

무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선출 알고리즘

정희원 최경진*, 윤명준*, 심인보*, 이재용*

ECS : Energy efficient Cluster-head Selection algorithm in Wireless Sensor Network

Koung-Jin Choi*, Myung-Jun Yun*, In-Bo Sim*, Jai-Yong Lee* *Regular Members*

요약

무선 센서 네트워크에서 클러스터링은 클러스터 헤드(cluster head) 노드가 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합(aggregation)하여 싱크(Sink)로 전송함으로써 노드 간 통신의 양을 줄이게 하고 클러스터 내부적으로는 TDMA 스케줄에 기반하여 클러스터 헤드가 클러스터 멤버 노드의 스케줄을 조정함으로써 노드의 슬립타임을 연장하게 한다. 제안하는 ECS(Energy efficient Cluster-head Selection) 알고리즘은 에너지가 제한되는 센서 네트워크의 수명 향상을 위하여 노드 자신의 요소(factor) 즉, 자신의 초기 에너지 및 현재 에너지, 클러스터 헤드에 의해 병합된 클러스터 내 노드들의 데이터가 싱크로 전송되는 각 라운드, 노드 자신이 클러스터 헤드로 선출(selection)된 수를 이용하여 확률적인 방법으로 클러스터 헤드를 자가 선출한다.

key Words : Clustering; Cluster-head selection; Energy efficiency; Probabilistic self-election

ABSTRACT

Clustering protocol of Wireless sensor networks(WSNs) not only reducing the volume of inter-node communication by the nodes's data aggregation but also extending the nodes's sleep times by cluster head's TDMA-schedule coordination. In order to extend network lifetime of WSNs, we propose ECS algorithm to select cluster-head using three variables. It consists of initial and current energy of nodes, round information and total numbers which have been selected as cluster head until current round

I. 서론

클러스터 기반의 네트워크 토폴로지(topology)를 구성하고 유지하는 클러스터링 기술은 애드 혹(ad-hoc) 및 센서 네트워크에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 에너지 효율성이 중요한 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기술은 클러스터 헤드 노드가 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합하여 싱크로 전송함으로써 노드 간 통신의 양을 줄이게 하고 클

러스터 내부적으로는 TDMA 스케줄에 기반하여 클러스터 헤드가 클러스터 멤버 노드의 스케줄을 조정함으로써 노드의 슬립 타임을 연장하게 한다^[1]. 클러스터링 알고리즘에서 기본적으로 요구되는 사항은 클러스터링 후 모든 노드는 클러스터 헤드이거나 단 하나의 클러스터에 속해야 하고 추가적인 오버헤드는 최소화 되어야 한다. 또한, 안정적인 네트워크 토폴로지를 유지하고 네트워크 자원을 효율적으로 이용하여야 하며 센서 노드의 에너지 소비를

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2006-C1090-0603-0038)

* 연세대학교 전기전자공학과 Ubinet LAB(choikj0607@yonsei.ac.kr, windboy@yonsei.ac.kr, ivysim@yonsei.ac.kr, jyl@yonsei.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-04-200, 접수일자 : 2007년 4월 30일, 최종논문접수일자 : 2007년 6월 15일

최소화 하여야 한다²⁾. 제안하는 ECS(Energy efficient Cluster-head Selection) 알고리즘은 노드의 에너지가 제한되는 센서 네트워크의 수명 향상을 위하여 3 가지 변수값(노드의 초기 및 현재 에너지, 클러스터 헤드에 의해 병합된 데이터가 싱크로 전송되는 각 라운드, 노드 자신이 클러스터 헤드로 선출된 수)을 이용하여 클러스터 헤드를 적절하게 선출한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련된 클러스터 헤드 선출 기법에 대하여 설명하고, 3장에서는 ECS의 클러스터 헤드 선출 기법에 대하여 제안한다. 4장에서는 분석 및 LEACH와의 시뮬레이션 비교를 통하여 ECS의 성능을 확인하고 5장에서 결론을 도출한다.

