

## KASS 위성통신시스템 개념설계 분석

# Conceptual Design Analysis of Satellite Communication System for KASS

신천식 · 유문희 · 형창희 · 이상욱\*

한국전자통신연구원, 위성항법연구실

Cheon Sig Sin · Moonhee You · Chang-Hee Hyoung · Sanguk Lee

Satellite navigation research section, Electronics and telecommunications research institute, Daejeon 34129, Korea

### [요 약]

본 논문은 한국형 위성기반보정시스템인 KASS (Korea augmentation satellite system)을 구성하는 위성통신국과 임차해 구축 예정인 2기의 정지궤도 위성이 포함된 위성통신시스템에 대한 상위개념의 설계분석 결과를 제시하였다. 위성통신국의 주요 기능인 중앙처리국으로부터의 보정정보 및 무결성 정보를 수신하여 해당 메시지에 대한 부호화, 변조 후 주파수변환 및 신호증폭에 대한 내용과 그 기능을 만족하는 설계를 위한 분석내용을 각 과정에 대한 개념, GEO 위성을 추가적인 기능인 GPS 위성 레인징 신호, GEO 레인징 신호를 사용하기 위한 GEO 위성에 대한 정밀 궤도결정기술, 그리고 GPS 위성과 GEO 위성간 시각 동기를 위한 클럭 조정에 대하여 기술하였다. 추가적으로 중계기 대역폭에 따른 GEO 위성 레인징 성능 분석결과로 SBAS 보강 서비스를 위해서는 최소한 2.2 MHz의 GPS와 같은 레인징 서비스를 위해서는 18.5 MHz의 대역폭이 필요함을 제시하였다. 이러한 분석내용은 GEO 위성과 위성통신국의 설치장소가 최종 확정되면 최종 분석을 수행하여 KASS 위성통신시스템 설계에 반영할 예정이다.

### [Abstract]

High-level conceptual design analysis results of satellite communication system for Korea augmentation satellite system (KASS) satellite communication system, which is a part of KASS and consisted of KASS uplink Stations and two leased GEO is presented in this paper. We present major functions such as receiving correction and integrity message from central processing system, taking forward error correction for the message, modulating and up converting signal and conceptual design analysis for concepts for design process, GEO precise orbit determination for GEO ranging that is additional function, and clock steering for synchronization of clocks between GEO and GPS satellites. In addition to these, KASS requires 2.2 MHz for SBAS Augmentation service and 18.5 MHz for Geo-ranging service as minimum bandwidths as a results of service performance analysis of GEO ranging with respect to navigation payload(transponder) RF bandwidth is presented. These analysis results will be fed into KASS communication system design by carrying out final analysis after determining two GEOs and sites of KASS uplink stations.

**Key word** : Korea augmentation satellite system, Communication system, GEO ranging, Forward error correction, Design.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.1.8>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 1 February 2016; **Revised** 5 February 2016

**Accepted (Publication)** 22 February 2016 (28 February 2016)

\***Corresponding Author; Sanguk Lee**

**Tel:** +82-42-860-5653

**E-mail:** [slee@etri.re.kr](mailto:slee@etri.re.kr)

# 1. 서론

미국의 전지구 위성항법시스템 GPS (global positioning system)는 중궤도 (2만 km 내외)에 배치된 30여기 위성을 이용하여 항법메시지 정보와 레인징(ranging) 신호를 방송하고 있다. GPS위성이 방송하는 정보의 이용분야는 민간분야는 물론 국방분야에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되고 있고 활용분야는 꾸준히 증가 추세이다. GPS 위성이 제공하는 신호는 민간용 신호와 국방용 신호로 구분할 수 있으며 민간용 신호 활용분야로는 차량 내비, 측지/측량, 물류, 항공 및 선박에서의 항해 등의 위치정보 활용분야, 2G망 등 이동통신분야, 방송분야, 주식거래분야, 스마트그리드 분야 등이 포함되는 시각정보 활용분야로 크게 구분할 수 있다. 그림 1은 GPS 위성 신호의 이용분야를 나타낸 것이다.

