

# 최소자승법을 활용한 대형 안테나 설계용 MPI 병렬처리 특성 추정

## Estimation of MPI Parallel Processing Parameters for Large Antenna Design Based on the Least Squares

조 용 희  
목원대학교 정보통신융합공학부

Cho, Yong-Heui  
Mokwon University

### 요약

MOR(Metal-Only Reflectarray) 안테나와 같은 밀리미터파용 대형 안테나 계산을 병렬화하기 위해 사용하는 MPI 특성을 예측하기 위한 방법으로 최소자승법 활용을 제안한다. 기존의 Amdahl 법칙에 Compute Node 간의 통신 속도를 추가한 수정된 Amdahl 법칙을 사용하여 9개의 Compute Node의 MPI 특성을 예측하였다. 이를 이용해 현재 구조에 적합한 최적의 Compute Node 개수도 제시하였다.

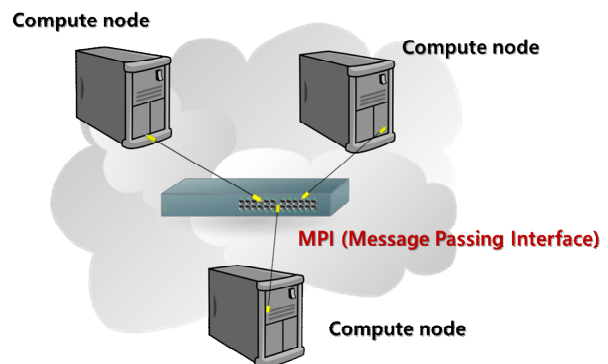
## I. 서론

30 - 300 [GHz]를 통칭하는 밀리미터파 주파수 대역은 짧은 파장으로 전자파의 도달 거리가 줄어들기 때문에 초고이득 안테나가 필수적이다. 최근에는 금속으로만 만든 반사배열(Reflectarray)인 MOR(Metal-Only Reflectarray) 안테나가 제안되어 다양하게 쓰이고 있다[1]. MOR 안테나와 같은 초고이득 안테나는 밀리미터파를 위한 필수적인 요소이나, 전기적인 길이가 매우 크기 때문에 통상적인 설계법이 잘 통하지 않는다. 대형 안테나는 수치 계산 시간이 매우 커지기 때문이다.

전자파 분야에 대두되는 과도한 계산 시간의 문제는 병렬화 기법으로 해결할 수 있다. 여러 대의 Compute Node를 네트워크로 구성하여 병렬화시킬 수 있는 MPI(Message Passing Interface)[2], [3]는 MOR 안테나 계산에 효과적으로 쓰일 수 있다. Compute Node 네트워크의 MPI 구현을 위해서는 MPICH[4]와 같은 프로그램을 활용할 수 있다.

## II. 최소자승법과 MPI 병렬처리 특성

유용한 병렬화 기법 중 하나인 MPI(Message Passing Interface)는 그림 1과 같이 여러 대의 Compute Node를 초고속 네트워크로 연결하여 구성한다. 여기서 MPI는 Compute Node가 서로 통신하기 위한 표준 방식이며 Compute Node는 보통 하나의 PC이다.



▶▶ 그림 1. MPI 구성 개념도

잘 알려진 바와 같이 Compute Node가 늘어나면 계산을 담당하기 위한 Node가 늘어 병렬화로 인한 계산 시간 단축이 생긴다. 즉 Compute Node가 늘면 늘수록 계산 시간은 계속 단축된다. 이는 아래와 같은 Amdahl의 법칙[5]으로 알려져 있다.

$$t_{\text{tot}}(n) = t_{\text{serial}} + \frac{t_{\text{par}}}{n} \quad (1)$$

여기서  $n$ 은 Compute Node의 개수,  $t_{\text{tot}}(n)$ 은 Code의 전체 실행 시간,  $t_{\text{serial}}$ 은 전체 Code 중 병렬화가 불가능한 영역의 실행 시간,  $t_{\text{par}}$ 는 병렬화가 가능한 부분의 실행 시간이다. 식 (1)에 의해 Compute Node가 하나라면,  $t_{\text{tot}}(1) = t_{\text{serial}} + t_{\text{par}}$ 이 된다. Compute Node가 매우 많다면 전체 계산 시간은 거의  $t_{\text{serial}}$ 이 된다.

