

# 무선 센서 네트워크에서 중앙 관리 방식을 통한 에너지 효율 개선 라우팅 프로토콜

준회원 정 필 성\*, 종신회원 윤 찬 영\*\*, 정회원 오 영 환\*

## Energy Efficient Routing Protocol that Controlled by Base Station in Wireless Sensor Network

Pil-Seong Jeong\* *Associate Member*, Chan-Young Yun\*\* *Lifelong Member*,  
Young-Hwan Oh\* *Regular Member*

### 요 약

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 MANET(Mobile Ad-Hoc Network) 환경을 기본 모델로 하여 AP(Access Point)와 같은 고정된 기반이 없는 네트워크 환경에서 다수의 센서 노드가 일정 영역의 센서 필드(Sensor Field)에 임의 배치되고 센서 노드간 자율적으로 독립적인 네트워크를 구성한다. 센서 노드는 제한적인 에너지를 가지고 있기 때문에 네트워크의 생존성을 높이기 위하여 센서 노드들이 에너지를 효율적으로 사용하도록 설계하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 BS(Base Station)를 중심으로 중앙 관리 방식을 통하여 클러스터를 구성하여 센서 노드들이 에너지를 균등하게 소모할 수 있도록 하는 클러스터 방식을 제안하였다. 제안하는 알고리즘의 평가를 위하여 대표적인 클러스터 방식의 LEACH와 LEACH-C 등과 성능을 비교하였다.

**Key Words** : Sensor Network; Protocol, LEACH, LEACH-C, Ubiquitous Computing

### ABSTRACT

Wireless Sensor Network is based on Mobile Ad-Hoc Network and composed of a large number of tiny autonomous devices, called sensor nodes. Since a sensor node has limited sensing and computational capabilities and can communicate only when short distance, a sensor network is the cooperative effort of hundreds or thousands sensor nodes. In the paper we proposed clustering routing algorithm that controlled by base station and do so that sensor nodes can consume energy uniformly. We simulated the proposed algorithm by using Network Simulator 2 and compared its performance with LEACH and LEACH-C.

### 1. 서 론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 광범위한 지역의 감시 임무를 위해 무작위적으로 배포되거나 의도적인 위치에 배치되어 있는 초소형의 크기를 가진 수많은 센서 노드들이 자율적으로 구성된 네트워크를 말한다. 무선 센서 네트워크에서

의 데이터 처리는 센서를 통해 감지된 데이터를 네트워크 일부에서 데이터 처리를 통해 보다 상위 이벤트로 변환된 후 원거리의 BS(Base Station)와 같은 관리자에게 전달된다. 센서 노드는 제한적인 메모리와 프로세서, 적은 배터리 용량이라는 한계점을 가지고 있기 때문에 무선 센서 네트워크에서 네트워크를 구성하는데 고려하는 해야 할 주요 사항

\* 광운대학교 전자통신공학과 통신망연구실(sung3ne@naver.com), \*\* 계원디자인예술대학 임베디드소프트웨어과(cksdud@kaywon.ac.kr)  
논문번호 : 09027-0521, 접수일자 : 2009년 5월 21일

중 하나는 센서 노드들의 에너지를 효율적으로 사용하여 에너지 소비를 최소화함으로써 네트워크의 생존성을 높이는 것이다.<sup>[14][15]</sup>

센서 노드의 에너지 효율성을 높이기 위해서 다양한 방법들이 제안되었다. LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)의 경우 클러스터 기반(cluster-based)의 라우팅으로 네트워크를 일정 규모의 지리적인 집합으로 나누어 그룹을 형성한 후 이 그룹 내에서 감지한 데이터를 수집한 후 클러스터 헤더가 데이터 병합(data aggregation)을 수행하여 전송량을 줄인 후 BS로 최종 전송하는 방식을 취하고 있다. LEACH에서는 확률적인 방법으로 클러스터 헤더를 선정하고 선정된 클러스터 헤더를 중심으로 클러스터를 구성하기 때문에 모든 노드들이 항상 에너지를 효율적으로 사용한다는 보장을 할 수 없다. 이를 해결하기 위해서 LEACH-C(LEACH-Centralized)가 제안되었다. 하지만 LEACH-C에서는 모든 노드들이 매 라운드마다 기지국과 통신을 해야 하므로 추가적인 에너지 소비와 노드들의 위치에 대한 처리를 해야 하는 부가적인 오버헤드가 발생하게 된다.<sup>[5][18]</sup>

