

국외 사례분석을 통한 KASS NOTAM 서비스 제공 및 시스템 구성 방안

Plan of KASS NOTAM Service Provision & System Architecture Through Analysis of Overseas Case

한 지 애^{1*} · 이 은 성¹ · 김 연 실¹ · 강 희 원²

¹한국항공우주연구원 SBAS기술팀

²SBAS사업단 체계종합팀

Ji-Ae Han^{1*} · EunSung Lee¹ · Youn-Sil Kim¹ · Hee Won Kang²

¹SBAS Technology Development Team, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 34133, Korea

²SBAS System Engineering & Integration Team, SBAS R&D Head Office, Daejeon 34133, Korea

[요 약]

NOTAM은 항공과 관련된 상태 정보를 항공종사자들에게 배포하는 공고문을 말한다. 국제민간항공기구인 ICAO는 SBAS 신호에 근거한 접근 절차를 사용하기 위해서는 SBAS 서비스에 대한 NOTAM 서비스를 제공해야 한다고 권고하고 있다. 이에, ICAO 권고 사항을 준수하여 KASS가 APV-I 급 SoL 서비스를 제공하기 위해서는 SBAS 신호를 이용하여 착륙하는 모든 항공기에 NOTAM 서비스를 제공해야 한다. 때문에 이를 위한 KASS NOTAM 시스템 개발이 필요하다. 본 논문에서는 국내외 NOTAM 관련 규정을 살펴보고 국내에서 일반적인 NOTAM 서비스 제공 현황을 분석하였다. 또한 이를 토대로 KASS NOTAM 서비스 제공 방안을 제시하였다. 그리고 국외 기 구축된 미국 WAAS와 유럽 EGNOS의 NOTAM 시스템 분석을 통하여 향후 개발될 KASS NOTAM 시스템의 구성 방안을 제시하고 구성 방안에 따른 주요 기능 요구 사항을 분석하였다.

[Abstract]

NOTAM is an announcement that is distributed to flight attendants with status information related to aviation. ICAO, the International Civilian Aviation Organization, recommends that a NOTAM service be provided for the SBAS service in order to use the SBAS signal-based access procedure. To comply with ICAO recommendation, KASS must provide NOTAM service to all aircraft landing using SBAS signal in order to provide APV-I SoL service. Therefore, it is necessary to develop KASS NOTAM system to provide KASS NOTAM service. In this paper, we analyzed the regulations related to NOTAM in Korea and abroad and analyzed the present state of NOTAM service in Korea. Based on this, we propose a method of providing KASS NOTAM service. We analyzed the NOTAM system of WAAS in the US and EGNOS in Europe and analyzed the main functional requirements of the KASS NOTAM system.

Key word : Korea augmentation satellite system, Notice to airmen, Wide area augmentation system, European geostationary navigation overlay service.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.2.96>



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 7 March 2018; Revised 26 March 2018

Accepted (Publication) 24 April 2018 (30 April 2018)

*Corresponding Author; Ji-Ae Han

Tel: +82-42-860-2794

E-mail: han2015@kari.re.kr

1. 서론

전 세계적으로 사용자의 위치와 시각을 결정하는 방법으로 사용하고 있는 GNSS (Global Navigation Satellite System)는 여러 가지 요인으로 인하여 위치의 정확도가 수십 미터의 오차로 인해 정확도 및 신뢰도가 낮다. 때문에 항공기와 같은 정확도 및 신뢰도가 높은 정보가 요구되는 분야에는 GNSS의 활용이 제한적이다.

SBAS (satellite based augmentation system)는 이런 오차에 대한 보정 정보 및 무결성 정보를 제공하는 위성항법 보강 시스템으로 사용자의 위치 정확도 및 보정 정보의 신뢰도를 높이는 역할을 한다.

국제민간항공기구 (ICAO; International Civilian Aviation Organization)에서는 2007년 ICAO 체결국에 대한 성능기반 항행 (PBN; performance based navigation) 이행 촉구를 위해 SBAS 도입을 권고한 바 있다.

현재 미국의 WAAS (wide area augmentation system), 유럽의 EGNOS (European geostationary navigation overlay service), 일본의 MSAS (multi-functional satellite augmentation system), 인도의 GAGAN (GPS-aided GEO augmented navigation)이 개발·구축을 완료하고 운영 중에 있으며, 러시아의 SDCM (GLONASS system for differential correction and monitoring), 중국의 BDSBAS (Beidou satellite-based augmentation system) 도 개발·구축 중에 있다[1].

우리나라에서도 2014년부터 국토교통부 주관으로 한국형 SBAS인 KASS (Korea augmentation satellite system)를 개발·구축 중에 있다. KASS는 2022년에 APV (approach procedure with vertical guidance) -I 급 SoL (safety of life) 서비스 제공을 목표로 하고 있다.

ICAO에서 발행한 SARPs (standards and recommended practices) Annex 10에는 SBAS 신호에 근거한 접근 절차를 사용하기 위해서는 SBAS 서비스에 대한 NOTAM 서비스를 제공해야 한다고 권고하고 있다[2]. 이에, ICAO 권고사항을 준수하여 KASS가 APV-I급 SoL 서비스를 제공하기 위해서는 SBAS 신호를 이용하여 착륙하는 모든 항공기에 NOTAM 서비스를 제공해야 한다. 때문에 이를 위한 KASS NOTAM 시스템 개발이 필요하다.

