DOI: 10.3745/KIPSTC.2010.17C.2.189

무선 센서 네트워크에서 QoS 보장을 위한 클러스터링 및 라우팅 알고리즘

김 수 범[†] · 김 성 천[††]

요 약

기존의 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기법을 제안한 LEACH는 데이터 전송에 있어서 플러딩 방식을 탈피, 효율적으로 에너지를 소비하여 네트워크의 통신량을 증가 시키는데 성공하였다. 또한 무선 센서 네트워크에서 QoS 기반의 제한적인 플러딩 방식을 제안한 기법도, 라우팅 경로 설정에 참여하는 노드의 숫자를 줄여, 에너지 소모를 줄이는데 성공하였다. 하지만 데이터 전송 시, 비교적 적은 홉 수의 라우팅 경로를 선호하였고, 이는 에너지 사용량을 증대시켜 전체 네트워크 성능 저하를 유발하였다. 따라서 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 QoS (Quality of Service) 기반의 에너지 효율적인 클러스터링과 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 무선 센서 네트워크 관련 연구 분야에서 가장 중요한 이슈인 에너지 효율에 기반을 두어, 데이터 패킷의 종류를 두 종류 (class 1, class 2)로 나누어 차별화된 서비스를 제공하는 기법을 제안하였다. NS-2를 사용하여 실험한 결과, 기존의 기법보다 노드의 평균 생존 시간을 약 2.47배 증가 시키고 class 1 데이터 패킷의 경우 약 312%, class 2 데이터 패킷의 경우 약 61%의 통신량을 증가시켰다.

키워드 : 센서 네트워크, 클러스터, 경로 설정

Clustering and Routing Algorithm for QoS Guarantee in Wireless Sensor Networks

Kim Soo-Bum[†] · Kim Sung-Chun[††]

ABSTRACT

The LEACH does not use flooding method for data transmission and this makes low power consumption. So performance of the WSN is increased. On the other hand, QoS based algorithm which use restricted flooding method in WSN also achieves low power consuming rate by reducing the number of nodes that are participated in routing path selection. But when the data is delivered to the sink node, the LEACH choose a routing path which has a small hop count. And it leads that the performance of the entire network is worse. In the paper we propose a QoS based energy efficient clustering and routing algorithm in WSN. I classify the type of packet with two classes, based on the energy efficiency that is the most important issue in WSN. We provide the differentiated services according to the different type of packet. Simulation results evaluated by the NS-2 show that proposed algorithm extended the network lifetime 2.47 times at average. And each of the case in the class 1 and class 2 data packet, the throughput is improved 312% and 61% each.

Keywords : Sensor Networks, Cluster, Routing

1. 서 론

무선 센서 네트워크란 센서 노드들이 하나의 네트워크를 구성하고 감지 기능을 통하여 동작하는 것을 말한다. 이는 압력, 기온, 습도와 같이 변화하는 주변 환경의 정보를 수집, 전송 및 처리하거나 이웃 노드로부터 받은 정보를 다른 노드에게 전송, 라우팅 하는 역할을 수행한다. 또 무선 센서들은 접근이 쉽지 않은 곳에 설치되므로 크기가 작고 무게가 가벼워야 하며 배터리의 수명이 장기간 유지되어야 한다. 센서 네트워크는 값싸고 작은 센서 노드를 특정한 환경에 무작위로 설치 한 다음 센서 노드들끼리 데이터 송수신을 통해 스스로 네트워크를 구축하여 동작한다. 센서 노드는 제한적인 배터리 전력에 따라 한정된 에너지 자원을 가지고 동작해야 하며, 이 때문에 최소한의 기능만을 수행하는 것이 바람직하다.

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0075881).
† 준 회 원 : 서강대학교 컴퓨터공학과 공학석사
†† 정 회 원 : 서강대학교 컴퓨터학과 교수
논문접수 : 2009년 4월 3일
수 정 일 : 1차 2009년 8월 11일, 2차 2009년 9월 30일
심사완료 : 2009년 9월 30일

위와 같은 특징 때문에 기존의 무선 네트워크 환경에서 주로 사용되던 방식들은 센서 네트워크에 적용하기 부적합하다. 따라서 최근의 많은 센서 네트워크의 연구들은 각각의 노드에서의 에너지 효율을 향상시키고 네트워크의 전체 수명을 연장시키는데 주안점을 두고 있다.

최근 무선 센서 네트워크에서 감지된 데이터를 딜레이에 따라 두 종류로 나뉘어 차별화된 서비스를 제공하는 QoS 관련 연구도 진행되고 있다.[1] 기존의 센서 네트워크에 클러스터를 구성하여 클러스터 헤드를 선출하고[2, 3] Data Fusion 이나 Data Aggregation을 통해 클러스터 헤드 노드와 싱크 노드간의 통신을 통해 센서 네트워크에서 통신량을 줄이고자 하는 분야[4, 5] 그리고 각 센서 노드들 간에 데이터 전송을 위해 라우팅을 효율적으로 수행하기 위한 분야[6-8]에서 연구가 진행되어 왔다.

