

클러스터링 기반 센서 데이터 기반 착륙 단계 전조징후 분류 기법 연구

박노삼
한국전자통신연구원
siru23@etri.re.kr

Analysis of Clustering Aviation Anomaly during Approach Phase using ASDE Sensor Data

Noh-Sam Park
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

항공 착륙 사고를 방지하기 위해 착륙 단계에서 위험 전조징후를 탐지하고 예방할 필요가 있다. 본 논문은 공항지상감시 레이더를 이용해 수집된 센서 데이터를 이용하여 착륙 전조징후를 탐지 및 클러스터링한 결과를 제시한다. 인천공항에 수집된 ASDE 센서 데이터를 대상으로 전조징후별, 항공기 도착 활주로별 클러스터링 분류 결과를 분석한다. 분석 결과를 기반으로 Ground Truth에 사용된 항공 안전 전조징후 기준을 검증할 수 있으며, 신규 항공 안전 분류 기준 수립에 활용할 수 있다.

I. 서론

항공 사고의 70% 이상은 이착륙 단계에서 발생하며, 항공 착륙 사고를 방지하기 위해서는 이착륙 단계에서 항공 위험상황인 전조징후를 탐지하는 연구가 필요하다. 한편, 항공기 내부 센서 데이터에 대한 확보가 쉽지 않은 상황에서, 공항 주변에서 ADS-B 수신기나 공항 지상 레이더를 이용한 항적 데이터를 안전 위험 예측을 위한 가용 데이터로 활용할 수 있다. 기존에는 ADS-B 데이터 등을 기반으로 이착륙 접근 단계 위험상황을 탐지하고 머신러닝 기법을 적용하여 이상 상황을 분류하는 연구가 진행되었다[1].

본 논문에서는 다양한 센서를 통해 얻은 데이터를 기반으로 착륙 단계 이상 현황을 파악하기 위해 데이터의 분포도를 확인하고 클러스터링 기법을 통해 착륙 이상 전조징후를 탐지한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 레이더로 측정된 ASDE 센서 데이터를 기반으로 항공기 착륙 단계에서 4종의 전조징후에 대한 기준과 탐지 방법에 대하여 살펴본다. 3장에서 클러스터링 기반 착륙 전조징후 분류 및 결과를 분석한 후 결론을 도출한다.

II. ASDE 센서 기반 착륙 단계 전조징후

ASDE(Airport Surface Detection Equipment)는 활주로 또는 이동 지역 내의 항공기와 차량 같은 이동 물체를 탐지하여 물체간 접촉사고를 사전에 방지하기 위한 감시 시설이다. ASDE의 방위각은 360도이며 고도는 비행장 지표면에서 60미터까지이다.

<그림 1>은 ASDE 데이터의 예시이다. Time of Track Information을 통해 해당 데이터가 언제 측정되었는지를 확인할 수 있으며, Latitude와 Longitude를 통해 해당 항공기의 현재 위도와 경도 정보를 획득할 수 있다. Vx, Vy를 통해 현재 항공기의 x축과 y축 속도를 알 수 있으며 Calculated Track Barometric Altitude는 현재 고도를 의미한다. Rate of Climb/Descent는 항공기의 Vertical Rate이며 Callsign을 통해 각 항공기를 구분할 수 있다.

항공기 착륙 단계의 항공 안전 위험 전조징후는 착륙 접지 지점, 착륙 거리, 제동 거리, 강착 등이 있으며, 강착은 정상(Normal)과 경고(Warning)로 분류된다. 강착을 제외한 3종은 정상, 주의(Cautious), 경고로 분류된다[2].

Time Of Track Information	Latitude	Longitude	Vx	Vy	Measured Flight Level	Calculated Track Barometric Altitude	Rate of Climb/Descent	Callsign	Type of Aircraft	Departure Airport	Destination Airport	Runway Designation
2023-11-01T23:42:10.593	37.479980	126.4353026	-5.25	7.75	-1.0	0.0	0.0	KAL1407	B739	RKSI	RKPK	15R
2023-11-01T23:42:10.593	37.472259	126.4381331	-1.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	JNA301	B738	RKSI	RJCC	15R
2023-11-01T23:42:10.593	37.484043	126.4406050	-2.5	-1.0	-1.0	0.0	0.0	KAL8287	B77L	RKSI	PANC	15R
2023-11-01T23:42:10.859	37.458679	126.4464874	0.5	0.25	2.25	3.5	0.0	ESR601	B38M	RKSI	RJAA	15R
2023-11-01T23:42:11.117	37.453651	126.4458846	-5.0	-3.75	-1.0	0.0	0.0	AAR369	A333	RKSI	ZGGG	16L
2023-11-01T23:42:11.109	37.451770	126.4465636	0.5	0.5	-1.0	0.0	0.0	LOT2002	B788	RKSI	LHBP	16L
2023-11-01T23:42:11.109	37.484016	126.4405669	-4.0	-2.25	-1.0	0.0	0.0	KAL8287	B77L	RKSI	PANC	15R
2023-11-01T23:42:11.195	37.271026	126.6624908	138.0	-78.25	84.25	85.5	2518.75	ASV727	A321	RKSI	RJFF	15R
2023-11-01T23:42:11.187	37.034328	126.5732574	-135.0	20.25	149.75		0.0	KAL646	B77W	WSSS	RKSI	
2023-11-01T23:42:11.289	37.463825	126.4302825	0.0	0.0	1.25	2.25	418.75	KAS6	B77W			

그림 1. ASDE 데이터 예시

착륙 접지 지점과 강착은 각각 항공기가 활주로에 접지하는 순간의 위치 및 하강을 정보 기반의 G-value를 기반으로 이상징후를 분류한다. 반면, 착륙 거리와 제동 거리는 활주로의 특정 지점에서부터 항공기까지의 거리를 이용하여 이상 유무를 판단한다.

