

# 다중 센서에 의한 다중 지상 표적 추적시 지형 정보가 미치는 영향

## Effects of Geographic Information on the Performance of Multiple Ground Target Tracking System Using Multiple Sensors

김인택\*, 이응기\*, 김응수\*\*

In-Teak Kim\*, Eung-Gi Lee\*, and Woong-Su Kim\*\*

### 요 약

본 논문에서는 다중 센서를 사용하는 센서 융합 환경에서 지형 정보의 사용이 다중 지상 표적 추적 성능에 어떠한 영향을 미치는가를 조사하였다. 지형 정보의 사용을 연계시와 표적의 발생을 제한하는 두 가지 경우에 대해 적용하였다. 전자의 경우는 거의 영향이 없었으나 후자의 경우는 오궤적의 수가 줄어드는 긍정적인 결과를 가져왔다. 결론적으로 지형 정보의 사용은 부가적인 센서의 운영으로 간주할 수 있기 때문에 좀 더 조심스러운 지형 정보의 사용이 요구된다.

### Abstract

In this paper, we have investigated the effects of geographic information on the performance of multiple ground target tracking system using multiple sensors. Geographic information is utilized in two cases: association and masking target measurement. Virtually no improvement is observed to the overall performance of tracking system when we applied mobility to the association procedure. Masking target measurement based on mobility produces desirable result that the number of false tracks is reduced. Since geographic information can be regarded as an additional sensor in sensor fusion paradigm, careful usage is required.

### I. 서 론

센서 융합(sensor fusion)[1]으로 표현되는 다중센서의 사용은 센서들이 가진 중복적(redundant)이며 보완적(complementary) 특성을 효과적으로 사용하는데 그 목적이 있다. 이와 같은 이유로 센서 융합은 1980년대 이후 방위산업 관련기관

에서 많은 연구가 수행되었으며, 주된 목표는 표적의 식별 및 추적 수행의 정확도를 향상시키는 것이다. 군사적인 목적 이외 로봇[2],[3], 생산라인[4], 영상인식[5],[6] 등과 같이 산업체에서도 작업 효율성의 제고를 위한 연구가 진행되고 있다.

다중 센서에 의한 표적 추적은 각 센서가 가진 표적에 대한 불확실성(uncertainty)을 줄이는데 있다. 이는 표적의 식별 또는 위치에 대한 정확한

\*명지대학교 전기제어계측공학부(Dept. of Control & Instrumentation Eng., Myongji Univ.)

\*\*국방과학연구소(Agency for Defence Development)

· 논문번호 : 98-1-5

· 접수일자 : 1998년 6월 8일

정보를 제공하기 때문에 전시상황에서는 매우 중요한 요소가 된다. 다중 센서의 사용은 여러 개의 유용한 데이터를 사용하여 데이터의 연계(association)의 정확성을 높이는데 결정적인 역할을 수행한다. 예를 들어 레이더로부터 입력되는 거리(range)와 IR로부터 얻는 방위각 정보(angular information)를 이용하면, 연계시 생기는 불확실성을 줄여, 표적 추적 성능을 향상시킬 수 있다.

다중 표적 추적(multiple target tracking)은 레이다 응용분야에서 주목을 받아온 분야이며 수많은 연구가 진행되었는데 그 예가 [7],[8]에 잘 서술되어 있다. 다중 표적 추적시 발생하는 문제는 센서 시스템이 가지는 고유의 잡음뿐만 아니라, 오경보(false alarm)에 의해 오궤적의 생성에 있다. 이러한 오궤적은 추적 시스템의 불필요한 연산량을 증가시켜 성능의 저하뿐만 아니라, 궁극적으로는 부정확한 궤적을 만들어 낸다. 또한 다중 표적이므로 기동(maneuvering) 정도가 심한 표적의 경우도 오경보를 궤적으로 취급하는 문제가 발생한다. 이를 위한 기동 표적 추적 방법으로는 비확률적인(non-probabilistic) 방법인 NN(Nearest Neighbor)기법과 조건부 확률의 베이저안 방법(Bayesian method)에 의거한 MHT(Multiple Hypothesis Tracking)와 PDA(Probabilistic Data Association)등이 존재하는데 이에 대한 설명은 [7]-[9] 등에 자세히 설명되어 있다.

