

KASS 교육 및 시험 도구 개발

Development of the KASS Training and Test Platform

정 환 호* · 박 건 환 · 박 소 라 · 손 민 혁

한국항공우주연구원 위성연구소 위성항법연구부

Hwanho Jeong* · GeonHwan Park · So-Ra Park · Minhyuk Son

Satellite Navigation R&D Division, Satellite Research Directorate, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 34133, Korea

[요 약]

한국형 위성항법시스템(KASS; Korea augmentation satellite system) 교육 및 시험 도구(KTTP; KASS training and test platform)는 KASS 시스템과 독립적으로 운영되는 시스템으로 KASS 운영자 및 유지보수자 교육과 KASS 시스템 검증에 활용하기 위해 개발되었다. KTTP는 각기 1개의 기준국(KRS; KASS reference station), 중앙처리국(KPS; KASS processing station), 위성통신국(KUS; KASS uplink station), 통합운영국(KCS; KASS control station)과 네트워크 벤치(network bench), 정지궤도위성(GEO; geostationary earth orbit) 시뮬레이터로 구성되며 통합운영국 전환을 위해 CMS(central monitoring & control simulator)를 추가 구성하였다. 장비 형상 및 소프트웨어는 KASS 시스템과 동일하다. 따라서 KTTP가 설치되는 장소는 KASS 시스템과 동일하게 사이트 부대시설 수락 검토(SIAR; site infrastructure acceptance review)가 완료되어야 한다. KTTP 검증은 KASS 시스템 통합 및 검증(IVQ; integration, verification, qualification)에 사용된 절차를 기반으로 성능적인 측면보다는 기능적인 측면에 중점을 두어 성능 검증을 완료하였다.

[Abstract]

Korea augmentation satellite system (KASS), KASS training and test platform (KTTP) was developed for KASS operator and maintainer training and KASS system verification, and it is an independently operated system. KTTP has one each of KASS reference station (KRS), KASS processing station (KPS), KASS uplink station (KUS), network bench, geostationary earth orbit (GEO) simulator and added the one central monitoring & control simulator (CMS) to switch the master operation mode to backup. Hardware and software of KTTP are identical to the KASS system. Therefore, the area where KTTP is installed must be verified through site infrastructure acceptance review (SIAR) in the same way as the KASS system. KTTP Verification is based on the KASS system integration, verification, qualification (IVQ) procedure, and verification was completed with a focus on the functionality rather than performance.

Key word : Korea augmentation satellite system (KASS), KASS training and test platform (KTTP), KTTP integration verification qualification (IVQ), Satellite based augmentation system.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.5.588>



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 13 September 2024; Revised 25 October 2024
Accepted (Publication) 28 October 2024 (31 October 2024)

*Corresponding Author; Hwanho Jeong

Tel: +82-42-870-3548

E-mail: hhjeong@kari.re.kr

I. 서 론

전 세계에서 운영중인 위성항법보정시스템(SBAS; satellite based augmentation system)은 국제민간항공기구(ICAO; International Civil Aviation Organization)에서 도입을 권고한 항행시스템으로 SARPs (standards and recommended practices) Annex 10.의 기준으로 개발된다. ICAO SARPs Annex 10.에 근거하여 개발된 SBAS 서비스는 대륙간 이동하는 항공기가 SBAS 수신기를 탑재하였을 경우 지역별 운영중인 SBAS 보정 신호를 사용할 수 있으며 서비스 지역이 변경되더라도 변경된 SBAS 보정신호를 사용할 수 있다[1].

SBAS 시스템은 미국의 WASS(wide area augmentation system)를 시작으로 유럽 EGNOS(european geostationary navigation overlay service), 일본 MSAS(multi-functional satellite augmentation system), 인도 GAGAN (GPS aided GEO augmented navigation system), 한국 한국형 항공위성서비스 (KASS; Korea augmentation satellite system)가 현재 SBAS 서비스를 제공하고 있다. 러시아 SDCM (system for differential corrections and monitoring), 중국 BDSBAS (beidou satellite based augmentation), 아프리카 ANGA (augmented navigation for africa), 오세아니아 SouthPAN (southern positioning augmentation network)은 SBAS 시스템을 개발하고 있다.

