JPNT 10(2), 139-144 (2021)
https://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.139

JPNT Journal of Positioning, Navigation, and Timing

Configuration and Construction for the KASS KRS Site Infrastructure

HyunJin Jang[1], Hwanho Jeong[1†], Minhyuk Son[1], ByungSeok Lee[2]

[1]SBAS System Engineering & Integration Team, KASS Program Office, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea
[2]SBAS Program Office, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

ABSTRACT

In this paper, we described configuration and construction of infrastructure for the KASS Reference Station (KRS), subsystem of Korea Augmentation Satellite System (KASS). KASS system consists of three subsystems(KRS, Mission Control Center (MCC), KASS Uplink Station (KUS)). One of these subsystems, KRS receives GNSS data for generating range error and integrity verification and sends to MCC. It is needed to antenna facilities for mounting GNSS antenna and shelter for operating KRS and infra equipment(power and network system, lightning and grounding system, fire extinguish) for operating KRS. For this reason, we have established the requirements for KRS infrastructure and constructed infrastructure for KRS to meet the requirements of KRS infrastructure.

Keywords: KASS, KRS, infrastructure, site, SBAS

1. 서론

Satellite Based Augmentation System (SBAS)는 Global Navigation Satellite System (GNSS) 신호의 오차에 대한 보정 정보와 무결성 정보를 생성하여 정지궤도위성(GEO Satellite)을 통하여 제공하는 시스템이다. SBAS서비스의 시작은 미국의 Wide Area Augmentation System (WAAS)와 유럽의 European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)로부터 시작되어 현재는 인도의 GPS Aided GEO Augmented Navigation (GAGAN)과 일본의 MTSAT SBAS (MSAS) 또한 운용 되고 있다.

미국의 WAAS는 미연방항공청과 교통성의 주관으로 개발되어 2003년 항공용 승인을 받아 서비스를 개시하였으며 2013년부터 Approach Procedures with Vertical guidance (APV-I) 서비스를 제공하고 있다. 유럽의 EGNOS는 유럽우주청의 주관으로 개발되어 2011년 항공용 승인을 받아 서비스를 개시하여 현재까지 APV-I 서비스를 제공하고 있다. 일본의 MSAS는 국토교통성의 주관으로 개발되어 2007년 항공용 승인을 획득하여 Non Precision Approach(NPA) 서비스 제공을 시작하였다. 인도의 GAGAN은 인도항공공사의 주관으로 개발되어 2013년 항공용으로 승인받아 2015년부터 APV-I 서비스를 제공하고 있다. 위와 같이 이미 개발되어 운용되고 있는 SBAS 시스템은 크게 WAAS 기반의 시스템과 EGNOS기반의 시스템으로 나뉘어진다. 우선 가장 먼저 서비스를 개시 한 WAAS의 경우 3기의 수신장비로 구성된 기준국을 운용하며 개별 기준국의 안정도가 높은 특징을 가지고 있다. WAAS는 독립된 4곳에 설치되어 운용되는 중앙처리국과 독립된 2곳에 설치되어 운용되는 통합운영국, Ranging 기능을 제공하는 위성통신국으로 구성되어 운영 된다. 일본의 MSAS와 인도의 GAGAN은 WAAS를 기반으로 개발되어 유사한 구성의 시스템으로 볼 수 있다. 반면 EGNOS는 2~3기의 수신장비로 구성된 기준국을 운용하며 개별 기준국의 고장이 허용된다는 특징이 있다. EGNOS는 각각 독립된 사이트에 설치된 중앙처리국과 통합운영국, 위성통신국으로 구성되어 운영 되고 있다. KASS의 경우 EGNOS의 개발사와 공동 개발을 진행 중이며 이와 같은 이유로 EGNOS와 유사한 구성의 시스템이 구축되어 운영 될 예정이다.

