

# 지상표적식별을 위한 다중센서기반의 정보융합시스템에 관한 연구

강 석 훈\*

## 목 차

1. 개요
  2. 지상표적식별을 위한 정보융합체계모형
  3. 식별 융합을 위한 퍼지집합 및 표적 데이터베이스의 설계
  4. 퍼지 집합을 이용한 식별 융합 기법
  5. 결론
- \* 영문 초록

## 1. 개요

다중표적 다중센서 정보융합 기법이란 단일 센서로부터 획득된 정보보다 정확하고 효율적인 정보를 얻기 위하여 전장을 관측하는 다수의 센서들로부터의 각종 관측 보고들을 융합하여 전장에 위치하는 표적들의 종류를 식별하고 그들의 기동 궤적을 추적하는 기법으로, 보다 정확하고 효율적인 표적 식별 융합 알고리즘 개발을 위하여 새로

---

\* 대전대학교 컴퓨터공학부 교수

은 방법론들이 제시되고 있다 [1].

본 논문은 첫째, 지상표적 식별을 위한 정보융합체계의 모형을 제시한다. 둘째, 전장에 존재하는 표적의 식별, 상황 판단 및 위협도 분석 등을 자동화하기 위하여 대두된 기법 중 표적 식별을 위해 센서의 불확실한 보고자료까지 고려하는 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱(heuristic) 식별 융합 기법을 제시하고 성능을 분석한다.

## 2. 지상표적식별을 위한 정보융합체계모형

지상표적식별을 위한 정보융합체계 모형의 구성요소는 그림 2.1과 같으며 기능을 아래에 기술한다.

(1) 시나리오 (Scenario): 시나리오는 전장 내의 객체(표적 혹은 지형 요소)들과 센서들의 상태가 시간에 흐름에 따라 변화하는 모습을 묘사하여 미리 기록해 놓은 내용을 가지고 있는 객체이다. 시나리오는 미리 결정된 한정된 시간 내의 기록을 가지고 있으며 정해진 시간 내에서 임의의 시간대의 상태 변화를 센서들과 전장 도시 객체에 메시지로 전달한다.

(2) 전장 도시 (Battle Field Display): 전장 도시 객체는 시나리오 내의 표적 객체 변화를 메시지로 전달 받아 이를 실제 전장의 상황과 흡사하게 시각적으로 가공하여 센서의 관측과 동시에 실시간으로 사용자에게 도시한다.

(3) 센서 (Sensor): 센서 객체는 전장 내에서 자신의 관측 영역 내에

존재하는 모든 객체들에 대하여 정해진 관측 주기마다 센서 종류에 따른 고유의 감지 범위 내의 상태를 질의하여 이를 메시지로 전달받는다. 이것을 센서 객체가 전장 내의 객체를 감지(Detect) 하였다고 표현하며 감지된 내용은 해당 센서의 고유 특성에 따라 관측 보고로 가공되어 융합 객체에게 메시지로 제공된다. 각 센서 객체의 관측 보고 결과는 각 센서의 센서 도시부에 의해서 시각적인 형태로 가공되어 사용자에게 도시 된다.

(4) 융합 (Fusion): 융합 객체는 지상 표적 식별 융합 시체의 핵심 기능을 수행하는 객체이다. 이 객체는 센서 객체들로부터의 관측 보고들을 일괄적으로 입력받아 이를 융합하여 전장 내의 표적들을 식별하고, 이동 표적의 경우 그 궤적을 추적한다. 융합 결과는 융합 도시부(Fusion Display)에 의하여 시각적인 형태로 가공되어 사용자에게 도시 된다.

(5) 상황 도시 (Situation Display): 상황 도시 객체는 융합 결과를 대상 지역의 지도 위에 종합된 형태로 사용자에게 도시하는 객체이다. 상황 도시 객체는 대상 지역 내 시간대별 표적 배치 및 기동상황을 한눈에 알아볼 수 있도록 융합결과를 시각적으로 가공하여 사용자에게 도시한다.

(6) 사용자 (User): 사용자는 모의 실험 해보고자 하는 전장 상황과 센서 운용을 묘사한 시나리오를 약속된 형식에 맞추어 제공한다. 또한 전장 도시 객체의 도시부를 통하여 자신이 만든 시나리오 대로 움직이는 전장의 상황을 눈으로 보며, 그와 동시에 센서 도시부들을 통하여 그러한 전장의 상황이 각 센서들에 의하여 어떻게 관측되는지 확인한다. 융합 도시부를 통하여 융합 과정을 제어하고 각각의 센서

관측 보고들이 융합 되어 전장을 얼마나 정확히 재현하는지 확인한다.

융합 객체는 지상표적식별융합시제의 핵심기능을 수행하는 객체이다. 이 객체는 센서 객체들로부터의 관측보고들을 입력받아 이를 지형정보를 이용하여 융합한다. 융합한 결과는 전장 내의 표적들을 식별하고, 특히 이동표적의 경우 그 궤적을 추적하는데 사용된다.

이러한 융합 객체를 구성하는 내부구성요소들을 그 주요한 기능단위로 나누면 다음과 같다.

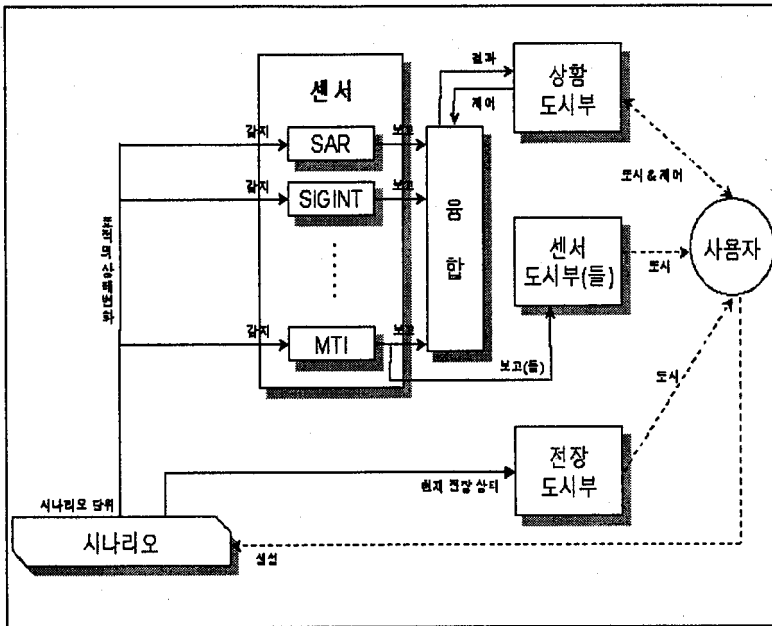


그림2.1 지상표적식별 정보융합 구성객체 관계도

(1) 정렬 (Data Alignment): 서로 다른 종류의 센서들로부터 보고된 각기 다른 좌표계, 차원, 해상도를 가진 관측 보고들을 표준 좌표계,

공통 차원, 공통 해상도를 기준으로 상호 비교할 수 있도록 변환한다.

(2) 연계 (Data Association) = 범위설정(Gating) + 배정(Assignment): 개별 센서들이 보고한 관측 보고들이 공통 근원(표적 혹은 사건)으로부터 나온 것인지를 결정하기 위해서 범위를 설정하여 관측치와 개별궤적을 연계시킨다.

(3) 궤적관리: 정렬과 연계를 거친 관측치를 사용하여, 새로운 궤적을 생성하거나, 갱신, 병합, 삭제등의 기능을 수행한다. 추적된 궤적은 주궤적파일(Master Track File)에 저장하게 된다.

