

ADS-B 항적 데이터 기반 Go-Around 이벤트 이상치 검출 분석

박노삼, 장종현
한국전자통신연구원

siru23@etri.re.kr, jangjh@etri.re.kr

Analysis of the anomaly detection for Go-Around events using ADS-B trajectory data

Noh-Sam Park, Jong-Hyun Jang
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

항공 안전 위험 예측을 위해서는 항적 및 비행 데이터 기반으로 이벤트를 탐지가 필요하다. 기존의 통계적 사후 분석에서 벗어나 머신러닝 기법을 이용한 예측적 방법이 필요하다. 본 논문은 항적 데이터인 ADS-B 데이터를 기반으로 go-around 이벤트가 발생한 항공편을 탐지한 후, 연관성 분석을 위해 이상치 검출 기법을 적용한 분석 결과를 제시한다.

I. 서 론

ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)는 위성 항법시스템을 이용하여 항공기 정보를 일정 주기마다 항공 교통관제 및 다른 항공기에 전송하는 시스템이다. 전용 무선데이터링크를 통해 항공기의 정보(현재 위치, 고도, 속도, call-sign 등)를 지속적으로 방송하고, 기존의 레이더에 비해 저비용으로 항공 감시가 가능하다.

국내외에서 ADS-B 를 이용한 연구는 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 항공 위험 상황이 있을 때 항공기 착륙을 시도하지 않는 go-around 를 탐지하기 위해서 ADS-B 데이터를 이용하는 연구[1]를 비롯해, ADS-B 데이터를 기반으로 생성된 항적 데이터를 사용하여 비행 절차별 위험도를 분석하기도 한다[2]. 또한 비행 정보를 기반으로 수평회피 알고리즘 연구를 통해 항공기의 공중충돌회피 기술에도 활용한다.

항적 데이터를 기반으로 go-around, 충돌회피 등의 항공 안전 이벤트에 대해, 항공 규정 등을 활용한 이벤트 검출 기술 및 이벤트 현황, 추세 등 통계적인 분석 수준에 그치고 있다. 머신러닝 기법 적용을 통한 항공 위험 예측 및 위해요인 검출 등의 기술 개발이 필요하다.

본 논문에서는 ADS-B 데이터를 기반으로 go-around 이벤트가 발생한 항공편을 탐지한 후, go-around 가 발생한 항공 데이터에 이상치 검출(anomaly detection) 기법을 적용하여 위해요인 분석 결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 2장에서 go-around 개요 및 특성에 대하여 살펴보고, 2 장에서 본 연구를 위한 ADS-B 데이터 전처리 및 분석 과정에 대해 설명한다. 4 장에서는 go-around 발생 항공편의 ADS-B 데이터에 대한 이상치 검출 기법 적용 결과를 기술한 후, 5 장에서 결론을 도출한다.

II. Go-Around

Go-around 는 활주로에 착륙하려던 항공기가 착륙을 포기하고 활주로 상공을 지나 안전고도까지 상승하는 것을 뜻한다. 항공기가 관제탑으로부터 지시를 받거나, 기상 불량, 진입 고도 불량 등 다양한 이유로 발생할 수 있다. 국제항공운송협회의 2012 년부터 2016 년까지 운송용 항공기 사고 데이터 집계에 따르면, 불안정 접근으로 인한 사고가 16%이며, 이는 조종사가 불안정한 접근 조치 미흡에 따른 go-around 를 시행하지 않고 무리하게 접근을 지속하여 사고로 이어진 것으로 식별되었다[3].

Go-around 를 탐지하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 항공사가 자체 보유하고 있는 비행 데이터 모니터링(FDM: flight data monitoring)를 이용하는 분석 방법 뿐만 아니라, ADS-B 항적 데이터 정보를 이용하는 방법이 존재한다.

본 논문에서 사용하는 ADS-B 를 이용할 경우는, 관측되지 못한 결측 데이터를 보강하고, 비행 구간을 식별하는 등 전처리를 거치게 된다. 항공편의 하강(descend), 접근(approach), 착륙(descend) 단계의 항적 데이터만을 대상으로 go-around 여부를 탐지한다.

고도 정보를 이용하여 공항 근처에서 하강하다가 상승하는 것을 탐지하는 단순한 방법을 비롯하여, 이와 함께 하강률과 위치 정보를 같이 고려하는 방법도 사용되고 있다. 탐지 기술의 정확도와 신뢰성을 높이기 위해, 하강/상승 변화 시점 이후의 항적 데이터의 고도/속도를 복합적으로 분석하는 방법도 제시되었다[1]. 또한 기상 데이터를 이용하여 go-around 가 발생했을 때의 기상 상황과의 연관성 분석에 대한 연구도 이루어지고 있다.

III. 데이터 수집 및 분석 과정

본 연구의 항적자료의 분석은 그림 1 과 같은 절차로 이루어진다. 2017 년에서 2020 년까지 ADS-B 수신 장치로 부터 수집된 자료에서, 항공기 식별 부호, 수신시간, callsign, 위경도, 고도, 지상 속도, 수직속도 등을 을 추출하여 인천국제공항에 도착 하는 항공편만 구분하였다. 이후, 접근 단계 이후의 데이터 분석을 위해 10,000 피트 이하의 데이터를 필터링하여 go-around 탐지 기법을 적용하여 go-around 데이터를 추출하였다.

항공 이벤트가 발생한 상황과 인과관계를 분석하기 위해, ADS-B 데이터를 이용하여 추가적으로 에너지 상태 데이터를 생성하고, go-around 발생 항적 데이터의 이상치 검출에 이용하여 연관성 분석을 수행한다.

