

미래항공모빌리티(AAM) 와 General Aviation 공동 ADS-B 활용

ADS-B Joint Development for Advanced Air Mobility and General Aviation

윤희석

한서대학교 대학원 항공운항관리학과

Hi-Seok Yoon

Department of Flight Operation and Management, Hanseo University Graduate School, Chungcheongnam-do, 32158, Korea

[요 약]

국제표준항행시스템 (CNS/ATM; communication navigation surveillance/air traffic management) 요소 중에 항공감시의 역할과 비중은 항공 교통 업무의 효율과 안전을 위하여 중요도가 점차 증대해 가고 있다. 그중에 자동 종속 감시-방송 (ADS-B; automatic dependent surveillance-broadcast) 시스템은 위성항법시스템과 디지털 데이터 통신 기술의 발달과 함께 항행 안전과 경제적 이점으로 인하여 그 활용범위가 확대되고 있다. 그러나 국내 사용은 인프라 시설 부족과 시스템 통합의 어려움으로 인하여 부분적 제한적으로만 사용되고 있다. 이에 그 활용도와 장점에 대하여 항공 선진국 사례를 살펴보고 국내 ADS-B 시스템의 효과적 구축 필요성 및 AAM 과 General Aviation 공동 활용의 이점을 찾아보고 국가적 차원의 ADS-B 인프라 시설과 운용 시스템 구축의 타당성을 항공 전문가들의 의견을 분석하여 필요 우선순위를 제시해 본다.

[Abstract]

Among the components of the international standard navigation system (CNS/ATM), the role and importance of aviation surveillance are increasingly critical for enhancing the efficiency and safety of air traffic operations. Among these, the automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B) system has expanded its usage due to advancements in satellite navigation systems and digital data communication technologies, providing both safety and economic benefits. However, its use domestically remains limited due to infrastructure deficiencies and difficulties in system integration. This paper will examine the usage and advantages of ADS-B in advanced aviation nations, assess the necessity for effective ADS-B system implementation domestically, explore the potential joint use of ADS-B with AAM and General Aviation, and analyze expert opinions to propose a priority list for building the required national ADS-B infrastructure and operational systems.

Key word : ADS-B, Advanced air mobility, Aviation industry, General aviation, Joint development.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2024.28.5.657>



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 26 September 2024; Revised 25 October 2024

Accepted (Publication) 28 October 2024 (31 October 2024)

*Corresponding Author; Hi-Seok Yoon

Tel: *** - **** - ****

E-mail: hiyoony@gmail.com

I. 서론

현재 항공업계는 분산전기동력추진(DEP; distributed electric propulsion)과 자동 비행 기술의 발달로 도심의 친환경적 수직 이착륙 미래항공모빌리티 시대를 앞두고 있다. 이를 위해서는 기술적으로 안전한 비행체 개발과 더불어 안전한 항행과 감시 및 통제에 필요한 UAM 항공교통관리(UATM; UAM traffic management) 요소인 국내 ADS-B 기반 시설 구축이 필요하다.

ICAO는 위성항법시스템(GNSS; global navigation satellite system)과 디지털 데이터 통신 기술을 기반으로 한 ADS-B를 항행 감시 수단을 넘어 항공기 위치 추적과 비행경로 최적화 및 공중 충돌 방지용 ACAS(airborne collision avoidance system)-X 등 다양한 분야로 활용범위를 확대하고 있다.

FAA에서는 위성항법시스템을 이용한 ADS-B 사용이 중요한 항행 안전 수단을 인식하고 Alaska에서 시범운행을 시작으로 다양한 성능 안전 시험을 마친 후에 국가적 항행 인프라망을 구축하여 운송용 항공기로부터 General Aviation에 이르기까지 다방면에 적용하여 항공 안전에 기여하고 있다.

GNSS를 이용한 ADS-B 시스템은 저고도로 비행하는 미래 항공모빌리티 시대에 안전을 위한 주요 항법 수단으로의 역할이 예상되며 위성기반오차보정시스템 (SBAS; satellite based augmentation system) 사용은 항로 비행과 활주로 접근 시에 위치결정 성능 정밀도를 더욱 높여줄 수 있다.

