

효율적인 항공교통관리를 위한 Onboard Multilateration 시스템

An Onboard Multilateration system for Efficient Air Traffic Management

조태환*, 송인성*, 장은미*, 윤완오*, 최상방*⁰

Tae-Hwan Cho*, In-Seong Song*, Eun-Mee Jang*, Wan-Oh Yoon* and Sang-Bang Choi*⁰

요 약

항공교통관리에 있어서 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)와 multilateration은 국제민간항공기구에서 지정한 차세대 시스템 중 핵심기술이다. 그러나 오늘날, 모든 항공기가 ADS-B를 장착하고 있지는 않다. ADS-B 미장착 항공기의 위치 획득을 위해 TIS-B(Traffic Information Service-Broadcast)가 사용되는데, TIS-B는 레이더로부터 획득한 항공기 위치를 제공한다. 본 논문에서는 TIS-B를 대체할 수 있는 2차 감시레이더 신호를 활용한 onboard multilateration 시스템을 제안한다. TIS-B는 레이더 자료를 이용해 항공기 위치를 제공하므로 그 오차가 굉장히 큰 반면, onboard multilateration 시스템은 TDOA(Time Difference of Arrival) 기법을 이용하므로 항공기 위치 오차가 매우 작다. 성능비교 결과, 본 논문에서 제안된 onboard multilateration 시스템이 TIS-B에 비해 공항 인근에서는 37.39%, 공항 200마일 부근에서는 51.61% 성능이 우수한 것으로 나타났다.

Abstract

In the next generation of ATM, ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) and multilateration are the main technology recommended by ICAO(International Civil Aviation Organization). However, there are a lot of non-equipped ADS-B aircraft today. Therefore, TIS-B(Traffic Information Service-Broadcast) provides traffic information, which has obtained from radars for non-equipped ADS-B aircraft. In this paper, we presented an onboard multilateration system for non-equipped ADS-B aircraft using SSR(Secondary Surveillance Radar) signal instead of TIS-B. TIS-B has a lot of error because of using radar data, but multilateration has less error than radar because of using TDOA(Time Difference of Arrival) method. Results of performance analysis show that the position accuracy is improved by the proposed method using on-board multilateration.

Key words : ATM, Multilateration, ADS-B, TIS-B, SSR, TDOA

I. 서 론

현재 민간 항공분야에서는 새로운 개념의 항행시

스템인 CNS/ATM(Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management)을 연구해 왔다 [1]. CNS/ATM 기술은 전 세계적으로 연속적인 항공 교통관리를 지원하기 위해 적용되는 다양한 수준의

* 인하대학교 전자공학과(Electronic Eng. Inha University)

· 제1저자 (First Author) : 조태환(Tae-Hwan Cho)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 최상방(Sang-Bang Choi, +82-32-860-7238, sangbang@inha.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 1월 24일 · 심사(수정)일자 : 2013년 1월 24일 (수정일자 : 2013년 2월 25일) · 게재일자 : 2013년 2월 28일
<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.01.001>

자동화와 위성시스템을 포함한 디지털 기술들을 채용한 통신, 항법, 감시 시스템으로 정의된다[2]. 항공교통관리는 하늘과 지상에서 안전하게 항공기를 유도하는 과정을 의미한다. CNS/ATM의 감시 분야에서는 디지털 데이터 통신을 기반으로 하는 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast), multilateration 등이 차세대 시스템의 핵심기술로 떠오르고 있다.

