

## 목적고도 정보를 제공하는 ADS-B 환경의 음성통신량 분석

# The Analysis of Voice Communication Traffic based on ADS-B Providing the Aiming Altitude Parameter

현정욱\*, 길현철\*, 안동만\*\*, 홍교영\*\*

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

### 요 약

항공관제 시에 음성통신의 사용은 정보전달의 부정확성과 주파수 측면에서 채널 점유시간을 증가시키는 문제점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위하여 ICAO는 디지털 음성통신과 항공관제에 보다 효과적인 ADS-B 시스템 구축을 제안하고 있다. ICAO는 지정된 ADS-B IN, OUT 데이터 외에 추가적인 파라미터를 통한 효율성 개선에도 많은 연구를 수행하고 있다. 이에, 본 논문은 국내 ADS-B 도입을 위한 기반 연구로 항공관제 시에 음성통신량을 줄이고자 항공관제 음성통신 내역을 분석하였으며, 시뮬레이션을 통해 ADS-B 환경에서 목적고도의 제공 유무에 따라 관제사와 조종사 사이의 음성통신량에 있어서 어떠한 효과가 있는지 비교 분석하였다. 분석 결과 제시한 목적고도 파라미터를 추가할 때 기존 환경보다 음성통신량이 현저히 감소함을 확인하였다.

### Abstract

In term of inaccuracy of information and increasing channel occupancy time, the use of voice communication in Air Traffic Control has many problems. In order to improve it, ICAO proposed digital communication and ADS-B system that is more effective for voice communication in ATC. For improvement of effectiveness to add additional parameter to designated ADS-B In-Out data group, many studies being performed. In this paper, we analysis voice communication for reduce the communication traffic in ATC and simulate to add aiming altitude parameter for comparative effect analysis of communication traffic between pilot and controller. The result of the analysis were successfully validated that reduction of communication traffic in ADS-B environments.

Key words : ADS-B, UAT, CDTI, Data-link, LabVIEW, Aiming Altitude, Voice Communication

### I. 서 론

ICAO(International Civil Aviation Organization)는 현재 데이터 통신 및 위성시스템을 기반으로 한 CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance / Air

Traffic Management)의 도입을 권고하고 있기 때문에 새로운 CNS/ATM의 구축에 따른 체계적인 기반 연구가 필수적으로 요구되고 있다. 또한 기존의 레이더 체계에 의존하던 항공감시기능은 데이터 통신 기반에 의한 항공감시구현을 위한 연구가 진척됨에 따라 레이더를 백업 해주는 새로운 감시체계로의 전환을 준

\* 한서대학교 항공전자공학과 (Hanseu University)

\*\* 한서대학교 항공전자공학과 교수

· 제1저자 (First Author) : 현정욱

· 교신저자 (Corresponding Author) : 홍교영

· 투고일자 : 2011년 10월 13일

· 심사(수정)일자 : 2011년 10월 13일 (수정일자 : 2011년 12월 22일)

· 게재일자 : 2011년 12월 30일

비하고 있다. 그 대표적인 예가 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcasting)이고 다양하고 복잡한 CNS의 복합 기술 중 ADS-B 분야는 가장 시스템 연동성이 강한 분야이므로 이 분야를 중심으로 사전 성능 및 효용성을 파악하기 위한 종합적인 연구가 반드시 필요하게 된다[1]. ADS-B 감시기능의 효용성은 교통량 증가에 따른 음성 주파수 채널부족이라는 큰 문제점에 대한 해결방안으로, 국내에서 이루어진 ADS-B의 비행시험 및 지상운영 시험만을 검토해 봐도 ADS-B의 효용성은 입증되어 있다[2][3].

