

유도탄 조우 시나리오를 고려한 W-대역 밀리미터파 탐색기의 지상 표적 식별을 위한 1차원 산란점 추출에 관한 연구

One-Dimensional Radar Scattering Center for Target Recognition of Ground Target in W-Band Millimeter Wave Seeker Considering Missile Flight-Path Scenario

박성호 · 김지현 · 우선걸 · 권준범 · 김홍락

Sungho Park · Jihyun Kim · Seon-Keol Woo · Jun-Beom Kwon · Hong-Rak Kim

요 약

본 논문에서는 유도탄 조우 시나리오를 고려한 W-대역 밀리미터파 탐색기의 지상 표적 식별을 위한 1차원 산란점 추출 기법을 소개하고, 편파 방향 및 조우 각도에 따른 산란점 추출 결과를 비교 분석하고자 한다. CST A-Solver를 이용해서 SBR(Shooting Bounce Racing)기법을 통해서 전차 표적의 표면과 모서리에 의한 산란을 각각 계산하였다. 편파에 따라 4-채널 RCS 데이터에 대해서 스펙트럼 추정 기법(spectral estimation technique)인 1차원 RELAX 알고리즘을 사용해서 각각의 산란점(scattering center)을 추출했고, 편파 방향과 관측 각도의 변화에 따른 산란점 추출 결과를 비교 분석하였다. 시뮬레이션 분석을 통해서 지상 표적에 대한 산란점 추출 결과를 W-대역 밀리미터파 탐색기의 표적 식별을 위한 특성 벡터로 활용 가능함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we introduce a method of selection for the optimal transmission polarization of a W-band seeker through the extraction of the one-dimensional scattering center of a ground tank target. We calculated the surface scattering and edge scattering using the shooting and bouncing ray tracing method of the CST A-solver. Based on 4-channel RCS data, using the one-dimensional RELAX algorithm, which is a kind of spectral estimation technique, scattering centers of ground targets were extracted. According to the changes in the polarization state and look angle, we compared and analyzed the scattering center results. Through simulation, we verified that the scattering center results can be applied when feature vectors are used for target recognition.

Key words: W-Band, RCS, RELAX

I. 서 론

최근 지상 표적 탐지 및 추적을 위한 밀리미터파 탐색

기가 개발되어서 운용된 사례가 있다. 높은 중심주파수로 인해서 도플러 분해능이 향상되고, 좁은 빔폭으로 인해서 각도 분해능이 향상된 장점으로 RF 탐색기는 주파수가

LIG 넥스원(LIG NEX1)

· Manuscript received July, 28, 2017 ; Revised September, 11, 2017 ; Accepted September, 19, 2017. (ID No. 20170728-070)

· Corresponding Author: Sungho Park (e-mail: psh1009@lignex1.com)

밀리미터파대역으로까지 확장되어 개발되는 추세이다^{[1],[2]}. 특히 W-대역 탐색기는 영국에서 처음 개발이 되었고^[3] 국내에서는 2018년도에 관련 사업이 나올 것으로 예상된다. 공대지 상황에서 정확한 지상 표적을 탐지 및 추적하기 위해서는 복잡한 전장 환경에서의 주요 표적인 전차 표적(Main Battle Tank)을 식별할 필요성이 있다. 기존의 표적 식별을 위한 입력으로 표적으로부터 거리에 따른 RCS의 분포를 나타내는 HRRP(High Resolution Range Profile)을 사용해왔다. HRRP는 정합 필터링을 통해서 생성되는데 대역폭이 충분히 크지 않은 경우 조우각도에 따른 표적의 신호의 해상도가 낮아지는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 정합 필터링 대신에 stretching processing을 적용 후 시간 영역 스펙트럼 추정 기법인 RELAX(relaxation algorithm) 및 고해상도 이산 스펙트럼 예측 기법인 ESPRIT(Estimation of Signal Parameters by Rotational Invariance Technique)을 사용해서 표적의 산란점을 추출하는 연구가 최근 몇 년 사이 진행되어왔다^{[4],[5]}. 본 논문에서는 지상 표적의 4-CH RCS 데이터를 입력으로 사용해서 RELAX 기법을 적용해서 산란점을 추출하였다. RELAX 기법은 ESPRIT 기법과 다르게 실제 신호의 산란점의 개수를 정할 수 있다^[4]. 따라서 주요 산란점을 저장하면 적은 메모리 용량으로도 효율적으로 표적에 대한 DB를 구축할 수 있고, 또한 HRRP 대신하여 특성 벡터를 활용이 가능하다.

