

技術總說

GBAS 국내 운용을 위한 승인 절차 및 기준 연구

배중원\*, 윤영선\*, 최철희\*, 정명숙\*, 김동민\*, 전향식\*

A Study on the Approval Process and Criteria for Operation of Ground-Based Augmentation System (GBAS) in Korea

Joong-Won Bae\*, Young-Sun Yun\*, Chul-Hee Choi\*, Myeong-Sook Jeong\*, Dong-Min Kim\* and Hyang-Sig Jun\*

ABSTRACT

Ground-Based Augmentation System (GBAS) is providing precision approach and landing service with aircraft around airport. FAA granted System Design Approval (SDA) of SLS-4000 to Honeywell as the first GBAS category I system on September 2009. Since then, according to their own kind of approval process including System Design Approval, Facility Approval and Operational Approval, USA, Germany, Spain and Australia have approved GBAS category I system which are installed in some airports in order to provide commercial GBAS service. Recently, KARI has also installed GBAS category I system into Gimpo international airport to establish operational technology of GBAS domestically and to validate effectiveness of GBAS system in Korea. This paper introduces overseas trends and activities regarding approval process of GBAS system and presents approval process and criteria appropriate for future commercial operation of GBAS in Korea.

Key Words : GBAS(위성항법지역보강시스템), Augmentation System(보강 시스템), GNSS(위성항법), Approval Process(승인 절차), SDA (설계 및 제작 승인), FA (시설 승인), OA

1. 서 론

기준을 만족시킨다[1, 2].

GBAS(Ground Based Augmentation System)는 공항에서 지역적으로(locally) 항공기에게 정밀 접근 및 이착륙 서비스를 제공하는 항행안전 시설이다. GPS 표준측위서비스(SPS)의 성능을 보강(augmentation) 하는 차분 측위(Differential GPS) 개념의 위성항법기술 중 하나인 GBAS는 국제민간항공기구(ICAO)가 규정한 정밀접근 단계에서 요구되는 높은 정확성과 엄격한 안전성

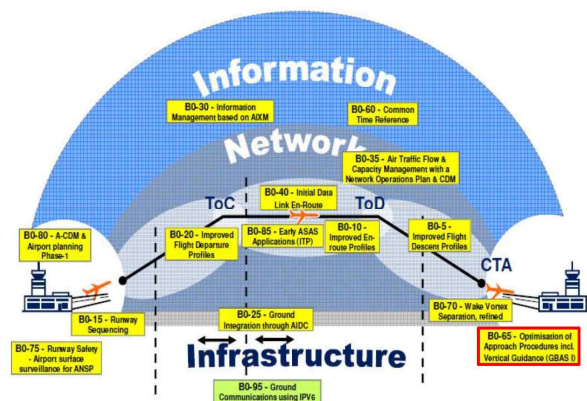


Fig. 1 GBAS in ASBU

2014년 12월 04일 접수 ~ 2014년 12월 24일 심사완료 논문심사일 (2014.12.18, 1차)

\* 정희원, 한국항공우주연구원 교통항법연구센터 연락처, E-mail : jwbae@kari.re.kr 대전광역시 유성구 과학로 169-84

국제민간항공기구는 2010년 정기총회를 통해 ASBU(Aviation System Block Upgrade)로 명명된 차세대 항공교통시스템에 관한, 국제적인 협력이 긴요한, 통일된 도입체계를 제시하고 각국의 이행을 권고하고 있다. GBAS는 ASBU의 4대 성능개선분야 중 공항 운용(Airport Operation, Greener Airport)과 관련되며, “블록 0, 모듈 65 (B0-65): 수직 유도를 포함한 접근 절차 최적화 (Optimisation of Approach Procedures including Vertical Guidance, GBAS I)에 해당될 뿐 아니라 [Fig 1], 미국의 NexGen, 유럽의 SESAR 등의 ATM 개선 연구개발 프로그램에서 항법성능 및 항공교통서비스 효율화를 위한 핵심 기술 (enabling technology)로 인식되어 활발한 연구 활동이 이루어지고 있다(Category II/III급 GBAS 기술에 대한 연구개발도 상기 프로그램에서 추진되고 있음).

오늘날 민간항공기는 최종접근 뿐만 아니라 착륙 및 롤아웃 단계에서 계기착륙시설(ILS)을 이용한 계기 유도방식을 대부분 사용하고 있다. 거의 90년에 달하는 서비스 역사에도 불구하고 ILS는 현재의 혼잡한 공역 상황에서 몇 가지 본질적인 단점을 내포하고 있다. 주요 잠재적 위협은 선행하는 항공기, 활주로 근처의 장애물, 주변 지형에 의한 신호 반사(reflection)와 왜곡(distortion)에 의한 문제이다. 항공기의 수평 및 수직 안정판(stabilizer)과 동체와 같은 대형 표면에 의한 신호의 가림현상(shading)과 다중경로(multipath)의 영향도 심각한 오차를 초래하는 위협요인이 된다. 최근 사례로 2011년 11월, 독일 뮌헨공항에서 자동착륙 운용 중에 B777 항공기에서 로컬라이저 신호 왜곡으로 인한 문제가 사고 사례로 보고된 바 있다(2011년 독일정부 항공기 사고 조사 보고서). 그러므로 특히 저시정 상황에서는 접근 중인 두 항공기의 분리간격을 충분히 확보해야 하며 활주로 인근에 방해할 수 있는 항공기나 이동차량이 존재하지 않도록 관리해야 하는 문제가 대두된다. 이로 인해 활주로 이착륙 처리 용량이 감소되고 심한 경우, 비행 지연 및 취소를 초래할 수 있는 우려가 상존한다. 또한 지상시설에서 항공기로의 전파 가시성을 보장해야 하는 설치 제약성으로 공항 내 활주로 방향과 주변 지형에 따라 정밀접근 절차 수립이 실질적으로 불가능한 경우도 큰 문제점이라 할 수 있다.

GBAS 지상장비는 공항 내 활주로 인근에 설치되는 3~4개의 GPS 기준국 수신기 및 안테나, 프로세싱 셸터, VHF 안테나 등으로 구성되며

VHF Data Broadcast 방식으로 의사거리 보정 정보, 무결성 정보, 최종접근경로(FAS) 정보 등이 포함된 GBAS 메시지를 무선으로 항공기에게 제공한다[Fig 2 참고].

