<그림 2-262> 보정정보 불연속 계산을 위한 다중 네트워크 설정

② 네트워크 1에서 네트워크 2로 이동하는 사용자 이동 시나리오 설정

③ 네트워크 1과 2에서 생성된 보정정보를 사용자 위치에서 각각의 위성에 대한 차이 값을 계산

(다) 검증결과(결과 : 0.25cycle)

보정정보 불연속 제거 후(레벨링 후), 모든 위성에 대해 보정정보 불연속 크기 (우측 그림 붉은 색 원 내부)가 0.25cycle 수준으로 감소 확인



<그림 2-263> 사용자 위치에 따른 네트워크 1, 2에서 생성된 사용자 위치 보정정보 위성 차분 값(레벨링 전: 左上, 레벨링 후: 左下) 및 보정정보 변화량(레벨링 전: 右上, 레벨링 후: 右下)

(7) 지역제어국 동작 안정성(연속 운용일)

(가) 정의

① 사용자의 보정정보제공 안정성을 확보하기 위해서는 중앙국 시스템의 동작에 대한 안정성의 보장 필요

② 중앙국 동작 안정성 : 중앙국 시스템의 동작 안정성은 총 운용시간 중 고장시간을 제외한 시간으로 정의

③ 고장시간 : 시스템이 고장으로 운용될 수 없는 시간

(나) 검증방법(목표 : 동작 안정성 80%)

안정성 검증방법을 활용한 연속 운용 중앙국 시스템 안정성 검증

○ 중앙국 시스템 안정성은 5개 차수로 각 차수별 1일, 총 7일 동안(168시간)의 총 운용시간 중 고장시간을 제외한 시간으로 분석

○ 경미오류는 1시간 내외, 중대오류는 3시간 내외

(다) 검증결과(결과 : 동작 안정성 91%)

실 운용을 통한 중앙국 동작 안정성 검증결과

○ 검증 결과 중앙국 시스템의 경미오류는 총 5회, 중대오류는 총 3회로 발생. 운용검증시간(168시간) 중 총 154시간 정상 운용, 약 91%의 안정성 확보

○ 중앙국 시스템의 과년도/당해연도 안정성 검증 결과는 3차년도에 비하여 12% 이상 향상된 결과를 나타냄

(8) 실시간 이상검출 플랫폼 개발(실신호를 사용한 이상 재현시 측위 보정 불능 위험도/프로세싱시간)

(가) 정의

① 이상재현시 측위보정 불능 위험도 : 장비 및 정보 취득 가용성 검사 통과 비율

② 프로세싱 시간 : GNSS 수신기로부터 데이터를 입력받아 다중 수신국, 이상검출플랫폼에서 처리되는 전 과정 동안 데이터를 처리하는데 경과된 시간

(나) 검증방법(목표: 10^{-4}, 300ms)

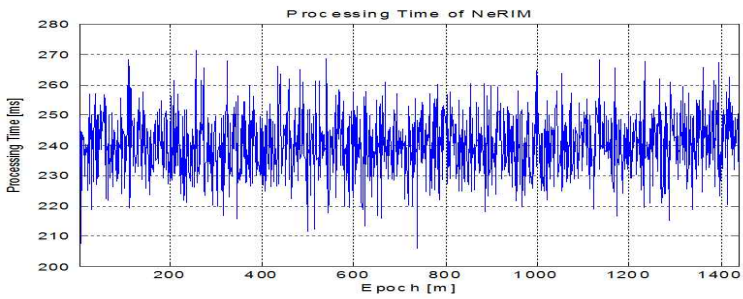
① 불능 위험도는 1일이상의 연속운용 중 이상사항의 발생 빈도로 도출

② 프로세싱 시간은 데이터 입력부터 이상 감시 결과 전시까지 처리 지연시간을 내부 타이머를 활용하여 측정하는 방법을 활용하였으며 1일간의 평균 지연시간 도출

(다) 검증결과(결과 : 10^{-4}, 240ms)

① 1일 이상 정상운영 중, 장비 및 정보취득 가용성 검사에서 불능 상태가 '0' 회 발생한 것을 확인 (향후 장시간 관측 필요)

② 프로세싱 시간 검증결과 전체 평균 처리지연시간은 평균 240ms로 나타남



<그림 2-264> 실시간 이상검출 플랫폼의 처리 지연시간 결과

③ 최소처리시간 205.82ms, 최대처리시간 271.38ms, 평균처리시간 240.12ms 나타남

라. 사용자

(1) 항법신호 감시(이상검출 성공률)

(가) 정의

① 항법신호 감시는 위성항법신호, 관성항법신호, 차량항법신호, 영상항법신호의 이상을 검출하는 기능을 수행

② 이상검출성공률 : 각각의 항법신호 이상발생에 대한 검출 비를 나타냄

(나) 검증방법(목표 : 90%)

① 과년도에는 각각의 항법신호 독립적인 이상검출 알고리즘을 설계하였으나 당해연도에서는 각각의 항법신호의 변화량을 비교하여 이상검출을 수행하는 복합 항법신호 이상검출 알고리즘을 적용하여 성능을 향상

② 이상검출성공률을 높이기 위해서 이상발생 임계치를 높이는 경우 가용성이 낮아질 수 있으므로 이를 고려하여 이상발생 검출을 위한 임계치 설정 필요

③ 시뮬레이션을 통해 100,000개의 항법신호에 대해 1,000개의 이상을 발생

(다) 검증결과(결과 90.567%)

검증방법에 의하여 항법신호 감시에 대한 검증결과 평균 90.567%로 도출

(2) 항법신호 처리(실시간데이터 획득/동기오차)

(가) 정의

① 사용자에서의 다중 센서 간 시각동기는 위치결정 성능에 영향을 미치는 요소

② 시각동기 : 위성항법 기반 PPS를 이용하여 센서들 간의 정밀 시각 동기 실시

(나) 검증방법

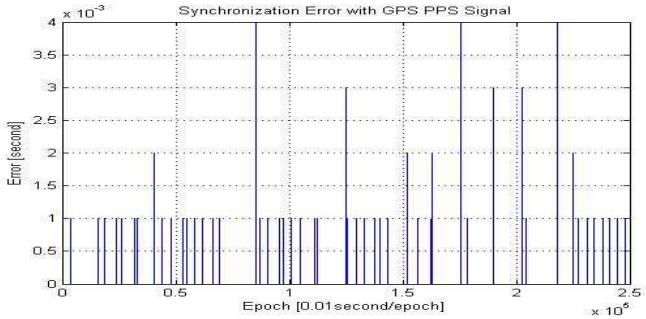
① 위성항법 수신기는 위성항법 신호가 가용한 경우 최대 1마이크로초 이내의 오차를 갖는 디지털화된 PPS(Pulse-Per-Second) 신호 제공

② 사용자 시스템 단말내의 컨트롤러(Controller)가 제공하는 타이머의 분해능은 1마이크로초 이내이며 PPS신호를 인터럽트 방식으로 처리하여 각각의 센서로부터 데이터 취득 시점을 0.001초 이내로 취득 가능

③ 단, 위성항법 신호가 가용하지 않은 경우 PPS 신호는 가용하지 않으므로 시각동기 유지 필터를 설계 및 적용하여 최대 100초 이상의 PPS 불가용 상황에서도 0.004초 이내의 시각동기 정확도를 유지하도록 설계 및 구현

(다) 검증결과

고정밀 시각동기 기술 적용을 통한 시각동기 오차는 아래 그림과 같이 평균 0.001초 이내의 정확도를 가지며 장시간 GPS 단절상황에서 PPS 이용 불가능 상황에서 최대 0.004초의 오차(시속 100km에서 0.12미터 오차 발생 가능) 발생하였으나 빈도 극히 소수이며 항법성능 위치결정 요구사항인 0.5m 대비 20%로 영향 미비



<그림 2-265> 위성항법 수신기 PPS를 이용한 센서 간 고정밀 시각동기 오차(측정오차 500us)

(3) 보정정보 수신(보정정보 지연 허용 시간)

(가) 정의

① 사용자시스템의 보정정보 수신모듈은 중앙국 시스템에서 송신되는 보정정보를 수신하는 과정, 수신된 보정정보를 디코딩(Decoding)하는 과정을 포함

② 보정정보 수신 : 사용자시스템이 중앙국 생성 보정정보를 획득하여 가용데이터로 가공하는 과정을 의미

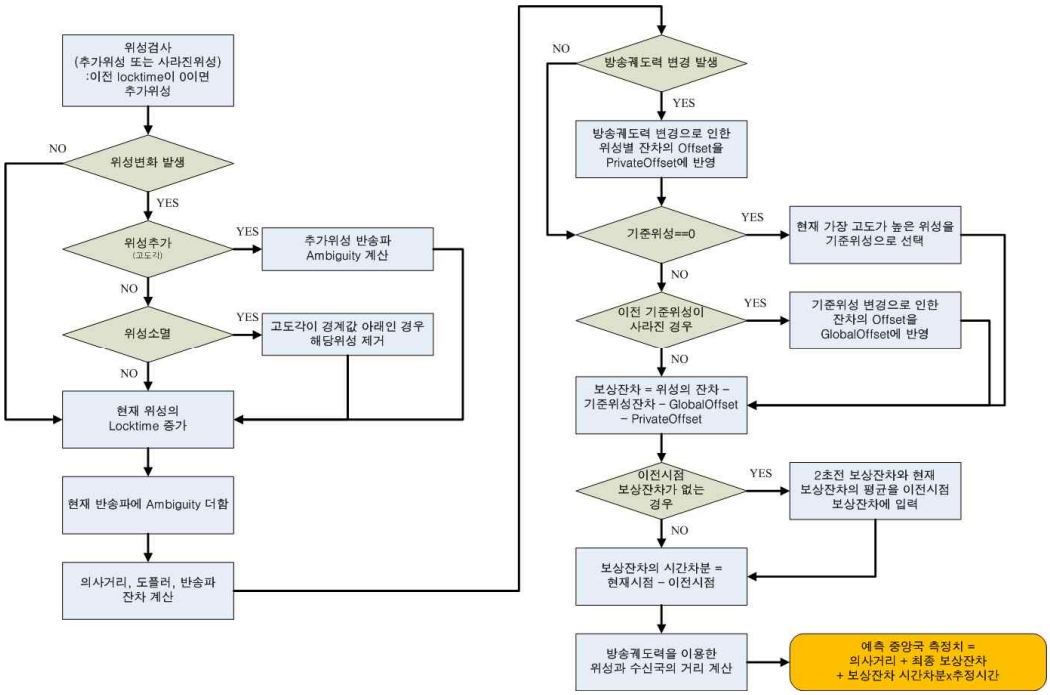
③ 지연허용 시간 : 사용자 위치결정 목표성능(최대허용오차 1.5m)을 만족하는 보정정보 수신의 최대 지연시간

(나) 검증방법(목표 : 20 sec)

① 보정정보 단절 후, 사용자 부분에서 방송궤도력과 위성간 차분 기법을 활용하여 비선형변화량을 제거하고 남는 잔차의 선형추정

② 단절전의 보정정보를 활용한 추정기법을 통하여 위치결정 수행

③ 보정정보 단절 시간과 최대 수평면 오차의 관계를 고려하여 수신 지연 허용시간을 판단



<그림 2-266> 방송궤도력 및 위성간차분 이용 보정정보 지연 추정구조

(다) 검증결과(결과 : 20 sec 이내)

① 제시한 방법을 활용하여 실제 환경에서 검증한 결과 보정정보 지연 시간 20초 이내에서 최대허용오차 1.5m 이내를 만족하는 결과 도출

(4) 사용자 신호변화 검출

(가) 정의

① 사용자 신호변화 검출은 위성항법수신기로부터 획득되는 반송파정보의 안정성을 확보하기 위한 방법

② 신호변화 : 위성항법수신기로부터 획득되는 반송파의 급변현상을 지칭

(나) 검증방법(목표 : 검출성공률 85%)

① 차량 실험이 수행된 시간동안(1시간)의 반송파 급변현상의 검출 성공률 계산

② NovAtel사의 위성항법수신기 및 관성항법장치(SPAN)를 활용하여 실 데이터 축적

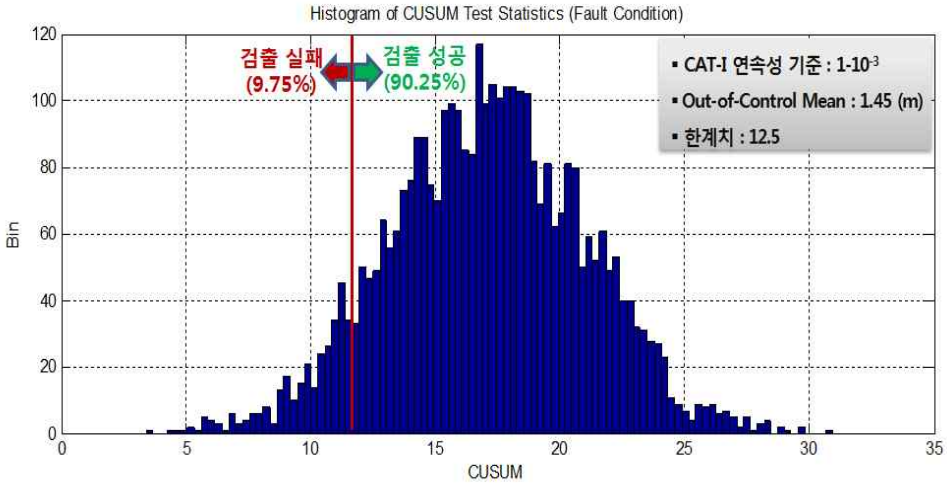
③ 신호변화 검출을 위하여 최대허용위치오차(1.5m)를 초과하는 고장데이터(1.45m, 평균 HDOP을 0.97로 가정)를 실 데이터에 삽입

④ 삽입 고장데이터에 대한 검출성공 여부를 검정통계량의 히스토그램으로 표현

⑤ 고장 여부 판단 방법으로는 관성항법시스템을 활용하여 예측한 반송파와 실제 측정된 위성항법시스템의 반송파와 차분하여 누적합 (CUSUM) 기법을 적용

(다) 검증결과(결과 : 검출성공률 90.25%)

검증방법에 의한 사용자 신호변화 검출 성공률 검증결과 검증실패률 9.75%, 검증성공률 90.25%로 목표성능 만족



<그림 2-267> 사용자 신호변화 검출 성공률 검정통계량의 히스토그램

(5) 사용자 위치결정 기술개발(최대허용오차/측위성공률)

(가) 정의

사용자 위치결정기술은 실 데이터를 활용하여 위치해를 결정하며 위치해가 최대수평허용오차(1.5m)를 초과하는 비율로 검증

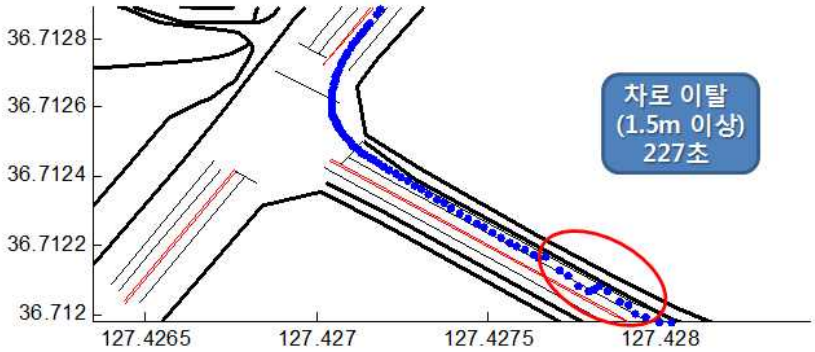
(나) 검증방법(목표 : 85%)

① 사용자 위치결정 성능검증은 실 데이터기반의 사용자 위치결정을 수행하여 결정된 위치해를 활용하여 최대수평허용오차(1.5m) 기준 내외의 비율로 검증

② 사용자 위치 결정 알고리즘을 통해 획득한 사용자 정밀위치 결과를 정밀 전자지도에 표출 후 비교 분석

(다) 검증결과(결과 : 88.74%)

사용자 정밀위치 결정 실험 전체 2016초 동안 발생한 차로 이탈 시간(2DRMS 1.5m 이상)은 227초로 전체 실험 중 11.26%를 차지하고 차로 유지는 88.74%를 유지



<그림 2-268> 정밀위치 결정의 차로이탈 시간

(6) 사용자 위치결정 안정성(가용성)

(가) 정의

사용자 위치결정 안정성은 차로 구분이 가능한 최대 오차(1.5m) 이내의 위치 결정 비율

(나) 검증방법(목표 : 85%)

사용자 위치 결정 알고리즘을 통해 획득한 사용자의 위치 정보와 고가의 상용 RTK-INS 후처리 프로그램(Novatel Inertial Explorer) 결과와 비교(2DRMS)

(다) 검증결과(결과 : 88.28%)

전체 2200초 동안 차로 이탈 시간(2DRMS 1.5m 이상)은 259초로 88.28%로 목표 성능 만족



<그림 2-269> 사용자 위치결정 안정성 검증결과

(7) 사용자 위치결정 성능향상(항법용 수신기)

(가) 정의

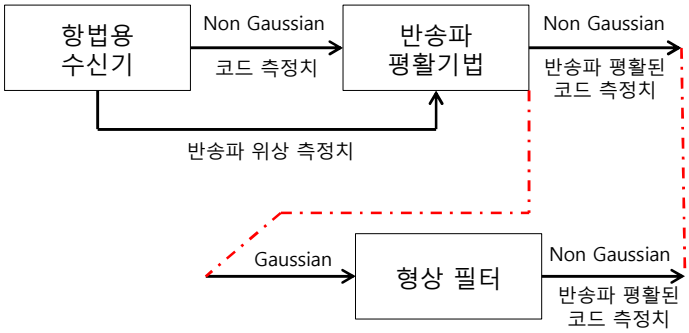
① 위성항법에 사용되는 실측치에 고려하지 못한 오차요인 (Phase wind-up, Multipath 등)과 같은 정밀항법 성능 저해 요인들을 정상 환경에서 분석하고 코드 측정치의 잡음 특성을 반영한 성능 향상 기법을 설계하여 실수해 성능을 확인

② 실수해 : 반송파 위상 측정치를 이용한 CDGPS에서 반송파의 미지정수를 실수로 계산하여 구한 해

(나) 검증방법(목표 : 25%)

① 사용자 위치 결정 성능 향상을 위해서 의사거리에 포함된 오차 모델링을 통해 필터(반송파 평활 기법 + 형상필터)를 설계하고 실수해 비교

② 전년도 대비 당해연도 L1/L2 측정치 사용에 따른 추가적인 성능 향상을 기대할 수 있음



<그림 2-270> 사용자 위치 결정 성능 향상 필터

(다) 검증결과(결과 : 28%)

① 반송파 평활 기법은 코드 측정치의 공분산 값을 감소 시켜 실수해의 성능 향상

② 형상 필터는 코드 바이어스(Drift) 오차를 제거 시켜 실수해의 성능 향상(사용자가 항법용 수신기의 경우 수집 환경에 따라 코드 바이어스(Drift)가 자주 발생하여 성능 향상이 이뤄짐)

③ 반송파 평활 기법과 형상 필터를 이용하여 정상 환경에서의 L1/L2 측정치를 이용한 실수해 수평 오차를 약 28% 성능 향상

(8) 다중경로 완화기법 성능향상

(가) 정의

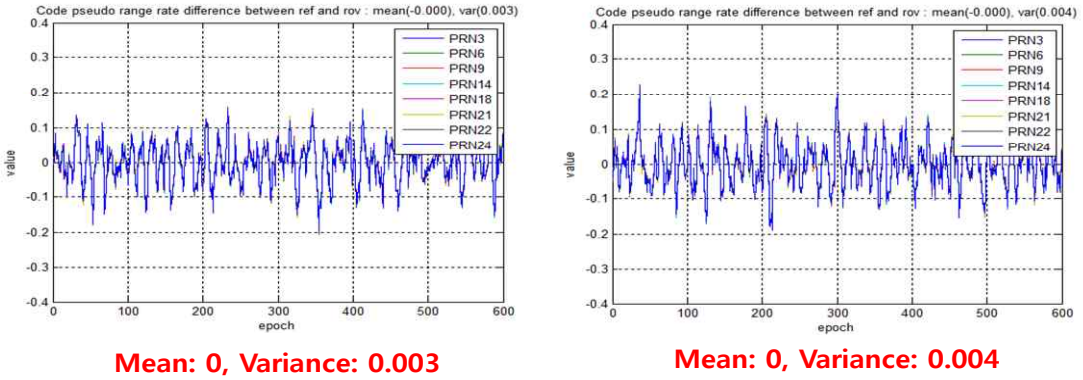
① 사용자 수신기 안테나 주변에 위치한 건물에 의해서 다중경로 오차가 발생하기 때문

에 다중 경로를 완화하는 기법들을 이용하여 실수해의 성능 향상 확인

② 실수해 : 반송파 위상 측정치를 이용한 CDGPS에서 반송파의 미지정수를 실수로 계산하여 구한 해

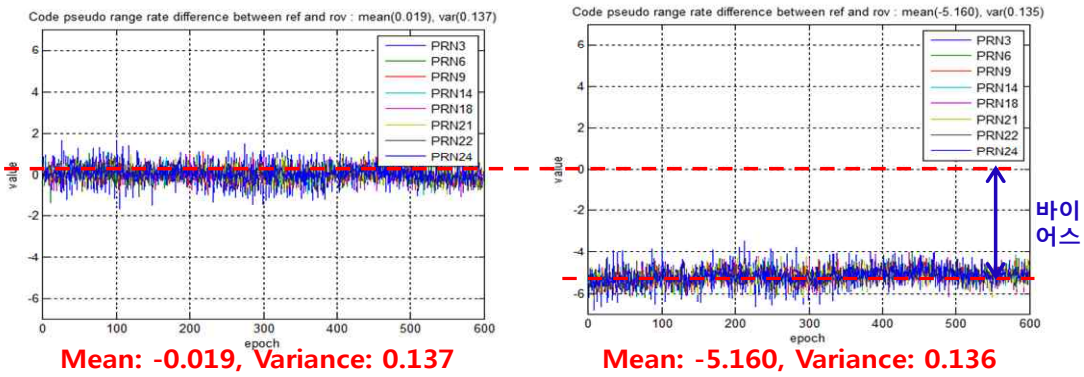
(나) 검증방법(목표 : 실수해 20% 이상 향상)

① RF 시뮬레이터를 이용한 다중경로 환경에서 기준국용(NovAtel Propak-V3) 및 사용자용(U-blox EVK-5T) 수신기의 코드 측정치의 오차 특성 분석



<그림 2-271> 기준국용 수신기의 이중 차분된 코드 의사거리

(좌:정상 환경, 우:다중경로 환경)

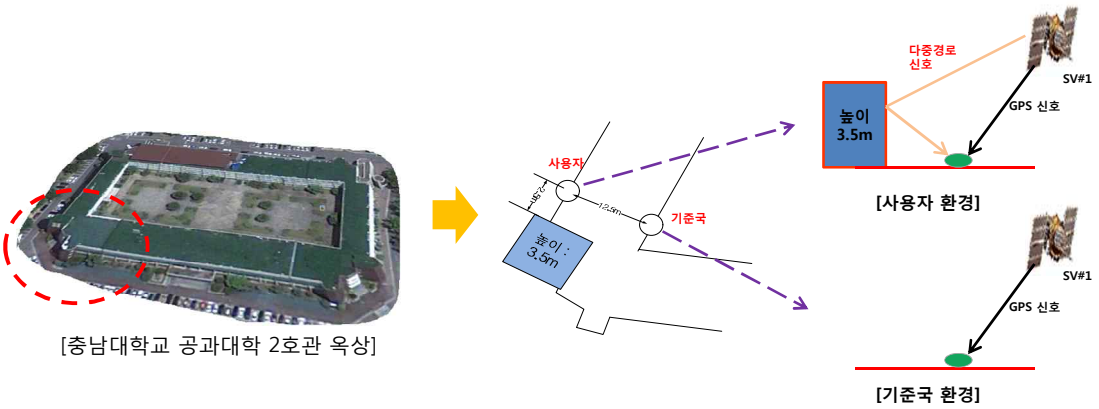


<그림 2-272> 사용자용 수신기의 이중 차분된 코드 의사거리

(좌:정상 환경, 우:다중경로 환경)

② 사용자가 항법용 수신기의 경우 RF 시뮬레이터를 이용한 다중경로 영향은 바이어스 형태로 모든 위성에서 나타남(실제 환경과 상이)

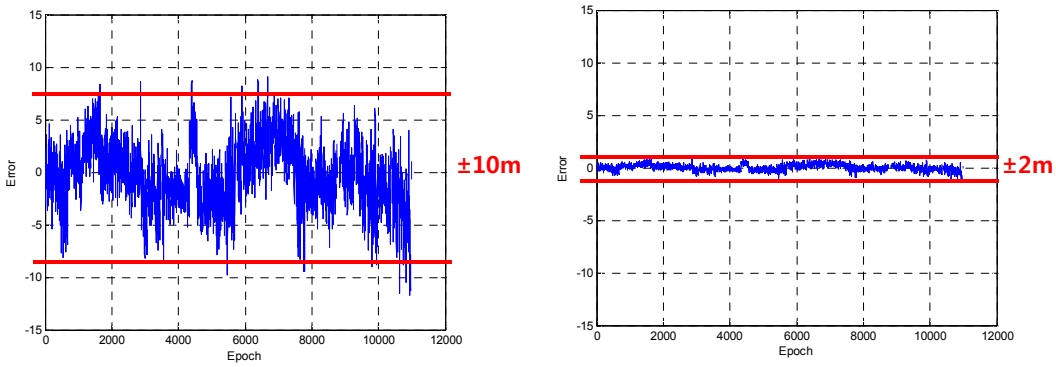
③ 실제 다중경로가 발생하는 환경 구성을 통한 다중경로 환경에서 수신기의 L1/L2 코드 바이어스 특성 분석



