

# 센서 네트워크에서 연결 지속성 향상 가능한 새로운 클러스터링 기법에 관한 연구

김 대 현<sup>†</sup> · 김 진 목<sup>††</sup> · 이 경 오<sup>†††</sup>

## 요 약

센서 네트워크 환경에서 기존에 제안된 많은 라우팅 기법들 중에서 대표적인 LEACH 기법은 클러스터링 기반의 연구방법이다. 이는 많은 센서들로 구성된 센서 네트워크 그룹을 효과적으로 관리하기 위해서 제안된 기법이다. 하지만 이때 클러스터 단위의 그룹을 관리하기 위한 클러스터 헤더에 대한 에너지 잔류량을 고려하지 못한 단점으로 인해 데이터 전송 도중 클러스터 그룹이 파괴되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하고자 클러스터 그룹에 대한 관리를 수행하는 새로운 클러스터링 기법에 대해서 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안한 기법을 이용하여 클러스터 그룹의 연결지향성도 향상되었고 데이터 전송과 처리에 있어서 지연 시간도 감소함을 실험 결과를 통해 알 수 있었다.

키워드 : 클러스터링 기법, 센서네트워크, Search Algorithm, 라우팅

## A Novel Clustering Method for Increasing Connection Durability in Sensor Network Environment

Dae Hyun Kim<sup>†</sup> · Jin Mook Kim<sup>††</sup> · Kyung Oh Lee<sup>†††</sup>

### ABSTRACT

The LEACH is a study method of a clustering base that was representative in many routing techniques that was suggested in sensor network environment. This is suggested technique to manage the sensor network group which consisted of many sensors in efficiency. However, it does not consider energy remaining quantity of the cluster header to manage cluster group, the problem where the cluster group is able to destroyed on the middle which transmits data. We are going to propose to solve such a problem by this paper for new clustering technique to accomplish management for a cluster group. It uses the technique which it proposes from the dissertation which it sees and are to the data transfer and the control also the connection directivity of the cluster group to improve also the lag time diminishes, test result it will lead and the possibility which it will know it was.

Key Words : Clustering method, Sensor network, Search algorithm, Routing.

### 1. 서 론

최근 센서 네트워크에 대해서 많은 관심이 모아지면서 환경감시, 기상측정, 군사 분야 등 특정 목적을 갖는 많은 분야에서 활발하게 연구들이 진행되고 있다. 여기서 센서 노드들은 지속적으로 수집한 정보들을 BS로 전송하여 응용분야의 목적을 수행한다. 일반적으로 센서 노드들은 한정된 에너지를 갖고 있어 이러한 에너지를 얼마나 효율적으로 사용하느냐에

따라 전체적인 네트워크의 수명과 성능에 영향을 끼친다. 이와 함께 네트워크 그룹의 범위성, 부하균등과 같은 고려사항이 역시 센서 네트워크에 있어 중요한 요구사항이다.

센서 네트워크의 여러 가지 기법들 중에서 가장 널리 알려진 기법으로 클러스터링 기법을 사용한 LEACH[1]이 있다. 그러나 LEACH는 헤드 선출 시 에너지 잔류량을 고려하지 않고 확률기반으로 클러스터 헤더를 선출하기 때문에 에너지 효율적이지 못하다. 이로 인해 최악의 경우 데이터 전송 도중 클러스터 헤더의 에너지 고갈로 인한 클러스터 그룹이 파괴되는 현상도 발생 가능하다.

이에 본 논문에서는 이러한 LEACH의 단점을 보완하고자 2개의 헤드노드와 한 개의 후보노드를 선출하여 보다 에너지 효율적이고 네트워크의 연결을 유지시켜줄 수 있는 새

※ "본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2008-C1090-0801-0020)  
† 준 회원: 선문대학교 전자계산학과 석사  
†† 정 회원: 선문대학교 컴퓨터정보학부 연구교수  
††† 종신회원: 선문대학교 컴퓨터정보학부 교수  
논문접수: 2007년 10월 10일, 심사완료: 2008년 12월 12일

로운 클러스터링 기법을 제안하고 이에 대해서 시뮬레이션을 통해 본 연구에 대한 타당성을 검토하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장은 관련 연구에 관한 내용으로 라우팅 기법의 종류와 클러스터 기반의 라우팅에 대해 설명하고 있고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대한 내용이고, 4장은 실험 및 평가, 5장 결론으로 구성되어 있다.

