

# 무선 센서 네트워크에서 스마트기지국을 이용한 균형된 에너지소비 방안

박 선 영<sup>\*</sup>

## A Balanced Energy Consumption Strategy using a Smart Base Station in Wireless Sensor Networks

Sun-Young Park<sup>†</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose a strategy to distribute the energy consumption over the network. The proposed strategy is based on geographic routing. We use a smart base station that maintains the residual energy and location information of sensor nodes and selects a head node and an anchor node using this information. A head node gathers and aggregates data from the sensor nodes in a target region that interests the user. An anchor node then transmits the data that was forwarded from the head node back to the smart base station. The smart base station extends network lifetime by selecting an optimal head node and an optimal anchor node. We simulate the proposed protocol and compare it with the LEACH protocol in terms of energy consumption, the number of dead nodes, and a distribution map of dead node locations.

**Key words:** Smart base station, Geographic routing, Head node, Anchor node, Target region

### 1. 서 론

무선 센서네트워크에서 센서는 유용한 정보를 수집하여 간단히 처리한 후 이를 무선통신망을 통하여 전송한다. 센서노드는 이들이 배치되는 장소의 특성상 일반적으로 에너지소비에 심각한 제한을 받는다. 특히 센서노드의 에너지 중 통신을 위하여 사용되는 에너지가 큰 부분을 차지하는데 이를 최소화하기 위한 다양한 라우팅 프로토콜이 제안되었다[1-3].

위치기반 라우팅에서 노드는 자신의 위치와 패킷을 전달할 다음 노드의 위치, 목적지노드의 위치를 알면 라우팅이 가능하다. 노드의 위치 정보를 이용하는 다양한 위치기반 라우팅 프로토콜이 제안되었다

[4-6]. 대부분의 위치기반 라우팅프로토콜은 소스노드에서 목적지노드로 데이터 전달을 보장할 수 있는 경로를 찾는 것에 목적을 두고 있다. 그러나 센서네트워크에서는 무엇보다도 센서 노드의 에너지를 최소화하고 이들의 에너지 소비가 한 노드에 집중되지 않도록 하는 것이 중요하다[7,8,11-13].

또한, 정보가 에너지 효율적으로 전송되기 위해서는 각 센서 노드가 센싱한 정보는 특정 노드 혹은 노드들로 수집되는 과정이 필요하며 전송하기 편리한 형태로 처리되어야 한다[9]. 즉, 센서 네트워크가 신뢰성 있는 정보를 제공하면서 긴 수명을 유지하기 위해서는 한정된 에너지를 효율적으로 사용하면서 무선 대역폭에 대한 요구를 최소화할 수 있는 라우팅

※ Corresponding Author: Sun Young Park, Address: (704-703) DalseoDae-ro 675, Dalseo-gu, Daegu, Korea, TEL: +82-53-589-7559, FAX: +82-53-589-7559, E-mail: sypark@kmcu.ac.kr

Receipt date: Oct, 21, 2013, Revision date: Feb. 23, 2014  
Approval date: Mar. 27, 2014

<sup>†</sup> Keimyung College University Division of Computer Science

프로토콜이 필요하다[10].