ADS-B는 CNS/ATM 감시 시스템의 핵심기술로써 기존의 감시 방법인 음성보고, 시계포착, 1차 감시레이더 및 2차 감시레이더 등을 대체하는 기술이다[3]. 그러나 현재 ADS-B를 장착하지 않은 항공기가 많기 때문에 이런 항공기의 위치 제공을 위해서 TIS-B(Traffic Information Service-Broadcast)가 사용된다. TIS-B는 레이더 데이터를 받아서 ADS-B를 장착하지 않은 항공기의 위치 정보를 제공하는 시스템이다[4]. TIS-B는 레이더 데이터를 이용하기 때문에 필연적으로 ADS-B 위치정보 대비 오차가 상당히 크다. 이런 오차는 레이더와 ADS-B를 같이 사용하고 있는 상황에서 더욱 큰 문제라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 2차 감시레이더 신호를 이용한 onboard multilateration 시스템을 제안한다. 2차 감시레이더는 항공기 필수 장착 장비로써 모든 항공기는 2차 감시레이더 신호를 보내게 된다. 보통 multilateration 센서는 지상에 위치하여 항공기의 2차 감시레이더 신호 혹은 ADS-B 신호 등을 수신하여 항공기 위치를 계산하게 된다. 그러나, 본 논문에서는 multilateration 센서를 항공기에 장착하는 onboard multilateration 시스템을 제안하였다. 제안된 onboard multilateration 시스템을 이용하여 TIS-B를 사용하지 않아도 레이더보다 정확한 항공기의 위치를 얻을 수 있게 된다. 단, 항공기에 장착하는 onboard multilateration은 DOP(Dilution of Precision) 효과로 인해 측정값을 그대로 사용할 수 없기 때문에 MUSIC(Multiple Signal Classification) 알고리즘을 사용하여 보정된 값을 사용해야 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구로 기존 방법과의 비교, ADS-B, Multilateration, MUSIC 알고리즘에 대해 설명하고, 3장에서는 onboard multilateration 시스템을 소개한다.

4장에서는 onboard multilateration 시스템의 성능 분석을, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 연구 성과와 앞으로의 연구 과제를 제시하며 본 논문을 마무리한다.

II. 관련연구

2-1 기존 방법과의 비교

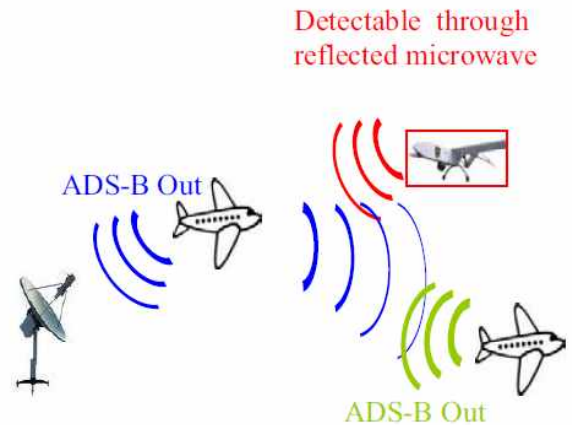


그림 1. ADS-B radar 개념도 [5]

Fig. 1. ADS-B radar concept

기존 방법으로 ADS-B radar 신호를 활용한 trilateration 방법이 있다[5]. ADS-B radar는 2008년에 등장한 것으로, ADS-B 신호에 임의의 신호를 추가하여 변조시킨 것을 말한다. 이름에서도 알 수 있듯이 ADS-B 신호가 radar 신호와 같은 특성을 갖도록 변조시킨 것이다. 기존의 ADS-B 신호는 세기가 약하기 때문에 radar 신호와 같이 항공기로부터 반사되는 전파를 수신할 수 없었다. 그러나 ADS-B radar 신호는 그림 1과 같이 항공기로부터 반사되는 신호를 수신할 수 있다. 이 방법의 핵심은 ADS-B를 장착한 항공기에서 ADS-B radar 신호를 송신하면, ADS-B를 장착하지 않은 항공기에서 반사되는 전파를 수신하여 항공기의 위치를 계산하는 것이다. 즉, 이 방법을 사용하기 위해서는 ADS-B radar 시스템이 필수적으로 장착되어 있어야 하는데, ADS-B는 빨라야 2015년에 사용가능할 것으로 예상되기 때문에 당장 적용하기에는 무리가 있다. 반면, 본 논문에서 제안한 onboard multilateration은 2차 감시레이더 신호를 이용하기 때

문에 당장 적용이 가능하며 신호를 변조할 필요도 없다. trilateration은 multilateration 센서를 3개 사용한 것으로 기본 원리는 multilateration과 동일하다.

2-2 ADS-B

ADS-B는 항공기와 항공기, 항공기와 지상 관제사 관 사이에 위치, 속도 및 기타 정보 등의 감시 데이터를 공유하여 조종사의 상황인식 능력과 관제사의 감시 능력을 향상시키는 차세대 항공감시 기술이다. ADS-B는 장비에 종속적인 것이 특징인데, 종속적이라는 세부적인 의미는 항공기의 위치, 속도 등의 정보를 ADS-B 송수신기를 이용하여 전달됨을 말한다. 즉, ADS-B 송수신기를 장착하지 않은 항공기에 대한 감시는 이루어지지 않으며, 이를 보완하기 위해서는 TIS-B가 필요하다.

