

위성항법 이산화 IF 신호 시뮬레이터 요구사항분석 및 개념설계

이상옥*, 주인원*, 이재은*

Requirement Analysis and Conceptual Design of GNSS Digitized IF Signal Simulator

Sanguk Lee*, In one Joo*, and Jaeun Lee**

요약

한국전자통신연구원은 위성항법의 다양한 응용프로그램과 항법알고리즘을 위한 시험 및 평가환경을 제공하는 소프트웨어 위성항법 이산화 IF 신호시뮬레이터를 소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템 개발 과제의 일환으로 개발하고 있다. 소프트웨어 위성항법 신호시뮬레이터는 GPS 및 갈릴레오 디지털신호를 제공하게 된다. 본 논문에서는 이러한 소프트웨어 위성항법 이산화 IF 신호 시뮬레이터의 요구사항 및 개념설계에 대하여 기술하고 있다.

Key Words : Requirement, GNSS (Global Navigation Satellite System), Digitized IF, Signal Simulator.

ABSTRACT

Software GNSS digitized IF signal simulator is being developed by ETRI as a part of development of software-based GNSS Test & Evaluation Facility which will provide test and evaluation environment for various software level application and navigation algorithm in GNSS. Software GNSS IF signal simulator will provide digitized GNSS signal including GPS and Galileo. The requirement analysis and conceptual design for the Software GNSS IF signal simulator is presented in this paper.

I. 서론

예로부터 인간은 자신의 위치를 파악하기 위해 지형지물을 이용했으나 망망한 바다에서는 해, 달, 별과 정밀한 시계를 이용하기도 했다. 그러나 이러한 방법은 정밀도가 낮고 시간이 흐름에 따라 그 정밀도가 나빠지게 마련이었다. 이러한 문제를 해결하고자 인간이 1957년 처음으로 인공위성을 우주에 궤도진입 시킨 이후 그 동안 지상에서 이루어졌던 전파에 의한 2차원적인 위치측정에서 위성을 이용한 3차원 측위를 할 수 있는 발판을 마련했다. GPS는 이러한 3차원 정밀 측위와 시각정보를 제공하는 위성항법 시스템을 맨 처음 군용으로 사용되다 1983 KAL 기 격추를 계기로 GPS의 민간사용이 허용되었

다. 그 이후 GPS의 민간 활용은 비약적인 발전을 이루게 되었다. 1990년대 말 EU에서는 독자적인 GPS에 대응하기 위해 새로운 위성항법시스템인 갈릴레오 프로젝트를 추진하게 되었으며 이는 군용인 미국의 GPS시스템과는 달리 민용 서비스를 기반으로 추진되고 있다. 이를 계기로 미국에서는 민용 서비스부분에 인위적으로 오차를 주었던 SA(Selective Availability)를 풀게 되었다.

우리나라도 이러한 EU의 갈릴레오 프로젝트 참여를 검토하여 2005년 2월 정식 참여를 결정하고 협상과정을 거쳐 2006년 9월 한-EU 갈릴레오 기본협정에 서명하였고 현재는 상세협정을 위한 준비 및 협상을 추진하고 있다. 이를 계기로 우리나라에서는 향후 전개될 다원화된 위성항법 시스템(GPS, 갈릴레오, GLONASS,

