

한국형 SBAS의 평가항목 및 필수 구성요소 분석을 통한 비행검사 평가항목 수립 및 SBAS 성능 시험 측정 장비 최적 설계 방안

Establishment of Flight Inspection Evaluation Items and Optimal Design of SBAS Performance Test Measurement Equipment by Analyzing Evaluation Items and Essential Components of Korean SBAS

김 영 빈¹ · 홍 교 영^{2*}

¹한서대학교 대학원 항공시스템공학과
¹한서대학교 항공전자공학과

Young-Bin Kim¹ · Gyo-Young Hong^{2*}

¹Department of Aircraft System Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31962, Korea
²Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31962, Korea

[요 약]

급속도로 증가하는 항공 교통량으로 인한 공역 과밀화와 공역제한으로 인해 국제민간항공기구(ICAO)에서는 공역 수용 증대를 위한 performance-based navigation 을 실시하기 위해 2025년 까지 모든 항공기들을 대상으로 하여 SBAS 사용을 촉구하고 있는 실정이다. 이에 맞춰 국내 역시 한국의 공역환경 특성을 반영한 한국형 SBAS의 연구 개발을 지속중이다. 국내에서는 아직 SBAS의 성능 시험 및 검증을 위한 비행검사 절차 및 이에 필요한 탑재장비 구성방안이 수립되어 있지 않으므로 본 논문에서는 FAA, ICAO 규정집, 그리고 국토교통부가 제정한 법령을 분석하여 향후 수립될 한국형 SBAS의 필수 평가 사항들과 파라미터들을 도출하고, RTCA 규정집을 참고하여 RTK-DGPS 위치고정 시스템을 이용한 비행검사 최적 장비 구성방안에 대해 제시하였다.

[Abstract]

Due to rapidly increasing air traffic congestion and airspace restrictions, the International Civil Aviation Organization (ICAO) is urging all aircraft to use SBAS by 2025, in order to implement Performance-based navigation to increase airspace capacity. In line with this, research and development of Korean-style SBAS, which reflects the characteristics of Korea's airspace environment, continues in Korea. Since there is no flight inspection procedure for performance testing and verification of SBAS in Korea yet, this paper analyzes FAA, ICAO Regulations, and laws enacted by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport to derive essential evaluations and parameters of Korean SBAS, and presents the optimal design using RTK-DGPS as a position fixing system.

Key word : Performance-based navigation, Satellite based augmentation system, Flight inspection manual, Measurement Equipment.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.1.78>



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 9 February 2021; Revised 19 February 2021

Accepted (Publication) 18 February (28 February 2021)