## 2. 관련연구

### 2.1. 센서 네트워크 라우팅 기법

기존에 수행된 센서 네트워크 환경에서의 라우팅 기법은 크게 다음의 세 가지로 나뉜다.[5]

첫째로 수평적 라우팅 기법이 있다. 수평적 라우팅은 보통 플러딩 기술에 기반을 둔 라우팅 기법으로 정보 전달 시 모든 노드들이 데이터 병합과정을 수행 하는 방법이다.

두 번째는 계층적 라우팅 기법이다. 계층적 라우팅 기법은 본 논문에서 중점적으로 다루고 있는 방법으로 노드들을 일정규모의 클러스터 단위로 나누어 그 중 헤드노드를 선출하여 헤드노드에서 데이터 병합과정을 통해 전송량을 줄여 BS로 전송하는 방식을 말한다.

마지막 세 번째는 위치기반 라우팅 기법인데 이 방법은 모든 노드들이 자신의 위치뿐만 아니라 이웃 노드의 위치를 미리 알고 있어야 하는 방식이다.

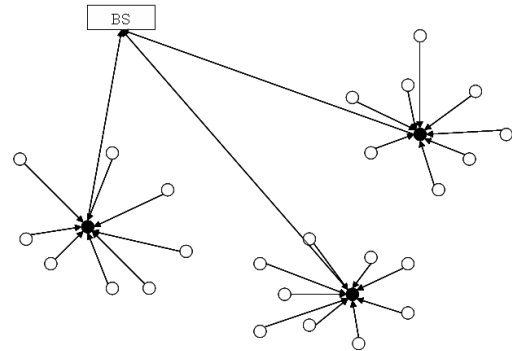
위와 같이 기존에 연구된 대표적인 클러스터링 기법 3가지 종류 중에서 본 논문에서는 계층적 라우팅 기법이 현실적으로 타당성이 높다고 판단하고 이를 기반으로 한 새로운 라우팅 기법에 대해서 연구하고자 한다.

### 2.2. 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜

클러스터 기반의 라우팅 프로토콜은 인접한 노드들의 유사한 정보의 중복전달로 인한 에너지 소모를 감소시켜 에너지 효율을 높일 수 있는 장점이 있다. 즉 센서들에 대한 클러스터를 형성하여 유사한 이벤트 정보들을 클러스터 헤드에서 데이터 통합과정을 통해 걸러냄으로서 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 한다. 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜의 구성은 아래 (그림 1)과 같이 표현할 수 있다.

(그림 1)과 같이 클러스터 기반의 프로토콜은 노드들을 클러스터 단위로 묶고 이 중 하나의 헤드노드를 선출하여 주변 노드들로부터 데이터를 전달받아 데이터들을 통합하여 BS로 전달한다.

이러한 클러스터 기반의 프로토콜 중 대표적인 것으로 LEACH가 있다. LEACH는 클러스터 헤드를 확률적으로 선정하여 클러스터 내의 모든 노드들에게 클러스터 헤드가 될 수 있는 기회를 준다. LEACH는 라운드라는 시간단위로 구성되고 클러스터 구성 시에 클러스터 헤드를 선정하고 헤드가 선정되면 광고메시지를 통해 노드들에게 알리고 TDMA 스케줄을 작성하여 클러스터 구성노드들에 전파한다. 그리고 구성노드들은 정해진 스케줄에 따라서 데이터를 전송하고 전송이



(그림 1) 클러스터 기반의 프로토콜

끝나면 sleep 모드로 전환하여 에너지 소모를 줄인다. 그러나 노드들의 에너지양을 고려하지 않고 헤드를 선정하기 때문에 에너지 효율적이지 못하고 또한 헤드의 에너지 고갈로 BS와 클러스터 간 연결 지향성에도 문제가 있다.

