

A Study on the Verification Method for KASS Control Station

Koontack Kim[†], Dae Hee Won, Yeol Park, Eunsung Lee
GNSS R&D Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

ABSTRACT

The Korea Augmentation Satellite System (KASS) is a Korean Satellite Based Augmentation System (SBAS) that has been under development since 2014 with the goal of providing Approach Procedure with Vertical guidance (APV)-I Safety of Life (SoL) services. KASS Control Station (KCS) is a subsystem that controls and monitors KASS systems. It also serves to store data generated by KASS. KCS has now completed detailed design and implementation and verification is in progress. This paper presents verification procedures and verification items for KCS verification activities and presents management measures for defects occurring during the verification phase.

Keywords: KASS, SBAS, KCS, verification

1. INTRODUCTION

Satellite Based Augmentation System (SBAS)는 Global Positioning System (GPS) 신호를 이용한 사용자의 위치 및 시각 결정 시 정확성, 연속성, 무결성, 가용성 측면에서 높은 신뢰도를 보장할 수 있도록 하는 위성항법보강시스템이다. 미국의 Wide Area Augmentation System (WAAS), 유럽의 European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), 일본의 Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS), 인도의 GPS-Aided GEO Augmented Navigation (GAGAN)이 운영 중에 있으며, 러시아의 GLONASS System for Differential Correction and Monitoring (SDCM), 중국의 BeiDou Satellite-Based Augmentation System (BDSBAS)도 개발 및 구축 중에 있다 (Park et al. 2016). 2014년 10월 한국형 위성항법보강시스템인 Korea Augmentation Satellite System (KASS)은 개발 및 구축 사업이 착수되었으며 현재는 전세계에서 7번째 서비스 제공자로 등록되었다 (ICAO 2020, Lee et al. 2020).

국제민간항공기구인 International Civilian Aeronautical Organization (ICAO)는 SBAS 신호를 표준으로 규정하고 있

Table 1. KASS performance.

Phase	Accuracy		Integrity	Time to alarm	Continuity	Availability
	Horizontal	Vertical				
APV-I	16 m	20 m	$2 \times 10^{-7} / 150$ s	10 s	$8 \times 10^{-6} / 15$ s	99.0%

으며, KASS 시스템은 ICAO에서 발행한 Standards And Recommended Practices (SARPs) Annex10에 제시되어 있는 SBAS 항공기 운항 모드에 따른 SBAS 요구사항을 따른다. KASS 시스템은 수직유도 정밀접근절차인 Approach Procedure with Vertical Guidance-I (APV-I)급 성능을 목표로 하며 대한민국 비행정보구역인 Flight Information Region (FIR)에 제공되는 KASS 시스템 서비스의 성능은 Table 1과 같다 (Authie et al. 2017, You & Sin 2017).

KASS는 KASS Control Station (KCS), KASS Reference Station (KRS), KASS Processing Station (KPS), KASS Uplink Station (KUS)와 Geostationary Earth Orbit (GEO) 위성으로 구성되어 있다. 전국에 설치된 KRS는 GPS 위성 신호를 수신하여 KPS로 전달하고, KPS는 전달받은 GPS 신호를 이용하여 GPS 보정정보와 무결성 정보를 포함하는 KASS 메시지를 생성한다. KPS에서 생성된 KASS 메시지는 KUS로 전달되며 KUS는 GEO 위성으로 KASS 메시지를 전송한다. GEO 위성은 KASS 메시지를 사용자에게 송신하고 사용자는 수신한 KASS 메시지를 사용자 위치계산 시 오차를 보정하는데 사용한다 (Kim et al. 2017). Fig. 1은 KASS 시스템 구성과 서비스 개요를 보여준다.

KCS 역할은 하위시스템을 24시간 실시간 제어 및 모니터링하며, KASS 시스템에서 생성된 데이터를 저장하는 것이다. KCS의

Received May 11, 2021 Revised Aug 11, 2021 Accepted Aug 18, 2021

[†]Corresponding Author

E-mail: koon3@kari.re.kr

Tel: +82-42-870-3977 Fax: +82-42-860-2789

Koontack Kim <https://orcid.org/0000-0001-9013-4763>

Dae Hee Won <https://orcid.org/0000-0003-3183-1352>

Yeol Park <https://orcid.org/0000-0001-7474-7498>

Eunsung Lee <https://orcid.org/0000-0003-4565-5863>

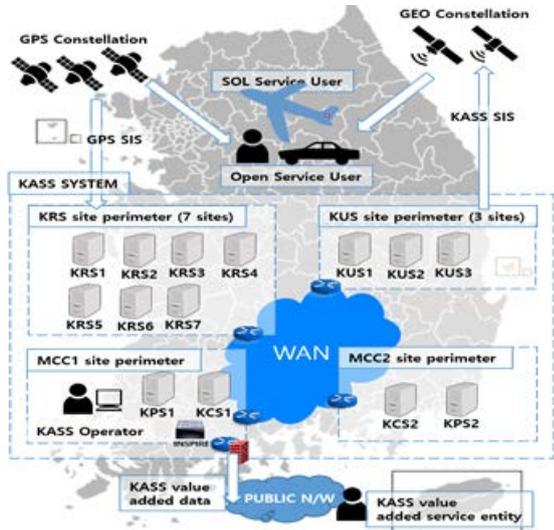


Fig. 1. KASS system overview.

