

## 동적 공역 형상관리를 위한 궤적기반 항공 교통량 분석 소프트웨어 설계

김현경\*, 은연주\*\*, 오은미\*\*\*

Trajectory Based Air Traffic Analysis Software Design  
for Dynamic Airspace Configuration

Hyoun-Kyoung Kim\*, Yeon-Ju Eun\*\*, Eun-mi Oh\*\*\*

## Abstract

In this paper, the design result of the trajectory-based air traffic analysis software which is going to be used to assess air-traffic efficiency in case that some modification's made in dynamic airspace configuration, is described. The software has been developed to make statistical data about air-traffic in Incheon FIR based on the RPL, and to analyze the airway utilization and controller workload using the trajectory modeling data which are derived from the aircraft type, cruise speed, cruise altitude, and routes and fixes in the RPL. Since it batch-processes the long-term trajectory data with other inputs such as airspace, route information and so on, it has the advantage of quickly predicting the traffic variation when some change in airspace and route information is made.

## 초 록

본 논문에서는 동적 공역 형상 관리상의 변경이 발생할 때에 대한 항공 교통 효율성 평가에 사용될 궤적기반 항공 교통량 분석 소프트웨어의 설계 결과를 기술한다. 본 소프트웨어는 비행계획서에 기초한 인천 FIR의 항공 교통에 대한 통계 자료를 산출하고, 비행계획서 상의 항공기 종류, 순항고도, 속도, 이동 경로 등으로부터 도출된 궤적 모델링 자료를 이용하여 항공로 이용율, 관제사 관제량을 분석하도록 설계되었다. 공역 설계 및 항공로 입력 정보와 함께 장기간에 걸친 궤적 모델링 자료를 한꺼번에 입력받아 일괄 처리하는 방식을 적용함에 따라, 본 소프트웨어는 공역 및 항공로 등의 수정 내용에 따른 교통량 변화를 빠르게 예측할 수 있는 장점을 가진다.

키워드 : 항공 교통량 분석(air traffic analysis), 궤적(trajectory), 관제 공역(controlled airspace), 반복 비행계획서(repetitive flight plans)

## 1. 서 론

우리나라 공역의 항로 관제량은 글로벌 금융 위기로 인해 2009년 약 1% 감소한 것을 제외하면 2000년 이후 연평균 5% 이상 증가하여 2012년에는 월평균 4만 6천대 정도의 항공기가 관제되었다.[1] 항공 교통량 증가 추세 뿐 아니라 항공 노선의 편중화가 가속화되어 2006년부터 2010년까지 국제선의 경우 B576 항로 이용률이 1.6배, 국내선의 경우 V11 항로 이용률이 7배 증가하는 등 특정 항로의 이용률이 급격히 증가하고 있다.[2] 이로 인해 인천 FIR 전체의 관제량이 증가할 뿐 아니라 관제 섹터간 관제량 불균형이 발생하게 되는데, 이는 관제 공역의 구조를 재정의하고 수정하는 동적 공역 형상관리를 통해 해소될 수 있다. 이에 따라 국내 뿐 아니라 국제적으로도 동적 공역 형상관리에 대한 연구가 진행되고 있다. 해당 연구의 한 분야로써 동적 공역 형상관리에 따른 공역 효율성을 평가하기 위한 항공 교통 효율성 분석 툴로써 궤적 기반 항공 교통량 분석 소프트웨어를 개발하고 있으며, 본 논문을 통해 해당 소프트웨어 설계 결과를 기술하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 현재 국내에서 사용 중인 비행계획기반의 교통량 분석 툴과의 비교를 통해 궤적 기반 항공 교통량 분석 소프트웨어가 갖는 장점을 기술하고, 3장에서 본 소프트웨어의 입력 자료와 출력물을 정의한다. 4장에서는 소프트웨어 설계와 관련한 주요 설계사항을 정리하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 비행계획기반 vs 궤적기반

설계된 궤적기반 교통량 분석 소프트웨어의 참조가 되는 기존의 국내 항공교통센터에서 사용 중인 소프트웨어는 비행계획기반의 교통량 분석 툴로써 비행 계획서 정보를 이용하여 정해진 항로를 따라 이동하는 항공기의 출도착 시간과 비행 계획서 상의 순항 속도 및 순항 고도를 이용하여, 분석을 시작하는 시점으로부터 최대 6시간

