

항공교통정보가 제공되는 CDTI 효과 연구

A Study On The Effect of CDTI With Air Traffic Information

길현철*, 안동만**, 홍교영**

Hyun-Cheol Gil*, Dong-Mhan Ahn**, and Gyo-Young Hong**

요 약

국제민간항공기구(ICAO)는 급증하는 항공교통 수요에 대비하고자 위성항법과 데이터 통신 기술이 접목된 차세대 항행시스템 CNS/ATM의 도입을 권고하고 있다. 차세대 항행시스템은 통신, 항법, 감시 및 교통관리로 구성되어 있다. 이중 감시 분야에 대해서는 ADS-B 정보를 바탕으로 한 CDTI가 구축이 되어 지고 있으며, 항공기 조종사, 항공교통관제사, 지상 이동체의 운전자 등에게 항공교통정보를 공유할 수 있는 장치이다. 본 논문에서는 CDTI를 통해 조종사와 관제사 사이에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위한 연구이다. 실제 조종사와 관제사 사이에 주고받은 ATC통신 내역을 바탕으로 시뮬레이션 환경을 구축하여 비교분석을 하였으며, 분석 결과 CDTI를 사용할 경우 ATC 환경과 기존레이더 체계보다 항공기 식별부호, 위치, 고도 정보 인식률이 향상 되는 것을 확인하였고, 조종사와 관제사의 항공교통정보 인식이 개선되어짐을 확인을 하였다.

Abstract

ICAO has recommended the introduction of New CNS/ATM based on GNSS technologies and Data link communication to purpose increasing air traffic demand. The CNS/ATM is composed of communication, Navigation, Surveillance and Air Traffic Management. Cockpit Display Traffic Information(CDTI) that is equipment to share air traffic information to Pilot, Traffic Controller and ground vehicles has been built based on Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B) information in Surveillance field. This paper is research that what is the effect between pilot and controller through CDTI. Based on ATC communication between Pilot and Controller, We construct simulation environment and did a comparative analysis of it. according to result, We can verify that CDTI makes aircraft Call sign, Position, Altitude information read rate, and notice of air traffic information between Pilot and Controller more improve than ATC environment and Existing Radar System.

Key words : CNS/ATM, CDTI, ADS-B, ATC Communication, Radar System

I. 서 론

ICAO(International Civil Aviation Organization)는 급

증하는 항공교통 수요에 대비하고자, 기존의 항행시설을 디지털 데이터 통신 및 위성항행시스템을 기반으로 한 차세대 항행시스템

* 한서대학교 항공전자공학과(Hanseu University)

** 한서대학교 항공전자공학과 교수

· 교신저자(Corresponding Author) : 홍교영

· 제1저자 (First Author) : 길현철

· 투고일자 : 2012년 7월 31일

· 심사(수정)일자 : 2012년 7월 31일 (수정일자 : 2012년 8월 23일)

· 게재일자 : 2012년 8월 30일

CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management)의 도입을 권고 하고 있으며, 체계적인 기반 연구가 필수적으로 요구되고 있다. CNS/ATM은 항공교통에 있어 안정성, 효율성, 경제성을 높일 수 있는 효과적인 수단이며, 이중에서 감시분야에 대해서는 항공기가 안전하고 효율적인 운항을 위해 이동체, 기상현상, 공역정보, 지형 및 장애물 정보 등에 대한 추적, 식별 및 관측 업무로 정의될 수 있으며, 최근 ADS-B를 포함한 여러 감시기술들이 연구 개발되고 있다[1].

하지만 항공교통 감시 및 관제 시 한정된 공역 내에서 기존의 항행보조시설을 이용한 기존 레이더 체계 및 음성통신 위주의 조종사와 관제사 간에 정보 공유가 이루어지고 있으며, 항공교통량이 증가함에 따라 이러한 체계는 주파수 혼잡, 날씨 정보 공유 취약 등의 문제점을 안고 있으며, 공항 내에서의 항공기 이·착륙 처리능력이 한계에 이를 것으로 예상된다[2].