ADS-B 시스템은 ADS-B 모니터링 시스템, ADS-B, TIS-B, FIS-B 등으로 구성된다[6-7]. ADS-B 모니터링 시스템은 ADS-B, TIS-B 및 FIS-B로부터 감시 데이터와 FIS-B Product(항공기상정보와 비 제어 비행 경보 데이터)를 수신하여 항공 상황을 현시하며, 시스템에 미리 입력된 항로, 지형, 공항 등도 모니터 상에 현시한다. FIS-B는 기상 정보, 공역정보 등의 비행정보를 관리하며 FIS-B Product를 생성한다[8-9]. TIS-B는 ADS-B 송수신기를 장착하지 않은 항공기에 대한 감시정보를 레이더를 통해 획득하여 ADS-B 송수신기를 장착한 항공기에게 제공하는 역할을 한다.

2-3 Multilateration

Multilateration은 레이더 설치 및 운용이 곤란하거나 항공기 감시 사각지대를 보완하기 위해 설치하는 시스템이다. Multilateration의 기본 원리는 mode A/C/S, ADS-B, IFF 등 다양한 신호의 도래 시간차를 이용하여 항공기의 위치를 계산하는 것이다[10]. 이를 TDOA(Time Difference Of Arrival)라 하며, multilateration을 구현하는데 추가의 장비가 필요 없는 이유도 여기에 있다[11]. 항공기의 위치를 얻기 위해서 신호의 도래 시간차만 계산하면 될 뿐, 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.

Multilateration 시스템은 주로 지상에 설치된다. 4개의 센서를 설치하면 3차원의 항공기 위치를 계산할 수 있고, 3개의 센서를 사용하면 2차원의 항공기 위치를 계산할 수 있다. 따라서 4개의 센서를 사용하여 항공기 위치를 계산하는 방법과 3개의 센서와 2차 감시레이더의 고도정보를 혼합 사용하여 항공기 위치를 계산하는 방법이 있다.

2-4 MUSIC 알고리즘

MUSIC 알고리즘은 2차 감시레이더 신호의 입사각을 결정하는데 사용된다. onboard multilateration 센서에는 여러 항공기의 2차 감시레이더 신호가 수신된다. 그러나 이 신호들은 서로 독립적이지 않기 때문에 항공기 위치 파악에 있어 문제가 야기된다. 만약 1대의 항공기만 2차 감시레이더 신호를 송신하고 있다면 문제가 없지만, 실제로는 여러 항공기에서 2차 감시레이더 신호를 송신하고 있기 때문에 MUSIC 알고리즘은 반드시 필요하다[12].

그러나 MUSIC 알고리즘은 계산량이 매우 많다. 즉, 위치를 계산해야 하는 항공기가 많아질수록 복잡도가 증가하여 엄청난 계산시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 onboard multilateration 시스템을 이용해 1차적인 항공기 추정치를 계산하고, 계산된 결과를 바탕으로 MUSIC 알고리즘을 이용하여 DOA(Direction of Angle)를 계산하면 빠른 시간 안에 정확한 위치의 항공기 정보를 획득할 수 있다.

III. 제안된 onboard multilateration

제안된 방법은 크게 두 단계로 나눌 수 있다. 1단계는 항공기에 장착된 onboard multilateration에 수신되는 2차 감시레이더 신호를 이용하여 항공기의 위치를 계산하는 것이다. 앞서 언급하였듯이, onboard multilateration은 DOP 효과로 인해 항공기 위치가 부정확하므로 DOA 추정이 필수적이다. 따라서 2단계는 MUSIC 알고리즘을 이용한 DOA 추정이다. 그림

2는 제안된 onboard multilateration의 흐름도를 나타낸다.

