

ADS-B 항적 데이터를 통한 공역 통과량 비교 분석

강진혁*, 이현웅, 박배선, 이학태
인하대학교

Comparative Analysis of Airspace Throughput Using Recorded ADS-B Trajectories

Jin-Hyeok Kang*, Hyeonwoong Lee, Bae-Seon Park, Hak-Tae Lee

Key Words : 공역(Airspace), 지역관제구역(Sector), 접근관제구역(TMA), 공역 통과량(Airspace Throughput)

서론

항공관제구역은 지역관제구역(Sector)와 접근관제구역(TMA)로 나누어져 있고 이를 통해 효율적으로 항공교통량을 처리하고 있다. 대다수의 항공기는 정해진 항로를 따라 운항하며, 이에 따라 운항하는 항공기 대수가 상대적으로 많은 항로들이 존재한다. 이러한 항로들이 통과하는 공역의 경우 동시간대 항공기 통과대수를 비교했을 때 타 공역보다 높은 경향을 보인다.

본 논문에서는 ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) 항적 데이터를 통해 각 항공기가 운항 중 통과하는 공역을 판별하였다. 이를 기반으로 시간대별 각 공역의 항공기 통과량을 산출한 후 이를 비교 분석하여 공역의 혼잡도를 비교 분석하였다.

본론

1. 대한민국 공역 좌표 전처리

AIP (Aeronautical Information Publication)에 기재된 대한민국 공역 좌표를 람베르트 정각원추도법을 사용하여 투영하였다. 그 결과 공역 좌표 설계 시 사용한 투영 기준 좌표와 본 논문에서 사용한 기준 좌표가 같지 않음에서 발생하는 좌표 오차가 존재하였다. 이를 공역 좌표 처리 알고리즘⁽¹⁾을 통해 보정하였다. 투영에 사용된 기준 좌표의 경우 Table 1과 같으며 좌표 처리 알고리즘을 사용한 공역 좌표 보정 결과 중 일부를 Fig 1에 나타내었다.

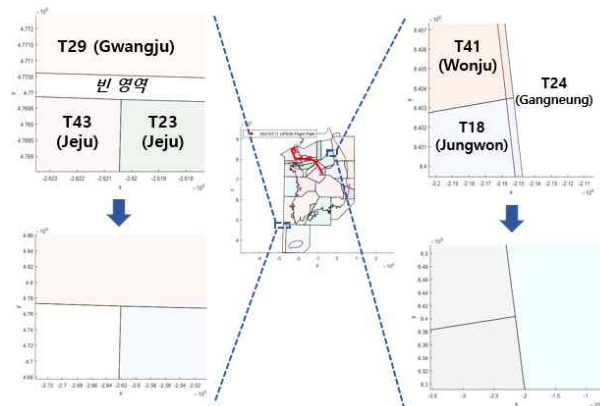


Fig 1. Results of Airspace coordinate preprocessing

Table 1. Reference Coordinates of 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	

2. 각 공역 별 항공기 통과량 산출

좌표 보정을 완료한 대한민국 공역을 대상으로, 2019년 인천 FIR을 통과한 항공기 약 100만대의 ADS-B 항적 데이터를 사용하여 10분 단위로 공역 통과량을 산출하였다. 산출된 각 공역별 항공기 통과량 결과 중 인천 북부 섹터와 제주 TMA의 결과를 Fig 2에 나타내었다.

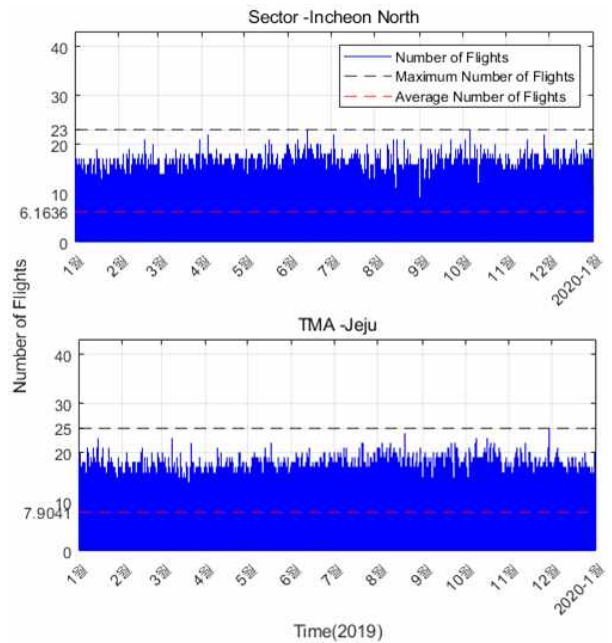


Fig 2. Results of 2019 Airspace Throughput

3. 각 공역별 항공기 1일 통과량 분포

각 공역별로 각 일자별 통과량을 중첩해서 도시하였다. 이를 통해 각 시간대별로 항공기 대수의 분포가 생성되고, 여기에서 최빈값, 하위 5%, 상위 5% 값을 산출하였다.

산출된 각 공역의 1일 기준 각 시간대별 항공기 통

과량 분포를 비교 분석하였다.⁽²⁾ 분석 결과 대부분 공역에서 새벽과 저녁 시간대에 통과량이 급감하는 형태의 그래프 개형이 도출되었으며, 대표적으로 인천 북부 섹터의 결과를 Fig 3에 나타내었다. 또한 해당 섹터의 각 시간대별 최고 빈도수와 하위 5%, 상위 5% 빈도를 가지는 항공기 통과량 그래프를 Fig 4에 나타내었다.