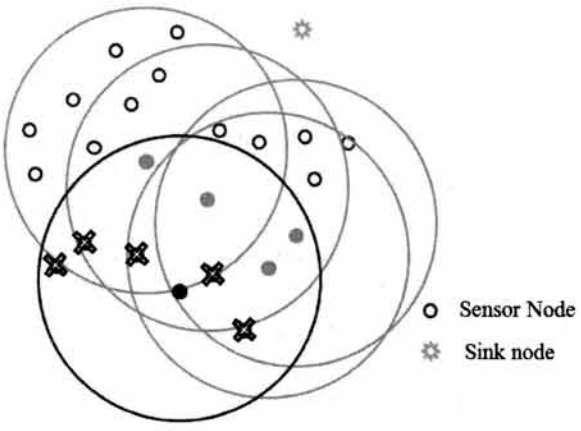
본 논문에서는 로드 밸런싱을 통한 전체 네트워크의 에너지 효율을 높이기 위한 멀티 홉 기반의 클러스터링 라우팅 알고리즘을 제시한다. 효율적인 클러스터의 구성을 통해 노드들의 에너지 소비를 줄이고 클러스터 헤드 노드들 간의 라우팅 경로를 통신에 필요한 에너지양을 기준으로 설정하여 통신에 소비되는 에너지양을 줄이고자 한다. 또한 데이터 패킷을 두 종류로 나눠 차별화된 서비스를 제공하는 QoS 기법을 제안하고자 한다.

2. AOMDV

2.1 센서 네트워크에서의 QoS (Quality of Service) 기법

센서 네트워크에서 전송되는 데이터의 종류는 크게 두 종류 (class 1, 2)로 나눌 수 있다. 감지되는 데이터의 특성에 따라 이를 구분하게 되는데, class 1 데이터 패킷의 경우 딜레이를 최소화하여 가능한 빠르게 싱크노드로의 전송이 필요하다. 반면에 class 2 데이터 패킷은, class 1에 비하여 비교적 딜레이에 덜 민감하다. 이는 각기 다른 데이터의 전송 기법을 통해 전송된다.

각각의 센서 노드들은 싱크 노드까지 자신의 최대 전력으로 전송에 필요한 딜레이를 저장하고 있다. 이를 통해서 class 1 패킷을 송수신 할 경우 패킷에 지정된 딜레이 값을 보고 노드 자신이 지정된 시간 안에 싱크 노드로 전송이 가능할 경우에만 전송을 하게 된다. 이는 단순히 플러딩 방식을 통해서 모든 노드가 통신에 참여하는 방식보다는 네트워크 전체 전력을 덜 소비 할 수는 있는 방식이다. 하지만 노드의 숫자가 많아질수록 네트워크 전력소비를 가중시키게 되고 이는 전체 네트워크 생존시간에 치명적인 영향을 준다.

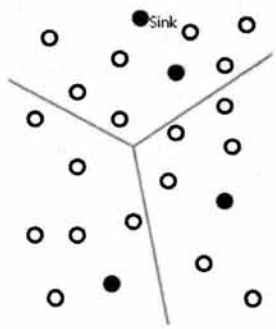


(그림 1) QoS 기반의 class 1 데이터 전송 방식

2.2 클러스터링 기법

Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy 기법[2]은 클러스터링 기반 라우팅 기법으로 클러스터를 구성한 이후에 클러스터 헤드를 선출하고 클러스터 내의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 "데이터 퓨전"을 한 데이터를 싱크 노드로 전달한다. 클러스터 헤드는 "데이터 퓨전"과 싱크 노드로의 데이터 전송과 같은 에너지 소모가 큰 작업을 하기 때문에 클러스터 내의 멤버 노드들에 비해 에너지 소모가 많다. 그렇기 때문에 이 기법에서는 네트워크 내의 모든 센서 노드들의 에너지 소모를 골고루 분산시키기 위해서 클러스터 헤드를 무작위로 선출한다.

무작위로 선출하는 방식은 확률적인 방법을 통해서 한번 클러스터 헤드에 선출된 노드는 제외한 채 나머지 노드들 중에서 클러스터 헤드를 선출하는 것이다. "데이터 퓨전"은 싱크 노드로의 데이터 전송의 횟수가 많아질수록 오버헤드가 커지기 때문이 이를 줄이기 위해서 동작하는 것이다. 그래서 LEACH의 동작은 라운드라는 작은 시간 단위로 이루어지는데, 각각의 노드는 자신에게 할당된 타임 슬롯일 때만 데이터를 클러스터 헤드로 전송할 수 있다. 하지만 이 기법에서의 클러스터 헤드를 선출하는 방식은 비효율적이다. 확률적으로 무작위로 선출하기 때문에 클러스터 헤드가 한 곳으로 편중될 수 있는 관계로 효율적인 클러스터링이 되지 못한다.



