

# 신뢰성 있는 기동 항적 추적을 위한 다중 레이더 융합 알고리즘

## A Multi Radar Fusion Algorithm for Reliable Maneuvering Target Tracking

조태환\*, 이창호\*, 김진욱\*, 원인수\*, 조윤현\*, 박효달\*, 최상방\*

Tae-Hwan Cho\*, Chang-Ho Lee\*, Jin-wook Kim\*, In-Su Won\*, Yun-Hyun Jo\*, Hyo-Dal Park\* and Sang-Bang Choi\*

### 요 약

레이더를 이용한 항적 융합 알고리즘은 반드시 필요하며, 이를 통해서 높은 신뢰성을 확보할 수 있다. 본 논문에서는 칼만필터 보다 성능이 좋다고 알려진 IMM(Interacting Multiple Model) 필터를 이용하여 다중 레이더 융합 알고리즘을 제안하였다. 분산형 융합 방식을 적용하였고, 부필터 3개, 주필터 1개를 이용하였다. 성능 분석은 등속운동, 가속운동, 선회 등 항공기 기동을 묘사한 가상의 레이더 데이터를 이용하여 분석하였다. 성능 분석 결과, 항공기가 기동하는 구간에서도 좋은 추적 성능을 보였다.

### Abstract

Data Fusion algorithm is essential in Target Detection using radar, and it has more reliability. In this paper, Multi Radar Fusion algorithm using IMM(Interacting Multiple Model) filter is suggested. This well-known IMM filter has better performance than Kalman filter has. In this simulation, Distributed Data Fusion process was applied, and three sub-filters and one main filter were employed. In addition, this simulation was evaluated by virtual radar data which include constant velocity, constant accelerate, turn rate. The result of an evaluation shows better performance in the maneuvering section of aircraft.

Key words : Multi radar tracking, IMM, Kalman filter, data fusion, Distributed fusion

### I. 서 론

최근의 레이더 체계는 다중 레이더로 구성되는 방향으로 발전하고 있다. 이는 다중 레이더를 통해 획득된 표적정보의 처리와 융합을 통해 표적 탐지 및 추적 등에서 높은 신뢰성을 보장하기 위한 것이다[1]. 즉, 표적의 탐지 및 추적은 단일감지기(single sensor) 보다 다중감지기(multi sensor) 환경에서 보다 정확한

상태추정(state estimation)이 이루어진다고 볼 수 있다. 특히 다중감지기에 의한 표적의 상태추정과 관련해서는 GPS, INS 센서의 결합에 다양한 필터를 적용하거나 최근에 국내에서도 연구개발이 진행 중인 ADS-B를 추가하여 성능을 높이기 위한 연구가 주로 진행되고 있다[2].

다수의 감지기에서 획득한 측정치를 결합하고 최종적인 추정치를 얻는 방법에는 시스템의 구현에 따라서 중앙집중형 융합방식과 분산형 융합방식으로

\* 인하대학교 전자공학과(Electronic Eng. Inha University)

· 제1저자 (First Author) : 조태환

· 투고일자 : 2011년 6월 16일

· 심사(수정)일자 : 2011년 6월 17일 (수정일자 : 2011년 7월 13일)

· 게재일자 : 2011년 8월 30일

구분된다[3]. 모든 레이더의 표적정보를 융합센터에서 받아 처리하는 중앙집중형 융합방식은 이론적으로 가장 정확한 추적이 이루어질 수 있으나 체계의 제한된 조건 등의 이유로 일반적으로 잘 사용되지 않는다. 중앙집중형 융합방식에는 중앙집중형 칼만필터가 있다. 분산형 융합방식은 각 레이더 체계(부 필터)에서 표적 정보를 분산처리하고 여기서 얻은 표적 정보를 중앙처리장치(주 필터)로 전송하여 이를 바탕으로 표적을 융합(fusion)하는 방식이다. 분산형 융합방식에는 분산형 칼만필터가 있으며, 최근에는 분산형 칼만필터의 하나인 연합형 칼만필터가 많이 사용되고 있다.