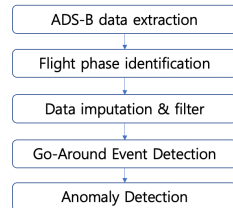


그림 1. Go-Around 이벤트 이상치 검출 분석 절차

ADS-B 분석 결과 2017 년부터 2019 년까지 인천공항의 전체 착륙 155,000 건 중 177 건의 go-around 를 탐지하였다. 그림 2 는 go-around 가 발생한 항적 중 하나를 표시한 것이다.

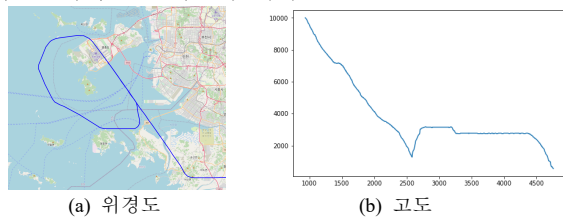


그림 2. Go-Around 이벤트에 대한 ADS-B 항적

IV. Go-Around 이상치 검출 분석

본 논문에서는 go-around 이벤트를 발생시키는 특정 파라미터와의 연관성 분석을 위해 파이썬 기반의 시계열 데이터 이상치 검출 도구(ADTK: Anomaly Detection Toolkit)를 이용한다. 또한 항공기의 불안정 접근이 go-around 로 이어지는 경우가 많은 상황에서, 불안정 접근을 파악하기 위한 구성 요소 중인 에너지 상태 항적 데이터에 추가한다. ADS-B 에서는 기체의 현재 질량 상태를 파악할 수가 없으므로 비에너지(specific total energy)를 다음과 같은 식으로 계산한다[4].

$$E = h + \frac{v^2}{2g}$$

(h: 고도, v: 속도, g: 중력가속도)

1) 단일 변수 분석

ADS-B 데이터 중 고도, 위도, 경도는 go-around 이벤트의 직접적인 변수이므로 분석 대상에서 제외한다. 에너지 상태의 이상치를 검출하여 이와 go-around 이벤트와의 상관성 분석을 진행하였다. 에너지 상태를 시계열 분석하여 일반적인 상태보다 높은 에너지(high energy)인 이상 구간을 검출하고 이와 go-around 의 연관성을 분석하였다. 하지만, 검출된 구간과 go-around 이벤트의 관계성을 분석할 수 있는 유의미한 결과는 도출할 수 없었다.

2) 복합 파라미터 분석

에너지 상태 뿐만 아니라 비행 상태(하강, 유지, 상승) 변수를 추가하여 이상치를 검출하여 분석을 수행하였다. Go-around 가 발생할 경우 주로 고도 변화가 계단 형태의 궤적을 보인다. 착륙 단계에서, 에너지가 높은 상태에서 비행 상태가 유지(level)일 경우 향후 시점에 급속한 하강 또는 상승을 보일 가능성이 높아 go-around 이벤트와의 연관성을 보여준다. 그림 3 은 에너지 상태의 이상치 검출에 따른 go-around 이벤트와의 상관성을 보여준다. 두 그림 모두 계단 형태의 하강을 보여 주고 있으며, 각각 에너지가 급등하는 구간에서 이상치가 검출되고 있음을 알 수 있다.

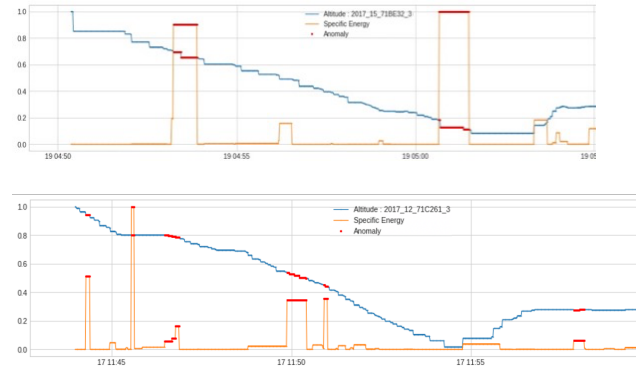


그림 3. Go-Around 이상치 검출 분석 결과

V. 결론

본 논문에서는 ADS-B 기반 항공 안전 위험 이벤트의 이상치 검출 기법을 이용한 분석 결과를 제시하였다. 에너지 상태 분석을 통해 go-around 전조 여부를 판단할 수 있다. ADS-B 데이터의 위치, 고도, 속도 등 제한적인 정보만으로는 에너지 상태의 정확한 분석이 어려우므로, 향후 항공사의 비행데이터를 추가적으로 확보하여 정확성을 제고하는 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부의 '빅데이터 기반 항공안전관리 기술 개발 및 플랫폼 구축(21BDAS-B158275-02)' 연구의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] S. R. Proud, "Go-Around Detection Using Crowd-Sourced ADS-B Position Data," *Aerospace*, vol. 7, no. 2, p. 16, Feb. 2020.
- [2] 이현웅, 이학태, "인천국제공항과 김포국제공항의 비행 절차 위험도 분석," *한국항공학회논문지*, vol. 24, no. 6, pp. 500-507, Dec. 2020.
- [3] 김현덕, "비행 데이터 분석 기반의 불안정 접근 경감방안," *한국항공학회논문지*, vol. 25, no. 1, pp. 52-59, Feb. 2021.
- [4] Puranik, Tejas G., Hernando Jimenez and D. Mavris. "Energy-Based Metrics for Safety Analysis of General Aviation Operations." *Journal of Aircraft* 54 (2017): 2285-2297.