

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.3.61>

IIBC 2018-3-9

밀리미터파대역(W-대역) 공대지 레이더의 이중편파 채널을 활용한 지상 표적 식별 기법에 관한 연구

The study on target recognition method to process real-time in W-band mmWave small radar

박성호*, 공영주**, 유성현**, 윤정숙**

Sungho Park*, Young-Joo Kong**, Seong-Hyun Ryu**, Jong-Suk Yoon**

요약 본 논문에서는 밀리미터파대역의 공대지 레이더에서 이중 편파 채널을 활용한 지상 표적을 식별하기 위한 방법을 제안한다. 먼저 공대지 레이더의 조우 상황에서 Push-Broom 표적 탐지 방법을 설명하고 수신 신호를 모델링한다. 시간 영역 스펙트럼 추정 기법인 RELAX 알고리즘을 이용하여 산란점을 추출하고 표적의 특성 벡터를 생성하였다. 그리고 이를 기반으로 각각의 4표적에 대한 DB를 구성하였다. 제안하는 방법으로 표적 식별 시뮬레이션을 수행한 결과 이중 편파 채널의 데이터를 이용하면 단일 채널에 비해서 표적 식별률이 최대 15% 이상 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract In this paper, we propose a method for recognizing ground target using dual polarization channels in millimeter waveband air-to-surface radar. First, the Push-Broom target detection method is described and the received signal is modeled considering flight-path scenario of air-to-surface radar.

The scattering centers were extracted using the RELAX algorithm, which is a time domain spectral estimation technique, and the feature vector of the target was generated. Based on this, a DB for 4 targets is constructed.

As a result of the proposed method, it is confirmed that the target classification rates is improved by more than 15% than the single channel using the data of the dual polarization channel.

Key Words : W-band, RCS, RELAX, target recognition

1. 서론

W-대역 밀리미터파 레이더는 차량용 자동차에 장착되어 차량의 충돌을 방지하거나 보행자를 탐지를 목적으로 개발된바 있다.^[1] 최근 국내에서 공대지 유도탄에 장착되어서 지상 표적 탐지 및 추적을 위해서 W대역의 공대지 레이더가 개발되는 추세이다. 주파수의 특성상 운

용 주파수가 높아지므로 도플러 분해능이 향상되고 좁은 빔폭 특성으로 방위각 분해능이 향상되는 특성을 가진다.

기존 대함 및 대공공대지 레이더와 다르게 W-대역 밀리미터파공대지 레이더는 지상의 복잡한 운용 환경에서 표적을 정확히 식별해야한다. 지상에는 지표면 및 나무와 같은 자연적인 클러터(natural clutter) 뿐만 아니라 건물 그리고 승용차, 군용 트럭 등 오경보를 유발시키는 다

*정회원, LIG 넥스원(주)

**정회원, LIG 넥스원(주)

Received: 29 March, 2018 / Revised: 8 May, 2018

Accepted: 8 June, 2018

Received: 29 March, 2018 / Revised: 8 May, 2018

Accepted: 8 June, 2018

*Corresponding Author: psh1009@lignex1.com

Dept. of Surveillance & Reconnaissance R&D Lab, LIG Nex1 Co., Ltd. Korea.

양한 표적들이 존재한다. 이러한 표적들은 클러터와 다르게 기동성을 가지므로 도플러 스펙트럼상에서 주 표적인 전차 표적과 주파수 영역에서 구분하기가 쉽지 않다. 따라서 이러한 표적을 식별하기 위해서 일반적으로 HRRP(High resolution profile) 및 SAR(Synthetic Aperature Radar) 영상 등이 있다. SAR 영상의 경우 영상을 생성하고 표적의 식별하기 위해서는 많은 연산량이 요구되고 유도탄에 장착되어 실시간으로 지상 표적을 식별해야하는 공대지 레이더에 적용하기가 쉽지 않다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 이중 편파 채널에 대하여 표적의 물리적 특성을 정확히 반영하면서도 적은 수의 산란점으로 표적 식별이 가능한 스펙트럼 추정 기법(Spectral estimation technique)인 1차원 RELAX 알고리즘을 이용하여 산란점을 추출한다. 그리고 그 산란점을 표적 식별을 위한 특성 벡터를 생성한다. 그리고 2개의 채널로부터 생성된 특성 벡터를 융합하여 표적 식별률을 향상시키는 기법을 제안한다.

