무선 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 클러스터 구성 알고리즘

한 욱 표[†] · 이 희 춘[††] · 정 영 준[†††]

요 약

무선 센서 네트워크의 각 센서 노드는 배터리 기반의 제한된 에너지로 동작하기 때문에 무선 센서 네트워크에서의 효율적인 에너지 사용에 많은 연구가 이루어지고 있다. 무선 센서 네트워크의 수명을 연장하기 위해서는 무선 센서 네트워크에 존재하는 각 센서 노드들의 전력소비를 줄이는 것도 필요하지만 센서 노드들의 균일한 에너지 소비를 유도하여 가능한 많은 노드들이 생존하는 것이 망의 수명에 더욱 중요한 요인이 된다. 본 논문에서는 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜인 LEACH를 기반으로 각 노드의 잔여 에너지를 고려하여 전체 노드의 균형적인 에너지 소모를 유도하는 클러스터 헤드 선정 알고리즘을 제안한다. 제안한 프로토콜에 대해서 시뮬레이션을 기반으로 네트워크 수명에 대한 분석을 수행하였다. 제안한 프로토콜은 심각한 오버헤드나 성능저하 없이 효과적으로 네트워크 수명을 연장하였다.

키워드 : 에너지 인식 라우팅, 무선 센서 네트워크, 클러스터링, LEACH

An Energy Efficient Cluster Formation Algorithm for Wireless Sensor Networks

Uk-Pyo Han[†] · Hee-Choon Lee[††] · Young-Jun Chung[†††]

ABSTRACT

The efficient node-energy utilization is one of important performance factors in wireless sensor networks because sensor nodes operate with limited battery power. To extend the lifetime of the wireless sensor networks, maintaining balanced power consumption between sensor nodes is more important than reducing each energy consumption of the sensor node in the network. In this paper, we proposed a cluster formation algorithm to extend the lifetime of the networks and to maintain a balanced energy consumption of nodes. To obtain it, we add a tiny slot in a round frame, which enables to exchange the residual energy messages between the base station (BS), cluster heads, and nodes. The performance of the proposed protocol has been examined and evaluated with the NS-2 simulator. As a result of simulation, we have confirmed that our proposed algorithm shows the better performance in terms of lifetime than LEACH. Consequently, our proposed protocol can effectively extend the network lifetime without other critical overheads and performance degradation.

Key Words : Energy aware routing, Wireless sensor network, Clustering, LEACH

1. 서 론

최근의 센서 기술의 발전으로 인하여 저비용, 저전력, 소형화된 센서 노드들이 개발되었다. 센서 노드는 빛, 소리, 온도, 움직임 등을 감지할 수 있는 센서와, 감지된 정보를 가공할 수 있는 프로세서를 가지며, 이를 전송할 수 있는 무선 통신 기능을 갖춘 소형 장치이다.

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 광범위한 지역에 분산되어 있는 초소형, 저전력 스마트 센서 노드들로 구성된 무선 Ad Hoc 통신망이다. 즉, 센서 네트워크는 광범위하게 설치되어 있는 유무선 네트워크 인프라에 상황 인지를 위한 다양한 센싱 디바이스를 통합하여 감지된 환경 데이터를 응용서비스와 연동하는 기술이다. 이러한 무선 센서 네트워크는 유비쿼터스 환경의 핵심 요소로서 다양한 응용 분야에 적용 가능할 것으로 전망된다. 무선 센서 네트워크는 일반적으로 센싱의 정확성과 감지 영역의 확장성을 위해 관찰하려는 지역의 내부나 그에 매우 근접한 거리에 수많은 센서 노드들을 조밀하게 배치하여 구성한다. 이러한 대규모 네트워킹 환경에서는 동적인 상황 변화에 적응할 수 있는 자기 구성(self-organizing) 능력 및 노드들 간의 상호

† 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터과학과 대학원생
†† 정 회 원 : 상지대학교 컴퓨터데이터정보학과 교수
††† 정 회 원 : 강원대학교 컴퓨터과학과 교수
논문접수 : 2006년 8월 24일, 심사완료 : 2007년 2월 5일

협업 능력이 중요시 된다[1]. 또한 다양한 종류의 센서들에 의해 탐지된 센싱 정보를 수집(Sink) 노드에게 보다 효율적으로 전달하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 무선 센서 네트워킹 기술의 주요 연구로는 에너지 효율성을 고려한 네트워크 프로토콜 설계, 위치정보 감지(Localization) 기법, 동기화(Synchronization), 효율적인 데이터 통합(Data aggregation) 그리고 보안 기법 등을 들 수 있다. 네트워크 계층에 있어서는 자기 구성 (self-organizing) 능력, 제한된 전력, 데이터 중심적인 특성 등을 고려한 다양한 라우팅 프로토콜과 데이터 통합 기법이 제안되고 있다[2,3,4].

무선 센서 네트워크에서는 많은 수의 센서 노드가 조밀하게 분포되어, 다중 홉(multi-hop) 네트워크 환경을 이루며 각 센서 노드는 배터리 기반의 제한된 에너지로 동작된다. 또한 네트워크에 참여하는 각 노드들은 단말 노드의 역할과 라우터의 역할을 동시에 수행하므로 어떤 노드가 에너지를 모두 소비하게 되면 더 이상 네트워크에 참여하지 못하게 되고 이러한 노드가 증가하면 결국 네트워크 파티션이 발생하게 되어 정상적인 통신이 불가능하게 된다. 따라서 무선 센서 네트워크의 수명을 연장하기 위해서는 한정된 에너지의 효율적 관리가 매우 중요한 연구 과제이다[1,2,3,4,5,6].