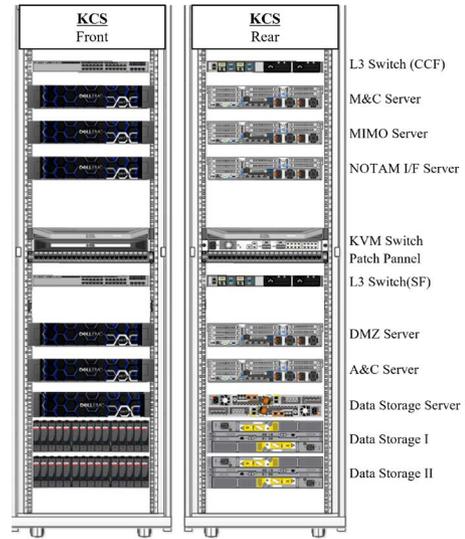


Fig. 2. KCS server rack.

Table 2. KCS product.

System	Product	Description
CCF	M&C	Provide the centralized M&C function of KASS subsystem
	MIMO	Provide the function to monitor the SOL service performance
	UIC	Provide the user interface for KASS subsystem M&C
SF	LME	Provide the function to check the KASS subsystem and troubleshooting the generated problems
	CMS	Provide the function for KAS subsystem simulation
	A&C	Provide the archive file management and configuration data received by CCF to CCF
NOTAM I/F	EDA	Collect the reference data from external site and transmit the industry data to A&C
	UIS	Provide the Archive user interface
	NOTAM I/F	Transmit the information using interface with NOTAM service provider

주요 기능은 임무 모니터링 (Mission Monitoring Function), 시스템 제어 및 모니터링 (System Control Function), 데이터 수집 및 아카이빙 기능(Data Collection and Archiving Function), KASS 시스템 정보 제공이다. 시스템 제어 및 모니터링 기능은 하위 시스템 제어 (Subsystem Control), 형상 관리 기능 (Configuration Management Function), 이벤트 관리 기능 (Event Management Function)으로 구분한다. 이러한 주요 기능 외에도 주요 기능의 구현을 지원하는 로깅과 운영자 인증 등의 기능이 있다.

KCS구성은 운영을 위한 Central Control Function (CCF), Support Function (SF), Notice To AirMen InterFace (NOTAM I/F)와 통합 및 검증을 위한 Central Monitoring & Control Simulator (CMS), 그리고 유지보수를 위한 Local Maintenance Equipment (LME)로 되어 있다. CCF는 KASS 시스템을 모니터링 하고 제어하는 Monitoring & Control (M&C), KASS 시스템의 성능을 모니터링하는 Mission Monitoring (MIMO) 그리고 사용자에게 이벤트, 알람과 M&C, MIMO를 사용할 수 있도록 그래픽을 통해 작업할 수 있는 환경을 제공하는 User Interface CCF (UIC) 로 구현된다. 그리고 SF는 구성데이터 생성 및 감사 기능을 제공

하는 Archive & Configuration (A&C), KASS 시스템에서 생성되는 데이터를 일정기간 동안 보관 및 관리하는 Data Storage, CCF 와 SF 간의 파일 전송을 위한 Demilitarized Zone (DMZ), 외부 Reference data를 수집하는 External Data Access (EDA), 마지막으로 SF를 위한 그래픽 작업 환경을 제공하는 User Interface SF (UIS)로 구현된다 (Yun et al. 2020). KCS 구성 장비 중 CMS와 LME는 KCS 개발자 및 운영자가 검증 및 유지보수 시 사용하기 위해 휴대가 용이한 노트북으로 제작된다. UIC, UIS, EDA는 워크 스테이션으로 제작되며, M&C, MIMO, NOTAM I/F, DMZ, A&C, Data Storage는 서버로 제작하게 된다. Table 2는 KCS 장비에 대한 정의를 보여주며, Fig. 2는 KCS 캐비닛에 설치되는 KCS 장비 구성을 보여준다.

