

비행시험을 통한 ADS-B 운영상의 효과에 관한 연구

A Study on Operational Benefits of ADS-B through experimental Flight Test in Tae-An Airport

홍교영*, 김도현**, 오경륜***

Gyo-Young Hong*, Do-Hyun Kim**, Kyung-Ryoon Oh***

요 약

본 논문에서의 ADS-B 비행시험은 CDTI상에 목적고도가 제공될 경우 항공교통관제사 및 조종사에게 운영상 어떠한 효과가 있는지를 실증하고자 시행되었다. 또한 이 비행시험은 현 항공교통관제업무 환경에서 ADS-B 운영시험을 하는 최초의 연구이자 향후 우리나라에 ADS-B의 배치를 고려하기 전에 운영상의 실질적인 정보를 제공하기 위한 연구이다. 비행시험을 위해 ADS-B 장비가 탑재된 H 대학교의 항공기 2대가 이용되었고, 충남 태안소재 태안비행장에 지상국이 구축되어, 기 설정된 비행절차에 따라 비행시험이 수행되었다. ADS-B 비행시험 결과 통신주파수 사용횟수 및 주파수 점유시간이 기존의 시스템에 비해 현저하게 줄어들음을 확인하였고, 따라서 항공교통관제사의 업무량(workload) 뿐만 아니라 조종사의 상황인식도 뚜렷하게 개선되어짐을 확인할 수 있었다.

Abstract

The flight test of ADS-B is to demonstrate operational benefits to air traffic controllers and pilots when other aircraft data including the aiming altitude is displayed on CDTI. Additionally, This ADS-B study is to provide first operational experience of ADS-B in ATCS environment of South Korea and provide practical information to ATCS before deployment of ADS-B in South Korea is considered. Participation in the flight test has been limited to 2 Aircraft of H University which are installed ADS-B equipment and the ground station has installed in Tae-An airport. This test have been experimented according to the pre-arranged flight procedures of Tae-An airport. As a result of the test, it has shown that the number of radio transmitting and the time of radio occupied between controller and pilot are remarkably reduced. Besides, as both pilot and air traffic controller are able to see the traffic information in the vicinity of the aircraft, the test has demonstrated that it is possible for ADS-B not only to decline the controller's workload, but also to enhance pilot situational awareness in the near future.

Key words : Flight test, Surveillance, ADS-B, CDTI, Data-link, Ground Station, Voice Communication

* 한서대학교 항공기술연구소

** 한서대학교 항공교통관리학과

*** 항공우주연구원

· 제1저자 (First Author) : 홍교영

· 접수일자 : 2007년 5월 15일

I. 서 론

현재 항공교통관리(ATM)분야가 지닌 최대 현안은 국가경제발전으로 항공교통량이 년 평균 11% 씩 증가하고 있어 인천 및 김포공항 인근 공역과 같은 항공교통 밀집지역은 물론이고 가까운 미래에 국내 전 항공로에서 항공기의 지연(delay)이 발생할 것이며 이를 어떻게 해결해야 할 것이냐에 관한 문제이다. 이와 같은 항공 교통량의 증가로 2010년 이후에는 기존의 항행안전시설로는 운용의 한계에 다다를 것으로 예측되고 있고 이로 인한 운용비용의 상승 및 사고 위험성 증대도 피해가지 못한 현실로 다가올 것이다. 이는 현행 항공 안전 문제가 지상시설에 의존한 지역적 한계도 있고 그나마도 국토의 70%가 산악 지형인 국내 여건상 대부분의 지방 공항은 지상 계기 착륙시설(ILS)의 설치 및 운영조차 어려운 상황에다가 군사적 요인으로 인한 공역 협소 문제까지 겹쳐진 상황이기 때문에 국내 민간 항공기의 효율적인 운항을 위해서라도 대안 마련이 시급한 실정이다[1].

국제민간항공기구(ICAO)는 2010년까지 데이터 통신 및 위성시스템(항법, 통신)을 기반으로 하는 위성항행시스템(CNS/ATM)¹⁾의 도입을 의무화하고 있기 때문에 새로운 CNS/ATM의 구축에 따른 체계적인 기반 연구가 필수적으로 요구되고 있다[2]. 또한 기존의 레이더체계에 의존하던 항공감시기능은 데이터 통신기반에 의한 항공감시구현을 위한 연구가 진척됨에 따라 레이더를 back-up해주는 새로운 감시체계로의 전환을 준비하고 있다. 그 대표적인 예가 ADS-B이고 다양하고 복잡한 CNS의 복합 기술 중 ADS-B 분야는 가장 시스템 연동성이 강한 분야이므로 이 분야를 중심으로 사전 성능 및 효용성을 파악하기 위한 비행시험이 종합적으로 연구되는 것은 반드시 필요하게 된다.

