

IMM 필터를 활용한 Multilateration 정확도 향상에 관한 연구

A Study on the improvement of the Multilateration data by employing an IMM filter

조태환*, 송인성*, 장은미*, 윤완오*, 최상방*

Tae-Hwan Cho*, In-Seong Song*, Eun-Mee Jang*, Wan-Oh Yoon* and Sang-Bang Choi*

요 약

국제민간항공기구, ICAO(International Civil Aviation Organization)에서는 CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management)을 21세기 표준항행시스템으로 채택하기로 결의하였다. 이에 따라 ICAO 회원국은 관련 기술개발 및 인프라 구축에 박차를 가하고 있다. CNS/ATM의 항공 감시분야에서는 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) 시스템과 더불어 Multilateration이 구축되고 있다. Multilateration은 레이더 설치 및 운용이 곤란하거나 항공기 감시 사각지대를 보완하기 위해 설치하는 시스템으로 TDOA(Time Difference Of Arrival)를 이용하여 레이더에 비해 매우 정확하다. 본 논문에서는 레이더 시스템에 널리 사용되는 IMM(Interacting Multiple Model) 필터를 Multilateration에 적용하여 보다 정확한 항공기 위치 획득을 가능하게 하였다. 성능분석 결과, IMM 필터를 적용한 Multilateration이 기존의 Multilateration에 비해 공항 인근에서는 38.37%, 공항 10마일 부근에서는 20.86% 정확한 것으로 분석되었다.

Abstract

CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management) was adopted as a standard navigation system of 21st century. Therefore, ICAO(International Civil Aviation Organization) members are developing the technology and infrastructure of CNS/ATM. ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) system and Multilateration system are being implemented in the surveillance field of CNS/ATM. Multilateration system is installed in order to complement radar system and to surveil blind areas. Also, Multilateration system using TDOA(Time Difference Of Arrival) is more accurate than radar. In this paper, we applied an IMM(Interacting Multiple Model) filter which is widely used in radar systems to the Multilateration data in order to improve the reliability of the Multilateration data. Comparisons with the original Multilateration data and the Multilateration data with the IMM filter show that the ADS-B data with the IMM filter provides a better performance: 38.37% near the airport, 20.86% around 10 miles of the airport.

Key words : Multilateration, CNS/ATM, IMM, TDOA, ADS-B

I. 서 론

미국과 유럽 등 항공 선진국들은 세계적으로 증가하는 항공교통량에 대비하여 항공안전을 개선하기

* 인하대학교 전자공학과(Electronic Eng. Inha University)

· 제1저자 (First Author) : 조태환

· 투고일자 : 2012년 6월 25일

· 심사(수정)일자 : 2012년 6월 25일 (수정일자 : 2012년 8월 13일)

· 게재일자 : 2012년 8월 30일

위해 지속적으로 노력하고 있으며, 기존 항행안전시설들의 기술적 보완 필요에 따라 인공위성기술을 융합한 항행시스템 연구를 적극 추진하고 있다. 이에 따라 국제민간항공기구, ICAO(International Civil Aviation Organization)에서는 FANS(Future Air Navigation System) 특별위원회를 설치하여 새로운 개념의 항행시스템인 CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management)을 연구해 왔다. CNS/ATM은 새로운 개념의 항공기 이착륙 및 항행지원 시스템을 말한다. 현재는 계기착륙시설, 레이더, 관제통신 등의 항행안전시설들이 설치되어 운영 중에 있으며 개발 중인 위성항행시스템은 인공위성통신, 데이터통신, 측지위성 등을 사용하는 신기술의 시스템이다[1-2].

이런 CNS/ATM으로의 전환은 공역의 수용능력 증대 및 효율적인 항로 제공 등 항공교통관리의 기술적인 측면과 관련 분야의 경제적인 과급효과가 크기 때문에, ICAO 회원국은 전세계(Global), 지역별(Regional), 국가별(National) 구축계획을 수립하여 기술개발 및 관련 인프라 구축에 전력을 다하고 있다. CNS/ATM으로의 전환은 항공교통의 혁신적인 패러다임 변화이며, 항공교통의 안전성, 효율성, 경제성을 제고할 수 있는 효과적인 수단으로 인식되고 있기 때문에 국내에서도 국토해양부를 중심으로 학계, 연구기관에서 CNS/ATM 관련 연구를 진행 중에 있다.