<그림 2-273> 실제 다중경로 발생 환경

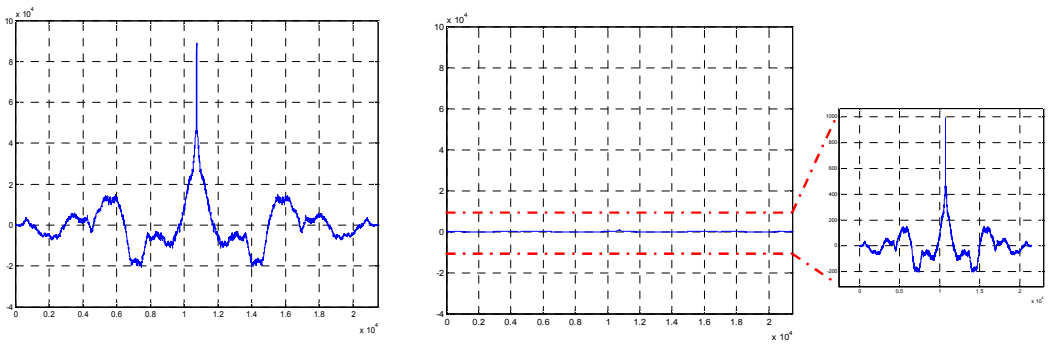
(다) 검증결과(결과 : 실수해 30% 이상 향상)

① 시간 영역에서의 다중경로 영향은 L1 측정치에서만 주로 나타남(약 ±10m 이내의 오차로 주기적인 특성을 가짐)



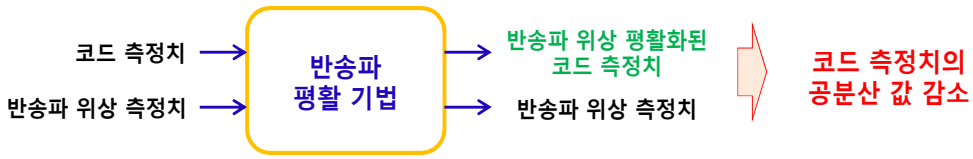
<그림 2-274> 이중 차분된 코드 의사거리 - 시간영역(좌:L1, 우:L2)

② 주파수 영역에서의 다중경로 영향은 L1 측정치에서만 주로 나타남(자기상관 특성이 비슷하지만 L1의 크기가 상대적으로 커 L2는 영향이 거의 없음)



<그림 2-275> 이중 차분된 코드 의사거리 - 주파수영역(좌:L1, 우:L2)

③ 다중 경로 환경에서 이중 차분된 코드 측정치의 공분산 감소를 위한 반송파 평활 필터 설계 및 성능 비교



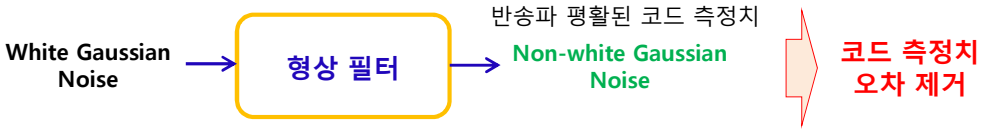
<그림 2-276> 반송파 평활 필터

<표 2-52> 반송파 평활필터 성능 비교표

2DRMS[m]	미적용		Hatch Filter		DFS	
	L1	L1/L2	L1	L1/L2	L1	L1/L2
수평오차	2.487	1.983	1.551	1.130	1.437	1.081

④ 반송파 평활 기법을 이용하여 다중경로 환경에서의 실수해 수평 오차를 L1 항법용 수신기 기준 L1 Hatch Filter는 약 38%, L1/L2 Hatch Filter는 약 45% 성능 향상됨 (당해연도 목표 : 항법용 L1/L2 실수해 20% 이상)

⑤ 다중 경로 환경에서 이중 차분된 코드 측정치의 자기상관함수를 통해 오차 동특성을 모델링하여 형상 필터 설계 및 성능 비교



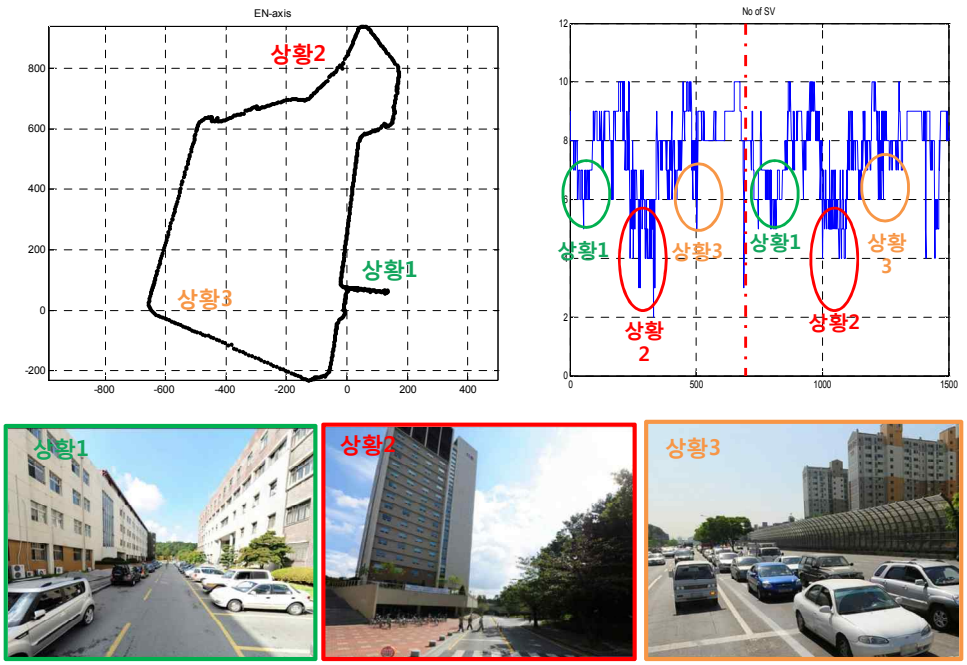
<그림 2-277> 형상 필터

<표 2-53> 형상필터 성능 비교표

2DRMS [m]		L1	L1/L2
미적용		1.17	0.94
1차 Gauss Markov		0.83	0.77
2차 Gauss Markov		0.87	0.81
Linear Signal Model	MA	0.92	0.83
	AR	0.88	0.82
	ARMA	0.79	0.73

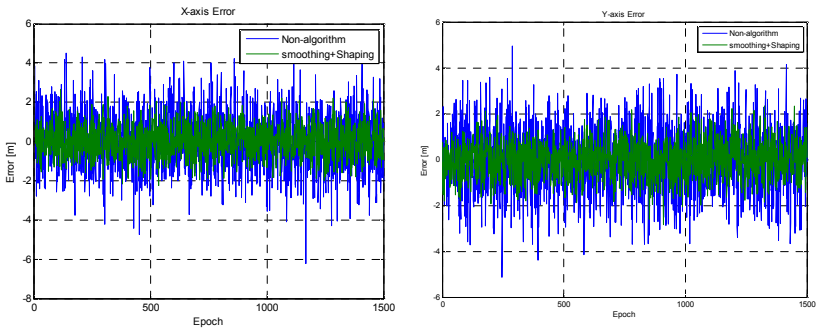
⑥ 형상 필터를 이용하여 다중경로 환경에서의 실수해 수평 오차를 L1 항법용 수신기 기준 L1 Shaping Filter는 약 30%, L1/L2 Shaping Filter는 약 35% 성능 향상

⑦ 육상교통 환경에서의 실시간 난수신 신호 처리 기법 적용 및 성능 분석(수집 간격: 1Hz, 이동 속도(40~60km/h))



<그림 2-278> 다중경로 오차를 포함하는 데이터 수집 환경

⑧ 설계한 난수신 신호처리 알고리즘 적용을 통한 육상교통 환경에서의 동적 시나리오 문제점 제시 및 알고리즘 성능 분석



<그림 2-279> 다중경로 환경에서의 항법 수평오차(좌:x축, 우:y축)

구분	실수해 수평오차 (2DRMS[m])		미지정수 결정 성공률		비고
	알고리즘 미적용	알고리즘 적용	알고리즘 미적용	알고리즘 적용	
NovAtel L1	2.07	1.87	73%	82%	실수해 11% 성능향상
NovAtel L1/L2	기준	기준	기준	기준	-
Ublox L1	2.42	1.95	34%	51%	실수해 24% 성능향상
IfEN L1	2.73	2.13	26%	44%	실수해 28% 성능향상
IfEN L1/L2	2.39	1.84	43%	58%	실수해 30% 성능향상

⑨ 수신기 종류별로 육상교통 환경에서의 동적 시나리오에 따른 난수신 신호처리 성능 분석 결과 실수해 수평오차가 약 11% ~ 30% 성능 향상

(9) 사용자 항법해 무결성 보장

(가) 정의

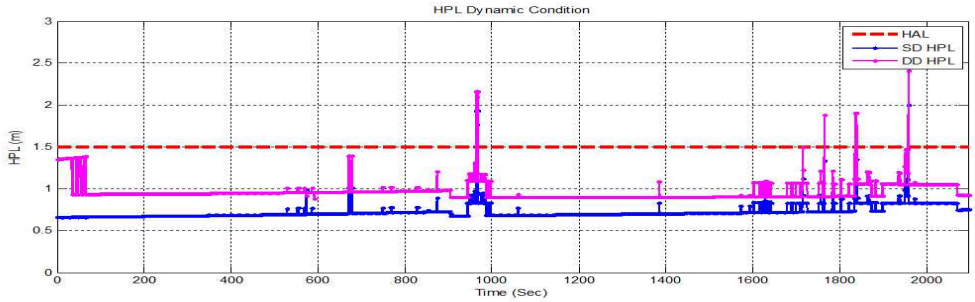
사용자의 항법해의 오차를 예측하여 사용자로 하여금 시스템의 가용성을 판단할 수 있는 근거 제시

(나) 검증방법(목표 : $1-10^{-2}$)

도심지역에서의 차량실험을 통한 항법해 무결성 지표 (Protection Level 계산)

(다) 검증결과(결과 : $1-10^{-3}$, 99.25%)

항법해 무결성 지표 계산시, $1-10^{-3}$ 확률을 적용한 결과 전체 실험 구간에서 99.25%의 가용성 확보 가능 확인



<그림 2-280> 실험 기간 동안의 위치 항법해 무결성 지표 계산

제3장 최종 연구성과 및 활용실적

제1절 최종 연구성과

본 연구는 미래 육상교통 시스템의 안정성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 활용의 위치정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술의 개발을 위해 다음과 같이 연구개발의 최종목표를 설정하였다.

○ 다중 수신국 위성항법 반송파기반 차로 구분이 가능한 수준의 위치결정 기술개발
- 원거리 다중수신국을 이용하여 위성항법 반송파 위치보정정보 생성기술 개발
- 원거리 다중수신국 반송파기반 사용자 위치결정 기술 개발

○ 다중 수신국 활용 신호감시를 통한 위치정보의 신뢰성 향상 기술개발
- 원거리 다중수신국 이용 위성항법 반송파 무결성정보 생성기술 개발
- 원거리 다중수신국 이용 위성항법 반송파 무결성정보 사용자 적용기술 개발

○ 테스트베드 개발 및 시험 평가
- 시험평가용 테스트베드 구축 및 테스트베드 구축을 위한 시험 장비 개발
- 테스트베드 지역에서의 통합 기능 및 성능 시험평가

본 사업의 연구목표를 달성하기 위해서 그림 3.1-1의 성과로드맵에 따라 연구를 수행하였으며, 이를 통해 다음과 같은 성과를 도출하였다.

○ 실시간 운용 지역수신국
- 지역수신국은 위성항법 데이터, 기상측정 데이터, 수신국 상태 데이터 등을 획득하여 지역제어국으로 전송

○ 실시간 운용 지역제어국
- 지역수신국으로부터 획득된 데이터의 전처리, 이상감시 등을 수행한 후 위성항법을 이용한 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보를 생성 및 지역수신국 내에 송출 가능하게 함

○ 실시간 운용 인프라 모니터링 시스템
- 실시간으로 운영되는 지역수신국과 지역제어국을 모니터링하는 시스템으로써 각각의 하드웨어 및 소프트웨어 동작 상태를 실시간으로 확인할 수 있게 함

○ 다중 수신국 실시간 보정정보 생성

- 위성항법신호는 전리층, 대류권 등의 오차요소들이 포함되어 있으므로 다중 수신국을 활용하여 이러한 오차들을 최소화하기 위한 보정정보가 필요

○ 다중 수신국 실시간 무결성정보 생성

- 위성항법신호와 보정정보의 신뢰성을 판단하고 신뢰성을 만족하지 못하였을 경우 이를 정해진 시간 내에 사용자에게 경보를 알림

○ 사용자 시스템 설계 및 시험평가 장비 개발

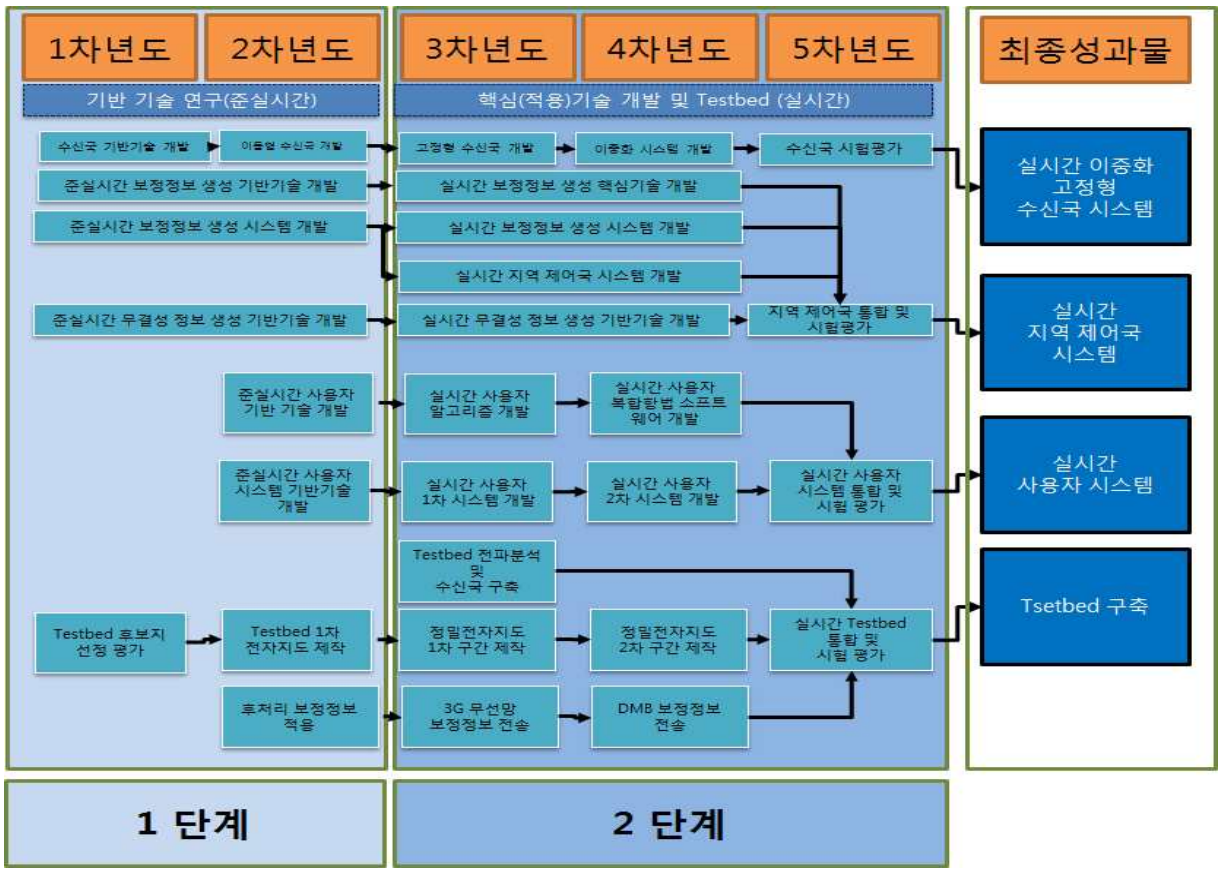
- 정확도가 향상된 보정정보의 성능 확인을 위한 보정정보를 이용한 차로구분 사용자 시스템 시험평가 장비

○ 시험평가를 위한 테스트베드 구축

- 육상교통에서 사용자의 다양한 위성항법 수신환경 및 통신환경을 대상으로 차로구분 수준의 위치결정 기술의 시험 및 평가 기술개발

○ 복합항법을 이용한 정밀위치결정 알고리즘 개발

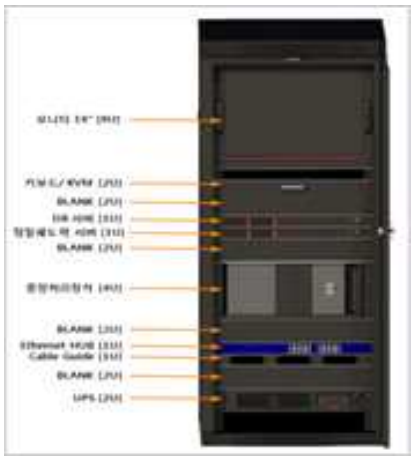
- 급변하는 다양한 육상교통환경에서 차로구분 정확도를 유지하기 위한 위성항법, 관성항법, DR항법, 영상항법을 이용한 복합항법 알고리즘 개발



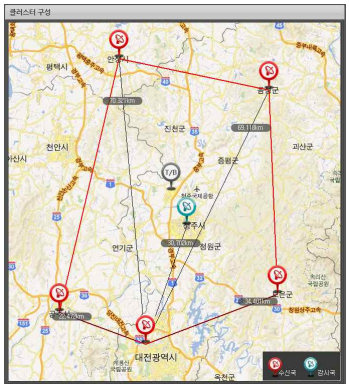
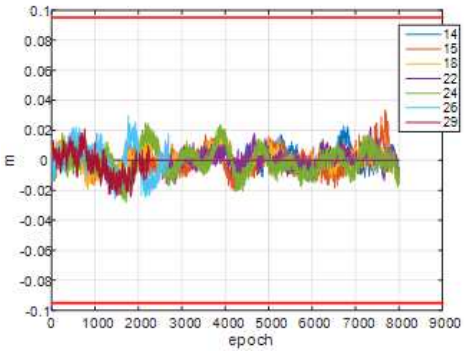
<그림 3.1-1> 성과로드맵

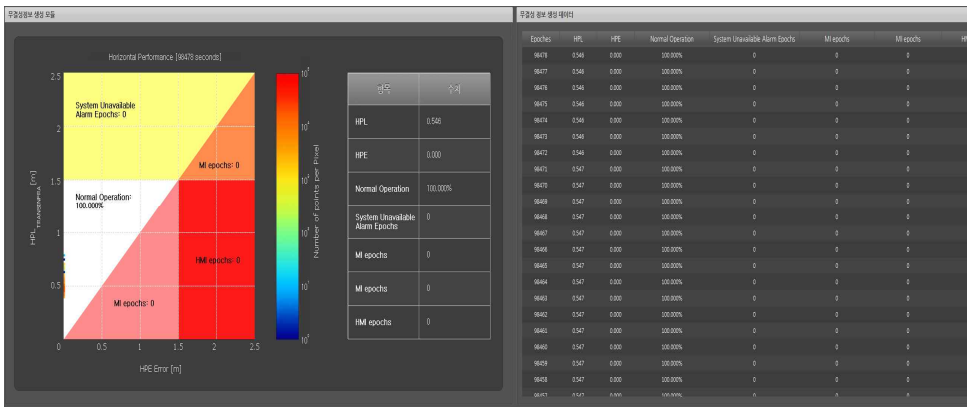
1. 핵심성과

<table>
<tr><td colspan="7">실시간 운용 지역수신국</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">지역수신국은 위성항법 데이터, 기상측정 데이터, 수신국 상태 데이터 등을 획득하여 지역제어국으로 전송</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성항법을 이용한 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성의 기초가 되는 데이터를 수집하고 전달하는 시스템으로써 수신국을 구성하고 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 안정과 사용 편의를 제공</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
지역수신국 안테나
 
지역수신국 함체</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 기 구축된 수신국들은 1개의 위성항법수신기와 안테나, 인터넷 등이 설치되어 있으며 유지관리, 설치, 철거 등이 어려움
(개발기술 수준) 지역수신국은 위성항법수신기와 안테나, 데이터 처리 서버, 보조전원 공급 장치 등이 2개씩 설치되어 있으며 장비, 통신 네트워크의 이중화 및 교차연결 설치로 데이터들의 연속성과 가용성을 향상시켰으며 필요에 따라 이동이 용이함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1</td><td>3</td><td>-</td><td>4</td><td>1</td><td>6</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">기존 콘크리트 구조물 보다 유지보수 및 관리가 용이하고 주변환경이 급변하는 사회에서 수신국의 이동 설치가 유용하며 이에 따른 비용이 적음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성 기초 데이터 수집 목적으로 청계, 양평, 일죽, 송탄 지역에 추가적으로 설치될 예정</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">지역수신국의 데이터를 수집 및 분석하여 지역별 위성항법신호 전리층오차, 대류권 오차 등의 분석에 활용</td></tr>
</table>

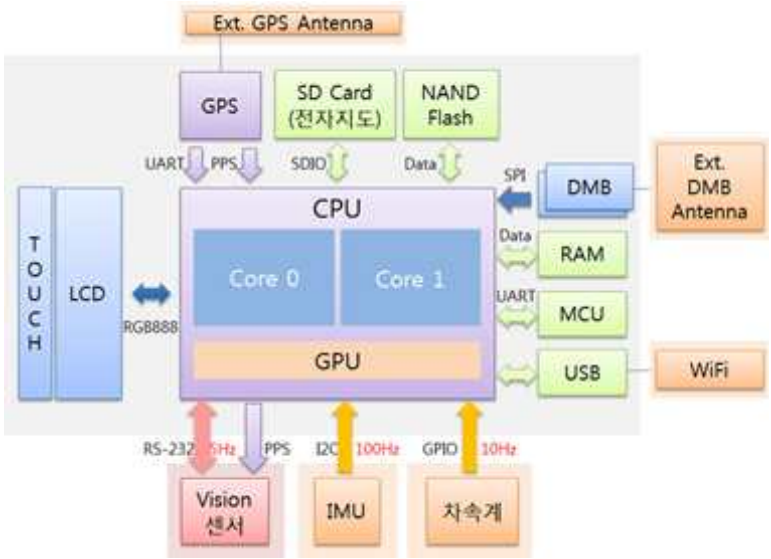
<table>
<tr><th colspan="7">실시간 운용 지역제어국</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">지역수신국으로부터 획득된 데이터의 전처리, 이상감시 등을 수행한 후
위성항법을 이용한 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보를 생성 및
지역수신국 내에 송출 가능하게 함</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">여러 개로 구성되어 있는 지역수신국을 총괄하는 시스템으로써 제어,
집중처리, 표출, 방송통신 등의 역할을 수행</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
지역제어국 서버</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 현존하는 다중 수신국 기반 위성항법 보정정보 생성
시스템은 고가의 위성항법수신기만을 대상으로 개발되어 있음
(개발기술 수준) 지역제어국은 저가형 위성항법수신기를 대상으로 보정정보를
생성하며 사용자는 보정정보를 이용하여 이동하는 상황에서 본 과제의
요구정확도인 최대 0.9m 위치결정 결과를 획득할 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>15</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">저가형 위성항법수신기의 위치결정 성능이 향상시킬 수 있으므로 수십 cm
수준의 위치결정 결과를 요구하는 사용자는 보다 저렴한 비용으로
요구정확도를 만족할 수 있음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템
개발” 과제에 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 시스템에
활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 보정정보 생성에서 러시아
위성항법시스템을 추가한 보정정보 생성 기초 연구에 활용하며 지속적인
운영으로 보정정보 송출 지역에 위치결정 정확도를 향상시킴</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">실시간 운용 인프라 모니터링 시스템</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">실시간으로 운영되는 지역수신국과 지역제어국을 모니터링하는 시스템으로써 각각의 하드웨어 및 소프트웨어 동작 상태를 실시간으로 확인할 수 있게 함</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">지역수신국과 지역제어국을 모니터링하는 시스템으로써 하드웨어 및 소프트웨어의 동작 상태 및 이상 상황 등을 실시간으로 표출하고 문제 발생시 빠른 문제 파악과 조치를 취하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
모니터링 시스템</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(개발기술 수준) 모니터링시스템은 실시간으로 지역수신국 지역제어국의 데이터 송·수신 상태를 파악할 수 있으며 이러한 시스템들이 오류가 발생하였을 경우 시각적으로 표출되어 시스템의 상태를 실시간으로 파악할 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">없음</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제의 센터 구축에 일부 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">위성항법시스템을 이용한 기술개발 모니터링 시스템의 구축 환경, 표출 내용 등의 참고 자료로 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">다중 수신국 실시간 보정정보 생성</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">위성항법신호는 전리층, 대류권 등의 오차요소들이 포함되어 있으므로 다중 수신국을 활용하여 이러한 오차들을 최소화하기 위한 보정정보가 필요</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성항법신호의 오차요소들을 최소화하여 보다 높은 정확도의 위치결정 성능을 확보하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 
다중 수신국 구성
 