앞에서 설명한 다중 센서에 의한 다중 표적 추적은 이동 정도가 높은 공중 표적에 주로 적용되는 반면, 본 논문에서는 공중에서 바라본 지상 이동 표적을 추적하는데 지형 정보의 영향을 언급한다. 지상 이동 표적의 추적은 상황 평가(situation assessment)와 위협도 평가(threat assessment)를 위한 기초 자료로서 활용도가 높기 때문에 C<sup>3</sup>I(Command, Control, Communication and Intelligence) 임무 수행에 중요한 요소가 될 수 있다. 지형 정보의 사용은 지상 표적이 이동시, 표적이 이동 가능한 범위를 제한함으로써 효과적인 궤적관리를 목적으로 하고 있다. 예를 들어, 이동 표적 존재 가능성이 희박한 곳에서 발생하는 경보에 대해서 효과적인 사전 처리(preprocessing)를 함으로써 오

궤적의 생성을 차단할 수 있다. 이는 결국 연산량을 줄일 뿐만 아니라 오궤적의 발생 또한 감소시키려는 예상이 가능하다.

본 논문에서는 다중 센서가 다중 지상 표적 추적시 지형 정보가 미치는 영향을 밝히기 위해, 평가의 척도로 참궤적(true track)과 오궤적(false track)의 수를 조사하여 지형 정보의 유용성을 추론한다. 이를 위한 본 논문의 내용으로 제2절에서 본 논문에서 사용하는 표적 추적 방식인 NN 연계 방법을 설명하고 제3절에서는 지상 표적 추적에 지형 정보를 어떻게 적용하는가를 살펴본다. 이를 위한 시뮬레이션과 그 결과에 대한 고찰이 제4절에 언급되며, 마지막 절에서는 본 논문에서 얻은 결과와 이를 이용한 향후의 연구에 대해 제시하고자 한다.

## II. 표적 추적

추적(tracking)은 현상태 또는 현위치에 대한 추정치(estimate)를 표적으로부터 얻은 측정치에서 얻어내는 과정이다. 이 결과로 발생한 궤적(track)은 동일 표적에 대한 추정치의 집합으로부터 추정된 상태 또는 위치의 이동을 나타낸다.

### 2-1 표적 및 센서 모델

2차원 공간에서 표적 추적을 위한 표적의 모델은 일반적으로 아래와 같은 선형동력학식에 의해 표현될 수 있다[9].

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} x(k+1) \\ y(k+1) \\ x(k+1) \\ y(k+1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ x(k) \\ y(k) \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 & + \begin{bmatrix} \Delta t^2/2 & 0 \\ 0 & \Delta t^2/2 \\ \Delta t & 0 \\ 0 & \Delta t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_x(k) \\ w_y(k) \end{bmatrix} \\
 & = F_x(k) + G_w(k)
 \end{aligned}$$

여기서  $(x, y)$ 는 위치를 나타내는 상태변수이며,  $(w_x, w_y)$ 는 외부에서의 입력,  $\Delta t$ 는 시간 간격을 의미한다.

본 논문에서는 측정치 생성을 위하여 FUSED-AT[12]에 있는 MTI 센서 모듈을 사용하였으며 센서 모델을 위한 탐지확률(detection probability)과 센서의 오경보확률(false alarm probability)은 각각  $P_D = \exp\left(\frac{SNR}{1+SNR}\right)$ ,  $P_F = \exp(-SNR)$ 로 표현되는데 여기서  $SNR_{TH}$ 는 탐지가 가능한  $SNR$ 의 문턱값이며 이러한 값들의 설정에 의해서 오경보의 생성 빈도를 조절할 수 있다.

2-2 추적 알고리즘의 구성

추적 알고리즘의 구성을 보여주는 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

센서의 측정치(sensor measurement)가 발생하면 이 측정치가 기존의 어떤 궤적에 속하는 것인가를 결정해야 한다. 이러한 과정을 데이터 연계(data association)라고 부르며, 성공적인 데이터 연계는 정확한 표적 궤적을 유지(track update)하는데 결정적인 역할을 수행한다. 데이터 연계에는 서론에서 언급하였던 NN, MHT, PDA 등이 사용되는데 본 논문에서는 NN기법을 사용한다. 측정치를 바탕으로 연계가 이루어진 궤적은 다음 측정치 표적의 발생 위치를 예측하게 된다. 이러한 상태 예측(state prediction)은 궁극적으로 측정치와 궤적간의 데이터 연계를 용이하게 한다. 상태 예측을 위해서는 선형 추정자(linear estimator)로 Kalman 필터를 사용한다. 잘 알려진 바와 같이, Kalman 필터는 표적의 동력학과 측정 잡음에 대한 정확한 모델이 존재할 때 예측치와 실제치 간의 평균제곱 오차

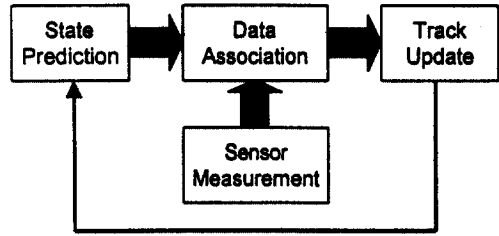


그림 1. 추적 알고리즘  
Fig. 1. Tracking algorithm.

