

# 유비쿼터스 센서 네트워크에서 메타 데이터 구조를 이용한 하이브리드 클러스터링

## An Hybrid Clustering Using Meta-Data Scheme in Ubiquitous Sensor Network

남도현, 민홍기

Do-Hyun Nam, Hong-Ki Min

### 요약

센서 네트워크에서 사용되는 동적 클러스터 방식의 라우팅은 일정 주기마다 클러스터 헤드 노드의 재 선출과 그에 따른 클러스터 재구성을 통해 센서 노드들의 에너지 소모를 분산한다. 그러나 동적 클러스터링 방식의 경우는 주기적으로 클러스터 구조가 바뀌게 되어 이로 인한 에너지 소모가 크다. 또한 클러스터 헤드노드가 동일 데이터를 수신할 경우 에너지 낭비가 있다. 본 논문은 위에서 언급한 반복적인 클러스터 구성에 대한 에너지 소모 문제는 최초로 구성된 클러스터는 고정하고 순환적으로 클러스터 헤드노드를 선출하는 순환적 클러스터 헤드선정(RRCH: Round-Robin Cluster Header)방식을 제안하였다. 또한 클러스터 헤드노드에 중복 데이터가 발생하는 문제는 클러스터 헤드노드가 처음에 수신한 데이터의 메타데이터를 브로드캐스트 함으로서 동일 데이터를 센싱한 클러스터 멤버노드가 송신하지 못하게 하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서 제안한 방식의 타당성을 확인하기 위해 모의실험을 실시하였다. 라운드 구간을 100번 반복하여 클러스터 구성과 데이터 전송을 포함한 전체 에너지 소모량을 측정하였다. 결과는 제안한 방식이 기존의 LEACH방식보다 평균 29.3%, HEED방식보다 평균 21.2% 적게 소모되는 것을 확인하였다.

### Abstract

The dynamic clustering technique has some problems regarding energy consumption. In the cluster configuration aspect, the cluster structure must be modified every time the head nodes are re-selected, resulting in high energy consumption. Also, there is excessive energy consumption when a cluster head node receives identical data from adjacent cluster sources nodes. This paper proposes a solution to the problems described above from the energy efficiency perspective. The round-robin cluster header(RRCH) technique, which fixes the initially structured cluster and sequentially selects cluster head nodes, is suggested for solving the energy consumption problem regarding repetitive cluster construction. Furthermore, the issue of redundant data occurring at the cluster head node is dealt with by broadcasting metadata of the initially received data to prevent reception by a sensor node with identical data. A simulation experiment was performed to verify the validity of the proposed approach. The results of the simulation experiments were compared with the performances of two of the most widely used conventional techniques, the LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) and HEED(Hybrid, Energy Efficient, Distributed Clustering) algorithms, based on energy consumption, remaining energy for each node and uniform distribution. The evaluation confirmed that in terms of energy consumption, the technique proposed in this paper was 29.3% and 21.2% more efficient than LEACH and HEED, respectively.

**keywords** : USN cluster, USN routing, USN data transmit, USN energy efficient

### I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 기반이 되는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 사람의 손길이 닿지 않는 다양한 환경에 적용된다. 그러므로 센서 네트워크는 소형 크기의 센서노드로 이루어져 있고 에너지의 교체가 어렵다. 따라서 센서 네트워크에서 에너지 효율화 문제는 중요한 부분으로 연구되고 있고, 그중 라우팅 분야는 다양한 방식으로 연구되고 있다[1,2,3,4,5].

무선 센서 네트워크에서 센서노드들이 여러 개의 클러스

\* 인천대학교

접수일자 : 2008. 9. 01 수정 완료 : 2008. 10. 07

계재확정일자 : 2008. 10. 29

※ 이 논문은 인천대학교 2007년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음

터로 구성되어, 하나의 클러스터에 하나의 클러스터 헤드노드가 있고 나머지 노드는 클러스터 멤버노드들로 이루어지는 방식을 클러스터 방식이라고 한다. 클러스터 방식의 라우팅에서는 클러스터 헤드노드가 클러스터 멤버노드에 비하여 많은 양의 에너지를 소비한다. 따라서 각 노드의 에너지 소모를 균일하게 하기 위하여 주기적으로 클러스터 헤드노드를 재 선출하며, 새로운 클러스터 헤드노드에 따른 클러스터를 재구성 하여야 한다. 이를 동적 클러스터(dynamic cluster) 방식이라고 한다. 동적 클러스터 방식의 라우팅은 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)방식과 HEED(Hybrid, Energy Efficient, Distributed Clustering)방식이 대표적이다[7,9].

