

# 우리나라 전공역 위성항법 보강시스템 구현 방안 연구

## A Study on the Implementation Scenarios of GNSS Augmentation System for Korean Airspace

배중원\*, 김동민\*, 지규인\*\*

Joong-Won Bae\*, Dong-Min Kim\* and Gyu-In Jee\*\*

### 요 약

본 논문에서는 우리나라 항공용 위성항법 보강시스템의 구축 방안에 대해 ICAO 기준을 만족하는 전공역 위성항법 보강시스템 성능기준을 바탕으로 정량화하여 검토하였다. 국제적 동향으로부터 구축 예상시점에서의 추세변화를 예측하고, 우선적으로 우리나라 여건에 적합한 구축 시나리오를 설정하여 가용성(Availability)에 대한 성능분석을 수행하였다. 국내 구축 시나리오로는 GBAS의 경우 국내 모든 공항에 구축하고, SBAS와 GRAS의 경우 5개 지역의 기준국과 2개의 중앙처리국이 필요함을 알 수 있었다. 추가적으로 SBAS의 경우는 2개의 지상송신국(Uplink Station)과 2개의 정지위성이 소요되고, GRAS의 경우는 15개의 VDB가 소요되는 것으로 분석되었다. 전공역에 대한 각 보강시스템들에 대한 우리나라에서의 가용성 분석결과를 제시하였으며, 위성항법 기술의 발전추세를 종합적으로 고려하더라도, SBAS와 GRAS의 경우는 CAT-I 수준 이상의 가용성을 보장하지 못할 것으로 판단되는 반면, ABAS의 성능은 지속적으로 개량되어 나갈 것이 확실시 되므로 대형기 중심의 우리나라 상황에서의 항공항법용 보강시스템으로서는 ABAS와 GBAS만으로 충분할 것으로 평가되었다.

### Abstract

According to the ICAO's Global Air Navigation Plan for CNS/ATM - Communications, Navigation, and Surveillance - systems, employing digital technologies, including satellite systems together with various levels of automation, are to be applied in support of a seamless global air traffic management system. For the future navigation, the focus of future implementation efforts can be placed entirely on an expected gradual migration toward GNSS-based navigation. Korea has been considered various options for airspace GNSS augmentation system: GBAS, SBAS and GRAS. This paper discusses current status and future trend of GNSS airspace navigation systems, and presents the results of possible augmentation options and scenarios to analyze system availabilities which could lead to the conclusion of the best program for Korea. The results showed that Korea could have sufficient availabilities from en-route to CAT-I approach with ABAS and GBAS. The study was in cooperated with MITRE, an American research company.

Key words : GNSS, ABAS, GBAS, SBAS, GRAS, GNSS Augmentation System

---

\* 한국항공우주연구원 항공사업단 (Aeronautical System Division, Korea Aerospace Research Institute)

\*\* 건국대학교 전자공학부 (College of Electronics Eng., Konkuk University)

· 제1저자 (First Author) : 배중원

· 투고일자 : 2008년 11월 10일

· 심사(수정)일자 : 2008년 11월 11일 (수정일자 : 2008년 12월 16일)

· 게재일자 : 2008년 12월 30일

I. 서 론

국제민간항공기구(ICAO)는 급증하는 항공교통 수요에 대비하고자, 기존의 항행시스템을 차세대 항행 시스템(CNS/ATM)으로 전환토록 권고하고 있으며, 이의 구축 및 기대효과는 2015년 이후로 예상되고 있다. 이 중에서 항법(Navigation) 분야에 대해서는 점진적으로 위성기반으로 변환해 나가도록 추진하고 있으며, 실용시스템이 적용되고 있고 미래를 위한 연구 개발에 적극적인 지원과 투자가 이루어지고 있다.