본 논문에서는 II장에서 2-1절에서 유도탄과 지상 표적의 조우 시나리오에 대해서 설명하고, 2-1절에서 지상 표적의 RCS 특성을 모델링하는 방법에 대해서 기술한다. 그리고 2-3절에서 Sinclair 행렬을 통한 1차원 수신 신호 모델링 방법에 대해서 설명하고 2-4절에서 1차원 RELAX 기법에 대해서 소개한다. 2-5절에서 시뮬레이션을 통해서 추출된 산란점 결과를 각각의 채널에 대해서 비교 분석한다. III장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 본 론

2-1 유도탄과 지상 표적 조우 시나리오

W-대역 밀리미터파 탐색기는 일반적으로 공대지 유도탄에 장착되어 운용된다. 따라서 유도탄의 각 단계별 조

우상황에 따라서 크게 3단계로 분류될 수 있다. 첫 번째는 비행 시작 단계(fly-out phase)로서 대상 표적을 탐지하기 위해서 유도탄의 숙임각(depression angle) 00° 에서 push-broom 스캐닝을 수행한다. 이때 탐색기 안테나에서 바라본 표적에 대한 RCS 성분이 표적 탐지를 위한 중요한 결정인자로 작용한다. 두 번째 단계는 호밍 단계(homing phase)로서 탐색기의 표적에 대한 각도 정보를 유도탄의 유도조종부에 입력을 제공하게 되고 유도조종부는 그 입력을 받아서 비례항법 제어(PN guidance)를 수행하게 된다. 이 단계에서 탐색기는 표적에 대한 거리/속도 추적을 하게 되고 모노펄스 프로세싱을 통해서 표적에 대한 각도 정보를 추출하는 기능을 수행한다. 그림 1은 유도탄에 장착된 탐색기와 지상 표적의 조우 상황에 대한 그림이다. 유도탄의 숙임각(depression angle) 00° 에서 선회를 시작해서 지상과 평행 기준 00° 에서 표적을 향해서 접근하는 것을 가정하고 분석을 수행하였다^[6]. 따라서 표적 탐지를 시작하는 숙임각 00° 에 대한 표적의 RCS 특성을 정확히 파악하는 것은 매우 중요하며, 실제 상황에서는 표적의 자세를 정확히 알 수 없으므로 방위각 기준 $0^\circ \sim 180^\circ$ 범위에서 RCS 특성을 상세하게 분석할 필요가 있다. 마지막 단계는 종말 단계(terminal phase)로서 빔의 지면의 수신 범위(footprint)가 표적의 크기와 비슷해지면서 glint 오차가 커져서 모노펄스 방식(monopulse processing)으로 정확한 각도를 추출할 수 없게 된다. 이런 경우 모노펄스 각도 추출 방식에서 원뿔형 스캔(conical scan)방식으로 전환해서 표적의 파워가 가장 강한 산란점에 대해서 각도 정보를 추출한다. 그리고 이 정보를 유도조종부에 제공함으로써 전차 표적의 상대적으로 약한 부위를

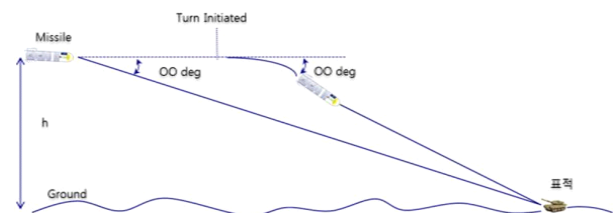


그림 1. 유도탄에 장착된 탐색기와 지상 표적의 조우 시나리오

Fig. 1. Flight scenario between the seeker mounted on missile and ground target.

타격하는 조준점 선택(aiming point selection)을 가능하게 한다.

2-2 지상 표적에 대한 RCS 특성 모델링

전차 표적과 같은 사이즈가 크고 복잡한 구조물의 전자파 산란 문제를 풀기 위해서는 맥스웰방정식을 그대로 풀기보다 해석하고자 하는 표적의 산란문제에 적합한 근사해(approximation solution)를 구하게 된다⁷⁾. 주파수의 파장 대비 전기적으로 매우 큰 사이즈의 표적의 경우 MoM (Method of Moment), FDTD(Finite Difference-Time Domain)와 같은 Full-Wave 기법으로 RCS를 해석하려면 수억 개 심지어 수십억 개의 mesh가 형성된다. 이러한 경우 H/W적으로 가속기를 설치하거나 추가적인 Work Station PC의 성능을 높여도 과도한 시간이 소요되고, 종종 시뮬레이션 도중 멈추는 현상도 발생한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 고주파 해석의 경우 근사화 기법이 많이 적용되는데 상대적으로 정확하면서도 해석 시간이 짧은 CST사의 A-Solver를 이용해서 SBR(Shooting and Bouncing Ray) 기법으로 전차 표적에 대한 HH, HV, VV, VH 4채널 RCS 데이터를 획득하였다. RCS 근사화 기법인 SBR은 RCS 해석에 큰 영향을 미치는 다중반사(multi-bounce) 및 모서리에 의한 회절(diffraction) 성분도 고려를 함으로 상대적으로 정확한 해석이 가능하다.

2-3 Sinclair 행렬을 통한 1차원 수신신호 모델링

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 산란

점으로 구성되어 있다고 가정하면, i 번째 산란점으로 부터 반사되어 나타나는 필드 데이터는 식 (3)으로 표현할 수 있다⁸⁾.

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

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

θ 는 탐색기와 표적 사이의 상대적인 각도이고, \vec{r}_i 는 탐색기 가시선(line of sight)으로 투영된 산란점과 탐색기 사이의 거리이다. A_i 는 i 번째 산란점의 크기이고, x_i 는 지상 표적의 탐색기에서 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.