LEACH방식과 HEED방식 같은 동적 클러스터 방식의 라우팅은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫 번째 문제는 반복적인 클러스터 재구성에 따른 에너지 소모이다. 즉, 클러스터 헤드노드와 클러스터 멤버노드 간의 에너지 불균형을 해결하기 위해 클러스터 구성을 바꿔주는 셋업과정이 반복적으로 존재하는 문제가 있다. 셋업과정은 클러스터 헤드노드를 교체하고 클러스터 헤드노드에 최적화된 클러스터 멤버노드를 선정하는 복잡한 과정으로 에너지 소모가 크다. 지금까지 클러스터 방식의 라우팅에 대한 연구는 데이터 전송에 대한 에너지 효율 측면만을 제시하였을 뿐, 에너지 소모가 큰 클러스터 구성 자체가 반복적으로 일어나는 부분은 언급하지 않고 있다. 두 번째 문제는 비효율적 데이터 전송에 대한 것으로, 중복 데이터 발생에 따른 에너지 소모 문제이다. 중복 데이터 문제는 거리상 인접한 센서 노드들이 데이터를 획득 시, 동일한 데이터를 얻는 경우가 발생하는 것이다.

본 논문은 이와 같이 전통적인 클러스터 기반의 라우팅 방식이 가지고 있는 문제점을 해결하고, 센서 네트워크에서 에너지 소모가 적은 클러스터 기반의 라우팅 방법을 다음과 같이 제안하고 성능을 분석하였다. 첫 번째 반복적인 클러스터 구성에 대한 에너지 소모 문제는 초기의 셋업 이후에 발생하는 클러스터 구성방법을 간략화 하여, 에너지 소모를 적게 하는 RRCH(Round-Robin Cluster Header)방식을 제안한다. RRCH방식은 초기셋업에서 생성된 클러스터는 고정하고, 이후 반복적인 셋업에서 클러스터 헤드노드만 순환적으로 교체하는 방식이다. 제안방식은 클러스터의 재구성 부분의 에너지 소모를 효율화 하여 기존방식보다 에너지 효율을 높일 수 있다. 두 번째 클러스터 헤드노드에 중복된 데이터가 수신되는 문제의 해결은 클러스터 헤드노드가 처음 수신한 데이터에 대한 메타데이터를 클러스터 멤버노드들에게 브로드캐스트 함으로써, 클러스터 멤버노드가 동일 데이터를 전송하지 못하게 하는 방식을 사용한다.

## II. 클러스터환경에서 메타기반 데이터모음 기법과 에너지 소비모델

대표적인 클러스터링 방식은 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)방식이 있고, 메타기반의 데이터 모음 기법으로는 LEACH-meta 방식이 있다 [6,7,10]. LEACH-meta방식은 LEACH방식의 클러스터링에 근간을 두고 메타기반의 데이터 모음 기법을 적용한 방식이다. 그림 1에서와 같이 LEACH-meta방식은 셋업(set-up)과 다수의 프레임(frame)으로 구성된 라운드가 반복된다. 프레임은 다수의 슬롯(slot)과 소스선정메시지 및 센싱데이터패킷 부분으로 구성된다[10].

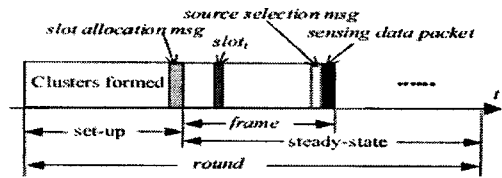


그림 1. LEACH-meta의 생명주기  
Fig. 1. Time format in LEACH-meta

셋업부분은 그림 2처럼 클러스터 헤드노드를 확률함수를 통해 선정하고, 선정된 클러스터 헤드노드는 자신의 id를 ADV(Advertisement)메시지로 브로드캐스트(broadcast)한다. 이를 수신한 클러스터 소스노드는 자신과 가장 가까운 클러스터 헤드노드에 자신의 id를 Join-REQ정보로 응답한다. 클러스터 소스노드로부터 Join-REQ를 수신한 클러스터 헤드노드는 클러스터 소스노드의 TDMA(Time Division Multiple Access)스케줄정보를 생성하여 클러스터 소스노드에게 전송한다.

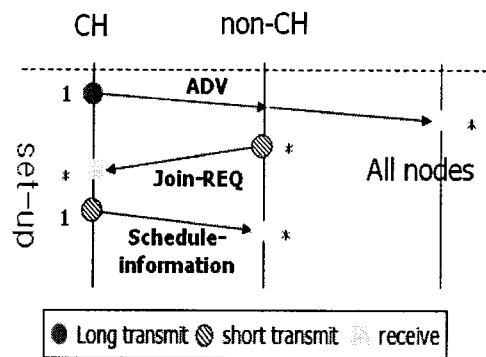


그림 2. LEACH-meta의 셋업과정  
Fig. 2. set-up of LEACH-meta

프레임부분은 클러스터 소스노드들이 자신의 TDMA정보에 해당하는 슬롯에 획득한 데이터를 클러스터 헤드노드로 전송하고, 클러스터 헤드노드는 수신된 데이터들을 취합하여 기지국에 전달하는 과정으로 그림 3처럼 구현된다. LEACH-meta의 경우는 클러스터 소스노드들이 데이터를

획득하게 되면 실제데이터를 클러스터 헤드에게 전송하는 것이 아니라, 메타데이터를 먼저 전송한다. 클러스터 헤드 노드는 수신된 메타데이터를 가지고 잔존에너지가 가장 큰 클러스터 소스노드에게 실제 센싱데이터를 전달하게 소스선정메시지(source selection message)를 전달하고, 이후 클러스터 소스노드는 실제 센싱데이터패킷(sensing data packet)을 클러스터 헤드노드에게 전송한다.