따라서 항공기의 교통정보를 기존 레이더 체계 및 음성보고가 아닌 ADS-B를 기반으로 하는 CDTI(Cockpit Display Traffic Information)를 통해 모니터링이 이루어질 경우 기존 체계에 비해 항공기의 식별, 위치, 고도 등의 정보를 디스플레이를 통한 시각적 관측(Visual Acquisition) 및 실시간으로 정보를 제공받을 수 있어 정보 인식률 향상뿐만 아니라 공항 내 항공기 착륙 비행경로 정보 표시 및 접근관제 시 안정성이 개선 될 것으로 예상된다.

이에 본 논문에서는 디스플레이 상에 나타나는 항공기 교통정보(Traffic Information)를 통한 CDTI의 효용성을 알아보고자 하며, CDTI 시뮬레이션 환경을 구축을 하여 항공기 비행 파라미터 확인 및 항공교통 관제 업무(ATCS, Air Traffic Control Service)환경 하에서 실제 비행 시 조종사와 관제사 간에 이루어졌던 ATC 통신내용을 활용한 비교 분석을 통해 CDTI 효과를 검증하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련연구로 CNS/ATM, MLAT, ADS-B, GBAS, CDTI 시스템에 대해 살펴보고 3장에서는 시험 시나리오 구성, 시뮬레이션 체계 및 수행에 대해 설명을 하며, 4장에서는 시나리오 분석 및 결과를 살펴보도록 한

다. 마지막으로 결론을 통해 본 논문을 마무리 한다.

II. 관련연구

2-1 CNS/ATM 개요

기존 항행시설의 이용 한계성을 개선하기 위하여 전 세계 각국이 ICAO를 중심으로 데이터링크 통신 기술과 위성항행 기술을 기반으로 항공기가 언제 어디서나 자유롭게 이용하도록 개발하여 구축하여 새로운 항행운용개념의 시설이다. 현재 운용하고 있는 항행안전시설은 구조적으로 가시거리관내에서만 이용이 가능하고, 산악과 건물 등의 장애물에 의한 영향으로 무선전파의 정확도가 신뢰도 확보 한계 및 각종 시스템간의 상호 호환성 결여로 효율적인 항공교통관제시스템을 구축하기가 곤란하다는 문제점을 안고 있다. 이에 새로운 개념의 CNS/ATM 연구가 시작이 되었으며 시스템에 적합한 시설, 장비, 규정, 기술 등에 대한 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다.

CNS/ATM 시스템은 항공통신(Communication), 항행(Navigation), 그리고 감시 및 관제(Surveillance) 분야로 구성이 되어 기존 항행시스템보다 안전성 강화, 공역과 공항의 항공수용 능력 확대, 지연시간 감소 및 운영비용 절감 등의 효과가 있어 공항운영자와 항공사의 효율성을 개선시킨다. 다음 그림 1은 차세대 CNS/ATM 개념도이다.



그림 1. 차세대 CNS/ATM 개념도[1]

Fig. 1. Concept of the ICAO CNS/ATM system[1].

2-2 MLAT

공항시설 근처에 정밀하게 측량된 위치에 임의의 송수신국들을 설치하고, 하나의 신호가 여러 위치에 설치된 수신기에 도착한 시간차에 기초를 둔 소위 TODA(Time Difference of Arrival)원리를 통하여 목표물의 2차원/3차원적 위치를 측정하는 시설로 이루어진다. A-SMGCS 또는 터미널 지역/ 항로 감시 요구사항에 맞는 성능으로 항공기 또는 이동체를 식별 및 추적하기 위한 충분한 정보를 제공한다. MLAT은 운용중인 ATC 중계기를 장착한 항공기 및 이동체들의 위치를 확인하고 식별하기 위해 MLAT은 시스템 또는 다른 감시 소스들이 발신한 질문들(Mode A/C/S)에 대한 응답뿐만 아니라 임의의 Mode-S 스쿼터를 사용한다. 신호의 발신 위치를 정확하게 확인하고, 송신신호의 일부인 식별 데이터(8진법 코드, 항공기 주소 또는 비행식별)를 비교하고, ATM 시스템에 보내는 감시 어플리케이션의 하나이다.