(4) 식별융합: 표적별로 분류된 관측 보고들을 입력으로 받아 동일 표적에 대한 다수의 관측 보고들을 바탕으로 표적의 종류를 식별하고 식별 결과를 주궤적파일에 매 시각 표적별로 저장한다.

(5) 성능평가: 사용자가 각 융합 단계에 적용되는 융합 기법을 선택/조합할 수 있도록 하고, 조합된 융합 기법들을 사용하여 융합을 수행하고 그 결과를 전장 시나리오와 비교/평가한다.

상기와 같은 구성 요소들이 유기적으로 연결되어 융합 객체를 구성한다.

## 2.1 시나리오

시나리오는 표적 객체와 센서 객체 두 가지 종류의 객체들의 상태 변화를 시간의 흐름에 따라 묘사한다. 개념적으로 표적 객체의 상태 변화는 표적 특성 분류에서의 시간, 공간, 전자파에 따른 각 분류를 세 개의 선형

좌표축으로 놓은 [그림 2.2]와 같은 가상의 3차원 영역 내에서의 좌표 이동으로 생각할 수 있다.

[그림 2.2]에서 고정 표적의 경우 공간 축에 대한 좌표는 시간 축의 좌표 이동과는 상관없이 일정한 궤적을 보이는 것에 비하여 이동 표적의 경우에는 시간 축의 좌표 이동에 따라 공간 축의 좌표가 이동하는 모습을 볼 수 있다. 이 때, 각 표적이 전자파를 발산할 경우 [시간, 공간] 면에 있는 좌표 이동 궤적이 전자파 발산 내용에 따라 전자파 축 상의 0 이 아닌 좌표에 대응될 것이고, 이에 따라 표적의 상태변화를 나타내는 궤적은 3차원 형상을 가지게 된다.

센서 객체의 경우에는 시간의 흐름에 따른 관측 위치의 변화, 관측 범위의 변화 혹은 센서가 관측 수단으로 사용하는 매개체의 파라미터 변화 등을 시나리오에서 묘사한다.

이러한 개념적인 좌표계 내의 상태변화를 총체적으로 묘사하는 시나리오를 구현하기 위한 개념적인 구조는 제한된 시간 축 만큼의 길이를 가진 테이프와 흡사하다. [그림 2.3]는 이러한 시나리오의 개념 구조를 그림으로 나타낸 것이다. 시나리오는 약속된 시간 간격  $[t_i, t_j]$  내에 상태 변화가 일어나는 객체들의 특성별 변화량을 그 내용으로 가지고 있는 시나리오기본단위(Scenario Unit)들로 구성된 연속체이다.

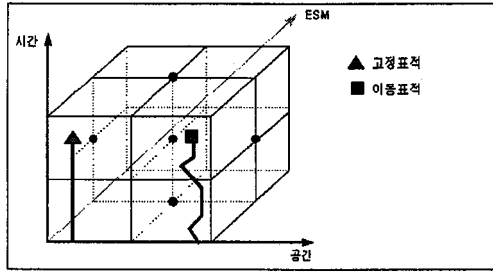


그림 2.2 시나리오상의 표적 도메인

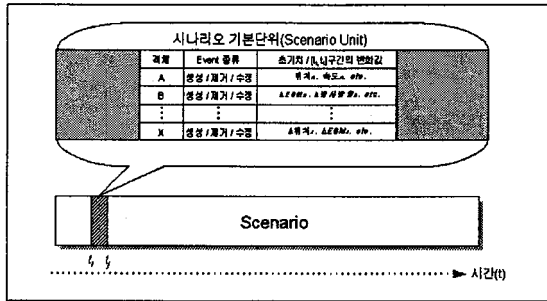


그림 2.3 시나리오 구조 개념

시나리오를 사용하여 어떤 객체들을 묘사하고자 하느냐에 따라 시나리오 기본 단위에 포함시킬 특성들이 결정되며, 사용하는 센서들 중 가장 짧은 관측 주기를 가지는 센서는 시나리오 기본 단위에 적용되는 시간 간격을 결정한다.

## 2.2 전장

이 절에서는 전장을 구성하는 두 가지 종류의 객체, 표적 객체와 지형 요소 객체와 이 두 가지 종류의 객체 사이의 관계를 조명한다.

### 가. 표적

실제 전장 상의 표적이 가질 수 있는 수많은 특성 중에서 우리가 사용하고자 하는 센서들이 감지 가능한 특성만을 뽑아서 이를 분류하면 [그림 2.4]과 같이 시간과 관련된 특성, 공간과 관련된 특성 및 전자기파 여기서의 전자기파란 일반적으로 말하는 전자기파의 특성 중 주파수 도메인의 스냅샷(snapshot)을 얻었을 때 나타나는 고유의 패턴을 의미한다. 와 관련된 특성으로 분류할 수 있다.

[그림 2.4]은 각 분류를 세 개의 선형 좌표축으로 놓은 가상의 3차원 좌표계를 가정한 상태에서 관련 특성들이 각 축을 따라 이동하는가 아니면 고정되어 있는가를 기준으로 표적을 8가지의 경우로 나누는 표이다. 이 표 중에서 음영으로 처리된 4가지 경우는 모든 표적에 다 해당되어 분류 기준으로서 의미가 없거나 실제로는 불가능한 경우이다. 따라서, 표적은 나머지 4가지 분류에 따라서만 나눌 수 있다.

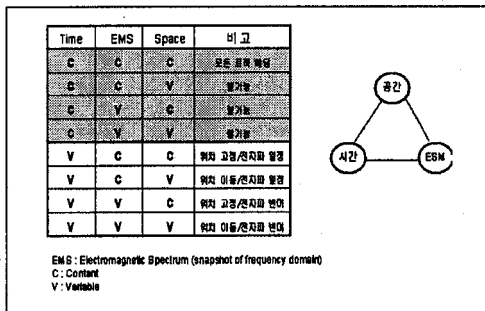


그림 2.4 표적 특성 차원 분류

[그림 2.5]은 이러한 가능한 4가지 차원 분류에 덧붙여 전자파가 일정할 경우에는 그것이 전자파를 발산하는 방사 표적이거나 아니면 아무 전자파도 발산하지않는 비방사 표적이거나 하는 경우로 나누고,



전자파가 일정하지 않을 경우에는 전자파의 변화가 어떤 정해진 주기에 맞추어 변하는 주기성 표적인가 아니면 주기를 가지지 않고 변하는 비주기성 표적인가 하는 경우로 나눈 총 8가지 종류의 표적 기본 분류를 나타낸 그림이다.

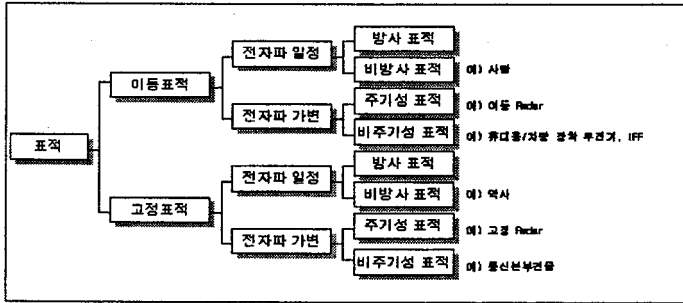


그림 2.5 표적 종류 기본 분류

이러한 8가지 표적 기본 분류에 따른 표적의 상태를 대표하는 기본 특성 파라미터들은 [그림 2.6]과 같다.

