

論文

도착관리시스템 궤적 예측 모듈의 성능 개선을 위한 궤적 예측 정확도 분석 방법 연구

오은미*, 김현경*, 은연주*, 전대근*

Study on Trajectory Prediction Accuracy Analysis Method for Performance Improvement of a Trajectory Prediction Module of Arrival Manager

Eun-Mi Oh*, Hyounkyoung Kim*, Yeonju Eun* and Daekeun Jeon*

ABSTRACT

An analysis method of trajectory prediction has been suggested and the developed trajectory prediction module, which is an important functional component of the Arrival Manager (AMAN) of Jeju airport, has been tested by applying the suggested method. The objective of this method is to improve prediction performance of the trajectory prediction module. The trajectory prediction module predicts the trajectories based on the real-time track data and flight plans. Therefore, the suggested analysis method includes the simulation framework which is based on real-time playback, recording, and graphic display systems for testing. Besides, the definition of time error, which is a important index for the time based scheduling system, such as AMAN, is included in the suggested analysis method. An example of arrival time prediction accuracy improvement through the suggested analysis method has also been presented.

Key Words : 4-D Trajectory Prediction(4차원 궤적 예측), ETA(Estimated Time of Arrival, 도착예정시간), DST(Decision Support Tool, 의사결정지원도구), AMAN(Arrival Management/Manager, 도착관리)

1. 서 론

국내의 항공 교통량은 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 국내 주요 공항 중 하나인 제주국제공항은 최근 교통량 증가의 주요 대상 공항으로 관심이 높다. 항공기 교통량이 지속적으로 증가하는데 비해 공항에서 처리할 수 있는 시간당

항공기 수용량(Capacity)은 한정적이므로, 공항에서는 수용량을 넘지 않는 한에서 항공기 요구량(Demand)을 최대한 맞춰 공항 운영에 차질이 없도록 하고자 노력한다. 수용량을 증가시키기 위한 방안으로 공항의 인프라와 자원을 확장 공급하여 수용량을 증가시키는 방법이 있다. 이 방법은 활주로, 게이트 등을 추가 설치하여 수용할 수 있는 항공기의 대수를 늘리고, 관제사를 추가 투입하는 등의 시설과 인력을 추가하거나 공항을 신설하는 등의 방법을 말한다. 이러한 방법은 수용량을 늘리는 데 있어 확실한 방법이 될 수 있으나 확장 건설에 대한 비용적인 부담이나 환경의 요인 등, 제한 사항이 존재할 수 있다. 또 다

2015년 09월 08일 접수 ~ 2015년 09월 27일 심사완료
논문심사일 (2015.09.23, 1차)

* 한국항공우주연구원 위성항법·응용기술센터
연락처, E-mail : emoh@kari.re.kr
대전광역시 유성구 과학로 169-84

른 방법으로 제한적인 공항 환경에서 수용량을 최대한으로 높이기 위해 최적화된 방식의 운용 전략을 세워 효율적인 교통 관리를 도모하는 방법이 있다. 효율적인 공항의 교통 관리를 통해 항공기의 지연을 최소화하고 정시성을 높여 안전하고 최적화된 교통 환경을 마련할 수 있다. 또한 불필요한 관제 행위를 줄여 관제사의 업무 하중을 감소시킬 수 있으며 이를 통해 공항의 시간당 항공기 처리 능력이 개선될 수 있다.

도착관리시스템(AMAN, Arrival Manager)은 대상 공항의 착륙편의 도착예정시간(ETA, Estimated Time of Arrival)을 예측하여 여러 항공로를 통해 진입하는 항공기들 간의 간격을 고려한 도착계획시간(STA, Scheduled Time of Arrival)과 조연 정보를 제공하는 관제사 의사결정지원 도구(DST, Decision Support Tool)의 하나이다. AMAN은 대상 공항으로 진입하는 항공기 간의 분리 간격과 공항의 수용량을 고려하여 스케줄링 하고 접근 관제 구역과 공항에 집중될 수 있는 교통의 혼잡과 지연을 고고도의 항공로에서부터 흡수할 수 있도록 항공로 관제사에게 조연 정보를 제공하는 기능을 한다. 또한 관제사가 교통 흐름을 효율적으로 관리하기 위한 상황 인식(Situation Awareness)과 관제 지시 판단에 도움을 줌으로서 업무 역량을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