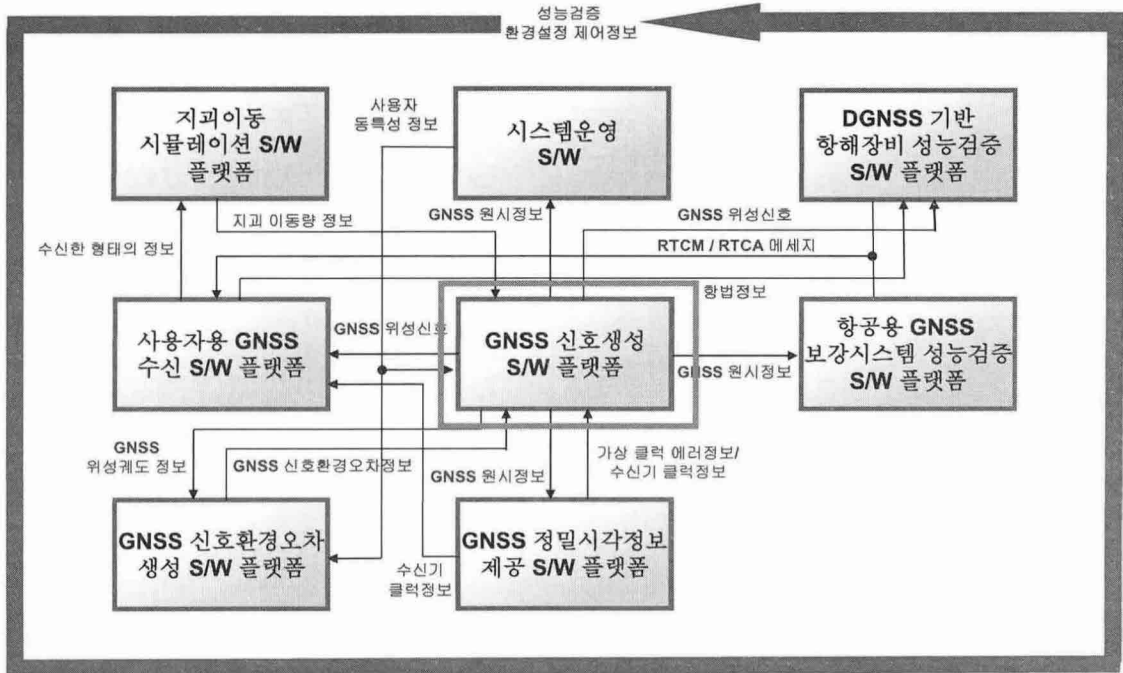
* 한국전자통신연구원 전파방송연구단 위성관제기술연구팀 (slee@etri.re.kr)

논문번호 : K2-1-7, 접수일자 : 2007년 5월 31일, 최종게재논문통보일자 : 2007년 6월 12일

** 본 논문에서 제시된 결과물은 과학기술부 출연 협동연구사업인 "소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템 개발" 사업의 세부과제인 GNSS 신호생성 S/W 시스템개발(O6AD1120)의 일환으로 수행된 결과물임

COMPASS 등)에 따라 갈릴레오 프로젝트의 참여를 계기로 국가위성항법 인프라 및 핵심 기술 개발과 관련 산업의 활성화를 위한 각종 응용기술개발 및 인프라 구축을 추진 중에 있다. 이

러 노력의 일환으로 과기부에서 주관하는 연구기관 간 협동연구 사업으로 “소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템 개발” 과제를 수행하고 있다.



시스템 및 플랫폼 제어신호 버스

그림 1. 소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템 구성

이를 통하여 GPS/갈릴레오 관련 핵심기술 확보 및 GNSS 응용분야 주요 알고리즘 기능 및 성능평가와 소프트웨어 기반 플랫폼으로 각종 사용자 요구사항에 따른 시험 및 검증을 위한 확장성 및 유연성 확보를 추구하고 있다. GNSS(Global Navigation Satellite System, 전역 위성항법 시스템)은 전 지구를 커버하는 위성군을 이용하여 사용자에게 측위 및 시각정보를 제공하는 시스템이다.

GNSS 시뮬레이션과 관련하여 독일의 VEGA사의 경우에는 위성항법 시뮬레이션을 항법 원시정보생성레벨에서 구현하였고[1], NORDNAV사에서는 IF 신호레벨의 실시간 시뮬레이션 툴을 상용으로 개발 및 판매를 했으며 뮌헨대학, 쾰러 대학[2] 및 국내 몇몇 대학에서도 단 채널 GNSS IF 신호생성 시뮬레이션에 대한 연구를 수행한바 있다. 본 연구를 통하여 갈릴레오 및 GPS신호를 동시에 여러 채널을 시뮬레이션 하여 소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템을 위한 신호 생성을 하는 시뮬레이션

툴을 개발하고자 한다. 그림 1. 은 소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술통합검증시스템의 구성을 나타내고 있다. 본 논문에서 시스템의 구성 요소중의 하나인 GNSS 신호생성 플랫폼의 요구사항 및 개념설계에 대한 내용을 기술한다.

