

논문 2015-52-2-4

항공 교통 상황 방송 서비스를 위한 중앙 집중형 TIS-B 서버 설계 및 구현

(Design and Implementation of Centralized TIS-B Server
for Broadcasting Air Traffic Situation)

송 인 성*, 장 은 미*, 최 상 방**

(Inseong Song, Eunmee Jang, and Sangbang Choi[©])

요 약

항공 수요가 지속적으로 증가함에 따라 레이더를 이용한 항공 감시가 한계에 다다르면서, 새로운 항공 감시 기술인 ADS-B가 등장하였다. ADS-B는 레이더에 비해 높은 위치 정확도와 빠른 갱신 주기를 제공하며, ADS-B 송수신기를 장착한 항공기 간에는 서로의 위치 정보를 확인할 수 있다는 장점을 갖는다. 하지만 모든 항공기가 ADS-B 송수신기를 탑재하지는 않으며, 서로 다른 ADS-B 데이터 링크를 사용하는 항공기 간에는 위치 정보의 송수신이 불가능하다는 단점이 있다. 이러한 ADS-B의 단점을 해결하기 위해 레이더가 감시 중인 항공기의 정보를 방송하는 TIS-B 서비스와 ADS-B 데이터 링크를 교차하여 ADS-B 신호를 방송하는 ADS-R 서비스가 개발되었다. 본 논문에서는 ADS-B 감시 자료와 레이더 감시 자료를 통합하여 TIS-B 서비스와 ADS-R 서비스를 함께 제공할 수 있는 항공 교통 상황 방송 서비스용 중앙 집중형 TIS-B 서버를 설계하고 구현하였다. 구현한 시스템은 직접 구성한 ADS-B 지상 시스템과 연결하여, 비행 중인 항공기의 ADS-B 감시 자료와 레이더 감시 자료를 수신하고, 수신한 감시 자료를 이용하여 TIS-B 서비스와 ADS-R 서비스를 제공하기 위한 감시 자료를 생성하여 모의 방송을 하는 방법으로 검증하였다.

Abstract

As a radar based air surveillance hits the limit along with the growing air traffic needs, a new air surveillance technology called ADS-B has emerged. ADS-B provides more accurate position information with a shorter interval, and aircraft equipped with ADS-B transponders can check each other's location. However not all aircraft are equipped with ADS-B transponders, and aircraft with different ADS-B data links cannot check each other's location. To address these problems a TIS-B service, which broadcasts information that a radar is tracking, and an ADS-R service, which cross-broadcasts information of different ADS-B data links, have been emerged. In this paper, we design and implement a centralized TIS-B server for broadcasting air traffic situation which is capable of providing a TIS-B service and an ADS-R service at the same time. The implemented TIS-B server has been verified with a configured ADS-B ground system, by receiving ADS-B surveillance data and radar surveillance data followed by generating surveillance data for providing a TIS-B service and an ADS-R service and simulating broadcast of those generated surveillance data.

Keywords : ADS-B, ADS-R, TIS-B, CNS/ATM, ASTERIX

* 정회원, ** 평생회원, 인하대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Inha University)

© Corresponding Author(E-mail: sangbang@inha.ac.kr)

※ 본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업의 연구비지원(12항공-항행01)에 의해 수행되었습니다.
접수일자: 2014년10월27일, 수정일자: 2015년01월20일, 게재확정: 2015년02월02일

I. 서 론

세계 항공기 시장은 2003년 이후 연 평균 7.5%의 지속적인 성장을 이어오고 있으며, 중국, 인도 등의 신흥 항공 시장이 활성화됨에 따라 세계 항공 수요가 2015년까지 연 평균 5.0% 이상 지속적으로 성장할 것으로 예측되고 있다. 우리나라 역시 인천 관제탑과 서울 접근 관제소가 2013년 3분기 기준 각각 일일 교통량 860대, 1460대를 기록하여 연중 관제시설 일일 교통량 최대치를 경신하였으며, 인천 공항은 2014년 3분기에 일일 운항 횟수 최대치인 872대를 기록하는 등 항공 교통량이 지속적으로 증가하고 있다^[1-2].

미국, 유럽 등의 항공 기술 선진국들은 이와 같이 지속적으로 증가하는 항공 수요를 수용하기 위해서 새로운 항공 교통 관리 기술과 효율적인 운영을 위한 기술 개발에 지속적인 투자를 하고 있다. 그 결과 국제 민간 항공 기구(ICAO; International Civil Aviation Organization) 주도 하에 통신, 항법, 감시를 위한 새로운 기술과 함께 항공 교통 관리를 위한 새로운 개념과 방법을 제시하는 CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management)이 개발되었다. CNS/ATM은 항공 교통 관리 분야의 경제성, 효율성, 안전성을 획기적으로 향상시킬 것으로 주목받고 있으며, 국내에서도 국토교통부를 중심으로 정부 산하 연구기관, 기업체, 대학교 등에서 활발하게 연구를 진행하고 있다.

ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) 시스템은 CNS/ATM의 통신, 항법, 감시 기술 중 감시 기술에 해당하는 기술로, CNS/ATM을 구성하는 핵심 기술이다. ADS-B 시스템은 기존 항공 감시 기술인 레이더 시스템이 포화 상태에 이르러 효율성과 안정성이 떨어질 것으로 예측됨에 따라 레이더 시스템을 보완, 대체하기 위해 개발된 시스템으로, 항공기의 관점에서 수동적인 형태의 감시 기술인 레이더 시스템과 달리 능동적인 형태의 감시 기술이다. ADS-B 시스템 하에서 항공기는 위성항법시스템(GNSS; Global Navigation Satellite System)을 이용하여 자신의 위치를 확인한 후 무선 데이터 링크를 통해 자신의 위치를 지속적으로 방송하며, 다른 항공기는 방송 신호를 수신하여 해당 신호를 방송 중인 항공기의 위치를 확인한다.

미국, 유럽, 호주 등은 NextGen (Next Generation), SESAR (Single European Sky ATM Research) 계획 등을 통해 ADS-B 시스템을 도입하여 운영 중에 있으며, 2020년까지 공역에 출입하는 모든 항공기가 ADS-B 송수신기를 의무적으로 장착하도록 할 계획이다^[3]. 우리나라 역시 2008년 인천 공항에 도입된 ADS-B 시스템을 시작으로 2020년까지 전국 주요 항로 및 공항에 ADS-B 시스템을 도입하여 운영할 예정이다^[3].

ADS-B 시스템을 사용하면 한 항공기가 다른 항공기의 위치를 시각적으로 확인할 수 있으므로 항공기 운항 안정성과 효율성을 크게 향상시킬 수 있다. 하지만 모든 항공기가 ADS-B 송수신기를 탑재하지는 않으며, 서로 다른 ADS-B 데이터 링크를 사용하는 항공기 간에는 위치 정보의 송수신이 불가능하고, GNSS의 특성에 따른 오차가 발생할 수 있다는 문제점을 안고 있다. ADS-B 시스템이 안고 있는 이러한 문제를 해결하기 위해 등장한 것이 TIS-B (Traffic Information Service - Broadcast) 서비스와 ADS-R (Automatic Dependent Surveillance - Rebroadcast) 서비스이다. TIS-B 서비스는 레이더 시스템이 추적 중인 항공기의 정보를 ADS-B 데이터 링크를 통해 방송하는 서비스이며, ADS-R 서비스는 서로 다른 데이터 링크의 ADS-B 신호를 교차로 방송하는 서비스이다.

