

항공 교통 관제 시뮬레이션 정확도 향상을 위한 BADA를 적용한 5자유도 항공기 운동 모델 개발 및 검증방안 연구

강지수*, 오혜주, 최기영, 이학태

인하대학교

Improving the accuracy of Air Traffic Simulation using a 5-DOF Aircraft Dynamic Model with BADA

Jisoo Kang*, Hyeju Oh, Keeyoung Choi, and Hak-Tae Lee

초 록

현실적인 항공 교통 관제를 위해 정확성과 효율성이 고려된 항공기 운동 모델의 시뮬레이션이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 신뢰도 향상을 위해 BADA의 항공기 제원 및 성능 정보를 반영한 5자유도 운동 모델을 개발하였다. 이때 질점 모델로 가정된 BADA의 정보를 5자유도 운동 모델에 적용하기 위해 일부 데이터와 관계식만 선별적으로 차용하였고 이를 기반으로 항공기의 비행 특성이 반영된 제어기를 구성하였다. 개발된 운동 모델은 실제 비행 궤적 데이터와 비교하여 정확도가 검증되었다. 본 연구에서 개발된 운동 모델은 현실적인 항공 교통 관제 연구에 활용될 수 있다.

ABSTRACT

Realistic Air Traffic Control (ATC) requires simulation of aircraft dynamic model that is accurate and efficient. In this research, a five degree of freedom (5-DOF) dynamic model that uses the specification and performance data from BADA is developed to improve the fidelity. To convert to BADA model which uses a point mass model to 5-DOF, only selected data and relationships are adapted. Feedback controller is included based on the behavior of the model. The dynamic model is validated by comparing simulation results with actual flight trajectory. This 5-DOF model can be used for various ATC related research.

Key Words : Flight Dynamic Model (항공기 운동 모델), 5DOF (5 Degree of Freedom), BADA(Base of Aircraft Data), 항공관제시뮬레이터(Air Traffic Control Simulator), 궤적 검증(Trajectory Validation)

1. 서 론

빠르게 증가하는 항공 교통량의 추세에 따라 Eurocontrol은 2020년 까지 최소 두 배 이상의 교통량을 관리할 수 있어야 한다고 예상하였다.⁽¹⁾ 이러한 효과적인 ATC(Air Traffic Control) 연구를 위해 현실적인 시뮬레이션은 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 시뮬레이션의 정확도를 높이기 위해 자세 표현이 가능한 5자유도 운동 모델을 개발하였다. FAA에서 정의하고 있는 항공기의 분류 기준에 따라 5가지 등급으로 구분하여 대표 기종을 선정하여 개발하였으며, 모델의 신뢰도 확보를 위해 Eurocontrol의 BADA를 반영하였다.⁽²⁾

그리고 항공기 실제 항적데이터와 비교하여 검증하였다.

2. 본 론

2.1 5자유도 항공기 운동 모델

차세대 관제시뮬레이션을 위한 항공기 모델은 자세 표현이 가능하므로 연산속도와 통신데이터의 양을 고려하여 5자유도 운동 모델을 사용하였다.⁽³⁾

2.2 제어기 구성

항공기 운동 모델이 실제 운항하는 항공기의 궤적 및 속도를 추종하기 위해 일반적인 PID 제어

기를 구성하였다. 제어 입력으로 받음각, 추력, 롤각을 사용하였으며, 명령이 항공기 상태 방정식에 반영이 되도록 구성하였다. 최대 추력의 제한을 보완하기 위해 고도 상승 시 속도 하강 현상을 보상하여 주는 부분을 추가하였다.

2.3 항공기 특성 반영

항공기 특성을 반영하기 위해 BADA의 제원, 운용 제한 수치, 성능의 정보를 사용하였다. 그러나 BADA의 3자유도의 질점모델을 기본으로 계산된 정보는 본 연구에서 사용된 5자유도 모델에 반영하기 어렵다. 따라서 일부 데이터를 선별하여 시뮬레이션 결과와 비교하는데 사용되었다. Table. 1은 활용한 BADA 파일, 용도 그리고 반영한 요소이다.