II. 본 론

1. GNSS 공공활용기술 통합검증 시스템의 주요 기능

GNSS 공공활용기술 통합검증 시스템의 주요 기능은 다음과 같다

- 소프트웨어 기반 GPS/갈릴레오 통합 다목적 시뮬레이션 플랫폼 개발
- GNSS 소프트웨어 기반 개발환경 구축을 통한 GNSS 단말 및 서비스 개발 인프라 구축
- 사용자 단말 및 GNSS 응용분야(항공/해양

- 등) 시스템 주요 알고리즘 및 성능평가
- GPS/갈릴레오 관련 핵심기술 확보 및 응용분야 창출
 - 소프트웨어 기반 플랫폼으로 사용자 요구 사항에 따른 확장성 및 유연성 확보
 - 향후 상용화를 통한 GNSS 응용분야 개발자에게 알고리즘 및 응용프로그램 개발/시험환경 제공

2. GNSS 신호생성 SW 정의

GNSS 신호생성 SW는 소프트웨어 기반 GNSS 공공활용기술 통합검증시스템의 하나의 구성요소로서 GNSS 신호를 원시 항법데이터(항법메시지 및 이온층 오차, 대류층 오차, 도플러 효과 및 다중경로 등의 환경오차요인 포함) 형태 및 이산화된 IF Level로 각종 오차요인을 반영하고 GNSS 신호환경을 고려하여 실제와 근사하게 생성하는 소프트웨어 시스템으로 그림 2는 플랫폼의 정의 개념도이다. [2],[3]

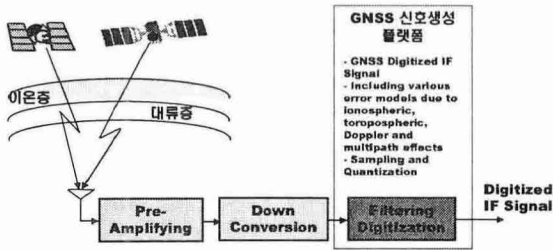


그림 2. GNSS 신호생성 SW 정의

3. GNSS 신호생성 SW 주요기능

소프트웨어 기반으로 여러 가지 목적의 항법 수신기의 성능을 검증할 수 있도록 갈릴레오 및 GPS의 신호를 실제와 유사하게 환경 오차를 고려하여 이산화 IF Level로 생성하는 기능을 제공하는 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼의 구성요소는 그림 3에 나타나 있다.

GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼의 주요 기능은 갈릴레오 30개 및 GPS 24개 위성의 궤도모형을 포함하여 시뮬레이션하고 항법메시지 생성에 필요한 궤도정보를 생성하는 항법위성 궤도생성 기능, 시계보정정보, 위성상태정보, Ephemeris, 이온층, UTC보정정보, Almanac을 포함하여 GPS 및 갈릴레오 항법메시지를 생성하는 항법 메시지 생성 기능, 위성궤도 및 사용자 동특성정보를 이용하여 도플러 주파수 생성하고 도플러정보, 신호환경오차정보(이온층, 대기권, 멀티패스)정보, 클럭오차 정보, 및 지표 이동량 정보를 처리하여 원시정보 생성 및 오차정보 전송을 하는 원시 및 오차정보 생성기능, 갈릴레오의 E1(B&C)와 E5A 신호와 GPS의 L1 C/A, L2C 신호에 대하여 IF 신호를 생성하는 항법 IF 신호 생성 기능, 이득 조절 및 노이즈 생성, 플랫폼 설정/제어 갈릴레오 및 GPS의 항법메시지 및 신호 크기를 조절할 수 있는 플랫폼 설정 및 제어 기능 등으로 이루어져 있다.