MLAT은 2차 감시레이더(SSR)처럼 식별 및 고도에 대한 목표물-유도 데이터상의 관련성을 지상기반 위치 계산과 결합하는 협동감시 기술로 고려된다[3].

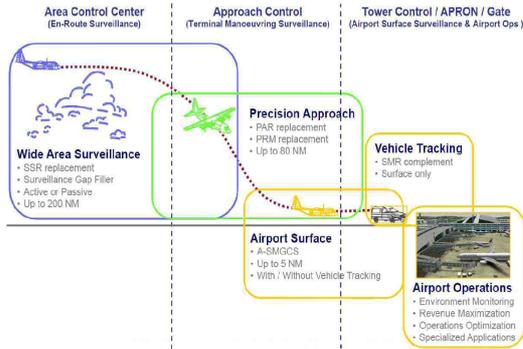


그림 2. MLAT 항공분야 응용
Fig. 2. Application of MLAT Air Field.

2-3 ADS-B

디지털 링크를 통해 항공기 및 지상차량인 자신의 정확한 3차원 벡터정보(위치,속도) 및 기타항공기 정보를 주기적으로 방송을 한다. 항공기와 지상관제기간 사이에 감시데이터를 공유하여 공역이용을 개선하고, 구름이나 시정에 의한 제한사항을 완화시키며, 지상감시 기능의 강화와 항공안정의 향상을 도모할 수 있으며 조종사의 상황인식 능력과 관제사의 감시

능력을 향상시키는 항공감시 기술이다. ADS-B 기능은 감시정보를 제공하는 방향에 따라 “ADS-B IN” 및 “ADS-B OUT” 두 가지 항목으로 나눌 수 있다. ADS-B IN 기능은 그림 3과 같이 항공기 및 이동체 또는 지상시스템에서 외부로부터 감시 정보를 제공받는 것을 의미하며, ADS-B OUT 기능은 자신의 감시정보를 외부로 제공하는 것을 의미한다.

ADS-B 이외에도 ADS-B 트랜스폰더를 장착하지 않은 항공기에 대한 정보는 레이더를 통해 획득하여 지상시스템에서 제공하는 TIS-B(Traffic Information Service - Broadcast) 서비스, 기상정보를 포함한 임시적인 비행규제 및 특수한 경우의 공역정보를 제공하는 FIS-B(Flight Information Service- Broadcast) 서비스, ADS-R(Re-broadcast)정보가 제공 되어 진다[4],[5].

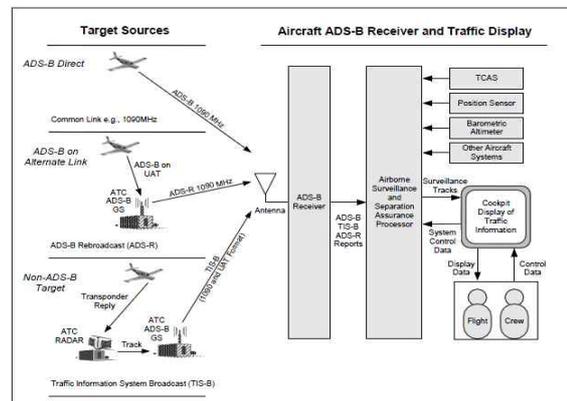


그림 3. ADS-B 인터페이스
Fig. 3. ADS-B Interface.

