

무선 센서 네트워크에서 효율적인 에너지 관리를 위한 분산형 클러스터링 알고리즘 설계

전민호* · 강철규* · 오창현*

*한국기술교육대학교

Design of Dispersed Clustering Algorithm for Efficient Energy Management in Wireless Sensor Network

Min-ho Jeon* · Chul-gyu Kang* · Chang-heon Oh*

*Korea University of Technology and Education

E-mail : w1004me@kut.ac.kr

요 약

최근 무선 센서노드의 에너지 제약을 해결하기 위해 에너지 하비스팅 기반 무선 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 에너지 하비스팅 기반 무선 센서 네트워크는 태양열, 풍력, 지력 에너지 등의 환경 에너지를 센서 노드의 전력으로 사용하여 노드의 생존 시간을 향상시키는 기술이다. 이러한 에너지 하비스팅 환경에서 기존의 에너지가 제약된 환경을 배경으로 개발된 라우팅 프로토콜을 사용할 경우, 하비스팅 장치로부터 축적되는 에너지가 경로 설정 시 반영되지 않는 문제점이 발생한다. 또한 분산되지 않은 경로들은 네트워크의 수명을 단축하게 된다. 따라서 본 논문에서는 각 노드간의 경로를 분산시키는 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이터를 통해 제안하는 알고리즘을 사용했을 경우 노드의 경로가 다양하게 반영되는 것을 보여주었다.

ABSTRACT

Lately Various researches on energy harvesting techniques for wireless sensor networks have been performed to overcome the power limitation of sensor nodes. In wireless sensor networks with harvesting techniques, sensor nodes exploit environmental energy, such as solar or wind energy, as the power sources of the nodes. Existing energy constrained environment routing protocols may not be suitable for energy harvesting based wireless sensor networks because they do not consider the accumulated energy from harvesting devices. In addition, the paths which aren't dispersed shorten the network lifetime. Therefore, in this paper, the algorithm that the path between each node is dispersed is proposed. In case of using the algorithm to be proposed through the simulator it showed that path of the node is variously reflected.

키워드

클러스터링, 무선 센서 네트워크, 분산, 효율적인 에너지 관리

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 다수의 소형 센서 노드로 구성되며, 각각의 센서 노드는 ad-hoc 네트워크를 구성하여 데이터를 수집하는 싱크노드(sink node)로 센싱 정보를 전송한다. 무선 센서 네트워크에서 가장 많이 활용되는 분야 중 하나는 모니터링 응용서비스이다. 환경 모니터링이나 감시, 정찰 모니터링 응용을 그 예로 들 수 있다. 무선

센서 네트워크 프로토콜은 어플리케이션에 따라 차이는 있으나 대부분 많은 센서 노드들로 구성되며 관측하고자 하는 환경 안이나 혹은 근접한 위치에 밀도 높게 배치되어 멀티홉 통신을 하기 때문에 센서 장치의 제한된 배터리 수명으로 인해 소모되는 에너지를 최소화하여 네트워크 수명을 오랫동안 유지하는 것이 가장 큰 목적이다 [1]-[4].

현재 무선 센서 네트워크에서 개별 센서 노드

들의 에너지 효율을 높이기 위한 많은 라우팅 기법들이 제안되었다. 그 중에서 클러스터 기반의 네트워크를 구성하는 방법이 많이 연구되고 있다 [5]-[8]. 에너지 효율성이 중요한 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기술은 클러스터 헤드노드가 해당 클러스터 멤버 노드들의 데이터를 병합하고 싱크노드로 전송함으로써 노드 간 통신의 양을 줄이게 하고 클러스터 안에는 TDMA(time division multiple access) 스케줄에 의해 클러스터 헤드노드가 멤버 노드들의 스케줄을 조정함으로써 개별 노드들의 슬립 타임을 연장하게 된다.

II. 분산형 클러스터링 알고리즘

본 논문에서는 에너지 효율적이고 전체 네트워크 생존시간을 향상시킬 수 있는 새로운 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 제안하고자 한다.

분산형 클러스터링 알고리즘은 크게 클러스터링 알고리즘과 클러스터 재설정 알고리즘으로 구성된다.

2-1. 클러스터링

그림 1은 무선 센서 노드들 간의 효율적인 네트워크 구성을 위한 클러스터링 알고리즘이다. 싱크노드는 센서 노드들 간의 네트워크를 구성하기 위해 자신의 신호를 브로드캐스팅 한다.