국내 항공에서는 2010년경부터 국내 ADS-B 시스템 구축 필요성의 연구와 조사를 진행하였음에도 불구하고 현재까지 운송용 항공기 위주로 보조적 관제 수단의 제한적 사용만 하고 있다. 현재 국내 항공은 운송용 항공기 이용 확대와 더불어 General Aviation 관련 경량 항공기, 회전익항공기, 초경량 항공기의 이용이 증가하고 있으며 무인 항공기와 미래항공모빌리티의 시대 또한 도래하고 있다. 이에 FAA의 ADS-B 구축 및 활용을 조사해 보고 국내 일반항공 영역에서 구축 및 활용 확장이 필요한 이유와 항공 기본 인프라로서 국가적 시스템 구축의 필요성을 살펴본다.

연구 방법은 General Aviation 교수와 UAM 연구 개발 중사 전문가 및 ADS-B 사용 경험 전문가들 간의 포커스 그룹 토론 (FGD: focus group discussion)과 K-UAM 기술로드맵 항행 분야 기술 평가내용을 반영하여 계층적 의사결정 방법(AHP; analytic hierarchy process)의 계층 필요 요소를 설정하였고 전문가 그룹 간의 설문 내용을 바탕으로 체계적인 ADS-B 망 구축 필요성과 우선순위를 도출하였다. 이 연구를 통하여 증가하는 항공 교통량의 효율적 관제와 저고도에서 운용될 미래항공모빌리티 및 General Aviation 운항의 안전을 높이고 ADS-B 관련 인프라 설비와 장비 및 운용 소프트웨어 산업이 국제 경쟁력을 갖출 수 있는 생태계 조성이 앞당겨지기를 바란다.

II. FAA의 ADS-B 시스템 구축과 장비 규정

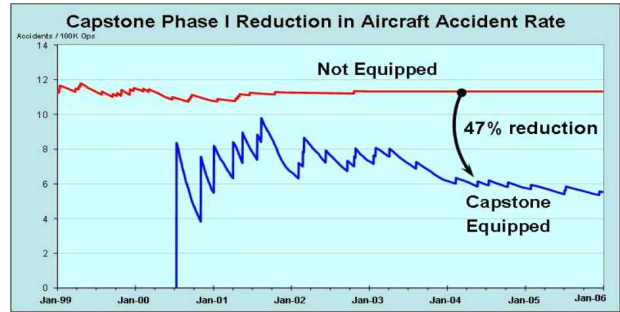


그림 1. 캡스톤 1단계 항공기 사고 감소율 (2000~2004년) [1]
 Fig. 1. Capstone phase I reduction in aircraft accident rate (2000~2004 Years).

표 1. 미국 항공기 ADS-B 장착과 작동 성능 불량 NPE 데이터
 Table 1. US aircraft ADS-B equipage and avionics performance NPE data.

Date	1090ES	UAT	Dual	Equipped(N)	Good	NPE* (%)
2022.10.1	119,322	40,852	1,262	161,458	153,436	8,022(5.0)
2023.10.1	123,934	40,177	1,300	165,351	155,906	9,455(5.7)
2024.7.1	127,636	39,206	1,302	168,144	160,300	7,844(4.9)

* NPE : non performing emitter

2-1 Alaska Capstone Program 과 ADS-B 시스템 구축

FAA는 ADS-B 시스템의 항행 안전성과 효율성을 검증하기 위해 1999년부터 2006년까지 Alaska에서 General Aviation 항공기들 위주로 Capstone Program을 운영하였다. 그 결과 그림1과 같이 2000년부터 2004년까지의 사고 감소율을 47%까지 감소시키는 데 성공했으며 그 이후에 FAA는 이 시스템을 미국 전역으로 확대 적용하여 전국 ADS-B 프로그램에 통합하여 운영하고 있다.

FAA는 ADS-B 커버리지 지역 내에서 장비의 적절한 작동과 지상 시스템의 수신 표준 준수를 확인하기 위해 항공기 소유자, 운전자 그리고 항공 전자 장비 설치자 및 유지보수 담당자에게 특정 비행에 대한 성능 데이터를 제공 및 공유하고 있다[2]. 이것을 통해 반영된 FAA ADS-B 성능 보고서의 운영 보고에 따르면 ADS-B 장착 항공기가 충돌 회피 능력 향상, 비행 중 근접 충돌 감소, 통제 구역 감시 향상, 갈등 해결 시간 단축, 악기상 회피 능력 증가, 지상 기반 인프라 의존성 감소 등 안전성 향상의 효과가 있다는 것이 보고되고 있다.

