
무선 센서 네트워크 환경에서 헤드 경험정보를 이용한 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선정 알고리즘

김형주*, 김성철**

An Energy Efficient Cluster-head Selection Algorithm
Using Head Experience Information in Wireless Sensor Networks

Hyung-Jue Kim*, Seong-Cheol Kim**

요 약

무선 센서 네트워크에서는 노드들이 제한적인 에너지를 가지고 있기 때문에 효율적인 에너지 사용이 요구된다. 클러스터링 방식은 클러스터를 형성하고 클러스터 멤버 노드들이 전송한 데이터를 클러스터 헤드가 병합하여 싱크 노드로 전송하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 클러스터 헤드를 효율적인 선정하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 노드 자신의 과거 헤드 경험의 세분화와 전송할 데이터의 존재 여부, 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보를 이용하여 헤드를 선정함으로써 네트워크 전체의 수명을 증가시킨다. 시뮬레이션을 통하여 기존의 방식인 LEACH, HEED 알고리즘에 비해 밸런싱 있는 에너지를 소모하고, 더 나은 네트워크 수명을 보장함을 보였다.

ABSTRACT

In wireless sensor networks, there are hundreds to thousands of small battery powered devices which are called sensors. As sensors have a limited energy resources, there is a need to use it effectively. A clustering based routing protocol forms clusters by distributed algorithm. Member nodes send their data to their cluster heads then cluster heads integrate data and send to sink node. In this paper we propose an energy efficient cluster-head selection algorithm. We have used some factors(a previous cluster head experience, a existence of data to transmit and an information that neighbors have data or not) to select optimum cluster-head and eventually improve network lifetime. Our simulation results show its effectiveness in balancing energy consumption and prolonging the network lifetime compared with LEACH and HEED algorithms.

키워드

Wireless Sensor Network (WSN), Cluster-head Selection Algorithm, Routing Protocol

* 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정

접수일자 2008. 10. 01

** 상명대학교 컴퓨터과학부 교수(교신저자)

I. 서 론

무선 센서 네트워크는 수많은 센서 노드들이 밀집된 형태로 구성되어 있으며, 군사 시스템, 모니터링 시스템, 원격 진료, 무인 탐사, 교육, 상업 등과 같은 다양한 분야에서 사용되고 있다. 또한 재고 관리, 우편물 관리, 품질 관리 등 상업적인 응용 분야에서도 사용되고 있다[1]. 무선 센서 네트워크는 제한된 에너지를 갖는 노드들로 구성되어 있기 때문에 네트워크가 구성된 후에는 보수 및 유지가 어려운 한계를 지니고 있다[2]. 따라서 제한된 에너지 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 최대화하는 것이 필요하다. 에너지를 효율적으로 사용하기 위해서 여러 계층에서 많은 연구가 진행되고 있다. 라우팅 프로토콜에는 평면 라우팅과 계층적 라우팅으로 구분되는데 센서 네트워크에서는 평면 라우팅 보다는 계층적 라우팅이 데이터 병합이나 압축 등의 효율적이므로 많이 사용되고 있다 [3]. 클러스터링 기반의 라우팅 프로토콜에는 클러스터 헤드와 멤버 노드들이 존재한다. 멤버 노드들은 전송할 데이터를 클러스터 헤드에게 전송하고, 클러스터 헤드는 클러스터 멤버 노드들이 보낸 데이터를 병합하여 싱크(sink) 노드로 전송한다. 클러스터 헤드만이 싱크 노드와 통신을 함으로써 전송 횟수를 줄여 에너지를 절약할 수 있다. 클러스터 헤드의 효율적인 선정은 에너지를 절약할 수 있는 중요한 요소라고 할 수 있다. 클러스터 헤드를 잘 선정할 수 있다면 노드들이 가지고 있는 한정된 에너지를 효율적으로 사용할 수 있으며 전체 네트워크 수명을 연장할 수 있다. 이와 관련된 연구 중 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) [4]는 임의의 확률을 사용하여 공정한 클러스터 헤드를 선정한다. HEED (Hybrid Energy Efficient Distributed) [5]에서는 LEACH에서 잔여 에너지 정보를 추가하여 보다 효율적으로 클러스터 헤드를 선정한다. EACHS (Energy Adaptive Cluster-Head Selection) [6]은 노드들의 평균 에너지, 노드 각각의 잔여 에너지 그리고 이전 라운드에서의 소모 에너지 정보를 이용하여 클러스터 헤드를 선정하는데 다른 노드보다 에너지가 많으면 클러스터 헤드 선정 확률이 높게 되고, 에너지가 적으면 확률이 낮아지도록 조정변수를 사용한다. ECS (Energy efficient Cluster-head Selection) [7]은 노드의 에너지, 싱크로 전송되는 각 라운드, 노드 자신이 클