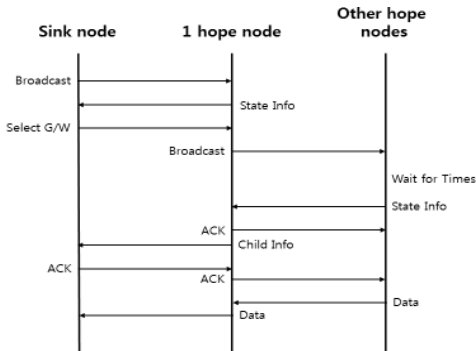


그림 1. 클러스터링 알고리즘

싱크 노드로부터 한 홉 떨어진 노드들은 이 브로드캐스팅 신호를 수신한 후 자신의 에너지 상태 정보를 싱크 노드로 재전송한다. 이 메시지를 수신한 싱크 노드는 해당 노드를 게이트웨이 노드(GW)로 설정하고 select 메시지를 전송한다. select 메시지를 수신한 한 홉 노드들은 자신의 정보를 포함하여 브로드캐스트 메시지를 전송하고 이 메시지를 수신한 두 홉 이상 떨어진 노드들은 더 큰 수신 신호를 갖는 노드들 자신의 게이트웨이 노드로 결정하기 위해 일정시간 대기한다. 다음 자신의 상태 정보를 자신의 게이트웨이 노드들에게 전송한다. 이 메시지를 수신한 게이트웨이 노드는 ACK 메시지를 자신의 차일드 노드에게 전송하고 싱크 노드에게 자신의 차일드 노드

들의 정보를 전송한다. 이런 과정으로 최종 노드들 까지 경로가 결정되면 싱크 노드는 하나의 게이트웨이 노드들로부터 최종 차일드 노드들을 하나의 클러스터로 클러스터링 하여 네트워크를 유지 관리하게 된다.

2-2 재클러스터링

앞에서 설명한 것과 같이 클러스터를 생성한 하비스팅을 하는 센서 노드들은 자신의 정보를 싱크 노드로 주기적으로 전송한다. 그러나 여러 차일드 노드를 둔 게이트웨이 노드는 다른 게이트웨이 노드에 비해 자신의 전력을 많이 소모하게 되어 지속적으로 게이트웨이 노드의 역할을 수행할 수 없게 된다. 이 경우 게이트웨이 노드는 클러스터링 재설정 메시지를 싱크노드와 자신의 차일드 노드들로 전송하고 그림 2와 같은 과정으로 클러스터링을 재설정 한다.

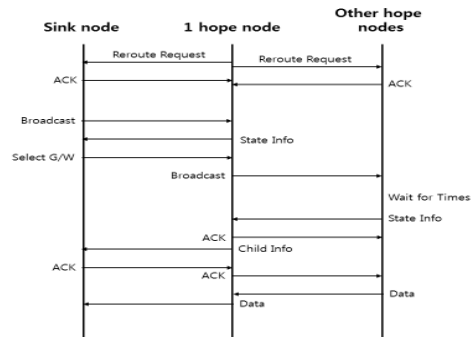


그림 2. 재클러스터링 알고리즘

III. 시뮬레이션 구현 및 평가

본 장에서는 분산형 클러스터링 알고리즘을 평가하기 위해 시뮬레이터를 구현하고 기존의 알고리즘과 비교하였다. 시뮬레이터는 C#으로 제작하였으며 노드를 랜덤하게 1개에서부터 150개까지 생성하고 사용자가 임의적으로 싱크노드를 설정할 수 있게 하였다. 그림 3은 개발된 시뮬레이터의 모습이다.

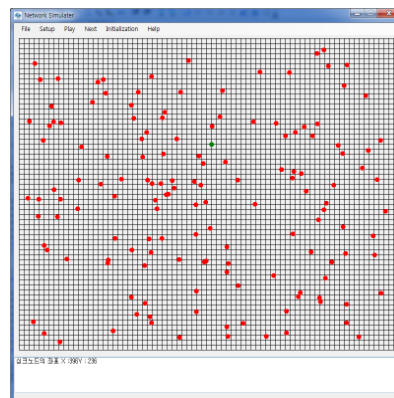


그림 3. 분산형 클러스터링 시뮬레이터

각 노드들의 통신범위 및 데이터 전송경로를 표시할 수 있게 하였다. 그림 4는 싱크노드의 통신범위 및 모든 노드들의 데이터 전송경로를 표시한 그림이다.

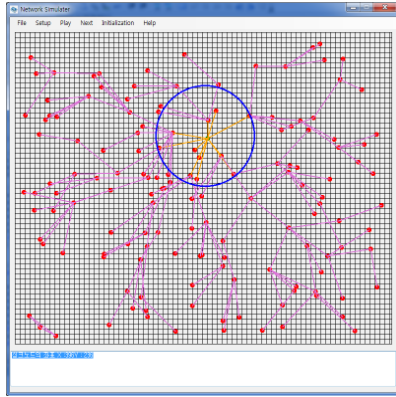


그림 4. 싱크노드의 통신범위 및 전체 노드들의 라우팅 경로

그림 4에서 보는 바와 같이 싱크노드로부터 한 홉 내에 존재하는 노드들이 헤드노드로 설정되고 각각의 헤드노드는 평균적인 자식노드를 가지게 된다. 그림 5와 6은 노드의 개수에 따른 라우팅 경로들을 보여주는 것이다.