까지의 실시간 교통량 예측이 가능한 소프트웨어이다.[3]

비행계획기반의 교통량 분석과 궤적기반 교통량 분석의 가장 큰 차이는 분석 시점의 항공기 위치를 계산하는 방식이라 할 수 있다. 비행계획기반에서는 항공기 출도착 시간을 이용하여 비행 계획서에 명시된 각 지점에 도달할 예상 시간을 계산하고, 두 지점에 의해 생성되는 항로 구간상의 평균 속도를 이용하여 항공기 순간 위치를 계산한다. 반면, 궤적기반 교통량 분석에서는 비행 계획서에 명시된 출발시간, 항공기 종류에 따른 최대 속도 및 고도, 비행계획상의 순항 속도 및 고도, 비행 경로에 대해 항공기의 실현 가능한 비행 궤적을 모델링하고, 이로부터 항공기의 순간 위치를 계산한다. 비행 계획기반의 교통량 분석은 항공기의 평균 속도를 이용하므로 항공기의 속도 변화가 크지 않은 항공로(enroute)의 직선 구간에서는 비교적 정확하다 할 수 있다. 하지만 항로의 비연속 구간에서의 속도 변화, 항공기 고도 변화율(상승, 하강), 항공기 성능에 따른 파라미터를 정확하게 반영하지 못하는 반면 궤적기반 분석은 항공기의 동적 변화를 반영할 수 있는 장점을 갖는다. 항공기의 순간 위치 계산은 관제량과 항로의 사용량 분석에 있어서 매우 중요한 데이터로 활용될 수 있기 때문에 이 두 측면에서 볼 때 궤적기반 분석이 보다 정확하다 할 수 있다. 반면, 교통량 분석의 주요 결과물의 하나인 일별, 월별, 연도별 등 국내 교통량 통계를 산출은 비행일, 출발시간, 공항 정보 등의 비행계획서에 명시된 주요 정보만으로도 가능한데, 궤적자료를 이용하여 이를 분석하게 되면 짧은 시간 간격으로 정의된 방대한 양의 위치 데이터를 수집, 처리하여야 할 뿐 아니라 비행 중 날씨가 변경되는 경우 교통량 통계가 중복될 수 있는 문제점이 있다. 따라서 이 경우 비행계획기반의 분석이 오히려 더 정확하고 편리하다. 비행계획 또는 공역의 설계 변경은 소프트웨어 입력사항으로 즉각 반영되어야 한다. 비행계획 중 일부가 변경되면 비행계획기반 처리는 이를 즉각적으로 반영할 수 있지만, 궤적기반 분석은 수정된 비행계획 자료를 이용하여 일괄적으로 궤적을 재생성하여

야 하는 단계를 거쳐야 한다. 한편, 구역 설계가 변경되면 비행계획기반 처리는 각 항로가 특정 구역에 해당되는 시간을 재계산하여야 하므로 많은 시간이 소요될 것이다. 그러나 궤적기반은 변경된 구역 정보와 궤적 위치간 관계를 자동으로 계산하므로, 비교적 빠르게 반영할 수 있다. 이와 같은 비행계획기반과 궤적기반 분석 기법의 장단점은 표 1과 같이 요약할 수 있다. 이러한 결과 분석을 바탕으로 본 연구를 통해 설계된 궤적기반 항공 교통량 분석 소프트웨어는 교통량 산출에 있어서는 비행계획기반 방식을 적용하고, 그 외의 분석은 궤적기반 방식을 적용하는 복합적인 형태로 설계하였다.

표 1. 비행계획기반과 궤적기반 분석의 장단점

	비행계획기반	궤적기반
교통량 산출	빠름	느림
항공기 위치	비교적 정확*	매우 정확
관제량 분석	비교적 정확*	매우 정확
비행계획변경	빠름	보통
구역변경	느림	빠름

\*운용자 노하우와 연관되어 가변적일 수 있음

### 3. 입출력 자료의 정의

#### 3.1 소프트웨어 입출력 구성

그림 1은 설계된 궤적기반 교통량 분석 소프트웨어의 입출력 데이터 구성을 보인 것이다.

