

# Sensor Network 에서의 에너지 효율 방안

김근우<sup>0</sup> 성경아\* 박종철 마중수  
한국정보통신대학원대학교, 특허청  
(ares74<sup>0</sup>, kaseong\*, jcpark7777, jsma)@icu.ac.kr

## New Head Selection Methods in Sensor Network

Geun-Woo Kim<sup>0</sup> Kyung-A Seong\* Jong-Chul Park Joong-Soo Ma  
School of Engineering, Information and Communications University and Korean Intellectual Property Office\*

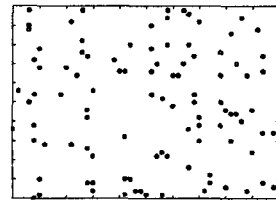
제한된 에너지 자원 과 무선 통신 기능을 가진 마이크로 센서들로 구성되는 센서 네트워크는 다양한 환경에 대한 모니터링 서비스를 제공하여 여러 분야에서 실생활에 유용한 정보들을 수집 할 수 있게 하였다. 그러나 이러한 마이크로 센서들은 제한된 에너지를 가지고 통신을 하기 때문에 시스템의 라이프 타임이 짧다는 단점이 있다. 이 논문에서는 센서 네트워크에서 문제가 되는 단점 중의 하나인 제한된 에너지를 효율적으로 사용하여 네트워크의 라이프 타임을 증가 시킬 수 있는 방안을 제안한다.

### 1. 서 론

최근 들어 다양한 정보 환경의 변화에 따른 무선 통신 기술의 진보로 새로운 통신 분야인 센서 네트워크가 등장하였다. 이러한 센서 네트워크는 제한된 에너지 자원과 무선 통신 기능을 가진 마이크로 센서들로 구성되어 있으며 다양한 환경에 대한 모니터링 서비스를 제공, 여러 분야에서 실생활에 유용한 정보들을 수집하는데 이용되고 있다. 적용할 수 있는 센서 네트워크의 대표적인 응용 분야로는 사람이 직접 참여할 수 없는 열악한 환경을 모니터 하는 시스템을 들 수가 있다. 예를 들어, 적들의 출현 여부를 먼 위치에서 알 수 있으며 댐의 균열 여부, 큰 규모의 공장에서 재고품의 위치, 공원에서의 산불 여부 등을 파악하는데 사용되어 질 수 있다. 모든 무선 기기들처럼 센서 또한 배터리 기반으로 제한된 에너지를 가지고 동작한다. 그러나 기존의 ad hoc 네트워크에서 사용되는 노드들은 배터리 잔량이 없을 경우 다시 충전을 할 수 있지만 센서 네트워크에서 사용되어지는 센서들은 위에서 설명한 것처럼 열악한 환경에 랜덤 하게 뿌려지게 되고 크기도 작기 때문에 모든 센서들을 수거하여 충전하는데 많은 어려움이 있다. 따라서 이러한 센서들은 초기에 센서에게 부여된 배터리 파워를 모두 사용하게 되면 센서의 수명이 다하게 된다. 모든 무선 기기들이 에너지 문제라는 문제점을 가지고 있지만 센서 네트워크에서 센서의 에너지 문제는 해결해야 할 가장 중요한 요인으로 꼽을 수 있다 [1]. 따라서 이 논문 에서는 센서 네트워크에 사용되는 센서들의 에너지 소모를 효율적으로 분산시켜 전체 시스템 라이프 타임을 향상 시킬 수 있는 방안을 제시 하고자 한다.

### 2. 관련 연구

관련 연구에서는 센서 네트워크에서 적용 할 수 있는 모니터링 시스템의 구조 및 특징들을 살펴본 후, 에너지를 효율적으로 사용하여 시스템 라이프 타임을 증가 시킬 수 있도록 제안되었던 방안에 대하여 간략하게 설명을 하고 장, 단점 및 개선 방안을 소개 하고자 한다. 센서 네트워크에 적용될 수 있는 모니터링 시스템은 다음과 같은 구조 및 특성을 갖는다..



● Base Station

그림 1. 센서 네트워크에서의 모니터링 시스템의 구조

- 구조 : 센서 노드들은 일정 공간에 랜덤 하게 분포된다. 그리고 Base Station(BS)은 센서가 분포된 공간과 일정 거리 떨어져 위치한다. (그림 1참조)
- 센서 노드들의 특성 : 센서 네트워크를 구성하는 노드들은 동종으로 이동성이 없으며 같은 종류의 정보를 취합하는 능력을 가지고 있고 제한된 배터리를 기반으로 동작한다.
- 동작 원리 : 센서 노드들은 수집한 정보를 주기적으로 전송하며 수집한 정보들 중 공통된 정보들은 하나로 취합하여 통신한다. 그리고 모든 노드들은

BS와 통신 할 수 있다

그러나 모니터링 시스템에서 모든 센서 노드들이 BS과 직접 통신을 하게 되면 BS로부터 가장 멀리 떨어진 노드가 가장 많은 전력으로 정보를 송신 하여야 하기 때문에 시간이 지남에 따라 BS와 가장 먼 거리에 있는 센서 노드부터 먼저 수명이 다하게 되어 네트워크가 원활하게 동작할 수 없는 문제가 발생한다. 이러한 에너지 소비 문제를 해결하기 위하여 LEACH 라는 프로토콜이 제안 되었는데 이 프로토콜에서 제안 하는 방안은 다음과 같다.