*Corresponding Author, Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서론

급증하는 항공 교통량으로 인한 공역과밀화로 인해 이에 관한 해결 방안에 관한 연구들이 지속되고 있으나 기존 항행시설인 VOR/DME를 통해 공역부족 문제를 해결하는 것에는 한계점이 분명하다. 따라서 각 항공 당국 등은 기존 항행시설들에 대한 대안으로 GNSS를 이용한 위성항법 보강시스템인 SBAS를 고려하고 있다. SBAS (satellite based augmentation system) 는 GPS(global positioning system)의 성능기반항행 시스템으로서의 한계성을 보완하고 위치 오차를 줄이기 위한 시스템이다. 기존 GPS는 단독 항행 시스템으로 사용하기에는 RNP (required navigation performance)의 4요소를 만족하지 못한다는 평가를 받고 있다. 항공기 사고 대부분이 위치 정보 오류 및 미확득으로 인하여 발생하고 있음을 생각한다면 GPS 활용은 제한적이라고 할 수 있다. 따라서 안전이 최우선으로 여겨지는 항공분야에서는 보강시스템을 필수적으로 요구 한다[1]. SBAS는 ICAO에 의해 국제 표준화된 시스템으로 정지궤도 위성을 통해 GPS의 성능기반 항행 시스템으로서의 한계점을 보완하고 위성 궤도오차, 전리층으로 인한 오차, 위성 시계오차 등 GPS가 갖고 있는 기존의 위치 오차 요인들을 보정 하여 유저들에게 보다 정확한 위치 정보를 전달하는 보강시스템으로 비행 공역 활용을 높여 급속도로 증가하는 항공 교통량에 따른 공역 부족 문제를 완화하고 항공 안전사고를 줄일 수 있으며 항공기의 지연, 결항을 감소시켜 경제적 효과 역시 기대할 수 있는 장점을 갖고 있으며 이에 따라 운용이 촉구되고 있다[2]. 따라서 한국 역시 한국형 SBAS의 연구 개발을 진행하고 있으며, APV-1 을 목표로 하고 있다. 시스템 설계, 제작, 설치 수행 등의 과정이 완료되면 시스템의 통합, 검증, 운영지원이 최종적으로 수행되어야 서비스 제공이 가능하나 현재 한국형 SBAS의 성능 시험 및 시스템 검증을 위한 비행검사 평가항목에 대한 규정이 아직 제정되어 있지 않으며 비행시험을 위한 탑재 장비 구성 방안도 마련되어 있지 않다. 이에 본 논문에서는 SBAS 관련 비행검사 규정이 수록되어있는 FAA와 ICAO의 규정집을 통해 SBAS 비행검사를 위해 제시하는 평가항목들과 항목들이 요구하는 성능 파라미터, 그리고 허용오차에 관한 규정들을 분석하였고 이를 통해 향후 한국형 SBAS의 비행검사 규정 제정 시의 평가항목 수립 및 성능 시험에 참고가 될 것으로 기대한다.

II. 한국형 SBAS비행검사 평가항목 수립을 위한 국내외 규정 분석

2-1 비행 검사를 위한 국토교통부 법령상의 필수 항목 분석

국내의 법령을 통해 정의된 비행검사는 비행검사용 항공기를 이용하여 항행시설의 성능과 계기 비행 절차의 이용 가능성 등을 분석 및 평가하는 업무를 지칭한다. SBAS 는 운용개시검사에 따라서 신설된 항행시설을 운용하기 전에 운용 가능 여부를 판단하는

비행검사가 필수적으로 요구되며, SBAS 시스템을 이용한 GPS 방법을 사용하는 계기 비행절차를 수행하는 경우 역시 이용 가능 여부 및 시스템 지속여부를 판단하는 검사가 요구된다. 국토 교통부 법령에 따르면 항행시설 별로 비행검사의 종류와 허용 범위가 규정되어 있으나 SBAS의 경우 규정되어 있지 않다. 비행검사의 항목에 규정되어 있지 않은 경우, 법령에서는 ICAO DOC 8071을 적용하도록 제정되어 있으므로 한국형 SBAS의 비행검사 규정 수립을 위해서는 ICAO DOC 8071에 관한 분석을 요한다[3].

2-2 비행검사 및 사전 조건 충족 사항 도출을 위한 ICAO DOC 8071 Vol II 분석

ICAO annex 10 volume 1에서는 국제 항공 운항에 종사하는 항공기가 사용할 수 있는 유형의 무선 항법 보조 장치는 정기적인 지상 및 비행 시험의 대상이 되어야 한다고 명시하고 시험을 수행하기 위한 메뉴얼이 DOC 8071로 제정되어 있다[4]. DOC 8071은 3권으로 이루어져 있으며 권별로 수록되어있는 내용은 표1.과 같다. SBAS의 경우 위성 기반 항법에 해당하므로 VOL. II의 규정되어 있는 조건들을 충족시켜야 하며 VOL. II에서 요구하는 비행검사 전 지상시험 최소 요구조건과 비행검사 최소 요구조건은 각각 표2, 표3. 와 같다. 추가로 접근절차로서의 SBAS 활용을 위해서는 FAS (final approach segment)의 정보의 DB를 구축하여야 하며 FAS는 비행검사를 수행하기 전에 FMS(flight management system)에 입력하여 해당 공항의 접근절차 수행 시점에서 접근절차에 대한 안내를 제공하여야 한다. FAS는 접근절차 설계자에 의해 설계되며 표4.에서 요구하는 수준의 데이터 값을 가져야 한다.[5]

표 1. ICAO DOC 8071 구성
Table 1. Composition of DOC 8071.

