

論文

지상운영시험을 통한 ADS-B 효과에 관한 연구

김도현*, 홍교영**, 오경륜***

A Study on Benefits of Ground Operational Test using ADS-B
in Tae-An Airport

D. H. Kim, G. Y. Hong, K. R. Oh

Abstract

The ADS-B test is a program that is examining the use of ADS-B, especially CDTI for aircraft surveillance in Korea. The ADS-B project is to provide operational benefits to Air Traffic Controllers in the selected area and provide first operational experience of ADS-B in ATCS environment of South Korea. For these objectives, the ground station has installed in Tae-An airport,

Participation in the Ground Test has been limited to 4 Aircraft of Hanseo University which are installed ADS-B equipment. Ground test is a test that is examining on the movement area of Tae-An Airport on the assumption that the visibility is below weather minia of the airport. This test have been experimented as pre-arranged scenarios.

In view of the results achieved, it has shown that the volume of voice communication between controller and pilot are remarkably reduced. Additionally, as both pilots and air traffic controllers are able to see the positions of traffic 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 : ADS-B, CDTI, Ground test, TIS-B, CNS-ATM

I. 서 론

우리나라는 1992년부터 차세대 위성항행시스템(CNS/ATM) 구축을 추진하여 왔으나 국내 전환계획과 예산, 기반기술 등의 미비로 사업이 원활하게 추진되지 못하고 있다, 특히 CNS/ATM 연구에 대한 일환으로 국내의 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B) 연구 및 개발 동향은 극히 미흡한 상황으로, 일종의

시설 구축 사업에 따라 개별 시스템의 도입 및 부분 개발 그리고 일부 부분적인 비행시험이 수행된 정도로 아직 체계적이며 전반적인 연구 및 개발은 이루어지지 않고 있는 실정이다[1].

그간 CNS/ATM 연구에 있어 부분적으로 수행된 항목은 항공통신(C)분야의 VHF Data-Link를 기반으로 한 D-ATIS¹⁾, 위성항행(N)분야의 DGPS(Differential GPS) 기반의 LAAS 시스템 비행시험과 감시분야(S)의 국지적인 도입운영사례로 인천국제공항에서 항공기로부터 ADS-B 신호를 수신하는 수신 테스트를 일부 수행한 바가 있다. 시범 운영사례로는 1997년 12월 ADS와 CPDLC(Controller Pilot Digital Link

† 2007년 5월 15일 접수 ~ 2007년 6월 13일 심사완료

* 한서대학교 항공교통관리학과 조교수

연락처, dhkim@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장

** 한서대학교 항공기술연구소장

*** 항공우주연구원 선임연구원

1) D-ATIS : Digital Automatic Terminal Information Service의 약어

Communication)를 대구 ACC에서 시범 운용한 경험 정도를 들 수 있다[1].

대한항공 및 아시아나는 2008년경에 장거리 항공기(B744, B772, B773, A332, A333)에 ADS-B 도입 예정으로, 이와 같이 도입까지 예정되어 있는 ADS 분야는 부분적인 수행 등은 사례로 들 수는 있으나, 각종 CNS 정보가 통합, 관리되는 ADS-B와 같은 체계적인 개발 및 시험 분야는 그동안 수행되지 못하였다.

이에 본 연구는 ADS-B의 감시기능을 시험, 확인하고 그 효과(Benefits)를 검증하기 위한 연구로 Test-bed를 태안비행장에 설치하여 진행되었다. 연구목적으로 무엇보다도 ADS-B의 감시기능을 확인하기 위한 첫 운영시험을 실시하기 위함이고, 둘째로 시험대상공항에서 ADS-B In 장비인 CDTI)를 이용하여 항공기 지상운영시험(Ground operational test)을 시행하고 이를 통한 항공교통관제업무(ATCS : Air Traffic Control Services) 상의 효과를 확인하며, 셋째로 국내에 ADS-B의 배치가 고려되기 전에 ATCS에 필요한 운영상의 정보를 미리 살펴보기 위함이다[2].

