

ASDE 데이터를 활용한 공항 주변 ADS-B 데이터 보강 기법

Augmenting ADS-B Data near Airports Using ASDE Data

이석환 · 박배선 · 이학태*

인하대학교 항공우주공학과

Seokhwan Lee · Bae-Seon Park · Hak-Tae Lee*

Department of Aerospace Engineering, Inha University, Incheon, Korea

[Abstract]

In general, the most common data used in aviation research are ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) data and the ASDE (Airport Surface Detection Equipment) data in ATM (Air Traffic Management). In this paper, we introduce a data smoothing method for preprocessing the data received from both systems and present a technique to augment ADS-B data by supplementing scarce ADS-B data near airports using ASDE data.. This will be useful for aviation safety related research utilizing trajectory data.

I. 서론

현재 항공 분야 연구에서 많이 쓰이는 데이터 중 하나는 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) 데이터이다. [1]에서 향후 20년간 항공 수요가 꾸준히 증가함에 따라 항공 데이터 수집 및 분석에 대한 필요성이 대두된다. 데이터 기반의 항공 안전 관리가 중요함에 따라 차세대 항공 감시 기술인 ADS-B 시스템은 중요한 데이터이다. 하지만, ADS-B 데이터는 수신기 위치에 따라 주변 지형지물의 영향을 많이 받기 때문에 대부분 공중에서만 데이터가 수신되고, 공항 내 데이터도 일부 획득이 가능하지만, 미수신 공항이 많다.

ASDE (Airport Surface Detection Equipment) 데이터는 공항에서의 항적을 감시하는 목적으로 사용되지만, 성능에 따라 공항 밖에서의 데이터 또한 획득할 수 있지만 고도 데이터가 부정확하다.

항공 안전 기술을 향상하기 위해서는 항공기의 운행과 공항 운영 사이의 상호작용을 효과적으로 관리하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 ADS-B 데이터와 ASDE 데이터에서 발생하는 오류 항적을 제거하기 위한 데이터 스무딩 (Data Smoothing) 방법을 소개하고, 공항 주변에서의 부족한 ADS-B 데이터를 ASDE 데이터를 이용해 보완하고, 두 종류의 데이터를 통합하여 지상-공중이 연결된 항적 데이터를 생성 기법을 제시한다.

II. ADS-B 데이터 및 ASDE 데이터 정제

1. ADS-B 정의 및 데이터 스무딩 기법

ADS-B는 항공기 내부에서 생성된 정보인 항공기 위치, 고도,

속도 및 기타 관련 정보를 지속적인 주기로 제공하는 장치이다. 항공기 내에 송신기가 부착되며, 1090 MHz의 주파수로 Mode-S 시스템으로 전송된다. Mode-S는 SSR (Secondary Surveillance Radar) 시스템 일부로 사용되며, 고정된 24 bits 주소를 사용한다 [2]. 항공기가 송신한 ADS-B 데이터는 다른 항공기 또는 관제탑에서 항공기의 정보를 수신하여 항행을 안전하게 하는 역할을 한다. 항공기 간의 상호 감시와 정보 교환을 통해 충돌을 예방하고, 비행경로 및 공항 접근 절차를 최적화할 수 있다. ADS-B 데이터를 통해 획득할 수 있는 항공기의 정보 중 본 논문에서 사용한 데이터는 표 1과 같다.

표 1. ADS-B로부터 수신되는 데이터 목록

Name	Information	Name	Information
Time	수신시간	Latitude	WGS84 위도
Address	항공기 ID	Longitude	WGS84 경도
Callsign	편명	Altitude	고도
Vertical Rate	상승률	Course	기수방향
Wake Turbulence Category	항공기 분류 기준	Speed	속도

하지만, 실시간으로 전송되는 하나의 항적 데이터에는 모든 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 나누어진 데이터를 하나의 항적 데이터로 구성하기 위해서는 전처리 과정이 필요하다 [3]. 본 논문에서는 1초 이내에 모든 항공기 정보가 수신되는 경우만 하나의 항적 데이터로 처리하였다.

ADS-B의 위도와 경도 데이터를 보정하기 위해 항적 사이의 거리를 비교하여 오류 항적을 제거하는 데이터 스무딩 방법을 사용

* Corresponding Author

하였다. ADS-B 데이터는 WGS84 타원체에서의 위도와 경도를 송신하기 때문에 람베르트 정각원추도법 (Lambert conformal conic projection)으로 각도 단위의 위도와 경도를 2차원의 x, y 좌표로 변환하였다. 람베르트 정각원추도법에 사용한 기준 위도와 경도는 표 2와 같다.