표2는 FAA가 2017년부터 2024년까지 미국에서 운항하는 항공기를 대상으로 한 ADS-B 장착률과 작동 성능 불량 NPE 데이터 통계 중에서 최근 3년간 데이터이다. 통계를 보면 1090ES 및 UAT와 복합장비 장착률이 증가하고 있으며 또한 ADS-B 운용 데이터도 장착 및 송수신 성능 불량률(NPE) 약 5% 외에는 안정적인 95% 성능 신뢰성 유지가 확인된다[3].

2-2 ADS-B 작동형식과 ADS-B 장비 규정

ADS-B		
RTCA DO-242A		
Mode S-ES (1090MHz)		UAT (978MHz)
RTCA DO-260B		
Mode A	Mode C	Mode S
ATCRBS		RTCA DO-181
ICAO Annex 10 Volume 4		RTCA DO-282B

* ATCRBS : Air traffic control radar beacon system

그림 2. 트랜스폰더 기반 Mode S-ES 와 UAT 형식 ADS-B
Fig. 2. Transponder based mode S-ES and UAT type ADS-B [4].

ADS-B 작동형식은 Transponder 1090MHz 주파수를 이용하는 Mode S-ES(extended squitter) 방식과 고도 18,000ft 이하에서 많은 항공 교통량의 주파수 혼잡을 방지하기 위해 978MHz 주파수를 할당하여 FAA에서 운용하는 UAT(universal access transceiver) 방식 및 유럽 위주로 사용되는 VDL Mode 4(VHF data link mode 4) 방식이 있다. 현재 ICAO는 1090ES 와 UAT 방식을 표준 권고안으로 채택했다. 경제적 확장성 면에서는 1090ES 방식이 선호되고 양방향 데이터 통신의 장점이 있는 UAT 방식은 TIS-B(traffic information service broadcast) 와 FIS-B(flight information service broadcast)를 통해 다양한 비행 안전 정보를 제공할 수 있다. 그림2는 ADS-B 형식별 요구되는 항공기 장착 장비 규격에 대한 RTCA(radio technical commission for aeronautics) 표준사항이다.

ICAO는 국제표준항행 감시 능력 향상과 비행 안전을 위하여 ADS-B 시스템 설치 운영을 권고하고 있다. 지역별 ADS-B 장비 성능 요구 사항은 공역과 항공기 성능에 따라 차이가 있으며 국가별로 의무 장착 유예기간을 두어 실행하고 있다. 항공기에 장착되어있는 Transponder와 GPS 장비의 성능향상은 항공기 위치 정보 및 전송 정확도를 높여주어 효율적 공역 감시와 통제를 가능하게 해준다. 그러므로 현재 FAA는 Transponder에 DO 260B 장비와 GPS 수신기에 대해 3~5m 오차범위 내의 SBAS 급 성능을 요구하고 있다.

III. 국내 AAM과 General Aviation ADS-B 공동 활용방안

3-1 국내 ADS-B 및 MLAT 구축 및 이용 현황

현재 국내 ADS-B 설치 및 운용현황은 한국공항공사 항행 시설부 자료 표 2와 그림3과 같으며 인천항공교통관제 지역관제소(ACC: area control center) 운용국과 대구 ACC 운용국 및 각각 200NM 범위의 수신영역을 담당하는 지역 지상국으로 ADS-B OUT 기능이 장착된 항공기 정보가 지상 수신기와 위성을 통해 수신되게 된다. ADS-B 시스템의 데이터 신뢰성을 보

표 2. 국내 ADS-B 및 MLAT 현황 (2024.9.1.기준)
Table 2. Status of ADS-B and MLAT in South Korea.