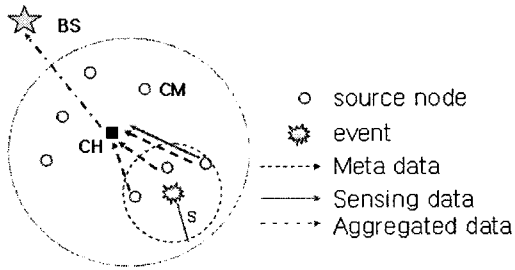


그림 3. LEACH-meta의 데이터 모음 방법

Fig 3. Data aggregation process in LEACH-meta

데이터를 획득한 소스노드들 중에서 실제 데이터를 전송하게 되는 노드는 선택된 소스노드라고 하고, 나머지는 선택되지 않은 소스노드라고 한다. 상세 구조는 그림 4와 같이 표현할 수 있다. 데이터를 획득한 소스노드와 데이터 획득에 참여하지 않는 소스노드를 모두 클러스터 멤버노드 (CM)라고 한다.

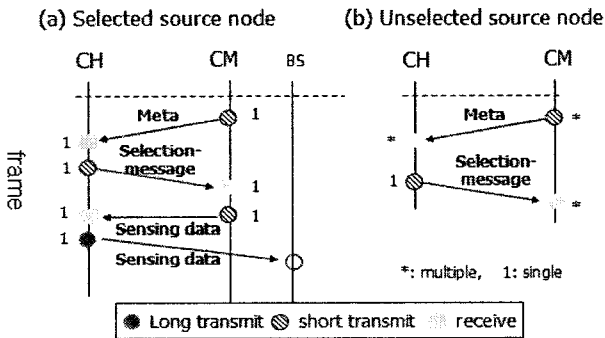


그림 4. LEACH-meta의 프레임 전송과정  
Fig 4. Frame process of LEACH-meta

클러스터 방식에서의 에너지 소모량을 살펴보기 위해 먼저 송신( $tx$ )과 수신( $rx$ )을 보면 식(1)과 식(2)로 표현할 수 있다. 송신의 경우 기지국 또는 모든 노드들에게 전송하는 먼거리 전송( $tx_{long}$ )과 클러스터내의 노드들에게만 전송하는 짧은거리 전송( $tx_{short}$ )으로 구분된다[6].

$$E_{tx}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + lE_{fs}d^2, & tx_{long} \\ lE_{elec} + lE_{mp}d^4, & tx_{short} \end{cases} \quad (1)$$

$$E_{rx}(l) = lE_{elec} \quad (2)$$

여기서  $l$ 은 실제데이터크기,  $E_{elec}$ 은 전자에너지 (electronics energy),  $E_{mp}$ 는 증폭에너지(먼거리),  $d$ 는 기지국까지의 거리,  $E_{fs}$ 는 증폭에너지(짧은거리)이다.

그림 3처럼 실제 이벤트가 발행하는 노드의 숫자를 계산하기 위해서는 식(3)을 사용한다[10].

$$N_{event} = \frac{\pi S^2}{M^2} N \quad (3)$$

$M$ 은  $M \times M$  지역의 한 변의 길이이고,  $N$ 은 전체노드의 숫자,  $S$ 는 이벤트가 발생한 지점 반경의 반지름의 길이이다.

### III. 제안모델

클러스터 기반 라우팅은 클러스터 헤드의 선정과 클러스터 헤드에 최적화된 클러스터를 구성하기 위한 셋업단계와 실제데이터를 획득하고 데이터를 전송하기 위한 프레임단계로 구분할 수 있다. 본 연구는 그림 5에서 보듯이 복잡한 셋업단계가 동일하게 반복적으로 발생하는 부분을 최초의 셋업단계와 이후의 반복적으로 일어나는 재셋업단계를 분리하여, 최초의 셋업단계에서 얻은 정보를 효율적으로 이용하여 이후 반복적으로 일어나는 셋업단계에서는 보다 간단한 셋업단계를 설계함으로 에너지 소모를 적게 하였다. 또한 프레임단계에 있어서도 이벤트가 발생한 지점에 인접한 여러 소스노드가 동일한 데이터를 클러스터 헤드노드에게 보내는 것을 메타데이터를 이용하여 오직 하나만 전송하게 하고, 메타데이터를 사용하는 방법도 기존의 LEACH-meta에서 이용한 방법보다 적은횟수의 데이터 송수신을 통하여 에너지 소모가 적게 하였다.