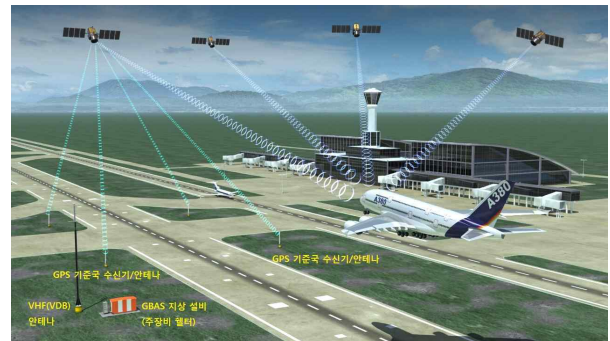


Fig. 2 Components and Operational Concept of GBAS

항공기의 GBAS 탑재장비(ILS에 대응하여 GLS로 통칭)는 수신 메시지 정보를 기반으로 정밀위치를 계산하여 결심고도(DH) 지점에 이르는 최종접근경로 대비 항공기의 수평/수직 위치 편차(deviation) 정보를 비행유도계기에 시현하여 조종사의 접근 비행을 돕고 터치다운 지점까지의 Auto-landing 기능을 지원하고 있다[3]. GLS 기능을 포함한 탑재장비로는 Rockwell Collins사의 MMR(Multi-Mode Receiver)인 GLU-925, GLU-935 모델이 FAA의 인증(2004년)을 받아 보잉과 에어버스사의 항공기에 탑재되고 있으며, 하니웰(Honeywell)사, 탈레스(Thales)사 등에서도 GLS 기능을 포함한 GBAS 탑재장비(MMR 또는 INR로 지칭됨)를 제공하고 있다.

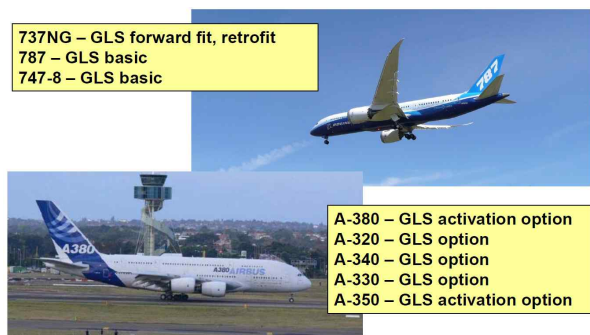


Fig. 3 GLS: GBAS Airborne Implementation (Source: Boeing)

보잉사와 에어버스사는 신규 개발항공기를 중심으로 GLS 기능 인증을 받은 항공기(보잉의 경

우 B737NG, B787, B747-8 기종, 에어버스의 경우 A380, A350 기종)를 고객에게 제공하고 있으며 기존 항공기에도 추가 장착(retrofit)이 가능하도록 대비하고 있다[Fig 3].

GBAS는 VHF 대역의 전파를 사용하여 전 방향으로 데이터를 방송하는 시분할다중접속(TDMA) 방식의 디지털 통신 기법을 채택하고 있어 신호 간섭과 방해의 영향이 적고, 신호가 수신되는 정해진 서비스 영역 전체에서 오차 수준이 일정하면서도 높은 정확도 성능(1-2m 수준)을 제공하는 이점이 있다. 이에 따라 GBAS는 기존 계기착륙시설(ILS)을 서서히 대체해 나갈 것으로 전망되며 현재 CAT-I급의 FAA 승인 장비가 출시되어 전 세계의 일부 공항을 중심으로 설치가 이루어지고 있다. 1식으로 공항 내 모든 활주로 양단 방향으로의 정밀접근 서비스가 가능하고, 설치 제약이 적으며, 설치비용도 저렴해서 요구항법성능(RNP) 항로와 연계된 최적의 접근 경로를 설계할 수 있어 연료 절감, 항로 단축, 지연 시간 감소 등의 효과를 기대할 수 있는 첨단 항행기술이다[Fig 4, 5].

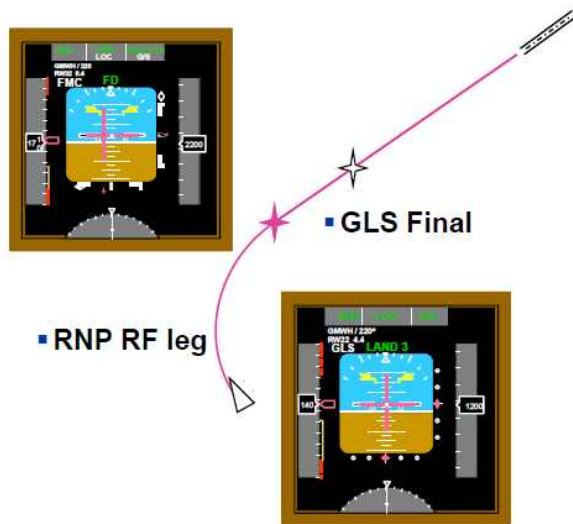


Fig. 4 RNP to GLS Transitions (Source: Boeing)

현재 미국(휴스턴, 뉴욕), 독일(브레멘, 프랑크푸르트), 스페인(말라가), 호주(시드니) 공항에서 Category I(이하 CAT-I) GBAS 지상장비가 설치되어 각국의 승인(approval) 과정으로 완료하고 공식적으로 상업 운용되고 있으며, 스위스, 인도, 중국 등지에서도 구축 사업이 진행되는 등 상업 서비스 제공 공항이 지속적으로 늘어나는 추세이다[4].

GBAS 지상장비는 GPS 위성 신호를 기본적으로 사용하므로 기존 지상기반 무선허행시설과는 설치 요건, 시험·점검 방법, 운용 방식 등에 많은 차이가 있다. 이러한 기술적 차별성을 고려한 안전성 검증을 위해 충분한 시범운영 과정을 거쳐 운영 노하우와 경험을 축적하는 것이 본격적인 운용과 구축 작업에 선행하여 반드시 필요하며 관련 국제 기준에 부합하고 국내환경에 적합한 승인 체계를 정립할 필요가 있다.

이러한 추세에 맞춰 국토교통부의 지원 하에 국내에서도 2013년에 김포공항에 하니웰사의 GBAS CAT-I 지상장비를 도입하여 설치하고 시범운영 사업을 수행한바 있다.

본 논문에서는 GBAS 운용을 위해 필요한 승인 절차와 기준에 대해 조사/분석한 내용을 소개하고 국내에 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 2장에서는 GBAS 승인 단계와 절차의 구성 및 관련 활동을 기술하며, 3장에서는 해외 주요 국가의 승인 사례를 소개한다. 4장에서는 국내 승인 절차와 기준을 설계 및 제작 승인, 시설 승인, 운용 승인의 3단계로 구분하여 제시하고 국내 관련 고시에 적용하는 방안을 제안한다.

