

# 지형 정보를 사용한 다중 지상 표적 추적 알고리즘의 연구

## Study on Multiple Ground Target Tracking Algorithm Using Geographic Information

김인택, 이응기  
(Intaek Kim and Eung-Gi Lee)

**Abstract** : During the last decade many researches have been working on multiple target tracking problem in the area of radar application. Various approaches have been proposed to solve the tracking problem and the concept of sensor fusion was established as an effort. In this paper, utilization of geographic information for ground target tracking is investigated and performance comparison with the results of applying sensor fusion is described. Geographic information is used in three aspects: association, masking target measurement and restriction of removing true target. Simulation results indicate that using two sensors shows better performance with respect to tracking, but a single sensor with geographic information is a winner in reducing the number of false tracks.

**Keywords** : target tracking algorithm, sensor fusion, geographic information

### I. 서론

다중 표적 추적(multiple target tracking)은 레이다 응용분야에서 주목을 받아온 중요한 문제로 많은 연구가 수행되었다[1-2]. 다중 표적 추적시 발생하는 오경보(false alarm)는 센서 시스템이 가지고 있는 고유의 잡음과 지면의 클러터 등에 의해 발생된다. 오경보는 추적 화면상의 오쾌적(false track)을 발생시킬 뿐만 아니라 불필요한 연산량을 증가시켜 추적 시스템의 성능을 저하시킨다.

이러한 오경보를 줄이기 위한 방법으로 센서 융합(sensor fusion)[3]의 적용을 고려할 수 있다. 이는 다중 센서를 사용함으로써 센서들 간에 존재하는 중복성과 보완적인 특성을 이용하여 각 센서가 가진 불확실성(uncertainty)을 줄이는데 그 목적이 있다. 이와 같은 방법에 의해 저자들은 시도된 바가 있다[4].

연계(association)는 다중 표적 추적에 있어 가장 중요한 요소로 [1-2,5]에서 여러 가지 방법을 소개하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 현재까지는 주로 기동(maneuvering) 정도가 심한 공중 표적에 주로 적용된다. 본 논문에서 다루는 표적은 지상에 존재하기 때문에 공중에서 관측될 때 그 기동 정도가 매우 적다. 따라서 NN(Near-est Neighbor) 기법의 사용이 적절하다.

저자들에 의해 발표된 다중 지상 표적 추적시 지형 정보가 미치는 영향의 연구[4]에서 지형 정보를 센서 융합에 적용했음에도 그 성능의 향상이 거의 없었다. 따라서 본 논문에서는 지형 정보의 효율성을 검증하기 위해, 지형 정보를 사용한 단일 센서의 성능을 단일 센서 및 다중 센서를 사용한 경우와 비교 검토하고자 한다. 공중에서 관찰된 지상 이동 표적을 추적하는데 지형 정보를 적용하여, 발생하는 성능의 변화를 모의 실험을 통해 비

교하는데 있어 본 논문에서는 지형 정보의 획득과 그에 따른 기동도의 계산 등은 다루지 않고 이미 주어졌다는 가정에서 출발한다.

본 논문의 구성으로 다음 절에서 표적 추적에 대해 언급한다. 제 III절에서는 표적 추적에 지형 정보의 적용을 세 가지로 나누어 살펴본다[6]. 이는 제 IV절에 적용할 지형 정보를 이용한 최적의 방법을 찾는다. 제 IV절은 앞 절에서 언급한 지형 정보를 사용한 다중 지상 표적 추적 알고리즘을 단일 센서와 다중 센서를 사용한 추적 알고리즘들과 비교하는 모의 실험을 수행하고 그 실험 결과를 언급하였다. 제 V절에서는 추적 성능을 참쾌적과 오쾌적의 수로 비교하여 살펴본다. 마지막 절은 본 논문에서 수행한 연구에 대한 결과와 그 의미를 서술하고 향후 연구에 대해 제시한다.

### II. 표적 추적

추적(tracking)은 표적의 측정치(measurement)로부터 그 위치에 대한 추정치(estimate)를 얻어 궁극적으로 표적의 궤적(track)을 형성하는 과정이다. 따라서 궤적은 동일 표적에 대한 추정치의 집합으로 표적의 이동 모습을 알려준다. 그림 1은 간단한 추적 알고리즘의 기능적

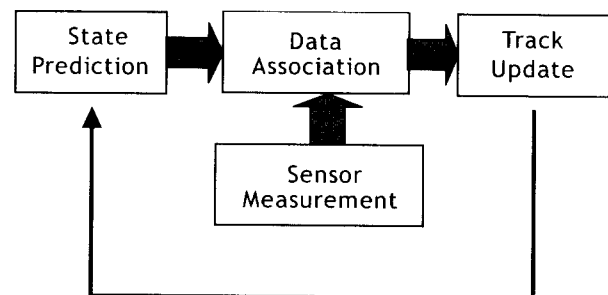


그림 1. 추적 알고리즘의 흐름도.

Fig. 1. Flow of tracking algorithm.

접수일자 : 1999. 3. 29., 수정완료 : 1999. 9. 27

김인택; 명지대학교 전기정보제어공학부 부교수

이응기; 명지대학교 대학원

요소를 보여준다. 추적 알고리즘은 아래와 같은 순서로 이루어진다.