KASS는 GPS(global positioning system) 신호를 수집하는 기준국(KRS; KASS reference station) 7개소, 수집된 신호를 기반으로 SBAS 메시지를 생성하는 중앙처리국 2개소(KPS; KASS processing station), 생성된 보정신호를 정지궤도위성(GEO; geostationary earth orbit)으로 전송하는 위성통신국(KUS; KASS uplink station) 2개소, KASS 시스템 모니터링을 위한 통합운영국(KCS; KASS control station) 2개소로 구성되며 2014년 10월 30일 개발을 시작으로 3단계에 걸쳐 개발이 완료되었다. 1단계는 시스템 기본 설계 및 국내의 개발업체 선정, 2단계는 시스템 상세 설계 및 제작, 3단계는 시스템 설치 및 통합/검증을 수행하였고 검증된 결과를 기반으로 성능적합증명 완료 후 2023년 12월 28일 항공용 서비스(SoL; safety of life) 신호 제공을 시작하였다[1],[2].

KASS 시스템을 운영하기 위해서는 SBAS 및 KASS 시스템에 대한 기본 지식과 KCS를 사용한 KASS 시스템 모니터링 및 제어 관련 운영 기술이 필요하다. 하지만 실제 운영중인 시스템을 기반으로 운영 기술을 습득하기에는 제약사항이 많으므로 별도의 운영 기술 습득을 위한 교육 훈련용 도구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 KASS 시스템과 별도로 독립적으로 운영되는 KASS 교육 및 시험 도구(KTTP; KASS training and test platform) 구축 및 검증과 관련된 전반적인 활동 내용에 대해 기술하였다.

II. KTTP 구축

KTTP 구축의 목적은 서론에서 언급되었듯이 KASS 시스템 운영을 위한 교육 이외에 KASS 시스템 및 하위시스템 형상(configuration)을 검증하는 시험용 도구로 활용하기 위함이다. 따라서 KTTP의 장비는 KASS 시스템과 동일한 환경 및 장비로 구성되어야 하며 제품 단종으로 인해 장비 구성이 어려운 상품품의 경우 기능 호환이 가능한 장비로 대체하여 구성해야 한다.

2-1 KTTP 요구사항

KTTP는 KASS 시스템 및 하위시스템 형상 검증을 위한 도구로 사용되기에 운영중인 장비 환경 요구사항을 만족해야 한다. 따라서 KTTP가 설치되는 장소에 대한 사이트 부대시설 수락 검토(SIAR; site infrastructure acceptance review)를 통해 요구사항 만족여부 확인 후 장비를 설치해야 하며 사이트 요구사항은 표 1과 같다.

KTTP 설치 장소에 대한 접근성, 보안, 위치 등에 대한 요구사항은 일반 항목(general)에 포함되어 있으며 내/외부 장비 설치, 보관, 운영을 위한 환경, 전원 공급, 접지, 네트워크 연결 등과 관련된 요구사항은 건물 및 장비(building & equipment) 항목에 포함되어 있다.

GNSS(global navigation satellite system) 안테나 수평 양각(CH; clear horizon), 다중경로(MP; multi-path), 전자기 간섭(EMI; electro magnetic interface) 요구사항은 안테나 및 무선주파수(antenna & rf environment) 항목에 포함되어 있으며 장비 설치 및 운영에 필요한 요구사항은 사이트 물류 및 지원(hosting entity logistic & support) 항목에 포함되어 있다. KTTP 내/외부 운영 환경 및 설치 장소와의 연계성 요구사항은 인터페이스(interface) 항목에 포함되어 있다.

기타사항으로 KUS GNSS 케이블은 캐비닛 윗부분에서 수신 장비로 연결되어야 한다.

2-2 KTTP 장비 구성

KTTP는 교육 및 시험용 장비로 활용되므로 KASS 시스템과 동일한 수량으로 장비를 구성할 필요는 없다. 따라서 표 2와 같이 KTTP의 장비의 수량은 KASS 시스템과 차이가 있으며 전국에 설치된 장비를 연결하는 네트워크(network)는 네트워크 벤치(network bench)로, GEO는 GEO 시뮬레이터로 대체하여 구성한다. KCS의 경우 현장수락시험(SAT; site acceptance test)#1에서 사용한 CMS(central monitoring & control simulator)를 부(backup)으로 사용하여 주(master)부 전환이 가능하도록 구성하였다.