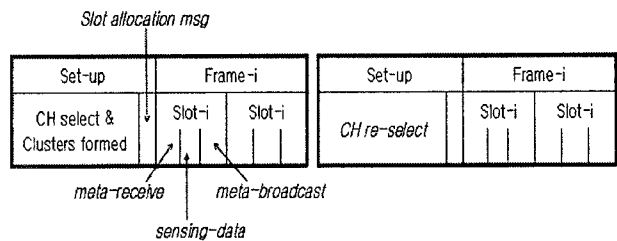


그림 5. 제안방법의 셋업과 프레임과정  
Fig. 5. set-up and frame format of proposed method

3.1. 제안방법의 셋업과 프레임 알고리즘

제안방법의 구성을 셋업과 프레임으로 구분하여 살펴보면, 먼저 셋업은 최초셋업과 이후 반복적인 재셋업으로 구분된다. 제안방법의 최초셋업은 기존의 전통적인 방법과 동일하다. 다만 클러스터 헤드노드는 클러스터내 노드들의 위치정보를 가지고 있어야 한다. 위치정보를 통해 TDMA스케줄을 구성시 서로 이웃하는 노드별로 슬롯에 할당한다. 그러나 이후 반복적인 재셋업의 경우는 그림 6의 (a)처럼 차이를 보인다. 현재의 클러스터 헤드는 TDMA스케줄정보와 다음에 클러스터 헤드노드가 될 센서노드의 id를 클러스터 소스노드에게 알린다. TDMA스케줄정보는 각 클러스터 소스노드가 자신이 어느 슬롯에서 송신해야 하는지에 대한 정보를 가지고 있다. 클러스터 소스노드는 스케줄정보를 근거로 자신의 슬롯과 변경된 클러스터 헤드노드의 정보를 알 수 있다. 다음의 클러스터 헤드노드는 id의 순서대로 순차적으로 선택된다.

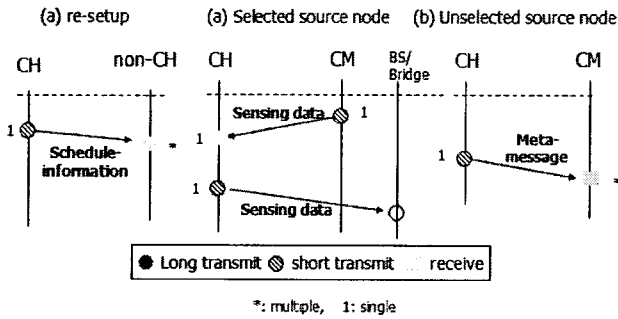


그림 6. 제안방법의 셋업과 프레임과정

Fig. 6. set-up and frame process of proposed method

프레임의 경우는 그림 6의 (b)처럼 클러스터 소스노드중 최초의 노드는 센싱데이터를 클러스터 헤드노드에게 전송한다. 이후 클러스터 헤드노드는 데이터를 전송한 노드의 이웃 슬롯  $n$ 개에게 수신한 데이터의 메타데이터를 브로드캐스트(broadcast)시키고, 수신한 데이터는 기지국에 전송한다. 데이터를 획득한 다른 노드들은 그림 6의 (c)처럼 클러스터 헤드노드로부터 전달된 메타데이터를 기반으로 자신이 센싱한 데이터가 메타데이터와 동일한 데이터일 경우는 클러스터 헤드노드에게 전송하지 않는다. 그림 6의 (b), (c)의 프레임부분 구성을 그림 7로 표현할 수 있다.

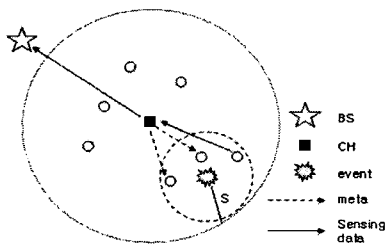


그림 7. 제안방법의 셋업과 프레임 시나리오

Fig. 7. set-up and frame scenario of proposed method

3.2. 셋업 동작 단계에서의 에너지 소비

LEACH-meta의 셋업의 경우는 그림 2의 과정을 보면 클러스터 헤드노드는 송신 2회와 수신 1회, 클러스터 소스 노드는 송신 1회와 수신 2회로 구성되어 있다. 그러므로 전체 클러스터에서의 전송횟수는 클러스터 헤드노드와 클러스터 소스노드의 송신과 수신을 더한 값에 클러스터 수  $k$ 를 곱하면 식(4)로 표현된다.

$$SC_{i-tot} = kt x_{adv-long} + r x_{req} (N-k) + t x_{sche-short} k + r x_{adv} (N-k) k + t x_{req-short} (N-k) + r x_{sche} (N-k) \quad (4)$$

식(4)에 식(1)과 식(2)를 이용하여 에너지 소모량으로 계산하여 보면 식(5)로 표현된다. ADV와 Join-REQ처럼 데이터 사이즈가 작은 경우는  $l_m$ 으로 표기하였다.