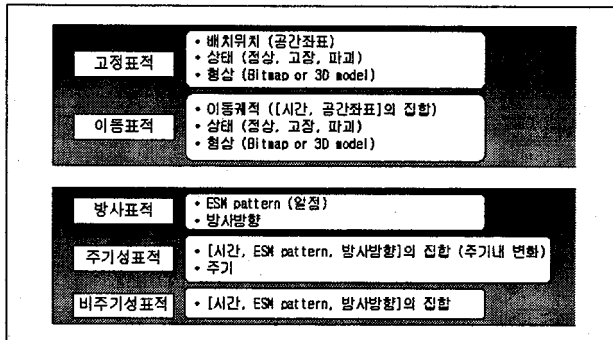


그림 2.6 표적 기본 분류에 따른 기본 특성 파라미터들

## 나. 지형

지형 요소들 중에서 서로 관련성 있는 지형 요소들을 각기 다른 그룹으로 묶어 각각을 투명도(sprite) 개념으로 [그림 1.7]와 같이 배치하여 사용자가 조작하고 볼 수 있도록 한다.

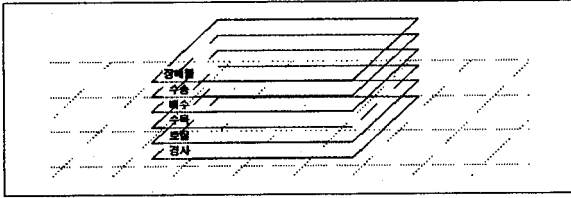


그림 2.7 지형 요소 구성 및 조작 개념

## 다. 표적/지형간의 관계

표적 외에는 텅 빈 공간만이 존재하는 공중의 경우와는 달리 지상의 경우에는 천장이라는 한정된 공간 내에 존재하는 표적들과 지형 요소들 사이에 모종의 관계가 성립한다. 이러한 표적과 지형 요소와의 관계 정보는 때에 따라서 센서로부터의 한정된 관측 보고를 토대로 이를 융합하여 추측한 표적의 상태가 올바른 것인지 검증하는 기준이 될 수도 있고, 또한 인지된 이동 표적의 앞으로의 진행 방향을 추측하는 기준으로 유용하게 쓰일 수 있다.

이러한 관계 정보는 [표 2.1]과 같이 2차원 행렬 형태로 개념적으로 표현될 수 있다. [표 2.1]의 각 열은  $m$  가지 지형 요소 종류들 중 하나를 나타내며 각 행은  $n$  가지 표적 종류들 중 하나를 나타낸다. 각 행과 열이 만나는 지점에 해당되는 표적 종류와 지형 요소 종류의 관계가 명시된다.

기동 표적의 경우 해당 지형 요소가 위치한 지점을 통과하여 기동할 수 있는가에 대한 정보를 판단에 이용하고 고정 표적의 경우 해당 지형 요소가 위치한 지점에 배치될 수 있는가에 대한 정보를 판단에 이용한다. 예를 들어, 융합 결과 탱크라고 판단된 물체의 궤적이 일정 수심 이상의 깊이를 가진 물 위로 지나간다면 융합 과정에서 센서로부터의 False Alarm을 제대로 제거하지 못해서 False Alarm들을 추적했거나 혹은 실제 궤적과 추측한 궤적 사이에 큰 오차가 존재한다는 사실을 이를 통해 판단할 수 있으며, 이러한 판단을 융합 하는 객체에 다시 피드백을 주어 융합 결과의 정확성을 높이는 데 이용할 수 있다.

표2.1 표적과 지형요소의 관계

지형요소 표적	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	...	G <sub>m</sub>
T <sub>1</sub>	표적 T <sub>1</sub> 에게 있어서 지형 요소 G <sub>1</sub> 의 의미는 무엇인가?			
T <sub>1</sub>		배치/기동 가능 배치/기동 불가능 배치/기동 조건부가능		
...				
T <sub>n</sub>				

## 2.3 센서

### 가. MTI

MTI 센서는 자체적으로 신호를 발생시켜 이를 지상을 향하여 발산하여 물체의 표면으로부터 반사된 신호를 감지하는 능동(active) 센서이다. MTI 센서는 [그림 2.8]에서 보는 바와 같이 주기적으로 신호를 발산하여 감지 범위 내의 전장으로부터 반사 신호를 감지한다. 이렇게 감지된 신호들은 신호처리를 거쳐 각 신호를 반사한 전장 객체들의 운동 특성 값들을 얻어낸다

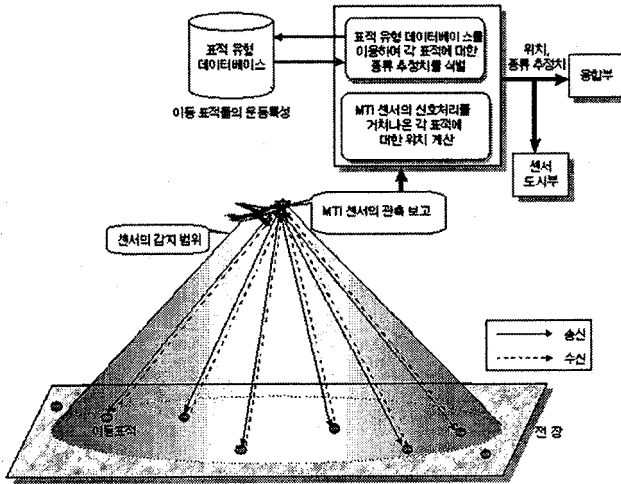


그림 2.8 MTI 센서의 동작 개념

이와 같이 신호처리를 거쳐 얻어진 전장 객체의 운동 특성 값들은 MTI 센서가 자체적으로 가지고 있는 표적 데이터 베이스 내의 이동 표적들의 운동 특성들과 비교하여 표적의 종류를 식별하고 그 위치를 추정하여 융합부에 보고한다.

이와 동시에 MTI 센서의 도시부에서는 MTI 센서가 자체적으로 추정된 표적의 심볼이 추정된 위치에 도시 된다.

## 나. ELINT

ELINT 센서는 자체적으로 신호를 발생시키지 않고 표적이 자체적으로 발산하는 신호만을 감지하는 수동(passive) 센서이다. 이렇게 감지된 신호들은 [그림 2.9]에서 보는 바와 같이 신호처리를 거쳐 각 신호를 구성하는 특성 값들을 얻어낸다.

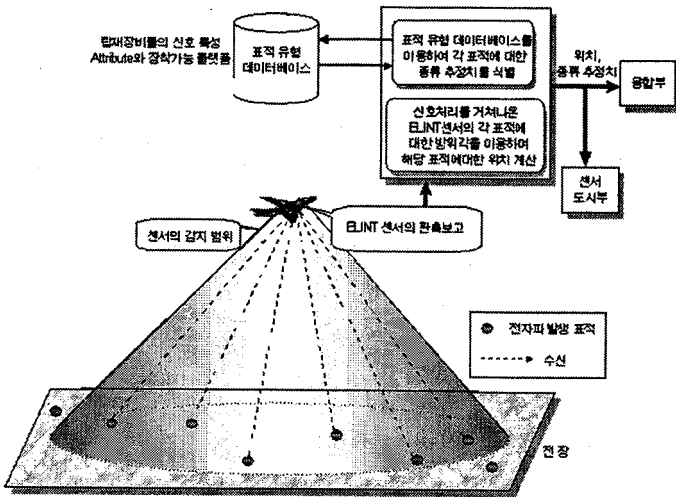


그림 2.9 ELINT 센서의 동작 개념

이와 같이 신호처리를 거쳐 얻어진 신호 특성 값들은 ELINT 센서가 자체적으로 가지고 있는 탑재 장비 데이터베이스 내의 탑재 장비별 신호 특성들과 비교하여 탑재 장비의 종류를 식별하고 탑재 가능한 플랫폼들과 두개의 ELINT 센서들로부터 얻어진 각 표적의 방위각 값을 이용하여 그 위치를 추정하여 융합부에 보고한다.