다중 수신국 보정정보</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 단일 수신국 반경 10km를 초과하면 사용자의 위치결정 성능이 저하되며 이를 보완하기 위해 Network-RTK가 개발되었으나 기 구축 시스템은 고가의 위성항법 수신기 사용을 권장하며 수신국간 거리가 40km 이내
(개발기술 수준) 지역수신국간 거리를 최대 70km까지 확장하여 있으며 저가형 위성항법 수신기를 대상으로 보정정보를 생성하고 장기저선 기반의 보정정보 적용 시 본 과제 요구정확도인 약 0.9m 위치결정 만족</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>1</td><td>17</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">수신국간 거리 확정으로 인한 서비스 범위 확대</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 에서 WAVE 통신과 연계하여 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 향상을 위한 보정정보 생성에 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 보정정보 생성에서 러시아 위성항법시스템을 추가한 보정정보를 생성하고 적용하여 과제 요구정확도 향상 연구개발에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">다중 수신국 실시간 무결성정보 생성</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">위성항법신호와 보정정보의 신뢰성을 판단하고 신뢰성을 만족하지 못하였을 경우 이를 정해진 시간 내에 사용자에게 경보를 알림</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">육상교통 사용자는 수신국과 달리 위성항법신호 차폐지역이 많이 발생하여 낮은 위성고도각의 오차가 많이 내포되어 있는 위성항법신호를 사용하되 이를 선택적으로 사용할 수 있도록 지역제어국에서 위성항법신호와 보정정보의 신뢰성을 판별하기 위함</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

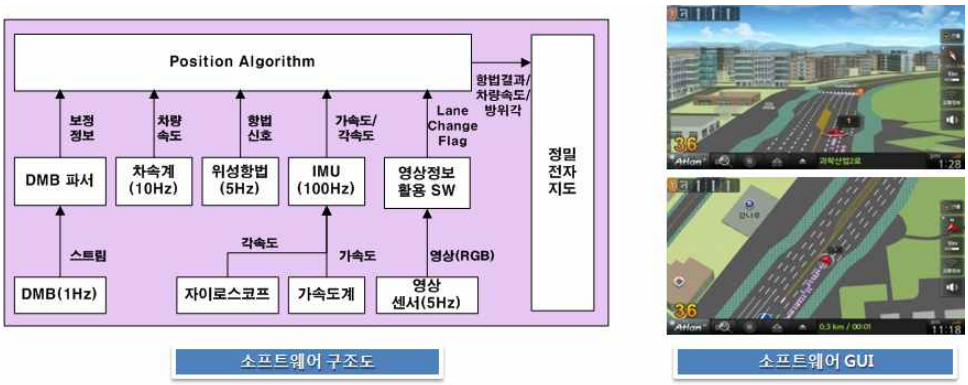
무결성 정보</td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준) 무결성정보는 현재 항공, 해상분야에서 사용
(개발기술 수준) 항공분야에서만 활용하는 무결정정보를 육상교통환경 사용자에게 전달하는 독자적인 프로토콜을 개발하고 실시간 판단 결과 본 과제 요구무결성 오차경보 1.5m에 대한 신뢰도 99.9% 만족</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>5</td><td>9</td><td>1</td><td>10</td><td>10</td><td>16</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">무결성정보 활용을 항공, 해상분야뿐만 아니라 육상환경에 적용하여 현존하는 육상 분야 시스템들의 위성항법신호 및 보정정보 신뢰성 판단 중요성 확산</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업 과제인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발”에서 WAVE 통신과 연계하여 자율협력주행 차량의 위치결정 성능 신뢰성 검증에 활용</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">기존 미국의 위성항법시스템만을 이용한 활용에서 러시아 위성항법시스템을 추가하여 본 과제 요구무결성 향상 연구개발에 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">사용자 시스템 설계 및 시험평가 장비 개발</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">정확도가 향상된 보정정보의 성능 확인을 위한 보정정보를 이용한 차로구분 사용자 시스템 시험평가 장비</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">최종 연구 목표인 차로구분이 가능한 위치결정 기술을 검증하기 위하여 차로가 표현된 정밀 전자지도가 내장되어 있으며, 보정정보를 획득할 수 있는 통신 장비가 내장된 시험평가용 사용자 단말기를 개발하여 보정정보의 성능을 검증</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

<시험평가용 사용자 시험평가 장비 하드웨어 설계></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준)코드기반, 도로기반, 출력 주기 1초 네비게이션 단말기
(개발기술 수준)반송파기반, 차로기반, 출력주기 0.2초 네비게이션 단말기
(개발기술 설정근거) 차로구분 수준의 위치결정 성능을 확인하기 위하여 기존 사용 저가형 단말기 사양의 하드웨어에 호환 가능하도록 통신 및 GPS 칩을 설계하고, 위치결정 알고리즘을 개발하여 0.2초 주기의 빠른 출력 주기를 갖는 시험 평가용 사용자 단말기 개발이 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>-</td><td>-</td><td>3</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">저가형 네비게이션으로 차로구분 수준의 정밀위치결정 가능성을 보여줌으로써 향후 일반 네비게이션에 적용될시 다양한 콘텐츠에 적용될 것으로 예상함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">국내 일반 네비게이션 업체에 기술실시계약 체결 1건</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="7">시험평가를 위한 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">육상교통에서 사용자의 다양한 위성항법 수신환경 및 통신환경을 대상으로 차로구분 수준의 위치결정 기술의 시험 및 평가 기술개발</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">최종 연구 목표인 차로구분이 가능한 위치결정 기술을 검증하기 위하여 4곳의 수신국과 2곳의 감시국, 차로구분 정밀전자지도 구축을 위한 다양한 교통환경이 내재된 도심지를 선정하여 시험평가용 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

<테스트베드 구성></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준)비교 기술 없음
(개발기술 수준)정확도 20cm이내인 정밀전자지도, L1/L2 고가형 단말기 탑재 수신국, 사용자의 저가형 수신기 탑재 감시국, 지연시간 30초 이내의 DMB 방송 송출
(개발기술 설정근거) 차로구분 수준의 위치결정 성능을 확인하기 위하여 다양한 교통환경을 가진 장소를 전파환경 분석 및 GPS 환경 분석을 통해 자문평가를 통해 선정하고, 4개의 수신국 네트워크를 구성하여 1개의 지역제어국을 통해 DMB 방송으로 보정정보를 송신하는 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>4</td><td>-</td><td>21</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">차로 정보가 포함된 정밀전자지도를 포함한 테스트베드로는 국내에 유일하며, 차로구분 관련 성능실험에 사용 가능함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">추후 위성항법기반 교통인프라 2단계 사업에 정확도 관련 성능 실험에 사용 예정이며, 국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에서도 성능테스트를 위해 일부 사용 예정임</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="7">복합항법을 이용한 정밀위치결정 알고리즘 개발</th></tr>
<tr><td>정의</td><td colspan="6">급변하는 다양한 육상교통환경에서 차로구분 정확도를 유지하기 위한
위성항법, 관성항법, DR항법, 영상항법을 이용한 복합항법 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="6">위성 차폐구간이 빈번한 도심지에서 차로구분 정확도를 유지하기 위한
위성항법 성능을 향상시키기위한 복합항법 알고리즘 개발이 필요</td></tr>
<tr><td>대표
이미지</td><td colspan="6"> 

<복합항법을 이용한 정밀위치 알고리즘 개발></td></tr>
<tr><td>성능수준
(질적성과)</td><td colspan="6">(기존기술 수준)코드기반 DR 항법 사용(도심지 차로구분 불가능)
(개발기술 수준)반송파기반 복합항법(정확도 0.9m, 가용성 90%)
(개발기술 설정근거) 위성 차폐구간이 빈번한 도심지에서 반송파기반
보정정보를 사용하여 차로구분 성능의 위치를 유지하기 위해서는 차속,
관성센서, 영상센서 정보를 이용하여 가용성을 높일 필요가 있으며, 최적의
항법을 하기위한 복합항법 알고리즘 개발이 필요함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">양적성과</td><td>특허 출원</td><td>특허 등록</td><td>SCI 논문</td><td>비SCI 논문</td><td>S/W</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>9</td><td>9</td><td>8</td><td>13</td><td>3</td><td>71</td></tr>
<tr><td>파급 및
기대 효과</td><td colspan="6">차로 정보가 포함된 정밀전자지도를 포함한 테스트베드로는 국내에
유일하며, 차로구분 관련 성능실험에 사용 가능함</td></tr>
<tr><td>성과 활용실적
및 계획</td><td colspan="6">추후 위성항법기반 교통인프라 2단계 사업에 정확도 관련 성능 실험에 사용
예정이며, 국토교통부 교통물류연구사업의 하나인 “스마트 자율협력주행
도로시스템 개발” 과제에서도 성능테스트를 위해 일부 사용 예정임</td></tr>
<tr><td>향후 성과관리
계획</td><td colspan="6">국토교통부 교통물류연구사업에 하나인 “스마트 자율협력주행 도로시스템
개발” 과제에 일부 활용</td></tr>
</table>

제2절 주요 연구성과

주요 연구성과	학술지 게재		학술 발표		특허출원	특허등록	소프트웨어
	일반	SCI(E)	국내	국외			
개수	55	17	119	68	31	26	24

1. 과제 기획단계 성과

본 과제의 기획단계인 2006년 10월부터 2009년 9월까지의 성과이다. 이를 기반으로 본과제의 연구 및 개발 단계를 계획하고 추진하였다.

가. 논문 게재 실적

게재연도	논문명	저자		학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	공동저자				
2007.03	위성항법시스템의 응용분야 및 경제적 영향분석	한재현		항공우주시스템공학회지	1	국내	일반학술지
2009.12	Epoch-by-epoch GNSS 정밀 측위에서 실수해의 특성	한덕희		제어로봇시스템학회	15	국내	일반학술지

나. 논문 발표 실적

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
2006.10	갈릴레오 위성항법시스템에 대한 한국의 대응전략	한재현,김미경	월간교통지	국내
2006.11	Performance Evaluations of the 3rd Rail Type Power Collector for the Rubber-Tired Light Rail Vehicle	김연수,박성혁,정락교	2006 Asian Pacific Conference for Fracture and Strength	국외 다
2007.02	EU의 EGNOS 구축 사례와 시사점	한재현,박찬엽	과학기술정책지	국내
2007.04	무선통신기반시스템의 측정거리 평가	정락교,윤용기,신경호,신준철	대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템부분회 춘계학술대회	국내 나
2007.05	위성항법 감시 시스템 구조 분석 연구	허문범,윤영민,심주영	건설교통기술 R&D성과포럼	국내
2007.05	위성항법기반 철도 적용성 연구	정락교,신경호	한국철도학회 춘계학술대회	국내

2007.05	철도응용분야에서의 갈릴레오 시스템의 적용방안 연구	신경호,정의진,이준호,정락교	한국철도학회 춘계학술대회	국내
2007.06	항공항행용 SBAS 구축과 국가 GNSS 추진전략	한재현,박찬엽	교통정책연구	국내
2007.07	Range Assessment Using Radio Communication System	Rag-Gyo Jeong, Kyung-Ho Shin, Yong-Ki Yoon, Yang Doh Chul	ITC-CSCC 2007	국외
2007.07	차상-지상 무선기간의 측정거리 품질 평가	정락교,윤용기,신준철	대한전기학회 하계학술대회	국내
2009.06	위성항법 기반 지상이동 로봇의 주행 성능분석	강우용,이은성,이연규,허문범,남기욱	한국통신학회	국내

2. 본과제 학술적 성과

가. 논문 게재 실적

게재연도	논문명	저자		학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	공동저자				
2009.12	Epoch-by-epoch GNSS 정밀 측위에서 실수해의 특성	한덕희		제어로봇시스템학회	15	국내	일반학술지
2010.03	GPS 주파수간 편이 추정정확도 분석	김민우		항공우주시스템공학회지	4	국내	일반학술지
2010.09	GPS Anomaly Analysis and Pseudorange Accuracy Improvement by Anomalous Satellite Elimination	Yun-Ja Yoo	Deuk-Jae Cho, Sang-Hyun Park	Journal of Navigation and Port Research International Edition	34(7)	국내	일반학술지
2010.10	위성항법 기반 AGV의 안정성 향상 시험	강우용		한국항행학회지	14	국내	일반학술지
2010.10	이동체의 속도와 안테나 기저선을 활용한 반송파 측정값의 고장검출	박재익		한국항행학회지	14	국내	일반학술지
2010.10	GPS 항법메세지 이상이 수신기에 미치는 영향 분석	강희원	조득재, 박상현	한국해양정보통신학회논문지	14(10)	국내	일반학술지
2010.10	RTK 보정정보 난수신 환경에서의 측위연속성 향상을 위한 시간지연 보상 연구	박병운		한국항행학회논문지	14	국내	일반학술지
2010.10	도플러 측정치를 이용한 육상교통 환경에 적합한 정밀 측위 기법 연구	이병현	지규인	한국항행학회지	14	국내	일반학술지
2011.01	차로 구분이 가능한	강우용		제어로봇	17	국내	일반학

	정밀전자지도의 성능 요구사항에 관한 연구			시스템학회논문지			술지
2011.06	차로 제한 조건을 이용한 차로 구분 성능 분석	강우용		한국항행학회논문지	15	국내	일반학술지
2011.06	회피 벡터를 이용한 위성항법 기반 AGV의 장애물 회피	강우용		한국항공우주학회지	39	국내	일반학술지
2011.08	태양 흑점활동이 측위오차에 미치는 영향: 태양폭풍 사례연구	유윤자	조득재, 박상현	한국항해항만학회지	35(6)	국내	일반학술지
2011.08	Adaptive vector-tracking loop for low-quality GPS signal	Kim, K.H.		international journal of Control, Automation and Systems	9	국외	SCI(E)
2011.10	L1/L2 측정치 조합을 이용한 GPS 기준국간 반송파 미지정수 결정 기법	박병운		한국항행학회논문지	15	국내	일반학술지
2011.11	센싱 및 계측 기술에서의 혁신: 지구물리 탐사를 위한 압축센싱 및 초고해상도 기술	공승현	한승준	지구물리와 물리탐사	14	국내	일반학술지
2011.12	Detection algorithm of ionospheric delay anomaly based on multi-reference stations for ionospheric scintillation	Yun-Ja Yoo	Deuk-Jae Cho, Sang-Hyun Park, Mi-Young Shin	한국항해항만학회지	35(9)	국내	일반학술지
2011.12	다중경로 환경에서 형상필터를 이용한 CDGPS 성능 향상 기법	조성룡		전기학회논문지	60	국내	일반학술지
2012.01	LRF(Laser Range Finder) 거릭와 반사도를 이용한 보행자 보호용 노면표시 검출기법 연구	임성혁		제어로봇시스템학회논문지	18	국내	일반학술지
2012.03	An Approach for GPS Clock Jump Detection Using Carrier Phase Measurements in Real-Time	Heo, Youn-Jeong		Journal of electrical engineering & technology	7	국외	SCI(E)
2012.08	Network RTK 항체의 불연속 위치 결정 개선을 위한 기준국 셀간 미지정수 차이 조정 연구	박병운		한국항핵학회논문지	16	국내	일반학술지
2012.10	고도를 고정한 GNSS 위치 결정 기법에서 고도 오차의 영향	조성룡		전기학회논문지	61	국내	일반학술지
2012.10	중장기선 GPS L1 상대측위에서 격자형 지역 전리층 모델 적용에 따른 측위 정확도 영향 평가	손은성	원지혜,박관동	한국측량학회지	30	국내	일반학술지
2012.11	지능형 교통시스템에 적합한 위성항법 기반의 정밀측위 구조 설계	이병현		제어로봇시스템학회논문지	18	국내	일반학술지
2012.12	다중수신국 실시간 위성항법데이터 처리 성능향상을 위한 데이터 송·수신 설계	김규헌		한국항공운항학회지	20	국내	일반학술지
2012.12	정밀 위치결정 성능 최적화를 위한 위성항법 수신국 네트워크 구성	손민혁		한국항공운항학회지	20	국내	일반학술지

2012.12	GPS 신호의 대류권 지연정보 격자지도 생성과 상대측위 정확도 향상 평가	김두식	원지혜,손은성,박관동	한국항해항만학회지	36	국내	일반학술지
2012.12	위성항법 수신기에서의 기만 영향과 대응	임성혁		제어로봇시스템학회논문지	18	국내	일반학술지
2012.12	육상교통환경 위성항법 성능 예측을 위한 Sky-View-Factor 기반 Dilution of Precision 분석	홍운기		한국항행학회논문지	16	국내	일반학술지
2012.12	현장 분석을 통한 위성항법기반 교통인프라 네트워크 수신국 사이트 선정 방법	손민혁		한국항행학회논문지	16	국내	일반학술지
2012.12	GPS 반송파 위상을 사용한 편대비행위성 상대위치결정 연구	박재익		한국항공우주학회지	40	국내	일반학술지
2012.12	Matrix Pencil Method를 이용한 고분해능 TDOA 추정 기법	고재영	조득재, 이상정	한국항해항만학회지	36(10)	국내	일반학술지
2012.12	사용자 다이나믹을 고려한 GPS 반송파 고장검출	원대희		한국항공우주학회지	40	국내	일반학술지
2013.02	Least-Squares-Based Iterative Multipath Super-Resolution Technique	Wooseok Nam		IEEE transactions on signal processing	61	국외	SCI(E)
2013.02	실시간 GNSS 기만 시뮬레이터를 이용한 위성항법수신기에서의 기만 영향 분석	임성혁		제어로봇시스템학회논문지	19	국내	일반학술지
2013.02	Network RTK 환경에서 위성에 의한 이상 검출 기법	신미영	조득재, 유윤자, 홍철의, 박상현	한국항해항만학회지	37(1)	국내	일반학술지
2013.02	1-Point Ransac Based Robust Visual Odometry	Nguyen Van Cuong	Gyu-In Jee	Journal of the Korean GNSS Society	2	국내	일반학술지
2013.03	SAR에 적용된 SVD-Pseudo Spectrum 기술	김빈희		전자공학회논문지	50	국내	일반학술지
2013.03	DGPS Enhancement to GPS NMEA Output Data: DGPS by Correction Projection to Position-Domain	Park, B.		The Journal of navigation	66	국외	SCI(E)
2013.03	A Development of GPS SIS Anomalies Generation Software	Park, B.		The Journal of navigation	66	국외	SCI(E)
2013.03	A Study for Improving the Positioning Accuracy of DGPS Based on Multi-Reference Stations by Applying Exponential Modeling on Pseudorange Corrections	김군택	박관동,이은성,허문범	Journal of the Korean GNSS Society	2	국내	일반학술지
2013.04	A Development of GPS SIS Anomalies Generation Software	Younghoon Han	Jaeyoung Ko, Mi Young Shin, Deuk Jae	Journal of the Korean GNSS Society	2(1)	국내	일반학술지

			Cho				
2013.06	PERFORMANCE ANALYSIS OF DOPPLER AIDED GPS/QZSS PRECISE POSITIONING FOR LAND VEHICLES	Byung-Hyun Lee	Gyu-In Jee	Annual of Navigation	20 (1)	국외	일반학술지
2013.08	육상교통 인프라 구축을 위한 다중 네트워크 간 미지정수 수준 조정이 고려된 Compact Network RTK 보정정보 생성기법 연구	송준솔		한국항행학회논문지	17	국내	일반학술지
2013.10	다중 기준국 보정정보 모델링 방식에 따른 Compact Network RTK 사용자 성능 비교	송준솔		한국항행학회논문지	17	국내	일반학술지
2013.12	다중수신국 활용 위성항법기반 위치결정 무결성 위험도 구조 설계 및 검증	이은성		地籍	43	국내	일반학술지
2013.12	육상교통 항법을 위한 네트워크기반 위성항법보정 시스템의 구성	손민혁		한국항공운항학회지	21	국내	일반학술지
2014.04	Analysis of GNSS Performance Index Using Feature Points of Sky-View Image	Woonki Hong		IEEE transactions on intelligent transportation systems	15	국외	SCI(E)
2014.04	GNSS integration with vision-based navigation for low GNSS visibility conditions	Won, Dae Hee		GPS solutions	18	국외	SCI(E)
2014.05	Predictions of Allowable Sensor Error Limit for Cycle-Slip Detection	Song, J.		Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences	57	국외	SCI(E)
2014.09	Fast Multi-Satellite ML Acquisition for A-GPS	Seung-Hyun Kong		IEEE transactions on wireless communications	13	국외	SCI(E)
2014.09	Software-based Real-time GNSS Signal Generation and Processing Using a Graphic Processing Unit (GPU)	Im, Sung-Hyuck		Journal of Positioning, Navigation, and Timing	3	국외	일반학술지
2014.09	Selective Integration of GNSS, Vision Sensor, and INS Using Weighted DOP Under GNSS-Challenged Environments	Dae Hee Won		IEEE transactions on instrumentation and measurement	63	국외	SCI(E)
2014.10	Analysis of Code Phase Estimation Error from the Resolved First Arrival Path	Seung-Hyun Kong		IEEE Trans. on	50	국외	SCI

				Aerospace and Electronic Systems			
2014.11	FMCW 레이더에서의 1D FRI (Finite Rate of Innovation) 초고해상도 기법 적용 및 분석	유경우		한국자동차공학회 논문집	22	국내	일반학술지
2014.12	지역적 기상 차이에 의한 대류권 지연 변칙이 네트워크 RTK 환경에 미치는 영향 분석	한영훈	신미영, 고재영, 조득재	전기학회 논문지	63(12)	국내	일반학술지
2014.12	Development and Positioning Accuracy Assessment of Precise Point Positioning Algorithms Based on GLONASS Code-Pseudorange Measurements	김미소	박관동, 원지혜	Journal of Positioning, Navigation, and Timing	3	국내	일반학술지
2015.02	미지정수 후보 타당성 검정 기법간의 비교 분석	고재영	신미영, 한영훈, 조득재	한국항해항만학회지	39(1)	국내	일반학술지
2015.02	곡선모델 차선검출 기반의 GPS 횡방향 오차보정 성능향상 기법	이병현	임성혁,허문범,지규인	제어로봇시스템학회논문지	21 (2)	국내	일반학술지
2015.03	Performance Analysis of Low-Order Surface Methods for Compact Network RTK: Case Study	Song Junesol	Park Byungwoon, Kee Changdon	Journal of Positioning, Navigation, and Timing	4	국외	일반학술지
2015.04	GNSS Carrier Phase Anomaly Detection and Validation for Precise Land Vehicle Positioning	Dae Hee Won	Jongsun Ahn, Eunsung Lee, Moonbeom Heo, Sangkyung Sung, and Young Jae Lee	IEEE transactions on instrumentation and measurement	64 (9)	국외	SCI(E)
2015.05. 16(Accepted)	A Single Distance Measuring Equipment (DME) Station Based Positioning System for Alternative Position Navigation and Timing (APNT)	Ojong Kim		Navigation		국외	SCI(E)
2015.05	PPP 기반 항법 알고리즘을 이용한 파고 계측시스템 설계 및 구현	송세필	조득재,박슬기	한국정보통신학회 논문지	19(5)	국내	일반학술지
2015.6	Development of a Virtual Reference Station-based Correction Generation Technique Using Enhanced Inverse Distance Weighting	태현우	김혜인, 박관동	Journal of Positioning, Navigation, and Timing	4	국내	일반학술지
2015.6	Analysis of Temporal and Spatial Variation of Precipitable Water Vapor According to Path of Typhoon EWINIAR using GPS Permanent Stations	원지혜	김두식	Journal of Positioning, Navigation, and Timing	4	국내	일반학술지

2015.07	Performance Improvement of Inertial Navigation System by Using Magnetometer with Vehicle Dynamic Constraints	Daehee Won	Jongsun Ahn, Sangkyung Sung, Moonbeom Heo, Sung-Hyuck Im, Young Jae Lee	Journal of Sensors	Article ID 435062	국외	SCI(E)
2015.08	GPS/DR Error Estimation for Autonomous Vehicle Localization	Byung-Hyun Lee	Jong-Hwa Song, Jun-Hyuck Im, Sung-Hyuck Im, Moon-Beom Heo, Gyu-In Jee	Sensors	15 (8)	국외	SCI(E)
2015.09	GPS Cycle Slip Detection Considering Satellite Geometry Based on TDCP/INS Integrated Navigation	Younsil Kim	Junesol Song, Changdon Kee,Byungwoon Park	Sensors	15	국외	SCI(E)
2015.09	IEEE 1609.4 기반 시간 동기 멀티채널 환경에서의 패킷 충돌 회피 기법	진성근		한국전기전자학회	19	국내	일반학술지
Accepted	기준국 간 대류권 지연 변칙이 네트워크 RTK에 미치는 영향	한영훈	고재영, 신미영, 조득재	한국정보통신학회 논문지	Accepted	국내	일반학술지
Accepted	네트워크 RTK 환경에서 이온층 지연 변칙현상 검출 기법	고재영	신미영, 한영훈, 조득재	한국정보통신학회 논문지	Accepted	국내	일반학술지
Accepted	Slip and Slide Detection and Adaptive Information Sharing Algorithms for High-speed Train's Navigation Systems	김광훈	전상윤,공승현	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	Accepted	국외	SCI

