

제 출 문

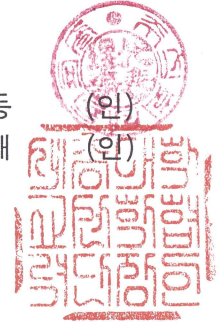
국토교통과학기술진흥원 귀하

‘스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발’(연구개발 기간 : 2015. 10. 30. ~ 2017. 10. 29.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2017. 12. 04.

주관연구기관명 : (주)피피솔 (대표자) 박 관 동
공동연구기관명 : 세종대학교 산학협력단 (대표자) 김 선 재

주관연구기관책임자: 박 관 동
공동연구기관책임자: 박 병 운



국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	16TBIP-C094408-02	해당 단계 연구 기간	2016.10.30. - 2017.10.29.	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화 지원사업			
	세부사업명	공공기술 중소기업 이전 및 사업화			
연구과제명	대과제명	스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발			
	세부과제명	스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발			
연구책임자	박관동	해당단계 참여 연구원 수	총: 11 명 내부: 11 명 외부: - 명	해당단계 연구개발비	정부:178,000천원 기업:120,000천원 정부 외: - 천원 계:298,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 17 명 내부: 17 명 외부: - 명	총 연구개발비	정부:326,000천원 기업:219,000천원 정부 외: - 천원 계:545,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)피피솔(주관)			참여기업명 세종대학교 산학협력단(공동)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수 108 쪽	

〈 요약문 〉

연구의 목적 및 내용	○ 현재 보급되어 있는 스마트폰, 태블릿 PC, 내비게이션 등의 모바일 단말기의 하드웨어나 펌웨어 변경 없이 DGPS 서비스를 적용할 수 있는 보정정보 위치영역 매핑 기반 DGPS 소프트웨어를 개발하여 라이브러리 또는 앱 형태로 모바일 단말기에 적용함으로써 저가의 모바일 단말기에서도 1m급 위치 정확도를 확보할 수 있도록 함 <u>GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발</u> ○ GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발 - GPS 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발 - GPS 원시데이터를 이용한 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 검증용 후처리 프로그램 개발 ○ GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발 - GLONASS 실시간 위성위치 산출 기술 구현 - GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용 ○ Beidou 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발 - Beidou 실시간 위성위치 산출 기술 구현 - Beidou 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GLONASS/Beidou 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용
	<u>스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발</u> ○ 단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 S/W 개발 - 국내 모바일 단말기의 내장 GNSS 칩 제조사 조사 - 각 제조사별 대표모델 내장 GNSS 칩 특성 분석 - GNSS칩 및 GPS/GLONASS 복합측위 칩셋 리스트업 및 기술적용 대상모델 선정 - 선정모델 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘 개발 ○ 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 개발 및 검증 - 단말기 라이브러리 제작 및 알고리즘 성능 검증 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작 - 저가형 GPS 수신기를 이용한 단독측위, 일반 DGPS 측위, 보정정보 위치영역 매핑 DGPS 측위 성능 비교 ○ 서비스 시나리오 연구 - 개발 S/W 활용분야 및 수요기관 발굴 - 신규 사업모델 개발 - 개발 기술 사업화 전략 수립 ○ GNSS(GPS/GLONASS/Beidou) 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발 - Java(Android) 기반의 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발 - 단말기 내에 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 동작 알고리즘 실시간 검증 ○ 단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 성능 개선 - 각 제조사별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 및 성능 개선 ○ GPS/GL0/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현 - 최소 기준국 기반 전국 보정정보생성 기술 - 스마트폰 어플리케이션 용 보정정보 서버 운영 ○ 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증 - 단말기 라이브러리 업그레이드 및 알고리즘 성능 검증 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 업그레이드

	- 각 제조사별 일반 모바일 단말기 대비 개발 S/W 적용 모바일 단말기 성능 평가 - 일반 스마트폰 대비 개발 앱 적용 스마트폰 성능 평가 ○ 사업화 전략 수립 - 개발 소프트웨어 데모시스템 개발 등 마케팅 홍보 전략 수립 - 해외 진출 전략 수립				
연구개발성과	○ GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 ○ GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 ○ 단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 최적화 S/W ○ GPS/GL0/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현 ○ 1m급 위치정확도의 단말기별 위치영역 매핑 기술 적용 라이브러리 및 어플리케이션 ○ 성과 지표 • 특허출원/등록 1/0건 • 논문게재 4건 • 학술대회발표 2건 • 시제품 1건 • 소프트웨어 등록 7건 • 신기술인증 0건 • 모의시험 3건 • 현장시험 3건				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<u>활용계획</u> ○ 과제 성과물인 GPS 보정정보 위치영역 매핑 라이브러리는 스마트폰, 카내비게이션, 태블릿 PC, 디지털 카메라 등 시중에 보급되어 있는 GPS 칩이 내장된 모바일 단말기에 즉시 적용하여 실용화 할 수 있음 ○ 개발 소프트웨어는 라이브러리 또는 애플리케이션 형태로 모바일 단말기에 탑재되어 보다 정확한 위치정보를 확보하는 역할을 할 것이며 이는 길안내, 위치추적을 포함한 위치기반서비스에 활용도가 높을 것으로 예상됨 ○ 사회적 약자 및 특수목적의 위치추적 모니터링 서비스, 차량 내비게이션 정확도 향상, 보행자 및 자전거 이용자 길안내 정확도 향상 등에 활용할 수 있으며, 과제 성과물인 라이브러리 또는 어플리케이션을 기본으로 다양한 형태의 단말기에 탑재하여 실용화하고 새로운 산업분야를 창출 할 수 있음 <u>기대효과</u> ○ 공간정보기술이 발전하고 그 활용도가 높아짐에 공간정보 분야의 핵심요소인 위치정보에 대한 정확성 및 신뢰성에 대한 요구가 커지고 정확한 측위 기술의 필요성도 높아지고 있음 ○ 정밀 측위 기술에 대한 수요를 충족하기 위해 다양한 연구개발이 진행되고 있으나 저렴한 비용으로 DGPS 기술 등을 적용하여 정밀 측위를 구현하는데 한계가 있는데 비해 본 연구개발 결과가 제품화 되면, 기존의 GPS 모듈을 그대로 이용하면서 간단한 소프트웨어 업그레이드 등의 작업을 통해 위치정확도를 1m급으로 향상시킬 수 있기 때문에 기술적 기대성고가 매우 큼				
핵심어 (5개 이내)	위성 항법시스템	위성항법 보정시스템	스마트폰	내비게이션	위치기반서비스

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ Develop DGPS software based on a correction projection approach that yields 1-meter level positional accuracy, which can be implemented in a form of a library or an application on low-cost off-the-shelf mobile devices with GPS capabilities, such as smartphones, tablet PCs without modifying the hardware or firmware <u>GPS/GLONASS/BDS correction projection technical development</u> ○ GPS correction projection technique development - Development of a GPS correction projection algorithm - Development of a post-processing program which utilizes raw GPS data for the correction projection algorithm verification ○ GLONASS correction projection technique development - Implementation of a technique to compute GLONASS satellite positions in real time - Implementation of a GLONASS correction projection technique - Employment of a hybrid positioning system using the GPS/GLONASS correction projection techniques ○ Beidou correction projection technique development - Implementation of a technique to compute Beidou satellite positions in real time - Implementation of a Beidou correction projection technique - Employment of a hybrid positioning system using the GPS/GLONASS/Beidou correction projection techniques <u>Development of software capable of providing position information with 1-meter level accuracy for smartphones and other mobile devices</u> ○ Development of device-specific optimization software for the GNSS correction projection technique - Research of the companies that produce built-in GNSS chips for domestic mobile devices - Analysis of the characteristics of the GNSS chips equipped on flagship mobile devices - Creating a list of the most up-to-date information on GNSS chipset and GPS/GLONASS positioning chipsets and selecting a model to be tested - Development of an algorithm for GNSS correction projection technique optimization on the selected model ○ Development and verification of device-specific application software for correction projection techniques - Creating libraries for mobile devices and verifying algorithm performance - Application software development for android smartphones - Performance comparison between standalone positioning with a low-cost GPS receiver, typical DGPS positioning, and DGPS correction projection positioning ○ Service scenario study
-----------------------------------	---

	- Demand analysis of the software developed in this study - New business model development - Technology commercialization strategy establishment ○ GNSS(GPS/GLONASS/Beidou) correction projection engine development - Development of a GNSS correction projection engine based on Java (Android) - Real-time performance verification of the GNSS correction projection engine running on mobile devices ○ Improvement of performance for GNSS correction projection by device-specific - Performance Improvement and optimization for the GNSS correction projection technique by device-specific ○ Implementation of GPS/GL0/BDS modified PRC generation and provision technology - PRC generation technology based on minimum reference station - PRC server operation for smartphone application ○ Upgrade and verification of the application software for device-specific correction projection techniques - Mobile device library upgrade and algorithm performance verification - Android smartphone application software upgrade - Performance comparison and evaluation of off-the-shelf mobile devices with and without the implementation of the correction projection software - Performance comparison and evaluation of smartphones with and without the implementation of the application software ○ Business strategy establishment - Establishment of marketing strategies including development of a demo system of the software - Establishment of overseas expansion strategies
Results	○ GPS correction projection technique ○ GPS/GL0/BDS correction projection technique ○ Device-specific optimization software for GNSS correction projection ○ Implementation of GPS/GL0/BDSu modified PRC generation and provision technology ○ Device-specific libraries and applications for the correction projection technique with 1-meter level positional accuracy ○ Performance indicators - One patent applications(Patent Examination Pending) - Four academic journal publications - Two conference presentation - One prototype - Seven software registrations - Zero new technology certification - Three laboratory tests - Three field tests - One application development
Expected	<u>Utilization plan</u>

Contribution	○ The GPS correction projection library, which is one of the outcomes from this study, can immediately be applied for practical use to off-the-shelf mobile devices with built-in GPS chips, such as smartphones, tablet PCs, and navigation devices. ○ The software developed in this study will be employed on mobile devices in a form of a library or an application and serve to obtain more accurate positional information, for which a high degree of utilization is expected in location-based services including location tracking. ○ The outcome from this study can be utilized to improve positional accuracy for the following areas, but not limited to: location tracking and monitoring services for the socially vulnerable and other special purposes, automobile navigation services, and navigation services for pedestrians and bicyclists. The correction projection library and/or application can be employed on various types of mobile devices and be commercialized, having the potential to create new industries. <u>Expected Contribution</u> ○ The improvement of spatial information technology and its high degree of utilization have resulted in an increase of the demand for highly accurate and reliable positional information and the need for accurate positioning technology. ○ Considering that utilizing DGPS technology to achieve highly accurate positioning has its limitation in the cost of manufacture, the expected technological contribution from this study is very high since the commercialization of the proposed technology will allow users to obtain positional information of 1-meter level accuracy via a simple software update on their existing mobile devices.				
Keywords	GNSS	DGNSS	Smartphone	Navigation	LBS

〈CONTENTS〉

Chapter 1 Introduction	1
Chapter 2 National and overseas research status	6
Chapter 3 Contents and result of the project	13
Section 1. GPS/GL0/BDS correction projection technical development	13
Section 2. GPS/GL0/BDS correction projection engine development	22
Section 3. Development of software capable of providing position information with 1-meter level accuracy for smartphones and other mobile devices	31
Section 4. Implementation of GPS/GL0/BDS modified PRC generation and provision technology	50
Section 5. Upgrade and verification of the application software for device-specific correction projection techniques	62
Section 6. Service scenario and business strategy establishment	80
Section 7. Research of data processing based on android raw measurements	83
Chapter 4 Research achievement and contribution to the related field	94
Chapter 5 Usage plan for research and development results	97
Chapter 6 Collected informations regarding international science technology	100
Chapter 7 Security level	103
Chapter 8 Registered Research facilities and equipments status on NTIS	104
Chapter 9 Safeguards implementation performance	105
Chapter 10 Representative research results	106
Chapter 11 ETC	108
Chapter 12 References	109

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 국내외 기술 개발 현황	6
3. 연구 수행 내용 및 성과	13
제 1절 GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	13
제 2절 GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	22
제 3절 스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 업그레이드 및 최적화	31
제 4절 GPS/GL0/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현	50
제 5절 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증	62
제 6절 서비스 시나리오 연구 및 사업화 전략 수립	80
제 7절 안드로이드 원시데이터 자료 처리 기술 연구	83
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	94
5. 연구개발성과의 활용 계획	97
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	100
7. 연구개발성과의 보안등급	103
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	104
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	105
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	106
11. 기타 사항	108
12. 참고 문헌	109

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

구분	내용	
최종 목표	현재 보급되어 있는 스마트폰, 태블릿 PC, 내비게이션 등의 모바일 단말기의 하드웨어나 펌웨어 변경 없이 DGPS 서비스를 적용할 수 있는 보정정보 위치영역 매핑 기반 DGPS 소프트웨어를 개발하여 라이브러리 또는 앱 형태로 모바일 단말기에 적용함으로써 저가의 모바일 단말기에서도 1m급 위치 정확도를 확보할 수 있도록 함	
세부 목표	1 차년	○ 스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발 ○ GPS/GLO 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발
	2 차년	○ 스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 고도화 및 최적화 ○ GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발

2. 연구개발의 필요성

○ 사업화 대상기술 정의

- 제안과제를 통해 사업화 하고자 하는 기술은 DGPS 보정정보를 측정치 기반이 아닌 위치영역으로 투영하여 NMEA로 출력되는 최종 위치정보를 보정하는 기술로 DGPS-CP(DGPS-Correction Projection)로 칭함

○ 스마트폰 GNSS 성능 향상 기술 사업화의 필요성

- GNSS 기능 탑재 장치의 수와 활용도가 높아지고 있음
- GNSS 기능 탑재 모바일 단말기의 보급이 확산됨에 따라 위치정보를 이용한 애플리케이션의 개발 및 활용도 증가하고 있는 추세이며, 동시에 위치정보에 대한 정확성과 안정성에 대한 개선의 요구도 함께 증가하고 있음
- 그러나 현재 보급되어 있는 스마트폰, 태블릿 PC와 같은 모바일 단말기에 사용되는 저가의 GNSS 칩에서는 칩 내부에서 계산되는 최종 위치정보만이 NMEA 형태로 출력되며 GNSS 원시데이터는 출력되지 않기 때문에 일반적인 DGNSS 보정정보 적용을 통한 정확도 향상이 불가능함
- 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 “스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발” 연구 과제를 통해 보정정보 위치영역 매핑 기술을 개발할 필요가 있음
- 나아가 (주)피피솔은 대한민국 영토에 4개소의 DGNSS 기준국만으로 국립해양측위정보원 17개소와 동등한 수준의 측위정확도를 달성할 수 있는 보정정보 생성기술의 추가 연구 개발이 필요함

○ DGNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 차별성

- 기 보급되어 있는 모바일 단말기의 하드웨어나 펌웨어의 변경 없이 대상기술의 적용만으로 고가의 DGPS 장비를 이용하는 것과 같은 효과를 낼 수 있음
- 이를 통해 기존의 스마트폰이나 모바일 단말기의 수 미터-수십 미터의 위치정확도 만으로는 불가능하던 고정밀 위치정보를 필요로 하는 어플리케이션에 실용화 할 수 있으며, 국민편익을 증진시킬 뿐만 아니라 특히 범죄예방 및 재난재해 대처를 위한 제품 및 신산업 창출에 핵심적인 역할을 할 수 있음

3. 연구개발 범위

연차	연구 범위	연구 수행 방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
1차년	GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GPS 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발 - GPS 원시데이터를 이용한 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 검증용 후처리 프로그램 개발
		GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용 - 알마낙 기반 GLONASS 실시간 위성 위치 산출 기술 구현
	스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 개발	단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 S/W 개발	- 국내 모바일 단말기의 내장 GNSS 칩 제조사 조사 - 각 제조사별 대표모델 내장 GNSS 칩 특성 분석 - GPS 칩셋 및 GPS/GLONASS 복합측위 칩셋 리스트업 및 기술적용 대상 모델 선정 - 선정 모델 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘 개발
		단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 개발 및 검증	- 저가형 GPS 수신기를 이용한 GPS, GLONASS 단독 vs. 일반 DGNSS vs. 보정정보 위치영역 매핑 DGNSS 성능 비교 - 단말기 라이브러리 제작 및 알고리즘 성능 검증 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작
		서비스 시나리오 연구	- 개발 S/W 활용분야 및 수요기관 발굴 - 신규 사업모델 개발 - 개발 기술 사업화 전략 수립
2차년	GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑

			핑 기술의 복합측위 적용
스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 업그레이드 및 최적화	GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발 및 실시간 검증		- GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 구현 - GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 엔진 개발 - 알마낙 기반 GPS/GLO/BDS 실시간 위성위치 산출 기술 구현
	단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 성능 개선		- 각 제조사별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 및 성능 개선
	단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증		- 안드로이드 기반 GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 라이브러리 개발 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작
	GPS/GLO/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현		- 최소 기준국 기반 전국 보정정보생성 기술 - 스마트폰 어플리케이션 용 보정정보 서버 운영
	사업화 전략 수립		- 개발 S/W 사업화 전략 및 마케팅 홍보 전략 수립 - 해외 진출 전략 수립

4. 연구개발 성과 목표

연차	핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)		최종 성과점검기준					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
				질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치			
1차년	A GPS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	A-1 매핑 알고리즘 개발	①	성능향상도	기존대비 50% 향상	측위 데이터 RMS	보고서	0.5	세종대 산단	10	SW: 1 건
		A-2 검증용 후처리 SW 개발	②	운용지속도	24시간 이상 데이터 처리	소프트웨어 동작상태	보고서	0.25	세종대 산단	5	논문: 1 건 SW: 1 건 학술대회: 1건
	B GLO/ASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	B-1 GLO/ASS 매핑 기술 개발	①	성능향상도	기존대비 50% 향상	측위 정확도 비교	보고서	0.5	세종대 산단	10	논문: 1 건
	C 단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 SW 개발	C-1 선정모델별 대상기술 적용 최적화 기술 개발	①	성능향상도	기존대비 50% 향상	측위 정확도 비교	보고서	25	(주)피피솔	135	SW: 1 건 특허: 출원 1 건 논문: 1 건
	D 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 SW 개발 및 검증	D-1 단말기 기종별 라이브러리 및 애플리케이션 제작	①	지원 단말기 기종 수	3종	실시간 동작상태 점검	보고서	1	(주)피피솔	70	SW: 1 건 모의시험: 3 건
	E 서비스 시나리오	E-1 개발 SW 수요 기관 발굴	①	수요기관 발굴	1건	발굴 여부	보고서	0.125	(주)피피솔 (위탁기)	9	

			연구	E-2	신규사업 모델 발굴	②	신규사업 모델 발굴	1건	발굴 여부	보고서	0.12 5	(주)피피솔 (위탁기 관)	8	
2 차 년	F	GPS/ GLOBDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	F-1	개발기술의 복합측위 적용	①	성능향상도	기존대비 30% 향상	측위정 확도비 교	보고서	0.12 5	세종대 산 단	10		
			F-2	GPS/GLOBDS 통합 위치영역 매핑기술 개발	②	성능향상도	기존대비 30% 향상	측위정 확도비 교	보고서	0.12 5	세종대 산 단	10		
			F-3	매핑 기술 후처리 검증	③	운용지속도	24시간 이상 데이터 처리	소프트 웨어 동작상 태	보고서	0.25	세종대 산 단	10		
	G	GPS/ GLOBDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	G-1	플랫폼 기반 엔진 개발	①	운용지속도	24시간	실시간 동작상 태 점검	보고서	0.5	(주)피피솔	12	SW: 1 건	
			G-2	매핑 엔진 실시간 검증	②	성능향상도	기존대비 50% 향상	실시간 측위 RMS	보고서	0.5	(주)피피솔	23	논문: 1 건	
	H	단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 성능 개선	H-1	선정모델별 대상기술 적용 최적화 기술 개발	①	성능향상도	기존대비 50% 향상	실시간 측위 RMS	보고서	0.75	(주)피피솔	58	특허: 등록 0 건 학술대회 1건	
	I	단말기별 보정정보 위치영역 매핑기술 적용 애플리케이션 SW 업그레이드 및 검증	I-1	단말기 라이브러리 업그레이드 및 알고리즘 성능 검증	①	성능향상도	기존대비 50% 향상	측위정 확도비 교	보고서	0.25	(주)피피솔	45	SW: 1 건 SW: 1 건	
			I-2	상용화를 위한 시제품 개발	②	성능 검증	3종	실시간 동작여부 확인	시제품 시연	0.5	(주)피피솔	30	시제품: 1 건	
			I-3	최종성과물의 현장시험	③	측위정확도	기존대비 50% 향상	실시간 측위 RMS	보고서	0.75	(주)피피솔	30	현장시험: 3 건	
			I-4	신기술 인증	④	신기술 인증	1건	인증 여부	인증 확인서	0.5	(주)피피솔	30	신기술인증: 0 건	
	J	GPS/GLOBDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현	J-1	최소 기준국 기반 전국 보정정보생성 기술	①	운용지속도	24시간 이상 데이터 처리	실시간 동작여부 확인	보고서	0.5	(주)피피솔	20		
	K	사업화 전략 수립	K-1	제품 판매 전략 수립	①	판매 전략 수 립	1건	수립여부	보고서	0.12 5	(주)피피솔	10		
			K-2	해외진출 전략 수립	②	해외진출 전 략 수립	1건	수립여부	보고서	0.12 5	(주)피피솔	10		
계										10		545	특허: 출원 1 건 등록 0 건 논문: 4 건 학술대회 2 건 시제품: 1 건 SW: 7 건 신기술인증: 0 건 모의시험: 3 건 현장시험: 3 건	

5. 연구개발 추진일정

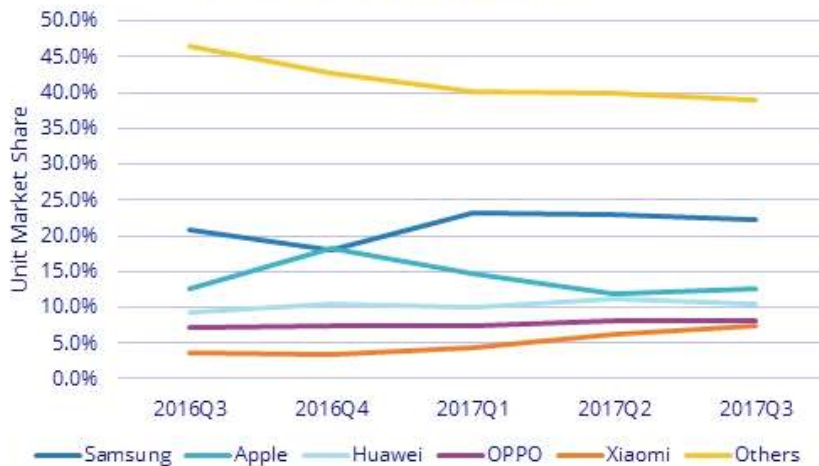
연 차	구 분	연구과제명 (연구수행기관)	세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1/4분기			2/4분기			3/4분기			4/4분기		
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9
1 년 차	공동 세종대	GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	• 매핑 알고리즘 개발	SW 등록	10	2.5	2.5	2.5	1	1	0.5						
			• 검증용 후처리 S/W 개발	논문 게재 SW 등록	5				0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		GLONASS 보정정보 위치영역 맵핑 기술 개발	• GLONASS 실시간 위성위치 산출 기술 구현 • GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발 • 개발기술의 복합측위 적용	논문 게재	10	1	1	2	2	2	2						
	주관 (주)피피솔	단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 SW 개발	• GNSS 칩 제조사 조사 • GNSS 칩 특성 분석 • 기술적용 대상모델 선정 • 각 모델별 최적화 알고리즘 개발	SW 등록 특허 출원	135	10	10	15	15	15	15	20	20	15			
		단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 개발 및 검증	• 단말기 라이브러리 제작 및 알고리즘 성능 검증 • 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작 • 외장형 저가 GPS 수신기를 이용한 개발 S/W 성능검증	SW 등록 모의시험	70				5	5	10	10	10	10	10	5	5
	위탁	서비스 시나리오 연구	• 개발 S/W 주요 기관 발굴	보고서	9	1	1	2	2	2	1						
• 신규사업 모델 발굴			보고서	8							1	2	2	1	1	1	
2 년 차	공동 세종대	GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	• 개발 기술의 복합측위 적용	보고서	10	1	1	2	2	2	2						
			• GPS/GLO/BDS 통합 위치영역 매핑 기술 개발	보고서	10				1	1	2	2	2	2			
			• 매핑 기술 후처리 검증	보고서	10							1	1	2	2	2	2
	주관 (주)피피솔	GPS/GLO/BD 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	• Java(Android) 기반의 GPS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발	보고서	12	2	2	2	2	2	2						
			• 검증용 실시간 S/W 개발	SW 등록	23							3	4	4	4	4	4
		단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 성능 개선	• 각 제조사별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 및 성능 개선	논문 게재 특허	58	10	10	10	10	9	9						
			• 단말기 라이브러리 업그레이드 및 알고리즘 성능 검증	보고서	45	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
		단말기별 보정정보 위치영역 매핑기술 적용 애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증	• 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 업그레이드	시제품검증	30	3	3	3	3	3	3	4	4	4			
			• 각 제조사별 일반 모바일 단말기 대비 개발 S/W 적용 모바일 단말기 성능 평가	현장시험	30	3	3	3	3	3	3	4	4	4			
			• 일반 스마트폰 대비 개발 앱 적용 스마트폰 성능 평가	보고서	30				3	3	3	3	3	3	4	4	4
	위탁	사업화 전략 수립	• 제품 판매 전략 수립	보고서	10	1	1	2	2	2	2						
			• 해외진출 전략 수립	보고서	10								1	1	2	2	2
계					545	127.5			181			176			60.5		

제2장. 국내외 기술 개발 현황

○ 국내외 시장분석

- 전 세계 스마트폰 시장 전망

- IDC(International Data Cooperation)의 조사에 따르면 삼성전자는 전 세계 스마트폰 시장에서 8330 만대의 출하량으로 전년도에 비해 9.5 % 증가하여 글로벌 판매 1위 업체가 됐다고 발표했다[1].



<그림 2> 세계 5대 스마트폰 회사 판매량(IDC Market share Q3, 2017)

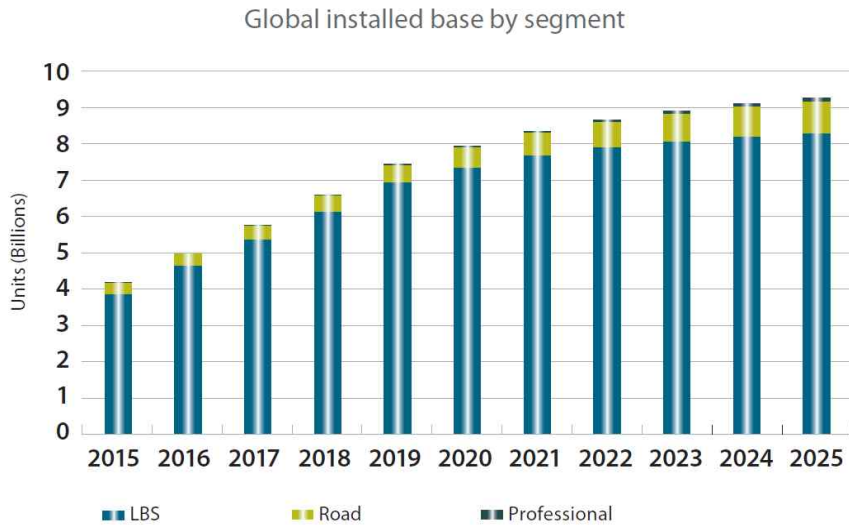
- 삼성전자의 주력 제품은 2017년 3분기에 새로운 갤럭시 노트 8을 출시하면서 계속해서 호조를 보였고, 삼성의 최신 단말기는 초기 수요에서 강력한 모습을 보였다. 삼성전자는 3분기의 세가지 주요 모델의 성공에도 불구하고 모바일 부문의 1/4 분기에 비해 전체 매출이 감소했다고 발표했다. 이러한 매출 감소는 프리미엄 모델의 판매량보다 중저가 모델들의 판매량이 늘어남으로 인해 발생했다고 분석했다.
- 2 위를 차지한 애플의 스마트폰 출하 대수는 신형 아이폰8 제품군의 출시에 힘입어 4670 만대로 증가했으며, 작년 4550 만대에서 2.6 % 증가했다. 애플은 999 달러짜리 아이폰X를 포함하여 9월 행사에서 3개의 새로운 모델을 발표했다. 11월 3일에 출시된 아이폰X는 새로운 아이폰8 및 8Plus 모델에 대한 수요가 분산 될 것이라고 전망했다. 아이폰 SE, 6S 및 7과 같은 오래된 아이폰은 모두 3분기 후반에 가격 인하를 발표하였고 낮아진 초기 금액으로 인해 판매량이 증가할 것으로 판단했다.
- Huawei는 IDC에 따르면 3위를 유지했으며 작년에 비해 16.1 % 증가한 3910 만대를 판매하면서 시장에서 계속해서 주목 받고 있다. Huawei의 저가 모델인 Honor 6X 및 Mid-range Honor 8로 크게 판매량이 성장하였고 Mate 9 및 P10 플래그십 모델은 하이엔드모델에서도 강세를 유지할 것으로 분석했다.
- Oppo의 출하량은 2017 년 3분기에 전년 대비 19% 증가한 3,070 만대의 스마트폰이 출하 되었다 . 보고서에 따르면 Oppo는 전 세계적으로 4위의 스마트폰 공급 업체로 남아 있으며 "중국 본토 이외 지역에서의 지속적으로 판매량이 증가" 할 것으로 분석했다. Oppo는 이번 분기에 인도에 새로운 스마트폰을 출시했으며, 또한 독점 판매점

확장과 함께 온라인 페스티벌 판매에 참여하기 시작했다. 중국에서는 R11 및 R11 Plus 모델이 중국내 시장에서 큰 인기를 얻었다.

- Xiaomi는 전 세계적으로 5위를 유지했지만 전년 대비 가장 큰 성장을 보였다. Xiaomi는 2016 년 3분기에 1,360 만대에서 2017 년 3사분기에 2760 만대로 출하량을 두 배 이상 늘렸다.
- IDC는 Xiaomi가 성장의 가장 큰 원인은 9월 한 달 동안 메가 온라인 페스티벌 판매에 크게 도움이 된 인도 스마트폰 시장에서 성공한 것이라고 밝혔다. 대부분의 모델에 대한 할인으로 Xiaomi는 인도에서 한 달 동안 400 만대의 스마트폰을 판매했다. 오프라인 판매점에서 선호하는 파트너 프로그램을 지속적으로 확장하고 새로운 Mi Stores를 개설함으로써 회사는 자사의 입지를 강화했다.
- 이 같은 추세가 이어질 경우 삼성과 애플의 성장률은 점차 둔화되고 이르면 2018년 도에는 삼성전자와 애플이 중국 업체들에게 추월당할 수도 있을 것으로 예상되나 프리미엄 시장에서는 아직까지 삼성과 애플이 양강 구도를 형성할 것으로 판단된다.
- 삼성은 중국 시장 수요 둔화 및 중국 내 점유율 하락 지속으로 인한 어려움을 신흥국에 대한 지배력 강화로 만회가 가능할 것으로 전망되고 플렉서블 디스플레이 등 새로운 스마트폰 폼팩터의 등장 시 산업 수요 자극 및 수익성이 증가할 것으로 판단되나, 산업 성장성 하락 및 애플의 독주 지속으로 산업의 전반적인 수익성이 낮아질 것으로 전망된다.
- 중국 스마트폰 업체들의 H/W 사양 개선 및 출하량 증가로 시장점유율 하락은 지속될 것으로 예상되며, 대화면 아이폰을 출시한 애플의 프리미엄 시장 독식으로 연간 매출액은 애플의 절반에도 미치지 못할 것으로 전망된다.

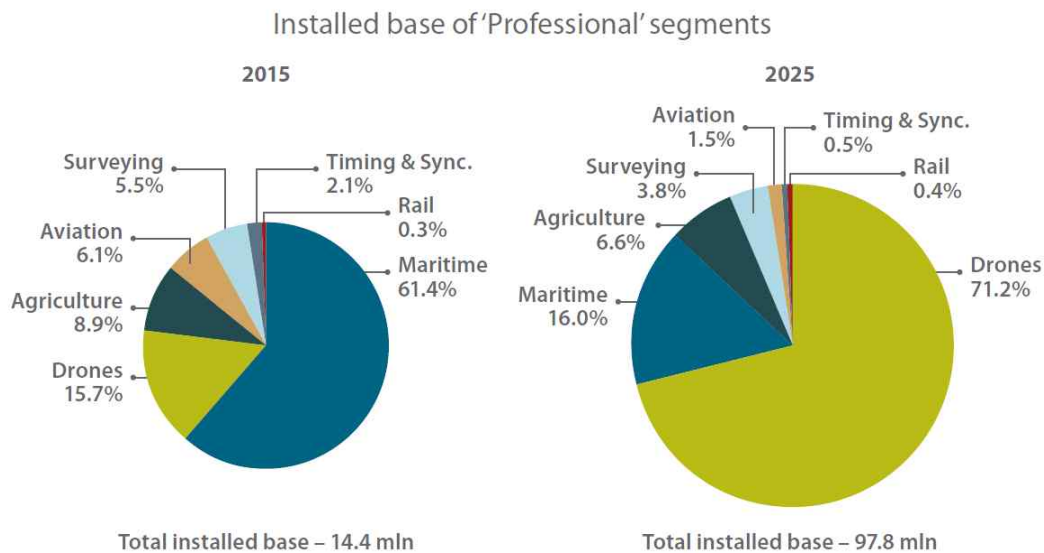
- 전 세계 GNSS 시장 전망

- GSA(Global Navigation Satellite Systems Agency)의 2015 GNSS Market Report에 따르면 세계 GNSS 시장은 앞으로 꾸준히 성장하고 수요가 급증할 것이라고 분석했다. 현재 전 세계적으로 무려 50 억 개의 GNSS 장치가 사용되고 있으며, 지구상에서 1 인당 장치가 2 개 이상인 것으로 추정되는 2020 년까지 80 억 개로 증가 할 것으로 예상했다. 이는 개발도상국의 스마트폰에 대한 수요 증가로 인한 것으로 분석했다[2].
- 특히 아시아 태평양 지역은 사람들이 기술에 대한 적응력뿐만 아니라 구매력이 급증하여 수요가 엄청나게 증가하고 있으며, 또 다른 두드러진 이유는 이 지역이 세계에서 가장 인구가 많은 지역에 속해있어 선진국보다 개발도상국에서 더 많은 소비자 시장을 창출하기 때문이라고 분석했다[3].



<그림 3> 세그먼트별 전세계 GNSS 설치 현황(GNSS Market Report, 2017)

- GNSS 전문분야 시장은 장비가 보급되어 지속적으로 발전되어 시장에서의 소비자들의 높은 신뢰도를 확보하고 있다. 나아가 스마트폰은 위치 기반 서비스를 지원하는 가장 보편적인 플랫폼으로 시장 확대에 큰 기여를 하고 있다.
- 한편 보고서는 도로 및 농업 등과 같은 다양한 부문에서 수요가 증가하면서 상승세를 보였다고 언급했다. 그러나 현재 이러한 추세는 선진국에만 국한되어 있으며, 특히 부품 제조업체, 시스템 통합 업체 및 서비스 제공 업체의 수가 많은 미국은 글로벌 GNSS 시장을 지속적으로 선도하고 있다. 세계 매출의 4분의 1을 차지하는 유럽은 2015년에 두 번째 순위를 차지했다. GNSS 시장의 연간 매출은 2025년에 2,189억 달러를 기록할 것으로 추정했다.



<그림 4> 전문 분야별 GNSS 설치 현황(GNSS Market Report, 2017)

- GNSS 시장 보고서 European GNSS Agency (GSA)의 Carlo des Dorides는 이러한 분석 결과에 동의하며 보고서에서 "GNSS 기술의 진화와 더불어 정확한 위치 정보에 대한 수요가 증가하고 있다는 것은 오늘날의 GNSS 시장이 그 어느 때보다도 크며, 전 세계적으로 약 50억 개의 GNSS 장치가 사용되고 있고, 향후 2020년까지 80억 개

로 증가 할 것이다.” 라고 예측했다.

- 분야 별 GNSS 동향

- LBS : 점점 더 많은 스마트폰이 GNSS 성능을 향상시키는 다중 위성항법시스템을 사용하고 있으며, LBS 앱의 90 % 이상이 GNSS에 의존하고 있다[3].
- Road : GNSS를 이용한 신뢰도 높고 정확한 차량 측위가 자율 주행(AD)의 가장 중요한 기술로 대두되고 있다. 따라서 제조사들은 각국의 정부가 권장하는 자율 차량 개발을 주도하고 있다[3].
- Aviation : 항공기 시장은 항공기 및 무인 드론 등 다양한 분야에서 GNSS의 의존도를 높이고 있다. SAR 비컨 제조업체는 GNSS를 활용하는 항공기 조난 추적을 위한 솔루션을 개발하고 있다[3].
- Rail : GNSS는 낮은 비용으로 안전을 확보하는 기술로 자리매김하고 있다. 또한, GNSS는 철도 신호 등과 같은 비 안전 관련 응용 분야에서 널리 활용되는 추세이다.
- Maritime : GNSS는 바다에서 PNT 정보를 얻는 가장 중요한 수단이며, 다중 위성 항법시스템을 이용한 정밀 측위 기술개발이 활발히 이루어지고 있다[3].
- Agriculture : GNSS 기반 응용 프로그램은 현대 농업의 주요 기술이다. GNSS 상업 시장의 절반 이상을 차지하고 있는 농업 분야에서의 GNSS활용도는 증가 추세이다.
- Surveying : 측량 장비의 가격 하락은 고정밀 지도 생성을 주도하고 있다. 이러한 고정밀 측량 및 지도는 다양한 분야에 활용된다[3].

○ 국내외 GNSS 기술 개발 현황

- 국외 기술 개발 현황

- 2020년 까지 항법 위성 수가 137개 까지 증가할 예정이라는 점에서 보다 많은 가시 위성 확보를 통한 위치 정확도 향상을 기대할 수 있다. 현재 24기 위성을 운용중인 러시아 GLONASS는 2020년에 30개의 위성을 운용할 계획이며, 유럽의 Galileo도 2020년에 30개의 위성으로 Full Operational Capability(FOC) 운용을 목표로 하고 있다. 또한 중국의 Beidou는 2018년까지 35개의 위성을 운용하는 범지구적 항법시스템을 갖추고자 하며 IRNSS는 2016년에 7기의 위성을 구축하여 지역서비스를 시작하였고, QZSS는 2017년에 4기의 위성 운용을 계획 하고 있다. 이상과 같은 항법 위성 보유국들의 발사 계획을 종합하면 다음 표와 같이 연도별 항법 위성의 추이를 확인할 수 있다[4].

