

KASS 탑재측정장비 요구사항 및 설계방안 분석

Analysis of the Requirements and Design of KASS Measuring Equipment

김 우리¹ · 홍 교 영^{2*} · 강 희 원³ · 최 광 식³

¹한서대학교 항공시스템공학과

²한서대학교 항공전자공학과

³한국항공우주연구원 SBAS 사업본부

Woo-Ri-Ui Kim¹ · Gyo-Young Hong^{2*} · Hee Won Kang³ · Kwang-Sik Choi³

¹Department of Aircraft system Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31962, Korea

²Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31962, Korea

³SBAS R&D Head Office, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Korea

[요 약]

국제민간항공기구에서는 전 세계적으로 PBN 이행 촉구를 위해 2025년까지 모든 항공기의 SBAS 사용을 권고하고 있는 상황이다. 이에 국내에서도 한국형 SBAS인 KASS 개발이 진행 중에 있다. ICAO에서는 SBAS에 대한 인증 및 운용에 있어서 해당 항공 당국에 그 권한을 부여하고 있으며, KASS 또한 시스템 상세 설계, 제작, 설치 가 수행된 후 시스템에 대한 검증이 이루어 질 예정이다. 이에 본 논문에서는 국제 표준의 비행검사 규정을 통해 비행시험 파라미터를 도출 하였으며 이를 측정하기 위한 탑재측정 장비의 구성방안에 대해서 제안 하였다.

[Abstract]

The International Civil Aviation Organization is recommending the use of SBAS on all aircraft by 2025 to urge PBN implementation around the world. As part of this, Korea is also developing KASS, a Korean SBAS. ICAO grants authority to the host nation aviation authority in the certification and operation of SBAS. The KASS system will be verified after detailed system design, fabrication and installation. In this paper, flight test parameters are derived from the flight inspection regulations and the configuration of the on - board measurement equipment for measuring the parameters has been proposed.

Key word : Satellite based augmentation system, Flight Test, Flight Inspection, Korea augmentation satellite system, Satellite based augmentation system receiver.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.544>



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) 22 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author; Gyo-Young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서론

세계적으로 군사적, 경제적 등의 목적으로 GNSS(global navigation satellite system)를 이용한 위성항법보정시스템인 SBAS(satellite based augmentation system) 서비스의 상용화를 위하여 노력 중에 있다. SBAS는 GPS(global positioning system) 오차 중 위성케도오차, 위성시계오차, 전리층 오차 성분을 보정하여 보정정보 및 SBAS 무결성 정보를 제공한다. SBAS가 제공하는 무결성 기능은 위성감시 및 보정정보의 신뢰성 감시가 있다. 이 무결성 정보를 제공함으로써 항공기가 활용할 수 있도록 국제민간항공기구(ICAO; international civilian aviation organization)에 의해 국제 표준으로 정해졌으며, PBN(performance based navigation) 이행 촉구를 위해 2025년까지 모든 항공기의 SBAS 사용이 권고된 상태이다. 이에 국내에서도 한국형 SBAS 시스템인 KASS(Korea augmentation satellite system)의 개발을 추진 중에 있다[1]. KASS는 APV(approach with vertiacal guidance)-I 급 성능 목표를 달성하기 위해 총 3단계에 걸쳐 개발 진행 중이다. 1단계에서 시스템 설계를 수행하며, 2단계에서 시스템 상세 설계, 제작, 설치 수행, 3단계에서 시스템 통합, 검증, 운영지원을 수행한다. 시스템의 설계 및 제작 완료 후, KASS의 검증 및 성능 목표 달성을 위한 평가가 요구 된다[2]-[3].

본 논문에서는 KASS의 비행시험 및 성능평가에 활용하기 위한 KASS용 탑재측정장비의 요구 성능을 분석하며 탑재측정장비의 구성방안을 제안한다.

II. SBAS 비행검사 규정

2-1 비행검사

각 항공 당국은 소속된 공역의 안전에 대한 책임이 있다. 적절하지 못한 착륙 접근 절차 혹은 항법 장비의 결함에 의한 사고 발생 시, 당국은 적절한 조취를 취해야 하며 발생한 손해에 대한 책임을 져야 한다. 이러한 사고를 방지하기 위해 항공 당국에서는 주기적으로 항법 장비에 대한 검사를 실시해야 한다. 항법 장비의 정확성은 자신의 실제 위치를 독립적으로 평가할 수 있는 장비를 보유한 항공기 혹은 점검기를 통해서 수행 된다. 미국의 경우, 미연방항공청(FAA; federal aviation administration)은 항법 장비의 초기 사전비행 시와 그 후에도 정기적인 비행검사를 수행한다. 또한 새로운 착륙 접근 절차의 사전비행을 위해서도 비행검사가 요구 된다. 비행검사는 접근을 위해 제시된 데이터가 올바른지 확인하며, 비행경로 상의 장애물 및 지형에 허용 한계 이내로 절차가 설계 되었는지, 설계된 절차가 절차 설계자의 의도대로 설계 되었는지 확인한다[4].