본 논문 2장에서는 NOTAM 관련된 ICAO 규정 및 국내 규정의 살펴보고 국내에서 일반적으로 제공되고 있는 NOTAM 서비스 현황을 분석한다. 3장에서는 미국의 WAAS NOTAM 서비스 제공 현황 및 현재는 운영이 중단되었지만 WAAS 초기 운영 시 제공되었던 WAAS 가용성을 예측하는 서비스 볼륨 모델을 분석한다. 또한 현재 운영되고 있는 유럽의 EGNOS NOTAM 서비스 제공 현황 및 EGNOS 가용성을 예측하는 EURONOTAM 예측 엔진을 분석한다. 4장에서는 2장과 3장의 분석결과를 기반으로 향후 KASS NOTAM 서비스 제공 방안을 제시하고, KASS NOTAM 시스템의 구성방안 및 이에 따른 주

요 기능 요구사항을 제시한다. 5장에서는 분석결과를 토대로 제시한 방안을 정리하고 향후 KASS NOTAM 개발을 위해 추가로 수행되어야 할 사항에 대해 논하고 결론을 맺는다.

II. 국내외 규정 및 국내 NOTAM 제공 현황

NOTAM은 Notice to airmen의 약자로 비행업무에 종사하는 자가 적시에 필수적으로 알아야 하는 항공시설, 업무, 절차 또는 위험사항의 신설, 상태 또는 변경에 관한 정보를 수록하여 통신망을 이용하여 전파되는 공고문을 말한다[3].

2-1 ICAO 권고 사항

SBAS 기반 접근 절차를 구현할 때 ICAO SARPs annex 10에 다음과 같이 NOTAM 서비스의 필요성을 명시하고 있다.

“SBAS 신호에 근거한 접근 절차를 사용하기 위해서는 국가는 SBAS 서비스에 대한 NOTAM 서비스를 제공해야 한다. 시스템 요소 오류가 서비스에 미치는 영향을 확인하기 위한 수학적 서비스 볼륨 모델을 사용해야 한다. 국가는 SBAS 운영자로부터 모델을 입수하거나 자체적으로 개발을 할 수 있다. 모델은 주 시스템 요소의 현재 및 예측 상태 데이터와 국가가 작업을 승인한 위치를 사용하여 서비스 중단이 예측되는 공역 및 공항을 식별하고 NOTAM을 생성하는데 사용한다.”

ICAO에서는 위와 같이 SBAS 기반 접근 절차를 공포하기 전 핵심 요소로 NOTAM 서비스를 확립해야 함은 물론, 시스템 오류로 인한 서비스 영향 분석을 위한 수학적 서비스 볼륨 모델 사용을 권고하고 있다. 또한, 이외에 고시의 적시성 측면에서 아래와 같이 공지 시간을 명시하고 있다[4].

“예정된 이벤트의 경우, 적어도 이벤트 72시간 전에 NOTAM 기관에 통지해야 한다. 예정되지 않은 이벤트의 경우 NOTAM 기관에 15분 내에 통지해야 한다. 15분 이상 지속되는 이벤트에 대한 알람을 제공해야 한다.”

2-2 국내 규정

국내에서는 현재 SBAS 관련한 구체적인 NOTAM 규정은 없다. 하지만 국내 일반적인 NOTAM 관련 규정이 KASS NOTAM 서비스 제공 및 시스템 개발에 영향을 미칠 수 있기 때문에 일반 NOTAM 관련 규정을 살펴본다.

1) 발행 및 발행기한

NOTAM는 항공정보의 발효기간이 일시적이며 단기간이거나 운영상 중요사항의 영구적인 변경 또는 장기간의 일시적인

변경사항이 짧은 시간 내에 고시가 이루어질 때 신속히 작성·발행하여야 한다. 이외에도 항공자료제공자 등이 항공기 운항에 영향을 줄 수 있다고 판단하여 NOTAM의 발행을 요청한 사항에 대해서는 이를 NOTAM로 발행할 수 있다.

NOTAM의 발행기한은 기 설정된 위험·제한 구역 또는 금지 구역의 운영에 관한 일시적인 공역 제한에 관한 사항은 최소 7일전에 공고되어야 하며, 대규모 군사훈련 이외의 훈련을 위한 일시적 공역 제한에 관한 사항은 최소 3일전, 그리고 비상상황 발생 시 즉시공고를 해야 한다[5].

2) NOTAM 작성 및 배포

NOTAM는 ICAO 약어를 준용한 NOTAM 부호를 부여하여 의미·축약용어, 표시어, 식별어, 지정어, 호출부호, 주파수, 수치 및 평문으로 구성하여 작성요령에 따라 NOTAM 양식에 작성한다[5](작성양식은 [6] 참조).

작성된 NOTAM는 항공고정통신망(AFTN; aeronautical fixed telecommunication network)을 이용하여 배포한다. 항공고정통신망은 항공고정통신국들 사이에 항공정보를 교환하기 위하여 ICAO의 기술기준에 의거 전 세계적으로 구축된 통신망이다[7].

2-3 국내 NOTAM 서비스 제공 절차

현재 국내에서는 국토교통부 산하 항공교통본부에서 NOTAM에 대한 총괄적인 업무를 담당하고 있으며, NOTAM의 수집 발행 및 국제적 교환, 외국 NOTAM 접수 및 관리, 유효 NOTAM 그래픽 서비스 등 제공한다[8].

