

KSAS 학술대회

차세대 항행 시스템을 고려한 항공관제시물레이터 서버 및 조종사 스테이션 구현 Implementation of Aircraft Control Simulator Server and Pilot Station Considering of Next Generation Navigation System

정세훈^{1*}, 조환희¹, 오혜주¹, 최기영¹, 이학태¹
인하대학교¹

초 록

본 논문에서는 차세대 항행 시스템중 하나인 Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B)를 적용한 항공관제시물레이터 서버와 이를 검증하기 위한 조종사 스테이션을 설계하였다. 서버와 조종사 스테이션의 설계는 항공기 운용 현황 및 개발 추세, 차세대 항행시스템 그리고 데이터의 저장 및 활용을 고려하였다. 이를 통해 운용조건, 실시간성, ADS-B, 통신 인터페이스, 편의성, 데이터베이스의 활용을 서버와 조종사 스테이션의 요구조건으로 도출하였고, 서버와 조종사 스테이션을 설계하였다. 현재 시험 중인 서버와 조종사 스테이션은 검증을 위한 요구사항을 만족하도록 개발되고 있다.

ABSTRACT

In this paper, designs of an air traffic control simulator server and a pilot station are presented, which use Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) as one of the next generation navigation system components. The implementation takes the current aircraft operation procedures, development trends, next generation navigation systems, and data storage and usage into consideration. Requirements for the server and the pilot station are presented that include operational conditions, real-time operability, ADS-B integration, human factors, and utilization of database. Prototype server and pilot station are developed that meets the requirement for verification, which are currently being tested.

Key Words : Server(서버), Pilot User Interface(조종사 유저 인터페이스), Air Traffic Control Simulator(관제시물레이터), Next Generation Navigation System(차세대 항행 시스템), ADS-B(자동독립감시 방송시스템).

1. 서론

최근의 관제시스템은 차세대 항공 감시 운용체계인 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)등 차세대 항행시스템을 적용하고 있으며 유/무인기를 혼합하여 운용하는 로드맵을 중장기적으로 개발 중에 있다. 미국의 FAA(Federal Aviation Administration)는 차세대 항행시스템에 관한 10년간의 로드맵과 민간 무인항공기 시스템 - 미국 내 공역을 통합하는 로드맵을 개발하고⁽¹⁾⁽²⁾ 이를 항공관제 시물레이터에 적용하기 위해 NASA, FAA, DOT(Department of Transport) 등으로

구성된 JPDO(Joint Planning and Development Office)를 구성하여 2025년을 목표로 프로젝트를 진행 중에 있다.⁽³⁾ 이에 대해 국내에서도 중장기적 로드맵 개발이 진행 중이고, 차세대 항행시스템이 적용된 항공관제시물레이터가 개발되었으나, 차세대 항행 시스템에 대한 데이터 통신은 많은 서버 및 클라이언트 구조가 요구되어 통신 구조가 복잡해지고 송/수신하는 데이터 량이 증가된다.

본 논문에서는 통신 구조를 단일화 시켜 데이터를 효율적으로 관리하고, ADS-B를 적용하여 항공기간의 정보 공유를 가능하게 하는 항공관제시물레이터의 서버와 항공기 제어 및 항공기 상태와

ADS-B정보를 시각적으로 표현하고, 검증하기 위한 조종사 스테이션을 구현하였다. 이를 위해 자료조사와 분석을 통해 요구조건을 도출하였고, 상세설계와 구현, 결론과 향후계획을 기술하였다.

2. 본 론

2.1 개발현황

항공관제시뮬레이터에 대한 국내 연구는 ADS-B가 적용된 서버 및 항공기의 상태정보를 표시하고 제어 할 수 있는 조종사 스테이션을 개발하였으나 ADS-B 요구사항 및 실제 사용되는 기능을 충분히 구현하지 못하였다.⁽⁴⁾ 이에 반해 국외의 항공관제시뮬레이터는 대표적으로 NASA의 MACS (Multi Aircraft Control System)와 Eurocontrol의 ESCAPE(Eurocontrol Simulation Capability and Platform for Experimentation)가 개발되었고, 실제 관제 환경 및 조종사석의 구현이 충분히 반영되었으나, 항공법규 이행에 관한 시스템은 구축되어 있지 않다.⁽⁵⁾⁽⁶⁾ Table 1은 기 개발된 시뮬레이터의 서버 및 조종사의 특징을 정리한 목록이다.