나. 논문 발표 실적

발표일	발표명	저자	학술대회명	국내외 구분
2009.11	주파수영역 Capon 빔 형성기를 사용한 간섭제거기법	Geon-Woo Lee, Eun-Sup Sim, Moon-Beom Heo	International Symposium on GPS/GNSS in conjunction with The 16th GNSS Workshop	국외
2010.01	Pedestrian Indoor Navigation Algorithm based on the Pseudolite and Low-cost IMU with Magnetometers including In-Flight Calibration	Taik-Jin Lee, Chong-Won Kim, Seung-Il Jeon, Sang-Hoon	International Technical Meeting 2010	국외

		Jeon, Ghang-Ho Kim, Chang-Don Kee		
2010.02	위성항법기반 교통인프라 기술개발	허문범,박재익,이은성,강우용	대한교통학회	국내
2010.04	GNSS 시뮬레이터를 이용한 이동체 운동궤적의 시각동기화 기술연구	박재익,이은성,강우용,허문범	한국우주과학회	국내
2010.04	도심지 동적 환경에서 안정적인 반송파 사용을 위한 GPS 기준국용 고장검출기법 적용 가능성 분석	원대희	한국항공우주학회	국내
2010.04	위성시계 고장에 따른 의사거리 측정치의 영향 분석	조득재,정호절,박상현,서기열	한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2010.04	위성항법 다중기준국을 활용한 육상교통 항법의 성능예측	이은성	항공우주춘계학회	국내
2010.04	위성항법기반 항법장비의 병렬 구성을 활용한 안전성 향상	강우용,박재익,이은성,허문범	한국우주과학회	국내
2010.04	위성항법보정시스템에서 UDRE 기능 해석	정호철,박상현,조득재,서기열	한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2010.05	A DGPS Integrity Monitoring Algorithm to detect the Satellite Clock Failure	Sang-Hyun Park, Ki-Yeol Seo, Deuk-Jae Cho	2010 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium	국외
2010.05	Carrier phase measurement fault detection using multiple antenna groups with vehicle dynamic information	Eun-Sung Lee, Moon-Beom Heo, Gi-Wook Nam	운항학회	국내
2010.05	CDGPS 항법시스템에서의 EWF 영향 분석용 플랫폼 설계	최헌호,조성룡,박찬식,허문범,이상정	제어로봇시스템학회	국내
2010.05	차량 동역학 모델을 이용한 DR 주행 성능 시험	강우용,이은성,허문범	제어로봇시스템학회 학술대회	국내
2010.05	차량동역학 모델을 이용한 DR(Dead Reckoning) 주행 성능 시험	강우용,이은성,허문범	제어로봇시스템학회	국내
2010.09	A New Method to Design Broadcasting Schedules for Compact-RTK Corrections : Reducing GNSS Temporal Decorrelation Error	In-Mo Jang, Byung-Woon Park, Jun-Sol Song, Chang-Don Kee	ION GNSS 2010	국외
2010.09	GNSS Based Navigation and Control for Autonomous Formation Vehicle	Eun-Sung Lee, Moon-Beom Heot, Eun-Sup Sim	International Astronautical Congress	국외
2010.09	Safety Improvement Test of A GPS Based AGV	Woo-yong	APISAT 2010	국외

	System Using A Dead Reckoning Algorithm	Kang, Eun-Sung Lee, Jae-Ik Park,Moon-Beom Heo, Eun-Sup Sim		
2010.10	A Study on Combined GPS/GLONASS RTK Receiver using Embedded Platformand Field Test Results in Urban Area	Byung-Hyun Lee, Sung-Hyuck Im, Gyu-In Jee	17th ITS World Congress, Busan 2010	국외
2010.10	Expreriment of Road Lane Recognition Using Precise Digital Map	Woo-Yong Kang, Eun-Sung Lee, Geon-Woo Lee, Jae-Ik Park, Kwang-Sik Choi, Moon-Beom Heo	GPS/GNSS	국외
2010.10	Performance Analysis of GPS-RTK Floating Solution with Doppler Measurement	Byung-Hyun Lee, Gyu-In Jee	2010 International Symposium on GPS/GNSS	국외
2010.10	Analysis of the EWF effects on CDGPS navagation system	Heonho Choi, SungLyong Cho, Yunsub Choi, Chansik Park, Sang Jeong Lee	2010 International Symposium on GPS/GNSS	국외
2010.10	실제 측정값을 활용한 정밀 위치결정 적용성 분석	이은성,허문범,박재익,강우용	항행학회학술대회	국내
2010.11	항법메시지 고장으로 인한 GPS 반송파 측정치 영향 분석	강희원,조득재,유윤자,박정진,박상현	GNSS Workshop	국내
2010.11	GPS 위성 이상발생 사례연구	유윤자,조득재,박상현,박정진,강희원	GNSS Workshop	국내
2010.11	EWF의 CDGPS 성능에의 영향 분석	최헌호,조성룡,최윤섭,허문범,박찬식,이상정	GNSS WorkShop	국내
2010.11	GNSS 시뮬레이터를 이용한 편대비행위성의 상대위치결정 알고리즘 실험	박재익,이은성,허문범	GNSS WorkShop	국내
2010.11	RTK 보정정보 난수신 환경에서의 측위연속성 향상을 위한 시간지연 보상연구	박병운,송준율,기창돈,양철수,거득기	GNSS Workshop	국내
2010.11	반송파 평활화된 도플러 측정치를 이용한 GPS 단독 항법 성능 분석	이병현,임성혁,지규인	2010 GNSS Workshop	국내
2010.11	반송파기반 다중기준국을 활용한 정밀위치 결정의 육상교통환경 성능분석	최광식,이은성,허문범	GNSS WorkShop	국내
2010.11	사용자 수신기 성능에 따른 CDGPS 성능 분석	조성룡,진미현	GNSS WorkShop	국내

		,한영훈,허문범,박찬식,이상정		
2010.11	위성항법 기반 AGV의 장애물 회피 시험	강우용,이은성,천세범,허문범,남기욱	GNSS WorkShop	국내
2010.11	육상교통의 동적 환경에서의 GPS 반송파 신호급변 검출	원대희,안종선,성상경,전향식,이영재	2010 GNSS Workshop	국내
2010.11	이중주파수 GPS 수신기를 이용한 실시간 사이클슬립 검출 알고리즘 연구	송준솔,박병운,윤호,소형민,기창돈	GNSS Workshop	국내
2011.01.24	Modified Lease-Squares based Iterative Multipath Super-Resolution Algorithm	Wooseok Nam, Kong, Seung-Hyun	ION ITM 2011	국외
2011.01.26	Odometer-Aided Real Time Cycle Slip Detection Algorithm for Land Vehicle Users	J. Song, B. Park, H. Yun, C.Kee	ION ITM 2011	국외
2011.02	육상교통 환경에서 네트워크기반의 다중기준국 활용을 위한 성능분석 연구	박재익,이은성,강우용,한지애,김현수,허문범	한국통신학회 동계종합학술발표회	국내
2011.04	고 정밀 신호 분해 알고리즘을 이용한 다중경로 신호 중 최초도달신호 탐지 성능	한혜현,공승현	춘계항공우주학회	국내
2011.04	반송파 측정값 기반 전리층 지연 생성 알고리즘 개발	이창문,박관동,허문범	2011 한국측량학회	국내
2011.04	Development of Algorithm to Generate Ionospheric Delay based on GPS Carrier Phase Measurement	Chang-Moon Lee, Jihye-Won, Kwan-Dong Park, Moon Beom Heo	European Geosciences Union General Assembly 2011	국외
2011.04	다중 기준국을 이용한 육상 교통 환경에서 항법위성 궤도력에 따른 위치결정 성능 분석	박재익,이은성,강우용,한지애,김현수,허문범	한국우주과학회 2011년 봄 학술대회	국내
2011.04	육상 교통 환경에서 시각 도움 정보를 이용한 사용자 위치결정 가용성 분석	한지애,강우용,이은성,박재익,김현수,허문범	한국우주과학회 2011년 봄 학술대회	국내
2011.04	제한조건을 이용한 위성항법 기반 주행 차로 구분	강우용,이은성,박재익,한지애,김현수,허문범,남기욱	춘계항공우주학회	국내
2011.04	GPS 반송파 고장 검출을 위한 속도 추정 알고리즘 성능 분석	나경석,원대희,성상경,이영재	춘계항공우주학회	국내
2011.04	Compact Network RTK를 이용한 GPS 시공간 비상관성 오차의 효율적인 감소	박병운,송준솔,기창돈	한국측량학회 춘계학술대회	국내

2011.04	수신기 속도 추정을 통한 GPS 반송파 고장 검출 및 Protection Level 계산	원대희,성상경,이영재	춘계항공우주학회	국내
2011.05	차로 구분을 위한 위성항법 및 조향 센서 활용 방법	강우용,이은성,박재익,한지애,김현수,허문범,남기욱	자동차공학회 부문종합학술대회	국내
2011.06	GNSS에서의 Cycle-Slip 검출 기법들의 성능 비교	조성룡,한영훈,진미현,최헌호,박찬식,허문범,이상정	2011년도 공동학술대회	국내
2011.06	GPS/GLONASS 통합보정시스템의 측위정확도 성능분석	서기열,박상현,장원석	2011년도 공동학술대회	국내
2011.07	이중 차분된 도플러 측정치의 특성을 이용한 위치 영역에서의 평활화 기법	이병현,지규인,이달호	제어로봇시스템학회	국내
2011.07	태양 흑점활동이 측위오차에 미치는 영향: 태양폭풍 사례연구	유윤자,조득재,박상현	한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2011.08	Estimation of Ionospheric Total Electron Content based on GPS Carrier Phase Measurements	C. Lee, K. Park	International workshop on GNSS Remote Sensing for Future Missions & Sciences	국외
2011.09	Design of a Robust NCO for GNSS Receivers	Deok Won Lim, Moon Beom Heo, Heon Ho Choi, Sang Jeong Lee	ION GNSS 2011	국외
2011.09	Performance Analysis of Software-based GPS/GLONASS Augmentation System for Maritime DGNSS Service	Ki-Yeol Seo,Sang-Hyun Park,Won-Seok Jang	ION GNSS 2011	국외
2011.09	SAR Image Processing Using Super Resolution Spectral Estimation with Annihilating Filter	김빈희,A.Muchkaev,공승현	APSAR	국외
2011.10	편대비행위성 상대위치결정을 위한 미지정수 결정 연구	박재익,이은성,허문범	한국항행학회 종합학술발표대회	국내
2011.10	GNSS based Relative Navigation of Formation Satellite with Long Baseline	Jae-Ik Park, Eunsung Lee, Moon-Beom Heo	62nd International Astronautical Congress	국외
2011.10	반송파 위상을 이용한 전리층 보정 정보 생성 및 전리층 기울기 분석	허윤정,이은성,허문범	한국우주과학회 가을학술대회	국내
2011.10	GPS Spoofing Signal Detection and Compensation Method in DGPS Reference Station	Mi Hyun Jin, Young Hoon Han, Heon Ho Choi, Chansik Park,	2011 11th International Conference on Control, Automation and	국외

		Moon-Beom Heo, Sagn Jeong Lee	Systems	
2011.10	MAC 기반 Compact Network RTK 준실시간 프로그램 구현 및 사용자 성능 예측	송준솔,박병운,기창돈	항행학회 종합학술 발표대회	국내
2011.11	GPS 위성시계 이상 검출을 위한 실시간 무결성 감시	허윤정,조정호,허문범	제 18차 GNSS 워크샵	국내
2011.11	Considerations of Road Lane Recognition Using Precise Digital Map	이은성,강우용,허문범	3rd Asia Oceania Regional Workshop on GNSS	국외
2011.11	다중 기준국에서의 위성신호 이상감시 소프트웨어 설계 및 구현	홍철의,조득재,박상현,유윤자,신미영	한국항해항만학회 추계학술대회	국내
2011.11	보강시스템을 위한 UDRE 추정 성능해석	박상현,조득재,서기열,서상현,신미영	GNSS Workshop	국내
2011.11	GPS 위성항법신호 이상감시 소프트웨어 플랫폼 개발	홍철의,조득재,유윤자,신미영,박상현	GNSS Workshop	국내
2011.11	위성에 의한 이상 검출 및 원인 식별 기법	신미영,조득재,유윤자,홍철의,박상현	GNSS Workshop	국내
2011.11	파랑의 동적 특성을 고려한 측위성능 검증용 테스트베드 개발	조득재,박상현,박슬기,홍철의,서상현	GNSS Workshop	국내
2011.11	Study on Precise Positioning for Maritime Transportation Safety	조득재,박슬기,박상현	IGNSS Symposium 2011	국외
2011.11	보정정보 투영에 의한 위치영역 DGPS 알고리즘 구현	박병운,이정근,김연실,윤호,기창돈	GNSS Workshop	국내
2011.11	MAC 기반 Compact Network RTK를 활용한 공간 이격 오차 감소 방안 및 성능 검증	송준솔,박병운,윤호,김연실.기창돈	GNSS Workshop	국내
2011.11	차량의 동적 특성을 이용한 위치 영역에서의 평활화 성능 향상 기법	이병현,지규인	GNSS WORKSHOP	국내
2011.11	도심지역에서의 반송파 고장검출을 통한 의사거리 스무딩 성능 향상	박종근,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	GNSS WORKSHOP	국내
2011.11	다중경로 채널 환경 모델에 대한 Super-Resolution 기술의 최초도달신호 탐지 성능 비교 분석	한혜현,공승현	GNSS Workshop	국내
2011.11	사용자 다이나믹 추정 방법에 따른 위성항법시스템의 반송파 고장 검출 성능 분석	나경석,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	항공우주학회	국내
2011.11	신호추적과 신호 단절 감지를 동시에 지원하는 이중 Lock Indicator 설계	진미현,최헌호,임덕원,허문	제 18차 GNSS WORKSHOP	국내

		범,박찬식,이상정		
2011.11	다중경로 환경에서의 반송파 스무딩 기법이 CDGPS에 미치는 영향 분석	조성룡,한영훈,최헌호,박찬식,허문범,이상정	제 18차 GNSS WORKSHOP	국내
2011.11	다중경로 환경에서의 코드 측정치 성능 향상	조성룡,한영훈,최윤섭,박찬식,허문범,이상정	Korea GNSS Society 2012	국내
2011.11	Analysis of the Multipath Effect on Carrier Smoothed Code Measurements	Heonho Choi, Young Hoon Han, SungLyong Cho, Moon-Beom Heo, Chansik Park, Sang Jeong Lee	International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2011	국외
2011.12.07	Usage of a Dense GPS Network to Analyze Spatio-Temporal Characteristics of Water Vapor during Local Downpours in the Seoul Metropolitan Area	김두식,원지혜,박관동	AGI Fall Meeting 2011	국외
2011.12.07	Analysis of crustal deformation associated with the 2011 Tohoku-oki earthquake in the Korean Peninsula using GPS time series with ARMA	원지혜,박관동,허진원	AGI Fall Meeting 2011	국외
2012.01.31	A GPS Common-View Time Transfer Scheme considering the Code Bias	신미영,조득재,박상현,이상정	ION ITM 2012	국외
2012.02.29	위성항법 다중 수신국 네트워크 구성을 위한 거리에 따른 위치결정 성능분석	박재익,홍운기,손민혁,김규헌,이은성,허문범	2012년 통신학회 동계학술대회	국내
2012.02.29	위성항법 수신국의 원격 영상 감시기법의 설계	손민혁,김규헌,박재익,이은성,허문범	2012년 통신학회 동계학술대회	국내
2012.02.29	위성항법 기반 차로 구분에서 지도 오차에 따른 차로 제한 기법의 성능 분석	강우용,홍운기,임성혁,이은성,허문범	2012년 통신학회 동계학술대회	국내
2012.04	SAR Image Processing Using Super Resolution Spectral Estimation with SVD Periodogram Method	김빈희,공승현	INO PLAN 2012	국외
2012.04.26	Satellite Relative Navigation using Kinematic Approach	박재익,이은성,허문범	ENC 2012	국외
2012.04.26	Development of Compact Network RTK for Land Vehicle Users and Performance Evaluation for Selected Networks in South Korea	송준솔,박병운,기창돈	ENC 2012	국외
2012.04.26	단일주파수 기반 GPS 상대측위에서 지역 전리층 모델 적용에 따른 측위 정확도 분석	원지혜,손은성,박관동	한국측량학회 춘계학술발표대회	국내
2012.04	동적환경의 2차 모델 기반 GNSS 반송파 고장검출	원대희,안종선	한국항공우주학	국내

	기법	,이은성,허문범,성상경,이영재	회	
2012.04	도심지역에서의 반송파 검출을 통한 의사거리 스무딩 성능향상	박종근,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	한국항공우주학회	국내
2012.04	GPS 반송파 고장 검출 향상을 위한 방위각 추정 성능 분석	나경석,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	한국항공우주학회	국내
2012.04	GPS 코드 측정값 기반 대류권 지연오차 추정	노형태,안종선,이은성,허문범,성상경,이영재	한국항공우주학회	국내
2012.04.26	단일주파수 기반 GPS 상대측위에서 지역 전리층 모델 적용에 따른 측위 정확도 분석	원지혜,손은성,박관동	한국측량학회 춘계학술발표대회	국내
2012.04.27	다중경로 환경에서의 CDGPS 성능분석	한영훈,최윤섭	2012 정보 및 제어 심포지엄	국내
2012.05.30	ATMOSPHERIC ANOMALIES DETECTION USING GNSS MEASUREMENTS CORRUPTION	유윤자,조득재,신미영,박상현	ICINS 2012	국외
2012.06.21	IGS 위성 궤도력을 이용한 육상교통 사용자 위치결정 성능향상 분석	박재익,손민혁,김규헌,이은성,허문범	2012년 한국통신학회 하계종합학술발표회	국내
2012.06.22	Network RTK 환경에서 위성에 의한 이상 검출 기법	신미영,조득재,유윤자,홍철의,박상현	2012년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2012.06.22	실시간 위성항법신호 이상 인가 시뮬레이터 설계	홍철의,조득재,신미영,유윤자	2012년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2012.06.22	Matrix Pencil Method를 이용한 고분해능 TDOA 추정 기법	고재영,조득재,이상정	2012년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2012.06.30	이동형 항체를 위한 Network RTK 보정정보 불연속 해소 방안	박병운,송준솔,기창돈	2012년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2012.09.21	A Model-Based Multipath Estimation Technique for GPS Receivers	임덕원,최헌호,허문범,이상정	ION GNSS 2012	국외
2012.10.17	실시간 다중 기준국 GNSS/GPS 반송파 미지정수 결정 기술 연구	박재익,이은성,허문범	2012년 한국우주과학회/한국천문학회 공동 가을학술대회	국내
2012.10.26	육상교통 사용자를 위한 위성항법기반 중앙국 시스템 설계 및 구현	손민혁,김규헌,허문범	2012년 한국정보통신학회 정기학술대회	국내
2012.10.10	Integer Ambiguity Resolution of Network Real Time Kinematic using Geometric Constraint	이은성,허문범,남기욱	ICSANE 2012	국외

2012.10.17	Integration of Limited GNSS Signals with Monocular Vision based Navigation	원대희,윤석창,이영재,성상경	ICCAS 2012	국외
2012.11.01	Performance Analysis of GPS Lateral Error Correction Filter based on Lane Detection	이병현,지규인	IS-GPS/GNSS 2012	국외
2012.11.01	The design of a novel TDOA method for multiple jammers location	강희원,임덕원,허문범	IS-GPS/GNSS 2012	국외
2012.11.01	Deisgn of the float solution considering the noise characteristics in the presence of multipath	조성룡,한영훈,허문범,박찬식,이상정	IS-GPS/GNSS 2012	국외
2012.11.09	위성항법기반 다중 기준국 육상교통인프라 네트워크의 수신국 설계 기법	손민혁,김규헌,허문범	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	차량 항법을 위한 반송파기반 실시간 복합단말기 개발	최광식,홍운기,임성혁,이은성,허문범	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	실시간 활용을 위한 IGS 위성시계 예측정보 성능 향상	허윤정,이은성,허문범	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	위성항법기반 정밀위치결정 다중기준국 네트워크 수신국 위치선정 방법	김규헌,손민혁,허문범	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	GPS 신호의 대류권 지연정보 격자지도 생성과 측위정확도 향상 평가	김두식,원지혜,손은성,박관동	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	항체의 동특성에 따른 위성항법수신기에서의 기만신호 영향 분석	임성혁,허문범,지규인	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	반송파기반 측위에서의 통신지연으로 인한 기준국 측정치 외삽추정 연구	홍운기,최광식,임성혁,이은성,허문범	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	다중 수신국 환경에서의 실시간 항법신호 이상감시 소프트웨어 구현	홍철의,조득재,신미영,서상현	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	정밀 지도를 통한 차선 정보와 GPS 위치 정보를 이용한차량의 횡방향 오차 보정 필터 설계	이병현,Nguyen,Van Cuong,지규인	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	육상 교통 환경에서의 누적합 기법을 이용한 반송파 고장 검출 알고리즘 개념 연구	안종선,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	장애물 환경에서 레이저 스캐너를 이용한 차량의 위치 및 자세 추정	임준혁,카자브,문공보,지규인	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.09	GPS Heading을 이용한 GPS/INS 약결합 성능개선	이승준,원대희,이은성,허문범,성상경,이영재	2012년 한국위성항법시스템학회	국내

2012.11.09	GNSS 고정밀 신호분해 기술의 성능 비교 분석	설상환, 공승현	2012년 한국위성항법시스템학회	국내
2012.11.13	Carrier Phase Fault Detection for RTK by Acceleration/Ramp/Step Test Considering User Dynamics	원대희,안종선,성상경,이은성,허문범,이영재	2012 Asia-Pacific ISAT	국내
2012.11.23	위성항법 위치결정을 위한 네트워크 수신국 데이터 처리에 관한 연구	손민혁,김규헌,이은성,허문범	2012년 항공운항학회 추계학술대회	국내
2012.11.23	교통인프라 구축을 위한 위성항법 다중 수신국 사이트 선정 방법	김규헌,손민혁,이은성,허문범	2012년 항공운항학회 추계학술대회	국내
2012.12.06	Analysis of post-seismic crustal deformation associated with the 2011 Tohokuoki earthquake in the Korean Peninsula using GPS	원지혜,박관동,허진원	2012 AGU Fall Meeting	국외
2013.01.27	DGPS Enhancement to GPS NMEA Output Data: DGPS by Correction Projection to Position-Domain	박병운,김연실,윤호,기창돈,이정근	ION ITM 2013	국외
2013.01.29	Two Dimensional Compressed Correlator for Fast Acquisition in GNSS	김빈희,공승현	ION ITM 2013	국외
2013.04.12	육상교통 사용자를 위한 미지정수 수준이 고려된 Compact Network RTK 보정정보 생성방안 연구	송준솔,박병운,기창돈	2013년 한국항공우주학회 춘계학술대회	국내
2013.04.12	지자기 센서의 결합 시기에 따른 GPS/INS/지자기계 결합항법 시스템의 성능 분석	이승준,원대희,박종근,이영재	2013년 한국항공우주학회 춘계학술대회	국내
2013.04.22	FFT based Two Dimensional Compressed Correlator for Fast Acquisition in GNSS	김빈희,공승현	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.23	New Indicator of Signal Blocking Degree to Describe GNSS Signal Receiving Environment in Land Road	홍운기,최광식,이은성,임성혁,허문범	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.23	Method to Produce Network Configuration of GNSS Receiving Station for Optimizing Performance of Precise Positioning	손민혁,김규헌,이은성,임성혁,남기욱,허문범	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.23	A Software-Defined Real-Time GNSS Signal Quality Monitoring Receiver using GPU	임성혁,이병현,지규인,이은성,허문범	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.23	Integrity Monitoring Technology on reference stations for Network RTK	신미영,조득재,박상현	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.23	Modeling of Failure of GPS Satellite for Realization of Anomalous Signals on Real-time	고재영,한영훈,신미영,조득재	ENC 2013	국외
2013.04.23	Ambiguity Level Adjustment Among Networks of Compact Network RTK for Land Vehicle Users	송준솔,박병운,노희원,기창돈	ION Pacific PNT 2013	국외