본 논문에서는 공대지 유도탄의 표적 탐지 시나리오를 고려하여 예상 표적들에 대한 RCS 해석을 수행하고 그 결과를 이용해서 HH/HV 이중 편파 채널에 대한 RELAX 산란점으로 이루어진 DB를 구축하고 및 백색 가우스 잡음(additive white gaussian noise; AWGN) 부가하여 시험 데이터를 생성한다. 그리고 단일 채널 일 때(HH, HV)와 이중편파 채널(HH+HV) 특성 벡터를 이용할 때의 표적 식별 성능을 비교 분석한다.

II. Push-Broom 상황에서의 표적탐지

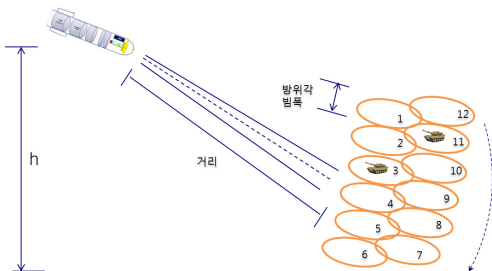


그림 1. Push-Broom 표적탐지 시나리오^[3]
Fig. 1. The scenario of Push-Broom target detection^[3]

위의 그림 1과 같이 유도탄에 장착된 공대지 레이더는 전방 지면을 향하여 빔의 송신함으로 표적탐지를 수행한다. Push-Broom의 목적은 크게 두 가지이다. 전방 지면을 탐색하면서 지상 표적을 식별하는 것과 유도탄의 고도를 일정하게 유지하게 하는 것이다.^[3] 구체적으로 설명하면 W대역 주파수 특성으로 인하여 상대적으로 아주 좁은 빔폭을 가진다. 따라서 좁은 빔폭 특성으로 지면을 조사하면 지면의 footprint에 수신되는 표적 신호를 수신하게 되고 안테나를 좌, 우로 움직여서 전방 지면을 탐색한다. 그림1에서와 같이 1에서 6까지 오른쪽으로 안테나를 이동하면서 지면을 탐색하고 최대 회전각에 도달하면 다시 왼쪽으로 이동하면서 7에서 12까지 이동하면서 표적 탐색을 수행한다. 일반적으로 Push-Broom을 수행할 때 속임감 OO deg 기준으로 수행하여 이 조건에서의 안테나와 표적의 상대 각도에 따른 RCS 특성을 파악하는 것은 매우 중요하다. HRRP는 공대지 레이더의 가시선방향(RLOS)에서 1차원으로 분포하는 RCS 특성 분포로 볼 수 있기 때문에 표적 탐지 조우 시나리오에 따른 RCS 특성 분석을 통해서 HRRP 및 산란점의 예상 패턴을 분석할 수 있다. 구체적인 설명은 V장에서 부연 설명한다.

III. 공대지 레이더 수신신호 모델링

W대역과 같은 고주파 영역에서 전자파를 입사시키면 수신된 신호는 산란파의 합으로 표현할 수 있다. 이를 표현하면 식 (1)과 같다.

$$E_S(f, \theta) = \sum_{i=1}^L S_i(f, \theta) E_I(f, \theta) \quad (1)$$

$$S_i(f, \theta) = \begin{pmatrix} S_{HH}^i(f, \theta) & S_{HH}^i(f, \theta) \\ S_{VH}^i(f, \theta) & S_{VV}^i(f, \theta) \end{pmatrix} \quad (2)$$

S_i 는 Sinclair 산란 행렬을 의미하는데 입사파가 표적으로부터 반사되어 수신되는 전달함수의 형태를 가지며 주파수, 입사각의 함수이다. E_I , E_S 는 각각 입사파와 산란파를 나타낸다. 고주파 영역에서 표적이 여러개의 산란점으로 구성되어 있다고 가정하면, i 번째 산란점으로부터 반사되어 나타나는 필드 데이터는 식 (3)으로 표현할 수 있다[4].

