

공역 좌표 전처리 알고리즘 개발 및 구현

강진혁*, 이학태
인하대학교

Development and Implementation of Airspace Coordinate Preprocessing Algorithm

Jin-Hyeok Kang*, Hak-Tae Lee

Key Words : 공역(Airspace), 지역관제구역(Sector), 접근관제구역(TMA), 전처리(Preprocessing)

서 론

항공기의 안전하고 효율적인 항행을 위해 대한민국에서는 관제구역을 지역관제구역인 Sector와 접근관제구역인 TMA로 나누어 관리하고 있다. 각 공역은 위경도 좌표 형태로 AIP 문서에 정의되어 있는데, 일부 인접한 공역들의 맞닿은 영역에서 미세하게 불일치하는 좌표가 있어, 최근 유행하는 데이터 기반 항적 분석에 관한 연구를 진행할 때 문제가 되고 있다.

본 논문은 대한민국 공역의 좌표 불일치 영역을 조정하여 보다 정확한 항행 데이터를 얻기 위한 공역 좌표 전처리 알고리즘을 제시한다.

와 2021년 7월 11일 UPS39편의 ADS-B 항적을 Fig 1에 나타내었으며, 동일 항공기의 실시간 3차원 통과 공역 식별 결과를 Fig 2에 나타내었다.⁽²⁾ ADS-B 항적의 경우 인하대학교에서 2021년 7월 한 달 동안 수집한 데이터를 사용하였다.

Flight Time	x(m)	y(m)	Altitude(ft)	Current TMA	Current Sector
2021-07-11 3:11:37 AM	-177489	801593.5	13400	T04 (Seoul)	Incheon South
2021-07-11 3:11:40 AM	-177719	801603.6	13375	T04 (Seoul)	Incheon South
2021-07-11 3:11:41 AM	-177862	801606.5	13350	T03 (Seoul) T04 (Seoul)	Incheon South
2021-07-11 3:11:42 AM	-177941	801612.5	13350	T03 (Seoul) T04 (Seoul)	Incheon South
2021-07-11 3:11:43 AM	-178025	801614.1	13325	T03 (Seoul)	Incheon South
2021-07-11 3:11:43 AM	-178096	801621.1	13325	T03 (Seoul)	Incheon South

Fig. 2. Passed airspace identification

본 론

1. 기존 대한민국 공역 좌표 분석

기존 대한민국 공역(TMA, Sector) 좌표를 람베르트 정각원추도법⁽¹⁾을 사용하여 투영한 후 분석을 진행하였다. 투영에 사용된 기준 좌표의 경우 인천 FIR 범위를 선정하였으며, Table 1과 같다.

Table 1. Reference Name and Value about Lambert Conformal Conic Projection

Reference	Value	Unit	Reference	Value	Unit
ϕ_{min}	30.0	deg	λ_{max}	133.7	deg
ϕ_{max}	38.7		ϕ_0	30.0	
λ_{min}	124.0		λ_0	128.85	

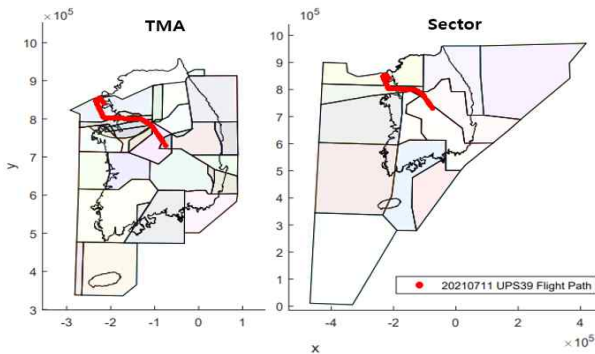


Fig. 1. Projected airspace and Trajectory

투영된 대한민국 공역(TMA, Sector)의 2차원 좌표

실시간 3차원 통과 공역 식별 결과를 통해 하나의 항적 좌표가 동시에 두 개의 TMA를 통과하는 결과도 출현할 수 있으며, 이는 2개 이상의 공역들이 서로 맞닿은 영역에서 좌표가 불일치하여 중첩되거나 빈 영역이 생성되었기 때문이다. 이와 같이 좌표 전처리가 필요한 영역의 개수를 공역의 종류, 불일치 유형별로 구분하여 Table 2에 나타내었으며, 이 중 TMA 공역에서 좌표 불일치 유형별 모습을 Fig 3에 나타내었다.