ADS-B Location	No	Server / Receiver	MLAT Airport
Incheon ACC	1	Server + Receiver	RKSI
Daegu ACC	1	Remote Server	RKSS
Hanla Radar Site	1	Receiver	RKPK
Anyang Station	1	Receiver	RKPC
Kangneung Station	1	Receiver	RKNY
Busan Station	1	Receiver	
Daegu Station	1	Receiver	Airport Plan
Yechon Station	1	Receiver	RKJB
Pohang Station	1	Receiver	RKTL
Buan Station	1	Receiver	
Jeju Station	1	Receiver	
Ear/Ulrung/Baekrung Is.	1	Plan	

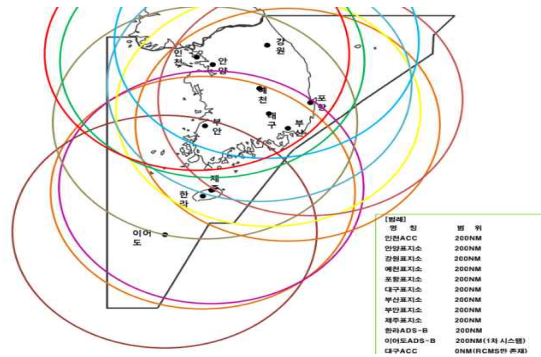


그림 3. ADS-B 수신 범위 영역 (각원 200NM)
Fig. 3. ADS-B coverage (each circle 200NM)

완하여 주는 다변측정(MLAT; multilateration) 항공감시 시스템은 지상 감시용 및 항로/접근 감시용 장비로서 국내 주요 공항 위주로 운용되고 있으며 점차 범위를 확대하여 운영하고 있다. 그러나 국내 ADS-B 정보들은 국가 항공 교통 관제용으로만 사용되므로 FAA와 같이 민간항공 안전을 위한 정보 제공이 안되어 민간 및 기타 항공기관이 ADS-B 정보를 활용하기 위해서는 각각 자체 수신기와 운용 프로그램을 통해 구축하거나 해외 ADS-B 운용 업체 수신기와 프로그램을 이용해야 한다.

3-2 소방청 · 산림청 등 헬기 ADS-B 구축 시도

소방헬기는 화재·구조·구급 등 업무 특성상 긴급을 요하는 비행 임무가 많다. 이러한 긴급업무의 효율을 위해서는 비행 임무 상황에 대한 감시와 통제가 중요하다. 그리고 산불 공중 진화 시에는 산림청 헬기(48대)와 소방헬기(30대) 및 민간 임차 헬기(77대)·군 헬기·해경 헬기를 필요에 따라 같이 투입하고 있다. 대형 산불 공중 진화 업무 시에는 여러 기관에서 많은 산불 진화 헬기가 투입되나 지휘·통제 헬기의 육안 관측과 음성 통신에 의존하여 비행을 통제하므로 임무 수행 중 항공 안전 위험이 상존한다. 그러므로 긴급 감시업무를 효율적으로 수행하기 위해서는 모든 헬기에 ADS-B 장착과 운용 시스템 구축이 필요하다. 근래 소방본부 항공과에서는 비행 임무 감시와 통제 목적으로 소방헬기 ADS-B 구축 및 활용 방법을 찾아 보았으나

표 3. 미국과 비교한 UAM 항공 교통 관리 기술 수준 및 격차

Table 3. UAM air traffic management level and gap compared to USA [5].

Air Traffic Management Fields	Level(%)	Gap(Year)
UAM Integrated Traffic Management	59.2	-3.6
UAM CNSI* Management	64.9	-3.1
Transportation Operation System	60.9	-2.4
Data Analysis and Sharing System	56.3	-2.5

* CNSI : Communication Navigation Surveillance information

표 4. GPS 사용 계기접근과 ADS-B 사용에 관한 EASA 설문

Table 4. EASA survey about IFR approach using GPS and ADS-B [6].

Q 1. You consider the area-wide implementation of IFR approach procedures also for smaller airfields based on GPS, with vertical guidance (LPV) like in the USA in order to safely and reliably conduct flights also in bad weather, as:

49 (%)	22	22	3	4
--------	----	----	---	---

Q 2. For improving flight safety, the free provision of weather, traffic and NOTAM information during flight, as provided in the USA via low-cost receivers(ADS-B) and without a mandate for equipage, is:

70 (%)	21	7	1	1
--------	----	---	---	---

very important neutral / no opinion very unimportant

구형 Transponder Mode C 장비가 장착된 헬기에서는 호환성의 문제로 ADS-B를 장착할 수 없었고 ADS-B가 장착된 헬기 또한 저고도 비행 중 음영구역의 수신 불량 문제가 발생했다.