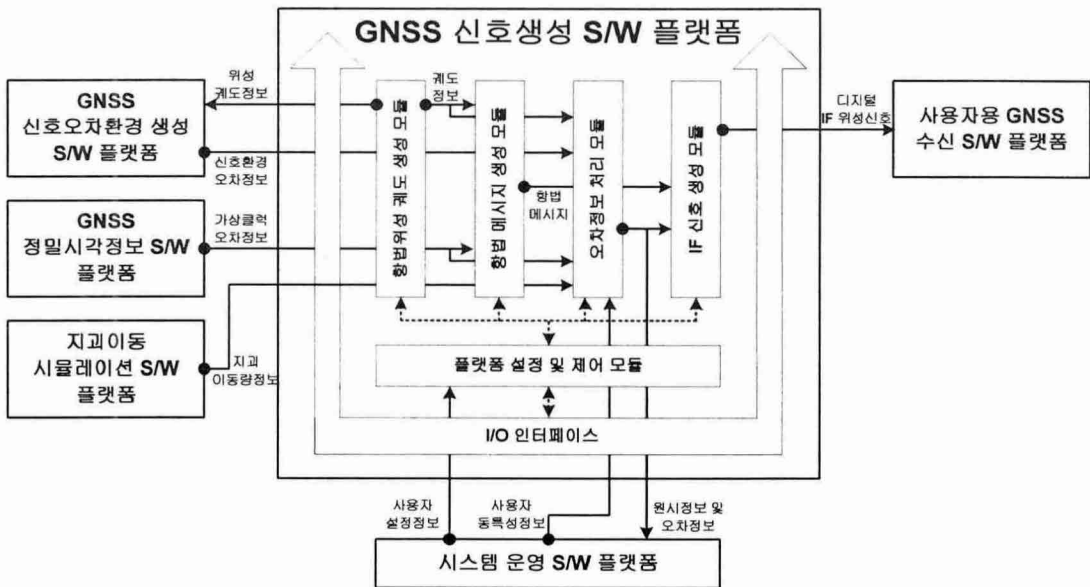


그림 3. GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼의 기능 구성도

또한 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼과 GNSS 공공활용기술 통합검증 시스템의 다른 구성요소 플랫폼과의 인터페이스를 관리 및 제어하는 I/O 인터페이스가 있어 GNSS 신호오차 환경 SW 플랫폼과 항법위성궤도정보를 송신하고 신호환경오차정보를 수신하고, GNSS 정밀시각정보 SW플랫폼으로부터 가상클럭 오차정보를 수신하며 지피이동 시뮬레이션 SW플랫폼으로부터 지피 이동량 정보를 수신하여 처리하여 사용자용 GNSS 수신 SW 플랫폼에 이산화 IF Level 항법신호를 생성하여 전송한다.

이러한 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼 제어 및 설정을 위해서 자체적인 사용자 인터페이스와 시스템 운영 SW플랫폼과 사용자 설정 정보, 사용자동특성 및 원시정보 및 오차정보를 위한 인터페이스를 갖는다.

4. GNSS 신호생성 SW의 개발환경

GNSS 신호생성 SW의 하드웨어적인 개발환경은 다음과 같다.

- 컴퓨터: PC Workstation
- CPU : Dual Core 3.0 GHz이상
- RAM : 2GB이상
- HDD : 1TB HDD
- Monitor : 21 인치이상 LCD모니터

GNSS 신호생성 SW의 소프트웨어적인 개발환경은 다음과 같다.

- 운영체계(OS) : Window XP
- 프로그래밍 언어: C++

5. GNSS 신호생성 SW의 요구사항

개발예정인 GNSS 신호생성 SW의 요구사항은 다음과 같으며 그 요구파라미터는 표 1.과 같다.

- 항법위성궤도 생성 기능
갈릴레오 30개 및 GPS 24개 위성의 궤도모델을 포함하여 시뮬레이션하고 항법메시지 생성에 필요한 궤도정보를 생성해야 함
- 항법 메시지 생성 기능
갈릴레오 및 GPS 메시지를 생성할 수 있어야 함
- 플랫폼 설정 및 제어 기능
갈릴레오 및 GPS의 항법메시지 및 신호 크기를 조절할 수 있는 기능을 제공해야 함
- 오차정보 처리 기능
수신기의 동적정보를 이용하여 갈릴레오 15개 및 GPS 12개 위성간의 도플러 정보를 생성하는 기능을 제공해야 함
- 신호 생성 기능
갈릴레오의 E1(B&C)와 E5A 신호와 GPS의 L1 C/A, L2C 신호에 대하여 이산화 IF 신호를 생성할 수 있어야 함