#### 다. IMINT 센서

본 논문에서 사용하는 센서들 중에서 IMINT로 분류되는 영상 센서는 SAR 센서와 EO 센서이다. 이 두가지 종류의 센서는 관측한 대상 지역(혹은 표적)에 대하여 센서 운용자가 대상물의 형상을 시각적으로 보고 판단할 수 있는 영상의 형태로 한다는 공통점을 가지고 있기 때문에 IMINT로 분류된다.

본 논문에서는 이 두가지 IMINT 센서 중에서 SAR 센서를 센서 정보 융합을 위한 주 센서로 사용하고, EO 센서는 SAR 센서만으로는 식별이 모호한 표적에 대하여 부가적인 정보를 얻어 식별에 도움을 주는 보조 센서로써 운용한다.

이렇게 주센서(SAR)와 보조센서(EO)로 나누어 운용하는 이유는 - 이들 센서의 근본 원리를 설명하는 절에서도 언급하겠지만 - 우선적으로 EO 센서의 경우 낮에만 관측이 가능하며 또한 낮이라 할지라도 여타 기후조건(구름, 안개, 비)과 같은 요인에 따라 관측된 영상의 품질이 현저하게 달라지는 특성을 가지고 있는 반면에 SAR 센서는 밤낮을 가리지 않고 관측이 가능하며 관측된 SAR 영상의 품질이 - EO 센서에 비해서 상대적인 관점에서 보았을 때 - 기후 조건에 별로 영향을 받지 않기 때문이다.

즉, 다시 말하자면 제약조건이 적기 때문에 원하는 시간에 원하는 표적에 대한 관측 정보를 받을 수 있는 가능성이 큰 - 다른 표현으로 말하자면 관측 효율이 좋은 - 센서를 주 센서로 사용하고, 여러 가지 제약조건으로 인하여 상대적으로 관측 효율이 떨어지는 센서를 보조 센서로 운용하는 것이다.

## 2.4 융합

융합 객체는 지상표적식별융합시제의 핵심기능을 수행하는 객체이다. 이 객체는 센서 객체들로부터의 관측보고들을 입력받아 이를 지형정보를 이용하여 융합한다. 융합한 결과는 전장 내의 표적들을 식별하고, 특히 이동표적의 경우 그 궤적을 추적하는데 사용된다



그림 2.10 융합 객체 구조

이러한 융합 객체를 구성하는 내부구성요소들을 그 주요한 기능 단위로 나누면 다음과 같다.

### 가. 정렬

정렬부분은 서로 다른 센서로부터 생성된 관측치들을 같은 좌표계와 시간대를 공유하도록 변환하여 융합에 사용할 수 있도록 하는 부분이다. 정렬부분은 다음과 같은 두 가지 처리를 수행한다.

(1) 시간적 정렬 (Temporal Alignment): 각 센서에서 표적을 관측하여 보고하는 시각은 서로 다를 수 있다. 융합을 수행하기 위해서는 각 보고의 시간적인 차이를 보상하여 기준시간에 맞출 필요가 있다. 이를 위하여 시간적인 정렬을 수행하여야 한다.

기준시간을 제공하는 주센서로는 MTI센서를 사용하게 된다. 왜냐

하면, 이동표적에 대하여 지속적인 위치정보를 제공하는 센서는 시제의 3개의 센서종류중에 MTI밖에 없기 때문이다. MTI는 그 특성상 단위시간당 스캔하는비율이 정해져 있다. 이러한 MTI의 기준시간에 맞추기 위하여, 각각 보고시각이 다른 ELINT, SAR 센서보고는 MTI의 매 스캔시각에 맞추어 시간적으로 정렬이 된다. 이러한 시간적 정렬은 필연적으로 공간적인 보고위치의 차이를 생성하게 되지만, 이 시제에서는 지상표적을 대상으로 하므로, MTI 스캔간격(3초)에 따른 보고위치의 차이는 센서의 오차범위를 고려할 때 무시할 정도로 작으므로, 위치보상은 필요없다고 가정한다. 이렇게 시간적 정렬을 거친 관측치는 공간적 정렬을 거치도록 다음 단계로 넘어진다.

(2) 공간적 정렬 (Spatial Alignment): 각 센서의 관측 특성이 서로 다르므로, 기준 좌표계를 설정하여 개별 센서의 위치보고를 공간적으로 정렬한다. 기준 좌표계는 역시 주센서가 되는 MTI를 기준으로, Azimuth와 Range로 ELINT와 SAR 센서의 위치보고를 변환하게 된다. 각센서별로 변환되는 좌표계를 보면,

- MTI센서: 주센서이므로 변환이 필요없다.
- ELINT센서: MTI센서와 같이 표적에 대해Azimuth와 Range가 보고되므로, 변환이 필요없다.
- SAR센서: Cartersian좌표계(X,Y)로 보고되므로, 센서의 현재 위치에 따른 Azimuth와 Range로 변환한다.

이렇게 시간적, 공간적으로 정렬된 센서보고는 연계부분으로 전달되게 된다.



## 나. 연계

연계부는

- 정렬 단계를 거친 센서의 관측 보고들,
- 전단계에서 예측된 표적들의 위치와 종류
- 표적별 기동도

를 함께 입력을 받는다. 기동도의 경우에는 사용자가 지형정보를 사용한 추적시스템을 선택한 경우에만 입력된다. 입력된 자료를 바탕으로 다음과 같은 두 가지 처리를 수행한다.

(1) 범위설정(Gating): 범위설정은 관측된 자료가 기존 표적의 궤적에 속하는지 아니면 새로 나타난 표적의 궤적을 생성하는지 여부를 판단하는데 쓰인다. 즉, 전단계에서 예측된 표적의 위치에서 일정한 범위 내에서 고려할 관측치를 제한하여, 관측치가 어떤 표적에 속하는 것이지 결정하게 된다.

범위설정은 일반적으로 다음과 같은 과정을 통해 이루어진다

- ① 현단계의 추정치는 전단계의 예측치로 이루어진다.
- ② 각 관측치와 대응되는 추정치간의 차이가 계산된다.
- ③ 관측치와 추정치의 정확성에 대한 통계를 이용하여, 관측치와 추정치간의 최대 오차를 계산한다.
- ④ 위에서 계산한 차이가 계산한 최대 오차를 넘지 않으면, 범위 안에 있는 것으로 판단한다.

사용자의 선택에 따라 범위설정 기법에는 다음 기법들이 사용된다.

- 지형을 고려하지 않은 표준 타원형 범위 설정  
(Standard Ellipsoidal Gating)

● 지형을 고려한 타원형 범위 설정  
(Terrain-Based Ellipsoidal Gating)

(2) 배정(Assignment): 각 관측 보고들이 기존의 관측되었던 표적들 중에서 특정 표적과 관련이 있는 관측 보고인가 혹은 기존의 표적들과는 전혀 관련 없이 새로 등장한 표적에 대한 관측인가를 결정하여 관측 보고들을 표적에 배정한다. 표적에 배정되어 그룹화된 관측 보고들은 궤적갱신을 위하여 궤적관리부로 보내진다.