2013.04.23	DOP Controlled GNSS/Vision/INS Integrated Navigation under GNSS Degraded Environments	원대희,안종선,성상경,이영재	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.24	Relationship between TDOA DOP and TOA DOP without clock bias	최헌호,진미현,이상정,박찬식	ENC 2013	국외
2013.04.24	Design and performance evaluation of model-based multipath estimation technique for GNSS receivers	임덕원,허문범,최헌호,이상정	ION Pacific PNT 2013	국외
2013.04.25	Verification of Propagation Delay Measurements for GNSS in Land Transportation Environment	김규헌,이은성,허문범,박병운	ENC 2013	국외
2013.04.25	How to distinguish clock errors and orbit errors from satellite anomaly	한영훈,고재영,신미영,조득재	ENC 2013	국외
2013.04.25	Adaptive Filter Design of the float solution in the presence of multipath	조성룡,최윤섭,여상래,허문범,박찬식,이상정	ENC 2013	국외
2013.05.23	다중경로에서 항법 L1/L2 수신기의 영향 분석	조성룡,여상래,이선용,허문범,박찬식,이상정	ICROS 2013	국내
2013.06.27	GPS 위성이상 분석 및 이상신호 모델링	고재영,한영훈,신미영,조득재	2013년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2013.06.27	소프트웨어 기반 GPS 이상신호 생성기 설계	한영훈,고재영,신미영,조득재	2013년 한국항해항만학회 춘계학술대회	국내
2013.10	Lane-Level Positioning using GPS/Vision/Precise Map	Byung-Hyun Lee,Sung-Hyuck Im,Moon-Beom Heo,Gyu-In Jee	International Symposium on GPS/GNSS 2013	국외
2013.11	정밀 지도의 안정적 활용을 위한 맵 매칭 기법 설계	이병현,임성혁,허문범,지규인	2013 KGS Conference	국내
2013.11	육상교통 환경에서 항법용 수신기를 이용한 측정치 성능 분석	조성룡,여상래,이선용,최윤섭,박찬식,허문범,이상정	2013 KGS Conference	국내
2014.01	Application of the Recursive Signal processing of the Floating Solution in Multipath Environment	S-L. Cho, C. Park, S-J. Lee	2014 ION International Technical Meeting	국외
2014.09	In-Motion Alignment Algorithm of the Low-Grade IMU Using Inexpensive Multi Sensor Measurements	Moonseok Choi, Seong-Won Kong,	ION GNSS+ 2014	국외

		Sangkyong Seong, Eunsung Lee, Moonbeom Heo, Young Jae Lee		
2014.10	Compact Network RTK 보정정보 생성을 위한 저차수 곡면 모델 성능 분석	Junesol Song, Younsil KIM,Ho Yun,Byungwoon PARK, Changdon KEE	한국위성항법시스템학회	국내
2014.10	APNT를 위한 단일 스테이션 기반 위치결정 시스템 MOSAIC/DME의 송신 안테나 수에 따른 성능분석	김오종,김종원,송준솔,기창돈	한국위성항법시스템학회	국내
2014.10.23	그린랜드 상공에서의 이온층 단기교란	손동효,박관동	한국위성항법시스템학회	국내
2014.10	Analysis of the effects of stochastic models on ambiguity validation tests	Jaeyoung Ko,Younghoon Han, Mi Young Shin, Deuk Jae Cho	ISGNSS 2014	국외
2014.10	Vehicle Pose Estimation using Probabilistic Map and Low-cost GPS Receiver	Byung-Hyun LEE, Jun-Hyuck IM, Sung-Hyuck IM, Moon-Beom HEO, Gyu-In JEE	ISGNSS 2014	국외
2014.10	A Performance Analysis of the Position Estimation for the Ground Vehicle UsingVelodyne 3D Laser Scanner	Jun Hyuck Im, Gyu In Jee	ISGNSS 2014	국외
2014.10	Integrity Monitoring of Satellite Orbit and Clock Solutions with Real-Time Time Transfer Methodology	Youn-Jeong Heo,Eun-Sung Lee, Moon-Beom Heo,Gyu-In Jee	ISGNSS 2014	국외
2014.10	A Development of Software Defined Real-Time Spoofing Device	Sung-Hyuck Im, Gyu-In Jee, Eun-Sung LEE, Mun-Beom Heo	ISGNSS 2014	국내
2014.10.23	Development and Performance Verification of User Algorithms for PPP-RTK using various Accuracies of Correction Data	원지혜,박관동	ISGNSS 2014	국외
2014.10	WAVE 통신을 이용한 차량 정밀 위치 측정 시스템	정한균,신대교, 윤상훈, 임기택	정보 및 제어 학술대회 CICS 14	국내
2014.10	Vision Sensor와 Waypoint를 이용한 위치 오차 보정	서성훈,이병현,지규인	KGS 2014	국내
2014.11	기저선 기반 GPS 궤도력 고장 검출 알고리즘 최소검출가능오차 연구	안종선,이은성,허문범,성상경,이영재	KSAS 학술대회	국내

2015.01	INS/VLC 융합 시스템 기반 실내 항법 알고리즘 및 성능 분석	전상윤,공승현	한국통신학회	국내
2015.01	지자기 센서 오프셋 완화를 위한 측정치 차분 값 기반 실내 측위 기법	김빈희,공승현	한국통신학회	국내
2015.01	Advanced monitoring technique to strengthen the performance of marine DGPS	Miyoung Shin, Jaeyoung Go, Younghoon Han, Kiyeol Seo, Deukjae Cho	ION ITM 2015	국외
2015.04	Satellite Anomaly Detection Technique for Network RTK Integrity Monitoring	Miyoung Shin, Younghoon Han, Jaeyoung Go, Deukjae Cho	Pacific PNT 2015	국외
2015.04	Preliminary results of real-time PPP-RTK positioning algorithm development for moving platforms and its performance validation	원지혜,박관동	EGU, General Assembly 2015	국외
2015.04	Adaptive Filter Design of the Float Solution using Low-cost Receiver in the Presence of Multipath	Sunyong Lee, Yunsub Choi, Sunglyong Cho, Chansik Park, Moon-Beom Heo, Sang Jeong Lee	ENC 2015	국외
2015.06	네트워크 RTK 환경에서 대류권 지연변칙 감시를 위한 기법의 타당성 분석	한영훈,신미영,고재영,조득재	한국군사과학기술학회	국내
2015.06	네트워크 RTK 무결성 감시를 위한 결함 조건 도출	신미영,고재영,한영훈,조득재	한국군사과학기술학회	국내
2015.06	고정밀 측위성능을 제공하기 위한 MAC 설계	고재영,신미영,한영훈,조득재	한국군사과학기술학회	국내
2015.06	차량 정밀 측위를 위한 WAVE 통신 시스템 구현	정한균, 신대교, 윤상훈, 진성근, 임기택	2015 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문모집	국내
2015.06	Curve Modeled Lane and Stop Line Detection based GPS Error Estimation Filter	Byung-Hyun Lee, Sung-Hyuck Im, Moon-Beom Heo and Gyu-In Jee	Intelligent Vehicles Symposium 2015	국외
2015.07	A Real-time Cycle-slip Detection Method for CDGPS	Yunsub Choi, Sunyong Lee, Sunglyong Cho, Moon-Beom Heo, Chansik Park, Sang Jeong Lee	International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2015	국외

2015.09	A New Approach for GNSS Frequency Selection Considering Detection of Cycle Slip Insensitive Pairs of Ionospheric Combination for Dual-Frequency Receivers	Junesol Song ,Changdon Kee	ION GNSS+ 2015	국외
2015.11	원시 데이터를 기반으로 한 Cycle-slip의 검출 및 보상	최윤섭, 이선용, 조성룡, 허문범, 박찬식, 이상정	2015년 한국위성항법시스템학회 정기학술대회	국내
2015.11	측정치 모델을 기반으로 한 다중경로 신호가 코드 측정치에 미치는 영향 분석	이선용, 최윤섭, 조성룡, 허문범, 박찬식, 이상정	2015년 한국위성항법시스템학회 정기학술대회	국내

3. 본과제 기술적 성과

가. 특허 실적

(1) 출원

출원일	특허명	출원인	출원국	출원번호
2010.08.18	위성항법시스템 위치정보의 특정지역 신뢰도 제공 시스템 및 그 방법	이영재, 성상경, 원대희	대한민국	10-2010-0079630
2010.08.18	위성항법시스템 단말기를 통한 사용자 위치 신뢰도 검증 시스템 및 그 방법	이영재, 성상경, 원대희	대한민국	10-2010-0079628
2010.09.28	항법신호 이상 발생 위성 제거를 통한 의사거리 보정방법	조득재, 박상현, 유윤자	대한민국	10-2010-0093702
2011.01.18	Navigation system and method of recognizing traffic lane usig the same	Wooyong KANG	미국	13/010208
2011.04.29	Navigation device and road lane recognition method thereof	Wooyong KANG	미국	13/098161
2011.06.09	GPS신호의 차폐여부 계량 장치	천세범, 허문범, 이은성, 홍운기	대한민국	10-2011-0055452
2011.08.16	스카이뷰 이미지를 이용한 다중경로 신호 제거방법	이은성, 홍운기, 허문범, 남기욱	대한민국	10-2011-0081266
2011.08.22	DGNSS 기준국 보정정보의 보안방법 및 보안장치	조득재, 박상현	대한민국	10-2011-0083337
2011.08.22	암호화된 의도적인 오차 정보를 이용한 DGNSS 기준국 보정정보의 보안방법 및 보안장치	조득재, 박상현	대한민국	10-2011-0083338
2011.09.21	DGNSS 기준국 보정정보의 보안방법 및 보안장치	조득재, 박상현. 심재설, 김선정, 전인식, 박광순, 김진아	PCT	PCT/KR2011/006961
2011.09.21	암호화된 의도적인 오차 정보를 이용한 DGNSS 기준국 보정정보의 보안방법 및 보안장치	조득재, 박상현	PCT	PCT/KR2011/006964
2011.12.27	위성항법시스템의 반송파 측정값에 대한 고장성분 검출 방법	박재익, 이은성, 허문범	대한민국	10-2011-0143201
2012.01.19	Method of determining drive lane using steering wheel model	Wooyong KANG, Eunsung Lee, Moonbeom Heo, Giwook Nam, Eunsup Sim	미국	13/354276
2012.05.31	GNSS 대역확산 신호의 신속한 신호 획득을 위한 2차원 압축 상관기	공승현	대한민국	10-2012-0058189

2012.07.25	다중 기준국 환경에서 전리층 지연 변칙 현상의 모니터링 방법 및 이를 이용한 시스템	조득재, 유윤자	대한민국	10-2012-0081371
2012.08.13	다중 기준국 환경에서 이상위성의 판단 방법 및 이를 이용한 판단장치	조득재, 신미영	대한민국	10-2012-0088406
2012.11.06	GNSS 정밀 이동형 수신국 안테나 플랫폼	박재익, 이은성, 허문범	대한민국	10-2012-0124798
2012.12.31	실시간 위성항법 위치결정을 위한 칼만 필터 활용 반송파 사이클슬립 검출 기법	최광식, 임성혁, 이은성, 허문범, 남기욱	대한민국	10-2012-0157867
2012.12.31	Sky .View 이미지를 이용한 DOP 계산	홍운기, 이은성, 최광식, 허문범, 남기욱	대한민국	10-2012-0157816
2013.01.10	다중 기준국 환경에서 대류층 지연 변칙현상 모니터링 방법 및 이를 이용한 시스템	조득재, 신미영	대한민국	10-2013-0002764
2013.04.05	Detecting Method of GPS Clock Signal jump Using Carrier Phase Measurements in Real Time	Youn Jeong HEO, Jeongho Cho, Moon-Beom Heo	미국	13/857528
2013.12.10	차량위치 판단장치 및 차량위치 판단방법	김군택, 임성혁, 허문범, 이은성	대한민국	10-2013-0152721
2014.02.13	다중 기준국 환경에서 이상위성의 판단방법 및 이를 이용한 판단장치	조득재, 신미영	미국	14/238841
2014.06.27	네트워크 RTK 환경에서 기상센서를 이용한 대류권 지연 변칙 모니터링 시스템 및 이를 이용한 모니터링 방법	조득재, 한영훈, 신미영, 서상현	대한민국	10-2014-0079671
2014.12.05	이동체 항법 시스템 및 방법	이영재, 성상경, 원대희, 안종선	대한민국	10-2014-0173785
2014.12.19	위성항법기반 육상교통 사용자 위치결정을 위한 프로토콜 전송 시스템 및 방법	손민혁, 손은성, 임성혁, 이은성, 허문범	대한민국	10-2014-0184475
2014.12.19	위성항법장치를 이용하여 차량속도를 계산하는 장치 및 방법	홍운기, 임성혁, 이은성, 최광식, 허문범	대한민국	10-2014-0184532
2015.10.05	네트워크 RTK 환경에서 기준국간 이온층 지연 변칙 검출 장치 및 방법	조득재, 고재영, 신미영, 한영훈	대한민국	10-2015-0139897
2015.10.05	기준국 환경에서 수신기의 위치 정보를 이용한 사이클 슬립 검출 장치 및 방법	조득재, 한영훈, 신미영, 고재영	대한민국	10-2015-0140011
2015.11.18	정밀위치결정장치 및 이를 이용한 임야에서의 정밀위치결정 방법	임성혁, 허문범, 이은성	대한민국	10-2015-0161563

(2) 등록

등록일	특허명	등록인	등록국	등록번호
2010.08.13	네비게이션 시스템 및 이의 주행 차선 구분 방법	강우용, 이은성, 허문범	대한민국	10-0976964-0000
2010.08.13	네비게이션 장치 및 이의 위치 결정 방법	이건우, 허문범, 이은성	대한민국	10-0976965-0000
2011.01.18	네비게이션 장치 및 이의 주행 차선 구분 방법	강우용, 이은성, 허문범	대한민국	10-1010678-0000
2011.10.12	조향 모델을 이용한 주행차선 판단방법	강우용, 이은성, 허문범, 남기욱, 심은섭	대한민국	10-1074638-0000
2011.12.06	항법신호 이상 발생 위성 제거를 통한 의사거리 보정방법	조득재, 박상현, 유윤자	대한민국	10-1092914-0000
2012.01.02	위성항법신호의 의사거리 보정정보 생성 방법 및 장치	이은성, 허문범, 강우용	대한민국	10-1103757-0000
2012.02.24	차량에 장착되는 블랙박스를 이용한 차량 사고 분석 시스템	강우용, 이은성, 허문범	대한민국	10-1122534-0000
2012.03.04	Navigation device and road lane recognition method thereof	Wooyong Kang, Eunsung Lee, Moonbeom Heo	미국	1300000
2012.05.02	GPS 위성시각 바이어스를 예측하는 방법	허윤정, 조정호, 허문범	대한민국	10-1144226-0000
2012.05.14	위성항법시스템 단말기를 통한 사용자 위치 신뢰도 검증 방법	이영재, 성상경, 원대희	대한민국	10-1147852-0000
2012.06.19	이동형 기준국	강우용, 홍운기, 이은성, 허문범	대한민국	10-1161126-0000
2012.08.14	반송파 위상 측정값을 이용한 실시간 GPS 위성시계 신호 도약 검출방법	허윤정, 조정호, 허문범	대한민국	10-1175589-0000
2012.08.31	위성항법시스템 위치정보의 특정지역 신뢰도 제공 시스템	이영재, 성상경, 원대희	대한민국	10-1180428-0000
2012.11.23	다중 기준국 환경에서 이상위성의 판단방법 및 이를 이용한 판단장치	조득재, 신미영	대한민국	10-1206364-0000
2012.12.07	다중 기준국 환경에서 전리층 지연 변칙현상의 모니터링 방법 및 이를 이용한 시스템	조득재, 유윤자	대한민국	10-1212119-0000
2013.01.10	운송수단용 위성항법시스템의 수신기 고장 검출 장치 및 그 방법	이영재, 허문범, 성상경, 이은성, 안종선, 노형태	대한민국	10-1223308-0000
2013.03.19	Method of Determining Drive Lane Using Steering Wheel Model	Wooyong KANG, Eunsung Lee, Moonbeom Heo, Giwook Nam,	미국	8401787

		Eunsup Sim		
2013.04.30	위성항법 기준국용 데이터 송수신 장치	손민혁, 김규헌, 박재익, 이은성, 허문범	대한민국	10-1261315-0000
2013.05.07	Navigation System and Method of Recognizing Traffic Lane Using the Same	Wooyong Kang, Eunsung Lee, Moonbeom Heo	미국	8437952
2013.05.29	위성항법데이터의 실시간 처리를 위한 데이터 전송방법	김규헌, 손민혁, 박재익, 이은성, 허문범	대한민국	10-1271006-0000
2013.07.01	위성항법 가시성 계산 장치 및 방법	홍운기, 이은성, 최광식, 허문범, 남기욱	대한민국	10-1283189-0000
2013.07.22	다중 기준국 환경에서 대류층 지연 변칙현상 모니터링 방법 및 이를 이용한 시스템	조득재, 신미영	대한민국	10-1290085-0000
2013.09.02	반송파를 이용한 위성 거리 산출 장치 및 방법	최광식, 임성혁, 이은성, 허문범, 남기욱	대한민국	10-1305676-0000
2013.10.08	위성항법 다중 데이터 수신장치 설치 구조	손민혁, 임성혁, 이은성, 허문범	대한민국	10-1318206-0000
2014.09.04	GNRSS 대역확산 신호의 신속한 신호 획득 및 강건한 추적을 위한 2차원 압축 상관기	한국과학기술원	대한민국	10-1440692-0000
2014.12.10	네트워크 RTK 환경에서 기상센서를 이용한 대류권 지연 변칙 모니터링 시스템 및 이를 이용한 모니터링 방법	조득재, 한영훈, 신미영, 서상현	대한민국	10-1473241-0000

나. 소프트웨어 등록

SW명칭	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명
로그 기반 GPS 신호 시뮬레이터	2010.05.20	한국해양연구원	2010.09.29	2010-01-199-005527	박정진, 조득재, 박상현
GPS 수신기 감시 프로그램	2010.05.20	한국해양연구원	2010.09.29	2010-01-199-005525	박정진, 조득재, 유윤자, 강희원
항법신호 이상감시 모니터링 소프트웨어	2011.10.18	한국해양연구원	2011.11.11	2011-01-199-007720	조득재,홍철의,박상현,신미영,유윤자
항법신호 이상감시 소프트웨어	2011.10.18	한국해양연구원	2011.11.11	2011-01-199-007719	조득재,홍철의,박상현,신미영,유윤자
GNSS 항법신호 수집 모니터링 프로그램	2011.10.18	한국해양연구원	2011.11.11	2011-01-199-007695	조득재,홍철의,박상현,신미영,유윤자

EvilWave Form 신호생성 시뮬레이터	2011.10.24	충남대학교 산학협력단	2011.11.18	2011-01-121-007961	충남대학교 산학협력단
대역확산신호 수신기의 고기능 다중경로신호 분배 기술 프로그램	2012.01.09	공승현	2012.05.24	C-2012-010397	공승현
실시간 위성항법신호 중앙감시국 (NeRIM MonitoringProgram Ver.1.0)	2012.08.22	한국해양과학기술원	2012.09.11	C-2012-017812	한국해양과학기술원
실시간 위성항법신호 이상감시국 (NeRIM DetailViewProgram Ver.1.0)	2012.08.22	한국해양과학기술원	2012.09.11	C-2012-017811	한국해양과학기술원
실시간 위성항법신호 다중수신국 (NeRIM MultiReceiveProgram Ver.1.0)	2012.08.22	한국해양과학기술원	2012.09.11	C-2012-017810	한국해양과학기술원
위성항법 다중 기준국 네트워크 데이터 후처리 보정정보 생성 프로그램	2012.11.13	한국항공우주연구원	2012.12.20	C-2012-027793	한국항공우주연구원
가중치 최소자승 방법을 이용한 후처리기반 위성항법 위치결정 프로그램	2012.11.13	한국항공우주연구원	2012.12.20	C-2012-027792	한국항공우주연구원
Novatel(노바텔) 위성항법 수신기 바이너리 데이터 처리 프로그램	2012.11.13	한국항공우주연구원	2012.12.20	C-2012-027791	한국항공우주연구원
수신국 시스템 이상검출 문자메시지 전송 프로그램	2012.12.10	한국항공우주연구원	2012.12.26	C-2012-028183	한국항공우주연구원
위성항법 수신기 시각을 이용한 관성센서 데이터 시각동기 프로그램	2012.12.10	한국항공우주연구원	2012.12.27	C-2012-028246	한국항공우주연구원
네트워크 기반 위성항법보정시스템 시뮬레이션 소프트웨어	2013.11.14	한국항공우주연구원	2013.12.16	C-2013-027816	(한국항공우주연구원) 손민혁,이은성,허문범
실시간 항법신호 이상재현 소프트웨어(AnSIM)	2013.11.11	한국해양과학기술원	2013.12.23	C-2013-028436	한국해양과학기술원(조득재,홍철의,신미영,고재영,한영훈)
위성항법 수신국 처리운용 프로그램	2014.11.25	한국항공우주연구원	2014.12.03	C-2014-030610	손민혁, 손은성, 임성혁, 이은성, 허문범
공용 로그 저장 프로그램	2014.12	전자부품연구원	2015.04	C-2015-007339	임기택, 신대교, 정한균, 윤상훈
차량통신기지국 보정정보송신 프로그램	2014.12	전자부품연구원	2015-04	C-2015-007341	임기택, 신대교, 정한균, 윤상훈
차량통신단말기 보정정보수신 프로그램	2014.12	전자부품연구원	2015.04	C-2015-007340	임기택, 신대교, 정한균, 윤상훈
사용자 위치기반 전리층 지연정보 보간 알고리즘	2015.05.01	인하대학교 산학협력단	2015.06	C-2015-013566	인하대학교 산학협력단
사용자 위치기반 대류권 지연정보 보간 알고리즘	2015.05.01	인하대학교 산학협력단	2015.06	C-2015-013498	인하대학교 산학협력단
위성항법시스템(GPS) 반송파 위상 측정치를 이용한 정밀 위치 추정 플랫폼	2015.9	충남대학교 산학협력단	2015.11	C-2015-028211	이상정, 조성룡, 최윤섭, 이선용, 이진혁

4. 본과제 활용실적

가. 연구성과물 활용

□ 과 제 명 : 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발

□ 과제기간 : 2015.07～2020.07

□ 본 과제 활용 내용

- 서울 톨게이트에서 신갈JC를 거쳐 호법에 이르는 고속도로 구간에 위성항법기반의 차로구분 수준 위치정확도 제공을 위한 보정정보 생성 인프라 및 차량용 저가수신기를 활용한 반송파기반 정밀위치결정 소프트웨어 개발에 활용

제3절 표준화 추진

1. 표준화 개요

국제표준화기구는 무역과 상거래를 위한 ‘공동의 기술적 접근방식’과 이용자, 관련 산업 및 사회에 대한 ‘장기적인 편익’ 극대화를 최우선 목표로 하며 국제표준의 기획, 개발 및 채택 등의 역할을 수행한다. 대표적으로 ISO, IEC, ITU가 있으며 ISO와 IEC 간에는 합동전문위원회인 ISO/IEC JTC 1(Joint Technical Committee 1)을 마련하고, 산하에 분과위원회를 설치하여 운영한다.

□ ISO(International Organization Standardization)

- 법적지위 : 비정부간 기구(NGO)로서 사단법인(스위스 민법 60조)
- 역　　사 : 1947년 2월 발족
- 회　　원 : 130여개국
- 회원자격 : 국가별 대표적 표준기관(한국: 1963년 공업진흥청(현 기술표준원)가입)

□ IEC(International Electrotechnical Congress)

- 1906년 창설, 전기 전자 분야 국제 표준 기구

□ ITU(International Telecommunication Union)

- UN 산하기구, 전기 통신 분야 국제 표준 기구

가. ISO TC204 소개

(1) ISO TC204 개요

ISO는 ITS(Intelligent Transport Systems) 국제표준 제정을 위해 1992년, 산하에 ‘Technical Communittee 204’(기술위원회204)를 설립하고 1993년부터 활동을 시작하였다. TC204의 위원회 명칭은 ‘Traffic Information and Control Systems(TICS)’이었으나, 2002년 ‘ITS’로 개명되었다. 유럽은 1991년 유럽표준화기구 CEN(Committee for Europe Normalization)내에 TC278을 설립하고 ITS 유럽표준제정을 본격적으로 진행하였다. Vienna Agreement에 따라 ISO와 CEN은 유사 또는 동일한 표준화 과제에 대해 공동으로 개발하되 규격승인은 각 위원회에서 별도로 진행한다.

(2) 작업범위 및 역할

ISO TC204는 도시 및 지역 간 노면 교통 분야의 정보, 통신 및 제어시스템의 표준화를 대상으로 하며, 복합일관/다수단 수송관련, 여행자 정보, 교통관리, 대중교통, 상용 수송, 응급서비

스 및 기타 상용서비스 등이 포함된다. 지역 간 철도의 경우, 승객과 화물의 복합일관(intermodal) 이동, 여객 및 화물열차 수송과 관계된 정보시스템, 철도 건널목에서 ITS 기술이용 등이 작업범위에 포함된다.

차량 내에서 완전히 독립적 기능을 수행하면서 다른 차량이나 인프라와 상호작용을 하지 않는 ITS시스템은 ISO TC204의 작업범위에 포함되지 않으며, 이는 ISO TC22(Road Vehicles)에 해당된다.

ISO TC204는 ITS의 전 시스템 및 인프라 측면은 물론 기존 국제표준화 기구들의 작업을 감안한 ITS분야의 표준 개발 스케쥴을 포함하는 ISO 작업프로그램의 조정 역할도 맡고 있다.

(3) ISO TC204 목표

ITS개발 및 통합을 위한 전반적인 아키텍쳐, 용어 및 데이터 등록의 틀을 제공하기 위한 표준화에 주력하며 구체적인 목표는 다음과 같다.

