

논문 2015-52-3-26

WSN에서 LEACH 프로토콜의 에너지 효율 향상에 관한 연구

(A Study on Improvement of Energy Efficiency for LEACH Protocol in WSN)

이 원 석*, 안 태 원*, 송 창 영*

(Won-Seok Lee, Tae-Won Ahn, and ChangYoung Song[Ⓢ])

요 약

저렴한 다수의 센서들로 구성되는 WSN(Wireless Sensor Network)은 운용 특성상 한 번 배치되면 전원의 교체가 불가능하기에 효율적인 에너지 관리는 중요한 문제이다. 에너지 효율성을 위한 방법 중 네트워크를 몇 개의 클러스터로 나누고 모든 센서들을 클러스터 헤드와 멤버 노드로 구분하는 클러스터링은 에너지 효율적인 WSN을 위한 매우 좋은 라우팅 기법이다. 최초의 클러스터 기반 라우팅 프로토콜인 LEACH는 정해진 확률에 따라 랜덤하게 클러스터 헤드를 선출한다. 하지만 선출된 헤드의 네트워크 내 분포가 적절하지 못 한 경우 클러스터 헤드들의 균일한 에너지 소비를 보장할 수 없고 이로 인해 시간에 따른 생존 노드 수 성능이 많이 감소할 수 있다. 이러한 점에 착안하여 논 본문에서는 클러스터 헤드 선택 시 모든 노드의 잔존 에너지를 비교한 뒤 최대 잔존 에너지를 갖는 노드를 헤드로 선택하는 방법을 제안한다. 노드 간 잔존 에너지 차이를 감소시켜 헤드였던 노드가 더욱 오랫동안 멤버 노드로서 역할을 할 수 있고 이로 인해 더욱 향상된 네트워크 생존 기간과 더 많은 데이터가 기지국으로 도착함을 확인할 수 있었다.

Abstract

Wireless sensor network(WSN) is made up of a lot of battery operated inexpensive sensors that, once deployed, can not be replaced. Therefore, energy efficiency of WSN is essential. Among the methods for energy efficiency of the network, clustering algorithms, which divide a WSN into multiple smaller clusters and separate all sensors into cluster heads and their associated member nodes, are very energy efficient routing technique. The first cluster-based routing protocol, LEACH, randomly elects the cluster heads in accordance with the probability. However, if the distribution of selected cluster heads is not good, uniform energy consumption of cluster heads is not guaranteed and it is possible to decrease the number of active nodes. Here we propose a new routing scheme that, by comparing the remaining energy of all nodes in a cluster, selects the maximum remaining energy node as a cluster head. Because of decrease in energy gap of nodes, the node that was a cluster head operates as a member node much over. As a result, the network lifespan is increased and more data arrives at base station.

Keywords : LEACH, WSN, Routing, Clustering, Energy Efficiency

I. 서 론

* 정회원, 동양미래대학교 전기전자통신공학부
(School of Electrical Engineering, DongYang Mirae University)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: scyiii@naver.com)

※ 본 연구는 2014년도 동양미래대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어졌음을 알려드립니다.

Received ; January 27, 2015 Revised ; February 11, 2015

Accepted ; March 3, 2015

무선 센서 네트워크(WSN)는 특정 지역에서 발생하는 정보를 모니터링 하는 많은 수의 센서 노드들로 이루어진다. 일반적으로 이러한 센서 노드는 감지, 데이터 처리 그리고 통신을 위한 아주 작은 하드웨어 장치로서 크게 처리 유닛, 감지 유닛, 통신 유닛 그리고 전력 유

닛으로 구성된다. 이러한 노드들은 감지한 정보들을 선택적으로 모아 최종사용자와 센서 노드들 사이에 위치하는 기지국(Base Station)이라 불리는 특정한 노드로 보내게 된다. 센서 노드들은 작은 크기, 가벼운 무게 그리고 저렴한 생산비용으로 특징지어 질 수 있는데 반면 이 때문에 에너지, 메모리 용량, 처리 속도 그리고 대역폭과 같은 부분에서 많은 제약을 갖게 된다^[1].

결국 이러한 제약으로 인해 센서 노드들 사이의 통신도 짧은 거리 그리고 높지 않은 데이터 처리 속도로 영향 받게 된다. 이와 같은 센서들은 핵발전소, 동식물의 생태 모니터링, 군사, 보안과 같은 다양한 분야와 실시간 응용 분야에서 사용되고 있다^[2].