본 논문은 국내의 ADS-B 기술개발과 관련하여 국제기구 및 국가의 전환계획에 따른 국가적 수요에 대응하고, 향후 국내 CNS/ATM 시설 구축을 위한 필수적인 기초연구가 될 뿐만 아니라 실제 운용상에 있어 국내 환경에 기반을 둔 독자적이고 종합적인 성능

및 효과에 대한 확인결과를 확보할 수 있는 점을 주요 근간으로 삼고 있다. 항공분야에 있어 새로운 시스템에 대한 연구/개발은 체계적인 비행시험으로 완성되므로 현재까지 부분적으로 수행되었던 국지적인 개발 기술과 향후 연계될 개발사업과의 체계적인 연계를 통하여 포괄적인 CNS/ATM 분야의 기반 기술의 확보도 가능해지리라 예상되기에 CNS/ATM 분야에 대한 기반 연구로 그 의미가 크다고 본다.

비행시험은 Test-bed를 대안비행장에 설치하여 진행되었다. 연구목적으로 무엇보다도 ADS-B의 감시 기능을 시험, 확인하기 위한 첫 ADS-B 운영시험을 실시하기 위함이고, 둘째로 시험대상공항에서 ADS-B In(수신) 장비인 CDTI²⁾를 이용하여 비행시험(Operational Flight Test)³⁾을 시행하고 이를 통하여 ADS-B의 최대 수혜자가 될 항공교통관제사 및 조종사에게 미칠 운영상의 효과(Benefits)를 확인하며, 셋째로 국내에 ADS-B의 배치가 고려되기 전에 항공교통관제분야 및 운항분야에 필요한 운영상의 정보를 미리 살펴보기 위함에 있다[3].

II. ADS-B의 개요 및 선진연구사례

2-1 ADS-B의 개요

ADS-B는 일종의 감시기술(surveillance technique)로 디지털 데이터링크를 통하여 항공기 및 지상 차량이 자신의 벡터정보(위치정보, 속도정보) 및 기타 항공기 정보를 주기적으로 방송하는 시스템을 의미한다. ADS-B는 공역이용을 개선하고, 구름이나 시정에 의한 제한사항을 완화시키며, 지상감시기능의 강화와 항공안전의 향상을 도모할 수 있는 미래의 중요 CNS/ATM 기술 중 하나이다.

초기 ADS-B는 항공교통관제기관에 의해 감시 및 상황인식 강화가 그 목적으로, 특히 기존의 레이더에 비해 저비용이면서도 공중 및 지상이동 감시에 탁월하며, 레이더 통달범위 밖의 레이더감시업무 소외지

2) CDTI : Cockpit Display of Traffic Information의 약어

3) 본 논문에서 '비행시험(Operational Flight Test)'라 함은 CDTI 화면의 데이터 블록에 목적고도(Aiming Altitude)를 포함한 항공기 정보를 관제사와 조종사가 동시에 확인 가능할 경우 운영자에게 어떠한 운영상의 효과가 있는지 비교하기 위한 비행시험을 의미함.

1) CNS/ATM : Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management

역(remote area) 또는 산악지역에서 효과적으로 적용할 수 있어 일반항공(General Aviation)의 ACAS⁴⁾를 구현하기 위하여 개발되었다[4].

감시(S) 개념은 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)에서 다음과 같이 정의하고 있다[5].

“Detection, tracking, characterization and observation of aircraft, other vehicles and weather phenomena for the purpose of conducting flight operations in a safe and efficient manner.”