NOTAM 서비스 제공 절차는 그림 1과 같다. 공항·항행시설을 관리 및 운영자가 담당하는 시설 및 공역 또는 업무에 NOTAM 발행 대상에서 규정한 사항이 발생하거나 예상될 경우 지방항공청(이하 지방청) 및 공항출장소에 통보한다(자세한 기관은 [3] 제17조 참조).

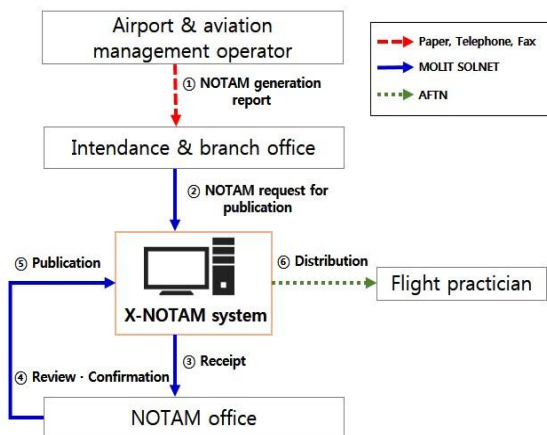


그림 1. 국내 NOTAM 서비스 제공 절차
Fig. 1. NOTAM service provision procedure in Korea.

통보는 별도의 서식이 없으며 서면으로 제출하는 것이 원칙이나, 불가피한 경우 전화 또는 팩스를 이용할 수 있다. 통보내용에는 아래의 사항을 포함해야한다.

- 발생일시
- 발생기간
- 발생시설, 구역, 고도
- 참고사항
- 통보자 직책 및 성명

NOTAM 발생을 보고 받은 지방청 및 공항출장소는 X-NOTAM(전자항공고시보) 시스템으로 NOTAM 발행을 의뢰한다. 항공교통본부의 항공교통센터 중앙항공정보실의 항공정보(NOTAM) 담당자는 의뢰받은 NOTAM을 검토 및 확인한 후 X-NOTAM 시스템으로 발행한다. 발행된 NOTAM은 다시 AFTN을 통해 국내외 항공종사자에게 배포된다.

X-NOTAM는 항공고시보 (NOTAM), 설빙고시보 (SNOWTAM), 화산재고시보 (ASHTAM), 유효 항공고시보 대조표 및 목록, 외국항공고시보 등의 접수, 발행, 관리 등을 하는 항공정보통합관리시스템 (AIM; aeronautical information management system)의 개별 메뉴이다. 항공정보통합관리시스템은 국토교통부에서 구축한 전자 항공정보관련 시스템(항공정보간행물, 항공고시보, 비행전정보게시, 공항지도, 지형/장애물 데이터 등)을 통합하여 항공정보를 전자형태로 생산·관리하여 항공정보를 제공하는 시스템이다[9].

III. 국외 SBAS NOTAM 서비스 제공 현황

3-1 WAAS

북미지역을 서비스 범위로 하는 미국의 SBAS 시스템인 WAAS는 2003년 항공용으로 사용 승인을 받아 LPV IOC (initial operational capability) 서비스 제공을 시작으로 2006년에는 LPV FOC (full operational capability) 서비스를 제공하고 있다[1].

WAAS 서비스를 제공하는 미항공연방청(FAA; federal aviation administration)에서는 WAAS NOTAM 서비스를 제공하고 있다. WAAS 초기 운영 시에 WAAS 서비스의 가용성 예측 및 정지가 예상되는 영역을 결정하는 WAAS SVM (service volume model)을 개발하여 운영하였지만, 예측된 가용성의 오류 비율이 높아 WAAS SVM이 신뢰할 수 없는 것으로 판단되어 현재는 WAAS NOTAM 예측 서비스는 제공하지 않는다.

1) WAAS NOTAM 서비스 제공 절차

WAAS는 미국 전역에 위치한 ATC (air traffic control) 시설의 운영센터에서 모니터링 되는데, 그중 예를 들면 캘리포니아

의 FAA ATC 시설에 POCC (Pacific Operations Control Center)가 있다. 만약 WAAS의 오작동이 감지되면 POCC는 FAA의 규정에 맞는 NOTAM을 FAA NOTAM 시스템에 입력하고, FAA는 표준 NOTAM 보급시스템으로 사용자에게 WAAS NOTAM을 배포한다. 이러한 절차로 FAA에서는 WASS NOTAM 서비스를 제공한다.

2) WAAS NOTAM 서비스 볼륨 모델(SVM)

WAAS NOTAM SVM에서 서비스 가용성과 정지가 예상되는 영역이 결정되면 WAAS NOTAM이 생성된다. 이때 예측을 위해 사용한 WAAS SVM은 John A. Volpe national transportation system center에서 개발하였고, SVM은 GPS 위성 상태, GPS almanac, 공항의 위치 정보를 이용하여 가용성을 결정한다.

SVM은 24시간에 한번씩 30시간 동안 WAAS 서비스 가용성 데이터를 생성하는데, 이 데이터는 1초 간격으로 처리된다.

예측된 정지는 FDC (flight data center) NOTAM으로 형식화하여 공항 NOTAM 목록에 자동으로 게시된다[10].

이 NOTAM 서비스는 시스템의 소프트웨어 문제 등의 여러 가지 요인으로 인해 WAAS 가용성 예측의 오류 비율이 높아 2009년 11월 3일에 중단되었다[11]. 현재 WAAS의 가용성이 매우 높기 때문에 새로운 예측 NOTAM 시스템에 대한 개발은 고려하지 않고 있으나, FAA는 “WAAS MAY NOT BE AVAILABLE”의 예측 고시문을 발급할 수 있는 기능은 유지하고 있다.