3-3 AAM 과 General Aviation 공용 ADS-B 구축 필요

표 3은 한국형도심항공교통(KUAM) 기술로드맵에서 항공 선진국과 국내 UAM 관련 기술 현황에 대한 비교분석 자료 중에서 항공 교통 관리 분야에 대한 항목이다. 조사된 14개 분야 중 UAM 항공 교통 관리 분야가 가장 뒤쳐진 것으로 나타났다.

표 4는 EASA (European Aviation Safety Agency)에서 GAMA - IAOPA (general aviation manufactures association - international aircraft owners and pilots association) 협력하에 유럽 32개국에서 2,688명의 개별 응답자들과 6,085대의 General Aviation 항공기가 참여하여 2019년 실시한 설문 중에 일반항공을 위한 GPS 사용 계기접근과 ADS-B 사용에 관한 내용이다. 여기에서 응답자들은 악기상하에서 안전과 신뢰성을 증대시키기 위하여 소형공항 포함 GPS 기반 광범위한 계기 비행 접근 절차의 필요성과 저렴한 ADS-B를 통한 안전 정보 제공이 대부분 매우 중요하다고 응답했다.

국내에서는 도심항공교통 (UAM; urban air mobility)이 수도권 실증 테스트 후에 미래항공모빌리티 시대가 시작되게 되며 General Aviation 용도의 항공기 수요 또한 늘어나고 있다. 초기 UAM 운영은 항법 성능을 충족시키는 설계된 회랑 위주로 저고도 운용하게 되나 지역항공교통 (RAM; regional air mobility) 상용화 시대에는 다양한 지역에서의 항법 성능과 안전을 확보해야 한다. 그러므로 이러한 미래항공모빌리티 항행의 안전을 준비하기 위해서라도 저고도 운용이 많은 헬기를 포함한



그림 4. 태안 비행장과 서산공항 및 주변 공역 [7]

Fig. 4. Air space around Tae'an airfield and Susan air base.

General Aviation 항공기들의 항행과 안전을 위한 공용 ADS-B 항로 망 구축이 필요하다. FAA를 비롯한 항공 선진국에서는 이러한 필요 사항을 만족시키는 ADS-B 항로 망 구축이 이루어져 운송용 항공기에서 경비행기까지 그리고 헬기, 기구, 공항 지상 차량 등의 광범위한 용도로 사용되고 있다. 또한 FAA ADS-B mandate 의무 장착 2020.1.1. 실시 이후에는 관련 장비의 보급률 확대에 연관 산업의 발전이 가속화되고 portable ADS-B 장비의 소형화 및 보편화로 인한 가격하락 등 긍정적인 선순환 효과를 보고 있다.

3-4 태안 비행장 ADS-B, KASS 시범운영 방안

태안 반도에 위치한 그림4의 한서대학교 태안 비행장(적색 화살 표시)은 radar와 계기접근 시설이 없는 VFR 훈련 비행장임에도 불구하고 경비행기 24대 헬리콥터 2대 그리고 타 기관 비행기까지 많은 비행 소터와 관제량을 유지하고 있다. 그리고 북쪽 저고도에는 무인기 훈련 UV 랜드가 있고 북동쪽 인근에는 공군 서산 비행장(정색 화살 표시)이 위치해 있어 공역 입출항 및 훈련 비행시 VFR 상태의 통신 관제만으로는 안전에 문제가 있다. 태안 비행장에서는 ADS-B 성능 시험을 위한 연구가 있었으나 부분적 항법 정밀도 성능테스트 위주로 진행되었다.

FAA가 Alaska에서 capstone program을 통해 ADS-B 시스템의 항행 안전성과 효율성을 검증한 후에 미국 전역으로 ADS-B 설치 운영한 것과 같이 비행장 항법 시설이 없으면서 비행 소터가 많은 조건을 활용하여 국가적 차원의 ADS-B 성능테스트 실시가 요구된다. Radar 시설이 없는 소형공항에서 ADS-B는 경제적이고 효율적인 Radar 대체제가 될 수 있으며 공중과 지상 항공기의 감시 및 충돌 예방 그리고 VFR과 비 정밀 계기접근 시에 활주로의 수용 능력을 향상시킬 수 있다.