본 논문에서는 LEACH와 LEACH-C에서 발생하는 문제점들을 해결하기 위해서 에너지 효율 개선을 위한 라우팅 프로토콜을 제안하였다. BS에서 모든 노드들의 위치 정보와 잔여 에너지량을 확인하여 적절한 클러스터 헤더를 선정하여 클러스터를 구성하도록 하였다. 또한 데이터 전송이 완료된 매 라운드마다 클러스터를 새롭게 구성하고 클러스터 헤더를 새롭게 선정하는 것이 아니라 BS에서 이전 라운드에서 클러스터 헤더 역할을 담당했던 노드의 에너지량을 확인하여 일정 임계치 이상이면 클러스터 헤더와 클러스터를 재활용하는 방법을 사용하여 Set-up Phase에서 진행되는 노드와 BS간의 정보 전송에 따른 에너지 소비와 노드들의 정보를 처리하는 부가적인 오버헤더를 줄이도록 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 무선 센서 네트워크 관련 이론에 관하여 알아보고, 3장에서는 제안하는 에너지 효율 개선을 위한 라우팅 프로토콜을 알아본다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 라우팅 알고리즘과 기존의 라우팅 알고리즘의 성능을 비교 평가하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺고자 한다.

## II. 관계 이론

### 2.1 클러스터링 기반의 계층형 알고리즘

센서 네트워크에서 에너지 사용을 최소화하면서 수집된 데이터의 품질(Quality)을 일정하게 유지하는 것이 센서 네트워크의 큰 연구 목표이다. 센서 네트워크의 구조는 모든 센서 노드에서 싱크 노드로 수집된 정보를 전송하는 다대일(Many-to-One) 통신이고, 지리적으로 가까운 센서 노드가 감지한 데이터는 상관관계가 높아 중복된 데이터를 전송할 수 있다. 센서 네트워크에서는 이러한 인접 노드간의 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 줄이기 위한 “데이터 모음(Data Aggregation)”이 필요하다. 특성을 고려할 때 클러스터링에 기반한 계층적 라우팅 알고리즘이 많은 장점을 가진다. 또한 클러스터 기반의 네트워크 구성 및 유지 방법은 이동이 많은 네트워크 환경에서 경로를 설정할 때 오버헤더를 줄이고 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있고, 네트워크의 안정성을 확보할 수 있다. 즉, 센서 노드의 개수가 Ad-Hoc 네트워크에 비해 수백 배에서 수십만 배에 이르는 센서 네트워크 환경에서 클러스터링 알고리즘의 적용은 타당한 접근 방법이라 할 수 있다.

클러스터링 알고리즘의 기본적 요구사항인 클러스터링 후 모든 센서 노드는 클러스터 헤더이거나 하나의 클러스터에 속해야 한다는 것이고, 이를 위해 필요로 하는 메시지와 시간의 오버헤더는 최소화되어야 하며 클러스터링의 목표를 만족해야 한다. 즉, 인접한 지역에서 발생한 이벤트에 대한 유사 정보를 클러스터 헤더로 전송하고 클러스터 헤더가 데이터 모음을 수행하여 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 하며, 요청된 질의에 대한 클러스터 헤더에 의한 전달로 비효율적인 질의의 플러딩(Flooding)을 막을 수 있다. 그림 1은 클러스터

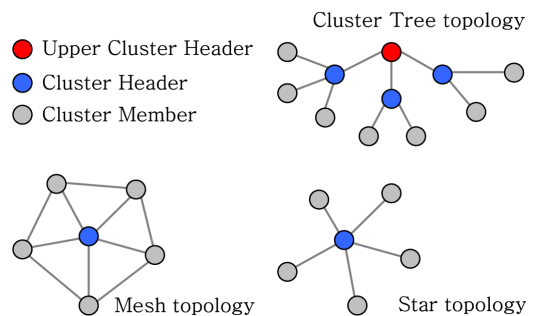


그림 1. 클러스터링 기반의 네트워크 토폴로지

링 기반의 다양한 네트워크 토폴로지를 나타낸다.