그러나 각 감지기의 추정기법으로 칼만필터를 사용하게 되면, 전투기와 같은 급기동 항공기의 추적에 있어서 정확한 추정을 하기 어렵고 추정결과가 발산하게 된다[4]. 따라서 본 논문에서는 각 감지기(부 필터)의 추정기법으로 칼만필터가 아닌 IMM 필터를 사용하고, 이를 중앙처리장치(주 필터)로 이송하여 측정치를 융합(fusion)하는 분산형 다중 레이더 융합 알고리즘을 제안한다[5].

## II. 관련연구

### 2-1 표적 추적 알고리즘

표적 추적을 위한 알고리즘은 크게 단수모델 필터와 다수모델 필터로 구분할 수 있다. 단수모델 필터에는 대표적으로 칼만필터가 있으며, 다수모델 필터에는 본 논문에서 사용한 IMM 필터 외에, MMAE(Multiple Model Adaptive Estimation), GPB1(Generalized Pseudo-Bayesian approach of first order), GPB2(Generalized Pseudo-Bayesian approach of second order) 등이 있다[6-8]. 단수모델인 칼만필터는 물체가 기동하는 경우 기동 모드의 불확실성과 시스템의 비선형성으로 인해 최적 성능을 보장하지 못한다. 따라서 전투기나 미사일과 같이 급기동하는 물체의 추적 알고리즘으로는 다수모델 필터를 많이 사용하고 있다.

다수모델 필터는 기동하는 표적의 여러 기동 모드

를 추정하기 위해 다수의 모델을 사용하며 필터들의 출력과 실제 시스템의 현재 상태를 나타내는 측정치 비교를 통해 어떠한 모드가 현재의 시스템을 잘 표현하고 있는가에 대한 확률을 산출한다. 이 때 각 필터 간에 정보교류가 있는 구조가 IMM이며, 정보교류가 전혀 없는 구조가 MMAE이다. 이와 달리 GPB1과 GPB2는 샘플링 주기마다 구해진 결합 추정치를 이용하여 필터의 추정치를 갱신하는 방법을 사용한다. 급기동하는 물체, 즉 불확실성을 갖는 시스템 구조에서 좋은 추정 성능을 보이는 다수모델 필터는 앞에서 언급한 바와 같이 다양한 연구가 수행되어 많은 알고리즘이 존재하지만 IMM 필터가 가장 널리 사용되고 있다.

### 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 적용하여 기동표적의 상태변수를 추정하고자 한다. IMM 필터는 다수모델 기반의 필터로 널리 알려져 있으며, 1990년대 초반부터 X. Rong Li 등이 이를 항공기 추적 문제에 적용하였다[9]. 실제로 항공 관제 시스템에서 레이더 측정잡음의 공분산보다 작은 값의 위치 추정오차 공분산을 갖게 하기 위해 여러 가지 모드를 가진 IMM을 사용하였으며, 표적의 잡음을 효과적으로 감소시키기 위해 레이더 측정잡음을 가우시안 모드와 라플라시안 모드로 가정하여 IMM을 구성함으로써 우수한 성능을 보였다.

IMM 알고리즘의 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 추정한 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.

2-3 정보융합(Information Fusion) 알고리즘

정보융합에는 다양한 이론이 사용되고 있지만, 그 중에서도 칼만필터가 많이 사용된다. 칼만필터는 1960년대 초에 발표된 이후 추정 알고리즘으로써 많은 분야에 널리 이용되고 있으며, 특히 항공 분야에 많이 이용된다. 칼만필터는 추정하고자 하는 상태변수의 동적 모델을 이용하여 변수를 시간상으로 예측하고 센서 모델을 이용하여 과거 및 현재의 측정값으로부터 확률적으로 최적의 방법을 통해 상태변수를 추정한다.

지금까지 발표된 칼만필터를 이용한 정보융합 알고리즘은 설계구조에 따라 중앙집중형, 분산형, 연합형 등으로 분류되고 있다.

중앙집중형 칼만필터는 모든 측정치를 하나의 중앙필터에서 처리하는 것이다. 이러한 경우 모든 측정치에 대해 계산을 해야 하므로 계산량이 많아지게 되고, 시스템의 차수가 큰 경우 계산 부하가 커져 이를 위한 고성능의 하드웨어가 필요하다. 또한 센서에 고장이 발생하거나 일시적으로 잘못된 자료가 입력되는 경우 시스템의 강인성을 보장하기 어렵다는 단점이 있다. 그러나 표준 칼만필터 이론이 적용 가능하고 구현이 용이하며, 최적해를 제공한다는 장점이 있다. 그림 1은 중앙집중형 칼만필터의 구조를 나타낸다.  $z$ 는 측정치,  $\hat{x}$ 는 추정치,  $p$ 는 공분산을 나타낸다.