CNS/ATM의 분야 중 감시 분야는 크게 종속 감시(dependent surveillance)와 독립 감시(independent surveillance)로 분류된다. 예를 들어, 조종사가 음성으로 보고하는 항공기의 위치 정보를 참조하며 감시하는 방법을 종속 감시라고 하는 반면, 1차 및 2차 레이더에 의한 원격 항공기 감시 방법을 독립 감시 방법이라고 할 수 있다. 표 1은 감시 시설의 분류를 나타낸다.

표 1. 항공감시 시설의 분류

Table. 1. The Classification of air surveillance system

기존 시설	차세대 시설
- 관제 시스템(레이더) · ASR/SSR 모드 A/C	- 차세대 관제 시스템 · SSR 모드 S 레이더 · ADS-B
- 지상감시 레이더	- Multilateration

SSR 모드S 레이더는 지상에서의 질문파에 대한 항공기로부터의 응답신호를 기반으로 항공기의 식별 코드 및 고도 정보를 취득하여 해당 항공기를 지상에서 감시하는 독립형 감시 방법이다. ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)는 자신의 GPS 위치 정보 및 상승 속도 등의 상세한 정보를 인접 항공기나 지상국에 방송함으로써 정확한 항공기 감시에 활용된다[3].

본 논문에서 다루는 Multilateration은 레이더 설치 및 운용이 곤란하거나 항공기 감시 사각지대를 보완하기 위해 설치하는 시스템이다. Multilateration은 공항 및 주요 항공로 상에 설치 운용중인 현행 레이더 시설의 구조적인 전파 특성으로 인해 항공기 감시 사각지대가 발생하거나, 추가 레이더 시설의 설치에 따른 많은 비용이 소요될 때 매우 유용하다. 또한 산악, 장애물 등에 의한 전파 차폐로 일정 고도 이하에서 항공기 탐지가 곤란한 경우에도 유용하게 사용될 수 있다[4-5].

미국과 유럽의 경우 Multilateration을 개발하여 적용 중이나 아직 초기 단계라 할 수 있다. 향후 레이더, ADS-B, Multilateration 감시기술이 상호 융합된 항공감시체계로 전환될 가능성이 매우 높으며, 넓은 범위에 걸친 항공감시가 가능해짐에 따라 저비용 고효율의 감시망이 구축될 것으로 기대된다.

Multilateration은 기존의 레이더에 비해 정확하고 비용도 저렴하다. Multilateration의 항공기 위치 오차는 공항 인근에서 10 ~ 20ft, 공항 10 마일 부근에서는 30 ~ 40ft로 알려져 있다[6]. 본 논문에서는 Multilateration의 신뢰도를 더욱 높이기 위해 널리 알려진 IMM(Interacting Multiple Model) 필터를 적용하였다. 이를 통해 보다 정확한 항공기 위치를 얻을 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구로 Multilateration, IMM 필터에 대해 설명하고, 3장에서는 IMM 필터를 적용한 Multilateration을 소개한다. 4장에서는 IMM 필터를 적용한 Multilateration의 성능 분석을, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 연구 성과와 앞으로의 연구 과제를 제시하며 본 논문을 마무리한다.

II. 관련연구

2-1 Multilateration

Multilateration은 레이더 설치 및 운용이 곤란하거나 항공기 감시 사각지대를 보완하기 위해 설치하는 시스템으로, 그림 1과 같이 레이더가 감시하지 못하는 음영지역을 보완해 준다.

