

## 위성기반 포지셔닝 보정시스템(SBAS) 기술개발 동향

Technical Development Trends of Satellite Based Augmentation System

신천식 (C.S. Sin) 위성항법연구실 책임연구원  
김재훈 (J.H. Kim) 위성항법연구실 실장  
안재영 (J.Y. Ahn) 위성무선융합연구부 부장

방송통신미디어 기술 특집

- I. 머리말
- II. 국외 SBAS 개발동향
- III. 국내 SBAS 개발동향
- IV. 맺음말

\* 본 논문은 국토부 항공기술연구사업으로 수행중인 SBAS 개발/구축을 위한 기반조성연구사업의 일환으로 수행한 것임.

위성기반보정시스템(SBAS: Satellite Based Augmentation System)은 GPS(Global Positioning System) 항법위성 제공 신호에 각종 요인으로 인한 오차 등의 발생이 수반되므로 GPS 신호감시 및 제공 메시지 사용여부 등을 위한 무결성기능, 각종 오차 등을 차등적 보정에 의한 정확도 향상 기능, 항법신호 가용성 및 연속성을 위한 레인징 신호제공 기능 등을 통해 항공기 안전운항에 사용될 수 있도록 한 시스템이다. 본 시스템은 국제민간항공기구(ICAO: International Civilian Aviation Organization)가 국제표준으로 정해진 상태로 단계별로 정밀한 항법서비스를 제공한다. 현재 미국 WAAS(Wide Area Augmentation System), 유럽 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System), 일본 MSAS (MITSAT Satellite Based Augmentation System)는 운용 중이고 우리나라도 한국형 SBAS 시스템을 개발기로 한 바, 본고에서 국내의 SBAS 시스템에 대해 개발동향을 살펴보고자 한다.

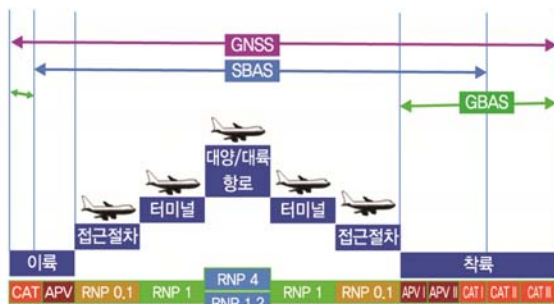
## 1. 머리말

위성기반보정시스템(SBAS: Satellite Based Augmentation System)은 국제민간항공기구(ICAO: International Civilian Aviation Organization)에서 전 지구를 대상으로 GPS(Global Positioning System) 위성이 제공하는 레인징 신호와 항법메시지 정보를 활용해 사용자의 위치 및 시각정보에 대해, 지상에서 전파경로상의 오차, 위성시계 오차 등의 보정은 물론 항법신호 사용에 관한 무결성 정보를 정지궤도 위성을 통해 제공함으로써 항공기가 활용할 수 있도록 국제표준으로 정한 시스템이다[1]. SBAS는 1991년 ICAO의 위성기반 차세대 항행시스템 도입 계획 및 권고와 2007년 ICAO 체약국에 대한 성능기반 항행체계인 PBN(Performance Based Navigation) 이행 촉구를 위해 도입이 권고된 시스템으로, 2025년부터는 모든 항공기의 SBAS 사용을 권고한 상태이다. 우리정부도 PBN을 위해 (그림 1)과 같이 항공기 이륙, 접근절차, 터미널 및 항로단계 사용, 착륙과정의 CAT-I까지는 SBAS를 도입할 계획이다[2].

(그림 1)의 SBAS가 사용되는 En-Route(항로), 터미널, 접근절차 및 착륙에 대한 ICAO 서비스 레벨은 <표 1>와 같다[3].

SBAS 시스템 제공기능의 세부내용은 다음과 같다.

- 무결성 기능: 모든 GPS 위성 및 보정정보 제공 정지위성에 대한 건강상태 감시, 방송메시지 사용여부에 대한 경고방송 및 항공기 안전향상을 위한



(그림 1) 우리정부의 PBN 도입 계획

<표 1> ICAO가 정의한 서비스 레벨별 요구성능[3]

서비스 레벨	정확도	TTA	무결성	연속성	가용도
En-Route (항로)	3.7km (H)	5분	$1 \times 10^{-7}/h$	$1 \times 10^{-4}/h \sim 1 \times 10^{-8}/h$	0.99~0.99999
En-Route Terminal	0.74km (H)	15s	$1 \times 10^{-7}/h$	$1 \times 10^{-4}/h \sim 1 \times 10^{-8}/h$	
RNP 0.1	72m(H)	10s	$1 \times 10^{-7}/h$	$1 \times 10^{-4}/h \sim 1 \times 10^{-8}/h$	
APV-1	16m(H) 20m(V)	10s	$1 \times 10^{-7}/h$ (접근)	$1 \sim 8 \times 10^{-6}/h$ (15s이내)	
APV-1.5 (LPV)	16m(H) 20m(V)	6s	$1 \sim 2 \times 10^{-7}/h$ (접근)	$1 \sim 8 \times 10^{-6}/h$ (15s이내)	
APV-2	16m(H) 8m(V)	6s	$1 \sim 2 \times 10^{-7}/h$ (접근)	$1 \sim 8 \times 10^{-6}/h$ (15s이내)	
CAT-1 (LPV-200)	16m(H) 4m(V)	6s	$1 \sim 2 \times 10^{-7}/h$ (접근)	$1 \sim 8 \times 10^{-6}/h$ (15s이내)	

GPS 신호보정, GPS 신호감시 및 제공메시지 사용여부 판단기능

- 차등 보정정보 기능: 서비스 지역 내 모든 사용자들의 공통오차인 위성시계오차, 고의오차에 대한 저속 및 고속 보정기능(스칼라 보정), 서비스 지역 내 다른 투영에 따른 궤도오차 제거기능(벡터 보정), 이온층 전파오차 제거기능(이온층 데이터 모델링) 등이 포함된 차등 교정으로 위치정밀도 향상 기능
- 레인징 신호기능: 지상 사용자로 하여금 GPS 위성의 Manuever 동작모드하에도 정지궤도 위성이 제공하는 레인징 신호를 추가 이용할 수 있도록 해 항법신호의 가용성 및 연속성 향상기능

SBAS 시스템은 (그림 2)와 같이 지상시스템과 정지궤도 위성으로 구성되는데[4] 지상시스템에는 GPS 항법 신호에 대한 위치정보 보정 및 무결성 보정정보 생성 등을 수행하기 위해, 기준국, 중앙처리국, 위성통신국 및 지상통신망 등으로 구성되며, 각각의 수행임무는 다음과 같다.