KASS 시스템 개발과 관련하여 Lee & Nam (2020)은 KASS 전체 시스템의 연동 및 검증을 위한 절차와 방법을 제시하였으며 Kim et al. (2017)은 KCS 장비 및 소프트웨어 개발을 위한 요구사항 분석을 수행하였다. Yun et al. (2020)은 KCS 구현 고려사항, 시스템 구조 등의 분석을 수행하였으나 상세설계 완료 이전의 분석으로 대략적인 방안을 제시하였다. 본 논문은 KCS 상세설계 완료 이후 KCS 구축 및 검증 단계에서 European Cooperation for Space Standardization (ECSS) 표준을 기반으로 하여 KCS 검증에 대한 접근 방법과 검증절차 및 항목을 구체적으로 제시한다. ECSS는 유럽우주국인 European Space Agency (ESA)에서 발행한 표준으로 KASS 시스템 개발은 이 표준을 따르고 있다 (Kim & Lee 2020). ECSS 표준의 구성은 Fig. 3과 같으며 본 논문에서는 ECSS 표준에서 Q-10 Product assurance management, Q-40 Safety, E-10 System engineering, E-40 Software engineering를 기반으로 KCS 검증 방법을 제시한다. 본 논문 2 장에서는 KCS 검증활동을 위한 접근방법과 KCS 요구사항 분류 결과를 제시한다. 3장에서는 KCS 통합 검증방안을 제시하며, 4 장에서는 KCS 검증단계에서 발생하는 결함관리 방안을 제시한다. 5장에서는 KCS 검증을 위한 플랫폼의 구성을 제시하며, 6 장에서는 순차적 방법으로 KCS를 검증하는 결론을 맺는다.

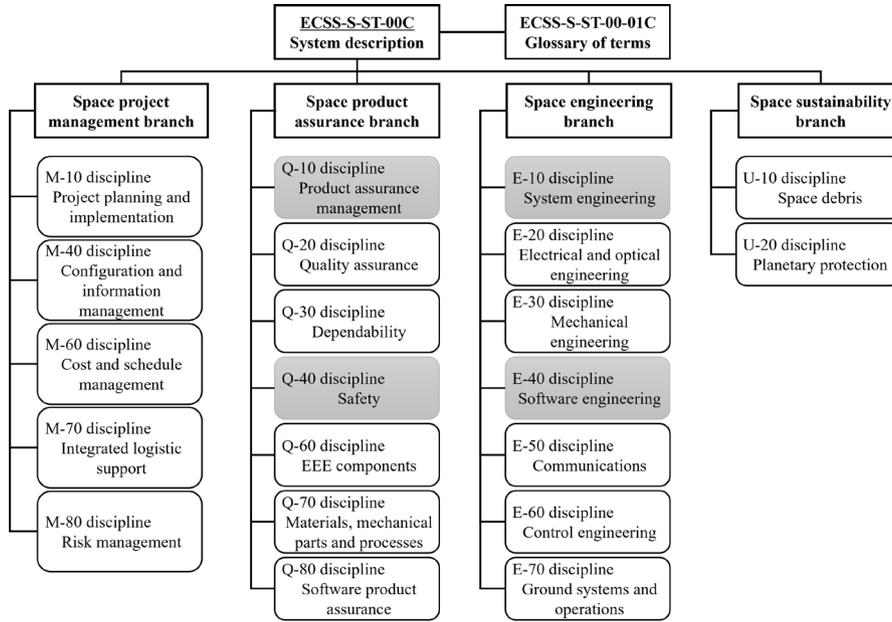


Fig. 3. ECSS standard organization (Kim & Lee 2020).

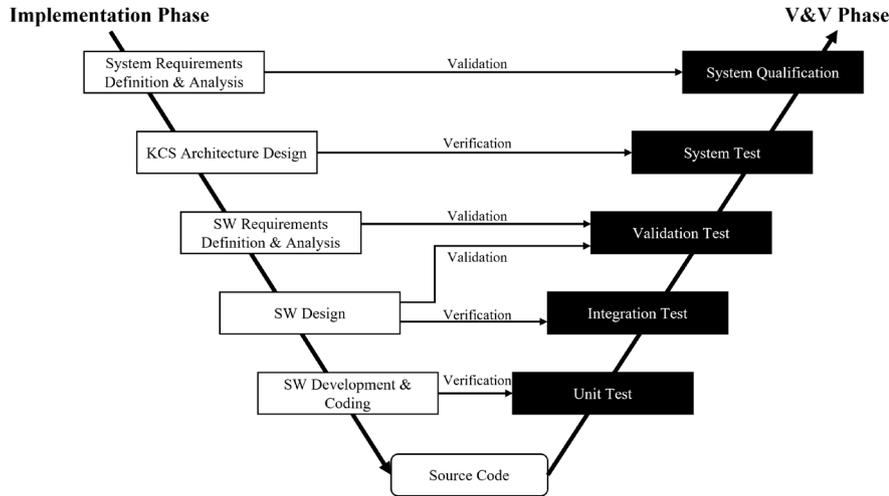


Fig. 4. KCS V&V model.

2. KCS VERIFICATION

2.1 KCS Verification Approach

KCS 개발 및 검증을 위해 적용하는 Verification & Validation (V&V) 모델은 ECSS-E-ST-40C (2009)를 기반으로 요구사항 정의 및 분석, 시스템 설계, 구현, 테스트라는 일련의 과정을 통해 시스템을 개발하는 폭포수 개발 모델을 적용한다. 검증은 한번에 이루어지는 것이 아니라 각각의 개발 단계에 대응하는 검증 및 유효성 확인 수준이 독립적으로 존재하며 KCS 구현 및 검증에 적용하는 V&V 모델은 Fig. 4와 같다.