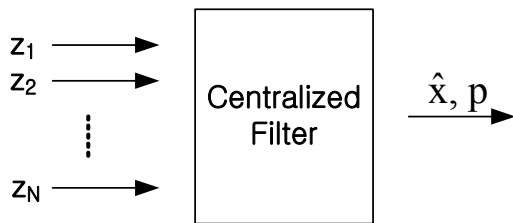


그림 1. 중앙집중형 칼만필터[3]  
Fig. 1. Centralized Kalman filter

분산형 칼만필터는 중앙집중형 칼만필터와 같이 모든 측정치를 하나의 필터에서 처리하는 것이 아니

라, 각 센서의 자료를 각 센서에 할당된 부 필터에서 독립적으로 처리한 후 주 필터에서 다시 자료를 융합하는 방식이다. 즉, 각 레이더 데이터를 부 필터에서 처리하여 상태변수 및 공분산을 추정하고, 이 추정치를 주 필터로 전달하여 전체적인 최적 상태변수를 추정하는 것이다. 그림 2는 분산형 칼만필터의 구조를 나타낸다.

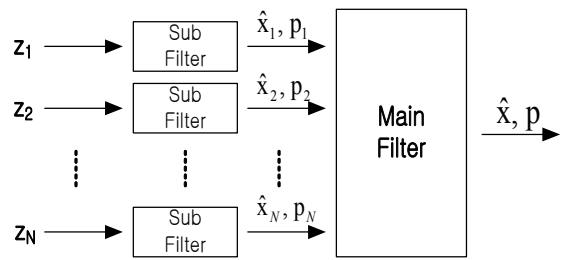


그림 2. 분산형 칼만필터[3]  
Fig. 2. Distributed Kalman filter

연합형 칼만필터는 분산형 칼만필터의 한 형태로 “정보량 분배 법칙(principle of information sharing)”을 각각의 부 필터에 적용한 후 추정치를 융합하여 최적의 추정치를 얻는 것이다. 분산형 칼만필터의 구조와 동일하며, 정보량 분배를 위한 계수  $\gamma$  를 사용하여 추정한다는 점에서 분산형 칼만필터와 차이가 있다.

III. 제안된 다중 레이더 융합 알고리즘

3-1 개념 및 구조

다중 레이더 데이터의 융합 알고리즘에는 칼만필터가 많이 사용되고 있다. 그러나 칼만필터를 사용하게 되면 앞서 언급한 것처럼 급기동하는 항공기에 대해서는 정확한 상태 추정을 할 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 전투기와 같은 급기동 항공기에 적용하여 좋은 성능을 보일 수 있는 IMM 필터를 적용한 분산형 다중 레이더 융합 알고리즘을 제안한다.

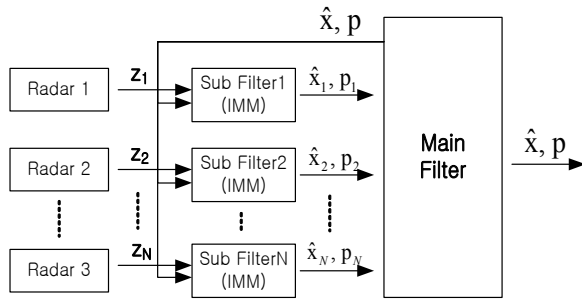


그림 3. 다중 레이더 융합 알고리즘  
Fig. 3. Multi Radar Fusion algorithm

제안된 분산형 다중 레이더 융합 알고리즘 구조는 그림 3과 같으며, N개의 레이더에서 표적을 추적한다고 가정하였다. N개의 레이더 데이터는 각각의 부 필터를 통해 IMM 필터를 이용하여 계산되며, N개의 레이더 데이터에 대한 각각의 추정치와 공분산이 얻어진다. 계산된 추정치와 공분산은 주 필터로 전송되며, 주 필터는 부 필터들의 결과를 취합하여 최종 결과를 도출한다.

