

USN에서 에너지 효율성을 고려한 효과적인 클러스터 헤더 선출 알고리즘

허태성*

A Energy-Efficient Cluster Header Election Algorithm in Ubiquitous Sensor Networks

Hur, Tai Sung*

요 약

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network)는 사람의 접근이 어려운 다양한 환경에 무선 센서들로 구성된 네트워크이다. 그러므로 센서 노드들은 스스로 라우팅 하는 네트워크로 구성되며, 전력(power) 교체가 어렵다는 특징을 가지고 있다. 따라서 전력 소모를 줄이는 다양한 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 클러스터를 이용한 계층적 구조의 라우팅 방식은 평면적 구조의 라우팅 방식에 비해 센서 노드들의 전력소모가 균등하며, 전력 소모가 적어 네트워크의 사용 주기가 길다. 본 논문은 초기 클러스터를 계속 유지하여 클러스터를 구성하는 셋업 과정을 초기 한번만 함으로써 센서노드들의 에너지 소모를 줄이도록 하였으며, 다음 라운드의 헤더 선출은 클러스터내의 멤버 노드들 중 에너지가 가장 많은 노드를 선정함으로써 클러스터내의 모든 노드의 에너지 소모를 균등하게 하는 방법을 제안하였다. 이 방식은 클러스터의 모든 노드들의 에너지소모를 줄여 네트워크의 생명주기를 늘리며, 센서들의 에너지 소모를 균등하게 하여 에너지 홀(energy hole) 문제를 개선하고자 하였다. 본 제안방식의 타당성을 모의실험을 통해 확인하였다.

▶ Keywords : 유비쿼터스 센서 네트워크, 클러스터링, 에너지 홀 문제, 헤더 선출

Abstract

In this paper, a new cluster configuration process is proposed. The energy consumption of sensor nodes is reduced by configuring the initial setup process only once with keeping the initial cluster. Selecting the highest power consumed node of the member nodes within the cluster to the header of next round can distribute power consumption of all nodes in the cluster evenly. With this proposed

• 제1저자 : 허태성

• 투고일 : 2011. 09. 06, 심사일 : 2011. 09. 15, 게재확정일 : 2011. 10. 11

* 인하공업전문대학 컴퓨터정보과(Dept of Computer Science, Inha Technical College)

way, the lifetime of the USN is increased by the reduced energy consumption of all nodes in the cluster. Also, evenly distributed power consumptions of sensors are designed to improve the energy hole problem. The effectiveness of the proposed algorithms is confirmed through simulations.

▶ Keywords : Ubiquitous Sensor Networks, Clustering, Energy Hole Problem, Head Election

1. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network)는 일반적으로 사람의 접근이 어려운 다양한 환경에 무선 센서들로 구성된 네트워크이다. USN은 기지국(Base Station)과 관심의 대상이 되는 지역인 감지영역(sensor field) 내에 정보 획득을 위해 배치된 많은 센서 노드들로 구성된다. 그리고 센서 노드들은 온도, 습도, 진동, 지진 등과 같은 물리적인 현상을 감시하기 위한 지리학적 위치상에 배치된다. USN에서 센서는 배터리의 충전이나 교체가 어렵기 때문에 한정된 에너지로 동작하게 되어 효율적인 에너지 사용은 USN에서 중요하게 고려해야할 요소 중 하나이다[1].

따라서 에너지 소모를 줄이는 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 평면적 구조와 계층적 구조의방식의 네트워크 구성방식이 연구되고 있다[2]. 평면적 구조는 모든 노드들이 데이터를 기지국에 전달하는 방식이며, 계층적 구조의 방식은 센서 노드들이 클러스터를 형성하고, 클러스터내의 헤더 노드가 클러스터내의 멤버노드들의 데이터를 수집하여 기지국에 전달하는 방식이다. 클러스터를 이용한 계층적 구조의 라우팅 방식은 평면적 구조의 라우팅 방식에 비해 센서 노드들의 전력 소모가 균등하여, 감지 영역의 많은 노드들의 잔존 에너지가 충분함에도 불구하고, 네트워크가 동작할 수 없는 에너지 홀(energy hole) 문제는 발생이 지연되며, 전력 소모가 적어 네트워크의 생명 주기가 길다[3,4,5,6].

