

무선 센서 네트워크에서 저전력을 고려한 이동체의 모니터링에 관한 연구

이종철^o 윤희용
성균관 대학교 정보통신공학부
jongchool^o@skku.edu, youn@ece.skku.ac.kr

A Study on monitoring of the moving object with considering power saving in Wireless Sensor Networks

Jongchool Lee^o Heeyong Youn
School of Information and Communication Engineering,
SungKyunKwan University

요 약

무선 센서 네트워크에서는 배터리에 의존하는 수많은 센서 노드들로 구성이 된다. 이때, 물체들을 감지하기 위해서는 센서들은 켜져 있어야 하고, 수집한 데이터는 클러스터 헤드(Cluster Head)나 싱크(sink)로 보내주어야 한다. 일련의 동작을 위해서 센서들은 많은 에너지를 소모하게 된다. 이를 보완하기 위해서 LEACH 라는 방법을 이용하여, 클러스터 헤드 만이 싱크로 데이터를 전송하고, 에너지를 균일하게 소모하기 위한 기법을 사용한다.

본 논문에서는 기본적으로 LEACH 방법을 이용하면서, 이동체의 이동을 감지함에 있어서, 이동체의 예상 이동영역을 예측하여, 예상 이동영역내에 존재하지 않는 센서 노드들은 다음 라운드가 시작할 때까지 sleep 하도록 하고, 예상 이동영역내에 있는 센서 노드들만 감지하도록 하여, 에너지의 소모를 줄였다. 이때 예상 이동영역은 싱크가 이전에 수집한 데이터로 계산하여, 이동체들의 정보를 모든 노드들에게 브로드 캐스트(Broadcast)하고, 매 라운드마다 클러스터 헤드선택까지는 LEACH 와 마찬가지로 모든 센서 노드들이 참여하지만, 이후 클러스터의 구성원이 되기 위해서는 예상 이동영역내에 존재해야 한다. 만약 해당 라운드에서 클러스터 헤드가 되어도, 구성원이 존재하지 않는다면 다시 sleep 하도록 하여, 에너지 소모를 줄였다.

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현 하기 위해서는 주변에 있는 여러 사물에 대한 감지를 위해서 수많은 센서들이 필요하다. 이를 위해서는 무선 센서 네트워크가 형성되어야 효율적으로 정보를 얻어서 전달할 수가 있다. 그러나, 무선 센서들은 배터리에 의존하여 동작하기 때문에 수명을 연장하는 것이 중요하다.[1] 기존에 수명연장을 위한 많은 방법들이 제시가 되어 있다. 노드(node)들의 배치를 효율적으로 하거나, 네트워크에 존재하는 노드들이 먼 거리에 있는 싱크(sink)로 데이터를 전송하는 회수를 줄이고, 균일하게 에너지소모를 할 수 있도록 하는 LEACH 라는 방법이 제시되어 있다. [2]

LEACH 의 경우, 주기적으로 센서 노드들에 의해 센싱된 데이터가 클러스터 헤드에 전달되고, 클러스터 헤드는 클러스터 멤버(cluster member)들로부터 데이터를 모두 수신하면, 데이터를 압축하여, sink로 전송하게 된다. [2]

센서 노드들은 자신이 보내야 할 시간에, cluster head로 데이터를 전송하게 되는 데, 이동체의 물체를 감지하는 경우, 실제 이동체가 노드 주변에 없는 경우, 감지한 것이 없다는 정보를 보내게 될 것이다.

특히 노드가 데이터를 전송 시에 에너지 소모가 많고, 거리의 제곱에 비례하여 증가하게 된다.[2] 이를 줄이는 것이 여러 방법들에서도 중요한 사항이 된다.

본 논문에서는 기본적으로 LEACH [2] 방법을 이용하여, 에너지 소모를 균일하도록 할 것이고, 센싱영역에 느리게 움직이는 이동체의 위치만을 판단하는 경우에 이동체가 노드 주변에 없다고 판단이 되면, 해당 라운드에서는 sleep 하도록 하여, 에너지를 줄이고자 한다.

이를 적용할 경우, 해당 라운드에서 클러스터 헤드로 선정이 되었다 하더라도, 이동체가 없는 클러스터라면, 클러스터 멤버가 되어야 할 센서 노드들도 모두 sleep하기 때문에 클러스터 헤드도 sleep하도록 하여, 싱크(sink)로 데이터를 전송하지 않아도 되기 때문에 많은 에너지를 줄일 수가 있다.

