

위성항법 보강시스템 및 기술동향

Trends of GNSS Augmentation System and Its Technologies

이상욱 (S.U. Lee) 위성항법·레이더연구실 책임연구원
 형창희 (C.H. Hyoung) 위성항법·레이더연구실 책임연구원
 유문희 (M.H. You) 위성항법·레이더연구실 책임연구원
 신천식 (C.S. Sin) 위성항법·레이더연구실 책임연구원
 안재영 (J.Y. Ahn) 위성항공 ICT 연구부 책임연구원

* 본 논문은 국토부 항공안전기술개발사업으로 수행중인 APV-I급 SBAS 위성통신시스템 개발 사업의 일환으로 수행한 것임.

위성항법 보강시스템은 항법위성인 GPS 제공 항법신호를 수신 처리하여 각종 오차 성분을 제거시킴으로써 산출된 위치정확도, 시스템 가용도 및 제공신호에 대한 무결성 등이 향상됨에 따라 항공분야, 해양분야 및 차량내비 등 육상분야에서 요구하는 위치정확도뿐만 아니라 보강 및 무결정정보 등을 특정 성능 요구를 만족시킬 수 있도록 제공하는 시스템이다. GPS 신호에 대한 오차를 보강한 메시지를 활용하는 매체를 무엇을 활용하는지에 따라 구분할 수 있는데 위성을 이용하면 위성기반 보강시스템(Satellite Based Augmentation System: SBAS), 지상망을 이용하면 지상기반 보강시스템(Ground Based Augmentation System: GBAS), 비행기를 이용하면 항공기반보강시스템(Aircraft-Based Augmentation System: ABAS)으로 일컫는다. 본고에서는 위성항법 보강시스템의 현황과 그 관련 기술에 대하여 기술하고 한다.

2016
 Electronics and
 Telecommunications
 Trends

방송·전파·위성 & 스마트 미디어
 기술 특집

- I. 서론
- II. 위성항법보강시스템의
 종류
- III. 위성항법 보강시스템 현황
- IV. 국내 위성항법보강시스템
 현황
- V. 결론

I. 서론

국제민간항공기구(International Civilian Aeronautical Organization: ICAO)는 회원국들에 항공기의 안전운항을 위한 일환으로 위성기반보강시스템(Satellite Based Augmentation Satellite System: SBAS)의 도입을 2025년까지 추진할 것으로 권고하였다(출처: ICAO 10차 총회, 1991년 9월). 이에 국토부에서는 2014년 10월부터 한국형 위성항법보강시스템인 Korea Augmentation Satellite System(KASS) 개발/구축 사업을 착수하였다[1]. 한국형 위성항법보강시스템 개발을 통해 국내에서도 증가하는 항공 교통량 처리와 더불어 공역의 효율적인 사용을 통한 연료 및 탄소배출 절감, 고용창출은 물론, 보다 정밀한 위치정보 제공으로 위치기반서비스의 활성화에도 기여할 것으로 기대되고 있다. 한국형 위성항법보강시스템의 개발목표는 2단계로 첫 번째 단계는 APV-I급(수직오차: 20m 수평오차 16m), SBAS 시스템을 개발 구축하고 2단계는 Category-I(CAT-I)급(수직오차: 6m, 수평오차 16m) SBAS 시스템 개발 구축에 필요한 연구를 병행하여 추진할 계획이다[2]. 이와 같은 위성기반 보강시스템은 국제적으로 RTCA DO-229D 등에 관련 기술에 대한 표준화가 되어 있어 전 세계 어디에서도 호환되는 보강정보를 수신할 수 있으므로 항공기의 안전운항은 물론 다양한 응용분야를 창출에 기여하는 등 그 파급효과는 대단히 클 것으로 예상된다. 더구나 GNSS/SBAS 신호를 수신할 수 있는 스마트폰의 보급과 함께 위치정보의 보편화로 위치기반서비스 시장의 폭발적인 증가가 이루어지고 있으며 유럽 항법청의 GNSS Market Reports 2015에 따르면 2014년에 다운로드된 앱 중(복수계산)에서 28억개가 위치정보와 관련되었으며 2019년에는 75억개로 증가할 것으로 전망하고 있다[3]. 이렇게 촉발된 시장은 보다 정밀한 측위 및 항법서비스를 요구하고 있다. 최근 각종 매체를 통해 보도된 바와 같이, 구글자동차로부터 시작된

자율주행 차량의 등장, 무인기(드론)를 이용한 다양한 비즈니스가 제공되는 시대에 효과적으로 대처하기 위해서는 위치정밀도의 향상은 물론 제공정보에 대한 신뢰도 및 무결성이 보장되고 시스템의 가용도를 보장할 수 있는 위성기반보강시스템(SBAS)의 개발이 이루어짐으로써 다양한 분야에서의 정밀한 측위 및 항법 서비스에 대한 요구사항을 일정부분 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본고에서는 이러한 배경을 고려하여 국내의 위성항법보강시스템현황과 기술적인 동향을 기술하고자 한다.