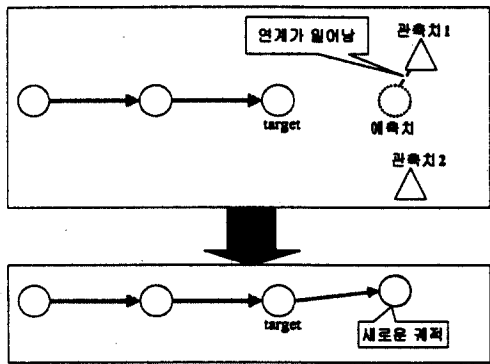


그림 2. 새로운 궤적의 형성 과정  
Fig. 2. Updating new track.

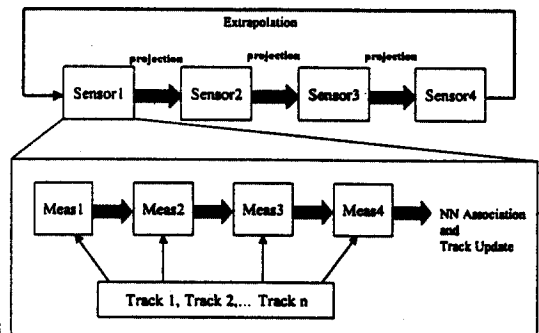


그림 3. 다중표적 추적 알고리즘  
Fig. 3. Multiple target tracking algorithm.

(mean-squared error)를 최소화시킨다. 따라서 예측치를 중심으로 몇 개의 측정치가 발생한 경우, 어떤 측정치가 궤적에 가까운가를 알려주므로 데이터

연계의 정확성을 높일 수 있다. 그림 2는 궤적, 예측치, 그리고 측정치와의 관계에서 새로운 궤적의 형성과정을 보여 준다.

2-3 다중 센서에 의한 다중 표적의 추적 알고리즘

본 논문에서 사용하는 다중 센서에 의한 다중 표적의 추적 방식은 그림 3에 묘사되어 있다.

그림 3의 상단부에는 센서가 연속적으로 운영되는 방식으로 다중 센서가 사용되며, 하단부에서는 여러 개의 궤적들이 다중 표적의 궤적임을 보여준다. 다중 센서에서 일어나는 연계와 마지막 센서에서 발생하는 Kalman필터에 의한 예측치는, 그림 4(a)와 같이, 센서 1의 측정치와 함께 데이터 연계와 상태 갱신(state update)을 가능하게 한다. 이에 대한 결과로 센서 1에서는 센서 2에 수정된 궤적을 예측치로 제공한다. 센서 2는 앞에서 얻은 예측치와 측정치를 이용하여 데이터 연계와 상태 갱신으로 또 다른 예측치를 다음의 센서에 제공한다.

이와 같은 과정이 반복되면, 그림 3의 센서 2, 센서 3, 센서 4에서 얻은 측정치는 같은 시간에서 얻

은 것이므로 최종센서에서 일어나는 상태 갱신은 표적의 궤적으로 확정된다. 따라서 각 센서에서는 앞 센서에서 얻은 예측치(상태 갱신)와 측정치를 사용하여 새로운 예측치를 발생시켜 다음에 오는 센서에 전하는 역할을 한다. 그러나 진정한 의미의 예측은 그림 4(b)와 같이 측정시간이 다른 마지막 센서(센서 4)에서 처음 센서(센서 1)로 수행과정이 넘어갈 때 일어나게 된다.

III. 지형 정보에 의한 지상 표적 추적

지상 표적은 지형 정보에 매우 민감하므로, 지형 정보를 이용하면 센서가 발생하는 여러 가지 형태의 잡음을 효과적으로 처리할 수 있는 가능성이 있다. 그러므로 지형 정보는 센서 융합이라는 패러다임 속에서 운영되는 또 다른 하나의 센서라고 간주할 수 있다. 이러한 지형 정보의 유용성은 직관적으로는 그 타당성이 있으나, 그 효율성을 극대화하는 데는 고려해야 할 점들이 존재한다. 종래 지형 정보를 이용한 표적 추적에 관한 연구로 별로 보고된 바 없으나 지형적 환경에 따른 영향을 물체의 존재 확률을 확률 밀도의 확산으로 구한 논문이 있다

