

Activities and Planning for KRS Coordinates Maintenance

Hee Won Kang^{1,3†}, Sunglyong Cho², Heesung Kim^{1,3}, Youngsun Yun^{1,3}, ByungSeok Lee³

¹SBAS System Engineering & Integration Team, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

²KPS R&D Directorate, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

³SBAS Program Office (SPO), Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

ABSTRACT

The Korea Augmentation Satellite System (KASS) is the Satellite-Based Augmentation System (SBAS) under development in Korea. KASS navigation service support navigation Safety of Life (SoL) service. KASS signal provides corrections to Global Positioning System (GPS) data received from KASS Reference Stations (KRS) and is broadcast from Geostationary Earth Orbiting (GEO) satellites to KASS users and is used by GPS/SBAS user equipment to improve the accuracy, availability, continuity and integrity of the navigation solution. Seven KRS's collect the satellite data and send them to the KASS Processing Stations (KPS) for the generation of the corrections and the monitoring the integrity. For performing its computation the KPS needs to know accurate and reliable KRS antennas coordinates. These coordinates are provided as configuration parameters to the KPS. This means that the reference frame in which the KPS work is the one represented by the set of coordinates provided as input. Therefore, the activity to maintain the accuracy of the KRS antenna coordinates is necessary, knowing that coordinates can evolve due to earth plates movements or earthquakes. In this paper, we analyzed the geodetic survey results for KRS antenna coordinates from Site Acceptance Test (SAT) #1 in December 2020 to August 2022. In the future, it is expected that these activities and planning for KRS coordinates maintenance will be produced and provided to KASS system operators for KPS configuration updates during the KASS lifetime of 15 years. Through these maintenance activities, it is expected that monitoring and analysis of unpredictable events such as earthquakes and seism will be possible in the future.

Keywords: KASS, SBAS, KRS, coordinates maintenance

1. 서론

한국형 Satellite Based Augmentation System (SBAS)인 Korea Augmentation Satellite System (KASS)는 APproch operations with Vertical guidance level I (APV-I)급 항공용 (SoL, Safety of Life) 서비스를 제공하는 항공용 시스템으로 개발 중이다. 이 시스템은 위성항법신호를 수신하는 기준국 (KRS, KASS Reference

Stations) 7식, KRS에서의 획득 데이터를 처리하여 보정정보 및 무결성 정보를 생성하는 중앙처리국 (KPS, KASS Processing Stations) 2식, 시스템의 모니터링 및 제어를 담당하는 통합운영국 (KCS, KASS Control Station) 2식, 생성 정보의 위성 전송을 위한 위성통신국 (KUS, KASS Uplink Stations) 3식, 정보의 사용자 제공을 위한 정지궤도 (GEO, Geostationary Earth Orbiting) 위성 2기로 구성된다. KRS는 L1, L2 대역의 신호를 수신할 수 있도록 설계되어 있다.

KASS는 개발 완료 후에 15년간 지속적으로 운영될 예정이며 (Son et al. 2022), KASS 신호의 안정적 제공 및 무결성 유지를 통하여 KASS 신호 사용자의 안전을 확보하고, 시스템의 성능이 요구사항을 만족할 수 있도록 지속적인 관리가 필요하다. 특히, KRS 좌표는 KRS 수신기에서의 빠른 신호 획득에 사용되고, KPS에서는 SBAS 보정 및 무결성 데이터 생성에 사용되므로 고품질의 신호 획득을 위한 많은 연구가 수행되었다 (Cho et al. 2017, 2018, 2020a, 2020b, Lee et al. 2017, Son et al. 2017, 2018, 2022).