Fig. 1은 전 세계의 SBAS 서비스 현황을 보여주고 있다 (Jang et al. 2020). 이처럼 SBAS서비스는 국제민간항공기구 International Civil Aviation Organization (ICAO)에서 권고한 항행시스템 국제표준화 정책에 따라 향후 한국의 Korea Augmentation Satellite System (KASS)를 비롯하여 중국의 BeiDou Satellite Based Augmentation System (BDSBAS), 러시아의 GLONASS System for Differential Correction and Monitoring (SDCM) 등의 개발이 진행 중에 있고 향후 운용 될 예정으로 전 세계적으로 확산되는 추세에 있다.

한국형 SBAS인 KASS는 2014년부터 개발에 착수하여 2023년

Received May 04, 2021 **Revised** May 26, 2021 **Accepted** May 31, 2021
†**Corresponding Author**
E-mail: hhjeong@kari.re.kr
Tel: +82-42-870-3548 Fax: +82-42-860-2789
HyunJin Jang https://orcid.org/0000-0002-5740-3658
Hwanho Jeong https://orcid.org/0000-0001-8891-893X
Minhyuk Son https://orcid.org/0000-0003-4250-0006
ByungSeok Lee https://orcid.org/0000-0003-3964-0139

Copyright © The Institute of Positioning, Navigation, and Timing

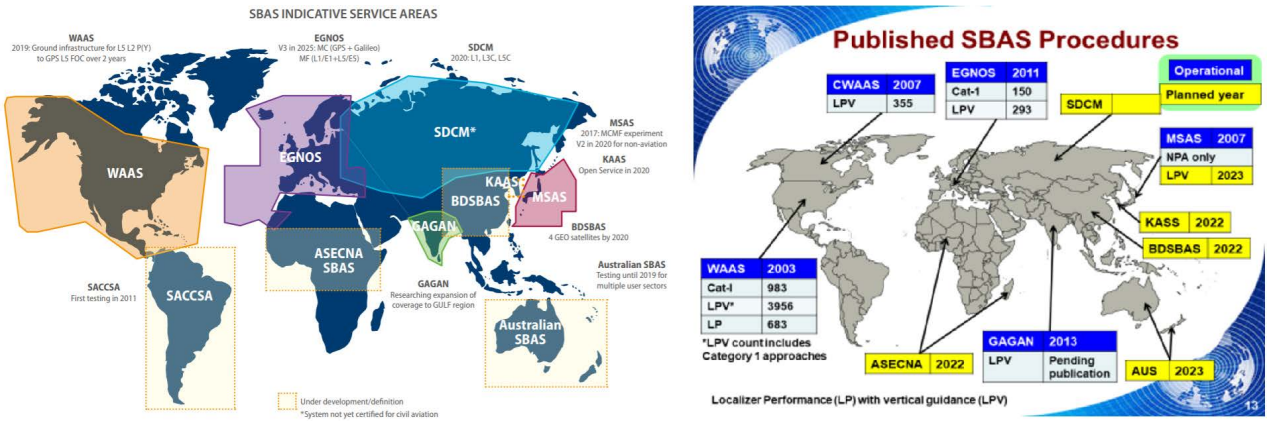

Fig. 1. SBAS service areas and around the globe (GSA 2018, ESA 2020).

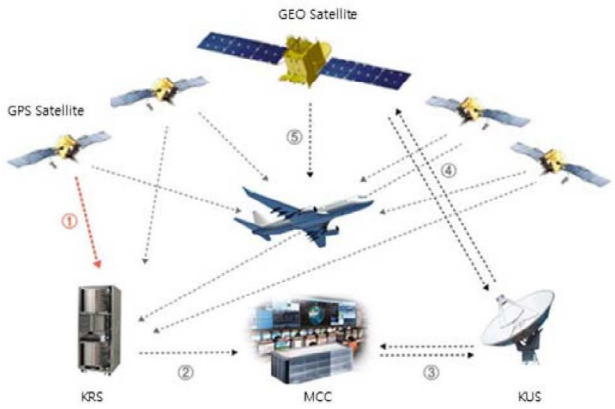

Fig. 2. Configuration of KASS (KASS 2020).