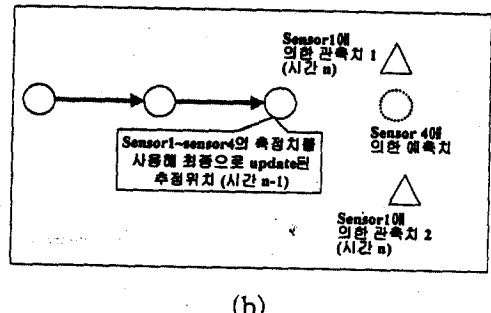
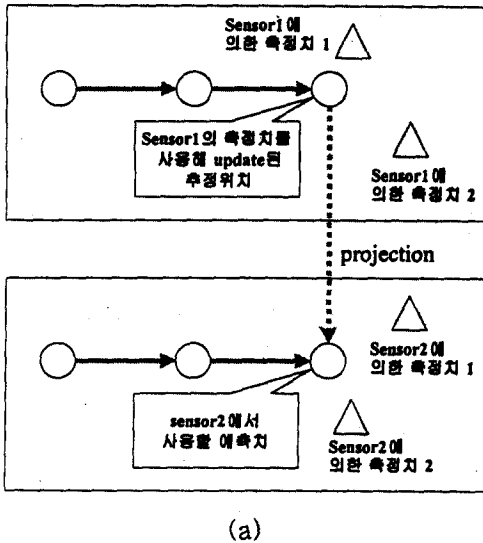


그림 4. 상태 갱신  
Fig. 4. State update.

[11].

### 3-1 지형 정보의 정의

본 논문에서 언급하는 지형 정보는 지형의 물리적인 성질에 따라 표적이 얼마만큼 쉽게 이동할 수 있는가를 설명한다. 지형 정보를 나타내기 위해서는 지도를 정사각형의 셀(cell)로 나눈 다음, 각 셀에 이동의 용이함을 표현하는 기동도(mobility)를 0부터 1사이의 값으로 부여한다. 이러한 기동도는 표적의 종류, 표적의 이동 방향에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 예를 들어, 산악환경에서 이동이 가능한 장비와 도로만을 다닐 수 있는 장비는 각각 다른 기동도를 가지며, 동일 표적이 동일한 장소에서도 경사면을 올라가는 경우와 내려오는 경우 또한 각각 다른 기동도를 가지게 된다. 이와 같이 지형 정보는 지형의 기하학적인 구조, 지질의 특성, 표적의 이동 특성 등 광범위한 요소들을 반영하여 구하게 된다[13]. 그러나 본 논문에서는 문제를 간단하게 하기 위해 표적의 기동도를 표적의 이동방향과 관계없이 동일하게 취급하였다.

### 3-2 지형 정보의 적용 방법

지형 정보의 적용은 궁극적으로 오경보에 의해 발생하는 불필요한 연산을 줄임으로써 추적알고리즘의 효율을 향상시키는데 그 목적이 있다. 지형 정보를 적용하는 데는 두 가지의 방법으로 구현이 가능한데 하나는 연계에서의 적용이며, 나머지는 기동도에 의해 표적을 제한하는 방법으로 가능하다.

연계시 적용은 특정한 지역에 발생하는 탐지(detection)를 기존의 궤적과의 연계하는 과정에서 가중치를 가하게 된다. 그림 5와 같이 예측치에 가까운 곳에 오경보가 발생하는 경우, 정상적인 예측에 의해 궤적이 오경보를 연계시킬 수 있다. 그러나 이러한 오경보가 발생한 위치가 기동도가 낮은 곳이라면, 즉 표적의 정상적인 이동할 가능성이 적은 곳일 경우, 표적이 존재할 수 있는 정상적인 위치가 연계에 선택되므로써 올바른 연계가 발생한다.

연계시 지형정보를 적용하는 알고리즘은 아래와

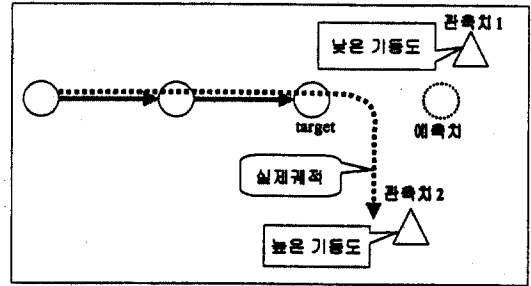


그림 5. 지형 정보의 적용

Fig. 5. Application of geographic information.

같은 순서를 가진다.

1단계 : 각 관측치와 궤적간의 연계값(likelihood)을 계산한다.

$$\gamma = [(x - \bar{x})' P (x - \bar{x})] + \log(|(2\pi P)|)$$

where  $x$  : 예측된 궤적

$\bar{x}$  : 관측치

$P$  : covariance matrix

2단계 : 각 관측치의 기동도를 구하여 적절한 연산에 의해 관측치의 가중치를 구한다.

본 논문에서는 기동도의 역수를 취하여 가중치를 생성한다.

$$w = \frac{1}{M} \quad M : \text{궤적이 있는 지역의 기동도}$$

3단계 : 관측치와 궤적간의 연계값에 2단계에서 구한 관측치의 가중치를 곱한다.