$$\begin{aligned} S_i(f, \theta) &= A_i(f, \theta) \exp(-j2k \cdot \vec{r}_i) \\ &= A_i(f, \theta) \exp(-j2kx_i) \\ &= A_i(f, \theta) \exp(-j2\pi \left(\frac{2f}{c}\right) x_i) \quad (3) \end{aligned}$$

$$A_i(f, \theta) = \begin{pmatrix} A_{HH}^i & A_{HV}^i \\ A_{VH}^i & A_{VV}^i \end{pmatrix} \quad (4)$$

θ 는 공대지 레이더와 표적 사이의 상대적인 각도이고 \vec{r}_i 는 공대지 레이더 가시선(line of sight)으로 투영된 산란점과 공대지 레이더 사이의 거리이다. A_i 는 i 번째 산란점의 크기이고 x_i 는 지상 표적의 공대지 레이더에서 바라본 길이 방향에서의 i 번째 산란점의 위치를 나타낸다. 여기서 주파수의 대역폭이 중심주파수에 비해서 매우 작다고 가정하고, 식 (3)에서 $f_p = f_0 + p \Delta f$ 를 적용하고 각도는 고정값으로 처리하면 아래와 같이 수식을 전개할 수 있다.

$$\begin{aligned} S_i(f_p) &= A_i \exp(-j2\pi \left(\frac{2(f_0 + p\Delta f)}{c}\right) x_i) \\ &= A_i' \exp(-j2\pi p \frac{x_i}{R_u}) \quad (5) \\ p &= 1, 2, \dots, P \end{aligned}$$

식 (5)에서 $A_i' = A_i \exp(-j2\pi f_0 (\frac{2x_i}{c}))$ 이고, $R_u = \frac{c}{2\Delta f}$ 는 공대지 레이더에서 최대 비모호거리(unambiguous range)이다. 최종 산란 행렬 S 는 아래와 x_i 의 함수로 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^L S_i(f_p) \\ &= \sum_{i=1}^L A_i' \exp(-j2\pi p \frac{x_i}{R_u}) \quad (6) \\ p &= 1, 2, \dots, P \end{aligned}$$

P 와 L 은 주파수 샘플 및 산란점의 개수이고 4개의 채널(HH, HV, VV, VH)에 대한 다른 산란 특성을 보여준다. 본 논문에서는 HH채널에 대해서만 표적 식별 성능을 고려한다.

IV. RELAX 알고리즘을 이용한 특성벡터 생성

1. RELAX 기법을 이용한 산란점 추출

RELAX 기법(Relaxation Algorithm)은 신호의 극점(pole)을 예측하는 기법인 CLEAN 기법의 한 종류이다. CLEAN 기법은 신호의 극값이 높은 순서대로 PSF(point spread function)을 재구성하여 원래의 신호에서 차례대로 빼줌으로 clean한 신호 또는 이미지를 얻는 기법이다 [9]. 원 신호를 식(7)과 같이 정의할 수 있으며 식(6)에서 언급한 4채널로 구성된 산란 행렬의 각각 채널은 아래와 같은 원 신호로 가정할 수 있다. 4채널에 대해서 수식 전개는 동일하므로 이후로는 한 채널에 대한 산란점을 추출하는 방법을 제시한다.

$$Y = \sum_{k=1}^K \alpha_k w(f_k) \quad (7)$$

$$w(f_k) = [1 \ e^{j2\pi f_k} \ \dots \ e^{j2\pi f_k(N-1)}]^T \quad (8)$$

N 은 데이터 샘플의 수를 의미하고 α_k , $k=1, 2, \dots, K$ 는 k 번째 정현파 신호의 크기이다. f_k 는 k 번째 정현파 신호의 주파수를 의미한다. RELAX 알고리즘은 아래의 비용함수를 최소화하는 K 개의 계수 α_k 와 f_k 를 찾는 것이다.

$$C_1(f_1, \alpha_1, \dots, f_K, \alpha_K) = \left\| Y - \sum_{k=1}^K \alpha_k w(f_k) \right\|^2 \quad (9)$$

여기서 $\| \cdot \|$ 은 Euclidean norm을 의미하고 원 신호에서 한 개의 PSF를 뺀 Y_k 는 아래와 같이 정의한다.

$$Y_k = Y - \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{\alpha}_i w(\hat{f}_i) \quad (10)$$

여기서 원 신호를 구성하는 각각의 계수들은 는 아래의 식 (11)과 (12)를 통해서 각각 구해진다. 이 식은 비선형 제곱법을 통해서 구해진다.