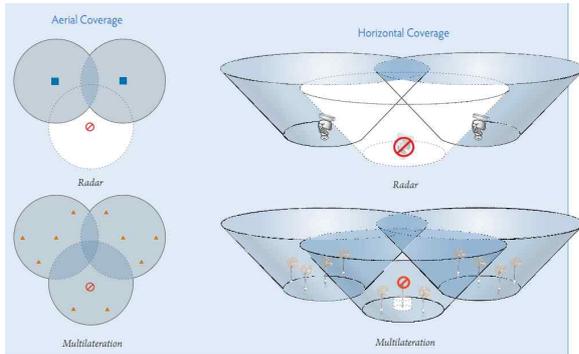


그림 1. Multilateration 개념[4]
Fig. 1. The concept of Multilateration

Multilateration의 기본 원리는 쌍곡선 또는 쌍곡면의 위치 측정법을 이용하는 것이다. 이런 위치 측정법에는 Mode A/C/S, ADS-B, IFF 등 다양한 신호의 도래 시간차가 사용된다[7]. 이를 TDOA(Time Difference Of Arrival)라 하며, Multilateration을 구현하는데 추가의 장비가 필요없다고 하는 이유도 여기에 있다. 항공기의 위치를 얻기 위해서 신호의 도래 시간차만 계산하면 될 뿐만 아니라 어떠한 신호를 이용하더라도 상관없이 적용될 수 있기 때문이다. 예를 들어, ADS-B를 장착한 항공기는 ADS-B 신호를 이용해 도래 시간차를 계산하면 되고, 군용 항공기는 IFF 신호를 이용해도 무방하다는 것이다.

TDOA 기법은 4개 이상의 수신기에서 수신한 신호의 시간차를 이용한다. 1개의 수신기는 레퍼런스, 즉 원점으로 사용되며, 나머지 3개의 수신기를 통해 항공기 위치를 계산한다.

TDOA 방식을 사용하여 항공기의 위치를 추적하는 방법은 일반적으로 두 단계를 걸쳐서 이루어진다. 첫 번째 단계는 각각의 수신 센서들 사이에서 항공기로부터 송출된 신호를 수신하여 TDOA를 추정하는

것이다. 두 번째는 이렇게 추정된 TDOA 값을 사용하여 거리차 측정치로 변환하여 쌍곡선 방정식을 구하는 것이다[8].

각각의 수신기로부터 찾고자 하는 항공기까지의 거리는 식 (1)과 같이 계산된다.

$$D_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \quad (1)$$

여기에서 x_i, y_i, z_i 는 각각의 수신기 위치를 나타내며, i 는 수신기의 개수를, x, y, z 는 항공기의 위치를 의미한다. 즉, 항공기와 수신기 간의 거리를 계산할 수 있다. 특정 수신기를 원점으로 잡으면 이 수신기와 항공기간의 거리는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$D_0 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2)$$

여기에서 전파속도를 v , 전파의 이동시간을 t 라 하면, 식 (1)과 식 (2)의 차는 속도와 거리의 곱, 즉 $v \times t$ 가 되며 식 (3)과 같이 계산된다.

$$D_i - D_0 = vt \quad (3)$$

따라서 4개의 수신기가 있다면, x, y, z 의 3차원 좌표를 결정할 수 있다. 만약 2차 감시 레이더로부터 고도 정보를 받는다면 3개의 수신기로 항공기의 위치를 결정할 수 있다. 그림 2는 Multilateration에서 항공기 위치를 측정하는 방법을 나타낸다.

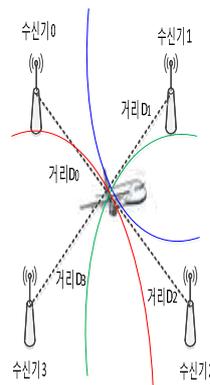


그림 2. Multilateration 측정 방법
Fig. 2. The method of Multilateration

2-2 IMM 필터

본 연구에서는 지금까지 연구된 몇 가지 유용한 다수모델 필터 중에서 GPB1의 계산량을 가지며 필터의 성능은 GPB2와 유사하다고 알려져 있는 IMM 필터를 Multilateration 데이터에 적용하여 기존의 Multilateration 데이터와 비교하여 성능분석을 하였다 [9-10]. IMM 필터는 다수모델 기반의 필터로 널리 알려져 있으며, 1990년대 초반부터 X. Rong Li 등이 IMM 필터를 항공기 추적 문제에 적용하였다[11]. 실제로 항공관제 시스템에서 레이더 측정잡음의 공분산보다 작은 값의 위치 추정오차 공분산을 갖게 하기 위해 여러 가지 모드를 가진 IMM 필터를 사용하였으며, 표적의 잡음을 효과적으로 감소시키기 위해 레이더 측정잡음을 가우시안 모드와 라플라시안 모드로 가정하여 모드를 구성함으로써 우수한 성능을 보였다.