II. 관련 연구

클러스터링 프로토콜도 대부분의 센서 네트워크 프로토콜과 마찬가지로 데이터 발생 형태에 따라 주기적(proactive) 네트워크와 반응적(reactive) 네트워크로 구분된다. 전자에서 센서 노드들은 주기적으로 대상 환경을 센싱하여 데이터를 목적으로 전송하며 공장의 기계 고장 탐지 같은 주기적인 센싱이 필요한 경우에 쓰인다. 전자의 경우 노드들은 일반적으로 언제나 보낼 데이터를 가지고 있고 모든 노드의 에너지 소비는 동일하다고 전제하고 프로토콜을 설계한다. 후자에서는 요구하는 사건이 발생하거나 센싱된 값이 변화할 때 노드들이 데이터를 전송하며 침입 및 폭발 탐지 같은 어플리케이션에 이용이 될 수 있다. 후자에서는 데이터 발생 현상이 노드별로 더욱 더 상이하여 센서 네트워크의 수명 향상을 위해서는 센싱 필드 내 노드 간 에너지 밸런싱이 필요하게 되고 노드들의 잔여 에너지가 클러스터 헤드 선정에 있어서 가장 중요한 선출 요소가 된다³⁾. LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 노드 간의 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크 생존 시간을 최대화하기 위해 분산된 환경의 클러스터 구조로 데이터 전송을 수행한다⁴⁾. 클러스터 헤드는 식 (1)의 확률 함수에 의해 결정된다.

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

식 (1)에서 i 는 노드의 식별자, t 는 시간, N 은 전체 노드의 수, k 는 클러스터 헤드의 수, r 은 라운드

를 나타낸다. $C_i(t)$ 는 최근 $r \bmod (N/k)$ 라운드 동안 자신이 클러스터 헤드였다면 0 이고 아니면 1이다. 노드들의 잔여 에너지가 시간에 따라 큰 차이를 보이는 반응적 네트워크 환경하에서는 식 (2)의 확률 함수로 클러스터 헤드가 결정된다.

$$P_i(t) = \min\left(\frac{E_i(t)}{E_{total}(t)}, k, 1\right) \quad (2)$$

식 (2)에서 분모는 센싱 필드 내 모든 노드의 현재 에너지의 합, 분자는 노드 i 의 현재 잔여 에너지이며 k 를 곱하여 클러스터 헤드가 공정하게 선출되는 확률 함수를 추가로 제안하였다. EACHS(Energy Adaptive Cluster-head Selection)에서는 모든 노드의 평균 에너지와 자신의 잔여 에너지 외 현재 이전 라운드에서 데이터 전송에 소모된 에너지를 분모 및 분자에 포함시켜 다른 노드보다 에너지가 많으면 클러스터 헤드 선출 확률이 높게 적으면 작아지도록 조정 변수를 두었다⁵⁾.

$$CH_{prob} = \frac{P}{1 - \left((r+1) \bmod \frac{1}{P} \right)} \times \left[\frac{E_{residual} - E_{dissipate}}{E_{average} - E_{dissipate}} \right] \quad (3)$$

HEED(Hybrid, Energy-Efficient, Distributed clustering approach)에서는 클러스터 헤드의 선정은 노드 자신의 요소만을 이용하여 결정하는 알고리즘이 제안되었다⁶⁾.

$$CH_{prob} = C_{prob} \times \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (4)$$

식 (4)에서 분모는 노드 i 의 초기 에너지, 분자는 노드 i 의 잔여 에너지에 전체 노드에서 클러스터 헤드가 차지하는 비율을 곱한 값을 나타낸다. 다시 말하면, 이 알고리즘은 노드 자신의 클러스터 헤드 선출 확률이 1이 될 때까지 확률값을 2배씩 증가시켜 먼저 1 이상값에 도달한 노드가 클러스터 헤드로 선출 되도록 한다.