## 3. 제안 알고리즘

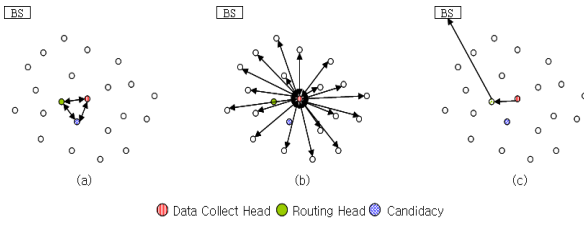
### 3.1. 모델설계

본 논문에서 제안하고자 하는 알고리즘은 LEACH를 기반으로 하고 있으며, LEACH의 취약점을 보완하고자 설계하였다.

LEACH는 확률적인 헤드 선출로 인해 에너지 효율적이지 못할 수 있는 문제점을 안고 있다. 또한 잘못된 헤드가 선출될 경우 네트워크 연결이 끊어져 신뢰성 있는 데이터의 전달이 불가능한 문제가 발생한다.

예를 들어 하나의 노드가 헤드로 선출이 되었을 때 노드의 잔류에너지가 얼마 남지 않은 상태면 그 헤드가 속한 클러스터는 데이터를 BS에 제대로 전송하지 못하게 된다. 그 이유는 헤드가 일찍 death가되기 때문이다. 헤드가 death가 된 경우 클러스터에서 수집된 정보들을 BS로 전송할 수 없다. 또한 클러스터 내에서 수집된 유용한 정보들까지도 사용할 수 없게 된다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 노드들이 갖는 에너지양과 각각의 노드들의 위치정보를 얻어 그것을 토대로 헤드를 선출하고자한다.

BS는 노드들의 잔류에너지와 각 노드가 가지는 위치정보를 계산해 헤드를 선출한다. BS는 각 노드에 Query를 전송하고 Query를 받은 노드들은 각각의 에너지와 위치정보에 대한 데이터를 응답메시지와 함께 BS에 전송한다. 다음으로 BS는 이 데이터들을 기반으로 하여 클러스터 당 3개의 노드를 선정한다. 선정된 3개의 노드들은 3.2절의 (식 1)에서와 같이 각각의 T 값을 계산하여 선정된 다른 노드들에게 전송하여 주고 전송받은 데이터와 자신이 가진 T 값을 비교하여 각자의 역할 분담을 한다.(데이터 수집 헤드, 라우팅 헤드, 후보노드 역할 분담) 이렇게 3개의 노드가 선출되면 선출되지 않은 노드들은 이 헤드 노드들과 후보노드를 중심으로 클러스터를 형성하고 (그림 2)(a)와같이 클러스터내의 헤드와 후보는 서로 통신을 함으로서 각각의 존재를 확인한다.



(그림 2) 제안하는 알고리즘

두 헤드노드와 후보노드 간 확인 작업이 끝나면 데이터 수집헤드는 TDMA 스케줄을 작성하여 모든 노드에 전파한다. 이 때 라우팅 헤드와 후보노드에도 별도의 스케줄을 작성하여 전송한다. 이 세 개의 노드는 정해진 스케줄에 따라 통신하면서 에너지 잔류량을 체크한다.

스케줄 작성이 끝나면 바로 데이터 이동이 발생한다. 데이터의 이동이 발생하면 데이터 수집헤드는 (그림 2)(b)에서와 같이 주변의 구성노드들이 센싱한 정보들을 받아서 데이터를 통합하고 압축하는 역할을 수행한다. 이렇게 통합된 데이터들을 (그림 2)(c)에서처럼 라우팅 헤드로 전송하면 라우팅 헤드는 데이터 수집헤드로부터 전송받은 데이터들을 BS에 전송한다.

후보노드는 평상시에 sleep 상태를 유지한다. 스페어노드로서 데이터수집헤드 노드의 에너지가 임계치 이하로 소비되어 역할 수행을 못하게 되면 이를 대신하기 위해 존재한다. 따라서 평상시에는 아무런 역할도 수행하지 않다가 수집노드가 교체될 원하거나 수집노드로부터 일정 시간이 지났음에도 응답이 없는 경우에 데이터 수집노드와 역할을 교체한다.