KCS V&V 모델에서 검증 및 유효성 확인을 위한 검증 수준

은 단위시험(Unit test), 통합시험(Integration test), 확인시험(Validation test), 시스템 시험(System test)으로 구분한다. Table 3은 각 검증 수준에 따른 시험 항목을 보여준다.

2.2 KCS Verification Method

ECSS 표준에서 시스템 검증에 대한 표준인 ECSS-E-ST-10-02C (2009)는 시험 (Test), 분석 (Analysis), 설계검토 (Review of design), 검사 (Inspection)를 시스템 검증 방법으로 사용한다. 시험은 일반적으로 제품의 성능 및 디자인 검증에 대한 높은 신뢰도를 제공하므로 선호되는 검증 방법이다. 시험을 수행할 수 없는 경우 분석이 이를 대체하거나 보완한다. 분석은 정확한 시물

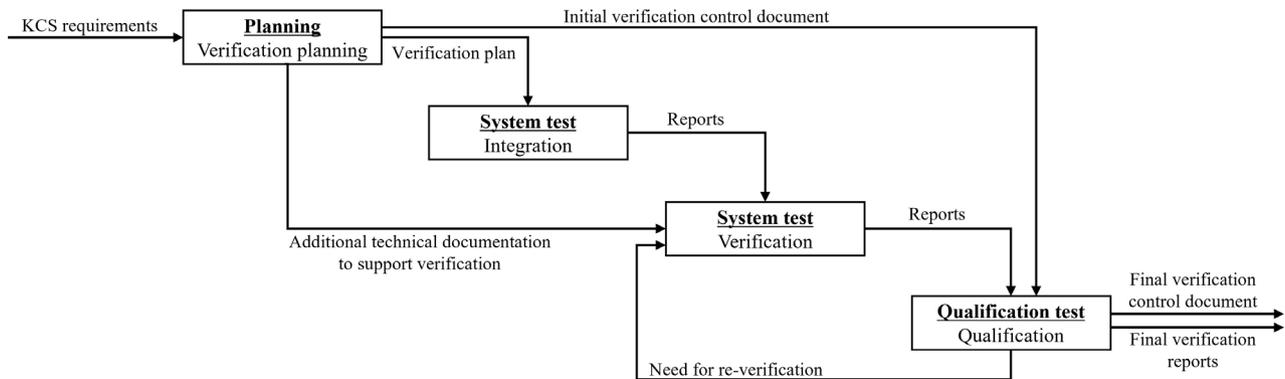


Fig. 5. KCS verification process.

Table 3. KCS verification levels.

Level	Subject
Unit test	Basic path test
	Error handling path test
	Interface test in component
	Local data and boundaries value test
Integration test	Function test
	Non-function test
	Interface test
Validation test	Performance test
	Technical specification (TS) test
	Requirements baseline (RB) test
System test	Function test
	Non-function test
	Interface test
	Performance test

Table 4. Verification method by KCS requirement.

Method	Inspection	Analysis	Review of design (ROD)	Test	ROD/Test	Total
SW	-	6	86	272	6	370
RAMS	-	6	6	-	-	12
ILS	-	-	18	-	-	18
HW	5	2	3	-	-	10
MCC	18	2	23	6	-	49
IVQ	-	-	4	1	-	5
Total	23	16	140	279	6	464

레이션이 될 수 없거나, 전체 스펙트럼을 테스트하는 것이 일정 및 비용 측면에서 가능하지 않을 경우 적용하는 검증 방법으로 분석 기법을 적용하여 이론적 또는 경험적 평가를 수행한다. 설계 검토는 승인된 기록 또는 증거 (예: 설계 문서 및 보고서, 기술 설명, 엔지니어링 도면)를 사용하여 요구 사항 충족을 확인하는 검증 방법이다. 검사는 물리적 특성에 대한 시각적 결정으로 확인하는 검증 방법이며 설계검토 검증 방법을 보완할 수 있다. KCS는 ECSS-E-ST-10-02C (2009)를 근거로 KCS 요구사항 검증 기준을 정의한다. KASS 시스템 개발을 위해 시스템 레벨에서 KCS에 할당된 요구사항은 총 464개이며 검증방법에 따라 분류한 현황은 Table 4와 같다. KCS 요구사항은 Software (SW), Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), Integrated Logistics Support (ILS), Hardware (HW), Master Control Center (MCC), Integration Verification Qualification (IVQ) 항목으로 구

Table 5. Key activities in the KCS verification process.