2. 관련 연구

2.1 기존 센서 네트워크 동작원리

먼저, 센서 노드들이 센싱한 데이터를 직접(Direct) 싱크로 전달하는 방식이 있다. [2] 일반적으로 싱크는 센서 노드와 멀리 떨어져 있는 경우가 많기 때문에 전송을 하는 데 많은 에너지를 소모하게 된다. 그러나, 추가적

으로 관리를 위한 오버헤드는 존재하지 않는다.

다음으로 클러스터를 이용하는 LEACH 라는 방법이다. 일정 시간을 주기로 클러스터를 형성하게 되는데, 이를 라운드 (ROUND) 라고 부른다. 클러스터는 고정되는 것이 아니라, 각 라운드 마다, 변동이 된다. [2]

새로운 라운드가 시작이 되면, 모든 노드는 0 과 1 사이의 값을 선택하게 되고, 해당 라운드에 사용될 임계치 ($T(n)$: Threshold) 보다 선택한 값이 작으면, 자동적으로 클러스터 헤드 (Cluster Head) 로 선택된다. 임계치는 식 (1) 에 의해 구해질 수 있고, 이는 전체 노드에서 클러스터 헤드가 차지하는 비율(P)에 의해 달라질 수 있다. 이를 통해서 통계적으로 균일하게 클러스터 헤드가 될 수 있도록 하여 에너지 소비를 전체 노드들로 분산시킬 수 있는 효과가 있다. [2]

n : node, r : 현재 라운드

G : 마지막 $1/P$ 라운드동안 클러스터 헤드가 되지 않았던 노드들의 집합

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P \times (r \bmod \frac{1}{P})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

클러스터 헤드가 되면, 노드들에게로 advertisement 메시지를 보내어, 자신이 클러스터 헤드임을 알리고, 노드들은 여러 클러스터 헤드의 신호를 수신하여, 자신과 가장 가까이 있는 클러스터 헤드에게 해당 클러스터에 가입하기 위해, 신호를 보내게 된다. 클러스터 헤드는 해당 클러스터의 멤버로 수신된 센서 노드들에게 TDMA scheduling 하여, 해당 라운드에서 센서 노드들이 클러스터 헤드로 데이터를 전송할 시간대를 정하여 알려준다. 이후 센서 노드들은 센싱된 데이터를 정해진 시간에 클러스터 헤드로 보내게 되고, 이외의 시간에는 sleep 하게 된다. 이때 클러스터 헤드는 계속 센서 노드들로부터 데이터를 수신하기 위해서 깨어 있어야 하고, 모든 멤버로부터 데이터가 수신이 되면 데이터를 압축하여, 싱크로 데이터를 전송하게 된다. [2]

이를 통해서 클러스터 헤드가 아닌 다른 노드들은 해당 라운드 동안은 센싱하여 클러스터 헤드로 데이터를 전송할 때 외에는 sleep 할 수 있고, 싱크 보다 상대적으로 가까운 거리의 클러스터 헤드로만 전송하면 되므로 에너지를 줄일 수 있다. [2]

2.2 기존 센서 네트워크 동작 에너지

기존의 방식 중에서 LEACH 방법 [2]의 경우, 주기적인 모니터링을 위해서, 주기적으로 싱크로 데이터를 전송할 시에는 전체적인 센서 네트워크의 수명을 연장하는 데, 다른 방법에 비해서 장점이 있다.

그러나, 환경 감시, 보안 시스템 등 [3]에서 간헐적으로 발생하는 이동체에 대한 모니터링을 위한 것일 경우, 대부분의 시간에서 감시할 대상이 존재하지 않는 경우일 것이다. 이러한 경우에는 기존의 방식에서는 매 라운드마다

새로이 클러스터가 형성이 되어서, 정상적으로 센서 네트워크 동작이 이루어져서 데이터의 송수신이 이루어지고, 클러스터 헤드는 데이터를 싱크로 전송을 해야 하기 때문에 불필요하게 에너지의 소모를 하게 된다.

3. 제안 방법

기존의 LEACH [2] 방법의 장점을 이용하면서, 간헐적으로 발생하는 이동체의 감시를 위해 다음과 같은 방식을 제안하고자 한다.

기본적인 개념은 이동체의 예상 이동영역을 판단하여, 예상 이동영역에 존재하지 않는 센서 노드들은 해당 라운드 동안에는 sleep 하도록 하는 것이다.