$$\hat{\alpha}_k = \frac{\omega^H(f_k) y_k}{N} \Big|_{f_k = \hat{f}_k} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}\hat{f}_k &= \min_{f_k} \left\| \left[I - \frac{\omega(f_k)w^H(f_k)}{N} \right] Y_k \right\|^2 \\ &= \max_{f_k} |w^H(f_k) Y_k|^2\end{aligned}\quad (12)$$

위의 식을 만족하는 \hat{f}_k 는 zero-padding 후의 Y_k 를 FFT처리 후 최대 크기를 가진 셀의 위치로 구할 수 있으며 계수들을 구하는 방법은 아래와 같다.[4]

step1. K=1로 놓는다. \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 Y 로부터 계산한다.

step 2. K=2로 설정한다. \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 식 (10)에 대입하여 Y_2 를 계산한다. 그리고 \hat{f}_2 과 $\hat{\alpha}_2$ 를 계산한다. 이렇게 구해진 \hat{f}_2 과 $\hat{\alpha}_2$ 를 다시 식 (10)에 대입하여 \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 재계산한다.

step 3. K=3으로 설정한다. step 2에서 얻은 $\{\hat{f}_i, \hat{\alpha}_i\}_{i=1}^2$ 을 식 (10)에 대입하여 Y_3 를 얻고 \hat{f}_3 과 $\hat{\alpha}_3$ 를 다시 계산한다. 그 다음 $\{\hat{f}_i, \hat{\alpha}_i\}_{i=2}^3$ 을 식 (10)에 넣어 Y_1 을 얻고 \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 재계산한다. $\{\hat{f}_i, \hat{\alpha}_i\}_{i=1,3}^3$ 을 식 (10)에 넣어 Y_2 를 구하고 \hat{f}_2 과 $\hat{\alpha}_2$ 를 재계산한다.

이후 과정 : 위의 과정을 아래에 설명할 식 (13)의 잔여파워가 증가할 때까지 반복한다.

위의 과정을 통해서 수신 신호에 포함된 산란점의 위치와 크기를 구할 수 있다. RELAX 기법의 특징은 다른 주파수 추정기법과 다르게 알고리즘 내부 조건에서 유효한 산란점의 개수를 알 수 있다는 것이다. 식 (10)에서 알 수 있듯이 원 신호에서 PSF를 계속 빼나가는 구조를 가지므로 유효하지 않은 산란점을 추출하면 오히려 전체 파워가 상승하게 된다. 식 (10)에서 $Y_k = [y_{k1} y_{k2} y_{k3} \dots y_{kn}]$ 라고 한다면 잔여파워(Residual Power)는 아래와 같이 정의된다.

$$\text{Residual Power} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{n=1}^N |y_{kn}|^2} \quad (13)$$

이러한 잔여파워가 증가하기 전까지 RELAX 과정을 반복적으로 수행한다.

2. 추출된 산란점을 이용한 특성 벡터 생성

RELAX 알고리즘을 이용해서 추출된 산란점의 정보를 이용하여 표적 식별을 수행하기 위한 특성벡터를 생성해야 한다. 산란점의 정보는 각각의 크기와 산란점간의 상대거리 정보로 나눌 수 있고 두 가지 정보를 모두 사용해서 특성 벡터를 생성할 수 있다. 구체적으로 산란점을 생성하는 개념 아래 그림 2에서 나타난다. 특성 벡터 α 는 아래와 같이 구성된다. 먼저 N개의 산란점의 크기를 큰 값부터 차례대로 배치하고 가장 큰 산란점 기준 다른 산란점간의 상대 거리를 각각 계산하여 특성 벡터를 생성한다. 특성 벡터는 HH채널과 HV채널 각각에 존재한다.

$$\alpha_{HH} = [a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_N, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{1N}]$$

$$\alpha_{HV} = [a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_N, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{1N}]$$

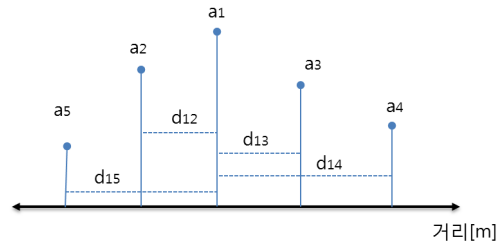


그림 2. 특성 벡터 생성 예(산란점 개수 =5)