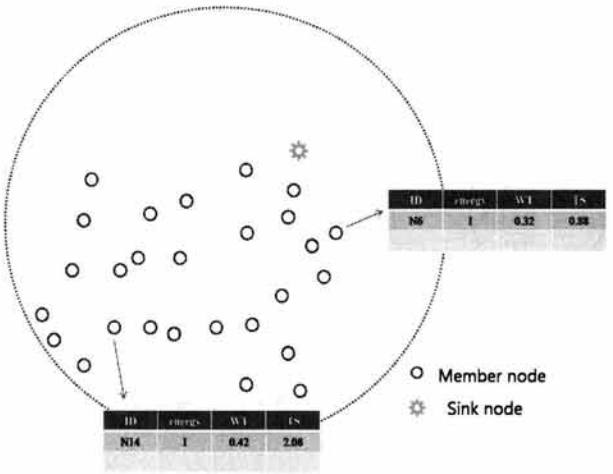
(그림 2) LEACH 클러스터링 방식

3. 제안 기법

3.1 제안 기법의 동작 기술

3.1.1 클러스터링을 위한 시스템 초기화

무선 센서 네트워크의 시스템이 초기화 되면 BS는 센서



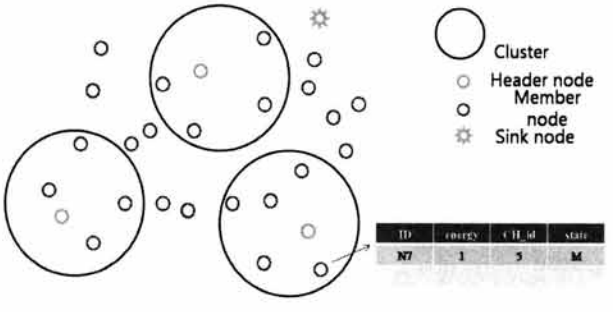
(그림 3) 클러스터링 초기화 과정 (TS와 WT 값 부여)

네트워크의 모든 노드들이 동시에 클러스터링을 시작할 수 있도록 동기를 맞추어 주는 메시지를 보낸다. 그리고 BS는 시스템 초기화 패킷을 각 노드에게 브로드캐스팅 한다. 이를 받은 각 노드는 BS가 보낸 첫 패킷을 받은 시각을 노드의 TS (Time-Stamp) 필드에 저장하게 된다. 이는 각 노드가 BS와의 거리를 나타내는 척도가 된다. 또한, BS는 클러스터를 구성하는데 필요한 일정 시간을 정해 그 시간 범위 안에서 각 노드들이 무작위로 waiting time을 부여받을 수 있도록 한다.

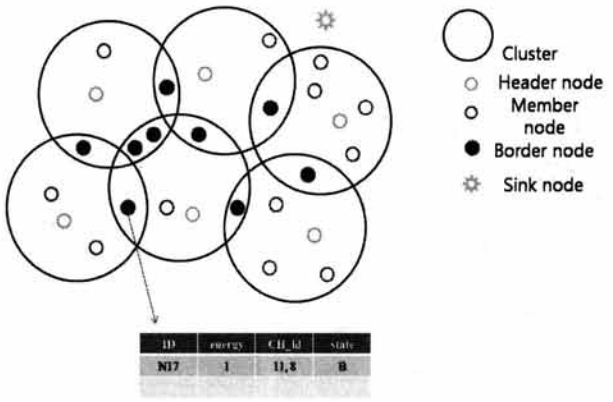
3.1.2 클러스터 구성

초기화 과정을 마치고 나면 각각의 노드는 자신의 waiting time을 줄여나가다가 자신의 waiting time이 0이 되면 해당 노드는 자신을 CH로 만들어 준 후, 주변 노드에게 Hello 메시지를 보낸다. CH로부터 메시지를 받은 initial 상태의 노드는 자신이 클러스터의 멤버가 되어야 하는 것을 알게 되고, 메시지를 보낸 CH의 정보를 저장한다. 그리고 CH에게 자신의 정보 보낸 후, 자신의 상태를 M (cluster_member) 상태로 만들어준다.

상태가 바뀐 노드는 CH 이외의 이웃 노드들에게 CH에서 받은 Hello 메시지를 브로드 캐스팅 해 준다. 이 메시지를 받은 노드 중 initial 상태의 노드는 자신이 아무런 클러스터에 포함되지 않았으므로 이 메시지를 처음 보낸 CH의 클러스터에 포함되는 과정을 거치게 된다. 그리고 중간 노드들의 경로와 자신의 정보를 포함한 데이터를 CH에게 보내준다.



(그림 4) 클러스터 헤드 선출



(그림 5) 클러스터링의 완료

M (Cluster_member) 노드가 다른 노드로부터 메시지를 받았을 때, 만약 그 메시지를 보낸 CH가 자신이 속한 클러스터의 CH와 같다면 아무런 동작을 취하지 않는다. 하지만 다른 클러스터에서 보낸 메시지를 받게 되면 해당 노드는 자신의 상태를 B (border) 상태로 바꿔준다. B (Border) 상태인 노드는 CH의 정보와 해당 메시지를 보내온 이웃 노드의 정보를 테이블에 저장한다.