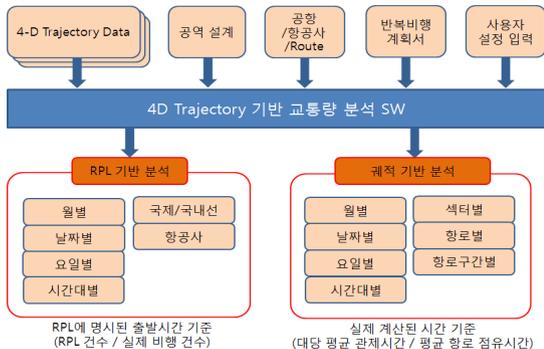


그림 1. 교통량 분석 소프트웨어 입출력 구성

사용자 입력을 제외한 모든 입력 데이터는 실시간으로 생성되는 형태가 아닌 사전에 생성된 자료로 파일 형태로 제공되어야 한다. 사용자 설정은 GUI를 통해 제어가능하며, 궤적 자료는 궤적 생성 소프트웨어에서 일괄적으로 생성한 바이너리 파일 형태를 갖는다. 그 외의 구역 설계, 공항 정보, 항로 정보, 반복 비행 계획서는 XML 형태로 제공되어야 한다. 그림 2와 그림 3은 관제 구역 정보와 비행계획서에 대한 XML 파일의 예를 보인 것이다.

```
<?xml version="1.0" encoding="EUC-KR"?>
<SectorArray>
  <Sector>
    <SectorName>North</SectorName>
    <Polygon>
      <Hmin>304.80</Hmin>
      <Hmax>18288.00</Hmax>
      <Point>N38000000 E124000000 0</Point>
      <Point>N38000000 E124500000 0</Point>
      <Point>N38202000 E127395200 0</Point>
      <Point>N37021000 E127395200 0</Point>
      <Point>N36581000 E127335200 0</Point>
      <Point>N37071000 E127135200 0</Point>
      <Point>N36565000 E125482200 0</Point>
      <Point>N36300000 E124000000 0</Point>
    </Polygon>
  </Sector>
</SectorArray>
```

그림 2. 관제 구역 입력 자료(예)

```
<?xml version="1.0" encoding="EUC-KR"?>
<RPLArray>
  <RPL>
    <ValidFrom>130101</ValidFrom>
    <ValidTo>131231</ValidTo>
    <Days>1111111</Days>
    <DeptTime>1450</DeptTime>
    <DeptAirport>RKSS</DeptAirport>
    <AircraftID>KAL1234</AircraftID>
    <AircraftType>B737</AircraftType>
    <WakeTurb>M</WakeTurb>
    <CruisSpeed>N0380</CruisSpeed>
    <CruisLevel>F230</CruisLevel>
    <DestAirport>RKPK</DestAirport>
    <ElapTime>200</ElapTime>
    <Route>
      <p1>SEL</p1>
      <r1>A582</r1>
      <p2>TGU</p2>
      <r2>W66</r2>
      <p3>BOMRA</p3>
      <r3>0</r3>
    </Route>
  </RPL>
</RPLArray>
```

그림 3. 비행계획 입력 자료(예)

교통량 분석 소프트웨어에 의해 처리된 결과는 GUI를 통해 사용자에게 표 또는 그래프로 간략한 정보를 도시한다. 또한, 계산된 모든 결과 데이터는 텍스트 형태 또는 엑셀에서 읽을 수 있는 csv 파일 형태로도 저장할 수 있도록 구성하였다.

### 3.2 반복 비행 계획서

주요 입력 자료인 RPL(Repetitive Flight Plans)은 반복 비행 계획서로, 정해진 기간 동안 동일한 요일의 비행을 10회 이상 반복하거나 10일 이상의 반복된 비행이 있는 경우 제출하며, 여기에는 다음의 정보가 포함되어 있다.[4]

- 비행계획의 유효 기간
- 운항 요일
- 항공기 ID
- 항공기 종류 및 후방 난기류 유형
- 마이크로웨이브 착륙 가능 여부
- 출발 공항
- 출발 시간 (Gate 기준)
- 순항 속도
- 순항 고도
- 이동 항로명 및 항로 구간
- 도착 공항
- 예상되는 총 경과 시간

앞서 기술한 바와 같이 RPL은 사전에 제출되는 반복 비행 계획이므로 여기에는 비정규 비행과 군 비행등 모든 비행 계획이 포함되는 것은 아니므로, 비정규 비행은 반복 비행계획서 형태의 문서로 변환하여 추가되어야 한다.