GNSS<sup>1)</sup>를 항공항법에 적용하기 위해서는 신뢰성 높은 정밀도 보장을 위해 DGPS<sup>2)</sup> 개념을 확장한 보강시스템(Augmentation System)이 필요하게 된다. 위성항법 보강시스템은 국제민간항공기구의 정의해 의해 ABAS<sup>3)</sup>, GBAS<sup>4)</sup>, SBAS<sup>5)</sup> 및 GRAS<sup>6)</sup>의 4가지로 크게 구분된다. 현재 위성항법시스템의 세계적 상황과 응용기술이 지속적으로 변해 가고 있는 상황에서, 정부에서는 "국가 위성항법시스템 종합발전 기본계획 (2005)"을 통해, ICAO 기준을 충족하는 항공항법용 보강시스템을 2015년까지 신규 구축하는 것으로 의사결정을 한 바가 있다.

그러나 ICAO 규정을 충족하는 구체적 방안에 대해서 심도 있게 다루거나 의사결정된 바가 없다. 이에 대한 판단은 준비 및 구축소요기간을 고려할 때 시기적으로도 미루기 곤란한 시점이 되어 가고 있음을 알 수 있다. 또한 이는 효율적 국가 인프라 구축을 위한 중대한 결정사항이며 더불어 향후 연구개발 방향에 중대한 영향을 미칠 사안으로 인식된다.

본 연구에서는 국제적 동향분석, 국내 구축시나리오 검토, 성능분석 시뮬레이션 및 분석 등을 통해 국내 환경에 적합한 전공역 위성항법 보강시스템 구축 방안에 대한 결과를 제시토록 하였다. 위성항법 보강시스템에 대한 구축 시나리오 및 성능 분석은 미국 MITRE사와의 용역계약에 의해 공동 수행된 결과임을 밝힌다.

1) Global Navigation Satellite System  
 2) Differential GPS  
 3) Airborne Based Augmentation System  
 4) Ground Based Augmentation System  
 5) Satellite Based Augmentation System  
 6) Ground based Regional Augmentation System

II. 항공용 위성항법시스템 성능기준

항공용 위성항법시스템에 대한 성능기준은 ICAO 부속서[1]에 정의되어 있다. 정밀도(Accuracy), 무결성(Integrity), 경고시간(Time-to-Alert), 연속성(Continuity) 및 이를 모두 만족시키는 가용성(Availability)에 대해서 항로비행(en-route)으로부터 정밀접근(Precision Approach)에 이르는 각 비행단계별 요구 성능이 표 1과 같이 정의 되어 있다[1].

III. 항공용 위성항법 국제동향

3-1 위성항법시스템 국제동향

미국의 GPS 현대화 계획에 따르면 L5 Carrier 주파수를 전송할 GPS-III의 첫 번째 새로운 Block II F GPS 위성이 2009년에 발사될 예정이며, Constellation은 2016년에서 2018년까지 완성될 것으로 전망된다. 이를 통해 실제적인 민간항공용 이중주파수(dual frequency) 능력이 확보될 것이다[2].

표 1. Airspace GNSS 성능요구조건[1]  
 Table 1. Airspace GNSS SIS Performance Requirements[1]

Operation	Accuracy horizontal (95%)	Accuracy vertical (95%)	Integrity	Time-to-Alert	Continuity	Availability
En-route	3.7 km (2.0 nm)	N/A	1-1x10 <sup>-7</sup> /h	5 min	1-1x10 <sup>-4</sup> /h to 1-1x10 <sup>-6</sup> /h	0.99 to 0.99999
En-route, Terminal	0.74 km (0.4 nm)	N/A	1-1x10 <sup>-7</sup> /h	15 s	1-1x10 <sup>-4</sup> /h to 1-1x10 <sup>-6</sup> /h	0.99 to 0.99999
Initial approach, Intermediate approach, Non-precision approach (NPA), Departure	220 m (720ft)	N/A	1-1x10 <sup>-7</sup> /h	10 s	1-1x10 <sup>-4</sup> /h to 1-1x10 <sup>-6</sup> /h	0.99 to 0.99999
Approach operation with vertical guidance (APV-I)	16 m (52 ft)	20m (66ft)	1-2 x 10 <sup>-7</sup> / approach	10 s	1-8x10 <sup>-6</sup> /h in any 15s	0.99 to 0.99999
Approach operation with vertical guidance (APV-II)	16 m (52 ft)	8.0m (26ft)	1-2 x 10 <sup>-7</sup> / approach	6 s	1-8x10 <sup>-6</sup> /h in any 15s	0.99 to 0.99999
Category I precision approach	16 m (52 ft)	6.0m to 4.0m (20ft to 13ft)	1-2 x 10 <sup>-7</sup> / approach	6 s	1-8x10 <sup>-6</sup> /h in any 15s	0.99 to 0.99999