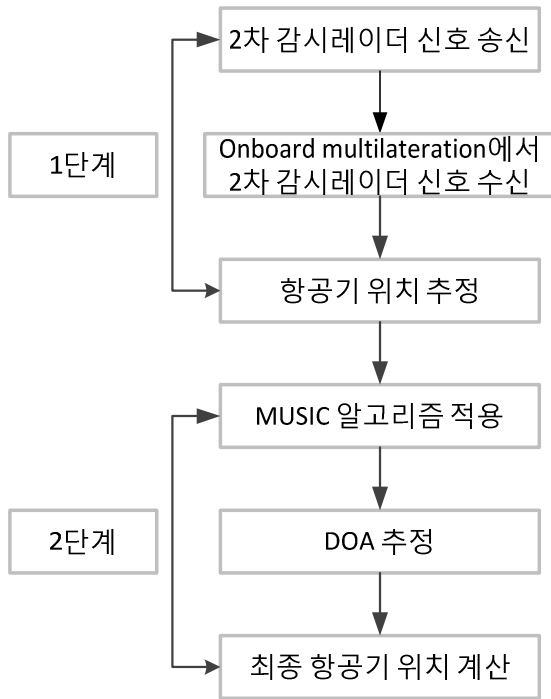


그림 2. onboard multilateration 흐름도
Fig. 2. The flowchart of onboard multilateration

3-1 Onboard multilateration 1단계 과정

1단계에서는 onboard multilateration에서 2차 감시레이더의 신호를 수신하게 된다. 수신된 신호를 TDOA 방식을 사용하여 항공기의 위치를 계산한다. 먼저 각각의 수신 센서들 사이에서 항공기로부터 송출된 신호를 수신하여 TDOA를 추정하는 것이다. 이렇게 추정된 TDOA 값을 사용하여 거리 차 측정치로 변환 후 쌍곡선 방정식을 구하면 된다.[8].

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

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

여기에서 x_i, y_i, z_i 는 각각 multilateration 센서 위치를 나타내며, i 는 수신기의 개수를, x, y, z 는 항공기의 3차원 위치를 의미한다. 즉, 항공기와

multilateration 센서 간의 거리를 계산할 수 있다. 특정 센서는 원점으로 사용되므로 총 4개의 센서를 사용하였다. 원점이 되는 센서와 항공기간의 거리는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$R_0 = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2)$$

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.

$$R_i - R_0 = vt \quad (3)$$

따라서 4개의 multilateration 센서가 있다면, x, y, z 의 3차원 좌표를 결정할 수 있다. 그림 3은 onboard multilateration에서 항공기 위치를 측정하는 방법을 나타낸다.

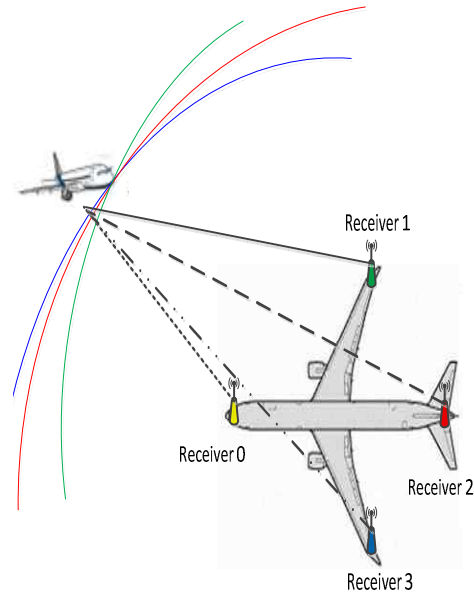


그림 3. Onboard multilateration 계산 방법
Fig. 3. The method of onboard multilateration

3-2 Onboard multilateration 2단계 과정

2단계에서는 MUSIC 알고리즘을 적용하여 DOA를 추정해야 한다. MUSIC 알고리즘은 계산 과정이 복잡하여 계산량이 많고, 계산시간이 많이 소요된다. 계산시간을 줄이기 위해서는 분해능을

낮게 해야 하는데 이런 경우에는 정확한 DOA 추정이 어려워진다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 1단계에서 계산된 항공기 위치를 이용하여 MUSIC 알고리즘의 분해능을 낮게 설정해도 정확한 DOA 추정이 가능하게 하였다.

$$P_{MUSIC}(\theta) = [a^*(\theta)E_N E_N^* a(\theta)]^{-1}$$

여기서 $a(\theta)$ 는 수신된 신호의 예상 각도에 따른 항공기의 방향벡터, E_N 은 잡음에 대한 고유벡터를 의미한다. “*”는 Hermition을 의미한다.