- 기준국: GPS 위성신호를 감시(GPS 신호수신 및



(그림 2) 위성기반보정시스템 운용 개념도[4]

위성 데이터 수집)하고 구성장비 감시, 중앙처리국으로 데이터 전송에 필요한 데이터 처리 및 포매팅, 지상통신망을 통해 중앙처리국에 전송하며 복수의 GPS 수신기, 데이터 처리용 컴퓨터 등으로 구성

- 중앙처리국: 기준국들이 전송한 데이터 수집/처리하고 보정메시지를 생성. 이를 위해, GPS 항법신호 상태 및 품질검사 수행, 전파경로상의 발생 오차성분 제거 및 보정정보 생성, 항법메시지 형태로 생성해 위성통신국에 전송함은 물론, 기준국 및 위성통신국 운영상태 상시 감시/제어, 서비스되는 항법신호 및 보정정보 품질점검 등 수행
- 위성통신국: 중앙처리국이 전송한 항법메시지 포매팅, GPS 레인징 신호와 동기된 항법신호 생성 및 변조과정 수행 뒤 C(6/4GHz) 또는 Ku(14/12GHz) 대역을 통해 정지궤도 위성으로 전송
- 지상통신망: 기준국, 중앙처리국, 위성통신국 등 시스템 간 정보전달에 필요한 경로를 제공하며 특히 모든 시스템들은 서비스 품질 보장을 위해 연중 24시간 중단 없이 운영 가능해야 함.

정지궤도(적도상공 약 3만 6천km) 위성은 위성통신국이 전송한 정보(보정정보 및 무결성 정보 등)를 GPS 항법신호인 GPS L1(1575.42MHz)과 GPS L5(1176.45

MHz)로 변환해 항공, 육상, 해상 등 모든 사용자에게 전송한다. 정지궤도 위성의 항법 탑재체는 위성통신국이 전송한 GPS 위성궤도 정보(이퍼메리스(Ephemeris) 및 알마낙(Almanac)), 위성상태 및 시각정보, 이온층 보정정보 등의 항법메시지를 수신한 뒤 GPS 항법신호 대역인 L 대역(2/1GHz)으로 확산 스펙트럼 처리 후 지상으로 송신한다.

본고에서는 국내외 SBAS 시스템 개발동향을 고찰해 보고자 한다.

## II. 국외 SBAS 개발동향

전 세계 GPS 신호에 대한 오차를 보정한 보정정보와 제공정보에 대한 무결성 정보, 항법신호의 가용도 및 연속성을 위한 레인징 신호를 제공하는 위성기반보정시스템(SBAS) 개발동향은 (그림 3)과 <표 2>와 같다.

<표 2>는 현재 구축되어 운용 중이거나 개발 중인 SBAS 시스템을 기술한 것으로 시스템 대부분은 ICAO SARP(Standards and Recommended Practices)의 요구 성능인 APV-I(Approach procedures with Vertical Guidance) 성능을 제공하고, APV-I 성능 규격 세부내용을 보면, SIS(Signal In Space) 기준으로 무결성은 40m(수평)/50m(수직) 제공, 가용도는 99~99.999% 범

<표 2> 구축 /운용 또는 개발 중인 시스템

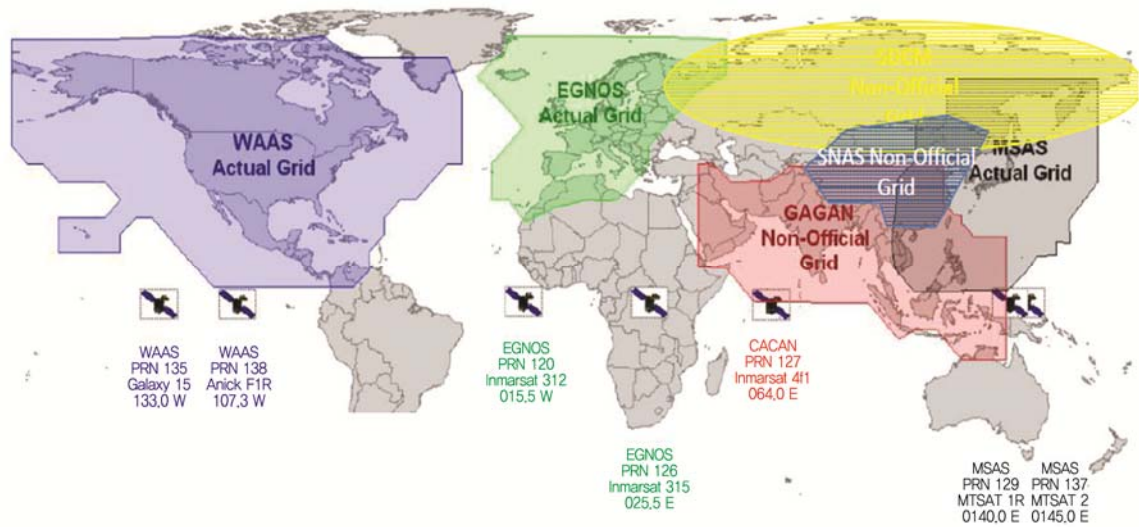
구분	운용	주관 기관	운영 등급	위성
WAAS*	미국	미연방항공청, 교통성	APV-I	3기
EGNOS*	유럽	유럽우주청, 유로컨트롤	APV-I	3기
MSAS*	일본	국토교통성	NPV	2기
GAGAN*	인도	인도항공공사	APV-I	2기
SDCM	러시아	러시아연방	-	2기

\* WAAS(Wide Area Augmentation System)

\* EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay System)

\* MSAS(MTSAT Satellite Based Augmentation)

\* GPS(Global Positioning System)



(그림 3) 국외 SBAS 개발현황[5]

위 이내, 정확도는 16m(수평)/20m(수직), 연속성은 매 15초 동안  $8 \times 10^{-6}$ 을 만족해야 한다.