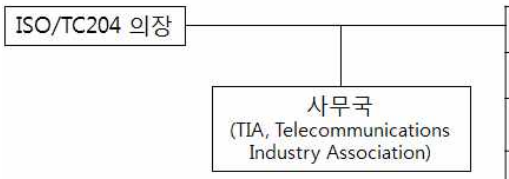
□ 차량 및 휴대장치와의 무선통신을 위한 메시지 셋과 프로토콜
□ 대중으로부터 교통 및 다른 여행관련 정보의 배달, 개인정보 수집 및 전달을 위한 메시지 셋과 프로토콜을 위한 표준화
□ 교통관리센터와 현장장치의 연결, 교통관리센터 간 및 기능이 다른 타 센터와의 메시지 셋 및 프로토콜을 위한 표준화
□ 차량환경과 상호작용하는 운전자 지원 시스템의 성능, 관련된 센서장치, 다중 운전자 지원기능의 통합을 위한 표준화
□ 미디어 특성에 따른 전자지도 DB 및 다른 위치 관련 정보의 상호교환성 및 상호운용성, 모든 시스템 DB에 걸친 일관성 있는 위치 참조를 위한 표준화
□ 자동차량 장비인식을 위한 표준화
□ 도로차량 내에서 완전히 독립적이 아닌 ITS 시스템의 운영특성 및 인간공학 측면을 위한 표준화
□ 사람과 화물의 국경선 통과 및 다 교통수단(multimodal)의 촉진을 위한 표준화
□ 여러 형태의 차내 장치를 갖는 상용차량의 차내 정보교환을 위한 표준화
□ 화물의 복합일관 수송처리를 위한 표준화
□ 다수 운영자 서비스에서의 안전하고 상호운영적인 상거래와 금융흐름 관리를 위한 표준화

(4) ISO TC204 조직구성

(가) 조직구성

ITS 국제표준 제정을 위해 ISO 산하에 설립된 TC204 조직은 의장과 사무국, 분야별 표준개발을 위한 Working Group(WG)과 ISO 내부 및 외부기관의 liaison group(연락관)으로 구성되어 있다. ISO는 일반적으로 TC내에 SC(Sub Committee)를 두고 SC내에 WG(Working Group)를 두는데, TC204는 SC없이 WG를 두고 있으며 필요시 WG내에 SWG(Sub Working Group)을 두어 운영토록 하고 있다. TC 204내에 WG은 총 18개가 설립되었고 현재 총 15개 WG이 활동 중이다. (WG2: 활동중단, WG6: 합병, WG13: TC22에서 이관)

TC204 사무국은 2006년부터 미국의 TIA(Telecommunications Industry Association)가 맡고 있으며, TC 204 회원국은 정회원국 25개국과 옵서버국 29개 국가로 구성되어 있다. 한국의 경우 1995년 3월 TC204 의장단 국내 방문 및 세미나 후, 동년 4월경 옵서버국에서 정회원국으로 승격되면서 TC204 총회와 WG회의에 참가하기 시작하였다.



Working Groups	Lead Country
WG1 : Architecture	United Kingdom
WG3 : ITS Database Technology	Japan
WG4 : Automatic Vehicle Identification/ Automatic Equipment Identification	Norway
WG5 : Electronic Fee Collection	Sweden
WG7 : General Fleet Management/ And Commercial/Freight Operations	Canada
WG8 : Public Transport and Emergency	United States
WG9 : Integrated Transport Information, Management and Control	Australia
WG10 : Traveller Information Systems	United Kingdom
WG11 : Route Guidance and Navigation Systems	Vacant(휴면)
WG14 : Vehicle/Roadway Warning and Control Systems	Japan
WG15 : Dedicated Short-Range Communications	Germany
WG16 : Wide Area Communication	United States
WG17 : Nomadic Devices in ITS	South Korea
WG18 : Co-operative System	Germany

<그림 3.3-1> ISO TC2014 조직도

(나) WG구성

① WG1: Architecture

WG1은 ITS섹터 내에서 공유하게 될 정보 및 방법에 관계된 표준개발을 목표로 하고 있으며, 용어의 공동사용, 서비스 효과/위험을 결정하기 위한 방법과 연관된 개념공유, 아키텍처와 문

서/데이터 설명방법의 통일 등을 표준화 대상으로 한다.

② WG3: ITS Database Technology

WG3은 다양한 상황을 고려한 지리정보(특히 자동차 내비게이션 서비스 관련)의 교환을 위한 인터페이스에 관한 표준제정을 목표로 한다.

③ WG4: AVI/AEI

WG4는 화물차 및 복합화물수송(intermodal)을 위한 AVI/AEI 관련 시스템 간 상호운용성 확보에 필요한 표준 제정 및 연관 응용분야 표준개발을 담당한다.

④ WG5: FEE and Toll Collection

WG5는 ETC 등 전자요금징수(Electronic Fee Collection)에 관한 표준개발을 담당한다.

⑤ WG7: General Fleet Management and Commercial/ Freight Operations

WG7은 상용차량관리 및 화물운송에 관한 국제표준개발을 목표로 하며 주요 관심사는 EDI의 데이터 표준, Electronic Supply Chain Management(ESCM), RFID와 OBU활용 시스템 아키텍처 등이며, UN/CEFACT, WCO(세계관세기구), IMO(국제해사기구), IATA, SMDC(해운해사/컨테이너 터미널 이용자 그룹)와의 협력하에 표준개발을 진행한다.

⑥ WG8: Public Transport and Emergency

WG8은 대중교통관련 정보 표준화를 담당하고 있으며 표준화 작업은 버스, 열차, 트램 및 긴급차량을 대상으로 한다.

⑦ WG9: Integrated Transport Information, Management and Control

WG9는 교통관리를 위한 표준화, 특히 정보의 시스템화 및 통신시스템의 표준화 과제들을 다루고 있으며 센터간, 센터와 노측 간, 노측 간의 데이터 교환을 위한 표준이 대표적인 표준화 주제이다.

⑧ WG10: Traveller Information Systems

WG10은 ITS 핵심부분인 여행자정보시스템에 관한 표준개발을 담당하고 있으며 운전자에게 FM방송, DSRC, 셀룰러폰, 디지털 방송을 통한 정보제공을 위한 데이터 사전 및 메시지 셋 관

련 표준을 개발하고 있다.

⑨ WG11: Route Guidance and Navigation System

WG11은 경로안내 및 항법 시스템 관련 표준개발을 담당한다.

⑩ WG14: Vehicle/ Roadway Warning and Control Systems

WG14는 운전자의 운전부담감소, 편의증진, 위험인지, 사고회피, 피해경감을 위한 다양한 차량/인프라 경고 및 제어시스템의 표준제정을 목표로 하며, 이 분야는 ITS의 핵심 부분을 구성하고 있다.

⑪ WG15: Dedicated Short Range Communication

WG15는 ETC와 같이 ITS 응용을 위한 근거리 전용통신의 표준화부분을 담당하며, 표준화 대상은 OSI의 응용계층인 layer7과 layer2의 'LLC sub layer'로 물리계층과 layer2의 MAC sub layer는 표준화 대상에서 많은 논란 끝에 제외되어 있다.

⑫ WG16: Wide Area Communications

WG16은 ITS 서비스를 위한 광역통신 부분의 표준화를 담당하며 8개의 SWG를 운영한다. 표준작업은 CALM(Communication Access for Land Mobile)분야와 프로브 분야 등에서 이루어지고 있으며, 'CALM'은 ITS 분야의 방송, P2P, V2V, V2P 통신을 위한 중·장거리, 고속, 인터페이스 파라미터 및 프로토콜 관련 표준분야이다.

⑬ WG17: Nomadic and Portalle Devices for ITS Services

WG17은 ITS 서비스를 위한 Nomadic 및 Portable 장치에 관한 표준개발을 목표로 하며, 해당 WG은 한국이 표준개발을 주도하고 있다.

⑭ WG18: Co-operative Systems

WG18은 유럽에서 개발 중인 'Co-operative Systems' (예: CVIS, COOPERS, SAFESPOT 등)의 구축을 위한 'EU Action Plan'에 따라 신설된 CEN/TC278의 WG16과 함께 운영 중이며, WG18은 1개의 SWG과 6개의 DT로 구성되어 있다.

(다) 회의 구성

TC204 정기회의는 WG회의, SPC(Stategic Planning Committee) 회의, CHOD(convener Head of Delegation) 연석회의 및 Plenary(총회) 회의로 구성된다.

① WG 회의

- 구성: convener 및 experts(회원국 지명 전문가)
- 개회시기: WG에 따라 연 2~5회 내외(일부 WG회의는 총회에서 별도로 진행)
- 회의내용: 표준(안) 개발

② SPC 회의

- 구성: TC204 의장단, 3개지역(아・태, 북미, 유럽) 대표 및 의장 초청인사
- 개최시기: 봄, 가을 연2회(TC204 총회기간 중)
- 회의내용: TC204운영 전반 검토 및 현안 사전조율

③ CHOD 회의

- 구성: TC204 의장단, 각국대표, 각 WG convener 및 rapporteur
- 개최시기: 봄, 가을 연2회(TC204 총회기간 중)
- 회의내용: WG별 표준개발 현황보고 및 진행확인, 쟁점사항 논의 및 총회 안건조율

④ Plenary 회의

- 구성: TC204 의장단, 각국대표, 각 WG convener, ISO 내부 및 외부 연락관
- 개최시기: 봄, 가을 연2회(TC204 총회기간 중)
- 회의내용: ISO 내부 및 외부 연락관 보고, 차기 TC204 회의일정 및 개최지 확정, 총회 의결사항 논의 및 확정

나. ISO 표준 제정개요

(1) 국제표준 종류

- IS(International Standard): 국제규격
- TS(Technical Specification): 기술사양서
- TR(Technical Report): 기술보고서

○ PAS(Publicity Available Specification): 일반공개사양서

○ IWA(International Workshop Agreement): 국제워크숍협약

(2) 국제표준제정 절차 및 승인조건

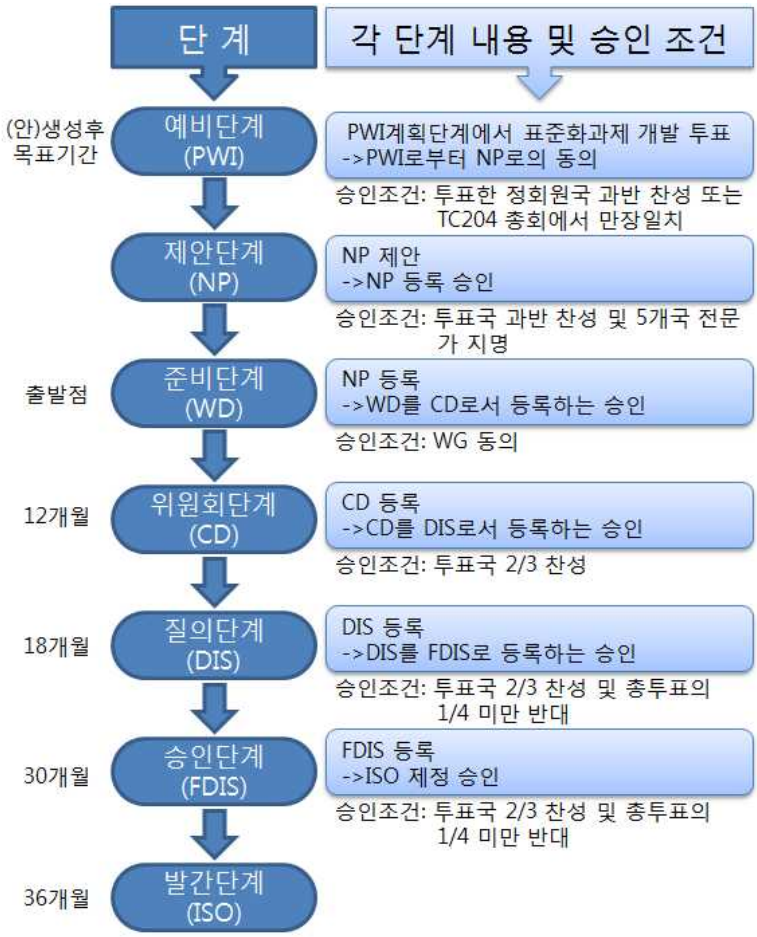
국제표준제정 단계는 예비 단계부터 발간 단계까지 7단계로 구성되어 있으며 각 단계마다 절차에 맞는 문서를 작성하고, 각국 대표단의 승인을 얻어야 다음단계로 진행할 수 있다.

<표 3.3-1> ISO 표준제정 단계

프로젝트 단계	문서 명칭(약어)	활동내용
0. 예비 단계	Preliminary Work Item(PWI)	사전작업 항목 준비/승인
1. 제안 단계	New Work Item Proposal(NP)	신규작업 항목 제안/승인
2. 준비 단계	Working Draft(WD)	작업초안 준비/작성
3. 위원회 단계	Committee Draft(CD)	초안검토 수정/합의
4. 질의 단계	Draft International Standard(DIS)	질의안 투표 수정/승인
5. 승인 단계	Final Draft International Standard(FDIS)	최종투표 승인
6. 발간 단계	International Standard(ISO)	오류수정 발간

<표 3.3-2> ISO 표준제정 시기 및 승인조건

단계	승인조건
PWI	투표국의 과반수 찬성 또는 총회에서 만장일치
NP	투표국의 과반수 찬성 및 5개국 전문가 지명
PAS, TR	NP 등록 후 12개월 경과 및 투표국의 과반수 찬성
TS	NP 등록 후 12개월 경과 및 투표국의 2/3이상 찬성
CD	NP 등록 후 12개월 경과 및 투표국의 2/3이상 찬성
DIS	NP 등록 후 18개월 경과 투표국의 2/3이상 찬성 및 정회원국의 반대가 1/4 미만
FDIS	NP 등록 후 30개월 경과 투표국의 2/3이상 찬성 및 정회원국의 반대가 1/4 미만
IS	NP 등록 후 36개월 경과
IWA	국제워크숍 경유 (International Workshop Agreement)



<그림 3.3-2> ISO 표준제정절차

2. ISO TC204(WG17) 국제표준화 추진 경과

가. ISO TC204 WG17 표준 범위

WG17에서 다루는 ITS 서비스를 위한 Nomadic&Portable Device의 표준은 다음과 같은 범위로 규정된다.

□ 차량 내 ITS Service 제공과 차량정보, 운전자지원 및 경고시스템, Entertainment 시스템 등 Telematics 및 Multimedia 서비스를 위한 Nomadic Device 표준을 개발

□ Nomadic Device는 휴대폰, WIMAX, WiFi 등 모바일 광대역 등 무선통신시스템을 제공하고, 차량통신 네트워크와의 연결을 위해 Zigbee, Bluetooth 등 근거리 링크를 포함

□ 차량통신 네트워크 고유의 방화벽 제어나 Access 프로토콜 관련 ISO/TC22 및 AMIC 관련 표준은 제외

나. WG17 참여 국가

□ 직접 참여국 : 한국, 미국, 영국, 캐나다, 스웨덴, 노르웨이, 독일, 중국, 스웨덴

□ 공식 전문가(Experts) 등록 : 10개국 (일본포함) 18명

□ 의장(Convener) : 문영준 박사 (한국교통연구원)

다. ISO TC204 WG17 제정된 표준

□ 표준번호: TR10992

- 표준명 : The use of nomadic and mobile devices to support ITS service and multimedia provision in vehicles
- 주요내용 : 차량 내 이동식 단말을 이용해 차량과 인프라 또는 다른 차량 간 정보를 연계하는 통신 아키텍처와 일반 요구사항 등을 정의

□ 표준번호: TR13184-1

- 표준명 : Intelligent transport systems - Guidance protocol via nomadic device for advisory safety systems - Part 1: General information and use case definitions
- 주요내용 : 이동식 또는 휴대 장치를 이용하여 운전자 및 보행자가 이동을 위해 실시간으로 지원하는 시스템과 관련된 제어 프로토콜의 가이드 제시

라. 의제 발표

(1) ISO TC204 44회 벤쿠버 회의

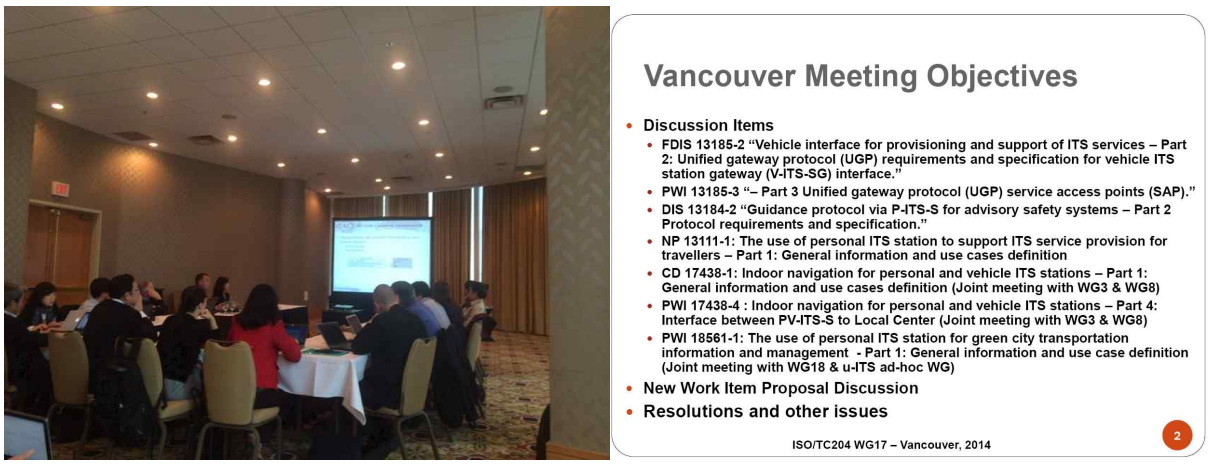
(가) 개요

① 일시: 2014년 10월 26일~10월 31일

② 장소: Marriott Vancouver Downtown Pinnacle Hotel, 캐나다 벤쿠버

③ WG17 회의 현황

- 기존 의제의 표준 제정을 위한 제정단계별 의제 설명 및 논의를 진행하고 새로운 의제 제안을 위한 새로운 Work Item 발표 및 논의를 진행한다.



<그림 3.3-3> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 모습(좌) 및 진행 사항(우)

(나) 항우연 의제 발표

"위성항법기반 교통인프라 기술개발" 과제 소개 및 표준화를 위한 의견을 제시하였고 회의에 참석한 각국 대표단 및 의장의 의견을 수렴하여 향후 본 과제를 통해 개발된 기술의 표준화 제안 준비를 하였다.



<그림 3.3-4> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 항우연 발표 모습

○ WG17 의장 의견내용

- 기존에 개발되었던 관련 기술들과의 차별성을 부각시키는 내용의 의제를 선정해야 하며, 이러한 차별성이 있는 기술이 표준화가 이루어지도록 해야 함
- 새로운 의제 제안 외에도 기존 표준에 대한 문제점이나 수정해야 되는 사항들에 대한 의견을 제시를 해도 됨

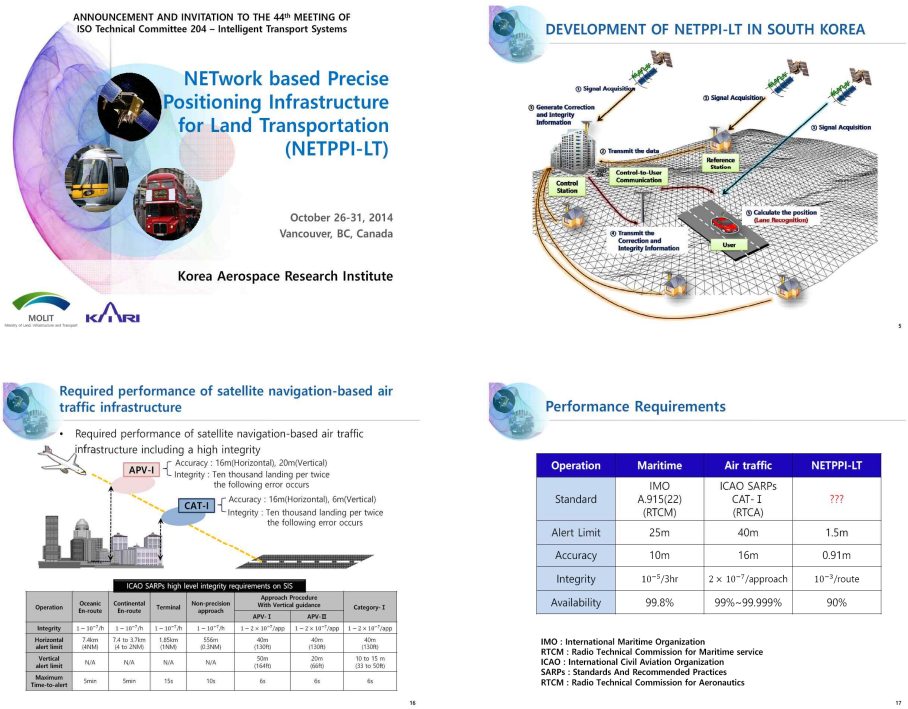
○ WG18 의장 의견내용

- 교통분야에서 위치정확도와 관련된 표준으로는 LDWS(Lane Departure Warning System)가 있으며 차선을 기준으로 어느정도 벗어났는지를 바탕으로 평가함
- 또한 RTCM 표준을 일부 ISO 표준에서 사용하고 있음
- 측위 관련 표준의 경우 ISO/TC211에서 다루고 있으므로 의제 선정 시 관련 표준들을 확인할 것

(2) ISO TC204 45회 항주 회의

(가) 개요

① 일시: 2015년 4월 19일~4월 24일



<그림 3.3-5> ISO TC204 WG17 44회 벤쿠버 회의 항우연 발표 내용

② 장소: Hyatt Regency Hangzhou, 중국 항주

③ WG17 회의 현황

- 기존 의제의 표준 제정을 위한 제정단계별 의제 설명 및 논의를 진행하고 새로운 의제 제안을 위한 새로운 Work Item 발표 및 논의를 진행한다.



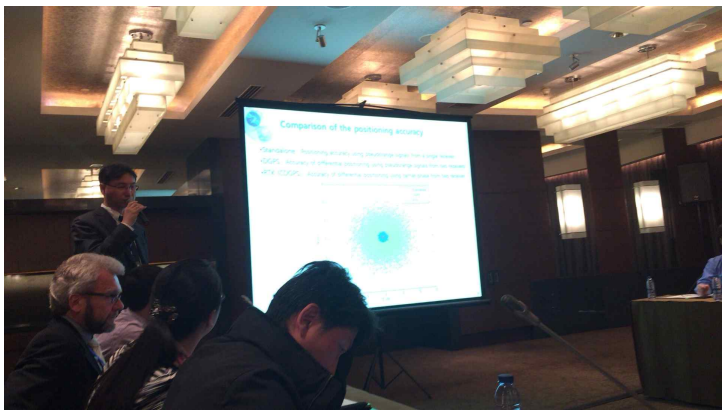
<그림 3.3-6> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의 모습

(나) 항우연 수행내용

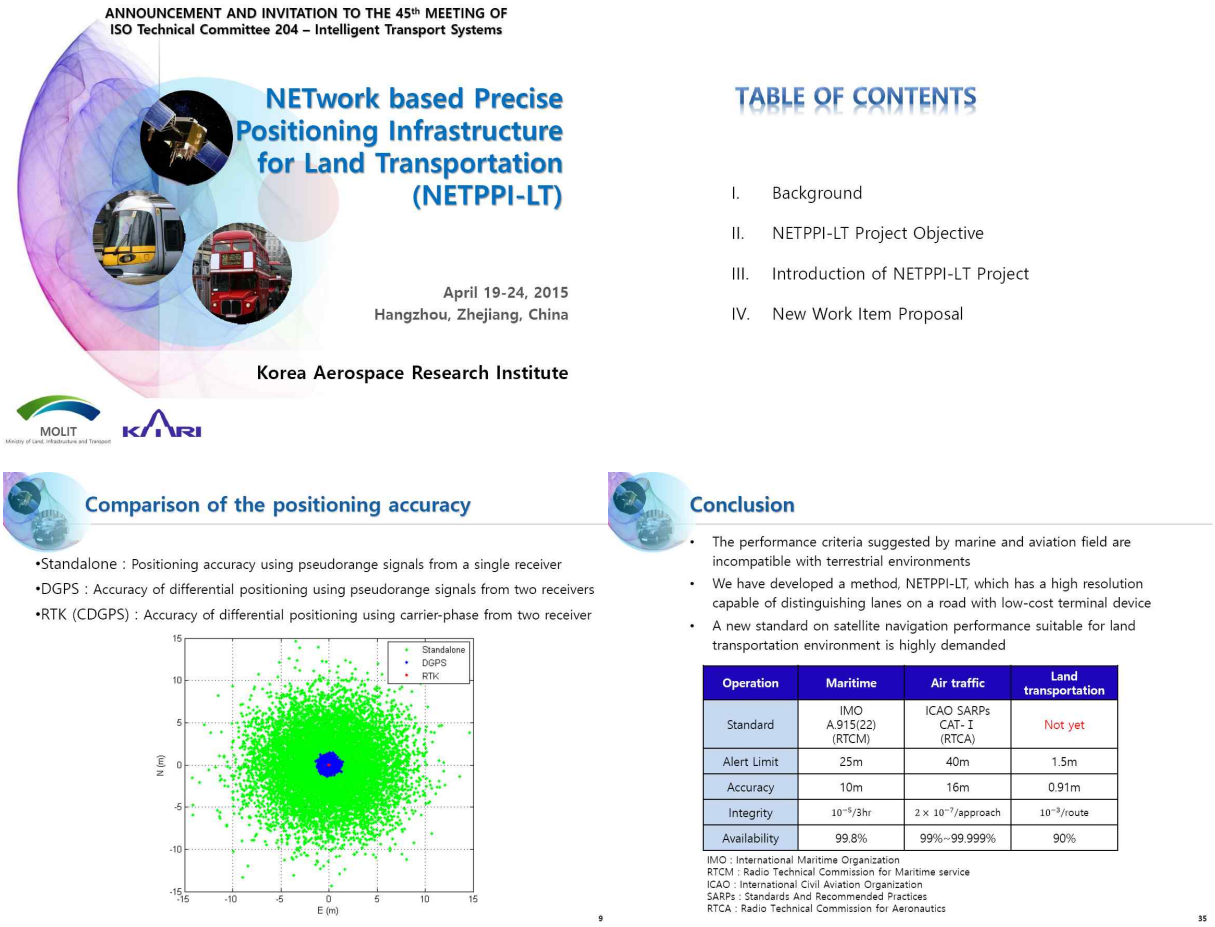
45회 ISO TC204 항주회의 경우 WG3・8・17・18의 위원들이 함께하는 회의(Joint Working Group Meeting)에서 “위성항법기반 교통인프라 기술개발” 과제 소개 및 표준화를 위한 의견을 제시하였고 JWG 회의에 참석한 WG 의장 및 각국 대표단 의견을 수렴하여 본 과제를 통해 개발된 기술의 표준화 제안내용에 대한 검토를 진행하였다.