IMM 필터의 한 사이클은 혼합(Interaction), 예측(Prediction), 쇄신(Update), 결합(Combination)의 4가지 단계로 구성되며 반복적(recursive)으로 처리되는 구조를 가진다. IMM 필터는 시스템이 가지는 모드의 개수만큼 필터를 생성하여 각 필터에서 추정된 모드 확률을 가중치로 하는 상태추정치를 계산하는 과정을 반복한다. 즉, N개의 모드에 대해 N개의 필터를 생성하여 현재의 기동 모드를 가장 잘 표현하는 모드 확률을 가중치로 하여 상태와 공분산 추정치를 계산한다. 관측값과 시스템 모델에 영향을 받는 가중치는 기동 모드에 따라 매 시간 변화하게 된다.

작동범위가 넓은 시스템에 IMM 필터를 사용하게 되면 많은 모드가 소요되며 계산량도 증가는 단점이 있다. 이러한 경우에 대비하여 모드를 여러 개의 겹치는 모델그룹으로 나눈 후 초기에는 하나의 모델그룹에 들어있는 모드에 바탕을 둔 필터로 구성된 IMM 필터를 동작시키다가 다른 모델그룹과 겹치는 모드의 확률이 미리 정한 문턱값을 넘어가면 겹치는 모드가 존재하는 모델그룹을 동시에 활성화시킨다. 두 개의 모델그룹을 이용한 IMM 필터가 동작되다가 두 개의 모델그룹에 속해있는 모드의 확률에 따라 어느 한 모델그룹을 중단시키는 방법을 취하는 가변구조의 IMM 필터를 사용하여 IMM 필터의 계산량을 줄일 수도 있다.

III. IMM 필터를 적용한 Multilateration

본 논문에서는 IMM 필터를 Multilateration에 적용하기 위해 두 가지의 모델로 항공기 운동을 모델링하였다. 두 가지 모델은 가속운동 모델과 선회운동 모델이다. 가속운동 모델은 항공기가 일정한 가속도를 가지고 운동한다는 가정 하에 만들어진 모델이며, 선회운동 모델은 항공기가 일정한 선회율을 가지고 선회한다는 가정 하에 만들어진 모델이다. 항공기 모델링을 가속운동과 선회운동으로 가정한 이유는 공항 근처에서의 항공기 기동이 대개 가속운동과 선회운동으로 나타나기 때문이다. 만약 항로 상에서 항공기 운동을 모델링 한다면 등속운동 모델이 가장 적합할 것이다.

항공기의 가속운동 모델은 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$x(k) = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & \frac{1}{2}T^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(k-1) + \begin{bmatrix} \frac{1}{2}T^2 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2}T^2 \\ T & 0 \\ 0 & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} v(k-1) \tag{4}$$

T는 샘플링 시간이며, 잡음 v_k 는 평균이 0이고 가우시안 분포를 갖는 백색잡음이다. 가속운동의 x_k 의 상태 벡터는 식 (5)와 같으며, 위치와 속도로 구성되어 있다.

$$x(k) = [x \quad y \quad \dot{x} \quad \dot{y} \quad \ddot{x} \quad \ddot{y}]' \tag{5}$$

항공기의 선회운동 모델은 식 (6)과 같이 표현될 수 있다.

$$x(k) = \begin{bmatrix} 1 & \frac{\sin\omega T}{\omega} & 0 & -\frac{1-\cos\omega T}{\omega} & 0 \\ 0 & \cos\omega T & 0 & -\sin\omega T & 0 \\ 0 & \frac{1-\cos\omega T}{\omega} & 1 & \frac{\sin\omega T}{\omega} & 0 \\ 0 & \sin\omega T & 0 & \cos\omega T & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(k-1) + \begin{bmatrix} \frac{1}{2}T^2 & 0 \\ T & 0 \\ 0 & \frac{1}{2}T^2 \\ 0 & T \\ 0 & 0 \end{bmatrix} v(k-1) \tag{5}$$

선회운동의 상태벡터는 위치, 속도 및 선회율로 구성되어 있으며, 식 (7)과 같다.

