

EGNOS 사례를 활용한 KASS 비행시험 요구 사항 분석

Analysis of KASS Flight Test Requirements using The EGNOS

손성진¹ · 홍교영^{1*} · 홍운기² · 김군택²

¹한서대학교 항공전자공학과

²한국항공우주연구원 SBAS 사업본부

Sung-Jin Son¹ · Gyo-young Hong^{1*} · Woon Ki Hong² · Koon-Tack Kim²

¹Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 31962, Korea

²SBAS R&D Head Office, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 34133, Korea

[요 약]

SBAS는 위성기반 항법보정시스템으로 지상국에서의 GNSS신호 분석을 기반으로 정지궤도위성을 통해 GNSS신호의 보정정보와 무결성정보를 제공하는 시스템이다. 한국형 SBAS인 KASS는 2022년 APV-1급 SoL서비스를 목표로 하고 있다. SoL서비스를 제공하기 위해서는 충분한 각종 지상 및 비행시험이 사전에 수행되어야 한다. 그러나 국내에서는 아직 한국형 SBAS인 KASS가 증축되지 않은 관계로 구체적 세부 평가항목이 제시되어 있지 않다. KASS와 호환성이 가장 높을 것이라 예상되고 현재 개발 후 서비스되어 지고 있는 EGNOS는 평가항목이 이미 제시되어있다. 본 논문에서는 EGNOS 구축에 적용된 규정서를 분석하여 비행시험시 요구되는 지상 및 비행시험 평가항목들의 기준을 분석하였고 이는 향후, 국가가 수행하는 비행점검 과정에 참고 될 수 있을 것으로 기대된다.

[Abstract]

SBAS is a satellite based navigation correction system that provides correction information and integrity information of GNSS signal through geostationary satellite based on analysis of GNSS signal in ground station. KASS, a Korean SBAS, is aiming at the APV-1 class SoL service in 2022. Sufficient ground and flight tests must be performed in advance to provide SoL services. However, since KASS, the Korean SBAS, has not yet been added in Korea, specific detailed evaluation items are not presented. EGNOS, which is expected to be the most compatible with KASS and is being serviced after its development, has already been evaluated. In this paper, we analyze the regulations applied to EGNOS construction and analyze the criteria of ground and flight test evaluation items required for flight testing, which is expected to be referenced to the flight inspection process in the future.

Key word : Satellite Based Augmentation System, Korea Augmentation Satellite System, European Geostationary Navigation Overlay Service, Flight test, Final Approach Segment Data.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.579>



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 5 December 2017; Revised 7 December 2017

Accepted (Publication) 19 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-10-3404-2062

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서론

SBAS(satellite based augmentation system)는 위성기반 항법 보정시스템으로 지상국에서의 GNSS(global navigation satellite system) 신호 분석을 기반으로 정지궤도위성을 통해 GNSS 신호의 보정정보와 무결성(integrity) 정보를 제공하는 시스템이다. 해외에서는 미국의 WAAS(wide area augmentation system), 유럽의 EGNOS(European geostationary navigation overlay system), 일본의 MSAS(MTSAT satellite augmentation system), 인도의 GAGAN(GPS aided geo augmented navigation)이 이미 서비스 중에 있다[1].

이에 한국형 SBAS인 KASS(Korea augmentation satellite system)는 2022년에 표 1.에 나와 있는 국제 민간 항공 기구인 ICAO(international civil aviation organization)에서 정의한 정확성 및 무결성 요구조건 중 APV-1급의 SoL(safety of life) 서비스 제공을 목표로 개발하고 있다. SoL 서비스를 제공하려면 항공용 인증 획득이 필요하며, 지상 및 비행시험은 필수적으로 수행하여야만 한다. 하지만 현재 국내에 지상 및 비행시험의 경우에는 평가항목이 제시되어 있지 않아 해외 규정서를 비교 및 분석하여 국내 규정을 제시하여야 한다. KASS 성능 인증검사 수행을 위해 유럽항공안전청을 인증 협력기관으로 참여하였고, 유럽항공안전청은 유럽 내 초정밀위성보정시스템(EGNOS)의 성능을 인증한 경험이 있어 KASS 성능 인증검사 시 유럽의 EGNOS의 기준에 맞출 가능성이 높다. EGNOS 규정서에는 RTCA-DO-229D, FAA 8200.1C, ICAO-Doc-8071 Vol.II, ICAO Annex 10등이 있다[2][3][4].