[표 1] 연도별 위성항법 수 추이(Seok et al., 2015)

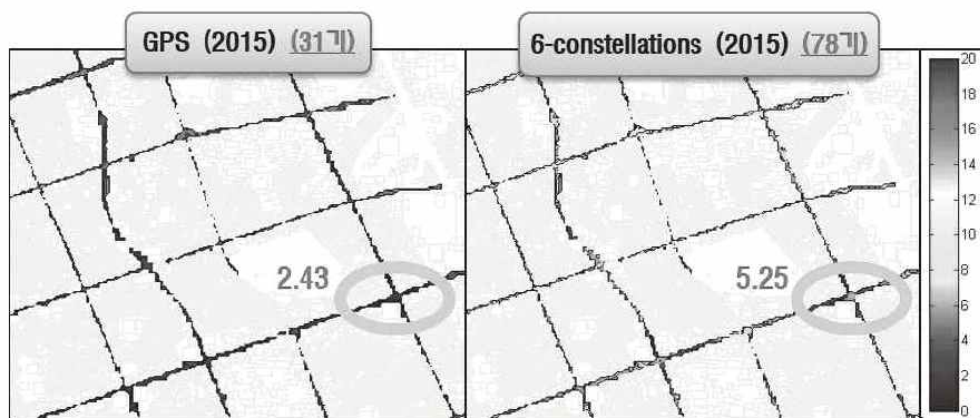
년도	GPS	GLONASS	Beidou	Galileo	QZSS	IRNSS	total
2015	31	24	14	4	1	4	78
2016	31	26	24	14	1	7	104
2017	31	26	30	18	4	7	116
2018	31	28	35	22	4	7	127
2020	31	30	35	30	4	7	137

- 현재 각 국의 발사 및 서비스 계획에 따르면 구축 중인 위성항법시스템은 2020년에

그 구성이 모두 완료되는데, Beidou는 지역항법을 위한 위성항법군은 발사가 완료되었고 현재는 Phase III 전 지구 서비스로 전환하고 있다. 또한 일본의 QZSS와 인도의 IRNSS 모두 자국 인근의 서비스인 지역항법시스템이기 때문에 아시아 지역은 ‘Satellite Hotspot’이라 칭해질 정도로 항법위성 수가 급증할 예정이며, 통합항법 측위 기술의 효과가 가장 큰 지역으로 주목받고 있다.

- 국내 기술 개발 현황

- 인근 국가들의 항법 위성 확보로 Satellite Hotspot 지역에 포함되어 있는 우리나라 역시 향후 항법위성 환경이 더욱 좋아질 전망이다. 전 세계적으로도 대표적인 도심지로 손꼽히는 서울시 강남구 포스코 사거리 중심부를 포함하여 강남구 일대의 3D 건물 정보를 대입하여 2015년 기준의 측위 현황을 시뮬레이션 한 결과는 아래 그림과 같다. GPS만 사용하여 측위할 경우 전 지역의 평균 가시 위성수는 3.8개로 하루 중 56%에 해당되는 시간만 측위가 가능한 것으로 확인되었으나, 모든 위성군을 사용하는 경우 평균 가시 위성수는 8.5개로 약 86%의 시간 동안 위치 결정이 가능할 정도로 다중 위성군 측위의 효과가 큼을 확인할 수 있다[5].



<그림 5> 2015년 평균 가시 위성 수(도심지역에서의 연도별 다중위성항법 통합성능 예측, 2016)

- 특히 2015년 기준 포스코 사거리에서의 평균 위성수는 GPS 단독의 경우 2.43개에서 다중 위성군으로 확장 시 5.25개로 증가하여 그 효과가 큼을 확인할 수 있다. 상기 시뮬레이션과 동일한 방법으로 국가별 위성 확보 계획을 반영하여 다중 위성군 위성의 가시성 시뮬레이션을 수행한 결과 2015년 8.5개였던 강남 인근에서의 평균 위성 수는 2016년, 2018년, 2020년 각각 12.9, 15.6, 17.1개로 증가함을 확인할 수 있다. 위성 가시성이 가장 좋지 않은 포스코사거리 지점에서도 2015년 5.3개였던 평균 가시 위성 수가 8.0, 9.8, 10.9 개로 매우 향상되는 것을 확인할 수 있다.

○ 스마트 기기 기술 동향

- 스마트 기기에 적용되는 위성항법군의 변화

- 최신 스마트 기기들 또한 다중 위성군 지원에 박차를 가하고 있다. LG V20, V30 기

기는 GPS/GLONASS를 지원하고 있고, 국내의 삼성 갤럭시 S7과 S8 모델의 경우 GPS/GLONASS/Beidou를 활용하고 있다. 중국의 Huawei 시리즈는 대부분의 모델에서 GPS/GLONASS/Beidou의 다중 위성군을 지원하고 있다.

[표 2] 최신 스마트 기기의 위성 지원 현황

Devices	Constellation
LG V10 / V20	GPS + GLONASS
갤럭시 S7 / S8	GPS + GLONASS + Beidou
갤럭시 Note 7 / Note 8	GPS + GLONASS + Beidou + Galileo
Huawei P10	GPS + GLONASS + Beidou + Galileo
Huawei P9 / Mate 9 / Honor 8	GPS + GLONASS + Beidou

- 2016년 중반, 스페인 기술 회사인 BQ는 유럽 최초의 갈릴레오 지원 스마트폰 인 Aquaris X5 Plus를 출시했다. Qualcomm의 Snapdragon 652 프로세서를 통합 한 Aquaris X5는 GPS, GLONASS 및 BeiDou 신호를 수신 할 수 있는 다중 위성군을 지원하는 스마트폰 이다. 2016년 12월 초, Huawei는 Huawei Mate 9과 Mate 9 Pro 의 새로운 프리미엄 모델이 Galileo 지원을 추가 할 것이라고 발표했다.
- 2017년 3월에는 Sony(Xperia XZ Premium), Huawei(P10, P10 plus) 및 Samsung(S8)의 추가 Galileo 대응 스마트폰 모델이 시장에 출시 되었다. Galileo의 통합으로 인해 추가 성능이 제공되므로 꾸준히 증가 하고 있는 스마트폰 제조업체가 다중 위성군 스마트폰에 Galileo 지원을 제공 할 것으로 예상된다.

- 스마트 기기 OS별 제공 정보 확인

- 당해 연도 연구 수행 결과, iOS 계열의 Apple 사의 아이폰은 NMEA 형태의 위치 정보를 제공하지 않는 것으로 확인되었다. 본 연구에서 제안하는 DGNSS-CP 알고리즘은 NMEA 위치 정보를 제공하지 않는 아이폰 에서는 적용이 불가능하므로, Objective-C 와 C++ 기반의 개발은 무의미 하다고 판단된다. iOS 상에서 취득할 수 있는 위치 관련 정보는 다음 그림과 같이 coordinate, altitude, floor, horizontalAccuracy, verticalAccuracy, timestamp 등이 있다.

```

GPS,2016-09-20 15:28:07,37.3835776071385,127.120625826494,81.99462890625,
MAG,2016-09-20 15:28:07,-71.8760528564453,114.563629150391,-
449.866333007812,GPS,2016-09-20
15:25:01,37.3837820487445,127.120174253478,81.99462890625,GPS,2016-09-20
15:28:07,37.3835776071385,127.120625826494,81.99462890625,GPS,2016-09-20
15:28:07,37.3835776071385,127.120625826494,81.99462890625,ACC,2016-09-20
15:28:07,0.0573577880859375,-0.276840209960938,-0.94000244140625,MAG,2016-
09-20 15:28:07,-70.4837799072266,114.21907043457,-448.857269287109,GYR,2016-
09-20 15:28:07,-0.0359031399197942,0.126498287566001,0.145788628605881,
ACC,2016-09-20 15:28:07,0.0713653564453125,-0.298233032226562,-
0.954681396484375,MAG,2016-09-20 15:28:07,-
70.4837799072266,113.874526977539,-451.884399414062,GYR,2016-09-20
15:28:07,-0.229898446365526,0.242474958297316,0.862297472505704,ACC,2016-09-
20 15:28:07,0.127349853515625,-0.297943115234375,-0.932510375976562,
MAG,2016-09-20 15:28:07,-68.0473022460938,111.807205200195,-
460.293121337891,GYR,2016-09-20 15:28:07,0.128999794777912,-
0.0668245707044863,-0.304964435379372,ACC,2016-09-20
15:28:07,0.121261596679688,-0.298080444335938,-0.87127685546875,MAG,2016-09-
20 15:28:07,-68.2213439941406,111.290374755859,-461.470336914062,GYR,2016-
09-20 15:28:07,0.00698706943593189,0.465500052205457,0.0292652109027717,
ACC,2016-09-20 15:28:07,0.2030029296875,-0.302154541015625,-
0.95965576171875,MAG,2016-09-20 15:28:07,-
64.3925933837891,111.63493347168,-460.797668457031,GYR,2016-09-20
15:28:07,-0.0346152352166319,0.280778671623708,0.295715276913527,ACC,2016-

```

<그림 6> iOS 제공 데이터 샘플

- 상기 정보를 바탕으로 저장된 데이터의 일부는 아래 그림에서 확인할 수 있듯이

GPS 헤더로 시작되는 정보에는 timestamp, location.latitude, location.longitude, altitude 정보들을 취득할 수 있는데, 해당 정보의 resolution은 DGPS 정확도 향상 여부가 확인될 수 있는 수준이나, 좌표 이외의 위성정보를 전혀 제공하고 있지 않으므로, 본 연구에서 제안하는 방식의 적용이 불가능하다.

- 현재 안드로이드 계열의 스마트 기기에서는 NMEA 형태의 위치 정보를 제공하고 있을 뿐만 아니라, 다중 위성군을 사용하는 기기의 경우 사용하는 모든 위성에 대한 정보를 정상적으로 출력하고 있기 때문에 안드로이드 OS를 사용하는 기기에 적합한 알고리즘 개발에 주력하는 것이 타당하다고 판단된다.

```
$GPGGA,020048.00,3733.155470,N,12704.429452,E,1,24,0.3,57.6,M,18.5,M,,*55
$GPGSV,3,1,11,28,62,199,47,03,60,086,47,17,60,329,48,22,41,058,45*72
$GPGSV,3,2,11,19,39,310,44,01,33,052,42,06,29,257,43,11,23,075,40*75
$GPGSV,3,3,11,23,08,128,38,30,01,206,21,24,00,317,*46
$GLGSV,3,1,09,83,54,006,44,68,44,124,45,67,34,050,43,73,33,245,42*6F
$GLGSV,3,2,09,74,27,310,40,82,26,071,41,84,24,299,36,69,12,170,33*67
$GLGSV,3,3,09,80,07,201,32*51
$BDGSV,2,1,06,208,65,335,45,201,45,159,43,203,45,207,42,210,39,227,42*63
$BDGSV,2,2,06,207,28,200,41,206,08,176,37*6E
$GPGSA,A,3,01,03,06,11,17,19,22,23,28,30,,,1.6,0.8,1.3*3D
$GNGSA,A,3,01,03,06,11,17,19,22,23,28,30,,,1.6,0.8,1.3*23
$GNGSA,A,3,67,68,69,73,74,80,82,83,84,,,1.6,0.8,1.3*23
$QZGSA,A,3,,,,,,,,,,,,,1.6,0.8,1.3*23
$IMGSA,A,3,,,,,,,,,,,,,1.6,0.8,1.3*2C
$BDGSA,A,3,203,206,207,208,210,,,,,,,,,1.6,0.8,1.3*17
$GAGSA,A,3,,,,,,,,,,,,,1.6,0.8,1.3*2E
$GPRMC,020048.00,A,3733.155470,N,12704.429452,E,000.1,,210917,,,A*79
```

<그림 7> 갤럭시 S7에서 제공하는 NMEA 메시지

○ 종합 결론

- 앞서 스마트폰 및 GNSS 분야별 국내외 시장 전망과 기술 개발 현황을 알아보았다. 위에서도 확인할 수 있듯이 전 세계적으로 LBS 관련 사업의 성장과 GNSS 탑재 장치 출하량의 증가가 지속될 것으로 보이며, 특히 스마트폰과 태블릿 PC를 활용한 위치 기반 서비스와 어플리케이션의 발달로 시장 수익 또한 증가할 것으로 보인다. 또한, 국내외 적으로는 다중 위성군 시스템 구축에 대한 연구가 활발히 이루어 질 것으로 보인다. 우리나라는 인근 중국과 일본, 인도의 지역 위성항법 시스템 구축의 영향으로 전 세계적으로도 가장 많은 가시 위성군을 확보할 수 있어 다중 위성군 기반 측위에 유리한 입지조건을 갖추고 있다. 뿐만 아니라 각국의 위성항법 발사 계획을 고려할 때, 도심지에서의 가시 위성 수는 현재의 약 두 배 수준으로 증가할 것으로 예상되므로 관련 기술의 향후 전망도 밝다고 예측된다.
- 따라서 국내 기술의 경쟁력 확보를 위해서도 GNSS 관련 원천기술 연구와 지속적이고 적극적인 기술개발이 필요하며, 다양한 기업체와의 협력을 통해 기술 개발과 수익성 있는 비즈니스 모델 개발이 필요한 상황이다.

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

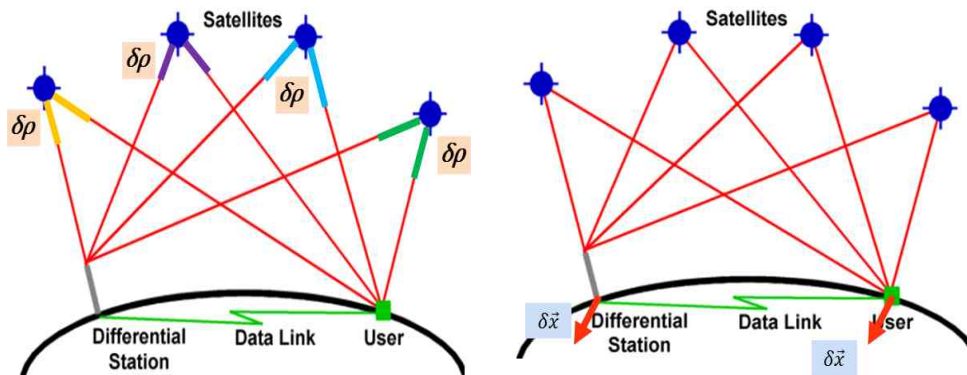
제 1절 GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발

1. GPS 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발

○ 위치 영역 DGPS와 거리 영역 DGPS

위성항법 보정시스템 (DGPS, Differential Global Positioning System)은 기준국에서 생성한 보정정보를 이용하여 위성항법 공통 오차를 제거함으로써 정확도를 1~3m 수준으로 향상시키는 방법이다. DGPS는 오차 제거 방법에 따라 위치영역 보정방식과 거리영역 위성항법

보정방식으로 나뉘는데, 위치 영역 보정정보는 그 개념이 매우 직관적이고 구현이 용이하나, 사용자와 기준국의 위성 조합이 다를 경우 오히려 Stand-alone 보다 오차가 커질 수 있다는 치명적인 단점이 있다. 이 때문에, 사용자의 가시위성에 따라 보정정보를 선별적으로 적용하여 오차를 제거할 수 있는 거리기반 보정 방식이 일반적으로 사용되고 있고, 대표적인 DGPS 방식인 SBAS 보정정보와 NDGPS의 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service) 메시지의 경우에도 모두 이에 근거하고 있다.



<그림 8> DGPS 방식별 비교 (좌: 거리영역 DGPS, 우: 위치영역 DGPS)

DGPS 거리기반 보정정보는 위성궤도 및 시계, 대기권 오차 등 GPS 공통오차를 포함하고 있으므로, 아래 식에 의해 사용자는 오차가 제거된 측정치로 DGPS 위치해($\vec{x}_{DGPS}$)를 산출한다.

$$\begin{bmatrix} \vec{x}_{DGPS} \\ B \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T \begin{bmatrix} \vec{e}^i \cdot \vec{R}^i - (\rho^i + \delta\rho^i) \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 H 는 관측행렬, B 는 수신기 시계 오차, $\vec{e}^i$, $\vec{R}^i$, ρ^i , $\delta\rho^i$ 는 각각 i -번째 위성의 선벡터(Line-of-Sight Vector), 위치 벡터, 의사거리와 거리보정정보를 의미한다.

식(1)에 분배법칙을 적용하면 식(2)와 같은데,

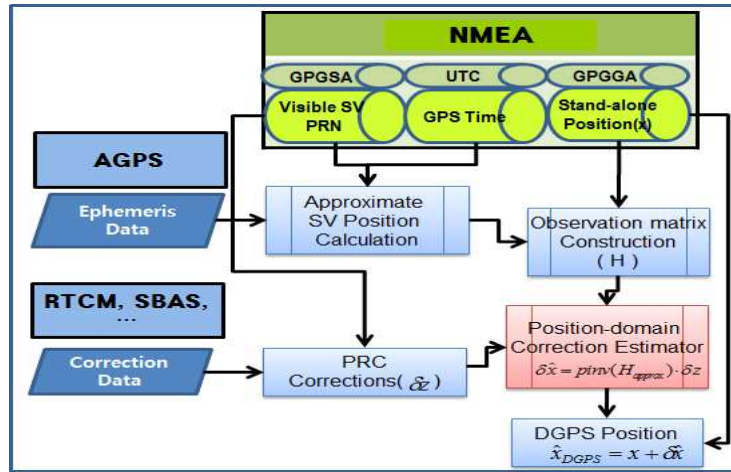
$$\begin{bmatrix} \vec{x}_{DGPS} \\ B \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T \begin{bmatrix} \vec{e}^i \cdot \vec{R} - \rho^i \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} + (H^T H)^{-1} H^T \begin{bmatrix} \vdots \\ -\delta \rho^i \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (2)$$

이 중 첫 번째 항은 GPS stand-alone 위치에 해당하므로 보정정보가 위치영역으로 투영된 위치영역 보정정보($\vec{\delta x}_{DGPS}$)는 다음 식과 같다.

$$\begin{bmatrix} \vec{\delta x}_{DGPS} \\ \delta B \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T \begin{bmatrix} \vdots \\ -\delta \rho^i \\ \vdots \end{bmatrix} = -(H^T H)^{-1} H^T (\vec{\delta \rho}) \quad (3)$$

○ 스마트폰 내 DGPS 보정정보 위치영역 맵핑 알고리즘 구현 전략

식(3)에 따라 보정정보를 위치 영역으로 투영하기 위해서는 관측행렬 H의 구성이 필수적이다. H는 가시위성의 시선벡터로 구성되어 있으므로, 현재 GPS 수신 모듈이 위치를 결정하는데 사용한 위성의 번호와 위치 정보를 획득하여야 한다. 일반적인 GPS 모듈이 준수하는 NMEA 0183 format의 경우 GPGSA sentence를 통해 현재 위치 결정에 사용된 위성(active satellites)의 번호를 제공하고 스마트폰도 이를 준수하고 있으므로, 위성 궤도 정보와 NMEA의 GPGSA 정보를 함께 사용하면 아래와 같이 DGPS-CP를 구현할 수 있다[6].



<그림 9> 스마트폰내 NMEA 정보를 이용한 DGPS-CP 구현 전략

상기 방식에 따라 보정정보 맵핑 알고리즘을 구현할 경우, GPS, GLONASS 등 사용 위성군에 따라 그 세부 알고리즘이 달라질 수 있으므로, 본 연구에서는 사용 위성군과 관계 없이 적용 가능한 독립적인 맵핑 기술을 구현하기 위하여 위성의 방위각과 고도각을 이용한 알고리즘을 사용하였다.

위성군별 Ephemeris 정보를 이용하여 각 위성의 고도각(EI)과 방위각(Az)을 산출하면, 식(4)와 같이 Local frame 상의 시선벡터($\vec{e}_{local}^i$) 산출이 가능하다.

$$\vec{e}_{local}^i = \begin{bmatrix} \sin Az^i \cos EI^i \\ \cos Az^i \cos EI^i \\ \sin EI^i \end{bmatrix} \quad (4)$$

사용자의 위도(ϕ)와 경도(λ)에 따른 회전행렬($R(\phi, \lambda)$)을 적용하여 ECEF 상의 시선벡터($\vec{e}_{ECEF}^i$)를 식(5)와 같이 산출하고, 이를 이용하여 (6)의 관측행렬을 구성한다.

$$\vec{e}_{ecef}^i = R(\phi, \lambda) \cdot \vec{e}_{local}^i \quad (5)$$

$$H = \begin{bmatrix} \vec{1}^T & -1 \\ e_{ecef}^1 & -1 \\ \vec{2}^T & -1 \\ e_{ecef}^2 & -1 \\ \vdots & \vdots \\ \vec{n}^T & -1 \\ e_{ecef}^n & -1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

○ GPS/GLO 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발

- GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현

- 양각 및 방위각 입력을 통한 위치영역 매핑 모듈 구현

본 연구에서 개발하고자 하는 Java 기반의 GPS 보정정보 위치영역 맵핑 엔진은 위성의 양각과 방위각을 입력하면 관측행렬을 구성하여 매핑 알고리즘을 적용할 수 있는 구조로 되어 있다. 따라서 GPS와 상이한 위성 위치 결정 알고리즘을 적용하는 GLONASS의 경우에도, 해당 위성의 양각과 방위각만 알고 있으면, 관측행렬을 구성할 수 있다는 점을 활용하여 GPS와 유사한 형태의 위치영역 맵핑 모듈을 구현하였다[6].

- GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용

- Multi-constellation DGNSS 보정정보 위치영역 맵핑 알고리즘 구현 전략

최근 출시된 스마트폰의 경우, GPS외에도 GLONASS, Beidou 등을 지원하는 추세이므로, DGPS-CP 알고리즘을 Multi-constellation의 지원이 가능한 DGNSS-CP 알고리즘으로 변경하여야 한다. 각 위성군은 그 기준 시각이 서로 다르므로 수신기의 시계오차도 상이하다. 이를 수식에 적용하여 관측행렬을 구성하면 아래와 같다.

$$H \equiv \begin{pmatrix} E_{GPS} & -\vec{1} & \vec{0} & \vec{0} \\ E_{GLONASS} & \vec{0} & -\vec{1} & \vec{0} \\ E_{Beidou} & \vec{0} & \vec{0} & -\vec{1} \end{pmatrix} \quad (7)$$

여기서 LOS 벡터로 구성된 행렬(E)은 $E = \begin{bmatrix} \vec{1}^T \\ e_{ecef}^1 \\ \vec{2}^T \\ e_{ecef}^2 \\ \vdots \\ \vec{n}^T \\ e_{ecef}^n \end{bmatrix}$, $\vec{1}$ 은 1로 구성된 벡터, $\vec{0}$ 은 0으로 구

성된 벡터를 의미한다.

본 연구에서는 GPS/GLONASS 보정정보 맵핑 기술의 복합 측위 기법을 적용하므로 상
기 (7)의 식을 아래와 같이 변경하여 사용하도록 한다.

$$H \equiv \begin{pmatrix} E_{GPS} & -\vec{1} & \vec{0} \\ E_{GLONASS} & \vec{0} & -1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

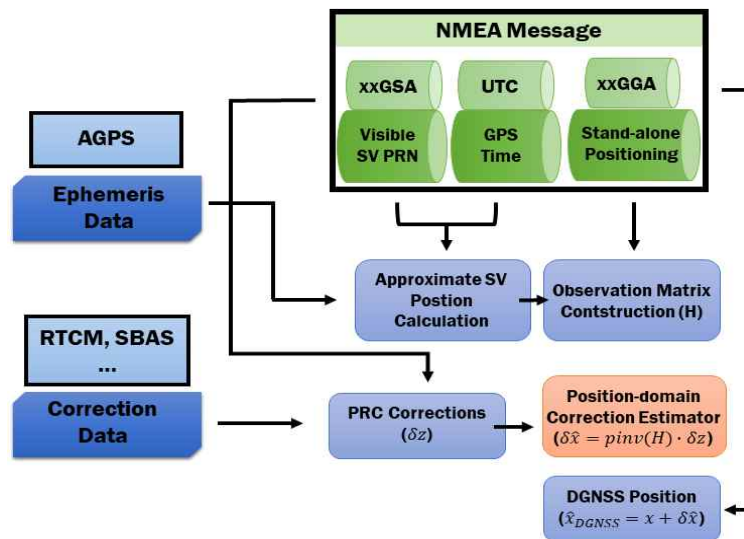
○ GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 맵핑 기술 개발

- GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 맵핑 알고리즘 개발

식(1)과 같이 보정정보를 위치영역으로 투영하기 위해서는 관측행렬의 구성이 필수적이
다.

$$\begin{bmatrix} \vec{\delta x}_{DGNS} \\ \delta B \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T \begin{bmatrix} \vdots \\ -\delta \rho^i \\ \vdots \end{bmatrix} = (H^T H)^{-1} H^T (\vec{\delta \rho}) \quad (9)$$

관측행렬은 가시위성의 시선벡터로 구성되어 있기 때문에, 현재 GNSS 수신 모듈이 위
치를 결정하는데 사용한 위성의 번호와 위치 정보를 획득해야 한다. 일반적인 GNSS 모
듈이 준수하는 NMEA 0183 포맷의 경우 GPGSA, GNGSA, BDGSA 문장을 통해 현재
위치 결정에 사용된 위성의 번호를 제공하고 스마트 기기 또한 이를 준수하고 있기 때문
에, 위성 궤도 정보와 NMEA에서 제공하는 GSA 정보를 함께 사용하면 아래와 같은
DGNS-CP 알고리즘을 구현하는 것이 가능하다[7].



<그림 10> NMEA 메시지를 이용한 DGNS-CP 구현
전략

제안한 방식에 따라 보정정보 맵핑 알고리즘을 구현할 경우에 GPS, GLONASS, Beidou
등 사용하는 위성군의 종류에 따라 세부적인 알고리즘이 달라질 수 있기 때문에, 본 연구
에서는 사용하는 위성군의 종류와 관계 없이 적용이 가능한 맵핑 엔진을 구현하기 위하
여 위성의 방위각과 고도각을 이용한 알고리즘을 사용하였다.

위성군 별 궤도력 정보를 이용하면 각 위성의 고도각(El)과 방위각(Az)을 산출하는 것

이 가능하고, 다음 식(10)와 같이 Local frame 상의 시선벡터를 산출할 수 있다.

$$\vec{e}_{local}^i = \begin{bmatrix} \sin(Az^i) \cos(EI^i) \\ \cos(Az^i) \cos(EI^i) \\ \sin(EI^i) \end{bmatrix} \quad (10)$$

사용자의 위도와 경도에 따른 회전행렬을 적용하여 Earth Centered Earth Fixed 좌표계 상의 시선벡터를 식(11)과 같이 산출하고, GPS/GLONASS/Beidou의 다중 위성군을 활용하기 때문에 각각의 위성군마다 각기 다른 시계오차 산출 식을 적용하여 결과적으로 식(12)의 관측행렬을 구성한다[7].

$$\vec{e}_{ECEF}^i = R(\Phi, \lambda) \cdot \vec{e}_{local}^i \quad (11)$$

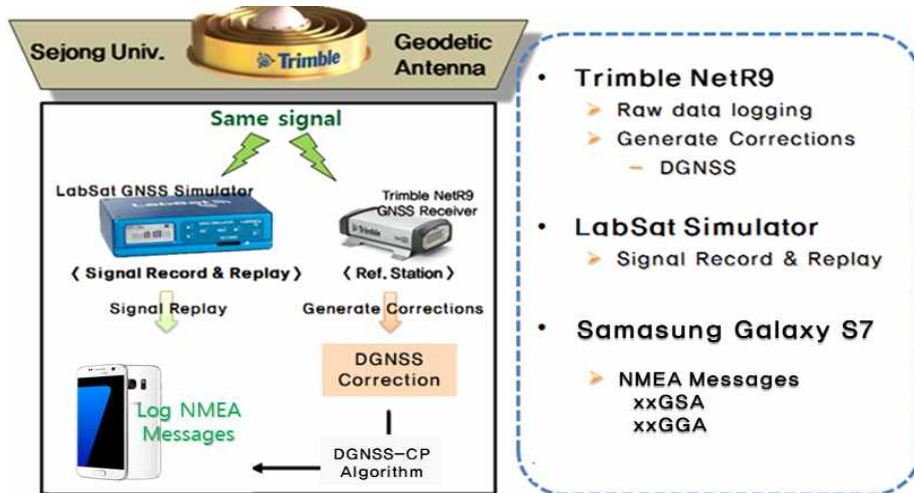
$$H = \begin{bmatrix} \vec{e}_{ECEF.GPS}^l & -1 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vec{e}_{ECEF.GLO}^m & 0 & -1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vec{e}_{ECEF.BDS}^n & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

알고리즘 적용을 위한 실험 기기 선정과 실험 환경은 아래와 같다.

Device	Operational System	Chipset	Constellation
 Samsung Galaxy S7	Android 6.0(Marshmallow), Upgradable to 7.0(Nougat)	Exynos 8890 (Octa)	GPS GLONASS Beidou

<그림 11> 실험 기기 선정

최근 스마트 기기에서는 하나의 칩셋으로 센서들을 통합하여 사용하고는 Solution-on-Chip(SoC) 트렌드를 따르고 있다. 최신 스마트 기기인 삼성 갤럭시 S7 모델 또한 마찬가지이며, 지원하는 다중 위성군으로는 GPS/GLONASS/Beidou 3종류가 있어 실험에 적합하다고 판단했다.



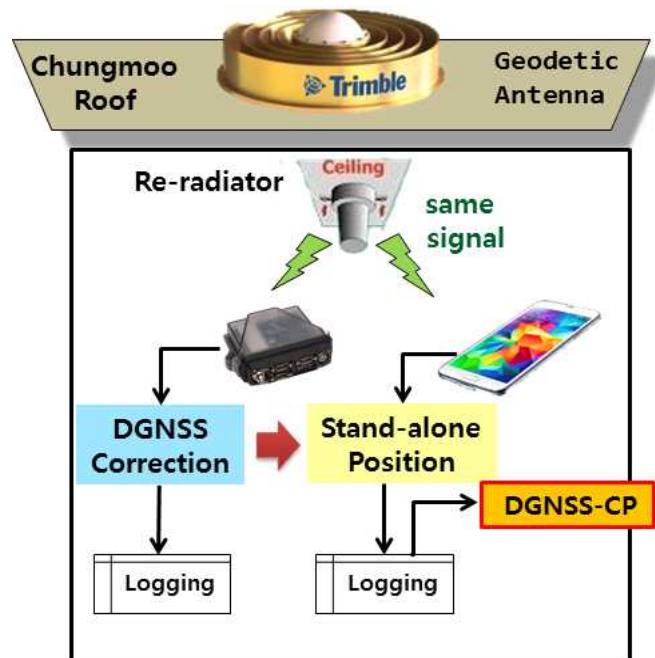
<그림 12> 실험 환경 구성

영기저선 실험 환경 구성은 <그림 11>와 같이 구성하였다. 충무관 옥상에 설치된 Geodetic Antenna를 이용하여 위성 신호를 수신 받고, Signal Splitter를 이용하여 LabSat GNSS Simulator로는 위성 신호를 Record 하고 Trimble NetR9 수신기로는 측정치를 저장하였다. 스마트 기기에는 일반적으로 사용하는 위성 항법용 안테나를 직접 연결할 수 없기 때문에 GNSS Simulator 장비를 이용하여 신호를 재송출 해주었다. 의사거리 보정 정보는 Trimble 수신기를 이용하여 생성한 후, DGNSS-CP 알고리즘 적용을 통해 위치영역으로 투영하였다. 투영시킨 보정정보를 최종적으로 갤럭시 S7에서 제공하고 있는 NMEA 메시지에 포함된 위치정보에 적용함으로써, 위치정확도 향상 정도를 확인하였다.

2. GPS 원시데이터를 이용한 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 검증용 후처리 프로그램 개발

○ 스마트폰용 DGPS-CP 성능 검증용 실험 환경 구성

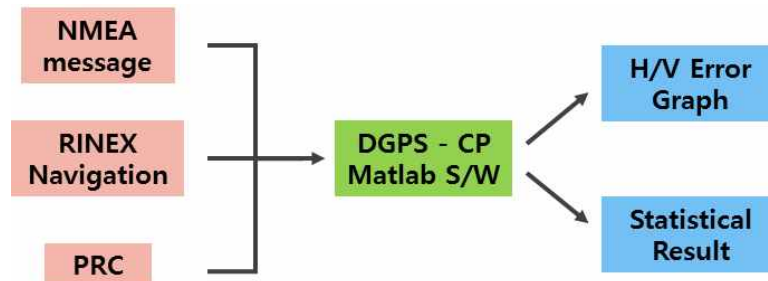
DGPS-CP의 성능을 분석하기 위해 다음 <그림 12> 과 같은 영기저선(Zero Baseline) 실험 환경을 구성하였다. 실험 환경은 먼저 세종대 충무관 옥상에 설치된 Trimble Choke Ring Antenna를 통해 수신된 위성항법 신호를 실험실 내에 설치된 GNSS Repeater를 연결하여 기준국과 스마트 장치에 같은 위성항법 신호를 사용할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 기준국에서는 수신 받은 Raw 데이터를 이용하여 측정치 영역의 DGPS 보정정보를 생성하고 사용자 부분의 스마트기기는 탑재된 위성항법 모듈의 항법해에 이 측정치 영역의 보정정보를 위치영역으로 투영한 DGPS-CP 알고리즘을 통해 DGPS-CP 항법해를 계산하게 된다.



<그림 13> DGPS-CP 실험환경

○ DGPS-CP 성능 검증용 Matlab 후처리 프로그램 개발

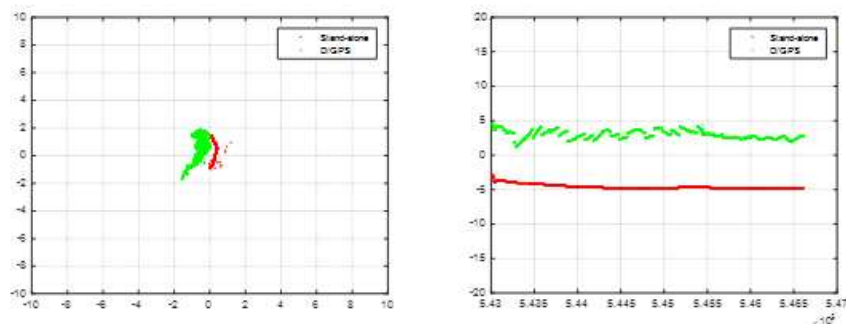
스마트폰의 NMEA message 에서 확인 가능한 단독측위 결과에는, GPS 오차들을 스마트폰에 탑재되어 있는 칩셋의 자체적인 알고리즘에 의해 제거된 결과를 보여준다. 따라서 구성한 실험환경을 통해 얻어진 PRC를 그대로 적용하지 않고, 대표적인 GPS오차인 전류층, 대류층 지연오차를 계산 후 적용하여 계산하였다. 전리층 오차는 RINEX Navigation message 의 전리층 보정 정보를 이용하여 Klobuchar Model을 사용하여 제거하였고, 대류층 오차는 NMEA message에서 확인 가능한 양각을 이용하여 Saastamonien Model을 각각 사용하여 제거하였다.



<그림 14> DGPS-CP Matlab S/W 구조

또한 아래 보여지는 실험은 2016년 11월 1일 12:00 시부터 24시간 실험한 결과를 보여주는데, 이와 같은 장시간 데이터를 개발한 S/W를 사용하여 처리해봄으로써 S/W의 정확성을 확인하였다.

- 휴대폰 내 DGPS-CP 성능 검증 실험 및 결과



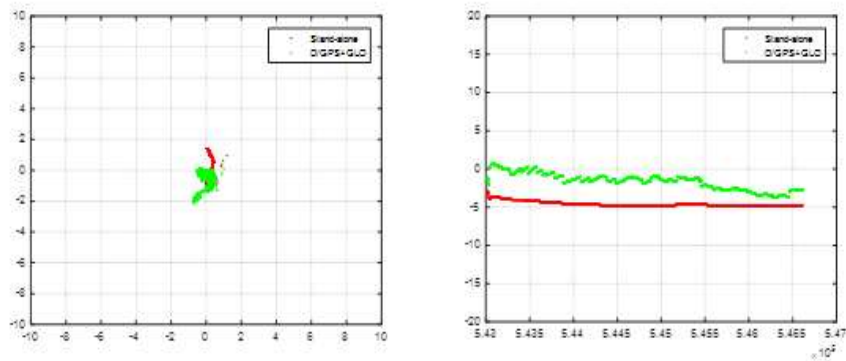
<그림 15> DGPS-CP 실험 결과

[표 4] DGPS-CP 실험 Statistical Result

	평균 (m)		표준편차 (m)		RMS (m)	
	수평	수직	수평	수직	수평	수직
stand-alone	0.77	-4.56	0.59	0.31	0.98	4.56
DGPS-CP	0.95	2.96	0.81	0.60	1.25	2.96

GPS 만 사용하였을 경우, RMS 수평오차는 0.98 에서 1.25 로 다소 성능이 저하되었고 수직오차는 4.56에서 2.96으로 향상됨을 보여주었다. 전체적으로 위치정확도가 약 32% 가량 향상되었으나, GPS외에 GLONASS를 보강하여 그 성능을 더욱 향상시켜야 할 필요성을 확인하였다.

- GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용 실험 및 결과



<그림 16> DGNSS-CP(GPS+GLONASS) 실험 결과 그래프

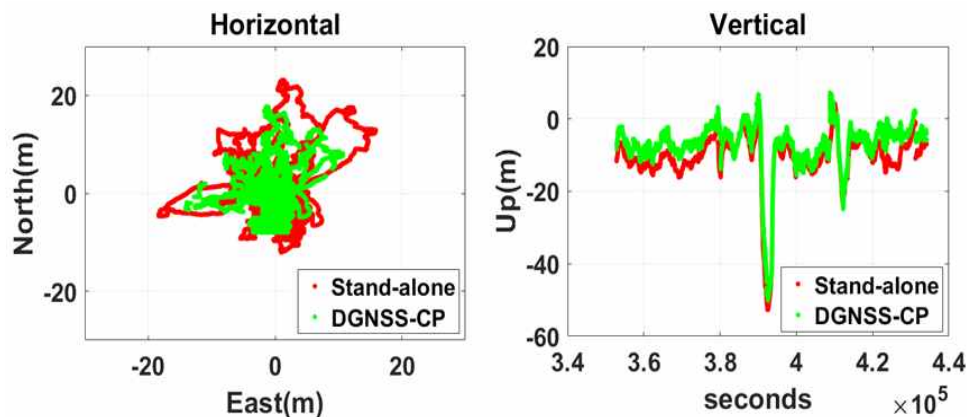
[표 5] DGNSS-CP(GPS+GLONASS) 실험 Statistical Result

	평균 (m)		표준편차 (m)		RMS (m)	
	수평	수직	수평	수직	수평	수직
stand-alone	0.77	-4.56	0.59	0.31	0.98	4.56
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)	0.49	-1.62	0.59	1.08	0.76	1.67

GPS+GLONASS 복합측위의 경우, RMS 수평오차는 0.98 에서 0.76 으로 성능이 향상되었고 특히 수직오차는 4.56 에서 1.67 으로 높은 수준의 위치 정확도를 보여주었다. 전체적으로 위치정확도는 약 61% 정도 향상을 보여주고 있다.

○ GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 맵핑 알고리즘 적용 결과

실험은 앞서 언급한 상황에서 UTC기준 2017년 9월 24일 2시부터 약 24시간 동안 수행하였다. GPS/GLONASS/Beidou 모든 위성을 사용하였고, 위성의 Cut-off angle 은 10도로 설정하였다.

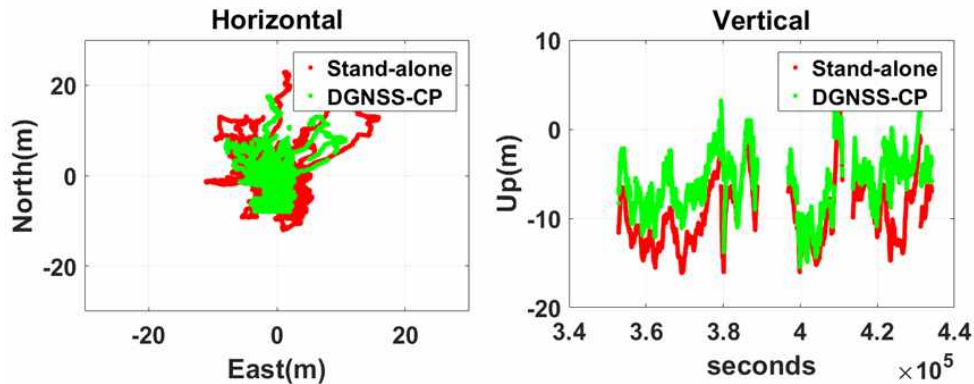


<그림 17> 갤럭시 S7 DGNSS-CP 24시간 실험 결과

[표 6] 갤럭시 S7 DGNSS-CP 24시간 실험 통계치 결과

Statistical	Result	Max	Mean	STD	RMS	95%
Stand-alone	Horizontal	23.17	0.28	6.88	6.88	14.39
	Vertical	52.71	-10.75	7.51	10.88	17.81
DGNSS-CP	Horizontal	17.74	0.67	4.63	4.68	9.49
	Vertical	50.06	-7.04	7.45	7.59	17.12

삼성 갤럭시 S7의 단독 측위 결과와 DGNSS-CP 알고리즘 적용 위치 결과를 확인해 보았다. 통계적 수치로 확인해 보아도 모든 수치에서 제안한 알고리즘을 적용한 결과가 더욱 뛰어난 것을 확인할 수 있다. 수평 RMS 정확도의 경우 기존 6.881m에서 4.6806m 로 약 31% 정도 향상된 결과를 보이고, 수직 RMS 정확도의 경우 기존 10.8753m에서 7.5913m 로 약 30% 정도 향상된 결과를 보여준다. 하지만 <그림 16>의 위치 결과에서 수직 정확도가 -30m 보다 떨어져 약 -60m 까지 도달하는 구간이 존재하는데, 이는 굉장히 비정상적인 상황이기 때문에 해당 구간이 위치 성능 평가에 있어서 객관적 판단을 저하한다고 생각하여 해당 구간을 제외 한 후 다시 비교해 보았다.



<그림 18> 비정상적인 구간을 제외한 갤럭시 S7 DGNSS-CP 실험 결과

[표 7] 비정상적인 구간을 제외한 갤럭시 S7 DGNSS-CP 실험 통계치 결과

Statistical	Result	Max	Mean	STD	RMS	95%
Stand-alone	Horizontal	22.99	0.32	6.07	6.08	11.33
	Vertical	16.11	-9.51	3.63	9.59	14.41
DGNSS-CP	Horizontal	17.56	0.75	4.01	4.08	8.05
	Vertical	15.46	-5.98	3.40	6.11	11.63

비정상적인 구간을 제외한 결과는 다음과 같다. 수평 RMS 정확도의 경우 기존 6.081m에서 4.0753m 로 약 33% 정도 향상된 결과를 보이고, 수직 RMS 정확도의 경우 기존 9.5910m에서 6.1053m로 약 36% 정도 향상된 결과를 보여준다. 두 경우 모두 수평 및 수직 정확도가 30% 이상 증가된 것으로 미루어보아 알고리즘의 적절성과 지속성이 검증되었다고 할 수 있다.

제 2절 GPS/GLO/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발

1. DGNSS-CP 보정정보 맵핑 엔진 개발

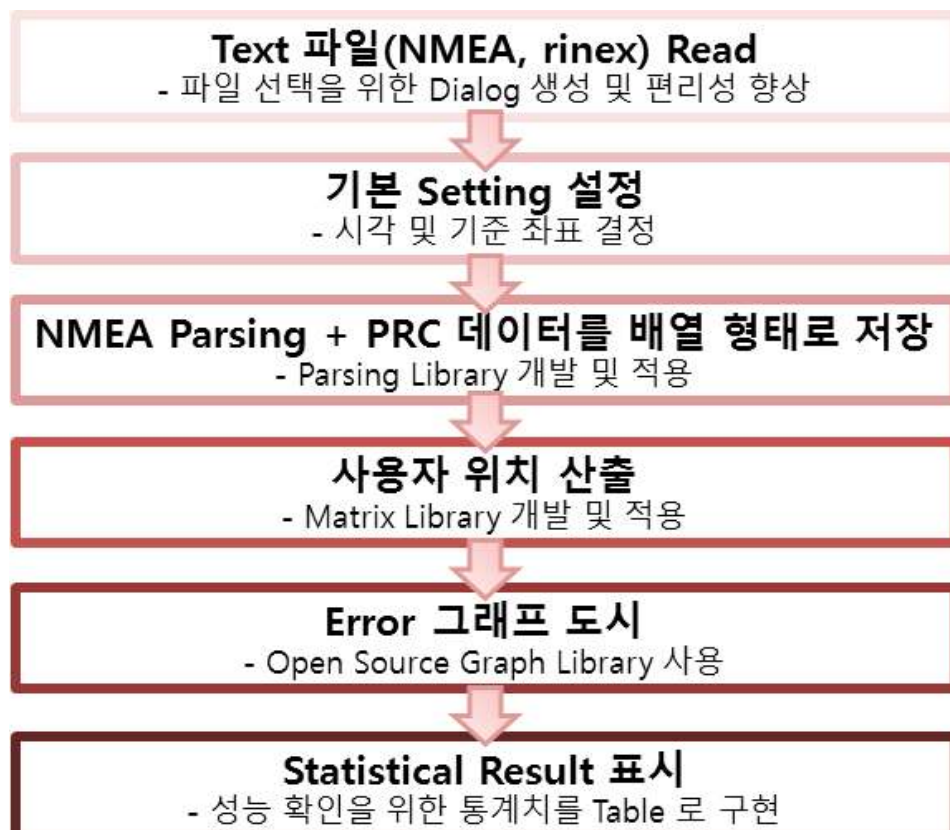
Android Application은 현재 많은 분야에서 적용이 가능하고, 전 세계적으로 그 시장이 더욱 커지고 있다. 따라서 Android 기반의 스마트기기에 적용 가능한, DGNSS-CP Application을 개발함으로써 다가올 스마트폰 항법 분야에서의 경쟁력을 확보하였다.

○ DGNSS-CP Android App

측정치 기반 DGNSS 보정정보를 사용자가 쉽게 적용할 수 있는 위치영역으로 투영시켜 DGNSS 수준의 위치 정확도와 대등한 성능을 구현시키는 방법인 DGNSS-CP 알고리즘을 Android 기반의 스마트폰 Application에 구현하여, Statistical Result와 함께 위치정확도를 확인한다.

- 동작원리 및 내부구조

- NMEA와 RINEX Navigation message에 포함된 데이터를 이용하기 위해 message를 원하는 형식으로 변경하는 과정이 필요
- 변환된 데이터를 이용하여 전리층, 대류층 지연오차를 계산하고 관측행렬을 구성
- 좌표변환을 이용하여 위치정확도를 그래프로 도시하고, 통계치를 표로 나타냄



<그림 19> DGPS-CP Android Application 구성

▪ 사용 Tool 과 Library

[표 8] User Tools and Libraries

분류	이름	비고
Tool	Android Studio	
Library	NMEA Parsing Library	자체개발
Library	Matrix Library	자체개발
Library	AChartEngine	Android Open Source

2. 알마낙 기반 GPS/GLO/BDS 실시간 위성위치 산출 기술 구현

○ BRDC 기반 GPS 위성위치 계산

GPS 방송궤도력은 각각의 GPS 위성으로부터 송신되는 항법메세지에 포함되어 있는 궤도정보로써, 미국 콜로라도에 위치한 GPS 주관제국에서 궤도추적데이터를 기초로 작성된 예측 값이다. GPS 수신기를 통해 실시간으로 수신이 가능하며, IGS 홈페이지를 통해서 다운로드 받아 이용할 수도 있다. GPS 방송궤도력 파라미터는 아래 표와 같다[5].

[표 9] GPS 방송궤도력 파라미터

표기	내용	단위
Health	위성상태	-
e	이심률	-
t_{oa}	궤도요소의 기준시각	sec
i	궤도 경사각	rad
$\dot{\Omega}_0$	승교점 적경의 섭동	rad/sec
$\sqrt{a}$	궤도 장반경의 제곱근	$\sqrt{m}$
Ω_0	승교점 적경	rad
w	근지점 인수	rad
M_0	t_{oe} 에 있어서의 평균근점각거리	rad
Δn	평균 운동량의 섭동	rad/sec
$\dot{i}$	궤도 경사각의 섭동	rad/sec
C_{uc}	위도인수 변동보정항의 cosine 계수	-
C_{us}	위도인구 변동보정항의 sine 계수	-
C_{rc}	궤도반경 변동보정항의 cosine 계수	-
C_{rs}	궤도반경 변동보정항의 sine 계수	-
C_{ic}	궤도경사각 변동보정항의 cosine 계수	-
C_{is}	궤도경사각 변동보정항의 sine 계수	-

방송궤도력을 이용한 위성위치계산 알고리즘은 알마낙을 이용한 경우와 동일하며 추가적으로 섭동량과 보정항 계수들을 고려해준다. 주어진 $\sqrt{a}$ 에서 평균 운동량(mean motion)을 계산하고, 평균 운동량의 섭동량을 보정해주어 실제 평균 운동량을 계산한다.

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \quad (13)$$

$$n = n_0 + \Delta n \quad (14)$$

그리고 궤도요소의 기준시각인 t_{oe} 로부터 위성위치를 계산하고자 하는 시각 t 까지의 경과시간 t_k 를 계산한다.

$$t_k = t - t_{oe} \quad (15)$$

위의 식을 이용하여 기준시각 t_{oe} 의 평균근점각거리 M_0 에 t_k 동안의 평균근점각거리 M 을 구하고, 케플러 방정식을 이용하여 이심근점각거리 E_k 를 구한다.

$$M_k = M_0 + nt_k = M_0 + n(t - t_{oe}) \quad (16)$$

$$M_k = E_k - e \sin E_k \quad (17)$$

그리고 이심근점각거리 E_k 를 이용하여 실제 근점각거리 f_k 를 구한다.

$$\tan f_k = \frac{\sqrt{1-e^2} \sin E_k}{\cos E_k - e} \quad (18)$$

다음으로 실제 근점각거리 f_k 와 근지점인수 w 를 더해서 위도인수(argument of latitude)를 계산하고, 계산된 위도 인수를 이용하여 3가지 섭동량을 산출한다. 이 때 산출된 섭동량은 위도 인수 보정량 δu_k , 궤도반경 보정량 δr_k , 그리고 궤도경사각 보정량 δi_k 이다.

$$\begin{aligned} \delta u_k &= C_{us} \sin 2\phi_k + C_{uc} \cos 2\phi_k \\ \delta r_k &= C_{rs} \sin 2\phi_k + C_{rc} \cos 2\phi_k \\ \delta i_k &= C_{is} \sin 2\phi_k + C_{ic} \cos 2\phi_k \end{aligned} \quad (19)$$

세 가지 보정값을 이용하여 위도인수, radius, 궤도경사각을 다시 계산한다.

$$\begin{aligned} u_k &= \phi_k + \delta u_k \\ r_k &= a(1 - e \cos E_k) + \delta r_k \\ i_k &= i_0 + \delta i_k + (IDOT)t_k \end{aligned} \quad (20)$$

궤도면을 기준으로 한 위성의 좌표 x'_k, y'_k 을 지구중심좌표계로 변환하기 위해서 승교점 적경과 그 보정량을 고려한다. 마지막으로 승교점 적경을 이용하여 지구중심 좌표계로 변환하면 구하고자하는 위성의 좌표 x_k, y_k, z_k 를 구한다.

$$\begin{aligned} x'_k &= r_k \cos u_k \\ y'_k &= r_k \sin u_k \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} x_k &= x'_k \cos \Omega_k - y'_k \cos i_k \sin \Omega_k \\ y_k &= x'_k \sin \Omega_k + y'_k \cos i_k \cos \Omega_k \\ z_k &= y'_k \sin i_k \end{aligned} \quad (22)$$

○ 알마낙을 이용한 GPS 위성위치 계산

GPS 알마낙은 GPS 방송궤도력과 마찬가지로 케플러 궤도 요소를 포함하고 있으며 알마낙 파라미터는 아래 표와 같다[8].

[표 10] GPS YUMA 알마낙 파라미터

표기	내용	단위
ID	PRN 번호	-
Health	위성상태	-
e	이심률	-
t_{oa}	궤도요소의 기준시각	sec
i	궤도 경사각	rad
$\dot{\Omega}_0$	승교점 적경의 섭동	rad/sec
$\sqrt{a}$	궤도 장반경의 제곱근	$\sqrt{m}$
Ω_0	승교점 적경	rad
ω	근지점 인수	rad
M_0	t_{oa} 에 있어서의 평균근점각거리	rad
a_{f0}	시계보정계수의 0차항	sec
a_{f1}	시계보정계수의 1차항	sec/sec
$week$	GPS week number(1999년 기준)	-

궤도요소 이외에 사용되는 상수는 GPS의 기준좌표계인 WGS84에서 사용하는 지구인력 상수 μ 와 지구 자전속도 $\dot{\Omega}_e$ 이다.

$$\begin{aligned}\mu &= 3.986005 \times 10^{14} m^3/s^2 \\ \dot{\Omega}_e &= 7.2921151467 \times 10^{-5} rad/s\end{aligned}\quad (23)$$

주어진 $\sqrt{a}$ 를 이용하여 평균운동량(mean motion)을 계산한다. 식은 아래와 같다.

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \quad (24)$$

t 시각의 위성위치를 계산하기 위해 기준시각 t_{oa} 로부터의 경과시간 t_k 를 계산한다.

$$t_k = t - t_{oa} \quad (25)$$

t_k 에서의 평균근점각거리 M_k 를 구하는 계산식은 아래와 같다.

$$M_k = M_0 + n_0 \times t_k \quad (26)$$

그리고 케플러 방정식(kepler's Equation)을 이용하여 이심근점각거리(eccentric anomaly)를 구한다.

$$E_k = M_k + e \times \sin E_k \quad (27)$$

계산된 E_k 를 이용하여 실제근점각거리(true anomaly)를 구한다.

$$\tan f_k = \frac{\sqrt{1-e^2} \times \sin E_k}{\cos E_k - e} \quad (28)$$

다음으로 아래의 궤도방정식을 이용하여 위치벡터 $\vec{r}$ 을 구하는데 이때, 통경 p (semi-latus rectum)은 장반경과 이심률로 계산한다.

$$\vec{r} = \frac{p}{a + e \times \cos f_k} \quad (29)$$

위에서 계산한 r 을 이용하여 궤도면을 기준으로 하는 위성의 좌표 x'_k, y'_k 를 아래식과 같이 계산하며 이를 지구중심의 3차원 좌표계로 변환하기 위해 승교점적경과 그 보정량을 고려해 준다,

$$\begin{aligned} x'_k &= r_k \cos u_k \\ y'_k &= r_k \sin u_k \end{aligned} \quad (30)$$

$$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e)t_k - \dot{\Omega}_e t_{oa} \quad (31)$$

마지막으로 다음과 같이 오일러축을 기준으로 한 3차원 좌표변환을 통해 지구중심좌표계를 기준으로 하는 위성의 위치를 계산한다. T_1, T_2, T_3 은 각각 z 축 회전, x 축 회전 그리고 z 축 회전을 나타낸다. T_3, T_2, T_1 을 곱해준 T 의 역행렬에 궤도면 상의 x'_k, y'_k 그리고 $z'_k = 0$ 으로 구성된 행렬을 곱해주면 지구중심좌표계 상에서의 위성 좌표 x_k, y_k, z_k 를 구할 수 있다.

$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos \Omega_k & \sin \Omega_k & 0 \\ -\sin \Omega_k & \cos \Omega_k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & \sin i \\ 0 & -\sin i & \cos i \end{bmatrix}, T_3 = \begin{bmatrix} \cos \omega & \sin \omega & 0 \\ -\sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (32)$$

$$T = T_3 \times T_2 \times T_1 \quad (33)$$

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} x'_k \\ y'_k \\ z'_k \end{bmatrix} \quad (34)$$

○ 알마낙을 이용한 GLONASS 위성위치 계산

GLONASS 알마낙은 GPS와 마찬가지로 케플러 궤도 요소를 포함하고 있으며 알마낙 파라미터는 아래 표와 같다[9].

[표 11] GLONASS 알마낙 파라미터

표기	내용	단위
ID	PRN 번호	-
Health	위성상태	-
N^A	알마낙 기준 시간 최근 윤년의 1월 1일부터의 날짜(1-1461)	-
t_{λ}^A	승교점을 지나는 시각	sec
λ^A	t_{λ}^A 에 승교점을 지날 때의 그리니치 경도	rad
Δi^A	t_{λ}^A 에서의 궤도 경사각 보정량 궤도경사각 평균 : 63°	rad
ΔT^A	t_{λ}^A 에서의 궤도주기 보정량 궤도주기 : 승교점에서 승교점까지의 경과시간 궤도주기 평균 : 43200 sec	sec
$\Delta \dot{T}^A$	궤도주기의 변화율	rad/sec
ϵ^A	t_{λ}^A 에서의 이심률	-
w^A	t_{λ}^A 에서의 근지점 인수	rad

GLONASS 알마낙에 포함된 파라미터를 이용한 날짜 N , 시각 t 에서의 위성 위치 계산 알고리즘은 다음과 같다. 위성의 위치 계산에 사용되는 상수는 GLONASS 기준 표준계인 PZ-90 좌표계에서의 지구중력상수 μ , 지구반경 a_E , 그리고 지구자전속도 $\ddot{\Omega}_E$ 이다.

$$\begin{aligned}\mu &= 3.986004 \times 10^{14} m^3/s^2 \\ a_E &= 6378136 m \\ \dot{\Omega}_e &= 7.2921151467 \times 10^{-5} rad/s\end{aligned}\quad (35)$$

위의 식을 이용하여 기준시각 t_{λ}^A 와 계산하고자 하는 시각 t 의 차이를 계산한다. 이 때, GLONASS의 시간이 UTC보다 3시간 빠른 것을 고려해야 한다.

$$\begin{aligned}\Delta t &= (N - N^A) \times 86400 + t - t_{\lambda}^A \\ t_{glo} &= UTC + 3 hours\end{aligned}\quad (36)$$

궤도경사각 평균값 i_{mean} 에서 t_{λ}^A 에서의 궤도 경사각 보정량 Δi^A 를 더해 궤도경사각을 계산한다. 궤도주기 T 역시 평균 궤도주기 T_{mean} 에 ΔT^A 를 더해주어 재계산한다.

$$\begin{aligned}i &= i_{mean} + \Delta i^A \\ i_{mean} &= 63^{\circ} \\ T &= T_{mean} + \Delta T^A \\ T_{mean} &= 43200 sec\end{aligned}\quad (37)$$

궤도주기를 이용하여 위 식을 통해 평균 운동량 n 을 계산하고, 장반경 a 를 계산한다.

$$n = \frac{2\pi}{T} \quad (38)$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{\mu}{n^2}} \quad (39)$$

그리고 승교점에서의 경도 보정량을 계산하고, 근지점 인수 보정량을 계산한다.

$$\dot{\lambda} = -10 \left(\frac{a_E}{a} \right)^{\frac{7}{2}} \frac{\pi}{180 \times 86400s} \cos i \quad (40)$$

$$\dot{\omega} = 5 \left(\frac{a_E}{a} \right)^{\frac{7}{2}} \frac{\pi}{180 \times 86400s} (5 \cos^2 i - 1) \quad (41)$$

앞서 계산한 Δt 와 $\dot{\lambda}, \dot{\omega}$ 을 이용하여 보정된 승교점에서의 경도 λ 와 보정된 근지점 인수 ω 를 재계산한다.

$$\lambda = \lambda^A + (\dot{\lambda} - \omega_E) \times \Delta t \quad (42)$$

$$\omega = \omega^A + \dot{\omega} \times \Delta t \quad (43)$$

다음으로 아래식을 이용하여 근지점인수와 실제 근점각거리가 일치하는 궤도 위치 Π 에서의 이심근점각거리 E_Π 를 계산하고, 근지점 통과시각의 차이 ΔT 를 구한다.

$$E_\Pi = 2 \tan^{-1} \left(\tan \frac{\omega}{2} \sqrt{\frac{1 - \epsilon^A}{1 + \epsilon^A}} \right) \quad (44)$$

$$\Delta T = \frac{E_\Pi - \epsilon^A \sin E_\Pi}{n} + \begin{cases} 0, & \omega < \pi \\ T, & \omega > \pi \end{cases} \quad (45)$$

아래식을 이용하여 t 에서의 평균 근점각거리 M 을 구하고, 케플러 방정식을 이용하여 이심근점각거리 E 를 계산한다.

$$M = n \times (\Delta t - \Delta T) \quad (46)$$

$$E = M + \epsilon^A \sin E \quad (47)$$

마지막으로 궤도 기준면에서의 위치벡터 $\vec{x}^0$ 를 계산하고, 지구 중심좌표계로 변환을 위한 방위벡터 $\vec{e}_1$ 과 $\vec{e}_2$ 를 계산한다. 궤도 기준면에서의 위치벡터 $\vec{x}^0$ 의 요소에 $\vec{e}_1, \vec{e}_2$ 를 각각 곱해주고 더함으로써 지구중심좌표계에서의 위성위치 $\vec{x}$ 를 계산한다.

$$\vec{x}^0 = a \times \begin{bmatrix} \cos E - \epsilon^A \\ \sqrt{1 - (\epsilon^A)^2} \sin E \\ 0 \end{bmatrix} \quad (48)$$

$$\begin{aligned}
\vec{e}_1 &= \begin{bmatrix} \cos\omega\cos\lambda - \sin\omega\sin\lambda\cos i \\ \cos\omega\cos\lambda + \sin\omega\sin\lambda\cos i \\ \sin\omega\sin i \end{bmatrix} \\
\vec{e}_2 &= \begin{bmatrix} -\sin\omega\cos\lambda - \cos\omega\sin\lambda\cos i \\ -\sin\omega\sin\lambda + \cos\omega\cos\lambda\cos i \\ \cos\omega\sin i \end{bmatrix} \\
\vec{x} &= x_1^0\vec{e}_1 + x_2^0\vec{e}_2
\end{aligned} \tag{49}$$

○ 알마낙을 이용한 Beidou 위성위치 계산

Beidou 알마낙은 GPS 알마낙과 마찬가지로 케플러 궤도 요소를 포함하고 있으며 알마낙 파라미터는 아래 표와 같다[10].

[표 12] Beidou 알마낙 파라미터

표기	내용	단위
t_{oa}	궤도요소의 기준시각	sec
$\sqrt{A}$	궤도 장반경의 제곱근	$\sqrt{m}$
e	이심률	-
ω	근지점 인수	rad
M_0	t_{oa} 에 있어서의 평균근점각거리	rad
Ω_0	승교점 적경	rad
$\dot{\Omega}$	승교점 적경의 섭동	rad/sec
δ_i	기준 시간에서의 궤도 기준 기울기 보정	π
a_{f0}	시계보정계수의 0차항	sec
a_{f1}	시계보정계수의 1차항	sec/sec

궤도요소 이외에 사용되는 상수는 Beidou의 기준좌표계인 CSC2000에서 사용하는 지구 인력상수 μ 와 지구 자전속도 $\dot{\Omega}_e$ 이다.

$$\begin{aligned}
\mu &= 3.986004418 \times 10^{14} m^3/s^2 \\
\dot{\Omega}_e &= 7.2921150 \times 10^{-5} rad/s
\end{aligned} \tag{50}$$

주어진 $\sqrt{a}$ 를 이용하여 평균운동량(mean motion)을 계산한다. 식은 아래와 같다.

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \tag{51}$$

t 시각의 위성위치를 계산하기 위해 기준시각 t_{oa} 로부터의 경과시간 t_k 를 계산한다.

$$t_k = t - t_{oa} \tag{52}$$

t_k 에서의 평균근점각거리 M_k 를 구하는 계산식은 아래와 같다.

$$M_k = M_0 + n_0 \times t_k \quad (53)$$

그리고 케플러 방정식(kepler's Equation)을 이용하여 이심근점각거리(eccentric anomaly)를 구한다.

$$E_k = M_k + e \times \sin E_k \quad (54)$$

계산된 E_k 를 이용하여 실제근점각거리(true anomaly)를 구한다.

$$\tan f_k = \frac{\sqrt{1-e^2} \times \sin E_k}{\cos E_k - e} \quad (55)$$

다음으로 아래의 궤도방정식을 이용하여 위치벡터 $\vec{r}$ 을 구하는데 이때, 통경 p (semi-latus rectum)은 장반경과 이심률로 계산한다.

$$r_k = A(1 - e \cos E_k) \quad (56)$$

위에서 계산한 r 을 이용하여 궤도면을 기준으로 하는 위성의 좌표 x_k, y_k 를 아래식과 같이 계산하며 이를 지구중심의 3차원 좌표계로 변환하기 위해 승교점적경과 그 보정량을 고려해 준다,

$$\begin{aligned} x_k &= r_k \cos u_k \\ y_k &= r_k \sin u_k \end{aligned} \quad (57)$$

$$\begin{aligned} \Omega_k &= \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e)t_k - \dot{\Omega}_e t_{oa} \\ i &= i_0 + \delta_i \end{aligned} \quad (58)$$

마지막으로 다음과 같이 오일러축을 기준으로 한 3차원 좌표변환을 통해 지구중심좌표계를 기준으로 하는 위성의 위치를 계산한다. 궤도면 상의 x_k, y_k 으로 아래식을 이용하여 지구중심좌표계 상에서의 위성 좌표 X_k, Y_k, Z_k 를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} X_k &= x_k \cos \Omega_k - y_k \cos i \sin \Omega_k \\ Y_k &= x_k \sin \Omega_k + y_k \cos i \cos \Omega_k \\ Z_k &= y_k \sin i \end{aligned} \quad (59)$$

제 3절 스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 업그레이드 및 최적화

1. 단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 S/W 개발

○ 시장 조사 및 대표 단말기 특성 분석

- 국내 모바일 단말기의 내장 GNSS칩 제조사 조사 및 분석

국내 대표적인 스마트폰 제조사는 삼성과 엘지가 있으며 최근 펜택이 한 종류의 신제품을 출시하여 국내 스마트폰 제조업체 재진입을 노리고 있다. 2015년 이후 현재(2017년 10월 까지) 주요 제조사별 제품 출시 현황은 다음과 같다. 삼성은 갤럭시 S 시리즈 7종, A 시리즈 10종, 노트 4종, 기타 12종 등 총 33종을 국내에 출시하였고, 엘지는 옵티머스 G 시리즈 3종, G Flex 시리즈 1종, V 시리즈 3종, 기타 10종 등 총 17종을 국내에 출시하였다. 많은 스마트폰 목록 중 연구 개발 과제와 관련하여 삼성과 엘지에서 사용되고 있는 GNSS 칩세트를 조사한 표는 다음과 같다[11-12].

[표 13] 국내 제조사 별 주요 스마트폰 GPS 칩세트

기기명	CPU	GNSS System	비고
	GPS 칩셋		
LG G5	Qualcomm MSM8996 Snapdragon 820	A-GPS, GLONASS, BDS	
	IZat Gen8C		
LG G6	Qualcomm Snapdragon 821 MSM8996 Pro	A-GPS, GLONASS, BDS	
	IZat Gen8C		
LG V10	Qualcomm MSM8992 Snapdragon 808	A-GPS, GLONASS	
	IZat Gen8C		
LG V20	Qualcomm MSM8996 Snapdragon 820	A-GPS, GLONASS	
	IZat Gen8C		
LG V30	Qualcomm MSM8998 Snapdragon 835	A-GPS, GLONASS, BDS	
	IZat Gen8B		
갤럭시 S6	Samsung Exynos 7420	A-GPS, GLONASS, BDS	
	Broadcom BCM4773 GNSS Location Hub		
갤럭시 S7	Qualcomm MSM8996 Snapdragon 820	A-GPS, GLONASS, BDS	
	Exynos 8890 Octa		
	IZat Gen8C Qualcomm WTR4905		

	Optimized Multimode LTE Transceiver + GPS/GLONASS/BEIDOU CircuitVision Analysis		
	Samsung Exynos 8890	A-GPS, GLONASS, BDS	내수
	Broadcom BCM4359		
갤럭시 S8	Qualcomm MSM8998 Snapdragon 835	A-GPS, GLONASS, BDS	
	IZat Gen8C		
	Exynos 8895 Octa	A-GPS, Galileo, GLONASS, BDS	내수
	BCM4361		
갤럭시 Note 4	Qualcomm Snapdragon 805 Exynos 5433	A-GPS, GLONASS, BDS	
	IZat Gen8B Broadcom BCM47531 GPS / GNSS Receiver		
	Samsung Exynos 7 Octa (5433)	A-GPS, GLONASS, BDS	내수
	Broadcom BCM47531		
갤럭시 Note 5	Exynos 7420 Octa	A-GPS, GLONASS, BDS	
	Broadcom BCM4358		
갤럭시 Note 7(or FE)	Exynos 8890 Octa	A-GPS, Galileo, GLONASS, BDS	내수
	BCM 28145		
갤럭시 Note 8	Exynos 8895 Octa	A-GPS, Galileo, GLONASS, BDS	내수
	BCM 21664T		

위의 표를 살펴보면 삼성과 엘지에서 사용되는 GNSS 칩세트 제조사는 미국의 Broadcom 사와 Qualcomm 사가 있다. 이는 스마트폰이 발전함에 따라 저전력 고효율을 위하여 기능별 구분되어 있는 다양한 칩들을 하나의 칩세트로 사용하는 One Chip Solution 트렌드 때문이다.

최근 Qualcomm 사 는 iZat 기능을 스마트폰용 AP(Application Processor)에 결합하여 출시함에 따라 삼성, 엘지는 AP, GNSS 원 칩세트로 사용되고 있다[13].

삼성의 경우 국내 출시용 단말기와 해외 출시용 단말기에 탑재되는 AP 에 차별을 두고 있으며, 국내용은 삼성에서 자체 개발한 Exynos, 국외 수출용은 Qualcomm 사의 Snapdragon을 사용하고 있어, 동일 모델의 스마트폰에서의 GNSS Chip이 다른 것을 확인할 수 있다.

엘지의 경우 국내 출시용 단말기와 해외 출시용 단말기에 탑재되는 AP는 동일한 제품을 사용하고 있으며, Qualcomm 사의 Snapdragon 시리즈를 사용하고 있어 GNSS chip이 동일한 것을 확인할 수 있다.

국내 대표 스마트폰 제조사인 삼성과 엘지의 GNSS는 GPS, GLONASS 뿐만 아니라 Beidou까지 지원하는 다중항법시스템을 사용 중이다. 그리고 스마트폰의 AP에 따라 GNSS 칩 종류가 다르며, 이로 인해 동일한 모델이라 하더라도 다른 종류의 하드웨어(GNSS Chip)사용으로 성능이 다를 수 있다. 또한, 각 스마트폰 제조사 별 동일한 AP를 사용한 경우에도 각 스마트폰 별 GNSS 안테나의 설치 형태가 다르고, 그 성능에 차이가 발생하여 GNSS 성능의 차이가 발생할 수 있다.

따라서 다양한 종류의 스마트폰과 스마트폰 내 하드웨어 최적화된 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발이 필요하며, 그 방법은 “선정 모델 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘 개발” 파트에서 설명한다.

○ 선정 모델 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘 개발

일반적인 DGPS에서는 오차들이 보정된 PRC(Pseudo Range Correction)를 이용하여 측위 정확도를 높인다. 그러나 스마트폰에서 제공하는 NMEA 측위 결과에는 위성 부문 오차, 수신기 부문 오차, 그리고 신호전달경로 부문 오차를 GNSS 칩 제조사 자체의 알고리즘으로 계산하여 출력한다. 또한 다양한 GNSS 칩 제조사 마다 오차 계산 알고리즘이 다른 문제점이 있다. 따라서 스마트폰에 일반적인 DGPS의 PRC를 적용할 경우 오차 보정에 문제가 발생한다. 이 연구개발에서 구현하고자 하는 DGPS 위치영역 매핑 알고리즘에서는 위성 부문 오차에 해당하는 위성 시계오차와 위성 궤도오차, 그룹 딜레이를 계산하였으며, 상대성 효과, 전리층 오차와 대류권 오차는 보정 모델을 통해 계산하고 생성된 DGPS PRC에서 소거하여 적용하였다. 다양한 오차 계산에 대한 설명은 다음과 같다.

- 상대성 효과

상대성 효과는 위성과 수신기 사이의 상대운동에 의해 발생하며 위성 궤도, 위성 신호, 위성 시계에 대한 상대성 효과와 지구 자전에 의한 상대성 효과로 구분된다. 이 연구개발에서는 위성 시계에 대한 상대성 효과만을 고려하였다. GPS와 Beidou의 상대성 효과는 방송궤도력에서 제공하는 위성 궤도이심률 e , 궤도장반경 a , 이심근점이각 E 를 이용하여 계산한다(Misra and Enge, 2011). 그러나 GLONASS의 경우 방송궤도력으로 위치, 속도, 가속도 등을 제공받기 때문에 δt_R 을 이용하여 상대성 효과를 계산한다(Xu, 2007). δt_R 에서 c 는 빛의 속도, (x, y, z) 는 위성의 위치, (v_x, v_y, v_z) 는 위성의 속도를 의미한다.

$$\delta t_R = -4.4428076333 \times 10^{-10} e \sqrt{a} \sin E \quad (60)$$

$$\delta t_R = \frac{1}{c^2} (xv_x + yv_y + zv_z) \quad (61)$$

- 전리층 오차

전리층 오차는 GNSS 측위에서 가장 큰 오차 요인 중 하나로, 위성의 신호가 전리층을 통과하면서 전리층에 존재하는 전자와 이온에 의해 신호가 굴절되어 신호지연 현상이 발생함으로써 오차로 작용하게 된다. 이중주파수 수신기를 이용하여 관측할 경우 무전리층(ionosphere-free) 선형 조합을 통해 전리층 오차를 제거할 수 있으나 이 연구개발에서는 단일주파수 기반의 저가형 단말기를 개발하는 것이므로 보정모델을 사용하여 전리층 오차를 계산하였다.

이 연구개발에서 적용한 전리층 오차 보정모델은 Klobuchar 모델로, GNSS 측위에 가장

일반적으로 사용하는 모델이다. Klobuchar 모델은 항법메시지를 통해 전리층 보정 계수를 제공받아 전리층 오차를 계산할 수 있기 때문에 실시간으로 전리층 보정이 가능하며 전리층 오차의 약 50-60%를 제거할 수 있다.

GPS와 BDS의 경우 Klobuchar(1987)가 제안한 방법을 그대로 적용하여 전리층 오차를 보정할 수 있으나, GLONASS는 위성마다 다른 주파수를 갖기 때문에 위성별로 주파수를 고려하여 전리층 오차를 계산해 주어야 한다. 본 연구개발에서 사용하는 GLONASS L1 영역의 주파수는 $f_{GLONASS_{L1}}$ 와 같이 채널 번호 CN 에 따라 결정되며, 주파수에 따른 전리층 오차 δI_{freq} 를 계산할 수 있다.

$$f_{GLONASS_{L1}} = (1602 + CN \times 0.5626) MHz \quad (62)$$

$$\delta I_{freq} = \left(\frac{1575.42}{f_{GLONASS_{L1}}} \right)^2 \times \delta I \quad (63)$$

- 대류권 오차

대류권 오차는 위성 신호가 대류권을 통과할 때 건조공기와 수증기에 의해 신호가 굴절되어 발생하는 신호지연 오차이다. 대류권 오차는 건조공기에 의한 건조지연과 수증기에 의한 습윤지연이 있으며, 전체 지연의 90%를 차지하는 건조지연은 물리적으로 안정되어 있기 때문에 정밀하게 산출할 수 있다. 그러나 10%를 차지하는 습윤지연은 기상조건에 따라 매우 변화가 크기 때문에 정밀한 산출이 불가능하다. 대류권 오차는 주파수와 상관없이 신호지연이 동일하게 나타나므로 이중주파수 수신기로도 오차를 보정할 수 없다. 따라서 대류권 오차는 통계적 추정 모델을 통해 오차를 제거해야 한다.

이 연구개발에서는 시스템에 상관없이 GPT(Global Pressure and Temperature) 모델을 이용하여 천정방향의 건조지연량 ZHD(Zenith Hydrostatic Delay)를 산출하였으며, 건조지연 모델을 이용하여 산출할 수 있다. ZHD에서 P_s 는 사용자 위치에서의 지상기압이며 ϕ 와 h 는 사용자 위치의 위도와 고도(km)를 의미한다.

$$ZHD = \frac{(2.2779 \pm 0.0024) \times P_s}{1 - 0.00266 \times \cos 2\phi - 0.00028 \times h} \quad (64)$$

산출된 ZHD를 GMF(Global Mapping Function) 사상함수를 이용하여 시선방향의 건조지연량 SHD(Slant Hydrostatic Delay)로 계산한다.

○ GPS/GLO/BDS 통합 DGNSS

본 연구에서는 DGPS/DGLONASS/DBeidou (이하 DGNSS) 위치영역 매핑 알고리즘 기반 측위를 수행하기 위해 최소제곱법으로 자료처리를 수행하였다. 또한 DGNSS 위치영역 매핑 알고리즘 측위 시에 다양한 오차 값은 앞서 설명한 모델들을 이용해 PRC에서 소거하여 계산 하였다.