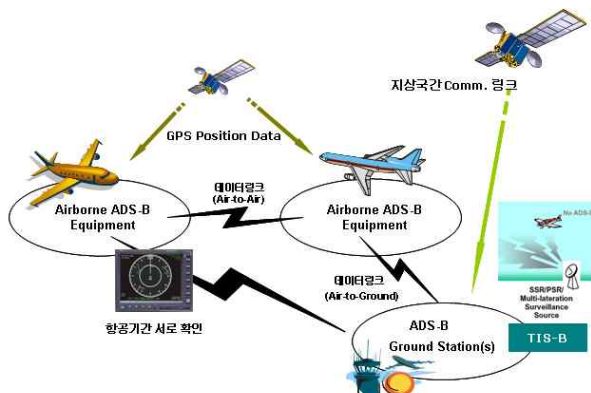


그림 1. ADS-B 개념도
Fig. 1. ADS-B Concept

ADS-B는 이러한 감시기능을 수행하기 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 항공기 정보 메시지를 만들고 송수신하는 처리과정을 말하므로 결과적으로 이러한 기능은 보다 확장된 지역에서의 감시정보, 상황인식 및 의사결정을 개선하게 되어 관제상의 항공기 분리 업무를 지원하게 된다. 이런 개념이 함께 들어있는 ADS-B 데이터는 현재의 레이더비컨 시스템, Mode S, TCAS 및 항공교통관제 레이더와 함께 사용될 수도 있고 혹은 단독으로 감시기능을 수행할 수도 있게 되는 장점을 부가적으로 지니게 된다.

감시 성능면에서 기존의 레이더와 비교하면 그림 2에서 보는 바와 같이 FAA에서 실시한 B727 비행시험을 통하여 기존 레이더보다 ADS-B 데이터가 더욱 정밀함이 입증된 바 있다(그림 2 참조).

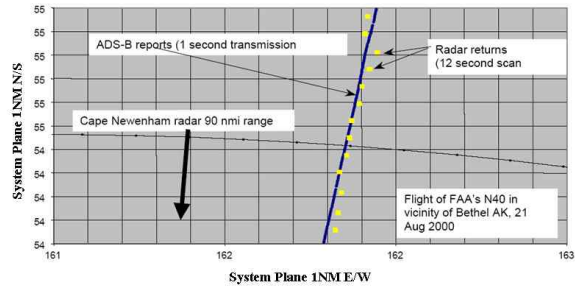


그림 2. 감시레이더와의 비교
Fig. 2. Long Range RADAR/ADS-B Comparison

지상감시를 위한 ADS-B는 항공기의 ADS-B Out(전송)만 있으면 되고, ADS-B In(수신)은 부가적으로 적용되어 ADS-B의 응용 가능성을 크게 향상시키게 된다. ADS-B In 성능과 관련한 장비와 업무는 다음과 같다.

- CDTI: 다른 항공기와 지상시설로부터 송신된 ADS-B 정보를 바탕으로 주변 항공기를 현시.
- TIS-B⁵⁾: ADS-B 비탐재 항공기 또는 다른 형태의 데이터 링크로 전송하는 항공기에 대해 지상시설에 의해 uplink된 정보를 방송.
- FIS-B⁶⁾: 지상에 기반을 둔 비행정보 업무 및 기상데이터 uplink.

또한 ADS-B 위치 정보(report)를 중계하기 위해 제안되고 있는 데이터링크 방법은 다음과 같다.

- 1090MHz Mode S Extended Squitter(ES)
- Universal Access Transceiver (UAT)
- VHF Digital Link(VDL) Mode 4

2-2 ADS-B의 선진 연구사례

2-2-1 미국 Safe Flight 21 프로그램[6]

이 프로그램은 정부와 기업이 공동으로 참여하여 실제 환경 하에서 CNS의 성능과 Free Flight와 관련된 절차를 검증하기 위하여 9개의 기능으로 나누어

4) ACAS : 공중충돌방지시스템(Airborne Collision Avoidance System)의 약어

5) TIS-B : Traffic Information Services-Broadcast의 약어

6) FIS-B : Flight Information Services-Broadcast의 약어

수행되고 있다. RTCA에 의해 설정된 ADS-B를 이용한 기능별 평가내용으로는 다음과 같다(그림3 참조).

- 분리기준치 개선
- 저시정에서 접근절차의 개선
- 주변 항공기로부터의 회피기동
- 항로상에서의 공대공 기능강화
- 지상 항공기/차량의 감시기능개선
- 관제사의 지상 항공기/차량 관리 강화
- Non-Radar 지역에서 감시범위 확대
- CFIT 감소를 위한 방법
- 조종석에서의 기상 및 기타 정보관련 기술

이러한 시험을 통하여 항행의 안전, 효율성, 성능, 인증, 조종사 및 관제사의 상황인식, 인적요소 등을 강화할 수 있는 방안 및 향후 과제를 제시함은 물론 미국은 ADS-B가 FIS-B와 TIS-B와 함께 시행되게 되면 적어도 10,000대 이상의 항공기와 수많은 지상국들이 이 시스템을 이용할 것으로 예상하고 있어 선점을 위해서도 이 프로그램을 적극적으로 추진하고 있다.