VOLUME	CONTENT
I	Ground based radio navigation system test
II	Satellite-based radio navigation system test
III	Surveillance radar system test

표 2. ICAO DOC 8071 VOL II 비행시험 최소 요구 조건

Table 2. Minimum requirements for flight test of ICAO DOC 8071 VOL II.

parameter	Annex 10, Volume I reference	DOC 8071 volume II reference	measurement	Tolerance/limit
procedure design validation		5.3	FAS data block	Consistent with FAS design
FAS data	B 3.5.4.5	3.3.3	FAS data block	Consistent with FAS design
MAPt or DA		5.3.21	Displacement	Visual verification
Interference	B 3.7	3.3.5	Various alerts and guidance indications	No alerts and continuous guidance
Guidance indications		5.3.20	Nav indicator	Continuous
Flyability		5.3.20		Flyable

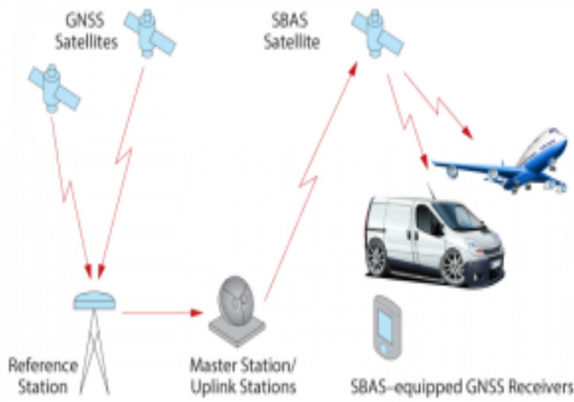


그림 1. SBAS 시스템 개요
 Fig. 1. SBAS System Overview.

표 3. ICAO DOC 8071 VOL II 지상시험 최소 요구조건
 Table 3. Minimum requirements for ground test of ICAO DOC 8071 VOL II.

parameter	Annex 10, Volume I reference	DOC 8071 volume II reference	measurement	Tolerance/limit	uncertainty
FAS Survey data accuracy	B3.6.7.2.4.2	3.2.2	WGS-84 Coordinates, converted to linear units	N/A	
Horizontal					< 1m
Vertical					<0.25m

표 4. ICAO DOC 8071 VOL II FAS Data BLOCK 항목
 Table 4. ICAO DOC 8071 VOL II FAS Data BLOCK Item.

Data content	Bits used	Range of value	Resolution
Operation Type	4	0~15	1
SBAS Provider	4	0~15	1
Airport Identifier	32		
Runway	6	1~36	1
Runway Direction	2		
Approach Performance Designator	3	0~7	1

Route Indicator	5		
Reference Path Data Selector	8	0~48	1
Reference Path Identifier	32		
LTP/FTP Latitude	32	± 90.0 °	0.0005 sec
LTP/FTP Longitude	16	± 180.0 °	0.0005 sec
LTP/FTP Ellipsoidal Height	24	-512.0~6041.5m	0.1m
FPAP Latitude	24	± 1.0 °	0.0005sec
FPAP Longitude	15	± 1.0 °	0.0005sec
Threshold Crossing Height	16	0~1638.35m or 0~3276.7ft	0.05m or 01ft
Glidepath Angle	8	0~90.0 °	0.01
Course Width	8	80~143.75m	0.25m
Length Offset	8	0~2032m	8m
HAL	8	0~50.8	0.2m
VAL	8	0~50.8	0.2m
CRC Value	32		