2-2 SBAS 비행검사 규정

미국은 연방항공청에서 비행검사에 대한 세부 규정을 정하고 있다. 우리나라의 국토교통부 훈령 성격의 FAA Order 8200.1D(united states standard flight inspection manual)에는 항행안전시설 별로 검사항목, 허용범위, 세부분석 방법을 규정하고 있다. 비행검사를 위한 허용치에 대한 규정은 없으나, FAA Order 8200.1D에서 SBAS 이상 유무를 판단하기 위해 추천하는 파라미터 및 허용치는 표 1과 같다. 비행검사 시 이상 유무 발생 시 초기접근 및 최종 접근구간까지 표 1에 나온 항목을 기준으로 문서화 하여 확인해야 한다. 또한 비행시험 시 SBAS 서비스 레벨 허용치는 표 2, 3과 같다[5].

2-3 SBAS 비행시험 데이터

국내 KASS 검증을 위한 절차는 아직 수립되지 않았으므로, FAA Order 8200.1D 비행검사 매뉴얼에서 요구하는 표 1, 2, 3과에 해당하는 데이터를 측정 및 저장 할 수 있어야 한다. 탑재 측정 장비는 표 1, 2, 3에 해당하는 데이터 저장 및 분석을 수행하기에 적합하게 설계 되어야 하며 비행검사 결과를 조종사와 엔지니어에게 실시간으로 제공할 수 있어야 한다. 조종사는 비행검사 데이터를 참조하여 비행시험을 수행하게 된다. 각각의 비행검사 데이터는 기록 되어 지상에서 KASS 성능 평가를 위한 분석 자료로 사용될 수 있다[3].

(1) LP에서는 적용되지 않음

표 1. SBAS 매개 변수

Table 1. SBAS parameters.

Parameter	Expected Value
HPL	≤ 40m
VPL	≤ 50m
HDOP	1.0 - 1.5
VDOP	1.0 - 1.5
WAAS Healthy Satellites	4 GPS & 1 GEO
satellites Tracked	4 GPS & 1 GEO
Satellites in View	4 GPS & 1 GEO
Geostationary Satellite SNR	30 ≥ dB/Hz
WAAS Sensor Status	"SBAS"

표 2. LP/LPV에서의 비행검사시스템 허용치

Table 2. FIS(flight inspection system) announced data for LP/LPV.

Parameter	Tolerance
WASS Horizontal Protection Level(HPL)	≤ 40m
WASS Vertical Protection Level(VPL)(1)	≤ 35m (200 - 249' approach minima) ≤ 50m (≥ 250' approach minima)
CRC Remainder	Perfect Match(No CRC Error)
Course Alignment	± 0.1° of true course
Glide Path Alignment(1)	± 0.09°
Threshold Crossing Height(1)	+ 12 ft -10 ft

표 3. LNAV/VNAV에서의 비행검사시스템 허용치
Table 3. FIS announced data(WAAS supported LNAV.VNAV without FAS data).

Parameter	Expected Value
WASS Horizontal Protection Lcel(HPL)	≤ 556m
WASS Vertical Protection Lcel(VPL)	≤ 50m

III. KASS 탑재측정장비

3-1 KASS 탑재측정장비 기능 요구사항

KASS 탑재측정장비는 한국형 SBAS 시스템인 KASS의 서비스 개발 목표인 APV-I급 성능을 평가 및 비행시험을 수행하기 위한 장비로, 독자적으로 SBAS에 대해 비행시험 및 성능을 평가할 수 있도록 설계 되어야 한다. 이 장비는 항공기의 안전성에 위해를 가하지 않도록 기존에 구성된 항공기의 전력 시스템과는 독립된 별도의 시스템으로 항공기에 탑재 되어야 한다. KASS 탑재측정 장비는 SBAS 위성 시스템에서 송신하는 GPS 위성 신호와 SBAS 보정신호를 수신하여 항공기의 항법정보를 생성하며, 비행시험을 위해 파일럿에게 항법 정보를 제공해야 한다.

KASS 탑재측정장비는 SBAS 의 SIS(signal in space) 성능 평가 및 비행시험을 위해 다음의 기능을 수행 할 것을 제안 한다.