센서들은 유용한 정보들을 모으고 싱크(sink)라 불리는 집중화된 노드로 정보를 전송한다. 기지국과 같은 싱크 노드는 다른 노드들의 질문과 같은 요청을 처리해야 한다. 센서 노드의 수가 많기에 아주 많은 데이터가 보고될 것이고 데이터 통신은 에너지 효율적인 방법으로 이루어져야 할 것이다. 이러한 상황에서 데이터 수집을 위한 중앙 집중화된 처리방법은 많은 단점을 갖는다. 기지국에 데이터 병목현상이 일어나 네트워크를 방해할 것이고, 할당된 대역폭의 효율적 사용도 어려우며, 모든 센서 노드들은 기지국과 통신을 위해 많은 에너지를 소비할 것이다. 이러한 관점에서 본다면 센서 노드들을 그룹화 하는 클러스터링 같은 분산화 된 데이터 수집 기법은 좋은 해결책이 될 수 있을 것이다.

필드에 뿌려진 많은 수의 센서들이 그룹화 된다면 데이터 중복과 같은 현상을 감소시키게 될 것이고 이러한 과정 전반을 클러스터의 헤드가 담당하도록 하는 것이다. 센서 노드들을 그룹화 하는 것은 분산된 환경에서 유용한 정보를 얻기 위한 매우 좋은 방법 중 하나인데 특히 수백 수천의 노드들이 필요한 환경에서 더욱 의미 있는 방법이며, 발신되는 전체 데이터를 요약하기 위한 데이터 통합 관점에서도 좋은 방법이다. 하지만 지금까지의 많은 연구들은 노드 클러스터링 혹은 데이터 클러스터링 하나에만 집중하고 있는 상태다. 노드 클러스터링은 클러스터 헤드를 정하고 노드들을 각각의 헤드들에게 할당하게 되는데 이는 매우 에너지 효율적인 레벨에서 수행되어야만 한다^[3].

반면 데이터 클러스터링은 수집된 데이터 중 유사한 데이터의 통합을 목적으로 한다. 헤드 선택 과정은 감지된 데이터의 유사성뿐 아니라 센서의 에너지 레벨 그

리고 부하 균형과 같은 설계 요소를 고려해야 한다. 결과적으로 각각의 헤드가 자신의 클러스터 그리고 다른 클러스터와의 통신에 대해서도 역할을 가지도록 하는 동시에 최적의 클러스터 수를 이끌어내야 하는 것이다.

본 논문에서는 WSN에서 사용되는 클러스터 기반 라우팅 프로토콜인 LEACH의 에너지 효율성과 서비스 품질의 향상을 위해 모든 센서 노드들의 고른 에너지 소비에 집중하였고 이를 통해 네트워크 생존시간을 증가시키는데 주목하였다. 즉 에너지 소비가 많은 클러스터 헤드와 상대적으로 에너지 소비가 적은 멤버 노드 사이의 에너지 편차를 줄여 처음 사망하는 노드의 시간을 늦춤으로 네트워크 수명 증가를 의도하였고 더욱 오래 생존한 센서들이 전송한 데이터로 인해 향상된 서비스 시간 및 품질을 얻고자 하였다.

본 논문은 II장에서 클러스터 기반 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)에 대해 논하고 III장에서는 제안하는 에너지 효율적인 라우팅 방법을 소개한다. IV장에서 제안한 방법의 성능을 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 클러스터 기반 라우팅 프로토콜

WSN이 갖는 여러 제한 사항 중 가장 큰 문제는 에너지 제한적이라는 점이다. WSN은 운용 특성상 센서 노드들이 해당지역에 뿌려지면 배터리의 충전이나 교체가 불가능하다. 결국 센서 노드의 생존시간이 배터리 수명에 전적으로 좌우된다는 의미이다. 센서 노드의 구조와 에너지 소비 파라미터들이 그림 1에 제시된다. 일반적으로 센서 노드의 에너지 소비는 크게 해당 지역

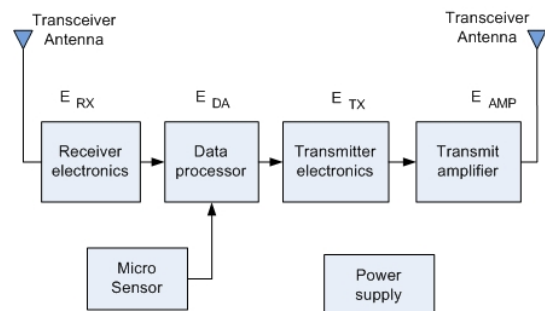


그림 1. 센서 노드의 구조와 에너지 소비 파라미터
Fig. 1. Major components and associated energy cost parameters of a sensor node.