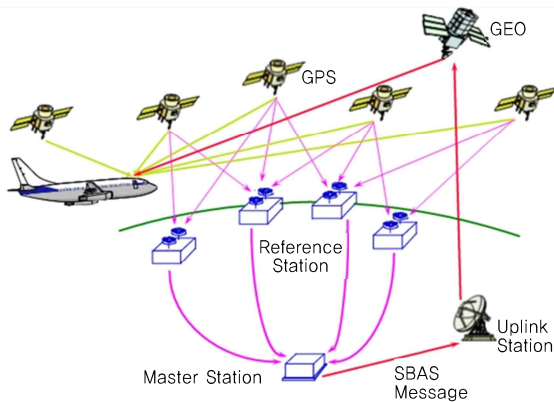
II. 위성항법 보강시스템의 종류

위성항법 보강시스템은, 기존 계기비행 및 착륙을 위한 지상항행시설(VHF Omnidirectional Range: VOR, Non Directional Beacon: NDB, ILS 등) 대신 위성항법을 이용할 때 전 세계적으로 비용편익효과가 있음을 확인하고 2010년부터 위성항법을 전 세계 표준항법시스템으로 의무화할 것을 의결함에 따라, 추가적인 정보를 생성하여 사용자에게 제공함으로써 위성항법시스템의 정밀도, 신뢰도, 가용도 등을 향상시키는 시스템이다. 이러한 시스템은 다양하게 설치되어 운용 중이며 보강데이터를 제공하는 방법에 의하여 그 종류가 나뉘게 된다. 즉, 보강정보를 위성을 통하여 제공하는 위성기반보강시스템, 지상망을 통하여 제공하는 지상기반보강시스템 그리고 항공기를 통하여 제공하는 항공기반보강시스템으로 나뉜다. 다음은 위성항법보강시스템의 특징과 그 종류에 대하여 기술하고자 한다.

1. 위성기반 보강시스템(SBAS)

위성기반 보강시스템은 1991년 국제민간항공기구(ICAO)의 위성기반 차세대 항행시스템 도입계획 및 권고와 성능기반 항법체계(Performance Based Navigation: PBN) 이행을 위해 도입이 권고된 시스템으로

2025년부터 모든 항공기의 위성기반 보강시스템의 사용을 권고한 상태이다. 위성기반 보강시스템은, GPS위성이 제공하는 항법서비스만으로는 항공분야의 인명안전을 보장해야 하는 고신뢰의 정밀 위성항법서비스를 보장하기에 제약이 있기에, 정지궤도 위성을 이용하여 광역으로 GPS 레인징 신호와 유사한 레인징 신호를 추가로 제공하고, 정밀도, 무결성, 연속성 및 가용성 등의 정보를 제공함으로써, 항공기에서 이를 수신하여 활용하도록 하는 시스템이다. 이러한 위성기반 위성항법 보강시스템의 구성은 (그림 1)과 같이 GPS위성으로부터 수신한 신호에서 항법데이터를 수집하여 일정한 포맷으로 중앙처리국(Master Station)으로 전송하는 기준국(Reference Station), 다수의 기준국으로부터 수신한 항법 데이터를 처리하여 보강정보, 무결성정보 등을 생성하여 SBAS 신호를 생성할 수 있는 메시지를 전달하는



(그림 1) 위성기반 위성항법 보강시스템 구성도

중앙처리국(Master Station), 중앙처리국으로부터 수신된 위성기반 위성항법 보강정보 메시지를 수신하고 그 무결성을 확인한 후 이를 위성기반 보강신호로 인코딩하여 레인징신호와 함께 L 대역 항법 탑재체가 탑재된 정지궤도위성을 통하여 사용자에게 전송하도록 하는 위성통신국(Uplink Station)으로 이루어져 있다[4].

정지궤도위성은 L 대역(L1: 1575.42 MHz 및 L5: 1176.45 MHz) 항법탑재체를 통하여 표준화된 위성기반 위성항법 보강메시지를 사용자에게 제공함으로써 인명안전보장 성능기반 위성항법 서비스를 제공할 수 있게 한다. <표 1>은 위성기반 보강시스템의 주요 성능을 나타낸다[5].

2. 지상기반 보강시스템(GBAS)

국제 민간기구에서 지상 송출기로부터 사용자가 직접 보강정보를 수신하는 시스템으로 정의하는 지상기반 보강시스템(Ground Based Augmentation System: GBAS)은, 공항 및 인근지역에 정밀도, 가용성, 연속성 등과 같은 위성항법 서비스의 성능과 무결성을 보장하기 위해 구축 및 운용된다. 지상기반 보강시스템은 GPS 등과 같은 항법위성에서 제공되는 신호를 이용하여 공항 지역을 포함한 한정된 영역(약 50km)에서 항공기의 정밀 접근 및 이착륙을 유도하기 위한 시스템으로 (그림 2)에서와 같이 공항 및 인근지역에서 항법과 정밀접근 서비스를 차분보강정보를 지상기반의 송출기를 통하여

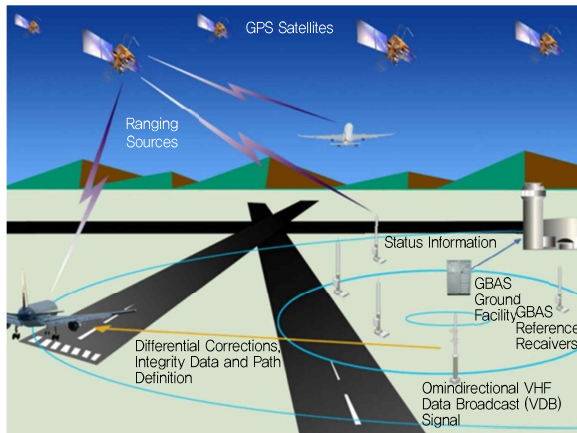
<표 1> 위성기반 보강시스템 성능요구사항

	En Route HAL=2NM VAL=N/A	Terminal HAL=1NM VAL=N/A	NPA (LNAV) HAL=.3NM VAL=N/A	APV-I HAL=40m VAL=50m
TTA	5 min	15 sec	10 sec	10 sec
Integrity(HMI Probability)	$1-1 \times 10^{-7}$ /hour	$1-1 \times 10^{-7}$ /hour	$1-1 \times 10^{-7}$ /hour	$(1-2 \times 10^{-7})$ /approach
Continuity /Average Loss Probability	$1-1 \times 10^{-4}$ /hour	$1-1 \times 10^{-4}$ /hour	$1-1 \times 10^{-4}$ /hour	$1-8 \times 10^{-4}$ /15sec
Horizontal Accuracy(95%)	2.0NM	0.4NM	220m	16.0m
Vertical Accuracy(95%)	N/A	N/A	N/A	N/A
Availability	0.99-0.99999	0.99-0.99999	0.99-0.99999	0.99-0.99999

Very High Frequency(VHF) 데이터 링크를 통하여 제공한다.

