

---

# 효율적인 에너지 소비를 위한 그리드 센서 네트워크 라우팅 알고리즘

김민제\* · 장경식\*

\*한국기술교육대학교

## Grid Sensor Network Routing Algorithm for Efficient Power Consumption

Min-Je Kim\* · Kyung-Sik Jang\*

\*Korea University of Technology and Education

E-mail : [opopkmj@kut.ac.kr](mailto:opopkmj@kut.ac.kr), [ksjang@kut.ac.kr](mailto:ksjang@kut.ac.kr)

### 요약

센서 네트워크는 센서 노드들이 배치된 후 충전이 사실상 어렵기 때문에 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 중요하다. 이에 본 논문에서는 Modified-CBPER이 CBPER의 데이터 광고 패킷의 광고 범위를 줄여 전송 횟수를 감소함으로써 에너지 소비를 감소시킨 점에 착안하여 추가적으로 데이터 광고 범위를 줄여 에너지 소비 감소를 도모하는 방법을 제안한다. 제안하는 EM-CBPER(Enhanced Modified CBPER)은 데이터 요청을 하고 데이터를 전송하는 과정에서의 에너지 소비는 기존의 알고리즘들에 비해 다소 증가하나 전체 전송량에서 큰 비중을 차지하는 데이터 광고 패킷의 전송 횟수를 줄임으로서 전체적인 에너지 소비를 줄인다.

### ABSTRACT

Efficient Power consumption is important in sensor networks because charging of deployed sensor nodes is too difficult. So this paper focused on Modified-CBPER reduces energy consumption by reducing CBPER's data announcement range, and propose an algorithm to reduce power consumption by additional reduction of data announcement range. Proposed EM-CBPER(Enhanced Modified CBPER) somewhat increases power consumption of data request and data forwarding but it reduces total power consumption by reducing data announcement transmission of account for large quantity on total packet transmission.

### 키워드

센서 네트워크, 그리드, 라우팅 프로토콜, 이동 싱크

## 1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 여러 개의 센서 노드들이 서로 협력하여 수집한 데이터를 네트워크를 통해 싱크에게 전달하는 시스템이다.[1] 무선 센서 네트워크는 해양, 국방, 산업 등의 많은 분야에서 활용되며 우리의 생활 가까이에 자리 잡고 있다.

이러한 무선 센서 네트워크의 특징 중 하나는 센서 노드가 한번 필드에 배치된 이후에는 일반적으로 충전이 불가능하다는 점이다. 이러한 특징이 무선 센서 네트워크를 설계하는데 있어 가

장 중요한 요소로서 효율적인 에너지 사용이 대두되는 이유이다.

무선 센서 네트워크에서의 효율적인 에너지 사용을 위한 다양한 연구가 진행되었다. 초기의 연구들은 싱크 노드의 이동을 고려하지 않았다.[2][3] 싱크 노드의 위치가 이동을 하게 되면 싱크 노드의 위치를 계속 공고를 하여야하고 이는 많은 에너지 소모를 요구한다. 때문에 초기의 연구들은 싱크 노드가 이동을 하는 환경에 적용하기에 적합하지 않았다. 이에 센서 노드의 이동까지 고려한 다양한 방법들이 발표되었다.[1][4][5]

본 논문 "효율적인 에너지 소비를 위한 그리드

센서 네트워크 라우팅 알고리즘(Grid Sensor Network Routing Algorithm for Efficient Power Consumption)”에서는 싱크 노드가 이동하는 환경의 그리드 기반 센서 네트워크에서 소스 노드로부터의 광고 패킷 전송 거리를 줄임으로서 에너지 소모를 줄이는 방법을 제안한다.

본 논문은 서론과 관련 연구, 제안 방법, 분석, 결론의 순서로 구성된다. 관련 연구에서는 EM-CBPER을 개발하는데 기반을 제공한 CBPER(A Cluster-based Power-Efficient Routing Protocol for Sensor Networks)과 Modified-CBPER(Grid-based Energy Efficient Routing Protocol for Sensor Networks)의 간략한 설명을 다루고 제안 방법에서는 EM-CBPER의 설명을 다룬다. 분석에서는 EM-CBPER과 CBPER 그리고 Modified-CBPER의 예상되는 에너지 소모량을 정리하고 결과에서 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 CBPER

