

RCS 패턴을 이용한 3차원 안테나 패턴 디자인

박태용*

목포해양대학교

Designing 3D Antenna Pattern using Target's RCS Pattern

Tae-Yong Park*

Mokpo National Maritime University

E-mail : sirpak75@gmail.com

요 약

레이더 안테나에서 송신된 전파가 표적에 맞으면 표적의 전기적 특성, 외형 등에 따라 특정한 형태의 전계가 형성되는데, 이를 RCS 패턴이라 한다. 표적의 RCS를 계산하여 RCS 패턴을 플로팅 하는 다양한 상용 프로그램이 있으며, 군함이나 선박과 같은 큰 표적의 해석을 위해서는 저주파 해석기법 보다는 계산 속도가 빠른 고주파 해석기법이 적용된 프로그램이 적합하다. 고주파 해석 프로그램인 XGTD는 표적의 360도 전 방위에 대한 2차원 RCS 패턴을 빠른 시간에 플로팅 가능하나, 3차원 RCS 패턴은 구할 수 없다. 본 논문에서는 XGTD를 이용하여 다양한 각도에서 표적의 2차원 RCS 패턴을 플로팅하고, 이를 이용하여 3차원 RCS 패턴을 생성한 후 3차원 안테나 패턴 파일로 변환하여 활용하는 방안을 제안하였다.

ABSTRACT

When electromagnetic wave transmitted from the radar antenna hits the target, a specific type of electric field is formed according to the electrical characteristics and appearance of the target, which is called an RCS pattern. There are various commercial programs that calculate the RCS of the target and plot the RCS pattern. For the analysis of large targets such as warships or ships, a program with a high frequency analysis method, which has a faster calculation speed than the low frequency analysis method is suitable. XGTD, a high-frequency analysis program, can quickly plot a two-dimensional RCS pattern for 360 degrees of a target, but a three-dimensional RCS pattern cannot be obtained. In this paper, it is proposed that a method of plotting two-dimensional RCS patterns of a target from various angles using XGTD, generating a three-dimensional RCS pattern using this, and converting it into a three-dimensional antenna pattern file.

키워드

Radar, RCS Pattern, Antenna Pattern, XGTD

1. 서 론

레이더 안테나에서 송신된 전파가 표적에 맞으면 표적의 전기적 특성, 외형 등에 따라 특정한 형태의 전계가 형성되는데, 이를 RCS(Radar Cross Section) 패턴이라 한다. 표적의 RCS를 계산하고, 패턴을 플로팅하는 다양한 프로그램이 개발되어

있으며, MoM(Method of Moments)과 같은 저주파 해석기법을 사용하는 프로그램과 PO(Physical Optics)와 같은 고주파 해석기법을 사용하는 프로그램들이 있다. 이 중 해군함정 등과 같이 물리적인 크기가 매우 큰 표적을 대상으로 RCS 패턴을 분석하기에는 저주파 해석기법에 비해 정확도는 다소 떨어지나 계산 속도가 빠른 고주파 해석기법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 고주파 해석 프로그램인 XGTD를 이용하여 정육면체 모델의 전

* speaker

방위 2차원 RCS 패턴을 계산하고, 이 데이터를 이용하여 3차원 RCS 패턴을 생성한 후 3차원 안테나 패턴 파일로 변환하는 방법과 활용 방안을 제안하였다.

II. 레이더방정식

레이더는 송신한 전파가 표적에 맞고 돌아오는 전파를 수신하여 표적의 거리를 측정하는 장치이다. 대기 중의 손실을 고려하지 않는다면 레이더 방정식을 이용하여 레이더의 최대탐지거리를 계산할 수 있으며, 송신안테나와 수신안테나를 함께 사용하는 Monostatic 레이더일 경우 레이더방정식은 식(1)과 같다[1], [2].

$$R_{RDR} = \sqrt[4]{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_t}{(4\pi)^3 P_R}} \quad (1)$$

여기서, P_T 는 송신출력, G_T 는 레이더 안테나 이득, P_R^{RDR} 은 레이더에 수신되는 전력, λ 는 레이더 반송파의 파장, σ_t 는 표적의 RCS, R_{RDR} 은 레이더 탐지거리이다. 표적의 RCS는 전기저항, 전도도 등 전기적인 특성, 물리적인 형상 등에 의해 결정되는 값으로, 구(球)를 제외하면 바라보는 방향에 따라 RCS 값이 다르다. 만일 3차원 RCS 패턴을 활용한다면 레이더 탐지거리의 정확도를 높일 수 있다.

III. 3차원 RCS 패턴 생성

XGTD는 MEC/PO (Method of Equivalent Currents/Physical Optics), UTD (Uniform Theory of Diffraction) 등 Ray 기반의 시뮬레이션 프로그램이다[3]. RCS 패턴을 구하는 모델은 가로, 세로, 높이 각각 1m인 정육면체이며, XGTD에서 설정한 주파수는 10GHz, RCS 해석기법은 PO이다. 모델이 단순하기 때문에 다중반사와 모서리의 회절파는 고려하지 않았으며, 재질은 PEC (Perfect Electric Conductor)로 설정하였다.