클러스터링 기반의 계층적 라우팅 기법에서는 크게 효율적 클러스터 헤더 선정을 위한 알고리즘과 클러스터의 유지 및 기타 에너지를 고려한 라우팅 알고리즘에 대한 연구가 필요하며, 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

- 지속적인 에너지가 공급되는 싱크 노드가 모든 센서 노드에 직접 데이터를 전달할 수 있고, 수집 데이터의 저장 및 데이터 가공 등의 에너지 집약적인 기능을 수행한다.
- 센서 필드내의 센서 노드들은 같은 특성을 가지며, 초기에 같은 에너지가 부여된다.

대표적 계층적 라우팅 알고리즘으로 LEACH 알고리즘을 들 수 있으며, 이를 보완한 LEACH-C 알고리즘, TEEN(Threshold-sensitive Energy Efficient sensor Network protocol) 알고리즘 등이 있다.

### 2.2 LEACH 알고리즘

LEACH 알고리즘은 클러스터 기반으로 동작하는 라우팅 기법으로 계층적 알고리즘의 대표적인 예이다. LEACH는 클러스터 헤더가 클러스터 내에 있는 센서 노드들로부터 데이터를 전송 받아 데이터를 병합하여 BS로 전송한다.

LEACH에서의 클러스터 구성과 클러스터 헤더 선출 방법은 다음과 같다. LEACH에서는 클러스터가 재구성되고, 이를 기반으로 한 통신이 이루어지는 시간 구간을 라운드(Round)로 정의한다. 한 라운드에서의 동작 과정은 그림 2와 같다. 각 라운드는 클러스터를 구성하는 Set-up Phase와 실제 통신이 이루어지는 Steady-state Phase로 구분된다. 첫 번째 단계인 Set-up Phase는 클러스터 헤더가 선출되는 Advertisement Phase, 선출된 헤더를 기반으로

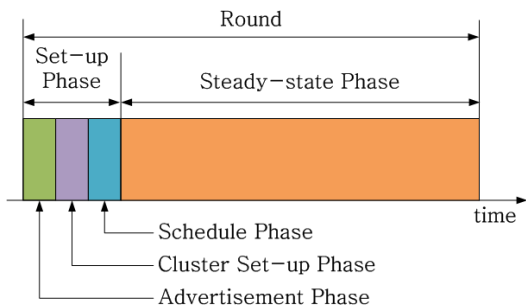


그림 2. LEACH 동작 과정

클러스터가 구성되는 Cluster Set-up Phase, 그리고 클러스터 헤더가 클러스터내의 멤버 노드들에게 데이터를 전송할 순서를 결정하는 Schedule Creation Phase로 구성된다.

클러스터 헤더의 선정은 각 라운드의 초기 시점에서 이루어지며, 각 센서 노드는 사전에 정해진 확률에 따라 자신이 클러스터 헤더가 될 것인지 클러스터 멤버가 될 것인지를 랜덤 방식으로 결정하게 된다. 센서 노드들은 0과 1사이의 임의의 한 수를 선택하여 n-번째 짝 짝 임의로 선택한 수째 임계값 T(n) 보다 작다면 그 노드는 해당 라운드에서 클러스터 헤더로 선출된다. 클러스터 헤더를 선출하기 위한 임계값은 다음과 같이 결정된다.

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

식 (1)은 클러스터 헤더를 선정하기 위한 임계값을 선정하기 위한 수식을 나타내고 있다. P는 전체 노드들 중에서 선출되는 클러스터 헤더의 비율, r은 현재 라운드, 그리고 G는 이전 1/P 번의 라운드 동안 클러스터 헤더로 선출되지 않는 노드들의 집합을 나타낸다. 식 1에 의하여 LEACH는 1/P 라운드 동안에 모든 노드들이 정확히 한번 클러스터 헤더가 되는 것을 보증한다.