2-4 GBAS

위성항법지역보강시스템(GBAS)은 터미널 공역에서 활주로까지 항공기를 유도하는 정밀접근 서비스와 공항 주위에서 정밀위치 정보 서비스를 제공할 수 있는 위성항법보강시스템으로, ICAO는 1990년대 초에 지상기반 항법시설의 단점을 극복하기 위하여 GBAS와 함께 ABAS, SBAS를 국제기술 표준으로 채택하였다. 공항근처(약 50km)내에서 CAT-I/II/III 급의 정밀접근과 이·착륙 서비스를 제공한다. DGPS를 활용하여 GBAS 지상국들에서 생성한 의사거리 보정정보와 의사거리 보정정보의 무결성을 검증하기 위한 파라미터 및 착륙비행경로를 항공기에 제공한다.

GBAS는 ILS와는 달리 한 공항에 한 개의 시스템으로 활주로의 수에 관계없이 요구하는 성능을 제공하고 곡선접근이 가능한 장점을 보유하고 있으며, 정확도가 향상되어 공항의 이·착륙 효율을 현격히 증대시킬 수 있다. 이와 같은 장점 때문에 연료절감, 대기오염 감소, 공항주변 소음 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.

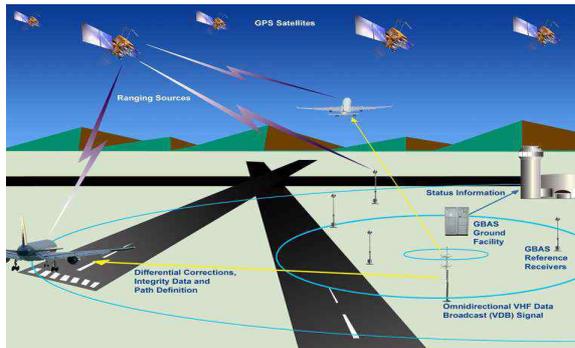


그림 4. GBAS 개념도[6]
Fig. 4. GBAS Concept[6].

III. 시뮬레이션 구성 및 수행

3-1 CDTI 시스템

CDTI는 ADS-B 및 ASAS(Aircraft Surveillance Application System)기술을 기반으로 한 디스플레이 장치로서 근접해 있는 항공기에 대한 더 많은 정보를 제공할 수 있는 시스템이다. 실제로 수많은 Traffic 정보를 조종사가 한눈에 이해하기에는 어려움이 있어, CDTI에서는 교통정보를 그림 5에 나와있는 것처럼 Shape, Color 및 기타 시각적인 기능을 통해 제공한다.

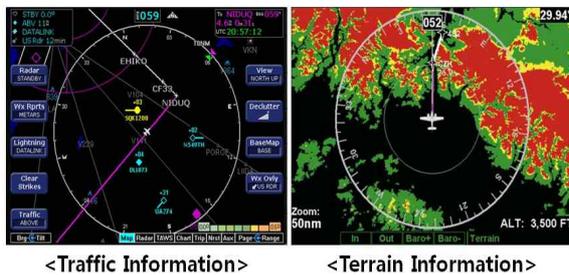


그림 5. 항공기 CDTI 시스템
Fig. 5. Aircraft CDTI System.

일반적으로 GPS를 이용하여 자신의 위치, 방향을

표시하며, 항공기의 공대공 교통상황 인식, 날씨, 장애, 지형 등의 정보를 제공하며, 타 항공기의 정보는 Moving Map 화면 기반의 CDTI상에 구현이 되어 사용자가 조종석의 계기판으로 충돌위험 상황을 판단할 수 없을 때 효과적인 교통운항 상황 인식 및 충돌 경고 기능을 제공하기 위해 사용된다.

또한 VFR(Visual Flight Rule)로 비행하는 조종사들도 자기 시각 확인 외에 전자 장비가 지원하는 VFR을 확인함으로써 조종사의 시계에만 의존하던 것에 비해 안정성 확보가 크게 증가 할 수 있게 된다[7],[8].