청주 중앙처리-통합운영국(MCC; mission control center)은 KTTP 사이트 요구사항을 만족하기에 그림 1과 같이 장비 운영실에 설치되어 있으며 왼쪽에서부터 KCS, KPS, KRS, SGS, 네트워크 벤치/GEO 시뮬레이터 순서로 설치가 되었다. 기타

표 1. KTCP 사이트 요구사항

Table 1. KTCP site requirement.

Category	Requirement list
General	General
Building & equipment	Building
	Building indoor layout
	Building outdoor layout
	Environmental indoor operational condition
	Fire safety
	Electric power distribution & safety
	Grounding and lightning protection systems
	Cable constraint and accommodation
	Network & communication
Antenna & RF environment	CH for GNSS antenna
	MP for GNSS antenna
	EMI for GNSS antenna
Hosting entity logistic & support	Equipment reception, storage & handling
	Support during on-site operations
	Site survey
	Site acceptance
	Deployment & validation activities
Interface	Site condition
	Site-KTCP interface condition

표 2. KTCP 장비 구성

Table 2. Configuration of KTCP.

Equipment	KASS	KTCP	Remark
KRS	7	1	
KPS	2	1	
KUS	2	1	
KCS	2	1(1)	1 KCS, 1 CMS
Network	1	0	Replace Network with network bench
GEO	1	0	Replace GEO with GEO simulator

요구사항이었던 KUS GNSS 안테나 케이블은 그림 2의 실제 운영 중인 위성통신국과 같이 구성이 되어야 하므로 KRS 캐비닛 상부에 케이블 트레이를 설치하여 상부에서 KUS 케이블 인입이 가능하도록 하였다.

2-3 KTCP 네트워크 구성

KASS SBAS 신호를 생성하기 위한 최소 요구조건은 4개의 KRS와 각각 1개의 KPS, KUS, KCS가 필요하다. KTCP의 경우



그림 1. KTCP 장비 설치
Fig. 1. Installation of KTCP HW.



그림 2. KASS 시스템 KUS 설치
Fig. 2. KUS installation of KASS system.

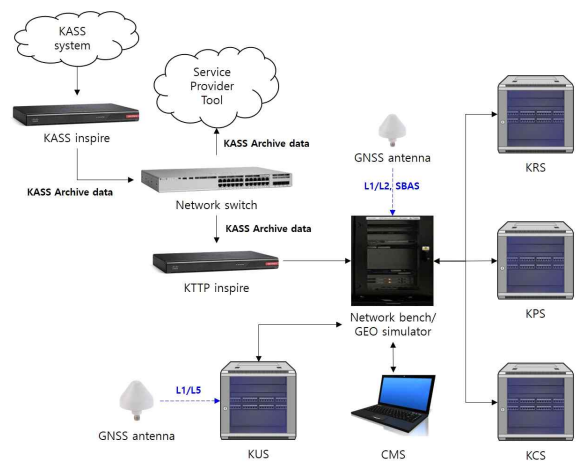


그림 3. KTCP 인터페이스 구성도
Fig. 3. Configuration of KTCP interface.

KPS, KUS, KCS가 각 1개로 구성 조건을 만족하지만 KRS의

경우 1개만 존재하기에 SBAS 신호를 생성할 수 없다. 따라서 그림 3과 같이 KTTTP는 KASS 시스템에서 수집된 실시간 KASS Archive 데이터에서 6개의 KRS 데이터를 추가 활용하여 7개의 KRS를 구성하고 KPS에서 SBAS 신호 생성 후 KUS를 통해 RF 시뮬레이터로 전송한다. GEO 시뮬레이터에서 생성된 GEO 신호는 다시 KRS 장비로 전송되어 SBAS 메시지를 생성할 수 있는 항법 체인을 구성하게 된다.

III. KTTTP 검증

KTTTP는 네트워크와 GEO를 제외한 구성이 KASS 시스템과 동일하기에 KASS 시스템 검증 절차 중 일부 KTTTP 검증에 적용하여도 검증 절차 및 방법에 문제가 없다. 또한 KASS SoL 신호 제공에 사용되는 검증된 소프트웨어를 KTTTP에 적용하기에 알고리즘 측면의 성능적인 검증보다는 기능적 측면 위주로 검증을 수행한다. KTTTP 검증 방식은 KASS 시스템 검증과 동일하게 각 세부단계별 결과를 만족시키지 못하면 해당 시험 항목(test case)를 제외하고 다른 시험항목 및 다음 세부 단계 검증이 불가하다[3].