4단계 : 연계값이 가장 높은 관측치로 궤적을 갱신한다.

두 번째 방법으로 기동도에 의해 표적을 제한하는 방법은 매우 간단하다. 즉 표적의 관측이 일어났을 때 그 위치의 기동도를 구해 특정값 이하인 경우, 표적의 초기 궤적 형성을 억제하는 방법이다. 이 방법은 기동도가 낮은 곳에 존재하는 표적에 대해 표적의 추적이 불가능한 경우가 결점이 있으나, 특정 표적이 가지는 기동도에만 적용되므로 비교적 우수한 성능을 발휘한다.

지형정보에 의한 표적의 제한 알고리즘은 아래와 같다.

- 1단계 : 기존의 궤적과 연계되지 않는 관측치를 구한다.
- 2단계 : 각 관측치의 기동도를 구한다.
- 3단계 : 각 관측치의 기동도를 초기에 설정된 삭제 초기값과 비교한다.
- 4단계 : 초기값보다 기동도가 높은 지형에서 발생한 관측치만 초기 궤적으로 형성하고 나머지는 삭제한다.

IV. 시뮬레이션

본 절에서는 다중 지상 표적 추적시 지형 정보가 미치는 영향을 살펴보기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 기동도의 형태로 이루어진 지형 정보는 앞에서 언급한 바와 같이 연계시 적용하는 방법과, 기동도에 의해 표적을 제한하는 방법 등 두 가지 경우에 대하여 살펴본다. 시뮬레이션 소프트웨어로는 FUSSEDAT을 사용하였으며, 그림 6과 같이 2개의 MTI(moving target indicator)에 의해 관측되는 4개의 표적이 존재하는 상황을 가정하였다.

각 표적에 대한 궤적은 미리 주어진 시나리오에 의거하여 발생시키며, 관측은 센서의 모델에 의해 오차와 오경보가 발생하게 된다. 센서의 모델에서 SNR값을 14 dB로, SNR<sub>TH</sub>값은 10 dB으로 설정하여 센서 모델에서 언급한 식에 의해 P<sub>D</sub>값은 0.513, P<sub>F</sub>값은 0.45×10<sup>-5</sup>이 된다. 이 수치로는 1회의 관측이 실행될 때마다 약 5개 정도의 오경보를 포함

하는 관측치가 생성된다. 관측 실행 간격(Δt)은 120초이며 총 40번의 관측이 실행된다. 궤적의 갱신은 Kalman Filter에 의해 이루어지며 만약 관측치가 존재한다면 그 관측치를 사용하여 갱신하고 존재하지 않는다면 앞서 말한 표적의 동력학식에 의해 갱신된다.

4-1 기동도 부여

기동도는 다음과 같이 50 km×50 km의 지도를 1 km×1 km의 셀로 나누어서 각각 부여한다. 여기서 길이 단위는 실제로 무의미한 것으로 편의상 km로 구분하였다. 시뮬레이션에서 지형 정보를 최대한으로 반영하기 위하여 표적이 가장 좋은 기동도를 따라 움직인다는 가정을 하였다. 표적이 지나가는 자리는 기동도를 1로, 표적이 지나가지 않은 자리는 0.0001로 부여하였다.

4-2 지형 정보에 의한 연계

연계하는 과정에서 지형 정보를 반영하는 가중치를 곱하여 기존의 궤적이 좋은 지형에서는 측정치를 연계할 수 있도록 하는 것이다. 가중치는 정성적으로 기동도의 역수에 비례하는 값을 취하여 좋은 기동도는 낮은 값을, 나쁜 기동도는 높은 값을 가지도록 하였다. 이와 같은 이유는 궤적과 측정치의 거리함수(distance function)의 값이 낮을수록 연관성이 높도록 하였기 때문이다. 먼저 오경보가 적은 경우의 시뮬레이션을 실행한 결과는 그림 7과 그림 8에 나타나 있다.