3-2 시험 시나리오 구성

시뮬레이션 수행에 앞서 사전에 한서대학교 태안비행장 활주로에서 Cessna 172R을 이용하여 비행시험을 통해 실제 비행 시 적용되는 절차를 수행하고 ATC통신을 녹음하여 시나리오 구성에 이용하였으며, 시뮬레이션 환경을 구축하는데 활용하였다[9]. 시나리오는 태안비행장에서 실제로 운용중인 항공기에 고유번호를 부여 후에 진행 되었으며 지상 및 비행 시나리오로 구성되어 Take-off(이륙), Climb(상승), Holding(체공), Descend(강하), Landing(착륙) 순으로 총 5 단계에 거쳐 각각 30분 내외로 비행이 진행 되었다.

태안비행장의 활주로, 유도로 및 계류장을 통해 지상활주(Taxing) 한 후 항공기는 활주로 15로 출발하여 이륙 후 정해진 Way-point 지점인 MAGUM, MOSAN, SOWON, BACKA을 상승, 체공, 강하 단계를 거친 후 착륙을 하는 순으로 비행이 진행 되었다.

그림 6은 실제 비행 중에 이루어진 ATC 통신내용을 녹음, Log화 한 것으로 음성교신내역 중 일부분만을 나타내고 있다.

3-3 시뮬레이션 구성

본 논문에서는 소형기 Data 통신으로 사용되고 있는 UAT Data Link를 고려하였으며, UAT(Universal Access Transceiver) 방식을 이용을 하게 되면 그림 7과 같이 전송하고자 하는 양에 따라 Basic/Long ADS-B 메시지로 나뉘며, 항공기 State Vector, 기타정보를 전달하게 된다.

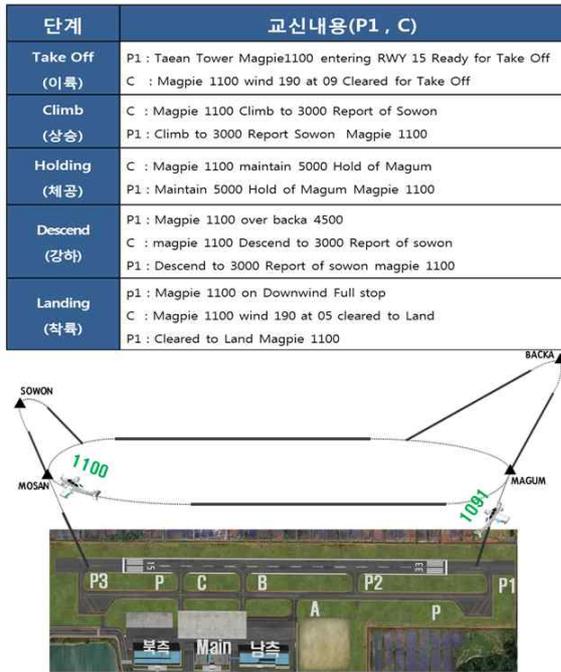


그림 6. 시나리오 구성
Fig. 6. Configuration of Scenario.



그림 7. UAT ADS-B 메시지 구성
Fig. 7. UAT ADS-B Message Components.

아래 표1은 UAT Message Data Block 중 Long 포맷 일 경우, Header와 State Vector를 나타낸 것이며 예비 비트로 136 비트 정도가 할당 되어 있다[10],[11].

표 1. Long 포맷 메시지 구조
Table. 1. Long Format Message Structure.

