

타원형 Ogive 형상을 가지는 헤드의 Low RCS 특성

°심 재륜(1), 한 대현(2), 김 효태(3)

부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부(1), 동의대학교 전자공학과(2),
포항공과대학교 전자전기공학과(3)
(우) 608-738 부산광역시 남구 우암동 산 55-1번지
부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부
jrshim@taejo.pufs.ac.kr

Low RCS Characteristics of an Elliptical Ogive Head

Jaeruen Shim(1), Dae-Hyun Han(2), Hyo-Tae Kim(3)

Abstract

An elliptical ogive head for a generic missile is proposed to reduce its detectable probability from a ground defense radar.

Numerical RCS results of a generic missile with an elliptical ogive head are evaluated using the GTD/UTD (Geometrical Theory of Diffraction/Uniform GTD). The results are compared with those of a cylindrical ogive head. In the sense of aerodynamics, the performance evaluation of an elliptical ogive head for a generic missile should be followed.

I. 서론

임의의 표적물에 Low RCS 기법을 적용하기 위해서는 위협영역(threat sector)을 사전에 정의하고, 해당 위협영역 내의 RCS를 줄일 수 있는 대표적인 기법인 (1) 형상변경(shaping)과 (2) 전파흡수체(Radar Absorbing Materials)의 도포를 적용한다.

형상변경은 레이더로부터 입사되는 전파가 표적물에 부딪쳐 원래의 레이더 방향과는 다른 방향으로 전파가 재반사되도록 하는 기법이다. 전파흡수체를 이용하는 것은 산란 중심점(scattering centers)의 국부에 전파흡수체를 일부 도포하여 RCS를 줄이는 기법이다. 본 연구는 형상변경 기법의 적용 예를 미사일 헤드를 통해 보여준다.

II. 타원형 Ogive의 기하학적인 특성

그림 1은 미사일 헤드의 일부로, x 축으로 a , z 축으로 b 의 길이를 가진다. 그림 1을 타원으로 확장하여 보면, 장축의 길이가 $a+h$ 이고, 단축의 길이가 s 인 타원의 일부이다. 그림 1에서 z 축을 기준하여 타원형 ogive를 회전하면 3차원의 미사일 헤드를 얻을 수 있다.

타원형 ogive의 장점은 그림 1의 h 의 변화에 의해 (b, a) 를 지나는 무수히 많은 타원이 존재한다는 것이다. 이를 정리하여 곡면 표면의 normal 벡

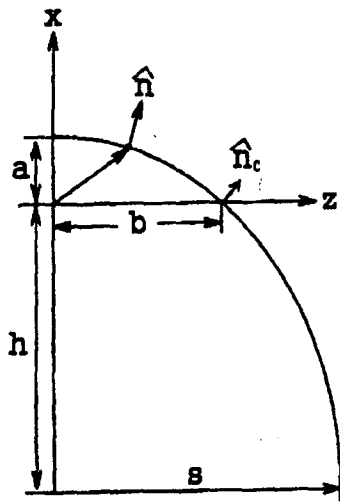


그림 1 타원형 ogive의 구조

$$\theta_A^{Ell} = \lim_{h \rightarrow \infty} \tan^{-1} \left[\frac{\frac{b}{a} h}{a+2h} \right] \quad (5)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{b}{2a} \right).$$

기존에 미사일 헤드의 일부로 사용되었던 실린더형 ogive인 경우 normal 벡터의 기울기 각도 (θ^{Cyl})는 parametric angle u 와 같고, A점 ($b, 0$)에서의 normal 벡터의 기울기 각도 (θ_A^{Cyl})은 다음으로 정리된다.

$$\theta_A^{Cyl} = \tan^{-1} \left[\frac{\frac{b}{a} - \frac{a}{b}}{2} \right]. \quad (6)$$

터 \hat{n} 을 구하면 다음과 같다.

$$\hat{n} = A[(a+h)\cos u \hat{z} + s \sin u \hat{x}] \quad (1)$$

여기서,

$$A = \frac{1}{\sqrt{s^2 \sin^2 u + (a+h)^2 \cos^2 u}}, \quad (2)$$

$$s = \frac{b}{1 - \left(\frac{h}{a+h}\right)^2}. \quad (3)$$

위의 식에서 u 는 parametric angle이다. u 의 변화에 의해 normal 벡터의 기울기 각도 (θ^{Ell})는 다음으로 정의된다.

$$\theta^{Ell} = \tan^{-1} \left[\frac{s}{a+h} \tan u \right] \quad (4)$$

그림 1의 A점 ($b, 0$)에서의 normal 벡터의 기울기 각도 (θ_A^{Ell})가 최대가 되기 위해서는 $h \rightarrow \infty$ 조건이어야 한다.