표 2. 람베르트 정각원추도법 기준 좌표

	Latitude	Longitude
Minimum	33	125
Maximum	38	127

추가로, 표준 선회율 (Standard rate of turn)인 3 degree/second 규칙을 적용하여 항적 사이의 시간, Δt 이 30초 이내라는 구속 조건을 추가하였다. 그림 1은 항적 제거 방법을 그림으로 나타낸 것이다.

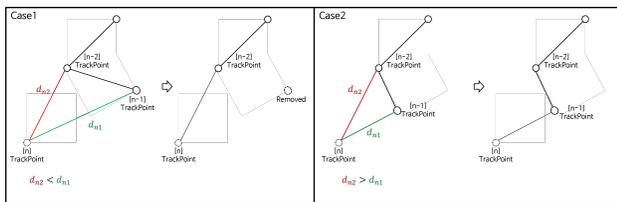


그림 1. 오류 항적 제거를 위한 ADS-B 데이터 스무딩 방법

d_2 가 d_1 보다 작은 경우 $n-1$ 번째 항적을 제거하는 방법으로 항적 데이터가 역행하는 경우를 정제하였다. 정제 후 ADS-B 데이터의 항적 개수는 1.22% 감소하였고, 평균적으로 오류 항적 비율은 약 1.2% 내외임을 확인하였다. 그림 2는 2022년 12월 31일 한 항적을 데이터 스무딩 방법을 적용하여 시각화한 결과이다.

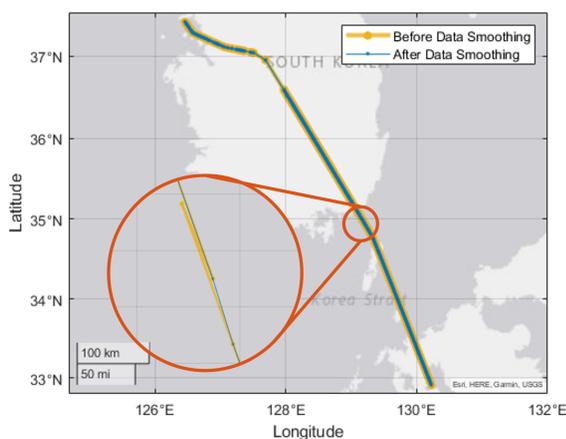


그림 2. ADS-B 데이터 스무딩 전후 비교 결과

2. ASDE 정의 및 데이터 스무딩 기법

ASDE 시스템은 X-band 레이더 기술을 사용하여 공항 표면 항

공기와 차량 등의 움직임을 실시간으로 감시하고, 공항 내에서의 교통 흐름을 관리하여 안정적인 운영을 가능하게 한다.

ASDE 데이터로부터 획득할 수 있는 항공기 정보 중 본 논문에서 사용한 데이터는 표 2와 같다.

표 3. ASDE로부터 수신되는 데이터 목록

Name	Information	Name	Information
Time	수신시간	Latitude	WGS84 위도
Address	항공기 ID	Longitude	WGS84 경도
Callsign	편명	Altitude	고도
Type	항공기 기종	Speed	속도
Origin	출발 공항	Course	기수방향
Destination	도착 공항	Runway	활주로
Wake Turbulence Category	항공기 분류 기준	Gate	게이트

ASDE로 수집한 데이터는 공항 내에서 항공기의 속도가 느린 특성으로 인해 데이터양이 방대하고, ADS-B 데이터보다 더 불규칙한 경향이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 ADS-B 데이터와 마찬가지로 데이터 정제가 필요하며, ADS-B 데이터의 스무딩 방법을 적용하였다.

본 논문에서는 여객기의 지상 평균 이동속도를 20 knots로 가정하였다. 이를 기반으로 데이터를 정제하고, 데이터의 정확성을 향상하기 위해 ADS-B 데이터의 스무딩 방법을 추가로 적용하였다. 또한, 항적 간의 거리가 10 m 이내인 데이터를 제거함으로써 방대한 데이터를 감소시켰다. 그림 3은 ASDE의 데이터 스무딩 방법을 그림으로 나타낸 것이다.

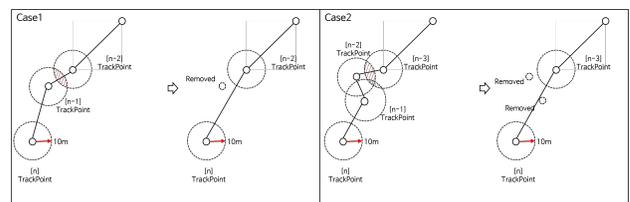


그림 3. 데이터 정확성 향상을 위한 ASDE 데이터 스무딩 방법

ASDE 데이터의 최종 정제 단계에서 그림 1과 그림 3에 나타난 스무딩 방법을 적용하였고, 데이터 크기는 약 54.0% 감소하였다. 이 스무딩 방법을 2022년 12월 인천국제공항을 출발하는 한 항적에 적용한 결과를 그림 4에 시각화하였다.