MDB	Parameter	Bit
HDR	HEADER	32
	LATITUDE	23
STATE Vector	LONGITUDE	24
	ALTITUDE(+ ALT TYPE : 1bit)	13
	Navigation Integrity Category (NIC)	4
	Air/Ground (A/G) STATE	2
	HORIZONTAL VELOCITY or A/V Size	22
	Vertical Velocity	11
	UTC	1
	Uplink Feedback	3
	RESERVED	1
Rev	RESERVED	136
TOTAL		272

시뮬레이션 환경 상 실제 비행데이터를 활용하기에는 많은 어려움이 따르기 때문에, 상용화 되어있는 Microsoft사의 Flight Simulator X를 사용하여 소프트웨어 기반인 CDTI를 구현 하여 모의실험을 하였다. 비행시나리오와 비슷한 환경을 구축하기 위해 에뮬레이터(FSX) 상에서 Cessna 172를 선택을 하여 항공기 고도, 속도, 위치 등의 비행 파라미터를 추출하였으며, CDTI 상에 표현 할 수 있도록 필요한 데이터를 획득을 하였다. 에뮬레이터에서 획득된 비행 정보는 Data 전송부로 수집이 된 후 다시 CDTI로 전송이 되도록 구성을 하였다. 그림 8에서 보이는 바와 같이 무선 데이터 링크는 UDP 프로토콜로 대체를 하여 시뮬레이션을 진행 하였으며, Visual C++ 및 LabVIEW 프로그램을 기반으로 하여 데이터 파라미터 값들의 전송상태를 모니터링이 가능하다.

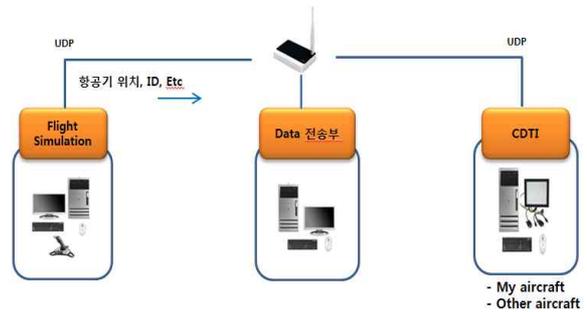


그림 8. 시뮬레이션 체계도 및 Test-bed
Fig. 8. System Architecture & Test-bed of Simulation.



그림 9. CDTI 기능을 제공하는 화면
Fig. 9. Display with CDTI Function.

을 나타낸 것으로 Take-off, Cruise, Landing 단계에서 이루어진 각 데이터를 취합하여 나타낸 후 어떠한 변화가 있었는지 분석을 하였다.

표 3. ATC와 CDTI환경에서의 비교
Table. 3. Analysis of ATC and CDTI.

ATC Communication			Pilot / Controller
항목	Take-off	Cruise	Landing
ID	49/32	117/70	39/33
Position	64/47	65/45	65/61
Altitude	0/0	104/60	0/0



CDTI environment			Pilot / Controller
항목	Take-off	Cruise	Landing
ID	0/1	2/1	0/9
Position	10/22	2/31	3/22
Altitude	0/0	0/46	0/0

표 3에서 보이는 바와 같이 조종사와 관제사간에 항공기 ID, 위치, 고도 정보공유가 Cruise 단계에서 많이 이루어지고 있었으며 Take-off, Landing 단계에서는 고도변화가 이루어지지 않았다는 것을 알 수 있다. 각 단계별로 CDTI를 이용하여 항공기 식별부호, 위치, 고도의 파라미터를 파악할 경우 Take-off 단계에서는 조종사의 경우 91.1%, 관제사의 경우 70.8%의 감소를 보였고, Cruise 단계에서는 98.6%, 25.1% 감소를 보였으며 Landing 단계에서는 97.1%, 67% 라는 감소를 보였다. 특히 관제사보다는 조종사의 ATC 통신량이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 ADS-B 정보가 시현되는 CDTI의 효용성을 검증하기 위해 실제 ATC 통신내역을 활용하여 비교분석을 하였다. 항공감시에 있어 위치 및 고도 정보는 점차 급증하는 항공교통 수요에 중요한 부분이며 기존 레이더 체계나 ATC통신만으로는 항공기를 관제 및 감시하는데 한계를 가질 것이다. 디

지털 디스플레이 기반인 CDTI 기술은 기존 체계에서 나타나는 위험 요소와 감시분야의 단점을 개선 할 수 있는 기술로서 많은 연구가 진행이 되고 있는 분야이다.

