

# 고주파에서의 Monostatic RCS의 추정

설경은, 고진환, \*경상대학교

keseol@naver.com, \*jikoh@gnu.ac.kr

## Estimation of Monostatic RCS at High frequency

Seol KyungEun, Koh Jinhwan\*

\*GyeongSang National Univ.

### 요약

본 논문에서는, 저주파 밴드 RCS 데이터에 유리함수와 LS(Least Squares) 이론을 적용하여 고주파 대역 RCS 데이터를 예측하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여, 제안된 접근방식이 허용 오차범위 이내의 데이터를 생성한다는 것을 보여 주었다. 이 결과는 전자기파의 산란과 반사가 중요한 역할을 하는 통신 시스템, 안테나 시스템 및 항공기 설계에 도움을 준다.

### I. 서론

항공기, 선박 또는 대형 전투기 등 물체의 RCS를 측정하는 방법에는 실제 측정 방법과 간접 계산 방법이 있다. 컴퓨터 시뮬레이션은 Maxwell의 4가지 방정식을 사용하여, 물체를 모델링하고 RCS를 얻는 데 사용될 수 있다. RCS는 주로 MOM(Method of Moment) 방법을 사용하여 구하며, FEM과 FDTD 방법도 사용된다. 그러나 이러한 방법에는 단점이 있다. MOM 방법은 파장을 여러 영역으로 나누어 구조를 모델링하기 때문에 구조가 일정 하지만 주파수가 증가할수록 파장은 감소하고 미지수는 기하급수적으로 증가한다. 항공 레이더에 사용되는 주요 주파수 대역인 X-band의 경우 중심 주파수는 10 GHz 대역이므로 상용 소프트웨어 및 현재 컴퓨팅 기술로는, 항공기의 RCS를 얻는 것은 매우 어렵다. 예를 들어 200MHz의 주파수로 실물 크기 항공기의 RCS를 계산하는 데 5분이 필요하며 1GHz에서 10시간 이상 걸린다. 이는 10GHz와 같은 고주파에서 대형 항공기의 RCS를 계산하는 것이 얼마나 어려운지를 나타낸다[3].

기존의 RCS 신호를 보간하는 몇 가지 연구가 진행되었다. 그중에서 Yang과 Sarkar는 Rational Function 이용한 소형 전기장 데이터의 보간 결과를 보여주었다[4]. [4-7]에서, 주파수 함수로서 외삽/내삽 할 파라미터가 2개의 다항식의 비율이라고 가정하는 경우, Rational function은 협대역 시스템 응답을 외삽하는데 효과적으로 사용될 수 있음을 보여주었다. 본 논문에서는 유리함수를 이용하여 저주파 대역의 RCS 데이터로부터 고주파 대역의 RCS 데이터를 추정하는 것을 제안한다.

### II. 본론

우리가 예측하고자 하는 응답이 LTI(Linear Time Invariant) 시스템이라고 가정한다. 주파수 영역의 시스템은 극점과 영점으로 eigen-functions을 가지고 있는 경우 시간 영역에서는 지수함수의 합으로 구성된다. 따라서 LTI 시스템에 대한 주파수 도메인 전송 함수  $H(f)$ 는 다음을 통해 정의할 수 있다.

$$|H(f)| \approx \frac{C(f)}{D(f)} = \frac{\sum_{i=0}^M \alpha_i f^i}{\sum_{i=0}^L \beta_i f^i} \quad (1)$$

주어진 저주파 데이터를 (1)과 같은 유리함수로 TLS 방법을 통하여 보간하면 고주파 부분을 추정할 수 있다[5].



그림 1. 폭격기형태의 RCS 측정 모델

제안된 접근방식의 타당성을 보여주기 위해 CST microwave 소프트웨어를 사용했다. 시뮬레이션에 사용되는 컴퓨터의 사양은 CPU: E3-1231 v3, RAM: 8GB, CPU: R9-280x이며, 시뮬레이션 프로그램은 CST2016이고, 시뮬레이션 유형은 mono-static이다. RCS 데이터를 얻기 위해 사용된 모델은 Fig. 1에 나타나 있다. 모델의 크기는  $61mm \times 64mm \times 13mm$ 이다. RCS 예측의 경우, 약 1.55 GHz ~ 6 GHz의 대역에서 50 MHz 간격으로 약 90개의 데이터를 통해 6 GHz ~ 7 GHz의 RCS 응답을 추정했다. 데이터 안정화를 위해 간단한 LPF(5th degree Butterworth filter with cutoff frequency = 0.5)를 사용하였다. Fig. 2와 3의 상단 그래프는 각각 3.5 GHz ~ 7 GHz의 RCS 데이터, LPF 데이터 및 각각 45°와 107°의 각도에서의 Rational function을 사용하여 제안된 RCS 데이터를 나타낸다. Fig. 2와 3의 하단 그래프는 원래의 RCS 데이터와 추정된 RCS 데이터 사이의 오류 값을 나타내며, 6-7 GHz에서 평균 -10dB 미만으로 유지되었다. Fig. 4는 7 GHz에서의 RCS 데이터를 보여준다. 주파수가 커질수록 오차는 커지게 되므로, 가장 높은 주파수인