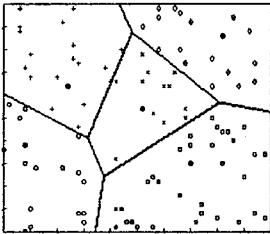


그림 2 LEACH에서 사용하는 Clustering 방법

LEACH : [그림 2]처럼 모든 노드가 BS와 통신하는 방법이 아닌 클러스터를 형성하여 클러스터 헤드들을 선출하고 클러스터에 속한 노드들은 자신의 클러스터 헤드에게 수집한 정보를 전송한다. 그리고 자신의 클러스터에 속한 노드들로부터 전송된 정보를 수신한 클러스터 헤드는 동종의 정보를 취합하여 BS에 전송을 한다. 그러나 클러스터 헤드들이 바뀌지 않고 일정 노드에게만 클러스터 헤드의 역할이 주어지게 된다면, 상대적으로 다른 노드들보다 에너지를 빨리 소모하게 되기 때문에 클러스터 헤드를 랜덤 하게 선출하는 방법을 사용한다. 또 하나의 특징으로는 클러스터 내의 노드들과 해당 클러스터 헤드와의 통신은 collision을 줄이기 위하여 TDMA scheduling 방법을 사용하고 클러스터와 BS간에는 CDMA 방식을 사용하여 통신을 한다. LEACH는 Clustering 방법을 사용하여 모든 노드들이 BS 와 통신 하는데 따른 문제점을 해결 하였다. 따라서, 클러스터 내, 센서 노드들의 에너지 소모를 줄일 수가 있으며 또한, 클러스터 헤드를 랜덤 하게 선정하여 전체 네트워크에 있는 센서 노드들의 에너지 소모를 최대한 골고루 분산시킴으로써 시스템 라이프 타임을 증가 시킬 수 있게 하였다.[2][3] 그러나 LEACH를 시뮬레이션 해본 결과 그림3 에서 보듯이 클러스터 헤드들이 한쪽으로 몰리는 상황이 발생하며 클러스터의 크기가 그림 2처럼 균등하지 형성되지 않는 것을 확인하였다.

클러스터의 크기가 균등하게 형성되지 않는다면, CDMA 를 사용하는 시스템의 특성상 발생하는 클러스터 헤드

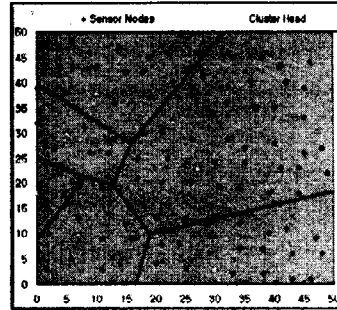


그림 3 시뮬레이션 결과를 통한 클러스터 형성도

간에 간섭의 영향이 커지게 되며 상대적으로 규모가 큰 클러스터에서, 클러스터 헤드로부터 멀리 떨어진 노드는 클러스터 헤드와 가까이 위치한 노드보다 많은 에너지를 소비하게 되기 때문에 전반적인 라이프 타임에 악영향을 미치게 되는 문제점(Head selection problem)이 있다.

3. New Header Selection Methods

LEACH에서 발생되는 Head selection problem을 해결하기 위하여 이 논문에서는 클러스터 헤드가 일정 거리를 유지하며 선출되도록 하여 클러스터 크기를 가능한 한 균등하게 형성시키고, 간섭의 효과도 줄이며 노드들의 에너지 소모를 골고루 분산시킬 수 있는 New Header selection Methods를 제안 하고자 한다.

시스템 환경으로는 LEACH와 동일한 환경을 적용한다. 그러나 클러스터를 형성하는 과정에서 야기되는 문제를 해결하기 위하여 클러스터 헤드들이 최대한 균등하게 분포되게 할 수 있도록 임계거리( $r$ ), Remaining Energy (RE), 그리고 Push-Operation을 사용한다. 임계거리란 클러스터간의 간격을 조절하기 위하여 사용되는 거리를 나타내는 임의 값이며 Push Operation이란 클러스터 헤드들이 임계거리 내에 두 개 이상 존재 할 경우, 클러스터 헤드의 역할을 다른 노드에게 위임하는 동작을 말한다. 제안하고자 하는 New Head Selection Methods의 특성 및 동작 원리는 다음과 같다.

특성 : 모든 노드는 일정 임계거리( $r$ )값을 가지고 있으며 자신의 RE를 알고 있다 또한 클러스터 헤드로부터 임계거리( $r$ )내에 위치하는 노드들은 하나의 클러스터 헤드만 갖는다.

동작 원리 : 전반적인 동작 원리는 다음과 같다.