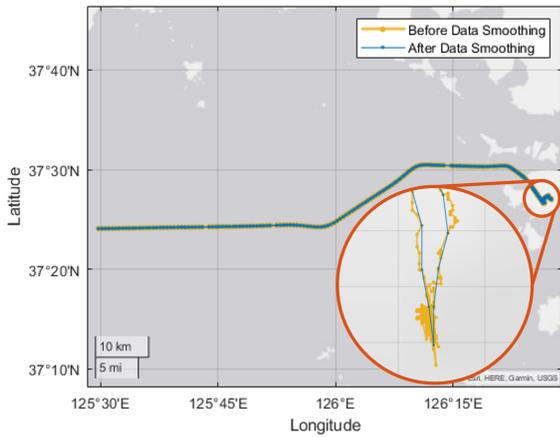


그림 4. ASDE 데이터 스무딩 전후 비교 결과

그림 4에서 확인할 수 있듯, 항적이 근접한 지점에서 위·경도 데이터 오류가 심한 것을 확인할 수 있다. 이러한 오류를 감소시키기 위해 ASDE 데이터를 정제한 결과 불필요한 데이터가 제거되었고, 데이터 분석에 유용한 실질적인 데이터만 남아있는 것을 확인하였다.

III. 공중 및 지상 데이터 통합

ADS-B 데이터는 낮은 고도나 주변 지형지물의 영향을 많이 받기 때문에 도심에 있는 공항의 경우 데이터 수신에 불확실한 경향이 있다. 본 논문에서는 공항 주변에서 정확한 데이터 수신이 가능한 ASDE 데이터를 이용하여 ADS-B와 ASDE 두 데이터를 통합하였다.

그림 5, 그림 6은 ADS-B 데이터와 ASDE 데이터로부터 각각 수신된 같은 항적을 위도와 경도, 고도를 비교하여 나타낸 그래프이다.

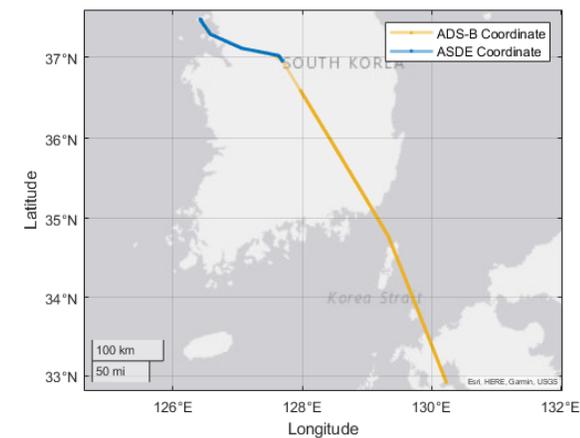


그림 5. ADS-B 데이터와 ASDE 데이터 위·경도

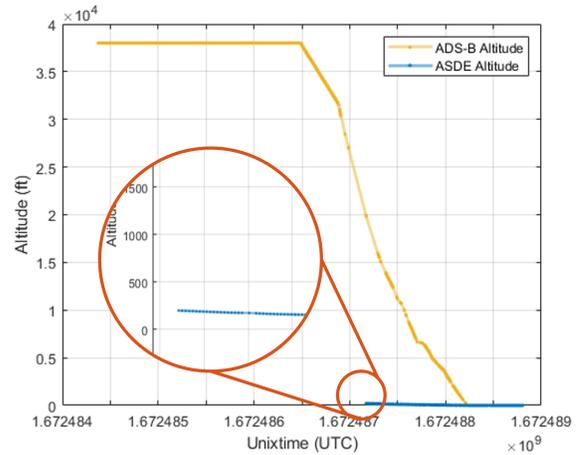


그림 6. ADS-B 데이터와 ASDE 데이터 고도 정제 전

ASDE를 이용한 데이터 수신에는 레이더 특성의 한계로 인해 공항 주변에서 약 200 ft 내외의 범위까지 고도 데이터를 수신할 수 있다 [4]. 그림 6에서 ASDE 데이터는 최대 약 200 ft 까지 고도가 수신된 것을 확인할 수 있고, ADS-B 고도 데이터와 비교 결과 ASDE 데이터가 부정확한 것을 확인할 수 있다. 따라서, 공항 바깥 영역에서의 고도 데이터는 정제할 필요가 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고자 공항 내에서의 고도 데이터만 사용하기 위해 공항 Node-Link 좌표를 이용하여 활주로 시단 (Threshold) 밖의 데이터를 정제하였다. 출발하는 항공기의 경우 게이트부터 활주로까지, 도착하는 항공기의 경우 착륙 활주로부터 게이트까지의 고도를 사용하였다. 또한, ADS-B 데이터와 같은 시간의 ASDE 데이터를 제거하였고, 두 데이터의 시간을 기준으로 ADS-B 데이터의 비어있는 위·경도 데이터를 ASDE 위·경도 데이터로 보강하였고, 제거한 ASDE의 고도 데이터는 ADS-B 고도 데이터를 이용해 선형 보간 하였다. 두 종류의 통합 데이터의 위치 및 고도 데이터를 그림 7, 그림 8에 나타내었다.