본 논문에서는 현재 유럽의 위성항법보정시스템인 EGNOS 구축현황과 EGNOS에서 적용된 해외 규정서를 분석하고 국내에서 KASS인증시 이루어질 지상 및 비행시험 평가항목들의 기준을 설정하고자한다.

표 1. ICAO가 정의한 서비스 레벨별 정확성 및 무결성 요구조건.
Table 1. ICAO defined service level accuracy and integrity requirements.

| Service Level | Accuracy | | Integrity | | |
|---------------|----------|----------|-----------|------------|--|
| | HAL | VAL | HAL | VAL | Integrity Risk |
| NPA | 220m | N/A | 556m | N/A | $1 \times 10^{-7}/h$ |
| APV- I | 16m | 20m | 40m | 50m | $1 - 2 \times 10^{-7}$ per approach |
| LPV200 | 16m | 4m | 40m | 35m | $1 - 2 \times 10^{-7}$ per approach (any 150s) |
| APV- II | 16m | 8m | 40m | 20m | $1 - 2 \times 10^{-7}$ per approach |
| CAT- I | 16m | 6m to 4m | 40m | 15m to 10m | $1 - 2 \times 10^{-7}$ per approach |

II. EGNOS 구축현황과 호환성

2-1 EGNOS 구축 현황

1) EGNOS

EGNOS는 유럽 최초의 GNSS 서비스를 사용자에게 제공하였고, 위성 항법 측면에서 유럽의 Galileo와 함께 구성되어있다. EGNOS는 2009년 10월 1일에 공식적으로 유럽에 있는 대중들에게 무료로 OS(open service)를 시행하였고, 2010년 4월에 CDDS(commercial data distribution service)을 하였고, 2011년 3월 2일에 SoL 서비스를 제공하였다. 다음 표 2.는 ESA(European space agency)에서 제공하는 EGNOS 필요 수행 능력으로 Open Service와 SoL APV-1급의 수평, 수직 정확도는 각각 (3m, 4m), (16m, 20m)로 나타내어져있다[5].

표 2. EGNOS 필요 수행능력.

Table 2. EGNOS Required Performances.

| Service Level | Accuracy | | Integrity | | |
|----------------------|----------|-----|-----------|-----|-------------------------|
| | HAL | VAL | HAL | VAL | Integrity Risk |
| Open Service | 3m | 4m | N/A | N/A | N/A |
| SoL En-route and NPA | 220m | N/A | 556m | N/A | $1 \times 10^{-7}/h$ |
| SoL APV-1 | 16m | 20m | 40m | 50m | $2 \times 10^{-7}/150s$ |

2) EGNOS 구축현황

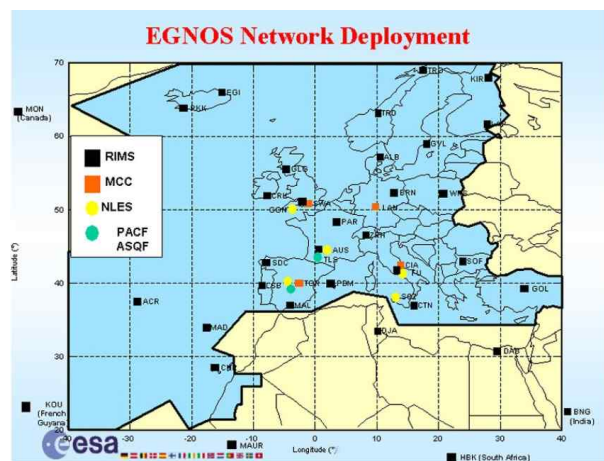


그림 1. EGNOS 지상 시스템 구성도.

Fig. 1. EGNOS Ground system configuration diagram.

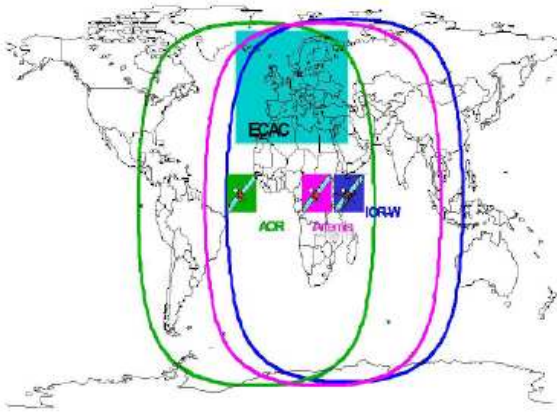


그림 2. EGNOS 시스템 구축용 정지위성 및 커버리지.
Fig. 2. EGNOS Geostationary satellites and coverage for system construct.