분석결과를 바탕으로 기존의 ATC통신 보다 CDTI 환경을 통해 항공기 교통정보를 파악 하게 될 경우, 항공기의 Take-off, Cruise, Landing 단계에서 조종사의 경우 타 항공기의 비행 교통 정보를 시각적으로 파악 할 수 있어 비행 상황 인식 측면에서 커다란 효과를 기대 할 수 있으며 관제사의 경우 CDTI를 통해 기존 레이더 상에서 보다 항공기의 식별부호, 위치, 고도 파악 정확성(Accuracy) 및 인식률이 높아짐으로서 항공교통 업무 차원에서 기존 시스템보다 감시 업무가 개선이 되어 안정적인 항공관제에 전념할 수 있음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부 항공선진화 사업 “CAT-1 GBAS 운항절차 및 비행시험용 절차 시뮬레이션 연구” 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 전향식, 김동민, 엄찬홍, “ 차세대 항행시스템 기술 동향 분석”, *항공우주산업기술동향* 8 권 2호, 2010
- [2] 현정욱, 길현철, 안동만, 홍교영, “ 목적고도 정보를 제공하는 ADS-B 환경의 음성통신량 분석”, *한국항공학회 논문지*, 제15 권 제6호, 2011
- [3] 김장환, 한재현, 강자영, “모드-S 다변측정법을 이용한 항공감시기술 분석 및 전망”, *한국항공운항학회논문지*, 2010, 9
- [4] 김도현, 홍교영, 오경륜, “ 지상운영시험을 통한 ADS-B 효과에 관한 연구”, *한국항공운항학회논문지*, 제15 권, 제2호, pp. 25-31, 2007, 6.
- [5] 홍교영, 김도현, 오경륜, “비행시험을 통한 ADS-B 운영상의 효과에 관한 연구”, *한국항공학회논문지*, 제11 권, 제2호, pp. 137-145, 2007, 6.

- [6] 항공선진화사업 기획연구보고서, “위성항법 지역보강시스템 인증기술개발 기획최종보고서”, 국토해양부, 2010
- [7] Hans peter stassen, MITRE/CAASD, “Definitions System Description and Requirements for CDTI” , 2011, July 15
- [8] Divya Chandra and Michael Zuschlag, “Symbol For Cockpit Displays Of Traffic Information”, *Digital Avionics Systems Conference October 25-29, 2009*
- [9] Thomas Pagano ,Gary Furr, “ Change Proposal for Guidance Material on Flight Testing of New Surveillance Systems” 12th Working Group Meeting, *ICAO*, 2012
- [10] RTCA Inc, “ Minimum Operation performance Standards for Universal Access Transceiver(UAT) Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B), 2009
- [11] ICAO, Manual on the Universal Access Transceiver(UAT),*Doc 9861 AN/460*, 2009
- [12] Susan j. M. Cabler, “ Airworthiness Approval for ADS-B In system and Application”, *FAA*, 2012, 3

길 현 철 (吉賢哲)



2011년 2월 : 한서대학교
항공전자공학과(공학사)
2011년 3월 ~ 현재 : 한서대학교
항공전자공학과 석사과정
관심분야 : 항공전자, 항공통신
시스템

안 동 만 (安東萬)



2005년 ~ 2008년 5월 : 국방과학연구소
소장
2008년 5월 ~ 현재 : 한서대학교
항공전자공학과 교수
관심분야 : 항공기 체계개발, 항공기
계측, 무인기 개발

홍 교 영 (洪敎榮)



1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공
한국항공기술연구소 선임연구원
2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교
항공전자공학과 교수
관심분야 : 비행시험, 항공통신,
항공기 시스템