Galileo는 2013년까지 constellation 구축을 완료하는 것이 현재까지의 계획으로, 2005년 12월 첫 번째 GIOVE A 발사, 2006년 두 번째 GIOVE B 궤도 정상 작동하는 검증단계이며, 이를 통해 기능과 성능을 확인한 후 본격적으로 constellation을 구축해 나갈 예정이다. Galileo는 E4a, E5b, E6 및 L1의 4개 주파수가 전송될 것으로 계획되어 있으며 향후 다중 주파수 환

경은 그동안 미해결 분야로 남았던 무결성 향상에 획기적인 전기가 될 것이다[2].

그 외 러시아의 GLONASS, 중국의 Compass, 일본의 QZSS, 인도의 IRNSS 등이 가용 혹은 구축 중에 있으나, 우리나라의 항공용으로 활용될 가능성은 현실적으로 매우 낮을 것으로 판단된다[2].

### 3-2 보강시스템 동향

보강시스템에 관련된 연구를 선도하고 있는 미국에서는 지상에 별도의 인프라가 구축되어야 하는 보강시스템을 서비스 지역 범위에 따라 지역보강시스템(LAAS<sup>7)</sup>)과 광역보강시스템(WAAS<sup>8)</sup>)으로 분류하고 있다. GBAS, SBAS, GRAS를 서비스 범위의 측면에서 구분해 보면, GBAS는 지역보강시스템, SBAS와 GRAS는 광역보강시스템에 각각 해당된다.

ABAS는 기하학적 배치 조건을 만족하는 최소 5개의 위성으로 수행되는 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기능과 더불어 최근에는 최소 6개의 위성으로부터 위성항법의 연속성을 유지할 수 있도록 하는 결함감지 및 배제 (FDE: Fault Detection and Exclusion) 기능을 수행한다. 초기 RAIM기능은 FAA TSO C-129 및 C-129a 표준에 의거 대양, 터미널 및 NPA 항법 서비스를 위한 보완수단으로 승인되었으나, 이후 ICAO는 이중화된 GPS 수신기 사용자에게 대양항해 (Oceanic Flight)에서 주수단으로 사용하는 것을 허용하였다. ABAS는 관성항법시스템 (IRS: Inertial Reference system)과 연동한 (약결합 (Loosely Coupled) 혹은 강결합(Tightly Coupled)) 복합항법으로 매우 향상된 가용성과 연속성을 보장하고 있으며, GPS 현대화 및 Galileo 구축이 완료될 시 더욱 뛰어난 성능을 제공할 것으로 예상된다.

GBAS는 정밀접근과 착륙 서비스를 위한 보강정보를 제공하는 시스템으로 CAT-I의 경우 ICAO 기술 표준인 SARPs<sup>9)</sup>에 정의되어 있고, CAT-II/III는 SARPs를 개발 중이다. FAA는 Honeywell사와 함께 중위도 지역의 전리층 모델에 한정하여 2008년 인증을 목표로 한 CAT-I 승인을 지원하고 있으며, ICAO

및 RTCA내의 CAT-II/III 기술표준 개발을 후원하고 있다.

