

유전자 알고리즘을 이용한 진원 결정법의 병렬화

신동훈^{1)*} · 양우선²⁾ · 김우한³⁾

1. 서 론

본 연구에서는 초기값에 영향을 받지 않으면서, 전역적인 해를 구할 수 있는 진원 요소 결정법을 병렬화하였다. 지진의 진원 요소인 진원 위치와 진원 시간의 결정은 지진기록 분석의 가장 기본이며 중요한 요소 중 하나이다. 진원 요소 결정을 위해 일반적으로 사용하는 방법은 최소자승법에 근거하여 관측된 지진파형의 도달시간과 계산된 도달시간과의 차이를 최소화시키는 해를 구하는 것이다. 이러한 방법은 최소자승법의 해는 전역적 최소해가 아닌 지역적 최소해가 될 수 있기 때문에 초기 속도모델과 진원 요소 초기값의 영향을 받는 단점이 있다. 최근 Kim et al. (2006)은 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용해 진원 요소를 결정할 수 있는 GA-MHYPO를 고안하였다. 전역적 최적화 방법인 유전자 알고리즘을 사용하므로 GA-MHYPO는 초기 속도모델과 진원 요소의 영향을 받지 않는 장점이 있다. GA-MHYPO는 1차원 수평 다층구조의 속도모델을 이용하여 2점 파선추적을 통해 초기 진원으로부터 주어진 관측소들까지의 주행시간을 계산하여 적합도(fitness)를 얻고, 적자생존의 규칙을 통해 여러 번의 진화 과정을 거치면서 최적의 진원 요소를 얻게 된다.

유전자 알고리즘과 같은 전역적 최적화 방법은 충분히 많은 진원 요소를 이용한 계산이 수반되어야 하므로 많은 계산이 요구되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 빠른 계산을 위해 GA-MHYPO를 최적화하였으며, MPI (Message Passing Interface)를 이용하여 병렬화 하였다.

2. 본 론

일반적인 의미의 지구물리 역산은 관측된 값과 예측된 값을 반복적으로 비교하면서 그 차이를 최소로 할 수 있는 해를 구하는 것이다. 지진학을 비롯한 많은 지질학, 지구물리학 등의 자연과학뿐만 아니라 사회과학 등 다양한 분야에서 역산은 매우 중요한 자료 해석 방법의 하나로 인식되고 있다. 특히 최소 자승법에 기초한 역산은 많은 연구가 수행되어 왔으며 널리 사용되어 지고 있다. 대부분의 지진학을 포함한 지구물리학은 비선형의 특성을 보여준다. 이러한 비선형의 문제를 풀기 위해 최소 자승법에 기초한 역산을 적용하는 경우에는 신중한 주의가 요구된다. 비선형성으로 인해 많은 지역적 해가 존재하기 때문이다. 따라서 적절하지 못한 초기값을 사용하였을 경우에는 역산이 수렴하지 못하거나 해가 지역적 최소해일 가능성이 높게 된다. 그러므로 최소자승법에 기반을 둔 역산법을 사용하여 해를 구하는 경우에는 초기 값 또는 초기모델의 선택이 중요한 요소로 작용한다. 이러한 문제를 피하기 위해 사용하는 방법이 전역적 최적화 방법에 의한 역산으로, 몬테카를로법(Monte Carlo method), Simulated Annealing (SA)과 본 연구에서 사용한 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm) 등이 있다(Sen &

주요어 : 유전자 알고리즘, 진원 결정, 병렬화

1) 국립기상연구소 지구환경시스템연구팀 (dhsheen@kma.go.kr)

2) Cray Inc. (woosuny@gmail.com)

3) 경상대학교 지구환경과학과 (wookim@gnu.ac.kr)

STOFFA, 1995).