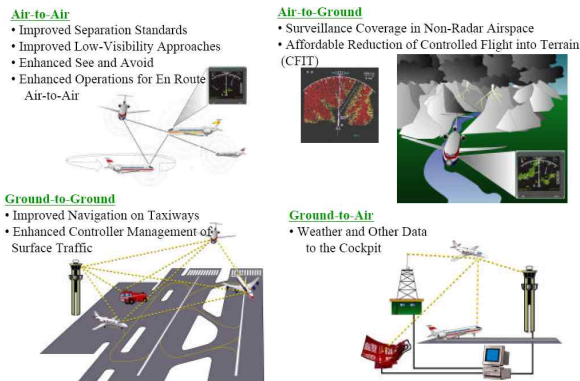


그림 3. Safe Flight 21
Fig. 3. Safe Flight 21

2-2-2 미국 Capstone 프로그램[7]

미국의 알래스카에서 진행 중인 Capstone 프로그램은 현대기술의 실시 및 사용을 가속화함으로써 단기적으로 항공안전 및 효율성 증대를 유도하기 위한 안전에 초점을 맞춘 기술 프로그램으로, 이 프로그램은 다양한 다른 프로그램들과 다중으로 연결되어 있으며 미국의 NAS계획에 따라 FAA, 알래스카 지사

체, 항공산업체 등이 함께 자발적인 참여로 공동 개발 중에 있다.

FAA는 2005년 7월에 Bethel, Aniak과 St. Mary 지역에서 ADS-B 항공기 타깃과 레이더 항공기 타깃(혼합 환경)간의 최소분리기준 확인을 시작하였고 8월에는 시험지역을 Dillingham과 King Salmon 지역까지 확대하였다.

또한 2006년 4월에 10개의 단계 I GBT에서 Volpe 센터에 ADS-B 데이터를 전송하기 위해 새로운 테스트구축이 앵커리지 ARTCC에서 이루어졌다. 이 새로운 체계는 기존의 항공교통관제 자동레이더추적시스템(관제석 제공화면)이 아닌 대체 수단에 의해 데이터를 제공하게 되어 10개 GBT로부터 제공된 데이터는 이제 제3의 항공기 추적장치(aircraft tracker vendors)를 통해 이용할 수 있고 이로써 Yukon-Kuskokwim Delta 지역에서 ADS-B 데이터에 의한 가장 완벽한 화면을 제공하게 되었다.

Capstone 프로그램 2단계 시행 후 알래스카에서는 항공사고율을 40%이상 감소시키는 등 ADS-B의 도입으로 항공기의 안전운항에 크게 기여하여, 이 결과에 고무된 미 의회는 전체 Safe Flight 21예산을 10% 증액하여 배정하였다.

2-2-3 호주 ADS-B 프로그램[8]

호주 항공당국은 새로운 링크 기술을 통하여 안전 및 운영상의 이점(benefits)을 증대시키기 위한 ADS-B 연구 및 적용지역을 확대해 가고 있고, 현재 ADS-B관련 프로그램은 다양한 개발단계로 구성되어 있다.

III. 비행시험 체계 및 실시

표 1. 호주 단계별 ADS-B 프로그램

Table 2. ADS-B program of Australia

<ul style="list-style-type: none"> • Burnett Basin Operational Trial
<p>ADS-B의 기술 및 운영상의 지식과 경험을 얻기 위한 프로그램. 단일 ADS-B 지상국의 설치, 호주 ATM 시스템에 ADS-B 통합, 항공기에 ADS-B 시스템의 설치 등이 포함되어 실시됨.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Upper Airspace Program
<p>고고도, Non Radar 지역에서 단기적으로 항공기의 안전 및 운영상의 이점을 제공하기 위한 프로그램.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Australian Transition to Satellite Technology
<p>항공로에서 ADS-B를 지대공, 공대공 감시의 1차적 수단으로 하기 위해 설계되었던 가장 중요한 장기적 프로그램.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Research and Development Programs
<p>저고도공역에서 ADS-B 프로그램을 용이하게 하기 위한 연구/개발활동으로, 일반항공을 위한 저비용 ADS-B 송신기 공대공 ADS-B 수신기 및 CDTI의 개발을 포함함.</p>

2-2-4 유럽 ADS-B 프로그램

스웨덴의 LFV Group은 국가 전역에 12개의 지상국을 통해 항공교통관제의 최적화는 물론 항공사의 실질적인 비용절감 및 환경상의 이익을 도모하고자 ADS-B 시험을 진행하고 있다. 시스템의 배치는 공항 및 항공사와 긴밀한 협조 하에 설치되고 ADS-B 기준에 부합하는 차세대 통신시스템에서 획기적인 약진을 보이고 있다.

