

Development Status of Operation Concept and Procedures for KASS

Minhyuk Son^{1†}, Youngsun Yun¹, ByungSeok Lee²

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

²SBAS Program Office, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

ABSTRACT

Korea Augmentation Satellite System (KASS) is a Satellite Based Augmentation System (SBAS) system under development in South Korea and aims to provide air navigation services after 2023. In order to provide reliable service, detailed design for the operation of this system is required. This paper proposes a detailed operation-based designs based on mission, architecture, operation definition of the system. For the stable operation of the system, an operation organization was designed and operation activities were classified in consideration of the architecture and function of the system. Detailed operation procedures were designed according to this classification and operation procedures related to the command and configuration of subsystem were verified on the Integration, Verification and Qualification (IVQ) platform for integrated testing and verification. The proposed operation concepts and procedures will be continuously confirmed and verified during verification, qualification and service preparation, and will be updated event after official KASS service.

Keywords: SBAS, KASS, operation, organization, operation procedure

1. INTRODUCTION

Satellite Based Augmentation System (SBAS)는 위성기반 보정시스템으로 국제민간항공기구 (ICAO, International Civil Aviation Organization)에 의해 국제표준으로 규격화된 시스템이다. SBAS는 일반적으로 위성항법 데이터 획득을 위한 기준국, 획득 데이터를 기반으로 보정정보 및 무결성정보를 생성하는 처리국, 생성된 정보를 신호로 변환하여 정지궤도위성에 전송하는 위성국과 관련 시스템의 모니터링, 제어 등의 역할을 가진 운영국으로 구성되며 사용자 방송을 위한 정지궤도 위성이 포함된다.

미국 Wide Area Augmentation System (WAAS), 유럽 European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) 등은 이미 개발이 완료되어 실 운영 중인 대표적인 SBAS이다.

WAAS는 Federal Aviation Administration (FAA) 책임하에 1992년부터 관련 프로그램을 시작하였으며 2003년 7월 운영을

공식적으로 선언하였다. 현재 정책, 운영, 인증의 역할은 FAA가 담당하며, 2021년 10월 기준 미국 4,819개, 2021년 6월 기준 캐나다 626개의 접근 절차를 개발하여 SBAS 활용 항공계기 접근을 지원하고 있다 (FAA 2021a). WAAS는 기준국 Wide-area Reference Stations (WRS) 38개소, 처리국 WAAS Master Station (WMS) 3개소, 위성국 Ground Uplink Stations (GUS) 6개소, 운영국 Operational Control Centers (OCC) 2개소로 구성되며 정지궤도 위성 3기 (Satmex-9, Anik FIR, SES-15)로 구성된다 (FAA 2021b). 이 시스템은 프로그램 관리 조직을 중심으로 미국 동서부에 각각 위치한 National Operations Control Center (NOCC) 및 Pacific Operations Control Center (POCC)에서 운영, 유지보수를 담당하고 있으며 별도의 기술 지원 및 물류 그룹을 갖추고 있다 (FAA 2008).

EGNOS는 European Space Agency (ESA), European Commission (EC), Eurocontrol의 합의에 따라 ESA의 책임하에 EGNOS Operation and Infrastructure Group (EOIG)에 의해 개발되었다. 2009년 EC로 소유권이 이전되었으며 7개 Air Navigation Service Provider (ANSP)가 설립한 European Satellite Services Provider (ESSP)에게 운영, 유지보수 및 안전 표준을 준수한 사용자 서비스 제공의 역할을 위임하였다. 현재, EU Agency for the Space Programme (EUSPA, 이전 European GNSS Agency)가 EC 위임으로 프로그램 관리를 하고 있으며 설

Received Nov 9, 2021 Revised Nov 29, 2021 Accepted Dec 09, 2021

†Corresponding Author

E-mail: mhson@kari.re.kr

Tel: +82-42-870-3991 Fax: +82-42-860-2789

Minhyuk Son <https://orcid.org/0000-0003-4250-0006>

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

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

계, 조달은 ESA가 담당하고 있다. EGNOS는 2009년 10월 일반 사용자를 위한 공개 서비스 (OS, Open Service), 2011년 3월 항공용 서비스 (SoL, Safety of Life)를 선언하였으며 2015년 개선된 성능 (LPV-200, Localizer Performance with Vertical guidance-200)의 항공용 서비스가 승인되었다 (ESA 2021).

EGNOS는 기준국 Ranging Integrity Monitoring Station (RIMS) 40개소, 처리국 Central Processing Facility (CPF) 2개소, 위성국 Navigation Land Earth Stations (NLES) 6개소, 운영국 Central Control Facility (CCF) 2개소로 구성되며, 정지궤도 위성 3기 (운영 2기: SES-5, Astra 5B, 시험 1기: Inmarsat 4F2)로 구성된다. 이 시스템은 이탈리아, 스페인에 위치한 Mission Control Centres (MCC) 및 프랑스, 스페인에 위치한 Support Facilities (SF)에서 운영, 유지보수, 기술 지원을 수행하고 있다 (EUSPA 2021).