본 논문에서는 레이더 시스템이 추적 중인 항공기의 위치 정보를 방송하는 TIS-B 서비스와 함께 서로 다른 ADS-B 데이터 링크의 신호를 교차 방송하는 ADS-R 서비스를 통합하여 제공하기 위한 중앙 집중형 TIS-B 서버를 설계하고 구현하였다. 본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버는 중앙 집중형 구조를 사용하여 중앙의 TIS-B 서버가 감시 자료 수집, 감시 자료 검증, 중복 감시 자료 제거, 감시 자료 저장, 감시 자료 분배 등의 역할을 수행함으로써, TIS-B 서비스의 커버리지 확대, TIS-B 서비스의 신뢰성 향상, 지상 장비의 부하 감소, 중복된 감시 자료의 방송 방지 등의 장점을 갖는다. TIS-B 서버를 설계하는 과정에서 RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics)가 정의하는 ADS-B 시스템 및 TIS-B 서비스 관련 표준 문서인 DO-242A, DO-260B, DO-282A, DO-286B, DO-289 등을 검토함과 동시에 항공 교통 관리 시스템 사용자의 요구사항을 반영하였다^[4-8]. 이를 바탕으로 인터페이스

부, 감시 자료 처리부, 감시 자료 저장부, 서버 관리부 등 4개의 모듈로 구성된 시스템을 설계하고 구현한 뒤, 실제 항공기의 데이터를 수신하고 모의 방송하는 실험을 통하여 TIS-B 서버의 성능을 점검하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 ADS-B 시스템 및 TIS-B 서비스와 관련된 기술들에 대해, III장에서는 본 논문에서 설계한 TIS-B 서버의 구성에 대해 설명한다. IV장에서는 본 논문에서 설계한 TIS-B 서버의 구현 결과를 보이고, 마지막으로 V장에서는 본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버의 결론 및 활용 방안을 도출한다.

II. 관련 연구

1. ADS-B

ADS-B 시스템은 기존 항공 감시 기술인 레이더 시스템을 보완, 대체하기 위한 기술로, 효율적인 공역 활용, 저시정 상태 제약 감소, 지상 감시 기능 강화, 혼잡 제어 시의 안정성 강화 등을 목표로 개발되었다. ADS-B 시스템 개발의 궁극적 목표는 항공기가 관제를 받지 않고 주변의 교통상황을 직접 확인하며 비행하는 자유 비행(Free Flight)을 실현하는 것이다. ADS-B는 Automatic, 사람이 개입하지 않아도 자동으로 감시 자료를 전달, Dependent Surveillance, 감시에 관련된 정보를 감시 자료의 송신자에게 의존, Broadcast, 감시 자료의 방송을 의미하는 약어이다^[4].

항공기가 방송하는 ADS-B 감시 자료에는 항공기의 위치, 고도, 속도, 방향 등 항공기의 위치와 움직임에 관련된 정보뿐만 아니라, 항공기에 탑재된 송수신기의 고유 주소, 등록 번호, 편명, 항공기에 탑재된 측정 장비의 정확도, 항공기의 위급 상태 등 항공기 전반에 관련된 다양한 정보가 담겨있다. ADS-B 시스템을 이용하는 항공기는 GNSS와 함께 항공기에 탑재된 관성 항법 시스템, 기압 고도계, 대기 속도계, 자기 방위계 등 측정 장비를 이용하여 항공기의 위치, 고도, 속도, 방향 등을 측정하고, 측정된 정보를 이용하여 방송을 위한 ADS-B 메시지를 생성한다.

항공기는 생성한 ADS-B 메시지를 ADS-B 무선 데이터 링크를 통하여 일정한 주기로 방송한다. ADS-B 메시지는 정보의 중요도에 따라 0.5초에서 5초 사이의 주기를 갖는다. ADS-B 무선 데이터 링크의 종류에는

상업용 항공기에 주로 사용되는 1090ES (1090MHz Extended Squitter), 소형 항공기에 주로 사용되는 UAT (Universal Access Transceiver)와 VDL mode 4 (Very high frequency Data Link mode 4) 등이 있다.

ADS-B 수신기를 장착한 항공기나 ADS-B 지상 장비가 설치된 지상 항공 교통 관리 시스템은 항공기가 방송하는 신호를 수신하여 해당 신호를 방송 중인 항공기의 위치와 상태 등의 정보를 확인한다.

ADS-B 시스템의 장점은 빠른 자료 갱신 주기와 높은 정확도이다. ADS-B 시스템의 감시 자료 갱신 주기는 최소 0.5초에서 최대 5초로, 기존 레이더 시스템의 감시 자료 갱신 주기인 최소 4초에서 최대 15초에 비해 최소 8배 이상 빠른 갱신 주기를 갖는다. 또한 가장 정밀한 시스템을 기준으로 했을 때 ADS-B 시스템의 위치 오차는 최대 3m로, 최대 오차 20m를 갖는 기존 레이더 시스템에 비해 6배 이상 높은 위치 정확도를 갖는다.

ADS-B 시스템이 비록 빠른 자료 갱신 주기와 높은 정확도를 갖지만, 서로 다른 ADS-B 데이터 링크를 사용하는 항공기 간에는 정보를 주고받을 수 없고, ADS-B 시스템을 사용하지 않는 항공기에 대한 정보를 알 수 없다는 단점이 있다. 따라서 ADS-B 시스템의 궁극적 목표인 자유 비행을 위해서는 이러한 문제가 반드시 해결되어야만 한다.

2. TIS-B

TIS-B 서비스는 ADS-B 시스템의 부족한 부분을 채우기 위해 고안된 서비스이다. TIS-B는 Traffic Information Service, 교통 정보 서비스, Broadcast, 방송을 통한 서비스 제공을 뜻하는 약자로, ADS-B 시스템의 취약점인 서로 다른 ADS-B 데이터 링크 간의 정보 교환 불가, ADS-B 시스템을 사용하지 않는 항공기에 대한 정보 파악 불가 등의 문제를 해결하기 위해 개발되었다.

TIS-B 서비스는 레이더 시스템이 추적 중인 항공기의 정보를 방송한다. 이 정보에는 레이더로부터 획득한 항공기의 위치, 고도, 속도, 방향 등 항공기의 위치 식별에 필요한 기본적인 정보가 포함된다. 따라서 TIS-B 서비스를 제공받는 항공기는 ADS-B 시스템을 사용하는 항공기뿐만 아니라, ADS-B 시스템을 사용하지 않는 항공기에 대한 정보까지 모두 획득할 수 있다.

TIS-B 서비스와 함께 사용되는 서비스로 ADS-R 서비스가 있다. ADS-R은 Automatic Dependent Surveillance - Rebroadcast, ADS-B 신호를 재방송 한다는 뜻의 약자이다. ADS-R 서비스는 ADS-B 데이터 링크를 통해 수신한 ADS-B 신호를 다른 ADS-B 데이터 링크를 통해 그대로 재방송하므로, 이 정보에는 항공기의 위치, 고도, 속도, 방향, 고유 주소, 편명 등 ADS-B 신호에 포함된 정보가 그대로 포함된다. 따라서 ADS-R 서비스를 제공받는 항공기는 같은 ADS-B 데이터 링크를 사용하는 항공기뿐만 아니라, 다른 ADS-B 데이터 링크를 사용하는 항공기에 대한 정보까지 모두 획득할 수 있다. 그림 1은 ADS-B 시스템과 TIS-B 서비스의 개념을 간략하게 보여준다.