Process	Activities
Integration	Pre-check the H/W and S/W integration environment of KCS
	Configure the interface test data between systems
	Confirm the processing ability of interface data flow between KCS systems
Verification	Modify/Supplement the integration test execution log (i.e. interface Test Procedure)
	Create the integration activity history and report document
	Confirm the proper operation of KCS SW/HW functions
Qualification	Configure the Function/Non-function/Performance test data
	Confirm the satisfaction of requirements for system function/non-function/performance
	Modify/Supplement the verification test log (i.e. function/non-function/interlock/performance Test procedure)
Qualification	Create the verification history and report document through verification activities
	Create the verification history and report document
	Confirm the KCS verification/test history and result
Qualification	Demonstrate the satisfaction of technical requirement
	Confirm and approve the KCS release preparation status

분하며, 검증방법에 따른 분류 과정에서 설계검토 검증 방법으로 식별된 요구사항 중 시험에 의한 검증이 가능한 6개의 요구사항에 대하여 시험 검증 방법을 추가로 적용한다.

2.3 KCS Verification Process

KCS 검증 절차는 KCS 통합 (Integration)과 검증 (Verification) 활동을 수행하는 시스템 시험 (System test)과 KCS 품질보증 (Qualification) 활동을 수행하는 품질보증 시험 (Qualification test)을 의미하며 시스템 통합, 검증, 품질보증의 IVQ 활동 순서로 KCS IVQ 플랫폼에서 실시한다. Fig. 5는 KCS 검증 절차 순서를 보여준다.

KCS 통합은 인터페이스 요구사항에 정의된 프로토콜 규약에 따라 하위시스템간 데이터 송수신 통신 채널의 정상적 작동 상태를 확인하고, KCS HW/SW 주요 기능의 정상적인 동작 여부를 시험을 통하여 확인한다. KCS 검증은 기술적 요구사항에 대한 충족 여부를 시험을 통하여 확인한다. KCS 품질보증은 시스템 요구사항에 충족여부를 품질보증 검토 및 시험을 통하여 확인한다. Table 5는 KCS 통합, 검증, 품질보증 과정의 주요활동을 보여준다.

Table 6. Verification items of individual product test.

Product	Verification items
CCF	Launcher and startup
	Data gathering
	Monitoring
	Commands and deployment
	Time management
	Legal archive
	Event management
	Activity management
	Service provider tool interface
	SF
	Archive management
	Catalogue management
	Configuration management
	Private DB management
	System DB management
	Event management
EDA	Data gathering
	Downloading / Uploading
	Virus checking
CMS	Data gathering
	Commands and deployment
	Monitoring
	Time management (local)
	Legal archive
	Event management
LME	Handover
	Data gathering
	Monitoring
	Commands and deployment
	Time management
	Legal archive
	Event management
	Maintenance and activity
	Service provider tool interface
	Performance test

3. KCS INTEGRATION

KCS 설계 및 제작 이후 KCS 검증은 2.3장 검증 절차에 따라 시스템 통합 활동을 진행한다. KCS 통합 활동은 네가지 주요 단계로 구성되며, 첫번째 단계는 KRS, KPS, KUS 등의 External KASS Subsystem을 포함한 개별 장비 검증 (Individual Product Test with external KASS Subsystem)이다. 두번째 단계는 외부 및 내부 장비 간 인터페이스 테스트인 개별 장비 통합 검증 (Product Integration Test)이며 세번째 단계는 KCS 통합 검증 (KCS Integration Test)이다. 네번째 단계는 비 기능 및 성능 확인 (Non-functional and Performance Test) 검증이다.

3.1 Individual Product Test with External KASS Subsystem

개별 장비 검증은 먼저 KCS 장비를 설치하면서 실행 여부를 확인하고, KRS/KPS/KUS의 모의 데이터를 활용하여 개별 장비의 인터페이스 및 기능을 확인한다. Table 6은 개별 장비의 검증 항목을 보여준다.

Table 7. Verification items of product integration test.

Product	Verification items
CCF - MIMO	Launcher and startup
	Data gathering
	Mission monitoring (calculation)
	Time management
CCF - NOTAM I/F	Startup
	Data gathering
	Commands
	NOTAM service provider I/F (data processing)
SF - EDA	Time management
	Configuration management
SF - LME	Configuration management
	File transfer
KCS - SF	Configuration management
	Archiving & catalogue management
	KCS consolidation

Table 8. Verification items of KCS integration test.

Product	Verification items
CCF - Remote CCF	Synchronize: Event, command, password, Maintenance Handover
SF - Remote SF	Synchronize: Archive, configuration Handover
KCS - Remote KCS	Archive management
	KCS consolidation
	Synchronize & Handover

3.2 Product Integration Test

개별 장비 통합 검증은 각 장비 간의 연동 시 확인되어야 하는 인터페이스 및 기능 검증을 수행한다. CCF는 MIMO, NOTAM I/F와의 연동환경에 대한 통합검증을 수행하고, SF는 EDA, LME와의 연동환경에 대한 통합검증을 수행한다. 그리고 CCF와 SF 간의 통합검증을 수행하며 Table 7은 개별 장비 통합 검증의 검증 항목을 보여준다.