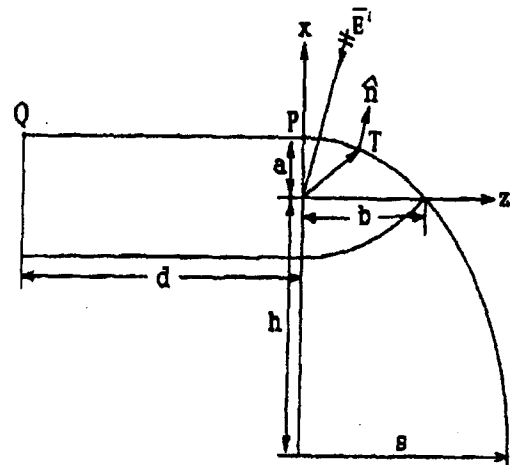


그림 2 미사일의 기하학적 모양

III. 수치 결과

본 연구에서는 미사일의 RCS를 계산하기 위해 GTD(Geometrical Theory of Diffraction)/UTD(Uniform GTD)를 사용한다. 이는 표적물의 구조에 따라 발생 가능한 몇 개의 산란 중심점을 찾고 이에 맞는 ray format에 의해 RCS를 예측하

는 방법이다. 그림 2는 일반적인 형태의 미사일로, 본 연구에서 제안한 타원형 ogive 헤드를 채용하였다.

입사파의 편향이 $\hat{\theta}$ 이고 z 축과 θ_i 의 각도로 입사하는 입사파는 다음과 같다.

$$\vec{E}^i = e^{jk(x\sin\theta_i + z\cos\theta_i)} \hat{\theta} \quad (7)$$

그림 2의 미사일 구조에서는 헤드부분에 하나의 산란 중심점(T-점)이 발생하고, 몸통 부분에 두 개의 산란 중심점(P-점, Q-점)이 발생한다. RCS를 계산하기 위한 T-점에 의한 반사파와 P-점과 Q-점에 의한 회절파의 ray format을 정리하면 다음과 같다.

$$\vec{E}_T^{ref} = -e^{jk(x_T\sin\theta_i + z_T\cos\theta_i)} \sqrt{\rho_1^r \rho_2^r} \frac{e^{-jkr}}{r} \hat{\theta}. \quad (8)$$

$$\vec{E}_P^{diff} = -e^{jkasin\theta_i} D_h \sqrt{\frac{a}{2\sin\theta_i}} \frac{e^{-jkr}}{r} \hat{\theta}, \quad (9)$$

$$\vec{E}_Q^{diff} = -e^{jk(asin\theta_i - d\cos\theta_i)} D_h \sqrt{\frac{a}{2\sin\theta_i}} \frac{e^{-jkr}}{r} \hat{\theta} \quad (10)$$

식 (8)에서 (z_T, x_T) 는 반사점이고 (ρ_1^r, ρ_2^r) 은 반사점에서의 반사파에 대한 기본곡률반지름이다. 식 (9)와 (10)의 D_h 는 회절계수이다. 반사파와 회절파에 대한 자세한 ray format은 참고문헌[3]에 언급되어 있다.

그림 3은 주파수가 10GHz이고, $a = 1\lambda$, $b = 2\lambda$, $d = 10\lambda$ 인 미사일의 RCS를 계산한 결과로 기존의 실린더형 ogive 헤드와 타원형 ogive 헤드의 결과를 비교하였다. 그림 3에서 보듯이 타원형 ogive의 경우, 입사각이 약 45도 근처에서 RCS가 급격히 증가함을 보였고, 실린더형 ogive의 경우에는 약 37도 근처에서 RCS가 증가한다. 이는 본 연구에서 제안한 타원형 ogive의 위협영역이 기존의 실린더

형 ogive 보다 작음을 알 수 있다.

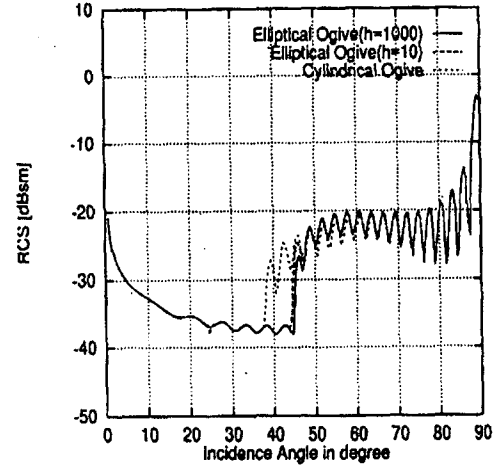


그림 3 본 연구에서 제안한 타원형 ogive 헤드의 RCS 계산 결과 (주파수가 10GHz이고, $a = 1\lambda$, $b = 2\lambda$, $d = 10\lambda$)

IV. 결 론

본 연구에서는 미사일 헤드의 형상 변경을 통하여 위협 영역 내의 RCS(Radar Cross Section)를 줄일 수 있는 타원형 ogive 헤드를 제안하였다. 미사일 헤드의 RCS는 GTD/UTD를 이용하였으며, 기존의 실린더형 헤드의 RCS와 비교하였다. 수치 해석 결과, 본 연구에서 제안한 타원형 ogive의 위협영역이 기존의 실린더형 ogive 보다 작음을 알 수 있다. 타원형 ogive 헤드의 실제 적용을 위해서는 추후 공기역학적인 타당성 검토가 필요하다.

참고문헌

- [1] A. K. Bhattacharyya and D. L. Sengupta, Radar Cross Section Analysis and Control, Artech House, 1991

- [2] P. A. Lees and M. R. Davis, "Computer Prediction of RCS for Military Targets," IEE Proceedings, Vol. 137, pt. F, No. 4, pp. 229-236, 1990
- [3] D. A. McNamara, C. W. I. Pistorious and J. A. G. Malherbe, Introduction to the Uniform Geometrical Theory of Diffraction, Artech House, 1990
- [4] J. D. Walton, Radome Engineering Handbook: Design and Principles, Marcel Dekker, 1970