3-2 EGNOS

2011년 3월 2일, 유럽의 SBAS인 EGNOS 서비스 제공업체인 ESSP (European Satellite Services Provider)는 EGNOS SoL 서비스의 시작을 공식 선언하고, EGNOS 기반 접근 절차가 게시된 모든 공항에 EGNOS NOTAM providers 서비스를 제공하고 있다. EGNOS NOTAM proposals 서비스는 GPS 및 EGNOS 각 하위시스템의 예정된 혹은 예정되지 않은 정지 및 고장을 고려하여 EGNOS의 비가용성을 예측하고, 이를 사용자에게 전달하는 서비스이다[4].

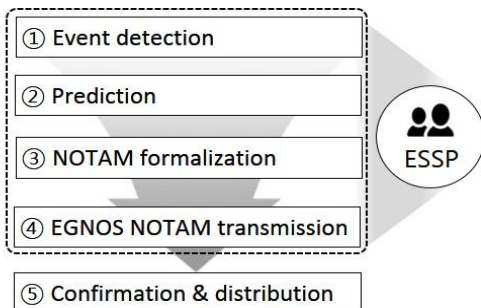


그림 2. EGNOS NOTAM 서비스 제공 절차
Fig. 2. EGNOS NOTAM service provision procedure.

GNSS events	Notification Timeliness			
	SL1	SL2	SL4	SL5
Scheduled	72 h in advance			
Unscheduled (Working hours)	16h max	2h max	2h max	10 min max
Unscheduled (Non-working hours)	16h max	16h max	2h max	10 min max

Current Level

그림 3. EGNOS NOTAM 서비스 수준[12]
Fig. 3. EGNOS NOTAM service levels[12].

1) EGNOS NOTAM 발행 절차

이벤트가 발생되어 EGNOS NOTAM proposal이 생성되고, 이를 최종사용자에게 전달되는 과정은 그림2와 같다. EGNOS 및 GPS 시스템 수준에서 이벤트가 감지되면 이벤트가 사용자에게 미치는 영향을 예측한다. 만약 서비스 이용이 불가한 것으로 확인되면 EGNOS NOTAM proposal을 형식화한다. 형식화된 EGNOS NOTAM proposal은 별도의 시스템이나 망을 이용하지 않고, 수동으로 E-mail을 통하여 NOF (NOTAM office)에 전달한다. NOF는 수신된 EGNOS NOTAM proposal의 정확성을 검증하고 EGNOS NOTAM을 생성하여 최종사용자에게 배포한다. 위의 단계에서 ①~④단계까지 전적으로 ESSP에게 책임이 있다[3].

2) EGNOS NOTAM 서비스 공지 시간

EGNOS NOTAM은 ICAO의 NOTAM 서비스의 공지시간 권고에 따라 현재 ENGOS NOTAM proposals 서비스는 예정된 이벤트는 72시간 전에 제공하고 있다. 하지만 예정되지 않은 이벤트는 2시간 내에 제공하고 있다. 그림 3은 EGNOS NOTAM 서비스 공지 시간이다. ESSP에서 EGNOS NOTAM proposal service levels를 4단계로 나눠 로드맵을 수립하고 2011년에는 SL1, 2013년에는 SL2에 해당하는 서비스를 제공하였다. 2014년부터 현재까지 SL4에 해당하는 서비스를 제공하고 있다. ESSP에서는 추후 서비스 제공을 ICAO 권고 수준에 맞는 SL5를 최종 목표로 하고 있다[4],[12].

3) EURONOTAM tool

EURONOTAM tool은 EGNOS NOTAM generation을 생성하고 형식화하는 도구로 ESSP가 운영하고 있으며 그림4와 같이 연계되어 있다. EURONOTAM tool은 HMI (human machine interface)를 통해 운영자가 입력한 로컬 디렉토리 및 데이터베이스에서 필요한 입력데이터를 읽어 EGNOS APV-I 서비스가 운영 중인 공항에서 서비스를 사용할 수 없음을 감지한다. 또한 감지된 정보를 항공 사용자에게 보고하도록 EGNOS NOTAM generation으로 생성하여 EGNOS 성능을 전파한다. EURONOTAM tool의 주요 기능은 다음과 같다[4].

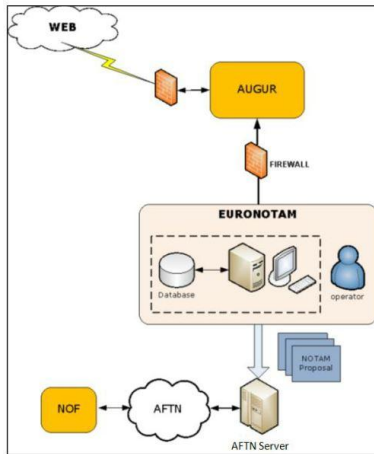


그림 4. EURONOTAM 연계[4]
Fig. 4. EURONOTAM interface[4].