CBPER[4]은 초기에 결정된 영구적인 그리드 구조에 고정된 센서 노드와 이동 싱크 노드간의 통신이 이루어진다. 사건을 감지한 센서 노드인 소스 노드는 그리드의 세로 방향 전역에 데이터 광고 패킷을 전송하고 데이터를 수신하는 노드인 싱크 노드는 그리드의 가로 방향 전역에 데이터 요구 패킷을 전송한다. 데이터 광고 패킷과 데이터 요구 패킷이 교차하는 지점에서는 데이터 요구 패킷을 소스 노드까지 전송을 하고 이를 수신한 소스 노드는 데이터 요구 패킷이 전송된 경로의 역방향을 통해서 데이터 패킷을 전송한다. 싱크 노드는 자신의 위치를 알고 있는 이미디어트 노드를 선정하여 자신의 이동을 할 경우 새로이 이미디어트 노드를 선정하여 이미디어트 노드 간의 통신을 통해 싱크 노드의 위치를 추적할 수 있게 한다.

### 2.2 Modified-CBPER

Modified-CBPER[1]은 CBPER을 개선한 방법으로서 소스 노드에서 데이터 광고 패킷을 보낼 때 중앙 축을 기준으로 자신이 속한 절반에만 전송을 하고 싱크 노드의 데이터 요청 패킷은 가로 방향 전역과 가로 중앙 축까지의 세로 방향으로 전송되며 가로 중앙 축 도달 후 가로 중앙 축 전역에 패킷이 전달되는 방식이다. 소스 노드와 싱크 노드가 가로 중앙 축을 기준으로 반대쪽에 있으면 가로 중앙 축을 통해 경로를 설정하며 같은 쪽에 있으면 소스 노드가 존재하는 가로축을 기준으로 경로를 설정한다. Modified-CBPER또한 CBPER과 마찬가지로 중계자 노드를 두어 싱크 노드의 이동에 대비한다. Modified-CBPER은 CBPER에 비해 경로 설정에 54%, 센서 네트워크 전체에서 70% 수준으로 에너지 소비를 감소하였

다.[1]

## III. 제안 방법

제안 방법은 데이터 광고 패킷의 전송 거리를 줄여 전체 패킷 전송의 수를 감소시킴으로서 에너지 소모를 줄인다.

### 3.1 헤더 노드 선정(Header node selection)

모든 센서 노드(Sensor node)는 처음에 감지대상지역에 배치된 후 자신의 위치 정보를 기반으로 자신이 속한 셀을 결정하게 된다. 각 셀은 해당 셀을 대표하는 노드가 필요로 하게 되고 이 노드를 헤더 노드(Header node)라고 한다. 그리고 이 헤더 노드를 결정하는 과정을 헤더 노드 선정이라고 한다.[1][4]

모든 센서 노드는 감지대상지역에 배치되고 임의의 시간 후 헤더 광고 패킷(Header Announcement Packet)을 해당 셀 내부로 전송한다. 헤더 광고 패킷에는 셀 식별자, 패킷 생성 시간, 헤더 지속 시간 정보를 포함한다.[1][4]

각 센서 노드는 수신한 각 헤더 광고 패킷의 생성 시간을 비교하여 가장 먼저 패킷을 생성한 노드의 정보만을 가지고 있다.[1][4] 각 노드는 가장 먼저 생성된 패킷을 수신하고 난 후 일정 시간이 지나면 그 노드를 헤더 노드로 결정한다.

결정된 헤더 노드는 헤더 지속 시간 동안 헤더 노드로 동작하며 헤더 지속 시간이 끝나기 전에 각 센서 노드들은 헤더 광고 패킷을 셀 내로 전송하여 새로운 헤더 노드를 선정한다.[1][4]

### 3.2 데이터 광고(Data Announcement)

센서 노드가 감지대상지역에서 사건을 감지하면 소스 노드(Source node)로서의 역할을 수행한다. 사건을 감지한 소스 노드는 자신이 속한 셀의 헤더 노드로 데이터 광고 패킷(Data Announcement Packet)을 전송한다. 데이터 광고 패킷은 소스 노드의 위치, 셀 식별자, 데이터 생성 시간의 정보를 포함한다.[1] 소스 노드로부터 데이터 광고 패킷을 수신한 헤더 노드는 가로 중앙 축을 향해서 세로 방향으로 데이터 광고 패킷을 전달한다.