지상기반 보강시스템은 최종 정밀접근 단계에서의 운용을 주 목적으로 하지만 터미널 공역과 지상에서도 사용이 가능한 GNSS 보강기술이며 <표 2>에서 나타낸 CAT-I 수준의 서비스를 위한 매우 높은 정밀도, 가용도 및 무결성 필요성을 산출하고 궁극적으로 정밀 접근을 위한 CAT-II 및 CAT-III 서비스를 제공한다[6].

국제민간항공기구(ICAO)에서는 지상기반 지역보강시스템을 활용한 Local Area Augmentation System(LAAS)를 차세대 이착륙 시스템으로 정하고 이를 개발하여 활용하도록 권고하고 있다. 앞으로 GPS 현대화 또는 GNSS 위성시스템의 추가 등으로 인한 GNSS 위성시스템의 시스템 정확도가 향상되면 현재의 ILS와 같이



(그림 2) 지상기반 보강시스템 구성도[7]

<표 2> 지상기반 보강시스템의 주요성능

Typical operation	En Route	Terminal	NPA	APV-I	APV-II	CAT-I
TTA	5min	15sec	10sec	10sec	6sec	6sec
Integrity	$1-1 \times 10^{-7}/h$	$1-1 \times 10^{-7}/h$	$1-1 \times 10^{-7}/h$	$1-2 \times 10^{-7}/\text{approach}$	$1-2 \times 10^{-7}/\text{approach}$	$1-2 \times 10^{-7}/\text{approach}$
Continuity	$1-1 \times 10^{-4}/h$	$1-1 \times 10^{-4}/h$	$1-1 \times 10^{-4}/h$	$1-8 \times 10^{-3}/15\text{sec}$	$1-8 \times 10^{-6}/15\text{sec}$	$1-8 \times 10^{-6}/15\text{sec}$
Horizontal Accuracy (95%)	2.0NM	0.4NM	220m	16.0m	16.0m	16.0m
Vertical Accuracy (95%)	N/A	N/A	N/A	20m	8.0m	6.0m—4.0m
Availability	0.99—0.99999	0.99—0.99999	0.99—0.99999	0.99—0.99999	0.99—0.99999	0.99—0.99999

CAT-II 및 CAT-III 정밀접근 서비스도 제공할 수 있을 것으로 전망된다.

3. 항공기기반 보강시스템(ABAS)

항공기기반 보강시스템은 항법의 보조적도구로 필요 항법정보를 제공하는 시스템으로 항공기 탑재 가용정보로부터 다른 위성항법장치로부터 획득한 정보로 보강하거나 통합하는 시스템이다.

이러한 항공기기반 보강시스템은 다음과 같이 GPS 신호나 기압고도계 등에 의해 위성항법 위치의 무결성을 결정하는 위성항법 수신프로세서를 이용한 수신기 자동무결성감시 시스템(Receiver Autonomous Integrity Monitoring: RAIM)과 수신기 자동무결성 감시 시스템이 가용하지 않은 경우, 위성항법데이터의 무결성을 확인할 수 있는 관성항법센서와 같은 다른 항법 센서와 결합하여 무결성감를 수행하는 항공기자동 무결성 감시시스템(Aircraft Autonomous Integrity Monitoring: AAIM)이 있다.

현재, 약 70%의 유럽의 항공기가 GPS와 RAIM장비를 탑재하고 있다[8].

III. 위성항법 보강시스템 현황

본 장에서는 위성항법 보강시스템의 현황을 정리하고자 한다. 위성기반 보강시스템에 대해서는 현존하는

시스템 위주로 기술하고 지상기반 보강시스템은 예시적으로 미국의 LAAS시스템과 호주의 Ground Based Regional Augmentation System(GRAS)시스템 그리고 그 밖의 국가의 현황을 기술하였다.

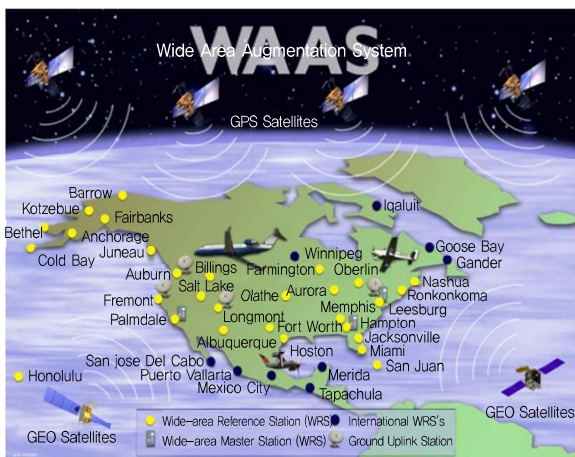
1. 위성기반 보강시스템(SBAS)

가. 미국 WAAS

Wide Area Augmentation System(WAAS)는 GPS를 사용하는 많은 항공 운영에 있어 정확성, 가용성, 보정성 및 연속성이 충분치 않음에 따라 미국이 개발하여 구축 운용 중인 위성기반 보강시스템으로 (그림 3)과 같은 구성을 가지며 북미 전역에 안정적인 CAT-1 급 GPS 보강 정보 및 레인징 신호를 제공하고 있다[9].