- First RNP to GLS operation in revenue service involving 737NG in May 2009
- Extremely smooth transition
- Radar & ADS-B data confirm track conformance
- Fuel saving of 140 kg (168 litres) per flight over conventional radar vectoring to ILS
- Emission reduction of 440 kg CO2
- Noise reductions



Fig. 5 Qantas Airways – RNP to GLS Transition Benefit (Source: Boeing)

## 2. GBAS 승인 단계 및 절차

항행안전시설은 개발에서부터 설치, 운영, 유지보수 등 제품의 전 수명주기 동안 안전하게 관리해야 하는 중요 교통인프라이다. 이를 위해 대부분의 국가에서는 정부나 전문기술을 보유한 위탁검사기관을 통해 장비의 성능 적합성을 확인하고 설치와 운용 검사를 통한 관리를 수행하고 있다. GBAS의 경우에도 국제민간항공기구(ICAO)가 인정한 표준 항행안전시설에 해당하므로 도입·설치·운용을 위해서는 정부에 의한 일련의

승인(approval) 과정이 필요하다.

GBAS CAT-I 시스템의 개발부터 상업 운용 착수에 이르는 전 주기에서 필요한 승인 단계는 크게 3단계로 구분되며 각 단계별 관련 활동과 내용은 Table 1과 같다.

국가별로 자국의 사정과 환경에 따라 수립된 단계나 단계별 활동에 차이가 있을 수 있으나, Table 1에 기술된 활동은 대부분 포함하고 있다는 점에서는 차이가 없다.

설계 및 제작승인(SDA: System Design Approval)은 GBAS 지상장비가 기능·성능·안전성 요구사항을 충분히 만족하도록 설계되었는지, 적절한 설계 보증 수준에 준하여 개발되었는지를 확인하는 과정이다. 제작사는 승인 일정(계획) 문서, 안전성 평가 문서, 소프트웨어 및 하드웨어 규격 문서 및 시험 평가 문서를 승인 평가 기관에 제출해야 한다. 모든 요구사항은 만족되어야 하며 불가할 경우에는 이로 인한 문제가 장비 성능에 영향이 없음이 증명되어야 한다.

Table 1. General Approval Process and Activities for GBAS

설계 및 제작 승인 (System Design Approval)	시설 승인 (Facility Approval)	운용 승인 (Operational Approval)
<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템 안전성 평가</li> <li>시스템 공학</li> <li>소프트웨어 설계 보증</li> <li>복잡한 하드웨어 설계</li> <li>시스템 수준의 검증</li> <li>교범</li> <li>교육훈련</li> <li>시스템 자원관리 계획</li> <li>개발단계 운용성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설치 요구사항</li> <li>운용 및 유지보수 교범</li> <li>교육훈련</li> <li>비행 절차</li> <li>비행 점검</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공기 탑재장비 설치 승인</li> <li>조종사 훈련</li> <li>관제기관 요원 훈련</li> <li>계기비행절차 기준(GBAS)</li> <li>비행 절차</li> </ul>
GBAS 장비 제조·공급 업체/감독 기관(정부, 또는 전문위탁기관)	GBAS 설치/운용/관리 기관, 감독 기관, 항공교통관제기관	GBAS 장비 설치/운용/관리 기관, 감독 기관, 항공사, 항공교통관제기관

GBAS 장비의 경우 특별히 안전성 요구사항 만족여부를 확인하는 과정이 요구된다. 이를 위해 시스템 기능 위해요소 평가(FHA), 고장 모드 영향 분석(FMEA), 시스템 안전성 평가(PSSA, SSA) 등의 방법이 사용된다[6].

국내 개발 장비에 대한 설계 및 제작 승인 과정과 해외 기관으로부터 기 승인을 받은 해외 도입 장비의 그것은 차이가 있을 수밖에 없다. 개발 장비의 경우 체계 공학프로세스와 안정성 평가 과정을 적용한 개발 프로세스의 적절성을 감독 기관이나 전문위탁기관이 개발자의 협조로 중간 과정에서 검사(audit)하는 것이 요구된다. 이 결과를 토대로 감독기관은 설계 및 제작 승인(우

리나라의 경우, 성능 적합성 증명)을 충족 여부를 판단하게 된다.

해외 도입 장비의 경우에는 기 획득한 SDA 문서와 기술자료에 대한 검토를 통한 요구규격 적합성을 확인하고 현장 방문 조사와 공장수락시험 등의 활동이 이루어질 수 있다.

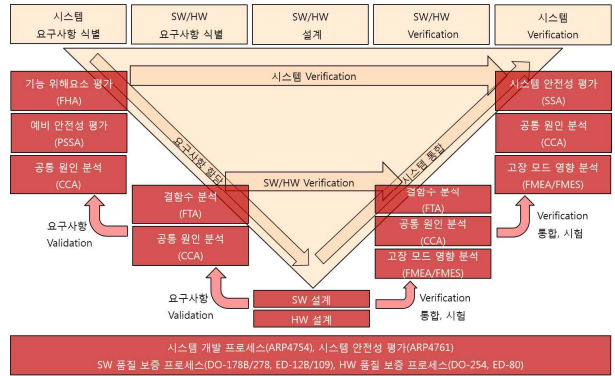


Fig. 6 System Development Process and Safety Assessment Process

시설 승인(FA: Facility Approval) 과정은 GBAS 지상장비에 대한 설치 과정 적절성 및 안전성, 설치 후 정상 기능 및 성능 제공 여부를 점검을 통해 파악하는 단계이다. 구성품 별 설치 요구조건을 확인하고 지상 성능 점검, 비행 검사를 통한 기능·성능 요구조건 부합성을 확인할 필요가 있다. 또한 실질적 장비 운용·관리 기관(공항공사)의 유지보수 능력을 확인하고 점검하는 것도 중요한 활동이다.



Fig. 7 GBAS Approval and Relevant Activity Framework

시설 승인 절차가 완료되면 실제로 GBAS 상업 서비스를 제공하기 위한 준비 사항을 최종 확인하는 운용 승인(OA: Operational Approval 또는 Service Approval) 과정이 요구된다. 운용 승인 단계에서는 GBAS 서비스 제공기관(공항공사)

과 서비스 사용기관(항공사), 관리감독기관(정부) 등 이해당사자들의 GBAS 사용 준비사항을 체크하여 사용 개시 승인을 하는 승인 절차의 최종 단계이다.