러스터 헤드로 선정된 수를 이용하여 전체 네트워크의 수명을 향상시킨다. 또한 LEACH을 기반으로 하여 설계된 TEEN (Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network)[8]과 APTEEN (Adaptive Periodic Threshold-sensitive Energy Efficient Network)[9]이 있다.

본 논문에서 제안하는 CSE (Cluster-head Selection using Experience information)은 클러스터링 방식을 기반으로, 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선정하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 클러스터 헤드 선정 시 노드의 과거 헤드 경험을 세분화하여 가중치로 적용하고, 전송할 데이터의 존재 여부 및 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보들을 사용한다. CSE이 기존의 연구들보다 라운드별 소모 에너지가 적고, 균형 있는 에너지를 소모하며 전체 네트워크 수명이 향상됨을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구들에 대하여, 3장에서는 제안된 CSE에 대한 설명이 이루어진다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 기존 연구들과 비교하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

LEACH[4]는 센서 네트워크를 구성하고 있는 노드들의 에너지를 균등하게 소모하게 하여 네트워크 전체 수명을 최대로 연장한다. 클러스터 헤드를 자가 선정하기 위해 각각의 노드들은 아래의 식을 사용하게 된다[4].

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

식 (1)에서 N 은 전체 노드의 수, i 는 노드 식별자, t 는 시간, k 는 클러스터의 헤드 수, r 은 라운드를 의미한다. 한번 헤드로 선정되었던 노드는 다음 라운드에서 0의 확률을 갖고, 지난 라운드에서 클러스터 헤드로 선출되지 않았던 노드들의 확률은 점차 높아진다. 클러스터 헤드로 선정된 노드는 이웃의 노드들에게 자신이 클러스터 헤드가 되었음을 알리고, 클러스터를 형성

하게 된다. 여기서 랜덤 확률을 사용하기 때문에 형평성 있는 클러스터 헤드 선정이 이루어질 수 있는 장점을 갖지만 일부 노드들의 상대적으로 잦은 클러스터 헤드 선정 가능성으로 인하여 전체 네트워크 수명이 줄어들 수 있는 문제를 가진다. HEED에서는 노드에게 주어진 초기 에너지양과 현재 자신이 보유하고 있는 에너지 정보를 추가로 이용하여 클러스터 헤드를 선정한다.

$$CH_{prob} = CH_{prob} * \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (2)$$

식 (2)에서 $E_{residual}$ 은 현재 노드가 보유하고 있는 에너지, E_{max} 는 초기 에너지양이다. 각각의 노드들은 자신의 클러스터 헤드 선정 확률이 1이 될 때까지 확률 값에 2를 곱하여 확률 값을 증가시키면서 먼저 1 이상의 값에 도달하는 노드가 클러스터 헤드로 선정된다. HEED는 일정 시간 안에 클러스터가 종료되고, 이웃 노드들의 위치를 고려하지 않아도 되는 장점을 가지나 동작하는 노드의 수가 적을 때에는 1을 넘는 노드들이 많아져 대부분의 노드가 헤드가 될 수 있다는 단점을 가진다.