1. 상태 예측(state prediction) : 진행 중인 궤적의 마지막 위치에서 다음 측정치가 발생할 위치를 예측하는 과정이다.
2. 센서 측정(sensor measurement) : 센서의 의해 표적의 위치를 찾아내는 과정이다. 그러나 이 위치 측정에 잡음이 포함되어 있다고 가정한다.
3. 데이터 연계 (data association) : 앞의 상태 예측치에 대해 여러 개의 측정치가 존재한다면 실제 표적에 의한 측정치는 어느 것인가를 찾아내는 과정이다.
4. 궤적 갱신(track update) : 데이터 연계에 의해 결정된 측정치와 예측치를 사용하여 최종적으로 표적의 위치를 알고 궤적으로 등록하는 과정이다.

1 표적 및 센서 모델

센서를 통해 얻는 측정치는 다른 표적이나 지면 클러스터 등과 같은 여러 가지 요인으로 잡음을 포함한다. 표적 추적은 이와 같은 잡음을 포함하는 측정치로부터 표적의 위치를 추정해 내는데, 매 기준시점마다 표적의 위치와 속도를 추정한다. 2차원으로 표현된 표적 모델은 아래의 (1)과 같다[7,8].

$$\begin{aligned}
 X(k+1) &= \begin{bmatrix} x(k+1) \\ y(k+1) \\ \dot{x}(k+1) \\ \dot{y}(k+1) \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ \dot{x}(k) \\ \dot{y}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta t^2/2 & 0 \\ 0 & \Delta t^2/2 \\ \Delta t & 0 \\ 0 & \Delta t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_x(k) \\ w_y(k) \end{bmatrix} \quad (1) \\
 &= FX(k) + Gw(k)
 \end{aligned}$$

여기서 X(k)는 추적할 표적의 상태벡터, Δt는 측정 주기, w(k)는 2차원 성분의 모델 오차를 나타내는 벡터로 일반적으로 N(0, Q(k))인 백색 가우시안 잡음으로 가정한다. 표적에 대한 측정 모델은 아래의 (2)로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 z(k) &= H(k)X(k) + v(k) \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ \dot{x}(k) \\ \dot{y}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_x(k) \\ v_y(k) \end{bmatrix} \quad (2)
 \end{aligned}$$

z(k)는 2차원 센서 측정벡터, H는 측정치 행렬로 측정치와 상태벡터 간의 관계를 알려주며, v(k)는 관측잡음으로 N(0, R(k))에 따른다. 앞에서의 Q(k)와 R(k)는 프로세스 잡음의 공분산(covariance) 행렬이다. 뒤의 모든 실험에서는 각각 diagonal항이 1이며 나머지 항은 0인 행렬을 사용한다.

본 논문에서 센서의 표적 탐지확률과 센서의 오경보

확률은 각각 아래의 (3), (4)와 같다[8].

$$P_b = \exp[-SNR_{TH} / (1 + SNR)] \quad (3)$$

$$P_f = \exp(-SNR_{TH}) \quad (4)$$

여기서 SNR은 센서의 신호 대 잡음비이고 SNR<sub>TH</sub>는 탐지를 위한 SNR의 문턱값이다. 따라서 SNR의 값이 증가하면 표적 탐지확률이 증가하고, SNR<sub>TH</sub>의 값이 증가함에 따라 표적 탐지확률과 오경보확률이 감소한다. 모의 실험에서는 SNR과 SNR<sub>TH</sub>의 값을 변화시켜 센서의 표적 탐지능력과 오경보 발생 빈도를 조절할 수 있다.

2 데이터 연계와 궤적 갱신

센서로부터 측정치가 발생하면 이 측정치를 기존 궤적과의 관련성을 찾아야 한다. 이런 관점에서 측정치는 세 가지의 발생 원인을 가지고 있는데, (1) 추적중인 표적, (2) 새로운 표적, (3) 잡음으로 구분할 수 있다. 측정된 데이터를 기존의 표적이나 궤적의 연장으로 일치시키는 과정을 데이터 연계라 부르며, 정확한 궤적 추적을 수행하는데 핵심적인 부분이다. 이에 대한 다양한 방법들이 [1-2,5]에 설명되어 있으며, 본 논문에서는 NN (Nearest Neighbor) 방법을 사용하여 데이터 연계를 수행하였다. 이와 같은 이유는 공중에서 주기적으로 관측된 지상 표적의 이동정도가 비교적 적기 때문에 알맞은 방법이라 판단되었기 때문이다.

측정치를 바탕으로 연계가 이루어진 궤적은 표적의 다음 측정치의 발생 위치를 예측하게 된다. 이러한 상태 예측(state prediction)은 궁극적으로 측정치와 궤적간의 데이터 연계를 용이하게 한다. 상태 예측을 위해서는 선형 추정자인 칼만 필터를 사용한다. 궤적 갱신은 예측치와 그 예측치에서 가장 가까운 측정치를 사용하여 새로운 궤적을 형성시킨다[4].