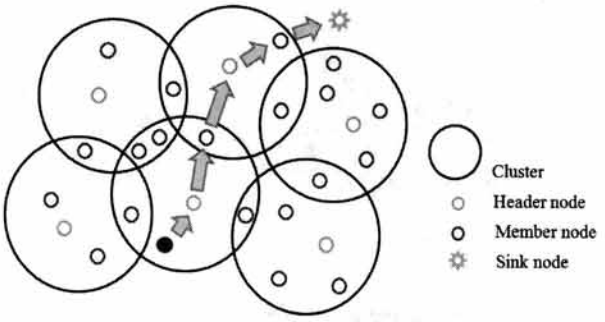
해당 클러스터의 CH에서 클러스터링을 종료하라는 메시지가 오기 전까지 M (Cluster_member) 노드는 계속해서 Hello 메시지를 전송하여 클러스터를 확장하는 단계를 반복하게 된다. 클러스터에 노드가 추가될 때 마다 해당 클러스터의 CH에게 메시지를 전송하게 되어 있기 때문에, CH는 자신의 클러스터에 포함된 노드의 정보를 모두 수집하게 된다. 만일 클러스터 내의 노드의 수가 처음 정했던 threshold 값을 넘게 되면 CH는 자신의 멤버 노드들에게 hello 메시지 전송을 중단하게 하여 클러스터의 확장을 멈추게 한다.

이러한 방식은 LEACH와 같은 방식에서 발생하는 CH가 자신의 노드들과 직접 통신하지 못하게 되는 문제나 모든 노드들의 위치 정보를 알기 위해 수행해야 하는 복잡한 과정을 필요로 하지 않는다. 또 각 노드의 남은 에너지 량과 이웃 노드와 연결된 링크의 수, 비용을 고려하여 CH가 선정될 수 있도록 waiting time을 부여하여 효율적인 CH 선출을 할 수 있도록 한다.

3.2 경로 설정

클러스터의 구성을 마치고 나면, 각 클러스터는 클러스터 헤드를 중심으로 데이터 전송을 위한 라우팅 과정을 거치게 된다. 클러스터 헤드는 클러스터 안에서 감지되어진 데이터를 수집하게 되고 이를 다음 클러스터로 전송하게 되고 최종적으로 BS으로 전송하는 단계를 거친다. 먼저 전체 센서 네트워크의 노드가 감지한 데이터를 BS로 전송하기 위해 자신의 클러스터 헤드에게 전송한다.

이 데이터를 받은 클러스터 헤드는 먼저 자신의 클러스터 안에 BS이 있는지 파악한다. BS가 있을 경우 바로 BS로



(그림 6) class 2 데이터의 라우팅 경로 설정

전송을 하게 되고 그렇지 않다면 다른 클러스터로 데이터를 전송하게 되는데, 이때 전송에 필요한 중간 노드를 선택한다. 이를 선택하는데 고려하는 사항은 두 가지 이다. 첫째는 노드의 에너지 잔량이고, 둘째는 BS와의 거리 즉 TS 값이다. 클러스터 멤버 노드로부터 데이터를 전송받은 헤드 노드는 다음과 같은 수식을 통해 라우팅 경로를 선택한다. (식 1)은 class 2 데이터 패킷을 위한 라우팅 경로 선택 수식을 나타낸다.

$$[(1-\alpha)\times(1-\frac{TS_{MEM}}{TS_M})]+[\alpha\times(\frac{E_{MEM}}{E_M})] \qquad \text{(식 1)}$$

첫 번째 대괄호 안은 TS 값 즉, 얼마만큼 중간 노드가 BS에 가까운지를 수치로 나타낸다. 여기서 TS_M은 전체 노드 중에서 TS값이 가장 큰 값 즉 BS와 가장 먼 노드의 TS 값을 의미한다. 즉 TS_{MEM}값이 작을수록 첫 번째 대괄호 안의 값이 커지게 된다.

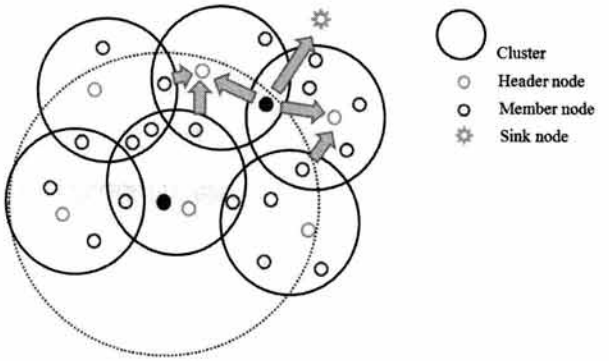
두 번째 대괄호 안은 노드의 잔량 에너지 값이다. E_M은 노드의 최대 에너지 값이고, E_{MEM}은 현재 노드에 잔존하는 에너지 값이다. 잔존하는 에너지의 양이 많을수록 두 번째 대괄호 안의 값이 커지게 된다.

클러스터 구성이 완료된 직후에는 노드가 에너지를 고르게 가지고 있기 때문에, 수식의 두 번째 필드의 값보다는 노드의 위치 정보를 나타내는 첫 번째 필드 즉, TS값에 의해서 라우팅 경로를 설정하는 것이 효과적이다. 성능 평가 부분에서는 α값을 0.5로 설정하였다.

위와 같이 클러스터 헤드가 전송에 필요한 중간 노드를 선택하여 전송을 하면 이 데이터를 받은 중간 노드는 자신이 속한 다른 클러스터 헤드로 전송을 한다. 이를 받은 클러스터 헤드는 위와 같은 과정을 반복하게 되고 결국 에너지와 위치 정보를 고려하여 가장 효율적인 라우팅 경로를 통해 전송 한다.

