
무선 센서네트워크에서 중계전송과 클러스터 분할법을 사용한 효율적인 에너지 관리

김재승* · 김동일

동의대학교

Efficient Energy management through Relay-Transmission and Cluster Division
in Wireless Sensor Network

Jae-sueng Kim* · Dong-il Kim

Dong Eui University

E-mail : kjs81@deu.ac.kr

요 약

센서네트워크에서 효율적인 에너지사용에 관한 클러스터 기반 라우팅 프로토콜이 다양하게 연구되고 있다. 하지만 기존의 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜은 클러스터 재구성에 있어 센서 노드들의 불균형적인 에너지 소비문제와 클러스터 헤더를 선정함에 있어 헤더 노드와 싱크 노드가 멀리 떨어져 있을 때 연결이 제대로 이루어 지지 않는다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 클러스터의 재분할과 헤더 노드의 멀티 홉 전송방식을 제시한다. 클러스터 재분할은 기존의 클러스터를 소규모의 클러스터로 재분할 하는 방식이고, 멀티 홉 전송방식은 헤더 노드들 사이의 중계전송에 관한 방식이다. 시뮬레이션을 통하여 제시한 라우팅 기법이 균등한 에너지 소비와 에너지 효율성에 있어서 기존의 라우팅 기법보다 우수함을 보인다.

ABSTRACT

In sensor network, cluster based routing protocol about efficient energy usage method has researched variously. But existing cluster based routing protocol have problems. one of the problem is sensor nodes's imbalance energy consumption problem at cluster reconstruction. another is non-connection problem between header node and sync node when they are far from each other, not properly connected. We propose cluster re-division and header node of multihop transmission method in this paper. The cluster re-division method is the method that re-divides existing routing protocol with the small-scale cluster and multihop transmission method is the method regarding the relay transmission between the header nodes. Through the simulation, the proposed routing mechanism shows more excellent than exiting routing protocol in balance energy consumption and energy efficiency.

키워드

LEACH, Energy consumption, Re-division, Multihop, Wireless sensor network

1. 서 론

최근 전자 공학과 무선 통신의 발전은 센서 기

술의 발달로 이어짐으로 저비용, 저전력, 소형화된 센서 노드들이 개발되었다. 최근 사회 각 분야에서 각광받고 있는 것이 이러한 센서노드들로

이루어진 무선 센서 네트워크이다. 무선 센서 네트워크는 기존의 센서 기술과 무선 통신 기술을 접목시킨 기술로 센서에서 측정하고 얻게 된 정보를 센서 노드의 프로세서에서 연산과 가공 과정을 거쳐 이 결과를 무선이라는 매개체를 사용하여 목적지에 전송하는 기술이다.[1] 이러한 무선 센서네트워크를 통해 기존에 사용이 불가능하였던 활용영역을 사용할 수 있게 되었다. 센서들은 화산 활동지역이나 화학공장, 핵폭발이 발생한 재난지역 같은 극도로 위험한 환경과 접근이 어려운 지역에서도 사용이 가능하고, 군사, 의료, 제어, 통신, 감시, 경찰 등 사회 여러 곳에서 사용되어 질 수 있다.[2] 하지만 무선 센서 네트워크에서 각 센서 노드는 초소형의 전자 기기로 만들어 지기 때문에 전력 공급에 제한이 따르며, 한번 구성된 후에는 보수 및 유지가 어려운 한계점을 갖고 있다. 이와 같은 이유로 센서 네트워크에서의 가장 중요한 연구 과제는 에너지 소비를 최소화 하고, 한정된 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 극대화 하는 것으로 이에 관한 많은 연구가 가장 활발히 이루어지고 있다.