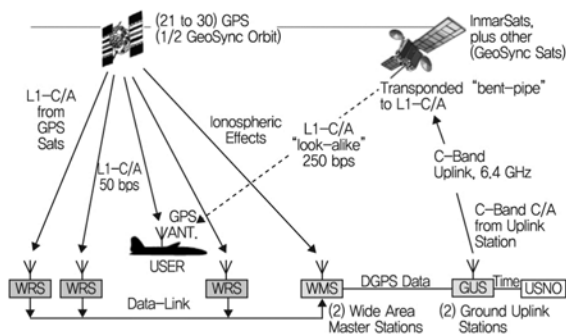
### 1. 미국 SBAS 동향

#### 가. 시스템 운용

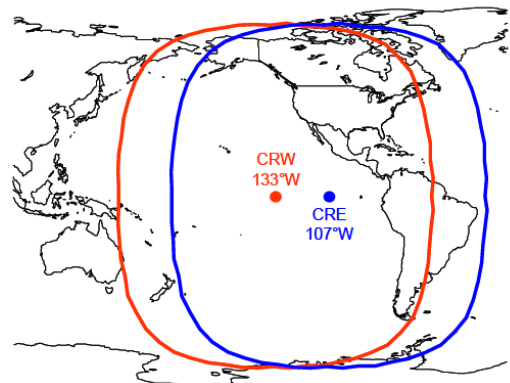
미국은 GPS를 사용하는 많은 항공기 운용에 있어 정확도, 가용도, 무결성 및 연속성이 충분치 않아 GPS 신호를 지상에서 보정해 이를 정지궤도 위성으로 송출함으로써 모든 항공기 요구조건 지원에 필요한 정확도, 가용도, 무결성 및 연속성 제공을 위해 1992년 WAAS 개발사업에 착수하였다. 2003년에 WAAS의 초기 운용능

력을 제공, 2008년에 완전한 LPV 성능 제공, 2013년까지 완전한 LPV-200 성능 제공 뒤 2028년까지 이중주파수 운용을 제공할 계획으로 운용개념도는 (그림 4)와 같다[6].

WAAS 구성은 기준국(WRS: WAAS Reference Station), 중앙처리국(WMS: WAAS Master Station), 위성통신국(GUS: Ground Uplink Subsystem), 통합운영국 등 지상시스템과 단순 중계형 기능을 갖는 정지궤도 위성으로 이루어져 있다. 지상시스템 구축현황을 보면, 통합운영국(2식), 중앙처리국(3식), 기준국(38식), 위성통신국(6식)이고, 정지궤도 위성은 갈럭시-15위성(인텔셋



(그림 4) WAAS 시스템 운용개념도[6]



(그림 5) 갈럭시-15(CRW)와 Anik F1R(CRE) 위성



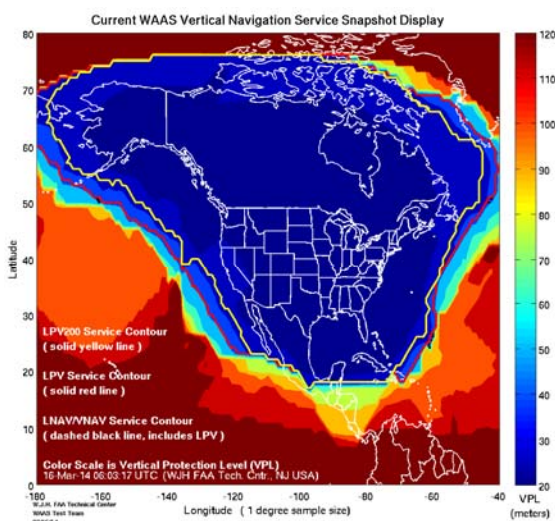
사), Anik F1R (Telesat사), 인마셋 4F3 위성(Inmarsat 사)이다. 그 중 갤럭시-15 위성과 Anik F1R 위성은 보정정보, 무결성 정보제공과 더불어 레인징(Ranging) 기능도 제공할 수 있으며 각 위성의 서비스 커버리지는 (그림 5)와 같다[7].

## 나. 제공 서비스 품질

WAAS 시스템은 Anik F1R 및 갤럭시-15 위성 모두 미국 본토 및 알래스카는 물론 하와이까지 이중화되어 APV-I의 GEO Ranging 기능까지 제공하고 있다.

갤럭시-15와 Anik F1R 위성에는 GPS L1 신호용 20MHz, GPS L5 신호용 24MHz 등 2기 중계기가 탑재되어 있다. 갤럭시-15 위성(CRW)는 정밀접근 모드를 통해 레인징 기능을 En-route(항로)에 제공하며 2005년 9월 9일 발사된 Anik F1R(CRE) 위성도 동일한 기능을 제공한다[7].

항법 중계기는 Hosted 중계기 형태로 FAA(Federal Aviation Administration) 기존 인마셋 중계기 대체를 위해 Telesat사와 계약하였고 2009년에는 인마셋 4F3 위성 임차 계약한 바 있다. WAAS의 레벨에 따른 서비스 커버리지는 (그림 6)과 같다[8].