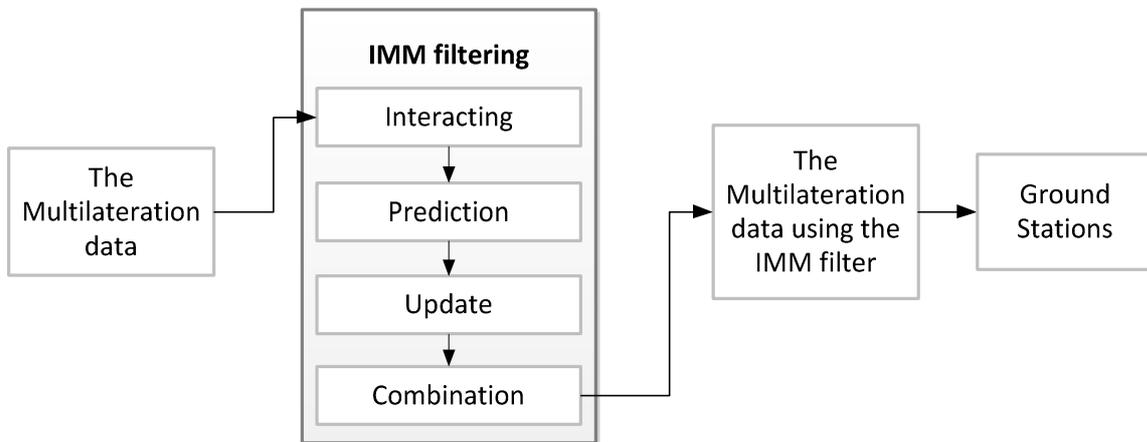


그림 3. IMM 필터를 적용한 Multilateration 절차 흐름도

Fig. 3. The flowchart for the procedures of the Multilateration data with the IMM filter

$$x_k = [x \quad \dot{x} \quad y \quad \dot{y} \quad \omega]' \quad (7)$$

항공기의 위치는 Multilateration으로부터 얻을 수 있으며 측정 모델은 다음과 같다.

$$z(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(k) + w(k) \quad (8)$$

여기서 w_k 는 측정 잡음이다. 이러한 모델링을 통해 IMM 필터를 Multilateration에 적용할 수 있다. 그림 3은 IMM 필터를 Multilateration에 적용하는 절차를 나타낸다.

IV. 성능 분석

시뮬레이션은 크게 두 부분으로 나뉘어 있다. 첫 번째는 공항 인근에서의 Multilateration 데이터를 이용하였고, 두 번째는 공항 10마일 부근에서의 Multilateration 데이터를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 각각의 경우에 대해 원래의 Multilateration 데이터와 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 위치 오차를 비교하였다.

4-1 시뮬레이션을 위한 고려사항

시뮬레이션을 위해 가상의 Multilateration 데이터를 이용하였다. 가상의 Multilateration 데이터는 공항 인근과 공항 10마일 부근의 2가지로 작성하였다. 각 Multilateration 데이터는 참값을 가지고 있으며, 이 값에 정규분포를 따르는 랜덤한 노이즈를 더하여 측정치를 생성하였다. 이렇게 측정치를 생성하게 되면 레일리(Rayleigh) 분포를 갖는다. 실질적인 시뮬레이션을 위해 가상의 Multilateration 데이터에 가속운동, 선회운동 등이 적절히 포함되어 있다. 시뮬레이션 시간은 총 60초이며, Matlab을 이용하여 수행하였다.

4-2 시뮬레이션 결과

4-1에서 제시한 시뮬레이션을 위한 고려사항을 적용하여 성능을 비교하였다.