본 연구의 분석 대상인 AMAN은 2014년 국토교통부 “도착관리시스템 구축 용역 사업”에 의해 제주공항을 대상으로 하여 개발이 시작되었으며, 현재 항공교통센터(ACC)와 제주접근관제소에 설치되어 시범 운용 중에 있다. AMAN은 실시간 항적 자료와 비행 계획을 기반으로 하여 교통 현황을 파악하고 스케줄링 결과를 제공하는 Tactical DST로, 실제 각각의 항공기에 대한 특성과 비행 상황을 고려하여 계산을 수행한다. AMAN의 주요 기능 모듈로 입출력 자료 처리, 궤적 예측, 스케줄링 계산, HMI(Human Machine Interface) 등이 있는데, 이 중 궤적 예측 모듈은 스케줄링을 계산하는데 기반이 되는 데이터인 ETA를 산출하며, 궤적 예측의 정확도에 따라 스케줄링의 결과가 크게 영향을 받게 된다. 실제 비행 궤적은 비행 전에 제출된 비행 계획과는 다른 고도, 속도로 비행을 할 수도 있으며 관제사의 의도나 환경적 요인에 따라 당초 예상한 결과와는 많은 차이를 가질 수 있다. 이에 항공기 궤적 예측 모듈은 실시간으로 제공되는 항적과 비교하여 예측 궤적을 계속해서 갱신하는 방법으로 궤적 예측의 정확도를 높이고 있으나, 실제 비행 궤적과 예측 궤적 간의 오차와 원인을 파악하여 예측의 정확도를 개

선할 수 있는 분석의 필요성을 가지게 되었다.

본 논문에서는 AMAN에서 적용된 궤적 예측 모듈의 성능을 검증하고 개선 방향을 파악하기 위해 항적 데이터를 활용하여 예측의 정확도를 분석하는 방법에 대해 제안하고 그 결과를 정리하였다. 항공로 진입 초기에서 예측된 궤적을 항적과 비교하여 오차를 계산, 그 경향을 분석하였으며 오차에 영향을 주는 요소를 분석하여 궤적 예측 모듈을 보완하고 그 결과를 기존과 비교하여 예측 성능의 개선 여부를 확인하였다.

이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론 2.1장에서는 도착관리시스템과 궤적 예측 모듈의 주요 기능 구성에 대해 설명하였으며, 2.2장에서는 해당 궤적 예측 모듈의 궤적 예측결과와 실제 항적을 비교하여 분석하는 방법에 대해 제안하였다. 2.3장에서는 제안 방법을 활용하여 얻은 결과를 분석하고, 궤적 예측 모듈의 성능 개선 방향을 제시하여 기존의 설계 결과와의 비교 분석을 수행하였다.

2. 본 론

본 연구에서 제안된 분석 방법은 항공로 진입 시점에 예측한 항공기의 궤적을 실제 항적과 비교하여 정확도를 개선하는 데 목적을 두고 있다. AMAN의 조연 정보는 항공편이 항공로에 진입하는 시점부터 생성되며 이는 순항 비행에 진입 전으로, 상승 또는 가속 비행을 포함할 수 있다. 순항 비행 진입 전의 항공기의 궤적을 예측하는 것은 여러 가지 불확실성을 가질 수 있으므로 초기 궤적의 항공로 전구간에 대한 분석을 통해 전반적으로 나타나는 예측 오차의 경향을 파악하고 요인을 분석하여 궤적 예측 모듈의 성능 보완을 하는 것을 주요 목적으로 하였다. 단, 조종사 또는 관제사의 의도에 따른 순항 속도 및 고도 변경, 불확정적인 TOD(Top of Descent)의 위치 등은 궤적 예측 시에 반영되지 않기 때문에 이에 대한 오차를 포함할 수 있음을 인지하고 있어야 한다. 이러한 예기치 않은 비행 의도(Flight Intent) 변경에 따른 요인이 발생한 궤적은 배제하고 상승(Climb), 순항(Cruise), 하강(Descent)으로 비행 구간을 나누어 각각의 구간에 대해서만 비교하는 엄격한 분석이 제안된 바가 있으나[1,2] 국내 FIR은 비교적 짧은 순항 구간을 가지고 있어 이러한 방법으로는 항공로 전 구간에 대한 예측 정확도 판단에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 예측 궤적의 전구간과 항적을 비교하여