(그림 6) WAAS 제공 서비스 성능별 커버리지

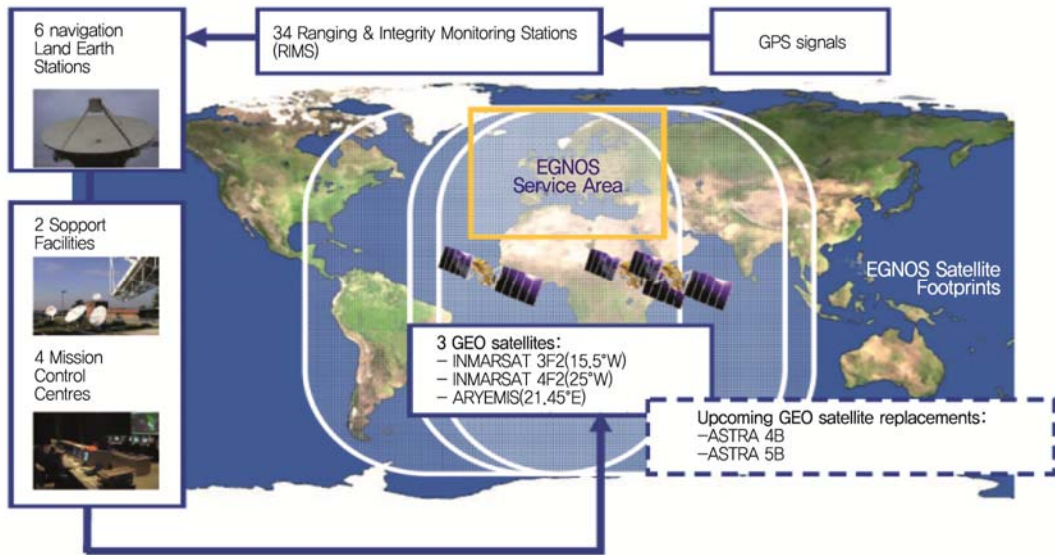
(그림 6)에서 노란선은 LPV200(35m VPL) 서비스 컨투어, 빨간선은 LPV(50m VPL) 서비스 컨투어, 검은 점선은 LNAV(Lateral Navigation) 및 VNAV(Vertical Navigation) 서비스 컨투어를 의미한다. WAAS는 미 전역 공항 1,367개에서 2,765개 접근절차에 활용 중이고 2028년까지 L1/L5 이중주파수 운영을 도입할 계획이다.

## 2. 유럽 SBAS 동향

### 가. 시스템 운용

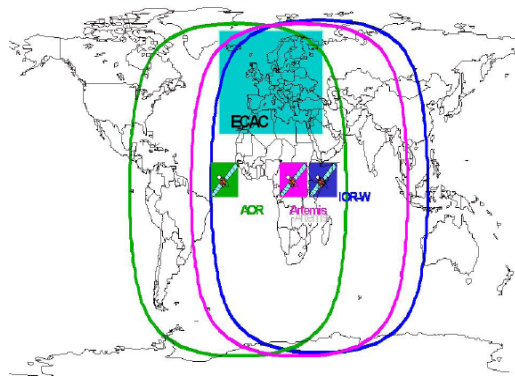
유럽의회는 1994년에 EGNOS 프로그램 착수를 승인하였고 1995년에 유럽우주청(ESA: European Space Agency) 주관으로 EGNOS 개발에 착수하였으며, 1998년에 ESA/EC(European Community)/Eurocontrol EGNOS 공동개발을 추진하였다. 첫 EGNOS 시험 신호 방송은 2003년에 이루어졌고 2005년 7월, EGNOS 초기 운영단계 시작(IOP: Initial Operation Phase), 2006년에는 EGNOS v2.1 설치 및 북부 아프리카로 서비스 영역을 확대하였다. 2009년 4월에는 EGNOS 관리기관이 ESA에서 EC로 변경되었고, 2009년 10월에는 공개 서비스 제공 시작(FOP: Full Operation Phase) 후, 2011년 3월부터 유럽 및 북부아프리카 지역 항공용 인명 안전(SoL: Safety Of Life)서비스 제공을 시작하였다. EGNOS 시스템 구성은 (그림 7)과 같이 이루어져 있다[9].

(그림 7)과 같이, 지상시스템은 GPS 신호에 대한 레인징 및 무결성을 감시하는 34곳의 기준국(RIMS: Ranging Integrity & Monitoring Station), 보정정보 및 상향링크 신호를 GPS 시각에 동기시킴은 물론 GPS와 유사한 의사거리 정보를 정지궤도 위성으로 전송하는 6곳의 위성통신국(NLES: Navigation Land Earth Station), EGNOS 운용을 위한 2곳의 통합 운영국, 기준국으로부터의 데이터를 활용해 오차를 제거시켜 보정 정보 생성 등을 수행하는 4곳의 중앙처리국(MCC:



(그림 7) EGNOS 시스템 구성 개념도[9]

Mission Control Center)으로 구성된다. 중앙처리국은 기준국으로부터의 실시간 중요한 데이터를 처리하는 5 곳의 중앙처리시설(CPF: Central Processing Facility)과 기준국 및 위성통신국 장비감시 및 제어정보 처리시설(CCF: Central Control Facility)과 연결되어 있다. 위성은 정지궤도 위성인 인마셋사의 3F2 위성(AOR-E: Atlantic Ocean Region-East, 서경 15.5도 배치), 인마셋 4F2 위성(IOR-W: Indian Ocean Region-West, 동경 25도) 및 ARTEMIS 위성(동경 21.5도)이 사용되며 각 위성 서비스 커버리지는 (그림 8)과 같다[10].