III. CSE 알고리즘

본 논문에서 제안된 CSE은 클러스터 헤드 선정을 통하여 균형있는 에너지를 소모하고, 전체 네트워크 수명을 연장하는 것을 목적으로 한다. 아래의 표 1에서 기존의 LEACH와 HEED 과 CSE의 특성에 대한 비교를 보여 준다.

3.1 헤드 선정 방법

CSE에서 각각의 노드들은 과거에 자신이 클러스터 헤드를 했었는지에 대한 정보 및 자신의 초기 에너지와 현재 보유하고 있는 에너지 정보를 가진다. 또한 노드들은 이웃 노드들이 전송할 데이터를 보유하고 있는지 여부를 알 수 있다. 각각의 노드들은 이러한 정보들을 이용하여 가중치로 활용을 하게 된다.

$$P_{ch(i)} = P_{sensing} * P_{(i)} * (E_{status} * w) \quad (3)$$

식 (3)에서 $P_{ch(i)}$ 는 클러스터 헤더로 선정될 확률을 의미하고, $P_{sensing}$ 은 자신이 수집한 데이터가 있는지에 따라 0 또는 1의 값을 갖는다. $P_{(i)}$ 는 랜덤 확률 값으로 0 과 1 사이의 값을 갖는다. E_{status} 는 노드의 에너지 정보를, w 는 가중치를 의미한다. E_{status} 값은 아래 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 기존 알고리즘과의 비교
Table. 1 Comparison with LEACH, HEED

알고리즘	사용 파라미터	특징
LEACH[4]	<ul style="list-style-type: none"> 임의 확률 p 	<ul style="list-style-type: none"> 임의 확률 p를 사용하여 자가 선정 불공정한 에너지 소모
HEED[5]	<ul style="list-style-type: none"> 임의 확률 p 초기 및 현 에너지 클러스터 밀도 노드들의 접근성 	<ul style="list-style-type: none"> 초기 및 현재 에너지 정보 이용자가 선정 모든 노드들의 에너지가 유사하게 낮을 시 대부분의 노드들이 1 값 초과하는 단점
CSE	<ul style="list-style-type: none"> 임의 확률 p 초기 및 현 에너지 클러스터 헤드 경험 노드들의 전송 데이터 보유 유무 	<ul style="list-style-type: none"> 사용된 파라미터를 사용하여 자가 선정 전송할 데이터 없을시 슬립 모드 경험 정보 이용 에너지 공정 분배 이웃 노드들의 전송 정보사용 지연 축소

$$E_{status} = \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (4)$$

$E_{residual}$ 은 노드의 현재 에너지를, E_{max} 는 노드의 초기 에너지를 의미한다. 노드의 가중치 w 는 앞서 언급했던 과거의 클러스터 헤드 경험 정보와 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보를 사용하여 얻어지는데 아래의 식 (5)와 같다.

$$w = P_{history} * \frac{N_{sn}}{N_m} \quad (5)$$

위 식에서 $P_{history}$ 는 과거의 클러스터 헤드 경험을 바탕으로 가중치 0부터 1 사이의 값을 가진다. 클러스터 헤드의 경험 여부가 현재의 라운드에서 멀어질수록 1에, 현재의 라운드로 가까워질수록 0에 가까운 값을 가진다. 두 번째 가중치 요소는 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보이다. 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드가 많은 노드가 클러스터 헤드가 되면 멤버 노드들과의 전송 거리를 줄일 수 있어 소모되는 에너지를 절약할 수 있고, 데이터 수집에 있어서도 소모되는 에너지를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 착안하여 이웃 노드(N_m) 중 전송할 데이터가 있는 노드(N_{sn})의 비율($\frac{N_{sn}}{N_m}$)을 가중치로 활용하였다. 이웃 노드들 중 전송할 데이터를 보유하는 노드가 많으면 1에 가까운 값을 갖게 하고, 반대의 경우에는 0에 가까운 값을 갖게 된다. 위의 식 (3), (4), (5)를 통합한 식 (6)으로 각 노드들은 자신의 $P_{ch}(i)$ 값을 갖게 된다.