3 다중 센서에 의한 다중 표적의 추적 알고리즘

본 논문에서 사용하는 다중 센서에 의한 다중 표적의 추적 방식은 그림 2에 묘사되어 있다. 그림의 상단부에는 센서가 연속적으로 운영되는 방식으로 다중 센서가

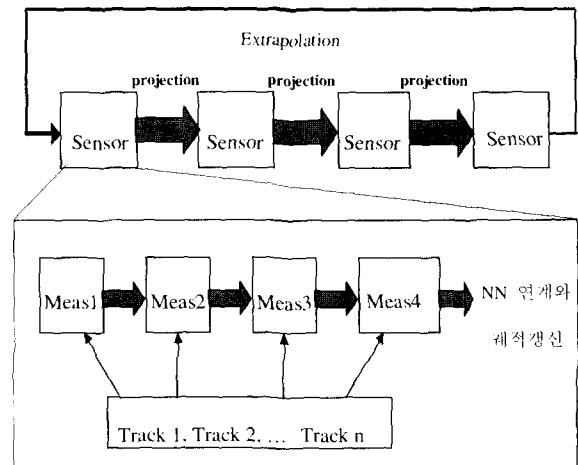


그림 2. 다중센서에 의한 다중표적의 추적 방법.  
Fig. 2. Procedure of multiple target tracking by multi-sensors.

사용되며, 각각의 센서에서는 하단부와 같은 데이터 연계 작업이 이루어진다. 뿐만 아니라 첫 번째 센서의 결과는 두 번째 센서에 예측치와 같은 형태로 투영되어 그림의 마지막 센서에서 비로소 궤적이 확정된다. 다중 센서에 의한 자세한 내용은 [4, 6]에 설명되어 있다.

**III. 지형 정보를 이용한 추적 알고리즘**

지상 표적은 지형 조건에 따라 그 이동 궤적이 결정되므로, 지형 정보를 이용하면 더 나은 궤적 관리와 잡음의 제거가 가능하다. 지형 정보를 이용한 표적 추적에 관한 연구는 보고된 바가 없다. 다만 지형적 환경에 따른 영향을 표현하는데 표적의 존재확률에 의해 확률 밀도의 확산으로 취급한 예가 있다[9]. 본 절에서는 기동도로 표현되는 지형 정보의 특성을 연계에 어떻게 적용할 것인가를 세 가지 측면에서 살펴보고, 이 중 가장 적절한 방법을 선택하여 제 IV절에서 언급할 단일 센서 및 다중 센서에 의한 다중 표적 추적 알고리즘과 비교하고자 한다.

**1 지형 정보의 정의**

지형 정보는 지형의 물리적인 속성에 따라 표적 이동의 용이성, 즉 기동도(mobility)에 의해 표현할 수 있다. 이를 위해 지도를 일정한 크기의 정사각형 셀(cell)로 구분한 다음, 각 셀에 기동도를 0부터 1 사이의 값으로 부여한다.

기동도는 표적의 종류, 표적의 이동 방향에 따라 다른 값을 가지므로 지형의 기하학적인 구조, 지질의 특성, 표적의 이동 특성 등 광범위한 요소들을 반영하여 구하게 된다[10].

그러나 본 논문에서는 기동도가 다중 표적 추적시 미치는 긍정적인 영향이 다른 방법들과 어떻게 비교되는가를 살펴보는 것이 그 목적이다. 따라서 기동도를 구하는 방법은 본 논문에서 다루지 않고, 모의 실험에서는 임의대로 부여된 기동도를 이용하여 표적 추적에 미치는 영향을 살펴본다.

**2. 지형 정보의 적용 방법**

지형 정보의 적용은 오경보와 잡음에 의해 발생하는 오궤적을 줄이는데 그 목적이 있다. 지형 정보를 적용하는데 아래와 같은 세 가지의 방법이 본 논문에서는 고려하였다. 각 방법에 대한 성능은 [6]에서 수행한 바가 있어 그 결과만을 기술한다.

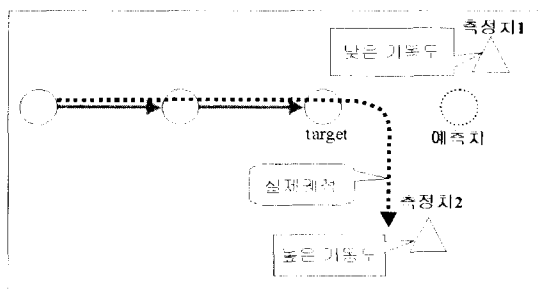


그림 3. 지형 정보에 의한 연계.  
Fig. 3. Association using geographic information.

**2.1 연계에서의 적용**

표적의 예측치와 근접한 곳에 다수 개의 측정치가 존재한다면 이 중 어느 것이 실제 표적에서 발생한 측정치인가를 선택해야 한다. 각 측정치가 발생한 위치에는 추적중인 표적이 가질 수 있는 기동도가 있으므로 이 값을 선택하는 과정에 기동도를 사용할 수 있다. 이것이 연계에서의 적용이다.

위의 그림 3에 나타난 지형 정보에 의한 연계는 현재의 궤적이 track(k)일때 아래와 순서로 수행된다.

1. 측정치와 예측치 간의 Euclidean 거리를 구한다.
2. 앞에서 구한 거리값을, 측정치가 발생한 위치의 기동도로 나눈다. 이때 p번째 측정치에 대해 구한 값을 distance (meas(p))로 표현한다.
3. 앞에서 구한 distance(meas(p)) 중 그 값이 최소가 되는 p 를 n이라 하자.
4. track(k+1) = track(k) + meas(n)으로 갱신한다.