### 3.3 비행계획에 기반한 궤적 데이터

궤적 데이터는 비행계획서와 AIP 정보를 이용하여 생성된 항공기 궤적 자료이다. 비행계획서에는 항공기가 순차적으로 경유할 지점이 명시되어 있으나, 경유되는 모든 지점이 포함된 것이 아니라 한 항로에서 다른 항로로 전환되는 주요 지점의 명칭만 포함된다. 궤적 기반 분석을 위해서는 항공기가 지나가는 모든 지점에 대한 위치

와 특성(Fly-over, Fly-by) 정보가 필요하다. 따라서 AIP(Aeronautical Information Publication)에 정의된 항공로 및 각 지점 정보를 참조하여야 한다. 그림 4는 항공기가 특정 지점을 지나는 방법을 간략하게 도시한 것이다. 그림 4에서 AIP에 정의된 항공로는 실선, 각 지점은 ICAO 기호로 표시하였으며, 궤적 모델링에 따라 실제로 항공기가 지나게 될 경로는 점선으로 표시하였다. 그림 4(a)는 필수 보고 지점(compulsory reporting point)를 지나는 Fly-over 패턴이며, 그림 4(b)는 권장 보고 지점(on request reporting point)를 지나는 Fly-by 패턴이다.

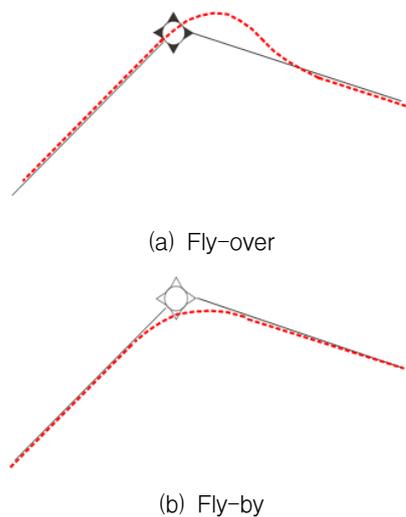


그림 4. Fly-over 및 Fly-by 궤적

### 3.4 교통량 분석 결과물

본 프로그램에서 다루는 교통량 분석은 비행계획에 기반한 교통량 통계 분석과 궤적 정보에 기반한 관제량/항로 교통량 분석으로 구분된다. 통계 분석은 일별, 요일별, 월별, 연도별 국내선/국제선 구분 등 항공 교통 운항과 관련된 결과를 분석하기 위한 것으로 비행계획기반 데이터만을 이용하여 분석할 수 있다. 국내선의 경우 이에 추가하여 출발 시간별, 공항별로 분석을 수행할 수 있으며, 국제선의 경우 Inbound, Outbound,

OverFlight에 따라 구분할 수 있다. 요일별, 월별 결과에는 분석하는 기간에 포함되는 일의 횟수가 다를 수 있기 때문에 1일기준의 평균값을 표시한다. 비행 중 날짜가 변경되는 항공편(예를 들어 23시 45분에 출발하여 01시 30분에 도착하는 항공편)은 출발 시간을 기준으로 통계에 반영한다.

관제량 및 항로 교통량 분석은 관제 공역과 항로/항로 구간에 대해 일별, 요일별, 월별, 연도별 계산 결과를 표시한다. 공역별 관제량의 계산 시 항공기의 궤적이 해당 공역에 포함되는지 여부를 바탕으로 관제 공역별 관제되는 항공기 대수와 평균 관제시간을 계산한다. 항로 및 항로 구간에 대해서도 각 항로와 항로 구간에 포함되는 항공기 대수와 평균 이용 시간을 계산하여 표시한다.

## 4. 교통량 분석 소프트웨어 설계

### 4.1 기본 가정

관제량 및 교통량 분석 대상은 비행계획서에 포함된 항공기만을 대상으로 하며 비행계획서에 있는 모든 항공기는 관제 대상이다. 2005년부터 현재까지의 군 항공기는 평균적으로 전체 관제량의 약 6% 정도를 차지하고 있다. 군 항공기 및 점검기와 같이 반복비행계획서에 포함되지 않는 항공기의 경우에도 유사한 형식으로 데이터를 제공하면 교통량 분석에 이용할 수 있으며, 분석 대상이 되는 모든 항공기에 대해 다음의 기본 가정을 적용한다.

(1) 관제량 분석시 하나의 항공기는 모든 공역에 대해 최대 2회까지만 진입할 수 있다. 2회를 초과한 진입한 자료는 무시된다. 실제 공역 설계 시 항공기는 관제 공역당 1회 진입하도록 설계하는 것이 바람직하다.