3.3 KCS Integration Test

KCS는 각각 다른 모드 (Master/Backup)로 운영되는 두 곳의 MCC에 설치 및 운용 된다. KCS 통합검증은 모든 KCS를 설치하고 연결을 완료한 후 Master/Backup 간에 수행되는 각각의 기능을 검증한다. Table 8은 KCS 통합검증의 검증 항목을 보여준다.

3.4 Non-Functional and Performance Test

모든 KCS 기능 검증을 완료한 후, 성능 (Performance), 견고성 (Robustness) 등 기능 이외의 요구사항 항목에 대해 확인한다. 비 기능 및 성능 확인은 각 장비들을 모두 활성화한 상태에서 진행한다. 비 기능 및 성능 확인 검증은 실제 KCS Recurrent Unit (RU)와 동일한 RU 환경을 구성하여 테스트한다. 시험 환경과 실험 환경의 시험 결과가 동일하지 않을 것으로 확인되는 요구사항의 경우 산출된 방식에 의한 결과를 제시한다.

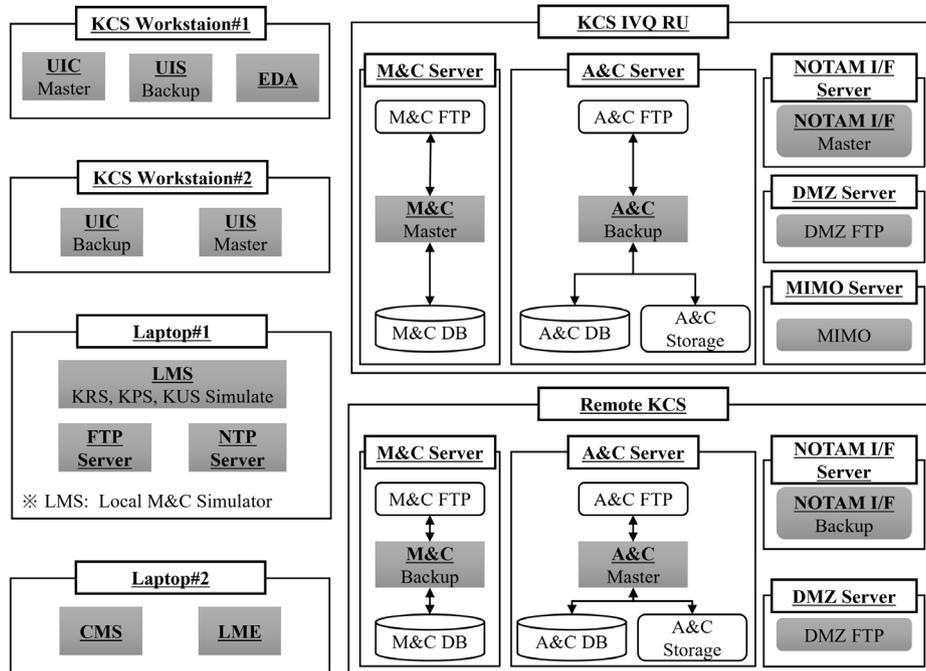


Fig. 6. KCS verification platform.

4. KCS DEFECT MANAGEMENT

검증 단계에서는 모든 KCS 시스템들이 상호 연결된 후에 시스템의 적절한 운영 상태를 확인한다. KCS의 결함 관리 절차는 ECSS-Q-ST-10-09C (2018)를 기반으로 한다. 검증 과정에서 비정상적인 동작이 발생한 경우, KCS 내부 Non-conformance Review Board (NRB)에서 원인 및 영향을 분석하고 발견된 모든 결함은 전용 데이터베이스에 등록한다. 검증 단계에서 시스템의 정상적인 동작이 확인되면 검증단계는 종료되고 현재의 시스템 구성은 품질보증 단계로 넘어간다.

4.1 Procedure of Defect Action

검증 과정에서 결함이 발생하면 해당 문제를 확인한 평가자가 부적합 보고서 (Observation and Non-Conformance Report) 및 문제점 보고서 (Problem Report)를 전용데이터베이스에 등록하고 안전관리자가 포함된 NRB에 결함 분석을 요청한다. 부적합 보고서는 요구 사항의 불이행으로 발견된 부적합을 보고하고, 문제점 보고서는 소프트웨어 검증 활동 중에 발견된 결함을 보고하는 절차이다. 부적합 보고서 또는 문제점 보고서를 접수 받은 NRB는 결함 발생 원인 및 영향 분석을 수행하고, 결함 심각도 및 우선순위를 지정한다. 결함 우선순위에 따라 결함 조치 계획을 수립하고 조치 담당자를 지정한다. 결함 조치 계획에 따라 코드 수정, 소스 분석, 단계별 시험 등의 조치 활동을 수행한 후, 시스템 재시험을 수행한다. 이후, 시스템 재시험을 통한 결과를 확인하고 해당 단계를 종료한다.

Table 9. Accuracy of ranging measurements and localization.