### 3. 주요 국가의 GBAS 승인 사례

#### 3.1 미국

미국의 GBAS 관련 승인 절차는 설계 및 제작 승인(SDA), 시설 승인(FA), 운용 승인(OA)의 3단계로 구성된다. 설계 및 제작 승인은 제작사의 신청에 의해 미연방항공청(FAA)의 권한으로 수행된다. 하니웰사가 개발한 GBAS CAT-I 시스템인 SLS-4000 모델은 2009년 9월에 세계 최초로 미국연방항공청으로부터 SDA를 획득하였다. 미국은 국제민간항공기구의 GBAS 관련 표준규격(SARPs)을 미국화한 FAA-E-AJW44-2937A 문서를 최상위 요구사항을 기술한 규격으로 적용하였다. 제작사인 하니웰사는 2937A에 명시된 각종 GBAS 요구사항을 입증하였고, FAA는 개발 프로세스의 적절성과 안전성을 검증하는 과정에 참여하였다. 안전성이 중요한 GBAS 일부 구성품의 소프트웨어 개발 절차에는 RTCA DO-178B 규격 등이 적용되었다[5].

Table 2. Honeywell Documents for SDA application

분류		문서
Approval Requirements		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ LGF System Segment Specification</li> <li>○ Deviations and Waivers</li> </ul>
Approval Plan		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ SDA Approval Plan</li> </ul>
Approval Basis & Result	System Safety	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Functional Hazard Assessment</li> <li>○ Preliminary System Safety Assessment</li> <li>○ GBAS Failure Mode Effect Analysis Report</li> <li>○ System Safety Assessment</li> </ul>
	SW Assurance	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Software Accomplishment Summary for DCP(Differential Correction Processor)</li> <li>○ Software Configuration Index for DCP</li> <li>○ Software Accomplishment Summary for RPDP(Remote Power Distribution Panel)</li> <li>○ Software Configuration Index for RPDP</li> </ul>
	HW Assurance	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ DCP HW Accomplishment Summary</li> <li>○ EMI-EMC Qualification Test Procedure</li> <li>○ GBAS Qualification Test Addendum</li> <li>○ Indoor / Outdoor Verification Functional Test</li> </ul>
Manual		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ GBAS Commercial Instruction Book</li> <li>○ GBAS Installation Requirements</li> </ul>

미연방항공청은 GBAS 시설 승인과 운용 승인 과 관련된 활동에서는 GBAS 장비를 도입, 설치,

운영, 관리하는 항행서비스제공기관(ANSP)에게 역할과 권한을 위임하는 방식을 취하고 있다. 이에 따라 시설 승인 과정에서 GBAS 장비를 도입·설치한 공항을 관리하는 기관이 제작사와 협조하여 시설 승인 활동을 주도하게 된다. 설치 후 비행점검이 완료되면 제작사, 항공교통관제기관, 항공사의 운영 준비사항을 점검하는 운용 승인 활동 단계를 완료하고 상업 운용을 개시하는 방식을 취하고 있다.

#### 3.2 독일

독일은 하니웰사의 SLS-4000 모델을 설치하여 현재 브레멘 공항과 프랑크푸르트 공항에서 공식적으로 GBAS 상업 서비스를 제공하고 있다.

독일 감항당국은 Nfl II 50/08 요구문서를 통해 장비에 대한 형식 인증(Type certification) 기준을 제시하였다. 이 문서는 시스템 안전성 및 보안, 소프트웨어, 기능·성능, 환경, 시설 요구사항을 참고 규격문서와 함께 기술하고 있다. 독일의 형식 인증 과정은 설계 및 제작 승인/성능 적합성 증명과정에 해당된다. 미국과의 차별성은 ICAO GBAS SARPs를 적용하고, RTCA에 대응하는 유럽 전문기구인 EUROCAE의 동등 기술 규격문서를 사용하여 하니웰 장비의 충족 여부를 확인하였다는 점이다. 공급업체인 하니웰사는 GBAS 장비의 운영·관리 기관인 독일 DFS와 함께 관련한 입증 활동을 수행하였다. 독일 항공당국과 DFS는 검사(Audit) 활동을 실시하여 SLS-4000 모델이 GBAS CAT-I 독일 형식 승인을 획득하였음을 2011년 11월말에 공표하였다. 독일은 요구조건 추적표를 활용하여 제작사가 제시한 FAA 2937A 규격을 만족한 요구사항이 ICAO SARPs와 그것과 동등하다는 것을 확인하였고 독일 지역의 전리층 환경 분석을 독자적으로 수행하여 전리층 위협 모델의 안전성도 검증하였다.

시설 승인과 관련된 활동은 독일 공항 항행시설 관리기관인 DFS사가 주도적으로 수행하였다. DFS는 GBAS 설치 및 시운전 과정을 통해 장비 설치 위치 선정, 토목 공사, 공장수락시험, 통신 및 전원선 인터페이스, 유지보수요원 교육 등을 수행하였다. 또한 ICAO Doc 8071 Vol. II 문서를 바탕으로 GBAS 시험 요구조건을 독자적인 지상 시험과 비행점검을 통해 검증하였다. 최종적으로 유럽연합의 항행안전시설 규정(EC 552/2004)에 따른 검증 작업을 수행함으로써 독일 정부의 시설 승인과 운용 승인을 획득하였다.

Table 3. Comparison of Approval Process and Activities of Airports Using GBAS (as of Dec. 2014)