Fig. 2. The example of a feature vector generation (# of scattering center = 5)

V. 표적 식별을 위한 DB구성

실제 공대지 상황에서 예상되는 표적 후보는 주 표적 인 전차(Main Battle Tank, MBT)를 포함하여 군용지프, 승용차, 그리고 SUV(Sport utility vehicle)로 선정하였다. 구체적인 모델은 그림 3 ~ 6과 같다. 각각의 모델은 실제 물리적인 사이즈를 그대로 반영하였다. CST사의 A-Solver를 이용하여 각각의 표적에 대한 RCS해석을 수행하였다. A-Solver는 SBR(Shooting Bouncing Ray) 기법을 통해서 표적의 구조적인 형상을 통해서 ray tracing 기법을 통해서 각각의 ray들의 경로를 추적해서 RCS 해석을 수행한다. 근사화 기법이지만 전자파가 입사할 때 표적의 모서리 등에서 발생하는 회절(diffraction) 성분 및 다중 반사(multi-bounce)까지 고려해서 RCS해

석을 수행함으로 상대적으로 정확한 해석이 가능하다. 아래는 시뮬레이션 수행하는 조건을 나타낸다. RCS 데이터를 통해서 예상 조우각에 따른 DB를 구성한다. 주파수 간격을 선정하는 기준은 가장 큰 표적인 MBT 기준으로 산란점이 오버랩되는 것을 방지하기 위해서 15[MHz]로 정했고 이것은 IFFT(inverse Fast Fourier Transform) 처리 한 이후 거리 축으로 비모호성거리(Maximum Unambiguous range) 10[m] 설정하여 거리 축에서의 앨리어싱(aliasing)으로 인한 산란점의 정보가 손실되는 것을 방지하였다.

표 1. RCS 시뮬레이션 파라미터
 Tabel 1. RCS simulation parameters

	Simulation parameters
center frequency	94 [GHz]
bandwidth	960 [MHz]
frequency spacing	15 [MHz]
Channel	HH, HV, VV, VH
# of frequency sample	65
elevation	00°
azimuth	0° ~ 180°
azimuth spacing	1°

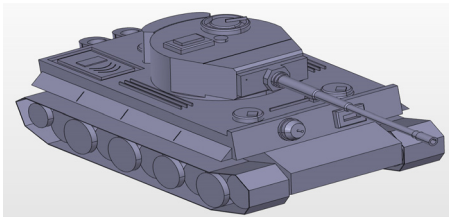


그림 3. 전차 표적 (표적 A)
 Fig. 3. MBT (target A)



그림 4. 군용 지프 (표적 B)
 Fig. 4. Military zeeep (target B)

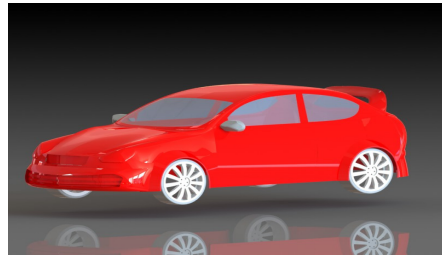


그림 5. 자가용 (표적 C)
 Fig. 5. Personal car(Target C)



그림 6. 스포츠 실용차(표적 D)
 Fig. 6. SUV(Target D)

VI. 제안하는 표적 식별 방법

제안하는 방법은 아래 그림 7과 같다. 먼저 4장에서 언급한 REALX 기법을 이용하여 HH채널과 HV채널에 대해서 산란점을 추출하여 특성 벡터를 생성하고 기존에 DB에 저장된 특성 벡터와 비교한다.

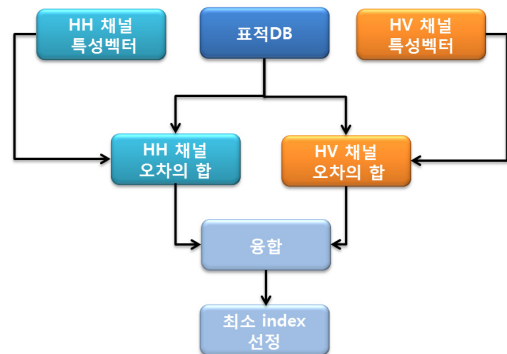


그림 7. 제안하는 표적 식별 방법 블록도
 Fig. 7. the block diagram of proposed target recognition method

