

## 레이더와 전자정보 장비의 정보융합 특성 분석

임중수<sup>1\*</sup>

# An Analysis of Information Fusion Characteristics between Radar and Electronic Intelligence System

Joong-Soo Lim<sup>1\*</sup>

**요 약** 본 논문에서는 레이더와 전자정보 장비를 사용해서 획득한 각각의 정보를 종합해서 레이더에서 획득한 표적 신호와 전자정보에서 획득한 전자파 정보를 융합하는 기술을 제시한다. 레이더와 전자정보 장비를 융합하면 표적을 정확하게 확인할 수 있기 때문에 레이더의 탐지 오차율이 줄어들고 표적에 대한 상세 정보를 확보할 수 있으며, 정보 융합 모듈에서 융합한 내용을 종합표시기에서 통합된 정보를 표시할 때 장비의 성능을 향상시킬 수 있으며 표적식별이나 목표물 선정에 사용할 수 있다.

**Abstract** This paper presents a technology of information fusion between radar and electronic intelligence system. Radar can get range and direction information of targets and electronic intelligence system can get direction and electromagnetic information of targets which can be fused and identified together. We designed an information fusion unit in which information data is able to be added and compared and designed a display unit in which a fused information is totally displayed.

**Key Words** : Information, Fusion, Electronic Intelligence, Radar, Display, Detection.

### 1. 서 론

대표적인 표적 탐지체계인 레이더와 표적에서 나오는 전파를 수신하여 표적의 방향과 전파요소를 조기에 탐지할 수 있는 전자정보 장비의 정보들을 융합하여 표적의 방향, 거리, 속도, 전파 정보를 정확하게 파악하여 항공기나 함정의 안전운행을 도와주는 정보융합기술이 필요하며, 특히 군사용으로 적의 표적을 정확하게 식별하여 전투 징후를 조기에 파악하고, 적의 전투상황을 분석하여 적의 공격이나 침투에 대한 최적의 대응책을 초기에 수립할 수 있는 레이더 정보 융합 기술 연구가 매우 필요하다.[1]

세계 각국에서는 레이더와 전자정보 체계를 별도로 개

발하여 현재는 별도로 운영하고 있으며, 선진국에서는 레이더나 전자광학, 적외선 탐지 센서, 전자정보 체계에서 탐지한 신호를 종합 상황체계를 통해서 각각의 정보를 별도로 표시 한 뒤에 이를 종합한다. 그러나 이것은 정보 종합 수준이며 레이더와 전자정보 신호를 정보융합하면 더 많은 정보를 획득할 수 있다. 선진국에서는 전자정보 위성에서 수집한 전자정보 자료를 레이더로 송신하여 레이더 정보와 전자정보 정보가 종합되고 있다.[2][3]

### 2. 레이더 정보융합 요소 분석

레이더 및 전자정보 장비로부터 수신된 데이터를 이용하여 상호보완적인 정보융합을 실시하기 위해서는 우선 각각의 장비가 획득하는 정보와 또한 각 장비가 획득한 정보에 대한 연관성을 찾아야 한다. 본 논문에서는 레이더와 전자정보 체계의 분석요소를 표 1과 같이 설정하고, 선정된 요소들을 일차적으로는 표적의 방위, 거리를 비교해서 공통된 표적을 식별하고, 이차적으로 표적의 전파특

본 연구는 한국과학기술원 전파탐지특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었음.

<sup>1</sup>백석대학교 정보통신학부

\*교신저자 : 임 중 수(jslim@bu.ac.kr)

성과 표적의 라이브러리를 비교해서 정보융합을 실시한다.

표 2. 레이더 정보 융합 요소 분석

분야	분석요소 (분석 정확도 : %)
전자정보	표적의 방향(90), 거리(50), 속도(10)
	표적의 전파특성(90)
	표적의 라이브러리(90)
레이더	표적의 거리(90), 방향(90), 속도(90)
	표적의 전파특성(10)
	표적의 라이브러리(10)

그림 1은 수신 정보의 흐름을 나타낸 정보융합장치의 개념도를 나타내는 것이다. 레이더와 전자정보체계로부터 수신된 신호는 제어기로 입력되며, 정보융합 모듈을 통해 레이더와 전자전으로부터 입력된 각각의 신호에 대한 정보를 융합하여 동일 표적을 확인하고 라이브러리에 저장된 표적에 대한 정보와 비교하여 표적에 대한 정보를 전시한다. 이러한 정보융합장치는 크게 제어기와 표시기로 구성되며 제어기는 수신된 정보를 입력받아 정보융합을 실시하고 정보를 표시하는 운용소프트웨어를 포함한다.