SBAS는 미국에서 2003년부터 Safety-critical service 용으로 작동하며 항공용 WAAS로서의 성능을 검증하여왔으나, CAT-I 성능을 만족치 못할 것으로 결론지어짐에 따라, 비 항공용으로서의 활용분야를 개척해 나가고 있다. 유럽은 EGNOS를 2009년부터 작동할 예정이며, 일본의 MSAS (2007년부터 작동) 및 인도의 GAGAN이 SBAS 사업으로 추진되고 있다. WAAS는 미국/멕시코에 5개의 운영 site와 캐나다에 4개의 운영 site를 두고 있으며, EGNOS는 유럽/아프리카 설치 협의를 적극적으로 추진하였다. MSAS는 태평양 지역국들과의 협력을 추진하고 있으나 구체적인 실적은 없는 상황이다.

GRAS는 호주 주도로 테스트베드를 운용하며 동부지역에 대한 승인작업을 수행 중이나, 전국적으로 의 실행에 대한 최종결정에 대해서는 미정인 상황이다. 표준화 작업으로 ICAO SARPs 및 '08년 RTCA MOPS<sup>10)</sup> 발간이 완료된 상황이다. GRAS를 구현하는 방법으로는 SBAS와 유사한 형태의 GRAS (SBAS-like GRAS) 방식과 GBAS를 확장 혹은 연계한 형태로의 GRAS (Extended GBAS GRAS)가 가능할 것이나, GBAS 확장방식은 실제적으로 개발 및 평가된 실적이 없는 실정이다.

## IV. 국내 구축 시나리오 및 가용도 분석

### 4-1 구축 시나리오

ABAS의 경우 항공기에 탑재되므로 추가적인 지상인프라가 필요 없게 된다. GBAS의 경우 필요한 공항에 모두 설치하여야 하므로 국내 모든 공항에 구축하는 것으로 가정하였다.

GBAS의 경우, 각 공항에 4개의 기준국 (GBAS Reference Receiver)과 보정신호를 계산하는 GBAS 장비 및 신호송신을 위한 VDB VHF Data Broadcast로 구성된다. 현재 개발된 GBAS 장비는 23NM까지 서비스가 가능한 것으로 알려져 있다.

7) Local Area Augmentation System

8) Wide Area Augmentation System

9) Standards And Recommended Practices

10) Minimum Operational Performance Standard

SBAS와 GRAS의 경우, 지상의 기준국 (Reference Station)과 중앙처리국 (Master Station) 부분의 형상은 동일한 형태를 가진다. 두 장비의 차이가 나는 부분은 SBAS의 경우는 Uplink Station과 정지위성이 필요하고, GRAS의 경우는 지상에서 항공기로 신호를 송신하기 위한 VHF Station이 필요하다는 점이다.

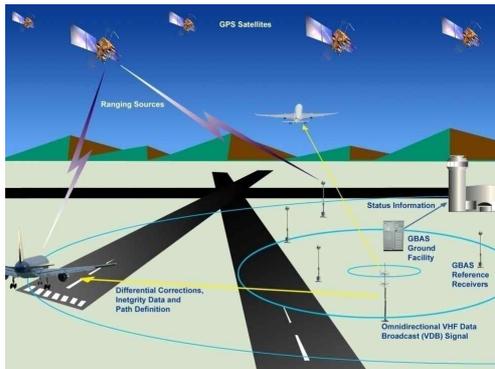


그림 1. GBAS 구성도  
Fig. 1. GBAS Architecture

SBAS와 GRAS에 필요한 보강신호 생성을 위해서는 250-300Km 떨어진 기준국을 다수 배치해야 한다. 이러한 배치 간격을 고려할 때, 우리나라의 경우 4개의 기준국 배치가 가능한데, 고장을 대비하여 5개를 배치할 필요가 있다. 기준국의 위치는 서울, 양양, 제주, 포항과 추가로 군산에 설치하는 것으로 하였다. 두 시스템 모두 2개의 중앙처리국을 가져야 하고, SBAS의 경우 2개의 정지위성, GRAS의 경우 국내 전역을 커버하기 위해서는 15개의 VHF Station이 배치되어야 할 것으로 분석되었다. 이들을 연결하기 위한 통신 라인은 SBAS와 GRAS 각각 11개 및 41개의 회선이 구성되어야 한다.