데이터 광고 패킷 전달과정에서 전달 경로에

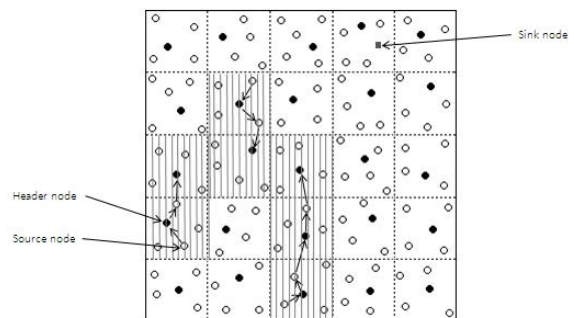


그림 1. 데이터 광고 과정

있는 모든 헤더 노드는 데이터 공고 패킷을 캐시에 저장한다.[1][4]

3.3 데이터 요청(Data Request)

싱크 노드(Sink node)는 감지대상지역에서 발생하는 모든 데이터를 수신하는 노드이다. 싱크 노드는 감지대상지역에 배치된 후 자신에게서 가장 가까운 센서 노드를 대행자 노드(Agent node)로 선정한다.[1] 이는 싱크 노드의 이동을 대비하기 위한 방법으로 헤더 노드로 하여금 이 대행자 노드를 싱크 노드로 간주하게 하고 싱크 노드가 이동함에 따라 새로운 대행자 노드를 선정하여 대행자 노드간의 경로를 만들어 최종적으로는 싱크 노드로 데이터가 도달할 수 있게 하는 것이다. 싱크 노드가 이동하여 새로운 대행자 노드를 선정할 때 직전의 대행자 노드와 새 대행자 노드간에 위치 정보를 교환하게 함으로서 경로를 설정한다. 싱크 노드는 데이터 요청 패킷을 전송할 때 마다 새로운 대행자 노드 경로를 구축한다.[1][4]

싱크 노드는 데이터를 요청할 때 대행자 노드에게 데이터 요청 패킷(Data Request Packet)을 만들어 전송한다. 데이터 요청 패킷은 대행자 노드의 위치, 셀 식별자 정보를 포함한다.[1] 싱크 노드로부터 데이터 요청 패킷을 수신한 대행자 노드는 자신이 속해 있는 셀의 헤더 노드에게 데이터 요청 패킷을 전송한다. 데이터 요청 패킷을 수신한 헤더 노드는 가로 중앙 축을 향하여 세로 방향으로 데이터 요청 패킷을 전달한다. 데이터 요청 패킷을 수신한 가로 중앙 축의 헤더 노드는 가로 중앙 축의 전체 셀로 데이터 요청 패킷을 전달한다. 이 과정에서 데이터 요청 패킷을 수신한 모든 헤더 노드는 이를 캐시에 저장한다.

데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷을 모두 수신한 가로 중앙 축의 헤더 노드는 소스 노드로 데이터 요청 패킷을 전송한다.

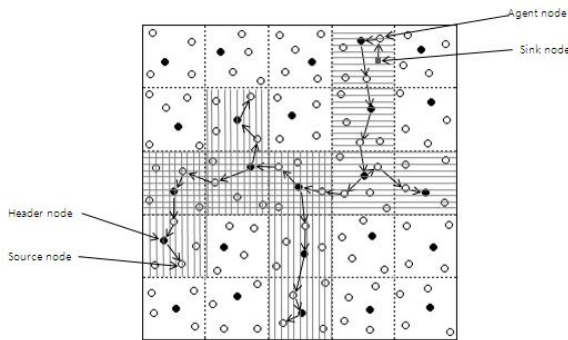


그림 2. 데이터 요청 과정

3.4 데이터 전송(Data Forwarding)

데이터 요청 패킷을 수신한 소스 노드는 싱크 노드를 향하여 데이터 패킷(Data Packet)을 전송한다. 소스 노드는 자신이 속한 셀의 헤더 노드로 데이터 패킷을 전송하고 이를 수신한 헤더 노드는 데이터 요청 패킷을 받은 반대 방향으로 데이

터 패킷을 전달한다. 대행자 노드로부터 데이터 요청 패킷을 받았던 셀의 헤더 노드는 대행자 노드로 데이터 패킷을 전달하고 대행자 노드는 이를 싱크 노드에게 전달한다. 만약에 싱크 노드가 이동을 하여 새로운 대행자 노드가 선정이 되어 있으면 자신이 위치 정보를 가지고 있는 다른 대행자 노드로 데이터 패킷을 전달하여 최종적으로 싱크 노드까지 데이터 패킷이 전달될 수 있게 한다.[1][4]

