

외판원 문제를 위한 변형된 돌연변이를 적용한 유전 알고리즘

○
김 정 숙, 홍 영 식
동국대학교 컴퓨터공학과

A Genetic Algorithm with Modified Mutation for the Traveling Salesman Problem

Jung Sook Kim, Young Sik Hong
Department of Computer Engineering, Dongguk University

< 요약 >

외판원 문제(Traveling Salesman Problem)는 계산 복잡도가 매우 높으므로 이를 해결하려는 다양한 방법들이 제시되어 왔다. 최근에는 특히 휴리스틱(Heuristic)에 기반한 유전 알고리즘(Genetic Algorithms)에 의한 방법이 관심을 집중시키고 있고, 이를 위한 다양한 교잡(Crossover) 연산자와 돌연변이(Mutation) 연산자들이 발표되고 있다. 돌연변이 연산자는 지역해에 빠지는 것을 방지하며, 유용한 유전 특성을 잃어버릴 위험이 있는 교잡 연산자의 단점을 보완할 수 있다. 본 논문에서는 새로운 돌연변이 연산자를 개발하여 적용한 유전 알고리즘으로 외판원 문제를 해결한다.

1. 서 론

외판원 문제는 주어진 n 개의 도시들을 연결하는 최소의 비용이 드는 경로를 찾는 문제로 최적의 해를 구하는 것은 전형적인 NP-완전 문제 중의 하나이다. 출발 도시에서 시작해서 나머지 $(n-1)$ 개의 도시를 한 번씩 거치는 경로의 총수는 $(n-1)!$ 만큼 존재하게 되어 계산 복잡도는 계승시간이 된다[5].

그래서 외판원 문제를 위한 근사해를 구하는 다양한 시도가 있었고, 그 가운데서 유전 알고리즘이 최근에 활발하게 연구되고 있다 [2,3,4,5]. 유전 알고리즘에서는 새로운 경로를 만들어 내기 위하여 교잡 연산자와 돌연변이

연산자가 많이 사용된다. 이 중 교잡 연산자는 근접해에 빠르게 수렴하는 경향이 있으나, 문제점은 지역해에 빠지기 쉬우며, 또한 유용한 유전 특성을 잃을 수 있는 위험이 많다. 이러한 교잡 연산자가 가지는 문제점을 보완할 수 있는 연산자가 돌연변이 연산자이다. 돌연변이 연산자는 한 개체내에서 연산을 수행하므로 지역해에 빠지는 것을 방지하며, 유용한 유전 특성을 잃어버릴 위험이 적다. 이에 본 연구에서는 돌연변이 특성을 그대로 살리면서 외판원 문제의 비용이 적어지도록 돌연변이 연산이 일어날 수 있는 새로운 돌연변이 연산자를 개발하여

외판원 문제를 해결하여 더욱 좋은 근사해를 구할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 새로 변형한 돌연변이 연산자를 기술하고, 3장에서 유전 알고리즘으로 외판원 문제를 해결한 내용을 논의하고, 4장에서 실험한 내용 및 결과를 기술한다. 5장에서 결론을 맺는다.