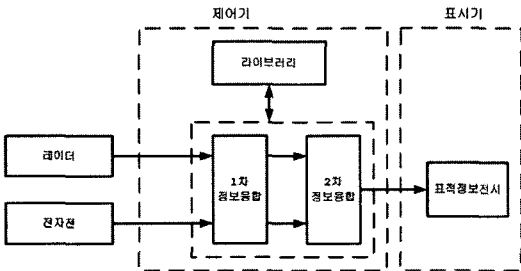


그림 1. 정보융합장치의 시스템 개념도

### 3. 레이더 정보융합 기술 분석

#### 3.1 전자정보 장비 표적 식별 기술

전자정보 장비는 표적으로부터 송신되는 전파를 수신하여 표적의 방향과 거리정보 및 표적이 사용하는 전파의 주파수나 펄스폭 등의 전파 요소를 분석한다. 또한 분석된 전파의 요소들을 기 확보된 라이브러리와 비교하여 표적의 종류를 추적한다. 특히 전자정보 장비는 표적의 방향을 1 도(degree) 이내로 정확하게 측정할 수 있기 때문에 표적 확인에 매우 중요하며, 전자전 장비가 분석하

는 방향, 거리 정보는 정보융합에 잘 활용될 수 있는 요소이다.

1990년대 이후 초고주파 집적회로(Microwave Integrated Circuit : MIC)기술, GPS기술 및 임베디드 시스템 기술이 발달됨에 따라 전자정보 장비의 방향탐지는 이러한 기술을 이용하여 소형, 경량, 고집적화 하고 방향탐지 채널 간의 위상이나 이득편차를 최소화하여 방향탐지 정확도를 향상시키고 있다. 또한 신호 탐지 확률을 높이기 위해서 배열 안테나 기술을 이용하여, 안테나를 회전하지 않고 360도 전 방향에서 동시에 수신되는 신호의 방위를 측정할 수 있는 기술이 개발되었으며 소프트웨어적으로는 진폭비교 방향 방식과 위상비교(interferometer) 방향 탐지 방식을 많이 사용한다.

진폭비교 방향 탐지 방식의 원리는 그림 2와 같이 인접한 두 안테나의 빔 패턴을 이용하여 입사신호의 도래각에 따라 두 안테나에 수신되는 신호진폭의 차이를 이용하여 전파의 도래각도(AOA)를 계산하는 방식이다. 배열 안테나 설치 시에 기준선(또는 보아 사이트)을 중심으로 - $\alpha$  각을 지향하도록 설치된 1번 안테나에 수신된 전파신호의 세기  $G_1(\theta)$ 와  $+\alpha$ 각을 지향하도록 설치된 2번 안테나에 수신된 신호의 세기  $G_2(\theta)$ 의 진폭 차이  $R(\theta)$ 을 이용해서 전파의 도래 방향을 구한다. 예를 들면 전파가 - $\alpha$  각 부근에서 입사되면,  $G_1(\theta)$ 의 값이  $G_2(\theta)$  보다 매우 커지고,  $+\alpha$ 각 부근으로 입사되면  $G_2(\theta)$ 가 매우 커지는 원리이다.

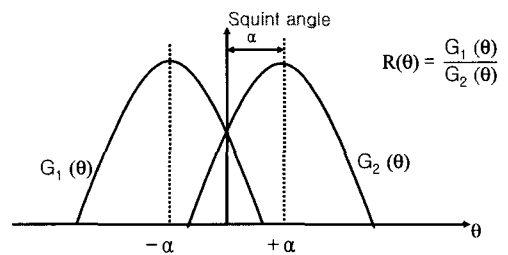


그림 2. 진폭비교 방향 탐지의 원리

위상 비교 방향탐지 방식 즉, 인터페로메타 방식은 그림 3과 같이 두 안테나에 입사되는 고주파 신호의 위상차를 이용하여 전파의 도래방위를 측정하는 방식이다. 임의 공간의 무선기기에서 전파가 발생되면 전파원의 방향에 따라서 수신기 두 안테나에 도착하는 시간(time of arrival)이 다르고, 이로 인해서 두 안테나에 도달하는 신호에는 위상차가 발생하는데, 이러한 위상차는 두 안테나 설치간격과 입사되는 전파의 주파수 함수이므로 입사전파의 방향을 계산하는데 사용한다.