범위안에 들어있는 관측치(들)를(을) 특정 궤적에 배정하는데에는 다음과 같은 세가지 경우가 있다:

- ① 특정궤적의 범위안에 관측치가 하나만 있을 때:
  - 하나의 관측치를 지정된 궤적에 단순히 배정해주면 된다.
- ② 특정궤적의 범위안에 관측치가 둘이상 있을 때:
  - 배정상충문제 발생
- ③ 하나의 관측치가 둘이상의 궤적의 범위에 속할 때:
  - 배정상충문제 발생

배정상충문제를 해결하기 위해서 다음과 기법들이 사용된다.

- 최단거리기법(Nearest-Neighborhood): Single Neighborhood방법
  - 예측된 점에서 가장 가까운 하나의 관측치만이 주어진 궤적을 갱신하는데 쓰임
- 지형정보이용 최단거리기법(Geo-Nearest-Neighborhood):  
Single Neighborhood 방법
  - 표적별 기동도를 고려하여, 예측된 점에서 가장 가까운 하나의 관측치만이 주어진 궤적을 갱신하는데 쓰임

- PDA (Probabilistic Data Association): All Neighborhood 방법
  - 범위안의 모든 관측치가 주어진 궤적을 갱신하는데 쓰임

이러한 일련의 연계 과정이 [그림 2.11]에 도식적으로 나타나 있다.

지상표적식별융합시제에서는 복수의 범위설정방법과 배정방법 중 사용자가 선택한 방법 한가지를 사용하여 연계를 수행한다

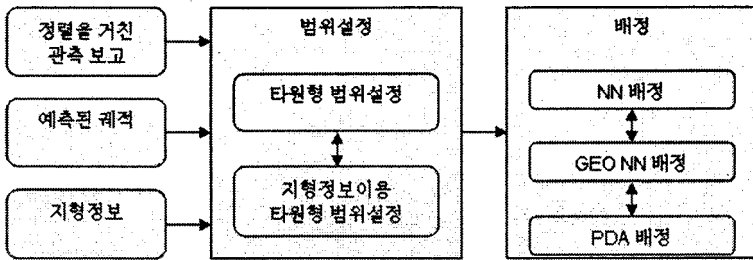


그림 2.11 연계 구조

#### 다. 궤적관리

궤적관리부는 현재의 궤적리스트와 연계단계를 거쳐 각 궤적에 할당된 센서의 관측보고들을 입력받는다. 이때 사용자가 NN배정방법을 선택한 경우는 궤적당 하나의 관측치가, PDA배정방법을 선택한 경우는 궤적의 범위안의 모든 관측치를 입력받게 된다. 이렇게 입력받은 자료를 바탕으로 궤적관리부는 궤적의 생성, 갱신, 병합, 예측, 삭제등의 기능을 수행하게 된다. 특히 궤적의 현재의 위치추정과 다음 스캔의 위치의 예측은 Kalman Filter에 기초하여 다음과 같은 두가지 과정에 의해서 이루어 진다.

##### (1) 위치 추정

각 표적별로 연계된 여러 센서의 위치 관측치로부터 현재의 표적 위치를 추정한다. 이과정을 통하여 결정된 각 표적의 위치는 주계적 파일에 저장된다.

(2) 위치 예측

위치 필터링을 통하여 위치가 결정된 표적의 다음 위치를 지금까지의 궤적과 표적 기동 모델을 토대로 예측한다

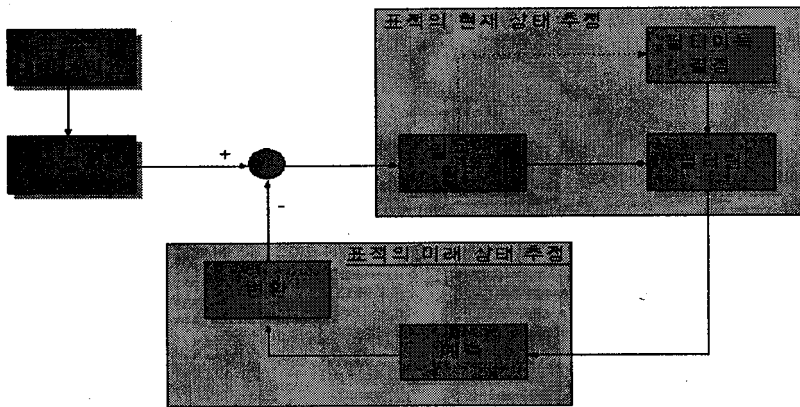


그림 2.12. Kalman Filter의 동작

위의 [그림 2.12]에서 볼 수 있듯이, 측정치는 전단계에서 예측된 예측치와의 비교를 통해, 필터이득을 결정한 후 현단계의 표적의 추정치가 된다. 이를 위치추정이라고 한다. 또한, 현단계의 표적의 추정치는 다음단계의 표적의 추정치를 예측하는데 사용된다. 이를 위치예측이라고 한다.

라. 식별 융합

식별 융합부는 지형을 고려한 위치 융합 단계를 거쳐 나온 최종

표적 후보들의 식별 값과 확률 값을 입력받는다. 그리고, 입력된 데이터를 바탕으로 [그림 2.13]와 같은 처리를 수행하여 표적을 식별한다. 표적의 식별 결과는 확률 값이 가장 높은 표적의 종류와 확률 값이 주 계적 확일에 표적 위치와 함께 연관되어 저장된다.

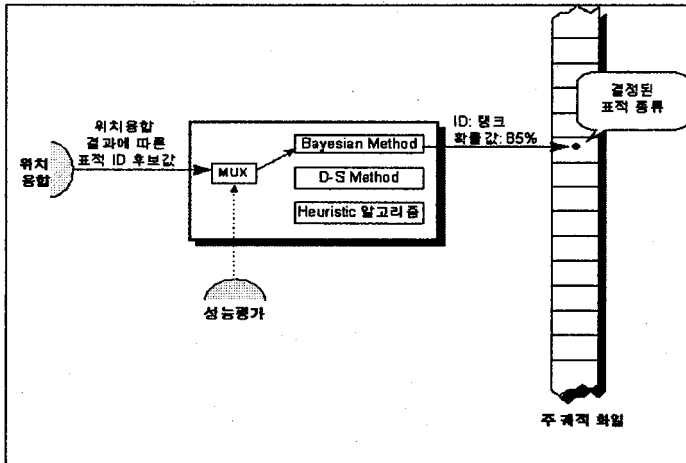


그림 2.13. 식별 융합 구조

지상표적식별융합 시스템에서는 식별융합알고리즘으로 Bayesian Method와 Dempster-Shafer Method, 그리고 Heuristic 알고리즘들 중 성능 평가부에 의해 선택된 한가지를 사용하여 식별 융합을 수행한다.

## 2.5. 전장 도시

전장 도시부는 입력된 시나리오에 맞추어 시간의 흐름에 따라 변화하는 실세계(Real-World)의 모습을 [그림 2.14]와 같이 표현한다.

사용자는 도시된 전장의 모습을 통해 실제 전장에서 어떤 표적들이 어느 곳에 배치되어 있고 또 어떻게 이동하는 가를 알 수 있다. 그러나, 이러한 모의실험이 아닌 실제의 경우에는 사용자는 실제 전장의 모습을 볼 수 없으며 단지 센서를 통하여 감지된 결과들을 토대로 추정된 전장의 모습을 볼 수 있을 뿐이다. 그럼에도 불구하고 이러한 실제 전장의 모습을 도시하는 이유는 센서의 감지 결과로부터 융합한 결과로 도시되는 전장과 실제 전장과의 비교를 한 눈에 할 수 있는 편의를 제공하기 위해서이다.