(2) 한 관제 공역에서 관제가 시작되는 핸드오프 시점은 각 관제 공역에 진입하는 순간이다.

(3) 항공기는 동시에 2개 이상의 관제공역에 포함될 수 없다.

(4) 항공기는 비행계획서에 제출한 정해진 항

로를 따라 비행한다.

(5) 항공기는 기종별 정해진 최대 속도와 고도를 만족하는 범위로 운항한다.

(6) 관제 공역은 다각형으로 정의된다.

### 4.2 관제 공역 판단 기준

항공기가 어떤 관제 공역에 포함되는지는 한 점(항공기의 궤적 정보에 포함된 위도, 경도, 고도)와 다각형(3개 이상의 위도, 경도 좌표와 고도 범위를 갖는 다각형)간의 상관관계로 정의할 수 있다. 항공기의 위치 정보와 다각형의 각 지점은 WGS-84 기준 좌표계를 이용하므로, 분석을 위해서는 이를 2차원 좌표계로 변환하고, ray casting 알고리즘을 적용하여 계산할 수 있다.[4] 이 알고리즘에 따르면 평면상의 한 점에서 임의의 방향으로 향하는 직선을 만들고 그 직선과 다각형이 교차되는 점의 개수를 계산하여, 점의 개수가 홀수이면 다각형의 내부에 있다고 판단하고 짝수이면 외부에 있다고 판단한다. 본 설계에서는 항공기 좌표로부터 +Y 방향의 직선을 생성하여 교차점의 개수를 계산한다. 그림 5의 예와 같이 관제 공역이 설정되면 (1), (2) 항공기는 관제 공역 A와의 교차점이 1, 3으로 홀수가 되므로 관제공역 A 내에 포함된다고 판단하며, (3) 항공기는 관제 공역 C, (4) 항공기는 관제공역 B에 포함된다고 판단한다. 경계면과 꼭짓점에 위치하는 항공기에 대해서도 Ray casting 알고리즘의 특수 상황에 대한 식을 적용한다.

또한 대부분의 관제공역은 다른 관제공역과 하나 이상의 변이 맞닿아 있으며, 공시된 AIP 정보를 참조하면 국내 터미널 관제 공역과 항공로 관제 공역이 겹치는 부분이 있다. 항공기는 한 순간 하나의 관제 공역에서만 관제되어야 하며, 국내의 경우 항공로와 터미널 관제 공역이 중첩되는 지역에서는 터미널 관제가 이루어지고 있다. 이를 고려하여, 두 개 이상의 관제 공역에 포함되는 항공기는 첫 번째로 포함되는 관제 공역에 포함되는 것으로 판단하도록 하였으며, 터미널 지역의 관제 공역에 대해 우선 분석하도록 설계 하였다.

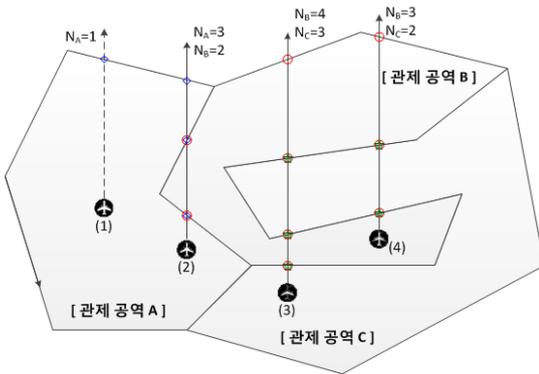


그림 5. Ray casting 알고리즘을 이용한 항공기별 관제 구역 결정(예)