7 GHz에서의 값을 확인하였다. 6 GHz ~ 7 GHz에서 모든 방향의 오차는 Fig. 8과 같다. 예측 주파수가 증가함에 따라 오차 값이 증가하더라도 평균 오차 범위는 총 -14 dB를 초과하지 않는다.

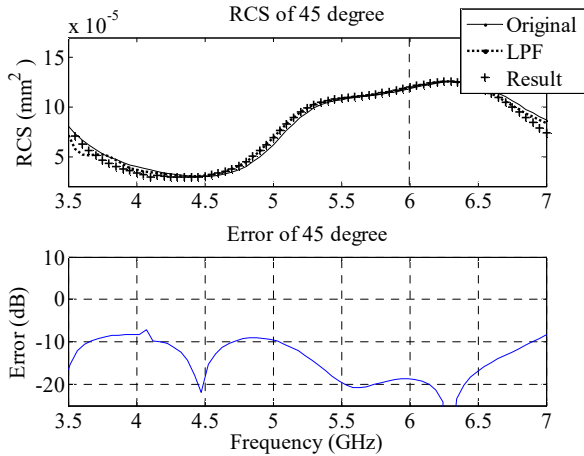


그림 2. 45°에서의 RCS 예측 결과 및 오차

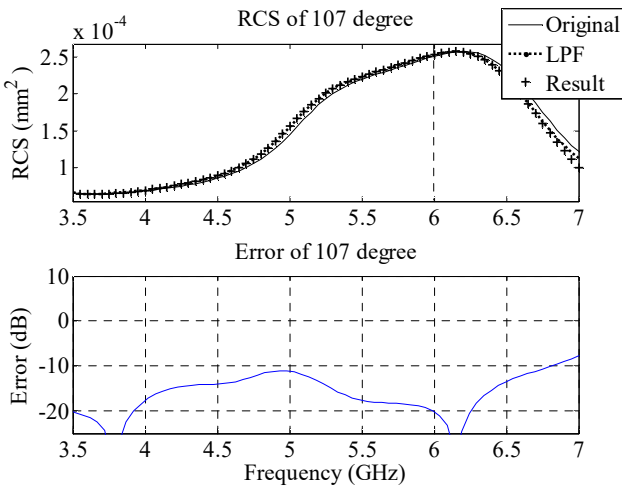


그림 3. 107°에서의 RCS 예측 결과 및 오차

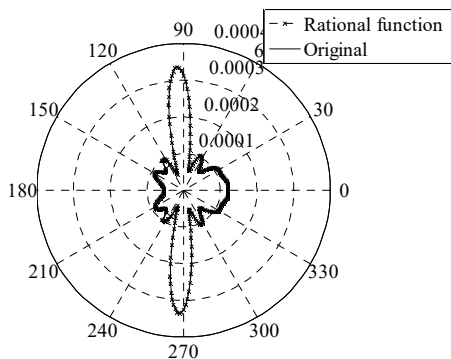


그림4. 7 GHz에서 원래의 RCS와 예측된 RCS의 비교

### III. 결론

RCS는 전자기파의 산란과 반사가 중요한 역할을 하는 통신 시스템, 안

테나 시스템 및 항공기 설계를 위한 필수 매개변수 중 하나이다. 특히 항공기나 선박과 같이 전기적으로 큰 물체의 RCS 측정에는 고주파수일 때, 많은 양의 자원이 든다.

본 논문에서는 저주파 대역의 RCS 데이터에 Rational Function과 TLS(Total Least Squares) 이론을 적용하여 고주파 대역의 RCS 데이터를 예측했다. 수치적 증명을 통해 제안된 방식이 허용 오차 범위 내의 추정치를 생성한다는 것을 보여주었다.

### 참 고 문 헌

- [1] B. M. Mahafza, Radar systems analysis and design using MATLAB, CRCpress, 2002.
- [2] G. W. Stimson, Introduction to airborne radar. SciTech Pub., 1998.
- [3] M. A. Richards, Fundamentals of radar signal processing. Tata McGrawHill Education, 2005.
- [4] J. Yang, and T. K. Sarkar, "Interpolation/extrapolation of radar cross-section (RCS) data in the frequency domain using the Cauchy method." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 55.10 (2007): 2844-2851.
- [5] K. Seol, K. Kang, J. Jeon, and J. Koh, "RCS Prediction at high frequency using Cauchy method," Microwave and Optical Technology letter, vol60 no7 (2018)
- [6] T. K. Sarkar, and R. S. Adve. "Generation of accurate broadband information from narrowband data using the Cauchy method." Probabilistic and Stochastic Methods in Analysis, with Applications 372 (1992): 263.
- [7] R. J. Adve, et al. "Application of the Cauchy method for extrapolating/ interpolating narrowband system responses." IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 45.5 (1997): 837-845.
- [8] X. C. Nie, N. Yuan, and Y. B. Gan, "Fast analysis of RCS over a frequency band using pre-corrected FFT/AIM and asymptotic waveform evaluation technique." IEEE Transactions on Antennas and Propagation 56.11 (2008): 3526-3533.
- [9] N. Chantasen, B. Akkarat, and B. Santana, "Radar target identification of coated object using Cauchy method." Antenna Measurements & Applications (CAMA), 2015 IEEE Conference on. IEEE, 2015.