- 파일에서 GPS NANUs 및 GPS almanacs를 읽는 기능
- AUGUR 서비스에서 NANUs 및 GPS almanacs를 읽는 기능
- GPS 및 EGNOS GEO 위성파 EGNOS station 정지를 고려한 NOTAM proposal 생성하는 기능
- AFTN을 통해 해당 NOF(또는 EAD)로 NOTAM proposal을 전송하는 기능
- 웹서비스를 통해 NOTAM proposal을 AUGUR 서비스에 전송하는 기능

AUGUR는 EUROCONTROL(유럽항공안전기구)에서 제공하는 B-RNAV (basic area navigation), P-RNAV (precision area navigation) 및 RNP (required navigation performance) APCH부터 LNAV (lateral navigation) minima까지 각각의 운용에 대해 RAIM (receiver autonomous integrity monitoring)을 이용한 GPS 무결성을 확인하는 웹기반 도구이다[13].

4) EURONOTAM tool 예측 엔진

EURONOTAM tool은 예측 엔진을 포함하는데, 예측 엔진은 EURONOTAM tool의 핵심모듈로 EGNOS 각 하위시스템 및 GPS의 문제로 사전에 발생할 수 있는 EGNOS APV-I 서비스의 성능 저하를 예측한다.

표 1. EURONOTAM tool 입력 정보[4]
Table 1. EURONOTAM tool input data[4].

	GPS almanacs	NANUs	GEO & RIMS outages	Configuration
AUGUR	X	X		
HMI database		X	X	X
File from directory	X	X		

예측을 위해서는 GPS almanacs, GPS NANUs (notice advisory to NAVSTAR user), 계획된 GEO & 기준국 정지 정보, 형상정보, 공항 위치 정보가 필요하다. 표1은 이러한 정보를 획득하기 위한 각각의 인터페이스를 보여준다. 획득된 정보를 이용한 예측하는 과정은 다음과 같다[4].

- ① GPS almanacs & NANUs를 이용하여 위성의 위치와 가시성 예측한다.
- ② 각 GPS 위성에 대한 기준국의 가시성을 예측한다.
- ③ 각 IGP (ionospheric grid point)에 대한 IPP (ionospheric pierce point)를 예측한다.
- ④ ②를 통해 각 위성에 대한 UDRE (user difference range error)를 예측하고 ③으로부터 IGP에서의 GIVE (grid ionospheric vertical error) 값을 예측한다.
- ⑥ 예측한 UDRE와 GIVE으로 공항에서의 보호수준(PL: protection level)을 계산한다.
- ⑦ 계산된 보호 수준과 목표서비스에 대해 사전 정의된 경고 한계치(Alert limit)를 비교하여 각 공항에서의 가용성 예측한다.

ESSP에서는 이와 같이 시스템 오류로 인한 서비스 영향 분석을 위한 수학적 서비스 불복 모델 사용하라는 ICAO 권고에 따라 EURONOTAM Tool 예측 엔진을 구축하여 사용하고 있다. 예측 엔진을 포함하는 EGNOS NOTAM proposals 서비스는 예정된 이벤트의 경우 72시간 전에, 예정되지 않은 이벤트의 경우는 2시간 내에 제공하고 있다. 이는 예정되지 않은 이벤트의 경우 ICAO 권고 기준에 완전히 준수하지 않지만 향후 ICAO 권고 기준을 완전히 만족할 만한 수준의 서비스를 제공하기 위해 노력하고 있다.

현재(2018년 1월 4일 기준) ESSP는 22개국 180개 공항에서 292개의 APV-I 기반 접근 절차 서비스를 제공[14]하고 있으며 접근 절차 서비스를 제공한 공항에 EGNOS NOTAM proposal 서비스를 제공하고 있다[4].

IV. KASS NOTAM 서비스 및 시스템

4-1 KASS 개요

우리나라에서 개발 중인 KASS는 기준국(KRS; KASS reference station), 중앙처리국(KPS; KASS processing station), 통합운영국(KCS; KASS control station), 위성통신국(KUS; KASS uplink station), 정지궤도위성(GEO; geostationary earth orbit)으로 구성된다. 모든 KASS 지상시스템은 통신네트워크로 연결하여 개발·구축될 예정이며 그림 5와 같다.

한반도 전역에 설치된 다수의 기준국에서 GNSS 위성 데이터를 수집하고 이를 중앙처리국으로 보내진다.

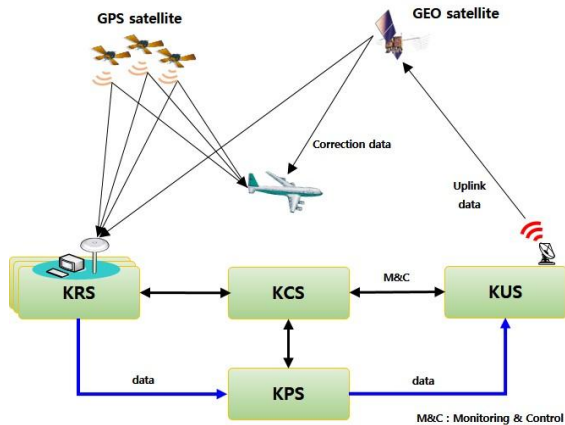


그림 5. KASS 구성[15]
Fig. 5. KASS architecture[15].

수집된 데이터를 토대로 중앙처리국은 SBAS 보정정보를 생성한다. 생성된 보정정보는 위성통신국으로 전송되고 이는 다시 GEO를 통해 사용자에게 SBAS 메시지 형태로 방송된다. 통합운영국은 이 모든 KASS 지상시스템을 제어하고 감시하는 역할을 수행하며[15], KASS NOTAM 시스템에서 필요한 KASS의 상태정보와 GPS 위치 및 상태정보를 제공한다. KASS 시스템이 개발 및 구축이 완료되면 현재 설립 추진 중인 KASS 운용센터(KSP; KASS service provider)에서 KASS 서비스를 제공하며, KASS NOTAM 서비스도 역시 KSP에서 제공하게 된다.