### 4.3 항로 판단 기준

교통량 분석에 활용되는 항공기 궤적 모델링 정보는 시간, 위치, 자세인데 이 정보를 이용하여 항로 및 항로구간 해당 여부를 판단하려면 현재 위치와 항로간의 수직거리를 계산하고 이 거리가 정의된 임계치 이내이면 항로구간에 있다고 판단할 수 있다. 이 방법은 보편적으로 적용되는 기법이기 는 하나, 항공기가 항로의 불연속 지점에서 fly-over 또는 fly-by의 곡선 비행을 할 때 마치 정해진 항로를 이탈한 것으로 판단될 수 있으며, 모든 항공기에 대해 본 소프트웨어 설계 기준인 10초 간격의 궤적과 항로 구간간 거리를 계산하는 것은 비효율적이므로, 이를 보완하기 위해 궤적 생성에 사용된 항로 구간 정보를 본 소프트웨어 입력 자료인 궤적 모델링 결과에 포함하도록 하였다. 따라서 항로 분석에 있어서는 궤적의 위치 정보를 이용하여 어느 항로 구간에 있는지 판단하는 것이 아니라 시작과 종료 항로점 명칭을 이용하여 현재 항공기가 어느 항로구간을 비행중인지를 판단하게 된다. 항로별 분석에 있어서는 항로와 항로 구간별 해당되는 모든 궤적의 ID를 기록하고, 해당 궤적이 항로에 포함되기 시작한 시점과 종료되는 시점을 기록한다.

### 4.4 주요 처리 알고리즘

#### 4.4.1 비행계획기반 분석 처리

비행계획기반 분석에는 반복비행계획서와 국내 항공사, 공항 정보가 포함된 자료(그림에서 Misc)가 이용된다. 이 두 입력 자료에 대해 반복비행계획서 리스트, 공항 리스트, 항공사 리스트를 작성한다. 사용자 입력에 따라 분석하고자 하는 보고서의 종류, 기간 등을 입력하면 일, 월, 연도별 보고서가 출력된다. 출력된 보고서는 내부 저장 공간에 보고서 리스트로 관리되어 GUI 상에서 표 또는 꺾은선 그래프 등으로 표시되고, 사용자의 명령에 따라 파일로 저장될 수 있다.

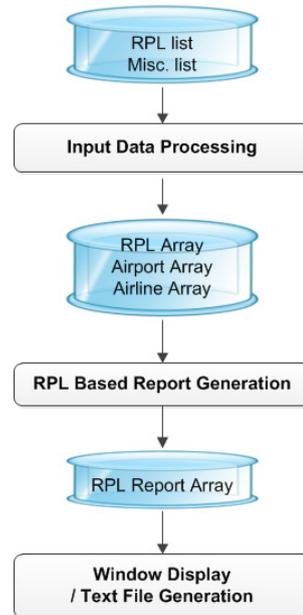


그림 6. 비행계획기반 처리 구조

그림 6은 비행계획기반 처리 구조를 보인 것이며, 이를 위해 다음과 같은 클래스 목록이 도출되었다.

- CXmlHandler : xml 파일의 parsing
- CRPLArray : 비행계획서 리스트 관리
- CRPL : 각 비행계획서의 저장 및 처리
- CMiscArray : 공항 및 항공사 리스트 저장
- CRPLDateTime : 비행계획서용 시간 정보의 처리

- CDateTime : 시스템 시간 정보의 처리
- CRPLBasedProcess : 입력 정보에 대한 RPL 기반 보고서 생성
- CRPLBasedReportArray : 비행계획기반 보고서 리스트 관리
- CRPLBasedReport : 비행계획기반 보고서

그림 7은 비행계획기반 처리에 대한 클래스 다이어그램을 주요 클래스의 멤버 변수와 멤버 함수만을 전개하여 간략하게 표현한 것이다.

비행계획기반 처리에서는 사용자 입력에 따라 CRPLBasedProcess 클래스의 보고서 생성 함수가 호출된다. 이는 CRPL클래스의 CalculateNOR() 함수를 호출하여 RPL이 요구된 기간에 몇 번 반복되는지를 계산한다. RPL은 기간과 함께 해당 요일이 지정되어 있으므로 CalculateNOR() 함수는 다시 IsInSchedul() 함수를 호출하여 해당 기간과 요일에 비행 스케줄이 설정되어 있는지를 확인하여야 한다. 요일별 해당 여부에 대해서는 제라의 공식(Zeller's Congruence)를 이용하였다.[6] 비행계획별 반복 횟수가 계산되면 각 비행 계획서 상의 출발 공항, 도착 공항, 항공기 ID를 이용하여 해당 비행의 종류를 결정하여 보고서를 생성한다.

#### 4.4.2 궤적 기반 분석 처리

궤적 기반 분석은 항공기의 위치 정보가 요구되는 항로, 관제량 분석에 이용되는데, 여기에는 RPL 자료와 함께 공역 설정 자료, 항로 및 항로 구간 설정 자료가 이용된다. 비행계획기반 분석과 마찬가지로 입력 자료는 리스트로 관리되며, GUI 상에서의 사용자의 입력에 따라 보고서의 종류, 기간 등이 결정된다.

