

논문 2009-461E-2-3

USN에서 클러스터헤드 선출의 강건한 효율성 연구

(A Study on the Robust Efficiency of a Cluster Head Election for USN)

조도현*, 이철**, 최진택**, 김진수**, 이상훈***, 이종용***

(Do-Hyeoun Cho, Chul Lee, Jin-Tek Choi, Jin-Soo Kim, Sang-Hun Lee, and Jong-Yong Lee)

요약

센서 네트워크(Sensor Networks)에 대해 LEACH, EACHS, HEED의 방법을 비교 분석하고, HEED의 단점인 클러스터 헤드 수를 보장하는 것과 DEAD 노드를 최소화 하여 클러스터 헤드 선출 에너지 효율성을 개선하는 방법을 제안 하였다. 제안된 결과의 성능을 MATLAB 시뮬레이션에 의해 비교 하였다.

Abstract

This study speak about demerit of LEACH, EACHS, and HEED. There are demerits that LEACH, EACHS shall be rest energy of all nodes and HEED can't guarantee the number of cluster head. Proposed energy efficiency of selected cluster head guarantees the number of cluster head which is a demerit of HEED and minimizes the node of DEAD. Energy efficiency of simulation is compared by MATLAB.

Keywords: USN, LEACH, EACHS, HEED

I. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Network)은 유비쿼터스 시대 실현을 위한 가장 대표적인 기술로 물류, 유통, 환경 감시, 의료서비스, 주거 공간의 홈 네트워크화, 산업 모니터링 등의 다양한 형태의 서비스에 활용되고 있다. 이로 인해 우리의 많은 도움을 주는 기술로 발전하고 있다.

센서 네트워크(Sensor Networks)는 네트워크를 구성하는 각각의 센서 노드들의 크기가 작고 가격이 저렴하기 때문에 다수의 센서 노드를 활용하여 넓은 지역을

감지할 수 있다.^[1] 이런 특징을 갖는 센서 네트워크는 다양한 종류의 센서와 결합하여 여러 분야에 응용된다. 센서 노드들은 현상을 감지하는 기능뿐만 아니라 다른 센서 노드의 데이터를 재전송 해주는 라우터 역할까지 수행한다. 센서 노드들은 멀티 홉(multi-hop) 데이터 전송을 송신 거리보다 더 멀리 떨어져 있는 싱크 노드에 게 데이터를 전송할 수 있다.^[2~3]

일반적으로 센서 노드들은 매우 작은 크기로 구성되므로 노드에 많은 용량의 에너지를 갖는 것이 어렵다. 이와 같이 센서 노드의 수명은 각 센서 노드가 가지고 있는 에너지에 의존적이므로 가능한 소모 에너지를 절약하여 전체 네트워크의 수명을 연장 하는 것이 목표이다. 센서 네트워크 분야에서 센서 노드의 에너지 효율을 높이기 위한 많은 라우팅(Routing) 기법들이 제안되었다. 그중에서도 클러스터(Cluster)를 이용하여 네트워크 구성하는 방법인 구조 기반 라우팅 기법이 있다. 라우팅 프로토콜(Protocol)에서 클러스터 기반의 네트워크 토폴로지를 구성하고 유지하는 클러스터 기술이 많이 연구되어지고 있다.^[4~5] 에너지 효율성이 중요한 무선

* 정희원, 인하공업대학 디지털전자과
(Dept. of Digital Electronics, Inha Tech. Col.)

** 학생회원, 광운대학교 대학원
(Graduate School, Kwang-woon University)

*** 정희원, 광운대학교 교양학부
(Div. of General Education, Kwang-woon University)

※ 이 논문은 2008년도 인하공업대학 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

접수일자: 2009년3월24일, 수정완료일: 2009년6월10일

센서 네트워크에서의 클러스터링 기술은 클러스터 헤드 노드가 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합하여 싱크(Sink)로 전송함으로써 노드 간 통신의 양을 줄이게 하고 클러스터 안에서는 TDMA(Time Division Multiple Access) 스케줄에 의해 클러스터 헤드가 멤버 노드의 스케줄을 조정함으로써 노드의 슬립 타임을 연장하게 된다.^[6]

LEACH, EACHS, HEED의 단점을 알 수 있었다. LEACH, EACHS는 모든 노드의 잔여 에너지를 알아야 하는 단점이 있고, HEED는 클러스터 헤드 수를 보장할 수 없는 단점이 있다.^[6~9]

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 클러스터 헤드 선출을 효율적으로 하여 클러스터 헤드 수를 보장하고 노드의 초기 에너지를 변수로 하여 일반 노드와 advance 노드로 나타내며, advance 노드 중에서도 초기 에너지 비율을 다르게 하여 DEAD 노드를 최소화 하는 것을 연구 하였다.