지금까지의 연구는 전송에 사용되는 에너지가 연산에 사용되는 에너지보다 많음에 초점을 맞추어 센서네트워크를 클러스터 형태로 조직하는 것이 효율적인 방법이고 그중 LEACH가 대표적이다. 하지만 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 CH(Cluster Header)를 선정함에 있어서 분산형 방식을 사용함으로써 클러스터를 구성함에 있어서 클러스터 형태는 고려하지 않고, 확률적인 방법에 의해서 모든 센서 노드들이 공평하게 CH로 선출되도록 하고 있어 전체 네트워크에서 CH가 고르게 분포되는 것을 보장하기 힘들다. 이러한 LEACH의 단점을 보완 할 수 있는 라우팅 프로토콜로 현재 클러스터 라우팅 프로토콜의 가장 선도적인 연구로 인정받고 있는 LEACH-C는 클러스터의 헤더 선정과 클러스터 형성을 지지국 주도 즉, 중앙형으로 구성한다. LEACH-C는 각 센서노드가 BS와 직접 신호를 주고받으며 센서노드들은 BS에 자신의 위치 정보와 에너지 잔량 및 기타 사항을 알려줌으로써 BS가 이를 기반으로 직접 CH를 선정하고 균형적인 클러스터를 형성한다.

하지만 LEACH-C(LEACH-centralized)는 센서 노드들이 매번 모두 BS와 개별적으로 직접 통신을 수행함으로써 인하여 많은 양의 에너지 소비와 자신의 위치정보에 대한 처리를 해야 하는 부가적인 오버헤드가 생긴다.

본 논문은 LEACH-C를 기반으로 클러스터 형

성방법에 있어 클러스터를 재분할 하는 방법과 CH의 과중한 역할을 분산하는 방법을 사용할 것이며, 데이터 전송방법에 있어서 멀티 홉을 통한 전체 네트워크의 균등하고 효율적인 에너지관리를 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절은 LEACH의 CH 선출방법의 개략적인 설명과 문제점, LEACH-C에 대해 알아본다. 3절은 본 논문에서 제안하는 무선 센서 네트워크에서의 효율적인 에너지 관리에 대하여 알아보며 4장 시뮬레이션을 통하여 LEACH와 LEACH-C를 비교 분석하였고, 마지막 5절에서는 결론을 맺는다.

II. 배경 이론

2-1. LEACH

LEACH는 CH선정방법으로 분산형 방식을 사용하여 CH를 임의의 교대 (random rotation) 하는 클러스터 기반의 기본이 되는 라우팅 프로토콜이다. LEACH의 동작은 라운드로 구성되어 각 라운드 마다 클러스터를 재구성 한다.

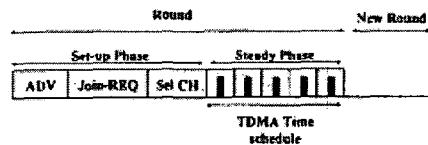


그림 1. < LEACH의 동작방식 >

여기서 실제적으로 클러스터의 구성은 set-up에서 이루어지며 이때에는 다음과 같은 수식을 통해서 CH가 결정된다.

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

수식에 대한 자세한 설명은 [3], [4]에서 참고한다. 수식을 통해 선정된 CH는 전 네트워크에 자신의 정보를 방송하고 이를 수신한 센서노드들은 다른 클러스터 헤더로부터 받은 신호들과의 신호 강도를 비교하여 신호 강도가 강한 CH에 응답신호를 보낸다. 응답신호를 받은 해당 CH는 클러스터를 형성하고 클러스터 내 센서 노드들에게 TDMA 방식으로 Time slot를 할당하고 이를 통해 데이터를 수집하고 퓨전을 통해서 BS(Base

Station)으로 전송한다.[5],[6]

2-2. LEACH-C

LEACH-C는 CH 선정이 중앙형 방식으로 모든 센서노드들은 자신의 위치정보 및 에너지 잔량 등의 정보를 매 라운드마다 BS와 직접 신호를 주고받는다. 각 센서 노드들의 정보를 통해 BS는 직접 CH 선정과 클러스터 형성한다.

그 결과 전체 네트워크에 CH가 균등하게 분포된다.