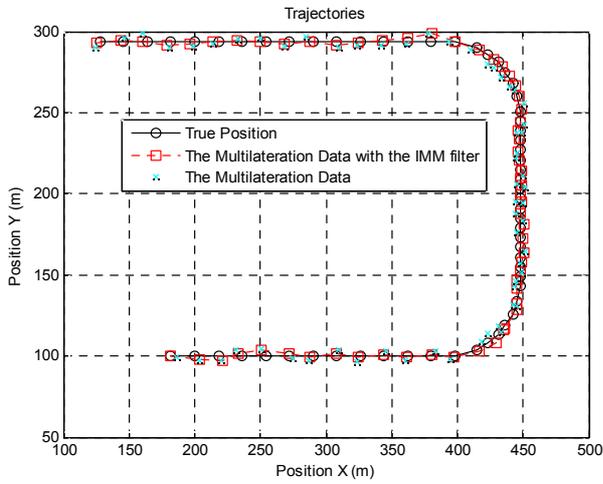


그림 4. 공항 인근에서의 항공기 궤적
Fig. 4. The aircraft trajectories near the airport

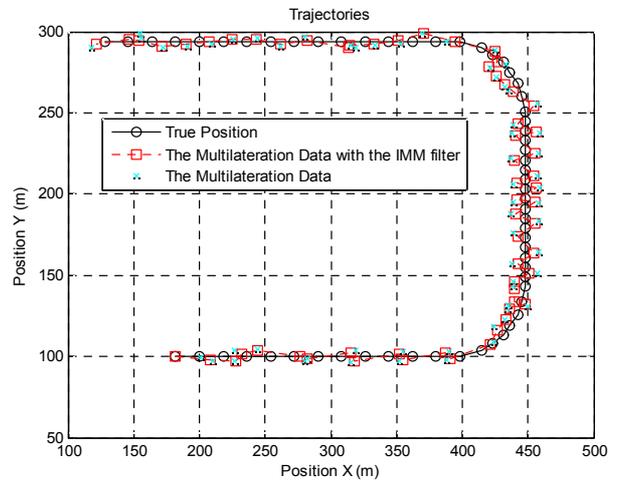


그림 6. 공항 10마일 부근에서의 항공기 궤적
Fig. 6. The aircraft trajectories around 10 miles of the airport

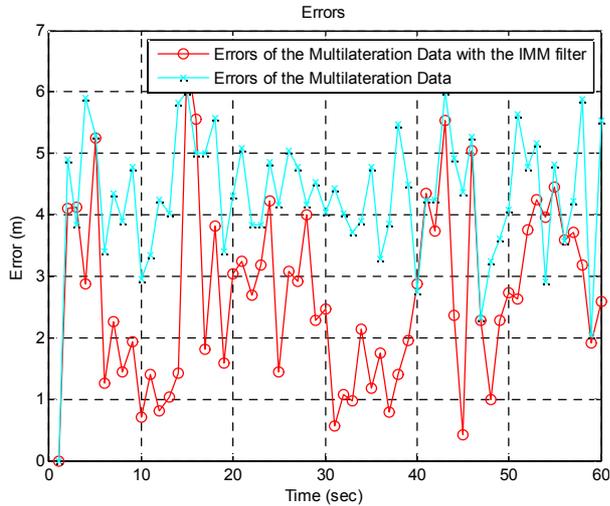


그림 5. 공항 인근에서의 Multilateration 데이터와 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차
Fig. 5. The errors between Multilateration data and Multilateration data with IMM filter near the airport

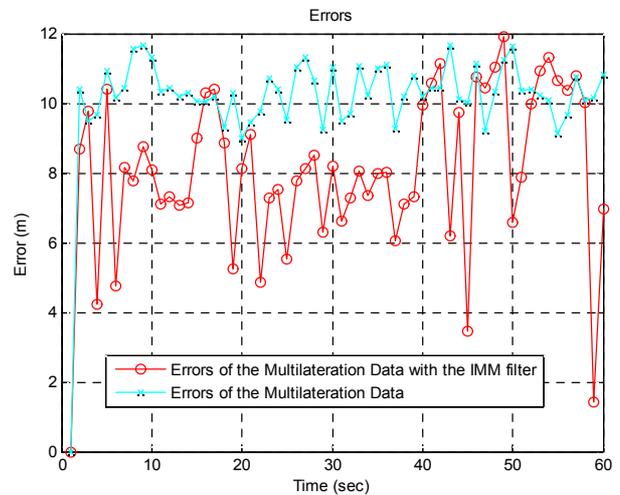


그림 7. 공항 10마일 부근에서의 Multilateration 데이터와 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차
Fig. 7. The errors between Multilateration data and Multilateration data with IMM filter around 10 miles of the airport

그림 4에는 공항 인근에서의 항공기 궤적이 나타나 있으며, 항공기의 참값, Multilateration 데이터, IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터로 구성되어 있다. 그림 5는 공항 인근에서의 Multilateration 데이터와 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차를 나타낸다. IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터가 원래의 Multilateration 데이터에 비해 대부분 오차가 작은 것을 확인할 수 있다.

그림 6에는 공항 10마일 부근에서의 항공기 궤적이 나타나 있으며, 항공기의 참값, Multilateration 데이터, IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터로 구성되어 있다. 그림 7은 공항 10마일 부근에서의 Multilateration 데이터와 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차를 나타낸다. 그림 5와 마찬가지로, IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터

가 원래의 Multilateration 데이터에 비해 대부분 오차가 작은 것을 확인할 수 있다.