- Step 1. 각 노드는 LEACH와 동일하게 현재 라운드에서 클러스터 헤드가 될 것인지를 결정한다.
- Step 2. Advertise Phase : 각 노드는 자신이 클러스터 헤드가 되었을 때, 자신이 클러스터 헤드임

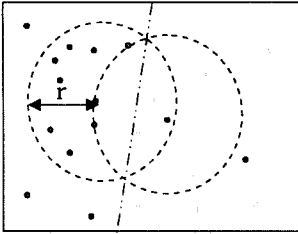


그림 4 임계거리 내에 클러스터 헤드가 두 개 있는 경우

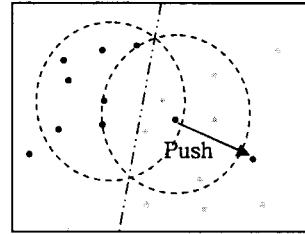


그림 5 Push - operation

을 알리는 advertise 메시지를 전송하는데 이때 자신의 RE를 함께 전송한다. 클러스터 헤드들은 다른 클러스터 헤드로부터 전송된 advertise 메시지를 통하여 임계거리( $r$ )내에 또 다른 클러스터 헤드의 유,무를 알게 되며 메시지에 포함된 RE를 가지고 자신이 winner (RE가 더 많은 클러스터 헤드)가 될 것인지를 판단한다.

- Step 3. Cluster selection phase : Advertise 메시지를 수신한 각 노드들은 여러 클러스터 헤드로부터 수신한 advertise메시지 내의 RE와 신호 세기를 비교하여 클러스터 헤드를 선택하고 클러스터 헤드에게 자신의 RE와 Transmission Range(TD)를 포함한 응답 메시지를 전송한다. 클러스터 헤드들은 각 노드들로부터 응답 메시지를 받은 후 클러스터를 형성한다. 이때 임계거리 내에 다른 클러스터 헤드가 없는 경우에는 LEACH와 동일한 방법에 의하여 클러스터가 형성된다. 그러나 임계거리 내에 또 다른 클러스터가 존재할 경우에 [그림 4참조], advertise phase 에서 수신한 RE를 기준으로 자신이 클러스터 헤드의 역할을 할 수 있는지 판정하여 자신의 RE가 더 적을 경우, winner의 클러스터에 속한다는 메시지를 전송하고 Push operation을 준비한다.
- Step 4. PUSH phase : 클러스터 헤드의 역할을 포기한 노드 (PUSH head)는 cluster selection phase 에서 클러스터 내의 노드들로부터 수신한 응답 메시지의 (RE, TD)정보를 바탕으로 현 라운드에서, 클러스터 헤드가 아니며 임계거리 밖에 있는 노드들 중, 가장 최적인(TD가 짧고, RE가 큰) 새로운 노드를 선출하여 클러스터 헤드의 역할을 위임한다. (Push-operation) [그림 5]
- Step 5. Time scheduling phase : 이 과정에서는 각 클러스터 헤드들이 TDMA scheduling을 하여 자신의 클러스터에 속하는 노드에게 전송하는데 PUSH head는 클러스터 역할을 위임 받은 노드에게 TDMA scheduling과 클러스터의 헤드의 역할을 위임하는 indicator를 함께 전달하고 그 외의 노드들에게는

TDMA schedule과 새로이 선출된 클러스터 헤드의 정보를 전송한다.

- Step 6. 스케줄링 메시지를 받은 노드들은 자신의 순서에 따라 수집한 정보를 클러스터 헤드에게 전송하고 정보를 수신한 클러스터 헤드는 수집된 정보를 취합하여 BS에게 송신을 하게 된다.

지금까지 설명한 것처럼 New Head Selection Methods에서 제시한 임계거리, RE 그리고 Push-Operation을 사용하면, 클러스터 헤드들이 임계거리 이상으로 분포되기 때문에 BS과 통신을 할 때 발생하는 간섭 효과도 줄일 수 있으며 노드들의 에너지 소모를 골고루 분산시켜 시스템 라이프 타임을 증가시킬 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 센서 네트워크에서 적용될 수 있는 응용 분야인 모니터링 시스템 전체에, 가장 문제시되는 시스템 라이프 타임을 증가시키기 위한 방안으로 LEACH라는 프로토콜을 살펴 보았으며 시뮬레이션을 통하여 LEACH에서 야기 되는 문제점을 파악하였고 문제점을 개선하기 위한 New Header Selection Methods를 제안하였다. 앞으로 향후 진행되어야 하는 연구는 먼저 본 논문에서 시뮬레이션을 통하여 제시한 개선 방안에 대한 정확한 분석을 한 후, 장, 단점을 지적하고 단점을 보완하는 일이 이루어져야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] S. Tilak, N. B. Abu-Ghazaleh, W. Heinzelman, "A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models," *ACM Mobile Computing and Communication Review*, Vol. 6, Num. 2, April 2002
- [2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in Proc. IEEE HICSS, Jan. 2000
- [3] J. Kulik, W. R. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation-based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," *ACM Wireless Networks*, 1999