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

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

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

P 와 L 은 주파수 샘플 및 산란점의 개수이고, 4개의 채널(HH, HV, VV, VH)에 대한 다른 산란 특성을 보여준다.

2.4 1차원 RELAX 기법

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 빼줌으로써 clean한 신호 또는 이미지를 얻는 기법이다⁹⁾. 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.

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

위의 식을 만족하는 \hat{f}_k 는 zero-padding 후의 Y_k 를 FFT 처리 후 최대 크기를 가진 셀의 위치로 구할 수 있으며, 계수들을 구하는 방법은 아래와 같다⁴⁾.

- step1. $K=1$ 로 놓는다. \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 Y 로부터 계산한다.
- step 2. $K=2$ 로 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 와 $\hat{\alpha}_2$ 를 다시 식 (10)에 대입하여 \hat{f}_1 과 $\hat{\alpha}_1$ 을 재계산한다.
- step 3. $K=3$ 으로 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 와 $\hat{\alpha}_2$ 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. REALX 기법의 특징은 다른 주파수 추정기법과 다르게 알고리즘 내부 조건에서 유효한 산란점의 개수를 알수 있다는 것이다. 식 (10)에서 알수 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.

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

이러한 잔여파워가 증가하기 전까지 RELAX 과정을 반복적으로 수행한다.

2.5 시뮬레이션 결과

본 절에서는 2-1~2-4에서 기술한 내용을 토대로 시뮬

표 1. 시뮬레이션 조건
Table 1. Simulation condition.

	Simulation parameters
Frequency	94 [GHz]
Bandwidth	960 [MHz]
Frequency spacing	15 [MHz]
Channel	HH, HV, VV, VH
# of frequency sample	65
Elevation	00°
Azimuth	0° ~ 180°

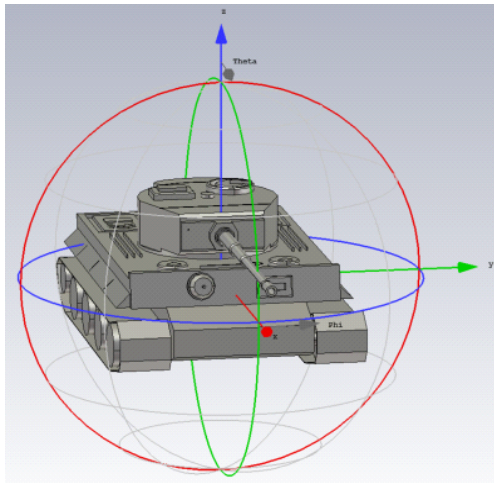


그림 2. Tiger tank 표적 모델
Fig. 2. Tiger tank target model.

레이션을 수행한 결과를 제시한다. 먼저 RCS 데이터를 획득한 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다.

그림 2는 RCS 해석에 사용된 Tiger tank 표적 모델을 나타낸다. 중심 주파수 대역은 W-대역인 94 GHz이고, 대역폭은 960 MHz이다. 따라서 중심 주파수 대비 좁은 대역폭(small bandwidth)을 가지는 것으로 가정할 수 있다. RCS 해석의 결과로 4-채널(HH, HV, VV, VH) 산란 데이터를 얻을 수 있다.

2-5-1 1차원 RELAX를 통한 산란점 추출

2-1~2-4에서 언급한 유도탄의 지상 표적 조우 시나리오에서 유도탄 진행방향 기준 숙임각(depression angle)이

00° 즉 구좌표계 기준 고각 00°로 고정하였다. 이때 실제 상황에서는 전차 표적의 방위각을 정확히 알 수 없으므로 0°~180° 다양한 방위각을 고려해서 4-채널의 RCS 데이터를 획득하였다. 대표적으로 0°, 45°, 90°, 180°의 방위각에 대해서 HRRP(High Resolution Range Profile) 및 RELAX 기법을 이용한 산란점의 추출 결과를 시뮬레이션을 통해서 확인하였다. 그리고 표적의 자세와 산란점의 추출 결과를 비교하기 위해서 각각의 방위각에 따른 표적의 자세 그림을 추가하였다.