3.3 QoS (Quality of Service) 기반의 class 1 데이터 전송 기법

빠른 전송이 요구되는 데이터 즉, class 1 데이터 패킷의 경우 class 2 데이터 패킷의 라우팅 알고리즘을 사용할 수 없다. 지정된 딜레이 안에 BS까지 전송이 요구되는데 멀티 홉을 거쳐 전송이 되는 위의 알고리즘은 딜레이가 크기 때문이다.



(그림 7) class 1 데이터의 라우팅 경로 설정

이러한 이유 때문에 기존의 class 1 데이터 패킷의 전송에 관한 연구는 노드가 가진 최대 전파 세기로 전송을 시도하여 홉 수를 최소화 하는데 주안점을 두었다. 하지만 이 방식의 경우 라우팅 알고리즘이 플러딩 방식을 채택하고 있다. 이는 모든 노드가 최대 전력으로 라우팅 경로를 탐색하게 되는데 이는 네트워크 전체 전력에 치명적인 영향을 끼치게 된다. 따라서 지정된 딜레이 안에 데이터를 전송하여야 하고, 네트워크 전체의 에너지 소모를 최소화 하는 방식이 필요하다. 본 논문은 이를 class 2 데이터 패킷의 전송을 위해 구축한 클러스터를 이용하여 해결하고자 한다.

먼저 class 1 데이터 패킷이 발생할 경우 해당 노드는 최대 전력으로 패킷을 브로드 캐스팅 한다. 이를 받은 모든 노드들은 또다시 최대 전력으로 전송하는 것이 아니라 (플러딩 방식), 패킷의 정보를 클러스터 헤드로 보낸다. 이렇게 헤드로 보내진 정보는 한 클러스터 안에서 노드의 위치 정보(TS)와 잔량 에너지를 기반으로 클러스터 당 가장 안정적인 하나의 노드를 중간 노드로 선정하여 데이터를 전송한다. 클러스터 안에서 중간 노드를 선택하는 수식은 다음과 같다.

$$[(1-\beta)\times(1-\frac{TS_{MEM}}{TS_M})]+[\beta\times(\frac{E_{MEM}}{E_M})] \qquad \text{(식 2)}$$

빠른 전송이 요구되는 class 1 데이터 패킷의 경우, 한 클러스터 안에서 최대한 BS와 거리가 가까운 노드를 선택하여야 하며 전송에 에너지 소모가 크기 때문에 에너지 잔량이 큰 노드를 선택하는 것이 바람직하다. 따라서 β값을 0.5로 설정하여 성능을 평가하였다.

4. 시뮬레이션

4장에서는 NS-2 (Network Simulator 2) 시뮬레이터를 이용하여 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 평가해 본다. 무선 센서 네트워크의 시뮬레이션은 NS-2 Ver 2.31의 AODV소스를 기반으로 사용하였고, 제안 기법은 그 소스를 수정하여 실험하였다.

4.1 성능 평가 모델

각각의 실험은 10번씩 시뮬레이션을 수행하여 그 평균값을 사용하였다. 또한 class 1과 class 2 데이터는 약 2:8의 비율로 발생시켰다. QoS and energy aware routing[1] 기법과 LEACH[2] 기법을 통해 각각 class 1, class 2 데이터 패킷을 처리하도록 설계하였다. 본 논문에서 성능 평가를 위하여 크게 2가지 실험을 하였다. 첫 번째는 일반적인 환경에서 기존의 기법과 성능을 비교하였고, 두 번째는 무선 센서 네트워크 노드가 BS를 기준으로 집적되는 정도를 높이면서 실험하였다. 이는 어떠한 환경에서 제안기법이 가장 좋은 성능을 나타내는지 알아보기 위함이다.

각 실험의 평가 기준은 다음과 같다. 노드의 평균 에너지 잔량, class 1과 class 2 데이터 패킷의 총 통신량, 노드 집적도에 따른 통신량의 변화이다. 노드의 평균 에너지 잔량은 각 노드가 시간이 흐름에 따라 에너지의 변화량을 측정하여, 전체 센서 네트워크가 얼마만큼 오래 그 기능을 수행할 수 있는 지를 측정하는 지표이다. class 1과 class 2 데이터 패킷의 각각의 총 통신량은 네트워크가 생존 시간동안 얼마나 많은 데이터를 전송하였는지 측정하는 지표이다. 마지막으로 노드 집적도에 따른 통신량의 변화는 BS에 노드의 분포 량의 변화에 따라 네트워크의 총 통신량을 측정하는 지표이다.

〈표 1〉 무선 센서 네트워크 노드 환경

MAC Protocol	Mac / 802_15_4
Traffic Pattern	CBR
Size of data packet	70 Bytes
Interface queue type	Drop-Tail, Priority Queue
Initial Energy	1 J

〈표 2〉 성능 평가 환경

Simulation Area	50m X 50m
Number of Nodes	25
Simulation Time	100 seconds

4.2 시간에 따른 노드의 평균 에너지 잔량

본 논문에서 제안 기법을 100초 동안 실험하면서 노드의 평균 에너지 잔량을 비교하였다.