Received Nov 14, 2022 Revised Nov 28, 2022 Accepted Nov 29, 2022

†Corresponding Author

E-mail: jmkang@kari.re.kr

Tel: +82-42-860-2799 Fax: +82-42-860-2789

Hee Won Kang <https://orcid.org/0000-0001-6441-4315>

Sunglyong Cho <https://orcid.org/0000-0003-2526-6406>

Heesung Kim <https://orcid.org/0000-0002-7664-0042>

Youngsun Yun <https://orcid.org/0000-0001-8710-1143>

ByungSeok Lee <https://orcid.org/0000-0003-3964-0139>

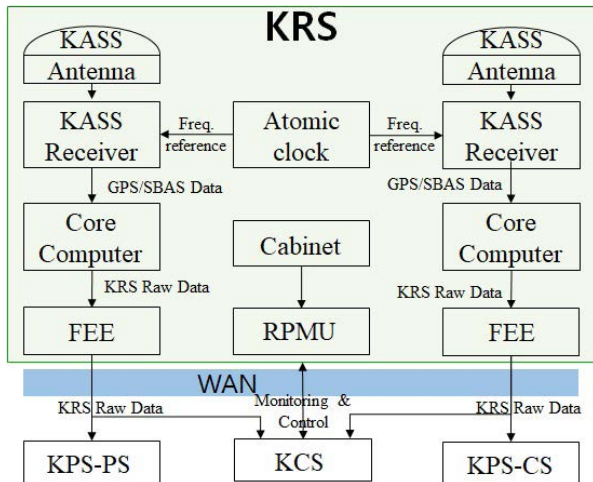


Fig. 1. KRS architecture.

그러므로, KRS 좌표는 시스템의 무결성에 영향을 끼치므로 지속적인 측지측량을 통해 관리하여야 한다.

본 논문에서는 KASS 서비스 제공부터 KASS 시스템 수명주기 동안 KRS 좌표를 유지보수 하는데 활동 및 절차를 기술한다. 절차대로 수행하여 산출한 KRS 안테나 좌표값을 분석한 결과로부터 KRS 좌표의 유지보수의 필요성도 확인할 수 있었다. 따라서, 2020년 12월에 KRS SAT#1이 완료 (Jeong et al. 2021, Jang et al. 2021)된 이후부터 KRS 안테나의 정밀 좌표를 지속적으로 관리하고 있다. 이는 예기치 못한 이벤트에 대하여 감시하는 것이며, 필요 시에는 KPS에서 사용되는 KRS 안테나 좌표의 값을 업데이트 하여 KASS에서 활용할 것으로 기대한다. 이를 위하여 측지측량 유지보수에 대한 일정, 사용하는 도구, 사용되는 장비를 포함한 데이터 측정에 대한 활동, 데이터 처리 및 관리에 대한 절차를 나 타낸다.

2. KRS 사이트 측지측량 유지보수 계획

KASS 수명주기동안 KRS 좌표의 유지보수를 수행하는 목적 은 예기치 못한 이벤트의 영향을 감시하고 좌표의 이력을 관리하 는 것이다. KRS 좌표는 KPS에서 사용되므로 필요하다면 KRS 좌 표값을 업데이트하여 사용할 수 있도록 하여야 한다. 이를 위하 여 측지 측량 유지보수 관리를 위한 계획 및 절차를 수립하여야 한다. 측지 측량 유지보수 계획서는 일정, 사용하는 도구, 사용되 는 장비 (수신기, 안테나 등)를 포함하여야 하며, 측지 측량 유지 보수 절차서는 데이터 측정에 대한 활동, 데이터 처리 및 관리, 좌 표관련 형상 파일 생성 및 전달에 대한 작업을 포함하여야 한다.

2.1 KRS 사이트 측지측량 유지보수 개요

KRS는 GPS 및 GEO 위성의 측정치를 수집하여 KRS 원시 데 이터 (RM, Raw Measurements) 및 미션 모니터링을 위하여 KCS 로 전송하고, 보정 정보 및 무결성 정보를 생성하기 위하여 KPS 로 전송한다. Fig. 1은 KRS의 구성도이며, KASS 안테나, KASS 수

Table 1. KRS geodetic survey sites.

No.	Site Name	Alias	Location
1	Yangju VOR/DME	YJV	111-1, Gamagol-ro 258beon-gil, Jangheung-myeon, Yangju-si, Gyeonggi-do 11521, Rep. of Korea
2	Gwangju LORAN-C	GJL	28-17, Hakgyowolsan-gil, Hakgyo-myeon, Hampyeong-gun, Jeollanam-do 57158, Rep. of Korea
3	Jeju AP	JJA	2, Gonghang-ro, Jeju-si, Jeju-do 63115, Rep. of Korea
4	Jeju TS	JJT	3118-38, Beonyeong-ro, Pyoseon-myeon, Seogwipo-si, Jeju-do 63627, Rep. of Korea
5	Yeong-do NDGPS	YDN	54, Bonsan-ro, Yeongdo-gu, Busan 49124, Rep. of Korea
6	Dodong LH	DDL	291-71, Haengnam-gil, Ulleung-eup, Ulleung-gun, Gyeongsangbuk-do 40221, Rep. of Korea
7	Yangyang AP	YYA	201, Gonghang-ro, Sonyang-myeon, Yangyang-gun, Gangwon-do 25042, Rep. of Korea