민간용 GPS 신호는 누구나 무료로 활용할 수 있는 반면에 시스템에서 제공하는 정보에 대한 정확성 및 신뢰성에 대해서는 보장하지는 않는다. GPS 신호에는 GPS 위성에 대한 궤도오차, 위성에 탑재된 원자시계의 시계오차, 위성에서 지구에 도달하기까지의 전파 경로상에서 발생하는 이온층 및 전리층오차 등으로 인해 높은 신뢰성과 정밀한 정확도가 필요한 응용분야에서는 추가적인 기술 개발 및 시스템 구축이 요구하게 된다. GPS 신호를 이용해 항공기의 안전 운항은 물론 정밀접근등의 활용을 위해 추가적인 성능개선 사항이 요구되는데 이러한 개선사항을 구현한 시스템이 SBAS (satellite based satellite system)시스템이라 할 수 있다[1].

응용분야	이용사례	비고
LBS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치기반 응용</li> <li>• 개인항법</li> <li>• 날씨정보</li> </ul>	
교통	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항공기(고도안내/정밀접근)</li> <li>• 선박(항구정박/운항)</li> <li>• 철도(물류추종/승객정보/기관사 지원)</li> <li>• 자동차(안내/과금/지능형 교통/eCall)</li> </ul>	
농업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경작관리(작물 재배지역 감시)</li> <li>• 농기계 안내(트랙터 운전 안내)</li> </ul>	
측지/측량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설(건물 건축)</li> <li>• 지도제작</li> </ul>	
시각	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CDMA 2G 기지국간 시각동기</li> <li>• 스마트 그리드</li> <li>• 주식거래 및 현금 입출금 등 금융거래</li> </ul>	
재난	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재난관리</li> <li>• 긴급구조</li> </ul>	

그림 1. GPS 신호의 주요 이용분야(예)  
Fig. 1. Application areas of GPS(example).

SBAS 시스템은 기본적으로 정지궤도 위성을 통해 항법 보강정보를 제공함으로써 항공기의 안전성과 성능을 향상할 수 있도록 하는 국제민간항공기구 (ICAO; International Civil Aviation Organization)의 권고 시스템이다[2]. SBAS시스템은 GPS 위성에 대한 건강상태를 감시하여 관련 정보를 정지궤도 위성으로 제공하는 무결성 기능, 모든 GPS 위성에 대한 차동보정을 통한 정확도 향상 기능 및 항법신호의 가용성과 연속성을 도모하기 위한 레인징 신호를 방송할 수 있어야 한다.