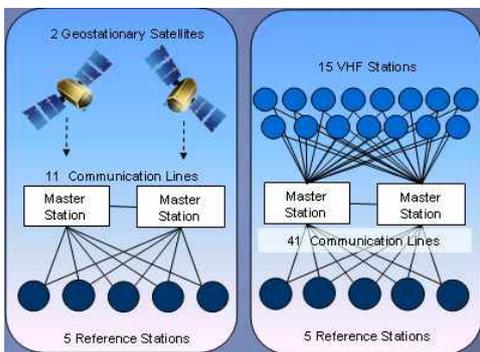


그림 2. SBAS와 GRAS의 구축 장비구성  
Fig. 2. Architectures of SBAS and GRAS for Korea

4-2 가용도 분석

4-2-1 분석모델 및 방법

위성항법 시스템의 가용도를 분석하기 위한 방법으로는 MITRE사의 서비스 볼륨 모델(SVM)과 분석 도구로 GATOM<sup>11)</sup>과 SWAT<sup>12)</sup>을 사용하였다. 본 분석은 현재 가용한 GPS constellation 환경과 현대화될 미래의 GPS L5 주파수 환경을 고려하여 수행하였으며, SVM에 고려되는 기본 요소들은 아래와 같다.

- 사용자 위치와 대응하는 GPS 위성의 움직임과 이들의 기하학적 배열
- SBAS용 정지위성들의 위치와 그 위성들의 신호 및 운영 특징 (ranging signal 사용여부, 타 위성과의 보강정보 교환 여부, GEO 신호의 주파수 대역 및 이중주파수 가용여부 등)
- 무작위의 위성신호 정지 및 복구의 효과
- 지상 장비부분의 알고리즘 (SBAS, GRAS 혹은 GBAS)
- 지상기지국의 수와 위치 등과 같은 배치 형상
- 기타 지상장비의 오류 소스 및 장비의 특징

그러나, 지형지물, Scintillation 등과 같은 영향에 의한 위성신호 손실은 고려되지 않는다.

위성의 장애에 대해서는 특정 위성들을 지정하여 고장을 가정하거나 (Deterministic Model), 전체 위성들의 고장에 대해 확률적으로 접근 (Stochastic Model) 하는 두 가지 방안으로 모델링하였다. Constellation의 장애에 대한 모델은 IFOR(Interagency Forum on Operational Requirements)에 정의된 바와 같이 24개의 위성 중 21개의 위성이 주궤도에 있고, 이들이 98%의 확률로 정상적인 신호를 전달한다는 지극히 보수적인 임계상황확률 (Threshold State Probabilities)에 기반을 두고 있다.

SBAS 분석을 위한 정지위성의 위치는 임의적으로 동경 120도와 140도에 배치했다. 우리나라 상공에 배치할 정지위성에 대한 문제는 기타 고려할 사항에서 다시 언급토록 한다.

11) GPS Air Traffic Operation Model  
12) SBAS Worldwide Availability Tool

ABAS 분석에 적용되는 복합항법을 위한 Coasting Time은 약결합의 경우 항로는 8분, 비정밀접근은 1분으로, 강결합의 경우 항로는 32분, 비정밀접근은 13분으로 가정하였다.

4-2-2 분석결과 요약

ABAS에 대한 해석 결과, 모든 상황 하에서 항로(En-route) 비행에 대한 충분한 가용성을 제공함을 알 수 있었고, 고도계와 연결된 비정밀접근 (NPA/Baro VNAV Service)에 대해서는 IRS를 이용하지 않더라도 충분한 가용성이 보장되며, 향후 이중주파수 GNSS를 사용할 경우 항로에서 비정밀접근 비행단계에 까지 확실한 가용성이 보장될 것으로 평가되었다.