지상국은 2006년 초부터 설치가 이루어지고 네트워크는 2007년에 완전한 형태로 운영되어질 것으로 계획되어 있고, VDL Mode 4를 기반으로 하여 지상국의 네트워크는 ADS-B, TIS-B, FIS-B, GNS-B (DGNS augmentation)와 Point-to-Point 통신서비스를 지원할 수 있고, VDL 4 송수신기를 장착한 항공기는 연료소모의 저감 및 비행시간의 단축을 가져올 것으로 예상하고 있다[9].

그밖에 유럽 각국은 국가 및 기관별로 다양하게 ADS-B에 관한 시험을 진행 중에 있으며 대표적인 프로그램으로 NUP 프로젝트, ADS Mediterranean upgrade 프로그램, CASCADE 프로그램 등을 들 수 있으며 ADS-B의 선점을 위해 지대한 관심 하에 연구되어지고 있다.

3-1 비행시험 체계

본 비행시험을 위하여 H대학교 태안비행장에 ADS-B 및 TIS-B를 위한 지상국(Ground Station)을 설치하였다.

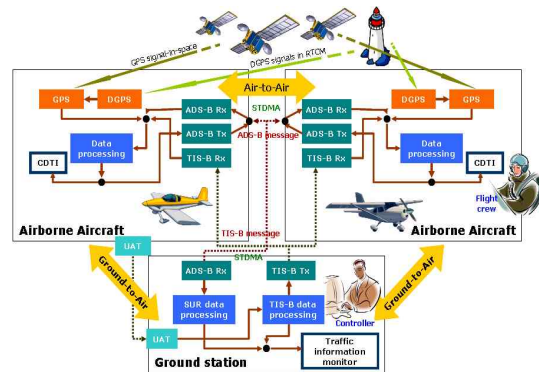


그림 4. ADS-B 비행시험 체계도

Fig. 4. System architecture of ADS-B flight test

그림 4는 이번 비행시험을 위해 구축된 ADS-B 비행시험의 체계도로, 각 송수신기 및 데이터 프로세싱 장비를 통하여 ADS-B, TIS-B 메시지와 D-GPS 정보를 처리하였고, 데이터링크는 태안비행장에서 사용 가능한 VHF 주파수대역(121.600~121.975MHz) 중 121.6MHz를 STDMA⁷⁾ 방식을 이용하여 항공기와 항공기, 항공기와 지상국간을 링크 시켰다. 이러한 데이터 링크를 통하여 항공기 및 지상국에 설치된 CDTI에 ADS-B 장비를 탑재한 항공기의 데이터를 실시간으로 시현하여 관제사와 조종사가 동일한 화면을 보며 해당 업무를 수행할 수 있도록 하였다.

또한 비행시험을 위해 2대의 Cessna 172R 항공기가 참여하였으며 그림 5는 참여 항공기와 비행시험에 사용된 항공기 탑재장비 및 지상국장비를 보여주고 있다. 탑재장비에는 탑재용 CDTI 및 ADS-B 데이터 프로세서, ADS-B 데이터 송수신기, VHF 안테나, DGPS 수신기 등이 사용 되었고, 지상장비로는 지상용 CDTI, ADS-B 송수신기, ADS-B 데이터 프로세서, DGPS 안테나 등이 사용되었다.

7) STDMA : Self-organized Time Division Multiple Access의 약어로 VHF 데이터링크를 위한 프로토콜 말함.



그림 5. ADS-B 비행시험 장비

Fig. 5. ADS-B equipment for flight test

효과적인 비행시험을 위하여 비행시험 전에 시나리오에 대한 사전 브리핑이 실시되었다. 브리핑에는 H대학교의 항공교통관제(ATCS) 시뮬레이터가 이용되었는데 이 시설은 비행시험 후 실제 비행시험에 대한 검증과정을 거치기 위하여 사후 시뮬레이션(Post-Simulation)을 수행하는데도 이용되었다.

비행시험을 위한 브리핑은 참여하는 항공교통관제사 및 항공기 조종사의 상황인식을 높이기 위하여 사전에 정해진 시나리오 즉, 태안비행장에서 일상적으로 이루어지는 비행절차를 바탕으로 설정하여 실시하였다. 비행시험절차는 그림 6에서 보는 바와 같이 총 3개의 단계(segment)로 이륙 후 상승단계, 체공단계, 강하단계로 구성하였다. 상승단계는 활주로 15로 출발하여 2회의 장주비행을 거친 후 태안비행장에 설정된 waypoint를 거쳐 6000피트까지 step-up 상승을 하는 단계이고, 체공단계는 6000피트에서 1000피트까지 step-down 방식으로 체공하는 단계이며 강하단계는 BACKA지점(4500피트)에서 1000피트까지 하강하는 단계를 말한다.