궤적 예측 모듈에서 설정된 항공기의 경로와 계산 방식으로 구현된 궤적이 어떠한 특징적인 오차 경향을 가지는지를 확인하고자 하였다. 상승과 하강 비행을 포함하는 전체 경로에 대한 오차 추이를 확인함으로써 전 구간에 대한 오차 요인이나 예측 경로 설정의 적합성 등을 보다 직관적으로 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

2.1 도착관리시스템의 궤적 예측 모듈

본 분석의 대상인 AMAN의 주기능 처리 소프트웨어는 대상 공항인 제주 공항에 적합한 운용 개념 및 요구 사항을 정의하여 이를 토대로 CSC(Computer Software Component)를 구성하였으며 각각의 주요 CSC의 소프트웨어 설계 및 구현을 완료하였다. 이 중 궤적예측 모듈은 Eurocontrol의 BADA (Base of Aircraft DATA)를 기반으로 항공기 성능을 고려하여 궤적을 계산하고 있으며 항적 자료와의 비교를 통해 실시간으로 예측 궤적의 감시와 보정을 수행하여 예측의 정확도를 높이고자 하였다[3-5].

궤적예측 모듈의 기능적 요소를 크게 나누면 항적 자료와 비행 계획을 기반으로 궤적을 생성하는 부분, 항적 자료와 현재 예측한 궤적의 오차를 계산하고 상태 변수를 비교하여 재계산 또는 궤적 보정 여부를 판단하는 부분 그리고 그 판단에 따라 비행 계획 변경 또는 궤적 재계산, 시간 보정을 통해 궤적을 갱신하는 부분, 기 정의된 특정 위치에서의 ETA를 계산하는 부분으로 구성되어 있다. 항공기의 경로는 비행 계획상의 경로를 추종하며 항공로 진입 전에는 비행 계획상의 순항 속도를, 진입 후에는 실제 항공기의 비행 상태를 반영하기 위해 항적의 대지속도(Ground Speed)를 TAS(True Airspeed)로 변환하여 이를 순항 속도 값으로 설정한다. 즉, 항적 자료는 비행 전 계획한 비행 계획과는 다를 수 있는 현 상황을 판단하는 척도로 사용되며, 궤적 예측에 있어 항공기 순항 비행 상태 설정에도 반영된다[5].

2.2 궤적 예측 모듈의 분석 방법

2.2.1 도착관리시스템 모의 환경 구성

실제의 항공기는 같은 비행계획에 대해서도 국내 FIR 상의 교통 현황이나 관제사의 선호에 따라 비행하는 경향이 달라질 수 있기 때문에 도착관리시스템의 성능 개선을 위한 비교를 위해서는 동일한 자료에 대한 처리 결과를 비교하여 외부 영향에 대한 차이를 최소화해야 한다. 따라서 Fig. 1과 같이 모의 환경을 구축하여 실시간으로

자료를 입력 받아 처리하는 AMAN의 입출력과 실행을 제어할 수 있도록 하였다.

Fig. 1은 AMAN의 실시간 자료 처리 기록을 활용하여 데이터 분석을 하는 일련의 과정을 포함하는 모의 환경 구성도이다. AMAN은 비행 계획과 항적을 실시간으로 입력을 받게 되는데 ASTERIX Playback은 실제 입력 데이터가 송신되는 표준화된 포맷인 ASTERIX(All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information EXchange)형태로 UDP 통신을 이용하여 도착관리시스템으로 전송해준다. ASTERIX Playback은 실시간 자료 전송뿐만 아니라 배속재생 기능도 구현되어 있어 AMAN Processor와 배속 설정을 맞춰 주면 배속 시뮬레이션이 가능하다. 실시간 처리 결과를 확인하는 데에는 그 만큼의 시간이 소요되므로 배속재생 기능을 활용하여 시뮬레이션 시간을 단축시킬 수 있는 이점이 있다. 항적의 상태와 AMAN의 처리 결과를 실시간으로 확인할 수 있도록 MRD(Multi-Radar Display)와 연동하여 항공기 별 실시간 항적 상태와 ETA, STA를 육안으로 확인할 수 있도록 하였다. 또한 MRD는 항공기의 예측 궤적의 향후 예상 경로를 도시하도록 하여 궤적 예측 모듈의 추종 경로 경향을 쉽게 파악할 수 있도록 하고 있다. 이 기능은 항공기가 비행경로를 벗어난 경우 어떤 경로를 가정하여 궤적을 생성하는지 직관적으로 판단할 수 있게 하여 항적에 대한 궤적 처리 결과를 실시간으로 파악하는데 도움을 준다.