국토부가 2023년 12월 운영 개시한 한국형 위성항법보정시스템 (KASS; Korea augmentation satellite system)은 GNSS 위치 오차를 1~1.6m까지 줄여주어 정밀하고 신뢰성이 요구되는 활주로 정밀 접근 절차를 가능하게 해주고 있다. 현재 무안국제공항과 울산공항에서 KASS를 이용한 접근 절차를 시범운영 하고 있으며 정밀도와 안전성이 확인되면 더 많은 공항에서 운영

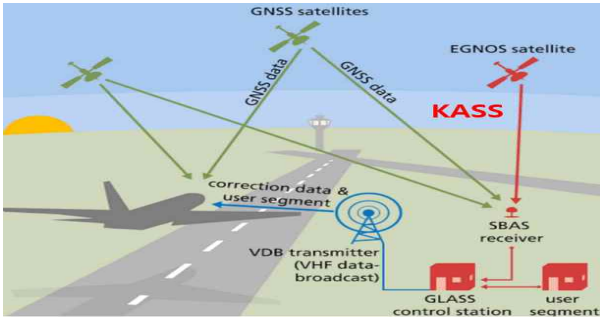


그림 5. SBAS(KASS) 이용 정밀 접근 및 GLS (Ground based augmentation Landing System) 착륙 [8]
Fig. 5. GLS Approach and landing using SBAS(KASS).

할 예정이다. 그러나 모든 계기 시설과 레이더 서비스가 완비된 공항뿐만 아니라 태안 비행장과 같은 VFR 비행장에서의 KASS 활용 접근 절차 수립은 General Aviation 항공기들의 안전 확보와 더불어 효율성 및 경제성 그리고 유지·보수 면에서 많은 장점을 가질 수 있다. 그림5는 앞으로 필요한 GNSS 위성 기반 SBAS 활용 GLASS (GLS Approach using SbaS) 정밀 접근 및 GBAS 와 VDB(VHF data broadcast) 보정 데이터를 이용한 착륙 방식이다.

IV. 국내 ADS-B 체계 구축 및 활용을 위한 우선순위 요소 AHP 분석

4-1 연구 방법 및 조사 대상

국내 헬기를 포함한 General Aviation과 AAM의 안전을 위한 ADS-B 체계 구축 및 활용을 위한 우선순위를 정하기 위하여 AHP 의사결정 방법을 사용했다. AHP는 문제가 복잡하고 다수 평가 기준이 있을 경우 평가 요소 사이의 상대적인 중요도 및 선호도를 비율 척도(ratio scale)로 측정하여 정량적 결과를 도출하는 방법으로 공공 정책의 수립, 사업의 타당성 검토 등 현실적인 문제에 적용할 수 있다[9].

연구를 위한 가중치 판단조사 대상은 첫째, General Aviation 관련 항공대학 교수 7명과 둘째, UAM 연구 개발 종사자 7명과 셋째, ADS-B 운항 사용 경험 전문가 7명을 대상으로 설문 진행을 하였다.

4-2 우선순위 요소 AHP 분석 절차

국내 ADS-B 체계 구축과 활용을 위한 우선순위 계층적 의사 결정 방법 AHP 평가를 위해 그림 6처럼 제1계층에는 시설 및 인프라 구축 부분과 운영체계 구축 부분 그리고 법/제도/행정 체계 부분 등 독립된 3개 부분으로 계층 구조를 설정하였다. 제 2계층에서는 각각의 동일 수준에 존재하는 요소들을 대상으로 상대 비교 행렬을 구성하였다. 그리고 Saaty(1982)의 9점 척도

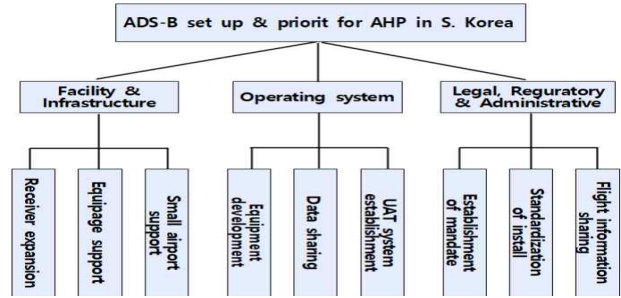


그림 6. 국내 ADS-B 체계 구축 및 활용 우선순위 AHP 요소
Fig. 6. ADS-B system set up and utilize priority elements for AHP in South Korea.

표 5. 우선순위 요소 AHP 평가항목별 가중치(중요도)
Table 5. Priority elements and weightings of AHP.