이를 통하여 국내의 ADS-B 기술개발과 관련하여 국제기구 및 국가의 전환계획에 따른 국가적 수요에 대응하고, 향후 국내 CNS/ATM 시설 구축을 위한 필수적인 기초연구 및 시설 구축에 따른 기반 설비 연구로, 실제 운용상에 있어 국내 환경에 기반을 둔 독자적이고 종합적인 성능에 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.

따라서 이번 지상운영시험을 통하여 국내에서 초보적인 단계에 있는 ADS-B의 비행시험기술의 축적은 물론 지금까지의 ADS-B 기술을 바탕으로 변화될 환경, 특히 최대 수혜자가 될 항공교통관제분야와 운항분야에서의 효과를 검증해 보고자 한다.

II. ADS-B 개요 및 선진 연구사례

2) CDTI : Cockpit Display of Traffic Information의 약어

2.1. ADS-B의 개요

ADS-B는 전용무선데이터링크를 통하여 항공기가 자신의 정보(현재 위치, 고도, 속도, 항공기 등급, call-sign 및 선회, 상승, 하강 등)를 지속적으로 방송하는 시스템으로 일반적으로 ADS-B out 기능을 의미한다.

초기 ADS-B는 항공교통관제기관에 의해 감시 및 상황인식 강화가 그 목적 이었고 특히 기존의 레이더에 비해 저비용이면서도 공중 및 지상이동 감시에 탁월하며, 레이더 통달범위 밖의 레이더 감시업무 소외지역(remote area) 또는 산악지역에서 효과적으로 적용될 수 있으며, 일례로 호주에서는 기존에 레이더업무가 제공되지 않는 소외 지역에서 ADS-B를 이용한 감시업무를 제한적으로 적용하고 있다[3].

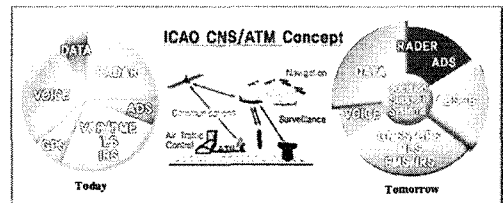


Fig. 1 ICAO의 CNS/ATM 개념도

감시(surveillance)의 개념은 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics)에서 다음과 같이 정의하고 있다[4].

“안전하고 효율적인 운항을 위하여 항공기, 기타 차량 및 기상현상을 탐지(detection)하고 추적(tracking)하며 그 특성을 부여(characterization)하고, 관측(observation)함.”

ADS는 이러한 감시기능을 수행하기 위해 항공기 정보 메시지를 만들고 전송하는 처리과정을 말하므로 결과적으로 이러한 기능은 보다 확장된 지역에서의 감시정보, 상황인식 및 의사결정을 개선하게 되어 관제상의 항공기 분리업무를 지원하게 된다. 이런 개념이 함께 들어있는 ADS 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.

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 성과와 관련한 장비와 업무는 다음과 같다.

- CDTI: 다른 항공기와 지상시설로부터 송신된 ADS-B 정보를 바탕으로 주변 항공기를 현시.
- TIS-B³⁾: 항공교통관제에 의한 감시 하에 주변의 항공기에 대해 지상시설에 의해 uplink 된 정보(report)로, 이 업무(service)는 제한된 범위에서 ADS-B와 함께 수행되어짐.
- FIS-B : 지상에 기반을 둔 비행정보 업무 및 기상데이터 uplink.

또한 ADS-B 위치 정보(report)를 중계하기 위해 전 세계적으로 제안되고 있는 3가지 link solution은 다음과 같다.

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

2.2 ADS-B 선진 연구사례 검토

2.2.1 미국 Safe Flight 21 프로그램[5]

이 프로그램은 정부와 기업이 공동으로 참여하는 프로그램으로 실제 환경하에서 CNS의 성과와 free flight와 관련된 절차를 시험하였다. RTCA에 의해 설정된 ADS-B를 이용한 시험내용으로는 다음과 같다.