3-2 부 필터의 알고리즘

각각의 부 필터는 IMM 필터를 적용하여 레이더로부터 획득한 측정치에 대한 추정치 및 공분산을 계산한다. IMM 필터는 앞서 언급한 바와 같이 다수모형을 사용한 알고리즘 중에서 계산량에 비해 추적성능이 가장 뛰어난 것으로 알려져 있다.

N개의 레이더에서 측정된 측정치는 IMM 필터의 혼합과정을 통해 시간  $t = k - 1$ 에 대한 추정치인  $\tilde{x}_{k-1}^j$ 과  $\tilde{p}_{k-1}^j$ 을 얻을 수 있다. 이 값을 예측과정에 적용하여 시간  $t = k$ 에 대한 추정치인  $\bar{x}_k^j$ 과  $\bar{p}_k^j$ 를 얻을 수 있으며, 쇄신과정을 통해  $\hat{x}_k^j$ 과  $\hat{p}_k^j$ 를 얻는다. 최종적으로 결합과정을 통해 각각의 레이더에 대한 최종 추정치인  $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N$ 과 공분산인  $p_1, p_2, \dots, p_N$ 을 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 결과 값은 주 필터로 전송된다.

3-3 주 필터의 알고리즘

각각의 레이더 부 필터에서 계산된 추정치와 공분

산을 이용하여 융합함으로써 최종적인 추정치와 공분산을 계산할 수 있다. 식 (1)과 식(2)를 이용하여 최종 결과를 계산할 수 있으며, 주 필터의 최종 결과는 부 필터로 피드백되어 다음 예측 단계의 변수로 사용한다.

$$\hat{x} = P[P_1^{-1}\hat{x}_1 + P_2^{-1}\hat{x}_2 + P_3^{-1}\hat{x}_3] \quad (1)$$

$$P = [P_1^{-1} + P_2^{-1} + P_3^{-1}]^{-1} \quad (2)$$

$\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N$ 은 부 필터에서 계산된 각각의 최종 추정치이며, 마찬가지로  $p_1, p_2, \dots, p_N$ 은 부 필터에서 계산된 공분산이다. 주 필터에서 계산된 최종 결과인  $\hat{x}, p$ 는 다시 부 필터로 전송된다.