Severity	Classification
Critical	Item that critical influence on the entire project progress. Immediate interruption of all tasks such as the planning, analysis, development, coding, testing, production, etc. The change control board is held immediately.
High	Item that influence on the entire project progress. Interrupt only related work in the planning, analysis, Development, testing, production, etc. Rapid holding of the change control board attending by related organization such as development, system safety, requirement, test, etc.
Medium	Item that serious influence on specific task only. Work interruption is not needed. The change control board is held according to the consultation between the system safety manager and issue manager.
Low	Item that insignificant influence on specific task. Work interruption is not needed. Holding of the change control board is not needed, and issue manager reviews.

4.2 Defect Severity

결함 심각도는 4 가지 범주로 설정되며 각각 범주에 따라 검증에 따른 결함 프로세스에 영향을 미치게 된다. 결함 심각도에 따른 검증 통제는 Change Control Board (CCB) 및 Verification Control Board (VCB)를 통하여 이루어진다. Table 9는 ECSS-Q-ST-40C (2017)를 기반으로 KCS에 적용되는 결함 심각도 기준을 보여준다.

결함 심각도가 높다고 해서 결함 우선 순위가 높은 것은 아니다. 모든 상황을 고려하여 결함 심각도에 따른 우선순위를 별도로 구분하여 처리해야 한다. 결함 우선순위는 즉시 해결 (resolve immediately), 주의 요망 (give high attention), 대기 (normal queue), 낮은 순위 (low priority)의 4 가지 범주로 설정되며 우선순위에 따라 결함 조치 계획에 영향을 미치게 된다.

5. VERIFICATION PLATFORM

KCS 검증 플랫폼은 IVQ 활동을 수행하기 위한 목적으로 사용되며 잠재적인 오류를 생성하고 조사하는데 사용된다. KCS IVQ 실행을 위한 환경은 시험을 실행할 워크스테이션과 RU를 대신하는 서버 플랫폼 하드웨어로 구성된다. IVQ 플랫폼은 실 운영 환경과 유사한 구조로 구성하여 KCS의 기능 시험이 가능하도록 한다. 또한 Master/Backup 구성을 지원하도록 한다. IVQ 플랫폼의 구성은 장비별로 나누어 구성하며 CCF, SF, NOTAM I/F, EDA, CMS, LME는 각각 독립적으로 테스트를 수행한다.

CCF는 CCF (UIC - M&C)와 외부 장비 (KRS, KPS, KUS)들 간의 인터페이스 기능 및 MIMO Server와의 인터페이스 기능을 테스트한다. SF는 SF (UIS - A&C)와 EDA, LME 간의 인터페이스 기능 및 DMZ Server와의 인터페이스 기능을 테스트한다. NOTAM I/F는 CCF (UIC - M&C)와 외부 장비 (KRS, KPS, KUS)들 간의 인터페이스 기능 및 NOTAM I/F Server와의 인터페이스 기능을 테스트한다. EDA는 EDA FTP Server와 외부 시스템 간의 인터페이스 기능을 테스트한다.

CMS는 CMS (DB configuration tool 포함)와 외부 장비 (KRS, KPS, KUS)들 간의 인터페이스 기능을 테스트하며, LME는 LME와 외부 장비 (KRS, KPS, KUS)들 간의 인터페이스 기능 및 Maintenance 기능을 테스트한다. Fig. 6은 KCS 검증 플랫폼의 구성을 보여준다.

6. CONCLUSIONS

한국형 SBAS인 KASS 시스템의 개발은 시스템레벨과 하위시스템레벨로 구분되어 있는데 시스템레벨의 IVQ 활동을 위해서는 하위시스템레벨의 IVQ 활동이 먼저 완료되어야 한다 (Lee & Nam 2020). 현재 KASS 시스템의 핵심적인 역할을 하는 KCS는 상세설계 및 제작이 완료되어 IVQ 활동을 진행하고 있다. KCS 개발 일정에서 KCS 시스템 검증은 Test Readiness Review (TRR), Factory Qualification Review (FQR), Acceptance review (AR) 단계의 공식 검토회의를 통해 완료된다. TRR은 FQR/AR 테스트 수행을 위해 계획된 검증 수준에 도달되었는지 확인하는 것이며, TRR 이후 공식 시험 단계로 진행하게 된다. FQR은 검증과정에서 설계가 기능 및 성능 요구사항을 충족하는 것인지 입증하는 단계이며, AR은 KCS의 요구사항을 만족하는 설계상의 구성요소와 제작 및 구현이 완료된 KCS의 구성요소를 검증하는 단계이다.