헤드의 역할을 대신할 후보노드를 선정해 놓았기 때문에 헤드 교체 시에 처리 속도 지연을 최소화하여 전체 시스템의 효율을 높일 수 있다.

### 3.2. 클러스터 헤드 선출 및 교체

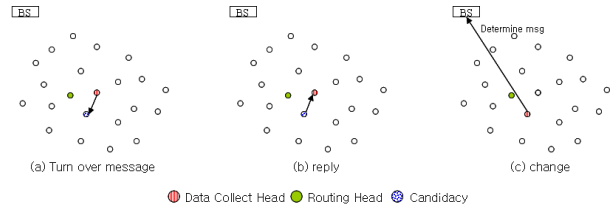
헤드를 선출하거나 교체하기 위해서 특정 임계 값을 사용한다. 이 때 사용하는 임계 값은 아래의 (식 1)와 (식 2)를 계산하여 두 식에서 얻어진 값을 비교해서 T 값이 크면 헤드로 선출한다.

$$T = E_{\text{resi}}/E_{\text{INIT}} * CH_{\text{pnt}} \quad (\text{식 1})$$

$$T' = \sum E_{\text{resi}}/\sum E_{\text{INIT}} * CH_{\text{pnt}} \quad (\text{식 2})$$

$E_{\text{resi}}$ 는 노드의 잔류 에너지양이고  $E_{\text{INIT}}$ 는 노드가 가진 초기 에너지양이다. 또  $CH_{\text{pnt}}$ 는 전체 네트워크의 데이터 수집헤드의 비율을 나타낸다. 네트워크 내에서 최적의 클러스터 헤드의 비율은 5%로 계산했다.[2]

(식 1)에 의해 계산된 T 값을 (식 2)을 통해 계산된 전체 네트워크의 T' 값과 비교하여 (식 1)의 값이 작으면 (그림 3)과 같이 헤드의 역할을 후보노드에게 이양한다.



(그림 3) 헤드의 역할 교체

데이터 수집헤드의 권한을 이양 받은 후보노드는 클러스터내의 구성 노드들에게 자신이 새로운 데이터 수집헤드가 되었음을 전파하고 헤드의 역할을 수행한다.

## 4. 실험 및 평가

### 4.1. 시스템 설계

시스템은 기본적으로 LEACH의 규칙을 따른다.

크게 4가지 단계로 구성하는데 맨 먼저 advertisement 단계를 거친다. advertisement 단계에서는 BS에 의해 헤드들과 후보노드가 정해지면 이 세 노드들이 통신을 하면서 서로의 에너지 량을 비교하여 그중 가장 많은 양의 에너지를 보유한 노드를 데이터 수집헤드로 하고 데이터 수집헤드가 된 노드는 BS에게 알리고 또한 인근의 노드들에게 advertisement 메시지를 전파한다. advertisement 메시지를 받은 노드들은 가장 먼저 받은 advertisement 메시지를 전달한 헤드를 자신의 클러스터 헤드로 삼는다. 자신이 속할 헤드를 선택한 노드들은 헤드노드를 중심으로 클러스터를 형성한다.

클러스터가 형성이 되면 데이터 수집헤드는 TDMA 스케줄을 작성한다. 클러스터를 구성하고 있는 노드들에게 전달할 TDMA 스케줄과 라우팅 헤드와 후보노드에게 전달할 스케줄을 구성하여 클러스터 전역에 전파한다. 스케줄을 전달 받은 노드들은 주변정보를 센싱하고 주어진 TDMA 스케줄에 따라 헤드 노드에게 센싱한 데이터를 전송한다. 그리고 라우팅 헤드와 후보노드도 자신들이 전달 받은 스케줄에 맞춰 수집헤드와 통신을 통해서 상태를 체크한다.

또한 헤드교체 시에 특정 임계 값을 사용하는데 이 내용은 3.2절에 나온 대로 두 식에 대입하여 임계 값을 구하고 그에 따라서 헤드를 교체한다.

(그림 4)에서 제안알고리즘을 코드로 표현하였다.