WAAS를 구성하는 요소로는 38개 기준국(Wide-area Reference Station: WRS), 3개 중앙처리국(Wide-area Master Station: WMS), 6개 위성통신국(GEO Uplink Station: GUS), 3개 정지궤도위성(GEO Satellite Link) 및 2개 운영제어센터(Operational Control Center)가 있다.

WAAS는 다음과 같이 단계별로 구축 및 업그레이드 중이다.



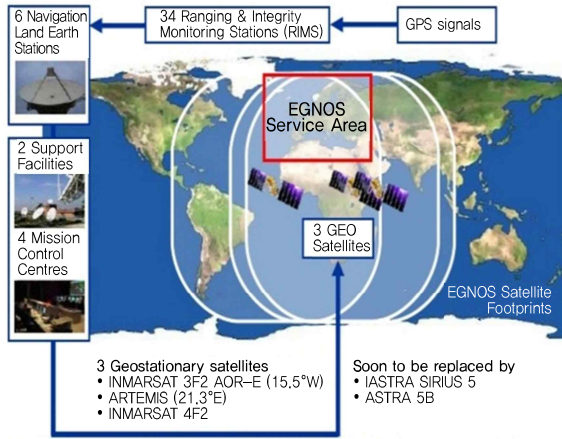
(그림 3) WAAS 구성도

<출처>: www.faa.gov

- 1단계: 2003년 7월 완료
안전구조(safety architecture) 및 잠재적 무결성 위협(potential integrity threat)을 평가할 수 있는 전문가 그룹(WAAS expert panel) 결성 등의 개념적인 연구가 수행됨.
- 2단계: 2003년부터 2008년까지 5년간 진행
수직오차 35m 이내의 접근개념인 LPV-200을 지원하기 위한 안전위험관리 및 의사결정(Safety Risk Management Decision) 개념이 도입되었고 WAAS 적용지역(coverage)을 멕시코와 캐나다까지 확장함과 동시에 관측된 전리층위협(observed Ionospheric threats) 문제 해결방법을 제시함.
- 3단계: 2009~2013
Full LPV-200 적용 및 전리층 활동 문제 해결을 위한 시스템 보완이 시도 되었으며 지속적인 무결성 보증 및 시스템 데이터 감시 지원
- 4단계: 2009~2013
이중주파수 운용을 목표로 WAAS 기준국에서 사용되어온 L2 주파수를 L5 주파수로 변경 추진하여 CAT-I을 지원할 수 있도록 함.

나. 유럽 EGNOS

유럽은 위성기반 보강시스템으로 European Geostationary Navigation Overlay System(EGNOS)을 구축하여 운용 중이며 (그림 4)와 같이 GPS 신호를 수신하여 항법데이터를 처리하고 레인징 및 무결성을 감시하는 34개 거리측정 무결성 및 감시국(Ranging Integrity & Monitoring Station: RIMS), 기준국으로부터 정보를 수신 처리하여 보강정보 및 무결성 정보를 생성하는 5개 중앙처리시설(Central Processing Facility: CPF)과 중앙처리시설로부터 보강정보 및 무결성 정보를 수신하고 이를 인코딩하고 GPS위성과 동기화시켜 정지궤도 위성을 통하여 사용자에게 송출하는 6개 항법 지구국



(그림 4) EGNOS 구성도

(Navigation Earth Station: NLES)과 이러한 모든 지상 시설을 감시하고 제어하는 2개 중앙제어시설(Central Control Facility: CCF)와 EGNOS 항법 신호를 3기의 정지궤도 위성을 통하여 사용자에게 송출하는 GEO (Geostationary Earth Orbit) 위성으로 구성되어 있다[10].

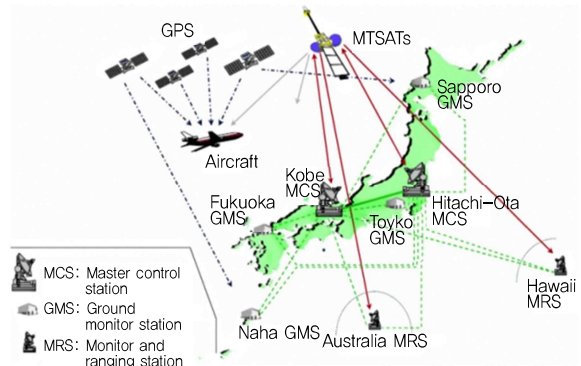
EGNOS는 다음과 같은 단계별로 시스템을 개발하여 구축하여 운용 중이다.