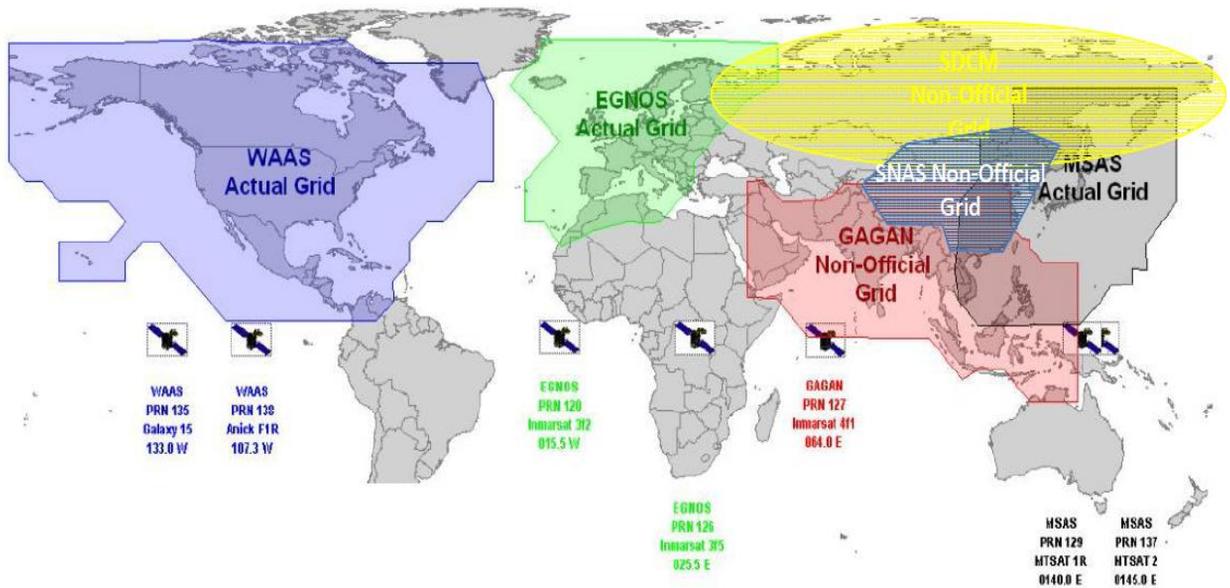


그림 2. 전세계 SBAS 시스템 운용 및 구축계획도  
Fig. 2. Operation and plan diagram of world SBASs.



무결성 메시지에 대한 유효성 판단, FEC (forward error correction) 부호화를 수행하는 물론 이들 정보와 GEO 위성 식별코드와 결합해서 변조과정을 수행할 수 있어야 한다.

④ 위성통신국은 RTCA/DO-229 MOPS (minimum operation performance specification)에 따른 PRN코드 생성 능력을 갖추고 있어야 한다.

⑤ 위성통신국은 코드 칩 레이트 (code chip rate), 반송파 위상 (carrier phase), 반송파 주파수 및 GEO 방송신호에 대한 에폭타이밍 (epoch timing) 조정을 위해 closed loop 제어 기능을 제공할 수 있어야 한다.

⑥ 위성통신국은 코드 및 반송파의 위성 간 분산에 대한 다양한 원인을 추정 보상할 수 있어야 한다.

⑦ 위성통신국은 초당 250 bps의 전송 레이트를 유지할 수 있어야 한다.

⑧ 위성통신국에서 생성된 GEO 레인징 신호는 GPS 신호와 동기가 이루어질 수 있어야 한다.

⑨ 위성통신국은 상향링크 및 GEO 방송메시지에 대한 내부적인 감시기능을 수행할 수 있어야 한다.

⑩ 위성통신국은 보정메시지 "타입 9"를 사용하여 GEO 위성에 대한 클럭 옵셋을 결정하고 GEO 위성에서의 에폭타이밍 (epoch timing)을 조정할 수 있어야 한다.

⑪ 위성통신국 RF부는 GEO 위성이 방송하는 L1 및 L5 신호를 하향링크로 수신할 수 있어야 한다.

### 3) 인터페이스 요구사항

① KASS 위성통신국은 KASS 중앙처리국과 지상통신 망을 통해 보정메시지 정보를 송/수신할 수 있어야 한다.

② KASS 위성통신국은 구성장비에 대한 감시 및 제어를 수행하는데 필요한 정보를 통합운영국에 제공할 수 있어야 한다.

③ KASS 위성통신국은 KASS 통합운영국 명령에 따라 지속적으로 감시 및 제어를 수행할 수 있어야 한다.

④ KASS 위성통신국은 통합운영국의 명령에 따라 위성통신국 운용이 관리되고 제어될 수 있어야 한다.

## 2-2 GEO 위성 요구사항 분석

KASS 시스템에 사용되는 각 위성은 서로 다른 위성 식별코드가 할당되어야 하며 GEO 위성은 RTCA DO-229D MOPS에 규정된 값을 만족시킬 수 있어야 한다. GEO 위성에 관한 일반 요구사항, 기능요구사항 및 인터페이스 요구사항을 분석하여 KASS에 적용한 결과는 다음과 같다.

