

# 효과적인 채프 설계를 위한 다이폴의 RCS 계산에 관한 연구

임중수, 채규수, 김민년  
백석대학교 정보통신학부/RDRC KAIST  
e-mail: jslim@bu.ac.kr

## A Study on RCS Calculation of Dipoles for Effective Chaff Design

Joong-Soo Lim, Gyoo-Soo Chae, Min-Nyun Kim  
Division of Information & Communication Eng.,  
Baekseok University/RDRC KAIST

### 요 약

본 논문에서는 비행체 보호를 위해 널리 사용되고 있는 채프를 설계 할 때 효과적인 다이폴의 개수를 예측하기 위한 이론적인 계산이 수행 되었다. 채프를 레이더 사용주파수 전 대역(2~12GHz)에서 다이폴 안테나로 가정하고, 다이폴 안테나의 산란특성 분석을 통하여 레이더 반사단면적(RCS : Radar Cross Section)를 예측하였다. 기존에 소개된 이론을 기초로 Matlab을 이용한 RCS 계산 프로그램을 사용하여 계산한 결과를 비교 하였다.

### 1. 서론

레이더로부터 항공기를 보호하기 위해 일정한 길이로 자른 가는 도선(thin conducting wire), 긴 도선(long conducting wire), 알루미늄 호일(foil) 조각, 알루미늄을 입힌 유리, 은을 입힌 나일론 줄 등을 공중에 투하하는데 이것을 채프라고 한다. 이러한 항공기 보호용 채프가 효과적으로 전파를 반사시킴을 도록 하기위해 레이더 주파수의 반 파장 길이로 만들어서 사용한다. 이러한 다이폴 채프의 RCS를 정확하게 계산함으로써 항공기에 효과적으로 채프를 장착하고 투하하게 된다. 기본적으로 채프에서 레이더로 반사되는 신호가 보호하려는 항공기에서 산란되는 신호 보다 커야한다. 채프의 RCS를 계산하기 위해 채프를 다이폴 안테나로 모델링해서 채프구름의 RCS를 구하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 채프의 실제 낙하 형태나 밀도에 따라 산란되는 신호의 세기가 다양하게 나타나지만 다이폴 형태의 모델로 근사 화하고 채프의 개수를 고려하여 RCS를

계산하는 방법이 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 채프의 RCS를 예측하기위해 다이폴 안테나에 대한 이론적인 수치해석 모델을 적용하여 그 값을 구하고 Matlab을 사용하여 일반적인 레이더 동작 주파수 대역에서 효과적인 채프의 구성을 계산 하였다.

### 2. 채프의 RCS 특성 분석

일반적으로 송신된 전파가 채프에 반사되어 수신 안테나로 돌아오는 신호는 기본적인 안테나 송수신 모델을 사용하여 구할 수 있다[1-2]. 전체 채프 구름의 RCS를 구하기 위해 먼저 채프를 구성하는 하나의 반파장 길이의 도선을 다이폴 안테나로 간주하여 반사되는 전력을 계산 할 수 있다.

$$P_r = \frac{P_d G}{4\pi r^2} \quad (1)$$

여기서,  $P_d$ 는 다이폴 안테나로 입사하는 전파가 다이폴 표면에서 반사되어 재 방사되는 전력,  $G$ 는 수신기로 향하는 다이폴 안테나의 이득이다. 다이폴 안테나의 이득은

$$G(\theta, \phi) = 1.64 \left( \frac{\cos(\pi/2 \sin(\theta))}{\cos(\theta)} \right)^2 \quad (2)$$

로 표현된다. 위의 식들을 정리하면 다이폴의 RCS는

$$\sigma(\theta, \phi) = \frac{\lambda^2 G^2(\theta, \phi)}{\pi} \quad (3)$$

이다. 식 (2)에서 다이폴 이득은 다이폴과 선형 레이더파가 이루는 각도에 따라 달라지며, 최대값은  $\sigma = 0.856\lambda^2$  ( $at\theta = \pi/2$ )이 된다. 채프가 구름형태를 이루고 N개의 다이폴이 불규칙하게 지향하는 다이폴 안테나로 근사 화 시킬 수 있고, 전 방향에 대한 RCS의 평균값을 구하면

$$\bar{\sigma} = \frac{N\lambda^2}{A\pi} \int_0^\phi \int_0^\theta G^2(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi \quad (4)$$