Step 1에서는 클러스터를 구성하기 위해 BS는 노드들에게 각각이 가진 잔류 에너지와 위치정보를 요구하는 Query를 전송하고 Query를 받은 노드들은 잔류 에너지와 위치정보에 대한 데이터를 응답메시지에 실어 BS에 전송한다.

Step 2는 Step 1에서 전송받은 데이터를 기반으로 클러스터를 구성하고 헤드 노드와 후보노드를 선정한다. 데이터 수집헤드는 TDMA 스케줄을 작성하여 주변의 노드들과 라우팅 헤드, 후보노드에게 전파한다.

Step 3은 Step 2에서 헤드와 후보가 정해지고 TDMA 스

케줄 작성이 완료된 뒤에 데이터가 이동하는 것을 나타낸다.

Step 4에서는 데이터 수집헤드의 에너지가 고갈되어 교체해야할 상황을 기술하고 있다. 헤드의 T 값과 네트워크에서 구한 T' 값을 비교하여 헤드의 T 값이 작으면 후보노드와 역할을 교체한다. 역할 교체가 이루어지면 기존 데이터 수집헤드가 라우팅 헤드에게 후보노드에 역할 이양을 했다는 메시지를 보내고 차기 데이터 수집헤드가 된 후보노드 역시 헤드 이양 메시지를 받아서 자신이 차기 데이터 수집헤드가 되었다고 라우팅 헤드에게 메시지를 전달한다. 라우팅 헤드는 차기 데이터 수집헤드에게 응답메시지를 보내주고 차기 데이터 수집헤드는 클러스터 내에 구성 노드들에게 advertisement 메시지를 전파하고 헤드의 역할을 수행한다.

```

Step 1 : init
query -> all nodes
reply msg with energy and location of each node to BS
compare energy
select EA, EB, EC

Step 2 : select head node and candidate
if EA's T > EB's T and EA's T > EC's T then
    EA is CH
    if EB's T > EC's T then
        EB is candidate
        EC is RH
    end if
    BS transmit T' to EA
    if EA's T > T' then
        CH = true
        TDMA Scheduling
        broadcast to members
    end if
end if

Step 3 : complete
transmit data from members to CH
data aggregation
transmit data from CH to RH
transmit data from RH to BS

Step 4 : turn over CH to candidate
if EA == CH then
    BS transmit T' to EA
    if T <= T' then
        turn over message to candidate
        reply message to previous_CH
        candidate -> next_CH
        transmit message previous_CH to RH
        transmit message next_CH to RH
        reply message RH to next_CH
    end if
    next_CH broadcast advertisement in cluster
    members reply to next_CH
    goto Step 3
end if
    
```

(그림 4) 알고리즘 코드

#### 4.2. 성능평가

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 NS2 Simulator를 사용하였으며, LEACH, LEACH-C, HEED와 네트워크 수명을 비교하였다.

시뮬레이션 환경은 100 \* 100 크기의 지역에서, 노드의 초기 개수는 100개로 설정 하였고 100개 단위로 노드의 수를 늘려가며 실험했다. BS의 위치는 (0, 0)으로 배치하였다. 또한 각 노드가 가지는 초기 에너지 값은 2J로 설정하였으며 노드 간 데이터 전송 시 발생하는 에너지 소모 모델은 LEACH[1]에서 제안된 아래의 식으로 계산하였다.

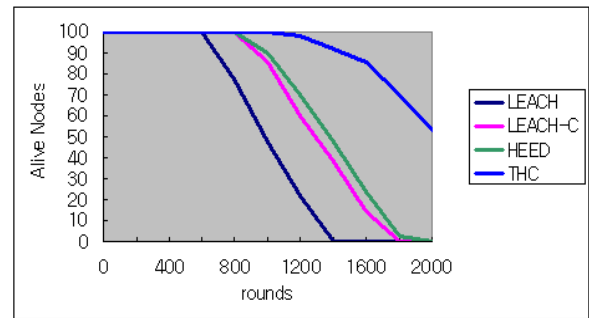
$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + \epsilon_{amp} * k * d^2 \quad (\text{식 3})$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k \quad (\text{식 4})$$