① 정지궤도 위성은 KASS 시스템 구축을 위해 총 2기가 사용될 수 있어야 한다.

② 정지궤도 위성은 GPS L1 및 L5 항법중계기와 호환되는 중계기를 탑재하고 있어야 한다.

③ 2기의 GEO 위성은 이온층으로 인한 신호의 신틸레이션 (scintillation)을 완화할 수 있도록 적절히 이격된 궤도를 사용하

는 위성으로 선정할 수 있어야 한다.

④ GEO 위성은 공개서비스 제공이전에 공개서비스를 위한 시험 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

⑤ GEO 위성은 KASS 시스템 운용일로부터 사업종료 시점까지 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

⑥ GEO 위성의 보정타재체에 대한 기술적 규격은 FAA기술 문서 No. E2892D를 준용하도록 한다.

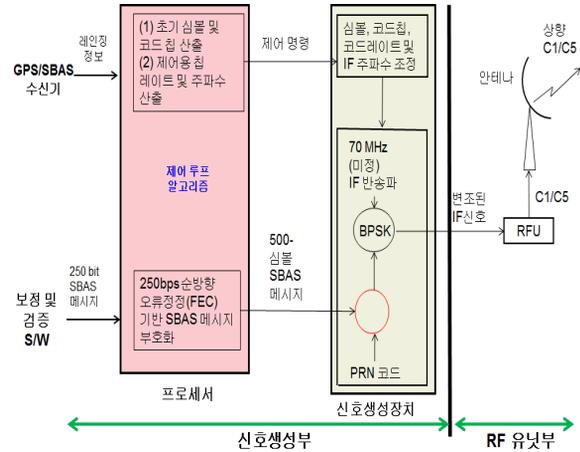


그림 4. 신호생성부와 RF부간 상향 인터페이스 개념도  
Fig. 4. Uplink interface diagram between signal generation and RF subsystems.

## III. KASS 위성통신시스템 개념설계

위성통신시스템 개념설계는 위성통신국 개념설계와 GEO 위성에 대한 개념설계로 구분하여 제시하였다.

### 3-1 위성통신국 개념설계

위성통신국 개념설계는 신호생성부와 RF부간의 인터페이스 개념 설계, 신호생성부와 RF부 간의 신호처리를 위한 동작 개념설계, RF부 구성에 대한 개념설계 및 안테나 반사판 형상에 관한 개념설계를 제시한다.

#### 1) 신호생성부와 RF부 간의 인터페이스 개념 설계

위성통신국을 구성하는 신호생성부와 RF부 간의 인터페이스에 대한 구체적인 내용 확정은 향후 ICD (interface control document)가 제시될 예정이며, 본 논문에서는 신호생성부와 RF부에서 수행해야 하는 임무를 바탕으로 인터페이스 개념설계 결과를 그림 4와 같이 제시하였다. 신호생성부는 GEO 시각과 GPS 시각과의 동기를 수행하는 클럭조정 알고리즘이 구동되어야 하고, 중앙처리국이 전송해 준 보정데이터에 대한 부호화 과정을 수행해야 하며 GEO 위성에 대한 식별코드인 PRN를 생성하여 이를 IF 레벨로 RF부에 제공해야 한다. 그림4에 보였듯이 신호생성부내 프로세스상에서 제어루프 알고리즘을 이용해 GEO 레인징 정보와 SBAS 보정메시지에 대한 부호화를 처

리하고 신호성장치를 이용해 GEO 위성 식별코드를 생성한 뒤 보정메시지와 합쳐 BPSK (binary phase shift keying) 변조방식을 통해 변조된 IF 신호를 RF부에 전달한다.