Korea Augmentation Satellite System (KASS)는 2014년부터 개발 중인 대한민국의 SBAS 시스템으로 현재 통합, 시험 단계를 수행하고 있으며 2023년 이후 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 기준국 KASS Reference Station (KRS) 7개소, 중앙처리국 (처리국) KASS Processing Station (KPS) 2개소, 위성통신국 (위성국) KASS Uplink Station (KUS) 3개소, 통합운영국 (운영국) KASS Control Station (KCS) 2개소로 구성되며 KASS 1호 GEO 위성인 MEASAT-3d와 추후 결정될 KASS 2호 위성을 포함한 정지궤도 위성 2기로 구성된다 (Lee & Nam 2020).

지속적인 SBAS 서비스 제공을 위한 시스템의 운영을 위해서는 시스템 기능 및 제약조건, 운영 환경 등을 복합적으로 고려한 운영 조직, 운영 활동 및 절차 등에 관한 운영 체계의 수립이 필요하다. EGNOS의 ESSP는 시스템 운영, 운영 인증, 서비스 제공 등으로 구분된 운영 체계를 기반으로 운영, 기술, 유지보수 등으로 구분된 세부 운영 조직 및 운영 절차를 갖추었으며 이를 기반으로 상호운용성 (EC No 552/2004), 단일 유럽공역 항공항법서비스 (EC No 550/2004) 등의 운영 승인 규정을 준수하여 구축되었다. WAAS의 FAA는 프로그램, 운영, 인증, 물류 등으로 구분된 운영 체계를 기반으로 운영 조직 및 운영 절차를 갖추었으며 이를 기반으로 미연방규정 및 FAA 규정을 준수하여 구축되었다. 운영 체계는 규정에 의해 지속적으로 수정되거나 업데이트 된다.

KASS는 2021년 하반기 기준, 하위시스템 시험 및 검증, 시스템 공장 통합, 사전 운영 준비 등의 임무를 수행하고 있으며 본격적인 운영 준비를 위해 2021년 상반기 국가 항공위성항법센터를 설립하여 운영 체계를 수립 중에 있다.

본 논문에서는 지속적인 KASS 운영을 위한 운영 체계의 개발을 위해 운영 개념 정의, 운영 조직 및 운영/운용 활동 분류, 운영/운용 절차 개발을 개발 관점에서 기술한다. KASS 임무 및 아키텍처를 기반으로 운영 개념 및 절차 개발 과정을 정의하고 국외 운영체계 및 시스템 기능을 고려하여 운영 조직 및 운영/운용 활동을 분류하였다. 활동의 세부 분류에 맞춰 설계서, 하위시스템 매뉴얼 등을 반영하여 운영/운용 절차를 산출하였고 이를 Integration, Verification and Qualification (IVQ) 플랫폼을 통해 절차 적합성을 검증하였다.

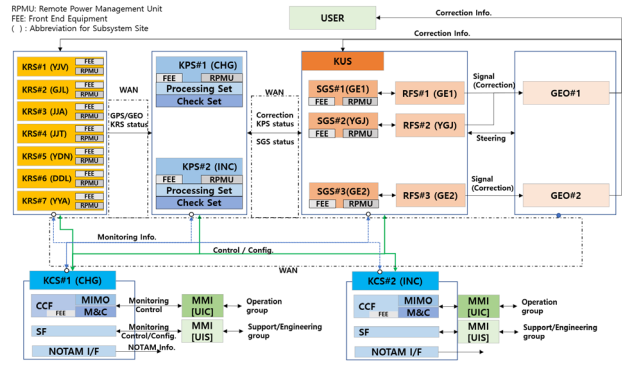


Fig. 1. Overall system architecture of KASS.

2. KASS SYSTEM DEFINITION

2.1 Definition of KASS Mission

KASS는 ICAO 요구사항을 충족하는 항공 및 기타 운송수단의 위치, 항법, 타이밍 응용에 사용되도록 고안된 안전 필수 (safety critical) 시스템이다. 대한민국 및 그 주변의 지역에서 적합한 항법 장비를 갖춘 사용자는 GPS L1 신호 기반의 보정 (GPS 위성 시각/궤도 보정, 전리층 보정 등) 및 무결성 (항공용 서비스) 기능을 통해 향상된 위성항법 서비스를 받을 수 있다.

KASS는 비 항공분야를 위한 정확도 3 m 이내의 OS와 항공 분야를 위한 항로, 터미널, 비정밀 접근 (NPA, Non-Precision Approaches), 수직유도 정밀접근절차 (APV, Approach with Vertical guidance) 1단계와 같은 서비스 수준에 사전 정의된 정확성, 무결성, 연속성, 가용성의 성능 요구사항을 충족하는 항공용 서비스를 제공한다 (Authié et al. 2017).

2.2 Definition of KASS Architecture

KASS 시스템은 Fig. 1의 시스템 아키텍처와 같이 기준국, 중앙처리국, 위성통신국, 통합운영국으로 구분된 하위시스템과 이를 연결하기 위한 통신연결장치 (FEE, Front End Equipment) 및 네트워크 (WAN, Wide Area Network), 사용자 방송을 위한 정지궤도 위성으로 구성된다.