II. 클러스터 헤드 선출 알고리즘

1. LEACH

센서 네트워크는 환경 감시, 위치 추적 등의 환경에서 각각의 노드들의 데이터가 서로 연관이 없기 때문에 최종 사용자는 중복된 데이터가 필요 없다. LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 클러스터 헤드가 중복된 데이터를 병합해서 싱크로 보내는 역할을 하여, 불필요하게 중복된 데이터가 싱크로 전송되지 않는다.

LEACH는 다음과 두 가지 사항을 가정하고 있다.

첫째, 모든 노드는 싱크에 데이터를 보낼 충분한 에너지를 가지고 있고 자신의 전송 에너지를 조절할 수 있다. 둘째, 모든 노드는 언제나 보낼 데이터를 가지고 있고 이웃 노드들은 데이터가 서로 연관이 있다.

LEACH는 네트워크상에 있는 노드간의 에너지 소모를 균등하게 하기 위해 클러스터 헤드(CH)를 확률 기반으로 랜덤하게 교체한다. 각 노드는 각 라운드 시작 시점에 $P_i(t)$ 라는 확률 값으로 자신이 헤드 노드로 동작할 것인지를 결정하게 되는데, $P_i(t)$ 값은 각 라운드의 클러스터 헤드 수 k , 즉 클러스터 수에 근거하여 전체 네트워크 노드 수가 N 인 경우 식(1)과 같이 주어진다. 모든 노드가 같은 횟수만큼 클러스터 헤드가 되는 것을 보장하기 위해서는 각 노드가 평균적으로 N/k 마다 한

번씩 클러스터 헤드로 선정이 되어야 한다.^[8]

$$E[CH] = \sum_{i=1}^N (t) * 1 = k \quad (1)$$

LEACH 프로토콜에서의 클러스터 선출과정에서, 각 노드는 식(2)에 따라 스스로 클러스터 헤드로 선정될 확률을 구한다. 여기서 $C_i(t)$ 는 지시함수로서 최근 $r \bmod (N/k)$ 라운드 동안 해당 노드가 클러스터 헤드였다면 0이고, 아니면 1이다. 즉, 최근 $r \bmod (N/k)$ 라운드 동안 헤드를 한 번이라도 했다면 다시 뽑힐 확률은 없는 것이다.

$$P_i(t) = \begin{cases} \frac{K}{N - k * (r \bmod \frac{N}{K})} & C_i(t) = 1 \\ 0 & C_i(t) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

식(2)에서 i 는 노드의 식별자, t 는 시각, N 은 전체 노드의 수, k 는 클러스터의 수, r 은 라운드를 나타낸다. 한 라운드 중에 임의의 노드가 헤드 노드로 선정은 이전 라운드에서 헤드 노드로 동작했던 노드를 제외한 노드들 중에서 균등하게 이루어지기 때문에 라운드 증가에 따라 $P_i(t)$ 값은 단순히 증가하게 되며, 이러한 패턴은 N/k 주기로 반복되기 때문에 모든 노드가 헤드 노드로 선정되는 확률은 균등하게 된다.

식 (2)의 확률함수는 최근에 클러스터 헤드로 선출이 되지 않았던 노드는 더 많은 에너지를 가지고 있고 이러한 노드가 더 자주 클러스터 헤드로 선출 되도록 한다.

위 확률함수는 최근에 클러스터 헤드로 선출이 되지 않았던 노드는 많은 에너지를 가지고 있고 이러한 노드가 자주 클러스터 헤드로 선출되도록 한다. 모든 노드는 언제나 데이터를 보내는 것을 가정한다. 식(3)의 확률함수에 의해 에너지가 큰 노드가 더 자주 클러스터 헤드로 선출되도록 추가적으로 확률함수를 고려했다.

$$P_i(t) = \min \left\{ \frac{E_i(t)}{E_{total}(t)}, k, 1 \right\} \quad (3)$$

$E_{total}(t)$ 는 모든 노드의 에너지의 현재 에너지의 총합을 나타내고 $E_i(t)$ 는 노드 I 의 현재 에너지를 나타낸다. 이러한 확률함수를 이용하여 에너지가 많은 노드가 클러스터로 선출된다.