최소제곱법은 GNSS 측위 시 일반적으로 사용하는 방법으로, 실제로 관측된 값과 계산된 값의 잔차의 제곱합을 최소로 함으로써 미지수를 추정하는 과정을 거친다. GNSS 측위 시 발생하는 모든 오차를 고려할 때, 코드 의사거리 관측방정식은 식 PR 과 같다. 코드 의사거리 PR 은 위성과 수신기 간의 기하거리 ρ 와 수신기 시계오차 δt_r , 위성 시계오차 δt^s , 이온층 오차 δI , 대류권 오차 δT , 다중경로 오차 δM , 수신기 하드웨어 오차 δ_r 과 위성 하드웨어 오차 δ^s , 그리고 확률오차 ϵ 에 대한 식으로 나타낼 수 있다. 또한 기하거리 ρ 는 수신기 좌표 (x_r, y_r, z_r) 와 위성의 좌표 (x^s, y^s, z^s) 로 나타낼 수 있다.

$$PR = \rho + c(\delta t_r - \delta t^s) + \delta I + \delta T + \delta M + \delta_r + \delta^s + \epsilon \quad (65)$$

$$\rho = \sqrt{(x^s - x_r)^2 + (y^s - y_r)^2 + (z^s - z_r)^2} \quad (66)$$

미지수를 추정하기 위한 정규방정식의 해 $\hat{x}$ 은 아래와 같이 나타낼 수 있다. y 는 앞서 언급했듯이 관측된 거리 값과 계산된 거리 값의 차이이며, 설계 행렬 H 는 관측방정식을 편미분하여 나타낸 것으로 이 연구개발에서는 GPS/GLONASS/Beidou 통합 측위를 수행하기 때문에 GPS, GLONASS, Beidou의 시계오차를 각각 추정해주어야 한다. 따라서 설계 행렬 H 는 관측된 위성에 대한 관측방정식의 편미분 값을 누적하여 설계 행렬을 구성하고, 관측된 거리 값과 계산된 거리 값의 차를 이용하여 반복계산을 통해 구하고자 하는 수신기의 좌표와 각 위성항법시스템에 대한 시계오차의 추정이 가능하다.

$$\hat{x} = (H^T H)^{-1} H^T y \quad (67)$$

$$H = \begin{bmatrix} \frac{-x^{GPS} + x_r}{\rho_r^{GPS}} & \frac{-y^{GPS} + y_r}{\rho_r^{GPS}} & \frac{-z^{GPS} + z_r}{\rho_r^{GPS}} & c & 0 & 0 \\ \frac{-x^{GLO} + x_r}{\rho_r^{GLO}} & \frac{-y^{GLO} + y_r}{\rho_r^{GLO}} & \frac{-z^{GLO} + z_r}{\rho_r^{GLO}} & 0 & c & 0 \\ \frac{-x^{BDS} + x_r}{\rho_r^{BDS}} & \frac{-y^{BDS} + y_r}{\rho_r^{BDS}} & \frac{-z^{BDS} + z_r}{\rho_r^{BDS}} & 0 & 0 & c \end{bmatrix} \quad (68)$$

일반적인 DGPS에서는 y 에 PRC를 적용하여 계산되며 아래와 같다. 기본적으로 PRC에는 신호전달오차 등이 포함되어 있으므로 관측데이터에 적용하면 다양한 오차를 최소화하여 정확도를 높일 수 있다. 그러나 스마트폰에서는 위의 $\hat{x}$ 과 H 를 이용한 Stand-alone 방식으로 사용자의 좌표가 산출되어 출력되므로 이 위치영역 매핑 알고리즘을 이용해 산출된 NMEA 좌표에 PRC를 위치영역으로 투영한다. 위치영역 매핑 알고리즘 적용 방법은 다음과 같다.

$$\hat{x} = (H^T H)^{-1} H^T y + (H^T H)^{-1} H^T [-PRC] \quad (69)$$

스마트폰에서는 관측데이터를 사용할 수 없으므로 위의 $\hat{x}$ 과 같은 DGPS 계산식을 사

용할 수 없다. 스마트폰의 NMEA는 좌표값이 기 산출 되었으므로, 아래의 $\hat{x}_{cp}$ 를 이용하여 위치영역으로 투영할 수 있다.

$$\hat{x}_{cp} = -(H^T H)^{-1} H^T [errors + PRC] \quad (70)$$

위 $\hat{x}_{cp}$ 의 'errors'는 신호전달오차 등의 다양한 오차가 포함된 값이다. 스마트폰의 NMEA는 다양한 오차를 자체적으로 계산, 보정하여 위치 좌표를 계산하였으므로 PRC에 포함되어 있다. 그러므로 $\hat{x}_{cp}$ 을 이용하여 거리기반의 PRC를 위치영역으로 변환하여 스마트폰 NMEA 위치 좌표 영역에 투영하여 DGNSS로 동작할 수 있다.

○ 개발 기술 성능검증을 위한 공인인증기관 신청

- 공인인증의 한계

GPS 장비의 경우 정확성 및 신뢰성을 검증해주는 국내 공인 기관이 별도로 존재하지 않으며 삼성전자, 현대자동차, 톱크웨어 등 관련 기관에서 오히려 본 연구팀에 성능검증을 의뢰하는 경우가 대부분이다. 그러므로 타 기관을 통한 개발 제품의 성능 검증은 본 회사의 자체시험평가보다 신뢰도가 높다고 판단하기 어렵다.

따라서 본 회사는 현재 한국인정기구(KOLAS : Korea Laboratory Accreditation Scheme)를 통해 GNSS 성능 시험기관 및 검사기관이 되고자 준비 중에 있으며, 향후 인증기관으로 공인될 경우 적법하고 신뢰성있는 성능 시험 절차를 통해 성능인증을 시행할 예정이다.

- 한국인정기구

KOLAS는 국가표준제도의 확립 및 산업표준화제도 운영, 공산품의 안전/품질 및 계량·측정에 관한 사항, 산업기반 기술 및 공업기술의 조사/연구 개발 및 지원, 교정기관, 시험기관 및 검사기관 인정제도의 운영, 표준화관련 국가간 또는 국제기구와의 협력 및 교류에 관한 사항등의 업무를 관장하는 국가기술표준원 조직으로서, 국가기술표준원장이 KOLAS장의 역할을 수행하고 있다.

- 공인인증기관 신청

본 회사는 본 과제에서 수행한 자체성능검사방법을 기반으로 KOLAS의 평가절차를 통해 GNSS 성능을 인증하는 시험기관과 검사기관이 되고자 준비 중에 있으며, 공인기관으로 선정되면 자체성능검사의 유효성이 인정되는 것이므로 신뢰도 있는 성능검증 결과임을 증명할 예정이다.

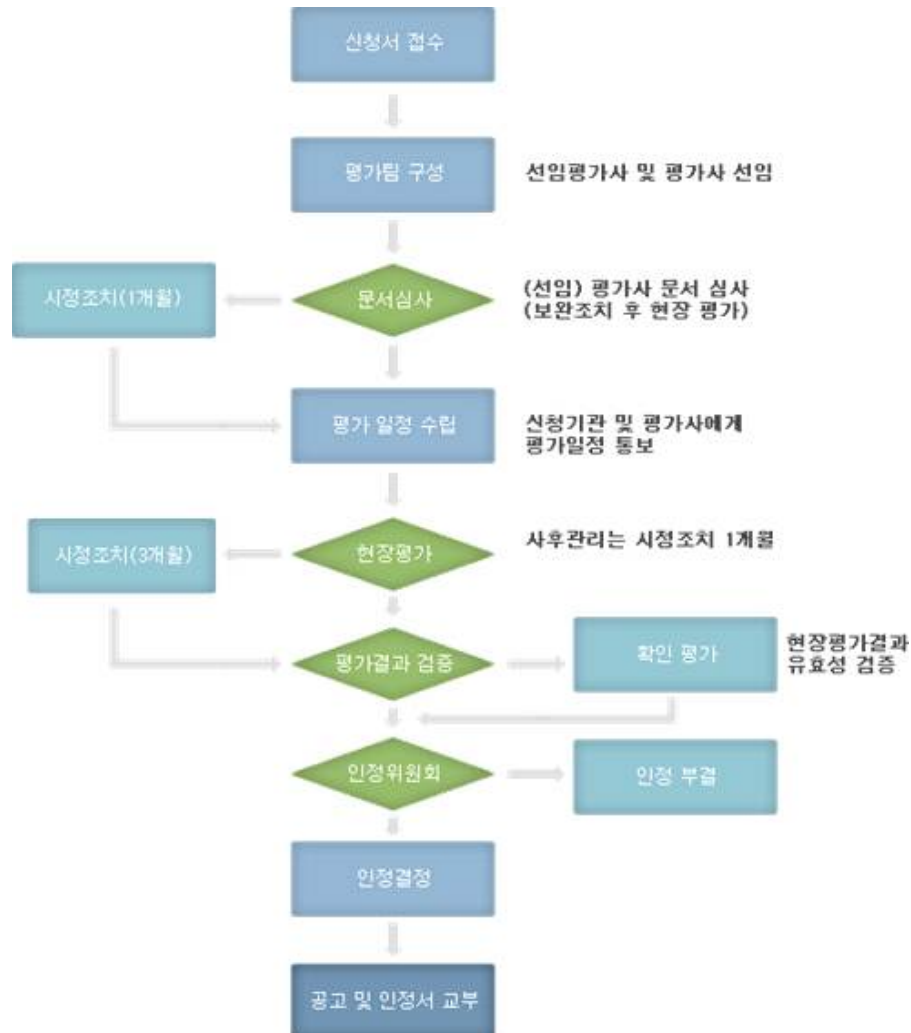
- 시험기관

'시험'이란 특정한 제품, 공정 및 서비스를 대상으로 하나 또는 그 이상의 특성을 규정된 절차에 따라 측정하는 기술적인 작업이다.

- 검사기관

‘검사’란 제품설계, 제품, 서비스, 공정 및 시설에 대하여 특정요건에 대한 적합성 판정을 말하며 검사에는 경험, 전문적 판단에 연계된 육안검사가 포함되고, 공정에 대한 검사에는 직원, 시설, 기술 및 방법론 등이 포함된다.

- 공인인증기관 평가 절차

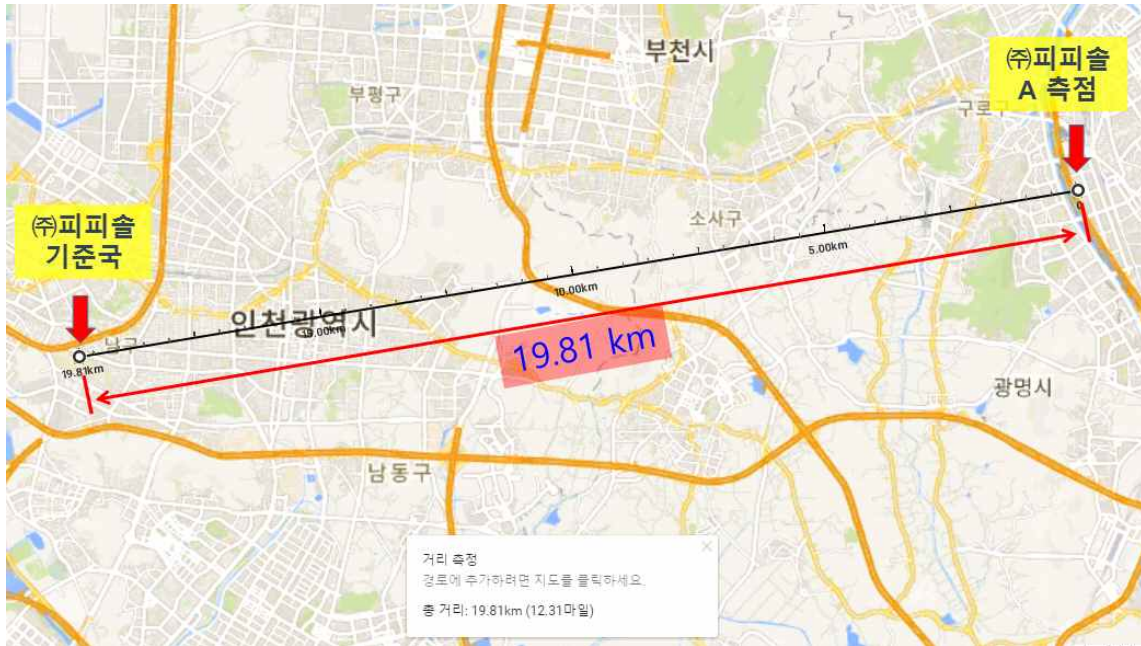


<그림 20> (주)피피솔에서 준비중인 KOLAS 공인인증기관 평가 절차도

○ 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 스마트폰 실험 결과

DGPS 위치영역 매핑 알고리즘의 최적화를 위해 앞에서 설명한 위성 부문 오차에 해당하는 위성 시계오차와 위성 궤도오차, 그룹 딜레이를 계산 하였으며, 상대성 효과, 전리층 오차와 대류권 오차를 모델링하여 계산하였다. 이러한 최적화된 알고리즘을 검증하기 위해 다양한 스마트폰에 적용하여 성능을 분석하였다.

GPS, GLONASS, Beidou 보정정보는 본 회사에서 보유한 기준국에서 생성된 PRC를 이용하였다. (주)피피솔의 기준국은 인하대학교 창업보육센터 옥상에 설치되었으며, 장비는 JAVAD 사 Alpha 수신기를 사용했다. 측점은 (주)피피솔 기술연구소 건물 옥상 A 지점이며, 기준국과 측점에 대한 위치와 거리는 아래 지도에 나타내었다.



<그림 21> (주)피피솔 기준국과 측정점 A 지점 위치 및 사이거리

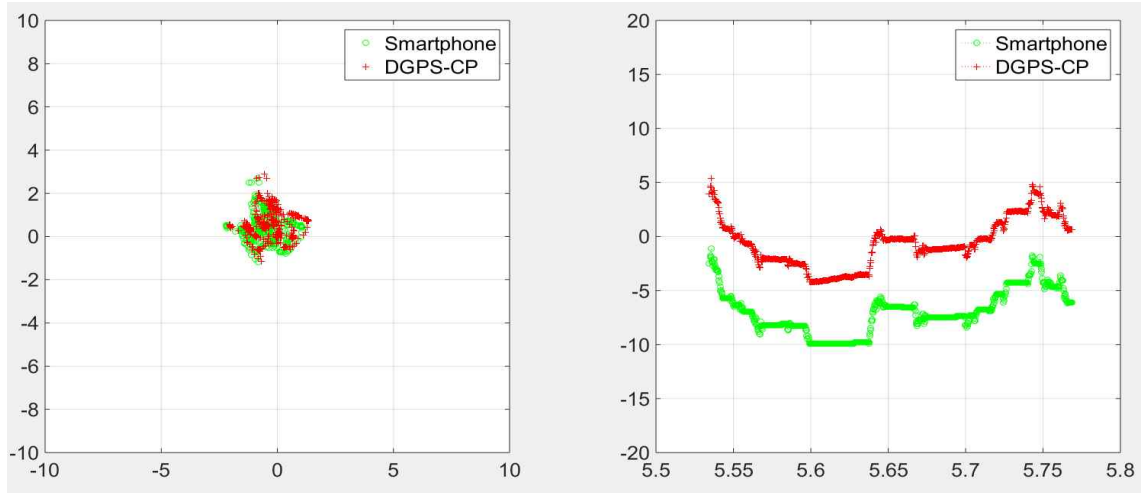
거리는 약 20km 이며 기준국의 높이는 타원체고 60.9m, 측정점의 높이는 타원체고 157.9m 이다. 일반적으로 보정정보 PRC는 거리가 멀어질수록 그 정확도가 떨어지고, 타원체고의 높이 차이로 인해 대류권 오차 보정에 차이가 발생한다. 그러므로 기준국과 A 측정점간 거리차와 높이차로 인해 보정정보의 품질이 낮아질 것으로 판단된다.

최적화된 알고리즘을 적용한 단말기는 LG 사의 Optimus G, vu2와 삼성의 갤럭시 note 10.1(tablet)이며, LG 사의 스마트폰은 GPS 단독 측위 결과를 출력하며, 삼성의 태블릿은 GPS, GLONASS, QZSS 융합을 통해 결과를 출력한다.

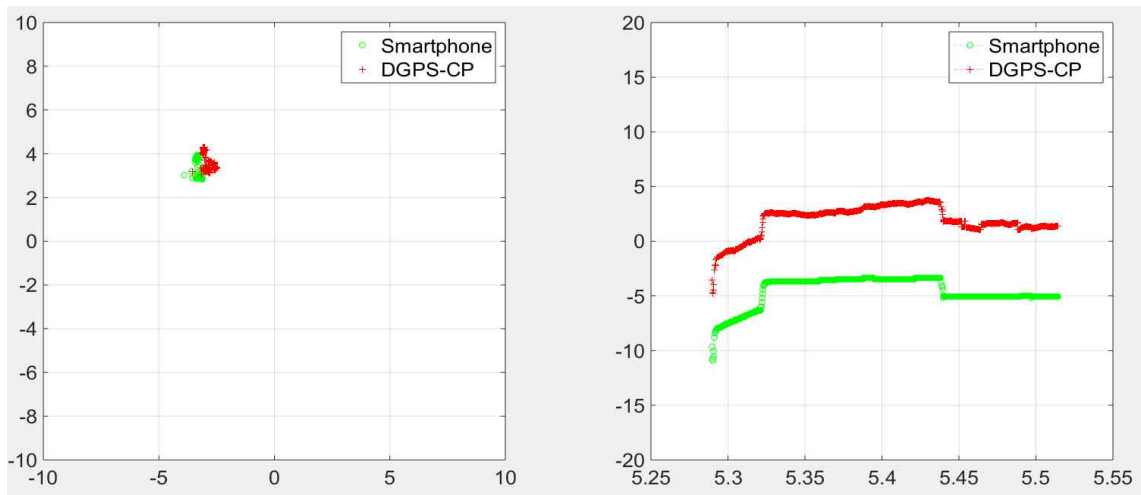
결과는 후처리를 통해 계산하였다. 먼저 GPS 단독 시스템을 사용중인 LG 사의 스마트폰 vu2와 Optimus G의 결과는 다음과 같다.

[표 14] LG vu2 NMEA와 DGNSS-CP 결과 표

LG vu2	회차	평균 (m)		표준편차 (m)		RMS (m)	
		dNE	dV	dNE	dV	dNE	dV
stand-alone	1	1.18	-7.72	0.43	2.01	1.08	6.95
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		1.37	-0.65	0.49	2.21	1.17	2.3
stand-alone	2	4.50	-4.59	0.25	1.35	4.51	4.79
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		4.48	-1.91	0.29	1.39	4.49	2.37



<그림 22> LG vu2 1회 실험 결과 그래프

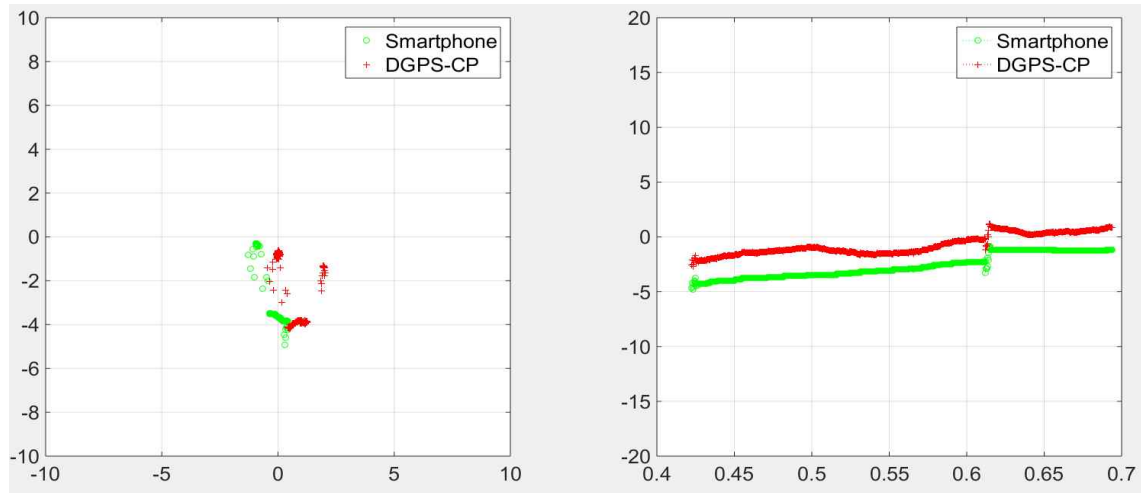


<그림 23> LG vu2 2회 실험 결과 그래프

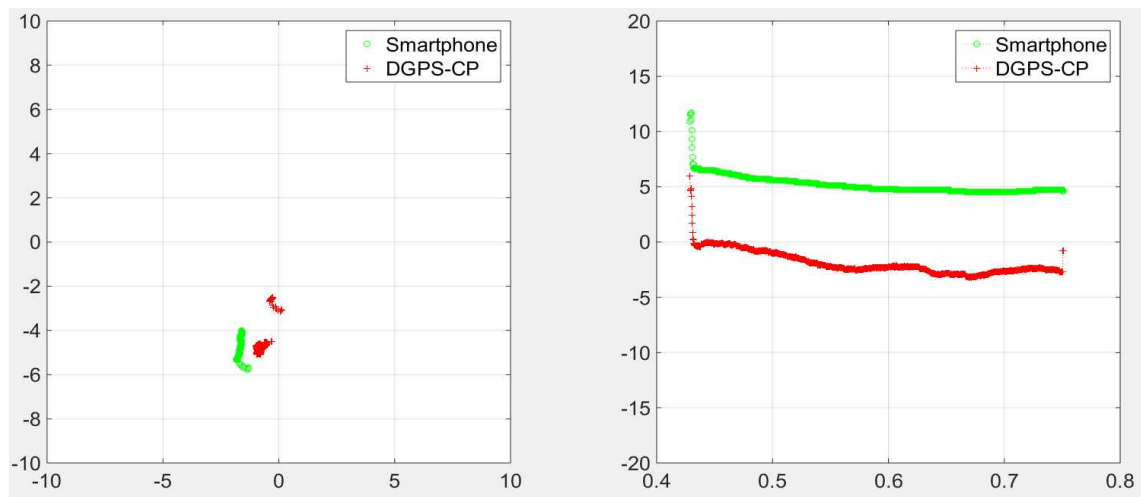
vu2 스마트폰 자체 NMEA 위치 정확도와 DGPS 위치영역 매핑 알고리즘과의 RMS 수평 오차는 - 8.3 % 에서 0.4% 로 정확도가 떨어지거나 비슷한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 수직오차는 51% 에서 67% 로 높은 수준의 위치 정확도를 보여주었고 전체적으로 위치정확도는 약 44% 정도 향상을 보여주고 있다.

[표 15] LG Optimus G NMEA와 DGNSS-CP 결과 표

LG Optimus G	회차	평균 (m)		표준편차 (m)		RMS (m)	
		dNE	dV	dNE	dV	dNE	dV
stand-alone	1	2.85	-2.68	1.24	1.06	3.11	2.88
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		2.98	-0.73	1.47	0.92	3.32	1.17
stand-alone	2	4.83	-5.15	0.34	0.78	4.85	5.22
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		4.84	-1.91	0.40	1.05	4.86	2.18



<그림 24> LG Optimus G 1회 실험 결과 그래프

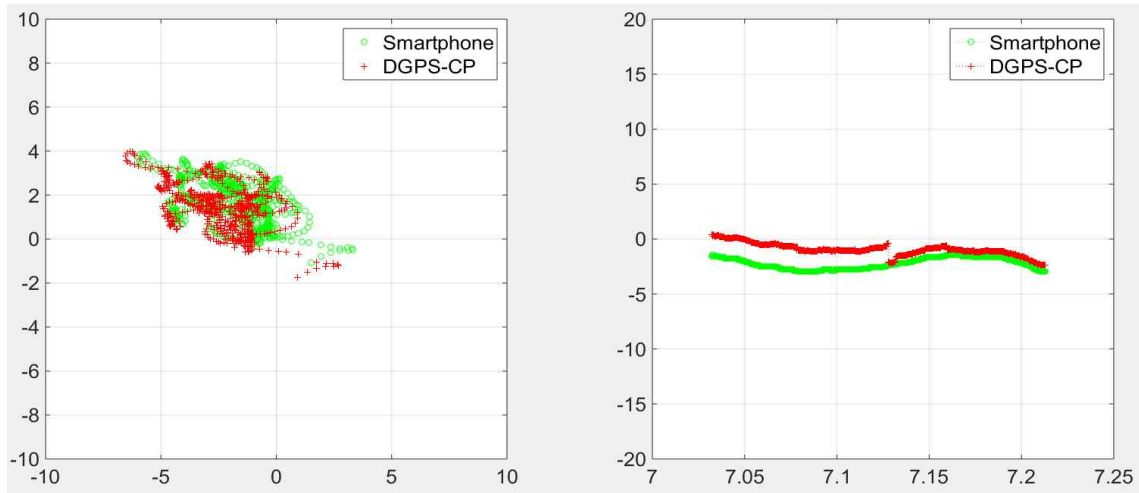


<그림 25> LG Optimus G 2회 실험 결과 그래프

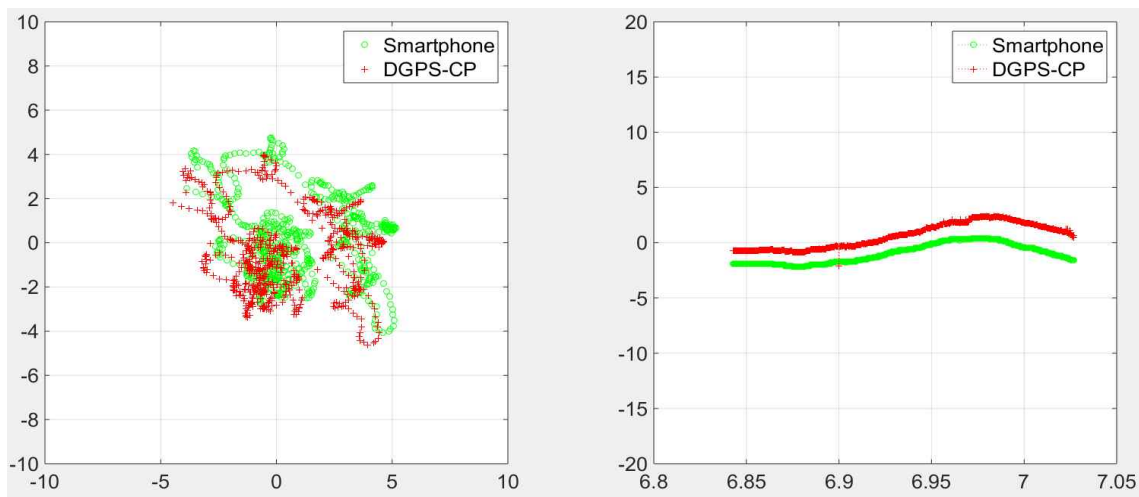
Optimus G 스마트폰 자체 NMEA 위치 정확도와 DGPS 위치영역 매핑 알고리즘과의 RMS 수평오차는 - 6.8 % 에서 -0.2% 로 정확도가 떨어지는 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 수직오차는 58% 에서 59% 로 높은 수준의 위치 정확도를 보여주었고 전체적으로 위치정확도는 약 21% 정도 향상을 보여주고 있다.

[표 16] 삼성 갤럭시 Note 10.1(tablet) NMEA와 DGNSS-CP 결과 표

갤럭시 Note 10.1(tablet)	회 차	평균 (m)		표준편차 (m)		RMS (m)	
		dNE	dV	dNE	dV	dNE	dV
stand-alone	1	2.66	-2.23	1.47	0.50	3.04	2.28
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		3.02	-0.95	1.47	0.57	3.36	1.11
stand-alone	2	2.66	-0.99	1.49	0.88	3.05	1.32
DGNSS-CP (GPS+GLONASS)		2.67	0.63	1.21	1.13	2.93	1.29



<그림 26> 삼성 갤럭시 Note 10.1(tablet) 2회 실험 결과 그래프



<그림 27> 삼성 갤럭시 Note 10.1(tablet) 2회 실험 결과 그래프

갤럭시 Note 10.1 태블릿 자체 NMEA 위치 정확도와 DGPS 위치영역 매핑 알고리즘과의 RMS 수평오차는 -10.5 % 에서 3.9% 로 정확도가 떨어지거나 성능이 조금 개선되는 것을 알 수 있다. 수직오차는 2.3% 에서 51.3% 로 높은 수준의 위치 정확도를 보여주었고 전체적으로 위치정확도는 약 5.3% 정도 향상을 보여주고 있다. 갤럭시 Note 10.1은 스마트폰에 비해 크기가 큰 태블릿으로 단말기 내부의 공간이 더 넓을 것으로 예상되며, 이로 인해 GNSS 안테나의 성능이 일반 스마트폰보다 좋을 것으로 판단된다.

2. 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 개발 및 검증

○ 저가형 GPS 수신기를 이용한 GPS, GLONASS 단독 vs. 일반 DGNSS vs. 보정정보 위치영역 매핑 DGNSS 성능 비교

앞서 기술한 GPS/GLONASS 위성위치 산출 기술, GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘을 융합하여 최종적으로 스마트폰에서 위치정확도 향상을 위한 자료처리 S/W를 구현하였으며 개발기술의 성능을 검증하기 위하여 개활지 환경에서 정지측위와 이동측위의 정확도를 평가하였다. 저가형 GPS 수신기를 이용한 GPS, GLONASS 단독

측위 성능과 일반 DGNSS 측위 성능 및 보정정보 위치영역 매핑을 이용한 DGNSS-CP 성능을 정지측위와, 이동측위 조건에서 비교하였다.

- 실험 장소

개발기술의 성능을 검증하기 위하여 정지측위와 보행 및 차량주행 환경을 가정한 이동측위를 수행하였다. 정지, 이동 측위 모두 개활지 환경에서 실험 하였다.

정지측위의 성능 검증을 위한 장소로는 (주)피피솔 기술연구소 옥상의 A, B 측정점과 회사 앞 안양천 E, F 측정점의 총 4곳에서 실험을 하였다. 측정점 A, B, E, F 지점 모두 cm 정밀도의 VRS 장비를 이용하여 좌표를 산출하였다.



<그림 28> 정지측위 실험을 위한 A, B, E, F 측정점

[표 17] 측정점 ECEF 좌표

측점	ECEF		
	x(m)	y(m)	z(m)
A	-3041235.578	4053941.677	3859881.013
B	-3041241.741	4053944.143	3859873.640
E	-3041162.756	4053998.170	3859674.940
F	-3041092.515	4054082.611	3859643.389

[표 18] 측정점 위경도 좌표

측점	위경도		
	longitude(°)	latitude(°)	altitude(m)
A	37.47979701	126.87694622	157.87
B	37.47971321	126.87698522	157.89
E	37.47831541	126.87590436	33.67
F	37.47795057	126.87469625	34.63

이동측위는 스마트폰은 소지한 사람의 보행환경과 차량에 탑승하여 이동하는 조건에서의 성능을 확인하기 위하여 인천 신항대로에서 실험을 하였다. 이동 시 기준 좌표를 위하

여 VRS 장비를 이용하였으며, VRS 장비와 실험 장비의 시각은 GPS Second를 이용하여 동일 시각에 비교하였다.



<그림 29> 이동측위 실험을 위한 인천 신항대로

저가형 수신기 기반 개발기술 성능 평가를 위한 측량은 2016년 06월 01일에 A, B 두 측점에서 약 10분~15분간 4회씩 진행하였다. E, F 두 측점에서는 06월 7일에 약 60분간 1회씩 진행하였다. 저가형 수신기는 Ublox 사 의 Evaluation Kit(EVK-M8T)이다.



<그림 30> 저가형 수신기 Ublox EVK-M8T

해당 장비는 GPS/GLONASS 또는 GPS/BeiDou 모드를 지원하며 원시자료 출력 기능이 탑재되어 있다. 제원상 위치 정확도는 2.5m CEP(Circular Error Probability)이며 5Hz까지 위치결정이 가능하다.

개발기술을 이용하여 u-blox EVK-M8T에서 출력되는 GPS/GLONASS 원시자료 중 코드데이터를 처리하여 측점을 기준으로 정확도를 평가 하였다.

- 정지측위 단독 측위 성능 평가

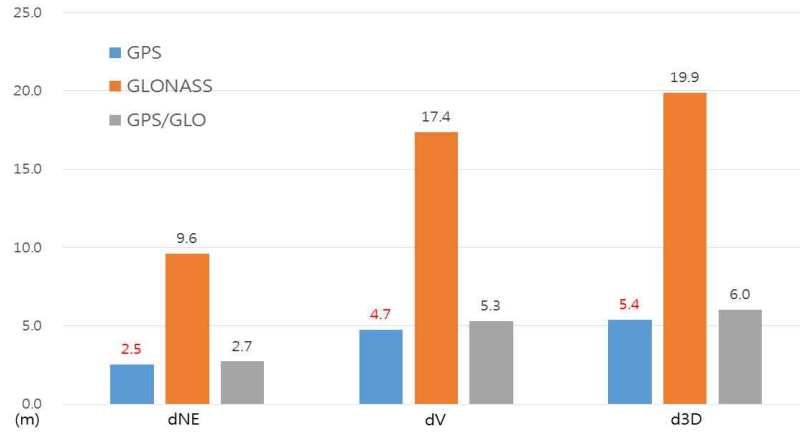
개발지 환경에서의 정지측위 정확도는 표에 나타내었다. [표 19]에서 첫 번째 행의 ‘GPS’는 GPS 단독 측위 기술을, ‘GLO’는 GLONASS 단독 측위 기술을 나타내며, ‘GNSS’는 GPS/GLONASS 융합 측위를 나타낸다. 두 번째 행의 ‘dNE’는 측점을 기준으로 North, East 수평 정규화 오차를, ‘dV’는 측점을 기준으로 Vertical 수직 오차를, ‘d3D’는 측점을 기준으로 North, East, Vertical 3차원 정규화 오차를 나타낸다. 첫 번째 행의 알파벳은 각 측점을 나타내며, 숫자는 실험 횟수를 의미한다.

[표 19] 정지측위 단독 측위 기술 결과

(단위 : m)

측점	GPS			GLO			GNSS			비고
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	
A-1	2.6	4.4	5.1	6.4	13.9	15.3	2.6	4.9	5.6	
A-2	2.2	5.2	5.6	11.9	21.5	24.6	2.2	6.0	6.4	
A-3	2.5	5.1	5.7	11.0	20.7	23.4	2.8	6.1	6.7	
A-4	2.2	5.7	6.1	10.6	16.2	19.4	2.5	6.3	6.8	
B-1	2.2	4.1	4.7	6.2	14.7	16.0	2.1	5.1	5.5	
B-2	2.6	4	4.8	10.2	17.3	20.1	2.6	4.8	5.5	
B-3	1.9	5.4	5.7	11.1	18.8	21.8	2.0	6.4	6.7	
B-4	2.5	5.7	6.2	9.5	15.8	18.5	2.8	6.1	6.7	
E-1	3.4	3.5	4.8	-	-	-	3.8	3.4	5.1	저고도로 인한 GLONASS 위성수 부족으로 단독측위 불가
F-1	3.2	4.3	5.3	-	-	-	3.7	3.8	5.3	저고도로 인한 GLONASS 위성수 부족으로 단독측위 불가
평균	2.5	4.7	5.4	9.6	17.4	19.9	2.7	5.3	6.0	

[표 19]에 나타낸 바와 같이 보정정보 없는 단독측위 결과는 GPS의 정확도가 가장 우수한 것을 확인하였다. GLONASS d3D 대비 GPS는 44 %, GNSS는 31 % 성능이 높은 것을 확인하였다.



<그림 31> 정지측위 GPS, GLONASS, GNSS 단독 측위 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

GPS 단독 측위 기술의 성능이 가장 우수한 이유를 살펴보면 다음과 같다. GLONASS 자체 성능이 GPS 보다 떨어지고, 실험 당일 보이는 위성개수가 GPS는 평균 9.7개, GLONASS는 평균 6.2개로 GPS 보다 약 3개 정도 적게 관측되었다. 이는 GPS와 GLONASS를 결합 시 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다.

- 정지측위 DGPS, DGLO, DGNSS 성능 평가

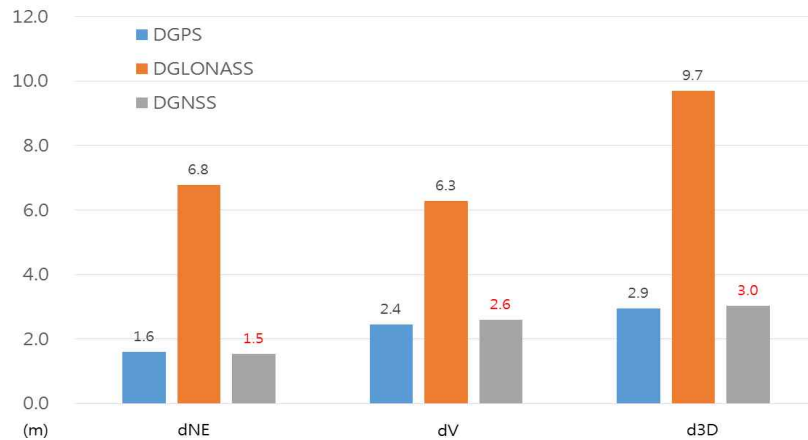
[표 20]에 나타난 바와 같이 보정정보를 사용한 측위 결과는 GPS와 DGNSS의 정확도가 비슷한 것을 확인하였다. 전체 결과를 분석하면 DGLO d3D 대비 DGPS는 70 %, DGNSS는 67 % 성능이 높은 것을 확인하였다. 그러나 DGLO dNE 대비 DGPS는 76 %, DGNSS는 76 % 로 동일하나, DGLO를 수행하지 못한 E-1, F-1의 결과를 제외하면 약 2 % 정도 성능이 높은 것을 확인하였다.

[표 20] 정지측위 DGPS, DGLO, DGNSS 성능 평가

(단위 : m)

측점	DGPS			DGLO			DGNSS			비고
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	
A-1	1.7	2.8	3.3	6.6	1.9	6.9	1.5	2.5	2.9	
A-2	1.5	3.0	3.3	6.3	5.6	8.4	1.4	2.9	3.2	
A-3	1.7	2.6	3.1	7.5	8.0	11.0	1.6	2.7	3.2	
A-4	1.5	2.4	2.8	5.6	9.4	12.8	1.3	2.7	3.0	
B-1	0.9	1.9	2.1	6.5	2.4	7.0	1.0	1.8	2.1	
B-2	2.1	2.2	3.0	7.3	7.5	10.5	1.9	2.1	2.9	
B-3	1.4	2.4	2.8	7.6	7.2	10.5	1.3	2.8	3.1	
B-4	1.7	2.1	2.8	6.9	8.1	10.6	1.7	2.3	2.9	
E-1	1.4	1.9	2.4	-	-	-	1.7	3.0	3.4	저고도로 인한 GLONASS 위성수 부족으로 단독측위 불가
F-1	2.1	3.3	3.9	-	-	-	2.0	3.1	3.7	저고도로 인한 GLONASS 위성수 부족으로 단독측위 불가
평균	1.6	2.4	2.9	6.8	6.3	9.7	1.5	2.6	3.0	

GPS, GLONASS, GNSS 3차원 오차 결과 대비 PRC를 적용한 3차원 오차는 46~53%의 정확도가 향상하는 것을 확인하였다. 이는 일반적으로 DGPS의 성능향상 수준이다.