Fig. 3. KRS equipment room.

이후 APV-I 서비스를 목표로 하고 있다.

Fig. 2는 KASS 시스템의 구성을 나타내는 그림이다 (Jang et al. 2020). 이처럼 KASS 시스템은 보정정보 생성 및 무결성 검증에 사용되는 GNSS데이터를 기준국에서 수집하고 이 데이터를 중앙처리국에 전송하여 SBAS 메시지 (보정정보와 무결성 정보 등)를 생성한다. 그리고 KASS 시스템 전체를 모니터링 하기 위한 통합운용국 (MCC, Mission Control Center)과 중앙처리국에서 생성한 SBAS 메시지를 정지궤도 위성으로 송신하는 역할을 하는 위성통신국 (KUS, KASS Uplink Station) 생성된 신호를 전국으로 방송하는 역할을 하는 정지궤도위성으로 이루어져 있다. 이 중 기준국 운용을 위해서는 데이터 수집용 안테나를 설치할 수 있는 안테나 시설, 수신기 등의 장비 운용을 위한 장비실, 시설간 통신 및 전원 공급을 위한 시설 및 관로, 낙뢰 및 접지 안전 시설, 소방시설, 서브시스템 간의 통신을 위한 인터페이스 시설 등의 부대시설이 구축되어야 한다. Fig. 3은 구축 완료된 기준국의 장비실이다. 이러한 기준국의 부대시설을 구축하여 기준국의 안정적이고 효과적인 운용을 위해 부대시설 구성 요구사항을 정립하고 이를 만족하는 부대시설을 구현하였으며 이러한 일련의 과정과 결과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 기준국 부대시설 구성

2.1 기준국 부대시설 구성 요구사항

2.1.1 GNSS 안테나 및 장비실 요구사항

기준국에 설치될 안테나는 보정정보 생성과 무결성 검증을 위한 2기의 안테나가 설치되어야 하며 공통 오차(Common error)의 영향을 최소화하기 위해 100 m 이상의 안테나 간 이격거리를 두어야 한다. 또한 외부 환경에 강건한 강관주 또는 철탑 형태의 구조물로 구축되어야 하며 200 km/h 이상의 강풍에서 변위 5 cm 이하의 강건성을 확보하여야 한다. 기준국의 장비실은 기준국의 안정적 운용을 위하여 충분한 장비 설치 및 유지보수 공간을 제공하여야 하며 항온항습 유지, 화재 발생 감지 및 자동 소화, 내부 장비의 지속적 모니터링, 낙뢰 및 접지 보호 시설, 유지보수 용 툴 등을 제공하여야 한다.

2.1.2 전기 및 네트워크 시설 요구사항

기준국 시설의 안정적이고 효율적인 운용을 위하여 안정적인 전력공급(상전)시설과 함께 비상 시 전원 공급 시설(비상용 발전기, 무정전 전원공급장치 등)을 구축하여야 한다. 특히 비상 시 전원 공급 시설은 정전 상황 발생 시 기준국 주요 장비가 최소 5시간 이상 운용 될 수 있도록 구축되어야 한다. KASS의 서브시스템

https://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.139

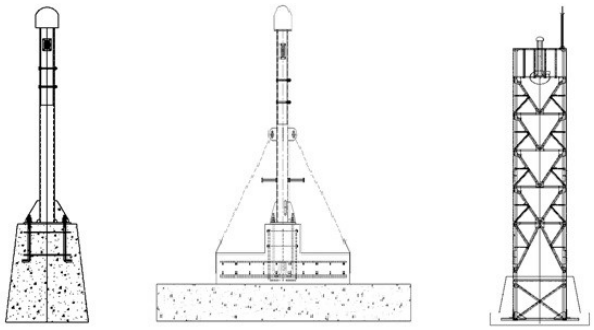

Fig. 4. 3 types of antenna structure.