하지만 비행시험 시에 목적고도에 대한 정보는 음성통신에 의존하고 있었으며 음성통신의 사용은 여전히 주파수 점유율을 증가시키는 원인이었다[4]. 따라서 현재 표준화 작업이 진행 중인 ADS-B IN/OUT 메시지 구조에 목적고도를 추가한다면 목적고도 보고에 의한 조종사와 관제사 사이의 음성통신량이 줄어들어 주파수 점유율을 감소시킬 수 있다고 예상되기에, 본 논문의 ADS-B IN/OUT 메시지에 대한 연구는 국내 CNS/ATM의 구축을 위한 기반 연구로 효용 가치가 크다고 판단된다.

이에 본 논문에서는 기존 ADS-B IN/OUT 메시지 구조에 목적고도 파라미터가 추가된 ADS-B IN/OUT 메시지 구조를 사용한 ADS-B 방식이 관제사와 조종사 사이의 음성통신량에 있어서 어떠한 효과가 있는지 살펴보고자 한다.

먼저, UAT(Universal Access Transceiver)방식의 ADS-B 메시지 구조를 분석하였고, 기존 음성통신 내역을 분석하여 음성통신량의 감소가 예상되는 목적고도 파라미터를 도출하였으며, ADS-B 기능을 적용시킨 CDTI(Cockpit Display of Traffic Information) 관제 시뮬레이션 환경을 구축하여 ATC(Air Traffic Control) 음성관제 환경에서 실제 비행 시에 녹음 및 기록되었던 항공관제 데이터를 활용하여 ATC 음성관제 환경과 기존 ADS-B 환경, 목적고도 파라미터를 추가한 ADS-B 환경에 대하여 조종사와 관제사의 음성통신량을 비행 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

## II. ADS-B 개요 및 음성통신 내역 분석

### 2-1 ADS-B 정의

ADS-B는 일종의 감시기술로 디지털 데이터 링크

를 통하여 항공기 및 지상 차량이 자신의 3차원 벡터 정보(위치, 속도) 및 기타 항공기 정보를 주기적으로 방송하는 시스템을 의미하며, 지상시스템에서 도달 범위 내의 항공기 및 이동체에게 제공하는 방송 서비스도 포함하는 개념이다.

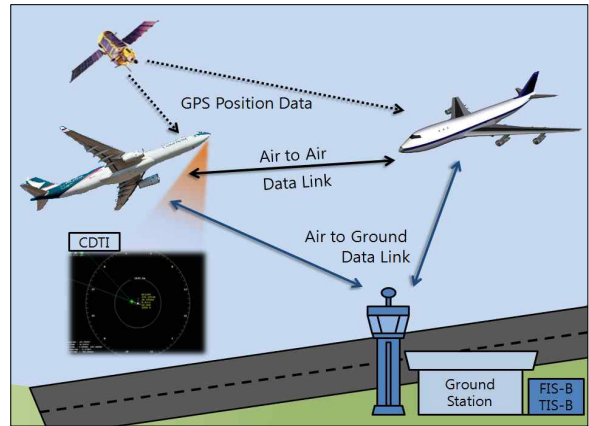


그림 1. ADS-B 개념도  
Fig. 1. ADS-B Concept.

ADS-B는 이러한 감시기능을 수행하기 위해 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 들어 있는 ADS-B 데이터는 현재의 레이더 비컨 시스템, Mode S, TCAS 및 항공교통관제 레이더와 함께 사용될 수도 있고 또는 단독으로 감시기능을 수행할 수도 있게 되는 장점을 부가적으로 지니게 된다[4].

ADS-B는 ADS-B IN과 ADS-B OUT의 두 가지 항목이 있으며 이는 감시정보를 제공하는 방향에 따라 나뉘게 된다. ADS-B IN 기능은 항공기 및 이동체 또는 지상시스템에서 외부로부터 감시 정보를 제공하는 것을 의미하며 ADS-B IN 기능은 다음과 같은 장비를 통하여 제공된다[5].