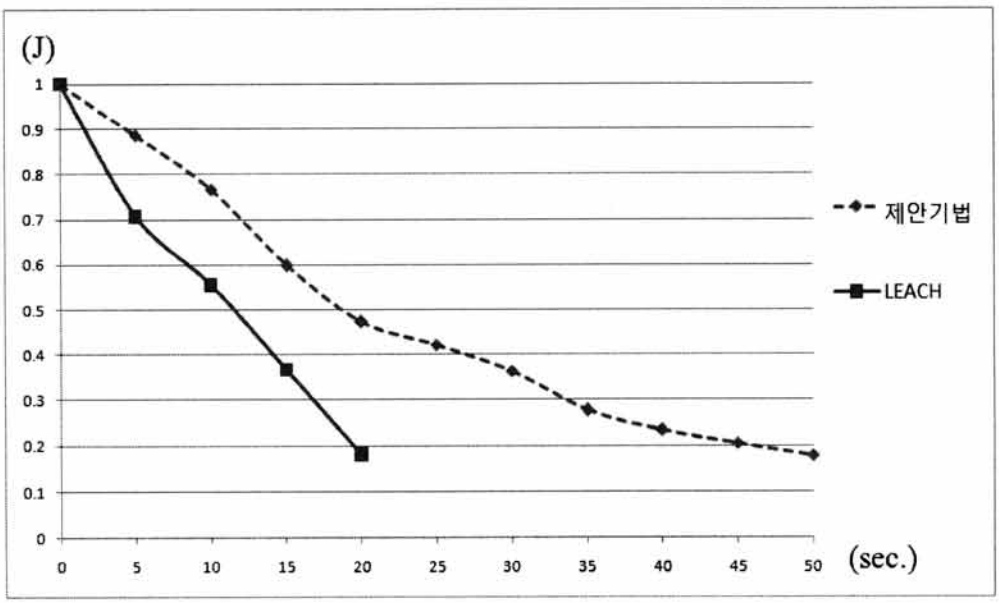
(그림 8)은 무선 센서 네트워크 노드가 시간이 흐름에 따라 25개의 노드가 평균 에너지가 어떻게 변화하였는지를 나타낸다. 시간이 흐름에 따라 제안 기법과 기존 기법 (QoS and energy aware routing[1], LEACH[2]) 모두 에너지의 잔량이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 각각의 노드가 최대 전력을 사용하여 BS과 통신을 하는 기존의 기법의 경우 노드의 잔여 에너지 량이 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 반면에 제안 기법의 경우 각 클러스터가 에너지의 잔량이 많고 BS과 가까운 노드를 선택하여 멀티 홉으로 전송을 하기 때문에 기존 기법 보다 안정적으로 에너지를 소비하는 것을 볼 수 있다. 따라서 전체 네트워크가 그 기능을 수행할 수 있는 시간이 약 2.47배 증가하였다.

4.3 네트워크의 총 통신량

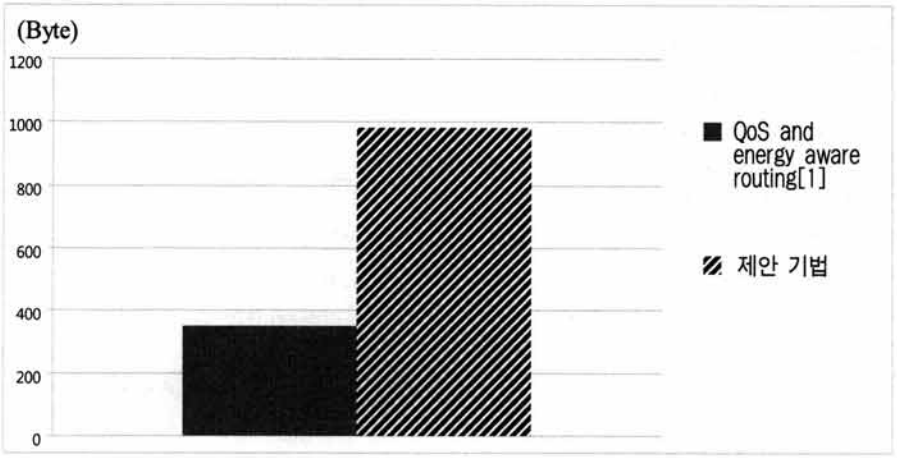
본 논문에서 제안 기법을 100초 동안 실험하면서 class 1과 class 2 데이터 패킷의 총 통신량을 비교하였다.

4.3.1 class 1 데이터 패킷의 총 통신량

(그림 9)는 본 논문에서 제안한 기법과 기존의 기법을 100초 동안 실험하면서 class 1 데이터 패킷의 총 통신량 즉 BS에 도착한 데이터의 양을 비교하여 보여주고 있다. 각 노



(그림 8) 노드의 평균 에너지 잔량



(그림 9) class 1 데이터 패킷의 총 통신량

드가 BS까지의 딜레이를 저장하고 있어서 BS까지 class 1 데이터 패킷에 지정된 딜레이 안에 전송할 수 있을 때에만 플러딩 방식으로 전송하는 기존의 기법에 비해 클러스터 안에서 가장 안정적인 하나의 노드만 선택하여 전송하는 제안 기법이 약 312% 많은 통신량을 보여주고 있다.