Table 2. Inconsistent airspace information

Airspace Type	Number	Number of Inconsistent Area	
		Overlap	Empty
TMA	55	15	6
Sector	12	0	0

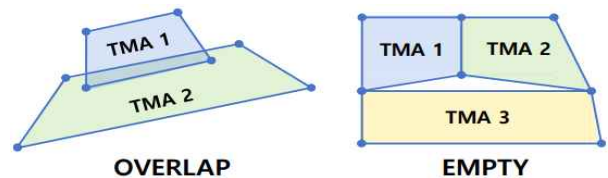


Fig. 3. TMA coordinate inconsistent type

2. 공역 좌표 전처리 과정

2차원 공역을 다각형이라고 가정한 후, 인접한 공역간의 어긋난 유형을 다각형의 선분 간 교차 모습으로 나타내어 분석한 결과, Table 3에 나타낸 2가지 케이

스 중 하나에 속함을 확인할 수 있었다.

Table 3. Cases of Inconsistency

Case 1	Case 2
비교	
<ul style="list-style-type: none"> × : Cross Point ● : Reference Point D : Distance 	

Table 3의 1번 케이스와 같은 경우, 두 개의 선분이 교차하였을 때 교차하는 지점을 “교차점”, 각 선분의 끝점들 중 교차점과 거리가 가장 가까운 점을 “기준점”이라 명명하였다. 또한 다수의 공역을 순차적으로 전처리하는 점, 각 공역 간의 불일치 특성이 제각각인 점 등을 고려하여, Table 4와 같이 케이스를 세분화시킨 후 각 영역의 특성에 맞는 전처리 과정을 진행하도록 하였다.

Table 4. Cases of Preprocessing

Case Name	Preprocessing	
	Before	After
1-(1)		
1-(2)		
1-(3)		
1-(4)		
2-(1)		
2-(2)		
비교		
<ul style="list-style-type: none"> ● : 전처리 대상 다각형의 선분 ● : 전처리 완료 다각형의 선분 		



Fig. 4. Threshold around the Target Line

2-(1), 2-(2) 케이스와 같이 삼각형 형태로 빈 영역을 형성하고 있을 경우, Fig 4와 같이 전처리 대상 선분의 주위에 특정 범위를 형성하여 설정한 범위 내에 다른 좌표가 존재하는지의 여부에 따라 전처리를 진행하도록 하였다.⁽³⁾

3. 공역 좌표 전처리 결과

각 공역에 대한 좌표 전처리를 진행한 결과, 55개의 TMA 공역에서는 총 46번의 전처리 과정이 소요되었으며, 좌표 불일치 영역이 존재하지 않았던 Sector 공역에서는 전처리 과정이 소요되지 않았다. 전처리가 완료된 TMA 공역을 대상으로 항적에 대한 실시간 3차원 통과 공역 식별을 진행하였으며 그 결과를 Fig 4에 나타내었다. 전처리 과정을 통해 T03, T04 공역 사이의 중첩되는 영역이 제거되어 고도가 13350 ft인 두 개의 항적에 대한 통과 공역 식별 결과가 알맞게 보정되었음을 Fig 4와 Fig 2의 비교를 통해 확인할 수 있다.

Flight Time	x(m)	y(m)	Altitude(ft)	Current TMA
2021-07-11 3:11:37 AM	-177489	801593.5	13400	T04 (Seoul)
2021-07-11 3:11:40 AM	-177719	801603.6	13375	T04 (Seoul)
2021-07-11 3:11:41 AM	-177862	801606.5	13350	T04 (Seoul)
2021-07-11 3:11:42 AM	-177941	801612.5	13350	T04 (Seoul)
2021-07-11 3:11:43 AM	-178025	801614.1	13325	T03 (Seoul)
2021-07-11 3:11:43 AM	-178096	801621.1	13325	T03 (Seoul)

Fig. 5. Passed airspace identification about preprocessed TMA

결론

본 논문에서는 대한민국 공역(Sector, TMA)의 좌표 불일치 영역을 분석하고, 이를 조정하여 보다 정확한 항공기 통과 공역 데이터를 얻기 위한 좌표 전처리 알고리즘을 제시하였다.

본 연구에서 제시된 공역 좌표 전처리 알고리즘은 대한민국 공역을 대상으로 개발되었지만, 약간의 조정을 통하여 다른 나라의 공역 좌표 전처리 시에도 유용하게 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 ‘데이터기반 항공교통관리 기술개발(과제 번호 : 22DATM-C163373-02)’ 연구의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계 부처에 감사드립니다.

참고문헌

- Nagy, D., “The Lambert Conformal Conic Projection: A Short Algorithm to Calculate the Direct and Inverse Transform” CISM Journal, Vol. 44, No. 2, 1990, pp. 158~164.
- Kang, S. Y., Lee, H. T., “Data Processing Program to Determine Transit Time For Sectors based on Trajectory Data” Proceeding of the 2015 KSAS Fall Conference, 2015, pp. 315~318.
- Lee, H. T., Romer, T. F., “Automating the Process of Airport Surface Node-Link Model Generation” Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 34, No. 4, 2011, pp. 1228~1238.