

# 센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜

권기석<sup>o</sup> 이승학 윤현수  
한국과학기술원  
{kskweon<sup>o</sup>, shlee, hyoon}@camars.kaist.ac.kr

## Cluster-Based Power-Efficient Routing Protocol for Sensor Network

Kisuk Kweon<sup>o</sup> Seunghak Lee H. Yoon  
Dept. of Electrical Engineering & Computer Science,  
Division of Computer Science  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

센서 네트워크는 관심이 있는 현상을 관찰하기 위해서 관찰지역 내에 뿌려진 센서 노드들로 구성된다. 센서 네트워크를 구성하는 각 센서 노드들의 수명은 전체 센서 네트워크 수명에 많은 영향을 준다. 하나의 센서 노드가 수명을 다 했을 때 이는 센서 네트워크의 분할을 가져 올 수도 있다. 그러므로 모든 센서 노드들이 공평하게 다 같이 오래 사는 것이 전체 센서 네트워크의 수명을 연장하는 것이다.

이 논문에서 우리는 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜(Cluster-Based Power-Efficient Routing Protocol : CBPER)을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 여러 개의 유동성 싱크 노드를 가진 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 데이터 전송을 지원하며 효율적인 라우팅을 위해서 각 센서 노드의 위치정보를 기반으로 만든 그리드 구조를 이용한다. 제안된 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 두 계층 데이터 전송 라우팅(Two-Tier Data Dissemination Routing : TTDD) 프로토콜과 비교를 하였다. 실험 결과는 CBPER 프로토콜이 TTDD 라우팅 프로토콜 보다 좀 더 에너지 효율적이라는 결과를 보여 준다.

### 1. 서 론

최근 무선 통신 기술과 전자 장비의 발달로 인하여 다양한 센서기능을 가진 센서 노드의 개발이 가능하게 되었다. 센서 노드를 설계 할 때 가장 고려할 사항은 센서 노드가 저전력을 소모하도록 해야 한다는 것이다. 일반적으로 센서 노드는 한번 전개된 후에는 다시 전력 공급을 받지 못 한다. 그렇기 때문에 센서 노드의 배터리 파워를 효과적으로 사용하여 최대한 센서 노드의 수명을 길게 해야 한다.

기존의 제안된 라우팅 프로토콜들은 유동성 싱크 노드를 가진 큰 규모의 센서 네트워크에서 그리 좋은 성능을 나타내지 못 하고 있다. 이 프로토콜들은 모든 센서 노드들이 데이터 회송 정보(data forwarding state)를 가져야 하기 때문에 싱크 노드가 센서 노드들에게 주기적으로 자신의 위치 정보를 전송 한다. 그러나 여러 개의 싱크 노드로부터 전송되는 잦은 위치 정보 업데이트는 센서 노드들의 배터리를 소모 할 뿐 만 아니라 무선 통신 채널의 많은 대역폭을 소비한다. 이러한 싱크 노드 지향 데이터 전송 방식(Sink-Oriented Data Dissemination approach : SODD)은 유동성 싱크 노드를 가진 큰 규모의 센서 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜로는 적합 하지 않는다.

유동성 싱크 노드 문제점을 해결하기 위해서 두 계층 데

이터 전송 방식(Two-Tier Data Dissemination Routing : TTDD)이 제안 되었다. 이 방식에서는 모든 센서 노드들이 싱크 노드에게 데이터를 전송하기 위한 데이터 회송 정보를 가지는 것이 아니라 특정 센서 노드들만 데이터 회송 정보를 갖는다. 센서 노드가 관심 현상을 감지하게 되면 능동적으로 센서 필드에 그리드 구조를 만든다. 그리드의 각 교차점에 가장 가까이 위치한 노드들은 전송 노드(dissemination node)가 되어 데이터 회송 정보를 가지게 된다. 이 프로토콜에서는 센서 노드가 현상을 발견 할 때마다 그리드 구조를 만들게 된다. 그리드 구조를 만드는데 사용되는 제어 패킷(control packet)의 수는 전체 센서 네트워크에 플러딩(flooding) 하는 패킷의 수와 비슷하다. 만약 관심 사건이 여러 곳에서 자주 발생하게 된다면 이 프로토콜 또한 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜로는 적합하지 않다.

본 연구에서는 그리드(grid)와 클러스터(cluster) 개념을 라우팅 프로토콜에 접목 시킨 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜(Cluster-Based Power-Efficient Routing Protocol : CBPER)을 제안 하였다. 제안된 라우팅 프로토콜은 SODD 방식에서 문제가 되었던 유동성 싱크 문제와 TTDD 방식에서 문제가 되었던 관심 사건의 다중 발생 문제를 하나의 그리드 구조만을 사용하여 동시에 해결 한다. 또한 각 센서 노드의 가능한 배터리

파워를 고려해 클러스터 헤더 노드를 선택함으로써 어떤 하나의 특정 센서 노드가 배터리를 빨리 소모하는 것을 막고 주변의 다른 센서 노드들에게 일을 분산 시킴으로써 전체 통신망의 수명을 연장 시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜에 대하여 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션 환경과 본 논문에서 제안한 프로토콜에 대한 성능 평가 결과를 서술한다. 마지막으로 4장에서 결론을 내린다.