신기, KASS 수신기 시각 동기를 위한 기준 시각 제공용 원자 시 계 주파수 생성을 위한 원자 시계, 수신기에서 수집한 GPS 데이 터를 처리하는 장비, KRS 데이터 및 제어 신호를 송수신하기 위 한 네트워크 장비 (FEE, Front End Equipment), KRS 원격 전원 제어 장비 (RPMU, Remote Power Management Unit)로 구성된 다. KRS는 Table 1에 나타난 것과 같이 7개의 사이트에 설치되 었으며 (Cho et al. 2020b), 각 사이트마다 2개 (I 채널, P 채널)의 KASS 안테나가 설치되어 각각 L1, L2 밴드의 GPS와 SBAS GEO 신호를 수신한다.

KASS 서비스는 SoL 서비스를 사용자에게 제공한다. 따라서, KASS는 SoL 사용자를 위하여 KPS에서 보정 정보를 생성하고, 이를 GEO 위성을 통하여 방송한다. 이때, KPS는 정확하고 신뢰 할 수 있는 보정 정보를 계산하기 위하여, 정확한 KRS 안테나 좌 표 값이 필요하다.

KRS 안테나 위치는 지진과 같은 예측할 수 없는 이벤트 혹은 지반의 이동에 따른 영향을 받을 수 있다. 이러한 영향에 의한 성 능 저하를 예방하기 위하여 KRS 안테나 좌표는 주기적인 측지측 량 활동을 통하여 모니터링을 수행하여야 한다. 모니터링 결과가 요구되는 정확도 기준에 만족하지 못 한다면, KPS에서 보정 정 보를 계산할 때 사용하는 KRS 안테나 좌표값을 업데이트 하여야 한다. 따라서, 지속적으로 KRS 사이트에 대한 측지측량을 수행하 며 유지보수 및 관리할 필요가 있다.

2.2 KRS 사이트 측지측량 유지보수 계획

KRS 안테나 좌표는 7개의 사이트에 설치된 안테나의 I 채널 과 P 채널 각각으로 관리한다. KRS 사이트에 대한 측지 측량 유 지보수 활동은 매달 수행되며, 안테나의 Antenna Phase Center (APC) 좌표값으로 기록하여 관리한다. KRS 안테나 좌표를 산출 하는 방법은 초기 측지 측량 (2020년 수행)에서 사용된 RAW 방 법이며, 이 방법은 KASS 수신기에서 수집한 KRS RM을 Receiver INdependent EXchange (RINEX) 파일로 변환하여 온라인 GNSS 데이터 처리 서비스인 Australia Online GPS Processing Service (AUSPOS)에 제출하여 좌표를 산출하는 것이다. 이 때, RM은 24

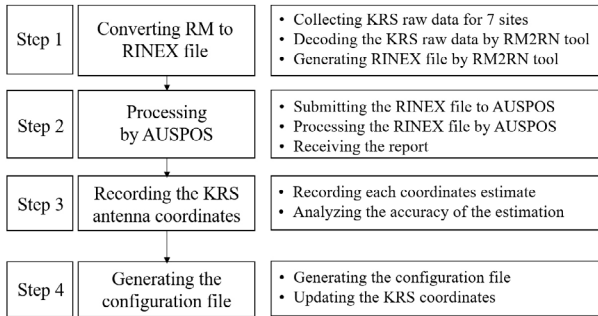


Fig. 2. Procedure of maintenance for the KRS antenna coordinates.

시간의 데이터를 처리한다. 신호를 수신하는 KRS 안테나와 수신기는 각각 Javad 사 GrAnt-G3T-JS와 NovAtel 사 GIII이다.