<그림 3.3-7> JWG 회의 모습(좌) 및 내용(우)



<그림 3.3-8> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의
항우연 발표 모습



<그림 3.3-9> ISO TC204 WG17 45회 항주 회의 항우연 발표 내용

45회 ISO TC204 항주회의에서는 위성항법기반 교통인프라 기술개발에서 사용되는 보정정보 프로토콜에 대한 내용을 제시하였으며 프로토콜 상세 설명 및 일부 알고리즘을 공개하였다. 또한 제시한 프로토콜에 대하여 기존 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)와 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services)과의 차별성에 대한 내용을 포함하여 발표하였다.

제4장 연구목표 달성도 및 연구개발 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율(최종년도)

구분 / 개발내용				추진일정(M) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	진도(%)
1	육상교통 적용을 위한 위성항법 수신국 시스템 기술개발	1-1	■ 수신국 시스템 통합 기술개발 ■ 수신국 시나리오 대응 적용기술 개발		100
		1-2	■ 시험평가용 수신국 하드웨어 및 소프트웨어 성능개선		100
2	육상교통 적용을 위한 위성항법 중앙국 시스템 기술개발	2-1	■ 중앙국 시스템 통합 기술개발 ■ 중앙국 시나리오 대응 적용기술 개발		100
		2-2	■ 시험평가용 중앙국 하드웨어 및 소프트웨어 성능개선		100
3	육상교통 적용을 위한 위성항법 사용자 시스템 기술 개발	3-1	■ 사용자 시스템 통합 기술개발 ■ 사용자 시나리오 대응 적용기술 개발		100
		3-2	■ 시험평가용 사용자 하드웨어 및 소프트웨어 성능개선		100
4	육상교통 적용을 위한 테스트베드 구축 및 운용	4-1	■ 테스트베드 장비 개발 및 구축		100
		4-2	■ 통합 기능 시험		100
5	위성항법기반 교통측위 기술의 연계적용 연구	5-1	■ 2단계 기획		100
		5-2	■ 시스템 구축 및 확산계획수립 ■ 서비스 프로세스 설계		100
6	WAVE통신기반 측위기술 적용가능성 검토	6-1	■ WAVE 통신모듈, 단말기 개발		100
		6-2	■ 테스트베드 구축 및 현장시험		100
총 진도율					100

2. 연구개발 목표의 달성도

연 구 목 표	달성도 (%)	내 용
■ 육상교통 환경 반송파기반 차로구분 위치결정 성능 도출을 위한 위성항법 신호오차·이상현상 모델링 및 시뮬레이션 기반기술 개발	100	■ 반송파기반 다중수신국 활용 위치결정을 위한 보정정보 생성 방법 분석 및 모델링 ■ 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 오차분석 및 모델링
■ 육상교통 환경 준실시간 실측데이터를 활용한 반송파기반 다중수신국 네트워크 기반기술 개발	100	■ 실측데이터를 활용한 보정정보 생성 모델 검증 ■ 반송파기반 다중수신국 활용 위성항법 고장신호 검출을 위한 모델 검증 ■ 육상교통 환경에서 기반기술 시험을 위한 실측데이터 활용 위치결정
■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 요소 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 도출/대응 기반기술 개발	100	■ 수신국/중앙국/사용자 세부 요소 적용기술개발 ■ 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 요소 기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 요소 기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 요소 기술 개발 ■ 요소 기술 시험을 위한 장비개발 ※ 요소 기술 : 실시간 테스트베드를 구성하기 위한 세부 모듈의 기술
■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 세부 시스템 적용/핵심기술 개발 및 시나리오 대응 핵심기술 개발	100	■ 수신국/중앙국/사용자 세부 시스템 적용기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 정확도 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 무결성 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 반송파기반 다중수신국 가용성 관련 시스템 핵심기술 개발 ■ 시스템 기술 시험을 위한 장비개발 ※ 시스템 기술 : 실시간 테스트베드를 대상으로 시간지연 등의 현상이 발생하는 것을 고려한 기술
■ 육상교통 환경 실시간 반송파기반 다중수신국 활용을 위한 위성항법기반 교통인프라 테스트베드 구축 및 시험 운용	100	■ 시스템 통합 기술개발 및 성능개선 ■ 육상교통 환경 위성항법 활용 시나리오 적용 기술개발 ■ 테스트베드를 활용한 종합 환경 시험평가 수행 ■ WAVE 통신기반 측위기술 적용가능성 검토 ■ 위성항법기반 교통측위 기술의 연계적용 연구

제2절 연구개발 효과

1. 기술적 효과분석

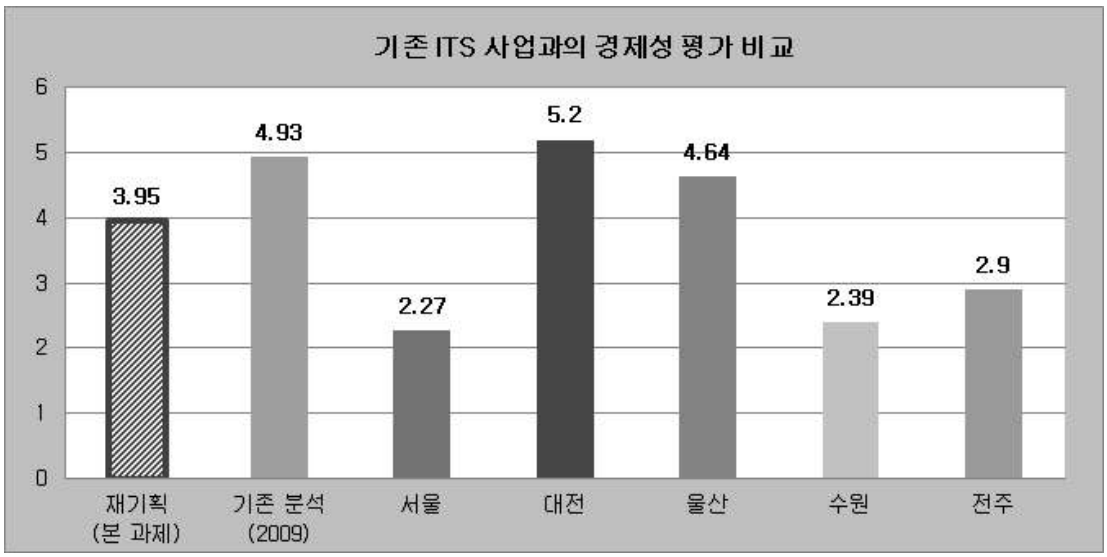
미국의 경우 2019년까지 약 17조원의 교통류관리 관련 시장이 형성될 것으로 전망하고 있으며 국내의 자동차 보유 규모의 차이로 비교해보면 약 1.4조 수준의 관련 잠재시장이 있다고 판단되고 있다. 따라서 교통서비스에 활용될 경우에 다양한 기술들이 병렬적으로 서로 보완하며 연계되어서 활용되는 것이 세계적 추세이므로 차로구분 정밀측위를 기반으로 한 교통관리 및 정보체계는 새로운 교통산업의 시장 요구사항을 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

스마트폰 애플리케이션을 통한 활용 등 신기술이 관련된 서비스 및 네비게이션 등 관련 하드웨어를 공급하는 산업과 연계되어 있으므로 시장의 제품 및 수용성이 높을 것으로 판단되고 연구개발 과정에서 일반인을 대상으로 수요 조사를 실시한 결과, 육상교통에서 더 우수한 서비스가 제공될 경우 추가적인 비용부담을 할 의향이 있다는 결과 도출되었다.

그러므로 위와 같은 이유에 따라 위성항법 측위기술의 시장성이 충분하며 기술적 활용가치가 높다고 판단된다.

2. 경제적 효과분석

<그림 4.2-1>은 본 연구를 통해 기존 ITS 사업과제의 경제성을 비교하였다. 본 기술개발을 통해 B/C는 3.95로 경제성을 갖는 것으로 나타났으며 유사 사업과 비교했을 때에도 차로구분 위치결정 기술 교통인프라는 양호한 경제성을 보인다. 주요도시 ITS 사업의 경제성과 비교했을 때에도 양호한 경제성을 보인다.



<그림 4.2-1> 본 연구와 기존 분석 및 주요도시 ITS사업의 경제성 비교

본 연구에서 분석된 차로구분 위치결정 기술의 경제성은 B/C ratio가 3.95로 같은 기술에 대해 실시했던 지난 경제성분석(9.8)보다 낮은 값을 보이나 이는 분석기간의 차이에 기인하는 바가 큰 것으로 보이며, 기존 경제성 분석에서 분석기간으로 본 연구와 동일하게 15년의 기간을 상정할 경우 비슷한 수준을 보이고 위성항법 교통인프라 기반 측위기술을 통해 전국적인 교통인프라를 구축한다면 고부가가치의 새로운 시장을 창출할 수 있으며 교통인프라 구축 시 필요한 사용자 단말기나 기준국 설치 장비 및 응용 시스템 분야에서 새로운 시장 창출이 예상된다.

제5장 연구성과의 활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과 활용방안

1. 사업화 추진방안

향후 국내에서 신설되는 상시기준국 및 자율협력주행을 위한 위치결정 인프라 기술개발에 적용될 수 있도록 본 연구과제 성과에 대한 기술지원 및 홍보를 지속적으로 시행하여 연구성과가 빠른 시일 내에 실용화 연구를 통하여 상용화될 수 있도록 추진하고 후속사업인 2단계 실용화 사업에 매진하고자 한다. 특히 현재 진행 중인 본 과제 성과물의 표준화를 성공하여 국가이익을 도모하고자 한다.

2. 정책반영 계획

본 과제를 통해 도출된 보정정보 생성 및 전송에 관한 사항을 규격(표준)화 할 수 있도록 이제 대한 법제도 등 정책에 반영하여 향후 개발 및 구축되는 ITS에 적용될 수 있도록 추진한다.

3. 기존 연구 및 타 연구와의 연계

위성항법 보정정보를 생성하는 기존의 국가망과의 연계를 통해 보정정보 생성 및 제공을 위한 인프라 구축 효율성을 제고하고 향후 진행되는 C-ITS 사업 및 자율주행을 위한 도로시스템 인프라 기술개발 사업과의 협력을 통해 본 과제 연구성과의 확산을 극대화 한다.

제2절 추가연구 필요성

기 개발된 위성항법기반 교통인프라 기술의 실제 교통환경 적용을 위한 신뢰성제고와 관련 첨단교통사업들과의 연계활용 및 실용화를 위한 추가연구의 수행이 필수적이다.

1. 교통분야에서의 추가연구에 대한 요구사항

정확한 위치정보를 기반으로 다양한 교통 서비스 제공이 가능하며, 국가 교통문제 해소를 통한 편익을 제고하고 위성항법기반 교통인프라를 공고히 하기 위하여 인프라 구축 및 적용 확산계획을 수립하며, 이의 운영관리체계를 마련함으로써 공공인프라 서비스 원활화하여 교통체계 효율 증진 및 안전성 제고를 위하여 추진 중인 첨단미래교통서비스들은 차로구분 수준의

정밀 측위정보를 요구하고 있다.

2. 추가연구가 제시하는 비전

본 과제의 최종 목표인 ‘미래 육상교통 시스템의 안전성과 효율성을 증대시키기 위하여 위성항법 활용의 위치정확도와 신뢰도를 차로구분 수준까지 향상시킬 수 있는 교통인프라 기술’의 원천기술을 개발한 1단계 연구에 이어 2단계에서는 적용성을 높이기 위하여 우선 다중클러스터 확장 등의 교통항법인프라를 확대하기 위한 적용기술을 개발, 기반기술을 안정화하여 유용성을 높일 수 있다.

교통인프라와 차량탑재센서를 통해 자율주행 차량의 측위 및 고가하부와 터널 등 음영지역의 정밀측위 가용성을 향상시킬 수 있다.

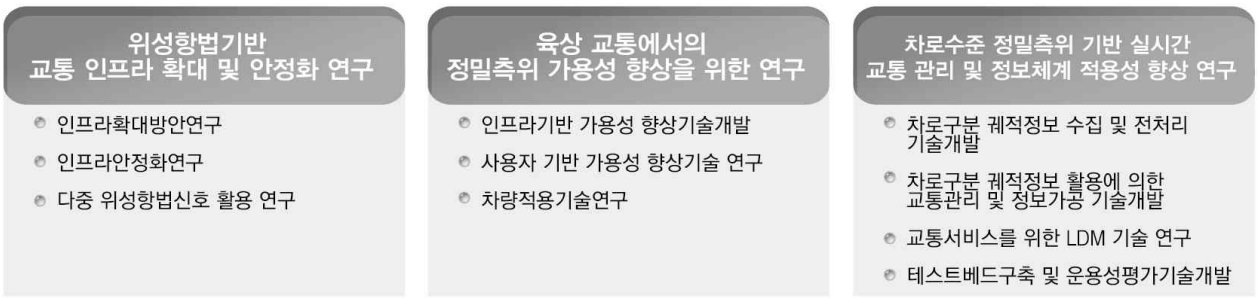
연속류 및 단속류에서의 차로구분 수준 실시간 정밀측위 차량궤적 데이터가 활용된 기술적용을 위한 자료수집 및 실시간 정보 가공 및 관리기술을 개발하여 기술실용성을 현실화할 수 있다.

미래 육상교통 시스템의 위치정보 기반 안전성 및 효율성 향상을 위한 차로구분 수준의 위치결정 정확도 확보 원천기술을 개발한 1단계 연구에 이어 2단계에서는 이를 실용화하기 위하여 구축효율성 극대화를 위한 기존 위성항법수신국(국토지리원 상시기준국)를 활용하여 전국단위 서비스를 가능하도록 하는 적용기술을 개발하고 기존 단일위성항법시스템(GPS)에 제한되었던 보정정보 제공을 다중위성항법시스템(GPS, GLONASS 등)으로 확대하여 제공함으로써 안정성 및 활용도를 증대할 수 있다.

미래교통시스템의 지향점인 자율주행차량에서 가장 중요한 것은 3차원 공간상에서 위치정보의 정확도 및 신뢰도이다. 특히 위성항법신호 열악 및 음영지역에서의 위치정보 정확도 및 신뢰도를 높여 가용성을 향상시키는 연구는 본 다중클러스터지원 위성항법기반 교통 인프라 연구 성과를 극대화할 수 있다.

3. 추가연구 개발과제 기획

본 추가연구의 기본방향 및 연구내용은 아래 그림 및 표와 같음



<그림 5.2-1> 차로구분 정밀위치결정 교통인프라 기술 실용화 연구 개념도

<표 5.2-1> 연구 목표 및 주요 연구내용

연구목표	주요연구내용
인프라 확대 방안 연구	- 상시기준국 활용 확장클러스터 설계 및 상시기준국 보완사항 도출 - 클러스터 확장을 위한 주요 상시기준국 신호환경 감시시스템 제작 및 관리 - 상시기준국 활용 확장클러스터 지역제어시스템 및 통합운영시스템 제작 및 관리 - 전국확대를 위한 상시기준국 위성항법데이터 분석 및 전국클러스터 구성안 도출 - 상시기준국 활용 전국서비스를 위한 비용분석 - 클러스터간 측위 연속성 방안 제시 및 검증
인프라 안정화 연구	- 클러스터기반 미지정수 기법 안정화 - 상시기준국 활용 다중클러스터 교차기반 보정정보 생성 안정화 기술 개발 - 다중클러스터기반 미지정수 추정속도 향상기술 개발 - 다중클러스터기반 정밀측위 신뢰성 요구조건 설정 - 다중클러스터기반 보정정보 신뢰성 향상 및 확보 기술
다중 위성항법신호 활용 연구	- 다중 위성항법신호 기반 보정정보 생성기술 - 다중 위성항법신호 기반 무결성 생성기술 - 다중위성항법과 다중주파수 결합 정밀위치결정기술
인프라기반 가용성 향상 기술 개발	- 지상 전파기반 정밀측위 기술 조사 및 적용성 연구 - ITS 인프라기반 차량 감시정보활용 정밀측위 가용성 향상기술 연구 - 지형지물기반 정밀측위기술 조사 및 적용성 연구 - 3차원 지도기반 위성항법신호 가용성 및 품질 판단기법 연구
사용자 기반 가용성 향상 기술 연구	- 차량탑재 복합센서기반 가용성 향상 기술 개발 - 전자지도를 이용한 정밀측위 향상 기술 개발 - ITS 단말용 통합 차량 측위 시스템 개발 - GPS 보정정보와 전자지도기반의 보정정보 가용성 유지기술 개발 - 음영지역 탈출 후 신속한 정밀위치 결정기술 개발
차량 적용 기술 연구	- 차량안전표준 분석 및 적용방안 연구 - 차량연계를 위한 정밀측위모듈과 차량간 통신방안연구 - 차량용 정밀위치결정 단말기 표준안 연구 - 정밀측위모듈과 차량보유 센서 및 제어정보 결합 측위표준안 연구
차로구분 궤적정보 수집 및 전처리 기술 개발	- 차로구분 궤적 빅데이터 구축 및 운영/관리 기술 개발 - IOT 연계 도로센서 정보 수집 기술 개발

	- V2X 연계 주행상황정보 수집 기술 개발 - 복합 이벤트 처리를 활용한 전역 도로망 궤적데이터 전처리 기술 개발 - 시/공간적, 상시적/비상시적 교통혼잡 유발인자 추출 및 가중치 생성, 상관도 분석 기술
차로구분 궤적정보 활용에 의한 교통관리 및 정보가공 기술 개발	- 차로구분 궤적 정보기반 연속류 돌발상황 자동감지 기술개발 - 차로구분기반 차량 안전유도관리 기술개발 - 차로기반 통행시간 산정 및 정밀경로안내 기술개발 - 차로구분 궤적 정보의 단속류 관리부문 적용 기술개발
차로구분 교통서비스를 위한 LDM 구현 기술개발 연구	- 차로기반 교통서비스 요구 데이터 설계 - 차로기반 교통서비스를 위한 LDM 구현 기술개발 - 대상 서비스 제공을 위한 LDM 운영 및 유지관리 기술개발 - 차로기반 교통서비스를 위한 LDM 표준화 기술개발
테스트 베드 구축 및 운용성 평가기술 개발	- 고정밀 측위기술의 서비스 / 기술 표준화 및 성능평가 기준(안) 개발(성능실험 포함) - 차로구분 교통서비스 구현 테스트 베드 구축 및 운영평가

참고문헌

국제위성항법시스템서비스 홈페이지, http://www.igs.org/

국토교통부 (2012), 고급 신호처리 알고리즘을 이용한 다중경로 오차완화 기법, 위성항법기반 교통인프라 기술개발 보고서

기상청 홈페이지, http://www.kma.go.kr/

김동욱, 한덕화, 윤호, 기창돈, 서승우, 박홍원 (2014), 기준국 수에 따른 다중 위성항법 광역보정시스템의 전리층 지연 추정 성능 분석, 한국항행학회논문지, 제18권, 제4호, pp. 260-267

김두식 (2011), AWS 기상자료 보간을 통한 GPS 가강수량 산출 및 정확도 검증, 석사학위논문, 인하대학교

김두식, 이사형, 박관동, 이호석 (2011), GPS 상대측위에서의 관측시간과 기선거리에 따른 좌표 정확도 분석, 지적, 제41권, 제1호, pp. 163-171

김두식, 원지혜, 김혜인, 김경희, 박관동 (2010), 기상자료 보간 방법에 의한 GPS기반 가강수량 산출 정확도 분석, 한국공간정보학회지, 제18권, 제4호, pp. 33-41

김유근, 문승의, 박종길, 안중배, 이부용, 이화운, 하경자, 황수진 (1998), 대기 관측・분석・실험, 형설출판사

김정원, 박찬식, 황동환, 이상정 (2004), GPS 23번 위성 이상의 분석 및 검출에 관한 연구, 제11차 GNSS Workshop 논문집

미공군 홈페이지, http://www.schriever.af.mil/gps/

박종근, 안종선, 전향식, 김동민, 성상경, 이영재 (2012), GPS 측정값 정보를 이용한 대류층 지연오차 모델 성능 분석, 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, pp. 654-660

박찬식 (1997), GPS 반송파 위상신호를 이용한 자세 결정, 박사학위논문, 서울대학교

박종근, 안종선, 전향식, 김동민, 성상경, 이영재 (2012), GPS 측정값 정보를 이용한 대류층 지연오차 모델 성능 분석, 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, pp. 654-660

송동섭 (2009), 기압의 역해면 경정 보정을 이용한 GPS PWV 복원 능력 개선, 한국측량학회지, 제27권, 제5호, pp. 535-544

송동섭, 황학, 윤홍식 (2004), 대류권 천정 방향 건조 지연량 계산을 위한 우리나라 가중 평균 온도식 결정, 한국측량학회 2004년 추계학술대회 논문집

이창문 (2011), 반송파 위상 기반 전리층 총전자수 추정, 석사학위논문, 인하대학교

위성항법중앙사무소 홈페이지, http://www.ndgps.go.kr/

조성룡 (2013), 다중경로환경에서 항법용 L1/L2 수신기의 영향 분석, ICROS 2013 제어로봇시스템학회 국내학술대회, pp.83-84

조성룡, 여상래, 이선용, 최윤섭, 박찬식, 허문범, 이상정 (2013), 육상교통 환경에서 항법용 수신기를 이용한 측정치 성능 분석, 2013년 한국위성항법시스템학회 정기학술대회 (KGS 2013), 제주 라마다프라자

조성룡, 한영훈, 최윤섭, 박찬식, 허문범, 이상정 (2012), 다중경로 환경에서의 코드 측정치 성능 향상, 2012년 한국위성항법시스템학회 정기학술대회 (KGS 2012), 제주 휘닉스아일랜드

최병규 (2009), 중거리 기선 측지 성능 개선을 위한 지역 전리층 모델개발, 박사학위논문, 충남대학교

최병규, 박종욱, 정종균, 박필호 (2005), 지역적 GPS 관측망을 이용한 준실시간 전리층 모델링, 한국우주과학회지, 제22권, 제3호, pp. 283-292

최병규, 조성기, 이상정 (2009), 전리층 TEC를 이용한 GPS 수신기와의 위성의 DCB 추정, 한국우주과학회지, 제26권, 제2호, pp. 221-228

하지현 (2009), 준실시간 3차원 수증기 분포도 결정을 위한 고정밀 GPS 자료처리 전략, 박사학위논문, 인하대학교

한국해양연구원 (2009), 수치해석 프로그램을 이용한 GNSS 신호 환경오차 및 시각정보 생성모듈 구현과 검증 보고서

한국천문연구원 홈페이지, http://www.spacegeodesy.re.kr/

한혜현, 공승현 (2010), KAIST, ITU-R P.681-7 도시 채널 모델에서 GPS L1 C/A 코드 추적 기술의 성능 비교, 항공우주학회 2010 춘계학술대회

한덕화, 윤호, 기창돈 (2012), 평활화 된 의사거리 및 전리층 지연 추정을 위한 GPS 측정치 잡음 모델링, 한국항행학회논문지, 제16권, 제4호, pp.602-610

황유라, 박관동, 박필호, 임형철, 조정호 (2003), 지역적인 GPS 관측 데이터를 이용한 이온층 모델링 및 추정, 대한원격탐사학회지, 제19권, 제4호, pp. 277-284.