1 Level	Total	2 Level	Details
Facility & Infrastructure (ADS-B)	0.470	Receiver expansion	0.130
		ADS-B Equipage support	0.199
		Small airport support	0.141
Operating system	0.264	Equipment development	0.086
		Data sharing	0.075
		UAT system establishment	0.104
Legal, Regulatory & Administrative	0.266	Establishment of mandate	0.133
		Standardization of install	0.047
		Flight information sharing	0.086

설문 결과를 바탕으로 변수의 상대적 중요도 및 선호도를 쌍대 비교하여 가중치를 추정하고 일관성 검증을 실시하였다. 끝으로 가중치를 종합화하여 요소 간 우선순위를 결정하였다.

4-3 국내 ADS-B 체계 구축 및 활용 우선순위 결과 분석

평가항목의 1계층인 ‘시설 및 인프라 구축’, ‘운영체계 구축’, ‘법/제도/행정체계’의 타당성 가중치는 표5의 결과처럼 각각 0.470, 0.264, 0.266 로 계산되어 평가자들은 시설 및 인프라 구축의 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단하고 다음으로 법/제도/행정체계, 운영체계 구축 순이었다.

시설 및 인프라 구축 항목의 2계층인 ‘ADS-B 수신기 확대’, ‘ADS-B 장착 지원’, ‘소형공항 시설 지원’의 가중치는 각각 0.130, 0.199, 0.141로 나타났다. 평가자들은 1 ADS-B 장착 지원 타당성 항목을 상대적으로 가장 중요한 것으로 판단하고 있으며 다음 순위들은 2 소형공항 시설 지원, 3 의무 시행법 수립, 4 ADS-B 수신기 확대, 5 UAT 시스템 구축, 6 운용 장비개발, 7 비행 정보 공유체계, 8 ADS-B 데이터 공유, 9 장착인증 표준화 순이었다.

AHP 분석에서 합리적 일관성 유지를 확인하기 위해서 응답 일관성 검증을 실시하였다. 여기서 일관성 비율 (consistency ratio)이 0.1 미만이면 분석 결과를 신뢰할 수 있는 경우이다. 분석 결과 전체 일관성 지수(CI)는 0.025, 일관성 비율(CR)은 0.043으로 모두 신뢰할 만한 수준으로 분석되었다.

V. 결 론

오늘날 항행에서 GNSS를 기반으로 한 ADS-B 사용은 정확성과 편리함 그리고 안전성 향상 및 경제적 이점으로 인하여 활용도와 중요도가 커지고 있다. 현재 FAA에서는 다양한 종류의 항공기들이 미국 전역에서 운항 중에 이용할 수 있도록 ADS-B 관련 신뢰성이 향상된 지상 및 항공기 장비와 운영시스템을 구축하여 500ft에서 10,000ft까지 고도별 수신 가능 공역 정보 제공과 더불어 비행정보서비스(FIS-B)와 교통정보서비스(TIS-B)를 제공하여 안전하고 원활한 항행이 이루어지도록 하고 있다.

유럽과 아시아 그리고 그 외의 여러 나라들도 ADS-B 도입 정책에 따라 장비구축과 운용 능력 향상에 상당한 진전을 보이고 있다. 그러나 국내는 운송용 항공기를 제외하고는 일반항공에서는 ADS-B OUT 장착 및 활용이 극히 제한적이다.

현재 항공업계는 미래항공모빌리티 시대라는 전환기적 시점에 와 있다. 국내 항공 학계와 업계도 4차 산업과 관련하여 UAM에 대한 관심과 연구 및 투자가 항공 선진국 이상으로 높다. 그러나 항공의 기초인 General Aviation 분야는 비행 훈련 교육기관을 제외하곤 상대적으로 항공기의 다양한 활용과 발전이 정체되어 있다. 더불어 이들을 위한 기본 시설 및 인프라 구축과 운영체계는 충분히 이루어지지 않고 있다. 그러므로 UAM에 대한 국가적 관심도와 기업들의 투자 그리고 항공인들의 열망이 많은 지금이 미래를 위하여 ADS-B와 KASS를 이용한 국가적 기본 인프라 시설들을 AAM 과 General Aviation 그리고 무인비행체 안전을 위하여 구축할 적기라 여겨진다.