2) 신호생성부와 RF부간 신호처리 동작 개념 설계

신호생성부와 RF부 간의 신호처리 동작 개념은 그림 5와 같이 수행되며 RF 신호를 상향주파수에서 하향 신호주파수 변환 기능을 수행하는 TLT (test loop translator)를 통해 루프를 형성하여 신호처리가 됨을 알 수 있다.

3) RF부 구성 및 안테나 반사판 형상 개념 설계

RF부는 신호생성부로부터 IF 신호를 수신하고 이를 RF 신호로 변환해 GEO 위성으로 송출함은 물론 GEO 위성으로부터 L 대역 신호를 수신해 주파수 변환 후 이를 신호생성부에 제공해야 한다. 이와 같은 RF 부의 구성 개념도는 그림 6과 같다.

그림 7은 위성통신국 안테나 패턴 해석의 요구사항인 ITU-R S.465-5를 만족하는 반사판 안테나 형상에 따른 개념설계 결과를 나타낸 것이다. 단일반사판, 카세그레인, 축 이동 반사판을 대상으로 각각에 대한 안테나 패턴 해석결과 모든 형상이 국제 규정에 만족됨을 확인하였다.

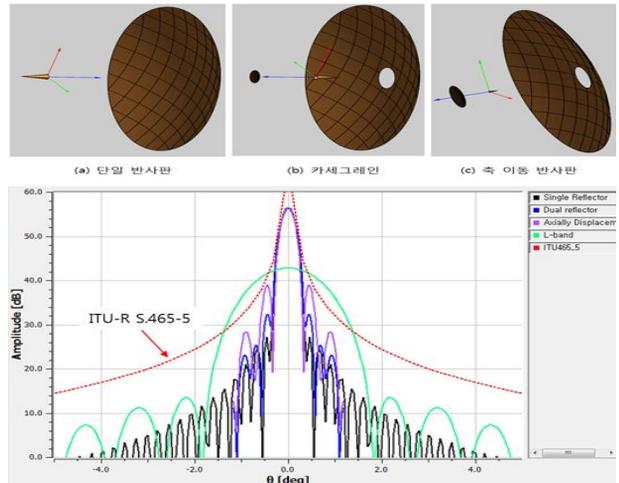


그림 7. 위성통신국 안테나 반사판 형상에 따른 패턴 분석  
Fig. 7. Pattern analysis on antenna reflector configuration of KUS (KASS uplink station).

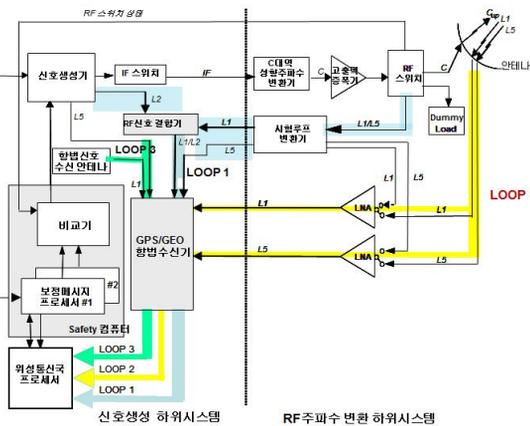


그림 5. 신호생성부와 RF부간 신호처리 흐름도  
Fig. 5. Operation conceptual diagram between signal generation and RF subsystems.

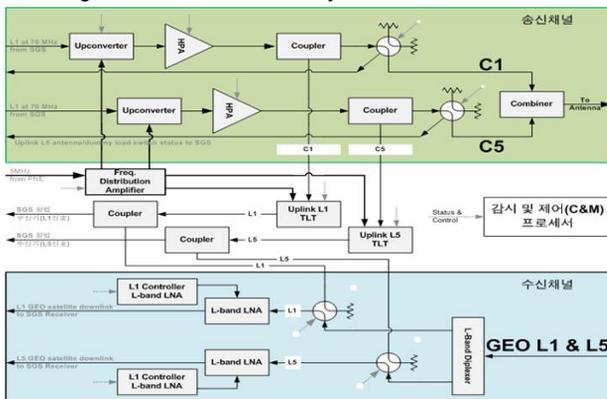


그림 6. RF부 구성 개념도  
Fig. 6. Conceptual diagram of RF subsystem configuration.