클러스터를 사용하는 계층적 구조의 라우팅 방식의 대표적인 프로토콜에는 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy), HEED, TEEN방식 등이 있다 [6,7]. 그러나 계층적 구조의 라우팅 방식은 클러스터의 헤더 노드와 클러스터 내의 멤버 노드간의 에너지 불균형 문제를 해결하기 위해 일정 시간마다 클러스터를 재구성하는 셋업 과정을 반복하여야 한다. 셋업과정은 클러스터 헤더 노드를 재선출하고, 선출된 헤더 노드를 중심으로 클러스터를 재구성하는 과정으로 에너지 소모가 크다.

따라서 본 논문에서는 에너지 소모가 많은 클러스터 구성을 초기 한 번의 셋업에 의존하며 다음 라운드부터는 클러스

터를 재구성하지 않고[8], 클러스터 내 노드들 중 에너지가 제일 많은 노드를 클러스터의 헤더로 선출하는 방식을 제안한다. 즉 한 번 구성된 클러스터를 네트워크의 수명이 다 할 때까지 유지하며, 클러스터내의 헤더 노드와 멤버 노드간의 에너지 불균형을 해소하기 위해 일정 시간마다 클러스터내의 에너지가 가장 많은 멤버 노드로 교체하여 클러스터 내의 모든 노드가 에너지를 균등하게 사용하는 방식으로 에너지 홀(energy hole) 문제와, 노드들의 에너지 소모를 적게 하여 네트워크의 생명주기를 길게 유지하는 문제를 개선하고자 하였다. 제안 방식은 클러스터를 재구성하는 LEACH 방식 보다 노드들의 에너지 소모 면에서 효율적이며, 이를 모의실험을 통해 확인하였다.

II. LEACH에서의 에너지 소모량

무선 센서 네트워크에서 계층적 구조의 라우팅 방식은 일정 시간마다 클러스터를 재구성하는 라운드의 반복으로 구성되며, 그림 1에서처럼 라운드는 클러스터의 헤더를 선출하고, 클러스터를 구성하는 셋업과정과 클러스터 형성 후 헤더 노드는 멤버노드들의 데이터를 수집하여 기지국과 통신하는 프레임 구성된다[6,7].

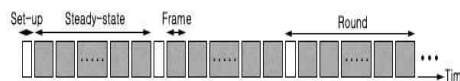


그림 1. LEACH의 생명주기
Fig. 1. Life time of LEACH protocol

셋업과정은 (그림 2)(a)에서보는 바와 같이 클러스터 헤더노드의 선정과 클러스터 구성을 위한 필드내의 자신을 제외한 모든 노드와 통신하는 과정을 포함한다.

그림 2는 LEACH 방식에서의 셋업과 프레임 과정을 표현한 것으로 그림 2(b)에서처럼 프레임 과정은 클러스터의 멤버 노드들의 수집된 데이터를 헤더노드에게 보내고, 클러스터 헤더노드는 이를 취합하여 기지국에 전달하는 과정이다.

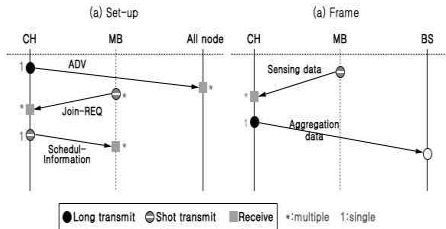


그림 2 LEACH의 셋업과 프레임 과정
Fig. 2. Set-up and frame of LEACH protocol

제안 방식의 에너지 소모량을 계산하기 위해 먼저, 클러스터를 형성하지 않는 평면적 방식에서의 각 노드의 에너지 소모량은 식 1로 표현하였다. 평면적 방식은 각 노드들이 수신은 없고, 획득한 정보를 기지국에 보내는 과정만 존재한다[6].

$$E_{Tx}(l, d) = lE_{Tx-elec} + l\epsilon_{amp}d^4 \dots\dots\dots (1)$$

이때, l은 데이터 크기, $E_{Tx-elec}$ 은 전자에너지(electronics energy), ϵ_{amp} 는 기지국까지의 송신을 위한 증폭에너지(amplifier energy - multipath model), d는 기지국까지의 거리이다.