이는 class 1 데이터 패킷을 전송할 때에 기존의 기법은 제한적으로 플러딩 방식을 사용하기 때문에 라우팅 경로를 설정하는데 참여하는 노드의 숫자가 제안 기법보다 많기 때문이다. 더욱이 라우팅 경로를 설정하는데 각 노드는 자신의 최대 전파 세기를 사용하기 때문에 에너지 소모량이 크므로 이는 총 전송량에 영향을 미치고 있다. 반면에 브로드캐스팅을 통하여 class 1 데이터 패킷을 전송받은 모든 노드가 라우팅 경로를 찾는데 참여하는 것이 아니라, 클러스터 당 거리와 에너지 량을 고려하여 안적적인 하나의 노드만을 선택하는 기존의 기법은 네트워크 전체의 에너지를 안정적으로 소비하여 총 전송량이 늘어났다.

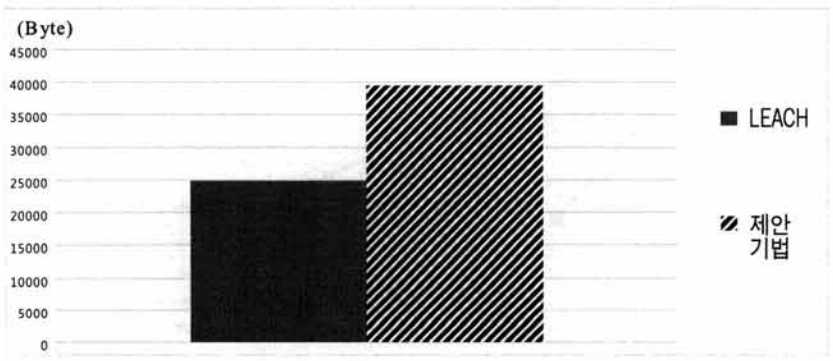
4.3.2 class 2 데이터 패킷의 총 통신량

(그림 10)은 본 논문에서 제안한 기법과 기존의 기법을 100초 동안 실험하면서 class 2 데이터 패킷의 총 통신량 즉 BS에 도착한 데이터의 양을 비교하여 보여주고 있다. 시뮬레이션에서 class 1 데이터 패킷에 비해 약 4배 정도 많은 양의 패킷을 발생시켰다. 제안 기법은 기존의 기법인 LEACH[1]에 비하여 최대 7홉을 위회 하여 데이터를 전송하였다. 따라서 무선 센서 네트워크가 안정적으로 전체 네트워크의 전력을 소비하여 약 61% 성능이 향상되었다.

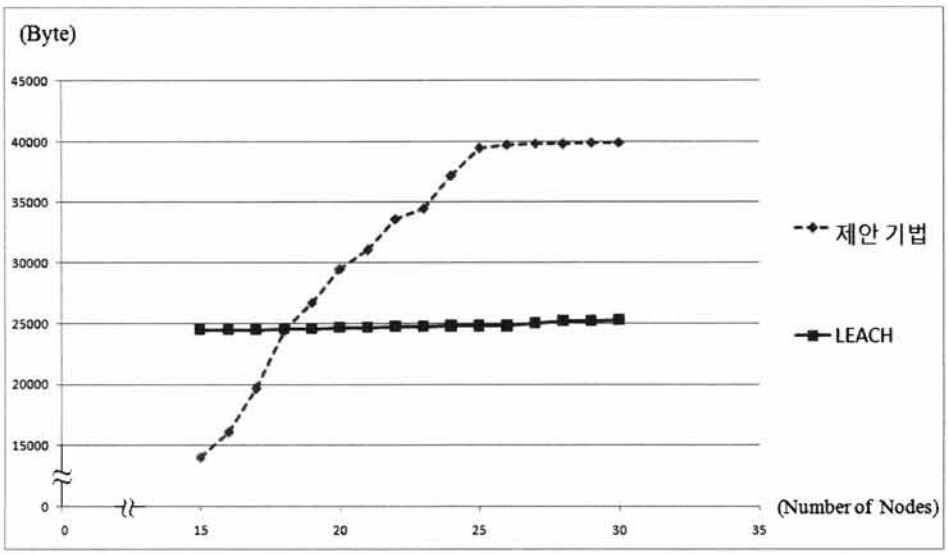
4.4 노드 수의 변화에 따른 통신량 변화

본 논문에서 제안한 기법은 과연 어떠한 환경에서 가장 큰 성능의 향상을 보이는지 확인하기 위해 동일한 성능 평가 환경 (50m x 50m)에서 무선 센서 네트워크 노드의 숫자를 증가시키며 네트워크의 총 통신량을 측정하였다.