III. ECS 알고리즘

3.1 문제 제기

LEACH에서는 모든 노드가 동일하게 에너지를 소비한다는 가정하에서는 클러스터 헤드 선출 기법이 우수하나 실제 네트워크에서 노드들은 상이한

통신 거리 및 임의의 사건(random event)별로 다른 잔여 에너지를 유지하기 때문에 완전히 확률적인 클러스터 헤드 선출 요소만을 도입한 알고리즘으로는 클러스터 헤드를 공정하게 선정할 수가 없다⁷⁾. LEACH에서는 이러한 사항을 고려하여 클러스터 헤드 선출시 노드 전체의 현재 에너지와 자신의 현재 에너지를 고려하여 클러스터 헤드를 결정하는 알고리즘을 추가로 제안하였으나 노드 전체의 현재 에너지의 합을 알기 위해서는 추가적인 오버헤드가 필요하다. 또한, EACHS도 모든 노드의 평균 현재 에너지를 알아야 한다는 힘든 가정을 전제하고 있다. HEED는 노드 자신의 요소만을 이용하여 클러스터 헤드를 자가 선출한다는 점에서는 우수한 프로토콜이나 모든 노드의 에너지가 유사하게 낮을 때는 클러스터 헤드 선출 확률값에 2배수를 곱할 시 그 값이 1에 도착하는 노드 수가 많아 대부분의 노드가 클러스터 헤드가 될 수 있는 단점이 있다. 즉, 자신의 현재 에너지에 기초하여 클러스터 헤드를 에너지 효율적으로 선출하는 우수한 프로토콜은 존재하지 않는다.

3.2 ECS 알고리즘

제안하는 ECS는 모든 노드에서 연속적으로 데이터가 발생하는 주기적 네트워크 외 데이터가 임의적으로 발생하는 반응적 네트워크 방식에도 적용 가능한 클러스터 헤드 선출 알고리즘으로 에너지가 제한되는 센서 네트워크의 수명 향상을 위하여 다음과 같이 크게 3가지 변수값을 이용하여 확률적인 방법으로 클러스터 헤드를 자가 선출한다. 첫째는 노드 자신의 초기 에너지 대 현재 에너지인 노드의 에너지 보유율이고 둘째는 클러스터 헤드가 선출되고 클러스터 헤드가 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합하여 싱크로 전송되기까지의 시간인 각 라운드이며 셋째는 노드 자신이 현재 라운드까지 클러스터 헤드로 선출된 수의 합이다. 즉, ECS는 설명한 3가지 변수값을 이용하여 노드 자신이 스스로 클러스터 헤드임을 노드들에게 광고한다. 한편, ECS는 다음과 같은 특성을 가지고 있다. 모든 노드의 에너지 소비는 고르지 않고 노드는 자신의 파워를 이용하여 통신거리를 조절할 수 있으며 노드는 다른 노드 및 싱크의 수신 신호 세기(received signal strength)에 근거하여 클러스터 헤드 및 싱크까지의 거리를 근사하게 계산할 수 있으며 노드는 한 장소에 고정되어 있다. ECS는 센서 노드 배치의 확장성(scalability)이 요구되는 건물 및 지정된 구역의 침

입 탐지, 경계용 외곽 울타리 감지, 선박 하부 누수 감지, 전지 방사능/화생방 오염 감지와 같은 어플리케이션에 응용될 수 있다. ECS의 클러스터 헤드 선출 확률 함수는 식 (5)와 같다.

$$P_i(r) = p \frac{E_i}{E_{max}} \left(\frac{p\sqrt{r}}{N_{ch} \bmod \frac{1}{p}} + 1 \right) \quad (5)$$

여기서, p는 전체 네트워크에서 클러스터 헤드가 차지하는 비율, Emax는 노드 i의 초기 에너지, Ei는 노드 i의 현재 에너지, Nch는 노드 i가 현재 라운드까지 클러스터 헤드로 선출된 총 수, r은 라운드를 의미한다. 식 (5)에서 대괄호 좌변 식은 노드가 자신의 현재 에너지에 따라 클러스터 헤드로 결정됨을 의미한다. 하지만, 좌변의 식만 존재하면 노드의 에너지가 점점 적어져 클러스터 헤드 선출 확률이 작아지게 되고 어떤 노드도 클러스터 헤드가 될 수 없는 제한점을 가지고 있다. 따라서, 이러한 제한점을 최적으로 보상하기 위해 노드의 현재 에너지가 적어짐에 따라 라운드는 증가하는 특성을 이용하여 괄호 안 식의 분자에 라운드 r값을 두었으며 r에 루트를 한 것과 p를 곱한 것은 보상되는 값이 점진적으로 증가하도록 한 것이다. 한편, 본 저자는 최적으로 선출된 클러스터 형성에 기반하여 위 식을 제안하였다. 즉, 노드의 총 수가 N이고 클러스터 및 클러스터 헤드의 수를 k라고 할 때 p값이 초기 설정되면 최적인 k는 N*p가 되며 각 클러스터에는 N/k인 즉, 1/p의 노드가 있어야 한다. 즉, 이러한 특성을 고려하여 괄호안 분모식을 제안하였으며 이 식은 클러스터 헤드 선출을 고르게 분포시키기 위해 노드가 현재 라운드까지 클러스터 헤드로 선출된 수가 많으면 클러스터 헤드 선출 확률이 작아지다가 최근 1/p라운드까지 커지게 하는 작용을 한다. 즉, 제안하는 ECS는 시간에 따라 점점 줄게 되는 노드의 잔여 에너지를 앞서 설명한 변수값을 이용하여 보상하는 클러스터 헤드 선출 알고리즘이다.