3. ASTERIX

ASTERIX (All purpose STructured Eurocontrol suRveillance Information eXchange)는 항공 교통 관리 시스템을 구성하는 다양한 서브시스템 혹은 항공 교통 관리 시스템 간의 통신을 위한 자료 교환 표준 포맷으로 Eurocontrol에서 정의하고 있다. ASTERIX는 자료 교환을 위한 표준 포맷이므로 자료의 전송 및 공유가 쉽다는 장점이 있어 대부분의 항공 교통 관리 시스템에서 사용하고 있다.

ASTERIX는 교환하는 자료가 포함하는 내용에 따라 카테고리 별로 분류된다. 예를 들어, 카테고리 021 (CAT021)은 ADS-B 감시 자료를 교환하기 위해, 카테고리 062 (CAT062)는 추적 중인 레이더 감시 자료를

교환하기 위해 사용한다. CAT021, CAT062와 같이 감시 자료를 교환하기 위해 사용하는 카테고리는 항공기의 위치, 고도, 속도, 방향, 상태 등의 정보를 포함한다 [9~10].

ASTERIX 메시지는 레코드라는 기록 단위로 구분되며, 하나의 ASTERIX 메시지는 하나 혹은 그 이상의 레코드로 구성된다. 레코드는 한 항공기에 대한 정보의 집합체로 다시 데이터 아이템으로 나누어진다. 데이터 아이템은 정보의 기록 단위로, ASTERIX 메시지 내에 반드시 존재해야 하는 필수 데이터 아이템과 필요에 따라 존재하는 선택 데이터 아이템이 있다. 따라서 ASTERIX 메시지는 상황에 맞는 데이터 아이템만을 포함하며, 포함하는 데이터 아이템에 대한 정보는 레코드의 시작 부분에 기록한다. 또한 일부 데이터 아이템의 경우 길이를 확장하여 더 많은 정보를 포함할 수 있도록 구성되어 있다. 그림 2는 ASTERIX 메시지의 구조를 간략하게 보여준다. 그림에서 CAT는 ASTERIX 메시지의 카테고리를, LEN은 ASTERIX 메시지의 길이를 의미하며, FSPEC은 포함하는 데이터 아이템에 대한 정보를 기록하는 필드이다.

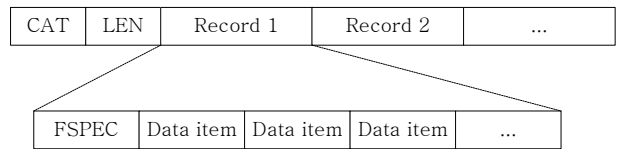


그림 2. ASTERIX 메시지의 구조
Fig. 2. A structure of an ASTERIX message.

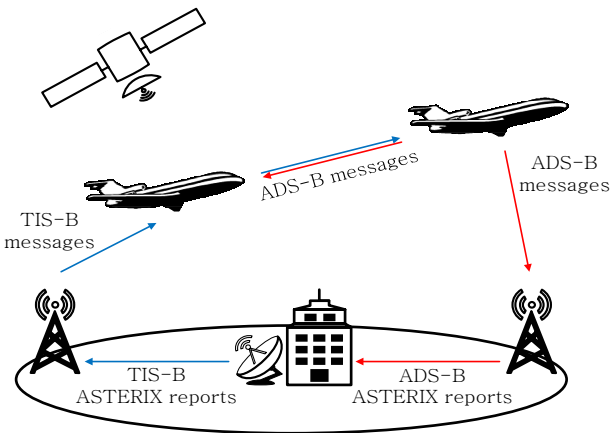


그림 1. ADS-B 시스템과 TIS-B 서비스 개념도
Fig. 1. A brief lookout of ADS-B system and TIS-B service.

4. CNS/ATM

CNS/ATM은 ICAO 주도 하에 개발된 새로운 항공 시스템이다. Communication Navigation Surveillance, 통신, 항법, 감시 기술, Air Traffic Management, 항공 교통 관리 방법의 약자로, 새로운 통신, 항법, 감시 기술과, 항공 교통 관리를 위한 새로운 방법, 개념을 제시한다. 통신, 항법, 감시 기술은 안전하고 효율적인 항공 교통 관리의 필수 요소이므로 이들을 하나로 묶어 CNS/ATM이라고 부른다.

CNS/ATM의 통신 시스템은 정확, 풍부, 효율적인 정보 전달을 위해 기존 음성 통신을 데이터 통신으로 대체한다. CNS/ATM에서 사용하는 데이터 링크는 VDL (Very high frequency Data Link), SATCOM

(SATellite COMmunications), HF DL (High Frequency Data Link) 등이 있다. 교통 정보 서비스를 제공하는 TIS-B 서비스와, 비행 정보를 방송하여 항공기에 알리는 FIS-B (Flight Information Service - Broadcast) 서비스 역시 데이터 링크를 사용하는 통신 시스템이다. 뿐만 아니라 관제사와 조종사가 문자를 이용하여 정보를 주고받는 CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications) 역시 데이터 링크를 사용하는 통신 시스템이다.

CNS/ATM의 항법 시스템은 정확한 위치와 방향 정보를 조종사에게 제공하기 위한 핵심 기술로 GNSS를 사용한다. 이와 함께 GNSS의 오차와 오류를 보정하기 위한 보조 수단들이 사용된다. SBAS (Satellite Based Augmentation System)은 위성 기반의 GNSS 보정 시스템으로 항공기가 위성이 송신하는 현재 GNSS의 오차 특성 정보를 수신하여 자신의 위치를 보정하는 시스템이다. GBAS (Ground Based Augmentation System)은 지상국 기반의 GNSS 보정 시스템으로 항공기가 지상국이 송신하는 현재 GNSS의 오차 특성 정보를 수신하여 자신의 위치를 보정하는 시스템이다.

CNS/ATM의 감시 시스템은 정확한 위치 탐지 및 정보 획득을 위해 ADS-B 시스템을 핵심 기술로 사용한다. ADS-B 시스템은 기존 감시 시스템인 일차감시레이더(PSR; Primary Surveillance Radar)와 이차감시레이더(SSR; Secondary Surveillance Radar)를 대체 혹은 보완한다.

CNS/ATM의 통신, 항법, 감시 기술을 사용하면 조종사의 주변 상황 인식 능력을 향상시킬 수 있으며, 관제사에게는 더 정확하고 자세한 정보를 제공할 수 있다. 따라서 항공 운항 안전성을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 또한 항공기 간의 분리 간격 최소화와 접근 및 착륙 절차 개선이 가능하며, 기존 시스템에서 불가능했던 추가 항로 개설과 곡선 진입 및 착륙 절차 시행 등이 가능해지므로 항공 운항 효율성을 크게 향상시킬 수 있다 [11].

5. SNMP

SNMP (Simple Network Management Protocol)은 네트워크에 연결된 장비를 관리하기 위한 목적으로 정의된 표준 프로토콜이다. SNMP를 이용한 관리 시스템은 일반적으로 SNMP 매니저, SNMP 에이전트로 구성

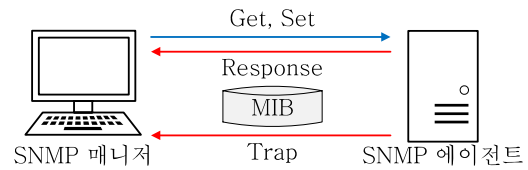


그림 3. SNMP 동작 개요
Fig. 3. An outlined SNMP operation.