(1) EGNOS 지상 부문

EGNOS 지상 부문으로는 그림 1.과 같이 기준국(RIMS; ranging integrity & monitoring station)으로 구성된 네트워크와 4기의 중항처리국(MCC; mission control centers), 6기의 위성통신국(NLES; navigation land earth stations), 지상 부문 지원 시스템으로 2개의 추가 설비로 성능 평가 및 점검 설비(PACF; performance assessment and checkout facility)와 응용 품질 설비(ASQF; application specific qualification facility)가 있다[5].

(2) EGNOS 우주 부문

EGNOS 우주 부문으로는 그림 2.와 같이 3기의 GEO(geostationary orbit)를 통해 유럽 전역에 서비스를 하고 있으며, 위성의 위치는 가용성 향상, 가시성의 다양화를 통한 신호 차단 위험성 감소와 주요 서비스 영역에 최소 이중 정지궤도 위성 서비스 제공을 목표로 선정된다. 위성은 그림 2.과같이 Inmarsat-3 AOR-E(대서양 동쪽, 15.5°W), Inmarsat-3 IOR-W(인도양 서쪽, 25.0°E)과 ESA-Artemis(21.5°E)로 구성되어 있다[5].

2-2 KASS와 EGNOS 호환성

SBAS는 국제표준에 따라 범세계적으로 추진되고 있다. 그리하여 지역적으로도 상호 호환성 및 장비의 공유성을 보장한다. 대한민국 SBAS인 KASS는 국제 민간 항공 기구인 ICAO에서 제정한 SARP(standard and recommended practices) 규정 및 RTCA MOPS(minimum operational performance standards)에 따라 개발되어 유럽의 EGNOS와도 완벽한 호환성을 가질 수 있다. 그리하여 SBAS가 탑재된 항공기와 선박은 현재 사용중인 SBAS 지역에서 다른 SBAS 지역으로 이동할 때에도 동일

한 정확도의 활용성과 무결성(Integrity) 정보를 계속(Continuity)해서 제공받을 수 있다[5].

III. 시험 요구조건

3-1 지상시험 요구조건

1) 일반적 요구사항

지상 시험은 SARP(standard and recommended practices)를 준수하기 위해 제조사의 권고사항을 따라야 한다. 다음 표 3.와 표 4.는 ICAO에서 제공하는 국가 및 서비스 제공자의 SARP 규정이다. 시험은 MCS(Master control stations), RS(Reference stations), 위성통신국, 통신링크를 포함해야 하고, 서비스 제공자, 즉 SBAS 개발 및 서비스자로부터 동의를 얻은 후 해당 국가에 의해서 실시되어야 한다[2].

2) 지상시험 최소 요구조건

GNSS 계기 비행 절차는 공항과 활주로 측량 좌표인 WGS-84 좌표계를 따른다. 최종접근 구간 절차인 SBAS FAS(Final approach segment) 데이터의 정확성은 표 5.와 같이 요구조건을 충족해야 한다[2].

표 3. 국가 SARP 안전 관리 기준.

Table 3. Safety Management SARP for States.

| Issues | Annex | Effective date |
|----------------------------|--------------------|----------------|
| Safety Programme | 6,11 and 14 | 17 July 2006 |
| State Safety Programmes | 1,8,13 | 20 July 2009 |
| SSP Framework (Attachment) | 1,6,8,11,13 and 14 | 20 July 2009 |

표 4. 서비스 제공자 SARP 안전 관리 기준.

Table 4. Safety Management SARP for Service Providers.

| Issues | Annex | Service Provider | Effective date |
|-------------------------|-------------------|---|----------------|
| State Safety Programmes | 11, amdt. 44 | Air Traffic Services(ATS) Providers | 17 July 2006 |
| State Safety Programmes | 14, Vol1, amdt. 8 | Certified Aerodromes | 17 July 2006 |
| State Safety Programmes | 6, amdt. 31 | Air Operators and Approved Maintenance Organizations(A MOs) | 16 July 2007 |

표 5. 지상시험 요구조건.

Table 5. Ground test requirements.

| Parameters | Measurement | Tolerance | Uncertainty | Periodicity |
|--------------------------|--------------------|-----------|-------------|-------------|
| FAS Survey data accuracy | WGS-84 Coordinates | N/A | | C,Sp |
| Horizontal | | | <1m | |
| Vertical | | | <0.25m | |

3-2 비행시험 요구조건

1) FAS Data Block 및 CRC

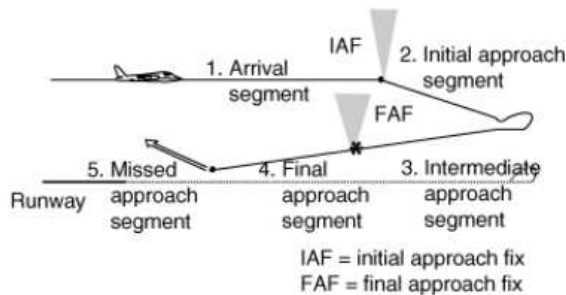


그림 3. 항공기 착륙 절차.