## 2. 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅

클러스터 기반의 에너지 효율적인 프로토콜은 라우팅을 위해 전송되는 패킷의 수를 줄여 센서 노드들의 에너지를 절약한다. 이 프로토콜은 그리드와 클러스터 개념을 사용함으로써 헤더 노드에게만 데이터 회송 정보를 전송한다.

제안된 라우팅 프로토콜은 다음의 가정사항을 갖는다.

- 각 센서 노드와 싱크 노드는 자신의 위치를 안다
- 각 센서 노드들은 이동성이 없다
- 각 센서 노드들은 자신의 배터리 양을 안다

### 2.1 데이터 공고(Data Announcement)

센서 필드에 센서 노드들이 전개되면 각 센서 노드는 자신의 위치 정보를 이용하여 자신의 셀을 결정한다. 각 셀은 두 개의 정수로 된 고유한 아이디를 가지고 있다. 각 셀에는 하나의 클러스터가 있으며 헤더의 역할은 각 노드들이 돌아가면서 담당한다.

센서 필드에서 관심 사건이 발생하면 그 사건을 제일 먼저 감지한 센서 노드는 소스 노드가 되어 데이터 공고 패킷을 생성하여 지리적 회송(Geographical Forwarding)을 통해서 헤더 노드까지 전송한다. 헤더 노드가 데이터 공고 패킷을 전송 받으면 패킷을 자신의 캐쉬에 저장하고 데이터를 센서 네트워크에 공고 하기 위해서 자신의 세로축에 있는 헤더 노드들에게 데이터 공고 패킷을 전송한다.

### 2.2 데이터 요구(Data Request)

싱크 노드는 자신의 한 흡 이웃 노드들 중에서 이미디어트 에이전트 노드(Immediate Agent node)를 선택한다.

싱크 노드는 데이터가 필요할 때 데이터 요구 패킷을 이미디어트 에이전트 노드에게 전송한다. 데이터 요구 패킷에는 이미디어트 에이전트 노드의 위치 정보와 셀 아이디를 포함하고 있다. 이미디어트 에이전트 노드는 받은 패킷을 다시 셀의 헤더 노드에게 전송한다. 헤더 노드는 네트워크에 데이터를 요구하기 위해서 자신의 가로축에 있는 헤더 노드들에게 데이터 요구 패킷을 전송한다.

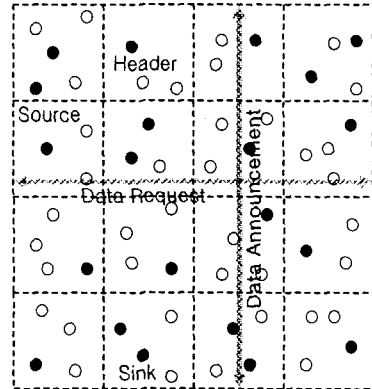


그림 1 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜

### 2.3 데이터 전송(Data Forwarding)

데이터 공고 패킷을 캐쉬하고 있던 헤더 노드가 데이터 요구 패킷을 전송 받으면 데이터 공고 패킷에 있는 셀 아이디를 보고 소스 노드가 있는 셀의 헤더 노드에게 데이터 요구 패킷을 전송한다.

소스 노드가 있는 셀의 헤더 노드는 받은 데이터 요구 패킷을 소스 노드에게 전송한다. 소스 노드는 데이터 패킷을 생성하여 헤더 노드에게 전송한다. 헤더 노드는 전송 받은 데이터 패킷을 싱크가 있는 셀의 헤더 노드에게 전송한다.

데이터 패킷이 싱크 노드가 있는 셀의 헤더 노드에 전송 되면 헤더 노드는 데이터 패킷을 이미디어트 에이전트 노드에게 보낸다. 마지막으로 이미디어트 에이전트 노드는 싱크 노드에게 데이터 패킷을 전송한다.

## 3. 실험 및 결과

본 장에서는 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜의 성능평가를 위한 실험을 수행한다. 실험 환경에 대하여 설명하고 두 계층 데이터 전송 라우팅 프로토콜과의 비교를 통한 실험 결과를 제시 분석한다.

### 3.1 실험 환경

본 논문에서 제안된 라우팅 프로토콜은 NS-2(Network Simulator 2)을 이용하여 구현되었다.

본 실험에서 설정된 센서 필드의 크기는 1,000 m<sup>2</sup> 이며 센서 노드의 개수는 100개이다. 소스 노드는 초당 1개의 데이터 패킷을 싱크 노드에게 전송한다. 셀 사이즈는 200 m<sup>2</sup>으로 설정 되었다. 각 실험은 200초 동안 수행 되었다.

### 3.2 실험 결과

첫 실험은 소스 노드의 수를 변화 시키면서 두 라우팅 프로토콜의 성능을 비교 분석 하였다.