<그림 32> 정지측위 DGPS, DGLO, DGNSS 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

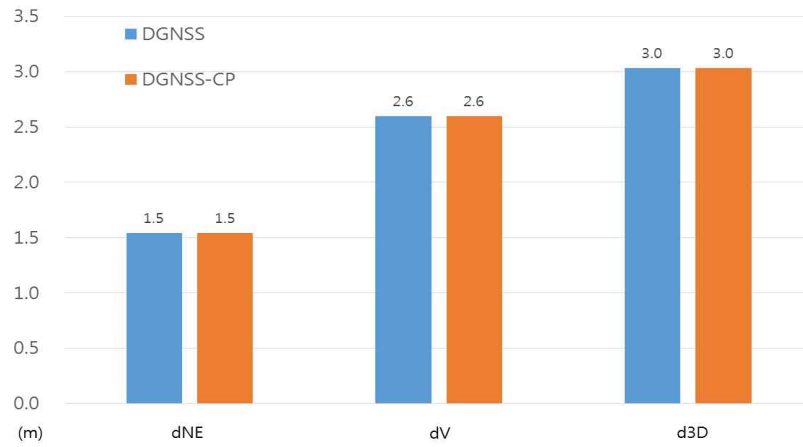
- 정지측위 DGPS, DGLO, DGNSS 위치영역 매핑 기술 성능 평가

[표 21]에 DGNSS는 일반적인 PRC 적용 방법을 이용한 측위 결과이고, DGNSS-CP는 본 과제를 통해 개발 적용될 보정정보 위치영역 매핑 기술을 이용한 측위 결과를 나타낸다. 표의 결과와 같이 일반 DGNSS와 DGNSS-CP 위치영역 매핑 기술의 측위 정확도가 동일한 것을 확인하였다.

[표 21] 정지측위 DGPS, DGLO, DGNSS 위치영역 매핑 기술 성능 평가 (단위 : m)

측점	DGNSS			DGNSS-CP		
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d
A-1	1.5	2.5	2.9	1.5	2.5	2.9
A-2	1.4	2.9	3.2	1.4	2.9	3.2
A-3	1.6	2.7	3.2	1.6	2.7	3.2
A-4	1.3	2.7	3.0	1.3	2.7	3.0
B-1	1.0	1.8	2.1	1.0	1.8	2.1
B-2	1.9	2.1	2.9	1.9	2.1	2.9
B-3	1.3	2.8	3.1	1.3	2.8	3.1
B-4	1.7	2.3	2.9	1.7	2.3	2.9
E-1	1.7	3.0	3.4	1.7	3.0	3.4
F-1	2.0	3.1	3.7	2.0	3.1	3.7
평균	1.5	2.6	3.0	1.5	2.6	3.0

이는 본 과제에서 개발하고자 하는 보정정보 위치영역 매핑 기술의 타당성을 확인 할 수 있는 결과이며, 나아가 GPS와 GLONASS를 결합한 보정정보 위치영역 매핑 기술을 통해 현재 출시되었고, 향후 출시될 스마트폰에서의 다중위성항법시스템에 적용이 가능한 것을 확인할 수 있는 결과이다.



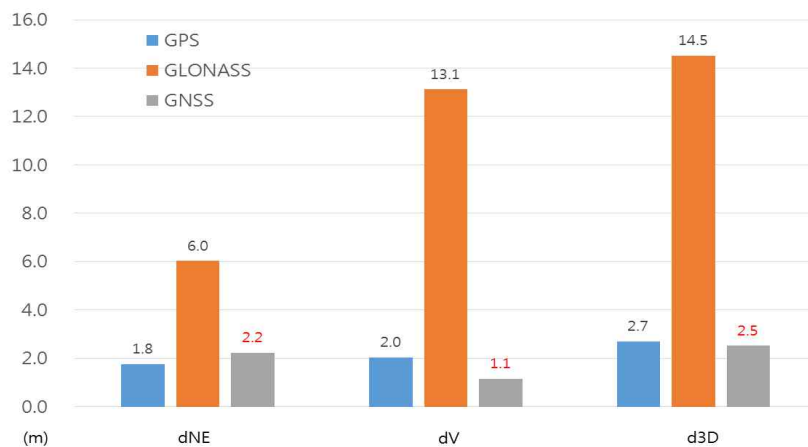
<그림 33> 정지측위 DGNSS, DGNSS-CP 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

- 이동측위 단독 측위 기술 성능 평가

[표 22] 이동 측위 단독 측위 기술 성능 평가 결과 (단위 : m)

측점	GPS			GLO			GNSS		
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d
I-1	1.9	2.8	3.4	3.7	12.7	13.3	2.3	1.7	2.9
I-2	1.8	1.6	2.5	6.7	11.7	13.4	2.3	0.9	2.5
I-3	1.6	1.7	2.3	7.7	15.0	16.8	2.0	0.9	2.2
평균	1.8	2.0	2.7	6.0	13.1	14.5	2.2	1.1	2.5

[표 22]에 나타낸 바와 같이 보정정보 없는 이동 단독측위 결과중 dNE(수평) 정확도는 GPS가 가장 우수하나 dV(수직), d3D(3차원) 정확도는 GPS/GLONASS(GNSS)가 가장 우수한 것을 확인하였다. GLONASS d3D 대비 GPS는 81 %, GNSS는 83 % 성능이 높은 것을 확인하였다.



<그림 34> 이동 측위 단독 측위 기술 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

GNSS 단독 측위 기술의 성능이 가장 우수한 이유를 살펴보면 다음과 같다. 앞서 정지 측위 실험과는 다르게 실험 당일 관측되는 위성개수가 GPS는 평균 10.3개, GLONASS는 평균 8.2개로 통합 관측 위성 수가 적게는 3개에서 많게는 6개 많이 관측됐기 때문에 GPS/GLONASS 통합 측위 정확도와 신뢰도가 높아지는 것을 확인 할 수 있었다.

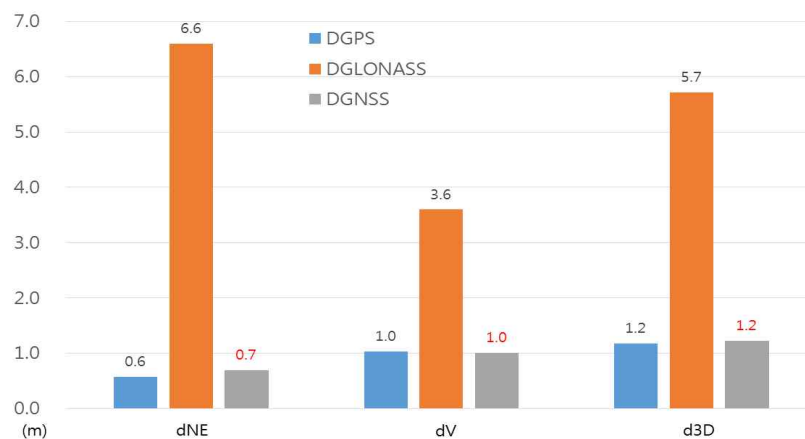
- 이동측위 DGPS, DGLO, DGNSS 성능 평가

[표 23] 이동 측위 DGPS, DGLO, DGNSS 성능 평가

(단위 : m)

측점	DGPS			DGLO			DGNSS		
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d
I-1	0.4	0.8	0.9	4.1	4.3	5.9	0.5	0.8	0.9
I-2	0.6	1.2	1.4	7.4	1.2	1.4	0.8	1.2	1.4
I-3	0.7	1.0	1.3	8.4	5.3	9.9	0.8	1.0	1.3
평균	0.6	1.0	1.2	6.6	3.6	5.7	0.7	1.0	1.2

[표 23]에 나타낸 바와 같이 보정정보를 사용한 이동 측위 결과는 GPS와 DGNSS의 정확도가 비슷한 것을 확인하였다. 전체 결과를 분석하면 DGLO d3D 대비 DGPS는 91 %, DGNSS는 90 % 정확도가 높은 것을 확인하였다. 그리고 DGLO dNE 대비 DGPS는 72 %, DGNSS는 72 % 로 같고, d3D 결과 또한 79 %로 같은 것을 확인하였다.

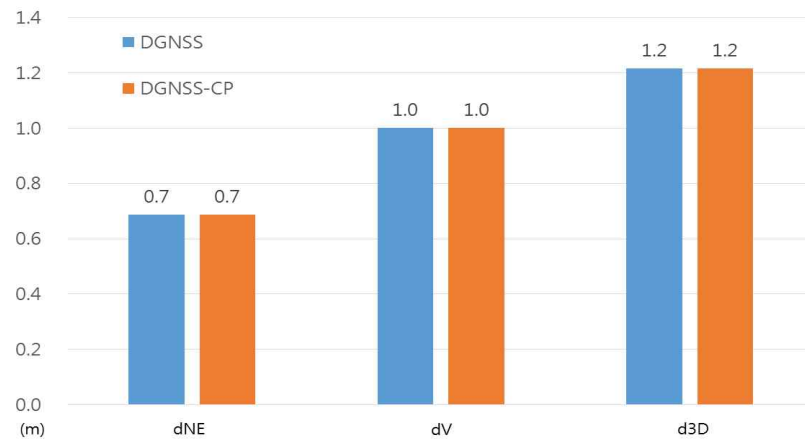


<그림 35> 이동 측위 DGPS, DGLO, DGNSS 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

GPS, GLONASS, GNSS 3차원 오차 결과 대비 PRC를 적용한 3차원 오차는 52~56%의 정확도가 향상하는 것을 확인하였다. 정지측위 실험결과보다 11~13 %정도 정확도가 높은 결과이나, 정지측위 실험 보다 관측되는 위성수가 더 많기 때문이며 일반 DGPS 정확도 수준임을 확인하였다.

[표 24] 이동측위 DGPS, DGLO, DGNSS 위치영역 매핑 기술 성능 평가 (단위 : m)

측점	DGPS-CP			DGLO-CP			DGNSS-CP		
	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d	dNE	dV	d3d
I-1	0.4	0.8	0.9	4.1	4.3	5.9	0.5	0.8	0.9
I-2	0.6	1.2	1.4	7.4	1.2	1.4	0.8	1.2	1.4
I-3	0.7	1.0	1.3	8.4	5.3	9.9	0.8	1.0	1.3
평균	0.6	1.0	1.2	6.6	3.6	5.7	0.7	1.0	1.2



<그림 36> 이동측위 DGNSS, DGNSS-CP 수평, 수직, 3차원 RMS 오차

[표 24]에 DGNSS는 일반적인 PRC 적용 방법을 이용한 측위 결과이고, DGNSS-CP는 본 과제를 통해 개발 적용될 보정정보 위치영역 매핑 기술을 이용한 측위 결과를 나타낸다. 표의 결과와 같이 일반 DGNSS 와 DGNSS-CP 위치영역 매핑 기술의 측위 정확도가 동일한 것을 확인하였다.

○ 종합결론

스마트폰 실험 결과와 비교하였을 때, 단독 측위 기술의 정확도 보다 정지측위 실험에서 수평 RMS 44%, 수직 RMS 51%, 3D RMS 50%, 이동측위 실험에서 수평 RMS 68%, 수직 RMS 9%, 3D RMS 50% 성능향상이 있는 것을 확인하였다. 이동 측위 결과가 상대적으로 높은 성능을 나타내고 있으나 이는 실험 당시의 환경 차이와, 정지측위 시험에서의 측점의 높이가 이동측위보다 높고, 기준국과의 거리가 멀어짐으로 인해 PRC 품질 저하 때문으로 판단할 수 있다.

GLONASS 단독 측위 정확도는 가시위성 개수의 한계와 신호 고유의 잡음에 의해 충분한 측위 정확도를 확보할 수 없으나 GPS와 GLONASS를 통합 측위할 경우 가시위성 개수가 미지수를 추정하기에 충분할 만큼 주어지고 최적화된 가중치 함수가 적절하게 적용됨에 따라 최종적으로 측위 정확도가 향상되는 효과가 있다.

DGNSS 위치영역 매핑 알고리즘을 스마트폰에 적용한다면, 스마트폰 위치정보의 정확도와 신뢰도가 높아질 것으로 판단되나, 스마트폰 자체 하드웨어의 성능이 저가형 수신기에

비해 떨어지므로 성능 개선을 위한 연구가 필요하다.

그리고 위성항법시스템의 보정정보의 제공은 현재 해양수산부에서 운영하는 DGPS서비스가 유일하다. 해양수산부는 DGPS 서비스 확대의 목적으로 비컨 중파방송과는 별도로 NTRIP이라는 인터넷 프로토콜을 이용해 보정정보를 제공하고 있으나, 그 신뢰성은 다수의 사용자에게 의해 불만이 제기되고 있는 상황이다. 해양수산부 DGPS 기준국 다수에서 불규칙적이고 예측 불가능한 이상 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 그 이유는 해양수산부가 DGPS 서비스를 제공하는 주된 목적이 국제해사기구의 권고에 따라 비컨 중파방송으로 보정정보를 송출하는 것이기 때문에 인터넷을 통한 민간 서비스에 충분한 인력과 자원을 투입하지 못하기 때문인 것으로 추측된다.

이번 연구를 통해 개발되는 DGNSS-CP기술은 GPS/GLONASS/Beidou 위성항법시스템의 보정정보가 필요한데, 현재 대한민국은 해양수산부에서 운영하는 NDGPS서비스로는 GLONASS와 Beidou 위성항법시스템의 보정정보를 획득할 수 없는 문제가 있다. 그러므로 GPS/GLONASS/Beidou 위성항법시스템의 보정정보를 생성하고 송신할 수 있는 기준국 설치가 필요하며, 대한민국 전역에 일정한 DGNSS성능을 제공하기 위한 보정정보생성 기술이 필요하다.

제 4절 GPS/GLO/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구현

1. 최소 기준국 기반 전국 보정정보생성 기술

기준국과 사용자 간의 거리는 DGNSS 측위 정확도에 큰 영향을 준다. 기선 거리가 멀어질수록 기준국과 사용자의 공통 오차 요소의 유사성이 감소하여 측위 정확도가 떨어진다. DGPS를 가장먼저 시작한 미국에서 DGPS 기준 국은 일반적으로 300 ~ 1,000km 간격으로 배치된다. 하지만 국내에서는 DGPS 기준국이 50 ~ 100km 간격으로 배치되어 미국과 비교 시 그 면적 대비 기준국의 밀도가 높다. 따라서 미국과 유사한 역 가중치를 기반으로 가중치를 할당하면 기준 국간의 기준 거리 차이가 크지 않기 때문에 그 효과는 크지 않다. 이 문제는 작은 기준선 거리 차이를 최대화하여 가중치 요소를 효과적으로 할당하여 해결할 수 있다. (주) 피피솔은 기선거리의 작은 차이를 극대화 할 수 있는 지수 함수를 이용한 새로운 모델을 개발했다. 개발된 모델은 다수의 기준국에서 제공되는 보정정보를 사용하여 역 거리 가중치를 기반으로 사용자 위치에서 DGNSS 보정정보를 재 생성한다. 개발된 모델에 사용된 계산식은 아래와 같다.

$$W_{dj} = \exp\left(\frac{d_j}{avg(d)}\right) \quad (71)$$

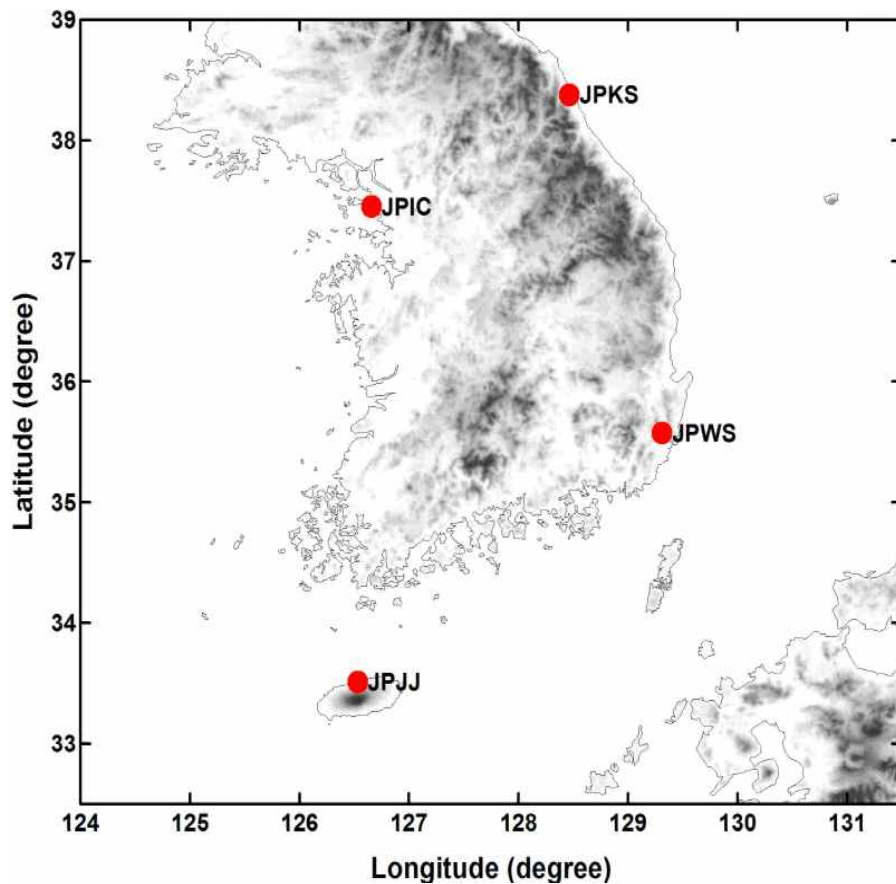
$$W_j = \left(\frac{1}{d_j}\right)^{W_{dj}} \quad (72)$$

식 (71)에서 W_{dj} 는 사용자와 j 번째 기준국간의 기선거리에 따라 변하는 계수이고, d_j 는 사용자와 제 i 기준국간의 기선거리이며, $avg(d)$ 는 사용자와 모든 기준국간의 평균 기선

거리이다. W_{dj} 는 식(72)의 새로운 가중치 인자가 되는데, 거리의 역수에 대한 차수를 증가시킴으로써 식 (72)가 생성된다. W_j 는 j 번째 기준국의 보정을 위한 가중치 인자이다.

○ DGNSS 기준국 설치

(주)피피솔이 개발한 지수함수 역거리 가중치 기술을 사용한 최소기준국 기반 보정정보 생성기법을 적용하면 4개의 기준국만으로도 DGNSS 전국서비스가 가능하게 된다. 이에 따라 (주)피피솔은 대한민국 전 국토를 대상으로 하는 DGNSS 서비스를 위해 한국국토정보공사와 협조하여 영토의 가장자리 꼭짓점에 위치한 한국국토정보공사의 강화지사, 고성지사, 서귀포지사, 울주지사에 DGPS 기준국을 설치하였다. <그림 35>에 기준국의 위치를 표시하였으며, 각각의 기준국 별 좌표는 [표 25]와 같다.

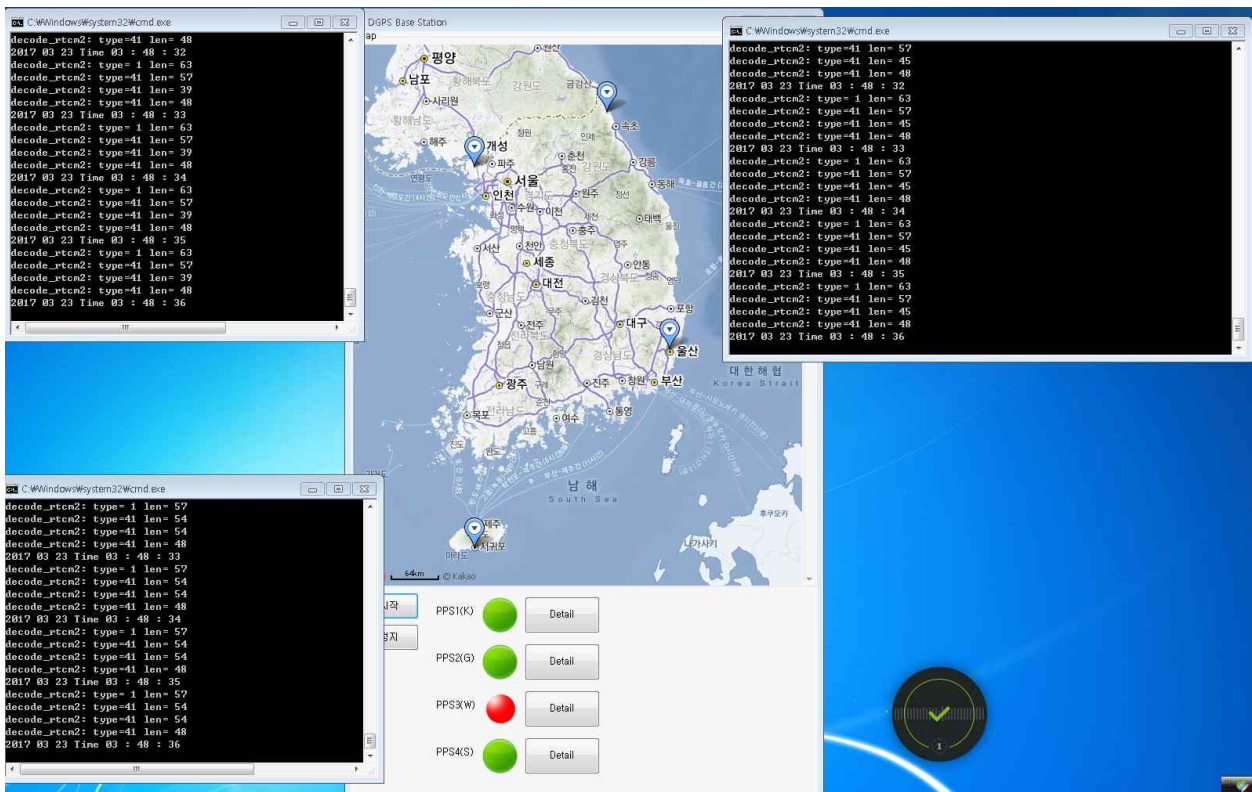


<그림 37> 전국 DGNSS 보정정보 제공을 위한 기준국 위치

[표 25] (주)피피솔에서 설치한 DGNSS 기준국 좌표

	기준국 좌표		
	위도[°]	경도[°]	높이[m]
강화	37.74464689	126.48977549	47.83
고성	38.38028480	128.46288131	47.46
울산	35.57480784	129.30885226	219.02
서귀포	33.25460261	126.52038404	178.32

앞서 설명한 4개의 DGNSS 기준국에서 송신하는 보정정보는 서버에 저장되고 사용자에게 송출되는 단계가 필요하다. 따라서 (주)피피솔에서는 실시간으로 DGNSS 보정정보를 저장하고 송출하는 DGNSS 보정정보 서버 소프트웨어를 개발하였다. <그림 36>는 (주)피피솔에서 개발한 DGNSS 보정정보를 실시간으로 저장하고 송출하는 소프트웨어이다. 좌우에 나타난 CMD 창으로 각 기준국별 현재 수신되는 데이터의 시간과 수신 패킷의 길이를 확인할 수 있다. 가운데 지도 창에는 DGNSS 기준국이 표시되어 있으며, 연결 버튼을 클릭하면 각각의 기준국들과 연결 상태를 파악하게 된다.



<그림 38> (주)피피솔에서 개발한 DGNSS 보정정보 수신 소프트웨어

(주)피피솔에서 설치한 4개소의 기준국의 GPS/GLONASS/Beidou 보정정보를 이용한 성능을 검증하였다. 4개 기준국에서 수신한 보정정보를 바탕으로 사용자 위치에 최적화된 보정정보를 산출하였으며, GPS 뿐만 아니라 GLONASS, Beidou를 이용한 다중-위성항법 시스템 처리를 동시에 수행할 수 있도록 처리함으로써 측위 연속성과 가용성을 증대시켰다.

구현한 측위 알고리즘의 성능검증을 위해 VRS 장비를 통해 2-3cm 정확도의 시험 측량 지점을 [표 26] 과 같이 선정하였다. 선정한 A, B, C 지점은 본 사가 위치한 금천구이며, 강화기준국과의 거리는 약 45km로 NDGPS 서비스의 가용범위(80km) 내에 위치한다. D 지점은 NDGPS 가용범위 80km 이상인 지점으로 강화기준국과는 약 150km, 고성기준국

과는 230km 떨어진 지점이다. 해당 실험은 u-blox EVK M8T Kit와 외장안테나를 이용하여 진행되었다.

[표 26] 테스트 기준 좌표

	위도[°]	경도[°]	높이[m]
A 지점(금천구)	37.47979701	126.87694621	157.87
B 지점(금천구)	37.47971320	126.87698522	157.88
C 지점(금천구)	37.47831540	126.87590436	33.66
D 지점(오송)	36.57619378	127.31515953	48.95

- 실험 개요

(주)피피솔에서 개발한 GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 생성기술의 측위 알고리즘의 성능 검증을 위해 VRS 장비를 통해 2-3cm 정확도의 시험 측량 지점을 [표 27]과 같이 선정했다. 선정한 A, B, C 지점은 본 사가 위치한 금천구이며, 강화기준국과의 거리는 약 45km로 NDGPS 서비스의 가용범위(80km) 내에 위치하며, D 지점은 NDGPS 가용범위 80km 이상인 지점으로 강화기준국과는 약 150km, 고성기준국과는 230km 이격된 지점이다.

- 실험 기준 좌표

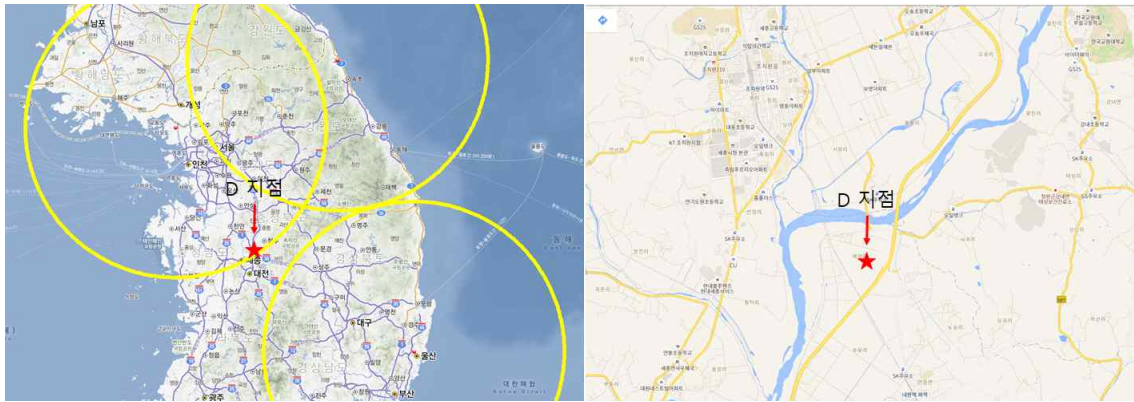
[표 27] 실험 기준 좌표

	위도[°]	경도[°]	높이[m]
A 지점(금천구)	37.47979701	126.87694621	157.87
B 지점(금천구)	37.47971320	126.87698522	157.88
C 지점(금천구)	37.47831540	126.87590436	33.66
D 지점(오송)	36.57619378	127.31515953	48.95

- 실험 기준 좌표 위치



<그림 39> (주)피피솔 인근 A, B, C 실험 기준점 위치



<그림 40> D 실험 기준점 위치 (오송)

- 실험 장비



<그림 41> 저가형 수신기 Ublox
EVK-M8T

- 실험 조건 및 방법

- 실험 횟수 : 각 지점 별 3회, 10분간 자료처리
- 검증 방법
 - 모바일 단말기 자체 NMEA 위치정보
 - ▶ 단일 기준국 DGNSS-CP 자료처리
 - ▶ A, B, C 지점 강화기준국 보정정보 이용
 - ▶ D 지점 강화기준국, 고정기준국 보정정보 이용
 - 최소기준국 기반 DGNSS-CP 자료처리
 - ▶ 4개소 기준국 보정정보의 사용자 위치에 따른 보간처리 후 이용

- 실험 결과

- A, B, C 지점 단일기준국 대비 GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 정확도 비교

[표 28~30]는 시험 측량 지점에서의 각 지점마다 총 3회에 걸쳐 10분 동안 수집한 데이

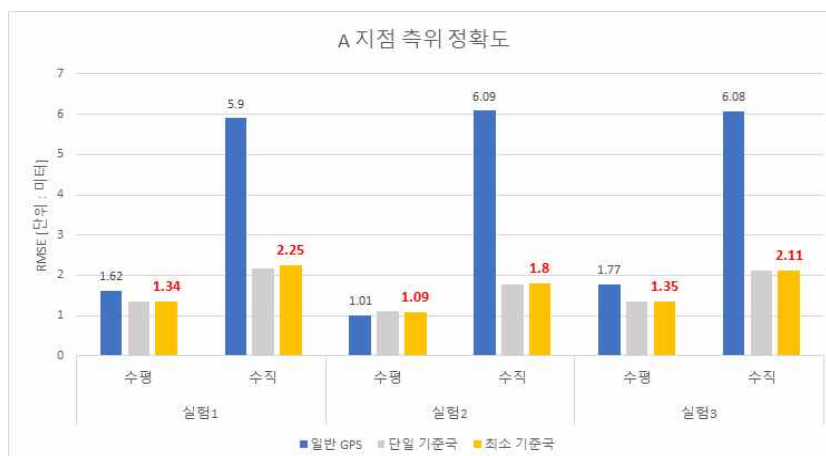
터를 일반 좌표산출과 단일 기준국을 이용한 좌표산출, 보정정보생성기술 기반 좌표 산출 결과를 VRS 이용해 얻은 참값 좌표와 비교한 결과이다.

○ A 지점 측위 성능 비교표

[표 28] u-blox EVK M8T 수신기 A 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		일반 GPS	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	1.62	1.34	1.34
	수직	5.90	2.16	2.25
실험2	수평	1.01	1.10	1.09
	수직	6.09	1.77	1.80
실험3	수평	1.77	1.35	1.35
	수직	6.08	2.11	2.11

○ A 지점 측위 성능 비교 그래프



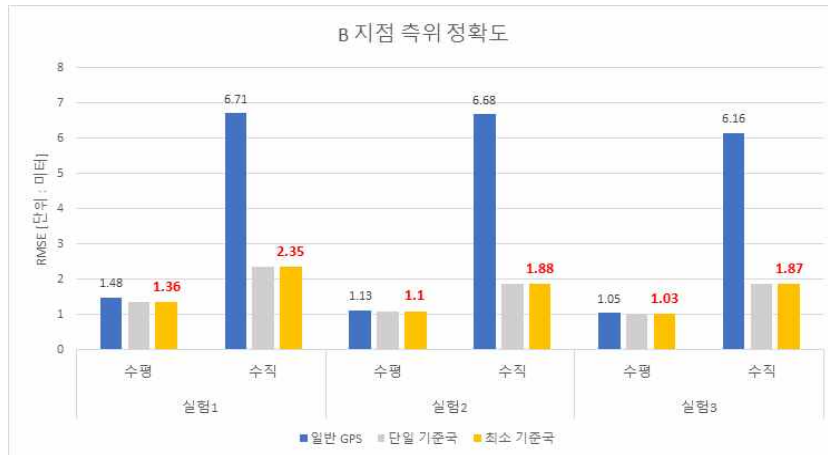
<그림 42> A 지점 최소기준국 측위 정확도

○ B 지점 측위 성능 비교표

[표 29] u-blox EVK M8T 수신기 B 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		일반 GPS	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	1.48	1.36	1.36
	수직	6.71	2.35	2.35
실험2	수평	1.13	1.10	1.10
	수직	6.68	1.88	1.88
실험3	수평	1.05	1.03	1.03
	수직	6.16	1.87	1.87

◦ B 지점 측위 성능 비교 그래프



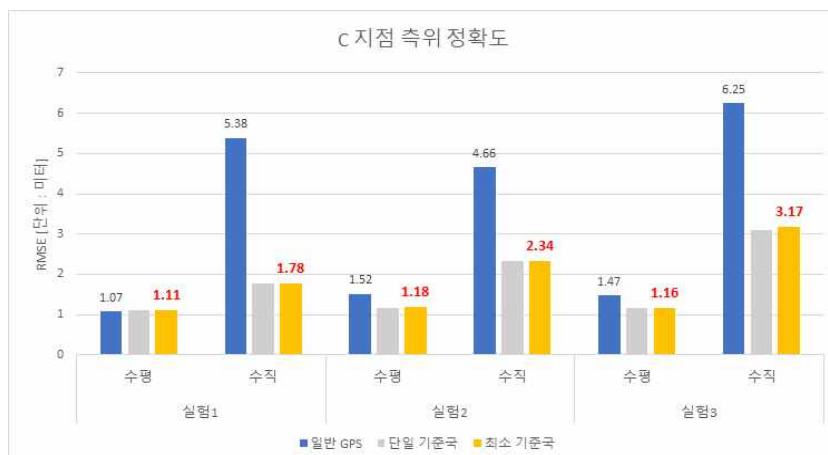
<그림 43> B 지점 최소기준국 측위 정확도

◦ C 지점 측위 성능 비교표

[표 30] u-blox EVK M8T 수신기 C 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		일반 GPS	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	1.07	1.11	1.11
	수직	5.38	1.78	1.78
실험2	수평	1.52	1.16	1.18
	수직	4.66	2.33	2.34
실험3	수평	1.47	1.17	1.16
	수직	6.25	3.11	3.17

◦ C 지점 측위 성능 비교 그래프



<그림 44 > C 지점 최소기준국 측위 정확도

A, B, C 지점은 강화 기준국과 약 45km정도 떨어져 있으며, 이 거리는 해양수산부 NDGPS 서비스의 가용범위(80km) 내의 거리로, 단일 기준국 기반의 좌표산출과 최소기준국 기반 좌표산출 결과에서는 큰 차이 없이 유사한 성능을 나타냈다. 하지만 DGPS 기

술을 적용한 경우 일반 좌표산출 기법을 적용한 경우보다 수직과 수평오차에서 성능 향상을 확인할 수 있었다.

▪ D 지점 단일기준국 대비 GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 정확도 비교

○ D 지점 측위 성능 비교표

[표 31] u-blox E M8T 수신기 D 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)			
		일반 GPS	강화 기준국 (150km)	고성 기준국 (230km)	최소기준국
실험1	수평	1.29	0.88	1.06	0.88
	수직	1.60	1.07	1.12	1.06
실험2	수평	1.51	0.93	0.96	0.92
	수직	1.79	1.03	1.05	1.03
실험3	수평	1.69	0.88	0.94	0.88
	수직	1.55	1.28	1.33	1.28

○ D 지점 측위 성능 비교 그래프



<그림 45> D지점 단일 기준국(강화, 고성) 및 최소기준국 측위 정확도

- 종합 결론

D 지점은 강화 기준국과 약 150km 떨어져 있으며, 이 거리는 해양수산부 NDGPS 서비스의 가용범위(80km) 이상의 거리로, (주)피피솔이 개발한 보정정보생성기술 기반 좌표산출 결과가 단일 기준국 기반의 좌표산출 결과와 일반 GPS 측위 결과 보다 더 뛰어난 성능을 보이는 것을 확인 할 수 있다. 또한 해양수산부 NDGPS 서비스의 가용범위(80km)를 벗어나는 고성 기준국(약230km) 기반 DGPS 적용한 경우에도 (주)피피솔이 개발한 보정정보생성기술 기반 좌표산출 결과가 가장 좋은 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 대한민국 전역에 4개의 기준국만으로 DGPS의 성능을 확보할 수 있음을 증명하고 있다.

해당 성능 평가를 통해 단일 기준국만을 이용하는 일반적인 DGPS는 해당 기준국과의 기선거리가 멀어짐에 따라 정확도가 떨어지는 것을 확인할 수 있지만 (주)피피솔이 개발한 q보정정보생성 기술을 적용한 경우에는 기준국과의 기선거리에 관계없이 일정한 성능이 유지되는 것을 확인할 수 있다.

○ GPS/GLO/BDS 보정정보 생성기술 적용 스마트폰 성능 검증

- 실험 개요

(주)피피솔에서 개발한 GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 생성 및 제공기술을 스마트폰에서의 성능 검증을 위해 DGNSS-CP 알고리즘을 안드로이드OS에서 구현하여 검증했다.