유전자 알고리즘을 이용한 역산은 생물학적 진화와 유사한 방법인 자연선택 또는 적자생존의 원칙에 입각한 최적화 방법이다. 기본적인 연산으로는 부호화, 선택, 교배, 돌연변이 등이 있다. 부호화된 변수들로부터 적합도가 높은 개체를 선택하여, 교배하고 그 돌연변이를 통해 새로운 변수들을 생성하게 된다. 따라서 적합도가 높은 개체일수록 다음 세대에 살아남을 확률이 높아지게 되면서 점점 더 좋은 해를 찾아가게 되는 것이다.

Kim et al. (2006)은 진원 요소 결정을 위해 유전자 알고리즘을 사용하였다. 기존의 유전자 알고리즘을 사용한 진원 요소 결정법과 달리 이 방법은 진원 요소와 속도구조를 동시에 검색하여 최적해를 찾는다. 즉 기존의 알고리즘은 주어진 속도구조에 한해 진원 요소를 계산하므로 초기조건의 영향을 받는다. 하지만 Kim et al. (2006)의 방법은 다양한 속도구조에 대해 최적의 진원 요소를 결정할 수 있는 장점이 있으며, 2점 파선 추적법(Kim & Baag, 2002)을 적용하여 HYPO-71 (Lee & Lahr, 1975)을 개량하여 진원 요소를 결정한다. 유전자 알고리즘을 적용하기 위해서는 충분히 많은 속도구조에 대한 적합도 계산이 요구되는데 우리는 고성능의 계산 환경에 적합하도록 GA-MHYPO를 최적화하였고, MPI (Messgae Passing Interface)를 사용하여 동시에 많은 프로세서를 사용할 수 있는 병렬 연산을 가능토록 하였다. 일반적인 형태의 PGA (Parallel Genetic Algorithm)로는 두개가 있는데, 전체 개체집단(Population)을 프로세서마다 독립적인 부개체집단(Sub-population)으로 나누어 GA를 수행하고 최적해를 다른 부개체집단에 전달하는 방식과 각 프로세서마다 하나의 독립적인 개체를 담당하는 방식이 있다. 그런데 PGA는 순차적인 GA에 비해 많은 양의 프로세서를 사용하므로 계산속도는 개선이 될 수 있지만 최적의 개체가 다음세대에 정보를 전달하는데 지연이 발생하게 된다(Tan et al., 2002). 여기에서는 Kim et al. (2006)이 제안한 GA-MHYPO에서 사용한 유전자 알고리즘을 그대로 사용하기 위해 하나의 전체 개체집단을 가용한 프로세서의 수에 맞게 나누어 해를 동시에 탐색하는 방식으로 PGA를 구현하였다(Fig. 1). 즉 첫 번째 프로세서에서만 개체의 생성 및 선택, 교배, 돌연변이 등의 GA에 관한 연산을 수행한다. 이러한 과정을 통해 생성된 다양한 속도구조를 자기 자신을 포함한 다른 프로세서에 전달한다. 전달받은 속도구조를 이용해 전체 프로세서에서는 진원 결정을 수행하고 적합도 계산을 하여 그 결과를 첫 번째 프로세서에 다시 전달하여 GA 연산을 수행할 수 있도록 한다.

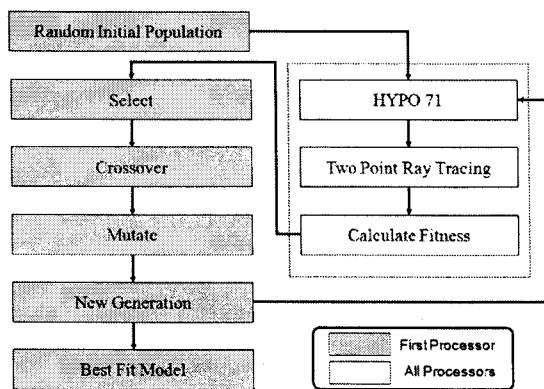


Fig. 1. Schematic diagram of Parallel GA-MHYPO

Parallel GA-MHYPO의 성능을 시험하기 위해 Fig. 2와 같이 주어진 6개의 층으로 이루어진 지각구조의 22 km 깊이에서 발생한 지진으로부터 28개의 관측소에 관측된 P파와 S파의 초동을 입력 자료로 사용하였다. 진화 과정에서 Fig. 2와 같이 미리 정의해 둔 범위에서 속도를 변화시키면서 속도구조를 만든다. 매 세대마다 200개의 개체를 생성하였으며, 300번째 세대까지 생성하도록 하였다. 이는 병