- CDTI : 다른 항공기와 지상시설로부터 송신된 ADS-B 정보를 바탕으로 주변 항공기를 현시
- TIS-B (Traffic Information Services - Broadcast)  
: ADS-B 미 탑재 항공기 또는 다른 형태의 데이터 링크로 전송 하는 항공기에 대한 정

보를 지상시설을 통해 Uplink

- FIS-B (Flight Information Services - Broadcast)  
: 지상에 기반을 둔 비행정보 업무 및 기상데이터 Uplink

ADS-B OUT 기능은 항공기 및 이동체에서 자신의 상태 정보 및 기타 정보를 외부로 제공하는 것을 의미한다.

이러한 ADS-B의 IN/OUT 기능은 다음과 같은 데이터 링크 방식을 통해 제공된다.

- 1090MHz Mode S Extended Squitter (ES)
- Universal Access Transceiver (UAT)
- VHF Data Link Mode 4 (VDL M4)

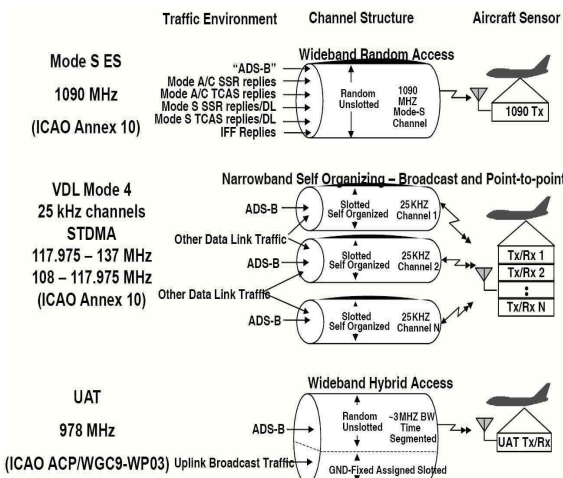


그림 2. ADS-B 데이터 링크[6]

Fig. 2. ADS-B Data Link.[6]

그림 2는 ADS-B의 데이터 링크 후보이며, 위와 같은 데이터 링크를 통해 ADS-B IN/OUT 메시지가 서비스 영역 내의 항공기, 이동체 및 지상시스템으로 전송되므로 모든 주체들이 ADS-B를 통해 동일한 감시 정보를 공유하게 되는 효과가 있다.[7]

2-2 UAT ADS-B 메시지 포맷 분석

ADS-B 메시지는 항공기의 ID 및 3차원 상태 벡터와 속도 및 기타 항공기 정보를 포함한다.

데이터 링크로 UAT를 사용하는 경우 그림 3과 같이 전송하고자 하는 ADS-B 정보의 양에 따라 총 비트수

가 276비트인 “BASIC” 포맷과 420비트인 “LONG” 포맷의 두 개의 포맷으로 나뉘며 본 논문에서는 비교적 예비 비트가 많이 할당되어 있는 “LONG” 포맷일 경우를 고려하였다.

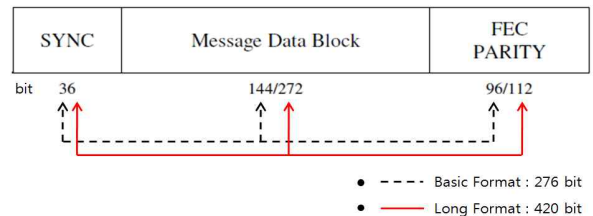


그림 3. UAT ADS-B 메시지 구성

Fig. 3. UAT ADS-B Message Components.

표 1은 그림 3에서 동기 비트와 패리티 비트를 제외한 메시지 데이터 블록 중 상태 벡터를 나타내며 Header를 포함하여 WGS-84를 따르는 경도, 위도, 고도와 NIC, A/G STATE, 수평 속도, 수직 속도, UTC 등이 포함 된다. “LONG” 포맷에는 상태벡터를 제외한 추후 추가될 예비 비트로 136비트 정도가 할당되어 있다[8].