지형 정보를 연계에 적용하는 경우는 예측치 주위에 여러 개의 측정치가 발생할 때 효과적이다. 그러나 실제의 실험에서는 그림 3과 같이 지형 정보를 사용하여 연계가 일어나는 경우가 매우 적어 효과가 작다.

**2.2 기동도에 의한 표적의 제한**

그림 4와 같이 표적의 관측이 일어났을 때 그 위치의 기동도를 구해 특정임계치 이하인 경우, 표적의 초기 궤적 형성을 억제하는 방법이다. 이 방법은 기동도가 낮은 곳에 존재하는 표적에 대해 표적의 추적이 불가능한 경우도 발생할 수 있다. 그러나 기동도가 낮은 곳에서 발생하는 측정치는 오경보일 가능성이 많으므로 오궤적의 발생을 줄여준다.

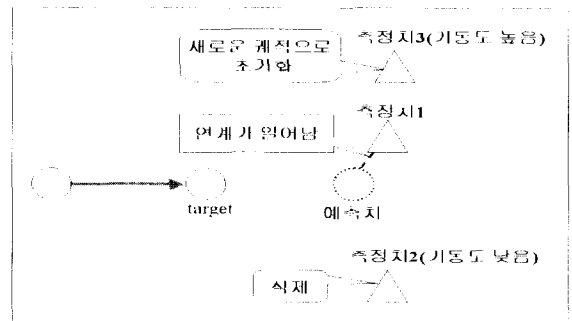


그림 4. 지형 정보에 의한 표적 삭제.  
Fig. 4. Deletion of target using geographic information.

지형 정보에 의한 표적 삭제는 그림 4에 나타난 바와 같이 측정치1은 연계에 의해 궤적으로 등록되고, 기동도가 낮은 지역의 측정치2는 삭제된다. 한편 기동도는 높지만 현재 궤적의 연장선에 있다고 볼 수 없는 측정치3은 새로운 궤적으로 초기화된다. 이 과정을 아래와 같이 요약할 수 있다.

1. 지형 정보에 의한 연계의 순서 1부터 4까지 수행한다.
2. 측정된 위치의 기동도가 임계치\_1보다 높은 경우, 측정치를 새로운 궤적으로 초기화한다.

3. 측정된 위치의 기동도가 임계치<sub>2</sub>보다 낮은 경우, 측정치를 삭제한다.

여기서 임계치<sub>1</sub>과 임계치<sub>2</sub> 표적의 초기화와 삭제를 위한 임계치이다.

2.3 참궤적의 삭제 방지

기존의 추적 알고리즘은 궤적이 일정한 삭제 임계치에 도달하면 더 이상 그 궤적에 대하여 추적하지 않도록 설계되어 있다. 그러나 기동도를 사용하여 삭제 임계치에 도달하더라도 궤적이 좋은 기동도를 가진 곳에 존재하게 되면 삭제하지 않고 추적을 계속 실행하도록 하는 것이다. 그림 5와 같이 표현할 수 있는데 각 궤적은 고유의 궤적 점수(track score)를 가지고 있어 이 값을 삭제 임계치와 비교하면서 추적 여부를 결정한다.

이 방법은 궤적의 연장선상에 측정치가 얼마간 관측되지 않더라도 그 궤적을 보전하기 때문에 참궤적의 수를 증가시키는 효과가 있다.

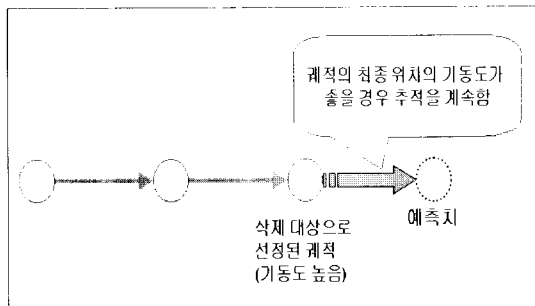


그림 5. 지형 정보에 의한 궤적 삭제 방지.  
Fig. 5. Prevention of deleting track using geographic information.

IV. 모의 실험 및 결과 분석

본 모의 실험에서는 모의 실험은 FUSEDAT[9]를 사용하여 아래의 같은 실험을 수행한다.

- 단일 센서에 의한 표적 추적
- 단일 센서와 지형 정보 (방법III.2.(2)와 III.2.(3))를 사용한 표적 추적
- 다중 센서에 의한 표적 추적

모의 실험에 사용되는 4개의 표적은 각각 40회의 이동 과정을 거쳐 그림 6과 같은 시나리오의 궤적을 형성한다. 따라서 이를 그림 6에서는 True Target Trajectories라고 설명하고 있다. 이 표적의 측정치는 그림 6의 좌우측 하단에 위치한 2개의 MTI(Moving Target Indicator) (S1, S2)에 의해 관측되는 것으로 가정하였다. 센서 MTI는 이동 물체에 대한 위치 또는 속도에 관한 정보를 제공하는데 거리(range)와 방위각(azimuth)의 분해력(resolution)에 차이가 있다. 따라서 두 개의 MTI에서 수직으로 교차되는 위치의 점들이 다른 위치의 점들보다 정확한 측정이 가능하다. 이와 같은 이유로 S1과 S2의 위치를 그림 6과 같이 설정하였다. 다만 단일 센서에 의한 모의 실험에서는 그림 6 좌측 하단의 S1만을 사용한다. 측정치는 (3)과 (4)에 의해 센서의 탐지와 오

경보가 발생된다.