선정된 클러스터 헤더는 자신이 클러스터 헤더임을 알리는 광고 메시지를 주변 노드에게 방송(broadcast)한다. 이웃 노드들은 수신한 광고 메시지를 전송한 노드를 클러스터 헤더로 선정함으로써 클러스터가 형성된다. 그 후 클러스터 헤더는 자신이 관리할 멤버 노드의 정보를 기초로 TDMA(Time Division Multiple Access) 스케줄을 작성하여 멤버 노드에게 알린다.

두 번째 단계인 Steady-state Phase에서 클러스터 멤버는 설정된 TDMA 스케줄에 따라서 클러스터 헤더와 통신하고 자신에게 할당된 타임 슬롯(time slot)이 지나면 슬립(sleep) 상태로 들어가게 된다. 클러스터 헤더는 멤버 노드로부터 수신한 센싱 데이터를 병합한 후 BS로 전달한다.

LEACH 프로토콜은 클러스터의 구성 형태는 고려하지 않고 확률적인 방법에 의하여 모든 센서 노드들이 공평하게 클러스터 헤더로 선출되도록 하고 있다. 이와 같은 방법은 클러스터 헤더가 균등하게 분포된 구조로 구성될 경우와 인접한 노드들로 클

러스터 헤더가 선출되는 모든 가능성이 존재한다. 클러스터 헤더가 균등하게 분포되지 않은 경우 클러스터 헤더와 먼 거리에 있는 노드들은 데이터 전송을 위하여 많은 에너지를 소모하게 되어 에너지의 효율이 떨어지게 될 뿐만 아니라 센서 노드들간의 통신 데이터간의 간섭이 발생할 확률이 더 높아지게 된다.

### 2.3 LEACH-C 알고리즘

LEACH-C(Centralized) 알고리즘은 기존의 LEACH 알고리즘이 갖는 특징을 그대로 적용하되 클러스터 구성을 BS에서 중앙 집중 형으로 수행하도록 Centralized 방식을 추가하여 LEACH 알고리즘의 단점을 보완한 것이다. 이는 LEACH 알고리즘과 다르게 클러스터 헤더의 결정권을 BS로 넘김으로써 헤더 결정을 위한 처리 과정 중, 발생하는 에너지 소모 요소를 줄여 보다 높은 에너지 효율을 가져온다.

LEACH-C 알고리즘의 클러스터 헤더를 결정하기 위해 다음과 같은 가정을 전제한다.

- 센서 네트워크의 위치나 에너지 등의 토폴로지 변화를 제어할 수 있는 BS 시스템이 필요하다.
- 클러스터 헤더 결정을 위해서는 센서 노드의 위치 파악을 위한 GPS 또는 다른 방식의 위치 정보 알고리즘이 필요하다.

## III. 제안 내용

### 3.1 제안하는 알고리즘

그림 3은 본 논문에서 제안하는 프로토콜 동작 과정을 보여준다.

제안하는 알고리즘은 Set-up Phase, Steady-state Phase, Cluster Header Energy-check Phase로 구성되어 동작하게 된다. Set-up Phase는 LEACH와 동일하게 Advertisement Phase, Cluster Set-up Phase, Schedule Phase

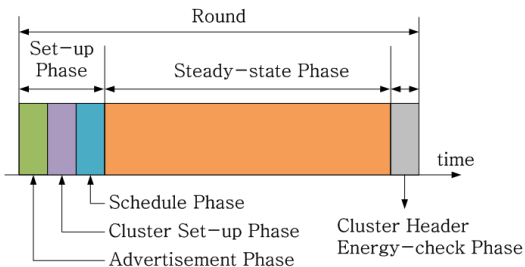


그림 3. 제안하는 알고리즘 동작 과정

Schedule Phase로 구성된다.

