

ADS-B 수신기가 결합된 항공관제시뮬레이터 활용방안 연구

A Study on Utilization of an Air Traffic Control Simulator with an ADS-B Receiver

강지수^{1*}, 오혜주¹, 최기영¹, 이학태¹
인하대학교¹

초 록

무인항공기를 기존의 유인항공기 운용 공역에 통합하여 안전하게 운영하기 위해서는 새로 제정되는 운항기술기준을 검증하고, 인적 요소를 포함시켜 문제점들을 찾아 해결하는 것이 요구된다. 본 논문에서는 항공관제시뮬레이터에 ADS-B 수신기를 결합하여 항공기 실제 비행 데이터를 수집하고 데이터베이스화한 다음 이를 공역운영 시뮬레이션에 활용하는 과정을 기술한다. 이를 통해, 실제 상황을 재생할 수 있으며, 경로점을 자동 생성하여 실제 비행데이터와 유사한 시나리오를 생성하고 시뮬레이션 할 수 있는 환경을 구성하였다. 이는 현실감 있는 교통관제 환경 표현 및 운항기술검증 도구로 활용될 수 있다.

ABSTRACT

Integrating unmanned aircraft into civil airspace with operation safety requires satisfying flight safety regulations, which should be verified using extensive realistic simulation as well as flight test. This paper proposes a method of utilizing ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) receiver to collect flight data which will be used in simulation. The data can be simply replayed or used to extract flight plan. This system can be a useful tool for verifying flight safety regulations by providing realistic simulation environment.

Key Words : ADS-B Receiver(ADS-B 수신기), Air Traffic Control Simulator(항공관제시뮬레이터), Database(데이터베이스), Replay(재생), Waypoint(경로점)

1. 서 론

무인항공기의 기술 발전과 수요의 증가에 따라 여러 국가에서 유인항공기의 공역에 무인항공기를 통합하여 운용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. ICAO(International Civil Aviation Organization)의 경우 2028년까지 유인항공기와 무인항공기의 공역통합을 목표로 관련 규정을 제정하고 있으며, 미국은 2013년 민간 무인항공기 공역 통합에 관한 로드맵을 발간해 여러 관련 연구 및 규정을 제정해나가고 있다.⁽¹⁾ 우리나라 또한 유/무인항공기 혼합 운영을 위한 시스템을 구성하고, 관련 운항기술을 제정하고 있다.⁽²⁾ 이에 발맞추어 최근의 항공관제 시스템은 ADS-B(Automatic Dependent

Surveillance - Broadcast)등과 같은 차세대 항행시스템을 적용하고 있다. 무인항공기 운영에 따라 필연적으로 생기게 될 관제사 업무 부담 및 항공기간 충돌 위험 등과 같은 다양한 문제에 대한 대안을 마련하기 위해서는, 인적요소를 포함시켜 실험을 수행할 수 있는 도구와 실제와 같은 시나리오를 생성해 검증하는 과정이 필요하다. 따라서 조종사, 관제사와 같은 인적요소를 포함시켜 실험 및 훈련을 수행할 수 있는 항공관제 시뮬레이터의 도입이 요구된다. 또한 실제 항공사의 비행계획은 외부인에게 공개되지 않기 때문에, FAA(Federal Aviation Administration)에서 2020년까지 개인용 프로펠러기를 포함해 모든 비행기가 장착하도록 의무화한 ADS-B 트랜스폰더가 송출하는 데이터를

습득함으로써, 실제 비행 데이터를 얻고 시나리오를 생성할 수 있다.

본 논문에서는 인하대학교에서 개발한 항공관제 시뮬레이터에 ADS-B 수신기를 결합하여 실제 운항 중인 항공기 데이터를 수집하고 데이터베이스화하였다. 이를 통해, 당시 상황을 재생할 수 있고, 경로점을 자동 생성하여 인적요소가 포함된 다양한 시나리오 생성을 통해 시뮬레이션을 할 수 있는 환경을 구성하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

Fig. 1은 시스템 구성의 흐름도이다. 1090MHz ADS-B 수신기를 통해 실시간으로 수집되는 항공기의 궤적 및 상태 정보는 데이터베이스에 저장된다. 이 데이터를 항공관제시뮬레이터에서 재생하여 당시 비행 상황을 모사할 수 있다. 또는 저장된 궤적 데이터에서 Douglas & Peucker Algorithm (DPA)을 이용하여 경로점을 생성해 시나리오를 생성할 수 있다. 생성된 시나리오는 BADA(Base of Aircraft Data)데이터를 기반으로 만들어진 5자유도 항공기 모델을 통해 직접 조종이 가능하며, 항공관제시뮬레이터에서 시뮬레이션 된다. 이를 바탕으로 운항 기술을 검증하고 무인항공기 시스템의 도입을 위한 여러 기술들을 검증 할 수 있다. 항공기 데이터를 수집하는 ADS-B가 결합된 전체 시스템 구성은 Fig. 2와 같다.

