
무선 애드 혹 네트워크에서 노드 클러스터링을 위한 유전 알고리즘

장길웅*

*한국해양대학교

A Genetic Algorithm for Clustering Nodes in Wireless Ad-hoc Networks

Kil-woong Jang*

*Korea Maritime and Ocean University

E-mail : jangkw@kmou.ac.kr

요 약

클러스터링 문제는 무선 애드 혹 네트워크의 네트워크 수명과 확장성을 향상시키는 문제 중 하나이다. 이 문제는 무선 애드 혹 네트워크의 설계 및 운영과 관련된 어려운 조합 최적화 문제이다. 본 논문에서는 네트워크 수명을 최대화하고 무선 애드 혹 네트워크의 확장성을 고려한 효율적인 클러스터링 알고리즘을 제안한다. 클러스터링 문제는 NP-hard 문제로 알려져 있습니다. 따라서 본 논문에서는 노드의 수가 많은 네트워크에서 합리적인 시간 내에 최적의 해를 효율적으로 얻을 수 있는 최적화 방식을 사용하여 문제를 해결한다. 제안된 알고리즘은 노드의 전력과 클러스터링 비용을 고려하여 클러스터 헤드를 선택하고 클러스터를 구성한다. 우리는 노드의 전송에너지 측면에서 시뮬레이션을 통해 성능을 평가한다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 성능이 우수함을 보여 준다.

ABSTRACT

A clustering problem is one of the organizational problems to improve the network lifetime and scalability in wireless ad-hoc networks. This problem is a difficult combinatorial optimization problem associated with the design and operation of these networks. In this paper, we propose an efficient clustering algorithm to maximize the network lifetime and consider scalability in wireless ad-hoc networks. The clustering problem is known to be NP-hard. We thus solve the problem by using optimization approaches that are able to efficiently obtain high quality solutions within a reasonable time for a large size network. The proposed algorithm selects clusterheads and configures clusters by considering both nodes' power and the clustering cost. We evaluate this performance through some experiments in terms of nodes' transmission energy. Simulation results indicate that the proposed algorithm performs much better than the existing algorithms.

키워드

Wireless ad-hoc networks, clustering, genetic algorithm, optimization

1. 서 론

최근 무선 애드 혹 네트워크를 위해 많은 연구 및 응용 프로그램이 연구 개발되었다. 개발된 네트워크 알고리즘 및 응용 프로그램을 사용하면

인프라가 없는 네트워크 지역이나 네트워크를 구축하기 어려운 지역에 노드를 배치함으로써 상대방과 쉽게 통신 할 수 있다. 따라서 무선 애드 혹 네트워크는 산업, 과학, 군사 및 다양한 환경에서 많은 애플리케이션에 적용될 수 있다.[1,2].

무선 애드 혹 네트워크에서 클러스터 구성은 클러스터 헤드가 우선 설정되며, 모든 노드는 하나의 클러스터에 소속이 되고, 클러스터 헤더를 통하여 데이터를 전송함으로써 데이터 전송에 소모되는 전송 에너지를 줄임으로써 전체 네트워크의 수명을 늘일 수 있다. 네트워크의 클러스터 구성은 노드의 배터리 수명과 관련이 있는 동시에 네트워크 수명과도 관련이 깊다[3,4].

본 논문에서는 무선 애드 혹 네트워크에서 적절한 시간 내에 노드의 전송 에너지가 최소화될 수 있는 클러스터 구성을 위한 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 대표적인 메타휴리스틱 알고리즘인 유전 알고리즘을 적용하며, 보다 효율적인 검색을 위해 효과적인 이웃해 생성 방식을 적용한다.

II. 문제의 정식화

본 논문에서는 무선 애드 혹 네트워크에서 각 클러스터의 노드에서 클러스터 헤드로 데이터를 전송하는 전송 에너지를 최소화할 수 있는 방법에 중점을 둔다. 따라서 이러한 클러스터링 문제는 다음과 같은 목적 함수를 최소화하는 조합 최적화 문제로 정식화할 수 있다.

최소화

$$\sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^n d_{ij} N_{ij}, \text{ for } i, j \in \text{노드} \quad (1)$$

관하여

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2)$$

$$N_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } n_i \in \text{Head}_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

III. 클러스터링을 위한 유전 알고리즘

1. 초기해 생성

우선 유전 알고리즘에 적용할 초기해를 생성한다. 클러스터 기반의 네트워크는 하나의 네트워크에 존재하는 모든 노드에 대해서 클러스터를 형성하고 각 노드는 클러스터 헤드가 되거나 멤버 노드가 된다. 다음은 제안된 알고리즘의 초기해 생성을 나타낸 것이다.

- (1) 무작위로 한 개의 노드를 클러스터 헤드로 선택
- (2) 클러스터 헤드의 전송 범위 내에 존재하는 인접 노드를 멤버 노드로 선택
- (3) 클러스터가 생성된 후 네트워크의 안전성을 높이기 위해 가중치가 높은 노드를 클러스터 헤드로 교환
- (4) 남은 노드에 대해서 (1)에서 (3)까지 반복

가중치가 높은 노드를 클러스터 헤드로 변경 시에 인접 노드가 아닌 노드가 멤버 노드가 될 수 있다. 즉 이것은 클러스터 형성이 제대로 되지 않은 것이며, 유전자로써 적합하지 않은 경우이다.