최적 성능을 고려하여 전국적으로 분포된 7개소 기준국에서 위성항법 신호를 데이터화 하여 수집하고 2개소 중앙처리국에서 처리부 (PS, Processing Set) 및 검증부 (CS, Check Set)를 통해 보정, 무결성 정보가 포함된 SBAS 표준 메시지를 생성, 검증한다. 이 메시지는 3개소 위성통신국에서 신호생성부 (SGS, Signal Generation Section)를 통해 신호로 변환된 후, 무선 주파수부 (RFS, Radio Frequency Section)를 통해 2기의 정지궤도위성에 전송된다. 이 신호는 GPS L1 대역으로 변환되어 사용자에게 전달 된다. 서비스 성능, 시스템 상태 등은 2개소 통합운영국에서 운영자에 의해 실시간 모니터링되며 필요할 경우, 제어된다.

통합운영국은 세부적으로 중앙제어 기능 (CCF, Central Control Function), 지원 기능 (SF, Support Function), NOTICE to AirMen (NOTAM) 인터페이스 기능으로 구분된다. CCF

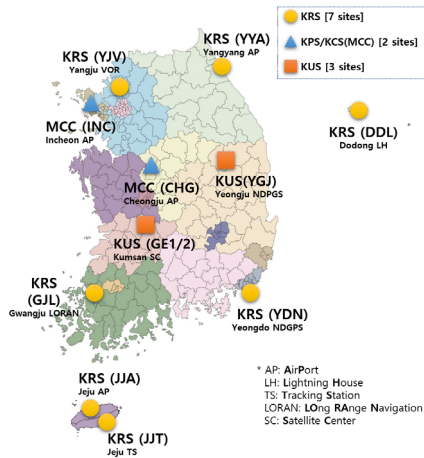


Fig. 2. Site configuration of KASS system/subsystem.

는 서비스의 성능 감시를 위한 임무 모니터링 (MIMO, Mission Monitoring) 기능과 시스템 상태, 성능 모니터링, 시스템 제어 등을 위한 모니터링/제어 (M&C, Monitoring & Control) 기능으로 세부 구분되며, SF는 구성, 데이터 관리, 운영 지원 등의 세부 기능으로 구분된다. 운영자는 CCF 사용자 인터페이스 (UIC, User Interface for CCF)와 SF 사용자 인터페이스 (UIS, User Interface for SF)를 통해 각각 CCF와 SF에 연결된다.

Fig. 2는 KASS 사이트 구성을 나타낸다. 2021년 하반기 기준, 7개소 기준국 배치가 완료되었으며 나머지 하위시스템의 배치를 위한 시설 공사는 2021년 중반에 완료되었다. 2022년에 나머지 시스템에 대한 배치가 완료될 계획이며, 동일 년도에 발사되는 MEASAT-3d 정지궤도 위성과의 연동 시험을 수행할 계획이다.

2.3 Definition of Operations and Operation Procedures for KASS

KASS는 일상적인 환경에서 운영자의 실시간 개입없이 운영되는 자동화 시스템이다. 특정 문제 발견 시, 이중화 된 시스템은 정상화를 위해 자동 전환되며 해결되지 않는 경우, 운영 조직 및 사용자에게 알린다. 운영 조직은 서비스 연속성, 시스템 가용성 보장을 위해 운영, 유지보수, 기술지원 등의 활동을 수행한다. 이 활동은 운영/운용 절차서, 유지보수 절차서, 기술지원 절차서에 의해 수행된다. 여기서, 시스템 수준의 활동/절차를 운영 활동/절차, 하위시스템 수준의 활동/절차를 운용 활동/절차로 정의한다. 모든 운영/운용 활동 및 절차는 KASS 서비스 성능에 영향을 미치지 않거나 최소화되도록 설계된다.

최종적으로 KASS 운영유지보수에 사용될 절차는 개발단계와 운영 준비 단계에서 Fig. 3과 같은 과정을 통해 개발되고 있다. 개발단계에서 산출되는 모든 절차는 운영/유지보수 개념 설계서 (OMCD, Operation & Maintenance Concept Design), 시스템 및 하위시스템 설계문서, 하위시스템 운용/유지보수 매뉴얼을 기반으로 산출되며 이는 기술지침서 (TIB, Technical Instruction Book)에 포함된다. 시스템 운영단계의 수행을 위해서는 KASS 서비스 운영자가 TIB를 기반으로 세부 운영/운용, 유지보수, 기술로

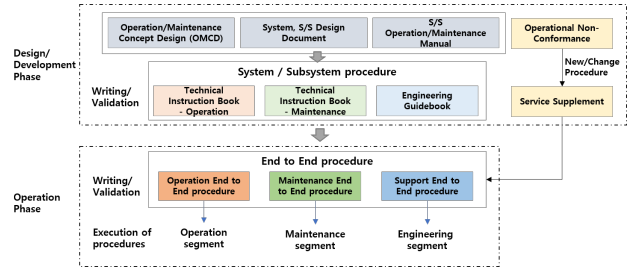


Fig. 3. Concept of developing operation procedures.

구분된 세부 절차서를 별도로 산출하여야 하며 운영 조직은 이 절차서를 기반으로 임무를 수행한다. 개발시험, 운영 중 부적합 절차는 별도의 보충 문서로 산출되며 운영단계에서 세부 운영/운용 절차로 포함된다.