식 (1)은 매우 유용한 공식이지만, 실제적인 Compute

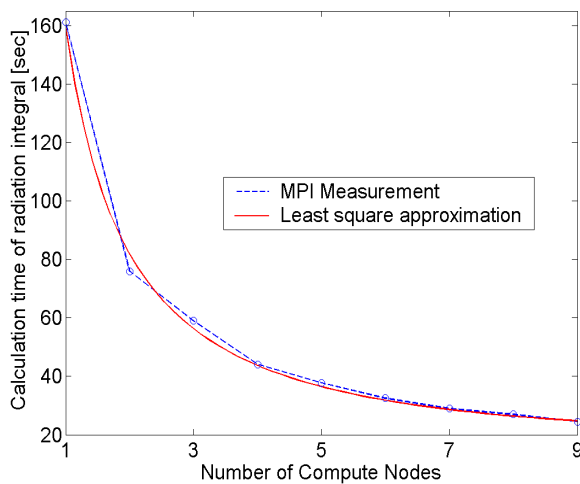
Node 네트워크에서는 고려하지 못한 부분이 있다. 왜냐하면 Compute Node가 통신할 때 생기는 지연 시간이 고려되지 않았기 때문이다. 그래서 식 (1)을 변경한 아래와 같은 수정된 Amdahl 법칙을 사용하자.

$$t_{\text{tot}}(n) = t_{\text{serial}} + \frac{t_{\text{par}}}{n} + t_{\text{com}}(n-1) \quad (2)$$

여기서  $t_{\text{com}}$ 은 Compute Node가 서로 일대일로 통신할 때 걸리는 시간이다. 실제 문제의 경우는  $t_{\text{com}}$ 이 0이 아니므로, 식 (2)에 의해 계산 시간을 최대로 단축할 수 있는 최적의 Compute Node 개수( $N_{\text{opt}}$ )가 존재한다. 식 (2)를 미분해 이 값을 찾으면 아래와 같다.

$$N_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{t_{\text{par}}}{t_{\text{com}}}} \quad (3)$$

최적의 병렬화 계산에 필요한  $N_{\text{opt}}$ 를 구하려면  $t_{\text{par}}$ 과  $t_{\text{com}}$  정보를 반드시 알아야 한다. 하지만 이 부분은 우리가 사용하는 Code 특성과 Compute Node 네트워크에 따라 달라지므로, 정확한  $t_{\text{par}}$ 과  $t_{\text{com}}$  값을 찾는 것은 매우 어렵다. 그래서 본 논문에서는 잡음이 있는 경우의 신호 추정에 많이 사용되는 최소자승법(Least Squares)[6]을 사용하여  $t_{\text{par}}$ 과  $t_{\text{com}}$  값을 근사적으로 구한다.



▶▶ 그림 2. MOR(Metal-Only Reflectarray) 안테나 계산에 사용된 Compute Node 네트워크의 특성

9개의 Compute Node를 이용해 밀리미터파에서 사용되는 MOR(Metal-Only Reflectarray) 안테나 특성을 병렬 처리로 계산하였다.  $t_{\text{par}}$ 과  $t_{\text{com}}$  값 추정을 위해  $n$ 이 늘어날 경우의 계산 시간을 측정하였다. 이 결과를 식 (2)에 대입한 후 최소자승법을 적용하면,  $t_{\text{serial}} = 3$ 초,  $t_{\text{par}} = 157$ 초,  $t_{\text{com}} = 0.5$ 초가 나온다. 이를 이용해 실제 측

정 결과와 식 (2)의 결과를 비교하면 그림 2와 같다. 식 (3)에 의해 우리가 계산하는 Code를 위한 Compute Node의 최적 개수는 18개이므로, 현재 9개인 Compute Node 개수를 더 늘리면 더 향상된 병렬화 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 저자는 고이득 안테나 계산을 위한 MPI Compute Nodes를 제공해준 국방과학연구소 소준호 박사에게 깊이 감사합니다.

## ■ 참고 문헌 ■

- [1] Y. H. Cho, W. J. Byun, and M. S. Song, "High gain metal-only reflectarray antenna composed of multiple rectangular grooves," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 59, no. 12, pp. 4559-4568, Dec. 2011.
- [2] MPI: A Message-Passing Interface Standard Version 3.0, Message Passing Interface Forum, 2012.
- [3] 이홍석, 김정환, 이승우, 이식, 멀티코어 시대에 꼭 알아야 할 MPI 병렬 프로그래밍, 어드북스, 2010.
- [4] MPICH - High-Performance Portable MPI, <http://www.mpich.org>.
- [5] G. M. Amdahl, "Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities," AFIPS '67 (Spring) Proceedings of the April 18-20, pp. 483-485, 1967.
- [6] G. Strang, Linear Algebra and Its Applications, 3rd Ed., Brooks/Cole, 1988.