- 조종석에서의 기상 및 기타 정보관련 기술
- CFIT 감소를 위한 방법에 관한 기술
- 저시정에서 접근절차의 개선에 관한 기술
- 주변 항공기로부터의 회피기동에 관한 기술
- 지상이동 항공기 및 차량의 감시기능 개선에 관한 기술
- Non Radar 지역에서의 감시범위 확대에 관한 기술
- 분리기준치 개선에 관한 기술 등

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 프

그램을 적극적으로 추진하고 있다.

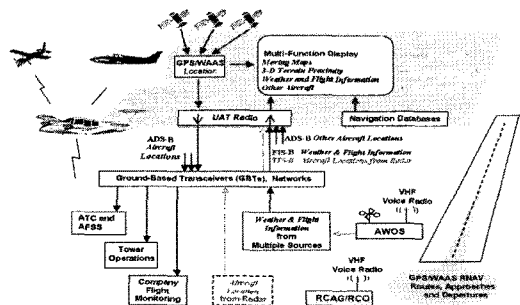
2.2.2 미국 Capstone 프로그램[6]

미국의 알래스카에서 진행중인 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 지자체, 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 확대하였고, 이후 지속적으로 다음의 모든 서비스도 시험 중에 있다.

- Flight Information Services-B (FIS-B)
- Support for Search & Rescue
- Operator Fleet Monitoring
- Advisory information to the Bethel Airport Traffic Control Tower
- Traffic Information Services-B(TIS-B)

2006년 4월에 10개의 단계 I GBT에서 Volpe 센터에 ADS-B 데이터를 전송하기 위해 새로운 테스트구축이 앵커리지 ARTCC에서 이루어졌다. 이 새로운 체계는 기존의 항공교통관제 자동화 레이더 추적시스템(관계석 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.



자료 : Capstone ADS-B Project(www.faa.gov)
Fig. 2 CapstoneⅢ단계 전략계획구성도

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

2.2.3 호주 ADS-B 프로그램[7]

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.

- Burnett Basin Operational Trial : ADS-B의 기술 및 운영상의 지식과 경험을 얻기 위한 조종사 프로그램으로 2006년 6월 28일에 성공적으로 종료된 이 프로그램에는 단일 ADS-B 지상국의 설치, 호주 ATM시스템에 ADS-B 통합, 항공기에 ADS-B 시스템의 설치 등이 포함.
- Upper Airspace Program : 고고도, Non Radar 지역에서 단기적으로 항공기의 안전 및 운영상의 이점을 제공하기 위한 프로그램으로, 레이더 포착범위 외의 공역 30,000피트 이상에서 항공교통 감시업무를 제공하기 위한 전략적인 위치에 대략 28개의 ADS-B지상국을 설치하는 내용을 포함.
- Australian Transition to Satellite Technology : 호주 항로공역에서 ADS-B를 지대공, 공대공 감시의 1차적 수단으로 하기 위해 설계되어진 가장 중요한 장기적 프로그램으로, 현재 항로 레이더시설에 의한 공역에서 항공교통 감시업무를 제공하기 위하여 추가적인 ADS-B 지상국을 설치하는 내용을 포함하고 있고, 기존의 레이더를 줄이고자 하는 연구가 초기 계획단계에 있음.
- Research and Development Programs : 저고도공역에서 ADS-B 프로그램을 용이하게 하기 위한 연구/개발활동으로, 일반항공 항공기를 위한 저비용 ADS-B 송신기의 개발, 공대공 ADS-B 수신기 및 CDTI를 포함하고 있음.

III. Test-bed 및 지상운영시험

3.1 ADS-B Test-bed의 개요

지상운영시험을 위하여 H대학교 태안비행장에 ADS-B 및 TIS-B를 위한 지상국(Ground Station)을 설치하였다. Fig. 3는 이번 지상운영시험을 위해 구축된 ADS-B 지상시험의 체계도로 ADS-B, TIS-B 메시지와 D-GPS 정보를 이용하였고, 데이터링크는 태안비행장에서 사용가능한 유효 VHF 주파수대역(121.600~121.975MHz) 중 121.6MHz

를 STDMA⁴⁾ 방식을 이용하여 구현하였다. 이를 통하여 항공기 및 지상국에 설치된 CDTI에 ADS-B 장비를 탑재한 항공기의 데이터를 실시간으로 시현하여 관제사와 조종사가 동일한 화면을 보며 해당 업무를 수행할 수 있도록 하였고, 본 연구를 위해 3대의 Cessna 172R와 1대의 Euro-star가 지상운영시험에 참여하였다.