이 된다. 적분을 해석적인 방법으로 풀면, 전체 N개의 다이폴로 구성된 채프구름의 RCS를 식 (5)를 사용하여 구할 수 있다[3-5]. 여기서 다이폴의 개수를 25개, 50개로 하였을 때 RCS를 계산하면 식 (6), (7)과 같이 된다.

$$\bar{\sigma} \cong 0.15N\lambda^2 \text{ (선형 편파)} \quad (5)$$

$$\bar{\sigma}_{N=25} (dBsm) = 10\log 0.054 = -12.67 [dBsm] \quad (6)$$

$$\bar{\sigma}_{N=50} (dBsm) = 10\log 0.108 = -9.67 [dBsm] \quad (7)$$

그림 1과 같이 채프가 공중에 살포 될 때, 정확한 RCS 값을 예측하기 위해서는 각각의 채프 다이폴의 특성도 중요하지만 채프가 공중에 확산되는 정확한 모델을 개발 할 필요가 있다. 채프의 RCS를 정확하게 계산하기 위해서 시간 변화에 따른 각 채프의 위치와 방향을 결정하는 채프 확산모델을 개발하는 것이 최종 목표이다.

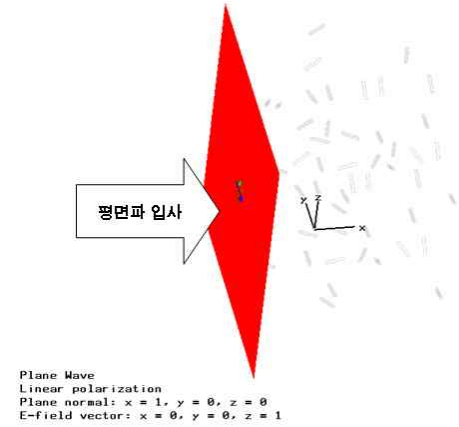
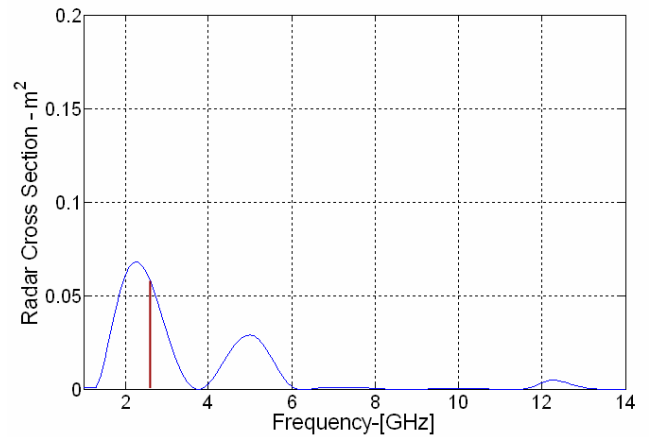
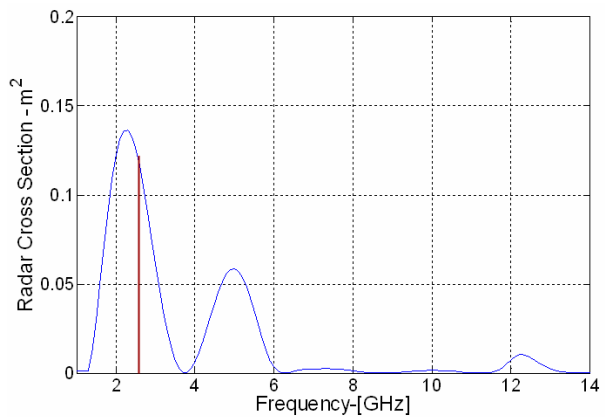


그림 1. 채프 RCS 계산 기본모델

그림 2는 25개, 50개 다이폴 안테나(길이 12cm)에 대하여 RCS를 Matlab으로 계산 한 결과를 보여주고 있다. 이결과는 식 (6), (7)의 결과와 일치함을 볼 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 채프의 RCS 계산 결과 (a) 25개 (b) 50개

그림 3에서는 다이폴의 개수를 조정하여 원하는 채프 RCS를 구현 하는 결과를 보여주고 있다. 레이더의 동작 주파수대역(2~12GHz)에서 채프가 원하는 RCS를 가지기위해 8종류의 다이폴(1.25, 1.5, 2.0, 2.25, 2.5, 3.5, 4.5, 6.0cm)을 사용 하였다. 물론 가장 효과적으로 채프를 설계하기 위해 길이에 따른 다이폴의 개수가 적절하게 결정 되어야 한다.