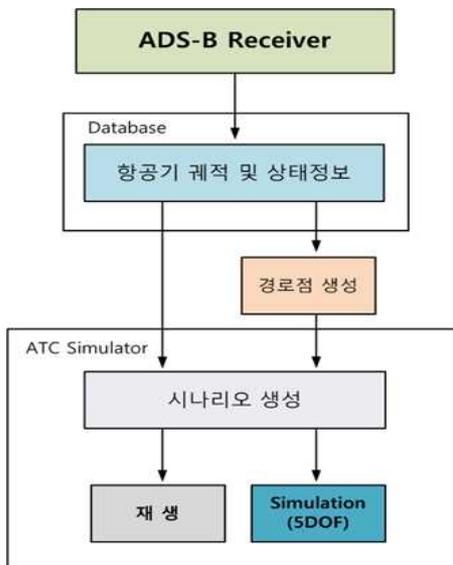


Fig. 1. Flow Chart

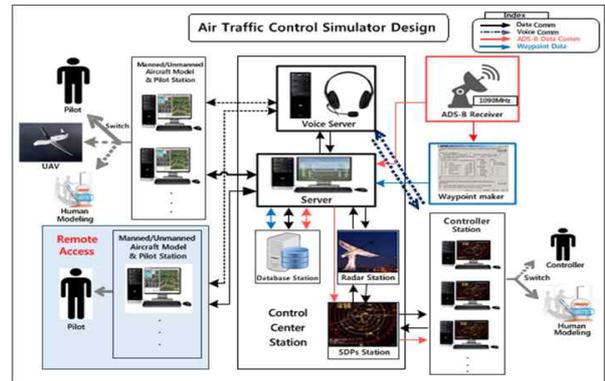


Fig. 2. ATC-Simulator Design

2.1.1 항공관제시뮬레이터

인하대학교에서는 실제 관제시스템을 모사한 항공관제시뮬레이터를 개발하였다.⁽³⁾ 차세대 항행시스템이 고려된 관제시뮬레이터는 유인항공기의 공역 내에 진입한 무인항공기의 영향 및 운항기술을 검증하는데 활용된다. 시스템은 크게 데이터를 효율적으로 관리하는 서버와, 실제 조종사석에서 운용되고 있는 장비의 형태와 기능을 구현한 조종사 스테이션, 항공기 실시간 운항 상태가 시각적으로 표현된 관제사 스테이션, 항공기의 운항 상태를 감지해 계산을 해 항적데이터를 계산하고 감시 데이터의 오차 및 바이어스를 보정하는 레이더 및 SDPS, 그리고 조종사와 관제사간의 의사소통을 담당하는 음성 통신으로 구성되어 있다.

2.1.2 ADS-B System

ADS-B는 차세대 항공 감시 운용체제로써, 레이더 시스템을 보완, 대체하기 위해 개발된 기술이다. ADS-B는 GPS위성을 이용하여 항공기 자신의 위치를 얻어 트랜스폰더를 통해 지상국과 인근 항공기로 송출한다.

ADS-B system는 데이터 링크 방식에 따라 1090ES(Extended Squitter), UAT, Multi-lateration 등으로 나뉜다. 그 중 1090ES는 기존의 2차 감시 레이더와 충돌경보시스템을 위한 1090MHz 트랜스폰더의 데이터링크에 56비트의 데이터를 추가하여 사용하는 것을 말한다. ADS-B는 빠른 갱신주기와 높은 위치 정확도를 가지므로 차세대 항공관제시스템 연구뿐만 아니라, 많은 무인항공기의 충돌회피시스템을 설계하고 비행시험을 수행하는데 활용되고 있다.^(4~5)

2.1.3 데이터베이스

ADS-B 수신기를 통해 얻어진 암호화된 데이터는 일련의 복호과정을 거쳐 관제시물레이터 서버로 보내지고 데이터베이스에 저장 된다. 획득 시간, ICAO Address, 데이터 종류, 항공기 정보의 형식으로 저장되며, 이 중, ICAO Address는 Mode S 환경에서의 항공기 고유의 정보를 나타내는 것으로, 항공기 모델, 제조사, 국적, 항공사, 현재 비행 상태 등이 표시된다. 1090ES방식에서 데이터는 56비트로 한정되기 때문에 데이터를 한번 수집할 때, Call sign, 위치, 속도 중 하나의 데이터만 수집된다.