- 기술개발 단계: 1995~2003년
 - EGNOS 프로그램 착수를 승인(1994)
 - EGNOS 개발(European Space Agency: ESA/Eurocontrol, 1995~2003년)
- 시험방송 단계: 2003~2009년
 - EGNOS 첫 시험 신호 방송(2003)
 - EGNOS 초기 운영단계 시작(Initial Operation Phase: IOP, 2005)
- 본격운용 및 서비스 확장 단계: 2009년~
 - EGNOS v2.1 설치 및 북부 아프리카로 서비스 영역을 확대(2009)
 - 본격 서비스 제공 시작(Full Operation Phase: FOP, 2009)
 - 유럽 및 북부아프리카 지역 항공용 인명안

전(Safety Of Life: SoL)서비스 제공을 시작 (2011)

다. 일본 MSAS

일본은 위성기반 보강시스템으로 MTSAT Satellite Based Augmentation(MSAS)를 구축하여 운용 중이다. MSAS는 정지궤도 위성을 통해 의사거리 신호, GPS 위성 건강상태 정보, 위성궤도력 및 클럭에 대한 보강정보 및 이온층에 대한 보강정보를 사용자에게 제공한다. MSAS의 지상시스템은 (그림 5)에서와 같이 GPS와 SBAS 위성신호의 데이터를 수집해 중앙제어국(Master Control Station: MCS)에 전송하는 4개 지상 감시국(Ground Monitor Station: GMS), 시스템 감시/제어, 지상감시국들의 제공 데이터 분석, 차분 보강 및 위성궤도와 이온층 지연에 따른 보강정보 생성기능을 수행하는 2개 중앙처리국(MCS), MTSAT 위성의 궤도결정, 신호감시 및 레인징을 담당하는 2개 감시 및 레인징국(Monitor and Ranging Station: MRS)과 MSAS 보강신호 및 무결성 정보와 레인징 신호를 사용자에게 송출할 수 있는 2개 정지궤도위성(MTSAT 1&2)으로 구성되어 있다. 이러한 MSAS는 1993년 전자항법연구소(Electronics Navigation Research Institute: ENRI)에서 GNSS 관련 연구를 개시했고, 1995년 MTSAT 개발에 착수했으며 2005년과 2006년에 MTSAT-1R 및



(그림 5) MSAS 구성도

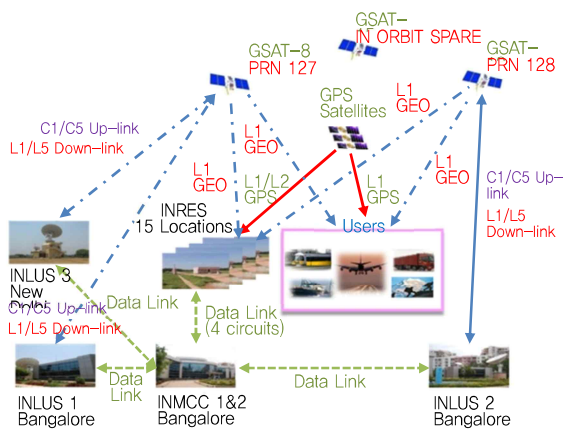
MTSAT-2 위성을 발사 후, 2007년에 MSAS 초기 운영 (Initial Operation Phase)을 시작해 비정밀 접근(Non Precision Approach: NPA) 서비스를 개시하였다[11][12].

라. 인도 GAGAN

인도는 위성기반 보강시스템으로 GPS Aided GEO Augmentation Navigation(GAGAN)을 개발하여 구축 운용 중이다. GAGAN은 (그림 6)에서와 같이 15개 기준국(Indian Reference Station: INRES), Bangalore에 위치한 2개 중앙제어국(Indian Master Control Center: INMCC), 3개 위성통신국(Indian Land Uplink Station: INLUS)과 GSAT-8과 GSAT-10, 2개의 정지궤도위성으로 구성되어 GAGAN 신호를 인도의 공역에 송출한다.

2015년 11월에 추가로 발사된 GSAT-15은 우주 Hot Backup 위성으로 운용 예정이다. GAGAN은 다음과 같이 단계별로 구축되었다[13][14].

- 1단계: 기술검증 시스템 개발(2004년)
- 2단계: 인마셋 4F1 임차를 통해 구축(2007년)
- 3단계
 - GSAT-8(2011), GSAT-10(2012), GSAT-15 (2015) 위성발사
 - RNP 0.1 인증(2013)



(그림 6) GAGAN 구성도

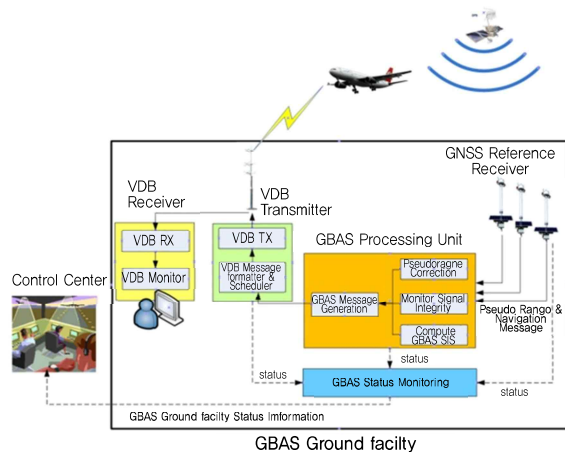
- En-route 사용승인(2014)
- APV 1.0 인증(2015)

2. 지상기반 보강시스템(GBAS)

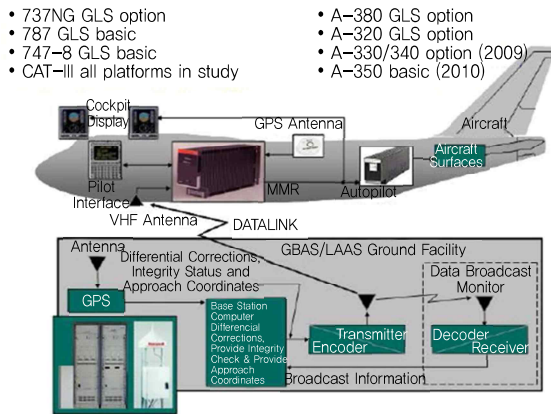
지상기반 보강시스템은 지상 서브시스템과 항공기 탑재 서브시스템으로 이루어진다[15]. 지상 서브시스템은 위성(GPS)으로부터 제공받은 정보를 사용하여 항공기를 포함한 사용자 부문에 적합한 형태로 보강정보를 VHF Data Broadcast(VDB, 108.0~117.975MHz)를 통해 전송하는 역할을 하는 시설로 그 기능 블록도는 (그림 7)과 같으며 그 표준 구성은 다음과 같다.