구분	설계 및 제작 승인	시설 승인 / 운용 승인	공항명 / 공식 사용승인일	비고
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동 기관: FAA, 제작사(Honeywell)</li> <li>주요 규격: FAA-E-AJW44-2937A 외</li> <li>특이 사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자국 개발 장비에 대한 FAA의 Audit</li> <li>- GBAS 장비의 안정성 평가</li> <li>- 무결성 알고리즘 검증에 많은 시간 소요</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 도입 기관(Port Authority of New York and New Jersey, Houston Airport System)의 주도적 활동 / 제작사(Honeywell) 지원</li> <li>FAA는 기술적인 지원(설치 검사, 유지보수 점검, 비행 검사)</li> <li>유지보수자/조종사/관제사 교육</li> </ul>	휴스턴 공항 ('12.4.22) 뉴욕 공항 ('12.9.28)	이용 항공사: United Airlines ('14.4월 기준 580회 GLS 접근) (100여대 장착), British Airways
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동 기관: BAF, DFS, 제작사(Honeywell)</li> <li>주요 규격: ICAO SARPs, ED-114 외</li> <li>특이 사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nfl II 50/08 요구문서를 통한 형식 인증(Type certification) 기준 제시</li> <li>- 2937A FAA 규격과 ICAO SARPs 연관 추적표 활용, DFS에 의한 제작사 SDA 결과 Audit</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 운용/유지관리 기관인 DFS가 주도적으로 활동 / 공항(Fraport) 및 제작사(Honeywell) 지원</li> <li>항행안전시설관련 EC 규정 + 자국 기준 만족</li> <li>시험평가 기준: ICAO Doc 8071 Vol.II</li> <li>독자적인 시험장비(IGM, GIMOS 4) 개발 및 활용</li> <li>지상점검 / 비행 점검</li> <li>유지보수자/조종사/관제사 교육</li> </ul>	브레멘 공항 ('12.2.9) 프랑크푸르트 공항('14.9.3)	※ 브레멘 공항 세계 최초 사용 승인, 이용 항공사: Air Berlin Lufthasa
스페인	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동 기관: 스페인 항공당국, Aena, 제작사(Honeywell)</li> <li>주요 규격: ICAO SARPs, ED-114 외</li> <li>특이 사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- FAA의 SDA 결과 확인, 수용</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 운용/유지관리 기관인 A등가 주도적으로 활동 / 제작사(Honeywell) 지원</li> <li>항행안전시설관련 EC 규정 + 자국 기준 만족</li> <li>시험평가 기준: ICAO Doc 8071 Vol.II</li> <li>지상점검 / 비행 점검</li> <li>유지보수자/조종사/관제사 교육</li> <li>독자적인 원격 장비 모니터링 시스템 구축(SIRA)</li> </ul>	말라가 공항 (2014.5.1)	이용 항공사: Air Berlin (B737NG 기종)
호주	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동 기관: 호주항공당국(CASA), ASA, 제작사(Honeywell)</li> <li>주요 규격: FAA 규격 외</li> <li>특이 사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- FAA의 SDA 결과 확인, 수용</li> <li>- FAA, Honeywell사의 SDA 활동 참여</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 운용/유지관리 기관인 ASA사가 주도적으로 활동 / 제작사 지원</li> <li>2단계의 Safety case(안전성 검증 활동) 계획/검증</li> <li>유지보수 교육을 위해 GBAS 장비 1대 실험실에서 추가 활용 중</li> <li>비행 점검</li> <li>유지보수자/조종사/관제사 교육</li> </ul>	시드니 공항 (2014.5.29)	5단계 GBAS 도입/구축 계획 추진 중, 이용 항공사: Qantas ('13.5월 기준: 88대 장착, 4000회 이상 GLS 접근)

독일의 이러한 경험은 이후 유럽의 대형 허브 공항 중 하나인 프랑크푸르트 공항에 GBAS Cat-I 시스템과 서비스를 도입하는 후속 사업에 실질적인 도움이 되었는데 사업 착수 16개월 만에 설치, 점검, 승인 활동을 모두 완료하고 공식 운용에 착수하는 성과를 달성하였다. 프랑크푸르트 공항은 신규 활주로 개설 등으로 인한 소음 문제가 사회적으로 심각하여, 이에 적극적으로 대처하기 위한 기술적 투자도 아끼지 않고 있으며, 향후 GBAS 접근절차에서 활공각(glide path angle)을 3.2도로 높여 소음을 줄일 수 있는 방법도 모색하고 있다.

3.3 스페인

스페인은 말라가(Malaga) 공항에 하니웰사의 GBAS CAT-I 지상시스템(SLS-4000 모델)을 구축하고 공식 사용을 위한 승인 작업을 수행하였다. 설계 및 제작 승인의 경우 미연방항공청의 SDA 결과를 거의 그대로 인정하였고 시설 승인과 운용 승인 업무에 초점을 맞추어 관련 작업을 진행한 형태이다.

같은 유럽 지역에 속한 독일의 경우와 마찬가지로 EC 규정(No. 550/2004, 482/2008, 552/2004, 73/2004, 1035/2011)에 의거하여 항행서비스 제공

에 필요한 요구사항 부합성에 대한 입증 작업을 공항공사에 해당하는 AENA사가 수행하였다. Aena사는 스페인 항공당국에 관련 EC 규정 및 자국 규정의 요구사항 충족성을 입증하는 증빙 자료를 생성하고 제출함으로써 시설 승인 작업과 운용 승인 작업을 마무리하고 2014년 5월 1일부터 말라가 공항에서 GBAS CAT-I 상업 서비스를 공식적으로 제공하고 있다.

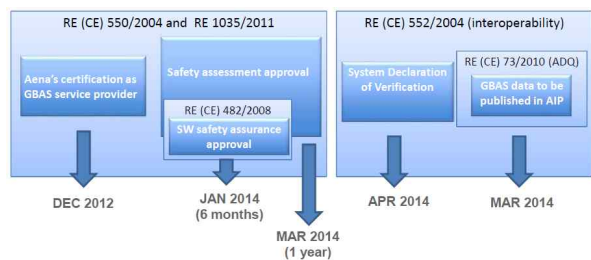


Fig. 8 Regulatory process: EC + National Regulations in Spain (Source: Aena)

3.4 호주

호주의 에어서비스 오스트레일리아사(Airservices Australia, 이하 ASA사)는 시드니 공항에 하니웰사의 GBAS CAT-I 시스템(SLS-4000 모델)을 설치하고 당국의 승인작업을 완료하고 2014년 5월 29일부터

상업 서비스를 제공하고 있다. 시범 운영이 시작된 2006년부터 호주 Qantas 항공사가 GBAS 시설을 이용 중이며 현재까지 4000회 이상의 GLS 접근을 수행하였다고 발표한바 있다.

호주의 GBAS 승인 절차는 미국의 승인 절차를 준용한 것으로 파악된다. 호주의 경우에도 SDA→FA→OA를 거치는 3단계 승인 작업을 수행하였으며, SDA의 경우는 미국연방항공청의 검사(audit) 결과를 신뢰하여 확인하는 수준으로 진행하였다. 특이 사항으로 호주의 경우 사업기간이 FAA의 SLS-4000 제품에 대한 SDA 활동 기간과 겹쳤고, 하니웰사 및 FAA와의 전략적인 협력 관계로 인한 우호적인 분위기로 FAA의 SDA 활동에 공동으로 참여하게 되었는데 이는 매우 특별한 케이스라고 볼 수 있다.