## 2.6. 센서 도시

센서 도시부는 센서의 종류에 따라 다음과 같은 세 가지 종류로 나뉘어 지며 비행기에 센서들을 탑재했을 경우 [그림 2.15]와 같은 형태로 도시된다.

- SAR 센서 도시: SAR 센서 도시부는 SAR 센서를 사용하여 관측한 영역의 SAR 센서 영상을 도시한다.
- EO 센서 도시: EO 센서 도시부는 SAR 관측한 영역 중에서 EO 센서를 사용하여 관측한 영역의 EO 센서 영상을 도시한다.
- ELINT 센서 도시: ELINT 센서 도시부는 센서가 위치한 곳을 중심으로 한 사용자가 지정한 범위의 요도를 배경으로 그 위에 ELINT 센서가 추정된 탑재 장비의 위치를 나타내고 사용자가 화면에서 탑재 장비 심볼을 선택하면 탐지된 전자장비의 특성, 위치, 탑재 가능한 표적들의 목록을 도시한다.
- MTI 센서 도시: MTI 센서 도시부는 센서가 위치한 곳을 중심으로 한 감지 가능한 범위 내에 해당하는 요도를 배경으로 그 위에 MTI 센서가 추정된 표적들의 심볼과 그 운동특성이 벡터

형태로 도시되고 사용자가 화면에서 심볼을 선택하면 MTI센서가 추정한 속도, 위치, 식별 후보값들에 대한 목록을 도시한다.

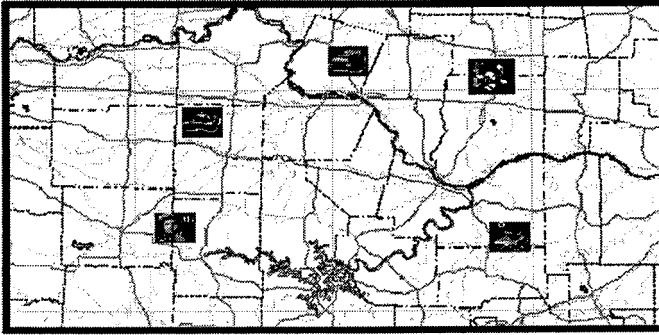


그림 2.14. 전장 도시

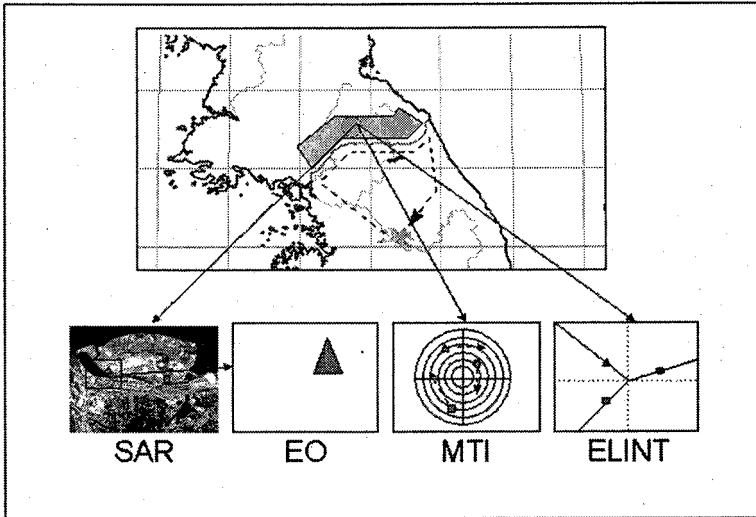


그림 2.15. 센서 도시

## 2.7. 융합 도시

융합 도시는 크게 융합 결과를 도시하는 부분과 융합 성능 평가 결과를 도시하는 부분으로 다음과 같이 나뉘어 진다.

### 가. 융합 결과 도시

융합 결과 도시는 기본적으로 융합된 표적들의 심볼들을 [그림 2.16]과 같이 지도 위에 나타낸다. 이러한 표적들 중 기동 표적은 시간의 흐름에 따라 지도 위를 이동한다. 사용자는 이러한 기본 도시 화면에서 선택에 따라 다음과 같은 세 가지 부가적인 도시 기능을 사용할 수 있다.

- 특정 기동 표적 궤적 도시: 사용자가 기본 도시 화면 위의 표적 심볼들 중에 특정 기동 표적을 선택하고 시간대를 지정하면 사용자가 지정한 시간대에 해당 표적이 어떻게 이동하였는지 그 이동 궤적을 도시한다.
- 특정 기동 표적 기동 가능/제한/불가능 지역 도시: 사용자가 기본 도시 화면 위의 표적 심볼들 중에 특정 기동 표적을 선택하면 해당 표적이 기동 가능한 지역과, 제한적으로 기동 가능한 지역 그리고 기동이 전혀 불가능한 지역이 구분되어 지도 위에 도시된다.
- 특정 표적에 대한 제원 도시: 사용자가 기본 도시 화면 위의 표적 심볼들 중에 특정 표적을 선택하면 해당 표적에 대한 상세한 제원이 표적 제원 데이터 베이스로부터 검색되어 도시된다.



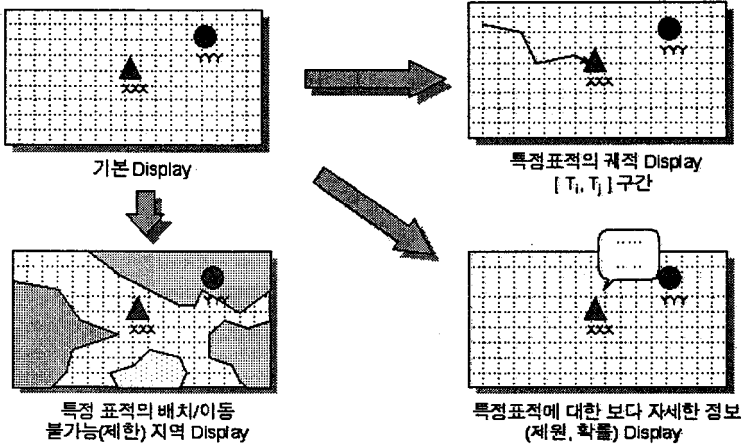


그림 2.16. 융합 결과 도시

#### 나. 융합 성능 평가 도시

이 시제에서 사용자가 변화 가능한 세가지 요소는 다음과 같다.

##### (1) 표적 변화

사용자는 시나리오 내에 묘사된 전장 상의 표적들의 종류, 배치, 이동 궤적 등을 변화 시킬 수 있다.

##### (2) 센서 변화

사용자는 시나리오 내에 묘사된 센서들의 배치 및 운용 시간을 변화시킬 수 있다.

##### (3) 융합 기법 변화

사용자는 융합 과정에 사용되는 융합 기법을 변화시킬 수 있다.

사용자는 상기와 같은 변화 가능한 요소들을 조합해가며 처리 속도, 정확성과 같이 미리 정해진 융합 성능 기준에 따른 융합 성능을 평가할 수 있으며 이러한 평가 결과는 [그림 2.17]과 같이 그래프 형태로 융합 평가 도시부를 통하여 도시된다.