표 1. WSN에서 사용되는 라우팅 프로토콜의 분류
Table 1. Routing protocols classification in WSN.

네트워크 구조	평면 라우팅 계층적 라우팅 위치 기반 라우팅
프로토콜 동작	쿼리 기반 라우팅 협상 기반 라우팅 다중 경로 라우팅 서비스품질 기반 라우팅

감지 및 감지한 데이터의 신호변환에 관련된 부분, 마이크로프로세서의 연산에 관련된 부분 그리고 센서 노드들 간의 통신에 관련된 부분으로 분류된다^[4].

WSN에서는 다른 동작들보다 통신에 따른 에너지 소비가 가장 크기에 에너지 효율적인 라우팅 방법에 많은 연구가 집중되고 있다^[5].

표 1에는 WSN에서 사용되는 라우팅 프로토콜을 네트워크 구조와 프로토콜 동작에 따라 분류한다. 이 중 계층적 라우팅 프로토콜은 가장 에너지 효율적인 방법으로 WSN의 주 연구 분야 중 하나이다. 센서 노드들을 클러스터로 나눈 뒤 그 내부에 클러스터 장과 클러스터 일원으로 계층화시키는 계층적 라우팅 프로토콜 즉 클러스터 기반 라우팅 프로토콜로는 LEACH, PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems), TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol), LEACH-C(Centralized) 등이 있다^[5-6].

2. LEACH 라우팅 프로토콜

LEACH는 WSN에 적용된 첫 번째 클러스터 기반 계층적 라우팅 기법이다. 그림 2에 제시된 것처럼 해당 지역에 뿌려진 수백에서 수천 개의 센서 노드들을 몇 개의 클러스터로 그룹화 한다. 각각의 클러스터는 헤드와 멤버 노드들로 구성된다. 헤드는 자신의 클러스터에 포함된 모든 멤버 노드들을 관리하며 멤버 노드들이 해당 지역을 감지 후 전송한 데이터를 융합하여 기지국으로 전송하는 역할을 한다. 멤버 노드들로부터 보내진 데이터를 병합해서 비교적 원거리에 위치한 기지국으로 전송해야 하기에 클러스터 헤드는 상대적으로 에너지 소비가 크다. 결국 모든 노드가 정해진 확률에 따라 클러스터 헤드 역할을 함으로서 헤드가 갖는 에너지 부담

을 공동으로 책임지는 방식이다^[7].

가. LEACH 프로토콜의 동작

LEACH의 동작은 라운드 단위로 이루어지며 매 라운드는 셋업과 안정 상태 단계로 나누어진다. 셋업 단계에서는 전체 네트워크가 클러스터 단위로 나누며 클러스터 헤드의 선택 및 선출된 클러스터 헤드의 공지 그리고 멤버 노드들의 전송 스케줄이 생성된다.

안정 상태 단계에서는 보고 받은 스케줄에 따라 멤버 노드들이 자신이 속한 클러스터 헤드로의 전송이 이루어지며 클러스터 헤드의 데이터 병합, 압축 그리고 이러한 데이터를 기지국으로 전송하는 과정이 포함된다.

셋업 과정에 포함된 클러스터 헤드 선택의 경우 모든 센서 노드들이 식 (1)에 제시되는 임계값 $T(n)$ 에 따라 클러스터 헤드를 선출하게 되며 이 임계값은 클러스터 헤드가 될 확률 p , 현재 라운드 r 그리고 G 로 표현되는 지난 $1/p$ 라운드 동안 클러스터 헤드가 아니었던 노드들의 집합에 기초하여 계산되는 값이다^[8-9].

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

헤드가 되기를 원하는 모든 센서 노드는 0과 1사이의 값을 선택해야 한다. 그래서 만약 이 랜덤 숫자가 임계값 $T(n)$ 보다 작다면 그 센서 노드가 해당 라운드에 클러스터 헤드가 되는 방식이다. 이 후 선출된 헤드들은 네트워크의 나머지 다른 노드들에게 자신의 선출됨을

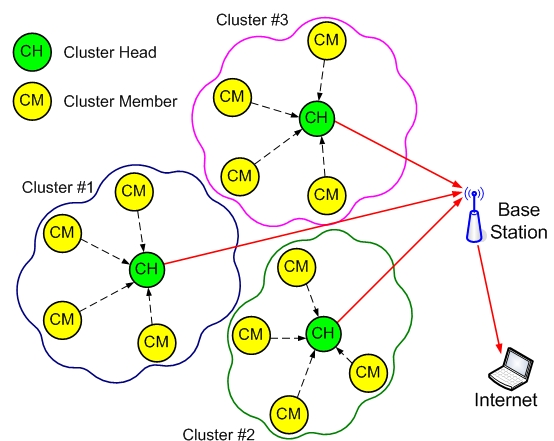


그림 2. LEACH 라우팅 프로토콜의 구조
Fig. 2. Structure of a LEACH routing protocol.