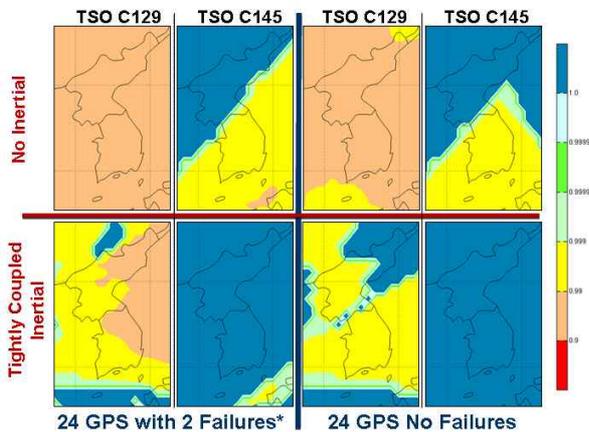


그림 3. ABAS 비정밀접근 분석결과(GPS L1)  
Fig. 3. ABAS NPA Availability (GPS L1)

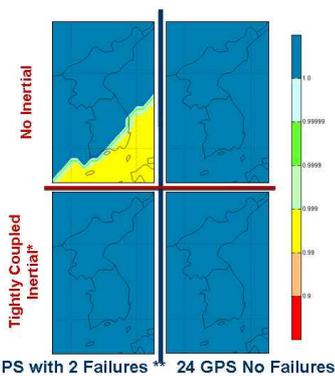


그림 4. ABAS 비정밀접근 분석결과(GPS L1/L5)  
Fig. 4. ABAS NPA Availability under GPS L1/L5

GBAS의 경우 우리나라 모든 공항에 대해 0.997이상의 가용도가 보장되는 것으로 분석되었다. 그러나 각 공항의 지형적 상황에 의한 서비스 가용도에 손실

이 없도록 VDB 설치에 충분한 고려가 필요할 것이다. 그림 6은 대구 공항의 공항 활주로로부터 지형 조건에 대한 전파 가시선 분석 결과이다.

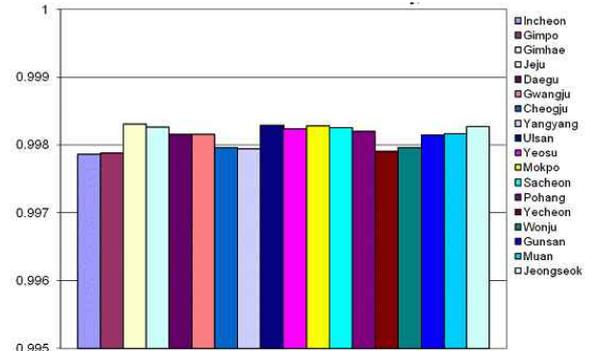


그림 5. GBAS 국내공항 분석결과  
Fig. 5. Analysis result of GBAS

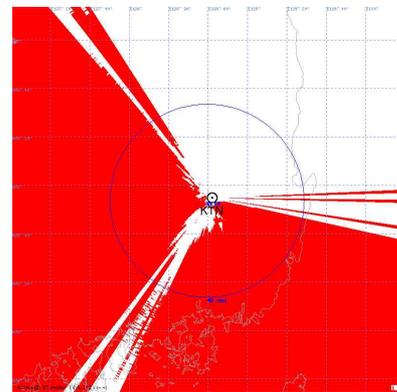


그림 5. 대구공항에서의 GBAS 전파분석  
Fig. 5. GBAS signal coverage around Daegu Airport

SBAS와 GRAS의 경우 두 장비가 모두 정상적으로 작동되고, 특히 GRAS VDB의 가시선에 문제가 없다는 가정하에서, 두 시스템의 가용성은 동일하게 분석될 수 있다. 분석결과를 요약하면, 항로비행의 경우 가용성 100% (혹은 거의 100%), 고도계와 연결된 비정밀접근 (NPA/Baro VNAV)에 대해서는 가용성 99.99% 이상, APV-I Service에 대해서는 가용도 0.99를 만족하지 못하는 영역이 발생되나, 이중 주파수를 이용할 경우는 모든 경우에도 가용도 0.995 이상, CAT-I Service에 대해서는 이중 주파수를 사용할 경우에도 가용도 0.98 수준으로 분석되었다.