$$SE_{i-tot} = l_m (k E_{mp} d^1 + E_{elec} (2N + kN - k^2 - k) + E_{fs} \frac{M^2}{2\pi} (\frac{N}{k} - 1)) + l (E_{elec} (k + N - 1) + E_{fs} \frac{M^2}{2\pi}) \quad (5)$$

제안방법의 셋업의 경우는 그림 6의 (a)과정을 보면 클러스터 헤드노드는 송신 1회만으로 구성되어 있고, 클러스터 소스 노드는 수신 1회만으로 구성되어 있다. 그러므로 전체 클러스터에서의 전송횟수는 클러스터 헤드노드와 클러스터 소스노드의 송신과 수신을 더한 값에 클러스터 수  $k$ 를 곱하면 식(6)으로 표현된다.

$$SC_{AR-tot} = t x_{sche-short} k + r x_{sche} (N-k) \quad (6)$$

식(6)에 식(1)과 식(2)를 이용하여 에너지 소모량으로 계산하여 보면 식(7)로 표현된다.

$$SE_{AR-tot} = l (E_{elec} (k + N - 1) + E_{fs} \frac{M^2}{2\pi}) \quad (7)$$

결과적으로 셋업에서 LEACH-meta의 에너지 소모량은 식(5)로 표현되고, 제안방식의 에너지 소모량은 식(7)로 표현된다.

3.3. 프레임 동작 단계에서의 에너지 소비

LEACH-meta의 프레임의 경우는 그림 4의 과정을 보면 선택된 소스노드와 선택되지 않은 소스노드로 구분할 수 있다. 선택된 소스노드에서 클러스터 헤드는 송신 2회와 수신 2회, 클러스터 소스 노드는 송신 2회와 수신 1회로 구성되어 있다. 실제 데이터가 센싱된 소스의 수는 식(3)이고 클러스터 수는  $k$ 이므로 결과는 식(8)로 표현된다.

$$FC_{l-s-tot} = k(rx_{meta} + tx_{meta-short} + tx_{meta-short} + rx_{meta} + rx_{data} + tx_{data-long} + tx_{data-short}) \quad (8)$$

선택되지 않은 소스노드에서는 클러스터 헤드는 송신1회와 수신 1회, 클러스터 소스 노드는 송신 1회와 수신 1회로 구성되어 있다. 실제 데이터가 센싱된 소스의 수는 식(3)이고 클러스터 수는 k이므로 결과는 식(9)로 표현된다.

$$FC_{l-uns-tot} = k(rx_{meta}(N_{event} - 1) + tx_{meta-short}(N_{event} - 1) + tx_{meta-short} + rx_{meta}(N_{event} - 1)) \quad (9)$$

식(8)과 식(9)를 더하여 식(1)과 식(2)를 이용하여 에너지 소모량으로 계산하여 보면 식(10)으로 표현된다.

$$FE_{l-tot} = l(E_{elec}(2k+1) + E_{mp}d^4k + E_{fs}\frac{M^2}{2\pi}) + l_m(NS^2(2k/M^2 + E_{elec}\pi/M^2 + E_{fs}/2) + 2kE_{elec} + 2E_{fs}M^2/2\pi) \quad (10)$$

$l_{meta}$ 는 메타데이터의 길이이다.

제안방법의 프레임의 경우는 그림 6의 (b), (c)와 그림 7 과정을 보면 클러스터 헤드는 송신2회와 수신 1회로 구성되어 있고, 클러스터 소스 노드는 송신 1회와 수신 1회만으로 구성되어 있다. 클러스터 헤드가 전송한 메타데이터를 수신한 노드가 n개이면 전체 클러스터 k에서의 에너지 소모는 식(11)로 표현된다.

$$FC_{AR-tot} = k(rx_{data} + tx_{data-long} + tx_{data-short} + tx_{meta-short} + rx_{meta}n) \quad (11)$$

식(11)에 식(1)과 식(2)를 이용하여 에너지 소모량으로 계산하여 보면 식(12)로 표현된다.

$$FE_{AR-tot} = l(3kE_{elec} + kE_{mp}d^4 + E_{fs}M^2/2\pi) + l_m(kE_{elec}(1+n) + E_{fs}M^2/2\pi) \quad (12)$$

결과적으로 프레임에서 LEACH-meta의 에너지 소모량은 식(10)으로 표현되고, 제안방식의 에너지 소모량은 식(12)로 표현된다.

#### IV. 실험 및 고찰

제안된 방식의 타당성을 확인하기 위해 Visual C++ 프로 그래를 사용하여 모의실험을 하였다. 이 때 실험환경은 표

1과 같다.

표 1. 실험 변수와 값

Table 1. Simulation parameter and value

변수	값
$E_{elec}$	50 nJ/bit
$E_{fs}$	10 pJ/bit/m <sup>2</sup>
$E_{mp}$	0.0015 pJ/bit/m <sup>4</sup>
$l$	512 bit
$l_m$	50 bit
$k$	5개
$N$	100개
$M$	100 m
$S$	20 m
라운드당 프레임	10개
$n$	5개

그림 8은 모의실험 화면으로 기지국은 센서노드의 영역 밖에 존재한다. 이벤트는 하나의 프레임에 한 번씩 랜덤하게 발생한다.