2. EACHS

LEACH의 클러스터 헤드 선출 알고리즘의 단점을 EACHS(Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor Networks)는 보완하였으며, 다음과 같은 6개의 특징을 가지고 있다.^[10]

첫째, 싱크는 센서 노드로부터 멀리 떨어져 배치한다. 둘째, 센서 노드는 같은 센서 노드의 종류이며 에너지를 소비한다. 셋째, 센서 노드는 이동성이 없다. 넷째, 센서 노드는 자신의 위치 정보를 가지고 있지 않다. 다섯째, 모든 센서 노드는 싱크에 도달할 수 있다. 여섯째, 대칭 전파 채널을 사용한다.

EACHS는 LEACH의 단점인 노드들 사이에 통신 거리를 고려하지 않았다. 싱크나 클러스터 헤드로부터 멀리 떨어진 클러스터 헤드나 일반 노드는 거리가 멀기 때문에 데이터를 전송하는데 에너지 소비가 많아져 네트워크 수명이 짧아진다.

LEACH의 클러스터 헤드 선출 알고리즘은 노드의 에너지를 고려하여 클러스터 헤드 선출을 하지는 않는다. 그래서 네트워크 전체 노드의 에너지 소모가 균형 있게 이뤄지지는 않는다. EACHS는 노드들의 에너지 소모를 균형있고 고르게 하기 위해서 추가로 노드의 잔여 에너지를 가지고 클러스터 헤드로 선출하게 된다.

$$T(n) = \frac{p}{1 - p \left((r+1) \bmod \frac{1}{p} \right)} \times \left[\frac{E_{r_residual} - E_{r_dissipate}}{E_{r_average} - E_{r_dissipate}} \right] \quad (4)$$

식(4)의 확률함수에 의해서 분포된 노드들 중에 클러스터 헤드를 결정하게 된다. $E_{r_residual}$ 은 노드의 잔여 에너지이고 $E_{r_average}$ 는 모든 노드의 평균에너지이다.

노드의 잔여 에너지가 많으면 식(4)에 의해서 클러스터 헤드 선출 될 확률이 높아진다. $E_{r_dissipate}$ 라는 파라미터를 대입시켜서 최근 라운드동안 소모된 에너지가 크면 노드가 클러스터 헤드가 될 확률이 높아지는 것이고 최근 라운드 동안 소모된 에너지가 작으면 노드가 클러스터 헤드가 될 확률이 작아진다.

3. HEED

LEACH의 클러스터 헤드 선출 알고리즘의 단점을 HEED(A Hybrid Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks)는

보완했다. HEED는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.^[11]

첫째, 센서 노드는 같은 센서 노드의 종류이며 에너지를 소비한다. 둘째, 센서 노드는 이동성이 있다. 셋째, 센서 노드는 자신의 위치 정보를 가지고 있다.

LEACH는 모든 노드의 에너지를 알아야 하는데 HEED는 모든 노드의 에너지를 알 필요가 없다. 자기 자신을 이용해서 클러스터 헤드로 선출된다.

$$CH_{prob} = C_{prob} \times \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (5)$$

식(5)의 확률함수에 의해서 분포된 노드들 중에 클러스터 헤드를 결정하게 된다. 위의 식에서 C_{prob} 는 전체 네트워크에서 클러스터 헤드가 차지하는 비율이고 E_{max} 는 노드의 초기 에너지이며 $E_{residual}$ 은 노드의 잔여 에너지를 말한다.

HEED도 LEACH나 EACHS와 같이 노드의 잔여 에너지가 많으면 클러스터 헤드가 될 확률이 높다. 하지만 클러스터 헤드 수를 보장할 수는 없다.

4. 개선된 HEED

LEACH는 클러스터 헤드 선출하는 방식이 정해진 확률식에 의하여 선출되므로 모든 노드의 에너지가 동일하게 소비가 되고 클러스터 헤드만이 싱크로 데이터나 메시지를 보내기 때문에 에너지 소모가 불균형하게 이루어진다.

EACHS는 모든 노드의 잔여 에너지를 알아야 하는 단점이 있다. HEED는 클러스터 헤드선출을 자기 자신의 노드를 이용하게 되므로 클러스터 헤드의 수를 보장할 수 없다. 따라서 제안하는 알고리즘은 클러스터 헤드의 수를 보장하고 DEAD 노드가 발생하는 것을 최소화하는 것이 목적이다.