3. DEFINITION AND CLASSIFICATION OF OPERATION CONCEPT AND PROCEDURE DEVELOPMENT

3.1 Definition of Operation Organization

운영 조직은 시스템의 연속 운영을 위해 체계적으로 구분되어야 하며 이를 위해 시스템의 임무, 아키텍처, 운영 정의는 물론 운영 환경, 제약사항, 유지보수 등이 복합적으로 고려된다. 현재까지 산출된 운영 조직은 개발 단계에서 고려된 것이며 실제 서비스 제공을 위한 운영 조직은 운영 환경 및 제약사항 등이 추가 고려된다.

운영 조직은 정책, 예산, 대외협력 등 전반적인 관리를 수행하는 관리 (Executive)분과, 시스템의 전반적인 모니터링, 제어 등을 수행하는 운영 (Operation)분과, 서비스 성능 감시, 시스템 관리, 기술 지원 등의 역할을 수행하는 기술 (Engineering)분과, 장비의 점검, 교체 등의 역할을 수행하는 유지보수 (Maintenance) 분과로 구분된다.

관리분과는 프로그램의 전반적인 관리 및 시스템 책임, 품질 보증, 물류, 안전성 검토, 외부 인터페이스 관리 등으로 특화된 관리, 감독의 기능을 수행하며 0~3단계 활동을 관리, 감독한다. 이 분과는 관리담당자 및 책임자로 구성된다. 상시 운영자 및 운영 관리자로 구성된 운영분과는 통합운영국이 포함된 운영센터에서 CCF를 활용하여 시스템 모니터링 및 제어 등의 일상적인 운영활동을 직접 수행하며 문제해결 또는 유지보수 시 원격 제어를 통한 재시작, 모드 전환 등으로 구성된 0단계 최소수준 활동을 수행한다. 기술분과는 통합운영국이 포함된 운영센터에서 SF를 활용하여 시스템 운영 계획 수립 및 감시, 시스템 성능 검토, 성능 유지를 위한 구성 검토, 운영 및 유지보수 활동 지원 등의 역할을 수행하며 문제해결 또는 유지보수 시 자체적인 분석, 검토 및 전문가/제조사 검토 지원 등으로 구성된 2, 3단계 고급수준 활동을 수행한다. 이 분과는 시스템 임무 담당, 기술 담당, 운영계획 담당 등으로 구성된다. 물류 및 유지보수 담당자, 유지보수 관리자로 구성되는 유지보수 분과는 작업지시에 따라 운영센터 및 사이트

Table 1. Classification of operational activities.

| | Activities | Category | Organization | Associated | Detailed activities |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------|---|
| Operational management | Mission monitoring | Operation | Operation | CCF (MIMO) | Signal In Space (SIS) / External I/F monitoring |
| | Monitoring & Control | Operation | Operation | CCF (M&C) | Monitoring (S/S state), Fault Detection (FD), Handover, Configuration |
| | Operation scheduling | Planning / Evaluation | Engineering / Operation / Maintenance | SF | Operation schedule (Manage, Feedback) |
| Operational support | Support to operations | Evaluation | Engineering | - | Troubleshooting (Technical/ Performance), Analysis |
| Maintenance & Logistics | Integrated logistic support | Evaluation / Support | Engineering | - | Integrated Logistic Support (ILS) management, Obsolescence, Training... |
| | Maintenance | Operations | Maintenance / Engineering | - | Correction maintenance (CM), Preventive maintenance (PM), Packing, Handling, Storage, Transport (PHS&T) |
| Support | Data management | Mission | Engineering | SF | Configuration (Cold, Hot), File archive |
| | Support management | Mission / Evaluation / Support | Engineering | SF | Mission, Configuration, Anomaly, Certification |

Table 2. Detailed classification of activities at the level of operational management activities.

| Category | Type | System level | S/S level |
|----------------------|---------------------------|---|--|
| Mission monitoring | State / Status monitoring | Monitoring of short-term system performance | - |
| | State / Status monitoring | Monitoring the mode/state [System]: SoL, OS, Test / [S/S]: Mode (OFF, LOADED...) | Monitoring detailed parameters of S/S (The status of the components of S/S) |
| | Data management | Monitoring of operational data (Raw data, Cyclic Monitoring / Output data) | (Integration at the system level) |
| Monitoring & Control | Fault Log / Status | Retrieve fault log, Request for status (Cmd.: DUMP, BIT, SNMP) | (Integration at the system level) |
| | Alarm / Event | Change in alarm/event definition | Acknowledgement and setting of alarm/event |
| | Command | Controls for mode transition of system (SoL / Non-SoL / Test, Affected by S/S mode) | Control for mode transition of S/S (Cmd.: RESET, INITIALISE, RUN, ACTIVATE, DEACTIVATE...) |
| | Configuration management | Verification of configuration (SW/Data replace unit, Cold/Hot Configuration) | Controls for upgrade/update S/S (Cmd.: DATA_GET, CONFIGURE, INSTALL...) |
| | Handover | Control for handover (System perspective) | Control for handover (KCS perspective) |

에서 장비 점검, 교체 활동을 수행하며 문제해결 또는 유지보수 시 장비 점검, 교환 등의 1단계의 일반수준 활동을 수행한다.

