

## 센서 네트워크를 위한 그리드 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜

정성영<sup>○</sup> 이동욱 김재훈

아주대학교 정보통신전문대학원

{inyoureyes98, dwlee, jaikim}@ajou.ac.kr

## Grid-based Energy Efficient Routing Protocol for Sensor Networks

Sung-Young Jung<sup>○</sup> Dong-Wook Lee Jai-Hoon Kim

Graduate School of Information and Communication, Ajou University

### 1. 서론

센서 노드와 싱크 노드로 구성된 센서 네트워크는 모든 센서 노드들이 한정된 에너지를 가지고 운용되기 때문에 네트워크를 오랫동안 유지하여 가용성을 높이기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔다. 센서 노드는 다양한 센싱 작업을 수행하기 위한 센싱 장치(Sensing Unit)와 센싱한 데이터를 처리하는 처리 장치(Processing Unit), 센서 노드간의 데이터 전송을 위한 송수신 장치(Transceiver Unit) 등으로 구성되어 있다[1]. 각 장치별로 에너지를 효율적으로 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 특히 세 장치 중 에너지 소모에 많은 비중을 차지하는 송수신 기능에서의 에너지 소모를 줄이기 위한 방안이 활발하게 연구 되었으며, 다양한 라우팅 프로토콜이 제안 되었다[2,3,4]. 기존의 이러한 라우팅 프로토콜들은 사람이나 자동차 등에 의한 싱크의 이동을 고려하지 않은 라우팅 프로토콜이기 때문에 이동 싱크가 존재하는 센서 네트워크에서는 좋은 성능을 나타내지 못한다. 이는 싱크 노드의 위치가 바뀔 때마다 모든 센서 노드들에게 지속적으로 자신의 위치 정보를 전송해야 하기 때문이다. 잦은 위치정보 업데이트는 센서 노드들의 배터리 소모를 가져오게 되므로 이동 싱크가 존재하는 환경에서 위의 프로토콜들은 부적합하다. 이러한 이동 싱크의 문제를 해결하기 위한 프로토콜로 TTDD(Two-tier data dissemination)[5], CBPER[6] 등이 제안 되었지만, TTDD는 그리드 생성하고 유지하는데 많은 비용이 발생하는 단점이 있고, CBPER은 경로 설정에 많은 비용이 발생하는 단점이 있다. 본 논문에서는 그리드 생성 및 유지비용의 최소화와 함께 경로 설정의 효율성을 증가시킴으로써, 센서 네트워크의 생명주기를 늘리고 가용성을 높일 수 있는 방법을 제안한다.

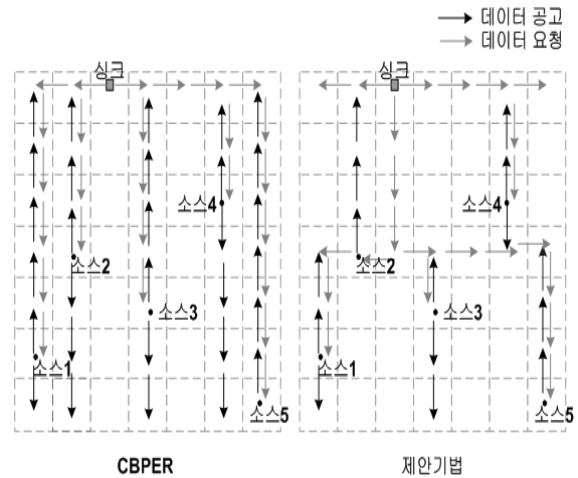
### 2. 본론

본 논문에서는 그리드 기반의 센서 네트워크에서 이동 싱크와 소스 노드간의 경로 설정에서 요구되는 통신부하(제어 패킷의 수 및 전송 범위)를 줄여 센서 네트워크의 에너지 소비를 줄이고, 경로 설정의 신뢰성을 확보하기 위한 방안을 제안한다. 제안 기법은 데이터 공고 패킷의 전송범위를 최소화 함으로써 CBPER 기법보다 적은 양의 패킷으로 라우팅 경로를 설정한다. CBPER 기법에서는 소스 노드가 위치한 셀의 세로방향에 위치한 모든 셀의 헤더 노드들에게 데이터 공고 패킷을 전송하고, 싱크 노드가 위치한 셀의 가로방향에 위치한 모든 셀의 헤더 노드들에게 데이터 요청 패킷을 전송한다. 데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷이 만나는 셀의 헤더 노드에서 데이터 공고 패킷이 지나온 역경로를 따라 데이터 요청 패킷이 소스 노드에게 전송되고, 데이터 요청 패킷이 지나온 역경로가 싱크 노드와 소스 노드간의 데이터 전송을 위한 경로가 된다. 제안 기법에서는 소스 노드가 위치한 셀의 세로방향에 위치한 모든 셀이 아닌, 감지 대상 지역의 세로축 중앙에 위치한 셀의 헤더 노드까지만 데이터 공고 패킷을 전송하기 때문에 데이터 공고를 위해 필요한 패킷의 양이 CBPER과 비교하여 절반으로 줄어든다. 또한 싱크 노드는 자신이 위치한 셀의 가로방향 셀들뿐만 아니라 감지 대상 지역 중앙 가로축 셀의 헤더 노드들에게도 데이터 요청을 보낸다. 이렇게 감지 대상 지역 중앙 가로축 셀의 헤더 노드들에게 추가적으로 데이터 요청 패킷을 보내는 것이 비효율적으로 보일 수 있으나 실제로는 그렇지 않다. 왜냐하면 싱크 노드와 소스 노드가 감지 대상 지역의 중앙 가로축을 경계로 반대쪽에 위치할 경우 중앙 가로축 셀의 헤더 노드들에게 전송된 데이터 요청 패킷을 소스 노드들끼리 공유하는 효과가 나타나기 때문이다. 따라서 이러한 위치관계에 있는 소스 노드가 많을 경우 싱크 노드가 감지 대상 지역의 중앙 가로축 셀까지 추가로