실제로 표적의 이동은 그림 6과 같지만 궤적의 갱신은 칼만 필터에 의해 이루어지며 만일 측정치가 존재한다면 그 측정치를 사용하여 갱신하고 그렇지 않은 경우는 (1)에서 표현된 표적의 동력학식에 의해 갱신한다.

그림 7은 그림 6의 시나리오에서 발생된 측정치를 좌측 하단에 존재하는 S1에 의해 40회에 걸쳐 관측된 위치를 보여주고 있다. 그림 7이 그림 6과의 차이는 센서의 모델에 따른 탐지 확률과 오경보 확률에 기인한다 (SNR=SNR<sub>TH</sub>=10dB). 탐지 확률이 1, 오경보 확률이 0이면 그림 6과 7은 동일해진다.

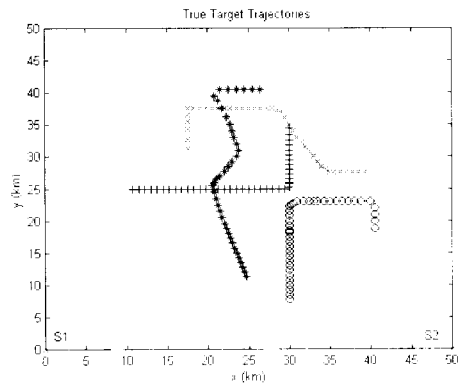


그림 6. 모의 실험에 사용된 표적의 궤적.  
Fig. 6. True target trajectories used in simulation.

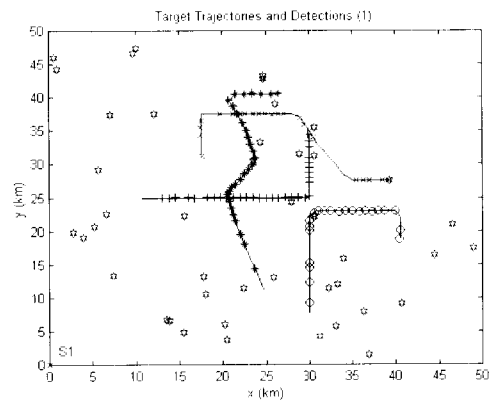


그림 7. 단일 센서의 측정치.  
Fig. 7. Measurements by a single sensor.

1 기동도 부여

그림 6의 지도를 50×50의 셀로 나누어 셀마다 정해진 기동도를 부여한다. 기동도는 실제 지형적 특성 및 표적의 종류에 따라 그 값을 부여하여야 한다. 그러나 본 모의 실험은 가상적인 지형에서 기동도를 가지고 있다는 가정에서 수행한다. 따라서 그림 6의 표적의 궤적에는 1의 기동도를 부여했으며 표적이 지나지 않는 위치는 매우 적은 값(0.01~0.1)을 부여했다. 이러한 기동도는 지형 정보와 단일 센서를 사용한 다중 표적 추적에만 사용한다.

2 단일 센서를 사용한 다중 표적 추적

단일 센서를 사용한 추적으로 센서의 성능을 다양하게 설정하여 모의실험을 수행하였다. 그림 7은 그 중 SNR 값과  $SNR_{III}$  값을 각각 10dB와 10dB로 설정한 경우 측정치의 발생을 보여주고 있다.

한편 그림 8은 단일 센서의 결과를 사용한 칼만 필터의 추적의 결과와 추정된 궤적이 참궤적과 오궤적으로 나누어 추적성능을 보여준다. 그림에서 보여준 모든 점들은 일단 궤적으로 등록된 위치이다.

그림 8 (a)는 그림 7과 같이 발생한 측정치로부터 추적 알고리즘에 의해 궤적으로 등록된 위치를 보여준다. 자세히 살펴보면 측정치의 한 두 주기 동안은 궤적으로 등록되기 때문에 그림 6의 실제 궤적 (true track)이외에서 발생한 측정치도 참궤적(good track)으로 간주하고 있음을 알 수 있다. 또한 측정되지 않은 기간동안 궤적이 끊어지고 급격한 방향 전환이 이루어지는 부분도 상당히 추적이 어려움을 알 수 있다. 여

기서 참궤적이란 추적알고리즘이 판단할 때 그림 6의 시나리오에 나타난 궤적에 근접한 실제로 표적이 지나간다고 추정되는 위치들의 집합이다. 한편 오궤적은 오경보에 의해 발생한 한시적인 궤적으로 실제의 궤적과는 상이하다. 그림 8 (b)의 상단의 두 개의 그림은 참궤적과 오궤적의 수로 (a)에서 궤적으로 추정된 측정치가 각각 참궤적 또는 오궤적에 속하는 개수를 표현한다. 예를 들면 7개의 측정치가 발생했을 때, 이 7개의 측정치를 살펴보면 3개가 참궤적에 그리고 나머지 4개가 오궤적에 속할 수 있다. 그림 8 (b) 하단의 두 개의 그림은 10회의 반복된 실험을 통해 얻은 값을 의미하고 있다. 따라서 참궤적 확률이 1이라 함은 참궤적의 수가 4로 등록된 경우를 말한다. 이와 같은 설명은 그림 9와 10에도 동일하게 적용된다.