2. 제안된 돌연변이 연산자

Reciprocal exchange 돌연변이 연산자는 한 개체내에서 임의의 두 도시를 뽑아 그 두 도시의 위치를 서로 바꾸는 연산자이다. 본 연구에서 개발한 돌연변이 연산자는 reciprocal exchange 돌연변이 연산자와 같은 연산을 수행하지만 두 도시를 임의로 선정하는 대신 비용을 고려하여 적은 도시를 선정한다. 변형된 돌연변이 연산자는 한 개체내에서 임의의 한 도시를 선정하고 그 도시와 돌연변이 연산이 일어날 도시를 뽑는데 Nearest Neighbor Heuristic[5]에서 연산이 일어나는 것과 비슷한 방법으로 선정된다. 먼저 임의로 선정된 한 도시에서 다음 도시로 갈 수 있는 모든 경로들의 비용을 비교하여 가장 적은 비용이 드는 경로의 도시를 뽑는다. 뽑힌 도시를 먼저 선정된 도시의 다음 방문 경로로 연결하고, 두 번째 선정된 자리에는 처음 선정된 위치의 다음 도시가 방문되도록 한다. 이를 한 개체의 도시가 17개 주어졌을 때 돌연변이 연산자를 적용하여 연산한 과정은 다음과 같다. 경로 <1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17>에서 임의의 한 도시를 선정하는데, 예를 들어 도시 7이 선정되었다면 7에서 가능한 모든 경로들을 비교하여 가장 비용이 적게 걸리는 도시를 선택하여 다음 경로로 연결한다. 가장 비용이 적은 경로가 15이었다면 돌연변이가 일어난 결과는 다음과 같다. <1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 15, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 8, 16, 17>. 이렇게 돌연변이 연산자를 적용함으로써 염색체의 결실이나 중복 없이 연산이 일어난다.

3. 외판원 문제를 위한 유전 알고리즘

본 논문에서는 외판원 문제의 입력은 모든

도시들을 정수로 매핑하여 주어진 도시들을 임의로 생성 가능한 도시들의 배열로 입력한다. 이렇게 생성된 개체의 예를 들어 도시의 수가 15개인 경우 다음과 같다. <1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, v>는 도시 "1"에서 출발하여 도시 2를 방문하고 다음 도시 3을 방문하고 다음 방문하는 방법으로 도시 17을 방문하는 경로를 나타내며, v는 목적함수값으로 도시들을 방문하면서 걸린 비용의 합을 나타낸다. 초기 후보 집단은 이렇게 임의의 수들의 배열로 생성한 후 생성된 개체들에 대한 비용을 계산한다. 그 비용들을 정렬한 후 비용이 적은 우성인자들을 이용하여 교잡 연산자와 돌연변이 연산자 및 역순 연산자를 수행하였다.

교잡 연산자는 임의의 두 개체를 선택하여 이 두 개체의 임의의 두 위치들을 생성하여 이들의 위치를 서로 교환하는 연산이다. 그러나 여기서 주의해야 할 일은 교잡 연산자를 사용할 때, 같은 도시를 두 번 방문하는 결과가 생기거나 방문을 하지 않는 도시가 발생하는 결과를 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 외판원 문제의 제약 조건을 만족하는 연산자를 도입하여야 한다.

본 논문에서는 임의의 두 개체를 선택하여 그 개체들에서 임의의 두 위치를 선정하여 두 위치 사이의 개체는 그대로 복사하고 한 부모의 두 번째 지점에서 시작하여 자손을 생성하는데 도시가 그 자손에 이미 생성된 도시이면 이 도시는 버리고 그 다음 도시를 가지고 비교하여 자손에 없으면 생성하고 있으면 버리고 등으로 하여 그 부모의 첫 번째 지점까지 수행한다. 똑같은 방법으로 다른 나머지 부모도 자손을 생성하는 순서(Order) 교잡 연산자를 행하였다. 돌연변이 연산자는 2장에서 기술한 변형된 연산자를 적용한다.

역순 연산자는 한 개체내에서 임의의 위치를 정하여 그를 기점으로 도시의 배열 순서를 바꾸는 것이다. 그리고 재생산 연산자는 우수한 목적 함수값을 갖는 개체들을 선택하여 일정한 비율만큼 다음 세대에 그대로 개체를 복사하는 연산자이다.