그림 8은 궤적 기반 처리 구조를 보인 것이며, 이를 위해 다음과 같은 클래스가 추가로 호출되었다.

- CRouteArray : 항로 리스트 관리
- CRoute : 각 항로의 저장 및 처리
- CSegment : 각 항로 구간의 저장 및 처리

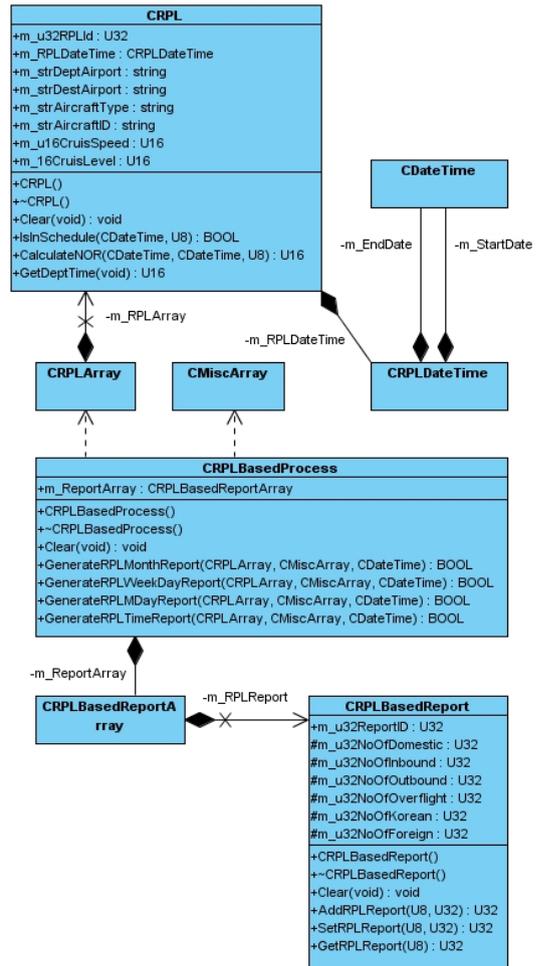


그림 7. 비행계획기반 처리 클래스 다이어그램

- CSectorArray : 관제 공역 리스트 관리
- CSector : 각 관제 공역 저장 및 처리
- CTrajectory : 항로 및 관제공역에 포함되는 항적 정보 저장 및 처리
- CTrajectoryBasedProcess : 입력 정보에 대한 궤적 기반 보고서 생성
- CRouteReportArray : 항로/항로구간 보고서 리스트 관리
- CRouteReport : 항로 보고서
- CSegmentReport : 항로 구간 보고서
- CSectorReportArray : 관제 공역 보고서 리스트 관리

- CSectorReport : 관제 공역 보고서

그림 9는 궤적 기반 처리에 대한 클래스 다이어그램을 궤적 처리와 관련된 주요 클래스의 멤버 변수와 멤버 함수만을 전개하여 간략하게 표현한 것이다.

궤적기반 분석에서도 해당 궤적의 반복 횟수 계산을 위해 비행계획기반 분석 절차가 동일하게 적용된다. CTrajectoryBasedProcess 클래스의 보고서 생성 함수가 호출되면 먼저 모든 관제 공역 또는 항로에 대해 포함되는 궤적 리스트를 생성한다. 궤적 리스트는 CTrajectory 클래스를 통해 관리되는데 여기에는 궤적 ID, 궤적이 포함되는 시작/종료 시점이 포함된다. 그런 다음, 궤적 리스트와 동일한 ID를 갖는 비행계획서를 검색하여 요구된 기간에 몇 번 반복되는지를 앞선 비행계획기반 처리 방식을 이용하여 계산한다. 이를 통해 각 관제 공역 및 항로에 포함되는 항공기 대수와 항공기가 평균적으로 포함되는 시간을 계산할 수 있다.