2.2 시뮬레이션 검증

2.2.1 경로점 생성 및 결과

항공기 궤적 데이터로부터 최소한의 경로점 데이터를 추출하기 위해 DPA를 사용하였다.⁽⁶⁾ DPA는 여러 꼭짓점으로 구성된 데이터에서 비 중요 꼭짓점을 제거함으로써 데이터 단순화를 수행하는 알고리즘으로, 경로점 데이터를 추출하기 위한 프로세스는 Fig. 3과 같다.

단순화를 수행할 궤적 데이터의 시작 위치와 마지막 위치를 선분으로 연결한다. 이 선분에서 각 위치까지의 수선의 길이 중, 임계치 ϵ 를 벗어나는 최대 수선의 길이 d_{max} 를 찾는다. 이 최대 수선의 길이를 가진 위치를 새로운 중간점으로 설정하고 시작 위치와 끝 위치를 새로 설정된 중간점과 연결하여 궤적을 분할한다. 임계치를 벗어나는 수선의 길이를 가지는 위치 점이 존재하지 않게 되면, 분할된 궤적 내의 위치 점을 제거하는 과정을 반복적으로 수행한다.

위 알고리즘을 위해서는 불필요한 점을 제거하고 경로점을 생성하기 위한 기준인 임계치 ϵ 값을

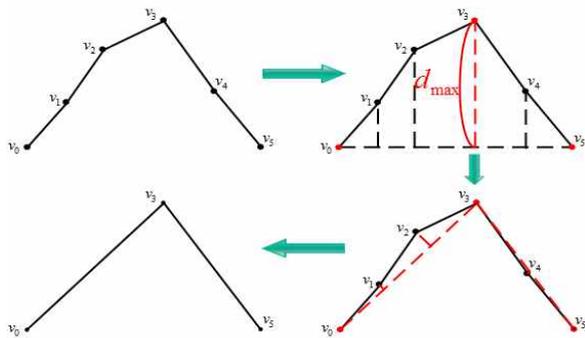


Fig. 3. Douglas and Peucker Algorithm

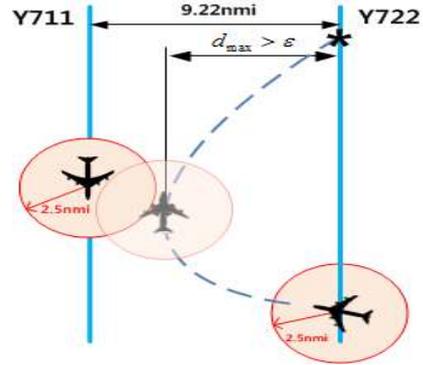


Fig. 4. Flight Route(RKSI-RKPC)

선정해야 한다. 이를 위해, Fig. 4와 같이 현재 우리나라 항로 중 가장 교통량이 많은 인천-제주 간 Y711과 Y722 항로에서 FAA의 수평 분리 기준 거리인 5nmi이내가 되게 하는 상황을 고려하였다. 임계치 값은 항로 사이의 거리에서 5nmi을 뺀 4.22nmi 이내여야 한다고 판단하였고, 본 연구에서는 임계치의 값을 1nmi로 선정하여 경로점을 생성하였다.

위의 기준을 바탕으로 2015년 9월 4일 PM. 6:00부터 이틀 간 획득한 ADS-B데이터 중, 9월 5일 PM. 4:30부터 임의의 4대의 항공기가 10분 동안 비행한 데이터를 이용하여 경로점을 생성하고 Fig. 5에 표시하였다.