III. 클러스터링 기반 착륙전조징후 분류 및 결과 분석

착륙 단계 전조징후 4 종의 정의된 분류의 적합성 및 정확성을 확인하기 위해, 클러스터링 기법을 이용하여 클래스 분류 및 탐지 결과를 비교 분석하였다.

ASDE 데이터는 2022년 3월에서 10월까지 인천공항에 착륙한 항공편에서 전처리된 거치 분석이 가능한 46,600 편을 대상으로 하였으며, 도착 활주로별로 착륙 전조징후 탐지 조건을 이용하여 정상, 주의, 경고로 분류하여 Ground Truth 데이터를 구축하였다(그림 2-a).

착륙 전조징후 클러스터링을 위해 Ground Truth의 분류 개수에 맞춰 클러스터 수를 설정하였고, 클러스터링 방식으로는 K-Means, DBSCAN, Gaussian Mixture Model(GMM) 알고리즘을 사용하였다(그림 2-b). 도착 활주로별 특이성 유무를 판단하기 위해, 활주로별로도 클러스터링을 수행하여 결과를 비교 분석하였다(그림 2-c).

클러스터링 알고리즘별로 결과를 분석해 보면, 밀도 기반의 DBSCAN 기법은 정상적인 분류가 진행되지 않았으며, K-means와 GMM 모델은 클러스터링 수가 Ground Truth의 분류 개수와 동일할 경우 일정 수준의 성능을 확인할 수 있었다. 4 종의 전조징후를 대상으로 비교 분석한 결과, K-means와 GMM 중 월등한 성능을 보여주는 알고리즘은 없어, 동일한 ASDE 데이터를 이용하더라도 전조징후 특성에 따라 클러스터링 기법을 적용해야 할 필요가 있다.

활주로별 클러스터링은 4 종 전조징후 모두 16L 활주로에 대해서는 정상적인 분류가 이루어지지 않았으며, 이는 해당기간에 16L 활주로 도착편 데이터가 부족하여 발생한 것으로 분석된다.

착륙 전조징후에 대한 전체적인 클러스터링 결과, 4 종 모두 정상 분류 기준을 기반으로 클러스터가 생성된다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 주의와 경고 기준 분류 기준과 클러스터링 결과를 비교 분석하였을 경우 큰 차이가 없는 경우와, 거의 유사한 경우로 나뉘어진다.

IV. 결론

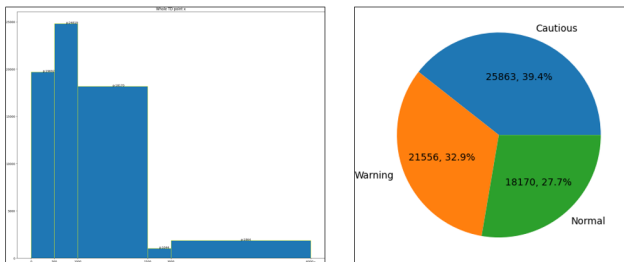
본 논문에서는 공항지상감시 레이더에서 수집되는 ASDE 데이터를 이용하여 착륙 단계의 전조징후 4 종을 탐지하고 클러스터링 기법을 이용하여 위험도를 분류하기 위한 방법을 제시하였다. K-Means, DBSCAN, Gaussian-Mixture 등 3 종의 클러스터링 기법 적용하여 비교 분석한 결과를 기술하였다. 향후, 항공 분야 전문가에 의해 분류된 전조징후 분류 기준과 머신러닝 기법을 이용한 클러스터링 분석 결과의 기준을 비교 분석하여, 새로운 전조징후 분류 기준을 수립하거나 또는 머신러닝 고도화를 위한 피드백으로 활용하여 추가적으로 연구를 수행할 필요가 있다.

ACKNOWLEDGMENT

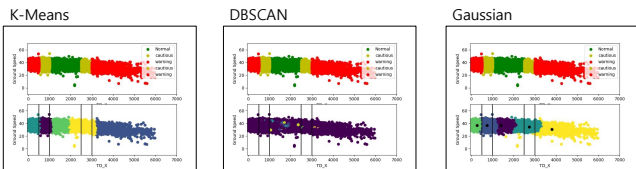
본 연구는 국토교통부 항공선진화사업의 일환으로, "빅데이터 기반 항공 안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축" 사업의 5 단계(2024 년도) 연구를 통해 수행되었습니다.

참고 문헌

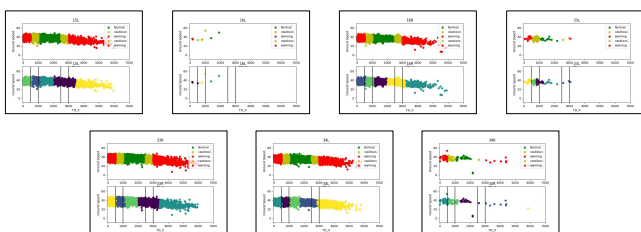
- [1] 이상호, 손일락, 정규호, 박노삼, "국내 항공기 위치 데이터를 활용한 이착륙 접근 단계에서의 항공 위험상황 탐지를 위한 데이터 전처리 및 머신러닝 분석 기법," Journal of Platform Technology, vol.11, no.5, pp.110-125, 2023
- [2] 박노삼, 장중현, "ADS-B 기반 항공 착륙 단계 위험 전조징후 탐지," 한국항공우주학회 2023 추계학술대회, 2023.



(a) 착륙접지지점 거리별 분포 및 분류별 분포



(b) 착륙접지지점 클러스터링 결과



(c) 착륙접지지점 활주로별 클러스터링 결과

그림 2. 착륙 전조징후 클러스터링