전자파 산란 문제에서의 고성능 컴퓨팅(HPC) 기반 병렬 처리 특성

Characteristics of HPC(High-performance Computing)-based Parallel Processing on Electromagnetic Scattering Problems

조용희

목원대학교 정보통신융합공학부

Cho, Yong-Heui

Mokwon University

요약

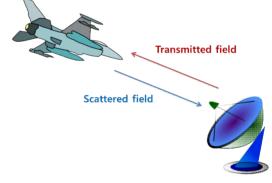
금속으로 이루어진 긴 선이나 구에 대한 전자파 산란 특성을 계산할 때, 산란 계산 속도를 개선하기 위해 사용하는 고성능 컴퓨팅(HPC) 기반 병렬 처리 특성을 제시한다. 산란 행렬 생성, 가우스 소거법, 산란파 계산 등으로 이루어진 전자파 산란 문제는 병렬 처리를 통해 계산 속도를 높일 수 있다. 산란 문제의 계산 절차를 분석하여 병렬화에 유리한 계산 작업을 분류한 후 OpenMP 기반 병렬화를 적용한다.

I. 서론

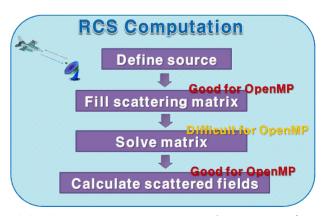
전자파 산란 이론[1]-[3]은 입사 전자파가 불연속적인 매질을 만나면 산란되는 현상을 수치해석적으로 예측하 기 위한 이론이다. 전자파 산란 이론의 대표적인 응용은 레이다(Radar)이다. 레이다는 주로 대형 항공기 추적을 위해 사용되었지만, 현재는 드론 등의 소형 비행체 추적 을 위한 시스템에도 적극적으로 응용되고 있다. 또한 자 동차의 전방 장애물 탐지에도 효율적으로 사용될 수 있 다. 광학 기반 센서가 자동차에 많이 활용되고 있지만, 광학 특성으로 인한 약점이 존재한다. 예를 들면 밤에는 활용 불가, 안개로 인한 가시성 확보 불가 등이 있다. 이 러한 광학 문제점을 혁신적으로 해결할 수 있는 기술이 차량용 레이다 기술이다. 대부분의 경우, 레이다로 인한 전자파 산란 문제는 산란체의 전기적 크기가 매우 크기 때문에 전자파 해석 시간이 매우 커지는 문제가 있다. 이 러한 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 방식이 고성능 컴퓨팅(HPC: High-performance Computing) 기반 병렬 화 처리이다. 본 연구에서는 여러 병렬화 기법 중에서 대 용량 메모리 처리에 탁월한 장점을 가진 OpenMP(Open Multi-Processing)를 중심으로 병렬화 처리를 실행한다.

Ⅱ. 전자파 산란과 HPC 기반 병렬화

그림 1은 전투기를 탐지하기 위한 레이다의 동작 원리를 전자파 산란 관점으로 제시한다. 대부분의 전투기 탐지용 레이다는 S대역을 사용하므로, 전투기의 전기적 크기는 전자파 파장보다 매우 커서 전자파 산란 해석 시간이 매우 많이 걸린다.

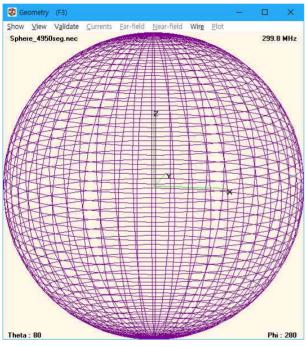


▶▶ 그림 1. 전자파 산란 문제 개념도



▶▶ 그림 2. 전자파 산란 문제의 전형적인 계산 절차

그림 2는 그림 1과 같은 전자파 산란 문제를 해결하기 위한 구체적인 계산 절차를 보여준다. 산란체의 산란 특 성은 레이다 단면적의 약자인 RCS(Radar Cross Section) 로 예측한다. 즉 전자파 산란 문제는 산란체의 주파수별 RCS를 계산하는 과정이 매우 중요하다. RCS 계산에 사용하는 전자파 원천은 균일 평면파(Uniform plane wave)이다. 균일 평면파가 산란체에 입사할 때 산란되는 전기장과 자기장 성분을 벡터적으로 계산한다. 여기서 산란 전자파는 매우 작은 양을 가지기 때문에 실제 측정은 매우 어렵다. 측정을 보정 및 보완할 수 있는 중요한 과정이 RCS에 대한 이론적인 수치 계산이다.