[1]에서 제안된 LEACH 프로토콜은 망을 클러스터로 나누고 각 클러스터의 헤드노드가 클러스터 내에 있는 노드들의 데이터를 수집, 결합한 후 기지국으로 전송하는 방식이다. LEACH 프로토콜은 망이 수행하는 라운드(round)를 기준으로 비교할 때 기존의 방식인 Direct transmission이나 MTE(minimum-energy multi-hop) routing, Static clustering에 비해 수배 혹은 수십 배의 성능 향상을 보여주었다. LEACH 프로토콜은 사용자가 자료수집을 요구하는 관심영역(target region)이 센서필드 전역이고 주기적으로 모든 센서가 센싱정보를 전송해야하는 경우에 유용하다. 그러나 사용자가 자료수집을 요구하는 관심영역이 센서필드의 특정지역일 때 클러스터의 커버영역과 사용자의 관심영역이 일치하는 않을 수가 있다. 왜냐하면 LEACH프로토콜에서는 사용자의 관심영역과는 상관없이 cluster set-up 단계에서 각 노드들의 독립적인 계산에 의하여 헤드노드가 결정되고 이에 따라 클러스터가 형성되기 때문이다. 따라서 LEACH 방식은 관심영역이 망의 특정지역으로 한정될 경우, 하나의 관심영역이 여러 클러스터에 걸쳐짐으로써 한 라운드당 여러 개의 헤드가 기지국으로 데이터를 전송하게 되어 노드의 에너지 소비를 가중시킨다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 센서 네트워크에서 스마트기지국과 앵커노드를 두고 관심영역 내에 헤드노드를 지정함으로써 에너지 효율적인 데이터전달 방법을 제안하고자 한다. 제안한 정책에서는 센서노드의 데이터 처리와 전송횟수를 최소화하는 대신, 비교적 에너지 소비에 제한이 없는 스마트기지국이 라우팅에 관한 정보를 처리하고 경로를 결정하여 각 노드에게 전송해 주도록 할 것이다. 스마트기지국은 GPS장치나 다른 도구를 이용하여 자신의 위치(location)와 센서노드들의 위치에 대하여 알고, 센서노드의 위치와 잔여에너지에 관한 테이블을 관리한다. 기지국은 센서노드가 기지국으로 데이터를 전송할 때 필요한 다음 홉(hop)에 대한 정보를 각 센서노드에게 전송해준다. 스마트기지국은 관심영역에서 헤드노드를 선정하여 헤드노드가 데이터를 수집한 후 전송하도록 하며 전송경로의 마지막 노드를 앵커노드로 지정함으로써 기지국으로의 전송으로 인한 에너지소비가 특정노드에 집중

되지 않도록 한다.

본 논문의 2장에서는 제안한 데이터 전달 방법에 관하여 설명하고 3장에서는 데이터의 전달경로를 설정하는 방법에 대하여 기술하며 4장에서는 앵커노드를 결정하는 방법을 설명한다. 5장에서는 헤드노드의 결정방법에 대하여 설명하고 6장에서는 제안한 프로토콜과 LEACH프로토콜을 시뮬레이션하여 성능을 비교해본다. 마지막으로 7장에서 결론을 기술한다.

## 2. 프로토콜 개요

제안한 방안에서는 기본적으로 위치에 기반한 라우팅방식을 사용한다. 센서노드들은 센서필드에 일정한 간격으로 배치되어 있다. 스마트기지국(smart Base Station:sBS)은 센서필드로부터 떨어진 곳에 고정되어 있고 센서네트워크로부터 전송된 유용한 데이터를 사용자에게 전달한다. sBS는 정보를 저장하는 메모리가 충분하고 정보처리능력이 센서노드에 비해 월등히 앞서며 에너지 소비에 있어 제한이 없고 GPS장치나 다른 도구를 이용하여 자신의 위치(location)와 센서노드들의 위치에 대하여 알고 있다고 가정한다. 또한, sBS는 각 센서노드의 데이터 처리와 전송횟수를 최소화하기 위하여 각 센서노드의 위치정보와 잔여에너지, 라우팅 정보를 관리한다.

모든 센서 노드는 센서노드 자체의 프로그램에 의해서 혹은 sBS로부터의 브로드캐스팅에 의하여 자신의 위치와 기지국의 위치를 알 수 있다. 센서노드에서 수집된 데이터는 가장 가까운 경로를 통하여 멀티홉(multi-hop)방식으로 기지국으로 전달된다.

본 논문에서는 사용자가 정보를 필요로 하는 지역을 “관심영역”(target region)이라고 정의하고[3] 관

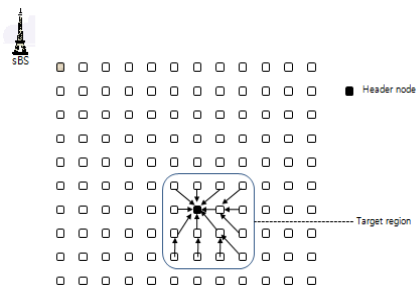


Figure 1. Head Node Data Aggregation.