된다. SNMP 매니저는 네트워크상의 장비를 관리하는 주체로, 장비의 상태를 주기적으로 조회하거나, 특정 상황에서 장비의 상태를 보고받는다. SNMP 에이전트는 관리 대상 장비로, SNMP 매니저의 주기적인 상태 조회 메시지에 응답하여 장비의 상태 정보를 제공하거나, 특정 상황에서 정해진 조건에 따라 장비의 상태를 보고한다 [12].

SNMP는 관리 항목을 MIB (Management Information Base)라고 불리는 트리(tree) 형태의 집합체로 관리한다. MIB 내의 각 관리 항목은 OID (Object Identifier)라고 불리는 관리 번호를 부여받는다.

SNMP 매니저와 SNMP 에이전트는 MIB의 OID를 이용하여 정보를 주고받는다. SNMP 매니저는 SNMP 에이전트의 특정 OID가 갖는 값을 읽어오거나 변경할 수 있으며, 이러한 방법을 이용하여 원격 감시 혹은 원격 제어가 가능하다. 그림 3은 SNMP 동작 개요를 보여준다. SNMP 매니저가 SNMP 에이전트의 OID 정보를 조회하는 것을 get, 에이전트의 OID 값을 변경하는 것을 set이라 부르며, SNMP 에이전트가 특정 상황에서 정해진 조건에 따라 SNMP 매니저에 보고하는 것을 trap, get 혹은 set에 응답하는 것을 response라 부른다.

III. TIS-B 서버 설계

1. ADS-B 지상 시스템

본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버는 ADS-B 지상 시스템의 한 서브시스템으로 동작한다. ADS-B 지상 시스템은 ADS-B 무선 신호를 수신하여 ASTERIX 메시지로 변환한 감시 자료를 항공 교통 관리 시스템 등에 제공하며, 항공 교통 관리 시스템으로부터 감시 자료를 제공받아 TIS-B 서비스를 통하여 항공기 등에 제공한다.

본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버는 다음과 같은 환경을 가정한다. 우선, ADS-B 데이터 링크에서

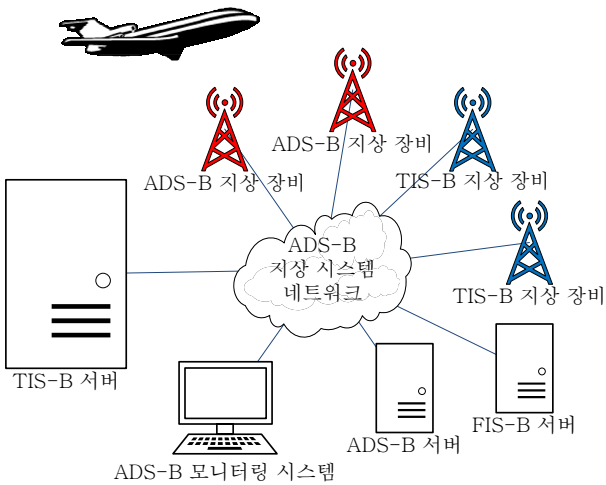


그림 4. ADS-B 지상 시스템의 구성
 Fig. 4. Configuration of an ADS-B ground system.

의 신호 송수신을 위한 장비로 ADS-B 신호 수신을 위한 ADS-B 지상 장비와, TIS-B 신호 및 FIS-B 신호 송신을 위한 TIS-B 지상 장비가 있다. ADS-B 지상 장비와 TIS-B 지상 장비는 여러 데이터 링크를 지원하기 위해(1090ES, UAT 등) 다수가 존재한다. 모든 지상 장비는 자료를 비교, 저장, 분배하기 위한 ADS-B 서버, TIS-B 서버, FIS-B 서버와 연결된다. ADS-B 서버, TIS-B 서버, FIS-B 서버는 시스템의 정 중앙에 위치하며 ADS-B 지상 시스템 내에서 송수신되는 모든 자료는 적어도 하나 이상의 서버를 반드시 거치게 되어있다. ADS-B 서버, TIS-B 서버, FIS-B 서버는 ADS-B 지상 시스템의 운영 상태를 감시하기 위한 ADS-B 모니터링 시스템과 연결되어 있다.

ADS-B 지상 장비는 항공기가 송신하는 ADS-B 무선 신호를 수신하여 ASTERIX 메시지로 변환한 뒤, ADS-B 서버로 전달한다. ADS-B 서버는 일련의 처리 과정을 거친 후 ADS-B 감시 자료를 항공 교통 관리 시스템, TIS-B 서버, ADS-B 모니터링 시스템으로 전송한다. TIS-B 서버는 항공 교통 관리 시스템으로부터 전달 받은 레이더 감시 자료와 ADS-B 서버로부터 전달받은 ADS-B 감시 자료를 일련의 처리 과정을 거친 후 TIS-B 지상 장비와 ADS-B 모니터링 시스템으로 전송한다. 그림 4는 본 논문에서 제안하는 TIS-B 서버가 운영되는 환경을 그림으로 나타낸 것이다.

2. TIS-B 서버 설계

본 논문에서는 레이더 시스템이 추적 중인 항공기의

위치 정보를 방송하는 TIS-B 서비스와 함께 서로 다른 ADS-B 데이터 링크의 신호를 교차 방송하는 ADS-R 서비스를 통합하여 제공하기 위한 중앙 집중형 TIS-B 서버를 설계하고 구현하였다.

본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버는 다수의 레이더와 ADS-B 지상 장비로부터 감시 자료 수신, 레이더 감시 자료 및 ADS-B 감시 자료의 동종 및 이종 감시 자료 간의 필터링, 레이더 감시 자료 및 ADS-B 감시 자료 저장, 레이더 감시자료 및 ADS-B 감시 자료의 분배 기능을 갖는다. 또한 SNMP를 이용한 원격 감시와 원격 제어 기능을 갖는다.

TIS-B 서버는 항공 교통 관리 시스템으로부터 레이더 감시 자료를 수신하고, TIS-B 지상 장비로 레이더 감시 자료를 전달하기 위해 ASTERIX CAT062 버전 1.13을 사용한다. 또한 TIS-B 서버는 ADS-B 서버로부터 ADS-B 감시 자료를 수신하고, TIS-B 지상 장비로 ADS-R을 위한 ADS-B 감시 자료를 전달하기 위해 ASTERIX CAT021 버전 2.1을 사용한다. 표 1은 레이더 감시 자료인 ASTERIX CAT062 버전 1.13의 구조를 간략하게 나타낸 것이며, 표 2는 ADS-B 감시 자료인 ASTERIX CAT021 버전 2.1의 구조를 간략하게 나타낸 것이다. 음영으로 표시된 데이터 아이템은 TIS-B

표 1. 레이더 감시 자료 ASTERIX CAT062 버전 1.13의 구조

Table 1. A structure of the radar surveillance data ASTERIX CAT062 version 1.13.

데이터 아이템	내용
I062/010	Data Source Identifier
:	:
I062/040	Track Number
I062/060	Track Mode 3/A Code
I062/070	Time of Track Information
:	:
I062/105	Calculated Track Position (WGS84)
:	:
I062/135	Calculated Track Barometric Altitude
:	:
I062/185	Calculated Track Velocity (Cartesian)
:	:
I062/245	Target Identification
:	:
I062/510	Composed Track Number

표 2. ADS-B 감시 자료 ASTERIX CAT021 버전 2.1의 구조

Table 2. A structure of the ADS-B surveillance data ASTERIX CAT021 version 2.1.