- 실험 장비



<그림 46> 성능 검증에 사용한
Samsung 갤럭시 S7

- 실험 조건 및 방법

- 실험 횟수 : 각 지점 별 3회, 10분간 자료처리
- 검증 방법
 - 모바일 단말기 자체 NMEA 위치정보
 - ▶ 단일 기준국 DGNSS-CP 자료처리
 - ▶ A, B, C 지점 강화기준국 보정정보 이용
 - ▶ D 지점 강화기준국, 고정기준국 보정정보 이용
 - 최소기준국 기반 DGNSS-CP 자료처리
 - ▶ 4개소 기준국 보정정보의 사용자 위치에 따른 보간처리 후 이용

- 실험 결과

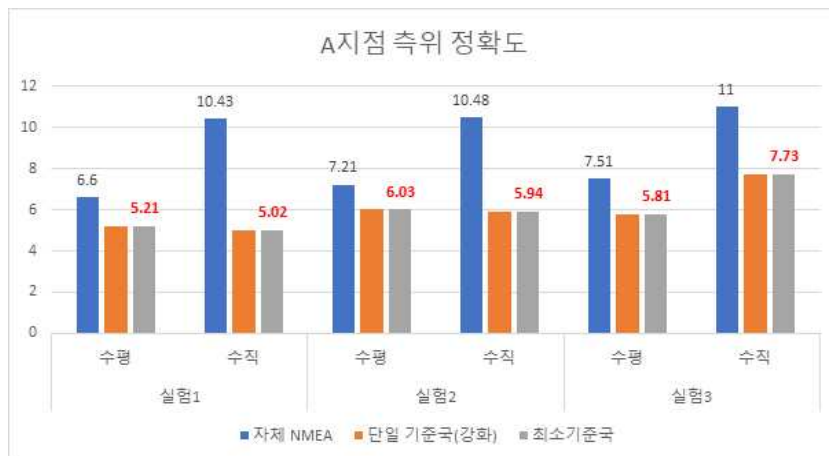
- A, B, C 지점 단일기준국 대비 GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 기반 스마트폰 정확도 비교

○ A 지점 측위 성능 비교표

[표 32] Samsung Galaxy S7 수신기 A 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		자체 NMEA	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	6.6	5.21	5.21
	수직	10.43	5.02	5.02
실험2	수평	7.21	6.03	6.03
	수직	10.48	5.94	5.94
실험3	수평	7.51	5.81	5.81
	수직	11	7.73	7.73

○ A 지점 측위 성능 비교 그래프



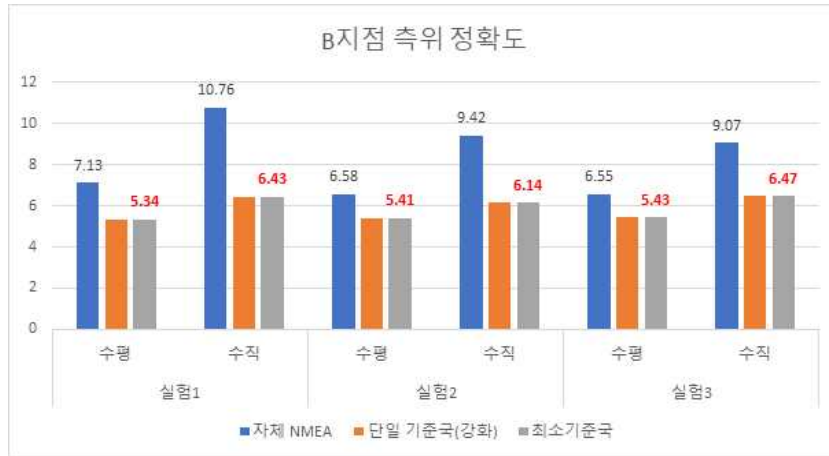
<그림 47> A 지점 DGNS-CP 엔진 측위 정확도 그래프

○ B 지점 측위 성능 비교표

[표 33] Samsung Galaxy S7 수신기 B 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		자체 NMEA	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	7.13	5.34	5.34
	수직	10.76	6.43	6.43
실험2	수평	6.58	5.41	5.41
	수직	9.42	6.15	6.14
실험3	수평	6.55	5.43	5.43
	수직	9.07	6.47	6.47

○ B 지점 측위 성능 비교 그래프



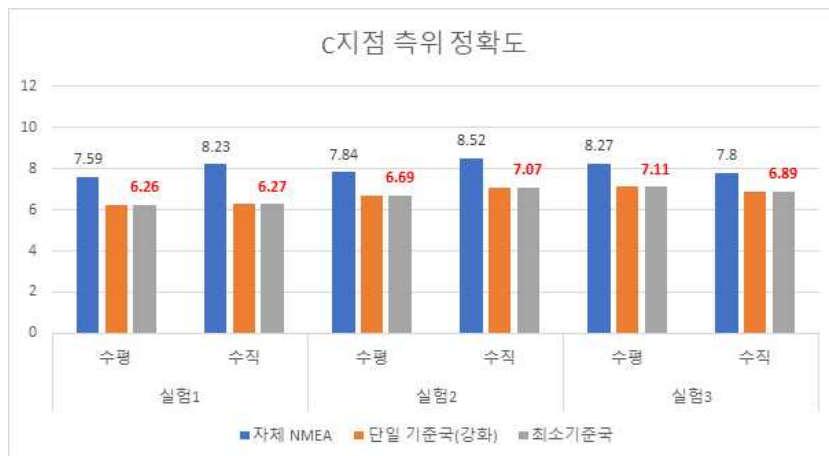
<그림 48> B 지점 DGNSS-CP 엔진 측위 정확도 그래프

○ A 지점 측위 성능 비교표

[표 34] Samsung Galaxy S7 수신키 C 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)		
		자체 NMEA	단일 기준국(강화)	최소기준국
실험1	수평	7.59	6.26	6.26
	수직	8.23	6.27	6.27
실험2	수평	7.84	6.69	6.69
	수직	8.52	7.07	7.07
실험3	수평	8.27	7.11	7.11
	수직	7.8	6.89	6.89

○ C 지점 측위 성능 비교 그래프



<그림 49> C 지점 DGNSS-CP 엔진 측위 정확도 그래프

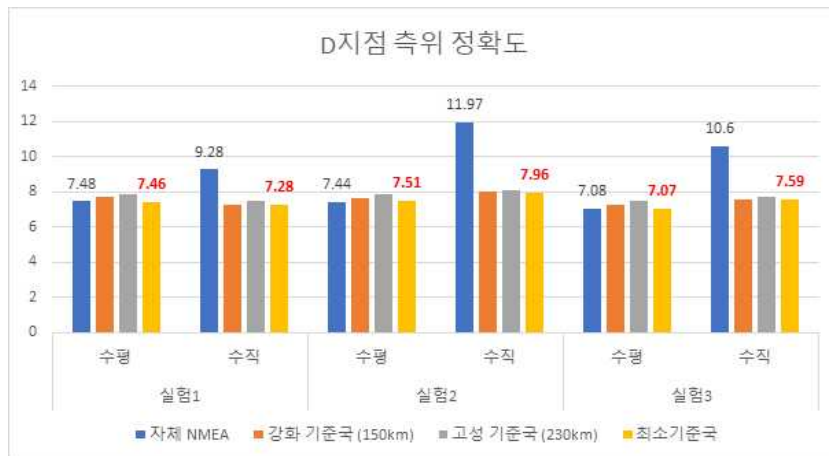
- D 지점 단일기준국 대비 GPS/GLONASS/Beidou 보정정보 기반 스마트폰 정확도 비교

○ D 지점 측위 성능 비교표

[표 35] Samsung Galaxy S7 수신기 D 지점 정확도 비교

		수평 RMSE(m)			
		자체 NMEA	강화 기준국 (150km)	고성 기준국 (230km)	최소기준국
실험1	수평	7.48	7.71	7.91	7.46
	수직	9.28	7.3	7.51	7.28
실험2	수평	7.44	7.66	7.86	7.51
	수직	11.97	8.03	8.12	7.96
실험3	수평	7.08	7.27	7.47	7.07
	수직	10.6	7.61	7.72	7.59

○ D 지점 측위 성능 비교 그래프



<그림 50> D 지점 DGNSS-CP 엔진 측위 정확도 그래프

- 종합 결론

안드로이드OS를 사용하는 모바일 단말기가 자체 계산한 위치 결과 정확도와 최소기준국 기반 DGNSS-CP의 성능은 수평 -3%~49%, 수직 13%~108% 까지 향상하는 것으로 확인했다. 특히 수평 정확도 향상보다 수직 정확도의 향상이 두드러지는데 이는 수직 방향으로 나타나는 대표적인 GNSS 오차인 전리층, 대류권 오차가 보정되기 때문이다. 그러나 모바일 단말기의 자체 위치 결과 자체가 수평 6m, 수직 10m의 오차를 나타내고 있어, 위치결과를 보정하는 DGNSS 보정정보 의치영역 매칭 기술은 의사거리 자체를 보정하는 일반적인 DGNSS 기술의 정확도를 확보하지 못하는 실정이다. 이는 안드로이드 운영체제를 사용하는 단말기들은 GNSS에 가속도, 자이로스코프 등과 같은 추가 센서들의 정보를 융합하고 필터 처리하여 최종 사용자 위치정보를 제공하여 발생하는 문제이다. 이렇게 필터 처리된 위치정보는 연구자, 개발자와 같은 전문가들의 연구, 개발에 한계점으로 작용하고 있으며, 이러한 모바일 단말기에서 GNSS한계점을 해소하기 위해 구글이 2016년 I/O 2016에서 안드로이드N버전부터 GNSS 원시데이터 출력이 가능하다고 발표했다. 따라서 향후 안드로이드N버전을 탑재한 모바일 단말기에서는 DGNSS뿐만 아니라, PPP 등과 같은 GNSS 정확도 향상에 대한 많은 연구가 이루어 질것으로 판단된다.

제 5절 단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용

애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증

1. 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작

○ DGPS 서버 연동을 위한 RTCM client 기능 구현

- Android Client

- 메인 어플리케이션 (PPSoln DGPS_CP)

- Web Server

- API 서버로 다른 응용에 확장 가능
 - 클라이언트에서 요청한 NMEA 좌표 기준, 가까운 DGPS 서버 RTCM 정보 응답
 - 클라이언트에서 요청한 과거 brdc data, prc data, leafsecond 등에 대한 응답

- GPS Observer

- java 응용프로그램
 - ftp 서버의 항법메시지를 주기적으로 파싱하여 database에 최신 데이터 유지

- Cache Database

- MySQLite
 - 실시간 처리를 위해 최신 데이터를 유지하는 메모리 기반 NoSQL 데이터베이스

- Back-up Database

- MySQLite
 - 과거 데이터를 보관하며 과거 데이터 요청에 대한 응답이 가능함

○ 어플리케이션 기능

- 정지 상태에서 사용하는 기능

- 위성 SkyPlot을 매 10초마다 갱신하여 표시해줌
- 지나간 위치 Point는 회색 계열, 최신 위치는 붉은색 계열로 표시하여 누적 정보를 표시해줌
- 현재 위치와 기준점과의 차이를 실시간으로 SkyPlot 화면 위에 동시에 표시해줌
- 입력 참값기준 에러 (NEV그래프)
- N, E, V를 입력 기준점과 비교하여 각각에 대한 오차를 그래프 형태로 실시간으로 제공함
- 필요한 경우 그래프 조작 및 Animation 기능 추가
- 필요한 경우 그래프 정보 및 오차 정보 앱 외부로 추출(Excel etc..)

- 설정 기능
 - Set datum point
 - Set destination point
 - SkyPlot Settings
 - Graph Settings
- 라이브러리
 - GPS Sat Pos Estimator
 - Epoch 별 GPS Sat Pos estimation 라이브러리
 - RtcM-Decoder
 - RtcM Binary Data 디코딩 라이브러리
 - PPSoln-PP
 - GPS 관련 함수 지원 (소스코드 비공개)
 - PPSoln-DGNSS-CP
 - DGNSS 관련 함수 지원 (소스코드 비공개)
- 사용 Tools
 - Android Application

Tools	Describe
Android Studio	Android Framework

- Server

Tools	Describe
Ubuntu Linux 14.04	Operating System
Spring Framework	Framework
Tomcat 7	Web Container

- Database

Tools	Describe
Redis	In memory NoSQL (최신 데이터 저장)
MySQL	Back-up database (지난 데이터 저장)

- 단말기 위치기반 DGPS 기준국 선택 기능 구현

- Navigation message parser

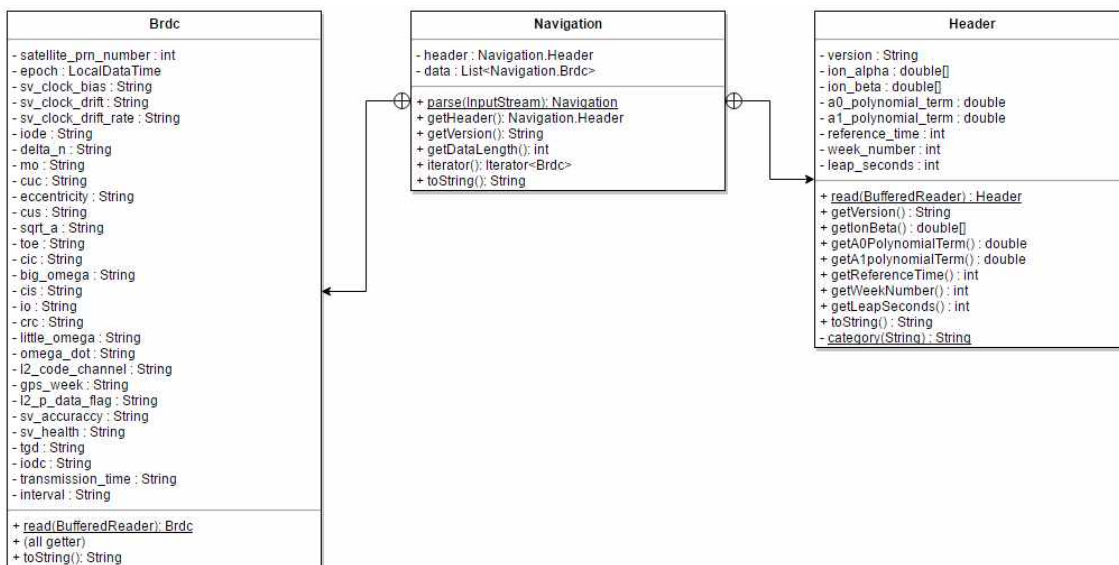
- Navigation message를 header, data 부분으로 나누어서 object화 기능 제공
 - required : java 8 (<https://github.com/kintis/Gps-Brdc-Parser>)
- Navigation message 구조

2.11	N: GPS NAV. MESSAGE	RINEX VERSION / TYPE
gLAB	gAGE / UPC	17-MAR-10 12:14
PGM / RUN BY / DATE	COMMENT	
EXAMPLE OF A NAVIGATION RINEX FILE	COMMENT	
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE	COMMENT	
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA	COMMENT	
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab @ gage.es	COMMENT	
0.1676D-07	0.2235D-07	-0.1192D-07
0.1208D+06	0.1310D+06	-0.1310D+06
0.133179128170D-06	0.107469588780D-12	552960
15	1025	DELTA-UTC: A0,A1,T,W
		LEAP SECONDS
		END OF HEADER
6 99	9 2 19	0 0 0
-839701388031D-03	-185982783074D-10	.000000000000D+00
.910000000000D+02	.934062500000D+02	.116040547840D-08
.484101474285D-05	.626740418375D-02	.652112066746D-05
.409904000000D+06	-.242143868400D-07	.329237003460D+00
.942817490922D+00	.326593750000D+03	.206958726335D+01
.307155651408D-09	.000000000000D+00	.102500000000D+04
.000000000000D+00	.000000000000D+00	.000000000000D+00
.406800000000D+06	.000000000000D+00	.910000000000D+02

<그림 51> Navigation message

- Header
 - 각 라인 끝에 해당 라인의 Title을 표시
 - ION Alpha, ION Beta, Leap Seconds 등으로 구성
 - Header의 끝은 'END OF HEADER'로 구분
- Body
 - 각 데이터의 시작부분에 PRN, Epoch 표시
 - 그 아래 7개의 라인을 포함하여 한 블록을 데이터가 구성 됨

- Navigation message parser UML Diagram



<그림 52> Navigation message parser UML Diagram

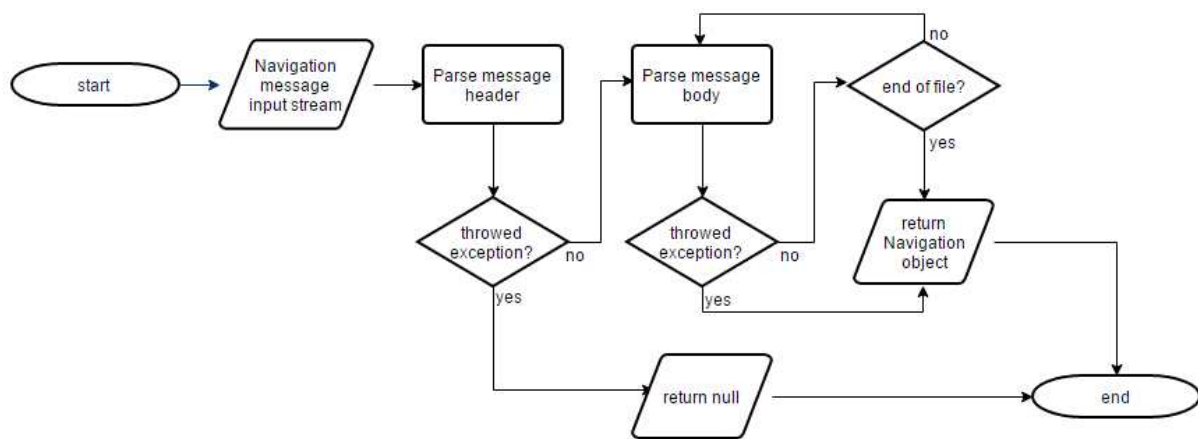
-
- Navigation : Header와 Data List로 구성 1개의 파일 전체를 포함하는 객체
 - header : Navigation message header (Navigation.Header)
 - data : LinkedList 형태로 파일 내 모든 데이터를 포함 (List<Navigation.Brdc>)

 - Header : Daily 단위 데이터 존재, 해당 날짜의 환경 변수 제공
 - version : Navigation message version
 - ion_alpha : Ion Alpha (A0~A3)
 - ion_beta : Ion Beta (B0~B3)
 - a0_polynomial_term : Almanac parameter to compute time in UTC : A0
 - a1_polynomial_term : Almanac parameter to compute time in UTC : A1
 - reference_time : Reference time for UTC data
 - week_number : UTC reference week number
 - leap_seconds : Number of leap seconds

 - data : 2시간 interval로 1~32번 위성 데이터 존재 PRN Number, Epoch를 제외한 나머지 원본 String 그대로 저장
 - satellite_prn_number : Satellite PRN Number
 - epoch : Epoch of current Satellite PRN Number
 - sv_clock_bias : Space Vehicle clock bias (Seconds)
 - sv_clock_drift : Space Vehicle clock drift (Seconds/Seconds)
 - sv_clock_drift_rate : Space Vehicle clock drift rate (Seconds/Seconds²)
 - iode : Issue Of Date Ephemeris
 - crs : Radius Correction Sinus Component (Meters)
 - delta_n : Delta n (Radians/Seconds)
 - mo : Mo Angle (Radians)
 - cuc : Latitude Correction Cosinus Component (Radians)
 - eccentricity : Orbit Eccentricity
 - cus : Latitude Correction Sinus Component (Radians)
 - sqrt_a : Square root of the orbit semi major axis (Meters^{0.5})
 - toe : Time Of Ephemeris (Seconds of GPS Week)
 - cic : Inclination Correction Cosinus Component (Radians)
 - big_omega : OMEGA Angle (Radians)
 - cis : Angular Velocity (Radians)
 - io : Initial Inclination (Radians)
 - crc : Radius Correction Cosinus Component (Meters)
 - little_omega : Omega Angle (Radians)
 - omega_dot : Angular Velocity (Radians/Seconds)
 - idot : Inclination Rate (Radians/Seconds)
-

- 2_code_channel : Codes on L2 channel
- gps_week : GPS Week Number (to go with TOE)
- l2_p_data_flag : L2 P data flag
- sv_accuracy : Space Vehicle Accuracy (Meters)
- v_health : The health of the signal components
- tgd : Total Group Delay (Seconds)
- iode : Issue of Data Clock
- transmission_time : Transmission Time of the Message
- interval : (see ICD-GPS-200, 20.3.3.4.3.1): (Hours)

- Flow to parse Navigation message



<그림 53> Flow to parse Navigation message

- ① input stream 형태로 입력 (File input stream, Network socket input stream, etc.)
 - ② Header 부분 파싱, 유효성 검사
 - ③ ②과정에서 유효성검사 실패 시 null 반환 후 종료
 - ④ Body 부분 파싱, 유효성 검사
 - ⑤ 파일의 끝이 아니라면 ④과정 반복, List에 Data 추가
 - ⑥ ④과정에서 유효성 검사 실패 시 현재까지의 Navigation object 반환 후 종료
 - ⑦ 성공적으로 파일의 끝 도달 시 Navigation object 반환 후 종료
- * 정해진 Navigation message format을 따르지 않을 시 Exception 이벤트 발생

- Usage Sample

```

File file = new File("BRDC0010.16n");

Navigation nav = Navigation.parse(new FileInputStream(file));
Navigation.Header header = nav.getHeader();
Iterator<Navigation.Brdc> iter = nav.iterator();
while (iter.hasNext()) {
    Navigation.Brdc brdc = iter.next();
    // TODO do
}
  
```

- Install Redis, Database server in Ubuntu Linux 14.04

- Redis

- 오픈소스 네트워크화, 인 메모리 데이터베이스 (NoSQL)
- 선택적 영구성 Key-Value 데이터 저장소

- 환경 설정 : Docker container에 격리 설치, 포트 포워딩

- 패키지 매니저 업데이트

```
# apt-get update
```

- Docker 설치

```
# apt-get install -y docker.io
```

- Redis container 생성, 포트 포워딩

```
# docker run -it -p 6379:6379 --name redisServer redis:latest
```

- 생성된 Container에서 나가기 : Ctrl + p + q

- docker 사용법

- 실행중인 container 확인

```
# docker ps
```

- 실행 가능한 container 확인

```
# docker ps -a
```

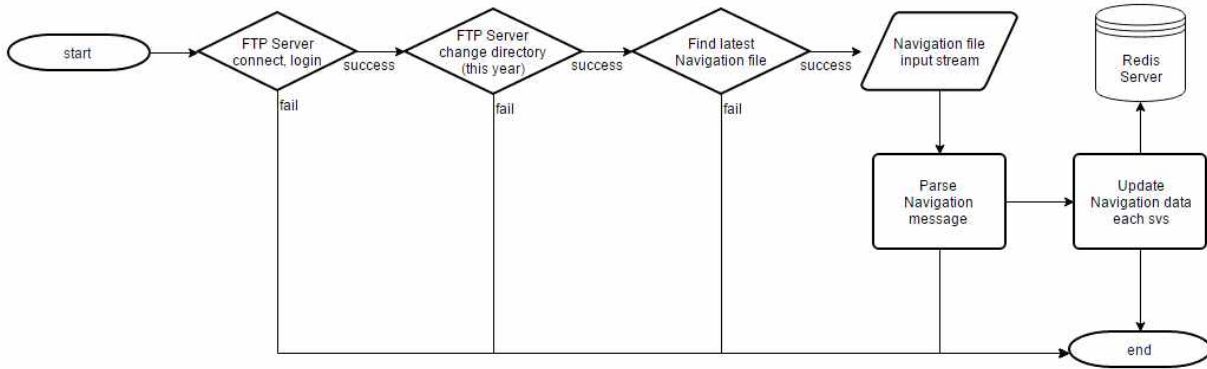
- Container 실행

```
# docker start redisServer
```

- Navigation message monitoring program

- FTP Server의 Navigation file을 모니터링 하여 최신 데이터 유지
- dependency : gps-brdc-parser-1.1 <github.com/kimtis/Gps-Brdc-Parser.git>
 - required : java 8(<https://github.com/kimtis/gpsobserver2>)

- Program flow



<그림 54> Navigation message monitoring Program Flow

- FTP 접속 및 데이터 수집

- <ftp://ftp.glonass-iac.ru> 접속 및 로그인

```

// FTP Client Example
ftp = new FTPClient();
ftp.connect("ftp.glonass-iac.ru");

// Check FTP Server
if (!FTPReply.isPositiveCompletion(ftp.getReplyCode())) {
    ftp.disconnect();
    logger.fatal("FTP server refused connection.");
    return;
}

// ready to use FTP
ftp.login("anonymous", "com.tuiddy.gpsobserver");
  
```

- 1시간 뒤 날짜의 경로로 폴더 변경
 - 위 FTP Server 특성상 1시간 후의 데이터 조회 가능
 - 경로변경 실패 시 FileNotFoundException 발생

```

ftp.changeWorkingDirectory("/MCC/BRDC/");

// Change directory
LocalDateTime focuseTime = now_utc.plusHours(1);
if (!ftp.changeWorkingDirectory(focuseTime.getYear() + "/" ))
    throw new FileNotFoundException(ftp.printWorkingDirectory() + focuseTime.getYear() + "/" : does not exist");
  
```

- 현재 폴더에서 최신 데이터파일 선택
 - 위 FTP Server 특성상 가장 마지막 파일에 현재와 가장 가까운 데이터 존재
 - GPS Navigation file(brdc) name은 brdc(BRDC)를 시작으로 함
 - 폴더 상에 파일이 존재하지 않을 시 FileNotFoundException 발생

```

// Get file list
FTPFile[] files = ftp.listFiles();

FTPFile latest = null;
for(FTPFile ftpFile : files) {
    // GPS navigation file.
    if (ftpFile.getName().substring(0, 4).equals("BRDC"))
        latest = ftpFile;
}

// Failed find BRDC file
if (latest == null)
    throw new FileNotFoundException(ftp.printWorkingDirectory() + " : BRDC file does not exist");
  
```

- Navigation file input stream 획득, 데이터 파싱

```
// Push data file stream
stream = ftp.retrieveFileStream(latest.getName());
pushDataStream(stream);
```

- Redis Server에 최신 데이터 업데이트
 - Header 정보는 항상 업데이트
 - 서버 데이터가 업데이트 대상 데이터보다 현재 시간과 가깝다면 업데이트 거부

```
// Insert(Update) header in Redis server
dao.pushHeader(header);

// Insert(Update) data in Redis server, logging update
for (int i = 1; i < closest.length; i++) {
    if (closest[i] != null)
        dao.pushBrdc(closest[i].getSatellite_prn_number(), closest[i]);

    if (updateFlag[i]) {
        upToDate = false;
        logger.info("UPDATE : prn=" + closest[i].getSatellite_prn_number()
            + ", epoch=" + closest[i].getEpoch());
    }
}

if (upToDate) logger.info("Already up-to-date.");
```

- 프로그램 실행 계획

- 위 프로그램은 프로그램 실행 시점의 최신데이터를 업데이트 시켜줌
- 주기적으로 프로그램을 실행시켜 항상 최신데이터 유지 가능
- cron
 - 소프트웨어 유틸리티, 유닉스 계열 컴퓨터 운영 체제의 시간 기반 잡 스케줄러
 - 작업을 고정된 시간, 날짜, 간격에 주기적으로 실행할 수 있도록 스케줄링 가능
- 작업 계획 수립
 - Navigation message 의 interval은 2시간
 - 20분마다 프로그램을 실행하여 최신 데이터 업데이트 시 적어도 20분 내로 반영
 - 매 시간 10, 30, 50분 프로그램 실행

▪ crontable 수정

```
root@ubuntu:~# vi /etc/crontab
```

- vim editor 로 /etc/crontab 수정

```
# m h dom mon dow user  command
17 * * * * root    cd / && run-parts --report /etc/cron.hourly
25 6 * * * root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --report /etc/cron.daily )
47 6 * * 7 root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --report /etc/cron.weekly )
52 6 1 * * root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --report /etc/cron.monthly )
)
10,30,50 * * * * root    cd {clone path}/script && ./go2.sh_
#
```

- 매 시간 10, 30, 50분 실행
- root 사용자 권한 실행
- 실행 프로그램 : {clone path}/script/go2.sh
 - * {clone path} : git repository에서 다운로드, 복제한 프로젝트 루트 경로

-
- 프로그램 동작 확인 : 정상적으로 데이터가 업로드 되는 것을 확인 함

- Check header data

```
127.0.0.1:6379> hget gps:brdc:header version  
"2.10"  
127.0.0.1:6379> _
```

- Check brdc data

```
127.0.0.1:6379> hget gps:brdc:sv1 epoch  
"2016-09-14 04:00:00"  
127.0.0.1:6379>
```

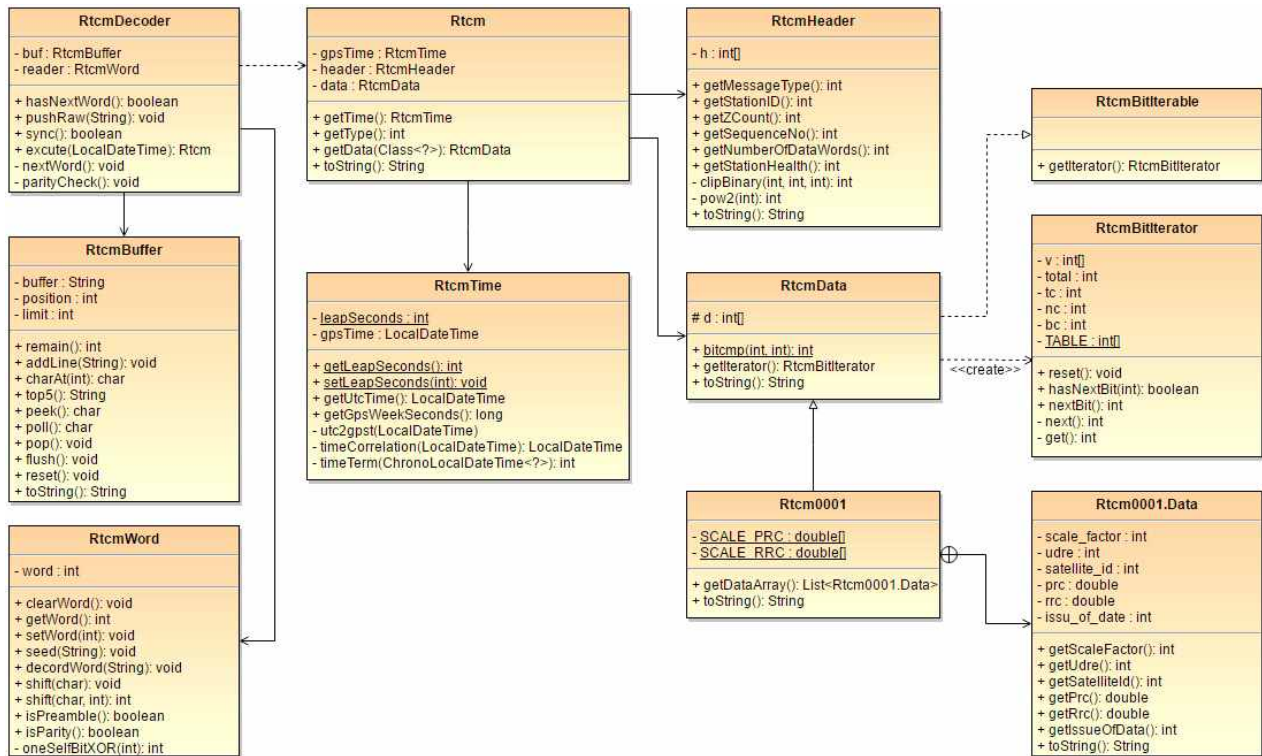
○ Rtcn message decoder

- stream 형태로 들어오는 binary data를 디코딩하여 Rtcn object 생성
 - required : java 8(<https://github.com/kimtis/Rtcn-Decoder>)

- Rtcn message

- Word : Rtcn message에서 한 번에 처리하는 데이터 단위
 - 5개의 문자, 각 문자 8bit중 앞쪽 2bit을 제외한 나머지 6bit만 사용
 - 나머지 6bit을 순서를 뒤집어 차례대로 연결하여 한 개의 Word 구성
 - 총 30bit로 구성 (패리티비트 검사고려 32비트)
 - 이전 Word의 마지막 2비트를 현재 Word의 패리티비트 검사 식에 반영
 - 30bit중 앞 24bit은 데이터 부분, 뒤 6bit은 패리티 비트
- 첫 데이터가 한 메시지 블록의 시작이라는 보장이 없음
 - 메시지 블록을 읽을 때마다 메시지의 시작 부분인지 검사
- 한 epoch의 데이터가 동시에, 하나의 라인에 들어온다는 보장이 없음
 - 데이터가 Header 부분에 명시된 블록 길이에 미치지 못할 경우
 - Decoding을 중단하고 Null을 반환 후, 남은 데이터를 다음 데이터와 병합
- 적은경우로 비트에러를 포함할 수 있는데, 패리티비트로 비트에러 존재 판단 가능
 - 하나의 비트에러 라도 치명적일 수 있음
 - 비트에러가난 블록 파기 후, Null 반환
- 메시지 Header 부분에 분/초 단위의 시간정보가 존재(z-count), Time 동기화 가능
 - 매 epoch마다 현재 시간과 Z-Count의 시간동시화 실행
 - Z-Count에 명시된 시간 값으로 시간 변경
 - Z-Count에 명시된 Time format 은 GPS Time

- Rtcn Decoder UML Diagram

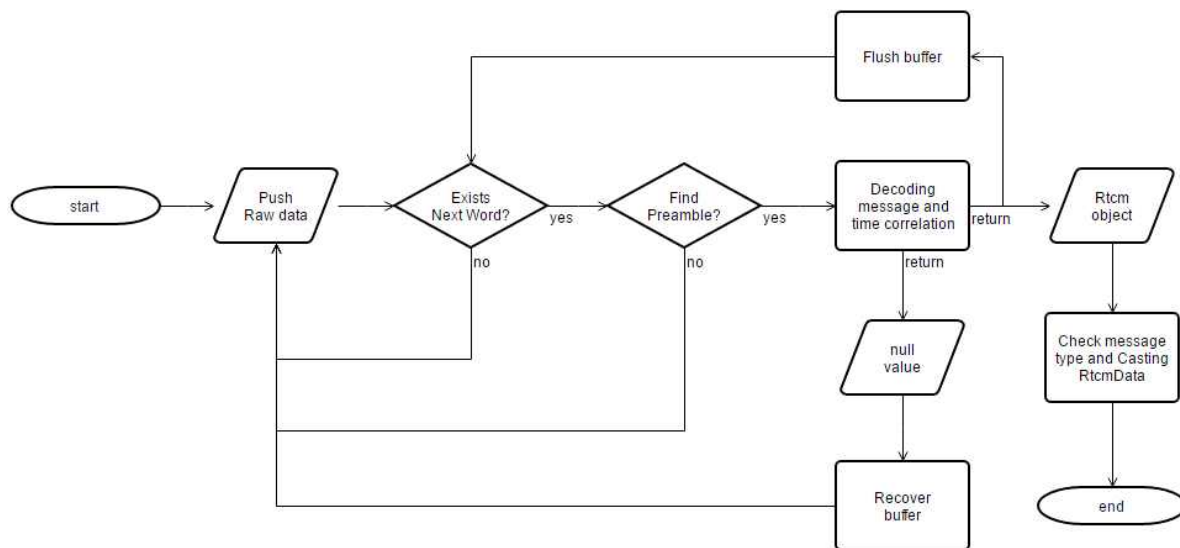


<그림 55> RtcM Decoder UML Diagram

- RtcMDecoder
 - 디코딩 메인 클래스
 - pushRaw(String) : 데이터 입력
 - hasNextWord() : 다음 Word가 있는지 확인
 - sync() : 메시지의 Preamble을 찾고 해당 위치로 이동
 - excute(LocalDateTime) : 한 메시지 디코딩 실행, 실패 시 null 반환
- RtcMBuffer
 - 입력된 Raw data 저장소
 - flush 호출 전에 이전데이터 삭제하지 않음
 - Decoding중 데이터가 부족한 경우 다음 Raw data에 현재 Data를 반영
- RtcMWord
 - Raw data를 Word 형태로 디코딩
 - 항상 패리티비트를 검사하도록 함
- RtcM
 - Header, Data를 포함한 하나의 메시지 객체
 - Word(binary) 형태로 저장되어있으며, 요청이 있을 경우 데이터를 뽑아냄
 - Header의 message type을 보고 Data부분을 Casting 해주어야 함
- RtcMHeader

-
- 2개의 Word(binary) 형태로 저장되어있으며, 요청이 있을 경우 데이터를 뽑아냄
 - Data의 type, length, time 등의 정보를 포함
 - RtcMData
 - Word(binary) 형태로 저장되어있으며, Header의 정보를 따름
 - Casting 수행 전에는 의미 없는 binary의 배열
 - RtcMBitIterable
 - RtcM Word의 데이터부분만을 선택적으로 뽑아내서 사용 하여야함
 - Word 배열의 Data부분만을 순차 접근할 수 있도록 하는 인터페이스 함수 제공
 - RtcMBitIterator
 - Word 배열의 Data부분만을 순차 접근하여 요청한 길이의 bit를 추출해 줌
 - RtcM0001
 - RtcM message 1 : Differential GPS Corrections
 - Data 배열에 포함된 message1 객체를 리스트 형태로 보관
 - RtcM0001.Data
 - message1에 포함된 변수를 정의
 - 1개의 객체가 한 개의 위성의 보정 값을 포함
 - RtcMTime
 - Decoding시 입력한 시간을 관리
 - 입력 값은 UTC가 기본
 - UTC, GPS time, Gps Week Seconds로 자유롭게 변환 가능
 - RtcMException
 - 상황에 맞는 예외 클래스들 존재
 - 내부적으로 예외처리 구현, 외부와 격리

- Flow to decode RtcM message



<그림 56> Flow to decode RTCM message

- ① Raw data 입력
- ② 다음 Word가 있는지 확인, 없다면 새로운 Raw data가 들어올 때 까지 대기
- ③ 1bit씩 shift하여 Decoding을 수행하며 Rtcm preamble 패턴을 찾음, 모든 Raw data를 검색하여도 preamble 패턴을 찾지 못하였다면 새로운 Raw data 대기
- ④ 2개의 Word로 구성된 Header를 Decoding하는 동시에 zCount값으로 시간동기, Header에 명시된 data 길이를 참조하여 Decoding 수행
- ⑤ Data Decoding에 실패할 경우(모든 경우 데이터 부족) 현재 메시지의 시작 지점으로 buffer의 커서 이동한 후 다음 Raw data가 들어올 때 까지 대기
- ⑥ Data Decoding에 성공할 경우 바로 다음 메시지 Decoding 수행
- ⑦ Decoding결과 반환된 Rtcm object의 Header 정보를 참조하여 message type 확인
- ⑧ Rtcm object를 사용하길 원한다면 message type에 해당하는 객체로 Casting

- Usage Sample

```

Socket socket = new Socket("localhost", 5000);
BufferedReader br = new BufferedReader(new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
RtcmDecoder decoder = new RtcmDecoder();

char[] temp = new char[4096];
int retval;
while ((retval = br.read(temp)) != 0) {
    String raw = new String(temp, 0, retval);
    LocalDateTime timestamp = LocalDateTime.now(Clock.systemUTC());
    decoder.pushRaw(raw);
    while (decoder.hasNextWord() && decoder.sync()) {
        Rtcm rtcm = decoder.execute(timestamp);
        if (rtcm != null && rtcm.getType() == 1) {
            Rtcm0001 msg1 = (Rtcm0001) rtcm.getData(Rtcm0001.class);
            // TODO do
        }
    }
}

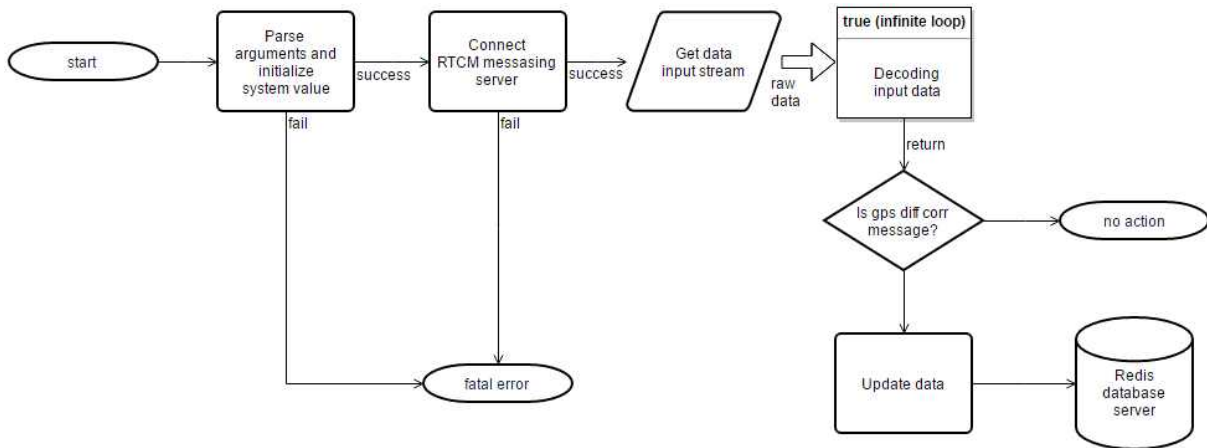
```