$$P_{ch(i)} = P_{sensing} * P_{(i)} * \left(\frac{E_{regidual}}{E_{max}} * (P_{history} * \frac{N_{sn}}{N_m}) \right) \quad (6)$$

3.2 시나리오 1

: 일부 노드만 전송할 데이터를 가지고 있을 경우

아래 그림 1 (나)에서 보는 것처럼 전송 데이터를 가지고 있는 노드들과 멀리 떨어져 있는 노드가 헤드로 선정될 경우 전송 거리가 멀기 때문에 전체 전송 지연을 발생시킬 가능성이 높고, 더 많은 에너지를 소모할 수 있다. CSE에서는 주변 이웃 노드들의 전송 데이터 보유 정보를 이용하는데 이웃 노드들 중 데이터를 보유한 노

드들이 적은 노드보다 보유한 노드들이 많은 경우 클러스터 헤드로 선정될 확률을 높여준다. 이는 그림1 (가)처럼 클러스터 헤드와 멤버들 간의 전송 거리를 줄여주고, 결국에는 전송에 따른 에너지 소모를 절약할 수 있게 한다.

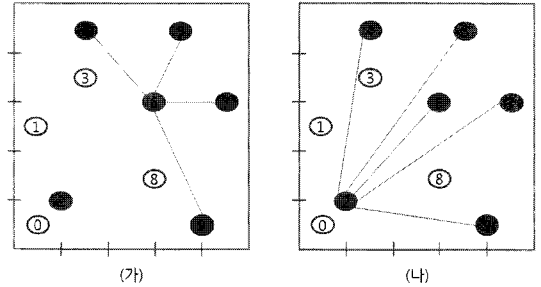


그림 1 일부의 노드만 전송 데이터 보유
Fig. 1 Topology of Sensor nodes

3.3 시나리오 2

: 모든 노드가 전송할 데이터를 가지고 있을 경우

제안된 CSE에서는 클러스터 헤드 경험 세분화 ($P_{history}$)를 통해 최근에 클러스터 헤드를 했던 노드의 선정 확률은 낮추고, 오래 전에 경험한 노드의 선정 확률은 높여 균형 있는 선정이 이루어지게 한다. 따라서 노드들 간의 균등한 선정을 유도하고, 결국 균형 있는 에너지 소모를 지원하게 된다.

IV. 성능 분석 및 비교

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션을 위하여 네트워크는 100개의 노드들로 구성되고, 각각의 노드들은 2J의 에너지를 보유한다. 클러스터 헤드의 수는 LEACH에서와 같이 전체 노드 수의 5%로 최적화하였으며, 전송할 데이터를 가지고 있는 노드의 수는 전체 노드 수의 50%의 비율을 유지하게 하였다. 알고리즘 별로 100회의 시뮬레이션을 실행하였고, 평균값을 취하였다. 시뮬레이션에서 사용되는 에너지 관련 파라미터들은 표 2에서 보여 준다. 여기서 E_{elec} 은 노드가 클러스터 헤드에게 데이터를 전송할 때 및 헤드가 싱크에게 전송할 때 소모되는 에너지를 구할 때 사

용된다. E_{fs} 는 전송거리 이내에 위치하는 노드에게 데이터를 전송하는 경우에, E_{amp} 는 전송거리 밖에 위치하는 노드에게 데이터를 전송할 때 사용되는 증폭 에너지를 나타낸다. $E_{integrate}$ 는 클러스터 헤드가 멤버 노드들에게서 받은 데이터들을 통합하는데 사용되는 에너지이고, $E_{initial}$ 은 노드의 초기 에너지이다.