2-3 최소 성능 측정 요구 사항과 파라미터 및 최대 허용오차범위 도출을 위한 FAA-ORDER-8200.1D 규정 분석

미연방항공국(FAA)은 비행검사 및 인증을 위한 매뉴얼 FAA-ORDER-8200.1D를 제정하였다. 미국의 항행안전시설을 시험하고 인증하기 위한 기준 및 요구사항을 기술한 문서로 미국 내의 모든 비행검사는 해당 문서를 통해 수행한다. SBAS 비행검사에 관한 사항들 역시 기술되어 있으며 FAA-ORDER-8200.1D에서 요구하는 최소 측정 요구사항들과 이에 대한 파라미터 값 그리고 허용오차범위는 표5, 표6,과 같다. 또한 비행검사 중의 모든 비정상적인 현상 발생유무를 체크 하여 비정상 현상 발생시, 사용된 절차는 문제 해결 시점까지 사용이 반드시 제한되어야 하며, 한국형 SBAS 역시 비정상적인 현상 발생 시를 대비하여 표 7.의 항목들을 문서화시켜 검토하는 과정을 거쳐야 한다[6].

표 5. LP/LPV 비행검사시스템 허용 오차

Table 5. Flight Inspection System Tolerance on LP/LPV.

Parameter	Tolerance
WASS Horizontal Protection Level(HPL)	≤ 40m
WASS Vertical Protection Level(VPL) (*not applicable in LP)	≤ 35m (200~249ft) ≤ 50m (≥ 250ft)
CRC Remainder	Perfect Match (No CRC Error)
Course Alignment	± 0.1° of true course
Glide Path Alignment	± 0.09°
Threshold Crossing Height	+12ft -10ft

표 6. LNAV/VNAV 비행검사시스템 허용 오차

Table 6. Flight Inspection System Tolerance on LNAV/VNAV.

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

표 7. WAAS 평가항목 및 허용오차

Table 7. WAAS evaluation Items and Tolerance.

Parameter	Expected Value
Horizontal Protection Level	≤ 40m
Vertical Protection Level	≤ 50m
HDOP	1.0~1.5
VDOP	1.0~1.5
SBAS Healthy Satellites	4GPS&1GEO
Satellites Tracked	4GPS&1GEO
Satellites in View	4GPS&1GEO
GEO Satellite SNR	30 ≥ dB/Hz
SBAS Sensor Status	"SBAS"