표 1. GNSS 신호생성 SW 요구사항

항 목	내 용	사 양	비고	
1	GNSS signal	GPS L1 C/A, L2C Galileo E1(B&C), E5(A)	GPS 12 channels Galileo 14 channels	
2	Sampling Frequency	플랫폼에서 1초당 처리해야 하는 샘플개수 - GPS L1 C/A, L2C, Galileo E1(B&C) : Band Width는 8MHz - Galileo E5(A) : Band Width는 24MHz	16MHz 이상 (TBC) 48MHz 이상 (TBC)	
3	IF Frequency	플랫폼에서 처리해야 하는 기저신호의 주파수 - GPS L1 C/A, L2C, Galileo E1(B&C) - Galileo E5(A)	5MHz 내외 (TBC) 13MHz 내외 (TBC)	
4	Sampling Bit Number	샘플링시 사용하는 Bit 수	2 bit (TBC)	
5	Chip rate	생성하는 code의 chip rate -GPS L1 C/A -GPS L2C -Galileo E1(B&C) -Galileo E5(A)	1.023Mcps 0.511Mcps(CM),0.511Mcps(CL) 1.023Mcps 10.23Mcps	
6	Modulation	입력신호의 Data Modulation 방식 -GPS L1 C/A -GPS L2C -Galileo E1(B&C) -Galileo E5(A)	BPSK BPSK(CM) BOC(1,1) AltBOC(15,10)	

또한, 이산화 IF Signal의 요구사항은 표 2에 정리되어 있다.

표 2. 이산화 IF Signal의 요구사항

항목	내용	요구사항
1	GNSS signal GPS L1, GPS L2C Galileo E1(B&C), E5A	GPS 12개 위성 Galileo 14개 위성
2	Nominal signal level RF 수신 레벨에서 규정	GPS L1 C/A code GPS L2 L2C Galileo E1, E5A -130dBm -133dBm -128dBm
3	Overall Signal level control	채널 별로 독립적인 Signal level 조절이 가능해야 함 +20 ~ -20 dB 0.1 dB 간격으로 조절
4	Limit of SV Dynamics Relative Velocity Relative Acceleration Relative Jerk Angular rate @ 1.5m lever arm	120,000m/s 3,600m/s ² 5,000m/s ³ 2.π rad/s
5	Pseudorange error	Range, 이온층/대류층 지연, 위성 시계 오차로부터 계산되는 위성 code phase offset의 불확실성(uncertainty)로 정의 ± 2m(RMS) (static)
6	Pseudorange rate error	측정된 의사거리 변화율의 불확실성으로 정의 ± 50cm(RMS) (static)
7	Sampling Frequency	플랫폼에서 1초당 처리해야 하는 샘플개수 -GP S L1 C/A, L2C, Galileo E1(B&C) : Band Width는 8MHz -Galileo E5(A) : Band Width는 24MHz 16MHz 이상 (TBD) 48MHz 이상 (TBD)
8	IF Frequency	플랫폼에서 처리해야 하는 기저신호의 주파수 -GP S L1 C/A, L2C, Galileo E1(B&C) -Galileo E5(A) 5MHz 내외 (TBD) 13MHz 내외 (TBD)

6. GNSS 신호생성 SW의 모듈별 개념설계

1) 항법위성궤도 생성모듈

항법위성궤도 생성 모듈은 GPS 24개 위성궤도 및 갈릴레오 30개 위성궤도를 각종 섭동력을 포함하여 시뮬레이션하고 궤도정보를 생성한다.

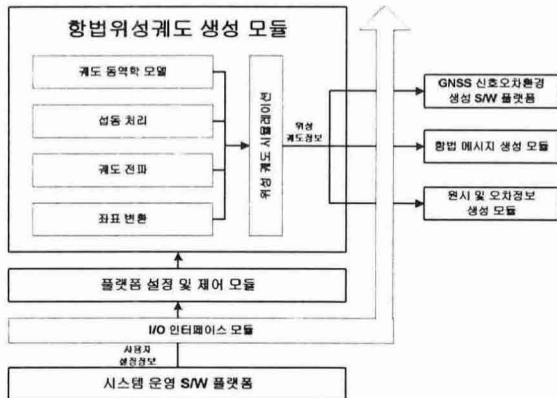


그림 4. 항법위성궤도 생성모듈 구성도

2) 항법메시지 생성모듈

GPS 및 갈릴레오 항법메시지를 시계보정정보, 위성상태정보, Ephemeris, 이온층, UTC보정정보, Almanac을 포함하여 생성한다.