2. 교배

제안된 유전 알고리즘의 교배는 확률(p)에 따라 두 개의 염색체 사이에서 발생한다. 제안된 알고리즘의 교배는 다음과 같이 동작한다.

- (1) 전체 염색체를 두 개씩 쌍으로 구성
- (2) 무작위로 교배점을 선택하고, 쌍을 이룬 염색체의 같은 교배점에 위치한 유전자를 서로 교환
- (3) n*p번만큼 (1)과 (2)를 반복

3. 돌연변이

제안된 유전 알고리즘의 돌연변이는 확률(q)에 따라 염색체의 유전자를 선택한다. 돌연변이는 로컬 지역에 빠지지 않도록 하기 위해 유전자의 염색체를 교환 또는 뒤집는 동작을 발생시킨다. 제안된 알고리즘에서는 염색체를 우선 제거한 후 적절한 곳에 다시 삽입하는 방식을 사용한다. 다음은 제안된 알고리즘의 돌연변이 절차를 나타낸 것이다.

- (1) 염색체 중 한 개의 염색체와 선택된 염색체의 유전자 중 하나를 랜덤으로 선택
- (2) 선택된 염색체의 유전자를 삭제
- (3) 삭제된 유전자가 클러스터 헤드이면, 그 염색체 중 다른 유전자를 새로운 클러스터 헤드로 선택하고 삭제된 유전자를 적합 조건에 만족하는 위치에 삽입
- (4) n*q번만큼 (1)에서 (3)까지 반복

IV. 성능평가

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전송

에너지 관점에서 기존에 제안된 지역검색방식[5]과 랜덤방식을 제안된 알고리즘과 비교 평가하였다. 모든 실험은 Windows OS 기반의 4GB 메모리와 2.67GHz Intel processor로 구성된 PC상에서 수행되었으며, 각 알고리즘은 C++ 언어를 이용하여 구현되었다.

성능평가는 1000*1000m²의 네트워크에서 노드의 개수를 100에서 400개를 무작위로 배치하여 수행되었다. 노드의 전송 범위는 50m로 가정하였다. 유전 알고리즘에 사용되는 개체군의 수는 100으로 설정하였으며, 교배 확률인 p는 1, 돌연변이 확률인 q는 0.2로 설정하였다.

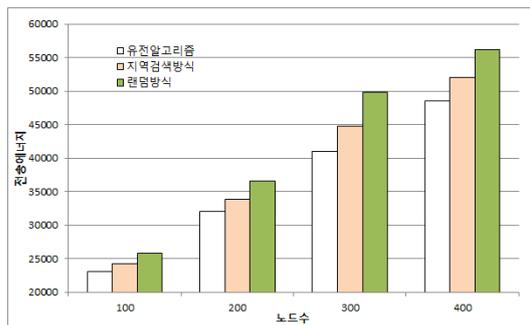


그림 1. 제안된 알고리즘과 기존 알고리즘과의 전송에너지 비교

그림 1은 제안된 알고리즘과 기존의 알고리즘인 지역검색방식과 랜덤방식에 대하여 전송 에너지 관점에서 최소값을 비교한 것이다. 결과에서 제안된 알고리즘의 성능이 우수함을 볼 수 있다. 이것은 효과적인 이웃해 탐색방법을 수행함으로써 좋은 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 성능평가 결과에서 제안된 알고리즘이 NP-hard 문제인 네트워크 클러스터링 문제를 적정한 실행시간 내에 좋은 결과로써 클러스터링 문제를 해결할 수 있음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문은 무선 애드 혹 네트워크에서 네트워크 클러스터링을 위하여 노드의 전송 에너지를 최소화할 수 있는 유전 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 클러스터링 문제에 적합한 초기해 생성, 교배 및 돌연변이 방식을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 전송 에너지 관점에서 기존의 방식과 비교 평가하였다. 비교결과에서 제안된 알고리즘이 기존의 방식보다 더 우수함을 볼 수 있었으며, 에너지 효율이 중요한 무선 애드 혹 네트워크에서 클러스터링 문제를 효과적으로 해결할 수 있음을 볼 수 있었다.

참고문헌

- [1] K. Akkaya, M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," Ad hoc networks, no. 3, pp. 325-349, 2005.
- [2] H. Karl and A. Willig, Protocols and architectures for wireless sensor networks, Wiley Press, 2005.
- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, no. 1, pp. 660-670, 2002.
- [4] O. Moussaoui, A. Ksentini, M. Naimi, and M. Gueroui, "A Novel Clustering Algorithm for Efficient Energy Saving in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 7th International Symposium on Computer Networks, pp. 66-72 2006.
- [5] T. Kanugo, D. M. Mount, N. S. Netanyahu, C. D. Piatko, R. Silverman, and A. Y. Wu., "A Local Search Approximation Algorithm for k-Means Clustering," Proceedings of the 18th Annual ACM Symp. on Computational Geometry, pp. 10-18, 2002.