다음으로 클러스터를 형성하는 계층적 방식 LEACH에서의 에너지 소모량은 클러스터 소스노드가 클러스터 헤드노드에게 송신하는 송신($E_{x_{toBS}}$)과, 클러스터 헤드노드가 기지국에 송신하는 송신($E_{x_{toCH}}$)은 식 2로 표현되고, 클러스터 헤드노드가 클러스터 소스노드의 획득 데이터를 수신(R_x)하는 것은 식 3으로 표현된다[7].

$$E_{Tx}(l, d) = \{lE_{Tx-elec} + l\epsilon_{amp}d^4 : Tx \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{Rx}(l) = lE_{Rx-elec} \dots\dots\dots (3)$$

여기서 \mathcal{E}_{fs} 는 클러스터 내의 송신을 위한 증폭에너지(amplifier energy - free space model)이며, k는 클러스터의 수, M은 감지영역 한 변의 길이이다[7]

III. 제안 방식

1 제안 방식의 구성

LEACH방식은 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘으로 클

러스터 헤드노드의 에너지 소모가 많은 문제가 있어 클러스터 헤드노드의 에너지 소모가 많은 문제를 해결하기 위해 그림 1에서처럼 주기적으로 클러스터 헤드 노드를 바꾸어 주는 셋업의 과정을 반복한다. 클러스터 셋업과정은 클러스터 헤드노드를 선정하고 클러스터를 구성하는 과정으로 데이터 전송과는 무관하게 에너지 소모가 일어나는 과정이다.

제안 방식은 USN에서 센서노드들의 에너지 효율을 위해 첫 클러스터 형성 후 클러스터를 그대로 유지하며, 헤드 노드의 에너지 소모를 균등하게 하기 위해 매 라운드마다 헤드 노드를 현재 클러스터의 멤버 노드들 중 가장 에너지가 많은 노드를 다음 라운드의 헤드 노드로 선정하여 클러스터 내 노드들의 에너지를 효율적으로 사용하며, 균등하게 소모하도록 하였다. 따라서 제안방식은 LEACH방식에서 발생하는 매 라운드마다의 셋업과정을 거치지 않으므로 셋업과정에서의 에너지 소모를 줄여 에너지 효율을 높이도록 하였다. 또한 제안방식에서 두 번째 이후의 라운드 시작은 전 라운드를 마치고, 새로운 라운드가 시작될 시점에서 전 라운드에서 클러스터의 헤드 노드가 클러스터 내의 멤버 노드들 중 에너지가 가장 많은 멤버노드를 다음 라운드의 헤더로 선정하는 방식이다. 이러한 과정을 통해 클러스터내의 모든 노드가 균등하게 에너지를 소모하여 에너지 홀(energy hole) 문제와, 노드들의 에너지 소모를 적게 하여 네트워크의 생명주기를 길게 유지하는 문제를 해결하고자 하였다.

2 제안 방식의 셋업과정에서의 에너지 소모량

제안 방식의 초기 셋업과정은 그림 3에서처럼 LEACH방식과 유사하다.

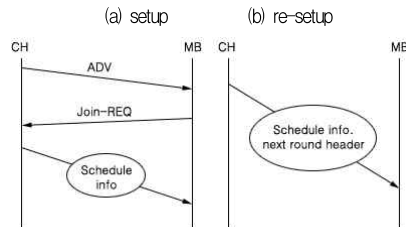


그림 3. 제안방식의 셋업과 재셋업 과정
Fig. 3. Setup and re-setup process of the proposed protocol

셋업 과정에서 제안방식이 LEACH방식과 차이를 보이는 것은 라운드를 마치고, 다음 라운드를 시작하기 전 다음 라운드의 헤드노드를 알리는 메시지를 클러스터 내의 모든 노드들에게 전달하는 과정이다.

그림 4는 제안방식의 셋업 프로토콜을 표현한 것이다. 제

안방식에서 셋업은 한번만 수행된다. 처음 셋업 시간에 임의의 센서 노드가 클러스터 헤드 노드가 되는 것은 식 4에서처럼 LEACH방식과 같이 확률값 P에 의해 결정된다[6,7].

$$T(i) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P(r \bmod \frac{1}{P})} & : \text{if } n \in G \dots\dots\dots (4) \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서, P는 클러스터 헤드노드의 요구된 확률을 나타내며, r은 현재 라운드, 그리고 G는 센서노드들의 집합을 나타낸다.