데이터 아이템	내용
I021/008	Aircraft Operational Status
I021/010	Data Source Identifier
⋮	⋮
I021/070	Mode 3/A Code
I021/073	Time of Message Reception for Position
I021/075	Time of Message Reception for Velocity
I021/080	Target Address
⋮	⋮
I021/130	Position in WGS84 Coordinates
⋮	⋮
I021/145	Flight Level
⋮	⋮
I021/160	Airborne Ground Vector
⋮	⋮
I021/170	Target Identification
⋮	⋮
I021/400	Receiver ID

서버의 감시 자료 처리 과정에서 감시 자료의 비교에 사용되는 주요 데이터 아이템이다. TIS-B 서버는 레이더 감시 자료 처리 과정에서 레이더 감시 자료 및 ADS-B 감시 자료 간의 비교와 필터링에 CAT062 레이더 감시 자료의 레이더 고유 식별 번호, 레이더에서 부여한 항공기 식별 번호, 항공기의 식별 코드, 감시 자료에 포함된 정보의 시간, 항공기 호출명 등을 사용한다. 또한 CAT021 ADS-B 감시 자료의 경우 지상 장비 고유 식별 번호, 항공기의 식별 코드, ADS-B 메시지 수신 시간, 항공기 송수신기의 고유 주소, 항공기 호출명 등을 사용한다.

TIS-B 서비스 제공을 위한 흐름은 다음과 같다. 우선 레이더 감시 자료의 경우 항공 교통 관리 시스템의 레이더 감시 자료 처리기로부터 레이더 감시 자료를 ASTERIX CAT062 형태로 전달 받는다. 수신한 레이더 감시 자료는 ASTERIX 분석기에서 각 데이터 아이템 수준으로 분석하고, ASTERIX 메시지에 구문적인 오류는 없는지, 모든 필수 데이터 아이템이 존재하는지, 데이터 아이템의 값 중 허용 범위를 초과하는 값은 없는지 확인한다. 다음으로 해당 감시 자료가 포함하는

항공기에 대한 정보가 ADS-B 감시 자료에 존재하는지 확인한다. 이 때 ASTERIX 데이터 아이템 I062/060 Track Mode 3/A Code와 I062/245 Target Identification을 사용한다. ADS-B 감시 자료에 해당 항공기에 대한 정보가 존재하는 경우 해당 레이더 감시 자료는 폐기된다. 이는 ADS-B 감시 자료가 레이더 감시 자료에 비해 더 최근의 정보를 포함하고 있으며, 더 자세한 정보를 포함하고 있기 때문에 한 항공기에 대한 정보의 중복을 피하기 위하여 레이더 감시 자료를 폐기하는 것이다. 레이더에만 존재하는 항공기 정보라면 기존에 보유하고 있는 레이더 감시 항공기 정보 중 현재 항공기와 동일한 항공기가 있는지 ASTERIX 데이터 아이템 I062/040 Track Number를 이용하여 확인한다. 새로운 항공기라면 항공기의 정보가 TIS-B 서버에 등록되며, 이미 정보를 보유하고 있는 항공기라면 ASTERIX 데이터 아이템 I062/070 Time of Track Information 을 이용하여 현재 감시 자료의 정보가 기존에 보유하고 있는 항공기의 정보보다 최근의 것인지

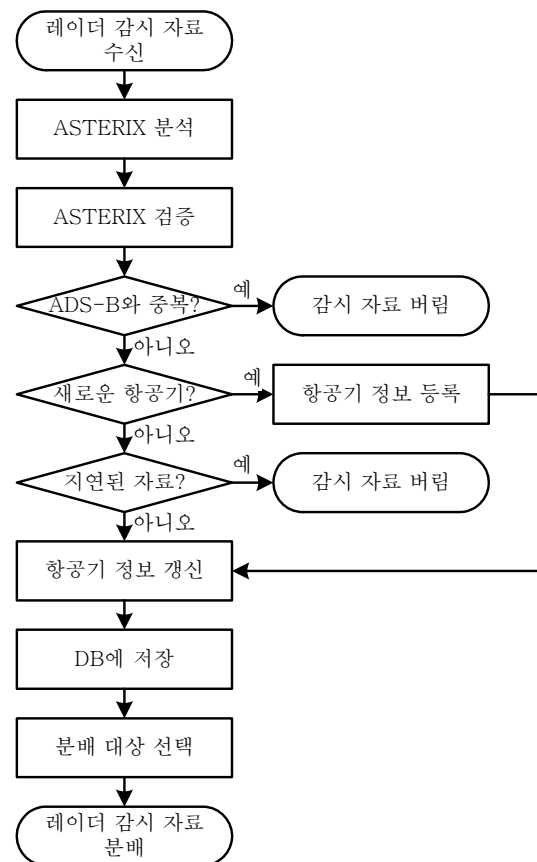


그림 5. TIS-B 서비스 자료 처리 흐름
Fig. 5. TIS-B service data processing sequence.

확인한다. 현재 감시 자료가 더 최근의 것이라면 등록된 항공기 정보를 갱신하며, 그렇지 않다면 현재 감시 자료를 폐기한다. 위의 절차를 완료한 후 ASTERIX 메시지는 서버의 DB에 저장되며, TIS-B 서버는 ASTERIX 메시지를 분배하기 위한 대상 TIS-B 지상 장비를 선택한다. 레이더 감시 자료의 경우 ADS-B 데이터 링크에 존재하지 않는 항공기 정보이기 때문에 모든 데이터 링크의 TIS-B 지상 장비를 선택하게 된다. 마지막으로 TIS-B 서버는 ASTERIX CAT062 메시지를 선택된 지상 장비로 분배한다. 그림 5는 TIS-B 서비스를 위한 감시 자료 처리 과정을 보여주는 흐름도이다.

ADS-B 감시 자료의 경우 ADS-B 지상 시스템의 ADS-B 지상 장비로부터 ADS-B 감시 자료를 ASTERIX CAT021 형태로 전달 받는다. 수신한 ADS-B 감시 자료는 ASTERIX 분석기에서 각 데이터 아이템 수준으로 분석한다. ADS-B 감시 자료의 경우 ADS-B 서버를 거치며 ASTERIX 검증 단계를 거쳤기 때문에 별도의 검증 절차는 거치지 않는다. 다음으로 기존에 보유하고 있는 항공기 정보 중 현재 항공기와 동일한 항공기가 있는지 ASTERIX 데이터 아이템 I021/080 Target Address를 이용하여 확인한다. 새로운

항공기라면 항공기의 정보가 TIS-B 서버에 등록되며, 이미 정보를 보유하고 있는 항공기라면 ASTERIX 데이터 아이템 I021/073 Time of Message Reception for Position 혹은 I021/075 Time of Message Reception for Velocity를 이용하여 현재 감시 자료의 정보가 기존에 보유하고 있는 항공기의 정보보다 최근의 것인지 확인한다. 현재 감시 자료가 더 최근의 것이라면 등록된 항공기 정보를 갱신하며, 그렇지 않다면 감시 자료는 폐기된다. 위의 절차를 완료한 후 ASTERIX 메시지는 서버의 DB에 저장되며, TIS-B 서버는 ASTERIX 메시지를 분배하기 위한 대상 TIS-B 지상 장비를 선택한다. ADS-B 감시 자료의 경우 현재 감시 자료를 수신한 ADS-B 데이터 링크가 아닌 다른 모든 ADS-B 데이터 링크의 TIS-B 지상 장비를 선택한다. 마지막으로 TIS-B 서버는 ASTERIX CAT021 메시지를 선택된 지상 장비로 분배한다. 그림 6은 ADS-R 서비스를 위한 감시 자료 처리 과정을 보여 주는 흐름도이다.