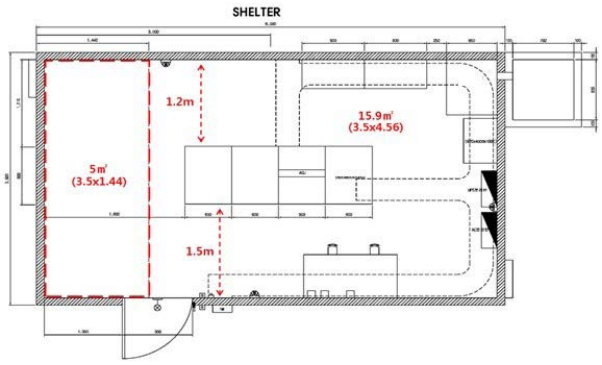

Fig. 5. KRS shelter layout.

Table 1. GPS antenna mount type.

Site name	GPS steel pipe installation location	
	Antenna #1	Antenna #2
Yangju VOR/DME	Steel tower	Steel pipe
Gwanju LORANC-C	Steel tower	Steel pipe
Jeju Airport	Steel pipe	Steel pipe
Jeju tracking station	Steel tower	Steel pipe
Yeongdo NDGPS	Steel pipe	Steel tower
Dodong light house	Steel pipe	Steel tower
Yangyang Airport	Steel pipe	Steel pipe

인 기준국은 통합운용국과의 데이터 송수신 및 장비 모니터링을 위한 안정적이고 지속적인 네트워크 환경을 구성해야 한다. 또한 장비실 내 외부의 환경 모니터링을 위한 각종 센서(온습도, 출입문 개폐) 및 CCTV 영상 데이터 전송을 위한 분리된 네트워크 환경이 추가로 요구된다.

2.1.3 보호 및 보안 시설 요구사항

기준국의 장비 및 부대시설을 화재 및 지진, 낙뢰 등의 자연재해로부터 보호할 수 있는 시설이 요구된다. 화재 보호 시설로는 화재 감지센서(연기, 열), 자동소화 장치, 수동 소화기, 비상조명, 화재 경보 시설이 필요하며 낙뢰 및 전기적 과부하로부터 장비를 보호하기 위한 피뢰침 및 접지 시설이 요구된다. 또한 지진으로부터 장비를 보호할 수 있는 면진패드를 설치하여 주요 장비의 파손을 예방할 수 있어야 한다. 기준국 시설은 외부인으로부터 보호될 수 있는 통제 구역에 설치가 되어야 하며 사이트 특성에 따라 추가적인 펜스 및 시건 장치, 영상감시장치, 출입 모니터링 장치 등이 요구된다.

2.2 기준국 부대시설 설계

2.2.1 안테나 및 장비실 시설 설계

기준국 안테나 시설은 안테나 시설 요구사항을 충족하도록 2기의 시설을 100 m 이상의 이격거리에 위치하였으며 사이트 특성에 따라 나대지용 강관주, 건물 옥상용 강관주, 나대지용 철탑의 3가지 형태로 설계하였다. Fig. 4는 3가지 타입(3 m 이하일 경우 강관주 구조물, 3 m 이상일 경우 철탑 구조물 구축)의 안테나 구조물의 설계 결과이다. 이러한 모든 형태의 안테나 시설을 구조해석을 통하여 200 km/h 이상의 강풍에서 변위 5 cm 이하의 강건성을 확보할 수 있도록 설계하였다. Fig. 5는 기준국의 장비실 구성을 나타내고 있다. 이처럼 기준국의 장비실은 장비실 요구사항에 부합하는 공간과 시설을 수용할 수 있도록 설계하였으며 안정적인 운용과 유지보수를 위한 최적의 배치로 구성하였다.