4-2 KASS NOTAM 서비스 제공 방안

그림6은 KASS NOTAM 시스템의 개념도이다. KASS 지상 시스템의 상태정보와 GPS 위치 및 상태정보가 KASS NOTAM 시스템에 전달되면, KASS NOTAM 시스템은 SBAS 신호의 가용성 여부를 판단하고 만약 SBAS 신호 비가용성으로 판단되면 이를 항공종사자에게 알려준다.

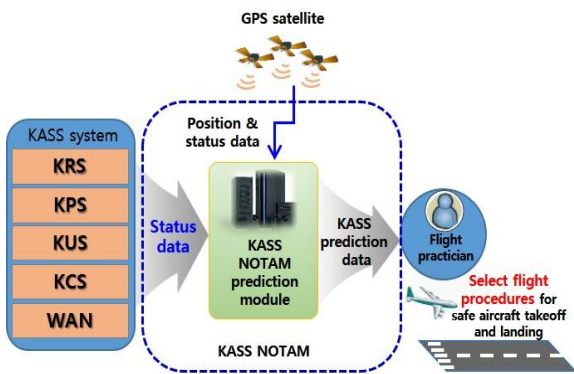


그림 6. KASS NOTAM 개념
Fig. 6. KASS NOTAM concept.

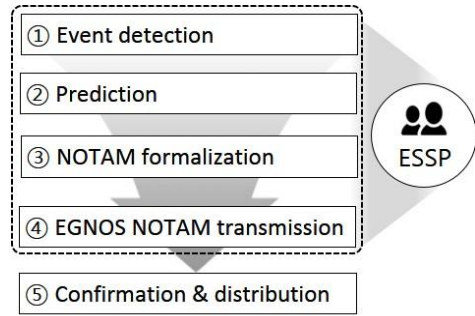


그림 7. KASS NOTAM 서비스 제공 절차
Fig. 7. KASS NOTAM service provision procedure.

1) KASS NOTAM 서비스 제공 방안

그림 7은 KASS NOTAM 사항이 생성되어 최종사용자(항공 종사자)에게 배포되는 과정을 나타낸 것이다.

KASS 시스템의 이상이 감지되면 KASS NOTAM를 이용하여 APV-I SBAS 접근 절차가 공포된 공항에서 사용자 성능에 영향을 미치는 지를 확인한다. 만약 KASS 서비스 사용이 불가하다고 판단이 되면 KASS NOTAM 사항을 생성하고 보고한다. 보고된 KASS NOTAM 사항은 X-NOTAM 시스템을 통해 발행되고 발행된 KASS NOTAM 사항은 NOF에서 AFTN을 통해 최종사용자에게 전달된다.

현재 국내 NOTAM 관련 규정에 의하면 KASS NOTAM 서비스를 제공하는 과정에서 그림 7의 ③단계까지가 KASS 운영자의 역할이라고 볼 수 있으며 그림 7의 ④단계 이후의 절차 및 이에 대한 역할은 그림1의 ② 이후와 같다.

만약 KASS NOTAM 사항이 발행되어 최종사용자에게까지 KASS NOTAM 운영자가 권한 및 책임을 가지고 KASS NOTAM 시스템을 통해 자동으로 배포되기 위해서는 X-NOTAM 시스템 및 AFTN과 연결되어 있어야 한다. 또한 이에 대한 접근 및 배포 권한을 부여받아야 하는데 이는 NOTAM 관련 국내 규정을 바꿔야하는 어려움이 있다.

2) KASS NOTAM 공지시간

KASS NOTAM 공지시간은 국내 규정에서는 해당사항이 없기 때문에 ICAO의 공지시간 규정을 준수해야 할 것으로 보인다. 그러므로 KASS NOTAM 사항이 최종사용자에게 공지되는 시간은 ICAO 규정에 의거하여 예정된 사항은 NOF에 72시간 전에 예정되지 않은 사항은 NOF에 15분 내에 전달되어야 한다. 때문에 KASS NOTAM 사항이 생성되어 NOF에 전달되는 절차로 인한 소요시간을 고려하여 공지시간을 가져야 한다.

4-3 KASS NOTAM 시스템 구성 방안

KASS NOTAM 시스템의 구성방안은 그림8과 같으며 연계 모듈, 예측 모듈, 제공 모듈 그리고 데이터베이스로 구성하는 방안을 제시한다.

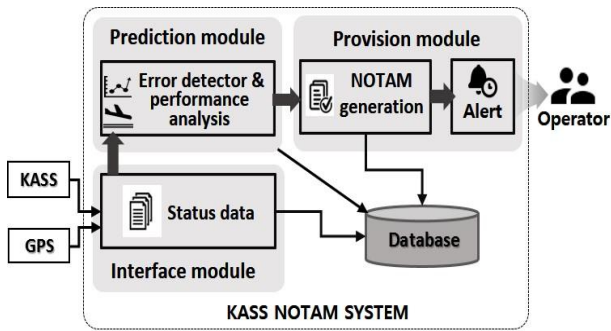


그림 8. KASS NOTAM 시스템 구성 방안
Fig. 8. KASS NOTAM system architecture plan.