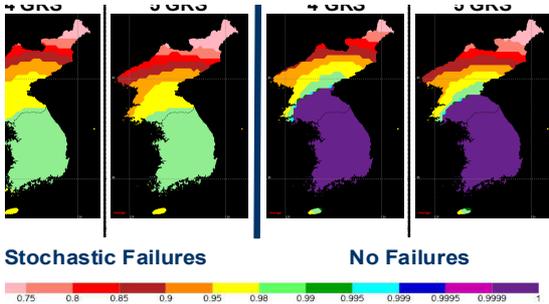


그림 6. SBAS CAT-I 가용도 분석결과 (GPS L1/L5)  
 Fig. 6. Availability of CAT-I service from a dual frequency Korean SBAS

4-2-3 기타 고려사항

위성항법 보강시스템의 범용성으로 인해, 항공분야 이외의 타분야에서의 편익을 종합적으로 고려한 광역보강시스템의 구축이 요망될 수도 있을 것이다. 이 경우 타분야에서 얻을 수 있는 편익에 대한 보다 정밀한 분석이 우선되겠지만, 이에 앞서 본 연구과정을 통해 확인된 아래 사항들에 대한 확인도 필요할 것으로 판단된다. 이는 고도의 기술적인 본 사안을 추진함에 있어 보다 근원적으로 해결되어야 할 국제적 협조사항을 포함하고 있으므로, 충분한 사전 문제 검토 및 정지작업을 통해 확실한 추진기반을 다져야 할 사안임을 강조하고자 한다.

- 국외 기준국을 추가 확보 (전리층, 정지위성 궤도오차 등을 충분히 보정하기 위해 필요)
- 정지위성 확보를 위한 ITU 승인 활동 (현재 동경 140-145도 사이에 8개의 위성이 공지되어 있음)
- PRN Pseudorandom Noise 코드를 할당 받기 위한 미국의 지원 (미공군 GPS Joint Office에서 관리 중)

V. 결 론

우리나라 항공용 위성항법 보강시스템의 구축 방안에 대해 ICAO 기준을 만족하는 전공역 위성항법 보강시스템 성능기준으로 정량화하여 검토하였다. 국제적 동향으로부터 구축 예상시점에서의 추세변화를 예측하고, 우선적으로 우리나라 여건에 적합한 구

축 시나리오를 설정하여 성능분석을 수행하였다.

현재 가용한 보강시스템은 ABAS, GBAS, SBAS 및 GRAS 이다. GBAS의 경우 국내 모든 공항에 구축하고, SBAS와 GRAS의 지상장비의 경우 5개 지역의 기준국과 2개의 중앙처리국이 필요함을 알 수 있었다. 추가적으로 SBAS의 경우는 2개의 Uplink Station과 2개의 정지위성이 소요되고, GRAS의 경우는 15개의 VDB가 소요되는 것으로 분석되었다.

전공역에 대한 각 보강시스템들에 대한 우리나라에서의 가용성 분석결과는 표 2와 같이 요약된다. 위성항법의 발전추세를 종합적으로 고려하더라도, SBAS와 GRAS의 경우는 CAT-I 수준 이상의 가용성을 보장하지 못할 것으로 판단되는 반면, ABAS의 성능은 지속적으로 개량되어 나갈 것이 확실시 되므로 우리나라에서의 항공항법용 보강시스템으로서는 ABAS와 GBAS만으로 충분할 것으로 평가되었다. 부연하자면, 광역보강시스템 (SBAS 혹은 GRAS)은 장기적 미래에 있어서도 항공분야에서의 필요성은 제한될 것으로 예상되므로, 보다 여유를 가지고 타분야의 편익을 평가하고 이의 활용목적에 적합한 성능수준으로 최적화하여 추진해 나가야 할 것으로 판단되었다.