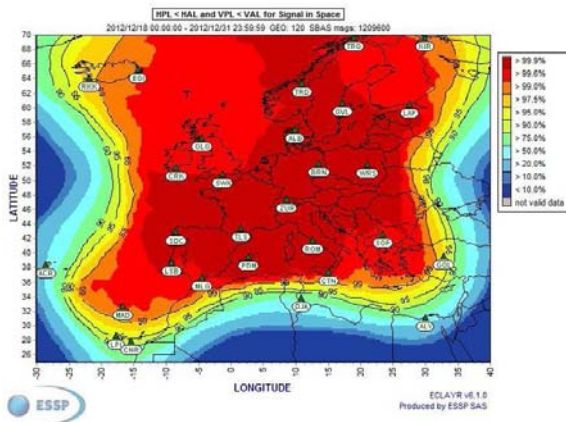
(그림 8) EGNOS 시스템 구축용 정지위성 커버리지[10]

(그림 8)의 인마셋 3F2(AOR-E) 위성은 1996년 9월 발사해 서경 15.5도에 배치되어 2011년 3월 2일부터 SoL 서비스 개시, SBAS 메시지 타입 2(Fast Correction)를 송출 중이고, 인마셋 동경 25도에 배치된 4F2(IOR-W) 위성은 2012년 3월 22일부터 SoL 서비스 개시 및 SBAS 메시지 타입 2(Fast Correction)를 송출 중이다[11].

이때, 인마셋 3F2와 4F2 위성은 EGNOS 시스템의 위성 이중화 개념으로 주/부 기능을 수행한다. ARTEMIS 위성은 복합위성으로 GPS L1 신호를 송출하기 위해 갈릴레오 E1 신호 대역폭과 동일한 4MHz 중계기를 탑재 하였고, 2012년 3월, 인마셋 4F2 위성에 수행기능을 이관한 뒤, 현재는 EGNOS 개발업체들이 시험용으로 활용되도록 SBAS 시험모드 메시지(타입 0/0)를 송출 중이다.

#### 나. 제공 서비스 품질

EGNOS 시스템 제공 서비스 성능레벨은 APV-1급으로 정확도(95% 기준)는 16m(수직)/20m(수평)이고 무결성(Integrity)은 임의 150초 동안  $1 \sim 2 \times 10^{-7}$ 이며



(그림 9) EGNOS 시스템 APV 가용도[12]

TTA(Time To Alert)는 10초이다. 또한 경보레벨은 40m(수평)/50m(수직)이고 연속성(Continuity)은 임의 15초 동안  $1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$ 이며 가용성은 유럽지역에서 99%로 ICAO 요구규격을 만족한다. EGNOS 제공 서비스인 APV-I 가용도는 2012년 12월 기준, (그림 9)와 같이 ICAO SARP 요구성능이 만족됨을 알 수 있다.

EGNOS 시스템을 활용한 항공기 접근절차 사용 공항에는 2011년 12월 기준, 독일 38개, 프랑스 3개, 스위스 2개 공항이며 스페인(15개), 이탈리아(5개), 영국(2

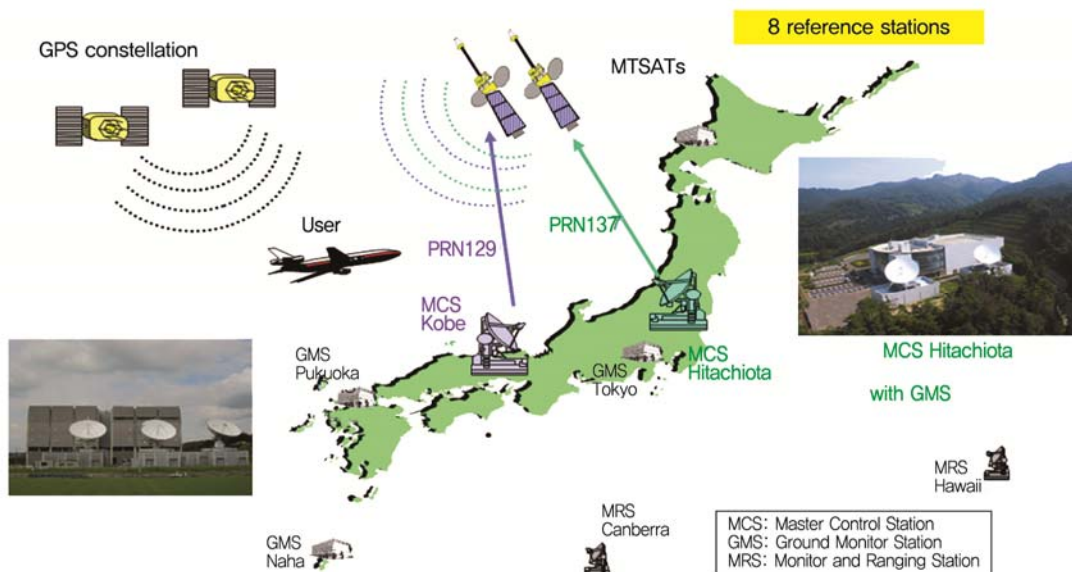
개), 폴란드(2개) 등에서 개발 중이다. 또한 유럽의회는 서비스 품질향상 및 GEO Ranging 기능제공을 위해, SES사의 2기 위성에 항법 탑재체를 Hosted 개념으로 2기 항법 탑재체를 개발하였다.

- SES-5위성(동경5도 배치): 1st EGNOS 정지위성으로 2012년에 발사되었고, L1 신호 송출용 20MHz, L5 신호송출용 24MHz 증계기가 탑재되었으며, ESSP(European Satellite Service Provider)는 인마셋 4F2 및 ARTEMIS 위성을 대체하여 2015년에 실제 운용할 위성임.
- ASTRA-5B 위성(동경 31.5도 배치): EGNOS 두 번째 정지위성으로 2013년 12월 발사되었고, L1 신호용 20MHz, L5 신호용 24MHz가 탑재되어 있으며 2015년에 인마셋 3F2 위성을 대체 예정

### 3. 일본 SBAS 동향

#### 가. 시스템 운용

일본 국토교통성은 위성기반 보정시스템으로 MSAS



(그림 10) MSAS 구성도



(MTSAT Satellite Augmentation System)를 구축 운용 중이며, 본 시스템은 2005년 7월부터 신호 송출하는 위성 기반 GPS 항법신호 보정정보 제공시스템으로 정지궤도 위성을 통해 의사거리 신호제공, GPS 위성 건강상태 정보제공, 위성궤도력 및 클럭에 대한 보정정보 제공 및 이온층에 대한 보정정보를 제공한다. 1993년 전자항법 연구소에서 GNSS 관련 연구를 개시했고, 1995년 MTSAT 개발에 착수했으며 2005년과 2006년에 MTSAT-1R 및 MTSAT-2 위성을 발사 후 2007년에 MSAS 초기 운영을 시작해 비정밀 접근(NPA: Non Precision Approach)서비스를 개시하였다. (그림 10)은 MSAS 구성도를 나타낸 것이다[13].