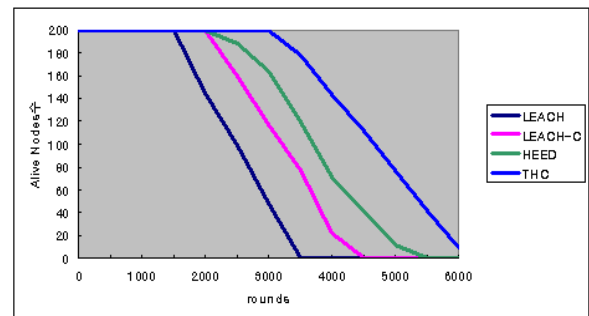
(식 3)은 전송할 때의 에너지 소모를 나타내고 (식 4)는 데이터를 수신할 때 발생하는 에너지 소모를 나타낸다. 위의 식에서  $E_{elec}$ 은 데이터 송수신시 발생하는 소모 에너지로서 50nJ/bit의 값을 갖고  $\epsilon_{amp}$ 은 송신 신호를 증폭하기 위한 에너지로서 100 pJ/bit/m<sup>2</sup>의 값을 갖는다. k는 데이터의 크기이고 d는 노드간 거리를 의미한다.

첫 번째 실험은 각각의 프로토콜들에서 노드들의 생존율을 비교하는 실험을 하였다. 시뮬레이션을 통한 실험의 결과는 (그림 5)과 (그림 6)의 그래프에서 볼 수 있다.

노드의 개수를 초기에 100개의 노드를 두었을 때의 노드



(그림 5) 노드 생존율 비교 (100nodes)



(그림 6) 노드 생존율 비교 (200 nodes)

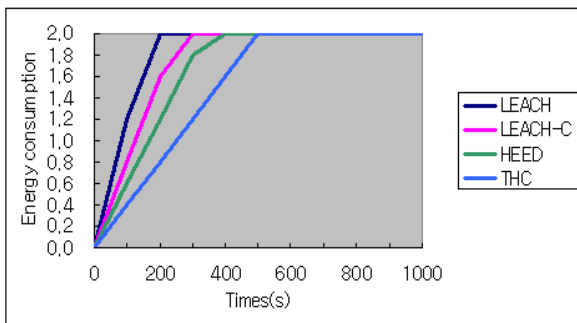
생존율과 이후 100개 노드를 더해 총 200개 노드들에서의 노드의 생존율을 비교한 그래프이다. 기존의 프로토콜들과 비교했을 때 약 30%이상 향상된 노드 생존율을 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 클러스터 헤드의 부하를 분산시키고 후보노드를 통해 헤드의 에너지가 고갈되었을 때 첫 단계부터 시행하지 않고 클러스터 내에서 헤드와 후보노드를 역할 교체를 함으로써 에너지 소모를 줄이고 나아가 클러스터 재구성하는 시간을 줄여서 전체 시스템의 처리에 걸리는 지연 시간도 감소할 수 있게 된다.

두 번째 실험은 각각의 프로토콜들에서 클러스터 안에서 시간에 따라 소모하는 에너지의 양을 비교해보았다. (그림 7)는 단위 시간에 따른 클러스터 내에서 발생하는 에너지 소모량을 비교한 그래프이다. 클러스터 헤드의 부하를 분산시켜 데이터 통합과 전송에 있어서 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘들에 비해 소모량이 적음을 알 수 있다.

세 번째로는 프로토콜들에서 발생하는 first node death와 last node death가 몇 라운드 만에 발생하는지를 비교했다.

<표 1>은 FND와 LND를 비교한 표이다. LEACH에 비해서 약 30-60%, LEACH-C와 비교해서는 약 20-50%, HEED와의 비교는 약 10-30%가량 향상되었다.

이상의 실험들에서 기존에 제안된 알고리즘보다 에너지 효율성과 네트워크 lifetime 유지에 있어서 훨씬 안정되고 향상된 성능을 보여주고 있다.