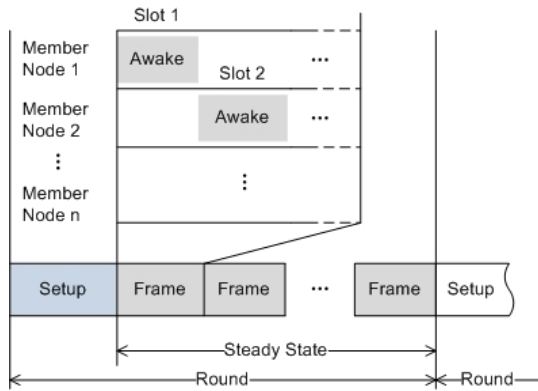


그림 3. LEACH 프로토콜의 라운드 구조
Fig. 3. One round Structure of a LEACH protocol.

알리는 메시지를 브로드캐스트하게 된다. 헤드가 아닌 노드들은 수신한 메시지의 신호강도를 바탕으로 자신이 속하게 될 클러스터를 결정한 후 자신이 포함되게 될 클러스터 헤드에게 참여 메시지를 보내게 된다. 클러스터 헤드는 도착한 참여 메시지를 바탕으로 TDMA 방식의 스케줄 즉 자신의 멤버 노드들이 감지한 데이터를 언제 보내야 하는지를 나타내는 시간표를 작성한 뒤 자신에게 속한 모든 멤버 노드들에게 이 스케줄을 전송하게 되는데 이로서 셋업 단계가 끝나게 된다.

안정 상태 단계의 동작은 멤버 노드들이 자신의 클러스터 헤드에게 감지한 데이터를 전송하는 시간 간격 즉 프레임으로 나누어진다. 멤버 노드들은 자신에게 할당된 전송 시간 동안 감지한 데이터를 클러스터 헤드에게 보내는데 많아야 프레임 당 한 번이다. 각 시간 슬롯 동안 멤버 노드가 보내는 데이터는 일정하며 그래서 한 프레임의 데이터를 보내는데 걸리는 시간은 각 클러스터에 있는 멤버 노드의 수에 좌우된다. LEACH에서 사용하는 라운드 시간이 그림 3에 제시된다^[1,9].

에너지 소모를 줄이기 위해 모든 멤버 노드들은 클러스터 헤드가 보낸 메시지의 신호강도를 바탕으로 전송 전력량을 조절하는 전력 제어 기법을 사용하며 자신에게 할당된 전송 시간이 아닌 경우 자신의 무선 전송 장치는 끄고 대기할 것이다. 반면 헤드는 자신의 멤버 노드들이 보낸 모든 데이터를 받기 위해 무선 수신 장치를 항상 켜 상태로 유지해야 한다. 더불어 클러스터 헤드는 모든 데이터가 수신되면 무선 신호들 사이에서 비간섭 잡음을 줄이기 위해 그리고 공통 신호의 품질을 향상시키기 위해 데이터 병합 과정을 거친 후 기지국으로 전송하게 된다.

나. LEACH 프로토콜의 단점

LEACH는 셋업 단계의 길이가 고정된 것이 아니기에 예기치 못한 충돌과 같은 상황은 셋업 단계의 지속 시간을 지나치게 길게 할 수 있고 이 때문에 감지 서비스가 중단될 수 있다. 즉 센서들의 밀집 정도에 좌우되는 셋업 단계 시간 동안 안정적이지 못한 경우가 발생할 수 있다^[2].

LEACH는 넓은 지역에서 각 센서들이 클러스터 헤드와 기지국으로 직접 데이터를 전송할 수 있는 단일 홉 라우팅을 사용하는 네트워크에 적용될 수 없다^[5].

클러스터 헤드의 선출이 랜덤하게 이루어지기에 LEACH는 헤드가 적절히 분포되었는지 그리고 각 클러스터 헤드들이 균일하게 에너지를 소비하는지에 대한 보장을 할 수 없다. 동적인 클러스터링 기법을 사용하기에 에너지 소비를 증가시키는 클러스터 헤드 교체나 자신이 헤드로 선출됨을 알리는 공지와 같은 추가적인 오버헤드가 발생한다.