표 1. “LONG” 포맷의 UAT ADS-B 메시지 데이터 블록 요소

Table 1. UAT ADS-B Message Data Block Elements of “LONG” Format.

| MDB          | Parameter                | Number of Bit |
|--------------|--------------------------|---------------|
| HDR          | Header                   | 32            |
| State Vector | Latitude                 | 23            |
|              | Longitude                | 24            |
|              | Altitude(+Alt Type 1bit) | 13            |
|              | NIC                      | 4             |
|              | A/G STATE                | 2             |
|              | Horizontal Velocity      | 22            |
|              | Vertical Velocity        | 11            |
|              | UTC                      | 1             |
| Rev          | Reserved                 | 4             |
|              | Reserved                 | 136           |
|              | Total                    | 272           |

2-3 음성통신 내역 분석

ATC 음성관제 환경에서 녹음되었던 조종사와 관제사의 음성통신 내역을 분석하여 ADS-B를 적용할

때 추가적으로 음성통신을 감소시킬 수 있는 파라미터를 도출하였다.

그림 4는 실제 비행 시에 상승 단계에서 조종사와 관제사가 교신한 음성통신 내역을 보여주며 기존 ADS-B 메시지만 사용했을 때와 분석결과 도출한 목적고도 파라미터를 사용하였을 때 생략 가능한 음성통신 내역을 보여준다.

| 교신 내용 (Ex. 상승단계)                                     |  |
|--|--|
| P1: <u>magpie 1100 over mosan 1500</u>               |  |
| C: <u>magpie 1100 climb to 3000 Report of sowon</u>  |  |
| P1: <u>climb to 3000 Report Sowon magpie 1100</u>    |  |
| P2: <u>magpie 1091 over magum 1000</u>               |  |
| C: <u>magpie 1091 climb to 1500 Report of mosan</u>  |  |
| P2: <u>climb to 1500 Report of mosan magpie 1091</u> |  |
| P1: <u>magpie 1100 over sowon 3000</u>               |  |
| C: <u>magpie 1100 climb to 4500 Report of backa</u>  |  |
| P1: <u>Report of backa 4500 magpie 1100</u>          |  |
| P2: <u>Taeon Tower magpie 1091 over mosan 1500</u>   |  |
| C: <u>magpie 1091 climb to 3000 Report of sowon</u>  |  |
| P2: <u>climb to 3000 Report of sowon magpie 1091</u> |  |

- P1 : 선행 항공기      • --- : 기존 ADS-B 사용 시 생략가능
- P2 : 후행 항공기      • - : 목적고도가 추가된 ADS-B 사용 시 생략가능
- C : 관제사

그림 4. 음성통신 내역 분석  
Fig. 4. Analysis of Voice Communication.

### III. 시뮬레이션 체계 및 수행

#### 3-1 시뮬레이션 체계

시뮬레이션에 앞서 항공관제 데이터로 태안비행장의 2대의 Cessna 172R 항공기가 ATC 음성관제 환경에서 실제 비행 시에 관제탑과 교신했던 내용을 녹음 및 기록한 데이터를 활용하였다. 비행 시나리오는 태안비행장에서 일상적으로 이루어지는 비행 절차를 바탕으로 구성하였고 2대의 항공기가 각각 활주로에서 이륙하여 상승 및 채공, 하강 하는 단계를 고려하였으며 이 시나리오를 시뮬레이션에 적용하였다.

비행 시뮬레이션에는 조종사와 관제사가 동일한 화면을 보며 해당 업무를 수행할 수 있도록 ADS-B IN 기능을 수행할 수 있는 CDTI를 LabVIEW를 사용

하여 제작하였고, 시뮬레이션 환경상 무선 데이터 링크는 UDP 프로토콜로 대체하였다. 또한, 조종사와 관제사간의 음성통신은 별도의 녹음 장치를 이용하여 녹음하도록 구성하였다.

그림 5와 같이 비행 시뮬레이션 장비 역시 2대로 구성하여 각각의 비행 파라미터를 UDP 프로토콜을 사용하여 한 대의 서버 컴퓨터로 수집하였다. 서버 컴퓨터로 수집된 데이터는 다시 UDP 프로토콜을 사용해 조종사와 관제사 각각의 CDTI로 전송시켰다.