TIS-B 서버는 원격 감시와 원격 제어를 위해 SNMP를 사용한다. SNMP를 통한 원격 감시와 제어를 위해 표 3과 같은 원격 감시 및 제어 항목들을 설계하였다. 표에서 지상 장비 SAC (System Area Code)는 지상 장비가 위치한 지역의 번호를, 지상 장비 SIC (System Identification Code)는 지상 장비에 부여된 고유 번호를 의미한다. TIS-B 서버 자체 감시 모듈은 매 초 각 소프트웨어 유닛의 상태를 수집하며, 제어 명령이 수신되는 경우 제어 항목의 값을 변경한다. 또한 서버가 이중화로 구성된 경우 매 초 이중화 서버와 통신하며 서버의 상태를 주고받는다.

TIS-B 서버의 소프트웨어 설계는 MIL-STD-498 표준을 따라 진행하였다^[13]. MIL-STD-498은 미국 국방성에서 사용하던 소프트웨어 개발과 문서화 과정을 정의한 표준이다. MIL-STD-498은 소프트웨어를 개발할 때 시스템 요구사항 분석, 컴퓨터 소프트웨어 구성 항목 (CSCI: Computer Software Configuration Item) 설계, CSCI에 시스템 요구사항 반영의 순서로 개발할 것을 명시하고 있다. CSCI는 CSC (Computer Software Component) 단위로 나눌 수 있으며, 다시 CSC는 CSU (Computer Software Unit) 단위로 나눌 수 있다. CSU는 요구 사항을 반영해 설계한 기능의 단위라고 할 수 있으며, CSC는 비슷한 기능을 갖는 CSU들의 집합체라고 할 수 있다. 그림 7은 TIS-B 서버 소프트웨어의 구

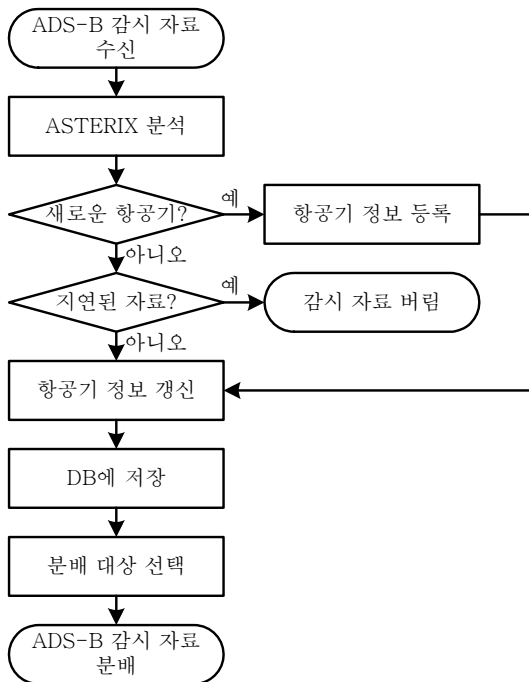


그림 6. ADS-R 서비스 자료 처리 흐름
Fig. 6. ADS-R service data processing sequence.

표 3. 원격 감시 및 제어 항목

Table 3. Remote monitor and control items.

항목	내용
AdsbRecvPort	ADS-B 감시 자료 수신 포트
AtmRecvPort	레이더 감시 자료 수신 포트
1090ESGsIp1	지상 장비 1 IP
1090ESGsPort1	지상 장비 1 감시 자료 송신 포트
1090ESGsSac1	지상 장비 1 SAC
1090ESGsSic1	지상 장비 1 SIC
⋮	⋮
MonitoringIp1	모니터링 시스템 IP
MonitoringPort1	모니터링 시스템 감시 자료 송신 포트
⋮	⋮
DupTsvIp	이중화 서버 IP
TsvDupMode	이중화 동작 모드
RestartCommand	서버 재시작 명령
AdsbRecvUnitStat	ADS-B 감시 자료 수신 유닛 상태
AtmRecvUnitStat	레이더 감시 자료 수신 유닛 상태
SendUnitStat	감시 자료 송신 유닛 상태
AdsrProcessorStat	ADS-R 처리 유닛 상태
TisbProcessorStat	TIS-B 처리 유닛 상태
⋮	⋮

성을 보여주며, 그림 8은 TIS-B 서버 소프트웨어의 CSCI 구성을 보여준다. 그림 8에서 9개의 유닛은 기능 단위의 CSU에 해당하며, 4개의 블록은 비슷한 기능을 갖는 유닛들의 집합인 CSC에 해당한다.

첫 번째 CSC인 인터페이스 블록은 외부 시스템과의 자료 송수신을 담당하는 블록이다. 인터페이스 블록은 ASTERIX CAT021 ADS-B 감시 자료를 수신하기 위한 ADS-B 서버 자료 수신 유닛, ASTERIX CAT062 레이더 감시 자료를 수신하기 위한 ATM 자료 수신 유닛과, 자료를 TIS-B 지상 장비, ADS-B 모니터링 시스템으로 송신하기 위한 자료 송신 유닛으로 구성된다.

두 번째 CSC인 자료 처리 블록은 ADS-R 서비스를 제공하기 위해 ASTERIX CAT021 ADS-B 감시 자료를 분석하고, 항공기 정보를 관리하는 ADS-R 처리 유닛과, TIS-B 서비스를 제공하기 위해 ASTERIX CAT062 레이더 감시 자료를 분석, 검증하고 ADS-B 감시 자료와 비교하며, 항공기 정보를 관리하는 TIS-B 처리 유닛으로 구성된다.

세 번째 CSC인 자료 저장 블록은 TIS-B 서버가 송수신하는 모든 감시 자료를 저장하기 위한 블록이다.

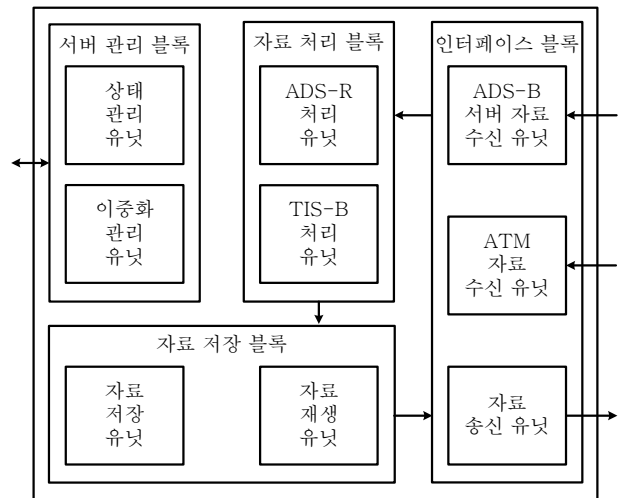


그림 7. TIS-B 서버 소프트웨어의 구성

Fig. 7. A structure of the TIS-B server software.