LEACH에서 멤버 노드는 주변을 감지하고 헤드에게 감지한 데이터를 전송하는 역할을 한다. 반면 헤드는 멤버 노드들로부터 도착한 데이터를 병합하고 이를 기지국으로 보내는 역할을 하는데 이 때 소비되는 에너지가 멤버 노드에 비해 더욱 많다. 이러한 동작이 매 프레임마다 반복될 것이고 시간이 지날수록 헤드와 멤버 노드 사이의 잔존 에너지 격차는 더욱 커질 것이다.

LEACH의 라디오 전파 모델은 모든 센서 노드가 계속해서 주변을 감지하여 항상 헤드에게 전송할 데이터를 갖고 있음을 가정하는데 이는 이전에 감지된 데이터와 지금 감지한 데이터가 같은 경우에도 헤드에게 전송을 한다는 것이다. 즉 무의미하게 센서 노드의 에너지를 사용하며 상위 노드로 전송을 한다는 것이다^[10].

III. 에너지 효율성을 고려한 라우팅 기법

WSN에 사용되는 라우팅 프로토콜 중 필드에 뿌려진 센서들을 그룹으로 나누는 클러스터링 기법은 에너지 효율적인 방법이다. 클러스터 기반 라우팅 프로토콜인 LEACH에서 클러스터 헤드는 멤버 노드들에 비해 에너지 소비가 훨씬 크다. 결국 이러한 헤드의 큰 에너지 소비를 모든 노드가 정해진 확률에 따라 순환하며 부담하는 방식이다. 즉 클러스터 헤드의 선출이 확률에 따라 랜덤하게 이루어진다. 하지만 이는 클러스터 헤드들이

적절히 분포되었을 경우이나 좋은 방법이다.

임의의 센서 노드가 한 라운드 동안 클러스터 헤드로 선출되어 소비하는 에너지를 비교해보자. 기지국과 멀리 떨어진 곳에 있던 센서 노드가 헤드로 선출되어 한 라운드 동안 헤드 역할을 한 경우와 기지국과 근거리 위치에 위치한 센서 노드가 헤드가 된 경우를 생각해보면 해당 라운드 후 각 노드의 잔존 에너지는 큰 차이를 보이게 될 것이다. 즉 LEACH는 각 클러스터 헤드들이 동일한 에너지를 소비하는지에 대한 보장은 할 수 없다. 네트워크 초기에 헤드로 선출된 센서 노드의 위치가 필드의 가장 외곽에 위치한 경우 한 라운드 시간이 경과한 다음 이 노드의 잔존 에너지는 큰 폭으로 감소하게 될 것이고 해당 노드가 다시 멤버 노드로 편입되어 역할을 하더라도 해당 노드의 수명은 오래가지 못 하게 될 것이다. 이는 네트워크 내 최초로 사망하는 센서 노드의 시간이 아주 짧아지게 됨을 의미하며 결국 전체 네트워크 생존 시간도 감소하게 될 것이다.

또 한 WSN은 네트워크 특성상 소수의 고품질 센서가 수집한 고품질의 데이터를 이용하는 네트워크가 아니라 저렴하게 생산된 많은 수의 센서들이 전송하는 많은 양의 정보에 의존하는 네트워크이다. 즉 네트워크 구동 시간 동안 가능한 많은 수의 센서가 오랫동안 살아남아 주변을 감지해야 의미가 있는 것이다. 비록 전체 네트워크의 수명이 길다 하더라도 소수의 센서들만이 남아 데이터를 제공하는 시간이 길어진다면 서비스 품질 측면에서 바람직한 일이 아닐 것이다.

본 논문에서는 기존 LEACH의 에너지 효율성 증가에 따른 네트워크 수명 연장과 더욱 긴 시간 동안 네트워크의 서비스 품질 향상을 위해 매 라운드의 전송이 끝난 후 모든 센서 노드의 잔존 에너지를 비교한 뒤 그 중 최대의 에너지를 갖는 노드를 클러스터 헤드로 선출하는 방법을 제안한다. 각 라운드 시간을 마친 후 모든 노드의 에너지 레벨은 여러 가지 이유로 인해 모두 다양해질 것이다. 매 라운드 마다 모든 노드의 잔존 에너지를 비교하여 클러스터 헤드를 선출하고 이전 라운드에서 헤드였던 노드는 다시 멤버 노드로 편입되어 역할을 하게 된다. 즉 이전에 헤드였던 노드도 죽지 않고 생존하며 주변 감지 역할을 하게 되어 네트워크 서비스 품질 역시 네트워크 사망까지 더 많은 수의 멤버 노드가 생존하게 되므로 향상될 것이다. 그림 4에 제안한 방법의 순서도를 제시한다.