2-5-1-1 HH 채널의 HRRP 및 RELAX 수행결과

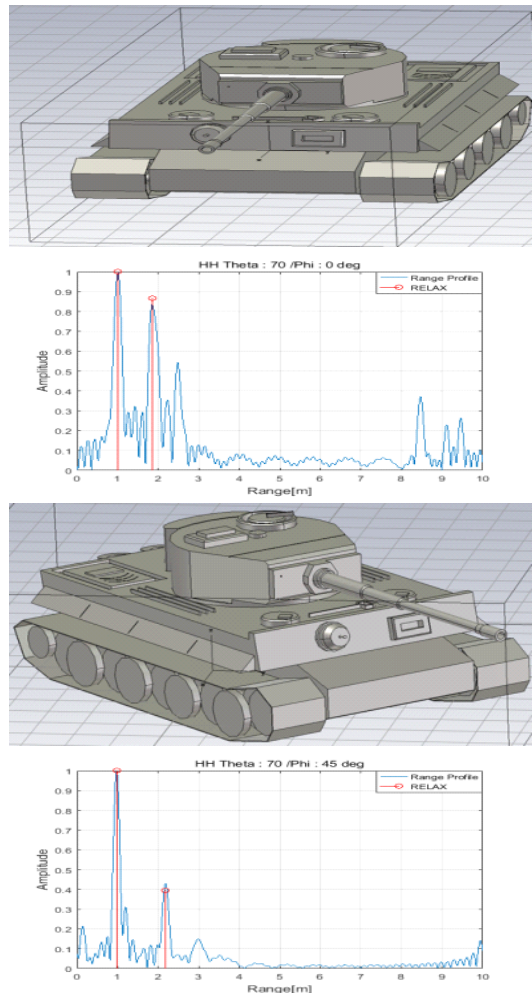


그림 3. 방위각 0°, 45°에서의 산란점 위치추정
Fig. 3. The position estimation of scattering center at azimuth 0, 45 degree.

2-5-1-2 HV 채널의 HRRP 및 RELAX 수행결과

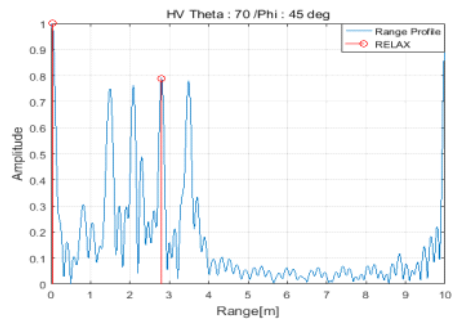
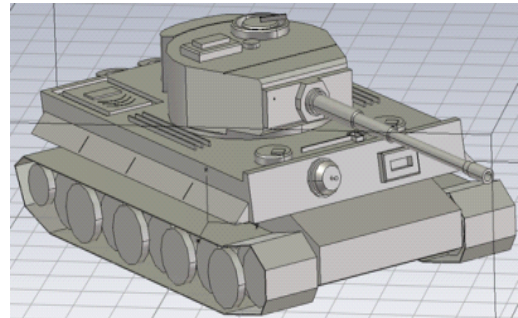
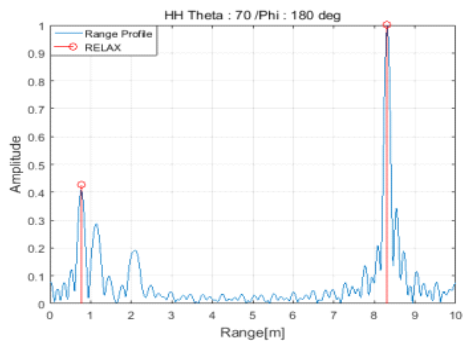
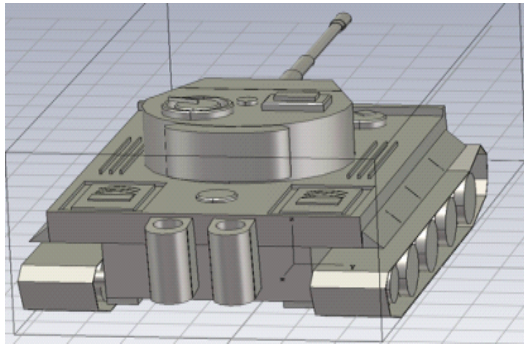
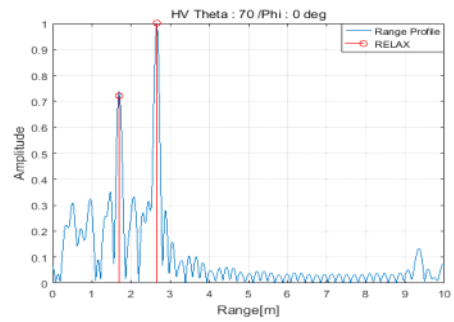
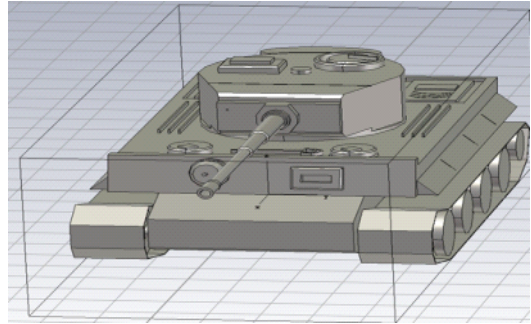
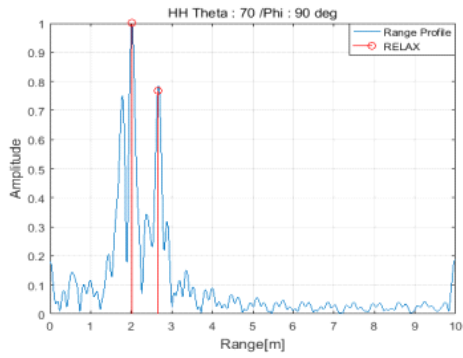
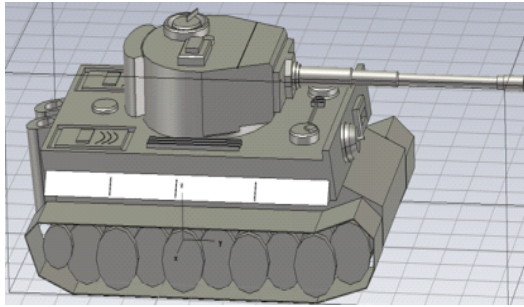


그림 4. 방위각 90°, 180°에서의 산란점 위치추정
 Fig. 4. The position estimation of scattering center at azimuth 90, 180 degree.