그림 7은 지형 정보를 사용하지 않은 경우이며 그림 8은 지형 정보를 사용한 경우이다. 각 그림의 (a)는 추정된 궤적을, (b)는 시간에 따른 참궤적(true track)의 수를, 그리고 (c)는 시간에 따른 오궤적(false track)의 수를 나타내고 있다. 그림 7과 그림 8을 살펴보면 지형정보를 사용할 경우 아주 좋은 효과가 나타날 것이라는 예상과는 달리 큰 영향이 없음을 알 수 있다. 센서의 오경보 확률을 증가시켜서 더 많은 오경보를 발생시켜도 지형정보를 사용한 경우와 그렇지 않은 경우에 있어 큰 차

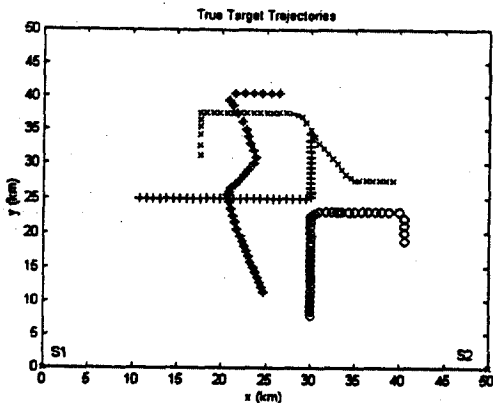


그림 6. 시뮬레이션 시제

Fig. 6. Simulation example.

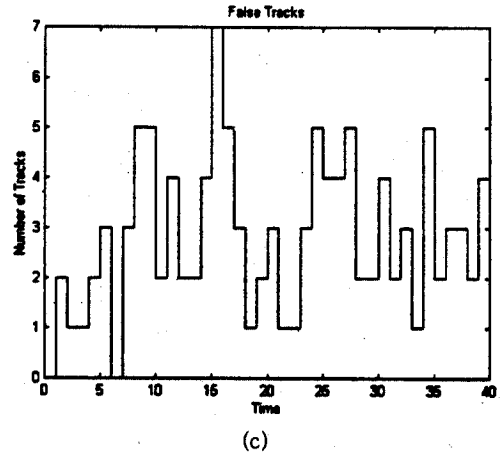
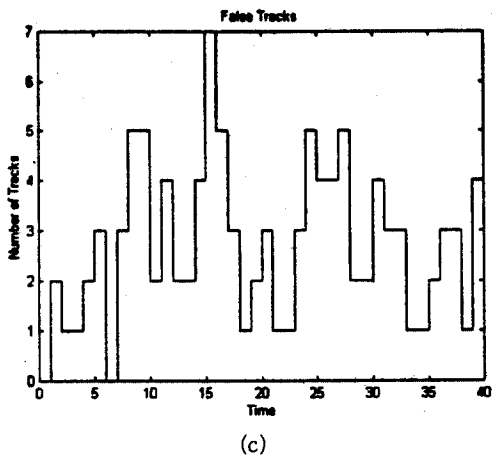
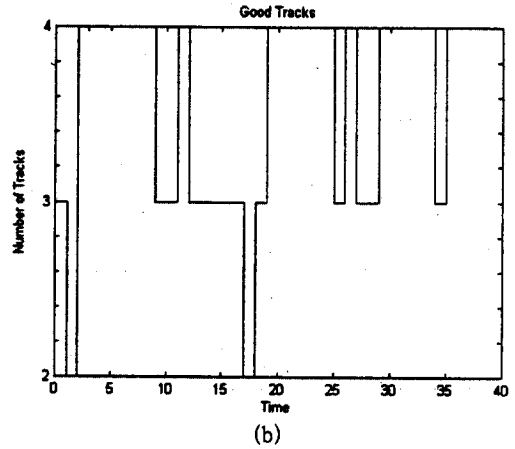
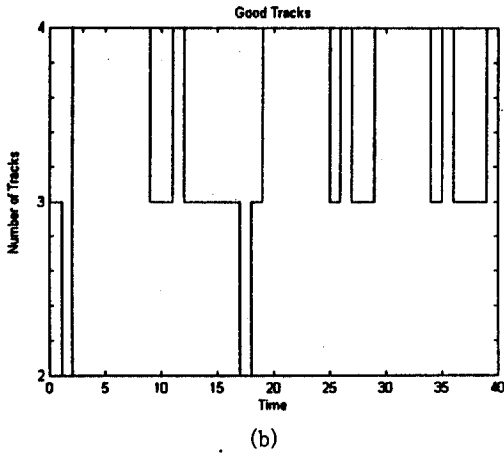
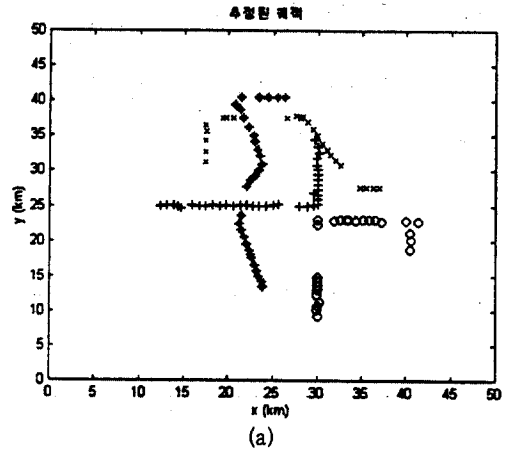
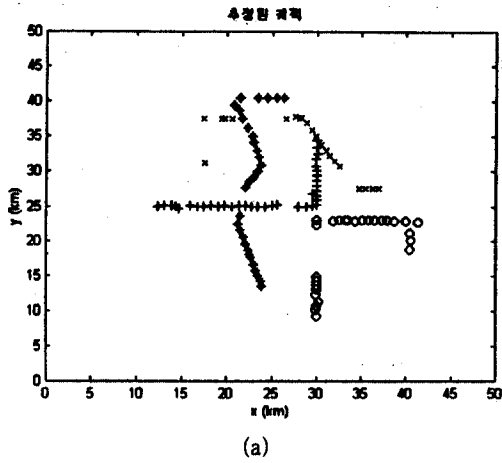