문제해결 및 유지보수 활동은 총 4단계로 구분되며 운영분과가 MCC에서 원격 장비 제어, 원격 구성 변경 등을 수행하는 0단계, 유지보수분과가 요구 사이트에서 장비 육안 점검, 장비 교환 등을 수행하는 1단계, 기술분과가 MCC 및 사이트에서 미해결 문제의 분석 및 해결, 0/1단계 기술 지원, 유지보수 활동 결정, 미해결 문제의 단계 상향 및 추적 관리 등을 수행하는 2단계, 기술분과 결정에 따라 제조사 또는 전문가가 미해결 문제의 분석 및 수리, 교환 등을 수행하는 3단계로 세부 구분된다.

3.2 Classification of Operation Activities

운영/운용 활동은 시스템의 모든 기능을 포괄할 수 있도록 설계되며 활동의 대분류, 운영 조직 등이 추가 고려된다. Table 1은 운영/운용 활동 분류를 도식화한 것이다. 운영 관리 (Operational management), 운영 지원 (Operational support), 유지보수/물류 (Maintenance & Logistics), 지원 (Support)으로 대분류 된다. 운영 관리는 임무 모니터링, 모니터링/제어, 운영 스케줄링으로 세부 구분된다. 임무 모니터링은 보호수준, 위치 오차성능 등의 서비스 단기 성능 지표 감시 및 외부 인터페이스의 가용성을 감시하는 세부 활동으로 구성되며 모니터링/제어는 시스템 및 하위시

스템의 성능 및 상태 감시, 이벤트/알람 감시 등의 모니터링 관련 세부 활동과 시스템 및 하위시스템의 모드 전환, 상태 요청, 구성 업데이트 등의 명령 관련 세부 활동으로 구성된다. 운영 스케줄링은 운영 관련 정보를 수집, 분석하여 운영관련 세부 계획 및 일정을 산출하는 활동으로 구성된다. 임무 모니터링, 모니터링/제어는 운영분과가 수행하며 운영 스케줄링은 기술분과가 수행한다.

운영 지원은 기술지식 기반의 운영지침/실제운영 간 부적합 평가, 절차/예상 결과 편차 평가, 문제 조사를 통한 운영 개선 등의 운영 문제해결 활동으로 구성되며 기술분과에서 수행한다. 유지보수/물류 활동은 물류 관리, 노후화 관리, 교육 훈련 등의 통합 물류지원과 예방, 보정, 운송지원 등의 유지보수 활동으로 구성되며 기술분과에서 수행한다. 지원 활동은 성능관련 파일, 소프트웨어, 구성파일, 원본/로그 데이터 등의 파일 및 데이터 관리와 문서, 임무, 구성, 변칙, 인증 등의 관리 지원으로 구성되며 기술분과에서 수행한다.

3.3 Definition of Operation Procedures Development

시스템의 기능과 연관된 운영/운용 절차는 시스템의 설계 및 개발 단계에서 개발되고 시험 단계에서 검증된다.

임무 모니터링 및 모니터링/제어 활동은 운영분과에서 일상적인 KASS 운영을 위해 수행되어야 하는 주요 활동이다. Table 2는

Table 3. Description of operation procedure table and examples of KRS mode transition's procedure.

| Contents | Item Description | Contents |
|---------------------|---|---|
| ID | Task's ID (Assign an ID) | KRS01 |
| Name | Task's Name (objective expression) | Mode change: LOADED-INITIALISED |
| Prerequisite | Preparation state before performing task | KRS: LOADED, SWRU ready, Frequency standard: ACTIVE |
| General information | Information necessary to perform the task | KRS LOADED: CC is established, FTP service is started... |
| Duration | The time it takes to complete the task | 10 min |
| Constraints | Task-related constraints (Privileges, Timing, Instructions, Safety) | Operator needs to be logged with authority profile to perform M&C |
| Involved S/S | Sys. involved in performing task | Remote command (KCS-CCF) |
| Command | Commands related to the task | INITIALISE |
| States/modes | S/S mode before/after performing task | Beginning: LOADED, Ending: INITIALISED |
| Event management | Events related to performing tasks | Receiver timeout, Frequency Standard failure, BIT/Archive problem |

활동의 주요 방법을 시스템 및 하위시스템 수준으로 분류한 것이다. 임무 모니터링에서는 준수시간 시스템의 성능을 모니터링 하기 위한 시스템 수준의 운영 절차가 설계되며 세부적으로 운영 분과의 운영자가 CCF의 UIC를 통해 MIMO 기능에 접근 (UIC-M&C)하여 준수시간 성능 지표를 확인하고 성능저하 임계 초과 여부를 모니터링하는 세부 절차로 구성된다. 임계 초과외의 경우 기술분과로 문제해결을 상향한다. 모니터링/제어의 상태 모니터링에서는 운영분과의 운영자가 UIC - M&C를 통해 시스템의 OS, SoL, 시험상태로 구분되는 서비스 상태 및 하위시스템의 모드, 상태를 확인하는 시스템 수준 세부 절차와 하위시스템의 하위 장비 상태를 확인하기 위한 하위시스템 수준 세부 절차로 구성된다. 모니터링/제어의 데이터 관리에서는 운영분과의 운영자가 UIC - M&C를 통해 하위시스템의 원본 데이터, 상태, 처리 관련 데이터의 취합 상태를 확인하는 시스템 수준의 세부 절차와 기술분과의 기술담당자가 UIS를 통해 SF에 접근 (UIC-SF)하여 데이터 취합을 전반적으로 관리하는 시스템 수준의 세부 절차로 구성된다. 모니터링/제어의 알람/이벤트에서는 운영분과의 운영자가 UIC를 통해 하위시스템으로부터 M&C를 거쳐 UIC로 전파되는 알람/이벤트를 인지하고 확인하는 하위시스템 수준의 세부 절차와 기술분과의 기술 담당자가 UIS를 통해 SF에 접근하여 분류 (Category), 심각성 (Severity), 중요도 (Criticality), 우선순위 (Priority) 등으로 정의된 알람/이벤트의 신규 추가, 삭제, 수정 등을 관리하는 시스템 수준의 세부 절차로 구성된다. 모니터링/제어의 명령 관리에서는 기술/운영 분과의 담당자가 서비스를 전환하기 위한 시스템 수준의 세부 절차와 운영분과의 운영자가 UIC - M&C를 통해 하위시스템의 모드 전환을 명령하는 하위시스템 수준의 세부 절차로 구성된다. 모니터링/제어의 구성 관리에서는 기술담당자가 UIS-SF를 통해 펌웨어, 소프트웨어, 성능 관련 구성의 적합성 확인 및 파일의 관리를 수행하는 시스템 수준의 세부 절차와 운영담당자가 UIC - M&C를 통해 각 하위시스템의 구