○ Real time Differential GPS corrections provider

- Rtcm message server가 실시간으로 수신하는 message decoding
- Differential GPS corrections message만을 사용

- 위성별 실시간 prc, rrc데이터 데이터베이스에 업로드
- dependency : rctm-decoder-1.0 <github.com/kimtis/Rctm-Decoder.git>
 - required : java 8(<https://github.com/kimtis/rctmobserver.git>)

- Program flow



<그림 57> Program Flow

- 프로그램 실행 시 프로그램 실행에 필요한 데이터 입력
- s : Station name (ex. PALM) 데이터베이스에 Station Name으로 구분 하여 저장
 - h : RTCM messaging server ip address
 - p : RTCM messaging server port number
- 입력 파라미터 값 유효성 검사
 - RTCM messaging server 정보가 없을 시 프로그램 동작 불가
 - 모든 데이터가 올바르게 입력되었는지 검사
 - * 유효성 검사 예시 (IP address)

```

// initialize input argument
private static boolean setHost(String arg) {
    String validIp = "^[1-9]|[1-9][0-9]|1[0-9][0-9]|2[0-4][0-9]|25[0-5]"
        + "(\\.([0-9]|[1-9][0-9]|1[0-9][0-9]|2[0-4][0-9]|25[0-5])){3}$";
    String[] div = arg.split(".");
    if (host != null && div.length != 2) return false;
    if (!Pattern.matches(validIp, arg)) return false;
    App.host = div[1];
    App.init_flag++;
    return true;
}

```

- RTCM messaging server, Redis database server 연결
 - 실패시 프로그램 종료
- messaging server로부터 input stream 획득
 - 입력 스트림에서 들어온 데이터를 Decoder에게 제공

```

char[] buffer = new char[4096]; // input buffer
int retval; // input length

while ((retval = br.read(buffer)) != 0) {
    // char[0:retval] to String
    String raw = new String(buffer, 0, retval);
    // base time
    LocalDateTime timestamp = LocalDateTime.now(Clock.systemUTC());
    // push binary string to decoder
    decoder.pushRaw(raw);
    // decode, write database
    while (decoder.hasNextWord() && decoder.sync()) {
        // decoding
        RtcM rtcM = decoder.excute(timestamp);
        // filtering failed result, other type
        if (rtcM != null && rtcM.getType() == 1)
            updatePRN(dao, rtcM); // update database\
    }
}

```

- 데이터 디코딩, 데이터베이스 갱신
 - 프로그램을 강제 종료하거나, 입력 스트림이 끊길 때 까지 반복
 - 입력 받은 메시지를 decoding 수행
 - 이전 데이터 삭제
 - prc, rrc정보를 database에 갱신

```

public void updateRtcMMessage1(String station, int gs, Iterator<RtcM0001.Data> iter) {
    // Persist the job in a transaction
    Transaction transaction = jedis.multi();

    // Create a map describing the job
    String jobKey = "rtcM:" + station + ":gps:sv";

    // Clear prev data
    for (int prn = 1; prn <= 32; prn++)
        transaction.del(jobKey + prn);

    while (iter.hasNext()) {
        RtcM0001.Data data = iter.next();
        int prn = data.getSatelliteId() == 0 ? 32 : data.getSatelliteId();
        String key = jobKey + prn;

        // Add data
        transaction.hset(key, "gs", Integer.toString(gs));
        transaction.hset(key, "prc", Double.toString(data.getPrc()));
        transaction.hset(key, "rrc", Double.toString(data.getRrc()));
    }
    // Exec the transaction
    transaction.exec();
}

```

- 프로그램 동작 확인
 - 프로그램 background 실행
 - ‘&’ 입력시 background에서 프로세스 동작

```
# java -jar rtcobserver.jar -s=PALM -h={IP} -p={PORT} &
```

- 데이터베이스 데이터 확인

```

127.0.0.1:6379> hgetall rtcn:PALM:gps:su24
1) "gs"
2) "312722"
3) "prc"
4) "-6.82"
5) "rrc"
6) "-0.508"
127.0.0.1:6379> hgetall rtcn:PALM:gps:su24
1) "gs"
2) "312723"
3) "prc"
4) "-6.84"
5) "rrc"
6) "-0.002"
127.0.0.1:6379> hgetall rtcn:PALM:gps:su24
1) "gs"
2) "312724"
3) "prc"
4) "-6.84"
5) "rrc"
6) "0.0"
127.0.0.1:6379>

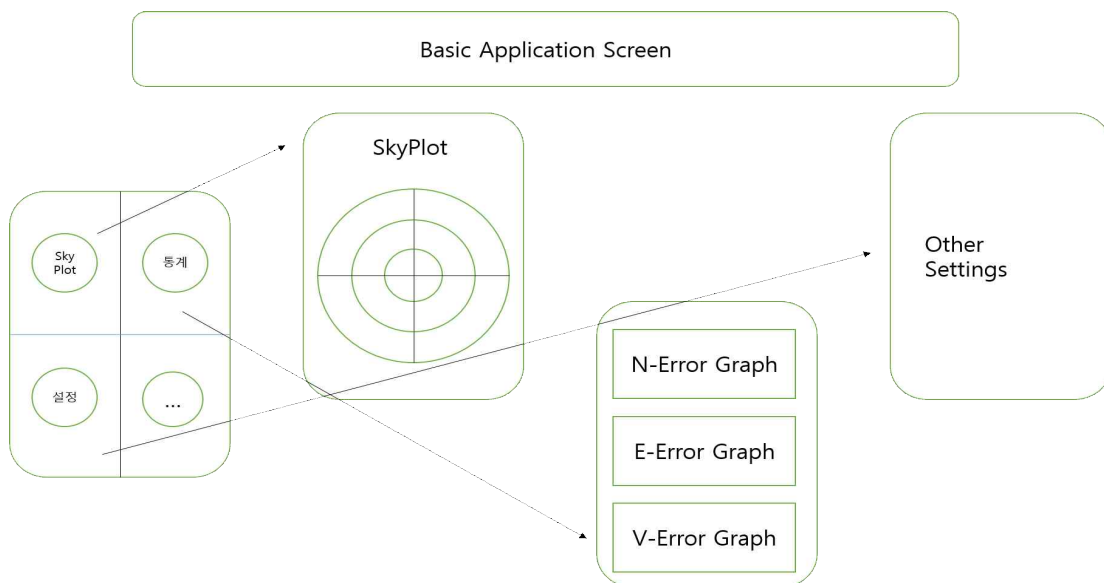
```

- 24번 위성 데이터 실시간으로 갱신되고 있음을 확인할 수 있음
- RTCM messaging server에서 제공하는 메시지 정상적으로 반영

2. 안드로이드 기반 스마트폰용 앱 제작

○ Application의 기본 기능들에 대한 정의

- 위성 SkyPlot 기능
- 위치정보 보정데이터의 정확도 판별을 위한 오차 그래프 기능
- 각 데이터를 받아올 서버와 같은 데이터를 설정할 수 있는 기능



<그림 58> 어플리케이션 기본 버튼 구성도

- 위성 SkyPlot을 매 10초마다 갱신하여 표시함
 - 지나간 위치 Point는 회색 계열, 최신 위치는 붉은색 계열로 표시하여 누적 정보를 표시
 - 위성의 SNR을 그래프 형태로 추가 제공
- 입력 참값기준 에러 (NEV그래프)
 - N, E, V를 입력 기준점과 비교하여 각각에 대한 오차를 그래프 형태로 실시간으로

제공

- 그래프 Scale, Scroll 등 조작기능 추가
- 그래프 Animation 기능 추가
- 그래프에 데이터를 추가하고 정지하는 것을 선택할 수 있는 Stop, Start버튼 추가 제공

○ Application의 실행 예시

- 최초 설치



Walkthroughs

Descriptions

- 최초 앱 설치 시 등록되는 앱 아이콘
- 피피솔 로고와 함께 PPS DGNSS라는 앱의 기능을 명시한 이름이 함께 나타나게 되어 앱을 사용하는데 혼란이 없도록 설계함
- 기업 로고의 해상도를 설정하여 앱 아이콘에 적절한 해상도로 설정하여 적용하여 깨짐 현상이 없음

<그림 59> 어플리케이션 아이콘 및 설명

- 어플리케이션 실행 초기 화면



Descriptions

- 최초 어플 실행 화면

PPS Full Name Logo

1

PPS 기업의 Full Name의 Logo와 함께 어플리케이션에서 사용하게 될 위치정보제공동의 및 네트워크 설정, Service설정 등의 환경설정 작업을 실시함

<그림 60> 어플리케이션 초기 실행화면 및 설명

- 어플리케이션 각 메뉴 기능

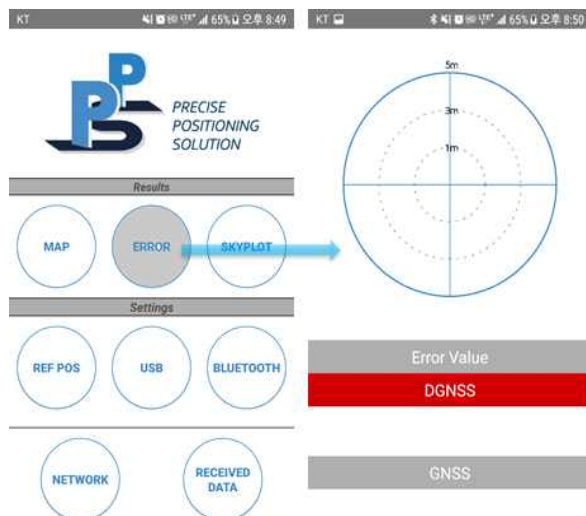
▪ MAP



Descriptions

- GPS/GNGLONASS/Beidou 보정정보 기반 DGNSS-CP 엔진을 통해 산출된 좌표를 지도상에 표출하는 버튼
- 기본적으로 Google Map을 바탕으로 사용하고 있지만 필요에 따라 배경 지도나 위치 표시 방법은 바뀔 수 있음

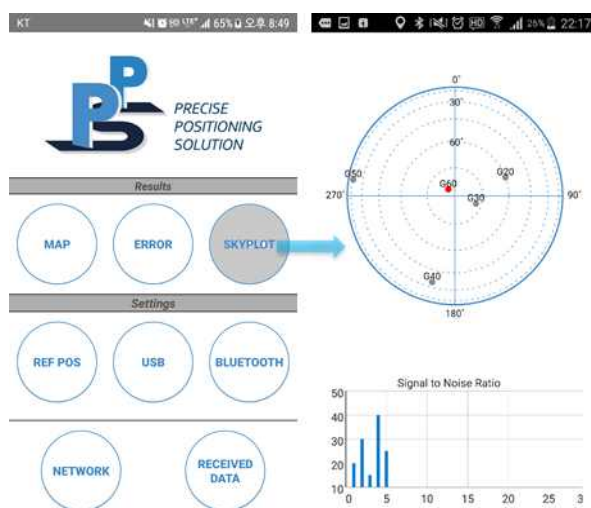
▪ ERROR



Descriptions

- 참값 좌표를 기준으로 DGNSS와 GPS의 수평, 수직 오차값을 실시간으로 확인하는 버튼

▪ SKYPLOT



Descriptions

- 현재 위치에서 수신된 위성의 위치를 2D 형태로 확인함
- Elevation Angle : 0도에서 90도 까지 표현
- Azimuth Angle : 0도에서 360도 까지 표현
- Signal to Noise Ratio(SNR) : PRN(X축), 신호세기(Y축)

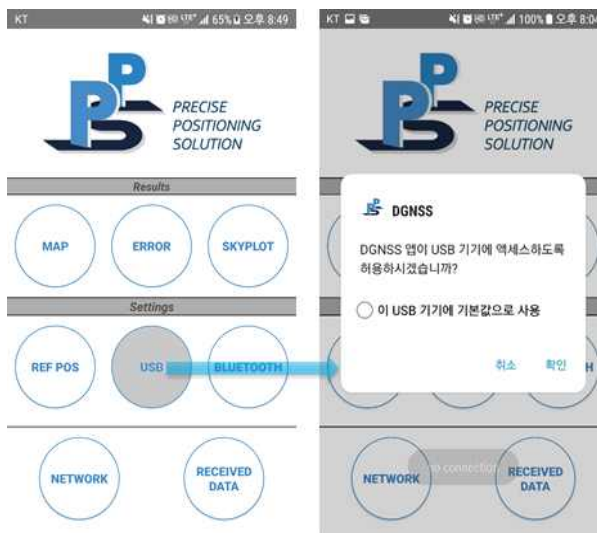
▪ REF POS



Descriptions

- 참값 좌표를 입력하여 현재 계산된 좌표의 정확도를 분석할 수 있으며, 미선택시 초기 계산 좌표 입력됨

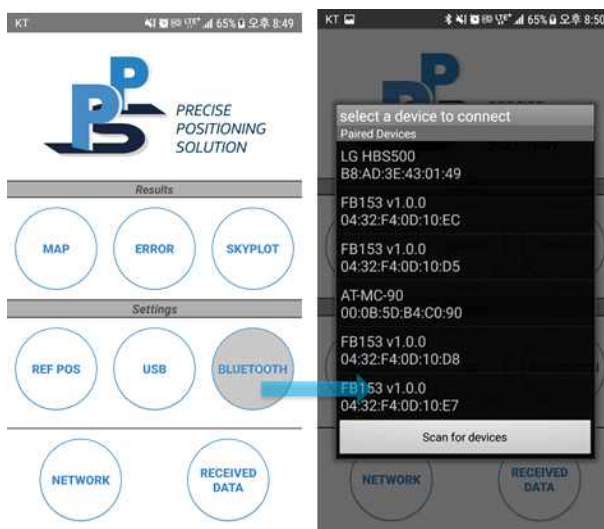
▪ USB



Descriptions

- USB OTG 수신기 연결 시 연결 확인 및 수신기를 스마트폰에 연결함

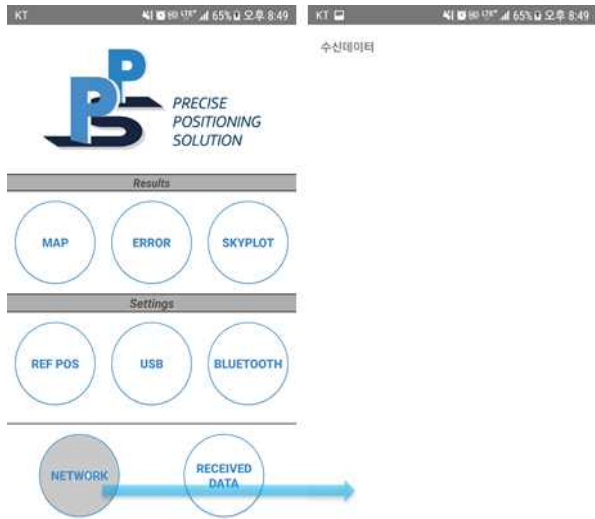
▪ BLUETOOTH



Descriptions

- Bluetooth 기능이 있는 수신기를 선택하여 연결함

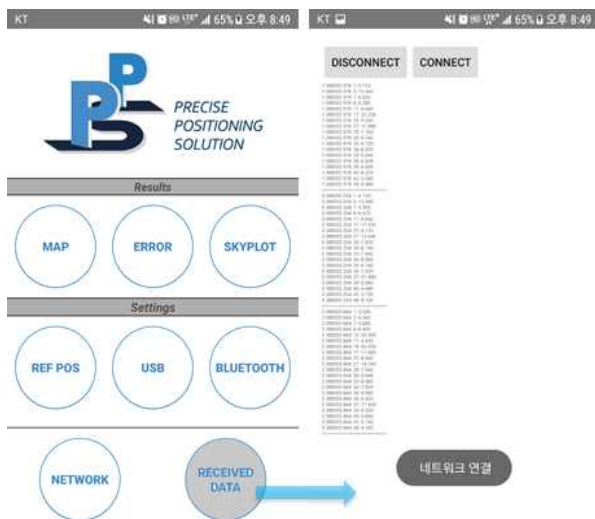
▪ NETWORK



Descriptions

- (주)피피솔에서 설치한 기준국을 연결하여 GPS/GLONASS/Beidou 보정정보를 수신하기 위해 서버에 접속함

▪ RECEIVED DATA



Descriptions

-USB 또는 BLUETOOTH로 연결된 수신기의 현재 수신되고 있는 위성 정보 및 오차 결과를 표출함

제 6절 서비스 시나리오 연구 및 사업화 전략 수립

1. 기업 현황 분석

○ 연구개발

- 연구개발 기본 요건

- GPS 기반 저가형 고성능 측위 S/W 및 단말 개발
- 부설연구소의 연구개발 전담 인력은 모두 석박사로 구성(박사 2명, 석사 3명)
- 연구개발 및 성능검증을 위한 측량 장비 및 시스템 보유

- 연구개발 기술

- S/W제품설계 업무
- 스마트폰 및 차량용 내비게이션 단말기, DGNSS 수신기 등의 단말기에 탑재되는 S/W 라이브러리 형태의 제품
- GNSS 인프라 시스템 구축 및 제공

-
- 영업 및 마케팅
 - 독자 연구개발 제품에 대한 영업 마케팅 조직 구축 필요
 - 마케팅을 위한 전문가 구성 필요

2. 서비스 시나리오 연구

○ 개발 S/W 활용분야 및 수요기관 발굴

- 응용 제품군을 통한 수요기관 확대: 수요기관의 요구에 따른 맞춤형 제품 생산
 - 정부기관 : 서울특별시, 한국도로공사, 한국시설안전공단,
 - 내비게이션 제조업체 : 파인드라이브, 아이나비,
 - 스마트폰 내비 어플 업체 : 티맵, U+나비, 올레나비
- 버스 위치 서비스, 노약자 찾기 등의 위치기반서비스, 주차관리, 시설물관리, 공간정보 취득 등 수요제기를 해온 다양한 분야로의 수요기관 확대
- 주요 판매 목표시장은 국내외 자동차 제조사 및 자동차 부품 개발 업체
 - 현대, 기아, 르노삼성, 쌍용
 - Google, 벤츠, 아우디, BMW 등

○ 차세대 주력 산업 분야의 사업 참여 및 제품 판매

- C-ITS 사업, 무인자동차/자율주행자동차
- 드론, IoT, 정밀농업 등
- 정밀측량 등
- 국방산업 등

3. 사업화 전략 수립

○ 개발 S/W 사업화 전략 및 마케팅 홍보 전략 수립

- 마케팅 홍보
- 개발 기술 수요처 파악 및 분석
 - GNSS는 크게 Safety of Life, Mass Market, Professional 분야에서 사용됨
 - 본 기술은 스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 소프트웨어 기술로 Mass Market 분야에서 위치결정기능이 요구되는 다수의 단말 사용자에게 제공되는 서비스로 적합함
- 사용자 리서치 분석
 - 2012년 4월 25일부터 5월 2일까지 6일 동안 인터넷 리서치 전문업체인 엠브레인 (<http://www.embrain.com>)을 통한 조사로써 조사대상자들에게 스마트폰에서 사용되고 있는 위치기반 어플리케이션들을 설명한 후 자기기입식 응답을 통해 20대부터 40대까지의 성인남녀 400명을 대상으로 설문을 실시한 결과를 바탕으로 작성된 문헌¹⁾

을 인용하여 분석함

- 스마트폰에 다운로드 된 위치기반 어플리케이션의 종류(복수응답)는 조사대상자 98%가 ‘지도’ 어플리케이션을 보유하고 있는 것으로 나타나 가장 높은 비율을 차지
- 자주 사용하는 스마트폰 위치기반 어플리케이션(복수응답)은 지도 어플리케이션으로 가장 높은 사용비율을 차지하고 있으며, 그 다음으로 교통 어플리케이션이 높은 비율을 차지하고 있음
- 국내 LBS 활성화는 복합적인 문제가 결합되어 있어 특정 사업자가 나서서 킬러 서비스 하나 만든다고 해결될 수 있는 문제가 아님
- 북미지역 휴대폰 사용자 대상으로 휴대폰의 기능 중 가장 빈번하게 사용하는 기능을 조사한 결과 사진찍기를 제외하면 위치기반정보를 얻거나 검색하는 것이 25%로 높게 조사됨
- 위치를 활용하는 서비스(LBS)는 무선 인터넷에서 핵심 기능으로 자리잡고 있어 앱스토어 내에서도 위치기반어플(Location Based Application)의 인기가 높아지고 있음
- 시장조사 문헌의 GNSS 관련 내용을 분석해 보면 스마트폰에 설치된 비중이 제일 높은 것으로 나타나며 주요 수익 현황은 스마트폰과 태블릿 기반의 데이터 수익이 네일 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타남
- 본 개발 기술의 타겟 적용처가 스마트폰과 모바일기기의 위치정보 제공 플랫폼이나 서비스 제공 업체들의 정확도가 향상된 위치 정보 데이터 분야로 해당 적용기기 및 DATA 제공 기업들과의 협업을 통한 맞춤화가 필요함

○ 해외 진출 전략 수립

- 개발 SW 제품화 계획

- 제품 차별성 확인
- 제품 시범 적용
- 적용 타겟기기 최적화
- 적용 타겟 확장
- 측위정보 DATA 제공 플랫폼 구축

- 시장진출 및 판매 전략

- 시장진입 전략
 - 사용자 대상 Beta테스트 진행
 - 사용자에게 서비스 제공하는 콜택시/대리운전 기업 대상 S/W 판매 및 적용 제안
 - 자율주행 시스템 생태계 내 기술 적용처 및 수요기업 대상 협업 제의
 - 기존 시장 경쟁 제품과의 기술적 차별성을 강조한 기술우위 전략으로 시장 진입
- 비즈니스모델(BM) 수립 및 구체화
 - Value Proposition(고객가치전제)
 - Channel(가치전제 전달 채널)

- Market Segments(고객 확보를 위한 시장 세분화)
- Pricing Model(수익모델)
- Partners
- Capabilities
- Cost Base
- Competitive Strategy
- Growth Strategy (사업화 수행 기업 성장 전략)

- 해외 진출 전략

- 세계 GNSS 지역별 설치기기 규모 증가 추세를 보면 아시아-태평양 지역을 1순위, 북미와 EU지역을 차순위로 정해 진출을 고려하는 것이 바람직함
- 유럽의 GNSS 산업 중 LBS 부문은 이미 북미와 유럽의 선두 기업들을 중심으로 가치사슬을 형성하고 있음
- 유럽내 Road GNSS 산업 부문은 부품과 수신기 제조사들이 시장의 48%를 점유하며 주도하고 있음
- 유럽 내 다양한 사용자 요구에 대응할 수 있는 GNSS Value Proposition 이해가 필요
- 중국 시장 진출을 위해서는 베이더우 항법 산업의 가치사슬 업체들에 대한 이해를 선행 한 후 진출 방안을 모색하는 것이 필요함

4. 사업화 전략 수립 구체화

○ 컨설팅 업체와의 지속적인 회의

사업화 전략 보고서 작성 컨설팅 업체와의 협의를 통해, 피피솔의 현재 기술현황, 역량 등을 면밀히 검토하여 구체적인 시장진입 계획(타겟 고객사, 진입시기, 마케팅 전략) 등을 기반으로 사업화 전략을 구체화할 예정이다.

제 7절 안드로이드 원시데이터 자료 처리 기술 연구

1. 안드로이드 N 버전 기반 원시데이터 자료처리 기술

○ 스마트폰 GNSS 성능 향상의 한계점

많은 연구자들이 제한적인 방법으로 스마트폰 GNSS 정확도와 정밀도를 높이기 위한 연구를 수행했으며 현재도 활발히 진행 중이다. 핀란드 지리정보연구소(FGI; finnish geospatial research institute)의 연구팀은 퀄컴(qualcomm) 통합 수신칩에서 GNSS 원시 측정값을 획득 할 수 있도록 수정된 펌웨어를 장착한 마이크로소프트 모바일 폰으로 정

확도를 높이는 연구를 진행했다. 오스틴 텍사스 대학 연구팀은 스마트폰의 안테나를 사용하여 반송파위상 측정하고 측정된 반송파를 이용한 측위 기술을 제안하고 진행했다. 두 연구팀 모두 스마트폰을 활용한 GNSS 정확도 향상 연구를 수행했으나, 스마트폰의 펌웨어를 수정하는 방법으로 원시데이터를 획득하여 사용하는 한계를 보였다.

(주)피피솔은 이번 연구 과제를 통해 DGNS-CP를 이용한 안드로이드 어플리케이션을 구현하고 필드테스트를 진행하였다. DGNS-CP는 스마트폰에서 자체 계산한 NMEA(the national marine electronics association)의 위치좌표와 위성 배치 정보만을 이용하여 보정 정보를 위치영역으로 투영하는 방법을 사용하는데, 각종 필터가 적용되는 스마트폰 자체 측위 알고리즘을 상세하게 반영하여 처리하기에는 어렵다는 한계가 있다. 이러한 한계점으로 인해 스마트폰 원시데이터의 필요성이 높아지고 있다.

현재 스마트폰 GNSS 성능향상의 연구 필요성 및 한계점 극복을 위해 구글은 2016년 5월에 개최된 "I/O 2016" 컨퍼런스에서 안드로이드 N(Nougat : 버전 7) 운영 체제를 사용하는 스마트폰, 태블릿에서 전 지구 위성 항법 시스템(GNSS; global navigation satellite system) 원시데이터를 개발자에게 제공 할 것이라고 발표했다. 이는 수 미터 수준의 정확도를 제공하는 GNSS 수신기의 개념을 벗어나 의사 거리, 도플러 및 반송파위상 측정값을 사용하여 더 정확한 위치 결과를 계산 할 수 있는 가능성을 열어주기 때문에 중요한 의미를 갖는다.

향후 스마트폰 기반 GNSS 성능 향상을 위한 기반 연구로 안드로이드 N의 원시데이터를 활용하는 GNSS 자료처리 기법을 연구하고, 이를 통해 스마트폰의 한계점을 극복하고, 위치 정확도를 높이는 추가 연구를 수행했다.

○ 안드로이드 N 제공 원시데이터 종류 및 지원 장치

기존 안드로이드 운영체제를 사용하는 장치들은 GNSS에 가속도, 자이로스코프 등과 같은 추가 센서들의 정보를 융합하고 필터 처리하여 최종 사용자 위치정보를 제공했다. 이렇게 필터 처리된 위치정보는 연구자, 개발자와 같은 전문가들의 연구, 개발에 한계점으로 작용한다. 이러한 GNSS 원시데이터의 필요성이 높아짐에 따라 구글은 안드로이드 N부터 의사거리(pseudorange), 의사거리 변화율(pseudorange rate), 항법 메시지(navigation message), 반송파 누적거리(accumulated delta range), 반송파측정값(carrier), 하드웨어 시계값(H/W clock)의 제공을 지원한다. 그러나 안드로이드 N 운영체제를 사용하는 모든 장치에서 원시데이터를 제공하는 것은 아니며 현재 2017년 10월 현재 GNSS 원시데이터를 지원하는 목록은 [표 36]과 같다. P는 의사거리, N은 항법메시지, A는 반송파 누적거리, H는 하드웨어 시계를 의미, G는 GPS, R은 GLONASS, E는 Galileo, C는 Beidou를 의미한다.

[표 36] 원시데이터를 제공하는 단말 목록

Model	Raw measurement	Global systems
Huawei Honor 9	P, N, A, H	G, R
Samsung S8(Exynos)	P, N, A, H	G, R, E, C
Samsung S8(QCOM)	P, H	G
Huawei P10	P, N, A, H	G, R, E, C
Huawei P10 lite	P, H	G
Huawei Honor 8	P, N, A, H	G, R, C
Huawei Mate 9	P, N, A, H	G, R, C
Huawei P9	P, N, A, H	G, R, C
Pixel XL	P, H	G
Pixel	P, H	G
Nexus 6P	P, H	G
Nexus 5X	P, H	G
Nexus 9(non cellular)	P, N, A, H	G, R
Pixel 2 XL	P, H	G, R, E, C, Q
Pixel 2	P, H	G, R, E, C, Q

○ 원시데이터를 생성하기 위한 원시측정값 목록

GNSS 자료처리를 위해서는 앞서 언급한 원시데이터가 필요하다. 그러나, 안드로이드N에서는 직접적인 원시데이터를 출력하지 않으며, 모바일 단말기에서 측정한 원시측정값을 기반으로 원시데이터로 변환하는 방법을 제공한다. 그 목록은 아래와 같다.

[표 37] 안드로이드N에서 제공되는 원시측정값 목록

Name	Data type	remark
Raw	String	Header
ElapsedRealtimeMillis	double	
TimeNanos	int64	Nano Second
LeapSecond	int64	
TimeUncertaintyNanos	int64	Nano Second
FullBiasNanos	int64	Nano Second
BiasNanos	double	Nano Second
BiasUncertaintyNanos	double	Nano Second
DriftNanosPerSecond	double	
DriftUncertaintyNanosPerSecond	double	
HardwareClockDiscontinuityCount	double	
Svid	double	
TimeOffsetNanos	double	Nano Second
State	double	
ReceivedSvTimeNanos	int64	Nano Second
ReceivedSvTimeUncertaintyNanos	int64	Nano Second
Cn0DbHz	double	
PseudorangeRateMetersPerSecond	double	
PseudorangeRateUncertaintyMetersPerSecond	double	
AccumulatedDeltaRangeState	double	
AccumulatedDeltaRangeMeters	double	
AccumulatedDeltaRangeUncertaintyMeters	double	
CarrierFrequencyHz	double	
CarrierCycles	int64	
CarrierPhase	double	
CarrierPhaseUncertainty	double	
MultipathIndicator	double	
SnrInDb	double	
ConstellationType	double	Global Systems

○ 원시측정값 기반 원시데이터 생성 방법

GNSS 자료처리를 위해 가장 필요한 정보는 의사거리이다. 의사거리는 수신기가 위성신호를 받은 시간, 위성에서 신호를 보낸 시간과의 차이에 빛의 속도를 곱해서 거리값으로 환산하며, 원시측정값 기반 의사거리 변환 식은 아래와 같다.

$$Pseudorange = (RxTime - TxTime) \times SpeedofLight \quad (73)$$

식 (73)은 의사거리를 계산하는 기본 식으로 수신시간과 송신시간을 계산하기 위해 원시 출력값의 TimeNanos, FullBiasNanos, BiasNanos, TimeOffsetNanos, ReceivedSvTimeNanos의 값을 이용하며, 수신시간 계산은 식 (74)와 식 (75)과 같다.

$$\begin{aligned} weekNumber &= (FullBiasNanos \times 10^{-9}) / WeekSecond \\ WeekNumberNanos &= weekNumber \times WeekSecond \times 10^9 \end{aligned} \quad (74)$$

$$\begin{aligned} tRxNanos &= (TimeNanos + TimeOffsetNanos) \\ &\quad - (FullBiasNanos + BiasNanos) - WeekNumberNanos \\ tRxSeconds &= tRxNanos \times 10^{-9} \end{aligned} \quad (75)$$

수신시간과 송신시간을 이용해 의사거리로의 변환은 식 (76), 식 (77)와 같다.

$$PseudorangeSeconds = tRxNanos - ReceivedSvTimeNanos \quad (76)$$

$$Pseudorange = PseudorangeSecond \times SpeedofLight \quad (77)$$

각 위성별로 위의 계산 과정을 반복하여 매 시간 수집된 원시 측정값을 의사거리로 변환한다. 이때 GPS, GLONASS, Galileo, Beidou 각 위성항법시스템의 의사거리 변환은 시스템간의 차이가 없이 동일한 방법으로 계산되며, 본 추가연구에서는 GPS 위성항법시스템의 의사거리를 변환하여 사용하였다.

2. 안드로이드 원시데이터 자료처리 성능 검증

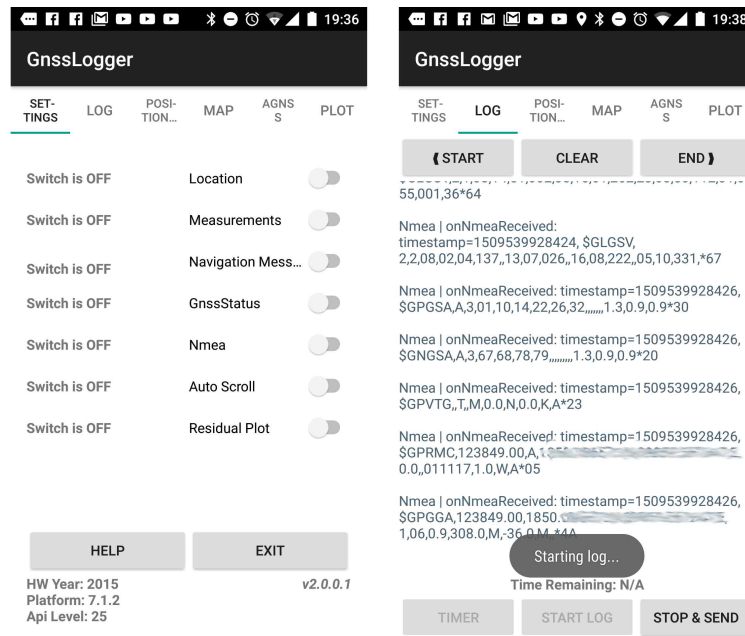
○ 실험 조건 및 방법

- 실험 장비



<그림 67> 실험에 사용한 Google NEXUS 9

- 실험에 사용한 어플리케이션



<그림 68> Google에서 제공하고 있는 GNSSLogger 어플리케이션 실행 화면

- 실험 기준 좌표 위치



<그림 69> (주)피피솔 인근 A 실험 기준점 위치

- 실험 기준 좌표

[표 38] 실험 기준 좌표

	위도[°]	경도[°]	높이[m]
A 지점(금천구)	37.47979701	126.87694621	157.87

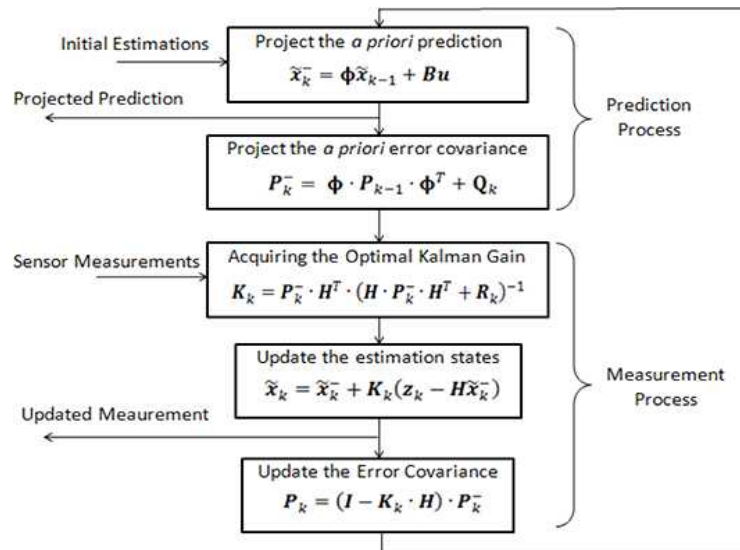
- 실험 조건

- 실험 횟수 : A 지점 별 9회, 10분간 자료수집
- 검증 방법
 - 모바일 단말기 자체 NMEA 위치정보

- ▶ xxGGA의 위도, 경도, 높이값 이용
- 스마트폰 원시데이터 기반 자료처리
- ▶ 칼만필터 기반 자료처리

- 원시데이터 기반 GPS 자료처리

본 추가 연구에서는 제시한 원시데이터의 의사거리를 이용한 GPS 정확도와 자체 계산된 NMEA의 정확도 비교를 위해 [표 37]에 나와 있는 Nexus 9 태블릿을 사용하여 원시데이터를 수집하였다. 수집 장소는 (주)피피솔이 위치한 서울의 대성디폴리스 A동 옥상이며, 기준좌표에서 정지형태로 10분씩 총 9회 수집하였다. 정확도 비교를 위한 기준좌표는 Septentrio PolaRx3e 수신기를 사용하고, 국토지리정보원에서 운영하고 있는 네트워크 RTK(real time kinematic)인 VRS(virtual reference system)를 이용하여 기준좌표를 획득하여 사용하였다.



<그림 70> 칼만 필터 알고리즘 흐름도

Nexus 9에서 자체 계산된 NMEA 위치 정보는 구글에서 제공한 GNSSLogger를 이용하여 원시 측정값과 동시에 수집하였다. 이때, NMEA위치 정보는 일반적인 GPFGA(Global Positioning System Fix Data) 형태로 저장되지 않고 어플리케이션에서 정의한 형태로 수정되어 저장된다. 저장형태를 살펴보면, 헤더정보, 사용된 위성항법시스템, 위도, 경도, 고도, 속도, 정확도, 협정 세계시(UTC; coordinated universal time)의 형태를 갖추고 있다. 동시간 정확도 비교를 위해 UTC(ms)를 위성 초(GPS second)형태로 변환한다.

원시데이터 기반 GPS 위치 계산을 위한 필수 요소인 위성좌표 계산은 GPS 방송궤도력을 다운받아 연산하였으며, 위성좌표 계산식은 ICD(interface control documents) 문서를 참고했다[7]. 또한, 전리층, 대류권 오차 모델을 적용하였고, 적용한 모델은 전리층 Kloubucher 모델, 대류권 GPT(global pressure and temperature) 모델을 사용하였다.

원시데이터 기반 GPS 위치 계산은 칼만필터를 사용하였다. 일반적인 칼만필터 알고리즘은 <그림 68>와 같다. 칼만필터를 이용하여 위치를 계산할 때 필터의 성능을 좌우하는 가장 중요한 사항은 실제 시스템과 최대한 유사하도록 시스템 모델을 설정하는 것이다.

특히 시스템 잡음과 측정 잡음에 대한 최적화가 필수적인데 잡음의 특성 외에 여러 가지 요인이 작용하기 때문에 시스템에 대한 경험을 바탕으로 적절하게 결정해야만 한다. 이 연구에서는 (주)피피솔에서 다년간 수행한 GNSS 정밀 자료처리 결과를 근거로 최적화된 시스템 잡음값을 사용하였다. 측정 잡음의 경우 표 2에 나와 있는 ReceivedSvTimeUncertaintyNanos값을 거리오차로 환산하여 설계하였다.