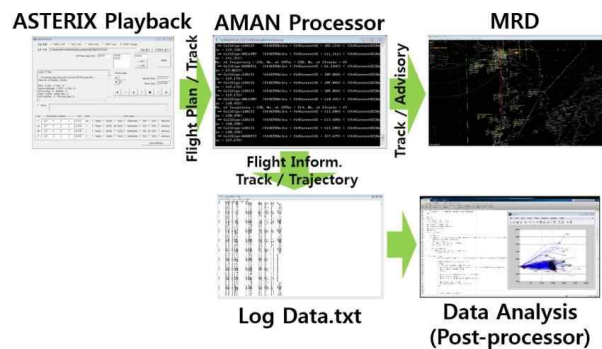


Fig. 2 Functional Block Diagram for AMAN analysis

예측 궤적과 항적의 비교를 위해 AMAN에는 필요 데이터를 텍스트 파일(.txt) 형태로 기록을 남기도록 하였으며 이를 활용하여 후처리 방식의 데이터 분석을 수행하도록 하였다. 분석 데이터 기록과 분석용 툴과 관련해서는 다음 장에서 설명하기로 한다.

2.2.2 데이터 기록 및 분석용 틀 개발

AMAN은 앞서 설명한 바와 같이 예측 궤적과 항적 자료의 실시간 비교를 통한 업데이트가 계속해서 이루어지기 때문에 시간이 경과할수록, 도착 지점에 가까워질수록 높은 정확도의 예측 궤적을 가질 수 있다. 궤적 예측의 성능을 향상시키기 위해서는 예측 초기의 정확도를 높이는 것이 중요하다고 판단하여 본 연구에서는 항공기가 스케줄링에 포함되는 시점인 항공로 진입 시점의 예측 궤적과 그 이후의 항적 추이를 비교하여 시간 오차의 정도를 분석하고자 하였다. 비행 분석 구간은 항공기가 항공로에 진입한 시점에서부터 공항 접근을 위해 하강을 시작하여 FL100이하로 비행할 때까지로 그 범위를 잡았다. 항공기의 phase, 즉, 상승, 순항, 하강 구간으로 나누어 실제 비행과 예측 궤적의 phase가 일치하는 구간에 대해서만 각각 비교 분석을 수행하는 방법이 제안된 경우도 있으나[1] 비교적 협소한 공역과 항공로 순항 거리를 가지는 국내의 운용 환경에서 궤적 전반에 대한 직관적인 성능 파악을 위해 위와 같이 모든 phase를 포함할 수 있는 범위를 선정하였다. 예측 정확도를 정하는데 있어, 시간의 흐름에 따라 갱신되는 ETA 추이를 기록하여 실제 도착시간과의 오차를 분석하는 방법도 제안된 바가 있으나[2] 본 논문에서는 궤적의 전체적인 경향과 오차 요인을 파악하는데 그 목적이 있으므로 특정 위치에서의 시간 오차가 아닌 전체 궤적에 대한 오차의 경향을 확인하고자 하였다.

예측 궤적의 오차를 정의하는 방법에는 동시간대의 종방향의 거리 오차, 횡방향의 거리 오차, 고도 오차 등의 위치 오차를 계산하는 방법 또는 동일 위치에서의 시간 오차를 계산하는 방법이 있을 수 있다. 비행경로가 변경된 경우 횡방향의 오차가 발생하며 속도 차이에 따라 종방향의 오차가 발생하게 되는데, 본 연구에서는 항공기의 비행경로는 비행 계획에서 제공하는 항공로의 정의된 경유 지점(waypoint)을 따라 비행하는 것으로 가정하고 있기 때문에 횡방향에 대한 오차 분석의 의미는 적다. 그리고 속도에 대한 오차는 종방향의 오차를 확인하는 형태로 가능하지만 시간 오차에서도 그 영향을 판단할 수 있으며 해당 시스템은 시간 기반의 스케줄링이 이루어지는 점을 고려하여 시간 오차에 대한 분석을 수행하였다.