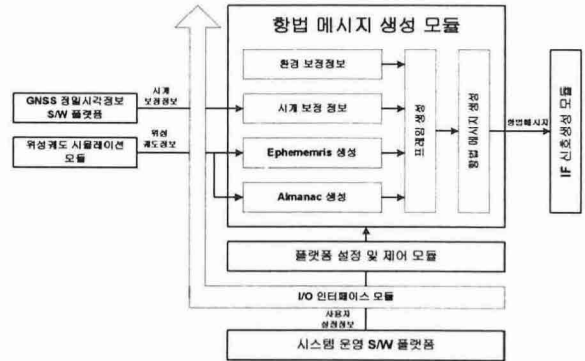


그림 5. 항법메시지 생성모듈 구성도

3) 항법오차정보 처리모듈

위성궤도 및 사용자 동특성정보를 이용하여 도플러 주파수 생성하고 도플러정보, 신호환경 오차정보(이온층, 대기권, 멀티패스)정보, 클럭오차 정보, 및 지표이동량 정보 처리하여 원시정보 생성 및 오차정보를 전송한다.

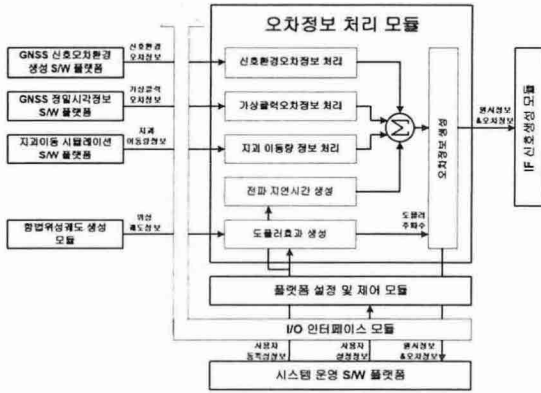


그림 6. 오차정보처리 모듈 구성도

4) IF 신호생성 및 플랫폼 설정 및 제어모듈
GPS의 L1 C/A & L2C 및 갈릴레오 E1(B&C) & E5(A) 이산화 IF 신호를 실제의 상황과 근사하게 이온층오차 시계오차 대류층오차 멀티패스 도플러효과 등을 고려하여 생성하며 이득 조절 및 노이즈 생성, 시뮬레이션 설정 및 제어를 한다.

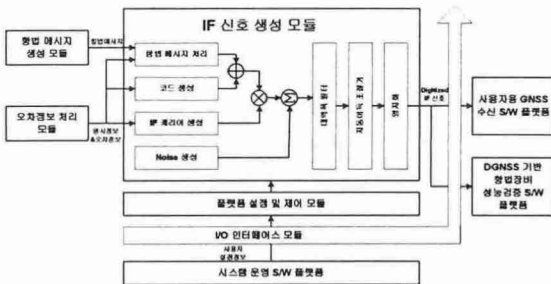


그림 7. IF 신호생성 및 플랫폼 설정 및 제어모듈 구성도

5) 타 플랫폼과의 인터페이스
GNSS 신호생성 플랫폼은 타 플랫폼과 그림 8.과 같은 인터페이스를 갖는다.