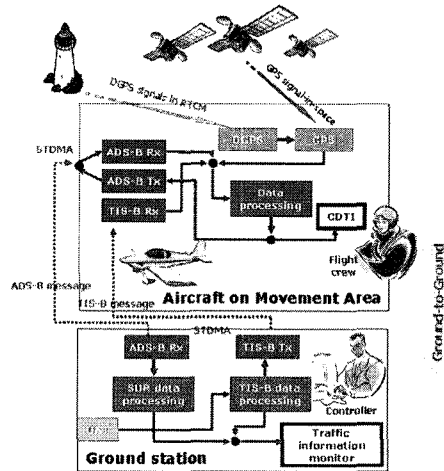


Fig. 3 ADS-B Test-bed 체계도

Fig.4과 Fig. 5는 지상시험에 사용된 항공기 탑재장비 및 지상장비를 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 안테나가 사용되었다.

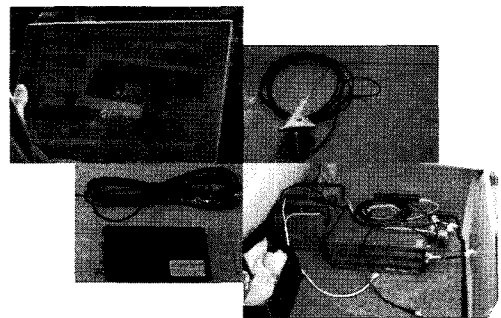


Fig. 4 ADS-B 지상시험을 위한 탑재장비

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



Fig. 5 ADS-B 지상장비

효과적인 지상운영시험을 위하여 시험 전에 시나리오에 대한 사전 브리핑이 이루어졌다. 브리핑에는 Fig. 6의 항공교통관제(ATCS) 시뮬레이터가 이용되었는데 이 시설은 지상운영시험 후 수행된 운영시험에 대한 검증과정을 거치기 위하여 사후 시뮬레이션(Post-Simulation)을 수행하는데도 이용되었다.



Fig. 6 항공교통관제 시뮬레이터

지상운영시험을 위한 브리핑은 참여하는 항공교통관제사 및 항공기 조종사의 상황인식을 높이기 위하여 사전에 정해진 시나리오 즉, 태안비행장에서 일상적으로 발생하는 항공기간의 조우상황을 활주로15 사용시, 활주로33 사용시, 그리고 활주로 변경시로 나누어 설정된 시나리오에 따라 예정된 항공기 조우상황을 효과적으로 유도할 수 있도록 하기 위해 실시되었다(Fig 7 참조).

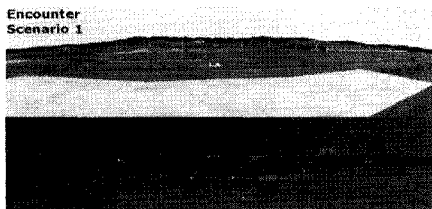


Fig. 7 시뮬레이션 한 시나리오 예

또한 사후 시뮬레이션은 지상운영시험이 종료된 이후에 실제 시험데이터 및 교신내용을 바탕으로 ADS-B 조건하에서 항공교통관제업무

(ATCS)의 변화, 특히 음성통신량(주파수 사용빈도 및 주파수 점유시간)을 비교분석하기 위하여 지상운영시험에 참여한 관제사 및 조종사와 함께 시뮬레이터를 통해 동일조건으로 다시 수행하였다.