3-4 레이더 시간 동기화

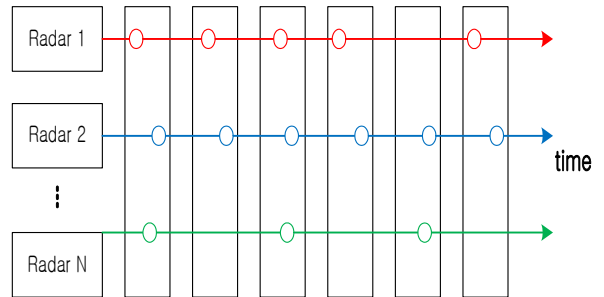


그림 4. 시간 동기화 방법 1  
Fig. 4. Time Synchronization Method 1

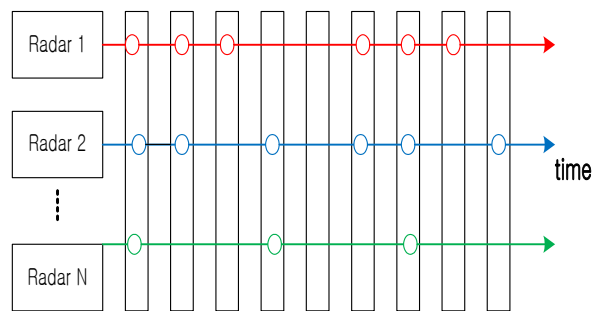


그림 5. 시간 동기화 방법 2  
Fig. 5. Time Synchronization Method 2

제안된 알고리즘은 N개의 레이더에서 측정된 데이터를 이용하여 각각의 추정치와 공분산을 계산하고 결과 값을 주 필터에 전달한다. 그런데 레이더 측

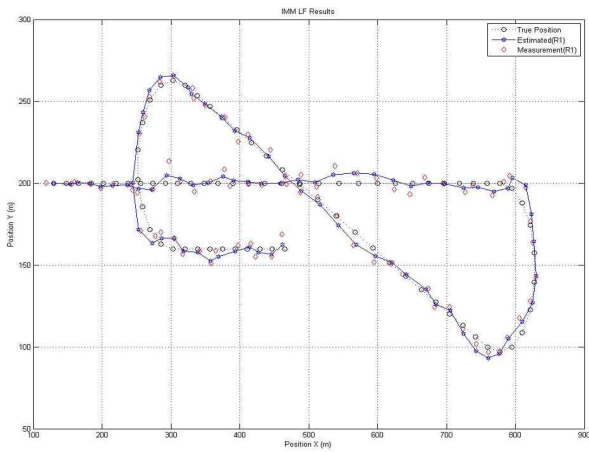
정 주기는 각 레이더마다 차이가 있기 때문에 이를 동기화해야만 주 필터에서 최종 결과 값을 계산할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 동기화 방법은 일정시간에 들어오는 데이터를 같이 처리하는 방식으로 그림 4와 그림 5에 나타나 있다. 그림 4는 시간 간격을 크게 한 경우이고, 그림 5는 시간 간격을 작게 한 경우이다. 그림 4와 같이 시간 간격을 크게 하면 모든 레이더 데이터를 이용하여 항적 융합을 할 수 있는 장점이 있지만, 시간 간격에 따른 지연(delay)이 발생하여 이에 따른 오차가 발생하게 된다. 반면에 그림 5와 같이 시간 간격을 작게 할 경우 지연에 따른 오차는 피할 수 있지만 정해진 시간 간격 내에 레이더 데이터가 들어오지 않거나 데이터가 1개인 프로세스에서는 다중 레이더 융합 알고리즘을 통한

성능 향상을 기대하기 어렵다.

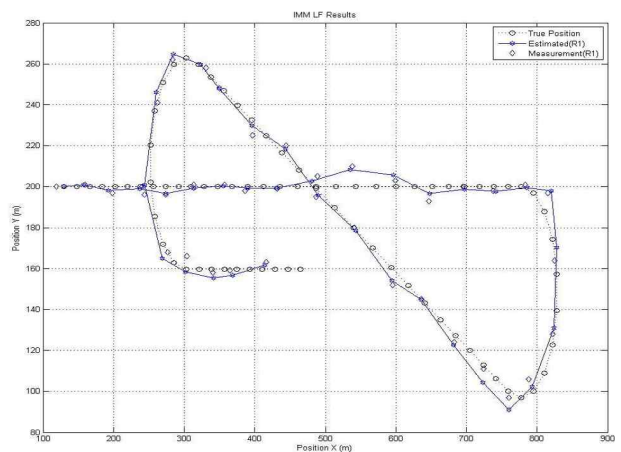
#### IV. 성능분석 및 평가

제안된 알고리즘의 성능분석은 Matlab을 이용하여 수행하였으며, 가상의 레이더 데이터를 이용하였다. 3개의 레이더에서 측정치가 들어오는 상황을 가정하였으며, 각 레이더에서 IMM 필터를 이용하여 추정치를 계산한 후 주 필터에서 3개의 데이터를 융합하였다.