그림 3에서 고각이 0°이고 방위각이  $\theta$ 인 지점에서 신호가 입사될 경우 안테나 2에 도달하는 신호는 안테나 1에 도달하는 신호를 기준으로 길이  $L$  만큼의 지연이 생긴다. 길이  $L$ 은 두 안테나의 간격  $D$ 의 함수이므로 두 안테나에 도달하는 신호의 위상차는 식(1)과 같이 된다.

$$\Delta\psi = \psi_1 - \psi_2 = k \times L = \frac{2\pi}{\lambda} D \sin\theta \quad (1)$$

여기에서,  $\psi_1$ 은 1번 안테나에 수신된 신호의 위상,  $\psi_2$ 는 2번 안테나에 수신된 신호의 위상,  $\Delta\psi$ 는 두 안테나에 도달된 신호의 위상차,  $k$ 는 파수(wave number),  $\theta$ 는 전파의 도래각(AOA),  $D$ 는 두 안테나의 설치 간격이다. 이 식은 전파의 도래 방위각을 위상차 변화로 변환하였으며,  $\frac{D}{\lambda}$  값이 크면  $\frac{d(\Delta\psi)}{d\theta}$ 이 커지게 되므로 측정 방위각 해상도는 향상되지만, 반면에  $\frac{D}{\lambda}$  값이 1/2을 넘어서면 동일 위상차를 갖는 방위각이 2개 이상 존재하게 되므로 모호성이 발생하게 된다.

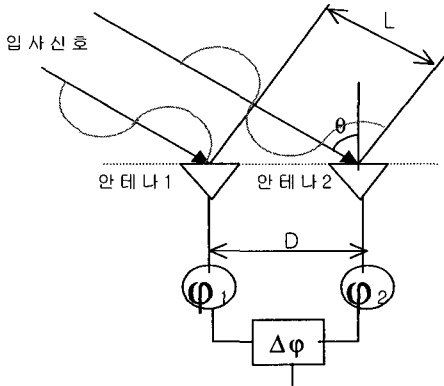


그림 3. 위상비교 방향탐지 원리

전자정보 장비의 일반적인 전시형태는 표적의 정보를 표로 전시하는 방식과 PPI(pulse position indicator) 그래픽으로 표준 심볼(standard symbol)를 이용하여 아군, 적군, 중립 등 표적의 종류에 따라 표시하는 방식이 주로 사용된다. 테이블 전시화면은 그림 4와 같이 표적의 트랙 번호, 방위, 주파수, PRF, PW(pulse width), 스퀘타입, 스캔주기 등을 표 형태로 전시한다.[4][5]

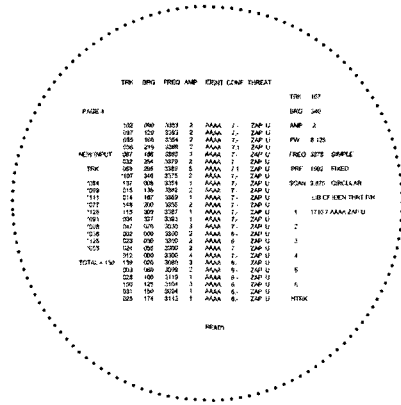


그림 4. 표 형태의 전자정보 장비 표시기

### 3.2 레이더의 표적식별 기술

레이더(radio detection and ranging: RADAR)는 반사 물체(reflecting objects or targets)의 위치를 탐지하기 위한 전자기 시스템으로, 이를 위해 공간상에 에너지를 방사하고 물체로부터 반사된 반향신호(echo signal)를 수신 처리하는 기능을 하는 장치로 일반적인 레이더의 구성은 다음 그림 5와 같다.

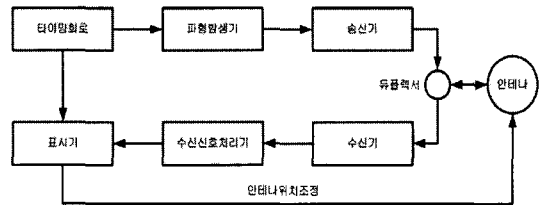


그림 5. 표적탐지 레이더 구성도

수신되는 반향신호를 신호처리 하여 표적의 거리를 획득하고, 방위는 반향신호가 검출되는 순간에 안테나 각도를 측정하며, 안테나의 방사패턴 내에 표적이 있는 곳에서 결정되며, 표적에 대한 방위는 안테나의 빔폭이 좁을수록 정확하게 측정된다.