3 단일 센서와 지형 정보를 사용한 다중 표적 추적

이 부분의 실험은 앞의 III.2에서 긍정적인 결과가 나오는 두 가지 방법, 즉 표적의 제한 방법과 참궤적의 삭제 방지 방법을 동시에 사용하였다.

그림 9 (a)를 살펴보면, 표적의 제한으로 인해 그림 7

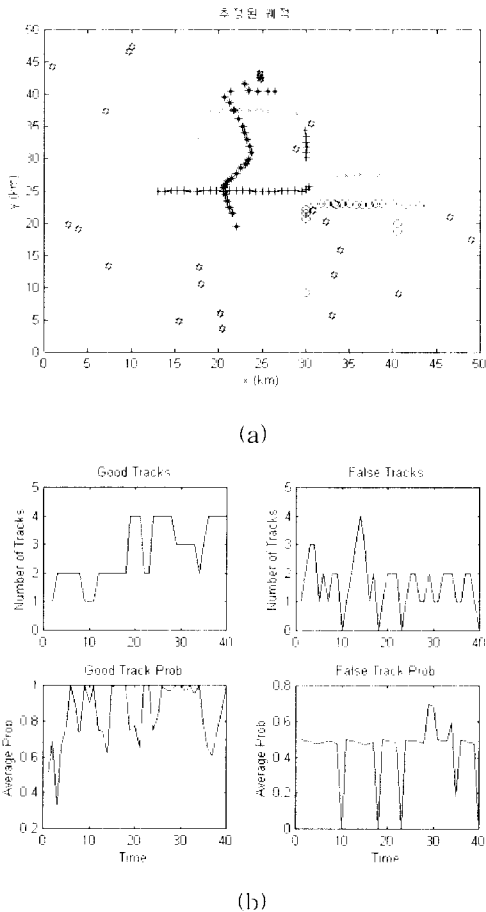


그림 8. (a)단일 센서에 의한 표적 추적, (b) 궤적의 수와 확률 (상단의 두 그래프는 각각 참궤적과 오궤적의 수를 (a)에서 얻은 결과이며, 하단의 그래프는 상단의 그래프를 10회 반복하여 얻은 결과의 평균값임).

Fig. 8. (a) Tracking using a single sensor, (b) the number of tracks and probabilities.

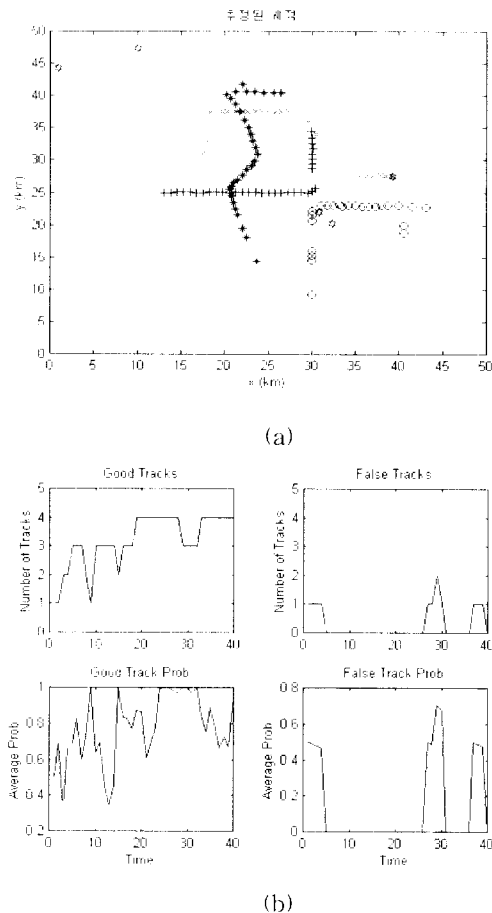


그림 9. (a) 단일 센서와 지형 정보를 사용한 표적 추적, (b) 궤적의 수와 확률.

Fig. 9. Tracking using a single sensor and geographic information, (b) the number of tracks and probabilities.

에서 측정된 고립된 위치가 궤적으로 등록되지 않고 있으며, 궤적에서도 더 나은 연속성을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 이는 III.2에서 설명한 참궤적의 삭제 방지 방법에 의한 영향에 기인한 것이다.

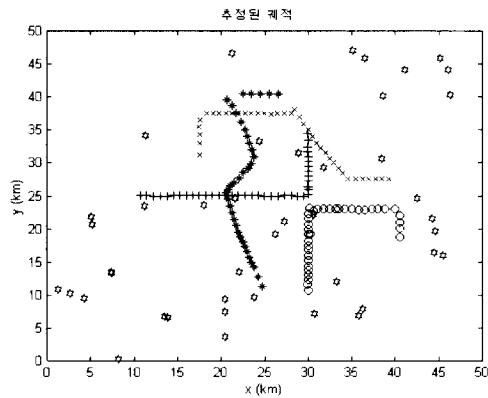
한편 표적의 제한 방법이 주는 장점은 그림 9 (b)에서 발견할 수 있듯이 오궤적의 수가 많이 감소되었다.