표 2. 위성항법 보강시스템 가용도 분석 결과 요약  
 Table 2. Summary of Availability Analysis

구분	가용도 분석결과	비 고
ABAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 항로비행시 관성항법과 Tightly Coupled : 100%</li> <li>◦ NPA/Baro VNAV시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관성항법 없이도 충분한 가용성 보장</li> <li>- 항후 이중주파수 활용할 경우 100% 가용성</li> </ul> </li> </ul>	모든 분석에 Stochastic failure 고려
SBAS = GRAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 항로비행시 100% 가용성</li> <li>◦ NPA/Baro VNAV시 가용성 99.99% 이상</li> <li>◦ APV-I                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- L1만 사용시 가용도 0.99 미만 영역 발생</li> <li>- 이중주파수 활용시 0.995 이상 (GRAS는 결과 미제시)</li> </ul> </li> <li>◦ CAT-I은 이중주파수 활용시도 가용도 0.98 수준</li> </ul>	GRAS 경우 VHF Coverage 만족 경우임
GBAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ CAT-I에 대해 모든 공항에서 99.7% 이상</li> </ul>	ABAS와 GBAS로 국내 전공역 해결 가능

감사의 글

본 연구는 2007년도 정부재원 (국토해양부 항공선진화 사업)으로 한국건설교통기술평가원의 지원을 받아 "차세대 항행안전기술 연구개발 로드맵 수립" 기획과제의 일환으로 미국 MITRE사와 용역계약에

의한 공동연구로 수행되었음. 본 연구에 많은 관심을 가지고 협조해 주신 기획과제의 항행분야 Working Group 참여자 분들의 노고에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] International Civil Aviation Organization (ICAO) Annex 10, Volume I (Radio Navigation Aids), "Aeronautical Telecommunications," *Fifth Edition*, July 1996, Amendment 79, November 2004.
- [2] 한국항공우주연구원, "차세대 항행안전기술 연구 개발 로드맵 수립 최종보고서", 2008.9
- [3] U.S. Federal Aviation Administration Technical Standard Order (TSO) C-146c "Stand-Alone Airborne Navigation Equipment Using The Global Positioning System Augmented By The Satellite Based Augmentation System", 9 May 2008, Washington, D.C.
- [4] U.S. Federal Aviation Administration Notice 8110.60, "GPS as a Primary Means of Navigation for Oceanic/Remote Operations,". 4 December 1995
- [5] J. Diesel and G. Dunn, 1996, "GPS/IRS AIME: Certification for Sole Means and Solution to RF Interference," *Proceedings of ION GPS-96, Kansas City MO, Institute of Navigation, Alexandria VA, USA*
- [6] Y. Lee and S. Ericson, 2003, "Analysis of Coast Times Upon Loss of GPS Signals for Integrated GPS/Inertial Systems," *Proceedings of the ION National Technical Meeting, Institute of Navigation, Alexandria VA, USA*

배 중 원 (裴重元)



1995년 2월 : 한양대학교 제어계측공학과(공학사)  
 1997년 2월 : 한양대학교 제어계측공학과(공학석사)  
 1997년 2월~2004년 2월 : 한국항공우주산업(주) 연구원  
 2004년 3월~현재 : 한국항공우주 연

구원 선임연구원

관심분야 : 차세대항행시스템(CNS/ATM), 항공전자

김 동 민 (金東珉)



1983년 2월 : 한국항공대학교 항공기계공학과(공학사)  
 1986년 2월 : 한국과학기술원 항공우주공학과(공학석사)  
 1991년 2월 : 한국과학기술원 항공우주공학과(공학박사)  
 1991년 4월~2000년 8월 : 국방과학연

구소 선임연구원

2000년 8월~현재 : 한국항공우주연구원 책임연구원

관심분야 : 유·무인항공기 시스템, 항행시스템, 체계공학

지 규 인 (池圭仁)



1978년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학사)  
 1982년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학석사)  
 1989년 5월 : Case Western Reserve Univ 시스템공학과 (공학박사)  
 1992년 3월~현재 : 건국대학교 교수

관심분야 : GNSS항법, 무선측위