Table 1. Applied BADA Parameters

파일	용도	반영 요소
.OPF	특성	질량, 날개 면적, 비행 단계별 항력계수
	운용	엔진 추력 (고도 변화와 단계 반영), 연료 소모율(속도 변화 반영)
	제한	실속속도, 엔진 추력, 최대 고도, 최대 속도
.APF	제한	비행 단계별 CAS(Calibrated Air speed)
.PTF	비교	비행 단계별 TAS(True Air speed), 연료 소모량
.PTD	비교	비행 고도별 TAS, CAS, 추력, 항력, 연료 소모량
.GPF	제한	축/수직 방향 최대 가속도, 최대 뱅크각/각속도, 순항 추력 계수, 비행 단계별 최대 고도

2.4 항공기 모델 검증 및 시뮬레이션 결과

개발된 항공기 모델 검증을 위해 FlightAware에서 제공하는 실제 항공기 궤적과 비교하였다. 실제 비행 궤적으로부터 경로점을 추출하였으며, 시뮬레이션을 수행하여 시간에 대한 이동 궤적을 비교하였다.

Figs.1, 2는 나고야(RJGG)에서 인천(RKSI)으로 운항하는 Boeing 737-800기종으로 이륙 후 순항고도에 도달하는 구간(1262초)을 시뮬레이션 한 결과이다. 항공기 모델의 비행 궤적과 실제 항공기의 각 위치별 도달 시각을 비교하면, 최대 12.4초로 항공기 모델이 실제 항적데이터를 잘 추종한다. 하지만 속도 및 고도 최대 오차가 8[m/s], 1180[m]로 큰 오차를 보였다. 이는 실 데이터가 ADS-B의 바람이 고려되지 않은 지상 속도를 기준으로 하였으므로 이에 대하여 오차가 증가하였다.

3. 결론

본 논문에서는 항공교통관제 시뮬레이션에 활용될 5자유도 항공기 모델에 BADA를 반영하여 개발하고, 실제 항적데이터와 비교하여 모델의 신뢰

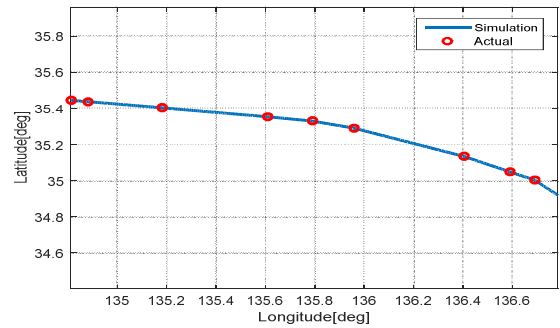


Fig 1. Trajectory from Simulation and FlightAware

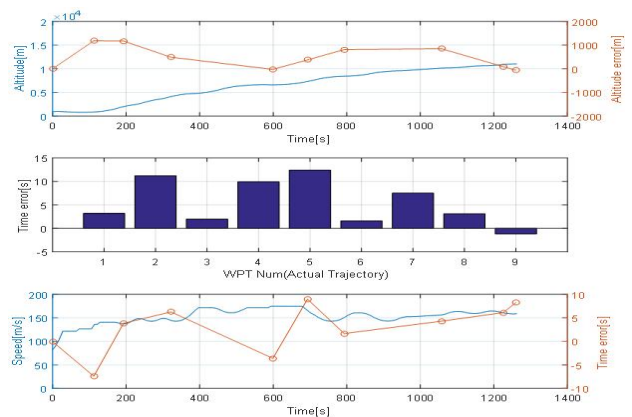


Fig 2. Error between simulation and Actual data

성을 확인하였다. 5자유도 모델과 BADA와의 차이로 인해, 제공하는 값은 선별하여 반영하였으며, 실제 항적데이터와 비교하는 과정에서 바람의 영향 및 속도변화가 무시되어 오차가 발견됨을 확인하였다. 개발된 실제 비행 궤적과 유사한 운동 모델은 현실적인 항공 교통 관제 연구에 활용될 수 있다. 향후 항적데이터로부터 실제 바람의 영향을 추정하여 오차에 대한 분석을 수행할 예정이다.

후기

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 중 “무인항공기 안전운항기술 개발 및 통합 시범운용(과제 번호: 15ATRP-C108186-01)”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) Navarro, F. A., Angela, N, and Mihai, I., “Advanced Aircraft Performance Modeling For Atm: BADA 4.0 Results,” *25th Digital Avionics Systems Conference*, 2006, pp. 1-12.
- 2) FAA, *United States standards for Terminal Instrument Procedures*, 3rd Ed, FAA Handbook 8260.3B, 1976.
- 3) Park, J. S., Oh, H. J., Choi, K. Y., “The research to verify reliability of an aircraft model for the Next Generation System simulator by using BADA,” *Proceeding of the 2014 KSAS Fall Conference*, 2014, pp. 1735-1738.