3.2 지상운영시험

지상국(ground station)을 태안비행장 관제탑에 구축하고 총 4대의 항공기에 CDTI를 포함한 ADS-B 장비를 장착한 후 ADS-B 및 TIS-B 메시지의 VHF 데이터링크 test 등을 거쳐 본 비행시험이 실시되었다. Fig. 8은 태안비행장의 배치도와 지상운영시험을 위해 사용된 항공기 및 관제탑 시설 그리고 지상국 및 항공기에 탑재된 CDTI 화면을 보여주고 있다.

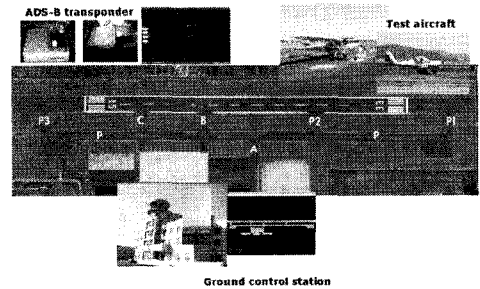


Fig. 8 지상운영시험 구성도

지상시험은 4개의 시나리오에 따라 진행되었다. 각 시나리오의 운영시험시간은 평균 20분 내외로 Euro-star 1대를 포함한 총 4대의 항공기가 이동지역 내에서 활주로15 및 33 사용시와 활주로 변경시 임의의 교차유도로에서 일상적인 일어날 수 있는 항공기간 조우(encounter) 상황을 만들어 내고 항공교통관제사와 조종사간의 주파수 사용빈도 및 주파수 점유시간을 관제탑 음성 녹음장치를 이용하여 측정하였으며, 이를 ADS-B 조건하에서 음성통신량과 비교했을 때 어떠한 변화가 있는지를 분석하였다. ADS-B 적용시에 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 지상운영시험 및 시뮬레이션에 적용하였다.

Fig. 9는 항공기 탑재용 CDTI에서 녹화된 ADS-B 탑재 항공기의 주변정보를 포함한 시나리

오 진행화면을 보여주고 있다.



Fig. 9 항공기 탑재용 CDTI 화면

IV. 지상운영시험 분석결과

CDTI를 이용하여 ADS-B 조건하에서 운영상의 이점(benefits)을 확인하고자 진행되었으며 그 비교대상기준은 음성통신량 즉, 주파수사용빈도와 주파수점유시간을 중심으로 수행되었다. 이는 수행된 시험을 통한 결과데이터는 물론 운영시험결과로 부터 나온 운항데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 통하여 반복적으로 기존 시스템 환경에서의 차이를 비교분석을 하였다. Table 1과 Table 2는 지상운영시험 및 시뮬레이션을 통하여 각각 기존 ATCS 환경에서의 음성통신량과 ADS-B 조건에서의 음성통신량을 나타내고 있다.

Table 1 기존 ATCS환경에서의 음성통신량

Ground Test	Average Number of Radio Tx				Average Time of Radio occupied (초)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
관제사	7	12	10	9	52	85	68	62
조종사	10	15	11	12	57	76	63	62

Table 2 ADS-B조건에서의 음성통신량

Ground Test	Average Number of Radio Tx				Average Time of Radio occupied (초)			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
관제사	4	5	5	4	40	48	43	41
조종사	8	9	9	8	47	56	53	51

Table 1 및 Table 2에서 보는 바와 같이 주파수 사용빈도는 기존 환경에서 각 시나리오별 평균 교신빈도가 관제사는 9.5회, 조종사는 12회로 나타났는데, ADS-B 조건에서는 관제사가 4.5회, 조종사가 8.5회를 나타내었다. 따라서 전체적으로

39.5% 줄어드는 개선 효과가 있었고 세부적으로 관제사가 52.6%, 조종사가 29.2% 감소하였음을 보여주고 있다.