지상시스템에는 GPS와 SBAS 위성신호의 데이터를 수집해 중앙제어국(MCS: Master Control Station)에 전달 및 비정상적인 데이터 차단기능을 수행하는 지상 감시국(GMS: Ground Monitor Station) 4곳, 시스템 감시/제어, 지상감시국들의 제공 데이터 분석, 차등 보정 및 위성궤도와 이온층 지연에 따른 보정정보 생성기능을 수행하는 중앙처리국(MCS) 2곳, MTSAT 위성 궤도결정, 신호감시 및 레인징 담당하는 감시 및 레인징국(MRS: Monitor and Ranging Station) 2곳이다. 정지궤도 위성은 (그림 11)과 같이, MTSAT-1R/-2위성으로 항법, 기상, 이동통신용 탑재체가 같이 실린 복합위성으로 항법서비스 커버리지는 (그림 11)에 청색 표시된 영역으로 이들 영역은 APV-1 가용도 90%를 갖는다.



(그림 11) MSAS 제공 APV-1 서비스 가용도 커버리지[14]

〈표 3〉 MSAS 성능 규격 및 측정결과

구분	성능 규격	측정결과
수평정확도(95%)	220m(SA ON 시)	2.2m 이하
무결성(HMI 확률)	$1 \times 10^{-7}$ /Hour 이하	$0.903 \times 10^{-7}$ /Hour 이하
가용도(%)	99.9 이상	99.91

#### 나. 제공 서비스 품질

MSAS 구축용 MTSAT-1R/-2 위성항법 중계기 대역폭은 GPS L1 신호전송을 위해 2.2MHz이며, MSAS 서비스 성능 규격 및 측정결과는 〈표 3〉과 같다[15].

현재, MSAS제공 서비스 품질은 지상감시국(GMS)가 4곳으로 적고 이온층 영향으로 인해, En-route와 NPA에 제한적으로 활용되는 것으로 판단된다.

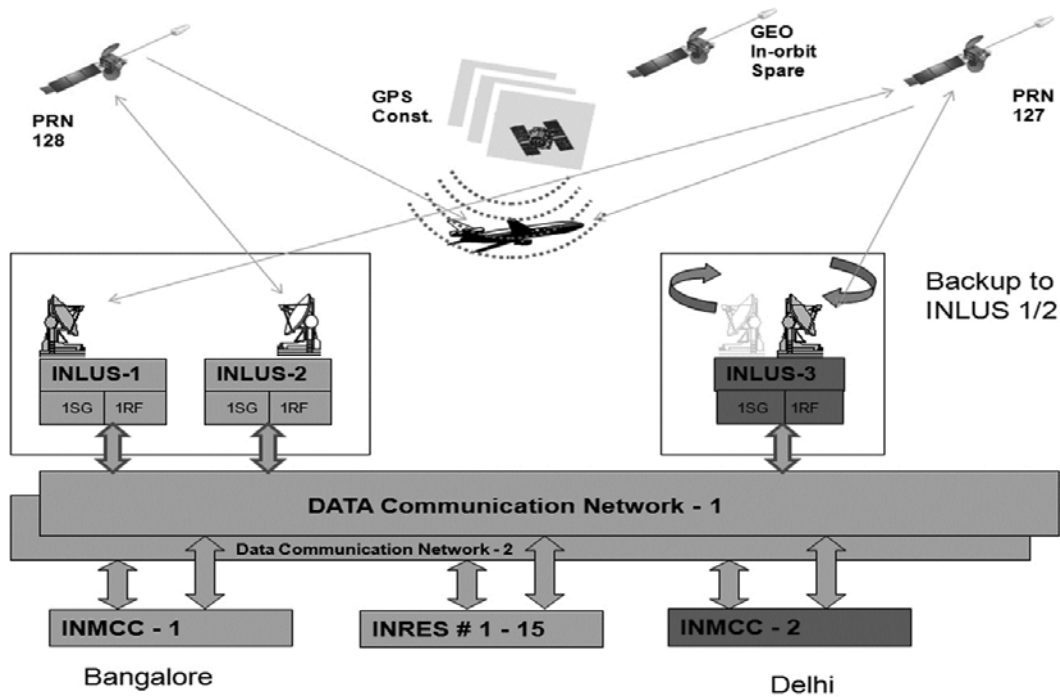
### 4. 인도 SBAS 동향

#### 가. 시스템 운용

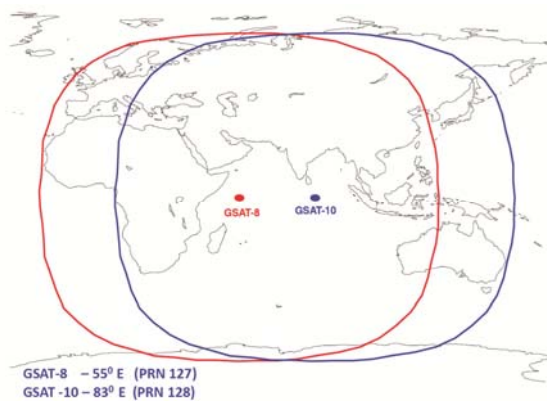
인도정부는 2004년에 GAGAN 기술검증 시스템 개발을 착수해 2007년 인마셋 4F1 임차를 통해 구축완료. 2009년 GAGAN 완전 운영단계(FOP: Full Operation Phase) 개발에 착수했으며 2011년 GSAT-8 위성, 2012년에 GSAT-10 위성을 각각 발사하였다. GAGAN 완전 운영단계 시스템 구성도는 (그림 12)과 같다[16].