심영역의 각 노드들로부터 데이터를 수집하는 노드를 헤드노드(head node)라고 하며 헤드노드가 sBS로 정보를 전달하는 경로에서 마지막에 위치한 노드를 앵커노드(anchor node)라고 정의한다. sBS는 최초에 망 셋업 단계에서 노드들의 위치 정보를 이용하여 센서노드가 기지국으로 데이터를 전달하기 위하여 필요한 다음 홉(next hop)에 대한 정보를 미리 각 센서노드에게 전송한다. 또한 전달 경로의 마지막 노드를 앵커노드로 설정한다.

sBS가 정보수집이 필요한 관심영역에 있는 각 노드들에게 센싱정보를 요청할 때 관심영역에 있는 노드들 중 잔여에너지가 가장 많고 관심영역 내의 센서들이 정보를 전송할 때 총 소비에너지를 최소화하는 위치에 있는 노드를 헤드노드로 선정한다. sBS는 헤드노드에게 헤드가 되었음을 알리고 나머지 관심영역내의 센서노드에게도 헤드노드의 위치정보와 헤드노드로의 라우팅정보를 전송한다. 이 라우팅정보는 헤드로의 경로 상에서 단지 다음 홉에 대한 정보를 포함한다. 관심영역의 각 센서는 자신이 헤드노드가 아니라면 sBS가 미리 전송해준 다음 홉으로 데이터를 전달하기만 하면 된다.

이렇게 헤드노드에 도착한 센싱정보들은 헤드노드에서 결합되어 sBS로 전송된다. 이 때 전송되는 패킷은 목적지가 sBS라는 정보와 헤드노드의 잔여에너지, 그리고 센싱정보를 포함한다. 목적지가 sBS인 경우 전송 경로 상에 있는 각 노드는 망 셋업시 다음 홉에 대한 정보를 sBS로부터 미리 전송받았으므로 이를 이용하여 다음 노드로 데이터를 전달한다. 전달된 데이터는 결국 sBS에 도달하기 직전에 경로상의 마지막 노드인 앵커노드에 도착하고 앵커노드는 자신의 잔여에너지를 패킷에 포함시켜 sBS로 바로 전송한다.

센싱 작업이 수행되는 동안 각 노드의 잔여에너지 양에 변화가 발생한다. sBS는 노드의 잔여에너지 양에 대한 정보를 업데이트하기 위하여 센싱 정보와 함께 전송된 헤드노드와 앵커노드의 잔여에너지 양을 이용한다. 센싱과 전송작업동안 관심영역과 앵커노드까지의 경로 상에 있는 노드들의 잔여에너지에 변화가 있으나, 라운드당 잔여에너지변화량이 가장 많은 노드는 헤드노드와 앵커노드이다. 따라서 중요한 변화가 있는 헤드노드와 앵커노드의 잔여에너지만 전송함으로써 잔여에너지관리를 위한 오버헤드

를 줄일 수 있다. 사용자의 관심영역이 수시로 변할 수 있으므로 다른 노드의 에너지변화도 다른 라운드에서 업데이트될 것이다. 센서 네트워크가 센싱한 데이터를 전송하기 위하여 망은 다음과 같은 절차를 거친다.

## 2.1 셋업단계

센서노드가 센싱을 시작하기 전에 센싱한 정보가 전달되는 경로를 배정하는 단계이다. 어떤 센서노드에서 센싱된 데이터는 일단 헤드노드로 전송된 후 헤드노드에서 sBS로의 가장 가까운 경로를 따라 멀티홉 방식으로 전달된다. 이러한 경로배정은 sBS에 의하여 처리되며 각 노드는 sBS로부터 경로상의 가장 가까운 다음 홉에 대한 정보를 전송받는다.

## 2.2 앵커노드지정 단계

앵커노드는 (a)에서 배정한 경로 상에서 임계치 이상의 잔여에너지를 보유하면서 경로의 마지막 노드가 선택된다. sBS는 각 노드의 잔여에너지에 대한 정보를 관리하므로 이를 이용하여 앵커노드를 동적으로 관리한다. 한 라운드 후에 앵커노드의 잔여에너지가 임계치 이하로 떨어지는가를 확인하고 그럴 경우 현재의 앵커노드를 다음 홉으로 하는 노드를 앵커노드로 지정한다. 앵커노드는 한 개 이상이 지정될 수 있지만 라운드당 한 노드만 앵커노드의 역할을 수행한다.