- GPS 위성신호 및 SBAS 보정신호 수신
- 항공기 항법정보 및 착륙 유도정보 생성
- 전파 간섭 측정
- 데이터 수집/시현/저장
- SBAS 정보 모니터링

TSPI(time space position information)를 이용한 항공기 비행 궤적 생성.

3-2 SBAS 탑재측정 구성

탑재측정장비는 SBAS 데이터를 수집하기 위한 SBAS 수신기, 접근절차 시 SBAS 데이터와 정확도 비교를 위한 TSPI(time space position information), 항로 비행시험과 같이 실시간 TSPI의 사용이 불가능 한 경우 레퍼런스로 사용될 TSPI 데이터 후처리 소프트웨어, 항공기의 자세 데이터 획득을 위한 IMU(inertial measurement unit), 주파수 분석을 위한 스펙트럼 분석기, 시스템 제어 및 데이터 통합을 위한 UP(user platform) 이 내장된 제어장치, 2시간 이상 독립 전원을 공급할 배터리가 요구 된다.

비행검사 항목을 위한 데이터는 SBAS 수신기로부터 수신 되어 제어장치에서 계산되거나, 계산 능력을 갖춘 SBAS 수신

기에서 MOPS 229D 수준의 데이터를 출력 하여야 한다. 비행검사를 위한 시험은 활주로 접근 시의 비행시험, 항로에서의 비행시험으로 수행 되어야 하며, 접근 절차의 레퍼런스로는 TSPI 장비가 사용된다. 항로에서의 비행시험은 TSPI 후처리 보정을 통해 계산된 값을 레퍼런스로 사용한다. 언급된 레퍼런스 장비는 최소한의 장비이며, 레퍼런스로 사용될 항전 장비가 증가하게 되면 레퍼런스의 정확도가 상승될 것으로 판단된다. 다음 그림 1은 SBAS 수신기로 활용 가능한 NovAtel 사의 PwrPak7이다. PwrPak7은 위성 상태, SBAS 메시지 유형별 원시 데이터와 HPL/VPL, DOP값을 계산하여 출력이 가능하다. 그림 2는 TSPI로 활용 가능한 Propak6이다.

1) SBAS 수신기

SBAS 수신기는 GPS 위성신호와 SBAS 보정정보를 수신하여 매초 RTCA DO-229D를 준수하는 사용자 위치 및 보호수준을 계산하여 출력해야 한다. SBAS 수신기는 KASS의 테스트 메시지를 수신하여 비행시험 및 성능 평가가 이루어지기 때문에, MT0 테스트 메시지를 수신하여 데이터 처리가 되어야 하며, KASS에 부여 될 PRN의 추적이 가능해야 한다. 추천되는 장비는 NovAtel OEM-7 보드타입 수신기가 내장 된 PwrPak-7이며 그림 1과 같다. 해당 수신기의 스펙은 다음과 같다.

- Signal Tracking
 - GPS L1 C/A, L1C, L2C, L2P, L5
 - GLONASS L1 C/A, L2C, L2P, L3, L5
 - BeiDou B1, B2, B3
 - Galileo E1, E5 AltBOC E5a, E5b, E6
 - NavIC (IRNSS) L5
 - SBAS L1, L5
 - QZSS L1 C/A, L1C, L2C, L5, L6
 - L-Band up to 5 channels
- GNSS Horizontal Position Accuracy (RMS)
 - Single point L1 1.5 m
 - Single point L1/L2 1.2 m
 - NovAtel CORRECT™
 - SBAS 60 cm
 - DGPS 40 cm
- Maximum Data Rate
 - GNSS Measurements up to 20 Hz
 - GNSS Position up to 20 Hz



그림 1. NovAtel PwrPak7
Fig. 1. NovAtel PwrPak7.

2) TSPI

TSPI 수신기는 RTK를 지원하여 실시간으로 SBAS와의 위치해 비교를 위한 레퍼런스로 사용되어야 한다. 또한 RTK 지원 반경 이외의 신호는 후처리 소프트웨어를 통해 데이터 보정을 할 수 있어야 한다. 추천되는 후처리 소프트웨어는 NovAtel Inertial Explorer 이다. 해당 소프트웨어는 국내 GNSS 데이터 통합센터로부터 온라인으로 보정정보를 수신 및 연산하여 5 cm 오차 수준의 위치해 계산이 가능하다. 추천되는 TSPI 장비는 NovAtel OEM-6 보드타임 수신기가 내장된 ProPak-6이며 그림 2와 같다. 해당 수신기의 스펙은 다음과 같다.