KTTTP 검증은 KTTTP KCS를 사용하여 수행되며 KCS는 제어와 감시를 담당하는 CCF(central control function), 형상관리 및 데이터 저장을 담당하는 SF(support function), KCS 시뮬레이터인 CMS, 유지보수에 사용되는 LME(local maintenance equipment)로 구성되고 CCF와 SF는 독립적으로 운용된다. CCF는 UIC(user interface ccf)를 통해 모니터링 및 제어 기능을 수행하고 SF는 UIS-C(user interface sf-configuration)를 통해 형상관리, UIS-A(user interface sf-archive)를 통해 저장관리 기능을 수행한다[4].

KTTTP 검증 항목은 표3과 같이 10개의 시험항목에 포함된 각각의 세부 단계를 검증하는 절차로 수행된다.

1단계 시험항목은 KTTTP를 구성하는 장비의 형상 파일을 외부에서 KTTTP UIS-C로 삽입(import) 후 KTTTP 내부에서 사용할 가능한 형식으로 변환 및 생성(generate), KCS 내부 장비로 전송(transfer) 및 배포(deploy)하는 기능을 검증한다.

2단계 시험항목은 UIS-C에서 배포된 형상 파일을 추출(export)하여 외부데이터 수집장치(EDA; external data access)에 설치하고 EDA를 통해 획득된 IERS(international earth rotation and reference systems service) 파일을 UIS-C로 삽입하는 기능을 검증한다.

3단계, 4단계, 6단계 시험 항목은 KCS CCF를 구성하는 M&C(monitors & control), MIMO(mission monitoring), NOTAM I/F(notam interface), 하위시스템을 네트워크로 연결해주는 FEE(front end equipment), KRS, KPS, KUS 장비에 UIS-C를 통해 배포된 형상 파일 설치 기능을 검증한다.

5단계 시험항목은 KRS, KPS, KUS 원격전원관리장치(RPMU; remote power management unit) on/off 제어 기능을 검

증한다.

7단계 시험항목은 KTTTP 장비에 설치된 소프트웨어 버전 추출 기능을 검증하는 단계이며 추출된 소프트웨어 버전과 1단계에서 삽입한 형상 파일 동일 여부를 추가로 확인한다.

8단계 시험항목은 KTTTP 방화벽을 연결하여 실시간으로 KASS Archive 데이터가 수신되고 6개의 기준국 정보가 UIC에 도시되는 기능을 검증한다. 그리고 네트워크 벤치를 통해 KTTTP 방화벽으로 KTTTP 장비 연결 없음을 확인하고 실제 도시되고 있는 KRS에 제어 명령 인가 후 네트워크 연결 불가 기능을 검증한다.

9단계 시험항목은 1개의 KTTTP KRS와 6개의 KASS KRS 데이터를 이용한 SBAS 메시지 생성과 GEO 시뮬레이터를 통한 SBAS 신호를 검증한다.

10단계 시험항목은 UIC에서 생성된 KTTTP Archive 데이터가 UIS-A로 전송 기능을 검증한다.

IV. KTTTP 활용

KTTTP는 KASS 시스템 운영 인원에 대한 교육 및 시스템에 적용되는 형상파일 사전 검증을 위해 개발되었다.

운영자의 경우 주기적인 IERS 업데이트 수행을 통해 시스템 인터페이스 및 운영 방법에 좀 더 익숙해질 수 있도록 운영 교육을 수행하고 있으며 유지보수자의 경우 KASS 시스템을 구성하는 장비 교체가 필요하면 KTTTP를 통해 주의사항 및 필요 부자재를 확인하고 작업자의 실수 예방을 위한 선행 모의 훈련을 수행하고 있다.

IERS를 업데이트할 때는 KTTTP를 활용하여 IERS 파일 검증을 수행하고 문제가 없으면 KASS 시스템에 업데이트를 수행하여 시스템 운영 안전성을 보완하였다.

표 3. KTTTP 검증 항목

Table 3. Verification list of KTTTP.