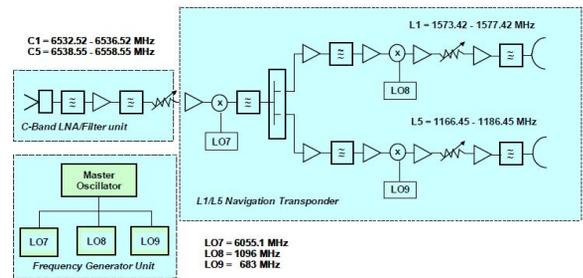


그림 8. 인마셋 4 시리즈 탑재체 구성도  
Fig. 8. Payload configuration of Inmarsat 4 series.

3-2 GEO 위성 개념설계

1) GEO 위성 탑재체 형상분석

SBAS 시스템 구축을 위한 GEO 위성은 L1 및 L5 신호를 방송할 수 있는 단순 중계 형태를 사용하게 되는데 이는 위성통신국에서 보정메시지를 전송하게 되면 GEO 위성을 이를 수신해 주파수 변환한 뒤 신호 증폭해 지상으로 방송하는 기능만을 수행한다.

임차 대상 후보로는 현재 가용위성인 인마셋 4 시리즈 위성 [4] 및 GSAT-15 위성과 향후 개발예정인 위성들이 포함된다. GEO 위성에 대한 개념도는 인마셋 4 시리즈와 GSAT-15 위성 중계기 형상이 유사하다는 점을 고려해 SBAS 탑재체 구성 형상도를 그림 8에 도시하였다.

그림 8과 같이 GEO 위성은 C 대역 주파수를 통해 SBAS 보정메시지 등을 수신하고 L 대역으로 주파수 변환해 지상으로 방송한다. 인마셋 4 시리즈의 중계기 대역폭을 보면, L1 신호용 4 MHz, L5 신호용 20 MHz를 탑재하고 있다.

**2) GEO 위성 대역폭과 GEO 레인징 상관 분석**

GEO 위성 대역폭에 따른 GEO 레인징 상관 분석을 위한 시뮬레이션을 수행하였다[5]. SBAS 위성의 대역폭에 대한 요구 사항은 RTCA DO-229D MOPS[6]에서 정의하고 있으며 최소 2.2 MHz 이다. 또한 GEO 레인징 바이어스 값은 협대역 위성인 경우 5 m 이하, 광대역 위성인 경우 0.5 m 이하로 요구되고 있으며, GEO 레인징 바이어스를 결정하기 위한 알고리즘 절차는 [6]의 부록에 제시되고 있다. 사용자 수신기를 통해 수신된 GPS 신호와 GEO 신호를 각각 자기상관 후 사전상관필터에 의해 필터링하고, 판별기를 통해 계산된 각각의 추적 오차들 간의 차를 계산한다. 이에 따라 GEO 위성 대역폭에 따른 상대 코드 오프셋 및 그로 인한 레인징 바이어스 값을 분석한 결과를 표 1에 보인다. GEO 레인징 바이어스 값이 0.5 m 이하를 만족하기 위해서는 18 MHz 이상의 중계기 대역폭을 가져야 할 것으로 판단된다.