2.2.2 전기 및 네트워크 시설 설계

기준국의 전기시설은 상전시설과 함께 비상 시 전원 공급 시설(비상용 발전기, 무정전 전원공급장치 등)을 구성하여 정전 상황 발생 시 기준국 주요 장비가 최소 5시간 이상 운용 될 수 있도록 설계하였다. 기준국 네트워크는 요구사항에 부합하도록 통합운용국과의 데이터 송수신 및 장비 모니터링을 위한 네트워크와 내외부의 환경 모니터링을 위한 네트워크를 분리하여 구성하였다.

2.2.3 보호 및 보안 시설 설계

기준국의 운용 시 장비 및 부대시설을 화재 및 지진, 낙뢰 등의 자연재해로부터 보호할 수 있도록 화재 보호 시설, 화재 경보 시설 피뢰 및 접지 시설 면진패드 등을 구성하였다. 기준국 시설이 외부인으로부터 보호될 수 있도록 모든 기준국 시설은 통제 구역 내에 설치되도록 설계하였으며 펜스 및 시건장치, 영상감시장치, 출입 모니터링 장치 등을 구성하여 시설 안전 및 보안 유지를 확보할 수 있도록 구성하였다.

3. 기준국 부대시설 구축

3.1 안테나 시설 구축

KASS 시스템의 운영에 있어서 GNSS 데이터 수신 품질은 보정정보 생성 및 무결성 검증에 있어 매우 중요한 요소이다. 따라서 기준국의 안테나 위치는 기준국이 설치되는 7개소의 사이트에서 GNSS 데이터 수신 환경에 대한 측정 및 분석 결과를 바탕으로 결정되었다. 또한 안테나 위치에 대한 지속적 모니터링 및 환경에 따른 변위를 추적하기 위하여 안테나 설치 전 안테나 구조물에 대한 정밀 측지측량도 수행되었다. Table 1은 기준국 사이트 별 안테나 시설의 종류를 나타낸 것이며 Fig. 6은 실제 구축된 안테나 시설의 예시를 보여주는 그림이다. 기준국의 GNSS 데이터 수신 안테나는 높이와 방향을 조정할 수 있는 어댑터에 장착되며 어댑터는 사이트 특성에 따라 강관주, 철탑 등에 장착되어 GNSS 데이터 수집을 수행하도록 구축되었다.

Fig. 6. GPS adapter, steel pipe, steel tower.

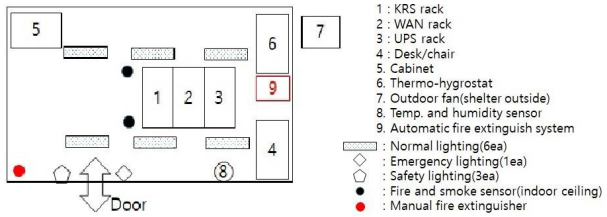

Fig. 7. Shelter layout.

3.2 장비실 구축

기준국의 안정적 운용을 위하여 기준국의 장비실은 충분한 장비 설치 및 유지보수 공간을 제공할 수 있도록 제작하였으며 장비실 내부에는 기준국 장비 및 네트워크, UPS 등을 실장 할 수 있는 랙과 항온항습 장비, 온습도 모니터링 장비, 화재 감지 센서 및 자동소화 장비, 전력 분전반, 비상 등화 등의 부대 장비를 배치하였다. Fig. 7은 이와 같은 장비실 내부 시설의 종류 및 배치를 도식화한 그림이다.