2.2.2 통합 시뮬레이션

2.2.1의 결과에서 선정된 4대의 항공기 경로점과 항공기 등급에 따라 구성된 5자유도 항공기 모델을 활용하여 시뮬레이션 한 결과를 Fig. 5에 표시하였다. 또한 항공관제시물레이터의 관제사 스테이션에 표시된 전체 항공기를 통합 시뮬레이

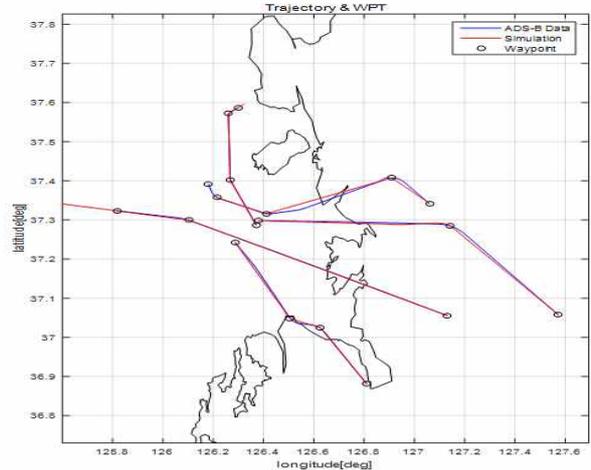


Fig. 5. Trajectories from Simulation and ADS-B

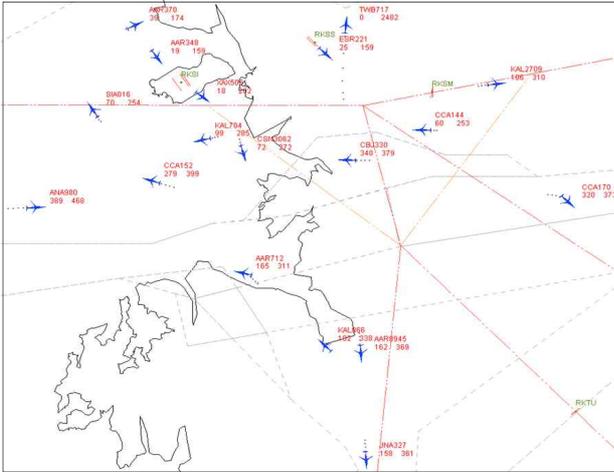


Fig. 6. Flight Simulation Result(CWP)

선 한 결과는 Fig. 6에 나타내었다.

3. 결론

본 논문에서는 ADS-B 수신기를 항공관제시물레이터에 결합하여 실제 항공기의 데이터를 데이터베이스화할 수 있는 환경을 구성하였다. 이 데이터를 바탕으로 시나리오를 구성하고 당시 상황을 모사하는 재생기능을 구현 할 수 있다. 또한 궤적 데이터와 DPA를 통해 자동 생성된 경로점과 항공기 등급에 따른 5자유도 항공기 모델을 이용하여 실제 비행 운동을 모사하여 직접 조종이 가능하다.

따라서 본 시스템을 통하여 실 데이터를 바탕으로 현실감 있는 교통관제 환경을 표현할 수 있다. 이에 더하여 유인항공기와 무인항공기 간 충돌위험이 발생했을 때, 구성된 시스템을 거쳐 계산된 결과는 충돌 방지를 위한 기동을 수행할 항공기 및 기동을 결정하는데 참고자료로 사용할 수 있다. 이를 통해서 운항 안정성 판단 및 운항기술 검증 분야에 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

추후 많은 양의 데이터를 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 기법을 연구하고, 많은 양의 경로점 생성은 관제시물레이터 데이터베이스에 부하를 줄 수 있으므로 항공기 모델의 운동 특성이 반영된 경로점 생성 기법을 연구할 것이다.

참고문헌

- (1) Federal Aviation Administration, 2013, *Integration of Civil Unmanned Aircraft System (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap*, Washington DC.
- (2) Lee. E. S. and Chol. B. C., "A Study on Demonstration Operation Plan for Civil PAS Operation Standards", *Fall conference of The Korean Society for Aeronautical and Space Science*, Nov, 2014, pp.809-813.
- (3) Jeong. S.H., Oh. H. J., Choi. K. Y., Lee. H.T., "Human-in-the-Loop Simulation Analysis of Conflict Resolution Maneuvers using an Air Traffic Control Simulator", *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 43, No. 8, pp. 739-747.
- (4) Yoo. C. S., Lee. H. C., Koo. S. O., "Design of Collision Avoidance System using ADS-B for smart UAV", *Fall conference of The Korean Society for Aeronautical and Space Science*, Nov, 2010, pp.518-521.
- (5) Yoo. C. S., Song. B. S., Jo. A., Seong. K. J., Koo. S. O., "Implementation and Operational Test of ADS-B System in Goheung Aeronautical Center", *Aerospace Engineering and Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 1-9.
- (6) Park. J. H., Jang. B. J., Kwon. O. J., Jeong. J. J., Lee. S. H., Kwon. K. R., "Vector Map Data Compression based on Douglas Peucker Simplification Algorithm and Bin Classification", *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 18, No. 3, pp. 298-311.