2.2 요구조건

항공기 운용현황과 항공관제시뮬레이터 서버 및 조종사 스테이션의 특성, 최근의 개발 추세를 고려한 요구조건을 Table 2에 정리하였다.

2.2.1 운용조건

서버는 인천공항 접근관제소에서 최대 운용 가능한 항공기 1,200대와 30대의 레이더를 수용하고, 조종사 스테이션은 선택한 항공기에 1대의 정보를 표현하고, 최대 30대를 운용한다.⁽⁴⁾

Table 1. Characteristic of MACS and ESCAPE for Server and Pilot Station⁽⁵⁾⁽⁶⁾

MACS	Server	<ul style="list-style-type: none"> 중앙 서버를 통한 클라이언트 연결 및 데이터 통신 새로운 관제 및 항행기술 적용/시험 데이터 수집 및 분석기능 제공
	Pilot	<ul style="list-style-type: none"> 명령에 기반을 둔 다수항공기의 자동/수동 비행 실제 조종사석의 장비를 UI로 구현
ESCAPE	Server	<ul style="list-style-type: none"> 개별적인 클라이언트 운영 및 중앙서버에 연결
	Pilot	<ul style="list-style-type: none"> 실제 항공기 모델, 기능 적용 별도의 음성 및 데이터통신 링크

Table 2. ATC Server and Pilot Requirement

분류	요구조건
운용조건	<ul style="list-style-type: none"> 서버 : 항공기 1,200대, Radar 30대 수용 조종사 : PC당 30대의 항공기를 운용
실시간성	<ul style="list-style-type: none"> 동시에 전송되는 데이터를 일괄적으로 처리 항공기 모델에 따른 운동의 실시간 표현
편의성	<ul style="list-style-type: none"> 1개월의 데이터를 10배속으로 시뮬레이션 국내 운항기술기준 등 항공법규 고려 다수 항공기 운용, 실제 기능과 유사성 고려
차세대 항행시스템	<ul style="list-style-type: none"> 서버에서 ADS-B 데이터 통신 처리 CDTI, 센서정보로 항공기 식별 및 정보 표현
데이터 베이스	<ul style="list-style-type: none"> 대량의 항공관제 데이터 저장/로드 AIP기반의 초기정보 설정

2.2.2 실시간성

설계할 시스템은 운용 환경과 소프트웨어적 한계를 고려한다. 서버와 각 클라이언트는 서로 동기화 되도록 하고, 다수의 항공기로부터 동시에 전송되는 데이터를 동시에 처리할 수 있어야 한다. 또한 조종사 스테이션의 경우 항공기 상태 및 서버로부터 전송되는 정보를 실시간으로 표현할 수 있도록 한다.

2.2.3 차세대 항행 시스템

차세대 항행 시스템은 기존의 항행 시스템에 비해 안정성 강화 등의 개선된 기능을 제공한다.

이 중 서버에 적용할 차세대 항행시스템인 ADS-B는 항공기의 정보를 주기적으로 방송하여, 항공기의 충돌을 방지하는 효과가 있다.⁽⁷⁾ Fig 1은 ADS-B의 구성도로, ADS-B에 의한 항공기간 통신은 서버에서 일괄적으로 처리하도록 하고, ADS-B 안테나 범위를 고려하여 범위 내 항공기간의 상태정보를 교환할 수 있도록 한다. 이 때, 전송되는 데이터 패킷은 ADS-B의 ICD(Interface Control Document)정보에 기반 한다. 또한 조종사 스테이션은 전송 받은 센서 정보와 CDTI(Cockpit Display Traffic Information)를 바탕으로 UI상에 주변 항공기의 식별 및 정보를 표시하도록 한다.

2.2.4 편의성

서버는 시뮬레이션을 최대 10배속으로 수행할 수 있도록 하고, 조종사 스테이션은 하나의 UI에서 다수의 항공기를 운용하며, 실제 조종사 훈련에 사용되는 기능과의 유사성을 고려한다. 또한, 국내현황을 고려하여 국내의 항공운항기술과 항공법 등의 항공 법규를 고려하여 설계한다.