## 2.3 헤드노드 결정단계

헤드노드는 관심영역이 정해지면 sBS에 의하여 결정된다. sBS는 데이터 수집시 소비되는 에너지비용과 앵커로의 전달시 소비되는 비용을 계산하여 이를 최소화하면서 일정량 이상의 잔여에너지를 보유한 노드를 헤드노드로 선택한다.

## 2.4 데이터전송단계

관심영역 내의 각 센서 노드가 센싱한 데이터는 미리 정해진 헤드노드로 전달되고 헤드노드는 이를 수집, 결합한 후 미리 정해진 경로에 따라 앵커노드로 전달한다. 앵커노드는 헤드노드로부터 전달받은 데이터를 sBS로 전송한다. sBS는 데이터패킷에서 포함된 헤드노드와 앵커노드의 잔여에너지 정보를

이용하여 데이터베이스를 수정한다.

### 3. 경로 설정 방법

경로 설정은 망의 셋업단계에서 sBS에 의하여 실행된다. sBS는 다음과 같은 방법으로 최적의 데이터 전달 경로를 설정한다. 전체 센서노드의 집합  $F = \{n_1, n_2, \dots, n_M\}$ 이라고 하자.  $dist(i, j)$ 는 노드  $n_i$ 와  $n_j$ 사이의 거리이고  $dist(i, sBS)$ 는 노드  $n_i$ 와 sBS사이의 거리이다. sBS는 각 노드의 위치를 알고 있기 때문에 각 노드사이의 거리를 계산할 수 있다. 헤드노드에서 수집된 데이터를 라우팅하는 과정에서 어떤 헤드노드  $n_i$ 의 다음 홉의 집합  $NextHop_i$ 는 노드  $n_i$ 의 이웃노드  $n_j$  중  $dist(i, j)$ 와  $dist(j, sBS)$ 의 합이 최소인  $n_j$ 가 된다.

$$Nei_i(j) = dist(i, j) + dist(j, sBS) \quad \text{for } 1 \leq i, j \leq M (i \neq j) \quad (1)$$

$$NextHop_i \ni j \quad \text{if } Nei_i(j) \text{ is minimal} \quad (2)$$

이 때  $n_i$ 는  $n_j$ 의 이전 홉의 집합( $BeforeHop_j$ )에 등록된다. 이 정보는 앵커노드의 지정을 위하여 필요하다.

$$BeforeHop_j \ni i \quad (3)$$

어떤 노드의 다음 홉은 유일하나 이전 홉은 여러 개가 될 수 있다. 왜냐하면 그 노드가 sBS로의 가장 가까운 경로 상에 있다면 많은 노드들이 이 노드를 경유노드로 선택하기 때문이다. sBS는 계산한 경로 정보를 이용하여 모든 센서노드에게 각 노드가 헤드노드가 될 경우 데이터를 전달할 다음 홉에 대한 정보를 알려준다.

### 4. 앵커노드 지정방법

sBS로의 전송에 의한 에너지소비는 센서노드의 잔여에너지에 큰 영향을 준다. 따라서 sBS로의 데이터 전송에 책임을 맡고 있는 앵커노드를 동적으로 관리함으로써 망 수명을 연장시킬 수 있다. 앵커노드는 잔여에너지량이 임계치 이하로 떨어지면 앵커노드의 기능을 상실하고 단지 센서노드로의 역할만 담당한다. 이러한 앵커노드의 변화는 sBS가 결정하며 현재 앵커노드로 데이터를 직접 전달하는 모든 노드가 다음 앵커노드가 된다. sBS는 라우팅테이블과 잔여에너지테이블을 이용하여 앵커노드를 결정하고

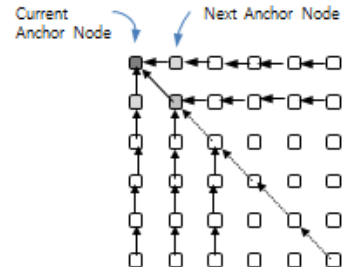


Figure 2. Anchor Node Selection.