하지만 앞서 설명한 바와 같이 매 라운드 마다 네트워크의 모든 노드들이 BS와 신호를 주고받기 때문에 이에 따른 에너지 소모가 크다는 단점이 있다. 그 외 동작방식은 앞서 설명한 LEACH와 유사하다.[7]

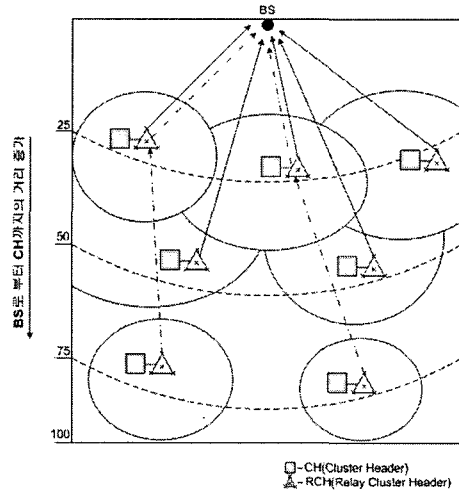


그림4. 전체 네트워크 구조

여기서 각 센서노드들은 BS로 자신의 데이터를 전송하는 것과는 달리 인접 노드에게 자신의 데이터를 방송함으로써 이 신호를 받은 인접 노드들은 신호의 세기를 기반으로 가장 가까운 노드들과의 노드쌍을 이룬다. 이로써 클러스터는 재분할 된다.

그리고 여기서 CH 또한 기존의 다른 라우팅 프로토콜과는 달리 쌍으로 형성되어있다. 본 논문에서의 CH는 기존의 데이터 수집과 퓨전을 통해 BS로 전송을 담당하던 것과는 달리 TDMA 스케줄 관리를 통한 센서노드들의 데이터를 퓨전하는 기능만 담당하게 되고, 데이터의 전송은 CH와 쌍을 이룬 RCH(Relay Cluster Header)가 담당하게 된다.

그리고 쌍으로 구성된 센서들은 인접노드는 유사한 데이터를 가진다는 센서네트워크의 기본 조건을 이용하여 CH에서 할당된 Time Slot에 하나의 노드만 응답하며 나머지 노드는 Sleep Mode에 들어가 에너지를 절약한다. 센서 노드쌍들은 매번 번갈아가며 동작한다.

기존의 전체 네트워크 내 센서 노드들에게 방송하는 방법과는 달리 BS에서 받은 정보를 기반으로 인접 CH까지만 방송하여 에너지를 절약하는 효과를 얻을 수 있다.

이 결과 클러스터 내부적으로는 CH의 기능 분산과 센서 노드 쌍의 활용으로 에너지를 절약할 수 있으며, 보다 균등한 에너지 소비를 이룰 수 있다.

III. 클러스터 재분할과 RCH를 통한 멀티 홉 전송

3-1. 클러스터의 형성

LEACH-C 는 중앙형 방식의 CH 선정방식을 사용함으로 매 라운드 마다 센서노드들은 BS로 자신의 데이터를 전송하기 위한 연결을 시도한다. 이에 상당량의 에너지가 소비와 오버헤드가 발생한다. 그렇기에 본인은 다음과 같은 알고리즘을 통해 CH를 선정하고자 한다.

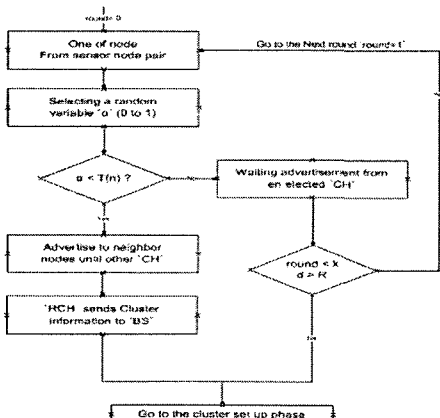


그림2. CH 선정 알고리즘

이 알고리즘을 통해 형성된 클러스터는 그림 3. 같은 형태가 될 것이고 전체 네트워크는 그림 4와 같은 형태로 구성되어 동작할 것이다.

3-2. 데이터 전송 방식

선정된 CH 쌍의 RCH는 BS로 자신의 위치 정보와 에너지 잔량을 전송하며 BS는 전체 네트워크에서 RCH들의 정보를 전송함으로써 RCH들이 정보를 공유할 수 있게 한다. 이를 통하여 RCH는 자신의 클러스터와 BS간의 거리를 알 수 있으며, 자신의 클러스터와 BS 사이에 어떠한 클러스터들이 형성되어있는지를 알 수 있다. 여기서 BS는 자신으로부터 거리가 멀리 떨어진 CH쌍을 파악하고 BS와 RCH 간에 거리가 멀리 떨어져있을시 연결이 이루어 지지 않을 수 있다는 점과 많은 에너지 소모를 방지하기 위하여 BS로부터 가까운 RCH를 통하여 중계 전송이 가능하도록 모든 RCH에게 방송한다. LEACH-C에서 모든 노드가 매번 자신의 데이터를 BS에게 전송하는 것과는 달리 그 동작을 RCH에게만 제한함으로써 전체 네트워크측면에서 에너지를 절약할 수 있고 전체네트워크 측면에서 균등한 에너지 소비를 이룰 수 있다.