4 다중 센서를 사용한 다중 표적 추적

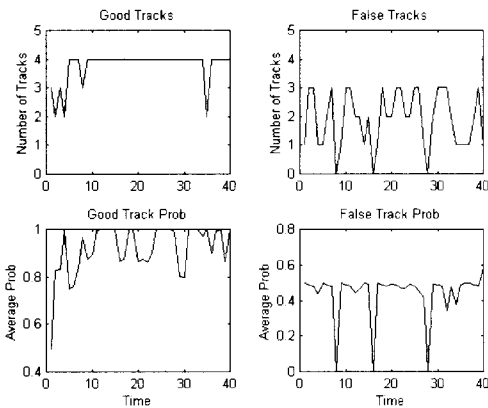
그림 2에서 나타난 방법으로 다중 센서를 사용하여 다중 표적 추적의 모의 실험을 수행하였다. 이 경우는 단일 센서를 사용한 경우와 마찬가지로 지형 정보를 사용하지 않는다. 각 센서가 동일한 성능을 가지고 있으며, 센서의 관측은 그림 6의 하단에 표현된 S1과 S2에서 동시에 실행되는 것으로 가정하였다.

다중 센서를 사용하는 융합의 장점은 한 개의 센서가 표적을 관측하지 못하더라도, 다른 한 센서가 관측하여 보정해 줄 수 있다는 점이다. 이러한 효과는 그림 10 (a)을 살펴보면 쉽게 설명되듯이 궤적의 연속성이 매우 뛰어나다.

한편 두 개의 센서를 사용하기 때문에, 대부분의 관측치가 초기에는 궤적으로 등록된다. 따라서 그림 10 (b)



(a)



(b)

그림 10. (a)다중 센서에 의한 표적 추적, (b) 궤적의 수와 확률.

Fig. 10. (a) Tracking using multiple sensors, (b) the number of tracks and probabilities.

에서는 오궤적의 수가 증가하는 것을 살펴 볼 수 있다. 센서 융합을 사용한 추적 시스템의 추적 결과는 앞서 실행된 두 개의 추적시스템에 비해 궤적의 누락되는 측정치의 개수가 적어 향상된 추적 성능을 보여준다. 특히 참궤적의 수를 살펴보면 대부분의 실행 시간동안 4개의 궤적이 존재하는데 실제 궤적 수가 4개이므로 성능면에서 다른 두 가지의 경우보다 낫다고 볼 수 있다. 그러나 단점으로는 오경보에 의한 오궤적의 생성률이 그림 9의 지형 정보를 적용한 경우보다 높다.

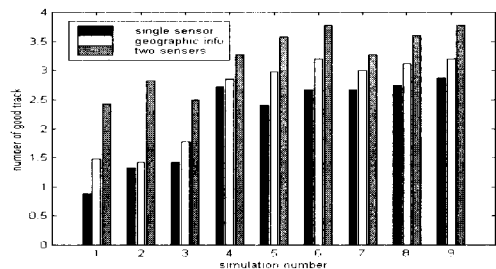
V. 추적 성능의 비교 및 평가

앞 장에서 실행한 모의실험을 살펴보면, 지형 정보의 사용은 오궤적의 수를 감소시키는 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다. 그러나 일반적인 결론을 도출하기 위하여 SNR,  $SNR_{TH}$ 의 값을 변화시켜 참궤적과 오궤적의 수를 중심으로 단일 센서, 지형정보를 이용한 단일 센서, 그리고 다중(두 개의) 센서에 의한 융합 방법을 비교하였다.

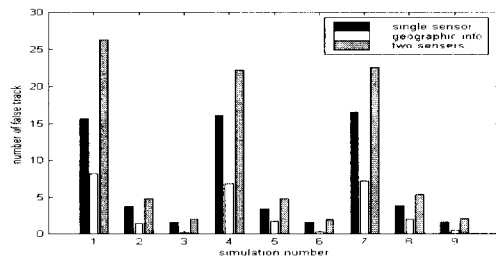
이를 위한 모의실험의 환경은 SNR의 값을 10, 20, 30 dB로 설정한 후 각각의 경우에 대하여  $SNR_{TH}$ 의 값을 6, 8, 10 dB로 변화시켜 9 종류의 결과를 얻었다. 즉, 그림 9에서 SNR의 값을 10dB 일 때  $SNR_{TH}$ 의 값이 6, 8, 10 dB의 조건에서 얻은 것이 simulation number 1, 2, 3에 해당한다.

그림 11로부터 다음과 같은 사실을 요약할 수 있다.

- 동일한 SNR의 환경에서  $SNR_{TH}$ 의 증가는 오궤적의 수를 감소시킨다. 참궤적의 수도 매우 미미하지만 증



(a)



(b)

그림 11. 각 추적 방법의 (a)참궤적의 수와 (b) 오궤적의 수 비교 (single sensor : 단일 센서 사용시, geographic info : 단일 센서와 지형 정보 사용시, two sensor : 다중 센서 사용시를 의미함).

Fig. 11. Comparisons of (a) the number of good tracks and (b) that of false tracks.

가하는 경향이 있다. 이와 같은 사실은 탐지확률과 오경보확률을 표현하는 식(3)과 (4)에 의해 당연한 결과이다.

- 세 가지의 방법을 실험한 결과, 참례적의 탐지 능력은 다중 센서를 사용한 경우가 가장 우수하다. 한편, 오례적의 발생 빈도를 고려하면 지형정보를 이용한 경우가 가장 효과적임을 알 수 있다.

- 단일 센서를 사용한 경우는  $SNR_{\text{TH}}$ 의 증가가 오례적 감소에 큰 영향을 끼치며 다른 두 방법에 비해 절대적으로 그 성능이 떨어진다.