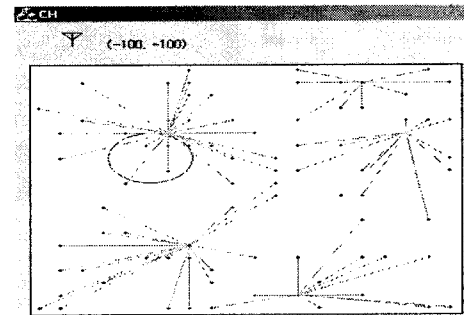
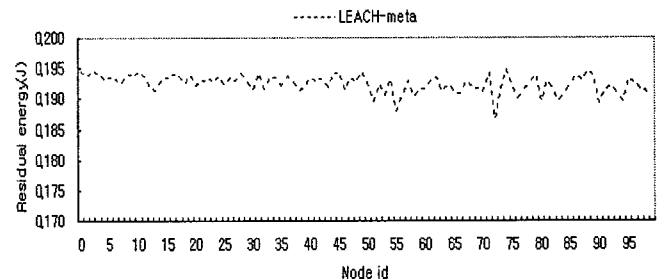


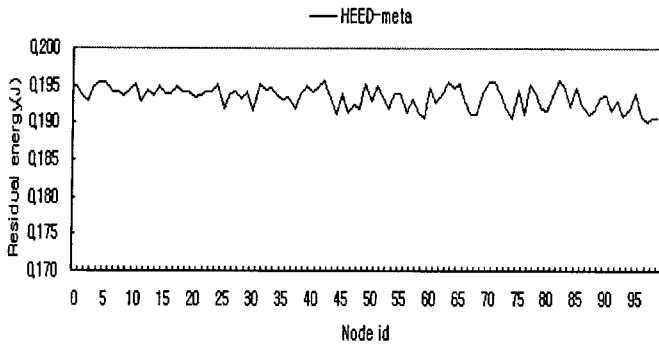
그림 8. 시뮬레이터에서 클러스터 형성과정 모양

Fig. 8. clustering using simulator

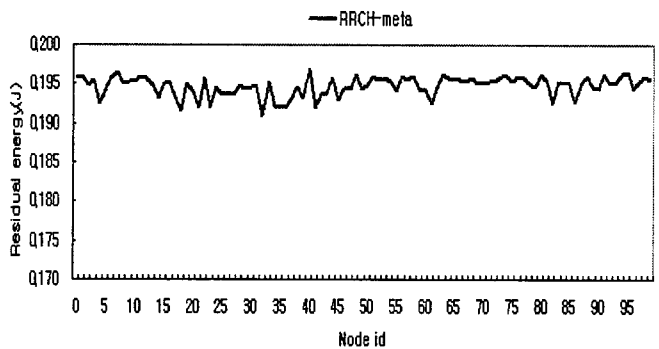
LEACH-meta방식과 제안방식의 각 노드별 잔존 에너지를 비교하기 위하여 LEACH-meta의 라운드별 에너지 소모량은 식(5)와 식(10)을 이용하였고, 제안방식의 라운드별 에너지 소모량은 식(7)과 식(12)를 이용하였다. 초기 에너지는 0.2J로 하였고 결과는 그림 9로 나타난다.



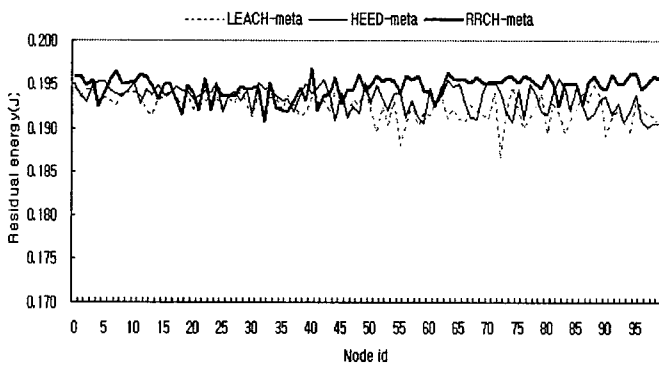
(a) LEACH-meta방식에서 각노드별 잔존에너지



(b) HEED-meta 방식에서 각노드별 잔존에너지



(c) RRCH-meta 방식에서 각노드별 잔존에너지



(d) 각노드별 잔존에너지 비교

그림 9. 30 라운드 후 각노드별 잔존에너지

Fig 9. Residual energy per node after 30 rounds

그림 9에서처럼 제안방식은 기존의 LEACH-meta 방식에 비해 잔존에너지가 전체노드에 있어서 많이 남아 있음을 확인할 수 있다. 그 차이를 정확히 확인해 보기 위해 각 방식의 분산 값을 계산하여 본 결과 LEACH-meta가  $2.35 \times 10^{-6}$ , HEED-meta 방식이  $2.16 \times 10^{-6}$ , RRCH-meta 방식이  $1.65 \times 10^{-6}$  으로 RRCH-meta 방식이 적음을 확인하였다.