분석을 위해 기록되는 항적 자료 및 궤적 예측 자료는 Table 1과 같다. 앞서 설명한 바와 같이 항적은 예측 궤적과의 비교를 위해 항공로 진입 이후, 고도 FL100 이상을 유지하는 범위 내에서 10초

이상의 간격으로 추출하여 저장한다. 예측 궤적은 항적이 기록되는 시점에 계산된 예측 궤적이 기록되며 예측 궤적의 시간 간격은 2초이다. 속도의 경우 항적은 Ground Speed의 값만 포함하고 있기 때문에 예측 궤적에서 적용된 TAS값을 Ground Speed로 변환한 값을 기록하여 비교하였다.

Table 1. Contents of Log Data

구분	항목
비행 정보	Callsign
	AC type
	출/도착 공항
	CFL
항적/ 예측 궤적	시간
	위/경도, 고도
	Ground Speed, Course angle

대상 항적에 대한 예측 시간 오차를 계산하는 방법은 다음과 같다. Fig. 2와 같이 항적과 가장 가까운 위치의 예측 궤적 포인트(P_i)와 수선의 발을 내린 구간($\overline{P_{i-1}P_i}$)를 찾아, 여기에 대응되는 위치에서의 예측 시간을 식 (1)과 같이 계산하였다. 예측 궤적의 해당 구간 내에서는 시간이 선형적으로 증가하는 것으로 가정하였다. 시간 오차는 식(2)와 같이 정의 한다.

$$t_{pred} = \frac{d_i t_{i-1} + d_{i-1} t_i}{d_{i-1} + d_i} \tag{1}$$

$$e_t = t_{pred} - t_{track} \tag{2}$$

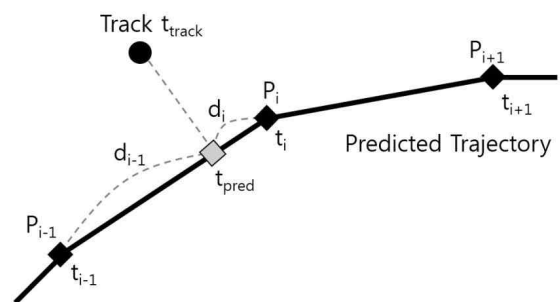


Fig. 3 Concept of Prediction Time Estimation

여기서 항적과 궤적 사이의 횡방향 거리 차이가 2NM 이상인 경우, 또는 항적이 예측 궤적의 구간 상에서 수선의 발을 내릴 수 없는 경우는 예측 불가의 이탈이 일어난 것으로 간주하여 이탈 시점부터는 분석 대상 구간에서 제외하였다. 횡방향 거리 차이 기준인 2NM은 궤적 예측 모듈에서 궤적 재계산 여부 판단 기준과 같은 값이다.

2.3 모의 결과 분석 및 성능 개선

2.2에서 설명한 도착관리시스템의 시뮬레이션 환경을 구현하고 오차 계산 방법을 적용하여 그 결과를 확인하였다. 도착 공항은 제주공항이며, 국내 FIR 영역 내에서 항적과 비행 계획의 정보가 유효한 항공편을 대상으로 하였으며 모의 시스템은 5배속으로 설정하여 실행하였다.