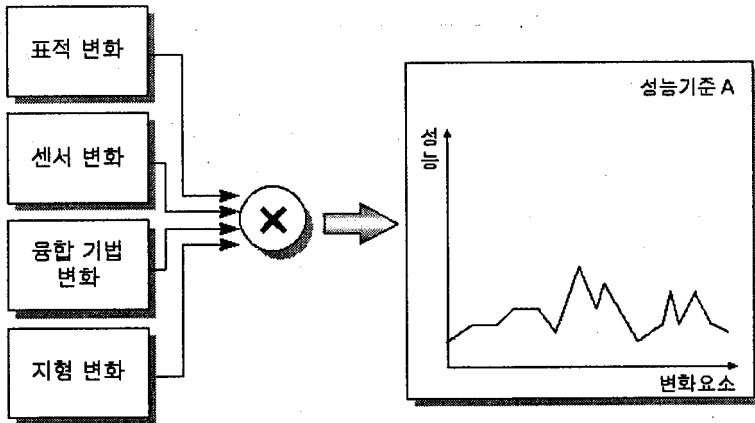


그림 2.17 융합 성능 평가 도시

### 3. 식별 융합을 위한 퍼지집합 및 표적 데이터베이스의 설계

다중표적 다중센서 정보융합을 위하여 사용되는 융합 알고리즘들 중 전장에 존재하는 표적을 식별하기 위한 기존의 알고리즘들은 [그림 3.1]과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다 [2, 3].

물리 모델(physical model)은 관측 가능하고 계산 가능한 데이터들을 미리 설계하여 설계된 값과 실제 데이터를 대조하여 표적의 식별 값을 추산하는 기법으로 위치융합 기법과 매우 유사한 측면이 있다.

매개 변수 분류(parametric classification)는 표적들로부터 얻은 센서의

을 알아낸다. 그 구조는 [그림 4.1]과 같다.

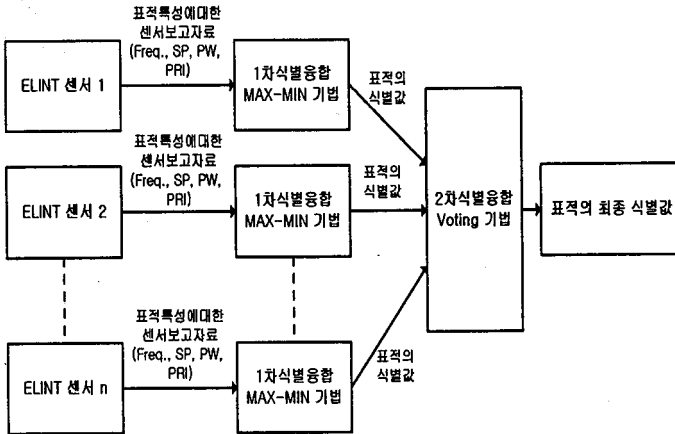


그림 4.1. 식별 융합 알고리즘 구조

(1) 1단계 식별 융합 과정

각 ELINT센서는 전장에 존재하는 전자 장비를 탑재한 표적으로부터 신호의 주파수, SP, PW, PRI값을 탐지하여 표적 데이터베이스를 근거로 하여 생성한 가우스 멤버함수 값 (0에서 1사이의 값)을 얻어낸다. 즉 각 특성(feature)에 대한 멤버 함수로부터 얻어진 값들에 대한 순서를 [주파수, SP, PW, PRI]의 순으로 봤을 때 각각의 값은 0에서 1사이의 값을 가지게 되고 이러한 네 개의 순서 값은 표적 데이터베이스에 존재하는 모든 종류의 표적에 대하여 구해지게 된다. 이들 네 값 중 가장 작은 값을 취하여 표적 데이터베이스에 존재하는 각 표적 후보들의 확률 값으로 설정하고, 이렇게 해서 얻어진 모든 후보 표적들의 확률 값 중 가장 큰 값을 가지는 표적을 1차 식별융합 기법의 결과 값으로 하여 모든 ELINT 센서에 대해 1단계 식별 융합 결과 값을 구한다. 1단계 식별융합 기법에 대한 세부 구조는 [그림 4.2]와 같다.

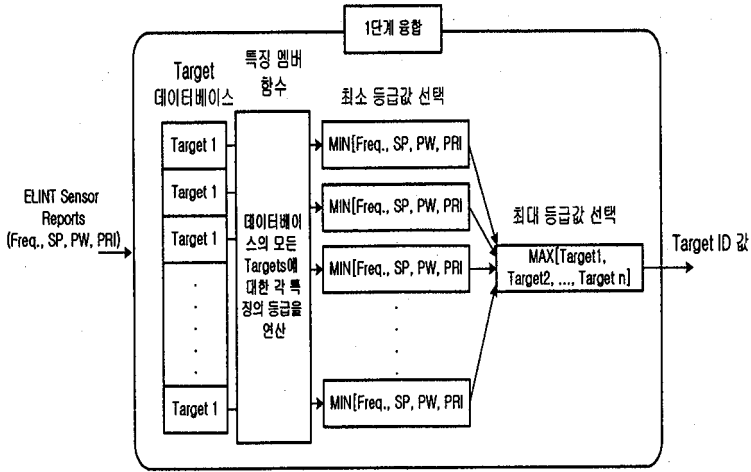


그림 42. 1차 식별 융합 알고리즘 구조

예로서, 전장에 존재하는 어떤 전자 장비를 탐지한 표적으로부터 어느 한 ELINT센서가 [주파수, SP, PW, PRI]값을 각각 [321, 4.8, 5.2, 6.7]의 값으로 탐지하였다면 표적 데이터베이스에 존재하는 네 개의 표적에 대해 [주파수, SP, PW, PRI]값을 멤버함수를 이용하여 구한다. (그림 4.3 참조.)

각 특성에 표적 A는 [0.05, 0.58, 0.43, 0.1], 표적B는[0.3, 0.96, 0.98, 0.8], 표적C는 [0.4, 0.72, 0.29, 0.23], 표적D는 [0.87, 0.4, 0.6, 0.47] 값을 가지며 각 표적별로 가장 작은 값을 취하면 표적A의 MIN값은 0.05, 표적B의 MIN값은 0.3, 표적C의 MIN값은 0.23, 표적D의 MIN값은 0.4가 되어 이 중 가장 큰 값을 가진 표적을 고르면 표적 D가 되고 그에 대한 확률 값으로 0.4를 취하여 1차 식별 융합 알고리즘의 결과 값으로 나오게 된다. 이렇게 해서 나온 n개의 ELINT 센서의 1단계 식별 융합 결과 값을 가지고 2단계 식별 융합 기법인 voting 기법을 사용하여 표적의 최종 식별 값을 구한다.

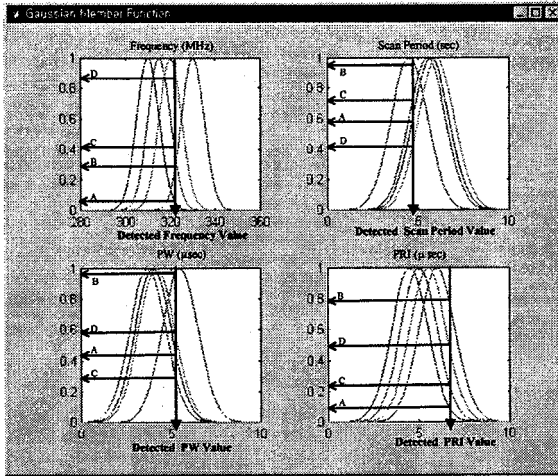


그림 4.3 멤버함수로부터의 값 추출

## (2) 2단계 식별 융합 과정

각 ELINT센서로부터 나온 표적의 식별 값을 가지고 voting 기법을 사용하여 표적의 최종 식별 값과 그에 대한 확률 값을 구한다. Voting기법이란 각 센서가 하나의 투표권을 가지고 민주주의 방식으로 투표하는 기법으로 가장 많이 지명된 후보 값이 최종 결과 값이 된다. 예를 들어 10개의 ELINT센서 중 6개의 ELINT센서가 표적의 식별 값으로 D를 보고하고 4개의 ELINT센서가 B라고 보고했을 경우 이 기법(Voting기법)에 대한 결과 값은 표적D가 된다. Voting 기법의 채택 이유는 표적들의 정확한 priori값이 존재하지 않을 경우 실시간 처리기법으로 유용하게 사용되며 융합 수행시간이 다른 어떤 기법에 비해 상당히 적게 걸린다는 결과[4]를 고려하였다.