Fig. 3. Aircraft landing procedure.

비행 착륙 절차는 그림 3.과 같이 초기 및 중간 접근구간인 Arrival Segment, Initial Approach Segment, Intermediate Approach Segment와 최종 접근 구간인 Final Approach Segment 순으로 진행되고 마지막 실패 접근 구간 Missed Approach으로 진행이 된다. 그 중 비행시험 절차에서는 착륙 절차 마지막 구간인 Final Approach Segment의 Survey Data 를 따라 검증한다[6][7].

EGNOS에 적용된 FAS data block은 RTCA DO-229D 규정서의 Appendix D에 제시되어 있다. 그림 4.는 FAS data와 접근 경로를 나타내는 것이며 표 6.는 SBAS FAS data block을 나타낸다[2].

(1) FAS 데이터 파라미터

Data block 구성은 지상의 공항, 활주로 위치 및 설계 그리고 절차에 따라 구성되며 그에 따라 데이터 목록에 있는 항목들의 값(value)이 바뀐다. 이 값들은 Data Format의 가장 앞쪽 부분에 배치가 되고 저장되거나 전송되지 않는다. 우리나라에 KASS가 개발될 시에 SBAS provider ID가 현재 Spared되어있는 부분(현재 0-WAAS, 1-EGNOS, 2-MSAS 3~13 Spared)에 추가된다. LTP(landing threshold point)/FTP(fictitious threshold point) 위도 및 경도는 WGS -

84 좌표계에 정의되어 있고 초 단위로 인코딩 된다[2].

(2) CRC

각 FAS data block은 분배되기 전에 당국으로부터 데이터의 정확성을 보장하기 위하여 CRC(cyclic redundancy check)를 FAS data block내에 CRC를 포함해야한다. CRC는 절차 설계자로부터 생성되어야 하고, FMS(flight management system) 혹은 FMCS(flight management computer system)와 같은 비행 관리 시스템으로 입력되기 전에 변경되지 않아야 한다. 또한 비행 시험 전 FMS 혹은 FMCS는 CRC를 사용하여 FAS data block 유효성(validity)을 확인해야한다. FAS data는 절차 설계자로부터 생성된 값과 FMS나 FMCS로 입력된 값이 일치하는지 확인되어야 한다[2].

표 6. SBAS FAS 데이터 블록.

Table 6. SBAS FAS data block.

| Data List | Bits | Range of value |
|------------------------------------|------|-----------------------------------|
| Operation Type | 4 | 0 to 15 |
| SBAS provider ID | 4 | 0 to 15 |
| Airport ID | 32 | - |
| Runway number | 6 | 0 to 36 |
| Runway letter | 2 | - |
| Approach performance designator | 3 | 0 to 7 |
| Route indicator | 5 | - |
| Reference path data selector | 8 | 0 to 48 |
| Reference path identifier | 32 | - |
| LTP/FTP latitude | 32 | $\pm 90^\circ$ |
| LTP/FTP longitude | 32 | $\pm 180^\circ$ |
| LTP/FTP height | 16 | -512 to 6,041.5 m |
| Δ FPAP latitude | 24 | $\pm 1.0^\circ$ |
| Δ FPAP longitude | 24 | $\pm 1.0^\circ$ |
| Approach threshold crossing height | 15 | 0 to 1,638.35 m (0 to 3,276.7 ft) |
| Approach TCH units selector | 1 | - |
| Glide path angle | 16 | 0 to 90° |
| Course width at threshold | 8 | 80 to 143.75 m |
| Δ Length offset | 8 | 0 to 2,032 m |
| Horizontal alert limit(HAL) | 8 | 0 to 50.8 m |
| Vertical alert limit(VAL) | 8 | 0 to 50.8 m |
| Final approach segment CRC | 32 | - |

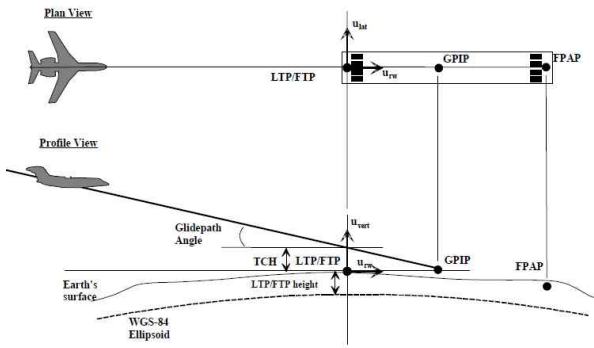


그림 4. Final approach segment 다이어그램.
Fig. 4. Final approach segment diagram.