IV. 분석 및 시뮬레이션

본 장에서는 ECS의 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 클러스터 헤드 선출에 있어서 널리 알려진 프로토콜인 LEACH와 비교하여 개선된 성능을 확인한다.

4.1 에너지 소비 모델

ECS의 성능을 확인하기 위해 기존에 제안된 에너지 소비 모델을 이용하였다^{3,7)}. L비트 메시지를 거리 d까지 전송하기 위해 소비되는 노드의 에너지와 노드가 L비트 메시지를 수신하기 위해 소비되는 에너지는 식 (6), (7)과 같다.

$$E_{Tx}(l, d) = \begin{cases} LE_{elec} + E_{fs}d^{\alpha}, & d \leq d_0 \\ LE_{elec} + E_{mp}d^{\beta}, & d > d_0 \end{cases} \quad (6)$$

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

표 1. 에너지 소비 모델 매개 변수

변수	설명	변수	설명
L	비트 메시지	A	M*M 노드 분포
E _{elec}	회로 에너지 소모	d _{CH}	노드, CH간 거리
EDA	Aggregation 에너지	d _{SINK}	CH, SINK간 거리
ε _{fs}	자유공간 손실	k	클러스터 헤드 수
ε _{mp}	다중경로 손실	n	노드 총 수
d ₀	거리 임계값	ρ	노드 분포

한 라운드 동안에 클러스터 헤드와 비 클러스터 헤드 노드에서 소모되는 에너지는 식 (8)과 같다.

$$\begin{cases} E_{CH} = \left(\frac{n}{k} - 1\right)LE_{elec} + \frac{n}{k}LE_{DA} + LE_{elec} + E_{fs}d^{BS} \\ E_{nonCH} = LE_{elec} + E_{fs}d^{CH} \end{cases} \quad (8)$$

하나의 클러스터 내에서 클러스터 헤드에서 소모되는 에너지와 비클러스터 헤드 노드들에서 소모되는 에너지의 합은 식 (9)와 같다.

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

따라서, 정리하면 네트워크에서 소모되는 총 에너지는 식 (10)과 같게 된다.

$$E_{tot} = L \left\{ 2nE_{elec} + nE_{DA} + \epsilon_{fs} \left(kd^{2BS} + nd^{2CH} \right) \right\} \quad (10)$$

4.2 성능 비교

ECS가 노드들의 초기 에너지가 동일한 환경과 초기 에너지가 다른 환경에서 어떠한 성능을 나타

내는지 MATLAB 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 노드들의 초기 에너지가 다른 환경을 둔 것은 노드들의 에너지는 서로 다른 통신 거리와 임의의 사건으로 인하여 달라지게 되는데(소위, 반응적 네트워크) 이것은 노드들의 초기 에너지를 다르게 하여 성능을 확인하는 것과 동일하므로 초기 에너지가 서로 다른 환경도 추가로 고려한 것이다. 초기 에너지가 다른 환경에서 노드 종류는 일반 노드와 Powerful 노드로 크게 2가지의 노드로 구분하였으며 Powerful 노드의 에너지는 일반 노드보다 1+α배 에너지가 많으며 비율은 m으로 나타내었다. 따라서, 초기 에너지가 서로 다른 환경에서 네트워크의 총 에너지는 식 (11)과 같게 된다⁷⁾.