DOA를 추정할 때에는 일반적으로 전체 방위각을 검색해야 한다. 그러나 onboard multilateration 1단계에서 계산된 항공기 위치를 사용하면 전체 방위각을 검색할 필요없이 해당 위치를 중심으로 일정 범위만 계산하면 된다. 이를 통해서 MUSIC 알고리즘의 계산시간을 현저히 감소시킬 수 있다. 항공기 추정오차 범위는 TDOA 표준편차를 기준으로 설정한다. 예를 들어, 0.5° 의 분해능으로 검색할 경우 일반적으로 360° 를 검색해야 하므로 720번의 검색이 필요하다. TDOA 표준편차를 기준으로 설정한 값이 30° 라고 가정하면, 본 논문에서 제안한 방법은 60번만 검색하면 되므로 계산시간이 많이 감소하게 된다.

MUSIC 알고리즘 적용 후 최종 항공기 위치를 얻을 수 있으며, 이 때의 항공기 위치는 레이더 정보를 기반으로 제공되는 TIS-B의 항공기 위치에 비해 매우 정확하다.

IV. 성능분석

시뮬레이션을 통해 분석하고자 하는 내용은 제안된 onboard multilateration의 정확성이다. 따라서 기존에 사용되고 있는 TIS-B의 성능과 비교하여 평가한다. 시뮬레이션은 크게 두 부분으로 나뉘어 있다. 첫 번째는 공항 인근에서의 항공기 궤적을 묘사하였고, 두 번째는 공항 200마일 부근에서의 항공기 궤적을 묘사하여 시뮬레이션 하였다. 각각의 경우에 대해 항공기 위치의 참값, TIS-B의 위치정보, onboard

multilateration의 위치정보를 표시하고, 그에 대한 위치오차를 비교하였다.

4-1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션을 위해 가상의 항공기 궤적을 생성하였고, 이에 대한 레이더 데이터 및 onboard multilateration 데이터 역시 생성하였다. 항공기 궤적은 2차원 궤적에 2차 감시레이더의 고도를 사용하는 것으로 가정하였다. MUSIC 알고리즘 적용을 위해 분해능은 1° 로 설정하였고, 항공기 추정오차 범위는 TDOA 표준편차의 두 배로 설정하였다. onboard multilateration 센서에서 MUSIC 알고리즘을 이용하여 DOA 추정 오차를 구하기 위해 1000번의 실험을 수행하였고, 잡음은 백색 가우스 잡음으로 가정하였다. 추정오차는 RMSE(Root Mean Square Error)로 나타내었다.

4-2 시뮬레이션 결과

4-1에서 제시한 시뮬레이션 환경을 적용하여 onboard multilateration과 TIS-B의 성능을 비교하였다.

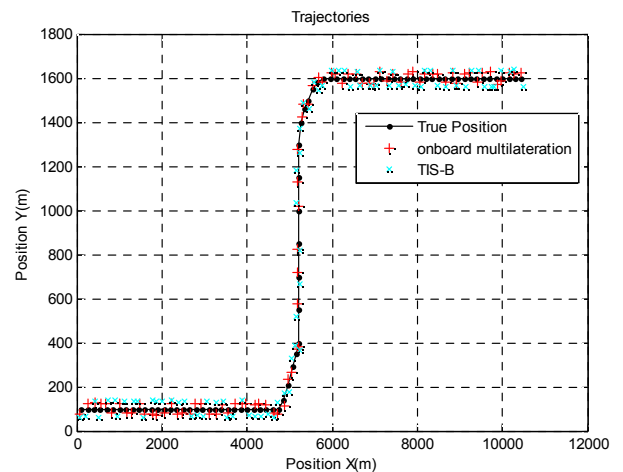


그림 4. 공항 인근에서의 항공기 궤적
Fig. 4. The aircraft trajectories near the airport

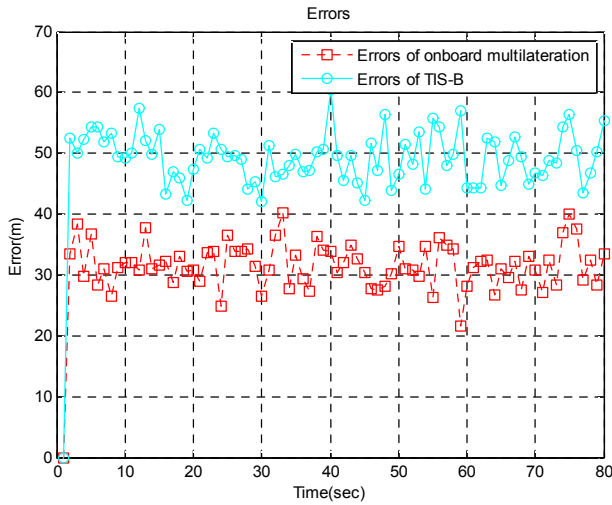


그림 5. 공항 인근에서의 onboard multilateration 데이터와 TIS-B 데이터의 오차
 Fig. 5. The errors between onboard multilateration data and TIS-B data near the airport