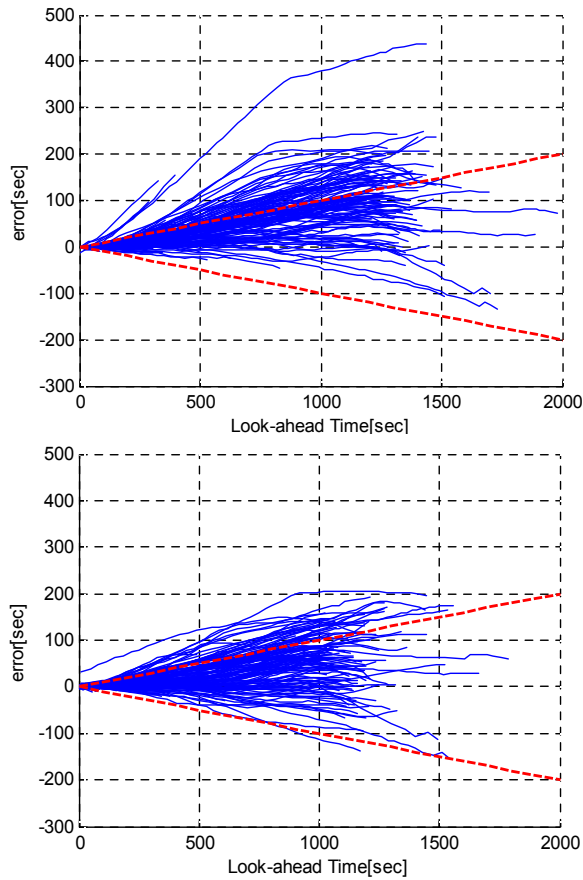


Fig. 4 Time Profiles of Time Errors (top: At Enroute Entry, bottom: After 200sec)

Fig. 3는 도착관리시스템의 시간 흐름에 따른 예측 시간 오차의 추이를 그래프로 나타낸 것으로 상단의 그래프는 항공로 진입 시점의 궤적 분석 결과이며 본 연구에서 다루게 될 초기 예측 궤적의 대조군이 된다. 하단의 그래프는 진입 시점 200초 이후 시점에서의 예측 궤적 오차를 계산한 결과이며, 두 그래프의 전반적인 경향을 비교해볼 때 200초 후 그래프의 오차 추이 경향이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 시간이 지날수록 예측 궤적의 정확도는 향상된다는 것을 보여주는 결과이다. Fig. 3의 상단의 그래프를 살펴보면 궤적 예측 시, 첫 항적의 상태를 초기 값으로 사용하였기 때문에 처음에는 오차가

'0'으로 나타나지만 시간의 흐름에 따라 시간 오차의 크기 또한 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이는 오차 유발 원인이 지속적으로 존재한다는 것을 의미하는 것으로, 시간의 오차에 있어서는 속도가 주요 원인이라 추정할 수 있다. 적색 점선은 비행시간 대비 오차 비율의 10% 경계선을 표시하고 있으며 전반적으로 예상 시간이 실제 시간보다 큰 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이는 실제보다 더 늦은 도착 예상시간을 계산한다는 것을 의미한다. 이러한 경향의 원인을 파악하기 위해 해당 그래프 상에서 위의 경향을 따르는 대표적인 항공기를 선정하여 Fig. 4와 같이 예측 궤적과 항적 간의 시간 오차 비교를 수행하였다. Fig. 4는 항공로 진입 시점에서 입력된 항적을 초기 값으로 예측한 궤적과 항적 간의 위치, Ground Speed, 경로각의 변화를 비교한 그래프이다.