실험 결과, CBPER 프로토콜이 TTDD 프로토콜에 비해

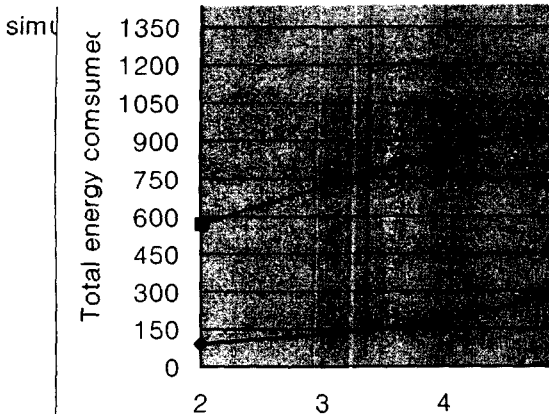


그림 2 소스 노드 개수에 따른 소비된 에너지

TTDD 프로토콜이 소스 노드의 수에 비례해서 그리드를 생성해야 하고 또한 각 소스 노드와 각 싱크 노드 사이의 경로를 유지하기 위해서 주기적으로 업데이트 패킷을 전송하기 때문이다. 이에 반해 CBPER 프로토콜은 소스 노드의 수에 상관없이 하나의 그리드만 생성하고 소스 노드와 싱크 노드 사이의 경로를 유지 하지 않는다.

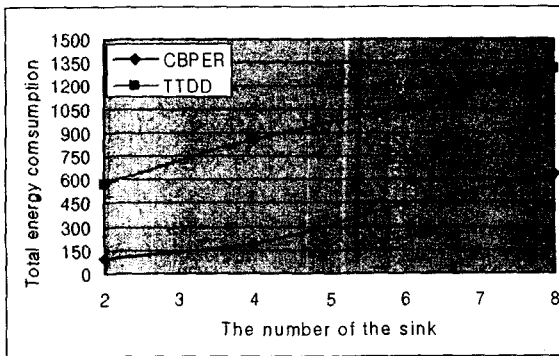


그림 3 싱크 노드 개수에 따른 소비된 에너지

두 번째 실험에서는 싱크 노드의 수를 변화 시키면서 두 라우팅 프로토콜의 성능을 비교 분석 하였다.

실험 결과, 싱크 노드의 수가 많아 질수록 두 프로토콜 사이의 에너지 소비량 차이는 점점 줄어들고 있다. 이는 소스 노드의 수를 제한 함으로써 TTDD 프로토콜에서 생성되는 그리드의 수를 고정시켰고 이를 유지하기 위해서 필요한 업데이트 패킷의 양도 비례해서 줄었기 때문이다.

위의 두 실험 결과는 소스 노드가 많고 싱크 노드의 수가 적은 응용 분야에서 CBPER 프로토콜이 TTDD 프로토콜 보다 훨씬 에너지를 적게 소모한다는 것을 보여준다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 여러 개의 이동성 싱크 노드를 가진 큰 규모의 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안 하였다. 센서 네트워크는 다른 무선 네트워크들 보다 훨씬 많은 에너지 재약을 받는다. 그렇기 때문에 센서 네트워크에서 에너지 문제는 제일 중요하게 다뤄왔다.

본 논문에서는 그리드 개념을 이용하여 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안 하였다. 실험을 통해서 기존의 그리드 개념을 이용한 TTDD 라우팅 프로토콜에 비해 에너지를 약 5배에서 6배 정도 덜 소모하는 것을 보였다. 또한 CBPER 프로토콜은 싱크 노드의 수가 적고 소스 노드의 수가 많은 응용 분야에서 좀 더 효율적이라는 것을 실험을 통해서 알 수가 있었다. 실질적으로 센서 네트워크에서는 많은 관심 사건이 발생하며 소수의 싱크 노드가 존재한다. 그러므로 TTDD 라우팅 프로토콜 보다 CBPER 프로토콜이 좀 더 현실적인 센서 네트워크에 적합하다. 하지만 데이터 전송 성공률은 TTDD 프로토콜에 비해서 약 10% 떨어졌다. 이는 앞으로 개선해야 할 문제이다.

#### 5. 참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, *A Survey on Sensor Networks*, IEEE Communications Magazine 2002.
- [2] Fan Ye, Haiyun Luo, Jerry Cheng, Songwu Lu, and Lixia Zhang, *A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Networks*, MOBICOM 2002.
- [3] Chalermek Intanagonwivat, Ramesh Govindan, and Deborah Estrin, *Directed Diffusion : A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks*, MOBICOM 2002.
- [4] Ian Downard, *Simulating Sensor Networks in NS-2*, 2003.
- [5] Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [6] The CMU MONARCH Group, *Wireless and mobility extension to ns-2*, 1999.
- [7] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, *Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks*, 2000.
- [8] Stefano Basagni, Imrich Chlamtac, and Violet R. Syrotiuk, *A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility*, MOBICOM 1998.
- [9] Peng-Jun Wan, Khaled M. Alzoubi, and Ophir Frieder, *Distributed Construction of Connected Dominating Set in Wireless Ad Hoc Networks*, INFOCOM 2002.