## 4.2 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱 식별 융합 기법의 성능 분석

본 논문에서 제시한 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱 식별 융합 기법의 성능평가를 하기 위하여 전통적인 Bayesian기법과 Dempster-Shafer기법을 사용하였다. 두 식별 융합 기법에 대한 대표적인 특성은 다음과 같다. Bayesian 식별 융합 기법은 수학적으로 합리적이고 연산시간이 빠르고, priori확률에 따라 결과 값에 많은 차이를 가져올 수 있다. 반면에, Dempster-Shafer 식별 융합 기법은 모든 경우에 대하여 확률 값을 부여하므로 더 나은 결과를 가져올 수 있으나 표적의 개수에 따라서 연산속도가 다른 방법에 비해 늘어나는 경우가 발생한다.

성능 평가 실험을 위하여 가상적인 시나리오를 만들어 전장에 5개의 전자장비를 탑재한 표적을 배치하고 3개의 ELINT센서를 사용하여 표적을 탐지하도록 하였다. 아래에 나온 각 융합 기법에 대한 정확성은 식별 융합을 펜티엄 프로세서 컴퓨터를 사용하여 각 200번 수행하여 나온 결과 값에 대한 평균값이고 연산시간은 식별 융합을 200번 수행하였을 때 걸린 시간을 나타내었다.

**실험1 (Nearest Neighbor Association 기법을 사용하였을 경우):**

(1) Bayesian 융합 기법은

정확성: 80.48% 연산시간: 77.93초

(2) Dempster-Shafer 융합 기법은

정확성: 81.79% 연산시간: 117.6초

(3) 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱 융합 기법은

정확성: 81.04% 연산시간: 74.83초

으로 측정되었다. [그림 4.4]은 이들에 대한 정확도와 수행시간에 대

한 비교도이다.

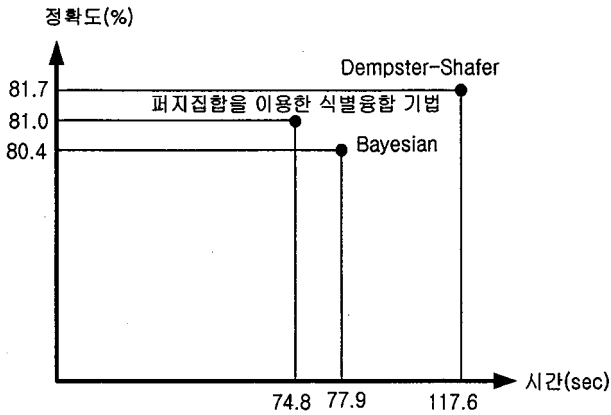


그림 4.4. Nearest Neighbor Association 기법 사용

실험2 (PDA Association 기법을 사용하였을 경우):

- (1) Bayesian 융합 기법은  
정확성: 71.91% 연산시간: 87.52초
- (2) Dempster-Shafer 융합 기법은  
정확성: 72.64% 연산시간: 194.54초
- (3) 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱 융합 기법은  
정확성: 72.32% 연산시간: 79.6초

으로 측정되었다. [그림 4.5]은 이들에 대한 정확도와 수행시간에 대한 비교도이다.

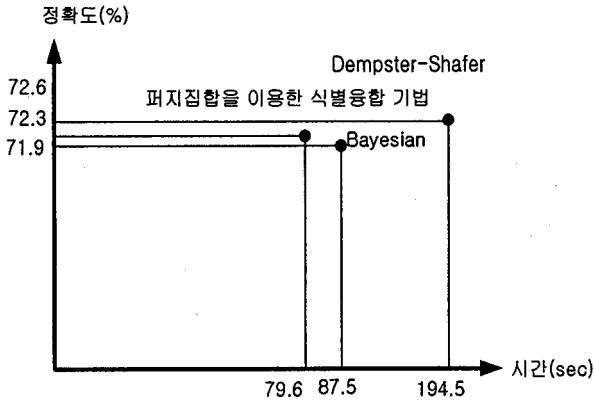


그림 4.5 PDA Association 기법 사용

이러한 융합실험결과를 분석하면 본 논문에서 제시한 퍼지 집합을 이용한 휴리스틱 식별 융합 알고리즘은 실험 결과, 정확성 면에서는 기존의 식별 융합 기법의 정확성과 큰차이가 없으면서도 연산시간 면에서는 월등히 빠름을 알 수 있다. 특히, 정확한 priori값이 존재하지 않을 경우의 실시간 처리기법에 효과적이라고 말할 수 있다. 약점으로는 식별의 결과로서 부여되는 확률 값에 대한 신뢰도가 다소 떨어질 수 있으며, voting기법을 사용함에 따라 나타날 수 있는 두개 이상의 표적 후보 값에 대한 지지도가 동일할 경우, 이에 따른 부가적인 처리작업이 필요하다.

## 5. 결론

본 연구는 다중표적 다중센서 정보융합체계에 적용가능한 퍼지 집합 기반의 휴리스틱 식별 융합 알고리즘을 제시하고, 실험을 거쳐 기존의 식별 융합 알고리즘과 비교 분석하였다. 실험 결과 다른 두 식



별 융합 기법보다 식별 확률 값에 대한 신뢰도가 다소 떨어지지만 연산 속도가 다른 두 융합 기법보다 신속함을 알 수 있었다. 실시간 처리가 요구되는 다중표적식별융합체계에서 실제로 사용될 충분한 수량의 ELINT센서를 표적 탐지에 사용하거나 혹은 서로 다른 종류의 여러 센서를 사용하여 표적을 탐지한다면 본 실험치보다 월등히 우수한 결과를 얻을 수 있을 것이므로 실제체계에 적용가능한 방안으로 그 중요성이 높다고 판단된다.

## < 참고문헌 >

- [1] David L. Hall, James Llinas, An Introduction to Multisensor Data Fusion, Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No.1, 1997
- [2] David L. Hall, Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion, Artech House, Norwood, Massachusetts, 1992.
- [3] Jannis, I. L. , and L. Mann, Decision Making, Free Press, New York, 1977.
- [4] Edward Waltz and James Llinas, Multisensor Data Fusion, Artech house, Norwood, Massachusetts, 1990

# A Study on the Multi-sensor Data Fusion System for Ground Target Identification

Kang, Sukhoon

Multi-sensor data fusion techniques combine evidences from multiple sensors in order to get more accurate and efficient meaningful information through several process levels that may not be possible from a single sensor alone. One of the most important parts in the data fusion system is the identification fusion, and it can be categorized into physical models, parametric classification and cognitive-based models, and parametric

classification technique is usually used in multi-sensor data fusion system by its characteristic. In this paper, we propose a novel heuristic identification fusion method in which we adopt desirable properties from not only parametric classification technique but also cognitive-based models in order to meet the realtime processing requirements.

*Keywords* : Multi-sensor Data Fusion System, classification technique, a novel heuristic identification fusion method