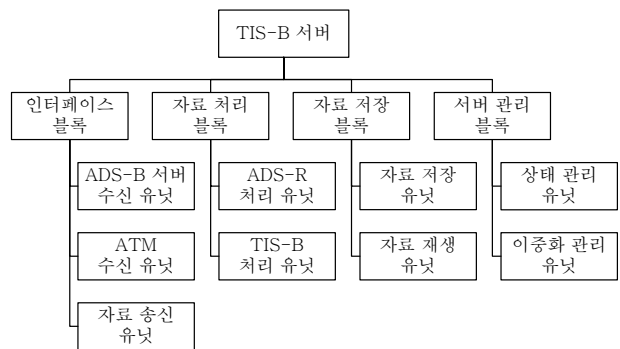


그림 8. TIS-B 서버 소프트웨어 CSCI 구성

Fig. 8. A CSCI architecture of the TIS-B server software.

자료 저장 블록은 TIS-B 서버가 수신한 모든 ADS-B 감시 자료와 레이더 감시 자료, TIS-B 서버가 송신하는 모든 ADS-B 감시 자료와 레이더 감시 자료를 저장하는 자료 저장 유닛과, ADS-B 모니터링 시스템 등의 자료 재생 명령 등에 응답하기 위해 TIS-B 서버의 DB (DataBase)에 저장된 감시 자료를 조회하는 자료 재생 유닛으로 구성된다.

네 번째 CSC인 서버 관리 블록은 TIS-B 서버의 상태 관리 및 원격 제어와, 이중화 관리를 위한 블록이다. 서버 관리 블록은 TIS-B 서버의 상태 정보를 수집하고, 상태 정보를 ADS-B SNMP를 통해 모니터링 시스템 등에 제공하며, 원격 제어 명령을 수신하는 경우 TIS-B 서버의 상태를 변경하는 기능을 담당하는 상태 관리 유닛과, 서버의 이중화 기능을 담당하는 이중화 관리 유닛으로 구성된다.

IV. TIS-B 서버 구현

TIS-B 서버는 Intel Xeon E5-2690 x86 프로세서 기반 서버와 RedHat Enterprise Linux 6 환경에서 Qt 4.8 을 이용하여 구현되었으며^[4], 서버의 DB로는 MySQL이 사용되었다. TIS-B 서버의 성능 향상과 신뢰성 확보를 위해 각 블록은 분리되어 구현되었으며, Qt의 signal, slot 구조와 공유 메모리를 이용하여 분리된 블록 간에 정보를 공유 할 수 있도록 구현하였다.

TIS-B 서버의 검증을 위해 ADS-B 지상 시스템을 구성하였다. 실험을 위한 ADS-B 지상 시스템은 1090ES ADS-B 지상 장비 1대, UAT ADS-B 지상 장비 1대, 가상 1090ES TIS-B 지상 장비 1대, 가상 UAT TIS-B 지상 장비 1대, ADS-B 서버 1대, TIS-B 서버 1대와 ADS-B 모니터링 시스템 1대로 구성된다. ADS-B 지상 시스템은 이더넷으로 연결되며 UDP 기반의 ASTERIX를 전송 포맷으로 사용한다.

그림 9는 구현한 TIS-B 서버 소프트웨어의 실행 화면과 하드웨어를 보여준다. 상단의 그림은 구현한

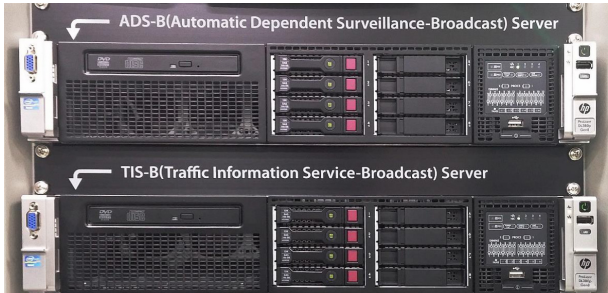
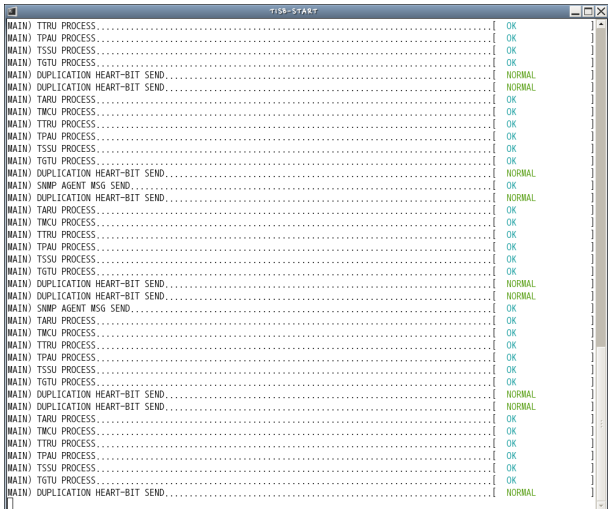


그림 9. 구현한 TIS-B 서버
Fig. 9. An implemented TIS-B server.

TIS-B 서버의 실행 화면으로, 각 소프트웨어 유닛의 동작 상태를 모니터링 하는 화면이다. 하단의 그림은 구현한 TIS-B 서버와 검증을 위해 함께 구성한 ADS-B 서버의 하드웨어이다.

그림 10과 11은 수신한 레이더 감시 자료와 ADS-B 감시 자료를 보여준다. 레이더 감시 자료의 수신 화면에서 수신한 감시 자료가 지역 코드 0xC8, 장비 코드 0xC8을 갖는 레이더로부터 수신한 것임을 확인할 수 있다. ADS-B 감시 자료 역시 수신 화면에서 수신한 감시 자료가 지역 코드 0x74, 장비 코드 0x02를 갖는 1090ES 지상 장비로부터 수신한 것임을 확인할 수 있다.

그림 12는 수신한 레이더 감시 자료의 분석 결과를 보여준다. 그림에서 분석한 감시 자료가 지역 코드 0xC8, 장비 코드 0xC8을 갖는 레이더로부터 수신한 것임을, Mode 3/A 코드 3333을 갖는 항공기의 감시 자료임을 확인할 수 있으며, 감시 자료를 데이터 아이템 별로 분리해서 분석한 것을 함께 확인할 수 있다. 분석 후 Mode 3/A 코드 3333을 이용하여 동일 타겟이 ADS-B

```
[2014-10-25/21:00:51:740-050] [Radar Recv 3e002ca1801c3c800210e0110158d0f120646441521519320042437363348524e41200000051000000e70]
[2014-10-25/21:00:51:741-056] ***** Inside DataLog! *****
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
[3e][00][2a][a1][0a][02][c8][c8] [00][21][0e][01][11][01][58][d0f]
[f1][20][64][64][41][41][52][131] [39][32][00][42][42][37][36][333]
[48][52][4a][42][42][00][00][00] [05][28][00][00][0e][70]
[2014-10-25/21:00:51:741-056] [SAC : 0xC8, SIC :0xC8, Type: Radar]
```

그림 10. 수신한 레이더 감시 자료
Fig. 10. A received radar surveillance data.

```
[2014-10-25/21:00:51:629-489] [ADS Recv 1500277da1d8740200281751d1a750b5587518416d819eb886400000756db3588:75e40000]
[2014-10-25/21:00:51:629-606] ***** Inside DataLog! *****
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
[15][00][27][f1][a1][0a][74][02] [00][28][12][15][1a][75][0b]
[5a][87][52][64][16][40][19][e0] [00][00][40][00][07][56][08]
[03][02][5c][15][04][00][00]
[2014-10-25/21:00:51:629-640] [SAC : 0x74, SIC :0x02, Type: 1090ES]
```