그림 5. 방위각 0°, 45°에서의 산란점 위치추정
 Fig. 5. The position estimation of scattering center at azimuth 0, 45 degree.

2-5-1-3 VV 채널의 HRRP 및 RELAX 수행결과

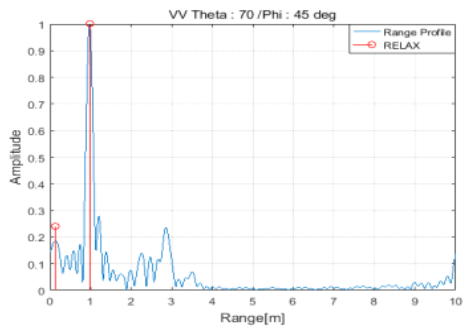
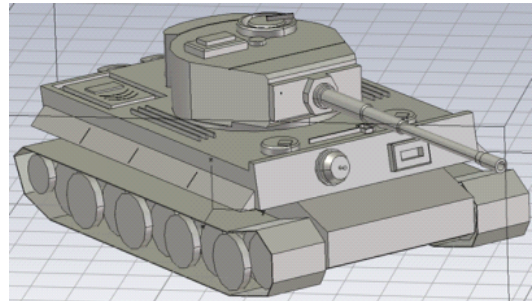
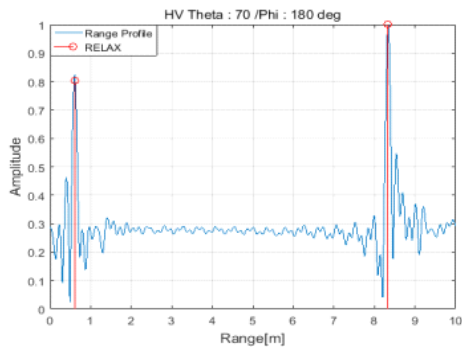
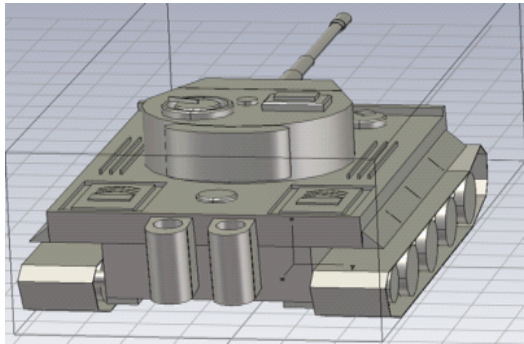
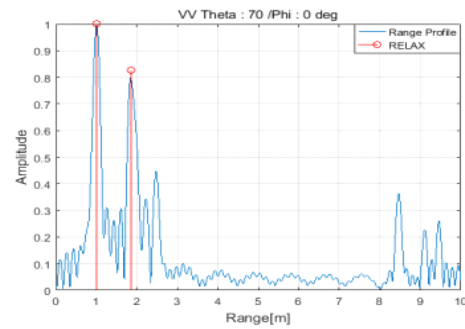
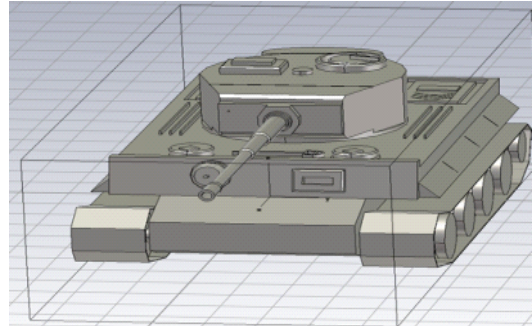
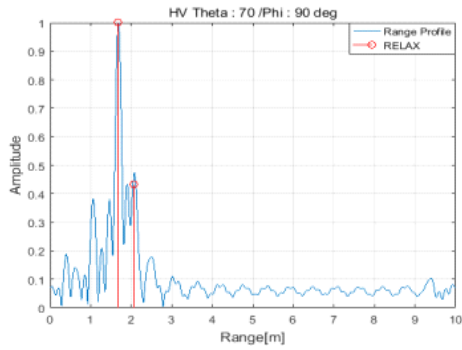
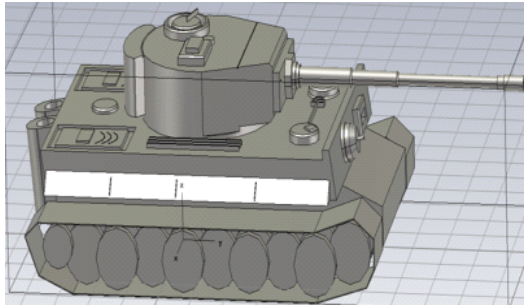


그림 6. 방위각 90°, 180°에서의 산란점 위치추정
 Fig. 6. The position estimation of scattering center at azimuth 90, 180 degree.