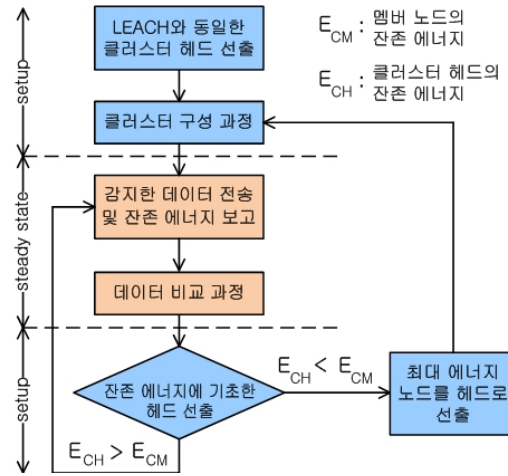


그림 4. 제안한 기법의 동작
Fig. 4. Operation of the proposed scheme.

네트워크 구동 시작 시에는 LEACH와 동일하게 랜덤하게 헤드를 선출한다. 에너지 제약이 없는 기지국이 모든 센서 노드의 레벨을 계속해서 감지하며 매 라운드 후 센서 노드들의 에너지 레벨은 변화할 것이다. 에너지 레벨 비교를 통해 임의의 클러스터에서 가장 높은 잔존 에너지를 갖는 노드가 자동적으로 클러스터 헤드가 될 우선순위를 갖는 것이다. 이 때 만일 헤드의 잔존 에너지가 다른 노드들의 잔존 에너지 보다 크다면 변화 없이 이전 라운드의 클러스터 헤드가 계속해서 역할을 수행할 것이고 그렇지 않은 경우 클러스터 내에서 가장 높은 잔존 에너지를 갖는 노드가 새로운 헤드로 선출되는 것이다. 더불어 멤버 노드의 에너지 효율성 증가와 관심 있는 데이터만을 감지하기 위해 비교 기법을 추가 하여 네트워크 사망 시까지 반복되게 하였다.

IV. 성능 분석

이번 장에서는 WSN 최초로 클러스터링 기법을 적용한 LEACH 프로토콜에 본 논문에서 제안하는 기법을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 첫 번째 사망하는 노드의 시간을 가늠할 수 있는 시간에 따른 생존 노드 수 그리고 네트워크의 서비스 품질을 파악할 수 있는 시간에 따라 기지국에 도착한 데이터 등을 평가 기준으로 선택하여 제안한 방법의 성능을 LEACH와 비교 분석 하고자 하였다.

1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 LEACH extension과 NS2 시뮬레이터를 사용하였다^[11~12]. 면적 $100m \times 100m$ 의 영역에 무작위로 분포된 100개의 센서 노드들 그리고 이미 정해진 위치를 갖는 기지국으로 이루어진 무선 센서 네트워크를 가정하였다. 표 2에 제시된 것처럼 클러스터 헤드 선택 과정, 클러스터 구성 과정 그리고 기타 제반 사항에 따른 파라미터들은 LEACH가 라디오 전파 모델에서 사용한 에너지 파라미터와 TEEN에서 사용한 환경 변수를 그대로 사용하였다^[6, 9].

멤버 노드의 에너지 절약을 위한 데이터 비교 기법 적용 시 비교 분석을 위해 필요한 에너지 소비는 매우 작다 판단하여 무시하고 시뮬레이션을 실행하였으며 랜덤하게 온도가 변화하는 상황이기에 시뮬레이션을 여러 번 반복 수행함으로써 편차를 줄이고 균형 잡힌 결과를 얻고자 하였다^[8].

표 2. 시뮬레이션 환경 변수
Table 2. Simulation parameters.

Parameter	Value
E_{elec}	50nJ/bit
노드 초기 에너지	2J
E_{DA}	5nJ/bit
E_{amp}	100pJ/bit/m ²
E_{fs}	10pJ/bit/m ²
E_{mp}	0.0013pJ/bit/m ⁴
기지국 위치	(50, 175)

2. 시뮬레이션 결과 분석

기존 LEACH 프로토콜과 본 논문에서 제안한 방법을 적용한 수정된 LEACH에 대해 각각 시간에 따른 생존 노드 수 시뮬레이션을 실행하였다. 그림 5에 제시된 것처럼 기존 LEACH에 비해 제안한 기법을 적용한 경우 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 제안한 방법에 따라 노드 간 에너지 비교 과정을 거친 뒤 최대 잔존 에너지를 갖는 노드가 클러스터 헤드로 선출되기에 에너지 소비가 많은 헤드 역할 마친 후에도 헤드와 멤버 노드 간 에너지 격차가 최소화 될 것이다. 이로 인해 시간에 따른 생존 노드 수가 증가하였고 제일 먼저 사망하는 노드의 시간을 더욱 지연시킬 수 있었다. 더불어