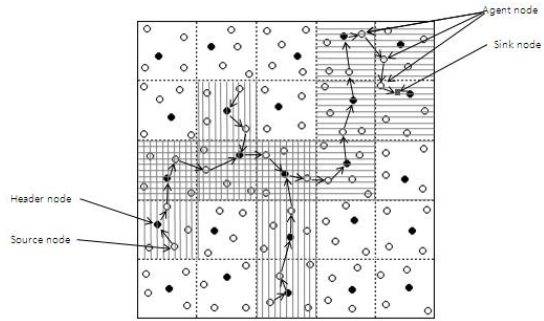


그림 3. 데이터 전송 과정

IV. 분석

현재 EM-CBPER과 CBPER, modified-CBPER의 에너지 소모량을 분석하는 실험이 진행 중에 있으나 아직 실험 결과를 도출해 내지 못한 관계로 예측한 결과로서 논문을 마무리 짓는다.

4.1 효율성 예측

본 논문에서 제안하는 EM-CBPER은 사건 발생 위치가 확률적으로 고르게 분포되어 있을 경우 데이터 공고 과정에서 modified-CBPER에 비해 약 50%의 전력 소모 감소가 예상된다. 세로축으로 전송을 하는 횟수는 사건 발생의 위치에 따라 모두 다르나 확률적으로 고르게 분포한다면 전체적인 전송량은 센서 네트워크의 세로축 기준  $\frac{1}{4}$  지점에서 전송을 하는 것과 같다. 따라서 modified-CBPER에 비해 데이터 공고 과정에서 약 50%의 전력 소모를 감소시킬 수 있다. 그리고 데이터 전송시에는 패킷의 전송량이 다른 알고리즘과 동일하고 데이터 요청의 경우 패킷의 전송량은 기존의 알고리즘들에 비해 다소 증가할 것으로 예상된다.

EM-CBPER은 기존의 알고리즘에 비해 전체적인 패킷 전송량을 줄이는 부분에 있어서는 효율적인 에너지 소비가 가능할 것으로 예상된다. 하지만 EM-CBPER은 전체적인 통신의 흐름이 가로 중앙축에 몰려 있는 것이 특징으로 이는 가로 중앙축의 에너지 소모가 다른 기존의 CBPER과 modified-CBPER에 비해 많아지게 된다. 이는 동일 시간을 동작하였다는 전제하에는 센서 네트워크

크 전체의 에너지의 소모는 줄일 수 있으나 센서 네트워크 동작 가능시간이 기존의 알고리즘들에 비해 짧을 수 있다는 단점이 있다.

## V. 결 론

EM-CBPER은 CBPER, modified-CBPER에 비하여 데이터 광고시 패킷의 전송 범위를 줄여 전체적인 에너지 소모를 감소시킬수 있는 장점이 있는 반면 가로 중앙축으로 집중된 데이터 전송 경로로 인하여 센서 네트워크의 가용시간이 짧아질 수 있다는 단점이 있다. 향후에는 현재 진행중인 에너지 소모량 분석 실험을 마무리 지어 EM-CBPER이 기존의 알고리즘들에 비해 어느 정도의 전력 이익이 있는지와 전체적인 센서 네트워크 가용시간의 감소 정도를 측정하여 이를 자료로 하여 EM-CBPER이 가지는 문제점을 해결할 수 있는 방안을 마련할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] 정성영, 이동욱, 김재훈, "센서 네트워크를 위한 그리드 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜", 정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터, 제 14권 제 2호, pp.216-220, 2008. 4.
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks", in Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE international Conference of Mobile Computing and Networking(MOBICOM), 2000. 8.
- [3] W. Heinzelman, J. Kulik and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks", to appear in ACM Wireless Networks(WINET), 2005. 3.
- [4] 권기석, 이승학, 윤현수, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜", 정보과학회논문지 : 정보통신, 제 33권 제 1호, pp.76-90, 2006. 2.
- [5] Fan Ye, Haiyun Luo, Jerry Cheng, SongWu Lu, Lixia Zhang, "A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Networks", In Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Mobile and Networking(MOBICOM), 2002. 9.