공간상으로 방사된 송신기 신호는 표적으로부터 반사되어 레이더 수신기로 입력되는 신호의 세기는 식 (2)와 같다.[6][7]

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} \quad (2)$$

식 (2)에서  $\lambda = c/f = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$ 이고  $\sigma$ 는 표적의 RCS이다.

또한 송신된 펄스가 표적에서 반사되어 수신되기까지

걸리는 시간(T)은 전파의 속도(c)에 반비례하고, 레이더로부터 표적까지의 거리 R에 비례하며 식(3)과 같이 표시할 수 있고 이 식을 이용하여 레이더에서 표적까지 거리를 계산할 수 있다.

$$T = \frac{2 * R}{C} \quad (3)$$

수신기로 입력된 반향신호는 펄스압축, 도플러필터뱅크 등 다양한 디지털 신호처리를 통해 표적의 속도 및 거리를 획득한다. 레이더에서 고정된 표적과 이동 표적을 구분하는 것이 표적식별에 중요하다. 고정표적을 식별하기 위해서는 지연소자와 가중치 곱셈으로 구현되는 이동 표적 식별(Moving Target Indicator : MTI) 기술을 사용하며, 이 기술은 도플러 성분이 없는 고정표적, 지면 클러터나 풍속의 영향을 받는 기상 클러터를 제거할 수 있으며 식 (4)과 같이 처리된다.

$$y(t) = w_1 x_1(t) + w_2 x_2(t + T) + \dots + w_n x_n(t + (n-1)T) \quad (4)$$

지면 등 고정된 물체에 의해 반사된 클러터 신호는 세기가 강한 반면 펄스 간 변화가 매우 적으며, 비행체에 의한 반사신호는 상대적으로 세기는 약하지만 이동속도 등과 같은 요인 때문에 펄스 사이의 세기는 조금씩 차이가 난다. 따라서 N번째 펄스와 N-1번째 펄스의 동일 거리셀 값을 빼면 고정물체에 의한 반사신호는 0이 되며, 표적신호의 값은 이동에 의한 RCS(radar cross section)의 변화에 의해 도플러 주파수가 변화(butterfly)를 나타내게 된다. 그림 6은 이동 표적에 의한 반사신호와 지면 클러터가 함께 있을 때 MTI 기능을 사용한 예이다.

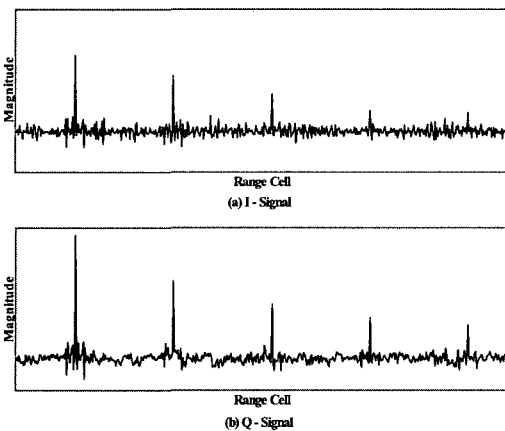


그림 6. MTI 출력 예

일반적인 탐색 및 획득 레이더는 다음 그림과 같은 PPI 혹은 구역 PPI 전시 형태를 사용한다. PPI는 원천 비디오 혹은 합성비디오가 될 수 있다. PPI 스킵프는 방위, 거리에 대한 극좌표 형태로 전시되며 전방위에 대한 모든 표적을 전시한다. 구역 PPI 스킵프는 방위, 거리에 대한 극좌표 형태로 전시되며 특정 구역 내의 표적을 전시하고, 기준위치 이동이 가능하여 레이더 위치가 스킵프상에서 이탈될 수 있다.

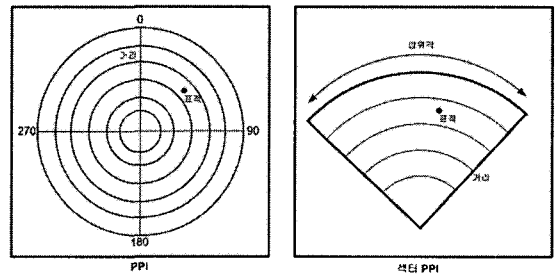


그림 7. PPI 및 섹터 PPI 스킵프

#### 4. 레이더 정보융합 및 표시

이러한 원리를 이용하여 표적정보 발생기를 개발하며, 표적정보 발생기는 전자wdjqh 장치로 입력되는 PDW데이터를 디인터리빙 과정을 거쳐 추출된 표적정보를 발생시키는 시뮬레이션 프로그램으로 구성되고, 설정된 PRF, PW등의 표적정보를 이용하여 설정된 파라미터와 동기되어 표적 정보를 발생시키도록 개발한다.