- NMEA와 원시데이터 기반 GPS 성능 비교

성능 비교에 앞서 NMEA를 분석한 결과 위성 고도각 제한을 두지 않고 매 시간 수집되는 모든 GPS 위성을 사용하는 특징을 보였다. 따라서 원시데이터 기반 GPS 위치 계산 역시 고도각 제한을 두지 않고 결과를 산출하였다. 그리고 NMEA와 GPS간의 성능 비교를 위한 실험횟수를 분리하여 진행한 이유는 칼만 필터 특성상 시간이 누적됨에 따라 수렴하는 특징을 보이기 때문이다. 성능비교 방법은 VRS를 이용하여 획득한 좌표를 기준으로 북쪽변위($\Delta north$), 동쪽변위($\Delta east$), 수직변위($\Delta vertical$) 방향으로 오차를 계산하였다. 그 결과는 [표 39, 40, 41]에 정리하였다. 모든 RMS(root mean square)와 차이값(Diff)은 소수점 둘째자리에서 반올림하였고, 향상도(Improvement)는 소수점 첫째자리에서 반올림하였다. 차이값, 향상도 계산방법은 식(78), (79)과 같다.

$$Diff = NMEA(m) - GPS(m) \quad (78)$$

$$Improvement(\%) = \frac{NMEA(m) - GPS(m)}{GPS(m)} \times 100\% \quad (79)$$

[표 39, 40, 41]를 살펴보면 원시데이터 기반 GPS 위치결과의 정확도 평균은 수평 RMS 3.05 m, 수직 RMS 3.82m, 3D RMS 4.97m 이며, NMEA 위치 결과의 정확도는 수평 RMS 3.84 m, 수직 RMS 4.92 m, 3D RMS 6.53 m 이다.

[표 39] 수평 오차 결과

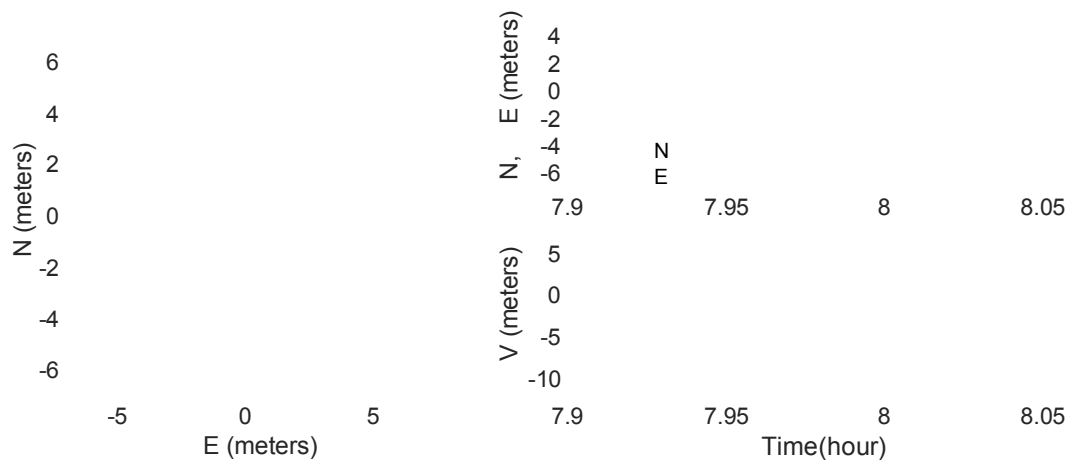
count	Horizontal		Comparison	
	GPS(m)	NMEA(m)	Diff	Improvement %
1	2.01	3.82	1.81	90 %
2	2.36	3.11	0.75	32 %
3	3.11	3.54	0.43	14 %
4	4.08	3.4	-0.68	-17 %
5	2.22	4.32	2.1	95 %
6	3.36	5.56	2.2	66 %
7	5.02	5.9	0.88	18 %
8	2.25	2.74	0.49	22 %
9	3.03	2.19	-0.84	-28 %
Average	3.05	3.84	0.79	32 %

[표 40] 수직 오차 결과

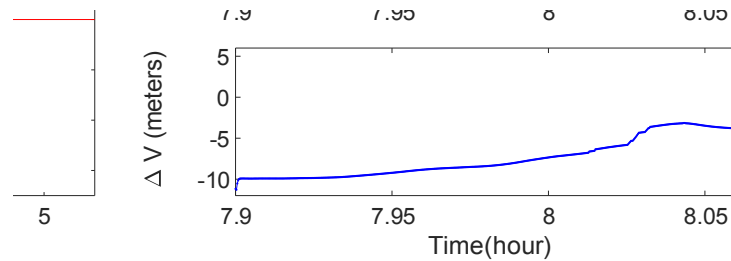
	Vertical		Comparison	
count	GPS(m)	NMEA(m)	Diff	Improvement %
1	2.6	0.78	-1.82	-70 %
2	2.53	7.93	5.4	213 %
3	2.7	8.6	5.9	219 %
4	6.51	5.1	-1.41	-22 %
5	3.03	6.25	3.22	106 %
6	8.05	2.48	-5.57	-69 %
7	4.6	5.16	0.56	12 %
8	1.66	4.42	2.76	166 %
9	2.72	3.55	0.83	31 %
Average	3.82	4.92	1.10	65 %

[표 41] 3차원 오차 결과

	3D		Comparison	
count	GPS(m)	NMEA(m)	Diff	Improvement %
1	3.29	3.9	0.61	19 %
2	3.46	8.52	5.06	146 %
3	4.12	9.31	5.19	126 %
4	7.69	6.13	-1.56	-20 %
5	3.76	7.6	3.84	102 %
6	8.72	6.09	-2.63	-30 %
7	6.81	7.83	1.02	15 %
8	2.8	5.2	2.4	86 %
9	4.07	4.17	0.1	3 %
Average	4.97	6.53	1.56	50 %



<그림 71> 9회차 실험 원시데이터 결과 그래프



<그림 72> 9회차 실험 NMEA 결과 그래프

원시데이터 기반 GPS 위치 정확도가 NMEA 정확도 대비 수평 32%, 수직 65 %, 3D 49 %의 향상된 정확도를 보이는 것을 알 수 있다.

원시데이터 기반 GPS 시계열 결과와 NMEA 시계열 비교를 위해 실험 9의 결과를 <그림 69, 70>에 표시하였다. <그림 69, 70>의 좌측 수평오차 그래프를 보면, 원시데이터 기반 GPS의 성능이 자체 계산된 NMEA에 대비해 정확도와 정밀도가 높은 것을 알 수 있다. <그림 70> NMEA 우측 상단의 $\Delta North$, $\Delta East$ 결과를 보면 7.9시간부터 변위가 없는 것과 같은 이상 현상이 발견되는데 실제 결과에서는 미세하게나마 변위가 발생하고 있으나 그래프 범위에 비해 작은 변위로써 표현되지 못한 것이다. 이는 <그림 70> 우측 하단의 수직 시계열의 변위가 발생한 것을 통해서도 확인할 수 있다. 그리고 이러한 작은 변위가 유지되는 것은 앞에서 언급한바와 같이 안드로이드 운영체제의 위치 정보 출력 시 다양한 센서들의 융합 필터 처리된 결과를 출력하는 것으로 판단된다. 즉, 실험 장비인 Nexus 9 내부의 GNSS 결과와 가속도계나 자이로스코프 등의 센서 정보를 융합하여 처리 할 때, GNSS와 센서들의 작은 변위량을 판단하여 정지/고정으로 처리했다고 판단된다. 또한, 4, 6, 7 번 실험을 제외한 모든 결과에서 원시데이터 기반 GPS 위치 정확도는 수평 2~3 m, 수직 2~4 m 수준으로 유지되는 것을 확인할 수 있으나 NMEA의 정확도는 일관성을 유지하지 않는 것으로 보아 GNSS이외의 다양한 센서값들이 위치 결과에 상당한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

- 종합 결론

본 추가연구에서는 안드로이드 N운영 체제에서 제공하는 원시데이터의 의사거리를 이용한 GPS 위치 정확도와 안드로이드에서 자체 계산된 NMEA의 위치 정확도를 비교 분석하였다. 원시데이터 기반 GPS의 위치 정확도는 NMEA 대비 수평 32%, 수직 65 %, 3차원 49 %의 성능 향상을 확인하였다. 이는 기존 안드로이드 스마트폰, 태블릿에서 블랙박스 개념의 GNSS 위치 정보 활용에 머무는 것이 아니라, GNSS기반의 고정밀 위치 정보 생성 가능성을 확인하는 계기가 되었다. 그러나 스마트폰, 태블릿의 GNSS용 안테나와 모듈의 성능이 일반적인 외장형 GNSS 수신기 수준의 수신감도와 안정성이 확보되지 못

하는 문제점을 안고 있어 향후 장치 자세에 따른 GNSS 성능 분석이 필요하다. 그럼에도 불구하고 안드로이드 GNSS 원시데이터의 도플러, 반송파위상 측정값을 활용한 다양한 연구가 활발히 진행 될 것으로 판단되며, 정밀도를 요구하는 위치기반서비스, 시설관리, 교통 정보 수집 체계 등에 스마트폰, 태블릿의 활용성 또한 높아질 것으로 판단된다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

○ 1차년도 연구개발 목표 및 달성도

목표	연구개발 수행내용	달성도(%)
GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GPS 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 개발 - GPS 원시데이터를 이용한 보정정보 위치영역 매핑 알고리즘 검증용 후처리 프로그램 개발	100
GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GLONASS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용 - 알마낙 기반 GLONASS 실시간 위성위치 산출 기술 구현	100
단말기별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 S/W 개발	- 국내 모바일 단말기의 내장 GNSS 칩 제조사 조사 - 각 제조사별 대표모델 내장 GNSS 칩 특성 분석 - GPS 칩셋 및 GPS/GLONASS 복합 측위 칩셋 리스트업 및 기술 적용 대상 모델 선정 - 선정 모델 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 알고리즘 개발	100
단말기별 보정정보 위치영역 매핑 기술 적용 애플리케이션 S/W 개발 및 검증	- 저가형 GPS 수신기를 이용한 GPS, GLONASS 단독 vs. 일반 DGNSS vs. 보정정보 위치영역 매핑 DGNSS 성능 비교 - 단말기 라이브러리 제작 및 알고리즘 성능 검증 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작	100
서비스 시나리오 연구	- 개발 S/W 활용분야 및 수요기관 발굴 - 신규 사업모델 개발 - 개발 기술 사업화 전략 수립	100

○ 2차년도 연구개발 목표 및 달성도

목표	연구개발 수행내용	달성도(%)
GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 개발	- GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술 구현 - GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 적용	100

GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 개발 및 실시간 검증	- GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 구현 - GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 기술의 복합측위 엔진 개발 - 알마낙 기반 GPS/GL0/BDS 실시간 위성위치 산출 기술 구현	100
단말기별 GNSS 보정정 보 위치영역 매핑 기 술 성능 개선	- 각 제조사별 GNSS 보정정보 위치영역 매핑 기술 최적화 및 성능 개선	100
단말기별 보정정보 위 치영역 매핑 기술 적 용 애플리케이션 S/W 업그레이드 및 검증	- 안드로이드 기반 GPS/GL0/BDS 보정정보 위치영역 매핑 엔진 라이브러리 개발 - 안드로이드 기반 스마트폰용 애플리케이션 S/W 제작	100
GPS/GL0/BDS 보정정보 생성 및 제공 기술 구 현	- 최소 기준국 기반 전국 보정정보생성 기술 - 스마트폰 어플리케이션 용 보정정보 서버 운영	100
사업화 전략 수립	- 개발 S/W 사업화 전략 및 마케팅 홍보 전략 수립 - 해외 진출 전략 수립	100

2. 관련 분야 기여도

○ GNSS 단독측위와의 차별성 및 혁신성 기여

- GNSS 단독측위는 별도의 인프라 또는 부가정보 없이 단말기 내 GNSS 칩에서 단독으로 GNSS 위성신호를 수신하여 위치를 계산하는 가장 기본적인 GNSS 측위 방식임
- 현재 일반적으로 사용하는 스마트폰, 내비게이션 등에서는 GNSS 단독측위 방식을 기반으로 위치를 계산하고 있으며 그 정확도가 수 미터에서 수십 미터로 매우 낮음
- 사업화 대상기술은 GNSS 단독측위에서 한 단계 업그레이드 된 기법으로 측위 방식과 정확도가 상이함

○ 일반 DGPS 측위와의 차별성 및 혁신성 기여

- 일반적인 DGPS 측위는 기준국에서 보내주는 GPS 위성과 기준국 간의 의사거리 보정정보를 수신하여 이를 위치 계산 과정 중에 보정해줌으로써 정확도를 높이는 방식임
- 일반 DGPS 측위 방식의 경우 수 미터에서 수십 미터의 위치정확도를 갖는 GPS 단독측위 기법에 비해 1m 정확도 수준까지 향상시킬 수 있으나 일반적으로 사용되는 저가형 GPS 모듈은 원시 데이터 출력 없이 GPS 칩 내에서 산출된 최종 위치정보만이 제공되기 때문에 스마트폰 및 모바일 단말기 등에 적용이 불가능함
- 그리고 일반 DGPS의 경우 GPS 위성항법시스템만을 활용하기 때문에 도심지나, 가시 위성수가 적은 장소에서는 성능을 확보하는데 어려움이 있음

- 반면 사업화 대상기술인 DGNSS-CP는 기존의 일반 DGNSS 보정정보를 위치 영역으로 투영함으로써 GNSS 칩 내에서 계산된 최종 위치정보를 보정할 수 있으며, 기존 GPS 위성항법시스템뿐만 아니라 GLONASS, Beidou 위성항법시스템까지 측위에 이용할 수 있음
- 이를 통해 일반적으로 보급되어 있는 저가형 GNSS 모듈이 적용된 스마트폰 및 모바일 단말기의 위치보정 및 1m급 정확도 확보가 가능한 기술임

○ SBAS 측위와의 차별성 및 혁신성 기여

- 위성으로부터 보정정보를 수신하여 위치정확도를 높이는 SBAS 역시 일반 DGPS와 유사하게 측정치 보정 방식을 사용하는 측위 기법이며 보정정보 생성 및 적용 방식에는 차이가 있으나 최종적으로는 일반 DGPS와 마찬가지로 의사거리 보정정보를 GPS 측정치에 적용함으로써 1m급 위치정확도를 확보함
- 그러나 일반 DGPS와 동일하게 위치보정을 위해서는 단말기에서 출력되는 원시 데이터를 이용해야하기 때문에 스마트폰 및 모바일 단말기에는 적용이 불가능함
- 최근에는 저가형 GPS 모듈에도 GPS 칩 자체에 SBAS 기능이 탑재되는 경우도 있지만 기술적으로는 보정정보 생성 및 적용 방식이 사업화 대상기술과 완전히 상이한 별개의 기술임
- 또한 SBAS의 경우 신호차폐요소에 의해 해당 위성을 관측하지 못하게 되면 무용지물이 되는 문제가 있어 일반적인 도심환경과 같이 모바일 단말기 사용 환경에서는 그 효과를 기대하기 어려움

○ 기술 활용 기여

- GPS 위성신호를 수신하여 위치를 계산하는 GPS 칩은 과거에는 주로 차량용 내비게이션에 장착되었으나 최근에는 스마트폰, 태블릿 PC, 디지털 카메라 등을 비롯한 대부분의 모바일 단말기에 다중위성항법시스템을 지원하는 GNSS가 필수적으로 탑재되고 있음
- GNSS 기능 탑재 모바일 단말기의 보급이 확산됨에 따라 위치정보를 이용한 애플리케이션의 개발 및 활용도 증가하고 있는 추세이며, 동시에 위치정보에 대한 정확성과 안정성에 대한 개선의 요구도 함께 증가하고 있음
- 사업화 대상기술은 기술의 특성상 기 보급되어 있는 모바일 단말기의 하드웨어나 펌웨어의 변경 없이 대상기술의 적용만으로 고가의 DGNSS 장비를 이용하는 것과 같은 효과를 낼 수 있음
- 따라서 GNSS 칩이 탑재된 모바일 단말기 시장이 대상기술의 사업화 시장과 직결될 수 있으며 기 출시된 단말기에 간단한 소프트웨어 업그레이드, 또는 앱 적용을 통해 현장에 바로 적용하여 실용화 할 수 있음
- 이를 통해 기존의 스마트폰이나 모바일 단말기의 수 미터-수십 미터의 위치정확도 만으로는 불가능하던 고정밀 위치정보를 필요로 하는 어플리케이션에 실용화 할 수 있으며, 국민편익을 증진시킬 뿐만 아니라 특히 범죄예방 및 재난재해 대처를 위한 제품 및 신산업 창출에 핵심적인 역할을 할 수 있음

제5장. 연구개발성과의 활용계획

- 제안 과제를 통해 도출되는 성과물인 GPS 보정정보 위치영역 매핑 기술 DGPS-CP 라이브러리는 스마트폰, 태블릿 PC, 디지털 카메라 등 시중에 보급되어 있는 GPS 칩이 내장된 모바일 단말기에 즉시 적용하여 실용화 할 수 있음
- 개발 소프트웨어는 라이브러리 또는 애플리케이션 형태로 모바일 단말기에 탑재되어 보다 정확한 위치정보를 확보하는 역할을 할 것이며 이는 길안내, 위치추적을 포함한 위치기반서비스에 활용도가 높을 것으로 예상됨
- 삼성, LG를 비롯하여 아이나비, 파인디지털 등과 같은 단말기 제조사에서는 검증되지 않은 서비스용 신제품 개발에 대한 투자 비용과 리스크를 상당 부분 줄이고 간단한 소프트웨어 업그레이드를 통해 자사의 제품 경쟁력을 높일 수 있기 때문에 해당 기술을 적극적으로 활용할 것으로 판단됨
- 단말기 제조사에서 활용하지 않는다 하더라도 LBS 사업자 레벨에서도 해당기술을 활용함으로써 자사의 서비스 경쟁력을 높일 수 있기 때문에 적극 활용할 것으로 판단되며 사용자의 입장에서 기 보유한 기기의 교체 없이 높은 위치정확도의 서비스를 이용할 수 있기 때문에 활용도가 높을 것으로 예상됨
- 특히 최근 도심에서의 치안, 구조 및 구난 작업에서의 위치정보의 불확실성으로 인해 사고의 위험이 증가하고 피해자가 확대되는 경향이 있기 때문에 위치정보의 정확도에 대한 필요성이 급증하고 있는 실정이며, 본 연구개발 과제의 성과물은 이러한 국민안전 분야와 관련하여 정확한 위치정보의 확보를 통해 사고 지점을 정확하게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 여성과 아동, 노약자 등 사회적 약자를 위한 안전망 구축에 활용할 수 있음
- 상기 기술한 목적으로 현장에 즉각 적용하여 사회적 약자를 위한 위치추적 서비스, 특수목적의 위치추적 모니터링 서비스, 차량용 내비게이션 정확도 향상, 보행자 및 자전거 이용자 길안내 정확도 향상 등에 활용할 수 있으며, 제안과제의 성과물인 라이브러리 또는 어플리케이션을 기본으로 다양한 형태의 단말기에 탑재하여 실용화하고 새로운 산업분야를 창출 할 수 있음
- 성과물은 단말기 제조사, LBS 사업자, 이동통신사 등을 통해 사업화하거나 기술이전계약을 체결할 수 있으며 후속연구로는 GPS, GLONASS 외에 중국의 위성항법시스템인 BeiDou까지 포함하여 성능을 보다 향상시키고 관련 사업모델, 제품 등을 해외로 수출하여 다양한 형태로 활용 가능함

○ GNSS 자료처리 기술과 제품을 한전과 KTMG에 납품하였으나, 본 과제를 통해 개발된 기술과 유사한 기술을 사업화 한 것으로 본 과제를 통해 사업화한 것으로 판단하기에는 무리가 있어 사업화 실적으로 선정하지 않음

○ 추가연구내용인 안드로이드 원시데이터 기반 GNSS 정밀 자료처리 기술 사업화를 2018년도 KT와 진행 예정에 있으며, 자동차 정밀 측위를 위한 GNSS 자료처리 기술 사업화를 현대오트론과 협의중에 있음

○ 기술적 측면

- 공간정보기술이 발전하고 그 활용도가 높아짐에 공간정보 분야의 핵심요소인 위치정보에 대한 정확성 및 신뢰성에 대한 요구가 커지고 정확한 측위 기술의 필요성도 높아지고 있음
- 위와 같은 정밀 측위 기술에 대한 수요를 충족하기 위해 다양한 연구개발이 진행되고 있으나, DGPS 기술 적용이 가능하도록 하드웨어 변경, 카메라를 이용한 비전 기술이 접목된 상대 측위 기술 또는 GPS 신호 외에 타 무선 매체의 송수신 인프라를 필요로 하는 등 저렴한 비용으로 정밀 측위를 구현하는데 한계가 있는데 비해 본 연구개발 결과가 제품화 되면, 기존의 GPS 모듈을 그대로 이용하면서 간단한 소프트웨어 업그레이드 등의 작업을 통해 위치정확도를 1m급으로 향상시킬 수 있기 때문에 그 효과가 매우 큼

○ 경제적 · 산업적 측면

- 제안과제를 통해 모바일 단말기의 위치정확도가 향상되면 최근 스마트폰 시장 점유율에서 약세를 보이고 있는 국내 제조사의 제품 경쟁력을 향상시킬 수 있기 때문에 국내외 시장에서의 점유율이 향상될 것으로 예상되며, 해당 기술을 적용할 경우 위치 정확도 향상을 위한 인프라 및 하드웨어 교체 비용 등을 절감할 수 있기 때문에 경제적 측면에서의 효과가 클 것으로 판단됨
- 모바일 단말기의 위치정확도가 향상되면 그에 따라 전자지도 구축 산업, GIS DB 구축산업, 교통정보 수집 체계, 지능형 교통 시스템, C-ITS, 스마트자동차 등의 산업에서의 기술 개발을 촉진시켜 산업 활성화 속도와 산업 규모 증대에 기여할 수 있음
- 또한 본 기술을 적용한 모바일 단말기의 해외 수출이 가능하기 때문에 국내 뿐만 아니라 해외 시장 점유율 확대를 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 개발 소프트웨어의 경우 특정 인프라에 종속되지 않고 측위 기술을 필요로 하는 보편적인 분야에 적용할 수 있으므로 국내뿐 아니라 해외시장의 다양한 수요에 적용할 수 있는 기술임
- 따라서 해외 시장에서도 경쟁력을 확보할 수 있고 국내 시장에서의 기술 적용 사례를 토대로 해외 시장에서 수익 창출을 기대할 수 있음

○ 사회적 측면

-
- 스마트폰 등의 모바일 단말기를 비롯하여 대부분의 GPS 단말기는 가격, 기능, 제품화 등 모든 면에서 해외 제조사에 의존적인 산업구조를 가지고 있으며 국내 수요자들의 요구조건이 잘 수용되지 않고 있는 실정임. 그러나 해당기술의 사업화를 통해 GPS 칩 제조사의 지원 없이도 단말기의 위치정확도를 향상시킬 수 있으므로 해외 제조사에 독립적으로 제품 경쟁력을 높이고 산업구조개선에 일조할 수 있음
 - 위치정확도 개선에 관한 연구는 국내외에서 꾸준히 수행되고는 있으나 완벽하게 해결할 수 있는 솔루션은 없는 실정이며, 국외 GPS 칩 제조사들은 자체 보유 기술을 적용하여 일정 부분 개선 효과를 보이고는 있으나 공개되어 있지 않기 때문에 다음단계로의 발전, 활용이 어려운 실정임. 이 제안과제를 성공적으로 수행함으로써 국내 자체 기술력만으로 국외 GPS 칩 제조사들로부터 독립적으로 국내 수요를 반영하여 상용화 한다면 국가 기술력을 확보하고 관련 업계에서의 위상을 높일 수 있으므로 파급효과가 클 것으로 예상된다
-

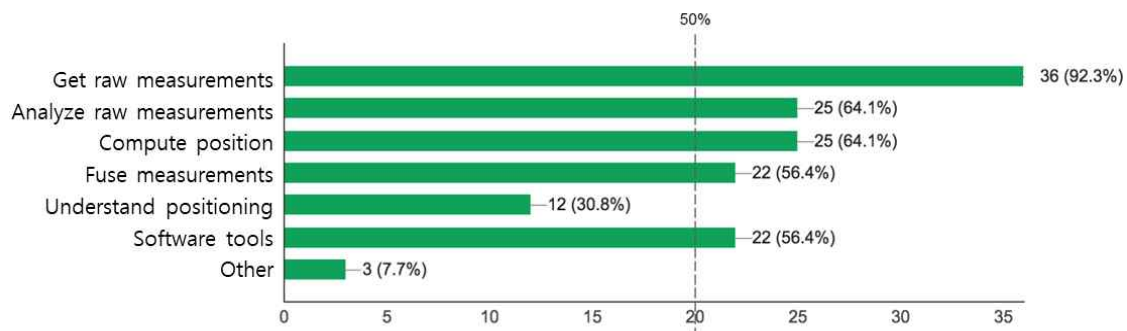
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

○ 해외 GNSS 기술 및 연구 동향 조사

- 연구책임자 ION GNSS+ 2016 참석 및 구글 원시데이터 프로세싱 교육 참가
 - 세계적으로 유명한 GNSS 컨퍼런스를 참가하여, 최신 GNSS 연구 동향을 조사하고, 기술 개발 현황 및 향후 연구 분야 등을 조사함
 - 본 연구과제와 연관성이 깊은 스마트폰 GNSS 연구분야 중 구글에서 발표한 원시데이터 자료처리 수업을 참가하여, 스마트폰을 활용한 최신 연구 동향과 원시데이터 자료처리 기술을 습득함

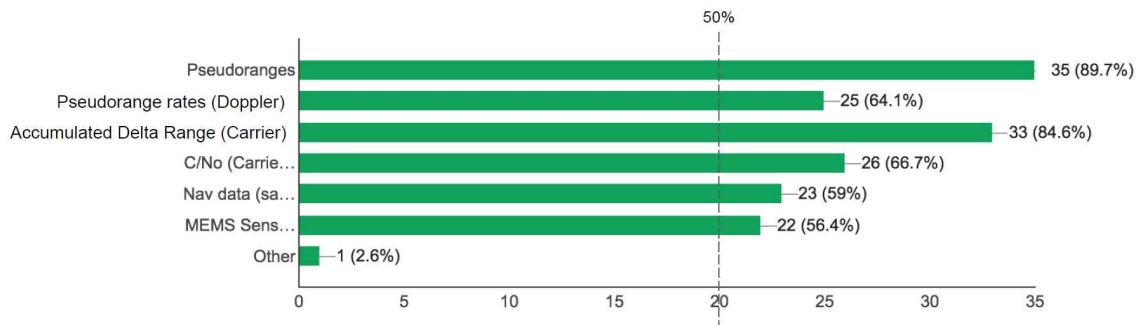
- 스마트폰 GNSS 원시데이터

- 스마트폰 GNSS 원시데이터를 활용한 연구에 필요한 항목 조사



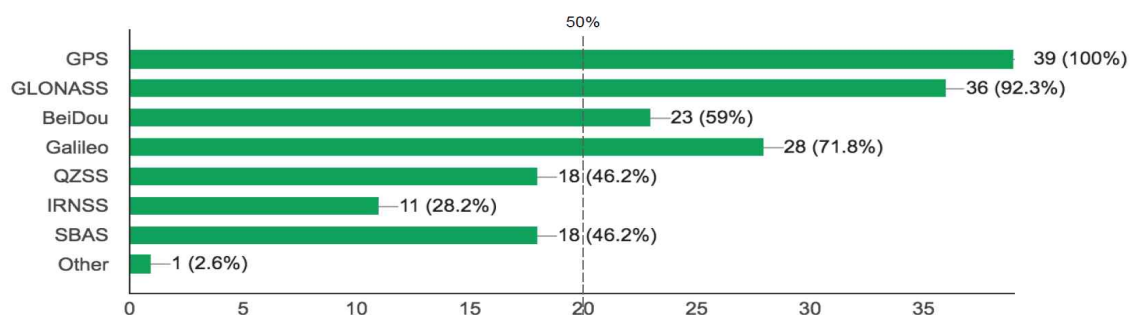
<그림 73> 안드로이드 원시데이터를 활용한 연구에 필요한 선호도

- 활용하고자 하는 스마트폰 GNSS 원시데이터 항목 조사



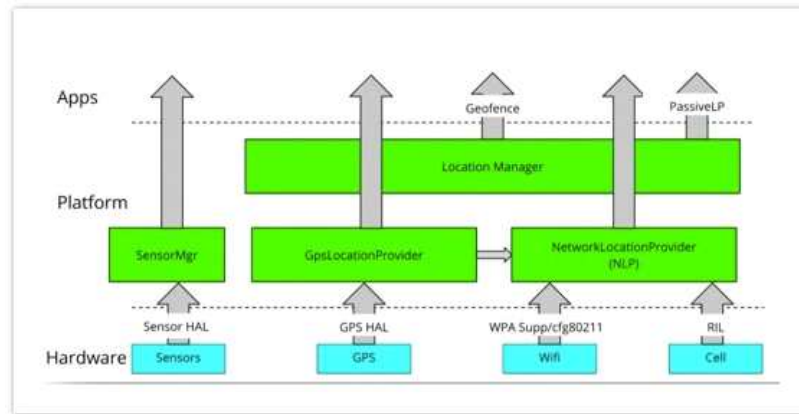
<그림 74> 활용하고자 하는 스마트폰 GNSS 원시데이터 항목 선호도

- 필요 위성항법시스템 조사



<그림 75> 연구에 필요한 위성항법시스템 선호도

- 안드로이드 위치 정보 생성 기능
 - 기존 안드로이드 위치 정보 생성

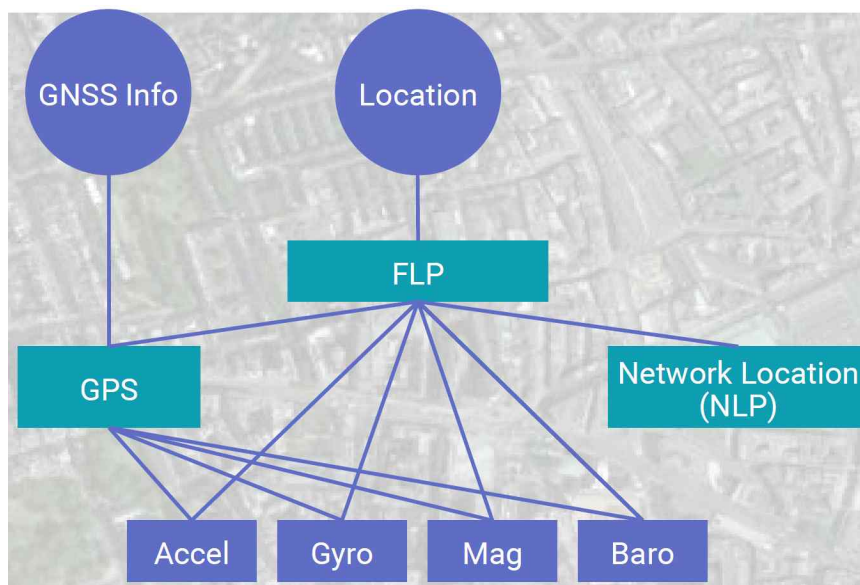


<그림 76> 과거 안드로이드 위치 정보 생성 구조도

- 과거 안드로이드 디바이스에서 현재 위치를 알아내기 위해서는 위의 그림과 같은 복잡한 내부 시스템을 통해 결과를 얻었다. 이야기해 보면 안드로이드 디바이스에서 위치정보를 얻기 위해서는 4가지 하드웨어 중 하나만을 선택하여 위치를 획득하거나, 순차적으로 선택하여 각각의 위치를 획득, 비교하여 사용하는 구조로 이루어져 있었다. 이런 구조는 개발의 복잡성을 높이는 원인으로 작용했다.

- FLP(Fused Location Provider)

- 안드로이드로 개발할 때 문제점 중 하나가 위치정보 출력이다. iOS와는 달리 안드로이드에서의 위치 측위는 매우 복잡하고 불안정하기 때문에 여러 조건이 가미될 경우 이를 보정하는 기술을 별도로 개발해야 하며, 이를 적용해도 위치 정확도는 매우 미약하게 상승하거나 복잡한 코딩으로 인한 버그로 오히려 부정확하게 되는 경우가 발생하는 문제가 있다. 따라서 구글은 이런 개발의 난해성을 인식하고 있기에 이러한 점들을 개선한 위치 측위 기술인 Fused location provider를 발표했다.



<그림 77> 현재 안드로이드 위치 정보 생성 구조조(FLP)

- FLP로 인해 안드로이드 기반 플랫폼에서 위치정보를 출력하는 방법이 간단해졌지만, 그로 인해 각 센서 별 출력을 이용한 위치 계산이 불가능해졌다. 위치정보의 가장 근본이 되는 위성항법시스템인 GNSS인데, 각종 센서들의 정보와 융합되어 한 개의 완성된

위치정보만 출력이 된다. 이로 인하여 GNSS의 정확도를 향상시키기 위해서는 펌웨어 조작이나 루팅과 같은 인가되지 않은 절차를 걸쳐야하는 문제점을 갖게 되었다.

- 안드로이드 플랫폼에서 위치 정확도를 향상시키기 위해 GNSS의 원시데이터를 출력이 가능하다는 발표를 2016년 I/O에서 구글은 발표했다. 향후 안드로이드 플랫폼을 사용하는 모든 단말기에서 GNSS 원시데이터 출력이 가능해져 고가의 GNSS장비에 사용하던 자료처리 기법들이 모바일 단말기에 접목될 가능성을 열었으며, 안드로이드 기반 플랫폼의 단말기들의 활용도가 2016년을 기점으로 더욱 활발해 질것으로 판단된다.
-

제7장. 연구개발성과의 보안등급

○ 일반 과제

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

○ 해당 사항 없음

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허 출원	DGNSS 의사거리 보정정보 생성장치 및 그 방법	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.09.22	-	-
2	S/W	엔엠이에이(NM EA)를 이용한 위치 표시 프로그램	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.08.04	-	-
3	S/W	유블렉스 데이터를 이용한 위치 좌표 산출 프로그램	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.08.04	-	-
4	S/W	위성배치정보를 이용한 위치영역 맵핑 알고리즘(DGPS -CP) 후처리 검증 매티랩 소프트웨어	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.09.30	-	-
5	S/W	위성배치정보를 이용한 위치영역 맵핑 알고리즘(DGPS -CP) 안드로이드 앱	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.09.30	-	-
6	S/W	스마트폰 및 모바일 단말기를 위한 1m급 위치정보 제공 어플리케이션	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.07.25	-	-
7	S/W	최소기준국 보간알고리즘 프로그램	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.07.25	-	-
8	S/W	다중위성 항법시 스템(GNSS) 정확도 검증용 프로그램	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.09.14	-	-
9	시제품 제작	안드로이드 스마트폰용 보정정보 위치영역 맵핑 어플리케이션	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.09.20	-	-
10	학술지	골목길 내비게이션을 위한 저가 모듈 기반의 지능형 GNSS 측위	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.08.22	-	-

		기술 개발							
11	학술지	안드로이드 GPS 원시데이터의 의사거리를 이용한 측위 정확도 비교	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.10.12	-	-
12	학술지	관측 행렬 산출 기법 별 DGNSS-CP 성능 비교	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.10.07	-	-
13	학술지	SDCM의 국내 적용 및 성능 평가를 통한 다중 위성군 SBAS 효과 예측	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.10.07	-	-
14	학술 대회	위성배치정보를 활용한 DGNSS-CP 알고리즘 적용을 위한 스마트기기 내부 알고리즘 해석 연구	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.06.23	-	-
15	학술 대회	스마트카를 위한 V2V환경에서의 상대측위 연구	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2016.11.02	-	-
16	인력 양성	석사학위 (석효정)	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.08.16	-	-
17	인력 양성	석사학위 (윤동환)	세종대 학교	-	대한민국	-	2016.08.16	-	-
18	인력 양성	석사학위 (임철순)	세종대 학교	-	대한민국	-	2017.02.17	-	-
19	현장 시험	최소기준국 기반 DGNSS 성능 현장시험 보고서	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.09.01	-	-
20	현장 시험	최소기준국 기반 안드로이드 DGNSS-CP 성능 현장시험 보고서	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.10.17	-	-
21	현장 시험	안드로이드N 원시측정값 기반 측위 성능 현장시험 보고서	(주)피피 솔	-	대한민국	-	2017.10.25	-	-

제11장. 기타 사항

㈜피피솔

- 2015년 12월부로 기존 신규 참여연구원 퇴사에 따라 다른 신규 참여연구원 투입
- 현금인건비 감액 발생하여 전문기관(국토교통과학기술진흥원)에 연구개발비 변경 승인 받음
- 현금인건비 증액에 따른 내부 공문 마련

세종대학교

- 2017.03 학사연구원의 석사진학에 따른 연구과제 참여기간과 참여율 변경
 - 2017년 08월부로 신규참여연구원 2인 투입
-

제 12장. 참고 문헌

1. Gearing Up for a Flagship-Filled Holiday Quarter, Smartphone Shipments Grew 2.7% Year-Over-Year in the Third Quarter, According to IDC,
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43193517>
 2. European Global Navigation Satellite System Agency 2017 GNSS Market Report,
<https://www.gsa.europa.eu/2017-gnss-market-report>
 3. GNSS market witnesses rapid growth buoyed by demand in smartphones
<https://www.geospatialworld.net/blogs/smartphones-gnss-market/>
 4. Seok, H., Yoon, D., Lim, C., Park, B., Seo, S., and Park, J. Study on GNSS constellation combination to improve the current and future multi-GNSS navigation performance, Journal of Positioning, Navigation, and Timing, Vol. 4, No. 2, pp 43-55
 5. H. J. Seok and B. W. Park, Annual Prediction of Multi-GNSS Navigation Performance in Urban Canyon, Journal of Korean Society of Surveying Geodesy, Photogrammetry and Catography, Vol. 34, No. 1, 71-78, 2016
 6. D. H. Shin, D. H. Yoon and B. W. Park, A Study on Positioning Algorithm of a Smart Phone for Applying DGNSS-CP Algorithm using Satellite Information, 2016 KICS Summer Conference
 7. D. H. Shin, C. S. Lim, H. J. Seok and B. W. Park, DGNSS-CP Performance Comparision of Each Observation Matrix Calculation Method, Journal of Advanced Navigation Technology, Vol. 20, No. 5, 433-439, 2016
 8. Navstar GPS Space Segment/Navigation User Segment Interface, GPS Interface Specification IS-GPS-200, Revision H, Global positioning system directorate, 2015
 9. GLOBAL NAVIGATION SATTELITE SYSTEM interface control document, Navigational radiosignal In bands L1, L2, Edition 5.1, 2008
 10. Beidou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document, Beidou Interface Specification BDS-DID-ICD-2.1, China Satellite Navigation Office, Nov. 2016
 11. 삼성 스마트폰 목록,
[https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%82%BC%EC%84%B1_%EA%B0%A4%EB%9F%AD%EC%8B%9C_\(%EC%8B%9C%EB%A6%AC%EC%A6%88\)](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%82%BC%EC%84%B1_%EA%B0%A4%EB%9F%AD%EC%8B%9C_(%EC%8B%9C%EB%A6%AC%EC%A6%88))
 12. LG전자/스마트기기 제품 목록,
https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B6%84%EB%A5%98:LG%EC%A0%84%EC%9E%90%EC%9D%98_%EC%8A%A4%EB%A7%88%ED%8A%B8%ED%8F%B0
 13. Qualcomm® IZat™ location services, <https://www.qualcomm.com/products/izat>
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.