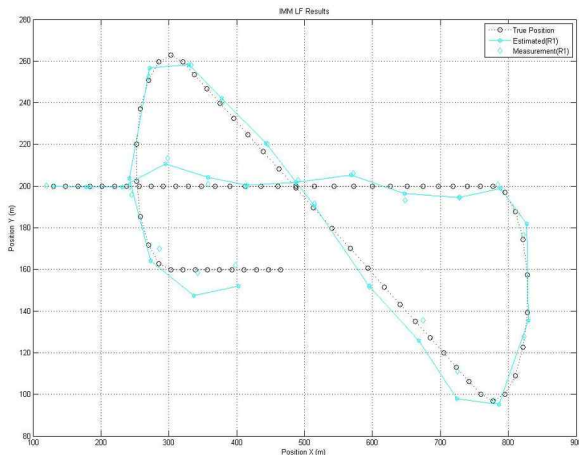
##### 4-1 성능분석을 위한 고려사항



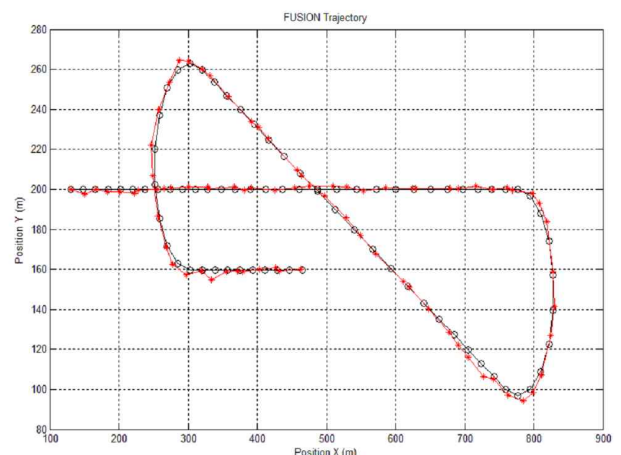
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 시뮬레이션 결과 (a) 부 필터1의 결과, (b) 부 필터 2의 결과, (c) 부 필터 3의 결과, (d) 주 필터의 결과  
 Fig. 6. Simulation Results (a) Sub Filter 1 Results, (b) Sub Filter 2 Results, (c) Sub Filter 3 Results, (d) Main Filter Results

알고리즘 성능분석을 위해 가상의 레이더 데이터를 이용하였으며, 레이더 시간 동기화를 고려하였다.

가상의 레이더 데이터는 3가지로 작성하였으며, 각각의 레이더 데이터 탐지 주기는 1초, 2초, 3초로 모두 다르게 설정하였다. 레이더 1은 부 필터 1, 레이더 2는 부 필터 2, 레이더 3은 부 필터 3에 의해 추정치가 계산된다. 각각의 레이더 데이터는 항적의 참값을 가지고 있으며, 이 값에 랜덤한 노이즈를 더하여 측정치를 생성하였다. 제안된 알고리즘의 다양한 기동에 대한 성능 평가를 위해 등속운동, 가속운동, 선회운동 등이 가상의 레이더 데이터에 포함되었으며, 등속운동 → 가속운동 → 감속운동 → 선회 → 가속운동 → 감속운동 → 선회 → 등속운동 순으로 설정하였다. 각 기동의 지속 시간은 10초이며, 총 80초 간의 기동이 가상의 레이더 데이터에 묘사되어 있다.

항적 융합 주기는 그림 4에 제시된 방법을 토대로 설정하였으며, 매 1초 마다 레이더 데이터를 융합하여 최종 추정치를 산출하였다.

#### 4-2 시뮬레이션 결과

4-1에서 제시한 고려사항을 시뮬레이션에 적용하여 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같으며, x축과 y축은 각각의 위치를 나타낸다. 성능 비교의 기준은 기동 구간에서의 참값과의 오차이다.

그림 6 (a)는 부 필터 1의 결과, (b)는 부 필터 2의 결과, (c)는 부 필터 3의 결과, 그리고 (d)는 주 필터의 시뮬레이션 결과이다. 모든 시뮬레이션 결과의 점선은 항적의 참값을 나타내며, 실선은 IMM 필터를 통해 추정한 결과이다.

부 필터 1은 1초 마다 측정되는 레이더 데이터를 사용하였으며, 부 필터 2는 2초, 부 필터 3은 3초 마다 측정되는 자료를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 결과적으로 3개의 부 필터 중, 1초 마다 측정되는 레이더 데이터를 사용한 부 필터 1의 결과가 최대 오차 8.5m, 평균 오차 3.4m로 가장 좋은 성능을 보였다. 부 필터 2의 최대 오차는 11.2m, 평균 오차는 5.9m이며, 부 필터 3의 최대 오차는 15.4m, 평균 오차는 7.6m이다.

주 필터는 부 필터들로부터 받은 3개의 추정치와 공분산을 융합하는 필터로 1초 마다 융합을 실시하였다. 주 필터에 의해 융합된 추정치와 공분산을 이

용하여 얻은 결과를 부 필터들과 비교해 보면, 주 필터의 결과가 항적의 참값에 매우 근접하다는 것을 확인할 수 있다. 주 필터의 최대 오차는 4.7m, 평균 오차는 2.2m로, 부 필터 중 가장 좋은 결과를 보인 부 필터 1에 비해 최대 오차는 44.8%, 평균 오차는 35.3% 감소하였다.