III. 한국형 SBAS 비행검사를 위한 사전 구성 요소 및 사전 평가 요소 분석

3-1 비행 검사를 위한 사전 필요 구성 요소

비행검사를 위해서는 사전에 ICAO DOC 8071 VOL I에서 제시하는 구성요소를 반드시 갖추어야 한다. 필요 구성요소는 각각 승무원, 항공기 그리고 위치고정시스템이다. 비행검사를 위해 필요한 승무원은 2명의 조종사와 1~2명의 엔지니어로 이뤄져야 한다. 특히 엔지니어의 경우 항공당국에서 승인받은 인원이어야 하며 해당 임무에 대한 지식과 경험을 보유해야 한다고 명시되어 있다. 비행검사를 위한 항공기의 경우에는 비행검사에 필요한 항공기의 수, 요구되는 항행시설의 수, 지리적 위치, 검사 주기, 안전나 설치 요건 등을 고려하여 항공기를 선정한다[5]. 마지막으로 위치고정 시스템은 검사하고자 하는 시스템의 위치 정보에 대한 정확성을 평가하기 위한 참조 위치를 제공하는 수단으로 그림 2.와 같이 검사 수행이 진행되는 파트와 절대적으로 분리되어 설계하여야 하며 검사 대상의 정밀도보다 5배 이상의 정밀도가 필요 하다[3]. 주로 관성항법장치(INS)를 주 항법 장치로 하여 GPS, 기압고도계 등을 보조수단으로 구성하며 또 다른 방법으로는 DGPS 기반 장비 활용 방안이 있다. DGPS의 경우 cm 단위 수준의 정확도를 제공 가능한 RTK(real-time kinematic) DGPS 시스템이 사용되며 검사 전에 활주로 근처에 수신기를 설치해야 한다. INS의 경우 경제적인 면에서 DGPS와 비교하여 비효율적이지만 DGPS는 검사 수행 전에 수신기를 설치해야 하는 점 때문에 상대적으로 많은 비행검사 준비 시간이 요구된다. ICAO에서 제시하는 검사 장비 시스템 블록 다이어그램 그림2.를 통해 SBAS 비행검사를 위한 장비 구성을 고려해본다면, SBAS 데이터를 수신하기 위한 수신기와 위치고정 시스템 그리고 이를 비교하는 분석 시스템과 데이터 기록 장비와 분석된 데이터를 시현하기 위해 시현 장비로 구성되어야 한다.[5] 또한 II 장에서 서술하였던 접근절차로서의 비행검사를 위한 장비로 FMS(flight management system)가 요구 된다.

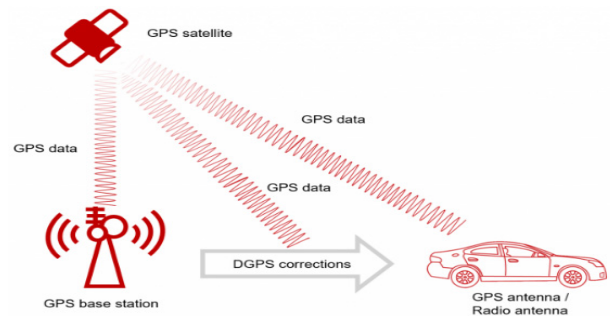


그림 2. Differential GPS 개요
Fig. 2. Differential GPSSystem Overview.

표 8. APV-I 레벨 요구 성능

Table 8. APV-I Level Requirement Performance.

Parameter	Performance Requirements
accuracy horizontal (95%)	16.0m (52ft)
accuracy vertical (95%)	20 m (66 ft)
integrity	$(1-2) \times 10^{-7}$ /approach
time-to-alert	10 sec
continuity	$1 - 8 \times 10^{-6}$ /in any 15 sec
availability	0.99 ~ 0.99999

3-2 비행검사를 위한 사전 평가 요소

ICAO에서는 항법 시스템이 만족시켜야 하는 필수 항법 성능 (Required Navigation Performance) 요소로 정확성, 가용성, 연속성, 무결성에 관한 기준을 제정하였으며 RTCA DO-229D에서도 GPS/SBAS 장비의 최소운영성능 표준에서도 내용을 확인할 수 있다[7][8]. 미국의 경우 SBAS 평가 결과로 필수 항법 성능요소 시험에 관한 결과를 공개하고 있으며 국내 역시 SBAS 개발 완료 시 위 4가지 성능요소에 대해 만족하는지에 대한 여부를 비행검사 이전에 평가하여야 한다. APV-I 급이 만족하여야 하는 지표는 표8. 과 같으므로 SBAS의 사전 평가에서 정확성, 가용성, 연속성, 무결성은 표8.의 요구 성능 기준을 만족해야 한다. 정확성 평가는 SBAS를 통해 계산한 추정 위치와 실제 위치의 차이로 계산되며 시험평가 장비는 SBAS 신호를 수신하며 DO-220D를 준수하고 있는 사용자의 위치를 계산하고 위치고정시스템을 통해 계산된 위치와의 오차를 분석해야 한다. 무결성 평가는 SBAS의 신뢰가 떨어지는 상황에서 이를 사용자에게 지정된 시간 내에 경고할 수 있는가에 대한 평가이다. 앞서 기술한 FAA ORDER 8200.1D에서 제시하고 있는 파라미터인 HPL과 VPL수치가 HAL(horizontal alert limit)과 VAL(vertical alert limit)수치를 넘어서는 정도로 측정하며 각운항단 계별로 정해져 있는 시간 내에 사용자에게 경고를 송출할 수 있어야 한다. 평가와 분석은 비행검사 중 누적한 데이터를 스탠포드차트화 하여 분석하는 것이 일반적인 방법이다. 연속성 평가의 경우 운항 중 항행을 위한 정보가 중단 없이 제공 가능한지에 대