**표 1.** GEO 위성 중계기 대역폭에 따른 레인징 바이어스  
**Table 1.** GEO ranging bias according to GEO transponder bandwidths.

GEO bandwidth(MHz)	2.2	4	8	10	16	20
Relative Code Offset (chips)	0.017	0.016	0.008	0.003	0.002	0.001
Relative Offset(sec)	1.66e-08	1.56e-08	7.82e-09	2.93e-09	1.96e-09	9.78e-10
range bias(m)	4.98	4.69	2.34	0.88	0.59	0.29

**VI. 결 론**

본 논문은 KASS 구축에 필요한 위성통신국과 임차해 구축 예정인 정지궤도 위성을 포함한 위성통신시스템에 대한 상위 개념의 연구결과를 제시하였다. 위성통신국 구성도, 안테나 반사판 개념설계는 물론 GEO 위성 중계기 대역폭에 따른 GEO 레인징 바이어스에 대한 개념 설계 결과를 제시하였다. 향후에는 본 논문에서 제시된 개념설계 결과에 대한 예비설계 및 상세설계를 수행할 계획이다. 본 논문에서는 분석결과, GEO 레인

징 바이어스 값이 0.5 m 이하를 만족하기 위해서는 18 MHz 이상의 중계기 대역폭을 가져야 하는 것으로 분석되었으며 제시된 값들은 향후 임차위성에 대한 성능을 확인하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**감사의 글**

본 연구는 국토교통부 출연사업인 “항공안전기술개발 사업 - 초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발·구축 사업”의 일환으로 수행하였음.

**참고 문헌**

- [1] Universal avionics systems corporation, operating in satellite-based augmentation system (SBAS) airspace, White Paper Oct., 2013.
- [2] [Internet]. Available: www.infrasture.gov.au, “Satellite based augmentation system review,” May, 2011.
- [3] A.-L, V.-E, Avia, Satellite based augmentation system-SBAS principle and concept, Rabat 17, Oct. 2011.
- [4] A. J. Van Dierendonck, and B. D. Elrod, “Ranging signal control and ephemeris/time determination for geostationary satellite navigation payloads,” in *Institute of Navigation 94*, pp.393-402, Washington DC: USA, Jan. 1994.
- [5] M. H. You and C. S. Sin, “Performance of SBAS system for different GEO transponder bandwidths,” in *2015 Korean GNSS Society Conference*, Jeju: Korea, p.206, 2015.
- [6] RTCA, *Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment*, DO-229D (Change 1), February 1, 2013.



**신 천 식 (Cheon Sig Sin)**

1990년 2월 한양대학교 전자공학 (공학사)  
 2000년 8월 충남대학교 전자통신공학 (공학석사)  
 2013년 2월 한양대학교 전자통신공학 (공학박사 수료)  
 1990~ 현재 한국전자통신연구원 위성항법연구실, 실장  
 ※관심분야: 위성통신, 위성항법, 궤도주파수



**유 문 희 (Moonhee You)**

1988년 2월 한양대학교 전자통신공학 (공학사)  
 1990년 8월 한양대학교 전자통신공학 (공학석사)  
 2002년 2월 한양대학교 전자통신공학 (공학박사 수료)  
 1990~ 현재 한국전자통신연구원 위성항법연구실, 책임연구원  
 ※관심분야: 위성통신, 위성항법



**형 창 희 (Chang-Hee Hyoung)**

1996년 2월 광운대학교 전자통신공학 (공학사)  
1998년 2월 광운대학교 전자통신공학 (공학석사)  
2013년 2월 KAIST 정보통신공학 (공학박사)  
1999~ 현재 한국전자통신연구원 위성항법연구실, 책임연구원  
※관심분야: 아날로그/RF설계, 위성항법



**이 상 옥 (Sanguk Lee)**

1988년 2월 연세대학교 천문기상학 (이학사)  
1991년 3월 미 Auburn 대학교, 항공우주공학 (공학석사)  
1994년 3월 미 Auburn 대학교, 항공우주공학 (공학박사)  
1993~ 현재 한국전자통신연구원 위성항법연구실, 책임연구원  
※관심분야: 위성항법, 위성제어, 항법보정시스템, 의사위성, 탐색구조, 최적제어