표 2 에너지 파라미터
Table. 2 Energy Parameter

Parameter	Value
$E_{sensing}$	20 $pnJ/bit/signal$
E_{wake}	25 $n*bit/s/v$
E_{sleep}	0.1 $nj/s/v$
E_{elet}	50 nJ/bit
E_{fs}	10 $pJ/bit/m^2$
E_{amp}	0.0013 $pJ/bit/m^4$
$E_{integrate}$	5 $nJ/bit/signal$
$E_{initial}$	2 $J/battery$

4.2 노드에 따른 에너지 소모

각 노드는 전송할 데이터가 없는 노드, 전송할 데이터가 있는 노드 그리고 클러스터 헤드로 분류된다. 각 상태의 노드들은 각기 다른 에너지를 소모하게 된다. 전송할 데이터가 없는 노드의 경우 아래의 식 (7)과 같이 주변의 환경 센싱과 슬립(sleep) 모드를 유지하기 위한 에너지만 소모한다.

$$E_{sensing} + E_{sleep} \tag{7}$$

전송할 데이터가 있는 노드의 경우 데이터 센싱 및 전송할 때 에너지와 데이터 전송시 신호 증폭 및 깨어있는 상태를 유지하는 에너지를 소모한다. 이를 표현하면 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{sensing} + E_{wake} + E_{amp} + E_{sendtoCH} \tag{8}$$

클러스터 헤드의 경우 데이터를 수신할 때와 데이터들을 하나로 통합할 때, 데이터 센싱 및 깨어있는 상태를

유지하기 위해, 그리고 자신의 센싱 데이터와 노드들로부터 받은 데이터들을 통합하여 Base Station에게 보낼 때와 전송을 위한 신호 증폭 에너지를 소모한다. 이를 표현하면 식 (9)와 같다.

$$E_{sensing} + E_{wake} + E_{receive} + E_{integrate} + E_{amp} + E_{sendtoBS} \tag{9}$$

그림 2는 시뮬레이션 순서도를 보여 준다.

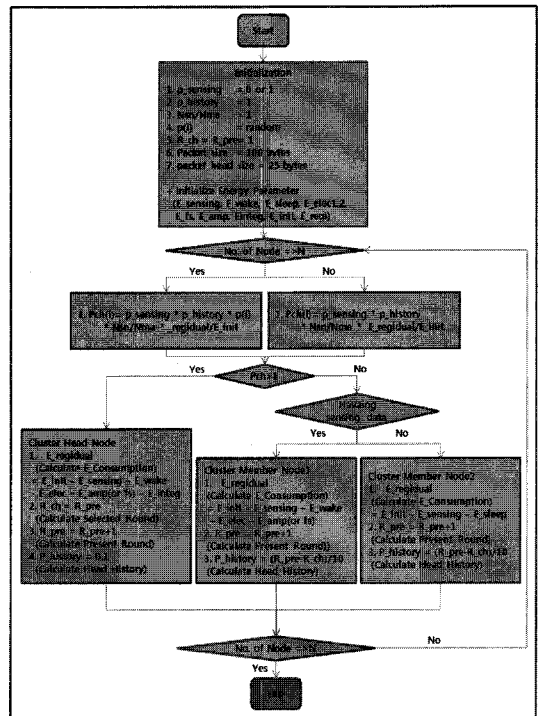


그림 2 시뮬레이션 순서도
Fig. 2 Flow Chart of Simulation

처음에 파라미터 초기화가 실행되고, 노드들은 $P_{ch(i)}$ 를 스스로 계산하여 가진다. 노드들의 $P_{ch(i)}$ 값은 잔존 노드 수에 따라 식 (6)에 의해 산출된다. $P_{ch(i)}$ 값이 가장 큰 노드가 클러스터 헤드로 선정된다. 클러스터 형성이 완료되고, 클러스터 동작이 시작되면 각 노드의 상태에 따라 에너지를 소모하게 된다. R_{pre} 는 현재 라운드 값을 나타내는데 라운드가 지날 때마다 1씩 증가한다. R_{ch} 는 노드가 클러스터 헤드일 때 라운드 값을 의미하

며 클러스터 헤드로 선정되었던 당시의 라운드 값을 갖게 된다. 전체 네트워크의 총 노드 수가 10개미만이 되면 시뮬레이션은 종료된다.