그림 7. 방위각 0°, 45°에서의 산란점 위치추정
 Fig. 7. The position estimation of scattering center at azimuth 0, 45 degree.

유도탄 조우 시나리오를 고려한 W-대역 밀리미터파 탐색기의 지상 표적 식별을 위한 1차원 산란점 추출에 관한 연구

2-5-14 VH 채널의 HRRP 및 RELAX 수행결과

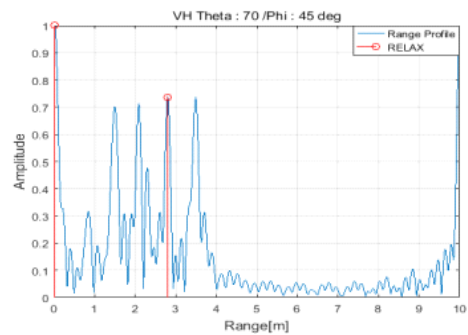
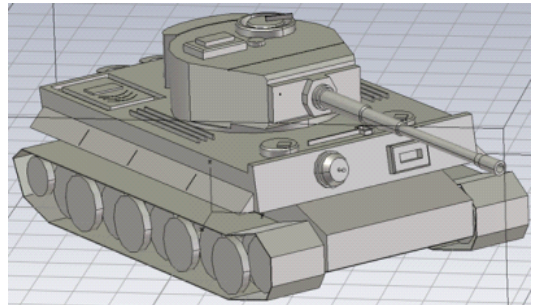
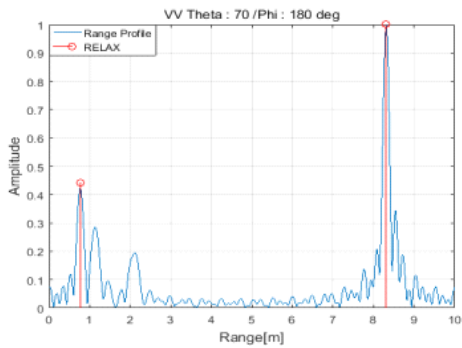
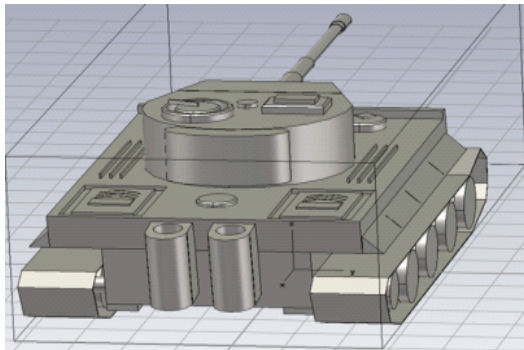
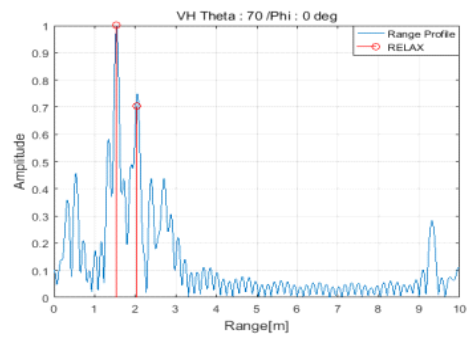
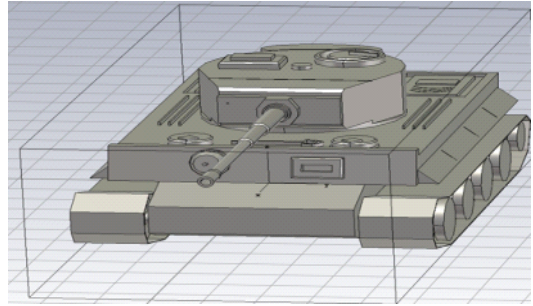
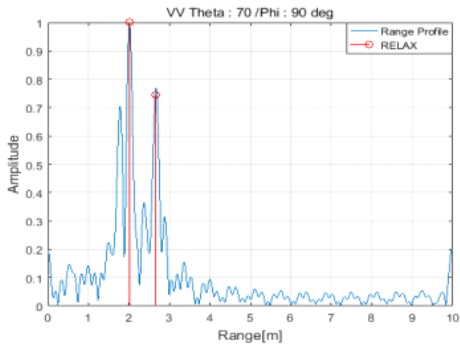
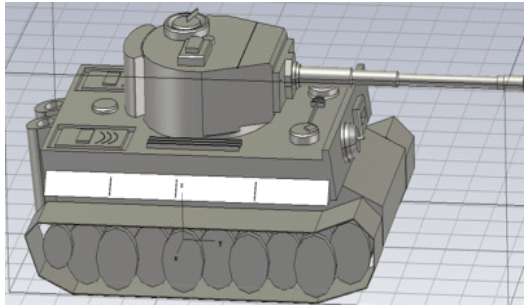


그림 8. 방위각 90°, 180°에서의 산란점 위치추정
Fig. 8. The position estimation of scattering center at azimuth 90, 180 degree.