- 일정한 순서로 배치된(collocated) 4쌍의 기준국 GPS 수신기/안테나
- 송수신 및 모니터링 기능이 가능한 VDB 장비, 보호용 쉘터, 안테나
- 차분보강/무결성 감시 프로세서 및 전원공급장치, 보호용 쉘터

항공기에 탑재되는 서브시스템은 수신안테나, 수신기 및 데이터 처리장치로 구성되며 (그림 8)은 항공기 서브시스템과 지상시스템 간의 연계관계를 나타낸 것이다. 대표적인 GBAS시스템에는 미국의 LAAS가 대표적이다



(그림 7) GBAS 지상서브시스템 블록도[15]



(그림 8) GBAS 항공기 및 지상서브시스템 연계도

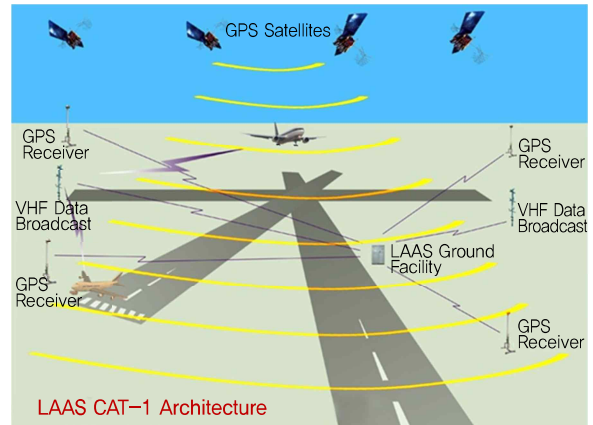
다. LAAS시스템은 활주로부터 근거리지역에 있는 항공기의 CAT-II, III급의 정밀접근착륙을 유도해줌으로써 기존의 VOR, DME, ILS를 대체하고자 하는 항법시스템이며 CAT-I 정밀접근을 지원할 수 있는 시스템이 Honeywell사에 의해 개발되어 공급되고 있다.

현존 인증된 GBAS 시스템은 미국의 Honeywell사 [16]와 유럽의 Thales사[17][18]에서 개발되었고 정밀접근에 활용할 수 없는 SBAS를 대신하여 공항근처에서 활용되도록 하였으며 현재는 CAT-I을 코드와 반송파 스무딩 기법으로 제공하나 CAT-II&CAT-III의 지원을 위해서는 반송파를 이용하여야 한다.

그 외에도 스웨덴, 러시아 연방, 호주와 같은 고위도 지역은 질 좋은 GPS 서비스를 제공받지 못하고 있다. 이러한 문제점의 해결을 위해 추가적으로 위성기반시스템을 확충하는 것은 비용 측면에서 그리 효과적이지 못하다. 그런 이유로 스웨덴과 호주에서는 기존의 시설을 이용하여 자국의 실정에 적합한 GRAS 시스템을 구축하여 시험운용 중이다.

가. 미국 LAAS

미국은 공항근처에서 정밀접근을 위하여 지상기반 위성항법보강시스템인 LAAS를 구축하여 운용 중이다. LAAS는 (그림 9)에서와 같이 활주로부터 근거리지역

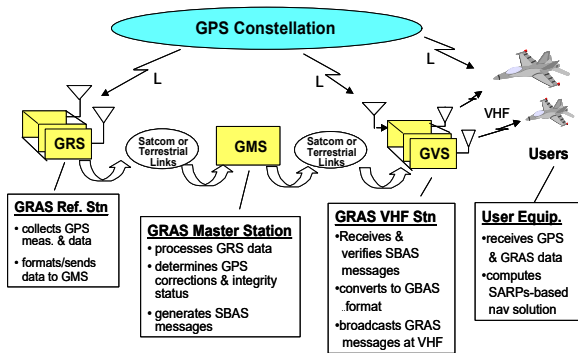


(그림 9) LAAS CAT-I 구성도

에 있는 항공기 정밀접근 착륙을 유도하는 데 사용되며, 위성 시스템(Space Vehicle: SV), 지상 서브시스템, 항공기 탑재 서브시스템으로 구성되고, 지상 서브시스템은 보통 2-4개의 GNSS 기준국 수신기, 보강정보를 계산하는 프로세서와 보강정보와 최종접근경로(Final Approach Segment: FAS)정보를 방송하는 VDB 장치로 구성되며, 항공기 탑재시스템은 Multi Mode Receiver (MMR)을 통해 지상 송신정보를 획득하여, GNSS Landing System(GLS)나 Flight Management System(FMS)를 통해 계산된 유도정보를 다양한 형태로 조종사에게 제공하여 활주로 근처의 항공기의 정밀접근 착륙을 유도한다[19].