(그림 7) 시간에 따른 에너지 소모량

<표 1> FND, LND 비교

	100		200		300	
	FND (round)	LND (round)	FND (round)	LND (round)	FND (round)	LND (round)
LEACH	708	1387	1634	3209	2390	4608
LEACH-C	872	1698	1803	4145	2601	5106
HEED	905	1806	1912	4707	2809	5379
THC	1150	3059	2055	6098	3101	8956

## 5. 결 론

센서 네트워크의 기법들 중에서도 클러스터링 기법을 이용한 알고리즘 가운데 대표되는 것이 LEACH이다. LEACH는 클러스터 기반으로 구성되어 데이터의 중복을 방지하여 에너지 효율적이나 헤드 선출에 있어서 랜덤하게 선출하기 때문에 헤드의 에너지가 고갈되면 해당 클러스터와의 연결이 끊어지게 된다.

본 논문에서는 두 개의 헤드를 사용하여 헤드에 걸리는 부하를 분산시키고 또한 이것과 별개로 후보노드 하나를 더 더듬으로서 전체적인 네트워크의 연결이 중간에 소실되는 것을 방지하는 알고리즘을 제안하였다. 이 세 개의 노드들은 에너지와 각각의 위치를 기반으로 선택되어 클러스터 구성이 보다 안정적이고 따라서 전체 네트워크의 연결을 잘 유지해 줄 수 있다.

향후 과제는 데이터 수집헤드가 갖게 되는 후보노드에 대한 데이터 유지비용을 보다 최소화함으로써 다수의 후보노드를 가질 경우에 대해 연구하고 성능 평가를 통해 보다 개선된 기법을 제안하는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in Proceedings of HICSS-33, pp.3005-3014, Jan 2000.
- [2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, pp.660-670, Oct 2002.
- [3] O. Younis and S. Fahmy, "Distributed clustering in adhoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach," in Proceedings of IEEE INFOCOM, Mar 2004.
- [4] <http://nile.wpi.edu/NS/>
- [5] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks : A survey," IEEE Wireless Commun. Vol.11, Issue 6, pp.6-28, Dec. 2004.
- [6] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [7] <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns/>
- [8] Chandrakasan, Amirtharajah, Cho, Goodman, Konduri, Kulik, Rabiner, and Wang. "Design Considerations for Distributed Microsensor Systems," In IEEE 1999 Custom Integrated Circuits Conference (CICC), pp.279-286, May 1999.
- [9] Clare, Pottie, and Agre. "Self-Organizing Distributed Sensor Networks," In SPIE Conference on Unattended Ground Sensor Technologies and Applications, pages 229-237, Apr. 1999.

[10] K. Scott and N. Bambos. "Routing and Channel Assignment for Low Power Transmission in PCS," In 5th IEEE Int. Conf. on Universal Personal Communications, volume 2, pages 498-502, Sept. 1996.

[11] S. Basagni, "Distributed Clustering Algorithm for Ad-hoc Networks," in International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms, and Networks (I-SPAN), 1999.

[12] W. Ye, J. Heidenmann, and D. Estrin, "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," in Proceedings of IEEE INFOCOM, New York, NY, June 2002.



**김진목**

e-mail : calf0425@sunmoon.ac.kr  
 1998년 배재대학교 컴퓨터과학과(이학사)  
 2000년 배재대학교 컴퓨터공학과  
 (공학석사)  
 2006년 광운대학교 컴퓨터과학과  
 (공학박사)

2006년 9월~2007년 2월 선문대학교 컴퓨터정보학부 박사후  
 연구과정

2007년 3월~현재 선문대학교 컴퓨터정보학부 연구교수  
 관심분야: 유비쿼터스 센서네트워크 보안



**김대현**

e-mail : perseus0080@hanmail.net  
 2006년 선문대학교 컴퓨터 정보학부  
 (학사)  
 2008년 선문대학교 전자계산학과  
 (석사)  
 관심분야: RFID/USN



**이경오**

e-mail : leeko@sunmoon.ac.kr  
 1989년 서울대학교 계산통계학과(이학사)  
 1994년 서울대학교 전산학과(이학석사)  
 1999년 서울대학교 전산학과(이학박사)  
 1999년~현재 선문대학교 컴퓨터정보학부 교수  
 관심분야: RFID/USN, 데이터베이스,  
 멀티미디어