3.3 전기 시설 구축

KASS 기준국 항행안전시설로 상시 운용 시스템이다. 따라서 외부 환경에 따른 전원공급 이상 발생 시 신호 서비스에 막대한 손실이 발생하는 바 백업 전원 시스템을 구성하여 구축하였다. Table 2는 사이트 별 전력 공급 시스템 현황을 정리한 것이며 Fig. 8은 실제 구축된 전원시설의 사진이다. 이처럼 기준국은 1차적으로 한전에서 공급하는 상시 전원을 사용하여 운용 되며 상시 전원 공급에 차질이 생길 경우 기준국 설치 사이트에서 공급되는 비상 전원(비상 발전기)을 2차로 사용한다. 1차 전원에서 2차 전원으로의 전환 시 발생되는 시간의 공백에 따른 전력 손실은 UPS를 통하여 보완할 수 있도록 하여 비상 상황에서도 차질 없는 전원 공급이 이루어 지도록 전원시스템을 구축하였다. 단 영도 기준국의 경우 사이트에서 제공되는 2차 전원의 부재로 UPS의 백업 시간을 다른 기준국에 비해 2배 이상 유지할 수 있도록 구축하였다.

Table 2. KRS Site power system.

Site name	Type of supply power		UPS backup time
	Main	Backup	
Yangju VOR/DME	KEPCO	Generator	Over 2h
Gwanju LORANC-C	KEPCO	Generator	Over 2h
Jeju Airport	KEPCO	Generator	Over 2h
Jeju Tracking Station	KEPCO	Generator	Over 2h
Yeongdo NDGPS	KEPCO	Generator	Over 5h
Dodong Light House	KEPCO	Generator	Over 2h
Yangyang Airport	KEPCO		Over 2h

Fig. 8. Main power and UPS rack.

3.4 네트워크 시설 구축

기준국 네트워크 시설은 GPS 위성으로부터 수신된 데이터를 통합운용국(MCC)로 전송하는 데이터 네트워크와 기준국 장비 및 부대시설을 실시간으로 모니터링 하기 위한 모니터링 네트워크로 구성되었다. 데이터 네트워크와 모니터링 네트워크는 각각의 분리된 네트워크 망을 통하여 관련 데이터를 통합운용국으로 전송할 수 있도록 구성되었으며 데이터 네트워크는 기준국에서 수집한 원시데이터(Raw data)와 기준국 장비의 상태 정보를 송수신 하고 모니터링 네트워크는 기준국 장비 및 장비실 내/외부 CCTV, 장비실 내부 온도 및 습도, 장비실 출입 정보, 자동소화장치 동작 정보를 전달하도록 구축하였다.

3.5 보호 시설 구축

기준국 장비 및 시설 보호를 위하여 구축된 소방 시스템은 화재 발생 시 신속한 초기 대응을 할 수 있도록 화재 감지 센서(열, 연기)를 연동 한 자동 소화장비가 구축되었다. 자동 소화장비에 연결된 화재 감지 센서는 화재를 감지하면 HFC-23 청정 소화약제를 분사하여 화재 발생 초기에 화재 진압이 가능하도록 구성되었으며 기준국 장비실 외부에 자동 소화장비의 작동 유무를 확인할 수 있는 방출 표시등과 자동 소화 장비를 수동으로 조작할 수 있는 수동 조작함을 설치하여 외부에서도 자동 소화장비를 작동할 수 있도록 구성되었다. 또한 악천후 시 낙뢰에 의한 시스템 손상을 방지하기 위해 안테나 시설 주변 (2기)과 기준국 장비실 주변에 피뢰침을 설치함으로써 낙뢰로 인한 기준국 장비 및 부대시설의 피해를 최소화할 수 있도록 구축하였다. Fig. 9는 기준국 시스템의 전체적인 인터페이스를 도식화한 다이어그램이다 (Jang et al. 2020).