가 잘 일치함을 보였다. 효과적인 채프의 설계를 위한 다양한 RCS 계산에 대한 연구는 계속 진행 될 것이다.

**참고 문헌**

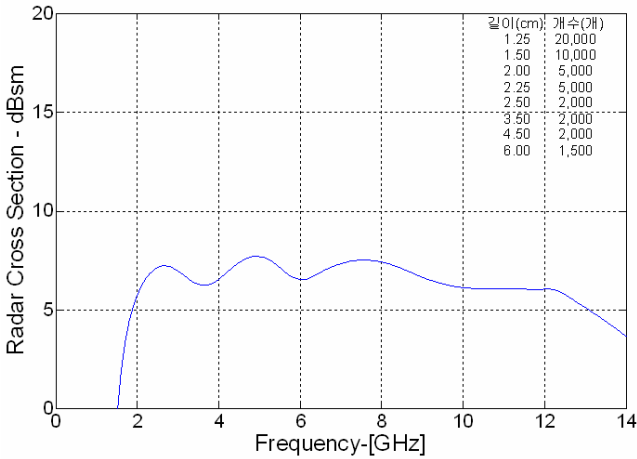
[1] R. A. Hessemer, Jr., "Scatter Communications with Radar Chaff," *IRE Trans. on Antennas and Propagations*, pp. 211-217, March 1961.

[2] G. T. Ruck, et al., *Radar cross section handbook*, Chapter 4, Plenum Press, 1970.

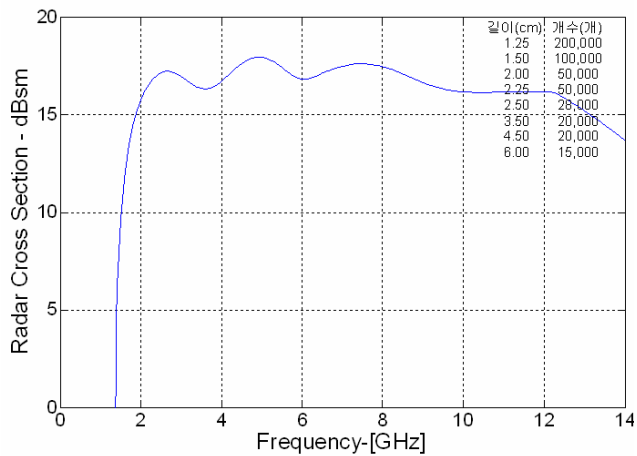
[3] P. Pouliguen, O. Béchu, and J. L. Pinchot, "Simulation of chaff cloud Radar Cross Section," *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005 IEEE*, Vol. 3A, pp. 80-83, 3-8 July 2005.

[4] Z. D. Zaharist, and J. N. Sahalos, "On the electromagnetic scattering of a chaff cloud," *Electrical Engineering*, Vol. 85, no. 3, pp. 129-135, 2003.

[5] H. T. Peters, A. K. Dominek, and L. Peter, Jr., "Electromagnetic scattering by a straight thin wire," *IEEE Trans. on Antennas and Propagations*, Vol. 37, no. 8, pp. 1019-1025, 1989.



(a)



(b)

그림 3. 다수의 다이폴에 대한 주파수 특성

(a) 채프 RCS 5dBsm 이상 (b) 채프 RCS 15dBsm 이상

**3. 결론**

본 논문에서는 채프의 RCS를 계산하는 방법을 소개 하였다. 채프를 다이폴 안테나로 간주하고 안테나의 산란특성을 이용하여 RCS를 구하였다. 본 논문에서는 채프 구름의 RCS를 구하기 위해 다이폴 안테나의 산란특성에 대한 이론적인 결과들을 분석하고 계산하는 프로그램을 개발하였다. 기존에 소개된 수치해석적인 방법으로 계산한 결과와 전산모사에 의한 결과