본 논문에서는 KCS 시스템 검증을 위해 V&V 모델을 활용한 접근방법을 소개하였다. 그리고 ECSS-E-ST-10-02C (2009)를 기반으로 KCS 개발 요구사항을 시험, 분석, 설계검토, 검사에 해당하는 검증 방법에 따라 분류하였다. KCS 검증 절차는 시스템 통합, 검증, 품질보증의 IVQ 활동 순서로 진행하게 된다. 이에 본 논문에서는 KCS 통합 활동에 대한 검증 절차와 항목을 제시하였으며 검증 단계에서 발생하는 결함에 대한 관리 방안을 ECSS-Q-ST-10-09C (2018)와 ECSS-Q-ST-40C (2017)를 기반으로 제시하였다. 그리고 KCS IVQ 활동을 위한 KCS 검증 플랫폼의 구

성을 제시하였다. 본 논문 내용은 KCS 통합 검증 시 활용할 수 있을 것으로 판단되며 향후, KASS 시스템 레벨의 통합 검증에도 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENTS

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

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, E.Lee.; methodology, D.Won. and Y.Park.; validation, K.Kim., D.Won. and Y.Park.; formal analysis, K.Kim.; investigation, K.Kim.; resources, D.Won. and Y.Park.; data curation, K.Kim.; writing—original draft preparation, K.Kim.; writing—review and editing, K.Kim., D.Won., Y.Park. and E.Lee.; visualization, K.Kim.; supervision, E.Lee.; project administration, E.Lee.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Authie, T., Dall’Orso, M., Trilles, S., Choi, H., Kim, H., et al. 2017, Performances Monitoring and Analysis for KASS, International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2017), Portland, Oregon, Sep. 25-29, 2017, pp.958-978. <https://doi.org/10.33012/2017.15405>
- ICAO, Adoption of Amendment 92 to ICAO SARPs Annex 10, vol. I, Appendix C-12, February 2020.
- Kim, Y. -S., Won, D., & Lee, E. 2017, Requirement Analysis for KASS Control Station, in Proceeding of 2017 Conference of the Korea Navigation Institute, Oct. 2017, Seoul, Korea, pp.179-182.
- Kim, Y.-S. & Lee, E. 2020, Application of Software Quality Model and Metric for Software Product Assurance for KASS Control Station, *Journal of Advanced Navigation Technology*, 24, 28-36. <https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.1.28>
- Lee, B. S. & Nam, G. W. 2020, Introduction of Procedure and Method for KASS System SAT#1, in Proceeding of 2020 IPNT Conference, Nov. 2020, Yeosu, Korea, pp.1-4. <http://ipnt.or.kr/2020proc/94>
- Lee, B. S., Yun, Y. S., Kim, J. Y., & Nam, G. W. 2020, The Present Status and Future Plan for Korea Augmentation Satellite System (KASS), *Proceeding of the Society for Aerospace*

System Engineering (SASE) 2020 Spring Conference, Jeju-do Province, Korea, 29 July - 1 Aug 2020, pp.(TB2-3)1-3.

Park, J. I., Lee, E., Heo, M. B., & Nam, G. W. 2016, Latest technology trending for satellite based augmentation system, *Aerospace Industry Trends*, 14, 191-202.

Space Engineering-Software, ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, ECSS-E-ST-40C, Mar. 2009, Noordwijk, The Netherlands.

Space Engineering-Verification, ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, ECSS-E-ST-10-02C, Mar. 2009, Noordwijk, The Netherlands.

Space Product Assurance-Nonconformance Control System, ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, ECSS-Q-ST-10-09C, Mar. 2018, Noordwijk, The Netherlands.

Space Product Assurance-Safety, ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, ECSS-Q-ST-40C, Feb. 2017, Noordwijk, The Netherlands.

You, M. H. & Sin, C. S. 2017, Conceptual Design of KASS Uplink Station, *Journal of Satellite, information and Communications*, 12, 72-77.

Yun, S.-E., Lee, E., Won, D., Hong, W.-K., Kim, H.-S., et al. 2020, A Study on KASS Control Station Implementation and Verification, in *Proceeding of 2020 IPNT Conference*, Nov. 2020, Yeosu, Korea, pp.21-24. <http://ipnt.or.kr/2020proc/105>



Eunsung Lee received his Ph.D. degrees in Aerospace Engineering from Konkuk University, Korea in 2005. He is a principal researcher at the Korea Aerospace Research Institute. His research areas include GNSS augmentation systems, fault detection of GNSS systems and orbit determination of satellites.



Koontack Kim received the B.S. and M.S. degree in Geoinformatic Engineering from Inha University (Rep. of Korea) in 2010 and 2013, respectively. He is currently a senior researcher in the SBAS System Engineering & Integration Team at Korea Aerospace Research Institute (KARI). His research interests include GNSS/SBAS, positioning and navigation systems.



Dae Hee Won is a senior researcher at Korea Aerospace Research Institute (KARI). He received Ph.D. degree in Aerospace Engineering from Konkuk University, Korea. His research interests include GNSS augmentation and multi-sensory integration.



Yeol Park received Master in Aerospace & Mechanical Engineering degree from Korea Aerospace University. He is currently working as a researcher for the development of SBAS program at Korea Aerospace Research Institute. His research interests include quality assurance and certification in the aerospace domain.