제안하는 알고리즘은 초기 에너지 값을 변수로 하여 클러스터 헤드 수를 보장하고 DEAD 노드를 최소화 하는 것이다. 센서 노드는 일반 노드와 advance 노드(a)라 하여 일반 노드보다 에너지가 많은 노드로 구성된다. 또한 초기 에너지 비율이라고 하여 advance 노드(a)들 중에서 초기 에너지 비율(m)만큼 에너지가 더 많은 노드를 말한다. advance 노드(a)와 초기 에너지 비율(m) 다르게 하여 클러스터 헤드 수와 DEAD 노드를 비교하였다.

동일한 초기 에너지 값을 주었을 경우와 초기 에너지가 다를 경우를 먼저 비교해 보았다. 에너지 값을 같을

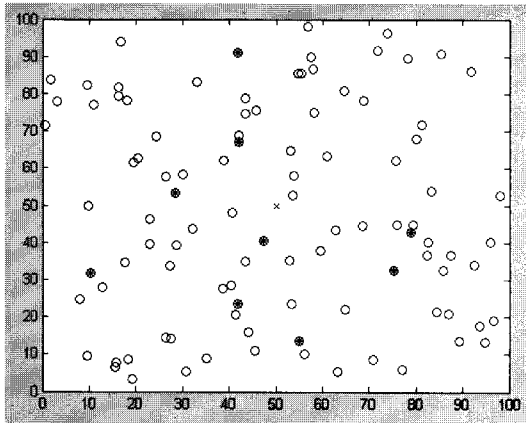


그림 1. 초기 에너지가 같은 경우 노드 배치 형태
Fig. 1. The node in the same place the initial form of energy.

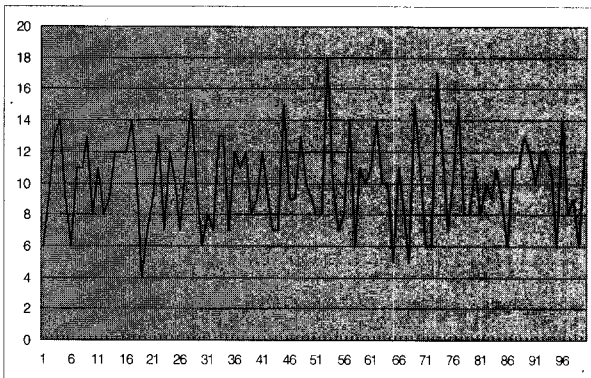


그림 2. 초기 에너지가 같은 경우 클러스터 헤드
Fig. 2. The initial energy to the cluster head.

경우와 다르게 주는 이유는 실생활에서 통신을 하다보면 거리에 제약이 있고 상황에 따라 통신을 해야 하므로 설정했다.

그림 1은 초기 에너지 값이 같은 경우를 말하고, 그림 3은 초기 에너지 값이 다를 경우를 말한다.

그림 1에서 O 일반 노드, * 클러스터 헤드, x 싱크를 나타낸다. 초기 에너지를 같게 주었을 때 클러스터 헤드의 선출 수 와 DEAD 노드는 어떻게 되는지를 나타낸다.

그림 2는 초기 에너지가 같은 경우 클러스터 헤드 수를 나타낸다.

표 1은 초기 에너지가 같을 경우 DEAD 노드를 나타낸다.

초기 에너지를 다르게 주었을 때 클러스터 헤드의 선출 수 와 DEAD 노드는 어떻게 되는지 살펴보겠다. 그림 3은 초기 에너지가 다른 경우 노드 배치 형태를 나타낸다. 그림 14에서 O 일반 노드, * 클러스터 헤드,

표 1. 초기 에너지가 같은 경우 DEAD 노드
Table 1. The initial DEAD nodes such as energy.