예상 이동영역은 싱크가 클러스터 헤드들로부터 수신한 이동체의 정보를 바탕으로 이동체의 위치와 속도를 판단하여, 전체 센서 네트워크로 브로드 캐스트 (Broadcast) 하여, 이를 수신한 센서 노드들은 자신의 위치가 이동체의 다음 라운드에서의 예상 이동영역 내에 있는지를 판단하고, 만약 예상 이동영역 내에 존재한다면, 다음 라운드에서 정상적으로 동작하고, 그렇지 않다면, 다음 라운드에서 클러스터 헤드가 아니라면, sleep 하도록 한다.

동작 방법은 먼저 새로운 라운드가 시작이 되면 센서 네트워크에 있는 모든 센서 노드들은 싱크로부터 데이터 수신을 먼저 해야 하고, 자신의 위치, 이동체의 위치와 속도를 바탕으로 예상 이동영역에 존재하는지를 판단한다.

다음으로 클러스터 헤드를 선택하는 과정까지는 LEACH 와 동일하게 진행이 되고 [2], 이후 예상 이동영역에 존재하지 않는 센서 노드들은, 클러스터 헤드가 아니면 다음 라운드가 시작될 때까지 sleep 하게 된다. 심지어, 클러스터 멤버에도 참여하지 않게 한다. 이를 통해서, 예상 이동영역이 아닌 곳에 형성된 클러스터의 클러스터 헤드에는 클러스터 멤버가 존재하지 않을 것이기 때문에 이 경우에는 클러스터 헤드도 sleep 하도록 하여, 센서 노드들의 데이터를 기다리기 위해 깨어 있지 않아도 되고, 싱크로 데이터를 전송하지 않아도 되기 때문에 많은 에너지의 소비를 줄일 수 있다.

다음으로 LEACH 와 동일하게 클러스터 헤드들은 노드들에게 advertisement 메시지를 보내게 되고, 센서 노드들은 클러스터에 가입하기 위해 가장 가까운 클러스터 헤드로 신호를 보내게 되고, 클러스터 헤드는 TDMA scheduling 하여, 클러스터 멤버들에게 알려주게 된다. 센서노드들은 센싱한 데이터를 해당 시간에 클러스터 헤드로 보내고, 클러스터 헤드는 수신한 데이터를 압축하여 싱크로 보내게 된다. [2]

싱크는 클러스터 헤드들로부터 수신한 데이터를 바탕으로 이동체의 위치와 속도를 판단하게 되고, 새로운 라운드가 시작이 되면, 이 정보를 모든 센서 노드들이 수신할 수 있도록 브로드 캐스트하게 된다. 이를 통해서, 이동체가 없는 영역에 존재하는 센서 노드들은 매 라운드마다, 싱크로부터 이동체의 정보를 수신하는 과정과 클러스터 헤드가 되기 위한 계산과정 외에는 sleep 할 수 있어서 많은 양의 에너지 소모를 줄일 수 있다.

4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위해서, 네트워크 사이즈는 가로 세로 100 m x 100 m 로 설정하고, 센서 노드의 개수는 100 개를 이용했고, 클러스터 헤드의 비율 (P)은 0.05 로 했고, 싱크 (sink)의 위치는 (50, 175) 로 했다. 메시지의 길이(k)는 2000 bit 로 했고, 메시지 송수신시 센서 노드 내부 에너지 소비상수(E_{elec} : Radio electronics energy)는 50 nJ/bit , 전송시 에너지 소비상수(E_{amp} : Radio amplifier energy) 는 100 pJ/bit/m² , 계산시 에너지 소비상수(E_{comp} : computing energy) 는 5nJ/bit/message 로 설정했다.[2]

이동체의 속도는 시뮬레이션을 용이하게 하기 위해서 한 라운드당 가로 세로 1m씩 증가하는 방향으로 대각선으로 이동하는 것으로 했다. 즉 $\sqrt{2}$ m / round 씩 이동하도록 했고, 이동체를 하나 이용하는 경우에는 (0,0) 에서 시작하도록 하여 최대한 오랫동안 네트워크에 머물도록 했다. 이동체가 두 개 이상인 경우에는 이동체의 위치를 무작위로 배치를 했고, 이동방향과 속도는 동일하게 했다.