Fig. 9 Approval Process and the Related Activities (Source: ASA)

### 4. 국내 GBAS 승인 절차 및 기준

앞서 주요국의 사례에서 살펴본 바와 같이 GBAS 승인을 위한 절차는 일반적으로 ‘장비 설계 및 제작 승인’, ‘시설 승인’, ‘운용 승인’의 단계로 구성됨을 알 수 있다. 개별 국가의 규정과 편의에 따라 단계별 활동과 검증 항목의 분류는 달라질 수 있겠지만 GBAS 승인을 위한 관련 활동과 검증 항목들은 국가에 상관없이 거의 동일함을 파악할 수 있었다. 특히 시설 승인과 운용 승인에 필요한 기준과 항목은 거의 동일하다고 볼 수 있다. 자국에서 개발한 제품을 보유하고 있는 미국은 제품 설계 및 제작 승인의 절차를 개발 초기 단계부터 수행한 것이 특징이며, 기 개발완료 장비를 도입하여 활용하는 기타 국가들은 제품의 성능 적합성을 당국이 제조사와 함께 확인하는 수준으로 수행하게 됨을 알 수 있다.

### 4.1 설계 및 제작 승인

설계 및 제작승인(SDA)은 GBAS 지상장비가 기능/성능/안전성 요구사항을 만족하도록 설계되었는지, 적절한 설계 보증 수준에 준하여 개발되었는지를 확인하는 단계이다.

GBAS 장비의 국산화를 대비하여 개발 시 요구되는 규격과 프로세스를 설명하여 개발업체의 가이드라인이 될 수 있도록 기준안을 마련하였다. 또한 도입 장비에 대해서도 관련 기술문서 검토, 현지 조사를 통해 필요한 요구조건을 용이하게 확인할 수 있도록 구성하였다. 개발된 설계 및 제작 승인 기준은 GBAS 장비를 위한 성능적 합증명 검사 기술기준으로 활용될 것이다.

우리나라에서도 GBAS 최상위 요구규격으로는 ICAO SARPs가 최우선으로 적용되어야 하며, 이의 충족여부를 확인하는 것이 중요하다. 또한 GBAS CAT-I 지상장비의 특별 요구사항으로 전리층 위협 모델을 분석하여 도입되는 GBAS 장비가 우리나라 전리층 환경에서 작동하는데 문제가 없는지 확인하는 것이 필요하다. 이는 GBAS 장비의 오차가 전리층 이상 현상에 민감하고, 특히 장비의 한계치를 초과하는 전리층 이상 현상이 특히 운항 조건과 결합될 경우 항공기 안전에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 해외 도입 장비인 경우 국내 항행시설환경에 맞는 특수 요구사항(예, 주파수 상호 영향성, 공항 설치 장비 특수 규격 등)을 확인해야할 필요도 있다.



Fig. 10 Verification area and requirements for GBAS System Design Approval

### 4.2 시설 승인

시설 승인 과정은 GBAS 지상장비에 대한 설치 과정 적절성 및 안전성, 설치 후 정상 기능 및 성능 제공 여부를 점검을 통해 파악하는 단계이다. 국내 시설 승인 단계를 위한 기준문서로써

“설치 후보지 선정 기준 및 절차”, “GBAS 장비 설치 및 성능 승인”과 같은 2종의 문서를 개발하였다. 시설 승인에서 정의된 요구 항목 및 내용은 Table 4와 같은 국내외 규정과 문헌자료를 참고하였다.

**Table 4. Reference Documents for Facility Approval of GBAS**

구분	참고 문서
GBAS 설치 후보지 선정 기준 및 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>국토교통부 고시“공항안전운영기준 및 비행장 설치 기준”</li> <li>국토교통부 고시“제4차 공항개발 중장기 종합계획”</li> <li>FAA Order 6884.1, “Siting Criteria for Ground Based Augmentation System”</li> <li>Honeywell, “GBAS Siting Plan”, 28 July 09, Ver. 3.0</li> </ul>
GBAS 장비 설치 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공법 시행규칙“항행안전시설 관리 및 운영규정”</li> <li>항공법 제82조 제7항“장애물 관리를 위한 정밀측량 실시”</li> <li>국토교통부 고시“항행안전시설의 설치절차 및 방법에 관한 규정”</li> <li>국토교통부 예규 제147호“충돌 시 부러지기 쉬운 구조 설계 매뉴얼”</li> <li>전파법 제21조(무선국 개설 허가 등의 절차) 및 제31조(허가의 신청)</li> <li>Honeywell, “Site Assessment and Selection Process”, SmartPath, Rev. 1</li> <li>Honeywell, “GBAS Ground Equipment Manual(CIB)”, 13 Sep 12</li> </ul>
지상 점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>RTCA DO-246D GNSS-Based Local Area Augmentation System Signal-in-Space Interface Control Document</li> <li>RTCA DO-245A Minimum Aviation System Performance Standard for the Local Area Augmentation System</li> <li>Honeywell, “GBAS Ground Equipment Manual(CIB)”</li> </ul>
비행 점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICAO Doc 8071, Manual on Testing of Radio Navigation Aids</li> <li>United States Standard Flight Inspection Manual</li> <li>ICAO SARPS, Aeronautical Telecommunications Radio Navigation Aids, GBAS 관련 부분</li> <li>Flight Test Report for Bremen SLS-4000</li> <li>항행안전무선시설 비행검사 규정</li> </ul>

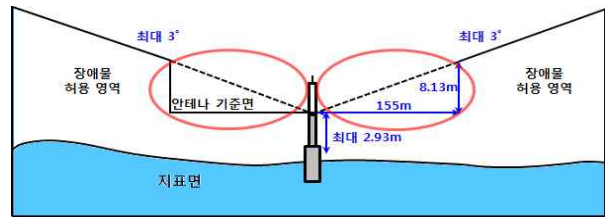
문헌조사를 통해 마련된 기준(안)을 기반으로 GBAS 지상장비를 김포공항에 구축하고 시험평가활동을 실제로 수행하면서 기준서의 타당성을 확인하고 기준서의 수정작업을 진행하였다.

“GBAS 설치 후보지 선정 기준 및 절차”는 크게 두 부분으로 구성된다.

첫째로, 설치 후보지 선정 절차로 지도 및 문헌 조사 방법과 현장 조사 방법을 제안한다. 현장 조사에서는 GPS 기준국 수신기 및 안테나 설치 후보지에 대한 조사가 핵심이며 이를 위한 GPS 신호조사 및 분석 방법이 필요하다[7].