GNSS 신호생성 S/W 플랫폼	GNSS IF 신호		-위성개도정보
-수신기위치정보 -Steering정보	사용자용 GNSS 수신 S/W 플랫폼		
클럭 오차정보		GNSS 정밀시각정보 S/W 플랫폼	
신호 지연 오차정보			신호환경오차 생성 S/W 플랫폼

그림 8. 타 플랫폼과의 인터페이스

III. 시험 및 검증방안

개발 GNSS 신호생성 플랫폼은 검증항목으로 신호레벨 및 메시지 레벨의 적합성과 시뮬레이션 환경, 각종 시험을 위한 인위적인 설정을 위한 시뮬레이션 설정 및 시뮬레이션 모드, 연동/비연동, 등의 제어를 위한 시뮬레이션 틀에 대한 검증을 수행할 예정이다. 이러한 검증항목의 검증을 위해 Test, Demonstration, Analysis, Inspection, Similarity 등의 방법에 의해 검증시험을 실시하고 플랫폼 레벨의 시험은 Test Zig을 제작하여 독립적인 검증시험을 수행하고 이후 SW 사용자용 수신기 플랫폼과 연동시험을 통한 통합 검증을 수행하여 그 성능 및 기능 검증을 수행하게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 소프트웨어 기반으로 여러 가지 목적의 항법수신기의 성능을 검증할 수 있도록 갈릴레오 및 GPS의 신호를 실제와 유사하게 이온층, 대기권, 및 도플러효과 등의 영향에 의한 오차를 고려하여 이산화 IF Level로 생성하는 기능을 제공하는 GNSS 신호생성 소프트웨어 시스템을 개발하기 위한 요구사항 및 개념설계에 대해 기술했다. 이러한 신호생성 플랫폼은 다양한 위성항법 응용장비 및 단말기 등의 주요 신호처리 항법알고리즘을 모듈단위로 시험 검증할 수 있는 기본적인 도구를 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 가상의 시뮬레이션환경 및 시험환경을 제공함으로써 동시에 다량의 장비를 시험할 수 있는 환경제공을 제공할 수 있다.

따라서 한번에 하나의 장비만을 시험할 수 있는 독일의 GATE[4]와 같은 시험환경과 다르게 가상의 소프트웨어 환경에서 다수의 시험대상물 동시에 시험할 수 있으므로 경제적이며 기본적으로 모듈단위의 알고리즘의 시험이나 검증이 용이하게 설계되며 소프트웨어 환경이므로 유연성이 높고 비용면에서 저비용고효율의 시험환경의 제공이 가능할 수 있을 것이다. 본 논문에서 기술된 요구사항과 개념설계를 바탕으로 예비설계 및 상세설계가 이루어질 예정이다.

참고 문헌

[1] GSSF Team, *Using GSSF*, VEGA GmB, Germany, 2005.
[2] Lei Dong, et. al., "Implementation and verification of a Software-based IF GPS Signal Simulator", National Technical

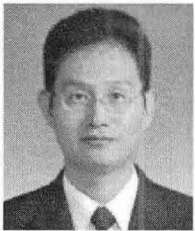
Meeting, Institute of Nav., 26-28, Jan. 2004, San Diego.

- [3] Kai Borre, et. al., *A Software-defined GPS and Galileo Receiver*, Birkhauser, 2007.
- [4] Guenter Hein, "Status of GATE, the Galileo Test, development and test environment", Excursion to GATE, Feb. 24. 2006, Berchtesgarden, Germany.

저자

이상욱(Sanguk Lee)

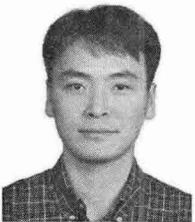
정회원



1988년 2월: 연세대학교
천문기상학과졸업
1991년 3월: Auburn대학교
항공우주공학과 석사
1994년 3월: Auburn대학교
항공우주공학과 박사
1993년 3월~현재: 한국전자
통신연구원 재직

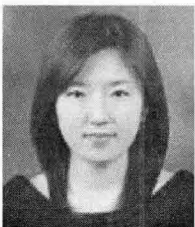
<관심분야> 인공위성시스템, 위성항법

주인원(Inone Joo)



1999년 2월: 전북대학교 전
기공학과 졸업
2001년 2월: 포항공대 전자
공학과 석사
2001년 1월~현재: 한국전자
통신연구원 재직
<관심분야> 위성항법, 신호
처리

이재은(Jaeun Lee)



2005년 2월: 연세대학교
천문우주학과 졸업
2005년 3월~현재: 연세대학
교 천문우주학과
석사과정

<관심분야> 위성항법, 위성
궤도역학