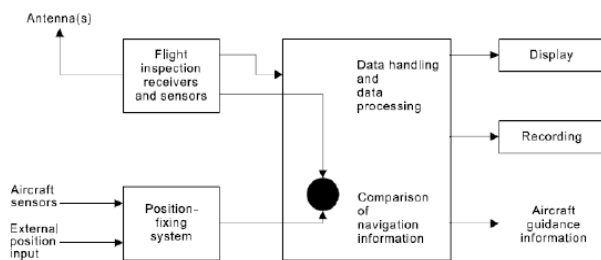


그림 3. 비행 검사 장비 블록 다이어그램
Fig. 3. Flight Inspection Equipment Block Diagram.

한 평가이며 평가 시간 대비 연속성이 만족하지 못하는 시간대를 슬라이딩 윈도우 기법으로 분석하며 총 시간 대비 연속성을 잃은 시간의 비율을 분석해야 한다. 가용성은 위 3가지 기준을 모두 만족한 시간으로 시스템을 정상적으로 가용한 시간을 평가 시간과의 비율로 분석한다[9].

IV. 한국형 SBAS 성능 시험 위한 측정 장비 요구 및 권장 사항 분석

앞서 분석한 비행검사전의 필수 사전 구성요소 사항 중 사전 평가요소를 바탕으로 성능 시험을 위해 핵심이 되는 장비들을 고려하였다. 우선 항공기 탑재 장비를 고려할 때 필수적으로 요구되는 고려사항으로 RTCA/DO-160 이 있으며 테스트 사항들로 는 온도, 고도, 습도, 충격 그리고 신호에 대한 감수성 등 비행 중 발생할 수 있는 다양한 환경조건에 대한 실험 수행 사항들에 관한 규정이다[10]. 가장 근본적인 비행의 이유가 되는 SBAS의 검사를 위해 수신부에서는 시험하고자 하는 시스템인 SBAS 신호 수신을 위한 RTCA-DO-229D 버전 이상 Receiver 를 필요로 하며, (모든 SBAS 위성 코드의 추적을 요구하는 경우 상위 버전인 DO-229E 장비 필요) APV-1 급의 서비스 레벨을 목표로 하고 있으므로 사전 평가를 통해 RTCA DO-229D 에서 제시하는 표8 APV-1 레벨 요구 성능을 만족하여야 한다. 더하여 항공기 자체 정보를 획득하여 SBAS의 비행검사 데이터 분석 시 참조할 수 있는 관성 측정 장치가 요구되며 비행검사 핵심 항목인 비행 중 시스템 신호의 간섭 감지 및 측정을 위한 스펙트럼 분석기가 요구된다.

표 9. SBAS 성능시험 측정 장비 구성 목록

Table 9. Composition Table of Measurement equipment for SBAS Performance Test.