성을 직접 업데이트/업그레이드하는 하위시스템 수준의 절차로 구성된다.

세부 운영 절차는 ID, 절차 이름, 사전 준비사항, 일반적 정보, 관련 하위시스템, 절차수행시간, 절차 전후 상태, 절차관련 명령으로 구분되어 작성되며 Table 3과 같이 도식화된다. ID는 하위시스템 및 세부절차 순번을 고려하여 결정하며 절차명은 운영자가 절차를 명확하게 인지하도록 작성된다. 사전 준비사항은 절차수행 전 확인되어야 하는 내용을 열거하며 일반적인 정보는 절차의 이해를 돕기 위한 관련 정보를 추가한다. 관련 하위시스템은 해당 절차와 연관되는 하위 시스템 및 방법을 기술하며 절차예상수행시간은 절차 시작에서 종료까지의 평균적인 수행시간이 정의된다. 절차 전후의 시스템 상태는 절차 수행 전과 후의 하위시스템 모드 또는 상태를 기술하며 이벤트 관리는 해당 절차에서 고려되거나 발생하는 이벤트를 기술한다.

4. DEVELOPMENT AND VERIFICATION OF OPERATION PROCEDURES

4.1 Development of Operation Procedures

운영/운용 절차에서는 사전 정의된 절차 템플릿을 활용하여 각 세부 활동에 관한 세부 운영/운용 절차를 산출하였다. Table 3의 예시는 산출된 절차 중 모니터링/제어의 명령 관리 관련 세부 절차로 기준국의 모드 전환에 관한 것이다. ID 필드 KRS_01은 기준국의 첫번째 세부 운용 절차를 의미하며 절차 이름의 mode change: LOADED-INITIALISED는 모드 전환을 수행 및 절차수행 전후의 하위시스템 상태를 포함한다. 사전 준비에서는 정상적인 절차수행을 위해 기준국이 LOADED 모드임을 확인하고 구성파일은 문제가 없어야 하며 기준국의 시각표준은 동작 (active) 상태임이 확인되어야 한다. 관련 하위시스템 필드에서는 이 절차는 KCS-CCF에 의해 원격제어 됨을 정의하였고 절차수행시간은 기준국의 세부 운용매뉴얼을 참고하여 10분으로 정의하였으며 이벤트 관리에서는 기준국 수신기 GPS 동기화 실패, 시각표준 상태 오류, 자체장비시험 실패, 데이터 취합 실패 이벤트가 발생 가능하므로 이를 정의하였다.

위와 같은 방법을 통해 임무 모니터링과 모니터링/제어 세부 활동 대해 각각의 운영/운용 절차를 산출하였다. 총 66건이 산출되었으며 이중, 시스템 수준의 운영 절차 13건, 하위시스템 수준의 운용 절차 53건이다. Table 4는 산출된 운영/운용 절차를 정리한 것이다.

4.2 Verification of Operation Procedures

산출된 운영/운용 절차는 시스템 공장수락시험 (FAT, Factory Acceptance Test)을 위한 통합시험 플랫폼 (IVQ-P, Integration/Verification/Qualification Platform)을 이용하며 사전 정의를 통한 검증 방법을 이용하여 검증된다. Fig. 4는 통합시험 플랫폼 구성을 도식화한 것이다. 통합시험 플랫폼은 기준국 1기, 중앙

Table 4. The summary of the completed operation procedures of operation management activities.