IV. 시뮬레이션 성능 분석

4-1. 시뮬레이션 환경

3절에서 논한 무선 센서 네트워크에서의 효율적인 에너지 관리의 성능을 분석하기 위해 ns-2 시뮬레이터[7]를 사용하였으며 다음표에서 시뮬레이터 환경을 나타내었다.

표 1. < 시뮬레이터 환경 >

시뮬레이터	ns-2
네트워크 범위	100m × 100m
작동 시간(sec)	3300
노드의 초기에너지	2.2 J
노드의 생존임계값	0.1J이하 dead
BS 위치	(50, 200)

위의 환경에서 LEACH와 LEACH-C, 그리고 본 논문의 프로토콜들을 시뮬레이터 한 결과를 라운드당 소모되는 센서노드의 에너지 량과 전체 네트워크의 정상 가동시간을 기준으로 비교하였으며 결과는 그림 5와 같다.

이러한 결과 이외에 전체적인 네트워크의 에너지 사용이 고르게 사용되고 있는지에 대한 결과도 LEACH와 본 논문의 프로토콜을 대상으로 그림6.과 그림7.을 통해 비교하였다.

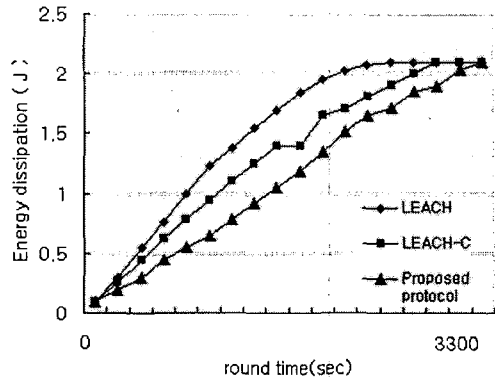


그림 5. < 시뮬레이션결과 >

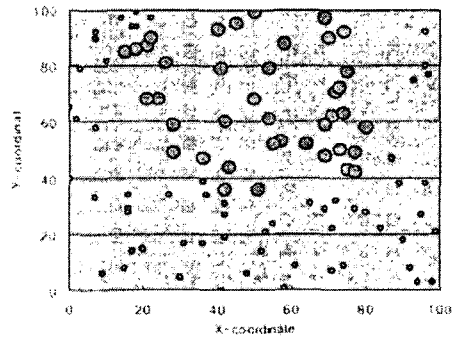


그림 6. 3000sec 후 LEACH의 생존 노드 분포

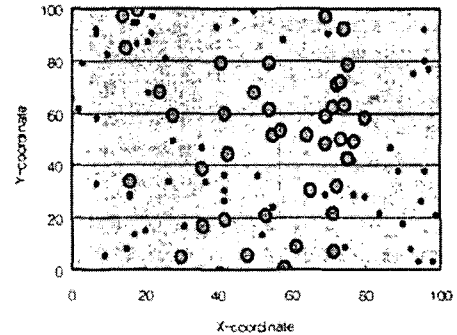


그림 7. 3000sec 후 본 논문 프로토콜의 생존 노드 분포

4-2. 성능 분석

그림 5.는 같은 조건에서 LEACH와 LEACH-C 보다 전체 네트워크의 관점에서 에너지를 적게 소모함을 보여주며, 그림 6.에서는 에너지의 사용에 있어서 LEACH는 거리가 BS로부터 Y 좌표가 20 이하에서는 생존하는 노드가 없으며, 비교적 가까운 거리에 존재하는 센서 노드들만이 생존하여 집중적이고 불균형적인 에너지 사용의 결과를 보여준다. 본 논문의 제안 프로토콜을 사용한 그

림 7은 거리와는 상관없이 생존한 노드의 분포가 균일하게 분포하여 균등한 에너지 사용의 결과를 보여주고 있다.