DEAD 노드	라운드
첫 DEAD 노드 발견	852
DEAD 노드 50%	1207
DEAD 노드 100%	1508

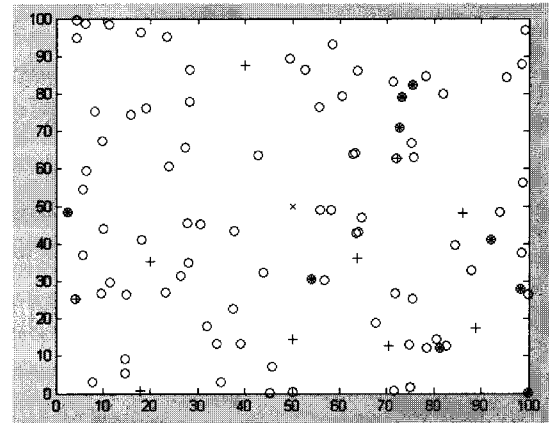


그림 3. 초기 에너지가 다른 경우 노드 배치 형태
Fig. 3. The initial batch of energy different form of a node.

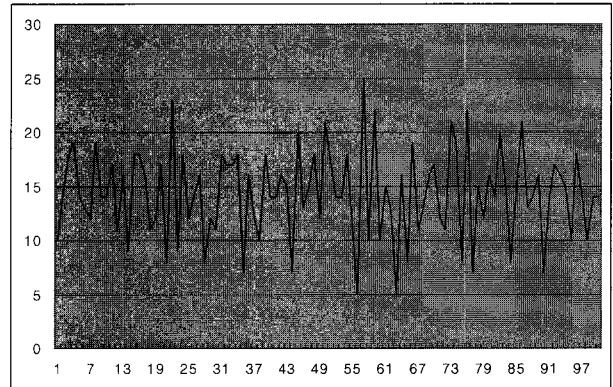


그림 4. 초기 에너지가 다른 경우 클러스터 헤드 수
Fig. 4. The initial energy to the other cluster head.

표 2. 초기 에너지가 다른 경우 DEAD 노드
Table 2. DEAD node is different from the initial energy.

DEAD 노드	라운드
첫 DEAD 노드 발견	1071
DEAD 노드 50%	1256
DEAD 노드 100%	3867

x 싱크 + advance 노드를 나타낸다.

초기 에너지를 다르게 주었을 때 클러스터 헤드의 선출 수와 DEAD 노드는 어떻게 되는지를 나타낸다.

그림 4는 초기 에너지가 다른 경우 클러스터 헤드 수를 나타낸다. 표 2는 초기 에너지가 다른 경우 DEAD 노드를 나타낸다.

그림 4는 초기 에너지가 다른 경우 같은 경우보다 클러스터 헤드 수가 더 보장 되고 많이 선출된 것을 볼 수 있다. 또한 DEAD 노드도 더 늦게 발생하는 것을 알 수 있었다.

III. 시뮬레이션 및 결과 고찰

본 논문에서 제안하고자 하는 것은 클러스터 헤드의 수를 보장하고 DEAD 노드를 최소화하는 것이다. 제안하는 것을 확인하기 위하여 기존에 제안된 에너지 소비 모델을 이용하여 비교했다. 시뮬레이션은 MATLAB을 사용하였다.

에너지 소비 모델은 그림 5와 같다.

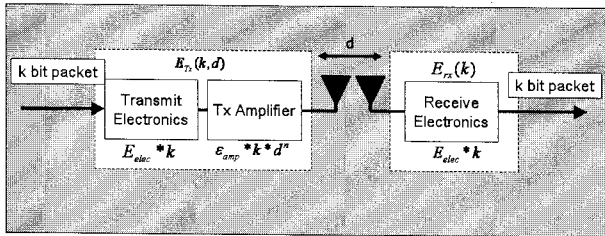


그림 5. 에너지 소비 모델
Fig. 5. Radio energy dissipation model.

L비트의 메시지가 거리 d까지 송, 수신하기 위해서 소비되는 노드의 에너지는 그림 1과 같다.

에너지 소비는 식(6), (7)로 표현된다.

$$E_{Tx}(l, d) = \begin{cases} L \cdot E_{elec} + L \cdot \epsilon_{fs} \cdot d^2, & d \leq d_0 \\ L \cdot E_{elec} + L \cdot \epsilon_{mp} \cdot d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (6)$$

$$E_{Rx} = L \cdot E_{elec} \quad (7)$$

한 라운드 동안 클러스터 헤드와 비 클러스터 헤드 노드의 에너지가 소모는 식(8)과 같다.

$$\left\{ \begin{aligned} E_{CH} &= \left(\frac{n}{k} - 1 \right) \cdot E_{elec} + \frac{n}{k} \cdot E_{DA} + \epsilon_{elec} + L \epsilon_{mp} d^{4BS} \\ E_{nonCH} &= \epsilon_{elec} + L \epsilon_{fs} d^{2CH} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