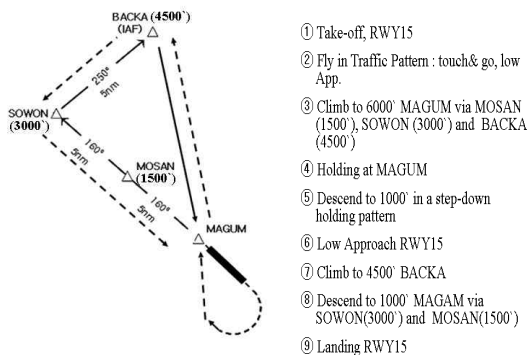


그림 6. ADS-B 비행시험절차도

Fig. 6. Flight Test procedures

3-2 비행시험의 실시 및 음성통신량 분석



그림 7. ADS-B 비행시험공역

Fig. 7. Navigable Airspace for ADS-B

공간적 범위는 태안비행장 북측 9~30km에 위치한 비행시험공역(36.40N 126.12E, 36.46N 126.07E, 36.54N 126.15E, 36.45N 126.20E)으로, 지상국(ground station)을 태안비행장 관제탑에 구축(그림 7 참조)하고 총 2대의 항공기에 CDTI를 포함한 ADS-B 장비를 장착한 후 ADS-B 및 TIS-B 메시지의 VHF 데이터링크 test 등을 거쳐 실시되었다.

비행시험은 미리 설정된 비행시험절차에 따라 진행되었다. 각 단계의 비행시험시간은 평균 25분 내외로 일상적인 비행형태를 따라 실시되었고, 항공교통관제사와 조종사간의 주파수 사용횟수 및 주파수 점유시간은 태안비행장 관제탑 음성녹음장치를 이용하여 그 결과를 ADS-B 조건하에서 음성통신량과 비교하여 어떠한 변화가 있는지를 분석하였다.

ADS-B 조건시에 사용되는 용어(Phraseologies)는 ADS-B를 실제로 운영하고 있는 호주를 비롯하여 미국, 유럽의 표준 관제용어를 바탕으로 국내 항공교통관제사와 조종사가 교신내용을 명확하게 이해할 수 있는 용어를 선별하여 본 비행시험 및 사후 시뮬레이션에 적용하였다(표 2 참조).

표 2. ADS-B 조건시 관제용어(Phraseologies) 적용 예
Table 2. Examples of Radiotelephony for ADS-B

단계	관제용어(Phraseologies)
상승단계	C : Magpie1100, ADS-B contact, fly by own ADS-B, report over MAGUM 6000ft
	C : Magpie1091, ADS-B contact, fly by own ADS-B, maintain separation, report over MAGUM 6000ft
제공단계	C : Magpie1100, Hold at MAGUM, ADS-B 1000ft step-down from 6000ft to 1000ft, report reaching 1000ft
	C : Magpie1091, Hold at MAGUM, ADS-B 1000ft step-down from 6000ft to 1000ft, maintain 1000ft separation, report reaching 1000ft
강하단계	C : Magpie1100, fly by own ADS-B, report over MAGUM 1000ft
	C : Magpie1091, fly by own ADS-B, maintain separation, report over MAGUM 1000ft

그림 7은 항공기 탑재용 및 지상국에서 수신된 CDTI 화면으로 ADS-B 탑재 항공기의 주변정보를 포함한 비행절차의 진행상황을 보여주고 있다. 항공기 데이터블록(data block)에는 기존의 레이더시설로는 제공될 수 없었던 목적고도(aiming altitude)를 포함하여 항공기 call-sign, 위치정보, 현 고도 및 고도 변경상황을 제공해 주고 있다.

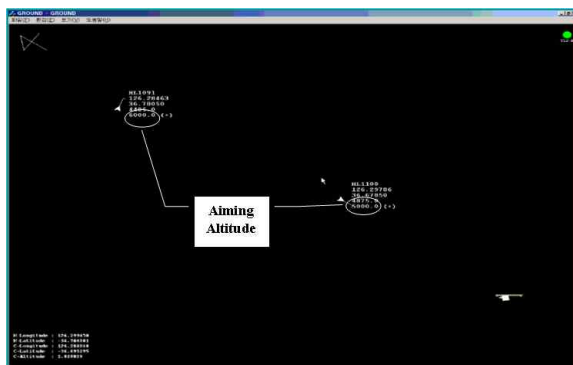


그림 7. 비행시험 CDTI 예
Fig. 7. An example of CDTI blip

사후 시뮬레이션(post-simulation)은 비행시험이 종료된 이후에 수행된 시험의 데이터 및 교신내용을 바탕으로 ADS-B 조건하에서 항공교통관제업무(ATCS)의 변화, 특히 음성통신량(주파수 사용횟수 및 주파수 점유시간)을 비교분석하기 위한 과정으로, 비행시험에 참여한 항공교통관제사 및 조종사와 함

께 시뮬레이터를 통해 동일조건으로 다시 수행하였다(그림 8 참조).