또한 전체적인 내용은 LEACH방식과 유사하나 앞서 설명한 것처럼 클러스터 헤드 노드가 보내는 17라인의 다음 라운드를 위한 헤더노드를 선정하여 전송하는 부분이다. 두 번째 이후 라운드의 셋업과정은 그림 3의 (b)에서처럼 전 라운드의 헤더 노드가 다음 라운드의 헤더노를 선정하여 다음 헤더노에게 메시지를 전달하여 다음 라운드의 헤더 노드를 알려주게 되며, 매 라운드의 마지막 프레임을 처리하고, 다음 라운드의 헤더 노드를 알리게 된다.

```

01) p = start_value;
02) IF random_value(0..1) < p THEN //CH election
03)   broadcast(my_id);
04)   waiting until mb_send_event;
05)   repeat receive(mb_id) until mb_count
06)   scheduling();
07)   send_mb_id(sch_info(node_id, seq));
08) ELSE //mb nodes
09)   waiting until ch_send_event;
10)   repeat receive(mb_id) until ch_count;
11)   select_best_ch_id();
12)   send_ch_id(ch_id, my_id);
13)   waiting until ch_send_event;
14)   receive(sch_info(node_id, eng));
15)   tdma_sch sch_info;
16) END IF
   frame working
17) next head election
18) broadcast(next_head_id);
    
```

그림 4. 제안방식의 셋업 프로토콜
Fig. 4. Setup protocol of the proposed method

제안방식의 셋업 과정은 그림 3에서처럼 클러스터 헤드 노드는 송신과정 2회와 수신과정 1회 과정으로 구성되어 있다. 송신은 ADV(advertisement message)를 보내는 과정과 TDMA 방식으로 멤버노드들의 정보를 수집할 스케줄 정보(schedule information)를 보내는 과정이고, 수신은 ADV의 응답 메시지인 Join_REQ를 수신하는 과정이다. 클러스터 내의 멤버 노드는 송신과정 1회와 수신과정 2회로 구성되어

있다. 송신은 Join-REQ를 보내는 과정이고, 수신은 ADV를 수신하는 과정과 스케줄 정보를 수신하는 과정이다. 제안 방식의 셋업과정에서의 에너지 소모량을 식으로 표현하기 위해 센서 노드에서의 송신 에너지 소모량인 식 2와 수신 에너지 소모량인 식 3을 이용하였다. 클러스터 헤드노드의 에너지 소모량 $E_{setup-ch}$ 는 식 5가 되고, 클러스터 멤버노드의 에너지 소모량 $E_{setup-mb}$ 는 식 6으로 표현하였다.

$$E_{setup-ch} = E_{Rx} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + E_{schedule}(l) \frac{N}{k} + 2E_{Tx}(l, d) \dots\dots\dots (5)$$

$$E_{setup-mb} = E_{Tx}(l, d) + 2E_{Rx}(l) \dots\dots\dots (6)$$

이때, $E_{schedule}$ 은 클러스터 헤드노드에서의 스케줄링에 의한 에너지 소모량이다.

식 5에서 헤더 노드의 두 번의 송신 중 하나는 감지영역의 모든 노드들에게 ADV를 전달하는 송신이고, 나머지 하나는 클러스터 내에 멤버노드들에게 스케줄 정보를 전달하는 송신이다. 그러므로 식 5에 식 2과 식 3을 대입하면 식 7로 변환된다. 식 6에서 송신은 클러스터 멤버노드가 클러스터의 헤드노드에게 이벤트 정보를 전달하는 송신이므로 식 2과 식 3를 대입하면 식 8로 변환된다.

$$E_{setup-ch} = lE_{Rx-elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + lE_{schedule} \frac{N}{k} + lE_{Tx-elec} + l\epsilon_{amp}d^4 + lE_{Tx-elec} + lE_{fs} \frac{M^2}{2\pi k} \dots\dots (7)$$

$$E_{setup-mb} = lE_{Tx-elec} + lE_{fs} \frac{M^2}{2\pi k} + 2lE_{Rx-elec} \dots\dots (8)$$

3 제안방식의 프레임과정의 에너지소모량

제안 방식의 프레임 과정에서의 에너지 소모량은 LEACH 방식의 프레임과정과 같으며, 제안방식의 프레임에서의 클러스터 헤드노드의 에너지 소모량 $E_{frame-ch}$ 는 식 9로 표현되고, 클러스터 소스노드의 에너지 소모량 $E_{frame-mb}$ 는 식 10으로 표현된다.