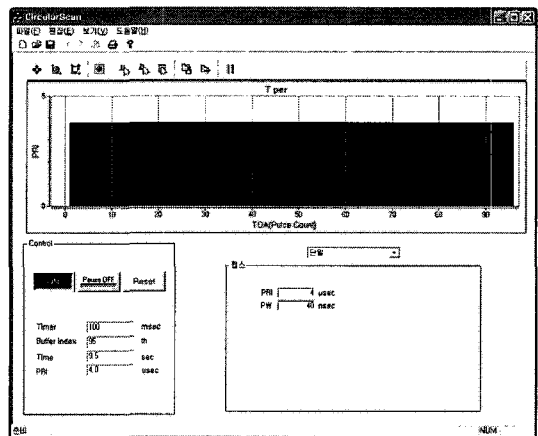


그림 8. 표적정보 발생기의 프로그램 예

정보융합장치의 전시기 화면은 그림 4와 그림 7에서

설명한 레이더 및 전자정보 장비의 전시 형태를 효과적으로 조합하여 표적위치 및 표적에 대한 정보를 쉽게 파악할 수 있는 전시화면을 구상해야 한다. 레이더의 PPI 화면에 전자정보의 테이블 형태의 전시화면을 결합하거나 방위각, 위협정도, 신호세기를 동시에 표현하는 전자정보의 그래픽 PPI전시 형태를 효과적으로 결합하여 정보융합장치의 출력을 효과적으로 전시 할 수 있도록 하는 방안도 사용할 수 있다.

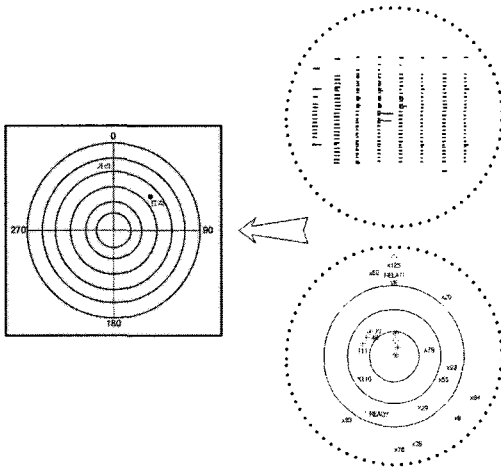


그림 9. 정보융합장치 전시화면 구성도

### 5. 결론

본 논문에서는 레이더와 전자정보 장비를 사용해서 획득한 각각의 정보를 융합하기 위해서, 선정된 요소들을 일차적으로는 표적의 방위, 거리를 비교해서 공통된 표적을 식별하고, 이차적으로 표적의 전파특성과 표적의 라이브리리를 비교해서 최종 정보를 획득한 후에 통합 정보 표시기에서 융합 정보를 표시하는 방법을 제시하였다. 이러한 레이더와 전자정보 장비를 융합하면 표적을 정확하게 확인할 수 있기 때문에 레이더의 탐지 오차율이 줄어들고 표적에 대한 상세 정보를 확보할 수 있어서 장비의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

### 참고문헌

- [1] D. C. Schleher, "Electronic Warfare in the information age," Artech House, 1999.
- [2] <http://WWW.fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/an-sly-2.htm>
- [3] <http://WWW.fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/an-sly-32.htm>
- [4] D. G. Kiely, "Naval Electronic Warfare," Brassey's Defence Publishers, 1990.
- [5] NAWC, "EW and Radar Systems, Engineering Handbook," Naval Air Warfare Center, 2000.
- [6] B. R. Mahafza, "Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB, (2nd Edition)," Chapman & Hall/CRC, 2005.
- [7] 월간 밀리터리 리뷰, 2006년 8월호, 군사연구

임 중 수 (Joong-Soo Lim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 8월 : 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 3월 : Auburn University, 고주파공학 (공학박사)
- 1980년 8월 ~ 1989년 12월 : 국방과학연구소, 선임연구원

- 1994년 1월 ~ 2003년 12월 : 국방과학연구소, 전자탐지 팀장
- 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>

전자파 이론, 광대역 주파수 소자 설계, 레이더 및 전자전 장비 설계/분석