2.3 KRS 사이트 측지측량 유지보수 절차

Fig. 2는 KRS 사이트의 측지 측량 유지보수 활동에 대한 과정이며, 단계별로 나타내었다. 첫 번째로, 데이터를 백업할 수 있는 KCS에서 KRS 원시 데이터를 수집한다. KRS RM을 디코딩하고, RINEX 파일을 생성한다. 이 때 사용한 도구는 KARI가 개발한 RM을 RINEX로 변환하는 RM2RN 도구이다. 두 번째 단계에서는 생성한 RINEX 파일을 온라인 데이터 처리 프로그램인 AUSPOS에 제출한다. AUSPOS는 이 RINEX 파일을 처리하고, 산출한 좌표에 대한 정보가 포함된 보고서를 이메일로 전달해준다. AUSPOS 보고서는 ITRF2014 (International Terrestrial Reference Frame 2014) 좌표계에서의 xyz 좌표값을 제공하고, GRS80 (Geodetic Reference System 1980) 타원체와 ITRF 2014 좌표계에서의 위도, 경도, 고도 좌표값을 제공한다. 세 번째 단계에서는 두 번째 단계에서 산출된 좌표를 기록하고, 초기 측지측량에서 구한 KRS 안테나 위치값 (IGS, Initial Geodetic Survey)과 유지보수 측지측량을 통해 산출한 위치값 (MGS, Maintenance Geodetic Survey)의 차이를 비교 분석한다. 비교 분석한 KRS 안테나 위치의 정확도가 정해진 기준값을 초과한다면, 네 번째 단계를 수행한다. KPS에서 보정 정보를 계산할 때 KRS 안테나 좌표를 사용하기 때문에 KPS 형상 파일을 생성하여 KRS 안테나 좌표의 현행화 작업을 수행한다.

3. KRS 안테나 좌표 측지 측량

KRS 사이트에는 2020년 12월까지 KRS가 설치되었고, 초기 측지측량을 수행하여 KRS 안테나의 초기 위치값을 산출하였다. KASS 개발이 완료되기 전까지 KRS의 정상적인 운영에 대한 준비 활동이 필요하다. 이 활동 중 하나로 KRS 좌표 유지보수 계획 및 방법을 포함한 절차를 개발하는 것이며 KASS 개발 완료 후에도 지속적으로 KRS 좌표에 대하여 관리를 수행할 수 있도록 KASS 개발 완료 전까지 수행되어야 한다. 본 논문에서는 KRS 사이트에 장비를 설치한 이후부터 시간 경과에 따른 KRS 좌표를 분석하였다.

Table 2. Reference epoch of the collected KRS RM data.

	DDL		GJL		JJA		JJT		YDN		YJV		YYA	
	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P
20210101	0						0		0	0	0			
20210201	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0
20210301			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20210401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20210501			0	0			0	0			0	0	0	0
20210601			0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
20210701			0	0	0	0	0	0			0	0	0	0
20220330	0	0	0	0			0						0	0
20220501	0	0	0				0						0	0
20220601	0	0	0				0						0	0
20220701	0	0	0				0						0	0
20220801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.1 KRS RM 데이터 처리 환경

KRS 사이트에 장비가 설치된 후, 2021년 1월부터 KRS 원시 데이터 수집이 가능하며, KRS 안테나 좌표를 산출하여 분석하였다. 그런데, KRS를 구성하는 일부 장비의 이상 현상이 발생하여, 이에 대한 점검 활동이 수행되었다. 2021년 7월 중순부터 2022년 3월 초까지 이상 현상에 대한 점검 및 대응 작업을 수행 후에 재설치 하였다. 2022년 8월 1일 날짜에 대해서는 7개의 사이트에서 I, P 채널별로 RM을 수집할 수 있었다. RM 데이터의 수집이 가능하였던 날짜를 Table 2에 나타냈으며, 수집한 데이터의 길이는 24 시간이다. 약 30일의 간격으로 RM을 수집하여 처리하였다. 사용한 도구는 RM2RN, AUSPOS, MATLAB이다.

3.2 KRS 안테나 좌표 산출을 통한 추이 분석

본 논문에서는 AUSPOS를 통하여 산출된 KRS 안테나의 좌표와 초기 측지 측량을 통하여 구한 KRS 안테나의 좌표의 차이에 대한 추이를 분석하였다. Figs. 3-5는 I 채널의 KRS 안테나 좌표의 차이 ($\Delta x = x_{MGS} - x_{IGS}, \Delta y = y_{MGS} - y_{IGS}, \Delta z = z_{MGS} - z_{IGS}$)를 각 x, y, z 축에 대하여 나타내며, Fig. 6은 I 채널에 대한 좌표 변화 ($\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$)를 나타낸다. 또한, Figs. 7-9는 P 채널의 KRS 안테나 좌표의 차이 ($\Delta x = x_{MGS} - x_{IGS}, \Delta y = y_{MGS} - y_{IGS}, \Delta z = z_{MGS} - z_{IGS}$)를 각 x, y, z 축에 대하여 나타내며, Fig. 10은 P 채널에 대한 좌표 변화 ($\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$)를 나타낸다.