둘째, GBAS 지상장비 구성품별 설치 요구조건을 제시한다. GBAS 지상장비 구성품인 GPS 기

준국 수신기, 셀터, VDB 송신 안테나 구성품의 후보지 선정 기준과 관련된 요구규격을 명시하였다. Fig. 11은 요구규격의 한 예로 GPS 기준국 수신기의 장애물 고려 구역에 대한 기준을 설명한다. 각 GPS 기준국 수신기는 장애물로 인한 GPS 신호의 굴절, 회절, 끊김 등의 요인을 제거하기 위하여 안테나를 기준으로 한 수평선을 따라 충분한 거리(155m 권장)만큼 이격되고 고도 각 3° 범위 안에 가능한 장애물이 없는 곳에 위치할 것을 요구하고 있다.



**Fig. 11 Obstacle Consideration Area for GPS Reference Receiver and Antenna**

“GBAS 설치 및 성능 승인” 문서는 GBAS 지상장비 설치 작업이 완료된 후 점검 절차와 관련 기준을 담고 있다. 설치 적합성 점검은 “GBAS 설치 후보지 선정 기준 및 절차”에 의거하여 배치된 GBAS 구성장비들의 설치 요구사항 만족 여부를 점검하는 것이다. 지상점검과 비행점검은 국제민간항공기구(ICAO)의 Doc 8071 시험규격을 중심으로 요구된 GBAS 관련 시험항목을 점검하기 위한 방법론과 구체적인 기준을 포함하고 있다.

**Table 5. Contents of Facility Approval Documents**

관련 기준	문서 내용
GBAS 설치 후보지 선정 기준 및 절차	<ol style="list-style-type: none"> <li>목적 및 적용 범위</li> <li>설치 후보지 선정 절차</li> <li>선정 기준 일반사항</li> <li>GPS 기준국수신기 후보지 선정 기준</li> <li>셀터 후보지 선정 기준</li> <li>VDB 송신 안테나 후보지</li> </ol> <p>[첨부] 평가 항목 및 방법 / 점검표</p>
GBAS 장비 설치 및 성능 승인 기준	<ol style="list-style-type: none"> <li>목적 및 적용 범위</li> <li>GBAS 장비의 구성</li> <li>설치 적합성 점검</li> <li>지상점검</li> <li>비행점검</li> </ol> <p>[첨부] 평가항목 및 방법 / 점검표</p>

지상점검은 기본 작동 및 기능 점검, 안정성 평가, 성능시험으로 구성된다.

기본 작동 및 기능 점검을 통해 GBAS 장비



개별 구성품의 기본 기능점검을 수행한다.

안정성 평가는 최소 14일(2주) 동안 시스템을 운용하고 데이터를 분석·평가하여 설치된 GBAS 장비의 안정성을 입증하는 것이다.

지상 시험을 위한 성능 시험 항목은 Table 6 과 같다.

Table 6. Ground Performance Test Items

No	시험 항목	내용
1	위치영역 정확도 시험	○ GBAS 항법정보의 위치 정확도는 수평 16m 미만, 수직 4m 미만이어야 한다.
2	의사거리 영역 정확도 시험	○ GBAS 장비의 GPS 위성 고도각에 따른 의사거리 보정정보(PRC, Pseudorange Correction)의 정확도는 GBAS 장비의 의사거리 보정정보에 대한 정확도 성능 지표인 GAD(Ground Accuracy Designator) 곡선 아래에 있어야 한다.
3	연속성 시험	○ GBAS 장비를 2주간(14일) 연속적으로 운영하였을 때, 시스템의 연속적인 동작 여부 확인
4	대류층 지연 및 잔차 불확실성 시험	○ 대류층 굴절지수, 스케일고도, 굴절 불확실성 파라미터의 정확한 방송 여부 확인
5	전리층 잔차 불확실성 시험	○ 전리층 잔차 불확실성 파라미터( $\sigma_{\text{vert-iono-gradient}}$ )는 오류 없이 정확하게 방송되어야 한다.
6	VDB 데이터 시험	○ VDB 메시지의 정확한 전송 여부 확인
7	GPS 기준국 수신기 안테나 위상 중심 위치 정확도 시험	○ 기준국 수신기의 안테나 위상 중심 좌표의 위치 정확도는 8cm 미만이어야 한다.
8	주파수 및 주파수 안정성 시험	○ VDB 송신기 주파수는 할당된 주파수를 기준으로 $\pm 0.0002\%$ ( $\pm 2\text{PPM}$ ) 오차 범위 안에서 안정적으로 출력되어야 한다.
9	인접채널 시험	○ VDB 송신기 전파 출력이 150W를 초과하지 않을 경우 1차 인접채널에 대해 상대출력(relative power)은 -40dBc 이하이어야 하고, VDB 송신기 전파 출력이 150W를 초과할 경우 최대출력(Maximum Power)이 12dBm을 초과하지 않아야 한다.
10	활주로 표면 신호통달범위 시험	○ 공항내 활주로 및 유도로의 표면 위 고도 12ft에서 측정된 VDB 전계강도는 -99dBW/m <sup>2</sup> ~ -35dBW/m <sup>2</sup> 이내여야 한다.
11	VDB 송신 전력 모니터링	○ VDB 송신기의 출력 안정성을 평가하는 시험으로, VDB 송신기의 Power가 3dB 이상 크게 증가하거나 감소하는 현상이 1초를 초과하지 않아야 한다.
12	지상 신호간섭 시험	○ GPS L1 신호대역 주변에서 측정된 신호레벨(dBm)이 GPS 신호간섭 한계치(Interference Threshold) 이내여 있어야 한다.

### 4.3 운용 승인

운용 승인 단계에서는 GBAS 서비스 제공기관(공항공사)과 서비스 사용기관(항공사), 관리감독

기관(정부) 등 이해당사자들의 GBAS 사용 준비 사항을 체크하여 사용 승인을 허가하는 승인 절차의 최종 단계이다. 운용 승인 활동의 주체, 점검 대상 기관에 따라 점검 항목과 활동을 분리하면 다음과 같이 두 부분으로 구분할 수 있다.

- GBAS 지상장비 운용 관련 점검 사항
  - 지상장비 운용과 유지보수 담당기관 준비 사항 점검
- 항공기 GBAS 운용을 위한 점검 사항
  - GBAS 탑재장비를 장착한 항공기의 인증 사항 체크
  - GBAS 서비스를 사용할 항공사의 준비사항 점검(조종사의 자격 및 교육훈련)
  - 항공교통관리요원의 운영 준비사항 점검

GBAS 지상 운용과 관련하여 다음과 같은 항목을 확인해야 한다.