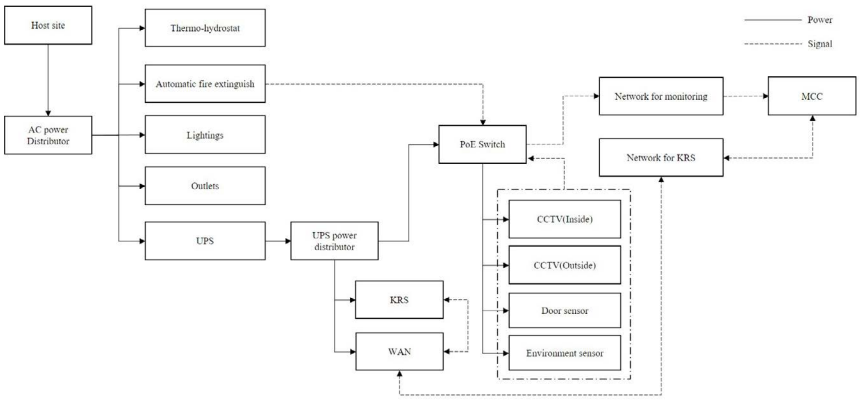

Fig. 9. KRS system interface.

3.6 안전 및 보안 시설 구축

기준국 시설은 기본적으로 외부인의 출입이 통제된 시설(공항, 항공무선표지소, 해상무선표지소, 군부대 등) 내에 구축되었으며 사이트 특성에 따라 추가적으로 시설 접근을 차단할 수 있는 펜스 및 시건장치, 기준국 장비 및 시설을 상시 모니터링 할 수 있는 영상감시장치, 장비실 내 출입 정보를 확인할 수 있는 출입 모니터링 장치 등을 구성하여 시설 안전 및 보안 유지를 확보할 수 있도록 구축되었다.

4. 결론

KASS 기준국은 2020년 6월 구축이 완료되었으며 2020년 12월 최종 현장수락 시험이 완료됐다. 현재 기준국 자체 운용 및 통합운영국과의 연동 시험을 수행하고 있다. 기준국은 향후 안정적이고 효과적인 운용을 수행할 수 있도록 지속적인 보완과 유지보수를 수행할 예정이며 부대시설 또한 지속적 관리를 통하여 차질 없이 운용 될 수 있도록 만전을 기할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 연구비지원(21ATRP-A087579-08)에 의해 수행되었습니다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, B.S.; methodology, H.J., B.S.; validation, H.J., H.H.; formal analysis, H.J., H.H.; investigation, H.J., H.H.; resources, H.J., M.H.; data curation, H.H.; writing—original draft preparation, H.J., H.H.; writing—review and editing, H.J., H.H., M.H., B.S.; visualization, H.J.; supervision, B.S.; project administration, B.S.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

ESA 2020, [Internet], cited 2020 Sep. 26, available from https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/03/SBASaround_the_globe

GSA 2018, GNSS USER TECHNOLOGY REPORT, ISSUE2, p13.

Jang, H., Jeong, H., Lee, B., & Nam, G. 2020, Configuration and Implementation for the KASS KRS Site Infrastructure, in 2020 IPNT Conference, Yeosu, 11-13 Nov 2020. http://ipnt.or.kr/2020proc/93

KASS 2020, [Internet], cited 2020 Sep. 26, available from http://www.kass.re.kr/sub01/sub01_01.php

HyunJin Jang received the B.S. and M.S. degrees in Aerospace and Engineering from Chungnam National University in 2008 and 2011, respectively. His research interests include GNSS/SBAS and SBAS ground system.

Hwanho Jeong received the B.S. and M.S. degrees in Aerospace and Engineering from Chungnam National University in 2008 and 2010, respectively. His research interests include GNSS/SBAS and Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

Minhyuk Son received M.S. degree in Electrical Engineering from Daegu University, Korea. He received B.S. degree from the same university. His research interests include SBAS, GNSS, and control engineering.

ByungSeok Lee received the B.S. degree in Electric and Electrical Engineering, the M.S. degree and the Doctor's degree in Electrical and Computer Engineering from University of Seoul, Seoul, Korea, in 2002, 2009, 2015, respectively. He has been conducting research related to a Global Navigation Satellite System(GNSS) including the Satellite Based Augmentation System (SBAS) in Korea Aerospace Research Institute (KARI) since 2011. He's currently in charge of Korea Augmentation Satellite System (KASS). His research interests are in the areas of Optimal & Robust Control, Swarm Control and Swarm Intelligence, GNSS.

https://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.139