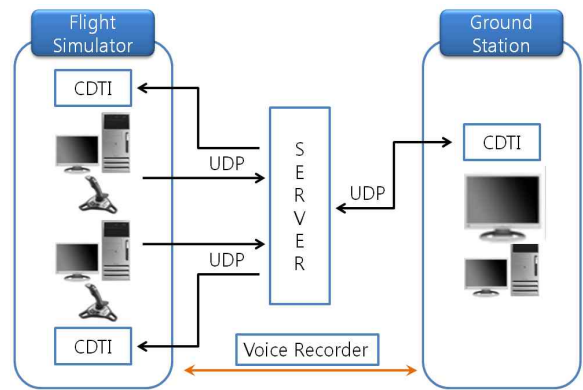


그림 5. 시뮬레이션 체계도  
Fig. 5. System Architecture of Simulation.

표 2. 목적고도가 추가된 “LONG” 포맷의 UAT ADS-B 메시지 데이터 블록 요소

Table 2. UAT ADS-B Message Data Block Elements of Aiming Altitude added “LONG” Format.

| MDB          | Parameter                | Number of Bit |
|--------------|--------------------------|---------------|
| HDR          | Header                   | 32            |
| State Vector | Latitude                 | 23            |
|              | Longitude                | 24            |
|              | Altitude(+Alt Type 1bit) | 13            |
|              | NIC                      | 4             |
|              | A/G STATE                | 2             |
|              | Horizontal Velocity      | 22            |
|              | Vertical Velocity        | 11            |
|              | UTC                      | 1             |
| Rev          | Aiming Altitude          | 12            |
| Rev          | Reserved                 | 124           |
|              | Total                    | 272           |

표 2는 CDTI 상에 목적고도를 제공하기 위해 목적

고도 파라미터가 추가된 ADS-B 메시지 구조를 보여 준다. 목적고도 파라미터는 UAT ADS-B 메시지의 예비 비트로 할당된 비트수를 고려하여 전체 메시지 포맷을 벗어나지 않는 최소 12비트로 설정하였다.

3-2 시뮬레이션 수행

시뮬레이션은 ATC 음성관제 환경에서 얻은 항공관제 데이터와 동일한 시나리오로 세 차례에 걸쳐 진행되었으며, ADS-B IN/OUT 메시지 내 목적고도의 유무에 따른 음성통신량을 분석하기 위해 먼저 ATC 음성관제 환경과 목적고도를 제외한 ADS-B 환경, 목적고도를 추가한 ADS-B 환경의 순서로 진행 되었다. 비행 시뮬레이터를 통하여 모의 비행하는 동안 CDTI 화면을 통해 조종사와 관제사가 각 항공기의 데이터를 공유하여 모니터링 함으로써 ADS-B가 적용된 상황과 동일하게 업무를 수행하였으며 시뮬레이션 할 때 발생할 수 있는 음성통신 내역은 음성 기록장치로 녹음하였다.

그림 6, 7은 각각 항공기와 지상국에 사용되는 CDTI 화면으로 목적고도를 포함한 ADS-B IN/OUT 메시지가 사용되어 각 항공기의 ID와 3차원 위치 및 목적고도, 고도 변경상황 등을 제공해주고 있다.

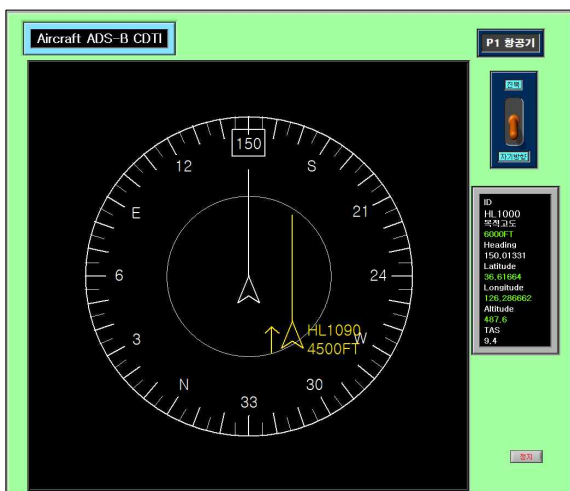


그림 6. 항공기 탑재용 CDTI  
Fig. 6. CDTI of Aircraft.