나. 호주 GRAS

호주의 지상기반 광역보강 시스템인 GRAS는 광역을 커버하기 위한 VDB 자동중계장치 그룹으로 구성된다. 각 VDB 자동중계장치는 GBAS와 유사한 또는 독립된 신호를 송출하게 된다. GRAS 영역 내를 비행하는 이용자의 장비는 하나 이상의 GBAS 신호를 수신하게 되는데 가장 좋은 성능을 나타내는 신호를 선택하여 사용 가능하게 된다. 호주를 중심으로 GRAS에 대한 여러 시도가 진행되고 있다. 호주에서는 GRAS를 데이터를 송출함에 있어서 위성에 의존하지 않는 광범위 보정 시스템



(그림 10) GBAS 항공기 및 GRAS시스템 연계도

을 구성하기 위한 지역적 범위에서의 보장시스템으로 정의하고 있다. 호주의 GRAS는 지리적으로 광범위한 지역에 데이터를 전송하기에 효과적인 방법으로, 전송 데이터 생성은 현재 표준작업이 진행되고 있는 SBAS의 체계를 사용하고 있다. (그림 10)은 GBAS 항공기 및 GRAS시스템 연계도이다[20].

다. 국가별 GBAS 구축연구현황

지상기반 보장시스템의 설치운영 사례[21]에 대하여 기술한다.

- 유럽 스페인 Malaga 공항
 - Honeywell의 지상시스템을 인증 가능한 CAT-I급으로 업그레이드하기 위한 사업을 추진[(그림 11) 참조]
 - 장비
 - 2007년부터 Honeywell의 SLS-3000 Beta LAAS Plus 사용 중/2008년 말까지 인증 가능한 GBAS CAT-I 장비 (Honeywell, Thales 검토)를 설치
- 호주 시드니 공항
 - 2006년 11월부터 시드니 공항에 Honeywell사의 SLS-3000 GBAS 설치 운영[(그림 12) 참조]
 - ※ 2009년 SLS-3000장비는 SLS-4000으로 대체



(그림 11) 스페인 Malaga 공항



(그림 12) 호주 시드니 공항의 GBAS 구성



(그림 13) 브라질 Rio De Janeiro 국제공항의 GBAS수신국

- 자국의 관할 구역 내에서 해당 서비스의 연속성, 가용성, 무결성, 정확성, 신뢰성이 보장되도록 추진
- 시스템의 오작동 또는 오류로 인한 운용 측면에서의 영향을 최소화하고 조속한 서비스 복구를 가능하게 하는 효과적인 방법을 마련
- 2006년 11월부터 시드니공항에서 Prototype Honeywell SLS-3000 GBAS 운영

- 브라질 리우데자네이루 공항
미국 Federal Aviation Administration(FAA)는 LAAS 시험용 Prototype을 리우데자네이루 국제공항에 설치, 데이터 수집하여 자국의 전리층 위협모델을 개발[(그림 13) 참조]

IV. 국내 위성항법 보강시스템 현황

1. 위성기반 보강시스템

우리나라의 초정밀 GPS 보강시스템 SBAS인 KASS는 2014년 10월 국토교통부 주관 연구개발 사업인 ‘초정밀 GPS 보강시스템(SBAS) 개발·구축 사업’을 통해 2017년까지 시스템 설계 및 제작을 완료하고 2018년 SBAS 시스템을 구축하여 2019년 공개서비스를 목표로 하고 있다[1]. KASS 개발 사업은 국토교통부가 주관하고 한국항공우주연구원을 중심으로 한국전자통신연구원, 선박해양플랜트연구소, 한국정보통신기술협회가 참여하고 있다. 이후 시스템 안정화 기간을 거쳐 2022년 9월 정식 운영 서비스를 개시할 예정이다. KASS 시스템 구성은 기준국, 중앙처리국, 통합운영국, 위성통신국 및 정지궤도 위성으로 이루어진다. 넓은 지역에 분산된 기준국은 각각 GPS 신호를 수신하여 항법 데이터 및 거리 측정치를 생성하고, 이를 중앙처리국에 전달한다. 중앙처리국은 기준국에서 수집된 정보들을 활용하여 사용자들이 위치 계산에 이용할 GPS 위성에 대한 궤도 및 시계 오차와 전리층 지연 오차 보강을 위한 보강정보를 생성하고, GPS 신호의 이상 여부를 판단하기 위한 무결성 정보를 생성한다. 위성통신국은 중앙처리국에서 생성한 보강 및 무결성 정보를 정지궤도 위성으로 전송하기 위해 보강메시지에 대한 부호화, GEO 레인징 신호생성 및 GEO 위성 Pseudo Random Noise(PRN) 코드가 포함된 신호를 정지궤도위성으로 송신하고, 정지궤도위성은 수신된 SBAS 신호를 서비스 영역 내의 사용자들에게 방송한다. 이러한 서비스는 일

차적으로 항공용으로 활용하며 그 외에도 위치기반서비스와 같은 다양한 분야에서도 정밀항법 서비스를 제공할 예정이다.

2. 지상기반 보강시스템

우리나라는 2010년 9월부터 국토교통부의 지원을 받아 한국항공우주연구원이 GBAS CAT-I 시스템 기술 개발에 나섰다. 미국 Honeywell사의 GBAS 지상 장비인 SLS-4000 모델을 도입해 2013년 시범공항으로 선정된 김포공항에 GBAS 지상 장비를 설치했다. 2015년 현재 김포공항에서 일반항공기를 대상으로 시험운영을 하며 국내 환경에 적합한 운영 방법과 기술을 보완해가고 있다. 또한, 시험평가와 운영 기술을 획득해 GBAS CAT-I 지상시스템을 공항에 적용할 때 적절한 승인 체계도 만들고 있다. 국토교통부 비행점검기 등을 이용한 비행시험을 추진하고 시범운영도 계속 이어가고 있다[22].