구체적으로 비교하는 방법은 실시간 구현이 가능한 최근린(nearest neighbor)기법을 선정하였다. 일반적으로 최근린 방법은 자료 연관을 위한 추적 필터에서 많이 활용되는 개념인데 표적의 예측치를 기준으로 설정된 게이트 내에 존재하는 측정치 중 표적의 예측치에 가장 근접한 측정치를 표적의 측정치로 간주하는 방법이다. 동일한 개념이 표적 식별 기법에 적용될 수 있다. 즉 표적의 예측치를 DB에 저장된 특성 벡터로 간주하고 현재 수신되는 데이터의 특성 벡터가와 비교하여 얼마나 근접한지를 아래 수식으로 계산할 수 있다. 여기서 i 는 시험 데이터의 인덱스를 의미하며, j 는 DB 데이터의 인덱스를 의미한다. 그리고 N 은 특성 벡터를 구성하는 원소의 개수를 의미한다.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{n=1}^N |\alpha_{j_{DB}}(n) - \alpha_{i_{test}}(n)|^2} \quad (14)$$

그림 7의 블록도에서는 d_{ij} 를 특성 벡터간의 오차의 합으로 표현하였다. 다음 과정으로 두 개의 채널의 d_{ij} 값을 융합한 후 DB의 전체 데이터를 세트 중에서 가장 작은 값을 가지는 최소 index를 구한다. 이후에 이 index가 사전에 저장된 표적 DB의 후보 중에서 어느 표적으로 식별되었는지를 확인한다.

VII. 시뮬레이션 및 결과분석

본 제안하는 방법을 검증하기 위해서 아래의 순서로 시뮬레이션을 수행하여 단일 편파 채널과 이중편파 채널에 대한 특성 벡터를 활용하여 표적 식별률을 비교 분석하였다.

7.1 SNR 정의

본 논문에서 RELAX 기법은 이용한 특성벡터 생성을 통한 표적 식별 비교를 수행하였다. 본 논문에서 사용한 SNR을 계산하는 방법은 아래와 같다.^[7]

$$SNR = 10 \log \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (15)$$

위의 수식에서 P_{signal} 은 잡음이 없는 상태에서의 신호의 파워를 의미하며, P_{noise} 는 잡음의 파워를 의미한다.

7.2 시뮬레이션 순서도

먼저 시험 데이터를 DB로부터 생성하였다. DB에 구성된 4개의 표적에 대해서 방위각 0~180 도 에서 5도 간격으로 시험 데이터를 각각 37개씩 생성하여 총 148개로 구성된다. 복소 신호로 구성된 RCS 시험 데이터에 백색 가우스 잡음(additive white gaussian noise) 인 AWGN 노이즈를 부과하여 각각의 시험 조건에 해당하는 SNR을 생성하였고 그 값은 0 ~ 20 dB 까지 5 dB 간격으로 설정하였다. AWGN 노이즈가 부과된 시험데이터를 입력으로 받아서 4장에서 설명한 RELAX 알고리즘을 이용하여 산란점을 각각의 채널 별로 추출하고 특성 벡터를 생성하였다. 다음 단계로 각각의 채널별로 생성된 특성 벡터를 표적 DB 데이터와 비교하여 표적 식별을 수행하였다. HH채널과 HV채널 그리고 HH+HV 채널 각각을 입력으로 활용하였다. 위의 과정을 해당 SNR조건에 따라서 각각의 채널별로 시험 데이터를 생성하여 표적 식별률을 계산한다.

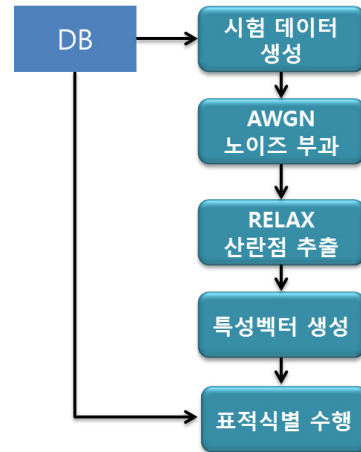


그림 8. 시뮬레이션 순서도

Fig. 8. the flowchart of the simulation

7.2 표적에 따른 RELAX 산란점 추출 결과

4개의 표적에 대한 HH채널에 대한 고각 70도, 방위각 0도에 대한 HRRP와 RELAX 기법을 이용한 산란점 추출 결과를 시뮬레이션한 결과이다.