그림 4에는 공항 인근에서의 항공기 궤적이 나타나 있으며, 항공기의 참값, onboard multilateration 데이터, TIS-B 데이터로 구성되어 있다. 그림 5는 공항 인근에서의 onboard multilateration 데이터와 TIS-B 데이터의 오차를 나타낸다. onboard multilateration 데이터가 TIS-B 데이터에 비해 오차가 작은 것을 확인할 수 있다. 공항 인근이기 때문에 radar에 의한 오차도 50m 정도로 radar 평균 오차에 비해 작다.

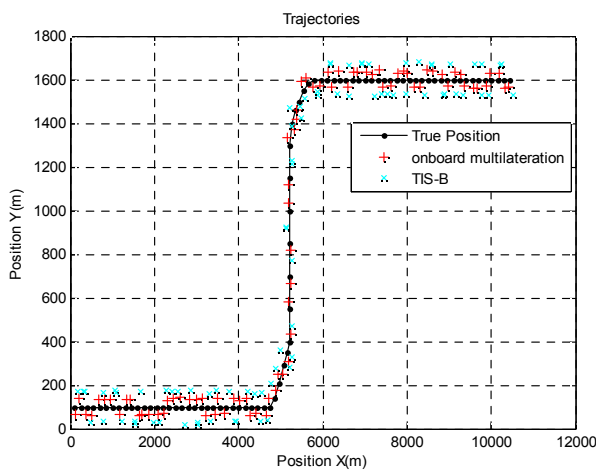


그림 6. 공항 200마일 부근에서의 항공기 궤적
 Fig. 6. The aircraft trajectories around 200 miles of the airport

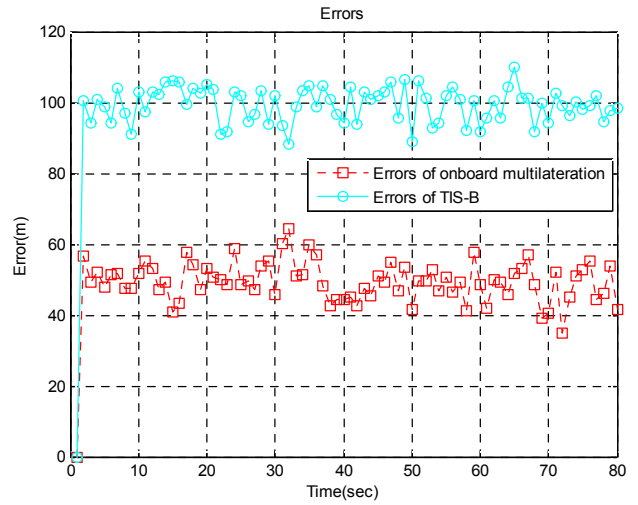


그림 7. 공항 200마일 부근에서의 onboard multilateration 데이터와 TIS-B 데이터의 오차
 Fig. 7. The errors between onboard multilateration data and TIS-B data around 200 miles of the airport

그림 6에는 공항 200마일 부근에서의 항공기 궤적이 나타나 있으며, 항공기의 참값, onboard multilateration 데이터, TIS-B 데이터로 구성되어 있다. 그림 7은 공항 200마일 부근에서의 onboard multilateration 데이터와 TIS-B 데이터의 오차를 나타낸다. 그림 5와 마찬가지로, onboard multilateration 데이터가 TIS-B 데이터에 비해 오차가 작은 것을 확인할 수 있다.