평균적으로 공항 인근에서의 Multilateration 데이터의 오차는 4.30m 이며 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차는 2.65m이다. 따라서 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터가 공항 인근에서는 38.37% 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

또한 공항 10마일 부근에서의 Multilateration 데이터의 오차는 10.16m이며 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터의 오차는 8.04m이다. 마찬가지로 IMM 필터를 적용한 Multilateration 데이터가 20.86% 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 IMM 필터를 적용하여 보다 정확한 Multilateration 데이터를 얻을 수 있는 방법을 제시하였다. IMM 필터는 레이더를 이용한 표적 추적 시 주로 사용되는 필터로 성능이 우수한 것으로 알려져 있다. IMM 모델로는 가속운동 모델과 선회운동 모델을 사용하였다. 시뮬레이션 결과 공항 인근에서는 38.37%, 공항 10마일 부근에서는 20.86% 성능이 우수한 것으로 분석되었다. 향후 연구과제로 Multilateration 뿐만 아니라 광역 Multilateration인 WAM(Wide Area Multilateration)에 대한 연구도 이루어져야 할 것이며, Multilateration이 설치된 공항에서의 실제 데이터를 이용한 시뮬레이션이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 항공선진화사업의 연구비지원(10항공-항행01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] EUROCONTROL, CAT023, "CNS/ATM Ground Station and Service Status Reports", 2009.
- [2] 전향식, 김동민, 염찬홍, "차세대 항행시스템 (CNS/ATM) 기술 동향 분석", *한국항공우주연구원 항공우주산업기술동향* 제8권 제2호, pp. 113-123, 2010. 12.
- [3] 국토해양부, "항공감시용 ADS-B 핵심기술개발" 기획 연구보고서, 2010. 1.
- [4] SRA International, "Multilateration & ADS-B executive reference guide", 2009.
- [5] Eurocontrol, "Generic Safety Assessment for ATC Surveillance using Wide Area Multilateration", 2008.
- [6] 김장환, 한재현, 강자영, "모드-S 다변 측정법을 이용한 항공감시기술 분석 및 전망", *한국항공운항학회논문지*, 제18권 제3호, pp. 9-20, 2010. 9.
- [7] M. Leonardi, A. Mathias and G. Galati, "Two efficient localization algorithms for multilateration", *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*, vol. 1, no. 3, pp. 223-229, March 2009.
- [8] G. Shen, R. Zetik and R. Thomä, "Performance Comparison of TOA and TDOA Based Location Estimation Algorithms in LOS Environment", *Proceedings of the 5th Workshop on Positioning, Navigation and Communication*, 2008.
- [9] R. L. Moose, "An adaptive state estimation solution to the maneuvering target problem," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 10, pp. 359-362, 1988.
- [10] Ryan R. Pitre, Vesselin P. Jilkov, X. Rong Li "A comparative study of multiple-model algorithms for maneuvering target tracking", *12th International Conference on Information Fusion*, Seattle WA USA, July 2009.
- [11] X. Rong Li and Y. Bar-Shalom, "Design of Interacting Multiple Model Algorithm for Air Traffic Control Tracking", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 1, no. 3, Sep. 1993.

조 태 환 (趙泰奐)



2001년 2월 : 인하대학교 항공우주 공학과(공학사)
2009년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 통합과정
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 항행 시스템, 항공교통관제시스템

윤 완 오 (尹完五)



2000년 2월 : 경기대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2002년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2010년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2010년~현재 인하대학교 정보전자 공동연구소 연구교수

관심분야 : 병렬 및 분산 처리 시스템, 컴퓨터 아키텍처, ADS-B

송 인 성 (宋寅誠)



2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2011년 2월 : 인하대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
2011년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정
관심분야 : 병렬 및 분산 처리 시스템, 컴퓨터 아키텍처, ADS-B

최 상 방 (崔相昉)



1981년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 : University of washington (공학석사)
1990년 : University of washington (공학박사)
1991년~현재 : 인하대학교 전자 공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 네트워크, 무선통신, 병렬 및 분산처리 시스템

장 은 미 (張恩美)



2002년 2월 : 인하대학교 전자전기 컴퓨터공학부 졸업(공학사)
2005년 2월 : 인하대학교 정보컴퓨터 교육학과 졸업(교육학석사)
2010년~현재 인하대학교 대학원 전자공학과 박사과정
관심분야 : 컴퓨터 아키텍처, 컴퓨터 네트워크, ADS-B