Advertisement Phase에서 BS는 네트워크를 구성하고 있는 모든 노드들로부터 노드들의 잔여 에너지에 대한 정보를 받게 된다. BS는 노드들로부터 받은 정보를 기준으로 가장 적절한 클러스터 헤더 수를 결정(예, 100개의 노드일 경우 5%의 클러스터 헤더)하고 신호의 크기에 대한 RSSI(Received Signal Strength Indication)값과 에너지를 고려하여 클러스터 헤더로서 동작할 수 있는 노드를 선정하게 된다.

$$P_r = \left(\frac{K}{4\pi d}\right)^2 \cdot G_t \cdot G_r \cdot P_t \quad (2)$$

$$d = \frac{K}{4\pi} \sqrt{\frac{G_t \cdot G_r \cdot P_t}{P_r}}$$

$P_r$  : 수신전력 [w]

$K$  : 이용파장 (c/f) [m]

$d$  : 송수신간거리 [m]

$G_t$  : 송신안테나전력이득 [dB]

$G_r$  : 수신안테나전력이득 [dB]

$P_t$  : 송신전력 [w]

노드들이 클러스터 헤더가 되기 위하여 확률식을 계산하는 것이 아니라 중앙에서 BS가 헤더를 선정함으로써 각 노드에서 클러스터 헤더를 선정할 때 발생하는 에너지 소모를 줄일 수 있다. 클러스터 헤더로서 동작하는 노드를 선정하기 위해서 BS는 2개의 요소로서 RSSI 값과 노드의 잔여 에너지를 고려하게 된다. 잔여 에너지 우선으로 하여 클러스터 헤더가 될 수 있는 노드를 선정하되 에너지가 많이 남아 있더라도 RSSI 값이 미약하다면 클러스터 헤더로서 동작할 때 다른 클러스터 헤더들에 비하여 BS로 데이터를 전송할 때 상대적으로 많은 에너지 소모를 하게 되므로 수명이 단축되어 네트워크의 지속성을 악화 시킬 수가 있다. RSSI를 이용하여 BS와 노드간의 거리를 계산하는 공식은 식 (2)와 같다.

만일 먼 거리에 있는 노드가 클러스터 헤더가 되어 동작하더라도 다른 노드들 보다 생존율이 높을 때는 클러스터 헤더로서 동작하며 그렇지 않을 경우 다른 노드들을 우선적으로 클러스터 헤더로 선정하게 된다.

그림 4의 LEACH 알고리즘 전과 모델을 통하여 송신할 때 소모되는 에너지(식 3)와 수신할 때 소모되는 에너지(식 4)를 구할 수 있다. 식 (3)과 식 (4)를 이용하여 식 (5)와 같이 클러스터 헤더가 멤버

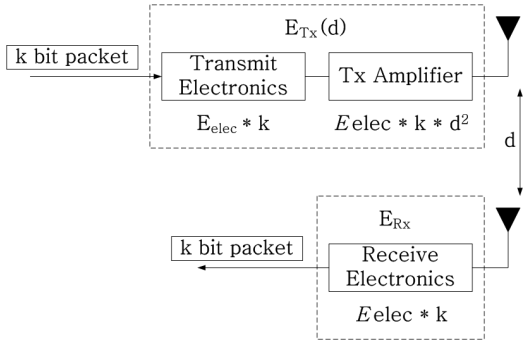


그림 4. 무선 전파 모델

노드로부터 데이터를 수신할 때 소모되는 에너지와 BS로 데이터를 전송할 때 소모되는 에너지의 합을 구할 수 있다.

송신할 때 소모하는 에너지 : (3)

$$E_{Tx}(k,d) = E_{Tx-elec}(k) + E_{Tx-amp}(k,d) = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^2$$

수신할 때 소모하는 에너지 : (4)

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx-elec}(k) = E_{elec} * k$$

식 (5)에서 구한 클러스터 헤더로 동작할 때 소모하는 에너지보다 잔여 에너지가 더 크고 다른 노드보다 잔여 에너지가 많다면 구성된 클러스터에서 클러스터 헤더로 동작할 수 있는 기회를 제공하게 된다.