$$\begin{aligned} n(1-m)E_0 + nmE_0(1+\alpha) = \\ nE_0(1+am) \end{aligned} \quad (11)$$

시뮬레이션 매개 변수는 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션 매개 변수

변수	값	변수	값
노드수	100	CHprob	0.05
M	100m*100m	ε _{fs}	10pJ/bit/m ²
SINK 위치	(50,50)m	ε _{mp}	0.0013pJ/bit/m ⁴
초기 에너지	0.5J	E _{elec}	50nJ/bit
메시지 길이	4000bit	EDA	50nJ/bit/report

먼저, 모든 노드의 초기 에너지가 동일한 환경에서 LEACH 프로토콜과 네트워크 수명을 비교하였다. 구성되는 노드 배치 형태는 그림 1과 같으며 싱크(x), 클러스터 헤드(*), 일반 노드(o), DEAD 노드(.)로 구성이 된다. 그림 2에서 LEACH는 노드별로 공정한 클러스터 헤드 수를 보장하고 ECS는 20

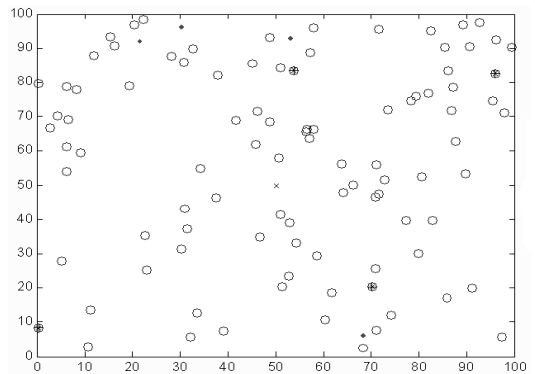


그림 1. 초기 에너지 동일시 노드 배치 형태

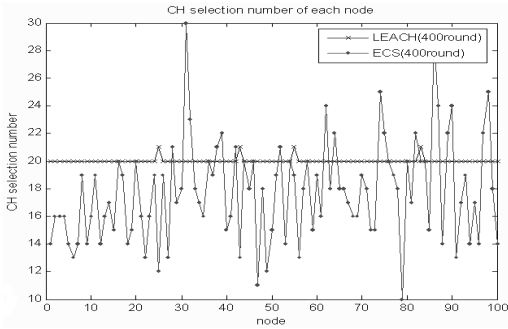


그림 2. 노드별 클러스터 헤드 선출 수

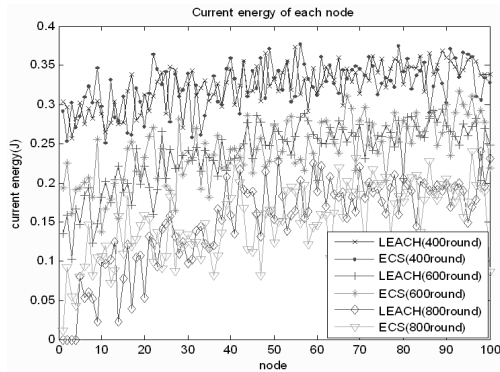


그림 3. 노드별 현재 에너지

주위로 클러스터 헤드가 분포됨을 알 수가 있다. 다시 말하면, LEACH는 완전히 확률적인 요소만을 이용하여 노드별로 매우 일정하게 클러스터 헤드를 선출하고 있는 것이다.

그림 3에서 노드별 현재 에너지를 보면 라운드가 400에서 800으로 증가함에 따라 ECS에 비해 LEACH에서 많은 노드가 현재 에너지가 0인 상태에 먼저 근접함을 확인할 수가 있다. 다시 말하면, ECS가 LEACH에 비해 네트워크 수명이 더 길어진다는 것을 예측할 수 있다.

그림 4는 라운드별 DEAD 노드를 나타내며 표 3을 이용하여 상세히 설명한다.