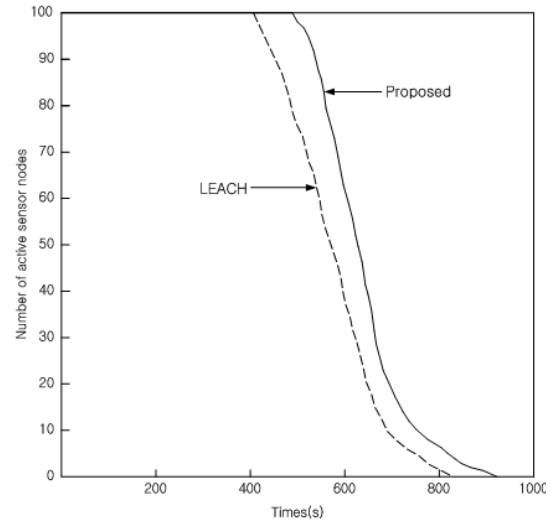


그림 5. 생존 센서 노드 수
Fig. 5. Number of active sensor nodes.

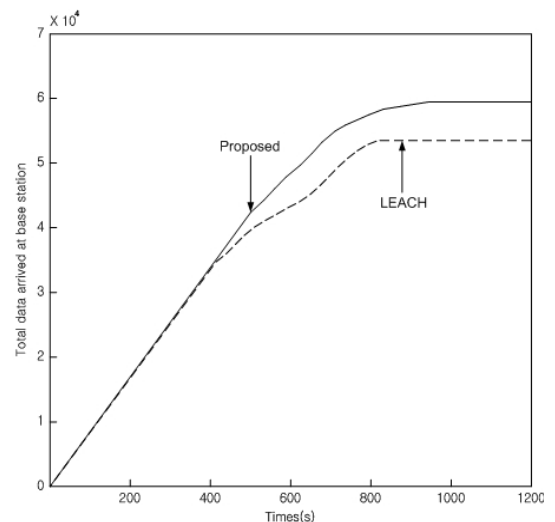


그림 6. 기지국 도착 데이터
Fig. 6. Total data arrived at base station.

이는 기존 LEACH에 비해 같은 시간대에 더 많은 센서 노드가 살아남게 되어 네트워크 서비스 품질에도 향상이 있음을 의미 한다고 볼 수 있다.

그림 6에 나타난 기지국에 도착한 데이터 역시 기존 LEACH와 비교하여 더욱 증가하였음을 확인할 수 있다. 노드 간 에너지 비교 과정을 통해 모든 센서 노드들의 에너지 격차를 줄임으로서 헤드 역할을 했던 노드들의 사망시간을 조금이라도 지연시켜 해당 노드들이 멤버 노드로 전환된 뒤에도 더욱 긴 시간 멤버 노드로서의 역할을 하도록 한 것이 같은 시간대에 더욱 많은 데이터 도착의 주된 이유일 것이다. 이는 네트워크의 서

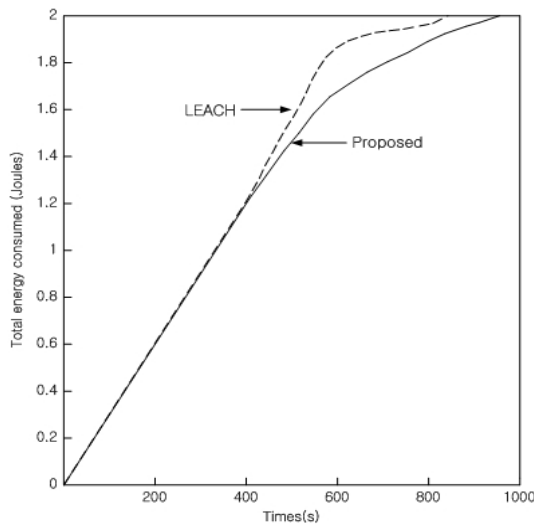


그림 7. 전체 에너지 소비량
Fig. 7. Total energy consumed.

비스 품질을 나타내는 직접적인 지표로 다수의 센서가 보내는 많은 양의 데이터에 의존하는 WSN에서 개선이 이루어졌음을 나타낼 것이다.