1) 전차 표적 (표적 A)

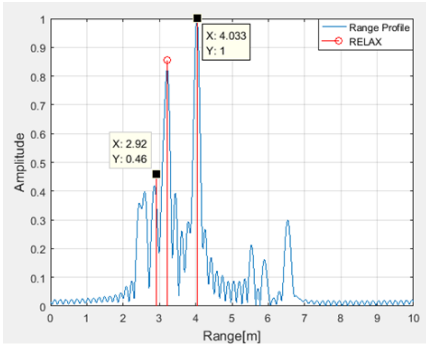


그림 9. 전차 표적(표적 A)의 산란점 추출 결과
 Fig. 9. The scattering center result of MBT (target A)

2) 군용 지프 (표적 B)

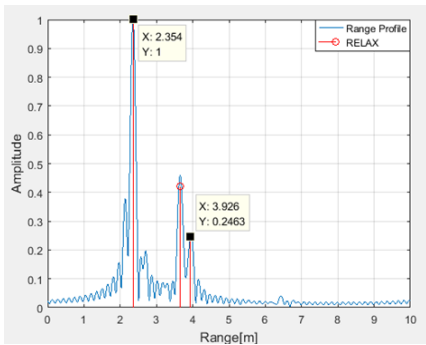


그림 10. 군용 지프(표적 B)의 산란점 추출 결과
 Fig. 10. The scattering center result of Military jeep (target B)

3) 자가용 (표적 C)

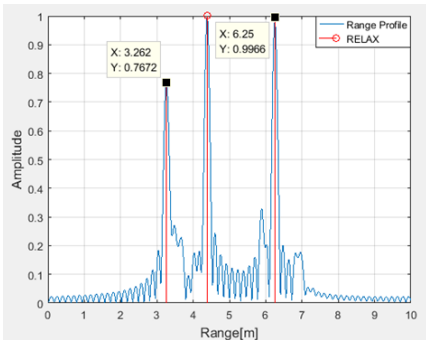


그림 11. 자가용 (표적 C)의 산란점 추출 결과
 Fig. 11. The scattering center result of Personal car (Target C)

4) 스포츠 실용차 (표적 D)

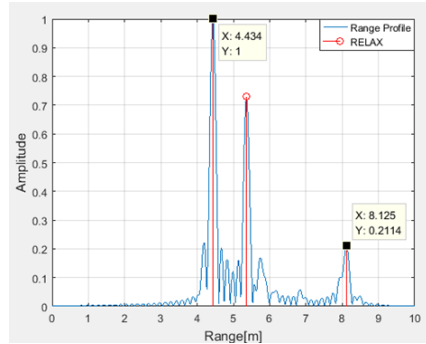


그림 12. 스포츠 실용차(표적 D)의 산란점 추출 결과
 Fig. 12. The scattering center result of SUV(Target D)

표 2. 방위각에 따른 4개 표적의 주요 산란점 상대 거리[m]
 Table 2. The relative range of main scattering center of 4 target

aspect angle (azimuth)	표적 A	표적 B	표적 C	표적 D
0°	1.11	1.04	2.99	3.69
45°	1.86	1.23	2.1	1.51
90°	0.91	0.49	0.26	0.55
180°	2.77	1.55	2.14	2.00

7.3 SNR에 따른 표적 식별률 비교 분석

N_{total} 은 식별기의 성능 평가를 위한 전체 시험 데이터의 수이다. 즉 4개의 표적을 통해서 각각 생성된 시험 데이터 전부를 더한 것이다. $N_{correct}$ 는 그 중에서 정확히 식별된 시험 데이터의 수를 의미한다.^[7]

$$\eta = \frac{N_{correct}}{N} \quad (16)$$

표 3. 단일편파 채널과 이중편파 채널의 표적 식별률의 비교
 Table 3. Comparison of correct classification rates(%) of single-pol. channel and dual-pol. channel

	SNR[dB]				
	0	5	10	15	20
HH ch.	40.5	58.1	77.7	88.5	95.9
HV ch.	36.4	58.7	75	89.8	89.8
HH+HV ch.	55.4	67.5	83.1	91.2	95.9

위의 표 4는 해당 SNR 조건에서 단일 편파 채널(HH, HV)과 이중편파 채널(HH+HV)의 입력에 따른 표적 식별률을 비교한 결과이다. 이 표를 통해서 아래와 같은 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있다.