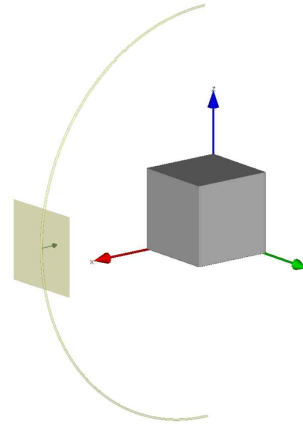


그림 1. RCS 분석 대상 모델

그림 1은 XGTD에서 RCS 분석 대상 모델의 배치와 Plane Wave의 배치를 나타낸 것이다. z축을 중심으로 x축에서 y축으로 회전하는 방향을 phi, y축을 중심으로 z축에서 x축으로 회전하는 방향을 theta라 정의하며, 그림 1에서 phi는 0도로 고정하고 theta는 0도에서 180도까지 이동하면서 Plane Wave를 표적에 송신하고 반사파를 수신하는 것을 의미한다. XGTD는 표적의 전 방위 RCS를 계산할 때 theta를 고정하고 phi를 360도 회전하거나 phi를 고정하고 theta를 360도 회전하여 표적의 2차원적인 전방위 RCS를 계산할 수 있으나 theta와 phi를 동시에 변화하면서 3차원 RCS 패턴을 구하는 기능은 지원하지 않는다. 그림 2는 Plane Wave를 phi 방향으로 1도씩 변화시키며 표적의 RCS를 계산하는 과정이다. phi를 0도에서 360도까지 회전하며 계산하면 표적 전 방위에 대한 3차원 RCS 값을 구할 수 있다. 하지만 이 데이터는 360개의 파일로 각각 저장되어 있으므로 시각적으로 확인할 수 없고 데이터로 활용할 수도 없다.

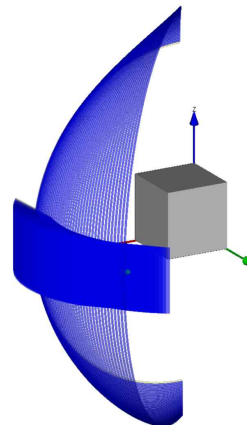


그림 2. 3차원 RCS 데이터 생성

90.000	0.000	-10.0	-25.0	90.0	172.50
90.000	4.000	-11.5	-24.0	92.0	174.50
90.000	8.000	-12.0	-24.0	94.0	176.50
90.000	12.00	-13.5	-20.0	97.0	178.50

그림 3. UAN 파일 포맷

그림 3은 XGTD에서 사용하는 3차원 안테나 패턴 파일인 UAN 파일의 포맷이다. 그림 3에서 각 열은 theta값, phi값, gain (theta), gain (phi), phase (theta), phase (phi)이다. 앞에서 계산했던 2차원 RCS 값을 복사하여 UAN 파일의 형태로 통합하면 3차원 안테나 패턴 파일을 구할 수 있는데, 이는 3차원 RCS 패턴과 동일한 형태이다.

그림 4는 생성한 UAN 파일의 2차원 안테나 패턴으로, 정육면체의 2차원 RCS 패턴과 동일하다. 그림 5의 우측 그림은 생성한 UAN 파일의 3차원 안테나 패턴으로, 표적 전 방위에 대한 3차원 RCS 값과 동일한 방사 패턴임을 알 수 있다.

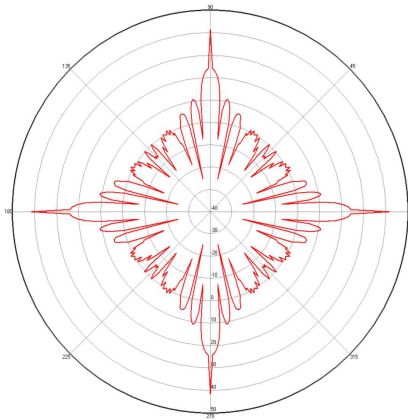


그림 4. 2차원 안테나 패턴

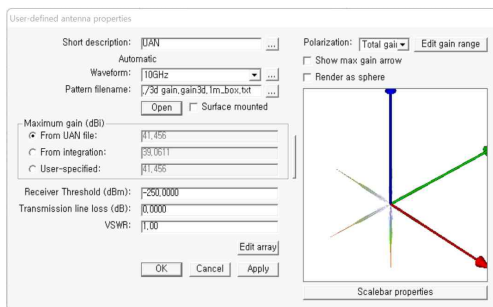


그림 5. 3차원 안테나 패턴

IV. 결 론

본 논문에서는 Ray 기반의 전자파 해석 프로그램인 XGTD로 표적의 2차원 RCS 데이터를 구하고, 이를 이용하여 3차원 안테나 패턴 파일을 생성함으로써 표적의 3차원 RCS 패턴을 플로팅하는 방안을 제안하였다. 향후 표적의 3차원 RCS 패턴을 이용하여 레이더 탐지거리를 계산하는 방안을 연구할 예정이다.

Acknowledgement

이 논문은 에스엠이엔씨 주식회사의 연구비 지원에 의함.

References

- [1] Charalampos Fougias, Charalampos Menychtas, *Netted LPI Radars*, Monterey, CA: Naval Postgraduate School, pp. 7-8, pp. 10-28, 2011.
- [2] T. Y. Park, Y. R. Lee, "A Study on Radar Received Power based on Target Observing Position," *The Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 18, No. 12, pp. 3063-3068, Dec. 2014.
- [3] J. H. Lee, S. W. Oh, Y. E. Ra, K. M. Lee, J. S. Lee, T. Y. Park, "Feasibility of Communication Antennas Installation on Integrated Mast for ROK Navy," *The Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 24, No. 5, pp. 638-645, May. 2020.