- 그림 11의 결과를 이용하여 어느 방법이 우수한가를 판단하는 것은 성능 평가의 척도가 무엇인가에 의해 결정될 사항이다. 예를 들어, 연산능력이 뛰어난 시스템에서 적용될 문제라면 오경보가 다소 발견되더라도 쾌적의 연속성이 뛰어난 다중 센서를 사용한 경우가 유리하다. 그러나 연산능력과 메모리의 제한을 받는 경우는 단일 센서와 지형 정보를 사용한 경우가 더 나을 수도 있다. 이러한 경우도 지형 정보를 몇 가지의 형태로 표현하는가에 따라 선택 방법이 달라질 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 지형 정보를 단일 센서와 함께 사용하여 다중 표적 추적 방법을 제안하고, 단일 센서 및 다중 센서를 사용한 방법들과 비교하여 어떤 성능의 차이가 있는지 살펴 보았다.

지형 정보를 사용하면 오례적의 수가 감소하여 연계의 정확성 및 연산의 효율성을 높여주는 장점이 있다. 그러나 지형 정보를 사용하더라도 두 개의 센서 정보를 융합한 경우에 비해 추적시스템의 정확도가 떨어지는 경향을 보여 주었다. 이것은 센서 융합의 보완적인 특성이 매우 뛰어나기 때문이며, 사용되는 지형 정보의 질에도 관련이 있다고 판단된다.

지형 정보의 사용은 또 하나의 센서를 사용하는 것으로 간주할 수 있다. 그러므로 단일 센서를 사용하는 경우에 있어 지형 정보의 사용은 추적 시스템의 성능을 향상시키기 때문에 실전에서 운영되는 센서의 수를 줄여 비용의 감소를 가져올 수 있는 근거가 될 수 있다는 점에서 의미가 있다.

다중 센서에 지형 정보를 사용한 경우는 다중 센서만을 사용한 경우보다 더 나은 성능을 발휘하리라 예상되어 [4]의 연구를 수행한 바가 있다. 그러나 먼저 지형 정보(연계에 적용한 경우)와 다중 센서를 사용한 경우는 다중 센서만을 사용한 경우에 비해 거의 성능의 차이가

없음을 보여 주었다. 또 같은 논문에서 표적 제한을 위한 지형 정보로 사용한 경우는 다중 센서만을 사용한 경우에 비해 오례적의 수를 감소시키는 결과를 가져왔다. 이와 같이 다중 센서의 사용에도 불구하고 만족할 만한 성능의 향상을 가져오지 못한 것이 서론에서 언급한 본 연구를 수행하게 된 계기가 되었다.

결론적으로 본 논문의 얻은 결과를 종합하여 볼 때, 지형 정보의 적용을 표적의 제한과 참례적의 삭제방지의 측면을 극대화하여 다중 센서에 적용하면 좋은 결과를 가져오리라 예상된다. 향후의 중요한 연구 과제로, 본 논문에서는 임의로 가정한, 지형 정보로부터 기동도를 도출하는 문제를 제시할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] S. S. Blackman, *Multiple-Target Tracking with Radar Applications*, Artech House, Dedham, MA, 1986.
- [2] Y. Bar-Shalom Ed., *Multitarget-Multisensor Tracking: Applications and Advances* vol. 2, Artech House, Norwood, MA, 1992
- [3] E. Waltz and J. Llinas, *Multisensor Data Fusion*, Artech House, Norwood, MA, 1990.
- [4] 김인택, 이용기, 김용수, "다중 센서에 의한 다중 지상 표적 추적시 지형정보가 미치는 영향," 한국항공학회 논문지 제2권 제1호, pp. 43-52, 1998. 8.
- [5] 임상석, "다중 기동 표적에 대한 추적 방식의 비교," 한국항공학회 논문지 제1권 제1호, pp. 35-46, 1997. 12.
- [6] 이용기, "지형정보를 사용한 다중 표적 추적 알고리즘의 개발," 명지대학교 석사논문, 1999. 2.
- [7] Y. Bar-shalom and Xiao-Rong Li, *Estimation and Tracking: Principles, Techniques, and Software*, Artech House, Norwood, MA, 1993.
- [8] K. C. Chang and Y. Bar-shalom, "FUSEDAT: A software package for fusion and data association and tracking with multiple sensors," *SPIE* vol. 2235, pp. 497-506, 1994.
- [9] P. O. Nougues and D. E. Brown, "The fusion of remotely sensed data and geographic information for object tracking," *SPIE* vol. 2233, pp. 12-20, 1994.
- [10] IBM corporation, "Intelligence preparation of the battlefield(software functional description)," 1990.



### 김 인택

1960년 12월 25일생. 1984년 서울대학교 전자공학과(공학사), 1986년 서울대학교 전자공학과(공학석사), 1992년 Georgia Institute of Technology, Electrical Engineering (공학 박사), 1993년-1994년 LG전자 종합기술원 선임연구원, 1995년-현재 명지대학교 전기정보제어공학부 부교수. 관심분야는 센서융합, Intelligent Transportation Systems, 멀티미디어 신호처리, 퍼지 논리.

### 이 응 기

1997년 명지대학교 제어계측공학과(공학사), 1999년 명지대학교 제어계측공학과(공학석사), 현 군복무중. 관심분야는 센서 융합, 퍼지 논리.