## V. 결 론

본 논문에서는 급기동 항공기에 적용할 수 있는 IMM 필터를 이용하여, 정밀한 표적 추적이 가능한 다중 레이더 융합 알고리즘을 제시하였다. 급기동 항공기에 칼만필터를 적용하게 되면 항공기의 상태를 제대로 파악하지 못하기 때문에 정확한 위치를 찾을 수 없다. 성능분석에서 보였듯이, IMM 필터를 이용하면 급기동 상황에서도 정밀한 표적 추적이 가능하며, 이를 융합함으로써 보다 정확한 위치를 얻어낼 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 다중 레이더 융합 알고리즘을 통해 항공기 위치 추적의 정밀도와 안정성을 향상시킬 수 있다.

향후에는 레이더 뿐만 아니라 다양한 센서, 특히 ADS-B와 같은 센서를 레이더 자료 등에 융합하는 연구가 필요하고, 급기동 항공기의 실제 레이더 데이터를 이용한 성능분석을 통해 알고리즘의 성능을 검증할 필요가 있다.

## 감사의 글

본 논문은 국토해양부 항공선진화사업의 연구비 지원(과제번호 #07 항공-항행-03)에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] D. Smith and S. Singh, "Approaches to multisensor data fusion in target tracking : A Survey" *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*,

vol. 18, no. 12, pp. 1696-1711, 2006.

- [2] Julio L. R. da Silva, Jose F. B. Brancalion, David Fernandes "Data fusion techniques applied to scenarios including ADS-B and radar sensors for air traffic control", *12th International Conference on Information Fusion, Seattle WA USA*, July 2009.
- [3] Y. Gao, E. J. Krakiwsky, M. A. Abousalem and J. F. McLellan, "Comparison and analysis of centralized, decentralized, and federated filters" *Navigation: Journal of The Institute of Navigation*, vol. 40, no. 1, Spring 1993.
- [4] R. E. Kalman, "A new approach to linear filtering and prediction problems," *J. Basic Eng. Trans. ASME*, vol. 82D, pp. 35-45, 1960.
- [5] H. A. P. Blom and Y. Bar-Shalom, "The interacting multiple model algorithm for systems with Markovian switching coefficients," *IEEE Transactions on Automatic Control*, 33, pp. 780-783, 1988.
- [6] P. S. Maybeck and D. P. Halon, "Performance enhancement of multiple model adaptive estimator," *IEEE Trans. on AES*, vol. 31, pp. 1240-1254. Oct. 1995.
- [7] R. L. Moose, "An adaptive state estimation solution to the maneuvering target problem," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 10, pp. 359-362, 1988.
- [8] 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.
- [9] 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 (趙泰煥)



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

이 창 호 (李昌浩)



2008년 2월 청주대학교 전자공학과 (공학사)  
 2010년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업.  
 2010년~현재 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터네트워크, 무선통신, 병렬 및 분산처리 시스템

김 진 욱 (金鎭煜)



1998년 3월 : 공군사관학교 전자공학과 (공학사)  
 2009년 3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 통합과정  
 관심분야 : 초고주파 레이더, 항공 전자시스템, 항공교통관제시스템

원 인 수 (元仁秀)



2006년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)  
 2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2009년3월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : 비디오 코덱, 비디오 카피 디텍션, 항공교통관제시스템

조 운 현 (曹倫鉉)



2007년 2월 : 인하대학교 전자전기공학부(공학사)  
 2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2009년 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : 항공전자시스템, 항공교통관제시스템, 무인기 시스템



## 박 효 달 (朴孝達)



1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과  
(공학사)

1984년 : (불)국립항공우주대학  
전자공학과(공학석사)

1987년 : (불)국립항공우주대학  
전자공학과(공학박사)

1992년~현재 : 인하대학교  
전자공학과 교수

관심분야 : 초고주파 및 항공전자통신(초고주파 레이더,  
인공위성, 항공통신장비)

## 최 상 방 (崔相昉)



1981년 2월 : 한양대학교 전자공학과  
(공학사)

1988년 : University of washington  
(공학석사)

1990년 : University of washington  
(공학박사)

1991년~현재 : 인하대학교  
전자공학과 교수

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