해양수산부(a) (2005), 한국형 WADGPS 구축, 신호분석 및 시각동기 제어방안 연구개발(III) 보고서

해양수산부(b) (2005), GPS 신호감시, 이상판단 및 방송기법 연구 보고서

해양수산부 (2006), DGPS 기준국용 이중주파수 수신기 개발 보고서

ACIL Allen Consulting (2013), The value of augmented GNSS in Australia, Prepared for the Department of Industry, Innovation, Climate Change, Science, Research and Tertiary Education

Ahn Y.W., Kim D., and Dare P. (2006), Local tropospheric anomaly effects on GPS RTK performance, ION GNSS, Fort Worth, Texas, U.S.A, pp. 1925-1935

Ahn Y.W., Kim D., and Dare P. (2007), Positioning Impacts from Imbalanced Atmospheric GPS Network Errors, ION GNSS 22nd International Technical Meeting of the Satellite Division

Alves P., Geisler I., Brown N., Wirth J., and Euler H.-J. (2005), Introduction of a Geometry-Based Network RTK Quality Indicator, ION GNSS

Bakker D. B., and Tiberius, C. (2015), Real-Time Single-Frequency Precise Point Positioning on the Road, and on Track, Proceedings of ION GNSS+ 2015, Tampa, FL., Sept., pp. 15-18

Bean, B. R., and Dutton, E. J. (1966), Radio Meteorology. Dover Publications, New York, NY, pp. 1-21

Bevis M., Businger S., Herring T.A., Rocken C., Anthes R.A., and Ware R.H. (1992), GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using Global Positioning System, Journal of Geophys

Blewitt G. (1990), An automatic editing algorithm for GPS data, Geophysical Research Letters, Vol. 17, No. 3, pp. 199-202

Braasch M. S. (1996), Multipath Effects, chapter 14 of Global Positioning Systems: Theory and Applications, Washington, D.C.: American Institute of Aeronautics and Astronautics; 1

Braasch M. S., and DiBenedotto M. F. (2001), Spread-spectrum ranging multipath model validation, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 37, pp. 298-304

Chen, H. (2001), A Study on Real-Time Medium-range Carrier-phase-based GPS Multiple Reference Stations, Ph.D. Dissertation, University of New South Wales, Canada

Chen X., Landau H., and Vollath U. (2003), New tools for Network RTK integrity monitoring, Proceedings of the 16th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation ION GPS/GNSS, pp. 1355-1360

Cho S., Choi Y., Yeo S.-R., Heo M.-B., Park C., Lee S. J. (2013), Adaptive Filter Design of the float solution in the presence of multipath, European Navigation Conference 2013, Vienna, Austria, pp. 23-25

Dai, L., Eslinger, D., and Sharpe, T. (2007), Innovative Algorithms to Improve Long Range

RTK Reliability and Availability, the 2007 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, San Diego, CA, 2007, pp. 860-872

Dai, L., Han, S., Wang, J., and Rizos, C. (2003). Comparison of Interpolation Algorithms in Network-Based GPS Techniques. Navigation, Vol. 50, No. 4, pp. 277-293

Danskin, S., Bettinger P., and Jordan T. (2009), Multipath mitigation under forest canopies : A choke ring antenna solution, Forest Science Vol. 55 No. 2, pp. 109-116

Dierendonck A. J. V., Fenton P., and Ford T. (1992), Theory and Performance of Narrow Correlator Spacing in a GPS Receiver, Journal of ION, Vol. 39 No. 3

Elgered G., Davis J. L., Herring T. A. and Shapro I. I. (1991), Geodesy by Radio Interferometry: Water Vapor Radiometry for Estimation of the Wet Delay, Journal of Geophysical Research, Vol. 96, No. B4, pp. 6541-6555

Fenton, P. C., and Jones, J. (2005), The theory and performance of Novatel inc.' s Vision Correlator, Proceedings of the International Technical Meeting of the Institute of Navigation, ION-GNSS, pp. 13-16

Fay G. (2011), Methodology for Modeling the SVN49 Anomaly for Static Scenario, Spirent

Gao G.X., Tang H., Blanch J., Lee J., Walter T., and Enge P. (2009), Methodology and Case Studies of Signal-in-Space Error Calculation: Top-down Meets Bottom-up, 22nd International Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation

Gao Y. and Liu Z. (2002), Precise Ionospheric Modelling Using Regional GPS Network Data, Global Positioning System, Vol. 1, pp. 18-24

Gerdan G. P., Coombe L. J., and Takac F. (1995), The Effects of RF Interference, Multipath and Signal Obstruction on the GPS Observables, A technical report prepared for State Data Centre, Department of Land Information Royal Melbourne Institute of Technology, Dec.

Guo J., and Langley, R. B. (2003), A New Tropospheric Propagation Delay Mapping Function

for Elevation Angles Down to 20, Proceedings of the 16th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS/GNSS 2003), Portland, OR, September 2003, pp. 368-376

Han S. (1997), Carrier Phase-Based Long-range GPS Kinematic Positioning, Ph.D. Dissertation, University of New South Wales, Canada

Hatch R. (1982), The Synergism of GPS Code and Carrier Measurements, Proceedings of the Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, DMA/NGS, Washington, D.C., pp. 1213-32

Hitachi Zosen Corporation, GNSS Data Processing Software RTNet User Manual, Version 1.10

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Collins J. (2001), Global Positioning System Theory and Practice Fifth revised edition, SpringerWienNewYork

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., and Wasle E. (2008), GNSS:Global navigation satellite systems:GPS, GLONASS, Galileo & More, Springer/WienNewYork

Hopfield, H. S. (1969), Two-quadratic Tropospheric Refractivity Profile for Correcting Satellite Data, Journal of Geophysical Research, Vol. 74, No. 18, pp. 4487-4499.

ICD-GPS-200 (1997), Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces

Interface Control Document GPS-ICD-200 with IRN-200C-001 and IRN-200C-002, U.S. Dept. Air Force, 1997.

Irsigler M., and Essfeller B. (2003), Comparison of Multipath Mitigation Techniques with Consideration of Future Signal Structures, ION GNSS/GNSS 2003, Sep., pp. 9-12

ITU-R (2009), Propagation data required for the design of Earth-space land mobile telecommunication systems, Recommendation ITU-R P.681-7

Jokinen, A., Ellum, C., Webster, I., Masterson, S., and Morley, T. (2015), NovAtel CORRECT with Precise Point Positioning (PPP) for high accuracy kinematic applications, proceedings of ION GNSS+ 2015, Tampa FL, Setp. pp. 15-18

Jone D. P., and Tiberius C. (1996), The LAMBDA method for integer ambiguity estimation : implementation aspects, LGR-Series No.12, Publication of the Delft Geodetic Computing Centre

Jones J., Fenton P., and Smith B. (2004), Theory and Performance of the Pulse Aperture Correlator, NovAtel WebSite Article, http://www.novatel.ca

Junkins J. L., Miller G. W. and Jancaitis J. R. (1973), A weighting function approach to modelling of irregular surfaces, Journal of Geophysical Research Vol. 78, No. 11, pp. 1794-1803

Kaplan E. D. (2006), Understanding GPS Principles and Applications Second Edition, Artech House

Kaplan E.D., and Hegarty C.J. (2006), Understanding GPS Principles and Application, 2nd Ed., Artech House

Karaim M., Karamat T. B., Noureldin A., and Shafie A. E. (2014), GPS Cycle Slip Detection and Correction at Measurement Level, British Journal of Applied Science & Technology Vol. 4, No. 29

Kim, D., and Rangley, R. B. (2007), Ionosphere-Nullification Technique for Long-Baseline Real-Time Kinematic Applications, Navig., vol. 54, no. 3, pp. 227-240

Klobuchar J. (1987), Ionospheric Time-Delay Algorithm for Single-Frequency GPS Users, IEEE Transactions Aerospace Electronic Systems AES-23, pp. 325-331

Kong S. H. (2009), TOA and AOD statistics for down link Gaussian scatterer distribution model, IEEE Trans. Wireless Commun., Vol. 8, No. 5, pp. 2609-2617

Kong S. H. (2011), tatistical Analysis of Multipath Delays and Pseudorange Measurement Errors

in Urban GNSS Signals, IEEE Trans. Aero. and Elec., Vol. 47, No. 2, pp. 1101-1113

Kouba J. (2009), A guide to using International GNSS Service(IGS) products, Natural Resources Canada

Kovach K. (2004), SVN-23/PRN-23 Integrity Failure of 01 January 2004, 2nd Space Operations Squadron

Kubo N., Yasuda A. (2003), How multipath error influences on ambiguity resolution, Proceedings of ION GPS/GNSS 2003, Portland, pp. 2142-2150

Lawrence D. (2006), Decorrelation of Troposphere Across Short Baselines, IEEE/ION PLANS, pp. 94-102

Lehner A., and Steingass A. (2005), A Novel Channel Model for Land Mobile Satellite Navigation, ION GNSS 2005, Long Beach, USA, Sep., pp. 13-16

Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. (2015), GPS Satellite Surveying Fourth Edition, Wiley

Li, B., Feng, Y., Shen, Y., and Wang, C. (2010), Geometry-specified troposphere decorrelation for subcentimeter real-time kinematic solutions over long baselines, J. Geohys. Res., vol. 115

Liu Z. (2011), "A new automated cycle slip detection and repair method for a single dual-frequncy GPS receiver", J Geod(2011), 85:171-183, DOI 10.1007/s00190-00-0426-y

Ma G. and Maruyama T. (2003), Derivation of TEC and estimation of instrumental biases from GEONET in Japan, Annales Geophysicae, Vol. 21, pp. 2083-2093

Manandhar D., Shibasaki R., and Torimoto H. (2006), GPS Reflected Signal Analysis using Software Receiver, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 5(1-2), pp. 29-34

Maybeck P. S. (1994), Stochastic models, estimation and control Vol. 1, Academic

Mendes, V. B., and Langley, R. B. (1999), TROPOSPHERIC ZENITH DELAY PREDICTION ACCURACY FOR HIGH-PRECISION GPS POSITIONING AND NAVIGATION, NAVIGATION, Journal of The Institute of Navigation, Vol. 46, No. 1, Spring 1999, pp. 25-34

Mista P., and Enge P. (2006), Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press, Lincoln, Massachusetts

Nam W., Kong S.-H. (2013), Least-Squares-Based Iterative Multipath Super-Resolution Technique, IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 61, NO. 3

Nee R. V., Siereveld J., Fention P., and Townsend B. (1994), The multipath estimating delay lock loop: Approaching theoretical accuracy limits, Proceedings of IEEE Position, Location, and Navigation Symp., pp. 246-251

Neumann, J., Manz, A., Ford, T., and Mulyk, O. (1996), Test Results from a New 2 cm Real Time Kinematic GPS Positioning System, Proceedings of ION GPS '96, Kansas City, Mo., Sept. 17-20, 1996, The Institute of Navigation, Washington, D.C. pp. 183

Niell A.E. (1996), Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths, Journal of Geophysical Research, Vol. 10, No. B2, pp. 3227-3246

NovAtel (2005), OEM4 Family User Manual - Volume 2, Command and Log Reference

Parkinson B.W. (1996), Global Positioning System: Theory and Applications Volume II

Petovello M. (2015), Can you list all the properties of the carrier-smoothing filter?, Inside GNSS, Vol. 10, No. 4, July/August

Petovello, M. G., O' Keefe, K., Lachapelle, G., and Cannon, M. E., Consideration of tme-correlated errors in a Kalman Filter applicable to GNSS, Journal of Geodesy, Vol.83, pp. 51-56

Pi X., Mannucci A.J., Komjathy A., and Sparks A. (2005), Ionospheric Super Storms (ISS) and Effects on WAAS, ION Annual Meeting

Prochniewicz D., and Walo J. (2012), Quality Indicator for Ionospheric Biases Interpolation in the Network RTK, Reports on Geodesy, Vol. 92, pp. 7-21

Pullen S. and Gao G. (2012), GNSS Jamming in the Name of Privacy Potential Threat to GPS Aviation, Inside GNSS, March/April, pp. 34-43

Raquet, J. F. (1998), Development Of A Method For Kinematic GPS Carrier-Phase Ambiguity Resolution Using Multiple Reference Receivers, Ph.D. Dissertation, University of Calgary, Canada

Ray, J. (2000), Mitigation of GPS Code and Carrier Phase Multipath Effects Using a Multi-Antenna System, PhD Thesis, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Alberta, Canada, UCGE Reports Number 20136

Schaer, S., (1999), Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System, Ph. D dissertation, Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland

Sciarretta C., Pacione R., Pace B. and Iacovone D. (2011), GPS/EGNOS Tropospheric Corrections for Mobility Applications: The use of ZTD Maps within the SCUTUM Project, ENC-GNSS, Londo

Seo J., Walter T., Marks E., Chiou T.Y., and Enge E. (2007), Ionospheric Scintillation Effects on GPS Receivers during Solar Minimum and Maximum, International Beacon Satellite Symposium

Skone S. (1998), Wide Area Ionosphere Grid Modelling in the Auroral Region, PhD Thesis, University of Calgary

Skone S. (2005), Propagation Environmental Effects on GPS, ION GNSS, Navtech Tutorial Notes

Spirent (2011), SIMGEN SORTWARE USER MANUAL - SOFTWARE FOR THE SPIRENT RANGE OF SATELLITE NAVIGATION SIMULATOR PRODUCTS

Springer T., and Dilssner F. (2009), SVN49 and Other GPS Anomalies, InsideGNSS

Steingass A., and Lehner A. (2004), Measuring the Navigation Multipath Channel - A statistical Analysis, ION GNSS 2004, Long Beach, USA, Sep., pp. 21-24

Subirana J. S., Zornoza J. M. J., and Pajares M. H. (2011), Examples of single frequency Cycle-Slip Detectors, ESA Navipedia Article

Takasu, T., and Yasuda, A. (2010), Kalman-Filter-Based Integer Ambiguity Resolution Strategy for Long-Baseline RTK with Ionosphere and Troposphere Estimation, the 23rd International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, OR, 2010, pp. 161-171.

Teunissen P. (1993), The lesat squares ambiguity decorrelation adjustment:a method for fast GPS integer ambiguity estimation, Journal of Geodesy, Vol. 70, No. 1-2, pp. 65-82

Teunissen, P. J. G. (1994), A New Method for Fast Carrier Phase Ambiguity Estimation, Proceedings of IEEE Position, Location and Navigation Symposium, Las Vegas, Nevada, pp. 562-573

Townsend, B., and P. Fenton (1994), A Practical Approach to the Reduction of Pseudorange Multipath Errors in a L1 GPS Receiver, Proceedings of ION GPS-94, Salt Lake City, pp. 143-148

Tsui J. B.-Y. (2005), Fundamentals of Global Positioning System Receivers - A Software Approach second edition, Wiley

Varner, C. (2000), DGPS Carrier Phase Networks and Partial Derivative Algorithms. PhD Thesis, University of Calgary, Calgary, Canada

Wanninger L. (2004), Ionospheric disturbance indices for RTK and network RTK positioning, Proceedings of the National Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS 2004, Long Beach, CA, USA, pp. 2849-2854

Webb F. H. and Zumberge J. F. (1993), An Introduction to the GIPSY/OASIS-Ⅱ, JPL Publ., Pasadena, California, USA

Yoo S., Lee J., Jeong S., Kim S. Y. (2010), A code tracking bias analysis of the single and double EML schemes for GNSS civil signals, International Conference of Advanced Technologies for Communications, pp. 270-273

Yoo S. H., Yoo S., Ahn S., Kim S. Y., and Yoon S. (2008), Code Tracking Bias Compensation Scheme for the Galileo E1 OS signal, International Conference of Advanced Communication Technology, vol. 1, pp. 525-528

Zinas N. (2010), Development and assessment of a new rover-enhanced network based data processing strategy for Global Navigation Satellite Systems, PhD Thesis, UCL

약어설명

3-QM	3-Quality Monitoring
ADR	Accumulated Delta Range
AFM	Ambiguity Function Method
AFRL	Air Force Research Laboratory
AGC	Automatic Gain Control
AGPS	Assisted GPS
ALF	Adaptive Lattice Filter
ARCE	Ambiguity Resolution with Constraint Equation
ARCE	Ambiguity Resolution using Constraint Equation
ASV	Advanced Safety Vehicle
ATF	Adaptive Transversal Filter
ATIS	Advanced Traveler Information System
ATMS	Advanced Traffic Management System
AWGN	Additive White Gaussian Noise
AWS	Automatic Weather Station
B/C	Benefit-Cost
C/N	Carrier to Noise
CALM	Continuous Air Interface for Long and Medium Range
CAMP	Crash Avoidance Metrics Partnership
CAN	Controller Area Network
CDGPS	Carrier phase Differential Global Positioning System
CDMA	Code Division Multiple Access
CEN	Committee for Europe Normalization
CIR	Cascading Integer Resolution
C-ITS	Cooperative-ITS
COOPERS	Co-operative Systems for Intelligent Road Safety
CORS	Continuously Operating Reference Station
CPC	Carrier Phase Correction
CPU	Central Processing Unit
CRC	Cycle Redundancy Check
CSF	Carrier Smoothing Filter
CUSUM	Cumulative SUM
CVIS	Cooperative Vehicle - Infrastructure System
DAS	Data Acquisition System
DGNSS	Differential GNSS
DGPS	Differential GPS
DID	Digital Information Display
DIM	Distance-Based Linear Interpolation Method
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
DOF	Degree Of Freedom
DOP	Dilution of Precision
DOT	Department Of Transportation

DOY	Day Of Year
DQM	Data Quality Monitoring
DR	Dead Reckoning
DSL	Digital Subscriber Line
DSRC	Dedicated Short-Range Communications
eCall	Emergency Call
ECEF	Earth-Centered Earth-Fixed
ECU	Electronic Control Unit
EKF	Extended Kalman Filter
EM	Expectation Maximization
EMS	Engine Management System
ENU	East, North, Up
ESP	Electronic Stability Program
FAA	Federal Aviation Administration
FARA	Fast Ambiguity Resolution Approach
FFT	Fast Fourier Transform
FIR	Fast Initial Response
FKP	Flachan-Korrektur-Parameter
FLL	Frequency-Looked Loop
FOC	Full Operation Capability
FP	Framework Program
FP7	Framework Program 7
FPC	Flexible Printed Circuit
FPS	Frame Per Second
FTP	File Transfer Protocol
GBAS	Ground - Based Augmentation System
GDOP	Geometric Dilution of Precision
GENEVA	Galileo / EGNOS Enhanced Driver Assistance
GEO	Geostationary Satellite
GIOVE-A	Galileo In Orbit Validation Element-A
GJU	Galileo Joint Undertaking
GLONASS	Global Navigation on Satellite System
GMA	Geometry Moving Average
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Position System
GSA	GNSS Supervisory Authority
GUI	Graphic User Interface
HAL	Horizontal Aler Limits
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision
HPL	Horizontal Protection Level
I2C	Inter-Integrated Circuit
ICT	Information Communication Technology
IDOP	Interpolative Dilution Of Precision
IEC	International Electrotechnical Congress

IGS	International GNSS Service
IIR	Infinite Impulse Response
IMU	Inertial Measurement Unit
INS	Inertial Navigation System
IONEX	IONosphere map EXchange format
IOT	Internet Of Things
IOV	in-orbit validation
IPM	Inverse Perspective Mapping
IPP	Ionosphere Pierce Point
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System
ISO	International Organization Standardization
IT	Information Technology
ITRS	International Terrestrial Reference System
ITS	Intelligent Transportation System
ITU	International telecommunication Union
IVBSS	Integrated Vehicle Based Safety System
JGS	Japan satellite navigation Geodetic System
JRANS	Japanese Regional Navigation Satellite System
JTC	Joint Technical Committee
KPOP	KARI network based Precise pOsitioning Program
LAAS	Local Area Augmentation System
LAMBDA	Least squares AMBiguity De-correlation Adjustment
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LCM	Linear Combination Method
LDM	Local Dynamic Map
LED	Light Emitting Diode
LHCP	Left Hand Circular Polarization
LIM	Linear Interpolation Method
LIMS	Least-squares based Iterative Multipath Super-resolution
LNA	Low Noise Amplifier
LOS	Line of Sight
LPP	Low Performance Point
LSAST	Least Square Ambiguity Search Technique
LSM	Least Squares Method
LSM	Low-order Surface Model
LTE	Long Term Evolution
MAC	Master-Auxiliary Concept
MCAR	Multiple Carrier Ambiguity Resolution
MDE	Minimum Detectable Error
MEDLL	Multipath Estimating Delay-Lock-Loop
MEMS	Micro Electro-Mechanical System
MET	Multipath Elimination Technology
MI	Misleading Information

MOT	Multimedia Object Transfer
MQM	Measurement Quality Monitoring
NANU	Notice Advisory to NAVSTAR Users
NGS	National Geodetic Survey
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NICT	National Institute of Information and Communications Technology
NMEA	National Marine Electronics Association
NTP	Network Time Protocol
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OBD	On-Board Diagnostics
OBU	On Board Unit
OPUS	Online Positioning User Service
PAC	Pulse Aperture Correlator
PAYD	Pay-As-You-Drive
PCB	Printed Circuit Board
PDD	President Decision Directive
PDF	Power Density Function
PDOP	Positional Dilution of Precision
PL	Protection Level
PLD	Programmable Logic Design
PPP	Precise Point Positioning
PPS	Pulse Per Second
PR	Pseudo Range
PRN	Pseudo Random Noise
PV	Position, Velocity
PWV	Precipitable Water Vapor
QZO	Quasi-Zenith Orbit
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RAM	Random Access Memory
RANSAC	RANdom Sample Consensus
RF	Radio frequency
RHCP	Right Hand Circular Polarization
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RMS	Root Mean Square
RNSS	Regional Navigation Satellite System
ROI	Region Of Interest
RPM	Revolution Per Minute
RSIM	Reference Stations and Integrity Monitoring
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime services
RTK	Real Time Kinematic
RTN	Recursive Transition Network
SA	Selective Availability

SAS	Steering Angle Sensor
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SCDM	System for Differential Correction and Monitoring
SDK	Software Development Kit
SGPS	Standalone GPS
SHD	Slant Hydrostatic Delay
SIFT	Scale Invariant Feature Point
SNR	Signal to Noise Ratio
SQM	Signal Quality Monitoring
SSE	Sum of Squared Errors
SWD	Slant Wed Delay
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TCS	Traction Control System
TDCP	Time Differenced Carrier Phase
T-DMB	Terrestrial-DMB
TDOP	Time Dilution Of Precision
TEC	Total Electron Contents
TIA	Telecommunications Industry Association
TM	Transverse Mercator
TPEG	Transport Protocol Expert Group
UERE	User Equivalent Range Error
UMTRI	University of Michigan Transportation Research Institute
UPS	Uninterruptible Power Supply
UT	Ubiquitous Transportation
UTC	Universal Time Coordinated
V2X	Vehicle to everything
VDOP	Vertical Dilution Of Precision
VII	Vehicle Infrastructure Integration
VPN	Virtual Private Network
VRS	Virtual Reference Stations
VSC2	Vehicle Safety Communications 2 Consortium
VTEC	Vertical TEC
VTTI	Virginia Tech Transportation Institute
WAAS	Wide Area Augmentation System
WAAS MOPS	WAAS Minimum Operational Performance Standard
WADGPS	Wide Area DGPS
WAN	Wide Area Network
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
WGS	World Geodetic System
WLSE	Weighted Least-Squares Estimator
YRS	Yaw Rate Sensor
ZHD	Zenith Hydrostatic Delay
ZTD	Zenith Total Delay
ZWD	Zenith Wet Delay

용어설명

다중수신국 : 다수의 수신국 폐루프를 형성하도록 배치하는 형태

- 일반적으로 단일수신국을 이용하는 경우 정밀위치결정 서비스 범위는 수신국으로부터 반경 5~10 km 이내로 제한
- 다중수신국을 이용하는 경우 폐루프 내에서 정밀 위치결정 서비스가 가능하며 동일 수신국 사용 수 대비 서비스범위를 5~6배 이상으로 확대 가능

차로구분 가능수준 : 위치오차가 경보 한계치 1.5m를 넘지 않는 수준

위치오차 경보 한계치 (Alert Limit) : 추정되는 위치정확도에 안전율을 곱한 발생가능 위치오차

- 경보 판단식 : 0.4미터(추정정확도) × 3.29(329% 안전율) = 1.316미터
  (추정정확도는 0.4미터이나 신뢰도를 높이기 위해 안전율 329% 향상을 적용 정확도 3.29배로 산정 계산)
- 경보 발생상황 : 0.6미터(추정정확도) X 3.29(329% 안전율) = 1.974미터
  (안전율을 곱한 결과가 1.5미터를 초과하였으므로 위치오차 경보 발생)

무결성 : 원거리 다중수신국 위성항법 반송파기반 사용자 위치결정 결과가 육상교통 요구성능(차로 구분 가능 위치오차 1.5m) 불만족으로 추정되는 경우 차량 혹은 운전자에게 위치결정 결과의 신뢰성 결여 (위치결정 오차가 차로 구분 가능 위치오차 수준인 1.5m를 상회할 수 있음)를 고지하는 능력

가용성 : 원거리 다중수신국 위성항법 반송파기반 사용자 위치결정 결과가 무결성 요건을 만족하여 위치오차가 1.5미터 이내로 차로구분이 가능하다고 판단되는 경우의 위치결정 회수 대비 차로구분 가능 회수 (위치결정 회수 : 1000회, 차로구분 가능 회수 : 910회, 가용성 : 910/1000*100%=91%)

단위 알고리즘 및 통합 알고리즘 목표 성능평가 : 검증용 시험평가 장비의 연차별/단계별 제작 후 모듈 및 통합 알고리즘 평가/검증수행

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.