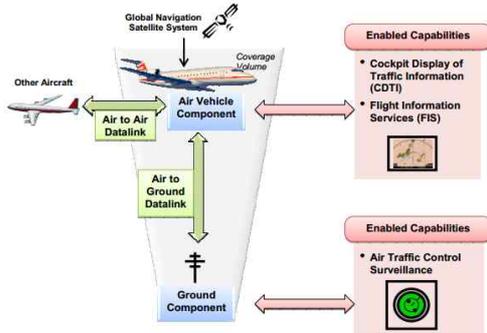


Fig. 1. ADS-B Architecture⁽⁷⁾

2.2.5 데이터베이스 활용

데이터베이스는 1개월의 항공관제 데이터를 저장하고 수시로 활용하며, 총 운용 항공기 수는 2013년 국내 및 국제선 월평균 유인항공기 운항 횟수인 20,864대를 기준으로 한다.⁽⁸⁾ 또한, 데이터베이스는 운항기술기준 등 항공법규 정보를 보유하고, AIP문서에 기반을 둔 시뮬레이션 초기정보와, 시나리오 활용 및 시뮬레이션 데이터의 분석을 위한 저장기능을 제공한다.

2.3 상세설계

항공관제시뮬레이터 서버와 조종사 스테이션은 요구조건을 기반으로 MACS와 ESCAPE의 특징을 참고하여 설계하였으며 서버는 실시간성을 위해 Linux CentOS 6.5에서 Eclipse CDT, QT로 개발하였고, 조종사는 Windows 7에서 VS2010, MFC 및 OpenGL로 개발하였다.

2.3.1 항공관제시뮬레이터 서버

Fig 2는 서버에 연결되는 클라이언트 및 서버 내부의 구성도로, 클라이언트는 서버를 중심으로 네트워크(개별 TCP/IP 소켓)로 연결되고 서버는 접속되는 클라이언트의 정보를 보유하며, 주기적 및 비 주기적으로 데이터를 송/수신하게 된다. 여기서 서버와 Radar, SDP(Surveillance Data Processing System), Voice Server는 동일 PC에서, 조종사 스테이션과 관제사는 별도의 PC에서 운용된다.

서버는 GUI의 명령을 통해 데이터베이스에 저장된 데이터를 불러오고 라우터를 통해 목적지로 전송한다. 조종사로부터 전송되는 항공기 정보는 Radar로 전송하고, 데이터베이스에 저장되며, 일부는 항공법규 이행에 대한 자료로 활용하여 위반 시 조종사에게 법 위반 정보를 전송한다.

또한, ADS-B 데이터 통신을 서버에서 일괄적으

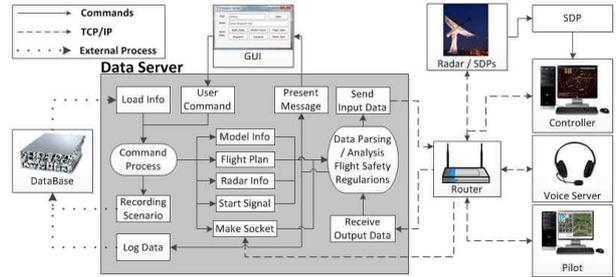


Fig. 2. Simulation and Server Architecture

로 처리하여 시뮬레이터 상의 모든 항공기의 정보를 보유하도록 하고, 전송받은 정보와 각 항공기의 ADS-B 안테나 감지범위, Callsign을 이용하여 주변 항공기에 주기적으로 정보를 전달한다.

음성서버는 서버로부터 신호를 받아 작동되며 음성통신 시작 전 서버로부터 조종사 및 관제사에 대한 정보를 수신 받아 양 서버에 접속한 클라이언트의 정보를 동기화 시킨다.

Table 3은 서버에서 운용되는 통신 주기 및 주기에 따른 데이터의 분류를 나타낸다. 이를 바탕으로 최대 배속인 10배속에 대해 가장 많은 데이터 패킷량이 전송되는 경우는 두 주기가 중첩되는 경우로 이를 기준으로 허브에서 1초에 수용할 수 있는 최대 항공기 수는 1Gbps의 성능을 가지는 허브에 대해 외부 요인과 비주기적 데이터의 전송 및 통신환경을 고려하여 최대 전송속도의 50%를 활용한다고 가정할 때 다음과 같다.

$$\frac{0.5 \times 10^9}{(108 \times 8 \times 10 + 201 \times 8 \times 2)} = 42,172 \text{ 대}$$

위의 결과를 바탕으로 서버는 운용 조건인 항공기 1,200대를 운용할 수 있다고 판단하였다.