KASS NOTAM 연계 모듈은 KASS 시스템 상태정보와 GPS 위성 및 상태정보를 가져오는 모듈이며, KASS NOTAM 예측 모듈은 KASS 시스템의 가용성 영향을 분석하는 모듈이다. KASS NOTAM 제공 모듈은 KASS NOTAM 사항을 생성하고 운영자에게 알림을 주는 모듈로 이와 같이 총 3개의 모듈로 구성할 수 있다. 또한 KASS 상태정보, GPS 위성 및 상태정보, KASS 가용성 예측 정보, KASS NOTAM 사항 생성 정보 등을 저장하는 데이터베이스도 포함하여 구성하여야 한다. 제시한 KASS NOTAM 시스템 구성방안으로 시스템을 개발하기 위해서는 설계 시 주요 기능, 운영, 안전성, 성능, 환경 등에 대한 요구사항 분석이 필요하다. 본 단에서는 이러한 여러 요구사항 중 주요 기능 요구사항에 대해 분석한다.

1) KASS NOTAM 연계(Interface) 모듈

KASS NOTAM 연계 모듈은 KASS 시스템의 상태정보 및 GPS 위치, 상태정보를 KASS 예측 모듈에 제공하는 기능을 수행한다. 아래는 KASS 연계 모듈의 주요 기능 요구사항은 다음과 같다.

- ① KASS NOTAM 연계 모듈은 KASS의 모든 기능과 독립적으로 설계되어야 한다.
- ② 표2의 데이터를 전송주기에 맞게 KASS NOTAM 예측 모듈에 전송해야 한다.
- ③ KASS NOTAM 연계 모듈은 KASS NOTAM 예측 모듈로 데이터를 전송하는 단방향으로 연계되어야 한다.

2) KASS NOTAM 예측(Prediction) 모듈

KASS NOTAM 예측 모듈은 시스템 요소의 오류가 서비스에 미치는 영향을 확인하기 위해 수학적 서비스 볼륨 모델을 사용해야 한다는 ICAO 권고 사항을 이행하기 위한 모듈로써 KASS 연계 모듈에서 제공하는 데이터를 받아 KASS 시스템의 비가용성을 예측하는 기능을 담당한다. KASS 시스템의 비가용성을 예측하기 위해서는 다음과 같은 기능이 요구된다.

표 2. 전송 데이터 목록
Table 2. Transmission data list.

	data	Period		
		When connected	Each Week	When changed
KASS	KRS list & position	○		○
	GEO PRN list	○		○
	Scheduled GEO & KRS outage	○		○
	Airport position	○		○
	Configuration	○		○
GPS	GPS almanac	○	○	
	GPS NANUs	○		○

- ① KASS NOTAM 연계 모듈에서 제공하는 데이터를 읽어야 한다.
- ② KASS 시스템 이상 정보를 통하여 각 공항에 대한 KASS 신호의 비가용성을 판단해야 한다
- ③ 만약, KASS 신호가 비가용성으로 판단되면 KASS 제공 모듈에 예측된 정보를 제공해야 한다.

3) KASS NOTAM 제공(Provision) 모듈

KASS NOTAM 제공 모듈은 KASS 예측 모듈에서 KASS 시스템의 비가용성이 예측되면 이를 KASS NOTAM 사항을 생성하고 KASS NOTAM 운용자에게 자동으로 알림 기능을 제공하는 모듈이다. KASS NOTAM 제공 모듈의 주요 기능 요구사항은 다음과 같다.

- ① KASS NOTAM 사항을 생성해야 한다.
- ② 생성된 KASS NOTAM 사항을 운영자에게 자동으로 알려야 한다.
- ③ 알림에는 발생일시, 발생시간, 발생지역(공항), 참고사항을 포함하여야 한다.
- ④ KASS NOTAM 공지시간을 고려하여 알림을 제공해야 한다.

4) KASS NOTAM 데이터베이스

KASS NOTAM 데이터베이스는 KASS NOTAM 연계모듈, 예측모듈, 제공모듈과 연결되어 각 모듈로부터 관련 데이터를 저장하고 이력을 관리하기 위해 필요하다. 주요 기능 요구사항은 다음과 같다.

- ① KASS NOTAM 연계 모듈을 통해 전송된 KASS 상태정보와 GPS 위치 및 상태정보를 자동으로 저장해야 한다.
- ② KASS NOTAM 예측 모듈에서 예측된 정보를 자동으로 저장해야 한다.

③ KASS NOTAM 제공모듈에서 생성된 KASS NOTAM 사항 및 알림 정보를 자동으로 저장해야한다.

V. 결 론

본 논문에서는 KASS NOTAM 서비스 제공 및 시스템 개발에 필요한 국내외 NOTAM 관련 규정 및 국내 일반적인 NOTAM 서비스 제공 현황을 분석하였으며, 또한 기 구축된 미국 WAAS와 유럽 EGNOS의 NOTAM 서비스 제공현황을 분석하였다. 이를 기반으로 KASS NOTAM이 발행되어 최종사용자에게 배포되기까지의 KASS NOTAM 서비스 제공방안을 제시하였다.

또한 WAAS와 EGNOS의 NOTAM 시스템 분석을 통해 KASS NOTAM 시스템을 연계모듈, 예측모듈, 제공모듈, 데이터베이스로 구성하는 방안을 제시하였고 시스템 설계 시 필요한 주요 기능 요구사항을 각 모듈별로 분석하였다.