클러스터 헤더가 소모하는 에너지 : (5)

$$E_{Tx}(k,d) + E_{Rx}(k) * Mn = E_{Tx-elec}(k) + E_{Tx-amp}(k,d) + E_{Rx}(k) * Mn = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^2 + E_{elec} * k * Mn$$

$Mn$  : 클러스터 멤버 노드의 수

LEACH에서는 확률적으로 클러스터 헤더를 선정하기 때문에 한 라운드 동안에 클러스터 헤더가 부족하게 선출되는 경우도 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서 각 노드는 BS와 직접 통신을 하도록 함으로써 노드들의 통신 문제를 해결하지만 이에 따른 노드의 에너지 소모를 또한 증가하게 된다. 하지만 BS에서 직접 조건에 만족하는 노드를 클러스터 헤더로 선정하게 되면 앞에서 언급한 문제점을

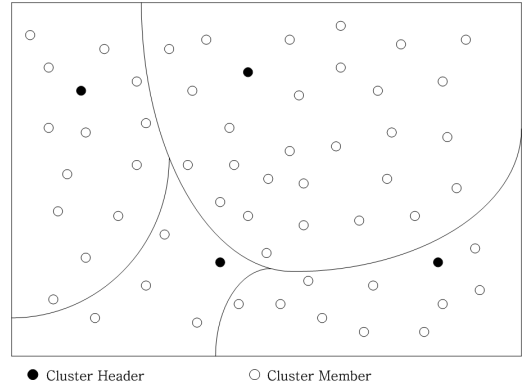


그림 5. 클러스터 헤더가 균등하게 분포되지 못한 경우

해결할 수 있다. 또한 BS에서 직접 클러스터 헤더를 선정하게 되므로 그림 5와 같이 클러스터 헤더가 균등하지 못하게 분포된 경우를 해결할 수 있다.

Steady-state Phase에서는 LEACH와 동일하게 동작을 하게 된다. 클러스터를 구성하고 있는 클러스터 멤버들은 주위 환경으로부터 감시한 데이터를 자신에게 할당된 타임 슬롯(time slot)에 맞추어 클러스터 헤더에게 전달하고 클러스터 헤더는 적절한 데이터 처리 과정 후 BS에 데이터를 전달하게 된다.

그림 6은 클러스터를 제안하는 프로토콜의 동작 과정을 Pseudo Code로 나타낸 것이다. Cluster Header Energy-check Phase에서는 BS가 클러스터 헤더들

```

// Base Station
Receive from nodes [RSSI, Energy]
if, {ETx(k,d) + ERx(k)*Mn > ETh} and {d < dTh}
    Cluster Header Message creates
    To Cluster Header, Cluster Header
Message transmits
end if

// Cluster Header
if, In case of Cluster Header Message arrived
    Cluster Member Message creates
    To Cluster Member, Cluster Member
Message transmits
end if

// Cluster Member
if, In case of Cluster Member Message arrived
    Cluster Member Information Message creates
    To Cluster Header, Cluster Member
Information Message transmits
end if
    
```

그림 6. 제안하는 프로토콜 동작 Pseudo Code

로부터 잔여 에너지에 대한 정보를 받게 된다. LEACH의 경우 Steady-state Phase 과정이 끝나게 되면 확률적 계산을 통하여 클러스터 헤더를 재선정하여 클러스터를 재구성하지만 본 논문에서는 이전 라운드에서 클러스터 헤더로서 동작했던 노드의 잔여 에너지가 임계치 이상일 경우 클러스터 헤더로서 동작할 수 있는 기회를 제공하게 된다. 클러스터 헤더로 동작할 수 있는 기회를 제공함으로써 Set-up Phase 단계에서 클러스터를 재구성하기 위하여 노드들과 BS, 클러스터 헤더와 클러스터 멤버 간에 메시지를 송수신 하는 과정을 생략 하여 이에 따른 에너지 소모를 줄일 수 있다.

#### IV. 성능 평가

제안한 알고리즘과 LEACH, LEACH-C 알고리즘의 성능을 평가 하기 위해서 ns-2 시뮬레이터를 사용하였다. 100개의 센서 노드를 1000m×1000m 크기의 사각형 영역 내의 임의에 배치하였으며 BS는 (50, 175)의 좌표 위치에 위치하도록 설정하였다. 성능 평가에 사용된 환경 변수들은 LEACH와 LEACH-C 알고리즘에서 제시하고 있는 시뮬레이션 환경과 동일하게 설정하였다. 표 1은 본 논문에서 사용한 시뮬레이션 환경에 대한 내용을 나타낸다.