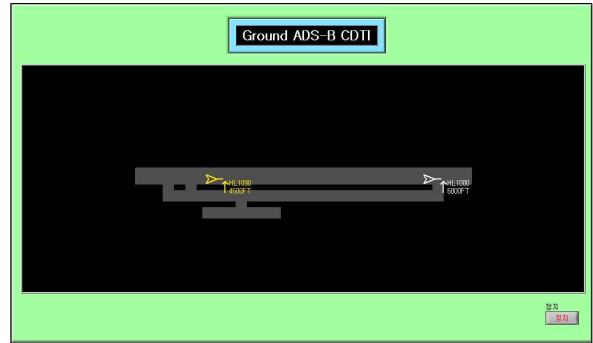


그림 7. 지상국용 CDTI  
Fig. 7. CDTI of Ground Station.

3-3 시뮬레이션 분석

본 시뮬레이션은 UAT방식의 ADS-B의 메시지 구조에 목적고도 파라미터를 추가 즉, 목적고도가 표시되는 CDTI를 사용하여 감시 및 관제하는 방식이 조종사와 관제사간의 음성통신량에 있어서 기존의 ADS-B에 비해 어느 정도 감소율을 보이는지 비교하고자 진행하였으며, 시뮬레이션 시 녹음된 음성데이터를 토대로 각 환경에서의 음성통신량을 비교분석하였다.

표 3은 시뮬레이션을 통하여 ATC 음성관제 환경과 기존 ADS-B 환경, 목적고도를 추가한 ADS-B 환경에서의 음성통신량을 비교한 결과를 보여주고 있다.

표 3. 음성 통신량 비교

Table 3. Results of Voice Communication Volume.

|                     |  | 음성 교신 횟수      |    |   |    |    |    |    |    |   |    |
|---------------------|--|---------------|----|---|----|----|----|----|----|---|----|
|                     |  | 비행단계          |    |   | 상승 |    |    | 체공 |    |   | 강하 |
| 비행환경                |  | P1            | P2 | C | P1 | P2 | C  | P1 | P2 | C |    |
|                     |  | ATC<br>(음성통신) |    | 9 | 10 | 9  | 15 | 11 | 15 | 7 | 7  |
| ADS-B<br>(기존 ADS-B) |  | 4             | 5  | 9 | 9  | 6  | 15 | 4  | 4  | 9 |    |
| ADS-B<br>(목적고도 추가)  |  | 2             | 2  | 2 | 3  | 2  | 3  | 2  | 2  | 3 |    |

비교 결과 ATC 음성관제 환경에서 관제사의 음성 교신 횟수는 상승, 체공, 강하 각 단계 순으로 9회, 15회, 9회를 나타내었고, 조종사는 평균 10회, 13회, 7회를 나타내었다. ADS-B 적용 후 교신 횟수는 관제사가 각 9회, 15회, 9회를 조종사는 평균 5회, 7회, 4회를 나타내었으며, 목적고도를 추가한 ADS-B 환경에

서 관제사는 각각 2회, 3회, 3회를 나타내었고, 조종사는 평균 2회, 3회, 2회를 나타내었다.

그림 8에서 보듯이 결과적으로 조종사는 기존 ATC 음성관제 통신보다 ADS-B 환경에서 음성통신량에 있어 약 45.7%의 감소율을 보였고, ADS-B 환경보다 목적고도 파라미터를 추가한 ADS-B 환경이 약 59.3%의 감소율을 보였다.



그림 8. 시뮬레이션 분석 결과  
Fig. 8. Results of Analysis through the Simulation.