앵커노드가 된 센서노드들에게 이를 알린다. 새로 앵커가 된 노드는 헤드노드로부터 센싱 정보가 도착하면 직접 sBS로 데이터를 전송한다.

sBS는 노드의 위치정보에 의하여 sBS와 노드  $n_i$  간의 거리  $dist(i, sBS)$ 를 계산할 수 있다.  $dist(i, sBS)$ 가 가장 작은 값인  $n_i$ 가 망에서 sBS에 가장 가까운 노드이다. 이 노드가 최초의 앵커노드가 된다. 앵커노드의 잔여에너지량이 임계치 이하로 떨어지면 이 노드를 다음 홉으로 하고 있는 노드  $n_j$ 들이 다음 앵커노드가 된다. 노드  $n_j$ 가 앵커가 되면 노드  $n_i$ 는 단지 센싱 작업만 하는 일반 노드가 된다. sBS가 최초에 앵커노드를 선택하는 알고리즘은 다음과 같다. 전체 센서노드의 집합  $F = \{n_1, n_2, \dots, n_M\}$ 이라고 할 때 집합  $F$ 에서 다음을 만족하는  $n_i$ 가 앵커노드가 된다.

$$\text{Initially,} \quad (4)$$

$$n_i \text{ is an anchor if } dist(n_i, sBS) \text{ is minimal for } 1 \leq i \leq M$$

만약 어떤 노드  $n_i$ 가 앵커노드인데 잔여에너지량  $RE(i)$ 가 임계치 이하라면 앵커노드는 현재 앵커노드의  $BeforeHop_i$ 으로 변경된다.

$$\text{if } RE(i) < E_{threshold} \text{ then } n_j \text{ becomes an anchor} \quad (5)$$

$$\text{for } j \in BeforeHop_i$$

sBS는 각 라운드마다 앵커노드의 잔여에너지를 검사하여 조건이 맞지 않을 경우 앵커노드를 변경한다.

### 5. 헤드노드 결정방법

센싱노드가 센싱한 정보를 데이터의 결합없이 전송한다면 소스노드의 수에 비례하여 에너지 소비가 증가한다. 위치기반 라우팅에서 많은 데이터들이 비

슷한 경로를 통해서 기지국으로 전달된다. 그러므로 그 경로 상에 있는 노드들은 각 소스노드의 데이터를 전달하기 위하여 많은 에너지를 소비해야 하며 데이터 충돌율도 높아진다. 따라서 어떤 지역에서 집중적으로 발생하는 데이터는 그 지역에서 모아서, 결합된 데이터를 다음 노드로 전달하면 에너지 소비와 전송시 충돌을 상당히 줄일 수 있다. 이 장에서는 sBS가 최적의 헤드노드를 결정하기 위하여 전체 망에서 소비되는 에너지를 계산하는 방법을 살펴본다. 분석모델은 [5]에서 제안한 모델을 사용한다. 관심영역의 센서노드  $n_i$ 가 관심영역 내의 데이터를 수집한 후, 앵커노드로 전송하는데 소비하는 총에너지양을  $E_i(i)$ 라고 한다면

$$E_i(i) = E_g(i) + E_f(i) \quad (6)$$

$E_g(i)$ 는 노드  $n_i$ 로 데이터를 수집하는데 소비되는 비용이며  $E_f(i)$ 는  $n_i$ 에 수집된 데이터를 앵커노드로 전송하는데 드는 에너지양이다. 각 에너지양을 계산하기 위하여 [1]에서 제안한 에너지비용모델을 사용한다.  $k$ -bit 메시지를 거리  $d$ 만큼 떨어진 곳으로 송신할 때 소비되는 에너지는 다음과 같다.

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^2nk \quad (7)$$

수신할 때는 거리와 상관없이 데이터양에 따라 소비에너지가 결정된다.

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k \quad (8)$$

$E_{elec}$  : 송수신 회로 동작 에너지(J/bit)

$\epsilon_{amp}$  : 신호증폭에너지(J/bit/m<sup>2</sup>)

$E_C(k, d)$ 는  $k$ -bit 메시지를 거리  $d$ 만큼 떨어진 곳으로 송수신할 때 소비되는 에너지의 합이다.