지상시스템에는 기준국(INRES: Indian Reference Station) 15곳, 2곳의 중앙제어국(INMCC: Indian Master Control Center), 3곳의 위성통신국(INLUS: Indian Land Uplink Station)이 포함되고, 2007년부터 기술검증 단계에서는 인마셋 4F1(동경 142.5도 배치)위성을 사용하기도 했다. 위성통신국은 GPS 및 SBAS 신호를 수신할 수 있는 수신기, 중앙제어국이 전송해준 메시지 처리 프로세서, 처리 데이터 비교기 및 항법신호 생성기 등으로 구성된다. GSAT-8/-10 위성은 L1 신





(그림 12) GAGAN 시스템 구성도(FOP 기준)



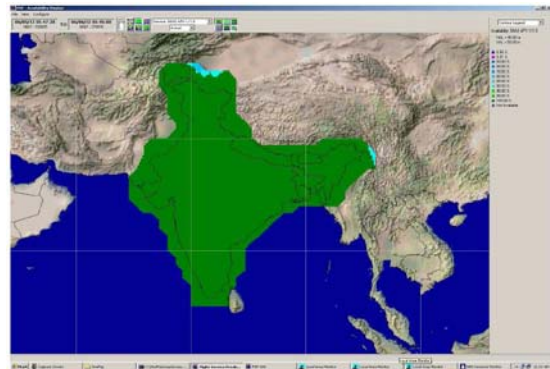
(그림 13) GSAT-8/-10 위성 커버리지[16]

호전송용으로 20MHz, L5 신호전송용으로 24MHz 항법 중계기가 탑재되어 있고 GSAT-8/-10 위성 커버리지는 (그림 13)과 같다.

#### 나. 제공 서비스 품질

INRES가 설치된 위치에서의 정확도는 3m(95%) 이내이고 Time-to-Alarm은 6초의 서비스 성능을 보이

고 있으며 FOP 완료를 통해 서비스 품질을 APV 1.5급으로 향상시켜 2013년 6월 기준, 정확도는 7.6m, 수평 경보제한(HAL: Horizontal Alert Limit)값은 40m, 수직 경보제한(VAL: Vertical Alert Limit)값은 50m, 경보발생시간(TTA)은 6초를 제공 가능하지만 SoL 인증이 되지 않아 현재 시험단계에 있다. (그림 14)는 GAGAN을 통해 APV-1.5급의 서비스 제공이 가능한 영역을 나타낸 것으로 ICAO 규정인 가용도 99.0%를 만족함을 보



(그림 14) GAGAN 시스템의 APV1/1.5급 제공 영역[16]

여주고 있다.

### 5. 러시아 SBAS 동향

러시아는 GLONASS(GLObal Navigation Satellite System) 시스템 성능 열화분석 및 차등보정정보 제공뿐만 아니라 GPS 및 GLONASS 위성의 무결성 감시는 물론 지상 기준국 및 정지궤도 위성을 이용해 위치정확도 1~1.5m(수평)/2~3m(수직)를 각각 실시간으로 차등보정할 수 있는 위성기반 보정시스템인 SDCM(System of Differential Correction and Monitoring)을 개발 중이다. SDCM은 지상시스템과 정지궤도 위성으로 구성되는데 지상시스템에는 기준국(RS: Reference Station) 63곳(자국 내 40곳, 해외 24곳), 1곳의 SDCM 중앙센터가 구축되며 3개의 정지궤도 위성이 배치할 계획이다. 현재, 기준국 설치규모는 자국 내 19곳에 21곳을 추가 설치하고 해외에는 5곳에 18곳을 추가 설치할 계획이다 [17]. SDCM용, 첫 정지궤도 위성인 Luch-4(동경 167도 배치)를 2011년 12월 11일에 발사했고, 두 번째 위성 Luch-5A 위성(서경 16도)을 2012년 11월 2일에 발사했으며, 세 번째 위성인 Luch-5B 위성은 2014년 내 발사해 동경 95도에 배치예정이다. 각 위성들은 L1 주파수만을 송출하고 사용 PRN(Pseudo Random Number) 코드는 125, 140, 141이 사용될 예정이며 (그림 15)은 SDCM과 GPS/GLONASS 결합할 경우 제공

위치 정확도를 나타낸 것이다.

(그림 15)에서 보였듯이 GPS와 SDCM을 함께 사용시 1m(수평)/2.5m(수직), GLONASS와 SDCM을 사용시 0.98m(수평)/1.7m(수직)가 가능함을 알 수 있다.

### III. 국내 SBAS 개발동향

국내에서는 2013년 8월에 국토교통부 주관하에 1991년 ICAO의 위성기반 차세대 항행시스템 도입 계획 및 권고와 2007년 ICAO 체약국에 대한 성능기반 항행체계인 PBN 이행 촉구를 위해 권고한 SBAS 개발을 추진기로 결정하였다. 총 8년(2014년~ 2021년) 기간으로 추진하고 미래 항공교통 증가에 대비하고 항공안전 강화 및 산업발전 지원을 위하여 ICOA 기준을 만족하는 실시간 정밀 위치정보를 전 공역에 제공하는 것을 사업목표로 설정해 놓았다. 이를 위해 GPS로부터 수신된 정보를 보정해 전 공역에서 항공기가 이용할 수 있는 SBAS 신호의 생성, 제어 및 감시기술 개발과 그에 필요한 기준국, 중앙처리국, 위성통신국 및 통합운영국에 필요한 기술을 개발기로 하였다. 개발기간 내 단일주파수 기반의 APV-1 운용시스템을 개발은 물론 이중주파수(GPS L1 및 L5) 기반의 CAT-I 관련 기술을 개발도 병행할 계획으로 현재, 한국항공우주연구원, 한국전자통신연구원, 선박해양플랜트연구소 등이 기획사업을 수행 중이다.