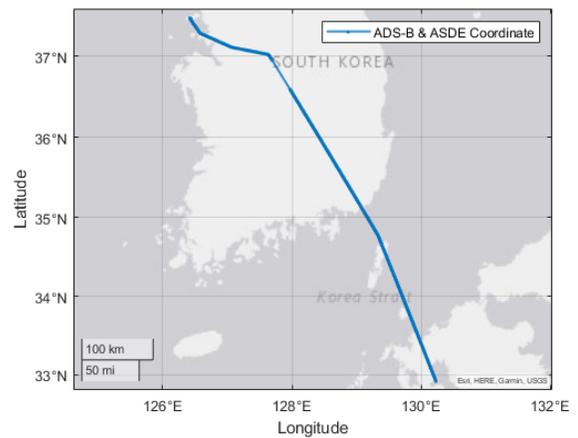


그림 7. ADS-B 데이터와 ASDE 데이터를 통합 위·경도

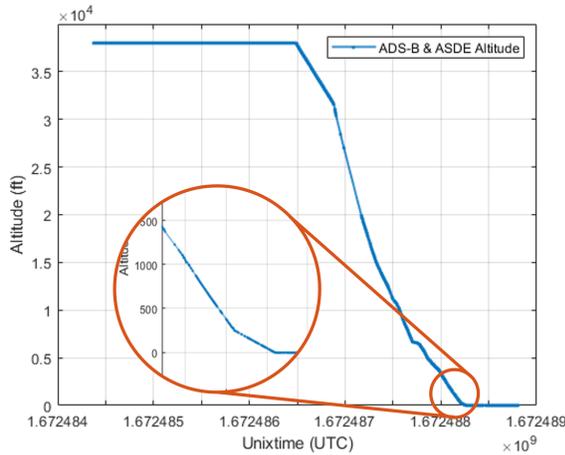


그림 8. ADS-B 데이터와 ASDE 데이터 통합 고도

그림 7, 그림 8에서 ASDE 데이터가 공항 밖의 범위까지 수신 가능한 점을 이용하여 공항 주변 및 미수신된 ADS-B 데이터가 보강된 것을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 ADS-B 시스템으로부터 수신한 공중 항적 데이터와 ASDE 장비로부터 수신되는 지상 항적 데이터를 각각의 특성을 고려하여 효과적으로 데이터를 통합하는 기법을 제시했다. 이를 위해 두 데이터의 부정확한 항적을 전처리하는 데이터 스무딩 방법을 설명하였으며, 두 데이터의 오류 항적이 크게 감소하였다. 다음으로, 공항 주변 및 공항 내 부족한 ADS-B 데이터에 ASDE 데이터를 보강하여 항적 데이터 품질을 향상시켰다.

본 논문에서 제시한 기법으로 공중 항적 데이터에 지상 항적 데이터를 통합하여 더 정확한 공중과 지상이 연결된 항적 데이터를 얻을 수 있다. 도출된 항적 데이터는 지상 전조 징후 분석, 공중 충돌 위험, 접근 구간에서의 이상 징후 등 항적 데이터를 사용하는 항공 안전 관련 연구에 큰 도움이 될 것이다.

Acknowledgments

본 연구는 국토교통부의 ‘빅데이터 기반 항공안전관리 기술 개발 및 플랫폼 구축 (과제번호: RS-2020-KA158275)’과 ‘데이터 기반 항공교통관리 기술개발’ (과제번호: RS-2021-KA163373)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- [1] Boeing, Commercial market outlook 2023-2042, pp. 2-33, 2023.
- [2] M. Strohmeier, M. Schäfer, V. Lenders and I. Martinovic, “Realities and challenges of nextgen air traffic management: the case of ADS-B,” in *IEEE Communications Magazine*, Vol. 52, No. 5, pp. 111-118, May.

2014.

- [3] H. Lee, B. -S. Park, and H. T. Lee, “Waypoint Extraction from Recorded ADS-B Trajectory Data,” in *Proceeding of the 2016 Technical Meeting of the Korea Navigation Institute*, Seoul, Vol. 20, No. 1, pp. 194-196, Oct. 2016.
- [4] Federal Aviation Administration (FAA), Detailed Overview of Ground Systems, pp. 4-6, 2021.