2) 비행 중간섭

SBAS 수신기는 무선 주파수 간섭의 존재하에 HMI(hazardously misleading information) 오해의 소지가 있는 정보를 제공하지 않아야한다. 만약 간섭이 확인되어지면, 접근 절차는 작동 상태에 따라 제거 되어질 것이고 보류 시정 조치 및 당국 통보가 될 것이다. GNSS 와 SBAS 파라미터와 같은 C/No(carrier-to-noise density), HPL(horizontal protection level), VPL(vertical protection level), DOP(dillusion of precision)는 추가 조사를 위해 문서화해야 한다[2].

3) 비행시험 최소 요구조건

SBAS 단독항법 수신기(stand-alone sbas receiver) 또는 SBAS 절차의 FMS는 표 7.에서 파라미터를 출력할 수 있어

표 7. 비행시험 최소 요구조건.

Table 7. Flight test minimum requirements.

| Parameters | Measurement | Tolerance | Uncertainty | Periodicity |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Procedure design validation | | | N/A | C,Sp |
| FAS data | FAS data block | Consistent with FAS design | N/A | |
| MAPt or DA | Displacement | Visual verification | Subjective | C,Sp |
| Interference | Various alerts and guidance indications | No alerts and continuous guidance | None | C,Sp |
| Guidance indications | Nav indicator | Continuous | None | C,Sp |
| Flyability | None | Flyable | Subjective | C,Sp |

야 한다. 표 7.은 비행시험에 대한 최소 요구조건을 나타낸다. FAS data는 표 7.와 동일하게 만족해야 하고 MAPt(missed approach point)는 시각적 증명이 되어야 한다. 또한 간섭은 경고가 없어야하고 계속된 유도가 필요하다[2].

IV. 결론

본 논문은 유럽 EGNOS 지상 및 비행시험 인증 시에 사용된 규정서 RTCA-DO-229D, ICAO Annex 10, ICAO-Doc-8168 Vol II를 분석하여, 2022년에 SoL서비스로 제공될 KASS 연구개발 완료 후 인증 시 고려되어야 할 지상 및 비행시험 평가항목들의 기준을 분석하였고 이를 통하여 EGNOS 신호 수신/분석 장비와 KASS 신호 수신/분석 장비가 기능면에서 다르지 않기에 호환이 가능할 것이다. 이는 향후, 국가가 수행하는 비행점검 과정에 참고 될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgments

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업의 연구비지원(17ATRP-A087571-04)에 의해 수행 되었습니다.

References

- [1] Euiho Kim, Todd Walter, and J. David Powell, "GNSS-based flight inspection systems", Standford, CA 94305, USA, 2008.
- [2] RTCA DO-229D, Appendix D, pp. 401~410, 2006.
- [3] ICAO Annex 10, Volume 2, Chapter 3 , 2001.
- [4] Ministry of land, infrastructure and transport(MOLIT), korea augmentation satellite system [Internet]. Available : <http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=9913#.WivqVbW6xaQ>.
- [5] European space agency(ESA), The reference for global naigation satellite systems [Internet]. Available : http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_General_Introduction.
- [6] ICAO doc 8168 (PANS OPS) Volume 2, Part III, Section 2, Chapter 6, 1993.
- [7] Aviation dictionary, Arrival Segment [Internet]. Available : http://aviation_dictionary.enacademic.com/671/arrival_segment.



손 성 진 (Sung-Jin Son)

2012년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과
※ 관심분야 : SBAS, 비행시험, 항공기시스템



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)

1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
※ 관심분야 : 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템



홍 운 기 (Woon Ki Hong)

2010년 2월 : 광운대학교 제어계측공학과 석사
2011년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원
※ 관심분야 : GNSS, SBAS, 통합 관제, M&C



김 군 택 (Koon-Tack Kim)

2013년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 석사
2013년 1월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 사업본부
※ 관심분야 : DGPS 위치결정, 항법센서 통합측위, SBAS 인프라 설계/구축 등