표 1의 조건에 맞춘 시뮬레이션 환경에서 제안한 라우팅 프로토콜과 LEACH, LEACH-C 알고리즘의 성능을 비교 평가하기 위해서 시간에 따른 생존 노드 수와 시간에 따른 노드의 총 데이터 전송량을 측정하였다.

표 1. 시뮬레이션 환경

환경 변수	값
센서망의 크기	1000m×1000m
BS의 위치	50, 175
센서 노드의 수	100개
각 노드의 초기 에너지	2J
노드의 데이터 송수신 소모 에너지	50nJ/bit
송신 노드의 증폭 에너지	10pJ/bit/m <sup>2</sup>
구성할 클러스터의 수	5개
스프레딩 팩터 (Spreading factor)	8
클러스터 재구성 시간 간격	매 20초

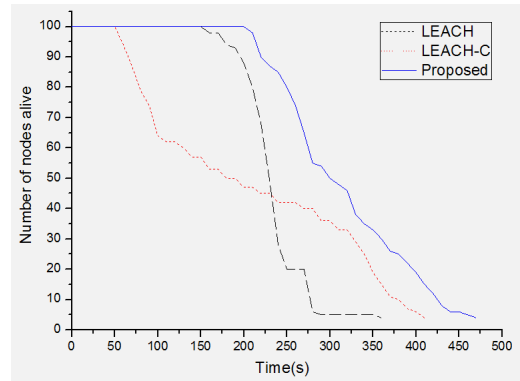


그림 7. 시간에 따른 생존 노드 수

그림 7은 시간에 따른 생존 노드 수를 나타내고 있다. 초기 100개의 센서 노드로 시작하여 노드의 수가 시뮬레이션에서 정의하고 있는 구성할 클러스터의 수인 5를 만족할 수 있을 때까지의 시간, 즉 노드 수가 5 이상을 만족할 때 까지 비교한 것으로 LEACH와 LEACH-C에 비하여 제안한 알고리즘의 노드 생존시간이 긴 것을 알 수 있다.

LEACH와 LEACH-C의 경우 클러스터 헤더를 선정하고 클러스터를 구성하기 위해서 Set-up Phase를 필수적으로 수행하지만 제안한 알고리즘의 경우 상황에 따라서 필요한 경우에만 Set-up Phase를 수행하기 때문에 노드의 에너지가 더 적게 소모되기 때문에 노드의 생존 시간을 늘릴 수 있다.

그림 8은 시간에 따른 노드의 총 데이터 전송량을 나타내고 있다. 노드의 총 데이터 전송량을 비교함으로써 클러스터링의 구성과 네트워크의 효율적인 운용을 비교할 수 있다. 가능한 많은 노드들로부터 많은 데이터 전송이 이루어질수록 네트워크의 운용이 더 효율적이라고 볼 수 있다. 노드가 소모하는

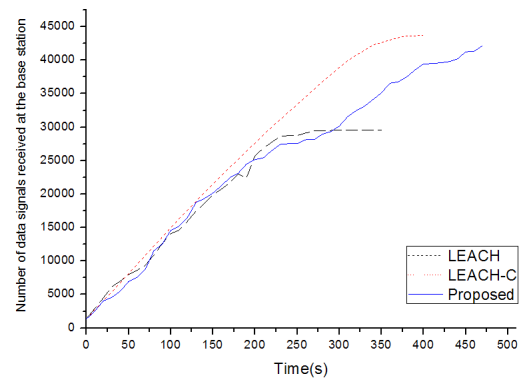


그림 8. 시간에 따른 노드의 총 데이터 전송량



총 데이터 전송량은 그림 8과 같이 시간에 따라서 증가하게 된다. LEACH와 LEACH-C의 경우 데이터 전송량이 꾸준히 증가하다가 노드의 생존 수가 급격하게 줄어드는 시간인 약 300초를 기준으로 데이터 전송량의 증가폭이 급격하게 감소한다. 제안한 알고리즘의 경우 생존 노드의 수가 시간의 변화에 따라서 급격하게 감소하는 것이 아니라 서서히 감소하기 때문에 데이터 전송량의 증가폭 역시 급격하게 줄어들지 않고 꾸준히 증가하는 것을 알 수 있다.