2.3.2 조종사 스테이션

조종사 스테이션은 항공기를 제어하고 이에 따른 항공기 모델의 운동정보와 ADS-B에 따른 정보를 서버로 송/수신하여 시각적, 수치적으로 표현한다. UI는 실제 시뮬레이터에 적용된 ND (Navigation Display), PFD(Primary Flight Display), FMC(Flight Management Computer), MCP(Mode Control Panel)와 다수 항공기 운용에 따른 항공기 목록정보인 Flight List로 구성한다. Fig 3은 조종사 스테이션의 구성도이다.

Table 3. Communication Period, Packet and Type

통신주기	전체패킷량	데이터분류
1Hz	108byte	조종사 스테이션
0.2Hz	201byte	Radar, SDP, 관제사

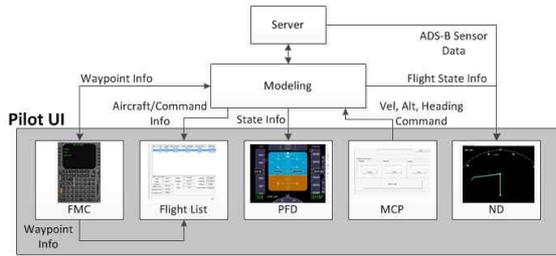


Fig. 3. Pilot Station UI Architecture



Fig. 4. Pilot Station UI

조종사 스테이션 UI의 각 모듈은 정보를 실시간으로 표현하기 위해 독립적으로 운용되며 직접 또는 간접적으로 일부 정보를 공유한다. FMC와 MCP를 통해 비행중인 항공기의 경로점 및 속도, 고도, 방위각을 제어하고 비행모드를 변경할 수 있으며, ND로부터 주변 항공기의 정보를 확인하고, PFD를 통해 상태 및 충돌가능성을 판별한다.

2.4 구현

앞서 기술한 요구사항과 설계내용을 바탕으로 제작된 조종사 스테이션의 UI는 Fig 4와 같으며 UI의 각 모듈별 설명은 Table 4에 정리하였다.

3. 결론

본 논문에서는 ADS-B가 적용된 항공관제시물레이터 서버와 이를 확인하고 검증하기 위한 조종사 스테이션을 구현하였다. 서버가 모든 데이터 통신을 담당함으로써 기존 ADS-B 통신에 따른 항공기간의 데이터 교환을 서버가 대체하게 되고, 이는 통신구조가 간단해지고, 각 클라이언트로 전송되는 데이터의 양을 감소시키는 효과를 기대할 수 있다. 추후 충돌방지 알고리즘과 음성 통신, 추가적인 차세대 항행 시스템, 운항기술기준 등 항공법규에 따른 시스템을 적용하고, 이를 항공관제시물레이터 서버 및 조종사 스테이션에 반영하여 검증하는 작업이 진행될 예정이다.

Table 4. Description of Pilot Station Module

번호	모듈명	설명
①	Flight List	운용중인 항공기의 운항 정보 표시
②	PFD	명령/현재 속도, 고도, 방위각 자세 및 충돌경고 정보 표시
③	ND	항공기의 비행경로 및 ADS-B 시스템에 따른 주변 항공기 정보 표시
④	FMC	항공기의 비행계획 설정 및 수정
⑤	MCP	고도, 속도, 방위각 명령 설정

후기

본 연구는 국토교통부 항공기술연구사업의 연구비지원(과제번호 13ATRP-C071525-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Federal Aviation Administration, 2013, *Integration of Civil Unmanned Aircraft System (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap*, Washington DC.
- (2) Federal Aviation Administration, 2013, *NextGen Implementation Plan*, Washington DC.
- (3) Kim. D. M., Yeom. J. H., Jun. H. S., 2010, "Analysis of CNS/ATM Technology Trend," *Aerospace Industry Trend of Technology*, Vol. 8, No. 2, pp. 113~123.
- (4) Oh. H. J., Cho. S. W., and Choi. K. Y., 2010, "Development of Aircraft and Radar Simulation for Air Traffic Control Training System," *J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 41, No. 4, pp. 173~184
- (5) Thomas, P., Paul. L., Todd. C., Joey. M., Jeffrey. H., Nancy. S., Everett. P., 2010, "Human-In-the-Loop Evaluation of NextGen Concepts in the Airspace Operations Laboratory," *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, pp. 1~30.
- (6) Eurocontrol, 2014.9.15., "Escape," <http://www.eurocontrol.int/>.
- (7) Edward, A. L., 2007, "Benefit and Incentives for ADS-B Equipment in the National Airspace System," *Massachusetts Institute of Technology*, pp. 5-16.
- (8) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014.9.11., "MOUT-Related Statistics," <http://stat.molit.go.kr/>