그림 9. 방위각 0°, 45°에서의 산란점 위치추정
Fig. 9. The position estimation of scattering center at azimuth 0, 45 degree.

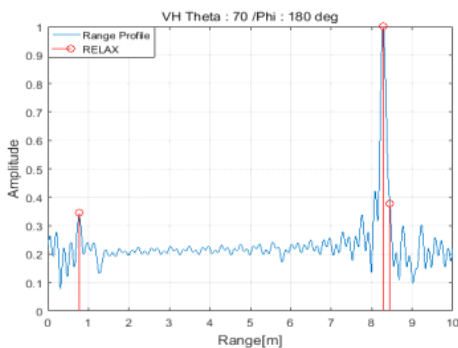
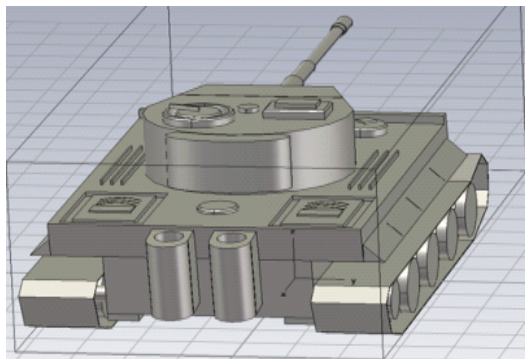
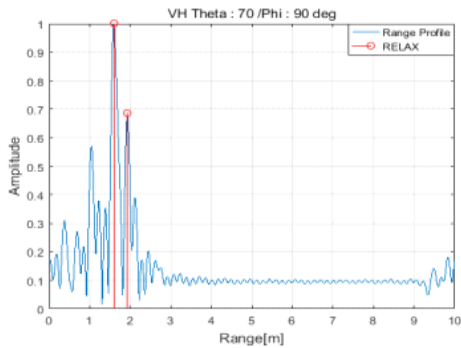
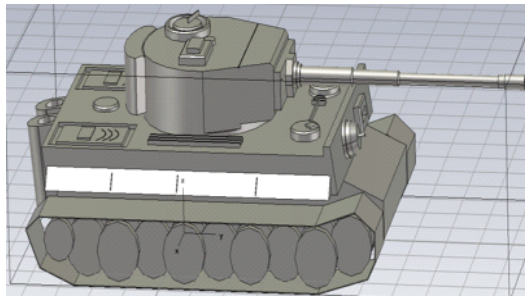


그림 10. 방위각 90°, 180°에서의 산란점 위치추정
 Fig. 10. The position estimation of scattering center at azimuth 90, 180 degree.

2-5-2 시뮬레이션 결과 분석

4-CH RCS 데이터에 대한 RELAX 기법을 적용한 결과, 주요 산란점간의 상대거리를 표 2에 정리하였다.

• HH와 VV 채널 산란점 추출 결과 비교

상대적으로 동일한 편파로 송/수신한 HH와 VV 채널의 산란점 간의 상대거리는 방위각 45°를 제외한 나머지 방위각에서는 거의 유사한 결과를 얻을 수 있다. 45°에서는 상대적으로 RCS가 큰 산란점이 위치는 일치하지만, 좌/우의 산란점의 위치가 상대적으로 차이가 발생함을 알 수 있다. 이것은 표적의 물리적인 형상에 따라 H-pol. 과 V-pol.의 RCS 반사 특성의 차이에서 기인한다고 사료 된다.

• HH와 HV 채널 산란점 추출 결과 비교

HH와 HV 채널의 가장 큰 파워를 가지는 산란점의 위치가 다를 수 있고, 관측 각도 180°에서는 산란점의 위치가 동일함을 알 수 있다. 이것은 표적의 자세에 따라서 두 채널의 산란점의 위치가 동일한 경우도 있고, 그렇지 않은 경우도 있음을 의미하며, 이러한 산란점 추출 결과의 차이가 표적 식별을 수행하는데 활용될 수 있을 것이다.

• VV와 VH 채널 산란점 추출 결과 비교

HH와 HV 채널의 비교 결과와 유사하게 관측 각도 180° 제외한 모든 각도에서 가장 큰 파워를 가지는 산란점의 위치가 다를 수 있다. 관측 각도 180°에서는 산란점의 위치가 거의 유사함을 알 수 있다.

표 2. 4-CH RELAX 주요 산란점 간의 상대 거리
 Table 2. 4-CH RELAX relative distance between main scattering centers.