시간에 따른 생존 노드 수와 노드의 총 데이터 전송량을 비교함으로써 제안한 알고리즘이 무선 센서 네트워크의 목표인 주위 환경에 대한 감시 및 네트워크의 생존성 지속이라는 부분을 LEACH, LEACH-C 알고리즘에 비하여 좀 더 만족하고 있음을 알 수 있다.

### V. 결 론

무선 센서 네트워크에서 제한된 에너지를 가진 센서 노드들로 구성된 네트워크의 생존성을 늘리기 위해 효율적 에너지 관리를 위한 알고리즘들이 많이 제안되고 있다. 본 논문에서는 LEACH, LEACH-C 알고리즘의 문제점을 분석하여 이를 보완하기 위한 중앙 집중형 관리 방식을 통한 에너지 효율 개선 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 BS에서 노드의 에너지를 수집하여 클러스터링을 구성하고 클러스터 헤더를 선출하는 방법으로 노드들이 클러스터 헤더를 선정하고 클러스터를 구성하기 위해서 소모되는 에너지를 줄였으며, 라운드가 끝난 후 Cluster Energy-check Phase를 두어 클러스터 헤더를 재선정하고 클러스터를 재구성하기 위해서 소모되는 에너지를 줄였다. 시뮬레이션을 통하여 시간에 따른 노드 생존 수와 시간에 따른 총 데이터 전송량을 비교하여 LEACH, LEACH-C와 제안한 알고리즘과의 성능을 비교 평가하여 제안한 알고리즘의 성능이 우수함을 입증하였다.

본 논문에서는 LEACH, LEACH-C와 제안한 알고리즘의 성능을 비교 평가하기 위해서 고정된 상황에서 정해진 환경 변수에 맞추어 이상적인 환경을 가정하고 있는 시뮬레이터를 통하여 결과를 도출하였다. 향후 연구에서는 실제 운용되고 있는 센서 노드에 각각의 알고리즘을 적용하여 결과를 측정함으로써 다양한 환경 요소를 가지고 있는 실제적인 상황에서 적용하였을 때의 성능을 비교 평가

해 보는 것이 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications Mag.*, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] K. Akkaya and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks," *Ad Hoc Networks*, Vol. 3, pp. 325-349, 2005.
- [3] 엄홍식, 김건욱, "전송전력 최적화를 통한 센서네트워크의 효율유리적인 에너지관리에 대한 연구," *전자공학회 논문지*, 제44권 CI편, 제3호, 37-42쪽, 2007년 5월
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in *Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS)*, Maui, HI, Jan. 2000.
- [5] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," *IEEE Trans. Wireless Communications.*, Vol. 1, no. 4, pp. 660-670, Oct. 2002.
- [6] A. Boukerche, X. Cheng, J. Linus, "Energy-Aware Data-Centric Routing in Microsensor Networks," *ACM MsWiM '03*, San Diego, California, September. 2003.
- [7] 조영현, 이항택, 노병희, 유승화, "무선 센서망에서 에너지 효율적인 클러스터 재구성을 위한 동적 헤드 선출 방법," *한국통신학회논문지*, 제30권, 11A호, 1064-1072쪽, 2005년 11월
- [8] 박지원, 모상만, 정일용, 배용근, "에너지 효율적인 데이터 수집을 이용한 LEACH 기반 무선 센서 네트워크의 수명 연장," *전자공학회논문지*, 제45권, CI편, 제3호, 175-183쪽, 2008년 5월
- [9] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "uAMPS ns Code Extensions," <http://www.mtl.mit.edu/research/icsystems/uamps/leach>
- [10] UCB/LBNL/VINT, "Network Simulator-ns," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

정 필 성 (Pil-Seong Jeong)

준회원



2004년 2월 서울산업 대학교 전  
자정보공학과 졸업  
2007년 8월 광운대학교 전자통신  
공학과 석사  
2007년 9월~현재 광운대 학교  
전자통신공학과 박사과정  
<관심분야> 센서네트워크, 임베  
디드 시스템, USN

윤 찬 영 (Chan-Young Yun)

중신회원

한국통신학회논문지 제33권 제2호 참조

오 영 환 (Young-Hwan Oh)

정회원

한국통신학회논문지 제32권 제12호 참조