클러스터에서 클러스터 헤드의 소모되는 에너지와 비 클러스터 헤드의 소모되는 에너지 식(9)이다.

$$E_{cluster} = E_{CH} + \left(\frac{n}{k} - 1 \right) \cdot E_{nonCH} \quad (9)$$

그러므로 네트워크에서 소모되는 모든 에너지는 식 (10)과 같다.^[8]

$$E_{total} = L \{ 2n E_{elec} + n E_{DA} + \epsilon_{fs} (k d^{2BS} + n d^{2CH}) \} \quad (10)$$

센서 네트워크 에너지 소비 모델의 변수는 표 3이다. LEACH와 제안하는 클러스터 헤드 수를 비교하고 DEAD노드를 최소화하기 위해서 표 4와 같이 변수를 사용하였다.

초기 에너지 다른 경우 advance 노드의 비율을 다르게 하여 네트워크를 원활하게 하며 클러스터 헤드의 수가 보장되고 DEAD 노드를 비교하였다. 먼저 초기 에너지를 변경하면서 비교를 하였다.

비교한 결과 첫 DEAD 노드가 발견되는 라운드는 초기 에너지가 많다고 하여 더 늦게 발견되는 것은 아니

표 3. 센서 네트워크 에너지 소비 모델 변수
Table 3. Sensor networks, energy consumption model variables.

변수	설명	변수	설명
L	비트 메시지	Eelec	회로 에너지 소모
EDA	Aggregation	efs	자유공간 손실
d0	거리 임계값	emp	다중경로 손실
k	클러스터 헤드 수	n	노드 총 수

표 4. 시뮬레이션 변수
Table 4. Simulation variable.

변수	값	변수	값
노드수	100	P	0.1
M	100m*100m	efs	10pJ/bit/m^2
SINK 위치	(50,50)m	emp	0.0013pJ/bit/m^4
초기 에너지	0.5J	Eelec	50nJ/bit
메시지 길이	4000bit	EDA	50nJ/bit

표 5. advance 노드 초기 에너지 변경
Table 5. advance node the initial energy change.

	첫 DEAD 노드 발견	DEAD 노드 50%	DEAD 노드 100%
m=0.1 a=1	969	1241	4311
m=0.1 a=2	969	1241	6368
m=0.1 a=3	969	1241	8944

표 6. advance 노드 초기 에너지 비율 변경
Table 6. The initial advance node rate of energy change.

	첫 DEAD 노드 발견	DEAD 노드 50%	DEAD 노드 100%
m=0.1 a=2	969	1241	6368
m=0.2 a=2	1051	1273	X
m=0.3 a=2	969	1325	X

다. 그러나 DEAD 노드 100% 발견되는 시점은 더 늦게 발견 되는 것을 알 수 있다.

다음으로 동일한 환경에서 advance 노드 비율을 변경하여 초기 에너지를 변경시킨 것과 비교하여 DEAD 노드를 비교하였다.

비교한 결과 라운드를 9999번 까지 똑같이 했으나 표 5에서는 DEAD 노드가 100% 발견되었고, 표 6에서는 DEAD 노드가 100%로 발견되지 않았다. 이 결과 노드의 초기 에너지를 변경하는 것보다 노드의 초기 에너지 비율을 변경시킨 것이 네트워크 수명이 좋다는 것을 알 수 있었다. LEACH는 정해진 확률식에 의하여 클러스터가 정해지고 클러스터 헤드가 정해져서 에너지 소모가 불균형 하게 이루어진다. 클러스터 헤드가 선출되면 싱크로 데이터나 메시지를 전달해야 하므로 에너지 소모가 많게 된다. 그래서 DEAD 노드가 빨리 발생하게 된다.