$$E_C(k, d) = E_{Tx}(k, d) + E_{Rx}(k) \quad (9)$$

총에너지비용을 계산하기 위하여 센서노드는 규칙적인 간격( $d$ )으로 센서필드에 배치되어 있다고 가정한다. 헤드노드는 관심지역에 있는 소스노드들로부터 데이터를 전송받아 앵커노드로 전송해야하므로 관심지역 내의 다른 노드에 비해 더 많은 에너지를 소비한다. 따라서 헤드노드로서 역할을 수행하기 위하여 필요한 에너지는 다음과 같이 계산할 수 있다. 관심지역 내의 소스노드의 집합을  $S=\{n_1, n_2, \dots, n_N\}$ 라고 하자. 집합  $S$ 에서 노드  $n_i$ 가 데이터를 수집

하는데 필요한 에너지비용  $E_g(i)$ 는 다음과 같다.[5]

$$E_g(i) = \sum_{j=1, j \neq i}^N geohops(j, i) \cdot E_C(k, d) \quad (10)$$

for  $1 \leq i, j \leq N$

$geohops(j, i)$ 은  $n_i, n_j$  사이의 홉(hop)수이다. 또한, 헤드노드  $n_i$ 에서 앵커노드까지 데이터를 전달하는데 드는 비용  $E_f(i)$ 는 다음과 같다.

$$E_f(i) = geohops(i, anchor) \cdot E_C(k, d) \quad (11)$$

sBS는  $E_i(i)$ 이상의 잔여에너지를 가지면서  $E_i(i)$ 가 최소인 노드  $n_i$ 를 헤드노드로 선택한다. 본 논문에서 제안한 라우팅 방식은 스마트기지국에서 헤드노드와 앵커노드의 에너지정보를 관리해야 하므로 이러한 정보를 센서노드들로부터 전송받아야 하며, 현재 앵커노드의 잔여에너지가 부족할 경우 새로운 앵커노드에게 앵커가 되었음을 알리고 관심영역이 변경될 때마다 헤드노드가 된 노드에게 헤드노드가 되었음을 알려야 하는 오버헤드가 있다. 그러나 이러한 비용은 해당노드에서 정보수신을 위하여 소비되는 에너지이므로 스마트기지국에 의한 망관리에서 절약되는 에너지에 비하여 훨씬 적은 에너지이다.

## 6. 시뮬레이션

이 장에서는 제안한 에너지 분산 정책을 시뮬레이션하여 LEACH 프로토콜과 비교해 본다. 시뮬레이션에서 센서 노드는 200m\*200m 좌표영역에 일정한 간격으로 분포되어 있다. 전체 센서 노드의 수는 100개이며 기지국은 센서필드에서 기지국과 가장 가까운 노드의 좌표를 (0,0)이라고 할 때 상대거리가 (200,200)인 좌표 상에 놓여 있다. 패킷의 크기  $k$ 는 2000bit로 가정한다. 또한 데이터의 결합을 위해 필요한 에너지는 5nJ/bit/message로 가정한다. 송수신 동작을 위한 에너지는  $E_{elec}=50nJ/bit$ 이며 송신 신호 증폭을 위한 에너지는  $\epsilon_{amp}=100pJ/bit/m^2$ 이다. 노드당 초기 에너지는 0.5J로 설정하였다. 앵커노드를 변경하기 위한 잔여에너지의 임계치는 앵커노드에서 sBS까지 데이터를 전송하는데 드는 에너지의 2배로 가정한다. 매 라운드마다 관심영역은 바뀌며 관심영역은 랜덤하게 지정되도록 하였다. 또한 관심영역의 크기는 일정하게 유지하였다.

먼저, 일정한 라운드가 수행된 후 망 전체의 에너지 소비량을 측정하였다. LEACH의 경우 헤드노드의 잔여에너지량이 임계치 이하로 떨어질 경우 클러스터를 재구성한다. 제안한 정책은 관심영역이 매 라운드마다 바뀌므로 라운드마다 헤드가 정해지도록 프로그램 하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 3에서 보는 바와 같이 라운드당 소비에너지는 라운드수가 증가할수록 소비에너지의 차가 점점 커짐을 알 수 있다. 그 이유는 제안한 방법의 경우 멀티홉 방식으로 가능한 한 기지국에 가까운 노드로 데이터를 전달한 후 기지국으로 전송하는데 비하여 LEACH는 헤드노드가 비교적 먼 거리에 떨어져 있는 기지국으로 데이터를 바로 전송함으로써 전송에너지비용이 커지기 때문이다. 또한, LEACH는 클러스터와 관심영역이 커버하는 지역이 일치하지 않으므로 인하여 한 라운드당 기지국으로 전송하는 헤드노드가 한 개 이상 될 수 있다.