- Signal Tracking
 - GPS L1, L2, L2C, L5
 - GLONASS L1, L2, L2C
 - Galileo E1, E5a, E5b, AltBOC
 - BeiDou3 B1, B2
 - SBAS
 - QZSS L1, L2C, L5
 - L-Band
- Horizontal Position Accuracy (RMS)
 - Single point L1 1.5 m
 - Single point L1/L2 1.2 m
 - NovAtel CORRECT™
 - SBAS4 0.6 m
 - DGPS 0.4 m
 - PPP5 4 cm
 - RT-2@ 1 cm + 1 ppm
 - Initial time <10 s
 - Initial reliability >99.9%



그림 2. NovAtel ProPak6
Fig. 2. NovAtel ProPak6.

IV. 결 론

국제민간항공기구에서는 전 세계적으로 PBN 이행 촉구를 위해 2025년까지 모든 항공기의 SBAS 사용을 권고하고 있는 상황이다. 이에 국내에서도 한국형 SBAS인 KASS의 개발이 진행 중에 있다. ICAO에서는 SBAS에 대한 인증 및 운용에 있어서 해당 항공 당국에 그 권한을 부여하고 있으며, KASS 또한 시스템 상세 설계, 제작, 설치가 수행된 후 시스템에 대한 검증이 이루어질 예정이다. 이에 본 논문에서는 국제 표준 비행검사 규정을 통해 비행시험 파라미터를 도출 하였으며 이를 측정하기 위한 탑재측정장비의 구성방안에 대해서 제안 하였다.

KAAS 비행시험에 사용되는 항공기는 SBAS 수신기, TSPI, IMU와 이를 제어 및 연산을 수행하게 될 PC로 구성 되어야 한다. SBAS 수신기는 비행시험에 사용될 주요 장비로 사용자의 위치해 및 보호 수준을 매초 단위로 출력하며, DO-229D를 준수해야 한다. SBAS 수신기의 레퍼런스로 사용 될 TSPI는 SBAS와 같은 안테나를 사용하여 GPS 데이터를 수신하여야 한다. TSPI는 RTK영역 외에서는 소프트웨어로 후처리 보정을 통해 레퍼런스를 제공할 수 있어야 한다. PC에서 사용되는 소프트웨어에서는 수신기의 데이터출력을 사용하여 사용자 위치, 보호수준, SBAS 메시지가 매초 기록해야 한다. 시스템 통합 관리를 위해서 FMS를 사용하지 않을 경우, FMS 대신할 기능은 PC의 사용자 플랫폼 상에 구현 가능해야 한다. 탑재측정장비는 비행시험용 항공기에 설치가 용이 하도록 랙으로 구성하며, 랙에는 각 장비들에 독립적으로 전원을 공급하기 위한 배터리가 설치된다. 전원은 비행시험에서 요구되는 최소 시간인 2시간 이상으로 설계하는 것이 추천 된다.

향후 KASS 개발 이후의 비행시험을 위한 장비 구성방안에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgments

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

References

- [1] C. S. Sin, J. H. Kim, and J. Y. Ann, "Technical development trends of satellite based augmentation system," *Electronics and telecommunications trends*, Vol. 29, No. 3, pp. 74-85, 2014.
- [2] J. I. Park, E. S. Lee, M. B. Heo, and G. W. Nam, "Latest Technology Trending for Satellite Based Augmentaion System," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, vol. 14, No. 1, pp. 191-202, 2016.

- [3] B. S. Koo, "Considerations on in-flight validation for KASS," *journal of advanced navigation technology*, vol. 19, No. 3, Jun, 2015.
- [4] T. Walter, and J. D. Powell, "Flight inspection of GNSS SBAS procedure," SIV IFIS 14th, Toulouse France, 2006.
- [5] U. S departments of transportation federal aviation administration, United states standard flight inspection manual, Change to FAA 8200.1D, 2015.



김 우리얼 (Woo-Ri-Ui Kim)

2014년 2월 ~ 2016년 2월 : 한서대학교 대학원 항공기시스템학과 석사
2016년 6월 ~ 현재 : 디지털로그 주임 연구원
※관심분야 : SBAS, 항공기 시스템, 비행시험



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)

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



강 희 원 (Hee Won Kang)

2010년 2월 : 충남대학교 전자공학과 석사
2010년 11월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원
※관심분야 : GNSS, SBAS, 비행시험, 전파교란항법, 통합항법



최 광 식 (Kwang-Sik Choi)

2010년 2월 : 충남대학교 메카트로닉스공학과 석사
2010년 1월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 SBAS 사업본부
※관심분야 : GNSS, SBAS, 운용시험, RTK