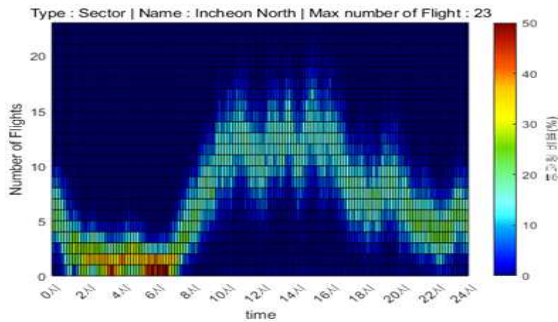


Fig 3. Results about the Weight of Airspace Throughput in Incheon North Sector

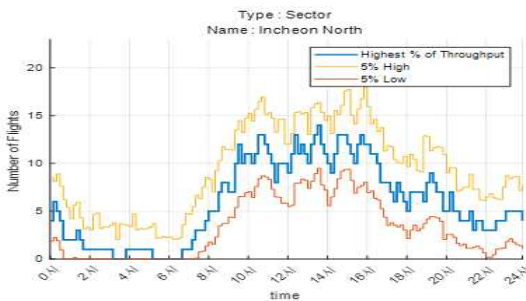


Fig 4. Largest Airspace Throughput in Incheon North Sector

각 공역별 1일 기준 각 시간대별 항공기 통과량 분포 분석 결과를 통해 공역의 혼잡도가 가장 심한 시간대를 분석하여 Table 2와 3에 나타내었다. 이 때, 1일 기준 상위 5% 비중을 가지는 값 중 최대 통과량을 가지는 시간대가 공역의 혼잡도가 가장 높은 시기라고 판단했다. 또한 최대 통과량이 5대 이하인 공역은 혼잡하지 않다고 판단하여 결과에서 제외하였다.

Table 2. Results of Sector Complexity

Sector	Max Number of Aircraft	Time
Gwangju East	26	05:50 ~ 06:00
Pohang Area	18	10:20 ~ 10:30
East-Sea	12	10:50 ~ 11:00
Gangneung	14	10:50 ~ 11:00
Incheon South	25	15:20 ~ 15:30
Incheon North	18	15:50 ~ 16:00
Jeju Area	35	15:50 ~ 16:00
Gunsan East	17	16:40 ~ 16:50
South Area	11	18:00 ~ 18:10
Gunsan West	17	19:30 ~ 19:40
Daegu Area	14	20:20 ~ 20:30
Gwangju West	20	20:50 ~ 21:00

Table 3. Results of TMA Complexity

TMA	Max Number of Aircraft	Time			
Sacheon	5	05:40 ~ 05:50			
Gimhae	11	09:10 ~ 09:20			
Seoul	37	10:50 ~ 11:00			
Jeju	16	14:20 ~ 14:30			
Gwangju	9	16:40 ~ 16:50			
Osan	4	18:10 ~ 18:20			
Daegu	7	20:10 ~ 20:20			
Haemi	Pohang	Gunsan	Yecheon	Wonju	Gangneung
Max Airspace Throughput is 2 or less.					

4. 결과 분석

각 공역의 1일 기준 항공기 통과량 분포 결과에서 상위 5%기준 최대 통과량은 일차적으로 해당 공역의 최대 수용량이라고 판단할 수 있을 것이다.

각 공역의 혼잡도를 분석한 결과, 인천국제공항과 김포국제공항이 속한 서울 섹터와 TMA의 혼잡도가 압도적으로 높음을 확인할 수 있었고, 제주국제공항이 속한 제주 섹터, 김해국제공항이 속한 김해 TMA 등도 공역 혼잡도가 높음을 알 수 있었다. 또한 항공기 운항 횟수가 가장 많은 김포-제주 항로를 지나는 섹터와 TMA의 혼잡도가 타 공역보다 상대적으로 높음을 확인하였다.

결론

본 논문에서는 2019년 ADS-B 항적 데이터를 통해 대한민국 각 공역의 1년간 항공기 통과량을 산출하였다. 그 후 1년간 각 공역의 1일 항공기 통과량 분포를 비교하여 각 공역별 혼잡도가 가장 높은 시간대 분석 및 인천 FIR 내에서 가장 혼잡한 공역을 판별하였다.

본 연구를 통해 도출된 대한민국 공역의 항공기 통과량과 공역 혼잡도 분석 결과는 데이터기반 항공교통관리 연구를 수행하며 항공 교통 혼잡도 파악을 통한 효율적 항공교통관리 시스템 구축 시 도움이 될 것으로 기대된다.

후기

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

참고문헌

- 1) Kang, J. H., Lee, H. T., “Development and Implementation of Airspace Coordinate Preprocessing Algorithm”, Proceeding of the 2022 KSAS Spring Conference, 2022, pp. 155-156.
- 2) Jung, W. K., Ahn, M. J., Lee, G. J., “Air traffic control Sector Capacity via Macroscopic Modelling”, Proceeding of the 2014 KSAS Spring Conference, 2014, pp. 636-639.