| Operational management | | Procedures | |
|------------------------|---------------------------|--|--|
| | | System level [ID] (Contents) | S/S level [ID] (Contents) |
| Mission monitoring | State / Status monitoring | 1 [MON] (Performance monitoring) | - |
| | State / Status monitoring | 1 [MON] (State monitoring) | 1 [MON] (State/Detailed monitoring) |
| | Data management | 2 [ARCHIVE] (Confirmation of archive behavior) | - |
| | Fault Log / Status | 2 [CONTROL] (Retrieve fault log, Send request) | - |
| Monitoring & Control | Alarm / Event management | 2 [KCS_CCF] (Change in alarm/event definition) | 1 [KCS_CCF] (Alarm monitoring) |
| | Command management | 2 [SYS-HO] (Non-Sol, Sol transition) | 5 [KRS] / 7 [KPS] / 5 [SGS] / 8 [KCS] / 2[FEE] / 3[RPMU] = 30 (Mode transition) |
| | Configuration management | 2 [CONFIG] (Verification of Cold/Hot config.) | 4[KRS] / 4[KPS] / 5[SGS] / 2[KCS] / 3[FEE] / 1[RPMU] = 19 (Configuration update/upgrade) |
| | Handover management | 1 [MCC-HO] (MCC handover) | 2 [KCS_CCF] (Commands for handover) |

Table 5. Verification method of operation procedures of operation management activities.

| Operational management | | Verification method | Verify. method | Num. of proc. |
|------------------------|---------------------------|---|----------------|---------------|
| Mission monitoring | State / Status monitoring | KPS → M&C (MIMO) → UIC Confirmation of expression of mission monitoring data | Display data | 1 |
| | State / Status monitoring | S/S → M&C → UIC Display of monitoring data UIC → M&C → S/S → M&C → UIC Display of monitoring data (detailed data request) | Display data | 2 |
| | Data management | S/S → M&C/SF Check the achieve data Display | Display data | 2 |
| | Fault management | UIC → M&C → S/S → M&C → UIC Retrieve and confirm the failure logs in the S/S Data | Data | 2 |
| Monitoring & Control | Alarm / Event management | UIC → M&C → SF or UIS → SF → M&C Change the event/alarm settings S/S → M&C → UIC Check whether the changes are reflected | Display data | 3 |
| | Command management | UIC → M&C → S/S → (M&C → UIC) Send the command and (check that the S/S properly reflected the command) | Display data | 32 |
| | Configuration management | SF → UIC → M&C → S/S → (M&C → UIC) Deploy the configuration file from the outside to the subsystem and (verify that it is properly deployed) | Display data | 21 |
| | Handover management | UIC → M&C#1 → M&C#2 → UIC | Display | 3 |
| | Handover management | Command to transition the current M&C to the backup state and check if the handover is complete | Display | 3 |

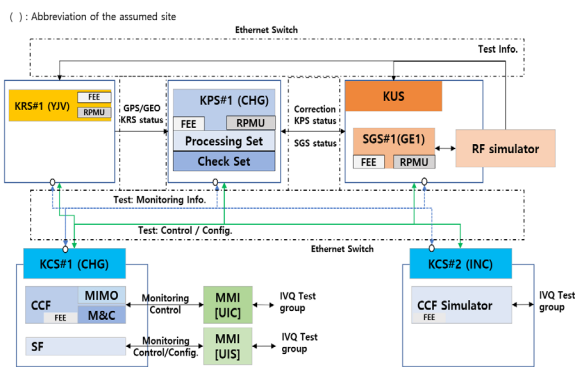


Fig. 4. Overall architecture of the KASS IVQ platform.

처리국 1기, 위성통신국 신호생성부 1기, 통합운영국 1기 및 통합운영국의 모니터링 제어 기능을 대체하는 시뮬레이터 (CCF simulator)로 구성되며 통합시험 플랫폼상 제약이 있는 위성통신국 RF송신부 및 정지궤도위성은 RF 시뮬레이터 (RF simulator)를 통해 구성된다.

Table 5는 절차의 검증 방법을 도식화한 것이다. 상태 모니터

링, 데이터 관리와 같은 모니터링 관련 절차 검증의 경우, 하위시스템, 네트워크, M&C를 거쳐 UIC로 표출되는 실시간 상태 정보, 데이터 등을 확인하는 운영자의 세부 절차가 올바르고 정확한지 검증한다. 상세 모니터링의 세부 모니터링, 실패 관리와 같은 모니터링 및 제어 관련 절차는 UIC에서의 하위시스템 상세 상태 정보 또는 실패 상태 정보 요청, 하위시스템 요청 명령 실행 확인, 하위시스템의 UIC 피드백 확인 및 후속조치 등의 세부 절차의 적합성을 검증한다. 명령, 핸드오버, 알람/이벤트 관리와 같은 제어 관련 절차 검증의 경우, UIC에서의 제어 명령 실행, 하위 시스템 명령 실행 확인, 하위시스템의 UIC 피드백 확인, 시스템 단위 확인 등의 세부 절차 적합성을 검증한다. 구성 관리와 같은 모니터링 및 제어 복합 절차의 경우, 구성 정보 취득, 구성 정보 적합성 검사, 구성 정보 배포 및 확인을 위한 제어 명령, 구성 정보 배포 적절성 확인을 위한 모니터링 명령 등의 세부 절차 적합성을 검증한다. 절차는 UIC, M&C, 네트워크, 하위시스템의 동작, 데이터 등에 문제가 없으면 해당 절차는 정상적으로 검증된 것으로 판정한다.