그림 7. 지형 정보를 사용하지 않은 연계

(a) 추정된 궤적 (b) 참궤적의 수 (c) 오궤적의 수

Fig. 7. Association without geographic information.

(a) Estimated track (b) The number of good tracks

(c) The number of false tracks

그림 8. 지형 정보에 의한 연계

(a) 추정된 궤적 (b) 참궤적의 수 (c) 오궤적의 수

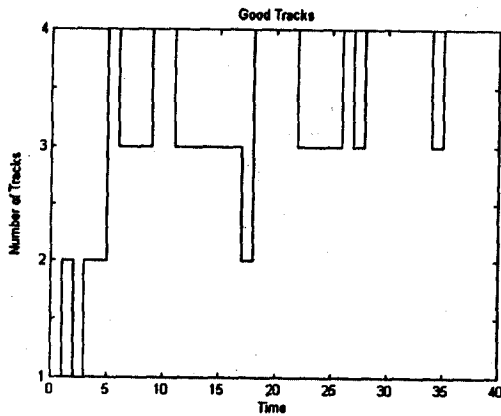
Fig. 8. Association with geographic information.

(a) Estimated track (b) The number of good tracks

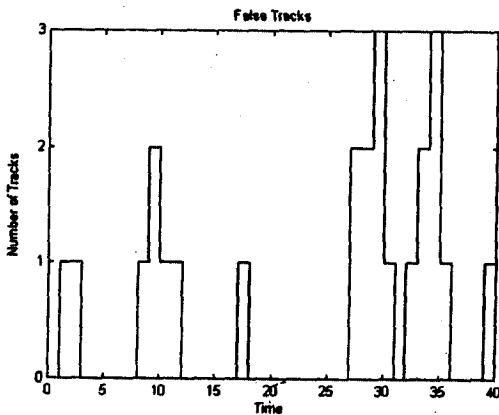
(c) The number of false tracks

이를 보이지 않았는데, 이는 지형 정보의 사용 효과가 크지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과의 원인은 두 개 이상의 센서를 사용하기 때문에 발생하는 보정 효과에 기인한다. 보정되지 않는 오궤적의 발생은 두 센서에서 측정된 오경보의 위치가 일치하거나 근접한 경우에만 일어날 수 있다.

4-3 지형 정보에 의한 표적의 제한



(a)



(b)

그림 9. 지형 정보에 의한 표적의 제한

(a) 참궤적의 수 (b) 오궤적의 수

Fig. 9. Masking target measurement based on geographic information.

(a) The number of good tracks

(b) The number of false tracks

지형 정보를 이용하여 측정된 표적을 궤적 관리에 포함시키는 것은 매우 간단한 방법으로 이러한 방법의 영향을 시뮬레이션에 의해 조사하였다. 그림 9의 (a)는 시간에 따른 참궤적 수, (b)는 시간에 따른 오궤적 수를 의미한다. 그림 7(b), 그림 8(b)와 비교하여 볼 때 참궤적의 수는 앞의 연계 방법에서 살펴본 결과와 거의 유사하다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 두 개 이상의 센서를 사용하는 것은 참궤적을 구하는데 거의 문제가 없기 때문이다. 그러나 그림 7(c), 그림 8(c)와 비교하여 그림 9(b)의 오궤적 수가 감소함을 쉽게 알 수 있다. 이는 표적의 수가 증가하는 다중 표적 추적의 경우 또는 오경보율이 증가하는 경우, 오궤적에 의한 연산량의 감소를 가져오기 때문에 의미있는 결과라고 할 수 있다. 또한 오궤적이 적어지면 올바른 측정치가 오궤적에 연계될 확률도 적어지므로 전반적인 추적 성능의 향상도 기대할 수 있다.