V. 결론

앞서 4장에서는 시간 및 라운드 당 사용하는 에너지 사용율을 알아봄으로써 본 논문에서 제안한 프로토콜의 성능의 우수함을 알아볼았다.

그리고 에너지의 균등한 사용적 측면에서도 보다 에너지 사용이 집중되는 것을 방지하여 전체 네트워크의 에너지 사용효율을 증대 시키는 결과를 보인다.

이하인 경우는 에너지 소모가 적다는 결과를 보여준다. 그림 9는 본 논문에서 제안한 프로토콜을 사용한 결과를 비교를 위하여 도식화 한 것으로 거리에 따른 제한 없이 고른 에너지 사용 분포를 보이고 있다. 참고로 제안한 프로토콜에서는 LEACH와 반대로 가까운 거리의 센서 노드들의 에너지 소모율이 100%에 달한다. 이는 가까운 거리의 노드들이 거리가 먼 곳의 노드 정보를 Relay 전송하기 때문이라고 사료된다.

하지만 본 결과는 제한된 사항과 이상적인 환경을 토대로 한 결과이다. 앞으로 노드의 배치 밀도 및 다른 환경적 요인을 고려한 연구를 수행하고자 한다.

LEACH Energy consumption

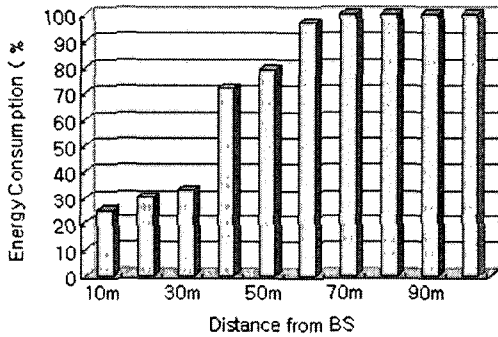


그림 8. LEACH의 센서 노드들의 거리에 따른 에너지사용분포

Proposed protocol Energy consumption

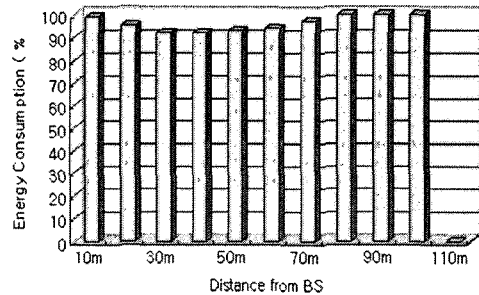


그림 9. 제안프로토콜의 센서 노드들의 거리에 따른 에너지사용분포

그림 8과 9는 시뮬레이터로부터 얻은 데이터 값을 평균하여 그래프화 한것으로 거리에 따른 에너지 소모율을 나타낸 것으로 그림 8은 거리가 60~100m 까지 즉, BS로부터 거리가 멀리 떨어진 노드는 에너지를 많이 소모하고 거리가 30m

참고문헌

- [1] I.F. Akyidz, W,Su, Y.Sankarasubramaniam, and E.Caurici,"A Survey in Sensor Networks", in IEEE Communicatio magazine, vol.40, No.8, pp. 102-114, August 2002..
- [2] K. Akkaya and M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," Ad hoc networks, vol. 3, no. 3, pp. 325-349, 2004.
- [3] J.N. Al-Karaki and A.E. Kamal "Routing techniques in wireless sensor networks : a survey," Wireless Communications, vol.11, issue 6, DEC.2004
- [4] G.J. Pottie and W.J. Kaiser, "Wireless Integrated Network Sensors." Communications of the ACM, vol. 43, no. 5,pp 51-58, MAY 2000.
- [5] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H.Balakrishnan,"An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensro Network," in IEEE Transactions on Wireless Communications, October 2002.
- [6] Muruganathan, s.d., et al., "A centralized energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks," IEEE Communications Magazine, vol. 43.pp. s8-s13, March 2005.
- [7] K.FALL and K.Varadhan. "ns Ntes and Documentation" The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC//ISI, and Xerox PARC, available from "http://www.isi.edu/nsnam/ns/", Dec 2003