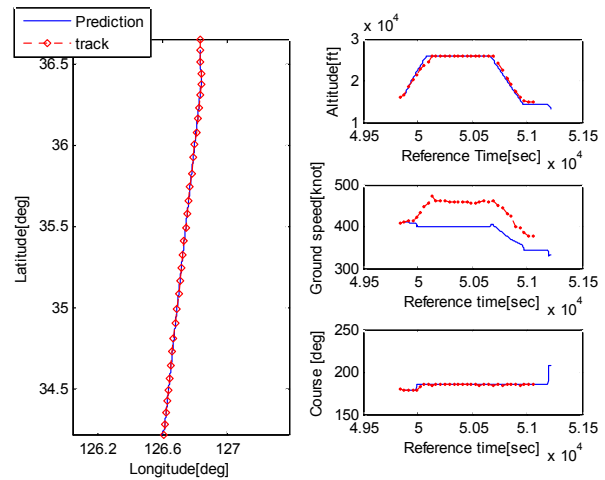


Fig. 5 Comparison between the Predicted Trajectory and the Track

Fig. 4 좌측 그래프에서 위/경도 비교를 보면 해당 항공편은 비행 계획상의 경로를 제대로 따라가고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 Ground Speed(Fig. 4의 우측 가운데)의 추이를 보면, 실제 항적과 예측 궤적 간의 큰 속도 차이가 확인되며 이는 시간 오차를 증가 시키는 원인임을 확인할 수 있다. 본 궤적 예측 모듈은 항공기가 항공로에 진입하기 전에는 비행 계획상의 순항 속도를 유지하고 항공로에 진입한 시점부터는 입력된 항적의 Ground Speed를 TAS로 변환한 값을 유지하는 비행에 대한 예측 궤적을 계산한다. 하지만 항공기가 항공로에 진입한 시점 이후에도 순항 비행 고도에 도달하기까지 상승 및 가속 비행을 진행할 수 있기 때문에 실제로는 고도 상승에 따른 TAS 값의 증가가 이루어지는 것을 확인

할 수 있다. 이에 따라 궤적 예측 모듈에서 항공로 상의 상승/하강 비행의 속도 스케줄을 고려해 주기 위해 입력된 항적의 Ground Speed를 이용해 계산된 CAS(Calibrated Airspeed)를 유지하는 궤적을 생성하도록 설정을 변경하였다.

추종 조건을 변경 한 후의 결과를 Fig. 5와 같이 확인하였다. Fig. 3와 비교하였을 때 전반적인 오차의 분포가 10% 경계선 내로 들어왔으며 경향이 중심선(오차 '0')에 가까워진 것을 확인할 수 있다. Fig. 4에서 분석한 항공편에 대해 같은 방법으로 Fig. 6와 같이 비교해본 결과, 입력된 항적의 CAS를 유지하는 궤적 조건이 반영되어 상승 구간에서 Ground Speed가 증가하여 순항 구간에서 항적과 유사한 Ground Speed값을 갖는 궤적으로 예측된 것을 확인할 수 있다.

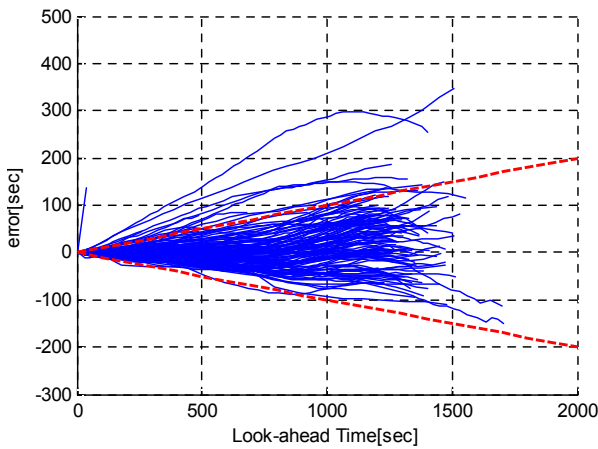


Fig. 6 Time Profiles of Time Errors after Improvement

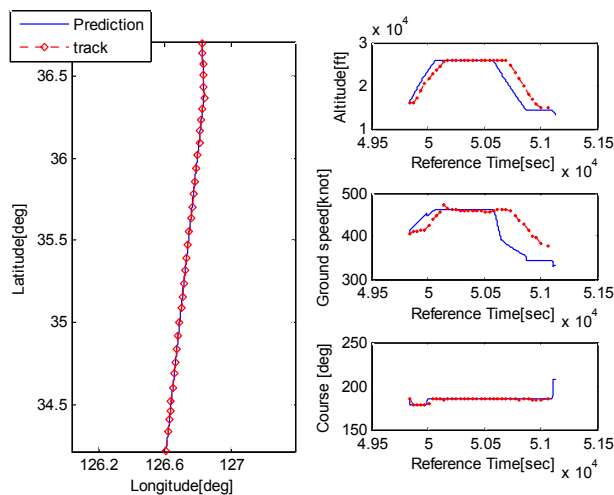


Fig. 7 Comparison between the Predicted Trajectory and the Track after Improvement

수치적인 결과를 확인하기 위해 경과 시간 별 RMSE(Root-mean-square error)를 계산하여 Table 2와 같이 정리하였다. 유효한 궤적 예측 결과를 가지는 제주공항 도착 항공편 200대의 항공기를 대상으로 분석이 수행되었으며, 괄호안의 숫자는 분석에 적용된 항공기의 대수를 의미한다. 전체 대상 항공편 대비 계산에 적용된 항공편의 대수가 적은 것은 비행 계획상의 경로에서 이탈된 경우 분석에서 배제됨을 의미하는 것이며 시간의 흐름에 따라 대상 항공편이 줄어드는 것은 이동 거리가 짧은 경우 비교 구간이 짧기 때문이다. 이를 통해서도 일부 조건 수정 후의 궤적 예측의 성능이 개선된 것을 확인할 수 있다.