두 번째로 특정 라운드에서 사망한 노드수를 측정해 보았는데 제안한 방법은 LEACH에 비하여 사망

노드수의 증가가 완만하게 나타났다. 이는 헤드노드와 기지국간의 거리에 관계없이 클러스터의 헤드노드는 기지국으로 직접 데이터를 전달해야 함으로 기지국에서 멀리 떨어진 헤드노드일수록 에너지 소비가 거리의 제곱에 비례하여 증가하므로 라운드수가 증가할수록 사망노드수가 급격히 증가한다. 제안한 방법은 관심영역에 따라 헤드가 정해지고 기지국으로 최종적으로 데이터를 전송하는 앵커노드가 가능한 한 기지국에 가까이 있도록 하였기 때문에 에너지의 소비량이 LEACH보다 적고, 사망노드수가 상대적으로 적게 발생한다.

그림 5와 그림 6은 500라운드 후에 필드에 있는 사망노드분포를 나타낸다. LEACH의 경우 망에서 기지국으로 바로 데이터를 전송함으로써 기지국에서 멀리 떨어진 노드들이 먼저 사망할 확률이 높다. 반면 제안한 방법에서는 데이터를 전송하는 앵커노드

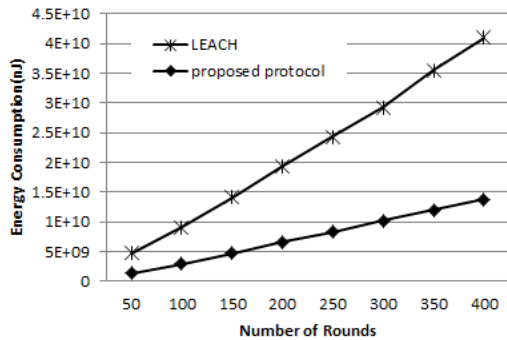


Figure 3. Energy Consumption per Round.

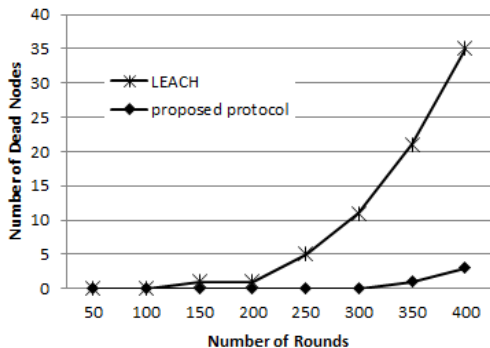


Figure 4. Number of Dead Nodes per Round.

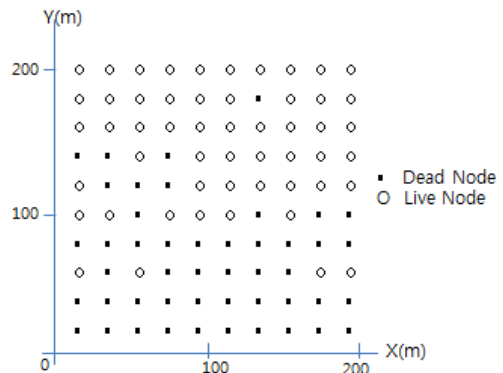


Figure 5. Distribution of Dead Nodes when Round=500 in LEACH.

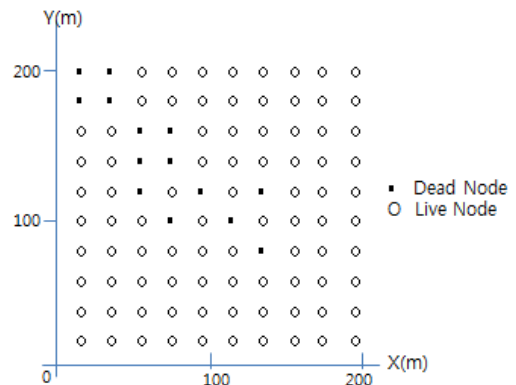


Figure 6. Distribution of Dead Nodes when Round=500 in Proposed Strategy.