▶▶ 그림 3. 4nec2로 계산한 금속 구의 Wiregrid 구조

RCS 계산을 위한 수치 해석 코드의 정확성은 주로 금속으로 이루어진 긴 선이나 구에 대한 전자파 산란 결과와의 비교를 통해 검증한다. 긴 선이나 구의 전자파 산란 특성은 해석적으로 정확히 계산할 수 있어 수치 계산의 정확성 검증에 매우 유용한다. 특히 구조물이 전부 금속으로만 이루어진 경우는 공개되어 있는 수치 해석 엔진인 NEC2[4]를 사용할 수 있다. NEC2로 계산하려면 구조물 전체를 Wiregrid로 표현해야 한다. 그림 3은 4nec2[5]로 도식화한 4,950개의 Wire를 가진 금속 구의 Wiregrid modeling을 보여준다. RCS 계산에서는 정밀도 유지를위해 전자파 파장의 1/10보다 더 작게 Wire mesh를 만드는 것이 중요하다.

다음으로 실행하는 NEC2 기반 RCS 계산 절차는 산란 행렬 생성, 가우스 소거법, 산란파 계산 등이다. 이중 산 란 행렬과 산란파 계산은 산란체를 구성하는 각각의 Wiregrid 원소에 대해 진행하므로 병렬 처리를 위한 최 적의 단계가 된다. 또한 전기적으로 매우 큰 구조물을 계 산하기 때문에 메모리를 최대한 많이 사용하는 방식이 필요하여, 단순 계산 병렬화에 장점을 가진 NVIDIA CUDA를 사용하기는 어렵다. 대신 CPU 기반으로 병렬화를 진행하여 대용량 메모리에 접근할 수 있는 OpenMP가 적절하다.

NEC2 기반 RCS 계산에서 가장 많은 시간을 사용하는 부분은 가우스 소거법이다. 가우스 소거법은 행 단위 혹은 열 단위 연산을 순차적으로 진행하는 본질적 특성으로 인해 병렬화가 매우 어려운 부분이다. 이에 대한 해결책으로 가우스 소거법 대신 최종해를 대략적으로 예측한후 반복법을 적용해 초기해를 지속적으로 수렴시키는 방법을 사용한다. 반복법은 각 항들을 독립적으로 계산할수 있기 때문에 가우스 소거법보다는 병렬화에 더 적절한 방식이다. 다만 반복법은 초기해를 잘못 선택한 경우,최종해로 수렴하지 않고 발산하므로 전자파 이론을 이용하여 초기해를 잘 예측하는 것이 중요하다.

감사의 글

본 저자는 금속 구의 Wiregrid modeling을 제공해준 한남대학교 최인식 교수에게 깊이 감사합니다.

■ 참 고 문 헌 ■

- [1] Y. H. Cho, "TM plane-wave scattering from finite rectangular grooves in a conducting plane using overlapping T-block method," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 54, no. 2, pp. 746-749, Feb. 2006.
- [2] Y. H. Cho, "Transverse magnetic plane-wave scattering equations for infinite and semi-infinite rectangular grooves in a conducting plane," IET Microw. Antennas Propag., vol. 2, no. 7, pp. 704-710, Oct. 2008.
- [3] Y. H. Cho, "Arbitrarily polarized plane-wave diffraction from semi-infinite periodic grooves and its application to finite periodic grooves," Prog. Electromagn. Res. M, vol. 18, pp. 43-54, 2011.
- [4] G. J. Burke and A. J. Poggio, Numerical Electromagnetic Code (NEC) - Method of Moments, Part I: Program Description - Theory, Jan. 1981.
- [5] A. Voors, 4nec2 NEC Based Antenna Modeler and Optimizer, 2015.