- 유지보수교육 및 유지보수자 자격
- 유지보수 지침서 구비 여부
- GBAS 주파수 및 채널 관리
- 안전관리 계획/매뉴얼 준비

항공기 GBAS 운용과 관련해서는 다음과 같은 항목을 확인해야 한다.

- 항공기와 GBAS 탑재장비 인증 획득 여부
  - GBAS 관련 형식증명/보조형식증명 확인
- 조종사 자격 및 교육훈련
- 항공교통관제사 자격 및 교육훈련
- GLS 정밀접근절차의 수립 및 공표

### 4.4 개발 승인 기준(안)의 관련 고시 적용 방안

GBAS 상업 운용을 위한 승인 단계는 3단계 절차가 직관적이며 적용하기에 용이하지만, 현재 반포되어 활용 중인 국내 항행안전시설 관련 고시/규정에 그대로 반영하기에는 현실상 어려운 점이 있다. 이에 기존 체계를 크게 수정하지 않는 범위에서 Fig 12와 같이 개발된 승인 기준서(안)를 관련 고시에 반영하는 방법을 추진하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 연구를 통해 개발된 설계 및 제작 기준서(안)의 내용은 고시 “항행안전시설 성능적합증명 검사 기술기준”에, GBAS 시설 승인과 운용 승인 기준서(안)의 내용은 고시 “항행안전무선시설의 설치 및 기술 기

준"에 적합한 위치를 찾아 반영함이 타당할 것으로 사료된다.

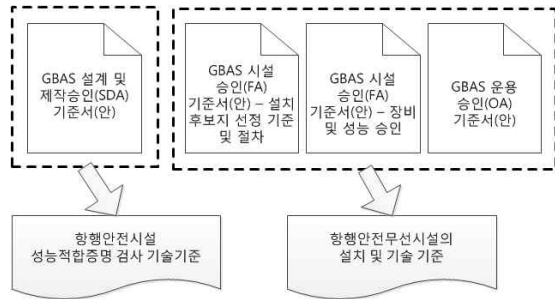


Fig. 12 GBAS Approval Process Guidelines for Korea (Draft)

### 5. 결 론

GBAS는 향후 계기착륙시설(ILS)을 대체할 수 있는 차세대 항행시설이다. 본 논문에서는 GBAS CAT-I 시스템의 국내 상업 운용을 대비하여 승인 절차를 소개하고 관련된 주요 활동과 점검 기준에 관한 연구 내용을 정리하여 제시하였다. GBAS 지상장비의 공식적인 운용을 위해서는 설계 및 제작 승인(SDA), 시설 승인(FA), 운용 승인(OA)의 과정이 필요하며 각 단계에서 필요한 활동과 요구사항에 대한 충분한 점검이 요구된다. 본 연구를 통해 개발된 3종 4개의 절차 및 기준서(안)는 관련 전문가의 검토를 완료하고 국토교통부 항행안전시설 관련 고시 2종에(항행안전시설 설치 및 기술기준, 항행안전시설 성능적합증명 검사 기술기준)에 반영을 추진 중이며 향후 국내 공항에 GBAS 지상장비의 도입시 본격적인 적용을 기대한다.

### 후 기

본 연구는 국토교통부 연구개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

### 약 어

- ANSP Air Navigation Service Provider
- ASA Airservices Australia
- ASBU Aviation System Block Upgrade
- BAF Bundesaufsichtsamt für

- Flugsicherung
- CAT Category
- CAT-I Category I
- CAT-II/III Category II/III
- DGPS Differential GPS
- DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
- DH Decision Height
- EUROCAE European Organisation for Civil Aviation Equipment
- FA Facility Approval
- FAA Federal Aviation Administration
- FHA Functional Hazard Assessment
- FMEA Falt Mode Effect Analysis
- GBAS Ground Based Augmentation System
- GIMOS GNSS Interference Monitoring System
- GLS GBAS Landing System
- GPS Global Positioning Service
- ICAO International Civil Aviation Organization
- IGM Independent GBAS Monitor
- ILS Instrument Landing System
- INR Integrated Navigation Radio
- MMR Multi-Mode Receiver
- NEXTGEN Next Generation Air Transportation System
- OA Operational Approval
- PSSA Preliminary System Safety Assessment
- RNP Required Navigation Performance
- RTCA Radio Technical Commission for Aeronautics
- SARPs Standard And Recommended Practices
- SDA System Design Approval
- SESAR Single European Sky ATM Research
- SPS Standard Positioning Service
- SSA System Safety Assessment
- TDMA Time Division Multiple Access
- VDB VHF Data Broadcast(ing)
- VHF Very High Frequency

## 참고문헌

- 1) ICAO, 2006, Annex 10, "Aeronautical Telecommunication, Volume 1: Radio Navigation Aids" 6th edition
- 2) RTCA, DO-245A, "Minimum Aviation System Performance Standards for the Local Area Augmentation System (LAAS)", Dec. 9, 2004
- 3) RTCA, DO-246D, GNSS-Based Local Area Augmentation System Signal-in-Space Interface Control Document, Dec. 16, 2008
- 4) 배중원, 전향식, 김동민, 염찬홍, 2011, "위성항법 지역보강시스템(GBAS) 기술 개발 및 구축 동향", 항공우주산업기술동향, 제9권 2호, pp. 187~195.
- 5) 염찬홍, 전향식 외, "항공용 위성항행 통신 시스템 개발 최종보고서", 한국항공우주연구원 외, 2014
- 6) 윤영선, 김주경, 조정호, 남기욱, 허문범, 2013, "국내 GBAS 운용을 위한 시스템 설계 및 제작 승인 기준 개발", 한국항공학회 논문지 제17권 제6호, pp625-632
- 7) 배중원, 정명숙, 최철희, 고완진, 고유리, 전향식, 2012, "GBAS Cat-I 지상시스템 시범공항 구축을 위한 설치 후보지 검토", 한국항공운항학회지 제20권 4호
- 8) FAA Order 6884.1, "Siting Criteria for Ground Based Augmentation System", 2010
- 9) FAA Order 8200.1C, "Flight Inspection Manual", 2011
- 10) ICAO Doc. 8071 Vol. 2, "Manual on Testing of Radio Navigation Aids", Fifth Edition, 2007
- 11) 정명숙, 배중원, 전향식, 2014, "GBAS 지상장비 구축을 위한 지상 및 비행시험 평가에 대한 연구", 한국항공운항학회지 제22권 2호, pp16-26