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기술개발사업의 지원에 의한 것이며, 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 해외교수유료초빙사업의 연구결과로 수행되었음

보낸 데이터 요청 패킷의 비용을 상쇄하기 때문에 데이터 요청 패킷의 수가 감소하는 결과를 가져온다. 따라서 CBPER 기법보다 적은양의 데이터 공고 패킷 및 데이터 요청 패킷으로 경로가 설정된다.

<그림1>은 제안 기법이 CBPER 기법과 비교하여 데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷 전송에서 효율적임을 보여준다. 싱크 노드가 하나이며 소스 노드가 5개인 경우 경로 설정에 요구되는 패킷의 흐름을 볼 수 있다. CBPER 기법에서 소스 노드는 자신이 위치한 셀의 세로축 전체로 데이터 공고 패킷을 전송하며, 싱크 노드는 자신이 위치한 셀의 가로축 전체로 데이터 요청 패킷을 전송한다. 데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷이 만나는 지점에서 소스 노드에게 데이터 요청 패킷을 보낸다. 데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷의 수는 각각 30개, 26개로 나타나 있다. 제안 기법에서 소스 노드는 자신이 위치한 셀의 세로축 중앙 셀까지만 데이터 공고 패킷을 전송하며, 싱크 노드는 자신이 위치한 셀의 가로축뿐만 아니라 감지 대상 지역 중앙 가로축으로 추가적인 데이터 요청 패킷을 전송한다. 데이터 공고 패킷과 데이터 요청 패킷의 수는 각각 15, 23개로 나타나 있다. 이처럼 제안 기법을 사용함으로써 전송되는 제어 패킷의 수를 줄일 수 있으며 센서 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다.



<그림1> 제어 패킷 수 비교

성능평가를 위해 소스 노드의 수, 싱크 노드의 수, 감지 대상 지역의 크기를 변화시키면서 에너지 소모를 측정하였으며, CBPER 기법의 에너지 소모와 비교하였다. 첫째, 소스 노드의 수가 변하는 환경에서는, 제안 기법의 제어 패킷 전송량이 CBPER 기법의 약 54% 수준으로 나타났으며, 센서 네트워크의 에너지 소모가 70% 수준으로 감소하는 결과를 보였다. 둘째, 싱크 노드의 수가 변하는 환경에서는, 싱크 노드의 수가 증가 할수록 두 기법의 에너지 소모 격차가 커졌다. 이는 제안 기법이 다수의 싱크가 있는 환경에서도 CBPER기법보다 더 유리함을 증명한다. 셋째, 감지 대상 지역의 크기가 변하는 환경에서는, 제안 기법이 센서 감지 대상 지역의 크기가 증가하여도 성능 저하를 보이지 않으며 CBPER 기법에 비해 70% 정도의 에너지 소모를 지속적으로 유지하여 확장성이 뛰어나다.

### 3. 결론

본 논문에서는 그리드 기반의 센서 네트워크에서 경로 설정에서 요구되는 통신부하를 줄여 센서 네트워크의 에너지 소비를 줄이고, 경로 설정의 신뢰성을 확보하기 위한 방안을 제안하였다. 제안 기법은 제어 패킷의 전송량을 줄여 그리드와 클러스터 기반의 CBPER 프로토콜과 비교하여 경로 설정에 요구되는 비용을 54%까지 감소시켰으며, 센서 네트워크의 에너지 소모를 70% 수준으로 낮추었다. 또한 다수의 싱크 노드가 존재하는 환경은 물론 큰 규모의 센서 네트워크에서도 성능의 저하가 없어 확장성이 뛰어나다.

### 4. 참고 문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, August 2002.
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks," In Proceedings of the International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), August 2000.
- [3] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks," in Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), August 1999.
- [4] Fan Ye, Gary Zhong, Songwu Lu, Lixia Zhang, "GRADient Broadcast: A Robust Data Delivery Protocol for Large Scale Sensor Networks," to appear in ACM Wireless Networks (WINET) Journal, March 2005
- [5] Fan Ye, Haiyun Luo, Jerry Cheng, Songwu Lu, and Lixia Zhang, "A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Networks," In Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), September 2002.
- [6] 권기석, 이승학, 윤현수, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜," 정보과학회논문지 : 정보통신 제33권 제1호, 2006.2