4.3. 시나리오 1 환경에서의 시뮬레이션 결과

그림 3에서는 각각의 노드들이 클러스터 헤드가 되었을 경우 한 라운드에서 소모되는 에너지를 보여준다. LEACH, HEED은 랜덤 확률을 사용하기 때문에 각 노드 중 어떤 노드도 헤더가 될 수 있어 모든 노드들이 소모하는 에너지들의 평균값을 갖게 된다. 반면에 CSE은 주변 이웃 노드들의 전송 데이터 보유 정보를 이용하기 때문에 7번과 8번 노드만이 클러스터 헤드로 선정된다. 따라서 CSE의 라운드 별 소모 에너지가 LEACH, HEED의 소모 에너지보다 28.8% 절약됨을 알 수 있다.

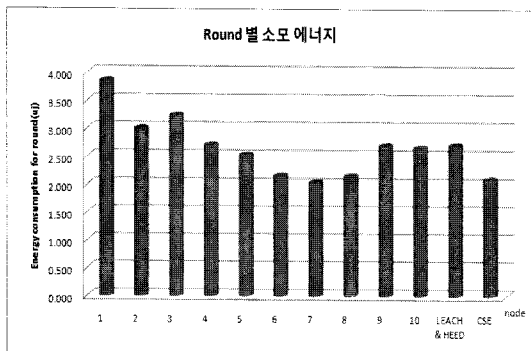


그림 3 클러스터 헤드 선정에 따른 에너지 소모
Fig. 3 Energy consumption for cluster-head

그림 4에서 노드들이 클러스터 헤드가 되었을 경우 클러스터 헤드와 멤버 노드들사이의 총 전송거리를 보여준다. LEACH, HEED에서는 모든 노드들의 평균 전송 거리 값을 갖는 반면 CSE에서는 7번과 8번 노드의 평균 값을 가진다. 그 결과 CSE이 LEACH, HEED 보다 전송 거리가 35% 줄어들어 CSE이 더 적은 전송 지연이 발생 하고 있다는 것도 알 수 있다.

4.4. 시나리오 2 환경에서의 시뮬레이션 결과

이 경우 노드들 간의 균형 있는 에너지 소모를 아래 그림 5에서 보여 준다. CSE에서가 첫 Dead 노드 발생 시기가 가장 느림을 알 수 있다. 이는 노드들 간의 에너지 소모가 균등하게 이루어지고 있음을 증명하는 결과라고 볼 수 있다.