V. 결론

국토부의 SBAS 개발 구축사업의 착수 및 진행에 따라 위성항법 보강시스템인 SBAS(위성기반위성항법보강시스템)와 GBAS에 대한 국내외 현황에 대하여 살펴 보았다. SBAS의 경우, APV-I급 서비스를 우리나라 공역에서 서비스할 수 있도록 개발 구축될 예정이며 추후, 이를 이중 주파수 시스템으로 업그레이드하여 CAT-I 수준까지 확장하고자 계획하고 있다. 여기에 기개발 구축된 GBAS 시스템을 이용하여 공항주변에서의 성능을 CAT-I 및 CAT-II & III까지 확장하여 정밀접근 및 이착륙까지 확장 적용한다면 우리나라 공역의 효율적인 이용과 공항의 항공기 수용능력 향상에 많은 도움이 될 것으로 예상된다. 다만, 근래에 발생하고 있는 GPS 재밍은 이러한 발전 방향에 장애 요소로 작용됨에 따라 이를 위한 대응방안도 함께 고려하여 시스템 개발을 구축할 필요가 있다.

약어 정리

AAIM	Aircraft Autonomous Integrity Monitoring
ABAS	Aircraft-Based Augmentation System
APV	Approach Procedures with Vertical Guidance
CAT-I	Category-I
CCF	Central Control Facility
CPF	Central Processing Facility
EC	European Community
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
ENRI	Electronics Navigation Research Institute
ESA	European Space Agency
ESSP	European Satellite Service Provider
FAA	Federal Aviation Administration
FAS	Final Approach Segment
FMS	Flight Management System
FOP	Full Operation Phase
GAGAN	GPS Aided GEO Augmentation Navigation
GBAS	Ground Based Augmentation System
GEO	Geostationary Earth Orbit
GLONASS	GLOBAL Navigation Satellite System
GLS	GNSS Landing System
GMS	Ground Monitor Station
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GRAS	Ground Based Regional Augmentation System
GSA	GNSS Supervisory Authority
GUS	Ground Uplink Subsystem
HAL	Horizontal Alert Limit
ICAO	International Civilian Aviation Organization
ILS	Instrument Landing System
INLUS	Indian Land Up-Link Station
INMCC	Indian Master Control Center
INRES	Indian Reference Station
IOP	Initial Operation Phase
KASS	Korea Augmentation Satellite System
LAAS	Local Area Augmentation System
LNAV	Lateral Navigation

LPV	Localizer Performance with Vertical guidance
MCC	Mission Control Center
MCS	Master Control Station
MMR	Multi Mode Receiver
MRS	Monitor and Ranging Station
MSAS	MTSAT Satellite Based Augmentation
NDB	Non Directional Beacon
NLES	Navigation Land Earth Station
NPA	Non Precision Approach
PBN	Performance Based Navigation
PBN	Performance Based Navigation
PRN	Pseudo Random Noise
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RIMS	Ranging Integrity & Monitoring Station
RNP	Required navigation performance
SARP	Standards and Recommended Practices
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SIS	Signal In Space
SoL	Safe Of Life
SV	Space Vehicle
TTA	Time To Alert
VAL	Vertical Alert Limit
VDB	VHF Data Broadcast
VHF	Very High Frequency
VNAV	Vertical Navigation
VOR	VHF Omnidirectional Range
WAAS	Wide Area Augmentation System
WMS	WAAS Master Station
WRS	WAAS Reference Station

참고문헌

- [1] http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35409/DTL.jsp
- [2] 국토교통부, “항공용 위성항법보강시스템 관리·운영 체계 수립 연구보고서,” 2013. 12. 18.
- [3] European GSA, “2015 GNSS Market Report Issue 4,” Mar. 2015.
- [4] Anne-Laure Vogel-Egis Avia, “Satellite Based Augmentation System-SBAS Principle and Concept,” Rabat, Oct. 17th, 2011.
- [5] ICAO, “ICAO Standards and Recommended Practices,”

- vol. 1, July 2006.
- [6] http://www.navipedia.net/index.php/GBAS_Fundamentals
- [7] http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/
- [8] EUROCONTROL Policy on GNSS in Europe, 2009
- [9] http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/news/
- [10] Marco Lisi, "EGNOS and Galileo : the two pillars of the European positioning, navigation, and timing infrastructure," UASD, Santo Domingo, Feb 4, 2016.
- [11] http://www.navipedia.net/index.php/File:MSAS_Architecture.PNG
- [12] Japan Civil Aviation Bureau APEC GIT 11, "MSAS Current Status," June 2007.
- [13] S. Bhattacharjya, S. Srinivas, and S. Sunda, "GNSS Status in India," Oct. 15-17th, 2013.
- [14] <http://www.unoosa.org/pdf/icg/providersforum/02/pres04.Pdf>
- [15] A. Lipp, "Ground Based Augmentation Systems (GBAS) Introduction," GBAS Implementation Workshop, ICAO EUR/NAT Paris, Mar. 18th, 2010.
- [16] <https://aerospace.honeywell.com/en/products/navigation-and-sensors/smartpath-ground-based-augmentation-system>
- [17] <http://www.sesarju.eu/tags/thales>
- [18] <https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/asset/document/SESAR%20Brochure.pdf>
- [19] G.N. Skillicorn, "The Past, Present, and Future of LAAS," Integrated CNS Technologies Conference and Workshop, Annapolis, MD, May 20-22, 2003.
- [20] GNSS 기술협의회, "국내 위성항법시스템 인프라 구축 및 이용 활성화 방안 연구," 2006. 1. 31.
- [21] 한서대학교 산학협력단, "위성항법 지역보강시스템 인증기술 개발 최종보고서," 2010. 1. 7.
- [22] 윤영선 외, "국내 GBAS 운용을 위한 시스템 설계 및 제작 승인 기준 개발," 한국항행학회논문지, 제17권 제6호, 2013, pp. 625-632.