Step	Test case
1	Import, Generate, Transfer the Configuration Package
2	Export EDA data to UIS-C
3	Deploy on KCS M&C/MIMO/NOTAM
4	Deploy on FEEs
5	Individual Power Control
6	Deploy on others subsystems
7	Audit
8	Safety barriers check
9	GEO Acquisition
10	UIS-A data archived check

V. 결 론

현재 KASS 시스템은 실시간 SoL 서비스를 국내 인천 비행 정보구역(FIR; flight information region)에 제공하고 있으며 청주 및 인천 MCC 운영자들에 의해 운영되고 있다.

운영자들이 24시간 실시간으로 비상 상황에 대처하기 위해서는 KASS 시스템에 대한 운영 경험 및 능력이 필요하지만 운영중인 시스템을 활용한 역량 강화에는 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해 KASS 시스템과 독립적이면서도 동일한 구성의 시스템에 대한 필요성을 기반으로 KFTP가 구축되었다.

KFTP는 각 장비의 사이트 요구사항을 만족하고 KASS 시스템과 동일한 소프트웨어를 적용하고 KASS 시스템 검증에 사용된 절차를 적극 활용하여 신뢰성 있는 검증을 수행하였다.

현재 KFTP는 KASS 운영자 및 유지보수자 초기 교육 및 직무 관련 재교육에 활용되고 있으며 주기적인 KASS 시스템 업데이트에 사전 검증에 사용되고 있다.

향후 KFTP는 KASS GEO 2호기 운영과 관련된 소프트웨어 및 시스템 형상 파일 사전 검증에 사용되어 KASS 시스템의 안전성 및 신뢰성을 검증할 예정이다.

Acknowledgments

본 연구는 국토교통부 위성항법보정시스템 안전운용기술개발 사업의 연구비지원(RS-2021-KA164208)에 의해 수행되었습니다.



정 환 호 (Hwanho Jeong)

2008년 2월 : 충남대학교 항공우주공학 (공학사)
2010년 2월 : 충남대학교 항공우주공학 (공학석사)
2020년 1월~현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원
※관심분야 : 위성항법 보정시스템, 위성항법시스템 운영, 무인항공기



박 건 환 (GeonHwan Park)

2022년 2월: 한서대학교 항공산업공학 (공학사)
2024년 2월: 한서대학교 항공운항관리학과 (이학석사)
2024년 4월~현재: 한국항공우주연구원 연구원
※관심분야 : 위성항법 보정시스템, 항공교통



박 소 라 (So-Ra Park)

2018년 2월: 전북대학교 항공우주공학 (공학사)
2017년 7월~2019년 1월: 하이즈복합재산업(주) 연구원
2021년 2월: 인하대학교 항공우주공학 공학석사
2021년 8월~2024년 2월 : 씨앤와이더스(주) 전임연구원
2024년 5월~현재 : 한국항공우주연구원 연구원
※관심분야 : 위성항법 보정시스템, 우주궤도, 위성자세제어

References

- [1] H. H. Jeong, M. H. Son, B. and S. Lee, "Integration, verification, qualification activities for KASS system," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 27, No. 6, pp. 783-788, Dec. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.12673/jant.2023.27.6.783>.
- [2] Korea Augmentation Satellite System. Business outline [Internet]. Available: <https://www.KASS.re.kr/sub01/sub0102.php>.
- [3] H. H. Jeong, H. J. Jang, K. T. Kim, J. E. Lee, and B. S. Lee, "SAT#1 (Preliminary Integration) test results of KASS system," *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, Vol 10, No. 2, pp. 145-151, Jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.11003/JPNT.2021.10.2.145>.
- [4] D. H. Won, C. H. Choi, E. S. Lee, H. T. Cho, D. I. Jang, E. O. Jang, H. T. Lim, H. S. Lee, J. J. Kim, and J. H. Choi, "Development of ground monitoring and control system for Korea Augmentation Satellite System," *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, Vol 12, No. 2, pp. 185-200, Jun, 2023. DOI: <https://doi.org/10.11003/JPNT.2023.12.2.185>.



손민혁 (Minhyuk Son)

2009년 2월: 대구대학교 전자공학 (공학사)

2011년 2월: 대구대학교 전자공학 (공학석사)

2011년 9월~현재: 한국항공우주연구원 선임연구원

※관심분야 : 위성항법 보정시스템, 위성항법 정밀위치결정, 위성항법시스템 고장 검출