(그림 11)은 무선 센서 네트워크의 노드의 수를 15개에서 30개 까지 증가시키며 그에 해당하는 총 통신량을 측정한 것이다. 데이터 패킷의 발생량은 동일하게 설정하였다. 기존 기법은 클러스터 헤드가 BS와 최대의 전력으로 직접 통신을 하는 특성 때문에 전체 네트워크를 구성하는 노드의 숫자가 증가 하더라도 통신량의 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다. 하지만 멀티 홉 전송을 기반으로 하는 제안 기법의 경우, 전체 네트워크를 구성하는 노드의 수가 적을 경우 BS까지 전송 가능한 중간 노드의 수가 적으므로 라우팅 경로를 설정할 때 그 수가 제한적이다. 따라서 그 중간 노드가 전력이 고갈될 경우 더 이상 데이터의 전송이 불가능하게 되고 총 통신량이 적어지게 된다. 반면에 전체 네트워



(그림 10) class 2 데이터 패킷의 총 통신량



(그림 11) 노드 수의 변화에 따른 총 통신량

크를 구성하는 노드의 수가 많아질 경우, BS까지 전송 가능한 중간 노드의 수가 많아지고 라우팅 경로 설정에 다양한 경로를 선택할 수 있으므로 전체 통신량이 증가하는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

기존의 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기법을 제안한 LEACH는 데이터 전송에 있어서 플러딩 방식을 탈피, 효율적으로 에너지를 소비하여 네트워크의 통신량을 증가시켰다. 또한 무선 센서 네트워크에서 QoS 기반의 제한적인 플러딩 방식을 제안한 기법도, 라우팅 경로 설정에 참여하는 노드의 숫자를 줄여, 에너지 소모를 줄이는데 성공하였다. 하지만 데이터 전송 시, 비교적 적은 홉 수의 라우팅 경로를 선호하였고, 이는 에너지 사용량을 증대시켜 전체 네트워크 성능 저하를 유발하였다. 따라서 본 논문에서는 로드 밸런싱을 통한 전체 네트워크의 에너지 효율을 높이기 위한 멀티 홉 기반의 클러스터링 라우팅 알고리즘을 제시하였다.

NS-2 시뮬레이터를 이용한 성능 평가를 통하여 제안한 알고리즘을 적용한 기법이 에너지 효율을 높여 네트워크의 총 통신량을 증가시켰음을 알 수 있었다. 제안 기법은 기존의 기법보다 노드의 평균 생존 시간을 약 2,47배 증가 시켰다. 그로 인해 무선 센서 네트워크가 그 기능을 수행할 수 있는 시간이 길어져, 총 네트워크의 통신량을 증가시켰다. class 1 데이터 패킷의 경우 약 312%, class 2 데이터 패킷의 경우 약 61%의 통신량을 증가시켰다.

참 고 문 헌

[1] Abinash Mahapatra, Kumar Anand, and Dharma P. Agrawal, "QoS and energy aware routing for real-time traffic in wireless sensor networks," *ComputerCommunications,* Vol.29, pp.437-445, 2005.

[2] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless micro sensor networks," *Proceedings of the 33rdAnnualHawaiiInternation ConferenceonSystemSciences,* pp.3005-3014, 2001.

[3] W. Heinzelman. *Application Specific ProtocolArchitecturesfor WirelessNetworks,* PhDthesis, massachusettsinstituteof technology

[4] P. K. Pothuri, V. Sarangan, and J. P. Thomas, "Delay-constrained, energy-efficient routing in wireless sensor networks through topology control," *IEEEInternational ConferenceOnNetworking,SensingandControl,* pp.35-41, 2006.

[5] Chih-Yu Wen and William A. Sethares, "Adaptive Decentralized Re-Clustering for Wireless Sensor Networks," *SMC2006,* Taipai, Taiwan, pp.2709-2716, 2006.

[6] S. Hedetniemi and A. Liestman, "A Survey of Gossiping and Broadcasting in Communication Networks," *IEEENetworks,* Vol.18, No.4, pp.319-349, 1998.

[7] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, D Estrin, John Heidemann, and Fabio Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," *IEEE/ACMTransactionson Networking(TON),*Volume11,Issue1, pp.2-16, 2003.

[8] Xiaofeng Zhang, and L. Jacob, "Adapting zone routing protocol for heterogeneous scenarios in ad hoc networks," *Proceedings,InternationalConferenceonParallelProcessing,* 6-9, pp.341-348, 2003.

[9] C. E. Perkins, and E. M. Royer. "Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing," *IEEEWMCSA'99,* NewOrleans, LA, pp.90-100, 1999.

[10] Johnson, D.B., and Maltz, D.A., *DynamicSourceRoutinginAd-HocWirelessNetworking, MobileComputing,* 1996.

김 수 범

e-mail : schwimmen@hanmail.net
2006년 서강대학교 컴퓨터학과(학사)
2008년 서강대학교 컴퓨터공학과 공학석사
관심분야 : 무선통신망, 센서네트워크 등

김 성 천

e-mail : ksc@sogang.ac.kr
1975년 서울대학교 공업교육학 전기전공(학사)
1979년 Wayne State Univ. 컴퓨터공학(공학석사)
1982년 Wayne State Univ. 컴퓨터공학(공학박사)
1982년~1984년 캘리포니아주립대 조교수
1984년~1985년 금성반도체(주) 책임연구원
1985년~현 재 서강대학교 컴퓨터학과 교수
관심분야 : 병렬처리시스템(Parallel Computer Architecture, Interconnection Network), WDM technology를 이용한 cluster system, 유비쿼터스 컴퓨팅, Pervasive Computing