다음으로 라운드별 전체에너지 소모량을 확인하여 본 결과 표 2와 그림 10의 결과를 얻었다.

표 2. 라운드별 전체 소모에너지 비교

Table 2. Total energy consume of round

Round	LEACH-meta	HEED-meta	RRCH-meta	Reduction(%)	
				vs LEACH	vs Heed
10	0.0878	0.0748	0.0593	32.5	20.7
20	0.1634	0.1450	0.1145	30.0	21.1
30	0.2447	0.2160	0.1688	31.0	21.8
40	0.3192	0.2854	0.2246	29.6	21.3
50	0.3962	0.3561	0.2794	29.5	21.5
60	0.4693	0.4246	0.3378	28.0	20.4
70	0.5455	0.4969	0.3909	28.3	21.3
80	0.6218	0.5663	0.4442	28.6	21.6
90	0.7002	0.6322	0.4967	29.1	21.4
100	0.7709	0.6941	0.5444	29.4	21.6
			Average	29.3	21.2

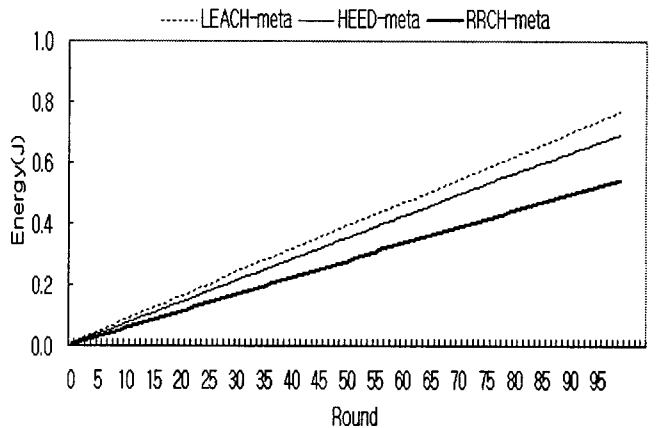


그림 10. 라운드별 전체 소모에너지 비교

Fig. 10. Total energy consume of round

그림 10에서 보는 것처럼 RRCH-meta 방식은 LEACH-meta 방식에 비해 29.3%, HEED-meta 방식에 비해 21.2% 전체 에너지 소모가 적다.

표 3과 그림 11은 라운드가 증가하면 할수록 활동 중인 센서노드의 숫자를 표현한 것이다. LEACH-meta 방식이 130 라운드에서 처음으로 에너지가 고갈된 노드가 발생하고, HEED-meta 방식이 140라운드에서 처음으로 에너지가 고갈된 노드가 발생하는 것에 비해, RRCH-meta 방식은 160라운드에서 처음으로 에너지가 고갈된 노드가 발생함을 볼 수 있다. 그러므로 제안방식은 기존의 LEACH-meta 방식 및 HEED-meta 방식에 비해 처음으로 에너지가 고갈된 노드가 발생하는 시점이 길다.

표 3. 라운드별 살아있는 노드수

Table 3. Number of node still alive per round

Round	LEACH-meta	HEED-meta	RRCH-meta
10	100	100	100
20	100	100	100
30	100	100	100
40	100	100	100
50	100	100	100
60	100	100	100
70	100	100	100
80	100	100	100
90	100	100	100
100	100	100	100
110	100	100	100
120	100	100	100
130	99	100	100
140	99	99	100
150	99	99	100
160	99	99	99

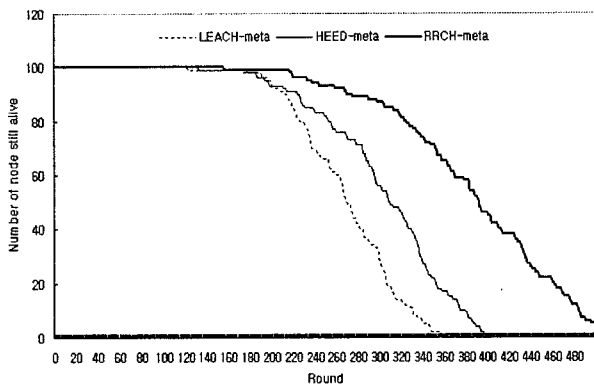


그림 11. 라운드(10개 프레임)에 대한 네트워크 수명  
Fig. 11. Number of node still alive per round

지금까지 본 논문에서 제안한 방식의 타당성을 확인하기 위해 LEACH-meta 방식과 에너지 소모량 및 네트워크 수명을 비교하여 보았다. 표 2와 그림 10에서 볼 수 있듯이 제안방식은 LEACH-meta 방식에 비해 셋업부분과 프레임 부분 모두에 있어서 에너지 소모량이 감소하였음을 확인할 수 있었다. 또한 표 3과 그림 11에서 보듯이 최초로 에너지가 고갈되는 노드의 경우도 제안방식이 LEACH-meta 방식 및 HEED-meta 방식에 비해 긴 것을 확인할 수 있다.