센서 네트워크에서 모든 노드가 살아있는 경우는 가장 안정적으로 네트워크가 구성되기 위한 환경이다. 본 저자는 첫 노드의 배터리가 소진되는 라운드를 FD(First Dead)라 하였고 전체 노드 중 절반의 노드가 생존하고 있는 라운드를 HD(Half Dead)로 명명하였다. 다시 말하면, FD 발생 전까진 네트워크 구성 환경이 매우 안정적인 기간이고 FD에서 HD로 갈 수록 불안정해지는 기간인 것이다. 즉, 그림 4에서 노드의 생존 비율을 표 3으로 나타내면

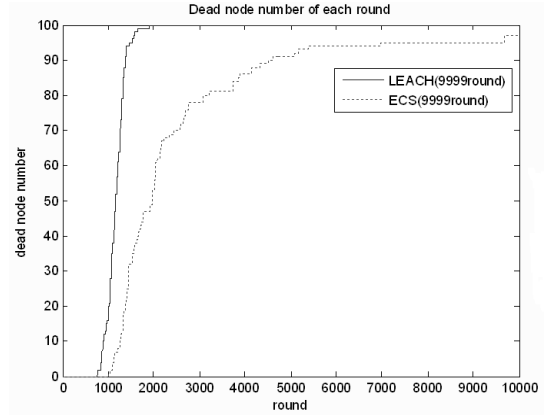


그림 4. 라운드 대비 DEAD 노드 수

첫 노드의 배터리가 소진되는 라운드는 LEACH는 761이고 ECS는 1004이다. 그리고, LEACH에서 전체 노드 중 절반의 노드가 죽기 시작하는 라운드는 1169이며 ECS는 1960으로 ECS가 더 긴 네트워크 수명을 가진다는 것을 알 수 있다.

표 3. 노드의 생존 비율

구분	LEACH	ECS	수명
FD	761	1004	+ 32 %
HD	1169	1960	+ 68 %

지금까지는 모든 노드의 초기 에너지가 동일한 환경에서 ECS의 개선된 성능을 확인하였으며 ECS가 노드의 초기 에너지가 상이한 환경에서는 즉, 잔여 에너지가 서로 다른 상황하에서는 어떠한 성능을 나타내는지 분석한다. Powerful 노드가 차지하는 비율을 10%(m=0.1)로 설정하였을 때 구성되는 노드 배치 형태는 그림 5와 같으며 그림 1과 다른 점으로 Powerful 노드(+)가 추가로 배치되었다.