한반도의 지각은 남동 방향으로 3 cm/년의 속도로 일정하게 이동한다는 연구가 있다 (NGII 2007, Kim et al. 2016). 이와 유사하게 지난 2021년 1월에 비해 2022년 8월이 될 때까지의 각 사이트별로 I 채널과 P 채널에 대한 좌표가 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이 기간 동안의 추이를 1년으로 환산하여 계산해본 결과는 Table 3에 나타낸 것과 같다. 초기 측지 측량 때 안테나 좌표와 유지보수를 준비하기 위한 측지 측량 때의 안테나 좌표에 대하여 x, y, z 축 별로 분석한 결과와 좌표 변화의 값을 통하여 한반도의 지각이 이동에 의해 KRS 안테나 좌표값도 변하는 것을 확인하였다.

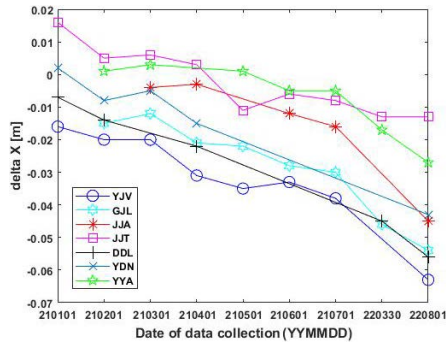


Fig. 3. KRS I ch. antenna position difference between MGS and IGS (X axis).

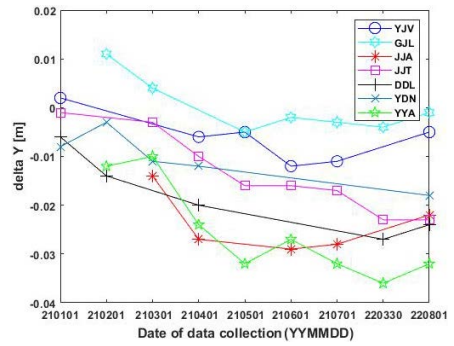


Fig. 4. KRS I ch. antenna position difference between MGS and IGS (X axis).

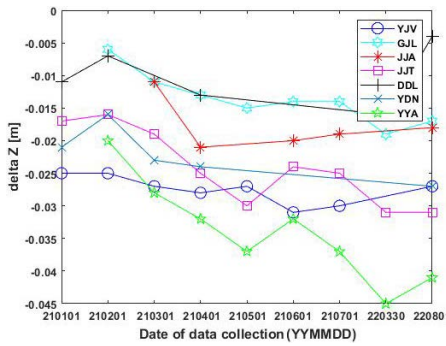


Fig. 5. KRS I ch. antenna position difference between MGS and IGS (X axis).

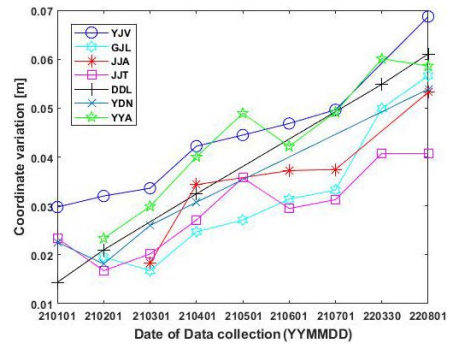


Fig. 6. KRS I ch. antenna position difference between MGS and IGS.

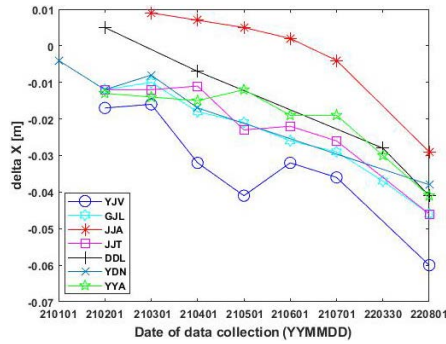


Fig. 7. KRS P ch. antenna position difference between MGS and IGS (X axis).