$$E_{frame-ch} = \left(\frac{N}{k} - 1 \right) E_{Rx}(l) + E_{Tx} \dots\dots\dots (9)$$

$$E_{frame-mb} = E_{Tx} \dots\dots\dots (10)$$

식 10과 식 11에 식 2, 식 3을 대입하면 제안방식에서의 클러스터 헤더노드와 멤버노드의 에너지 소모량은 식 11과 식 12이 된다.

$$E_{frame-ch} = E_{Rr-elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + lE_{Tr-elec} + l\epsilon_{amp}d^4 \dots\dots\dots (11)$$

$$E_{frame-mb} = lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2 \dots\dots\dots (12)$$

IV. 실험 및 고찰

제안된 방식의 타당성을 확인하기 위해 C#프로그램을 사용해 시뮬레이터를 개발하고, 기존 LEACH 방식과 비교하여 모의실험을 하였다. 이 때 실험환경은 초기 각 노드들의 에너지는 0.2J, E_{elec} 는 50 nJ/bit, ϵ_{fs} 는 10 pJ/bit/m², ϵ_{amp} 는 0.0015 pJ/bit/m⁴, l은 512 bit, lm은 50bit, P는 5%로 k는 5, N은 100개 전체노드의 가로 및 세로의 길이는 100 m 이다[6,7]. 그림 5는 100개의 노드를 랜덤하게 분포시킨 초기 클러스터 구성을 표현한 모의실험 화면이며, 그림 6은 라운드 2, 라운드 3에서의 LEACH 방식과 제안방식의 클러스터 변화를 표현한 화면이다.

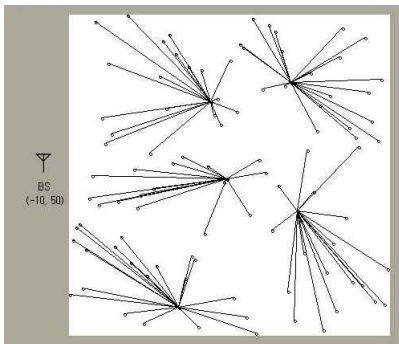


그림 5. 100개의 노드를 분포시킨 모의실험의 초기화면
Fig. 5. 100-nodes initial random network of simulator

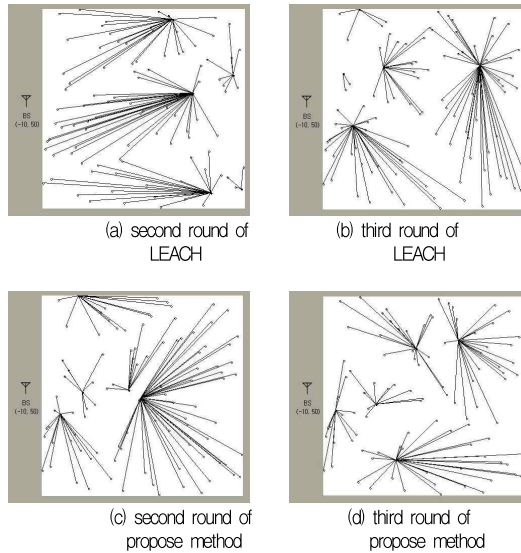


그림 6 라운드에 따른 감지영역의 센서분포
Fig.6. Sensor field formation of each round

LEACH방식과 제안방식의 라운드별 전체 전력 소모량을 측정 한 결과는 표 1, 그림 7과 같다.

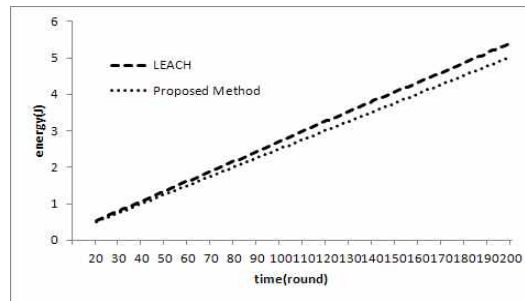


그림 7. 라운드별 전체 전력 소모량
Fig. 7. Total energy consumption for rounds

표 1. 라운드별 전체 전력 소모량
Table 1. Total energy consumption for rounds

라운드	LEACH	Proposed Method
20	0.534	0.506
40	1.074	1.008
60	1.627	1.509
80	2.168	2.010
100	2.715	2.514
120	3.272	3.020
140	3.811	3.522
160	4.341	4.023
180	4.870	4.527
200	5.410	5.028

그림 7과 표 1에서처럼 제안방식은 LEACH방식에 비해

라운드가 계속되는 동안 에너지 소모가 적어 네트워크의 생명 주기를 길게 할 수 있음을 확인하였다.