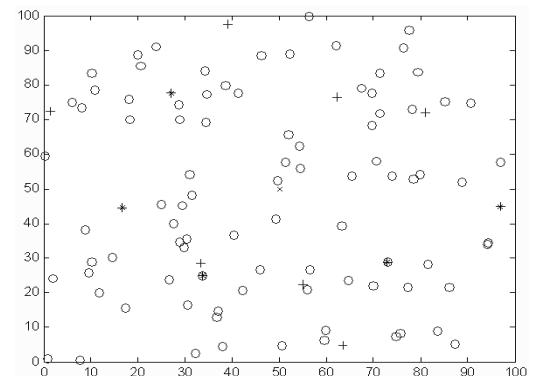


그림 5. 초기 에너지 상이시 노드 배치 형태

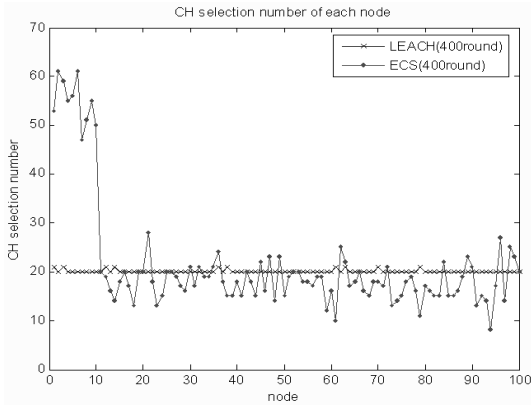


그림 6. 노드별 클러스터 헤드 선출 수

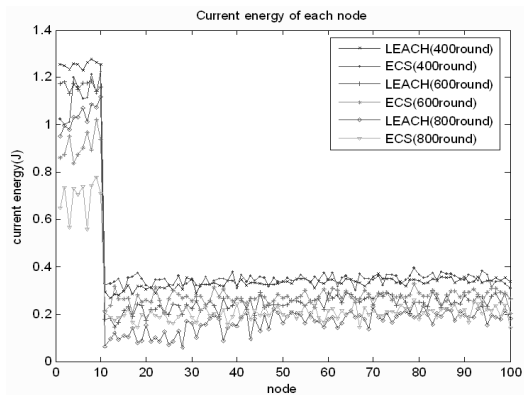


그림 7. 노드별 현재 에너지

그림 6에서 LEACH는 노드의 에너지에 관계없이 노드별로 일정한 값의 클러스터 헤드 선출 수를 보장하고 ECS에서는 Powerful 노드(1-10번)가 에너지가 더 크기 때문에 클러스터 헤드로 보다 더 많이 선출됨을 알 수가 있다.

그림 7에서 노드별 현재 에너지를 보면 ECS의 Powerful 노드가 LEACH에 비해 클러스터 헤드로 더 많이 선출되었기 때문에 라운드가 증가함에 따라 현재 에너지가 더 크게 적어짐을 알 수가 있다. 다시 말하면 ECS는 잔여 에너지가 큰 노드에게 높은 클러스터 헤드 선출률을 부여한 것이다. 반면, LEACH는 노드의 잔여 에너지를 고려하지 않았기 때문에 Powerful 노드와 일반 노드가 유사하게 에너지가 감소됨을 확인할 수가 있다. 따라서, 그림 7과 같이 DEAD 노드 발생은 라운드가 증가함에 따라 LEACH에서 더 많이 발생하게 됨을 예측할 수 있으며 그림 8-9 및 표 4-5에서 최종 확인한다.

이제 Powerful 노드의 비율을 10%($m=0.1$)로 고

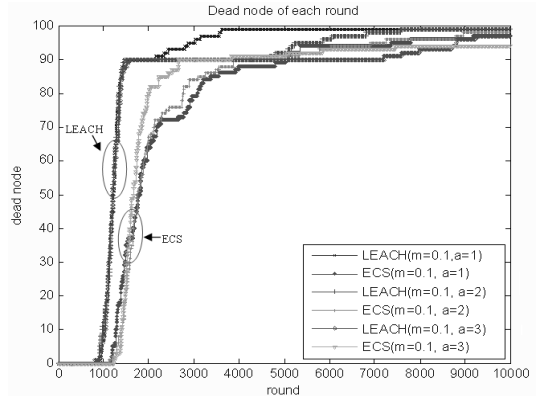


그림 8. 라운드 대비 DEAD 노드 수

표 4. Powerful 노드 초기 에너지 변경시 생존 비율

구분		LEACH	ECS	수명
m=0.1 a=1	FD	872	1194	+ 37 %
	HD	1214	1773	+ 46 %
m=0.1 a=2	FD	899	1108	+ 23 %
	HD	1217	1772	+ 46 %
m=0.1 a=3	FD	828	1233	+ 49 %
	HD	1210	1662	+ 37 %

정하고 초기 에너지 크기를 일반 노드보다 2-4배 ($a=1;2;3$)로 증가시켰을 때 라운드별 DEAD 노드를 확인하면 그림 8과 같이 된다.

표 4에서 Powerful 노드의 초기 에너지 변경시 ECS가 LEACH에 비해 네트워크 수명이 크게 향상 된다는 것을 확인할 수가 있다.

Powerful 노드의 에너지가 일반 노드보다 3배 ($a=2$) 더 큰 네트워크 환경에서 Powerful 노드의 비율을 10-30%($m=0.1;0.2;0.3$)까지 증가시켰을 때도 그림 9와 같이 LEACH에서 DEAD 노드가 먼저 발생하는 것을 확인할 수가 있다.

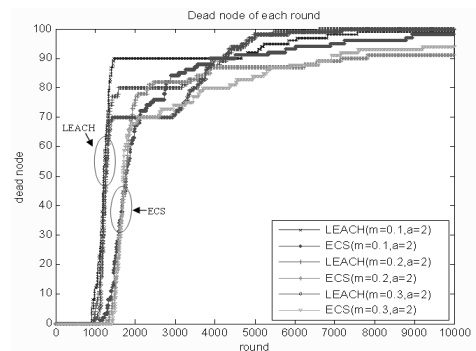


그림 9. 라운드 대비 DEAD 노드 수

Powerful 노드의 에너지가 고정되어 있고 비율만 변경하였을 때 노드의 생존 비율을 분석하면 표 5 와 같이 모든 경우에 있어서 ECS가 LEACH 보다 좋은 성능을 나타내고 있음을 알 수 가 있다.