평균적으로 공항 인근에서의 onboard multilateration 데이터의 오차는 31.32m 이며 TIS-B 데이터의 오차는 50.02m이다. 따라서 onboard multilateration 데이터가 공항 인근에서는 37.39% 성능이 우수한 것으로 분석되었다. 또한 공항 200마일 부근에서의 onboard multilateration 데이터의 오차는 48.45m이며 TIS-B 데이터의 오차는 100.12m이다. 마찬가지로 onboard multilateration 데이터가 51.61% 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

TIS-B 데이터는 기본적으로 radar 데이터를 사용하기 때문에 오차가 크고, 공항에서 멀어질수록 오차가 점점 커지게 된다. 반면에 onboard multilateration 데이터는 공항과의 거리에 따른 편차가 상대적으로 적고, DOP 효과로 인해 정확도가 감소되는 것을 MUSIC 알고리즘으로 보정했기 때문에 정확도도 우수하다. onboard multilateration

데이터의 오차는 항공기가 가지고 있는 ADS-B 오차에 multilateration의 오차를 더한 값과 비슷한 양상을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 2차 감시레이더 신호를 이용한 onboard multilateration 시스템을 제안하였다. multilateration 센서는 통상 지상에 위치하여 항공기의 2차 감시레이더 신호 혹은 ADS-B 신호 등을 수신하여 항공기 위치를 계산하게 되는데, 본 논문에서는 multilateration 센서를 항공기에 장착하였다. 2차 감시레이더는 항공기 필수 장착 장비로써 모든 항공기는 2차 감시레이더 신호를 보내게 되므로 추가적인 송수신기 설치 없이 사용이 가능하다. 또한 onboard multilateration 시스템은 레이더 위치정보를 사용하는 TIS-B에 비해 정확도가 우수하다. 그러나, 항공기에 장착하는 onboard multilateration은 DOP 효과로 인해 측정값의 정확도가 감소하므로 MUSIC 알고리즘을 사용하여 항공기 위치를 보정하였다.

시뮬레이션 결과 공항 인근에서는 37.39%, 공항 200마일 부근에서는 51.61% 성능이 우수한 것으로 분석되었다. 향후 연구과제로 항공기에 multilateration 센서를 장착하여 실제 데이터를 수집한 후 이를 이용한 검증이 필요하다. 또한, onboard multilateration에 kalman filter, IMM(Interacting Multiple Model) filter, particle filter와 같은 target tracker를 적용한 성능 향상 기법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

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

Reference

[1] EUROCONTROL, CAT023, "CNS/ATM Ground Station and Service Status Reports", 2009.
 [2] H. S. Jun, D. M. Kim and C. H. Yeom, "Analysis of

CNS/ATM Technology Trend", *Korea Aerospace Research Institute*, vol. 8, no. 2, pp. 113-123, 2010. 12.
 [3] the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Core Technology of ADS-B Development" *research report*, 2010. 1.
 [4] Federal Aviation Administration, "FITS Generic ADS-B, TIS-B and FIS-B Syllabus Version 1.0", January 2009.
 [5] M. Huang and R. M. Narayanan, "Non-cooperative Collision Avoidance Concept for Unmanned Aircraft System using Satellite-Based Radar and Radio Communication", *30th Digital Avionics Systems Conference* october 2011
 [6] Radio Technical Commission for Aeronautics, Minimum Aviation System Performance standards(MASPS) for Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B), RTCA/DO 242A, June 2002.
 [7] SRA International, "Multilateration & ADS-B executive reference guide", 2009.
 [8] Radio Technical Commission for Aeronautics, Minimum Aviation System Performance standards(MASPS) for Flight Information Service - Broadcast(FIS-B), RTCA/DO 267A, April 2004.
 [9] Flight Information Services-Broadcast (FIS-B) Product Registry Website, <http://fpr.tc.faa.gov/>
 [10] 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.
 [11] 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.
 [12] R. O. Schmidt, "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 3, no. 3, pp. 276-280, 1986.

조 태 환 (Tae-Hwan Cho)



2001년 2월 : 인하대학교 항공
우주공학과(공학사)
2009년 3월~현재 : 인하대학교
전자공학과 통합과정
관심분야 : 컴퓨터 네트워크,
항행시스템, 항공교통관제시스템

윤 완 오 (Wan-Oh Yoon)



2000년 2월 : 경기대학교 전자
공학과 졸업(공학사)
2002년 2월 : 인하대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
2010년 2월 : 인하대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학박사)
2010년~현재 인하대학교 정보
전자공동연구소 연구교수

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

송 인 성 (In-Seong Song)



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

최 상 방 (Sang-Bang Choi)



1981년 2월 : 한양대학교 전자
공학과(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 (Eun-Mee Jang)



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