V. 결 론

이상에서 다중 지상 표적을 다중 센서에 의해 추적하는 경우 지형 정보가 미치는 영향을 시뮬레이션을 통해 조사하였다. 지형 정보는 지상 표적의 추적에 있어 긍정적인 역할을 하리라는 것은 쉽게 예상할 수 있었기 때문에 이는 본 연구를 시작할 수 있는 계기가 되었다. 그러나 연구를 진행하면서 예상과는 달리 센서 융합 환경, 즉 다중 센서를 사용하는 경우, 지형 정보의 유용성은 그다지 의미있는 요소로 작용하지 않았다. 특히 기동도를 연계하는 과정에 적용할 때, 그림 7과 그림 8의 비교에서 쉽게 알 수 있듯이 참궤적의 수와 오궤적의 수가 거의 비슷한 경향을 보여 주었다. 오히려 지형 정보를 위한 기동도 지도를 도입해야 하고 필요한 지역의 기동도를 연산에 사용함으로써 연산량만을 증가시키는 단점도 있다. 그러나 지형 정보에 의해 표적의 발생을 제한한 경우는 오히려 좀더 희망적인 결과를 가져왔다. 그림 9를 살펴보면 오궤적의 수가 그림 7과 그림 8의 경우에 비해 줄어들었음을 살펴 볼 수 있다. 이는 지형 정보를 사용하여 얻은 긍정적인 효과로 오궤적의 수를 줄임으로써 궤적 관리가 용



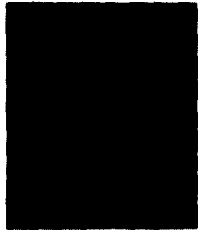
이해지고 이에 따라 효과적인 연산을 수행할 수 있다. 따라서 표적의 수가 많이 증가하거나 신호대 잡음비가 낮은 경우, 바람직한 결과를 가져올 수 있으리라 판단된다.

지형 정보의 사용은 부가적인 센서의 운영으로 간주할 수 있다. 따라서 지상 표적 추적을 위해 다중 센서가 사용되는 경우, 지형 정보의 부가적인 사용이 반드시 더 나은 결과를 가져온다고 단정할 수 없다. 그러나 단일 센서를 사용하는 경우, 지형 정보의 사용은 매우 의미있는 성능을 향상을 가져오리라 기대되며 이는 실전에서 운영되는 센서의 수를 줄여 비용의 감소를 가져올 수 있는 이론적 근거가 되리라 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] E. Waltz and J. Llinas, *Multisensor Data Fusion*, Artech House, Norwood, MA, 1990.
- [2] H. Durrant-Whyte, "Sensor models and multi-sensor integration," *Int. J. Robot. Res.*, vol. 7, no.6, pp.97-113, 1988.
- [3] H. P. Moravec, "Sensor fusion in certainty grids for mobile robots," *AI Magazine*, pp.61-74, Summer 1988.
- [4] P.K. Allen, "Integrating vision and touch for object recognition tasks," *Int. J. Robot. Res.*, vol. 7, no.12, pp.15-33, 1988.
- [5] J. Blanquart, P. Orgiazzi, G.Grenier, and A. Cothenet, "Unique scene description from radar and infrared images," *Proc. SPIE*, vol. 1306, pp.2-10, 1990.
- [6] N. Nandhakumar and J. K. Aggarwal, "Integrated analysis of thermal and visual images for scene interpretation," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-10, pp. 469-481, July 1988.
- [7] S. S. Blackman, *Multiple-Target Tracking with Radar Applications*, Artech House, Dedham, MA, 1986.
- [8] Y. Bar-Shalom Ed., *Multitarget-Multisensor Tracking: Applications and Advances*, vol. 2, Artech House, Norwood, MA, 1992
- [9] 임상석, "다중 기동 표적에 대한 추적 방식의 비교," 한국항행학회 논문지 제1권 제1호, pp.35-46, 1997년 12월.
- [10] Y. Bar-shalom and Xiao-Rong Li, *Estimation and Tracking: Principles, Techniques, and Software*, Artech House, Norwood, MA, 1993.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] IBM corporation, "Intelligence Preparation of the Battlefield(Software Functional Description)," 1990.

**김 인 택 (金仁澤)**



1984년 : 서울대학교 전자공학과(공학사)  
1986년 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)  
1992년 : Georgia Institute of Technology, 전기공학과(공학박사)

1993년~1995년 : 금성중앙연구소 선임연구원  
1995년~현재 : 명지대학교 전기제어계측공학부 조교수  
관심분야 : 센서융합, 퍼지논리, 진화연산

**이 응 기 (李應基)**



1997년 : 명지대학교 제어계측공학과(공학사)  
1997년~현재 : 명지대학교 대학원 제어계측공학과 석사과정  
관심분야 : 센서융합, 퍼지논리

**김 응 수 (金雄守)**

1998년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1991년 : 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
1991년~현재 : 국방과학연구소 선임연구원