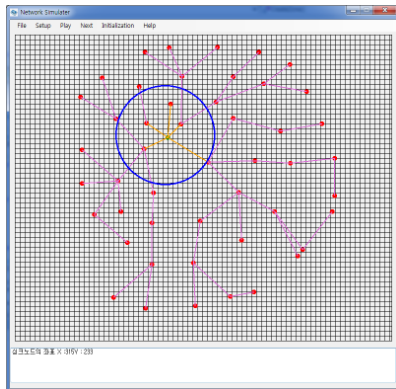


그림 5. 노드가 50개일 때의 라우팅 경로

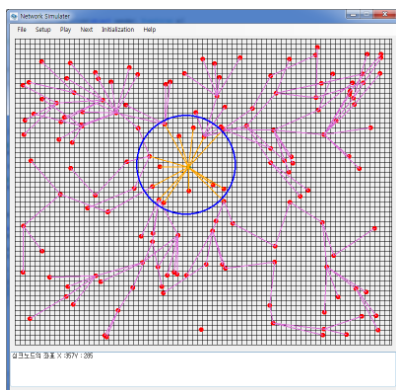


그림 6. 노드가 150개일 때의 라우팅 경로

노드들의 개수가 증가할수록 다수의 클러스터 헤드 노드를 선출하는 것을 알 수 있으며, 근접영역의 클러스터노드가 다수 발생되기 때문에 기존의 클러스터링으로 생성된 헤드노드의 에너지가 일정 에너지 이하로 떨어지게 될 경우 재클러스터링으로 인접노드의 헤드노드를 선출하게 된다.

IV. 결론

최근 무선 센서 네트워크에서 개별 센서 노드들의 에너지 효율을 높이기 위한 다수의 라우팅 기법들이 제안되었다. 그 중에서 클러스터링 기술은 클러스터 헤드노드가 해당 클러스터 멤버 노드들의 데이터를 병합하고 싱크노드로 전송함으로써 노드간의 통신 양을 줄이게 하고 클러스터 안에는 TDMA 스케줄에 의해 클러스터 헤드노드가 멤버 노드들의 스케줄을 조정함으로써 개별 노드들의 슬립 타임을 연장하게 된다.

본 논문에서는 에너지 효율적이고 전체 네트워크 생존시간을 향상시킬 수 있는 새로운 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 클러스터링 알고리즘은 싱크 노드와 한 홉으로 통신이 가능한 노드들을 헤드노드로 선출하여 각각의 헤드 노드와 한 홉으로 통신이 가능한 노드들을 묶어 데이터를 전송하는 방식이다.

시뮬레이터를 제작하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 실험한 결과 일정 범위 전역에 자동으로 배치된 노드들은 싱크노드로부터 한 홉의 통신범위에 있는 하위 노드들로 클러스터를 구성하여 트리형태의 라우팅 범위를 가지게 되는 것을 확인하였으며, 노드가 많을수록 분산이 많아지는 것을 확인하였다.

향후 에너지 하비스팅으로 무선 센서 노드의 에너지가 복원됐을 경우의 재클러스터링 알고리즘을 개발한다면 지속적이고, 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘을 개발할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 강경현, 정광수, "무선 센서 네트워크에서 전력 생산 환경을 위한 에너지 인식 라우팅 프로토콜," *정보과학회논문지*, 제38권 제3호, pp. 207-217, 2011. 06.
- [2] J. Kang, Y. Zhang, and B. Nath, "TARA: Topology aware resource adaptation to alleviate congestion in sensor networks," *IEEE Transaction on Parallel and Distributed System*, Vol.18, no.7, pp.919-931, Jul. 2007.
- [3] R. Liu, P. Sinha, and C. Koksai, "Joint energy management and resource allocation in rechargeable sensor networks," *Proc. of the IEEE Conference on Computer Communications*,

- pp.1-9, Mar. 2010.
- [4] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," *IEEE Computer Networks*, vol.52, no.12, pp.2292-2330, Aug. 2008.
 - [5] 유완기, 권태욱, "에너지 효율적인 LEACH 기반 체이닝 프로토콜 연구," *한국통신학회논문지*, Vol.35. no.5, 2010. 5.
 - [6] C. M. Cordeiro, D. P. Agrawal. AD HOC & SENSOR NETWORKS. pp.471-500.
 - [7] K. Akkaya, M. Younis. "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," *Science Direct* 2004.
 - [8] 이승주, "e-LEACH에서의 클러스터 헤드 선출 오버헤드 감소 메커니즘," 국민대학교, 2008.