Table 2. RMSE with Elapsed Time

	300sec	600sec	900sec	1200sec
기존	26.0 (142)	64.1 (117)	99.2 (113)	121.4 (101)
조건 변경	17.4 (133)	36.4 (119)	56.3 (114)	73.1 (107)

추가로, Fig. 7과 같이 도착 공항의 접근관제구역 진입 시점에서의 ETA 시간 오차를 계산하여 평균 33초, 표준오차 66초로 나오는 것을 확인할 수 있다. 단, 해당 분석은 예측 시점과 접근관제구역 진입 시점까지의 시간 차이는 항공기별로 다르기 때문에 출발 공항별로 분리하여 결과를 확인하면 공항별 또는 항공로별 궤적 오차 경향을 파악하는데 사용할 수 있다.

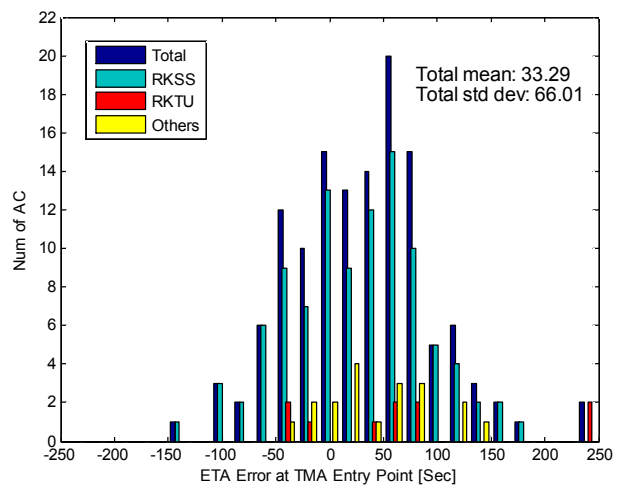


Fig. 8 ETA Error Distribution

3. 결 론

본 연구에서는 항적 자료 기반의 실시간 궤적 예측 계산의 성능 검토 및 개선을 위한 비교 분석 방법을 제안하였다. 항공로 진입 직후에 계산된 예측 궤적과 실제 항공기의 항적을 비교하여 시간 오차를 계산하였으며 시간의 흐름에 따른 오차의 추이를 확인하였다. 전반적으로 나타나는 오차의 경향을 확인하여 원인을 분석하고 보완하였으며 그 결과를 기존과 비교, 정확도 개선에 효과가 있음을 확인하였다. 향후 본 연구에서 제안한 분석 방법은, 궤적 예측의 정확도에 영향을 줄 수 있는 또 다른 요인이 실제 예측 오차에 영향을 끼치는지 판단하고 정확도 개선 방안을 선정하는데 있어 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 국토교통부 연구과제인 ‘항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구’에 의해 연구비 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) Chester Gong, Dave McNally, "A Methodology for Automated Trajectory Prediction Analysis," *AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibit*, USA, 2004.
- 2) Gabriel Elena, Robert A. Vivona, and Vincent Kuo, "Automating Trajectory Prediction Performance Analyses for the FAA Traffic Management Advisor," *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, USA, 2013.
- 3) 전대근, 은연주, 오은미, 김현경, "도착관리 시스템 주기능 처리 소프트웨어 설계," *한국항공우주학회 추계학술대회*, 2014.
- 4) 은연주, 전대근, 김현경, 오은미, "도착관리 시스템 항공기 도착 스케줄링 기법," *한국항공우주학회 추계학술대회*, 2014.
- 5) 오은미, 전대근, 김현경, 은연주, "도착관리 시스템을 위한 항적 자료 기반 궤적 예측 연구," *한국항공우주학회 추계학술대회*, 2014.