렬화로 인한 계산 시간 비교를 위한 것이고, 해의 수렴은 약 100번째 세대에서부터 이루어진다. 계산결과는 Fig. 2와 Table. 1과 같이 매우 잘 일치함을 알 수 있었다. 사용하는 프로세서의 수에 따른 계산의 소요시간은 Fig. 3과 같다.

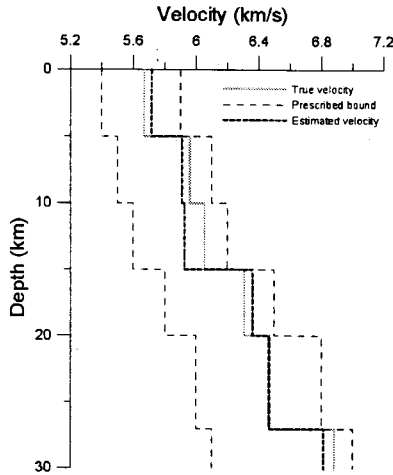


Fig. 2. Velocity model used in this study

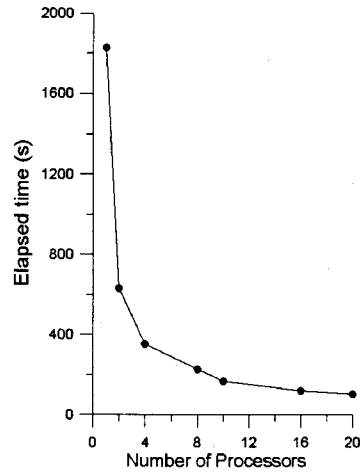


Fig. 3. Elapsed time of Parallel GA-MHYPO

Table 1. Computational result of Parallel GA-MHYPO

	Latitude	Longitude	Depth
True Location	35.74°	129.20°	22.00 km
Estimated Location	35.74°	129.20°	22.02 km

3. 결 론

본 연구에서는 Kim et al. (2006)의 GA-MHYPO를 병렬화하여 효율적인 계산을 수행할 수 있도록 하였다. 병렬화 과정에서 기존의 유전자 알고리즘을 그대로 유지하기 위해 유전자 알고리즘의 연산은 첫 번째 프로세서에서만 수행하고, 진원 결정과 적합도 계산을 모든 프로세서에 균등하게 배분하여 병렬화를 구현하였다. 계속되는 연구를 통해 유전자 알고리즘의 진화과정을 지배하는 변수들의 민감도 시험을 통해 진원 결정에 적합한 변수를 결정하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

4. 참고 문헌

- Kim, W. and C.-E. Baag, 2002, Rapid and accurate two-point ray tracing based on a quadratic equation of takeoff angle in layer media with constant or linearly varying velocity functions, *Bull. seism. Soc. Am.*, **92**, 2251-2263
- Kim, W., I.-K. Hahm, S. J. Ahn, and D. H. Lim, 2006, Determining hypocentral parameters for local earthquakes in 1-D using a genetic algorithm, *Geophy. J. Int.*, **166**, 590-600.
- Lee, W. H. K. and J. C. Lahr. 1975, *A computer program for determining local earthquake hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes*, U.S. Geol. Surv. Open file Rep., 75-311.
- Sen, M. and P. L. Stoffa, 1995, *Global optimization methods in geophysical inversion*, Elsevier, Amsterdam.