- SNR이 0 ~ 5 dB 조건에서는 상대적으로 단일 채널에 비해서 이중 편파 채널을 사용해서 표적 식별을 수행하는 경우 표적 식별률이 HH채널보다 최고 15% 향상되는 것을 알 수 있다.
- SNR이 15dB 이후부터는 단일 채널 각각의 표적 식별률이 높으므로 이중편파 채널 데이터를 융합해도 표적 식별 측면에선 향상되는 범위는 크지 않은 것으로 나타났다. 이것은 단일 채널의 특성벡터가 SNR이 높으므로 상대적으로 표적의 정보를 정확하게 반영한 산란점을 추출할 결과로 사료된다.
- HH채널과 HV채널의 식별률을 비교하면 전반적으로 HH채널을 이용한 경우가 식별률이 높다.

V. 결 론 및 향후과제

본 논문에서는 단일 편파 채널과 이중 편파 채널의 특성벡터를 활용하여 표적의 식별률을 비교 분석하였다. SNR이 작은 경우에 이중 편파 채널을 활용하면 표적 식별률이 최대 15% 이상 향상되는 것을 시뮬레이션 결과를 통해서 확인하였다. 향후 과제로는 실제 공대지 조우 상황에서 외부 환경 요소 빙폭 내부로 수신되는 클러터의 영향을 고려해서 표적 식별하는 기법을 연구할 계획이다.

References

- [1] Wan-Sik Kim, "Development of W-band Transceiver Module using Manufactured MMIC", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 17, No. 2, pp. 233-237, Apr. 30, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.2.233>
- [2] Jong-IL Park, "Analysis of Target Identification Performance Based on HRR Profiles against the Moving Targets", The Journal of Korea Institute of Electromagnetic Engineering and Science 20(3), 2009.3, 289-295
- [3] C. M. Alabater, E. J. Huges "W-band Seeker Study : Waveform Design", White Horse Radar

Technical Consulting, Apr. to Oct. 2015.

- [4] "A Study on Scattering Center Extraction Using Full Polarimetric Data", The Journal of Korea Institute of Electromagnetic Engineering and Science, 2016 May; 27(5), 463~470.
- [5] Hee-Jin Jo, "A Study on Signal Processing of the Length Estimation of Missile Target Using RELAX", The Journal Of Korean Institute Of Electromagnetic Engineering And Science. 2013 Mar.; 24(3), 292~298.
- [6] Seung-Jae Lee, "Study on the Performance Enhancement of Radar Target Recognition Using Combining of Feature Vectors ", The Journal Of Korean Institute Of Electromagnetic Engineering And Science. 2013 Sep.; 24(9), 928~935.
- [7] Joon-Yong Park, "De-Noising of HRRP Using EMD for Improvement of Target Identification Performance ",The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science 28(4), 2017.4, 328-335 (8 pages)

저자 소개

박 성 호(정회원)



- 2006년 3월 : 경상대학교 제어측정공학과 (공학사)
- 2008년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : LIG넥스원 (주) 선임연구원
<주 관심분야> 레이더 신호처리, 레이더 시스템 M&S, 레이더 표적식별 기법 연구

공 영 주(정회원)



- 2009년 2월 : 성균관대학교 정보통신공학부(공학사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 선임연구원
<주 관심분야> 레이더 신호처리, 고출력 레이더 시스템 개발

유 성 현(정회원)



- 2005년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 ~ 2008년 3월 : LG전자 MC사업부
- 2008년 4월 ~ 현재 : LIG넥스원 감시정찰연구센터 수석연구원
<주 관심분야> 능동위상배열레이더 체계설계 및 분석

윤 정 숙(정회원)



- 2004년 12월 : Purdue University 토목공학과 Geomatics(공학박사)
- 2005년 ~ 2009년 : 인하대학교 박사후연구원
- 2009년 ~ 2010년 : SKC&C
- 2010년 9월 ~ 현재 : LIG넥스원(주)레이더연구소 연구원
<주 관심분야> 레이더 시스템 개발, Geomatics