이러한 방법을 통해 현재까지 수락시험이 완료된 하위시스템 (KRS, KPS, FEE, RPMU)을 대상으로 산출된 운영/운용 절차의 적

Table 6. List of verified operation procedures of monitoring & control sub-activities.

| | S/S | State / Mode | Command | Verified proc. |
|--------------------------|---------------|---|--------------------------------|--------------------------|
| Command management | RPMU | PWR (ON, OFF) | ON/OFF command | 2 (check S/S power) |
| | KRS, KPS, SGS | LOADED → INITIALISED | INITIALISE | 3 (check S/S state) |
| | KRS, KPS, SGS | INITIALISED → RUNNING | RUN | 3 (check S/S state) |
| | KRS, KPS, SGS | RUNNING → OPERATIONAL | ACTIVATE | 3 (check S/S state) |
| | KRS, KPS, SGS | OPERATIONAL → RUNNING | DEACTIVATE | 3 (check S/S state) |
| | KRS, KPS, SGS | ANY MODE → LOADED | RESET | 3 (check S/S state) |
| | KPS | OPERATIONAL (Sub → Sub) | GEO command | 2 (check S/S state) |
| | SGS | OPERATIONAL (Sub → Sub) | GEO command | 1 (check S/S state) |
| | FEE | LOADED → RUNNING | RUN | 1 (check S/S state) |
| | FEE | RUNNING → LOADED | RESET | 1 (check S/S state) |
| Configuration management | KRS, KPS, FEE | LOADED (previous) → (restart) → LOADED (latest) | Configuration related commands | 11 (confirm new config.) |

합성을 검증한 결과 총 66건의 절차 중 33건이 검증 완료되었으며 세부적으로 하위시스템 명령관련 22건, 구성관련 11건이 검증 완료되었다. Table 6은 검증된 절차를 정리한 표를 도식화한 것이다. 수락시험이 완료된 하위시스템의 세부 모드전환 절차 및 구성업그레이드/업데이트 절차는 문제없이 검증되었다.

5. CONCLUSION

목표 성능을 충족하는 시스템의 지속적인 운영을 위해서는 적절한 운영 준비가 필요하며 운영의 정의, 조직, 활동, 절차 등이 정의되고 확정되어야 한다. KASS는 2023년 이후 항공용 서비스 제공을 목표로 개발 중에 있으며, 2023년 하반기까지 시스템 통합 시험 및 검증을 완료할 계획이다. 현재, 시스템 개발과 더불어 본격적인 운영을 위한 운영체계를 수립 중에 있다.

본 연구에서는 개발관점에서 KASS 운영에 관한 전반적인 개념을 정의하였으며 임무, 조직, 활동 및 절차 등을 정의하고 산출하였다. KASS의 임무, 시스템 아키텍처, 기능 등을 종합적으로 고려하여 운영을 정의하고 운영 조직 및 운영/운용 활동을 분류하였다. 관리, 운영, 기술, 유지보수로 구분하여 운영 조직을 구분하였으며 운영 관리, 운영 지원, 유지보수/물류, 지원으로 운영 활동을 구분하였다. 세부 활동 분류에 따라 시스템 및 하위시스템으로 구분된 세부 운영/운용 절차가 총 66건 산출되었다. IVQ 플랫폼을 통해 완료된 하위시스템 관련 운영/운용 절차 33건을 검증하였다.

시스템 개발 일정에 맞춰 운영/운용 절차들의 검증을 수행할 계획이며 검증 결과를 반영하여 이 절차들을 지속적으로 업데이트할 계획이다. 개발단계에서 고려되지 못하는 운영단계의 서비스 제공자와 관련된 운영/운용 절차를 선제적으로 발굴하여 개발, 검증할 계획이다. 이를 통해 목표 성능에 부합하는 KASS의 안정적인 운영을 도모할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENTS

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

AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

Authié, T., Dall’Orso, M., Trilles, S., Choi, H., Kim, H., et al. 2017, Performances Monitoring and Analysis for KASS, Proceedings of the 30th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2017), Portland, Oregon, 25-29 Sep 2017, pp.958-978. <https://doi.org/10.33012/2017.15405>

ESA 2021, [Internet], cited 2021 Aug. 24, available from: https://www.esa.int/Applications/Navigation/EGNOS/What_is_EGNOS

EUSPA 2021, [Internet], cited 2021 Aug. 24, available from: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/egnos-system/about-egnos

FAA 2008, Global Positioning System Wide Area Augmentation System (WAAS) Performance Standard, 1st Edition 2008

FAA 2021a, GPS/WAAS Approaches [Internet], cited 2021 Sep. 15, available from https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/approaches/

FAA 2021b, How It Works [Internet], cited 2021 Sep. 15, available from https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/howitworks/

Lee, B. S. & Nam, G. W. 2020, Introduction of Procedure and Method for KASS system SAT#1, in 2020 IPNT Conference, Yeosu, 11-13 Nov 2020, pp.1-4. <http://ipnt.or.kr/2020proc/94>



Minhyuk Son received his B.S., M.S. degrees in Electrical Engineering from Daegu University, South Korea, in 2009, and 2011, respectively. He received B.S. degree from the same university. He joined Korea Aerospace Research Institute in 2011 and is currently involved in Korea Augmentation Satellite System (KASS) development program. His research interests include SBAS, GNSS, and control engineering.



Youngsun Yun is a senior researcher in the SBAS System Engineering & Integration Team, SBAS Program Office, at Korea Aerospace Research Institute. He 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 (Korea Augmentation Satellite System; KASS) 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.