앞으로 예상되는 다양한 항공 교통 수요의 증가에 맞춰 국가적 차원에서 기존 구축 범위 외의 저고도 비행체 모두 이용할 수 있도록 위성 항행시설의 체계적인 설치가 요구되며 필요하다면 민관 협력 체계를 갖춰서 항공학교와 경량 비행장 등 ADS-B 수신기 활용도가 높은 지역부터 확대 보급해야 한다. 그리고 항공 교통 공유체계 구축 시에 민감한 국가 항공 교통정보의 보안 문제가 있다면 필터링시켜 ADS-B 와 MLAT 항공 교통 정보 공유체계를 갖춰야 한다. 그래야 비행장 감시 접근시설이 잘 갖춰지지 못한 소형 비행장에서도 위성 시스템을 이용하여 비행 안전과 효율적 운용 및 경제성을 갖춘 운항 감시 시스템을 갖출 수 있다. 또한 본 연구에서 도출된 국내 ADS-B 체계 구축과 활용을 위한 우선순위 AHP 연구 결과 분석과 같이 우선순위를 설정해 실현 가능한 것부터 진행되기를 바란다.

본 연구는 항공 선진국의 앞선 ADS-B 구축 및 활용사례를 통한 국내 적용의 필요성과 타당성 제시 차원의 활용 연구이므로 차후 더 전문적인 항행 전문가와 관련 기술적 연구자들에게 의하여 구체적 설치 방법과 효율적 운영 방법에 관한 연구들이 수행되어 대한민국 공역과 상황에 적합한 모델들이 제시되고

General Aviation부터 미래항공모빌리티까지 동반 발전적 차원에서 전국적인 ADS-B 항행 인프라망과 실용적 운영시스템 구축이 앞당겨 실현되기를 바란다.

References

- [1] Alaska Department of Transportation and Public Facilities, *Surveillance and broadcast services capstone statewide plan (Version 7.1)*, Alaska, USA, 08 August 2007. Retrieved from <https://dot.alaska.gov/stwdav/forms/CapstoneStatewidePlan7.1FinalSigned.pdf>.
- [2] Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, *Public ADS-B performance report (PAPR) levels*, [Internet]. Available: <https://adsbperformance.faa.gov/PAPRRequest.aspx>.
- [3] Federal Aviation Administration, *Air traffic technology, ADS-B current equipage levels*, [Internet]. Available: https://www.faa.gov/air_traffic/technology/equipadsb/installation/current_equipage_levels.
- [4] Brandon C. Burfeind, *Interoperable ADS-B Confidentiality*, Master of Science in Electrical Engineering, Air Force Institute of Technology, USA, 2020. Retrieved from <https://scholar.afit.edu/etd/3156/>
- [5] Korea Aerospace Industries Association · National Research Foundation of Korea, *K-UAM technology road map*, KAIA · NRF, Daejeon, pp. 176. Jun 2021. Retrieved from <https://www.kaia.re.kr/www.nrf.re.kr>.
- [6] General Aviation Manufacturers Association, *GAMA-IAOPA Europe GA Survey 2019-Final Results* [Internet]. Available:<https://gama.aero/wp-content/uploads/2020-0131-GAMA-IAOPA-GA-Survey2019-Final-Results.pdf>
- [7] Hanseo University Flight Education Center, *Tae'an Airfield Flight Procedure*, Hanseo University Tae'an Airfield, Mar. 2023.
- [8] J. Biernatzki and T. Dautermann, "An operational concept flying GLS approaches using satellite-based augmentation systems," *CEAS Aeronautical Journal*, Vol. 14, pp. 539-551, Jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13272-023-00643-4>.
- [9] R.W. Saaty, "The analytic hierarchy process-what it is and how it is used," *Math Model*, pp. 161-176, Sep. 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).



윤 희 석 (Hi-Seok Yoon)

1988년 2월 : 한국항공대학교 항공기계공학과 (공학사),
1989년 7월 : 해군항공전단 함재헬기 조종사,
1995년 4월 ~ 2024년 3월 : 대한항공 수석기장,
※관심분야 : 항공운항, AAM, 항공감시, 항공안전관리

1989년 3월 : 육군항공학교 회전익 과정 수료
1993년 12월 : 호주항공대학 CAA 과정 수료
2023년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공융합 대학원