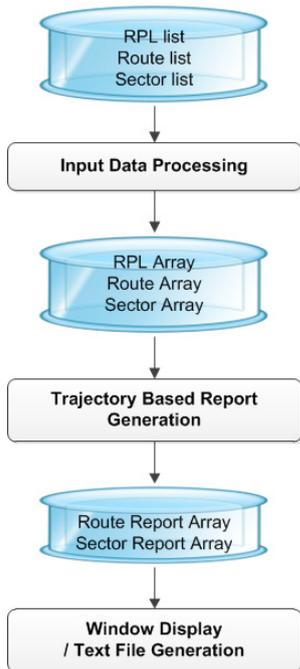


그림 8. 궤적 기반 처리 구조

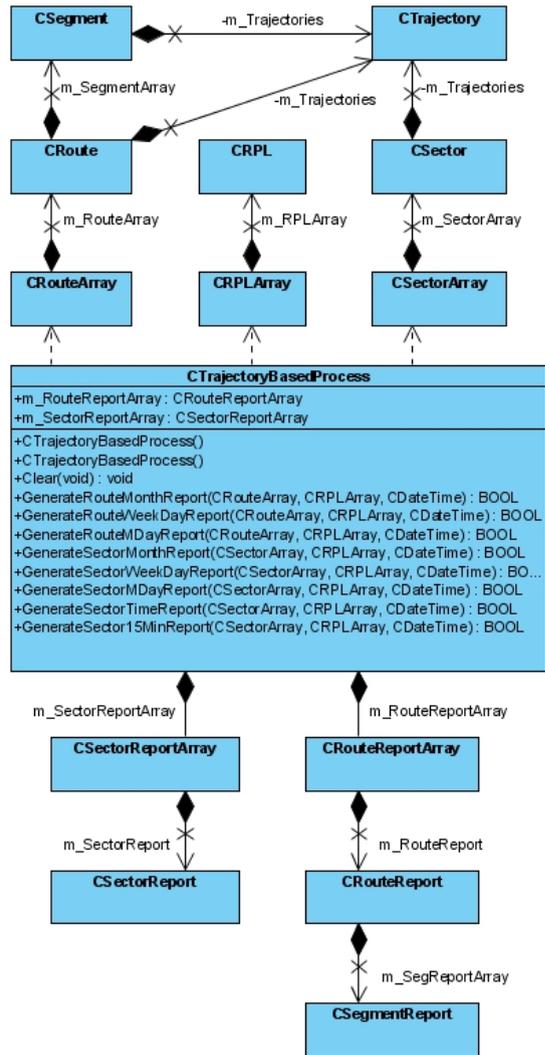


그림 9. 궤적기반 처리 클래스 다이어그램

## 5. 결 론

궤적기반 항공 교통량 분석 소프트웨어는 비행계획에 기반하여 생성된 항공기 궤적정보를 활용하여 항공 교통량 분석을 수행하는 소프트웨어이다. 현재 국내에서 적용하고 있는 비행계획기반 교통량 분석 소프트웨어와의 비교를 통해 궤적 기반 분석 소프트웨어가 갖는 장단점을 분석하였다. 비행계획기반과 궤적기반 분석이 갖는

장점을 최대화하도록 본 소프트웨어는 일, 월, 년도별 교통량 통계 분석에 있어서는 기존의 비행 계획기반 분석 기법을 적용하고, 관제량 및 항로 이용율 분석시에는 궤적기반 분석기법을 이용하는 두 가지 처리 구조가 혼합된 형태를 갖도록 설계하였다. 비행계획서, 항공기 궤적 자료, AIP 정보, 공역 정보와 사용자 명령에 따라 자동으로 교통량 분석 보고서를 생성하도록 설계된 본 소프트웨어 구현을 통해 비행 계획에 따른 일, 월, 연도별 교통량 통계를 산출할 수 있으며, 공역, 항로의 수정에 따른 관제량 및 교통량을 예측함으로써 설계 변경에 따른 효율성을 평가할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 비행계획의 수정, 항로의 신설 등에 따른 교통량 및 관제량 예측, 분석이 가능할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. 국토해양부, 2012 국토해양통계연보 제 2권, 2012.
2. 국토해양부, “항공교통흐름관리(ATFM) 시스템 구축을 위한 타당성 조사”, 2011.
3. 은연주, “비행절차 및 공역 효율성 평가 틀 평가지표 분석 보고서”, 한국항공우주연구원, 2012.
4. ICAO, Guidance material for the use of repetitive flight plans(RPL), 2001.
5. Paul S. Heckbert, Graphics Gems, Academic Press, 1994.
6. Hephaestus Books, Calendar Algorithms, Including : Computus, Calculating the Day of the Week, Doomsday Rule, Astronomical Algorithm, Zeller’s Congruence, Kuwaiti Algorit, Heaphaestus Books, 2011.