표 3은 본 논문에서 제시한 KASS NOTAM 시스템 구성 방안과 WAAS 및 EGNOS NOTAM 시스템의 차이점을 나타낸다. WAAS는 운영초기에는 가용성 및 정지 지역 예측을 하였으나 현재에는 이러한 예측은 하고 있지 않다. 반면 EGNOS는 EURONOTAM tool 예측 엔진을 이용하여 예측 서비스를 제공하고 있다. 본 논문에서 제시한 KASS NOTAM 시스템 구성 방안에는 EURONOTAM tool과 같은 기능을 제공하는 예측 모듈을 구성하는 방안을 제시하였다.

현재 KASS 개발 범위에는 KASS NOTAM 시스템에 필요한 데이터를 제공하는 KASS NOTAM 연계 모듈까지만 포함되어 있다. 때문에 향후 ICAO 권고를 이행하기 위한 예측 모듈 및 제공 모듈 개발과 KASS NOTAM 서비스 제공이 필요하다. 이를 위해서는 추가적인 예산 및 기간 확보, 운용 및 성능 등을 고려한 개발 계획 수립이 필요할 것으로 보인다.

표 3. KASS NOTAM 시스템 구성 방안과 WAAS 및 EGNOS NOTAM 시스템 차이점

Table 3. Differences between the system architecture plan of KASS NOTAM, the system of WAAS NOTAM and EGNOS NOTAM.

NOTAM system	Scheduled outage	Availability prediction		Outage area prediction	
		Initial operation		Initial operation	
KASS (plan)	○	○		○	
WAAS	○	Initial operation	○	Initial operation	○
		Present	X	Present	X
EGNOS	○	○		○	

마지막으로 본 논문에서 제시한 모듈별 주요 기능 요구사항 이외에도 시스템 설계 시 필요한 운용, 안전성, 환경, 성능 측면에서의 추가적인 연구가 필요하며 또한 KASS NOTAM 시스템의 핵심 모듈인 예측 모듈에 대한 알고리즘 분석 및 설계 방안 등에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업의 연구비지원 (18ATRP-A087579-05)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] J. I. Park, E. S. Lee, M. B. Heo, and G. W. Nam, "Latest technology trending for satellite based augmentation system," *Aerospace Industry Trends*, Vol. 14, No. 1, pp. 191-202, 2016.
- [2] ICAO, Annex 10 Aeronautical Telecommunications, 6th ed, ATT D.11, Jul. 2006.
- [3] Ministry of Land Infrastructure and Transport, NOTAM Regulations, No. 67, Dec. 2005.
- [4] J. Vázquez, M. Á. Sánchez and J. Cegarra, "The EGNOS NOTAM proposals service", in 25th ION GNSS, Nashville: TN, pp. 12-21, Sep. 2012.
- [5] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Standards for AIS CHARTS and Units of Measurement, No. 569, Aug. 2017.
- [6] ICAO, Annex 15 Aeronautical Information Service, 13th ed, APP 6.1-6.5, Jul. 2010.
- [7] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Regulations for Aeronautical Telecommunication, No. 713, Oct. 2017.
- [8] Ministry of land, Infrastructure and Transport, Air Traffic Management Office, [Online]. Available: http://www.molit.go.kr/atmo/USR/WPGE0201/m_36541/DTL.jsp
- [9] Ministry of Land Infrastructure and Transport, The Integrated Management of Aeronautical Information Management System Operation Manual, No. 193, 2017.
- [10] J. R. Snow, "WAAS NOTAM operational concept," in *Proceeding of the 15th International Flight Inspection Symposium*, Oclahoma city: OM, pp. 1-8, Apr. 2008.
- [11] J. R. Snow(2012, February), GNSS aeronautical information overview, FAA Library, [Online]. Available : https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/library/documents/media/SATNAV_NOTAMsArticle.doc

- [12] P. Gómez, J. Morán, J. Vázquez, R. Rodríguez “H24 reactive EGNOS NOTAM proposals origination: a reality,” *The 2014 Arab Institute of Navigation Conference and Exhibition*, Alexandria: Egypt, p. 7, Sep. 2014.
- [13] EUROCONTROL, [Internet]. Available: <http://www.eurocontrol.int/augur>

- [14] P. Durel, “EGNOS status,” in *33th SBAS International Working Group*, Madrid: Spain, p. 8, Jan. 2018.
- [15] Y. S. Kim, D. H. Won and E. S. Lee, “Requirement analysis for KASS control station,” in *Proceeding of 2017 Conference of the Korea Navigation Institute*, Seoul: Korea, Vol. 21, No. 1, pp.179-182, Oct. 2017.



한 지 애 (Ji Ae Han)

2006년 2월 : 충북대학교 천문우주학과 (이학석사)
 2015년 6월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원
 ※관심분야 : GNSS, SBAS, NOTAM, 시각비교



이 은 성 (Eunsung Lee)

1998년 2월 : 건국대학교 기계공학 (공학석사)
 2005년 2월 : 건국대학교 항공우주공학 (공학박사)
 2007년~2016년 : 한국항공우주연구원 선임연구원
 2017년~현재 : 한국항공우주연구원 책임연구원
 ※관심분야 : 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 시스템 고장 검출, 위성항법보강시스템



김 연 실 (Youn Sil Kim)

2016년 2월 : 서울대학교 항공우주공학 (공학박사)
 2016년 12월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원
 ※관심분야 : SBAS, GNSS/INS 통합 항법, 제품 보증



강 희 원 (Hee Won Kang)

2010년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2010년 11월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원
 ※관심분야 : GNSS, SBAS, 비행시험, 전파교란