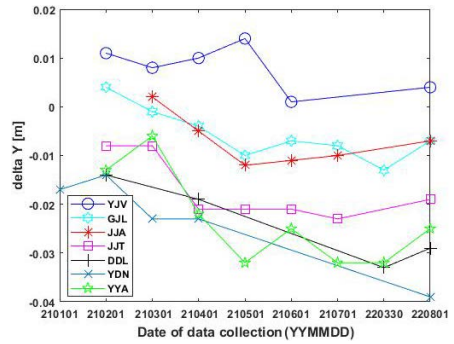


Fig. 8. KRS P ch. antenna position difference between MGS and IGS (Y axis).

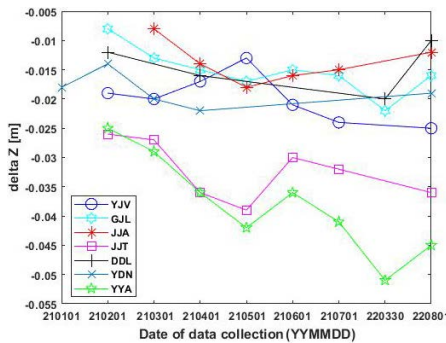


Fig. 9. KRS P ch. antenna position difference between MGS and IGS (Z axis).

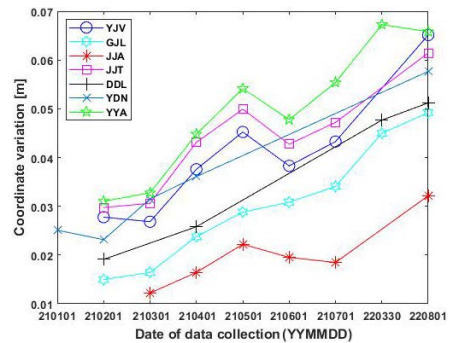


Fig. 10. KRS P ch. antenna position difference between MGS and IGS.

Table 3. KRS coordinate variation per one year.

	DDL	GJL	JJA	JJT	YDN	YJV	YYA
I-Ch (cm)	4.58	3.77	3.55	2.72	4.07	3.59	3.91
P-Ch (cm)	4.34	3.28	2.14	4.09	3.41	3.84	4.39

4. CONCLUSIONS

본 논문에서는 항공위성서비스가 제공되는 15년 (설계수명)의 운영기간동안 KRS 사이트에 대한 측지 측량 유지보수 활동을 수행하여 지속적으로 관리를 수행할 수 있도록 KRS 좌표 유지보수를 위한 활동 및 절차를 기술하였다. 수립한 절차로 지난 2021년 1월부터 매월마다 KRS 좌표를 분석한 결과 시간의 흐름에 따라 KRS 좌표가 변하는 것을 확인하였고, 이는 한반도의 지각이 이동하였기 때문이라고 추측할 수 있었다.