다음으로 100라운드까지 노드들의 잔존 에너지의 분산을 그림 8과 표 2로 표현하였다.

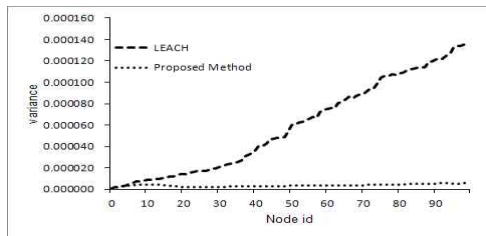


그림 8. 라운드별 노드들 잔존에너지의 분산
Fig. 8. Energy variance of nodes for round

표 2. 라운드별 노드들 잔존에너지의 분산
Table 2. Energy variance of nodes for round

라운드	LEACH	Proposed Method
20	1.44E-05	2.37E-06
40	3.40E-05	3.01E-06
60	7.44E-05	3.43E-06
80	1.06E-04	4.56E-06
100	1.37E-04	5.83E-06

그림 8과 표 2에서 보는 바와 같이 제안방식은 LEACH방식에 비해 노드들의 에너지 소모가 균등하여 노드들의 잔존 에너지의 분산이 거의 변화하지 않으나, LEACH 방식은 시간이 경과함에 따라 노드들의 잔존에너지의 편차가 현저하게 나타남을 확인하였다. 이는 LEACH 방식에서 노드들 간의 에너지 불균형은 네트워크의 생명주기를 짧게 하는 요인을 제안방식이 개선함으로써 네트워크의 생명 주기를 길게 유지함을 확인하였다.

다음으로 시간경과 따른 생존 노드들의 수를 그림9와 표3으로 표현하였다.

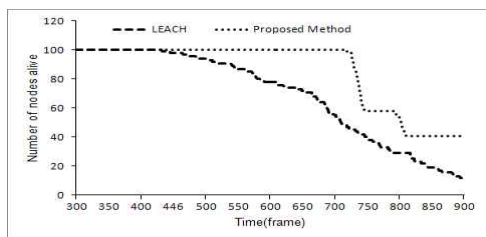


그림 9. 프레임별 생존 노드 수
Fig. 9. Number of alived nodes for frames

표 3. 프레임별 생존 노드 수
Table 3. Number of alived nodes for frames

frame	LEACH	Proposed Method
300	100	100
400	100	100
500	94	100
600	78	100
700	55	100
800	29	54
900	11	41

그림 9과 표 3에서 보는바와 같이 제안방식은 LEACH방식에 비해 노드들의 에너지 소모가 균등하게 LEACH방식에 비해 생존 노드들의 수가 월등히 많이 유지됨으로 LEACH 방식에 비해 제안방식이 안정적인 센서 데이터를 기지국에 전달함을 확인하였다. 이때 그림 9에서 제안 방식의 경우 클러스터의 일정시간 간격으로 함께 에너지를 다 소모하는 것은 제안 방식의 경우 클러스터 내의 모든 노드가 에너지 소모가 거의 균등하여 일정 시간이 경과하면 클러스터 내의 모든 노드가 에너지를 거의 같이 소모하여 나타난 현상이다.

다음은 에너지 홀(energy hole) 문제의 개선을 알아보기 위해 에너지를 다 소모한 노드가 첫 번째로 나타나는 시간 (frame)을 30회 모의실험한 결과 LEACH가 780 프레임, 제안방식이 1102.5 프레임으로 나타났다.

따라서 에너지를 다 소모한 센서노드가 나타나는 시간은 LEACH방식에 비해 제안방식이 41.3% 개선됨을 확인하였다. 이는 에너지 홀 문제가 개선되어 제안방식이 LEACH 방식에 비해 안정적으로 센서필드의 네트워크가 유지됨을 확인하였다.

V. 결론

유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network)은 일반적으로 사람의 접근이 어려운 다양한 환경에 무선 센서들로 구성된 네트워크로 전력 교체가 어렵다는 특징을 가지고 있다.