Equipment	Function	Ground/Mount
Antennas	Receive GPS, RTK, SBAS signals	G/M
MODEM	Connects the RTK ground station with the aircraft's RTK mount station	G/M
SBAS Receiver	Generating and Processing Navigation Information	M
RTK Receiver	Position Fixing System	M
RTK Ground	Generating and communicating calibration information	G
Spectrum Analyzer	Interference Signal Analysis	M
Toughbook	Control, data collection and analysis	G/M
IMU	Provide aircraft attitude information	M

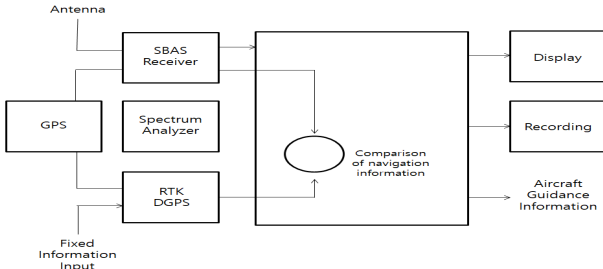


그림 4. SBAS 성능시험 측정장비 구성
 Fig. 4. Composition of Measurement equipment for SBAS Performance Test.

V. 결 론

국외의 경우 SBAS를 구축하고 성능시험 및 검증 그리고 운영개시를 위한 필수 과정인 비행검사를 위한 평가항목이 수립되거나 이미 비행검사가 수행되었으나, 한국형 SBAS는 현재 연구 개발 진행 중으로 비행검사 수행 시의 평가항목 및 평가를 위한 구성요소 수립에 관한 규정 제정이 아직 제정되어있지 않다. 따라서 본 논문에서는 한국형 SBAS의 연구 개발이 완료된 시점에서의 비행검사 절차 수립에 참고가 되기 위해 국토교통부에서 고시하고 있는 항행 안전시설 비행검사 규정, 국제민간항공기구인 ICAO의 위성 기반 항법 비행검사 규정 Doc 8071 Volume 2, 그리고 FAA의 비행검사 규정집 FAA 8200.1D를 분석하여 향후 한국형 SBAS 비행검사 수행 시 요구되는 평가항목 및 필요한 구성요소 방안들에 대한 사항들을 도출하였으며, RTCA 규정집을 참고하여 비행검사 시 최적 장비 구성방안에 관한 사항을 제시하였다. 본 연구의 결과를 통해 한국형 SBAS의 비행검사 평가항목 및 구성요소 수립을 위한 과정에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

Acknowledgments

이 논문은 2018년도 한서대학교 교내 연구지원 사업에 의하



김 영 빈 (Young-Bin Kim)
 2013년 3월 ~ 2020년 2월 : 한서대학교 항공전자학과 (공학사)
 2020년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 대학원 항공기 시스템학과
 ※ 관심분야 : 항공기 시스템, 비행시험, FOD



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)
 1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
 2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템

여 연구되었습니다.

References

- [1] W. R. Kim, G. Y. Hong, H. W. Kang, and K. S. Choi "Analysis of the requirements and design of KASS measuring equipment," *The Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 21, no. 6, pp. 544-548, 2017.
- [2] J. I. Park, E. S. Lee, B. M. Heo, and K. W. Nam "Latest technology trending for satellite based augmentation system," *Technology Trends in the Aerospace Industry*, Vol. 14, no. 1, pp. 191-202, 2016.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Flight inspection regulations for navigation safety facilities, 2017.
- [4] International Civil Aviation Organization, Aeronautical telecommunications, Annex 10 volume 1.
- [5] International Civil Aviation Organization, Testing of satellite-based radio navigation systems, "Doc 8071 volume 2.
- [6] U.S Departments of Transportation Federal Aviation Administration, United states standard flight inspection manual, FAA 8200.1D.
- [7] International Civil Aviation Organization, Required navigation performance authorization required procedure design manual, Doc 9905 AN/471.
- [8] Radio Technical Commission for Aeronautics, Minimum operational performance standards for global positioning system/satellite-based augmentation system airborne equipment "RTCA DO-229D"
- [9] W. R. Kim, A study on evaluation criteria and design of test equipment for flight inspection using SBAS test signals, Master thesis, Hanseo University, Korea.
- [10] Radio Technical Commission for Aeronautics, Environmental conditions and test procedures for airborne equipment, RTCA DO-160.