KASS 개발이 완료될 때까지 수립한 절차를 통하여 KRS 좌표에 대한 유지보수를 수행하면서 추이를 살펴볼 예정이다. KASS 개발 이후에도 이러한 KRS 좌표 유지보수 활동을 통하여 산출된 KRS 안테나 위치값을 사용하여 보정정보 및 무결성 정보를 생성할 때 보다 정확한 값을 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 국토교통부 위성항법보정시스템 안전운용기술개발사업의 연구비지원 (22KASS-C164208-02)에 의해 수행되었습니다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, B. S. Lee., Y. Yun. and H. W. Kang.; methodology, S. Cho. And H. W. Kang.; software, H. W. Kang and H. S. Kim; validation, H. S. Kim.; data curation, H. W. Kang.; writing—original draft preparation, H. W. Kang.; writing—review and editing, S. Cho., Y. Yun. And B. S. Lee.; supervision, Y. Yun.; project administration, Y. Yun.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Cho, S., Choi, H., Lee, B. S., & Nam, G. W. 2020a, Multipath Error Analysis and Scenario Generation for Verifying KRS Environment, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 9, 71-77. <http://doi.org/10.11003/JPNT.2020.9.2.71>
- Cho, S., Jang, H. J., Jeong, H. H., Lee, B. S., & Nam, G. W. 2020b, The Development for KASS Reference Station Site, *Journal of Advanced Navigation Technology*, 24, 273-279. <https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.4.273>
- Cho, S., Jang, H. J., Son, M., Lee, J. E., Park, Y., et al. 2017, A Study on the Multipath Effect of Infrastructure for KASS Reference Station, in 2017 IPNT Conference, Jeju Ramada Hotel, Jeju, Korea, 1-3 Nov 2017. <http://ipnt.or.kr/2017proc/68>
- Cho, S., Lee, B. S., Choi, J. Y., & Nam, G. W. 2018, Development of the KASS Multipath Assessment Tool, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 7, 267-275. <https://doi.org/10.11003/JPNT.2018.7.4.267>
- Jang, H. J., Jeong, H. H., Son, M., & Lee, B. S. 2021, Configuration and Construction for the KASS KRS Site Infrastructure, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 10, 139-144. <http://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.139>
- Jeong, H. H., Jang, H. J., Kim, K. T., Lee, J. E., & Lee, B. S. 2021, SAT#1 (Preliminary Integration) Test Results of KASS System, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 10, 145-151. <https://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.145>
- Kim, D., Park, K. D., Ha, J., Sohn, D. H., & Won, J. 2016, Geodetic Analysis of Post-Seismic Crustal Deformations Occurring in South Korea due to the Tohoku-Oki Earthquake, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20, 2885-2892. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0086-4>
- Lee, J. E., Son, M., Jang, H. J., Cho, S., Choi, J. Y., et al. 2017, Survey of Site Candidates for KASS Reference Station Selection, in 2017 IPNT Conference, Jeju Ramada Hotel, Jeju, Korea, 1-3 Nov 2017. <http://ipnt.or.kr/2017proc/117>
- National Geographic Information Institute 2007, Research of the Korean Peninsula, No. 1-1500714-000054-01, Ministry of Construction & Transportation.
- Son, M., Lee, J. E., Jang, H. J., Cho, S., Choi, J. Y., et al. 2017, Method of GPS radio environment survey for KASS Reference Station Site Selection, in 2017 IPNT Conference, Jeju Ramada Hotel, Jeju, Korea, 1-3 Nov 2017. <http://ipnt.or.kr/2017proc/112>
- Son, M., Lee, J. E., Jang, H. J., Cho, S., Choi, J. Y., et al. 2018, Analysis of detailed GPS Radio Environment Survey for KASS Reference Station, in 2018 IPNT Conference, Jeju Ramada Hotel, Jeju, 7-9 Nov 2018. <http://ipnt.or.kr/2018proc/104>
- Son, M., Yun, Y., & Lee, B. S. 2022, Development Status of Operation Concept and Procedures for KASS, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 11, 51-58. <https://doi.org/10.11003/JPNT.2022.11.1.51>



Hee Won Kang received the B.S. and M.S. degrees in the Department of Electronics Engineering from Chungnam National University in 2008 and 2010, respectively. She is now working in Korea Aerospace Research Institute. Her research interests include GNSS system, SBAS ground system and SBAS service provision.



Sunglyong Cho received the B.S. and Ph.D. degree in the Department of Electronics Engineering from Chungnam National University, Korea in 2007 and 2015, respectively. He is now working in Korea Aerospace Research Institute. His research interests include Precise positioning system, SBAS Safety & GNSS measurement analysis (Multipath Error) technologies.



Heesung Kim received the B.S. degree, the M.S. degree and the Doctor's degree in School of Electronics, Telecommunication & Computer Engineering, Korea Aerospace University, Korea, in 2007, 2009, and 2014, respectively. He is a senior researcher in System Engineering & Integration (SEIT), SBAS Program Office. His research interests include Multi-frequency Multi-constellation (MFMC) Network RTK and SBAS.



Youngsun Yun received his B.S., M.S., and Ph.D. degrees in mechanical and aerospace engineering from Seoul National University, Seoul, South Korea, in 2000, 2002, and 2007, respectively. He was a visiting researcher at the Stanford University GPS Laboratory in 2004 and has been a senior software engineer at Samsung Electronics since 2007. He joined Korea Aerospace Research Institute in 2010 and is currently involved in the Korean SBAS (KASS; Korea Augmentation Satellite System) development program. His research interests include GNSS ground- and space-based augmentation system implementation and the related algorithm development and safety assessment regarding certification for aviation.



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.