4. 실험 환경 및 실험 내용

본 논문에서 제시한 내용들은 C언어로 구현하였으며 실험 환경은 HP/700 series 워크스테

이션을 이용하였다. 유전 알고리즘 실험에서 사용한 파라미터는 다음 표 1과 같다

파라미터들	크기 및 비율
후보해의 크기	50
자손의 세대	1000
교잡 연산자의 비율	50%
재생산 연산자의 비율	20%
역순 연산자의 비율	10%
돌연변이 연산자의 비율	20%

표 1 유전 알고리즘의 파라미터들

실험은 유전 알고리즘의 돌연변이 연산자만을 다르게 하고 나머지 부분은 동일하게 실험하여 외관원 문제를 해결하는데 기존 돌연변이 연산자를 적용한 결과와 새로 변형된 돌연변이 연산자를 적용한 근사해를 얻어 비교한다. 도시간의 거리에 대한 비용은 TSPLIB에서 ftv33.atsp와 ry48p.atsp를 이용하였다. 먼저 기존 돌연변이 연산자를 적용한 유전 알고리즘을 수행하여 결과를 얻고, 다음은 변형된 돌연변이 연산자를 적용한 유전 알고리즘을 수행하여 결과를 비교한다. 그림 1은 도시수가 33인 경우의 결과를 보여주며, 그림 2는 도시수가 48인 결과이다. 결과에서 mod1 방법은 돌연변이 연산자가 환형류가 연산하는 것처럼 도시의 배열이 한 자리씩 움직이는 연산이며, mod2는 돌연변이가 일어날 도시들을 선정된 후, 환형류가 연산하는 것처럼 선정된 도시들을 움직이는 연산을 말한다. mod3은 본 논문에서 제안한 돌연변이 연산자를 적용한 결과이다. 그림에서 나타나듯이 mod3 방법이 가장 우수한 근접해를 구할 수 있음을 알 수 있고, reciprocal exchange에 비해 1.05배 정도 좋은 해를 구할 수 있다.

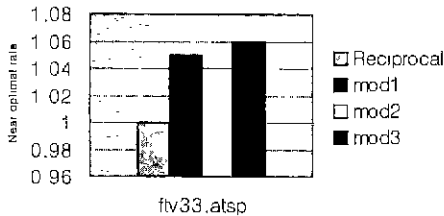


그림 1 도시수가 33인 경우

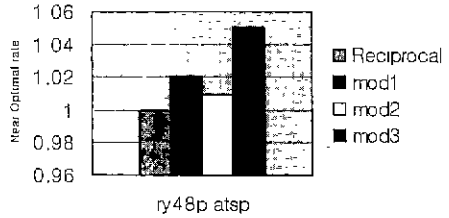


그림 2 도시수가 48인 경우

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 돌연변이 연산자를 새로 변형하여 돌연변이 특성을 그대로 가지면서 외관원 문제의 비용이 적어지도록 돌연변이 연산이 일어날 수 있는 연산자를 개발하였다. 변형된 돌연변이를 적용하여 실험한 결과가 기존의 방법보다 더욱 좋은 해를 구할 수 있었다. 반드시 기존의 방법보다 좋은 근사해를 구할 수 있는 것은 아니나, 보편적으로 좋은 결과를 가져올 수 있다. 그리고 세대수가 많아짐에 따라 좋은 근사해를 구할 수 있었다.

앞으로의 연구과제는 변형된 돌연변이 연산자의 위치 바꿈이 어느 경우에 더욱 효율적인 연산자가 될 것인가를 연구해야 하고, 또한 새로운 유전 연산자를 개발하여 외관원 문제를 효율적으로 해결하는 일이다.

[참고문헌]

- [1]. Lance Chambers, Practical Handbook of Genetic Algorithms : Applications, CRC press, Volume I, May 1995.
- [2]. Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Genetic Algorithms and Engineering Design, A Wiley-Interscience Publication, pp. 118-132, 1997
- [3]. David E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search and Optimization, Addison-Wesley, pp. 1-125, 1989
- [4]. Z. Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag, pp. 209-237, 1995.
- [5]. Gerhard Reinelt, The Traveling Salesman Computational Solutions for TSP Applications, Springer-Verlag, 1994