따라서 에너지 소모를 줄이는 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 평면적 구조와 계층적 구조의방식의 네트워크 구성방식이 연구되고 있다. 평면적 구조는 모든 노드들이 데이터를 기지국에 전달하는 방식이며, 계층적 구조의 방식은 센서 노드들이 클러스터를 형성하고, 클러스터내의 헤더 노드가 클러스터내의 멤버노드들의 데이터를 수집하여 기지국에 전달하

는 방식이다. 클러스터를 이용한 계층적 구조의 라우팅 방식은 평면적 구조의 라우팅 방식에 비해 센서 노드들의 전력소모가 균등하여, 감지 영역의 많은 노드들의 잔존 에너지가 충분함에도 불구하고, 네트워크가 동작할 수 없는 에너지 홀(energy hole) 문제의 발생을 최대한 늦춰 안정적인 네트워크를 유지하며, 전력 소모가 적어 네트워크의 생명 주기가 길다.

그러나 계층적 구조의 라우팅 방식은 클러스터의 헤더 노드와 클러스터 내의 멤버 노드간의 에너지 불균형 문제를 해결하기 위해 일정 시간마다 클러스터를 재구성하는 셋업 과정을 반복하여야 한다. 셋업과정은 클러스터 헤더 노드를 재선출하고, 선출된 헤더 노드를 중심으로 클러스터를 재구성하는 과정으로 에너지 소모가 크다.

따라서 본 논문에서는 에너지 소모가 많은 클러스터 구성을 초기 한 번의 셋업에 의존하며 다음 라운드부터는 클러스터를 재구성하지 않고, 클러스터 내 노드들 중 에너지가 제일 많은 노드를 클러스터의 헤더로 선출하는 방식을 제안하였다.

모의실험 결과 제안방식은 그림 8, 그림 9, 그림 10에서처럼 LEACH 방식에 비해 네트워크의 생명주기를 길게 유지하였으며, 표 4에서 보는바와 같이 에너지를 다 소모한 노드가 발생하는 에너지 홀 문제에 있어서도 기존 LEACH 방식에 비해 41%의 개선율을 보였다. 따라서 제안 방식은 클러스터를 재구성하는 LEACH 방식에 비해 노드들의 에너지 소모면에서 효율적이며, 네트워크의 생명주기를 길게 하며, 안정적으로 유지함을 모의실험을 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Rajeev Shorey, A.Ananda, Mun Choon Chan, and Wei Tsang Ooi, "Mobile, Wireless, and Sensor Networks: Technology, Applications, and Future Directions," Wiley-IEEE Press, 2006

[2] I.Akyildiz, W.Su, Y.Sankarasubramanian, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, Volume: 40 Issue: 8, pp.102-114, August 2002.

[3] S.Bandyopadhyay and E.Coyle, "An Energy-Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," Proceedings of IEEE INFOCOM, April 2003

[4] Ossama Younis and Sonia Fahmy, "HEED: A Hybrid, Energy-Efficient Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks," IEEE Trans. on Mobile computing, Vol.3, No.4, pp.660-669, 2004

[5] M.Ye, C.Li, G.Chen, and J.Wu, "EECS: An Energy Efficient Clustering Scheme in Wireless Sensor Networks," Proceedings of IEEE IWSEEASN'05, 2005.

[6] Wendi B.Heinzelman, Anantha P.Chandrasekaran, and Hari Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, Jan. 2000

[7] Wendi B.Heinzelman, Anantha P.Chandrasekaran, and Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks" IEEE Transactions on Wireless Communications, v.1, no. 4, 2002

[8] Min, Hong-Ki, "An Energy-Efficient Sensor Network Clustering Using the Hybrid Setup," Journal of the Korea Institute of Signal Processing and Systems, v. 12, no. 1, pp. 38-43, Jan. 2011

저 자 소개



허 태 성

1984: 인하대학교 전자계산학과 학사
 1987: 숭실대학교 전자계산공학과 석사
 2002: 인하대학교 컴퓨터공학과 박사
 1984 ~ 1991 : 인하대학교 전자계산소
 1991 ~ 현재 : 인하공업전문대학 컴퓨터
 정보과 교수
 관심분야 : USN, Mobile Computing, Smart APP.
 E-mail : tshur@inhac.ac.kr