이동체의 예상 이동영역의 범위는 이동체의 현재 위치를 기준으로 반경이 이동체 속도의 4 배의 거리로 설정했다. 이는 이동체의 속도가 이전보다 4배까지 빨라지는 것을 대비한 것이다. 즉 현재 시뮬레이션에서는 이동체가 좌표값이 증가하는 방향으로만 이동하지만, 실제에서는 무작위로 이동할 수 있으므로 이를 감안한 것이다.

시뮬레이션은 총 100 라운드를 수행했고, 직접전송방식 (Direct), 기존의 LEACH 방식, 이동체가 하나인 경우, 이동체가 50개인 경우, 이동체가 100개인 경우에 대해서 실시를 했다. 이때, 센서 노드의 에너지는 시뮬레이션이 진행되는 동안 에너지는 충분하다는 가정을 했다.

비교의 대상은 센서 네트워크내의 모든 센서 노드들이 각 라운드마다 소모하는 에너지를 누적하여, 라운드가 증가하면서 에너지 소모를 얼마나 하는지를 비교했다.

누적되는 에너지 계산은 식(2),(3),(4) 를 이용했다.[2]

$$E_{tx}: \text{전송시 에너지}, E_{rx}: \text{수신시 에너지}$$

$$E_{cm}: \text{계산시 에너지}, k: \text{bit 수}, d: \text{전송 거리}$$

$$E_{tx}(k, d) = E_{elec} \times k + E_{amp} \times k \times d^2 \quad (2)$$

$$E_{rx}(k) = E_{elec} \times k \quad (3)$$

$$E_{cm}(k) = E_{comp} \times k \quad (4)$$

그림 1 에서도 알 수 있듯이, 100 라운드를 수행한 결과 이동체가 하나인 경우에는 기존의 LEACH 방식보다는 5 배정도 에너지 소모를 줄일 수 있었다. 또한 이동체가 50 개인 경우도 처음에는 기존의 LEACH 방식과 비슷하게 진행하다가, 이동체가 네트워크 영역을 벗어나면서 에너지 소모가 줄어드는 것을 알 수 있다. 이동체가 100개 인 경우도 이동체가 두 배 증가했으나, 현저히 에너지 소모가 증가하지 않음을 알 수 있다. 이 또한 라운드가 증가하면서 네트워크 영역을 벗어나는 이동체가 증가하면서 에너지 소모가 개선되는 것이다.

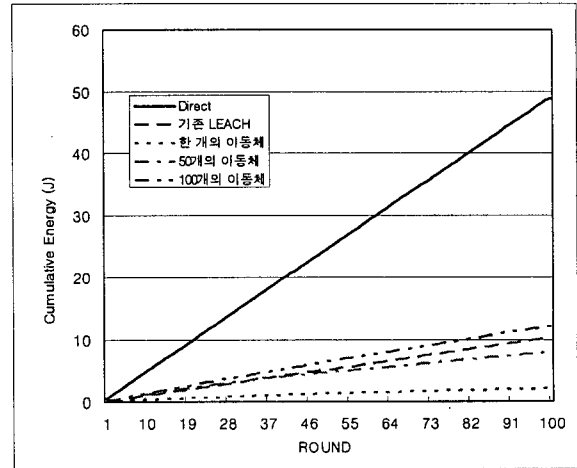


그림 1 - 라운드에 따른 누적된 에너지 소모량

5. 결론

이동체의 예상 이동영역을 바탕으로 불필요한 에너지 소모를 줄인 결과 기존의 LEACH[2] 방식보다 에너지를 줄일 수 있다는 것을 확인 할 수 있었고, 이동체가 증가해도 현저히 에너지 소모가 증가하지 않았고, 시간이 지남에 따라 이동체의 위치가 네트워크 영역을 벗어나면, 다시 에너지 소모를 많이 줄일 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

다음 연구과제로는 본 논문에서 제안한 방식에서 이동체가 네트워크 영역에 계속 존재하는 경우, 한 곳에 머물러 있는 경우에 대한 것과 예상 이동영역의 효율적인 판단기준, 적절한 이동체의 분포비율에 대해서 연구하고자 한다.

6. 참고 문헌

[1] Mihail L. Sichitiu, " Cross-Layer Scheduling for Power Efficiency in Wireless Sensor Networks" , IEEE INFOCOM 2004, 2004

[2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, " Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks" , Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences - 2000, 2000

[3] H. T. Kung and D. Vlah, " Efficient Location Tracking Using Sensor Networks" , 2003 IEEE, page 1954 ~ 1961, 2003