그림 8. 사후 시뮬레이션 화면 예 - 강하단계
Fig. 8. An example of post-simulation picture

IV. 비행시험 분석결과

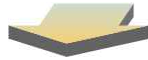
본 비행시험은 항공기 및 지상국에 설치된 CDTI 상에서 제시되는 항공기정보 특히 목적고도정보를 이용하여 ADS-B의 운영상 이점(benefits)을 확인하고자 진행되었다. 비교대상은 음성통신량 즉, 주파수 사용횟수와 주파수 점유시간으로, 수행된 비행시험은 물론 비행시험결과 나온 데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 통하여 반복적으로 기존 시스템 환경에서의 차이를 비교분석을 하였다.

표 3은 비행시험 및 시뮬레이션을 통하여 각각 기존 ATCS 환경에서의 음성통신량과 ADS-B 조건에서의 음성통신량을 비교한 결과를 보여주고 있다. 주파수 사용횟수는 기존 환경에서 각 단계별로 관제사는 평균 10회(상승단계), 15회(제공단계), 6회(강하단계)를, 조종사는 평균 20회, 27회, 12회로 나타났는데, ADS-B 조건에서는 관제사가 각 단계에서 2회를, 조종사는 4회를 나타내어, 교신횟수가 많았던 제공단계에서 관제사는 무려 86.7%가, 조종사는 85.2%가 감소하는 개선효과를 보였고 상승단계 및 강하단계에서 관제사 및 조종사 모두 각각 80.0%, 66.7%의 개선효과를 보였다. 주파수 점유시간의 경우, 관제사는 상승, 제공, 강하단계에서 각각 66.7%, 61.4%, 48.4%가 감소하였고, 조종사는 60.0%, 54.9%, 42.2%가 감소하여 주파수 점유시간은 상승, 제공, 강하단계 순으로 뚜렷하게 개선됨을 알 수 있었다.

표 3. 음성통신량 비교결과

Table 4. Results of voice communication volume

기존 환경	Average Number of Radio Tx			Average Time of Radio occupied(초)*		
	상승	체공	강하	상승	체공	강하
관제사	10	15	6	66	83	31
조종사	10/10(20)	16/11(27)	6/6(12)	42/38(80)	47/35(82)	23/22(45)



ADS-B 환경	Average Number of Radio Tx			Average Time of Radio occupied(초)*		
	상승	체공	강하	상승	체공	강하
관제사	2	2	2	22	32	16
조종사	2/2(4)	2/2(4)	2/2(4)	14/18(32)	18/19(37)	13/13(26)

* 주 : 선행항공기/후행항공기 (합계)

전체적으로 ADS-B 조건에서 주파수사용횟수는 관제사가 약 80.6%, 조종사는 79.7%가 감소하였고 주파수 점유시간은 기존 환경에 비해 관제사가 61.1%, 조종사가 54.1% 감소하여 그만큼의 개선효과가 있음을 보여주고 있다. 이 분석결과에서 기존 시스템이 ADS-B로 전환될 경우 조종사보다도 관제사가 더 큰 효과 및 수혜를 볼 것으로 예상할 수 있게 되었다.

또한 기존시스템에서 제공하지 못하던 목적고도(aiming altitude) 제공을 포함하는 CDTI의 항공기 탑재는 음성통신량의 혁신적인 감소를 가져오고, 이를 통하여 관제사 및 조종사의 업무량이 뚜렷하게 개선됨을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 관제사는 보다 감시(S)업무에 전념할 수 있어 항공교통업무 측면에서 항공안전의 증대를 가져올 수 있게 되고, 조종사는 ADS-B 조건에서 본연의 업무인 항공기운항에 더욱 집중할 수 있게 되어 조종사의 상황인식(situational awareness) 증대효과도 기대할 수 있음을 본 연구를 통하여 확인할 수 있었다.