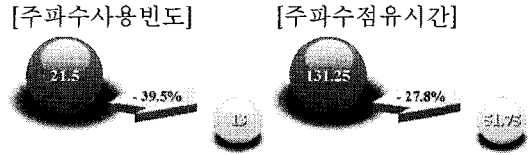


Fig. 10 음성통신량 분석결과

또한 주파수점유시간의 경우, 기존 환경에서 각 시나리오별 평균 점유시간은 관제사가 66.75초, 조종사는 64.5초로 나타났고, ADS-B 조건에서 관제사는 43초, 조종사는 51.75초를 나타냈다. 전체적으로 Fig. 10에서와 같이 주파수점유시간도 관제사가 36.1%, 조종사가 19.8% 감소하였음을 보여주고 있다.

따라서 ADS-B 조건하에서 음성통신량을 대상으로 기존의 환경과 비교하였을 경우 관제사 및 조종사의 Workload가 뚜렷하게 개선되는 효과를 확인할 수 있었고 특히 조종사에 비해 관제사의 Workload가 현저하게 줄어드는 것으로 분석되었다. 또한 조종사의 경우 ADS-B가 음성통신량을 감소시켜 그만큼 본연의 업무인 항공기 운항에 더욱 집중할 수 있고 또한 저시정상태에서도 시계비행기상상태(VMC)와 같이 운항할 수 있는 장점이 있어 상황인식 측면에서도 커다란 효과를 기대할 수 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.

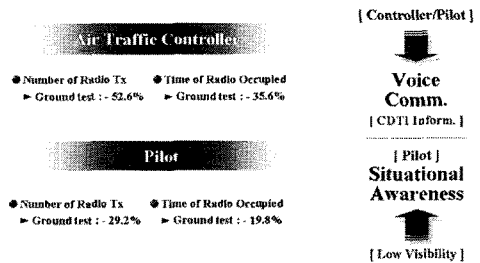


Fig. 11 ADS-B의 효과(benefits)

V. 결론

'차세대 위성항행시스템 핵심기술 개발과제'에 소속된 본 연구는 국내 ADS-B 도입을 위해 반드시 준비되고 선행되어야 시험비행으로 H대학교

태안비행장에 test-bed를 구축하여 시행되었다.

시나리오는 공항이 저시정상태임을 가정하여 활주로방향에 따라 4가지로 구성하였고 지상운영 시험 및 시뮬레이션을 통하여 주파수사용빈도 및 주파수점유시간을 분석하였다. 그 결과, 기존 환경에서보다 ADS-B 조건하에서 음성통신량이 현저하게 감소함을 확인하였다. 이를 통하여 항공교통관제사 및 조종사의 업무량(workload)이 개선되는 효과를 얻을 수 있음도 확인하였고 조종사의 경우는 저시정상태에서도 시계비행기상상태와 같이 운항이 가능하고 음성통신량 감소에 따라 상황인식(Situational Awareness) 측면도 개선되는 효과가 있음을 확인하였다. 또한 ADS-B가 조종사 보다는 항공교통관제사 업무량을 더욱 개선하는 것으로 분석되었다.

본 연구는 제한적인 지역에서 한정된 항공기를 이용하여 지상운영시험이 이루어졌다. 그러나 국내에서 처음으로 ADS-B를 이용한 운영시험이므로 앞으로 단계별로 운영시험범위를 공역으로 확대하는 연구도 필요할 것으로 판단된다.

VI. 후기

본 연구는 공공기술이사회의 '차세대 위성항행 시스템 핵심기술과제'의 일환으로 수행되었으며, 이에 관련 기관에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 홍교영, 김도현, "ADS-B 비행시험 기술개발", 위탁연구과제보고서, 항공우주연구원, pp.14, 2006
- [2] 김도현, 홍교영, "Operational Test on Benefits Analysis of ADS-B in Tae-An Airport", ICAO Seminar & SITF/6, 2007
- [3] ICAO, ADS-B Study and Implementation Task Force, Brisbane, Australia, 24-26 March, 2003
- [4] RTCA, "DO-242A Minimum Aviation System Performance Standards for ADS-B", 2002
- [5] Safe Flight21 ADS-B Projects(www.adsb.gov)
- [6] Capstone ADS-B Project(www.faa.gov)
- [7] Airservices Australia ADS-B info (www.airservicesaustralia.com)