### V. 결론

본 논문은 센서 네트워크에서 에너지 효율화를 위하여 클러스터 재구성 기법과 메타데이터를 이용한 데이터 중복 방지 기법 제시하였다. 클러스터 재구성 기법은 클러스터의 초기 구성 이후에 발생하는 반복적인 클러스터 재구성을 효율화 하는 방식이다. 그러므로 기존의 LEACH 방식 및 HEED 방식처럼 최초 구성이 그대로 반복되는 것에 비해 에너지 소모가 적다. 제안방식은 초기에 구성된 클러스터는 고정하고 클러스터 헤드노드의 교체만으로 각 센서노드의 에너지 소모 균형을 이루는 방식으로 알고리즘이 간단하며

에너지 소모가 적다. 또한 메타데이터를 이용한 기법은 데이터 전송에서 중복 데이터의 송신이 발생하지 않게 한다. 클러스터 헤드노드는 처음 수신한 데이터의 메타데이터를 생성하여 클러스터 멤버노드들에게 브로드캐스트 시키면 클러스터 멤버노드들은 그와 동일한 데이터를 전송하지 않아 사전에 데이터 중복을 차단할 수 있다.

라운드구간을 100번 반복하여 클러스터 구성과 데이터 전송을 포함한 전체 에너지 소모량을 측정하여 보았다. 평가결과 제안방식은 기존의 LEACH 방식보다 평균 29.3%, HEED 방식보다 평균 21.2% 적게 소모되는 것을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] Do-Hyun Nam, Hong-Ki Min. "An Efficient Ad-Hoc Routing Using a Hybrid Clustering Method in a Wireless Sensor Network" in IEEE WiMob 2007
- [2] 남도현, 민홍기. "센서 네트워크에서 클러스터 헤드의 load-balancing을 통한 에너지 효율적인 클러스터링" 정보처리학회논문지C 14-C권 제3호. p.277~p.284 2007.6
- [3] 남도현, 민홍기. "센서 네트워크에서 효율적인 클러스터 재구성 알고리즘", 한국인터넷방송통신TV학회논문지. 7권 4호, p.23~p.30 2007. 8.
- [4] 남도현, 민홍기. "브리지 클러스터를 이용한 에너지 효율적 센서 네트워크 클러스터링" 신호처리학회논문지. 8권 4호, p.279~p.284 2007.10
- [5] I.Akyildiz, W.Su, Y.Sankarasubramaniam, and E.Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, Volume: 40 Issue: 8, pp.102-114, August 2002.
- [6] Wendi B.Heinzelman, Anantha P.Chandrakasan, and hari Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks" in Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, Jan. 2000
- [7] Wendi B.Heinzelman, Anantha P.Chandrakasan, and hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks" IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, NO. 4, 2002
- [8] A.Manjeshwar and D.P.Agrawal. "TEEN: A Routing Protocol for enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks". in 1st International Workshop on Paralled and Distributed Computing Issues in Wireless, 2001.
- [9] Ossama Younis and Sonia Fahmy, "HEED: A Hybird, Energy-Efficient Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks", IEEE Trans. on Mobile computing, Vol.3, No.4, 2004, pp.660-669.
- [10] H. Chen, H. Mineno, T. Mizuno, "A Meta-Data-Based Data Aggregation Scheme in Clustering Wireless Sensor Networks", Proc. International Conference on Mobile Data Management, pp.154-160, 2006

- [11] K. Dasgupta, K. Kalpakis, and P. Numjoshi, "An Efficient Clustering-based Heuristic for Data Gathering and Aggregation in Sensor Networks" *Wireless Communications and Networking*, pp.1948-1953. 2003.03.
- 



**남 도 현(Do-Hyun Nam)**

2000년 인천대학교 전자계산과 (공학사)

2004년 중앙대학교 정보대학원(석사)

2008년 인천대학교 대학원 정보통신공학과(박사)

1996년 ~ 2004년 인크루트 연구소장

2003년 ~ 2007년 인하공업전문대학 겸임교수

2004년 ~ 현재 클립소프트 연구소장

※주관심분야 : 센서네트워크, 보안, 디자인패턴



**민 홍 기(Hong-Ki Min)**

1979년 인하대학교 전자공학과(학사)

1981년 인하대학교 대학원 전자공학과(석사)

1985년 인하대학교 대학원 전자공학과(박사)

1985년 - 1991년 한국과학기술연구원 선임연구원

1993년 - 1994년 Univ. of Delaware 방문교수

1991년 - 현재 인천대학교 교수

※주관심분야 : 센서네트워크, 신호처리, 재활공학, HCI

---