표 5.Powerful 노드 비율 변경시 생존 비율

구 분		LEACH	ECS	수 명
m=0.1 a=2	FD	899	1108	+ 23 %
	HD	1217	1772	+ 46 %
m=0.2 a=2	FD	932	1268	+ 36 %
	HD	1253	1758	+ 40 %
m=0.3 a=2	FD	956	1413	+ 48 %
	HD	1257	1694	+ 35 %

V. 결 론

ECS는 클러스터 헤드 선출에 있어 노드 자신의 정보만을 이용한다. 다시 말하면 클러스터 헤드 선출 매 라운드마다 전체 노드의 에너지를 알 필요가 없다. 이러한 점에서 2, 3장에서 살펴 본 클러스터 헤드 선출 알고리즘과 다른 특징이 있으며 성능에 있어서도 노드 자신의 잔여 에너지, 시간에 증가하는 라운드값, 자신이 클러스터 헤드가 된 수를 기반으로 클러스터 헤드를 자가 선출함으로써 네트워크 수명을 향상하였다. 따라서, 제안하는 ECS 알고리즘은 에너지가 제한되는 무선 센서 네트워크의 수명 향상을 위한 클러스터 헤드 선출 기법으로 효과적으로 적용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] N. Vljajic, D. Xia, "Wireless Sensor Networks : To Cluster or Not To Cluster?", International Symposium on a World of Wireless, 2006

[2] Lee sang hak, Kimdae hwan, Yu jun jae, "Ubiquitous sensor network technic trend", Korea Internet information institute paper, pp. 97-107, 2005

[3] Manjeshwar, A.Agrawal, D.P, "TEEN : a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks", Parallel and Distributed Processing Symposium, April 2001

[4] Heinzelman, W.B, Chandrakasan, A.P, Balakrishnan, H, "An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks", IEEE Transactions on Volume 1, Issue 4, pp. 660-670, Oct. 2002

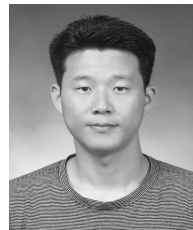
[5] Liang Ying, Yu Haibin, "Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor Networks", Proceedings of the Sixth International Conference on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, pp. 634-638, December 2005

[6] Younis. O, Fahmy. S, "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for adhoc sensor networks", Mobile Computing, IEEE Transactions on Volume 3, pp. 366-379, Oct.Dec. 2004

[7] G. Smaragdakis, I. Matta, A. Bestavros, "SEP: A stable election protocol for clustered heterogenous wireless sensor networks," International Workshop on SANPA, Boston., no. 4, pp. 660-670, 2004

최 경 진 (Koung-Jin Choi)

정회원



1999년 3월 해군사관학교 전자공학과 졸업
 2006년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
 <관심분야> Ad-Hoc/Ubiquitous Senor Network, Wireless Multi-hop Routing/MAC Protocol

Design, Mobile/Reliable Multicast

윤 명 준 (Myung-Jun Yun)

정회원

2005년 2월 연세대학교 전기전자공학과 졸업
2007년 2월 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
2007년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
<관심분야> 유비쿼터스 센서 네트워크

심 인 보 (In-Bo Sim)

정회원

1995년 3월 공군사관학교 전자공학과 졸업
2000년 2월 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
2006년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
<관심분야> 유비쿼터스 센서 네트워크

이 재 용 (Jai-Yong Lee)

정회원



1977년 2월 연세대학교 전자 공
학과 졸업
1984년 5월 IOWA State Univ.
공학석사
1987년 5월 IOWA State Univ.
공학박사
1987년 7월~1994년 8월 포항 공

과대학 교수

1994년 9월~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야> Protocol Design for Wired/Wireless QoS
Management, Ubiquitous Sensor Network, Wireless
Multimedia Support Protocol