Aspect angle (azimuth)	Relative distance between main scattering centers [m]			
	HH	HV	VV	VH
0°	0.86	0.96	0.85	0.49
45°	1.21	2.78	0.74	2.78
90°	0.65	0.4	0.64	0.31
180°	7.55	7.73	7.55	7.52

▪ HV와 VH 채널 산란점 추출 결과 비교

관측각도 0° 제외한 모든 각도에서 주요 산란점의 위치가 유사한 거리에서 발생함을 알 수 있다. 표적의 구조는 수직 및 수평 편파의 구조와 일치하는 조합으로 이루어져 있으므로 편파가 반대인 경우 유사한 특성을 가지는 것으로 사료된다. 이것은 HH/VV 채널의 산란점의 데이터와 상대적으로 유사한 특성을 가지는 것과 일치한다.

▪ 산란점의 개수

모든 관측 각도에서 2~3개의 산란점이 발생함을 알 수 있다. 이것은 표적과 탐색기의 조우각도에 따른 표적의 수신 신호의 특성을 주요 산란점으로 표현할 수 있고, 실시간 표적 식별을 위한 특성 벡터로 활용 가능함을 의미한다.

III. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 공대지 상황에서 유도탄과 지상 표적의 조우각도를 고려한 W 대역의 4-CH RCS 데이터를 획득하였고, 각각의 채널에 대해서 주파수 추정 기법인 1차원 RELAX 기법을 적용하여 관측 각도에 따른 표적의 산란점을 추출하였다. 추출된 산란점을 이용하여 상대거리를 계산하였다. 또한 산란점의 개수는 모든 관측각도에서 2~3개가 발생함을 확인하였다. 이것은 표적 식별 알고리즘의 입력으로 활용될 수 있고, W 대역 밀리미터파 탐색기의 신호처리 보드의 메모리에 각각의 조우 각도에 따른 주요 산란점을 저장해서 DB 구축이 가능하며, 추출된 산란점의 개수가 적으므로 표적 식별을 위한 실시간 처리가 가능할 것으로 사료된다. 향후 계획으로 RELAX 기법을 이용해서 추출된 산란점을 이용한 W 대역 밀리미터파 탐색기에 실시간 운용 가능한 표적 식별 기법에 대해

서 연구를 진행할 계획이다.

References

[1] N. R. Iyer "Recent advances in anti-tank missile systems and technologies," in *SPIE Conference on Photonic Systems and Applications in Defense and Manufacturing*, Singapore, Dec. 1999, pp. 46-57.

[2] 이국주, 정채현, 백종균, 박창현, 남상욱, "W-대역 탐색기용 이중편파 모노펄스 카세그레인 안테나 설계," *한국전자과학회논문지*, 27(3), pp. 261-268, 2016년 3월.

[3] <https://mbdainc.com/services/brimstone>

[4] 조희진, 최각규, 한승구, 김경태, 송성찬, "RELAX 기법을 이용한 미사일 길이 추정 신호 처리 기법 연구," *한국전자과학회논문지*, 24(3), pp. 292-298, 2013년 3월.

[5] 최각규, 한승구, 조희진, 김효태, 김경태, 송성찬 등, "밀리미터파 탐색기에서 ESPRIT 기법을 이용한 탄도 미사일 탄두 식별 신호처리 기법 개발," *한국전자과학회논문지*, 23(2), 2012년 2월.

[6] C. M. Alabater, E. J. Huges, "W-band seeker study : Waveform design," *White Horse Radar Technical Consulting*, Apr. to Oct. 2015.

[7] 석성하, 서태일, 전상미, 박해상, 김효태, "복합구조물의 RCS 예측," *한국전자과학회논문지*, 11(6), 2000년 9월.

[8] 정성재, 이승재, 김경태, "다중편파 데이터를 이용한 표적 산란점 추출에 대한 연구," *한국전자과학회논문지*, 27(5), pp. 463-470, 2016년 5월.

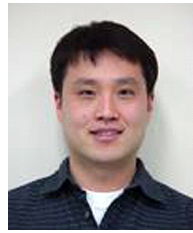
[9] J. Li, P. Stoica, "Efficient mixed-spectrum estimation with applications to target feature extraction," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 44, no. 2, pp. 281-295, Feb. 1996.

박 성 호



2006년 3월: 경상대학교 제어계측공학과 (공학사)
2008년 8월: 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
2008년 9월~현재: LIG넥스원 탐색기/광학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 레이더 신호처리, 레이더 시스템 M&S, 레이더 표적식별 기법 연구

권 준 범



1997년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1999년 2월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원
[주 관심분야] 마이크로파 신호처리, 마이크로파 탐색기 등

김 지 현



2004년 2월: 부산대학교 전자전기통신공학과 (공학사)
2007년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 2월~현재: LIG넥스원 탐색기/광학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 레이더 신호처리, 레이더 시스템 M&S, 레이더 표적식별 기법 연구 등

김 흥 락



1995년 2월: 대구대학교 전자전기컴퓨터공학부 (공학사)
1997년 8월: 대구대학교 전자공학과 (공학석사)
1997년 7월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원
[주 관심분야] 초고주파 회로 설계, 마이크로파 신호처리 등

우 선 결



2001년 2월: 광운대학교 전자공학부 (공학사)
2003년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)
2007년 7월: 광운대학교 전파공학과 (공학박사)
2007년 8월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원

[주 관심분야] 레이더 신호처리, 마이크로파 탐색기 등