이 단점을 보완하고자 에너지 소비모델을 가지고 초기 에너지를 변경 시키면서 에너지 소비를 최소화하여 DEAD노드 발생을 최소화 했다. 그 결과 초기 에너지를 변경 하는 것보다 초기 에너지 비율을 변경 하는 것이 네트워크 수명을 연장할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서의 클러스터 기반의 네트워크 토폴로지를 구성하고 유지하는 라우팅 기법과 클러스터를 이용하여 네트워크를 구성하는 방법인 LEACH, EACHS, HEED를 살펴보았다. LEACH는 정해진 확률식에 의해서 클러스터 헤드가 선출되므로 에너지 소모가 불균형하게 이루어진다. EACHS는 노드들의 잔여 에너지를 알아야 하는 단점이 있고, HEED는 클러스터 헤드 수를 보장할 수 없다는 단점이 있다. 이로 인해 에너지가 불균형하게 소비되어 DEAD 노드가 빨리 발견 되는데 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에

서 클러스터 헤드 선출을 효율적으로 하여 클러스터 헤드 수를 보장하고 노드의 초기 에너지를 변수로 하여 일반 노드와 advance노드로 나타내며, advance 노드 중에서도 초기 에너지 비율을 다르게 하여 DEAD 노드를 최소화 하는 위해서 시뮬레이션을 통해서 확인하였다.

시뮬레이션을 통해 초기 에너지를 변수로 하여 초기 에너지가 같을 때와 초기 에너지가 다를 때를 비교 했을 때 초기 에너지가 다를 때 클러스터 헤드 수가 더 많이 선출되는 것을 볼 수 있었다. 또한 초기 에너지를 변경하고 초기 에너지 비율을 변경하여, 그 결과 9999번의 라운드를 실행했을 때 초기 에너지를 변경했을 때 DEAD 노드가 100% 발견되었다. 하지만 초기 에너지 비율을 변경했을 때는 DEAD 노드가 100% 발견이 되지 않았다. 무선 센서 네트워크 환경에선 초기 에너지 비율을 변경했을 때 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 이로 인해 전체 네트워크 수명을 연장할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] L.F. Akyildiz, "A Survey on Sensor Networks: IEEE Communications Magazine, vol.40, pp. 102-114, 2002.
- [2] Y. Yu, R. Govindan, and D.Estrin, "Geographical and Energy Aware Routing: a recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks," UCLA Tech. Report, pp.1-11. 2001.
- [3] B.Karp, and H.T.Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," MobiCom, pp.243-254, 2000.
- [4] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, et. al. "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.11, no.1, pp.2-16, February, 2003.
- [5] W. R. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM MobiCom, pp.174-185, 1999.
- [6] A.Manjesshwar et. al., "TEEN : A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Computing Issues in Wireless Networks," 1st Int'l Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, April 2001.
- [7] Aratimanjeshwar et. al., "APTEEN : A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless

Sensor Networks,” IEEE Proc. of the INT’1. Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS’02), pp.195-202. April 2002.

[8] Heinzelman, W.B, Chandrakasan, A.P, Balakrishnan, H, “An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks”, IEEE Transactions on vol 1, pp. 660-670, Oct. 2002.

[9] N. Vljajic, D. Xia, “Wireless Sensor Networks : To Cluster or Not To Cluster?”, International Symposium on a World of Wireless, pp. 258-268, 2006.

[10] Liang Ying, Yu Haibin, “Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor Networks”, Proceedings of the Sixth International Conference on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, pp. 634-638, December 2005.

[11] Younis. O, Fahmy. S, “HEED : a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for adhoc sensor networks.” Mobile Computing, IEEE Transactions, vol 3, pp. 366-379, 2004.

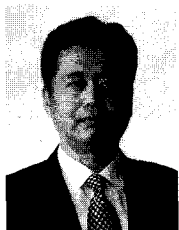
저 자 소 개

조 도 현(정회원)

인하공업대학 디지털전자과 교수
대한전자공학회 논문지
제45권 1E편 제4호 참조

최 진 택(학생회원)

2009년 광운대학교 대학원
유비쿼터스컴퓨팅과 석사과정 졸업.
<주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>



이 상 훈(정회원)

1992년 광운대학교 대학원
전자공학과 공학박사
현재 광운대학교 교양학부 교수

<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크,
3차원영상, 자동제어>



이 철(정회원)

1991년 광운대학교 전자공학과
석사과정 졸업.
2002년 광운대학교 대학원
제어계측공학과
박사과정 수료

현재 (주)씨랩솔루션 대표

<주관심분야: 디지털통신, 영상처리, 센서제어 >



김 진 수(학생회원)

1982년 광운대학교 대학원
전자공학과 석사과정
졸업

2009년 현재 광운대학교 대학원
전자공학과 박사과정

현재 (주)창원정보통신 대표

<주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 3차원영상, 자동
제어>

이 증 용(정회원)

광운대학교 교양학부 교수
대한전자공학회 논문지 제45권 1E편 제4호 참조