특히, 목적고도를 추가한 ADS-B 환경의 경우 관제사의 음성통신량이 현저히 줄어들음을 확인하였으며, 이 경우 기존 ATC 음성관제 통신보다 음성통신량이 약 75.7%이상 감소함을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 논문의 시뮬레이션 과정을 통해 ADS-B의 감시 기능이 항공관제 통신에 있어서의 음성통신량을 감소시키는 것을 재차 검증하였으며, 목적고도 파라미터를 포함하지 않은 ADS-B 환경에 비해 목적고도 파라미터를 포함한 ADS-B 메시지 구조를 사용할 때 목적고도 보고로 인한 음성통신량이 현저히 감소하였음을 확인하였다.

이는 교통량이 증가하여 고도에 대한 중요성이 요구되는 공항 인접 지역 및 산악지형이 70% 이상을 차지하여 고도변화량이 많은 우리나라에서의 항공관제 통신에 있어 목적고도 보고로 인한 주파수 사용빈도와 주파수 점유시간을 더욱 효과적으로 줄이는 방

안으로 판단된다. 또한, 조종사와 관제사에게 있어서 업무 부담을 줄여줄 수 있으리라 기대된다. 이에 ADS-B IN/OUT 메시지 구조에 목적고도 파라미터의 추가를 제안하고자 한다.

본 논문에서는 목적고도의 중요도가 비교적 낮은 공항 내 지상운영 시의 감시정보는 고려하지 않았으며, 항공기의 수를 제한하여 시뮬레이션 하였다.

차후, 지상 및 비행 운영이 복합적으로 이루어지는 공항인접지역에 적합한 시나리오를 활용하여 그에 따른 항공기의 숫자도 증가시켜 실제 공항에서와 같은 시나리오를 시뮬레이션에 적용하여 분석하는 연구 또한 필요할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 논문은 LIG 넥스원(주) 대학 협력연구 지원사업(Y11-014) “실용형 민수무인항공기 운용체계 및 정보전송시스템 연구” 으로 수행된 연구임. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 한서대학교 항공기술 연구소, “ADS-B 비행 시험 기술 개발”, *한국항공우주연구원* 2007, 8.
- [2] Jae-Hoon Song, Kyung-Ryoon Oh, In-Kyu Kim, In-jung Kim and Sung-See Kim, “Preliminary Implementation of Ground-to-Ground Surveillance Test-bed based on ADS-B Concepts”, ICCAS, *Seoul, Korea*, pp. 1434-1438, Oct. 2007.
- [3] 김도현, 홍교영, 오경륜, “지상운영시험을 통한 ADS-B 효과에 관한 연구”, *한국항공운항학회논문지*, 제15권 제2호 pp. 25-31, 2007, 6.
- [4] 홍교영, 김도현, 오경륜, “비행시험을 통한 ADS-B 운영상의 효과에 관한 연구”, *한국항공학회논문지*, 제11권 제2호 pp. 137-145, 2007, 6.
- [5] ICAO, Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) Study and Implementation Task Force, *Brisbane, Australia*, 24-26 March 2003.
- [6] 한국항공우주연구원, “차세대 항공데이터통신시스템(VHF Data Link) 개발 최종보고서”, *국토해양부*

한국건설교통기술평가원 2009, 7.

[7] 송재훈, 오경륜, 김종철, 이장연, “선박자동식별장치를 이용한 ADS-B 개념 기반의 항공감시용 송수신기의 구현”, *한국항해항만학회지*, 제33 권 제10 호 PP. 685-690, 2009. 12.

[8] ICAO, Manual on the Universal Access Transceiver (UAT) - Detailed Technical Specifications, *Edition 1 Revision 4.1.1* 18 September, 2006.

현 정 옥 (玄正煜)



2010년 2월 : 한서대학교  
항공전자공학과(공학사)  
2010년 3월 ~ 현재 : 한서대학교  
항공전자공학과 석사과정  
관심분야 : 항공전자, 항공 통신  
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

길 현 철 (吉賢哲)



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

홍 교 영 (洪敎榮)



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