(그림 15) SDCM의 제공 위치정확도[18]

### IV. 맺음말

본고에서는 항공기 안전운항을 위해, 국제민간항공기구(ICAO)가 국제표준으로 정한 위성기반 보정시스템에 대한 국외 및 국내 개발동향을 기술하였다. 2014년 현재, 미국 WAAS와 유럽 EGNOS 등 2개의 시스템이 인명안전(SoL) 서비스 인증을 획득해 서비스를 제공하고, 일본 MSAS는 En-Route(항로), 터미널 및 비정

밀 접근(NPA)에 활용 중이며, 인도 GAGAN은 구축은 되었으나 SoL 인증이 되지 않아 시험 중이다. 그 중 WAAS 시스템은 갤럭시-15 위성과 Anik F1R 위성에서 정밀 접근모드를 통한 GEO-Ranging 기능까지 제공하는 반면, EGNOS는 GEO-Ranging 기능 제공은 되나 성능 불만족으로 사용자가 활용하지는 못하고 있어, SES-5 위성과 ASTRA-5B 위성을 통해 향후 제공 될 것으로 사료된다. 그 외에도 러시아 SDCM은 개발 중이고 우리도 2021년까지 한국형 SBAS를 개발기로 결정한 상태이다.

#### 용어해설

**위성기반 보정시스템(SBAS: Satellite Based Augmentation System)** GPS위성이 제공하는 항법신호를 지상시스템(기준국, 중앙처리국, 위성통신국등)을 이용해 오차를 제거한 뒤 보정메시지를 생성하여 정지궤도(적도상공 36,000km) 위성을 통해 GPS 항법신호대역(L1대역(1575.42MHz), L5대역(1176.45MHz))으로 전송함으로써 항공기 운항 등에서 요구하는 GPS 신호에 대한 정확도(Accuracy), 무결성(Integrity), 가용성(Availability) 및 연속성(Continuity)을 제공해주는 시스템

#### 약어 정리

APV	Approach Procedures with Vertical Guidance
CCF	Central Control Facility
CPF	Central Processing Facility
EC	European Community
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
ESA	European Space Agency
ESSP	European Satellite Service Provider
FAA	Federal Aviation Administration
FOP	Full Operation Phase
GAGAN	GPS Aided GEO Augmentation Navigation
GLONASS	GLOBAL Navigation Satellite System
GMS	Ground Monitor Station
GPS	Global Positioning System
GUS	Ground Uplink Subsystem

HAL	Horizontal Alert Limit
ICAO	International Civilian Aviation Organization
INLUS	Indian Land Up-Link Station
INMCC	Indian Master Control Center
INRES	Indian Reference Station
IOP	Initial Operation Phase
LNAV	Lateral Navigation
MCC	Mission Control Center
MCS	Master Control Station
MRS	Monitor and Ranging Station
MSAS	MTSAT Satellite Based Augmentation
NLES	Navigation Land Earth Station
NPA	Non Precision Approach
PBN	Performance Based Navigation
RIMS	Ranging Integrity & Monitoring Station
SARP	Standards and Recommended Practices
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SIS	Signal In Space
SoL	Safe Of Life
TTA	Time To Alert
VAL	Vertical Alert Limit
VNAV	Vertical Navigation
WAAS	Wide Area Augmentation System
WMS	WAAS Master Station
WRS	WAAS Reference Station

#### 참고문헌

- [1] ICAO, "ICAO SARPS," vol. 1, 2006.
- [2] 국토부, "ICAO 의제대응 시스템 구축-차세대 항행안전 시설 로드맵 수립 시 정책적 고려사항 연구," 2011. 12.
- [3] ICAO, "ICAO Standards and Recommended Practices," vol. 1, July 2006.
- [4] 국토교통부, "항공용 위성항법보정시스템 관리/운영 체계 수립연구보고서," 2013. 12. 18.
- [5] Anne-Laure Vogel-Egis Avia, "Satellite Based Augmentation System-SBAS Principle and Concept", Rabat, Oct. 17th, 2011.
- [6] H. Fruehauf, "WAAS for Telecom Sync Applications," June 2011.
- [7] T. Schempp, J. Burke, and A. Rubin, "WAAS Benefits

- of GEO Ranging,” *Proc. 21st International Tech. Meeting Satellite Division Institute Navigation*, Sept. 2008.
- [8] Asia Pacific Economic Cooperation Global Navigation Satellite System Implementation Team(APEC GIT/14), Seattle, June 23th, 2010.
- [9] GSA, “EGNOS, the preferred GNSS technology in precision Agriculture–GSA Market Development,” Jan. 2011.
- [10] [navipedia, http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS\\_Space\\_Segment](http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Space_Segment)
- [11] GSA, “EGNOS SoL Service Definition Document,” June 28th, 2013. pp. 17.
- [12] SIRAJ, “SBAS Implementation in the regions of ACAC and ASECNA,” *Final Workshop–Rabat*, May 28th, 2012.
- [13] H. Tashiro, “MSAS Status,” SBAS IWG #26, 5. Feb, 2014.
- [14] Japan Civil Aviation Bureau APEC GIT 11, “MSAS Current Status,” June 2007.
- [15] H. Manabe, “Overview of MSAS-ICG expert meeting on GNSS and services,” July 15th, 2008.
- [16] S. Bhattacharjya, S. Srinivas, and S. Sunda, “GNSS Status in India,” Oct. 15–17th, 2013.
- [17] G. Stupak, “SDCM present status and future GLONASS signal development,” *8th meeting ICG navigation satellite syst.*, Nov. 2013.
- [18] G. Stupak, “SDCM Status & Plans,” *7th meeting ICG navigation satellite syst.*, Nov. 2012.