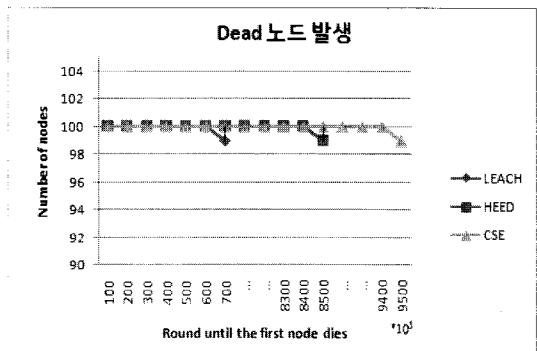


그림 5 첫 번째 dead 노드 발생
Fig. 5 First dead node occurrence

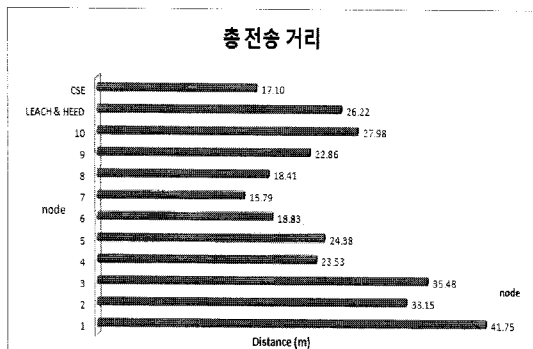


그림 4 클러스터 헤드 선정에 따른 전송거리
Fig. 4 Distance for cluster-head

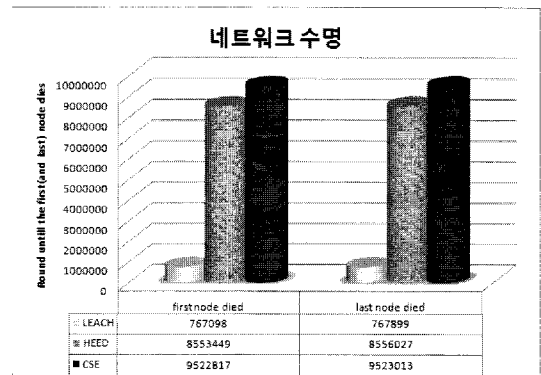


그림 6. 네트워크 수명 비교
Fig. 6. Comparison of Network life time

그림 6은 네트워크 수명을 보여주고 있는데, CSE 은 LEACH과 비교했을 때 네트워크 유지 측면에서 큰 차이를 보였고, HEED보다는 11% 정도 더 나은 성능을 보였다. 이를 통해 CSE이 LEACH, HEED 보다 더 나은 네트워크 수명을 지원함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 클러스터 헤드를 선정하는 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 에너지 효율적으로 클러스터 헤드를 선정하기 위해 클러스터 헤드를 선정시 노드의 과거 헤드 경험을 세분화하여 가중치로 적용

적용하였다. 또한 노드의 전송할 데이터의 존재 여부 및 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보를 사용하였다. 이를 뒷받침하기 위해 시뮬레이션을 사용하여 기존의 LEACH, HEED과 비교하였고 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 CSE이 이들보다 라운드 별 소모 에너지가 적고, 전송 지연이 적음을 확인하였다. 또한 기존의 알고리즘들보다 노드 간의 균형있는 에너지 소모가 이루어지고 있음을 확인하였고, 네트워크의 전체 수명이 향상되었음을 보였다.

참고문헌

[1] Ian F, Akyidiz, Weilian Su et al., "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, 2002.

[2] S Kumar, V S. Raghavan, J Deng, "Medium Access Control protocols for ad hoc wireless networks: A survey," Ad Hoc Networks, Elsevier, pp. 326-358, 2006.

[3] Holger Karl, "Protocols and architectures for wsn", John Wiley & Sons, 2005.

[4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences(HICSS), Maui, HI, Jan. 2000.

[5] Younis. O, Fahmy. S, "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor

networks", Mobile Computing, IEEE Trans. on vol. 3, pp. 366-379, Oct. Dec. 2004.

[6] Liang Ying, Yu Haibin, "Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor networks", Pro. of the Sixth Int. Conf. on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, pp. 634-638, Dec. 2005.

[7] Kounq-Jin Choi, Myng-Jum Yun, In-Bo Sim and Jai-Yong Lee, "ECS: Energy efficient Cluster-head Selection algorithm in Wireless Sensor Network", KICS, pp. 342-349, Jun 2007.

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

[9] A. Manjeshwar and D.P. Agrawal, "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," IPDPS '02, 2002.

저자소개



김형주(Hyung-Jue Kim)

2007년 2월 : 상명대학교 졸업
2007년 3월 ~현재 : 상명대학교
일반대학원 석사과정

※ 관심분야 : 무선 센서 네트워크, 클러스터헤드 선정, 타임 스케줄링



김성철(Seong-Cheol Kim)

1995년 6월 : Polytechnic University (NY) 공학박사(Ph.D)
1997년 2월~현재 : 상명대학교
교수

※ 관심분야 : WLAN, 센서 네트워크, QoS, 멀티미디어 통신