를 기지국에서 가까운 노드부터 지정하고 에너지양에 따라 앵커노드를 동적으로 변경함으로써 사망노드 분포를 분산시킬 수 있다.

## 7. 결 론

위치기반 센서필드에서 관심영역이 매 라운드마다 달라질 때 고정된 클러스터에서 클러스터의 커버영역과 관심영역이 일치하지 않으므로 에너지의 소비가 비효율적이 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 스마트기지국이 관심영역에 따라 헤드노드를 지정하고 헤드노드가 관심영역 내의 센서노드로부터 데이터를 수집한 후 앵커노드를 통하여 기지국으로 전송하는 방안을 제안하였다. 제안한 방법을 LEACH와 비교한 결과 일정한 라운드의 수행 후에 망 전체의 소비에너지량과 사망노드수가 제안한 방법에서 상당히 향상되었음을 알 수 있었다. 시뮬레이션 결과를 통하여 기지국으로의 데이터전송을 담당하는 앵커노드를 돕으로써 라운드당 소비되는 에너지를 절약할 수 있고, 앵커노드의 동적인 지정은 각 노드의 에너지 사용을 분산시켜 망에서 첫 사망노드의 발생을 지연시키며 망의 수명을 연장시킬 수 있었다. 향후 모바일 센서 네트워크에서 스마트 기지국에 의한 망 관리를 통하여 망수명을 연장시킬 수 있는 방안을 연구하고자 한다.

## REFERENCES

- [1] Mohamed Younis, Moustafa Youssef, and Khaled Arisha, "Energy-Aware Routing in Cluster-Based Sensor Networks," *Proceeding of the 100th IEEE Int'l Symp. on MASCOTS'02*, 2002.
- [2] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *Proceeding of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1-10, 2000.
- [3] Chalermek Intanagonwivat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann, and Fabio Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," *Proceeding of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 1-15, 2000.
- [4] T. He, J. Stankovic, C. Lu, and T. Abdelzaher, "A Spatiotemporal Communication Protocol for Wireless Sensor Networks," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 16, No. 10, pp. 995-1006, 2005.
- [5] Euisin Lee, Soochang Park, Fucai Yu, and Sang-Ha Kim, "Data Gathering Mechanism with Local Sink in Geographic Routing for Wireless Sensor Networks," *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, Vol. 56, No. 3, pp. 1433-1441, 2010.
- [6] B. Karp and H. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," *Proceeding of ACM MOBICOM*, 2000.
- [7] Sung-Hwa Hong and Byong-Kug Kim, "An Efficient Data Gathering Routing Protocol in Sensor Networks Using the Integrated Gateway Node," *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, Vol. 56, No. 2, pp. 627-632, 2010.
- [8] S. Deng, J. Li, and L. Shen, "Mobility-based Clustering Protocol for Wireless Sensor Networks with Mobile Nodes," *IET Wireless Sensor Systems*, Vol. 1, Issue 1, pp. 39-47, 2011.
- [9] Ramesh Rajagopalan and Pramod K. Varshney, "Data-Aggregation Techniques in Sensor Networks: A Survey," *IEEE Communication Surveys & Tutorials 4th Quarter 2006*, pp. 48-63, 2006.
- [10] W.Y. Lee and W.J. Lee, "An Enhanced Rerouting Function using the Failure Information in a VANET Unicasting Routing," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 2, pp. 191-199, 2014.
- [11] M. Ye, C. Li, G. Chen, and J. Wu, "An Energy Efficient Clustering Scheme in Wireless Sensor Networks," *Proceeding of the 24<sup>th</sup>*

*IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference*, pp. 535-540, 2005.

- [12] Xuxun Lin, "A Survey on Clustering Routing Protocol in Wireless Sensor Networks," *Sensors 2012*, Vol. 12, No. 8, pp. 11113-11153, 2012.
- [13] H. kim, "An Efficient Clustering Scheme for Data Aggregation Considering Mobility in Mobile Wireless Sensor Networks," *International Journal of Control and Automation*, Vol. 6, No. 1, pp. 221-234, 2013.



### 박 선 영

1990년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 학사

1993년 8월 경북대학교 컴퓨터공학과 석사

1998년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 박사

1998년 9월~현재 계명문화대학교 컴퓨터학부 교수  
관심분야: 무선통신프로토콜, 센서네트워크