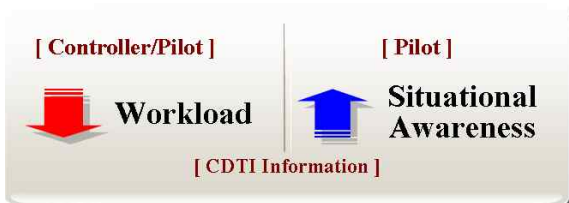


그림 9. 비행시험 분석결과

Fig. 9. Results of analysis through the flight test

V. 결 론

본 연구는 국내 ADS-B 도입을 위해 반드시 준비되고 선행되어야할 비행시험으로, 지상국(ground station)을 태안비행장 관제탑에 구축하고 태안비행장 북측 9~30km에 위치한 비행시험공역에서 총 2대의 항공기에 CDTI를 포함한 ADS-B 장비를 장착한 후 ADS-B 및 TIS-B 메시지의 VHF 데이터링크 테스트 등을 거쳐 실시되었다.

비행시험은 미리 설정된 비행시험절차에 따라 3개의 단계로 나누어 실시되었다. 각 단계의 비행시험시간은 평균 25분 내·외로 일상적인 비행형태를 따라 실시되었으며, 항공교통관제사와 조종사간의 주파수 사용횟수 및 주파수 점유시간을 관제탑 음성녹음장치를 이용하여 확보하였고 그 자료를 ADS-B 조건하에서 음성통신량과 비교하여 어떠한 변화가 있는지를 분석하였다.

분석결과, 기존 환경에서보다 ADS-B 조건하에서 음성통신량이 현저하게 감소함을 확인하였다. 이를 통하여 항공교통관제사 및 조종사의 업무량이 개선되는 효과를 얻을 수 있음도 확인하였고, 조종사의 경우는 ADS-B로의 전환이 상황인식(situational awareness) 증대 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

또한, ADS-B가 조종사 보다 항공교통관제사 업무량을 더욱 개선하는 것으로 분석되었다.

본 연구는 제한적인 지역에서 한정된 항공기를 이용하여 비행시험이 이루어졌다. 그러나 국내에서 처음으로 ADS-B를 이용한 운용시험이므로 앞으로 각 단계별로 운용시험범위를 확대하는 연구가 필요할 것으로 판단되며, 특히 상황에 따라 항공안전을 저해할 환경을 지닌 공항에서의 지속적인 운용시험의 확대가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 공공기술이사회의 '차세대 위성항행시스템 핵심기술과제'의 일환으로 진행되었으며, 이에 관련 기관에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 남기욱 외, “항공용 위성항법기반기술개발”, 위탁과제2차년도보고서, 건설교통부, 2006.
- [2] 홍교영, 김도현, “차세대 위성항행시스템 핵심기술개발-ADS-B 비행시험기술개발,” 위탁과제보고서, 항공우주연구원, 2006.
- [3] 김도현, 홍교영, "Operational Test on Benefits Analysis of ADS-B in Tae-An Airport", ICAO Seminar & SITF/6, 2007.
- [4] ICAO, ADS-B Study and Implementation Task Force, Brisbane, Australia, 24-26 March, 2003.
- [5] RTCA, "Minimum Aviation System Performance Standards for ADS-B", 2002.
- [6] Safe Flight21 ADS-B Projects (www.adsb.gov).
- [7] Capstone ADS-B Project (www.faa.gov).
- [8] Airservices Australia ADS-B info (www.airservicesaustralia.com).
- [9] NUP phase II project (www.nup.nu).

홍 교 영 (洪敎榮)



1990년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
 1992년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학석사)
 1999년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과(공학박사)

1993년 ~ 2002년 8월 : (주)대한항공 한국항공기술연구원 선임연구원

2002년 8월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자시물레이션학과 부교수

관심분야 : 항공전자, 항법, 항공기 시스템

김 도 현 (金道賢)



1997년 2월 : 한국항공대학교 항공교통학과(이학사)

2000년 2월 : 한국항공대학교 항공교통학과(이학석사)

2005년 8월 : 한국항공대학교 항공교통학과(박사과정수료)

현재 : 한서대학교 항공교통관리학과 교수

관심분야 : ATM, 공항운영

오 경 륜(吳昶倫)



1995년 2월:인하대학교 항공우주공학과(공학사)

1998년 8월:인하대학교 항공우주공학과(공학석사)

2006년 3월~현재: 한국과학기술원 박사과정

2002년3월~현재:한국항공우주연구원

원

관심분야 : 위성항행시스템, CNS/ATM, ADS-B, 충돌회피 알고리즘 등