그림 11. 수신한 ADS-B 감시 자료
Fig. 11. A received ADS-B surveillance data.

```
<< AST DATA RECEIVED >>
[2014-10-25/21:00:51:709-493] se002d9cc02904c8c812e540673916101b70b5000000000000b1r001015081e00e8c000c0000000c
[2014-10-25/21:00:51:709-530] [Decoder:CA92, FORCELEN = 4]
[2014-10-25/21:00:51:709-505] (Mandatory) Data Item 1862/010, Data Source Identification, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:709-545] => [Data Source Identifier : [ 0xC8 ] [ 0xC8 ]]
[2014-10-25/21:00:51:709-570] => SIC : [200]
[2014-10-25/21:00:51:709-515] => SIC : [200]
[2014-10-25/21:00:51:709-549] (Mandatory) Data Item 1862/070, Time Of Track Information, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:709-585] => Time Of Track Information : [ 0x12 ] [ 0x5e ] [ 0x54 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-552] (optional) Data Item 1862/105, Calculated Position In WGS-84 Co-ordinates, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:710-885] => Latitude in WGS - 84 : [ 00 ] [ 0x73 ] [ 0x91 ] [ 0x61 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-110] => Longitude in WGS - 84 : [ 0x1 ] [ 0x0b ] [ 0x70 ] [ 0x65 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-300] (optional) Data Item 1862/105, Calculated Position (Cartesian), Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:710-370] => X : [ 00 ] [ 00 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-417] => Y : [ 00 ] [ 00 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-510] (optional) Data Item 1862/210, Calculated Acceleration (Cartesian), Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:710-551] => Calculated Acceleration (Cartesian) : [ 00 ] [ 00 ]
[2014-10-25/21:00:51:710-551] (optional) Data Item 1862/060, Track Mode 3/A Code, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:710-723] => Track Mode 3/A Code : [ 0x6 ] [ 0x0b ]
[2014-10-25/21:00:51:711-040] (Mandatory) Data Item 1862/040, Track Number, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:711-073] => Track Number : [ 0x1f ] [ 0x08 ]
[2014-10-25/21:00:51:711-137] (Mandatory) Data Item 1862/080, Track Status, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:711-222] => Track Status : [ 0x1 ] [ 0x91 ] [ 0x41 ] [ 0x00 ]
[2014-10-25/21:00:51:711-420] => Structure of First Extent : [ 0x01 ]
[2014-10-25/21:00:51:711-722] => Structure of Second Extent : [ 0x1 ]
[2014-10-25/21:00:51:711-970] => Structure of Third Extent : [ 0x03 ]
[2014-10-25/21:00:51:712-307] (optional) Data Item 1862/135, Measured Flight Level, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:712-340] => Measured Flight Level : [ 0x1 ] [ 0x0e ]
[2014-10-25/21:00:51:712-400] (optional) Data Item 1862/135, Calculated Track Barometric Altitude, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:712-440] => Calculated Track Barometric Altitude : [ 0x1 ] [ 0x0b ]
[2014-10-25/21:00:51:712-576] (Optional) Data Item 1862/500, Estimated Accuracies, Datalen : [45]
[2014-10-25/21:00:51:712-615] Structure of Subfield #1: Estimated Accuracy Of Track Position (Cartesian) : [ 00 ] [ 0x0c ]
[2014-10-25/21:00:51:712-640] => Estimated Accuracy Of Track Position (Cartesian) : [ 00 ] [ 0x0c ]
[2014-10-25/21:00:51:712-854] Structure of Subfield #2: XY covariance component
[2014-10-25/21:00:51:712-876] => XY covariance component : [ 00 ] [ 0x0c ]
<< Check ADSB >>
[2014-10-25/21:00:51:712-943] [WSA : 3333, CallSign : Unknown]
[2014-10-25/21:00:51:712-990] [Cannot find same target in ADSB. Sending data.]
```

그림 12. 분석한 레이더 감시 자료
Fig. 12. A parsed radar surveillance data.

입하여 사용할 계획이다. 본 논문에서 설계하고 구현한 TIS-B 서버를 ADS-B 시스템과 함께 사용하면 항공기 운항의 안정성과 효율성 확보에 도움이 될 뿐만 아니라, ADS-B 시스템이 궁극적으로 추구하는 자유 비행에 한 발 더 다가갈 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] T. J. Chang, "The Trend and forecast of Civil Aircraft Market," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 8, No. 1, pp. 12-22, Jul. 2010.
- [2] S. C. Sung, *2012 Aviation Statistics*, Korea Civil Aviation Development Association, 2012, pp.173-198.
- [3] <http://www.faa.gov/nextgen/implementation>.
- [4] SC-186, *Minimum Aviation System Performance Standards For Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)*, Radio Technical Commission for Aeronautics, 2002.
- [5] SC-186, *Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Service - Broadcast (TIS-B)*, Radio Technical Commission for Aeronautics, 2009.
- [6] SC-186, *Minimum Operational Performance Standards for Universal Access Transceiver (UAT) Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B)*, Radio Technical Commission for Aeronautics, 2004.
- [7] SC-186, *Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Traffic Information Service - Broadcast (TIS-B)*, Radio Technical Commission for Aeronautics, 2007.
- [8] SC-186, *Minimum Aviation System Performance Standards for Aircraft Surveillance Application (ASA)*, Radio Technical Commission for Aeronautics, 2003.
- [9] D. Doukas, *Eurocontrol Standard Document for Surveillance Data Exchange - Part 12: Category 021 ADS-B Reports*, Eurocontrol, 2011.
- [10] A. Engel, *Eurocontrol Standard Document for Surveillance Data Exchange - Part 9: Category 062 SDPS Track Messages*, Eurocontrol, 2010.
- [11] H. S. Jun, D. M. Kim, and C. H. Yeom, "Analysis of CNS/ATM Technology Trend," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 8, No. 2, pp. 113-123, Dec. 2010.
- [12] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, and J. Davin, *RFC 1157: A Simple Network Management Protocol (SNMP)*, The Internet Engineering Task Force, 1990.
- [13] Space & Naval Warfare Systems Command, *Military Standard - Software Development and Documentation*, United States Department of Defense, 1994.
- [14] <http://qt-project.org/doc/qt-4.8/>.

저 자 소 개



송 인 성(정회원)
2009년 인하대학교 전자공학과
학사 졸업.
2011년 인하대학교 전자공학과
석사 졸업.
2011년~현재 인하대학교 전자공
학과 박사과정 재학.

<주관심분야 : 병렬 및 분산처리 시스템, 컴퓨터
구조, ADS-B>



장 은 미(정회원)
2002년 인하대학교 전자전기
컴퓨터공학부 학사 졸업.
2005년 인하대학교 정보·컴퓨터
교육학과 석사 졸업.
2010년~현재 인하대학교 전자공
학과 박사과정 재학.

<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 컴퓨터 구조,
ADS-B>



최 상 방(평생회원)
1981년 한양대학교 전자공학과
학사 졸업.
1988년 University of
Washington 석사 졸업.
1990년 University of
Washington 박사 졸업.

1991년~현재 인하대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 네트워크, 무
선통신, 병렬 및 분산처리 시스템>