시간에 따른 각 노드의 평균적인 에너지 소비량이 그림 7에 제시된다. 네트워크 구동 중후반까지는 기존 LEACH에 비해 향상된 성능이 확인 되지만 후반부로 갈수록 그 차이가 좁혀짐을 확인할 수 있다. 이는 본 논문에서 제안한 방법이 헤드 역할을 했던 노드의 에너지 소비 그 자체를 감소시키는 것이 아니라 필드에 뿌려진 모든 센서 노드 사이의 에너지 격차를 줄여 첫 번째로 사망하는 노드의 시간을 지연시키고 이로 인해 전체 네트워크의 생존시간과 서비스 품질을 높이고자 한데서 그 이유를 찾을 수 있다. 하지만 현실적으로는 시뮬레이션에서 설정한 100개 보다 더욱 많은 수백에서 수천 개의 센서가 필드에 뿌려진다는 점을 감안하면 기존 LEACH에 비해 제안한 방법이 평균 에너지 소비량 측면에서도 더욱 에너지 효율적이라 할 수 있다.

V. 결 론

클러스터링 기법을 사용하는 LEACH는 매 라운드마다 확률에 따라 무작위로 클러스터 헤드를 선출한다. 하지만 선출된 헤드의 배치가 적절하지 못 한 경우 헤드들의 균일한 에너지 소비를 보장할 수 없다. 즉 헤드였던 노드의 에너지 소비가 커져 첫 노드의 사망 시간이 매우 빨라질 수 있고 이로 인해 서비스 품질도 떨어

질 수 있다. 이러한 점에 착안하여 본 논문에서는 각 노드의 잔존 에너지를 기반으로 헤드를 선출하는 방법을 제안하였다. 모든 노드 간 잔존 에너지 차이를 좁혀 첫 노드 사망 시간을 지연 시킬 수 있었다. 다수의 센서가 제공하는 다수의 정보를 이용하는 WSN 특성 상 더 많은 센서 노드가 더욱 오래 생존하는 제안한 방법이 기존 LEACH에 비해 에너지 효율적이고 더욱 긴 시간 동안 서비스 품질을 유지할 수 있는 방법일 것이다.

REFERENCES

- [1] K. Shivanna and Shalini Kumari H A, "Energy Efficient Data Mining in Multi-Feature Sensor Networks Using Improved Leach Communication Protocol," IOSR Journal of Computer Engineering, Vol. 3, Issue 3, pp. 8-11, Aug. 2012.
- [2] J. Gnanambigai, N. Rengarajan and K. Anbukarasi, "Leach and Its Descendant Protocols: A Survey," International Journal of Communication and Computer Technologies, Vol. 1, No. 3, Issue 2, pp. 15-21, Sep. 2012.
- [3] M. Shanthi and E. RamaDevi, "A Cluster Based Routing Protocol in Wireless Sensor Network for Energy Consumption," International Journal of Advanced Networking and Applications, Vol. 5, Issue 4, pp. 2015-2020, Mar. 2014.
- [4] A. Koucheryavy, A. Salim and W. Osamy, "Enhanced LEACH Protocol for Wireless Sensor Networks," St. Petersburg University of Telecommunication, 2009.
- [5] A. Diop, Y. Qi, Q. Wang and S. Hussain, "An Advanced Survey on Secure Energy-Efficient Hierarchical Routing Protocols in Wireless Sensor Networks," International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, pp. 490, Jan. 2013.
- [6] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "TEEN: A Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. of the 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, San Francisco, April 2001.
- [7] K. S. Chung, W. S. Lee and C. Y. Song, "An Energy Efficient Clustering Scheme for WSNs," Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 50, No. 4, pp.

- 252-258, April 2013.
- [8] C. Y. Song, S. W. Lee, S. S. Cho, S. I. Kim, Y. J. Won and J. G. Kang, "A Routing Method Considering Sensed Data in Wireless Sensor Networks," *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 47-IE, No. 1, pp. 41-47, March 2010.
- [9] W. B. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, Oct. 2002.
- [10] C. Y. Song, S. I. Kim, Y. J. Won and Y. J. Chung, "An Energy Efficient Routing Scheme for Cluster-based WSNs," *Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 47-IE, No. 3, pp. 41-46, Sep. 2010.
- [11] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "*uAMPS ns Code Extensions*," LEACH Algorithm Code, http://www.mtl.mit.edu/researchgroups/icsystems/uamps/research/leach/leach_code.shtml
- [12] UCB/LBNL/VINT. "*Network Simulator-ns*," <http://www.mash.cs.berkeley.edu/ns>

— 저 자 소 개 —

이 원 석(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 51권 제 9 호 참조

안 태 원(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 51권 제 9 호 참조

송 창 영(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 50권 제 4 호 참조