센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 크게 평면 라우팅 프로토콜과 계층적 라우팅 프로토콜로 나누어진다. 센서 노드는 유사한 데이터의 중복 전달을 방지하기 위해 data aggregation을 수행하는데, 노드의 data aggregation 특성을 고려할 때 클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜이 많은 장점을 가진다. 클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜에서는 클러스터 헤드를 효율적으로 선정함으로써 통신하는데 필요한 전력 사용을 줄여 네트워크의 생존시간을 최대화 할 수 있다[4,7].

본 논문에서는 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜 중의 하나인 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)를 기반으로 네트워크의 수명을 연장하기 위해 각 노드의 잔여 에너지를 고려하는 클러스터 헤드 선정 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제안된 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜들을 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 노드의 잔여 에너지를 고려한 클러스터 헤드 선정 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 통한 성능의 비교 분석을 하고, 5장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구 및 문제 분석

클러스터 기반의 라우팅 프로토콜은 센서 노드들을 그룹을 지어서 센싱한 데이터를 효과적으로 싱크(sink) 노드로 전송한다. 각각의 센서 그룹인 클러스터(cluster)는 클러스터 헤드(cluster head)를 가지고 있으며 클러스터 헤드는 자신의 클러스터 내의 노드들로부터 데이터를 전송받는다. 전송받은 데이터를 싱크 노드에게 보내기 전에 클러스터 헤드는 데이터 병합(data aggregation)을 통해 에너지 소비를 줄일 수 있고 멀티홉 라우팅 프로토콜에 비해 지연을 줄일 수 있다[4,7,8,9].

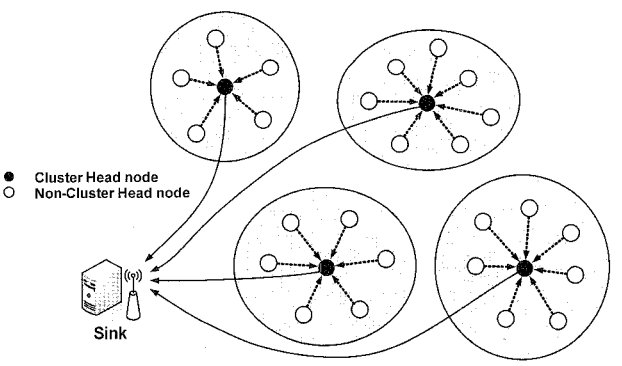
클러스터 기반의 망의 형태(Topology) 구성 및 유지 방법은 노드의 이동성이 많은 무선 애드 혹 네트워크에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 클러스터링을 통해 얻을 수 있는 장점은 라우팅 설정 시 오버헤드를 줄이고 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있고, 네트워크 망의 형태의 안정성을 확보할 수 있다. 이 밖에 매체 액세스 시 자원 관리나 대역폭 할당 등을 용이하게 하고 노드의 위치 관리나 송신 전력 관리를 가능하게 한다.

무선 센서네트워크에서는 위의 장점 이외에도 클러스터 헤드에서 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합할 수 있도록 하고 노드 증가에 따른 네트워크의 확장성(scalability)을 용이하게 한다. 따라서 노드의 수가 애드 혹 네트워크에서 비해 수 백 배에서 수 십만 배까지 많은 센서네트워크에서 망의 형태 관리와 데이터 병합을 위해 클러스터 기반의 구조를 기반으로 하는 것은 타당한 접근 방법이라 할 수 있다.

클러스터링 알고리즘의 기본적 요구사항은 클러스터링 후 모든 노드는 클러스터 헤드이거나 단 하나의 클러스터에 속해야 한다는 것이다. 이를 위해 필요로 하는 메시지와 시간의 오버헤드는 최소화되어야 하며 클러스터링의 목표를 만족해야 한다. 클러스터링의 목표는 안정적 망의 형태의 유지, 라우팅, 네트워크 효율성, 에너지 소비의 최소화 등이다[4].

지금까지 제안된 클러스터 헤드 선정 알고리즘은 노드의 식별자(ID:identifier), 노드의 연결성(Connectivity), 노드의 가중치(Weight) 등을 기반으로 하는 알고리즘이 있다.

그림 1은 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜의 기본적인 구조를 나타내고 있다.



(그림 1) 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜 구조

대표적인 클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜에는 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy), LEACH-C (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy - Centralized)와 Chain-based 3 level PEGASIS (Power-Efficient GAthering in Sensor Information Systems) 등이 있다.

2.1 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH[10]는 클러스터 기반 라우팅 기법으로 클러스터 헤드가 클러스터에 포함된 센서 노드들로부터 데이터를 전송 받아 데이터 병합(data aggregation)을 통해 데이터를 모아서 싱크 노드로 전송한다. 이 방식의 특징은 네트워크를 구성하는 모든 센서 노드들의 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크 생존시간을 최대화하기 위해 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 라운드(round)라는 시간 단위마다 무작위로 선택하고 네트워크 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터의 데이터를 병합하여 싱크 노드로 보낸다.

클러스터 헤드는 식 (1)의 확률 함수에 의해 결정된다.

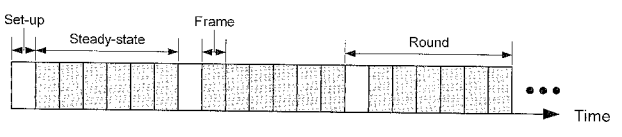
$$T(n)=\begin{cases}\dfrac{P_t}{1-P_t\cdot(r \bmod \frac{1}{P_t})} & : \text{if } n\in G \\ 0 & : otherwise\end{cases} \quad (1)$$

위 식에서 P_t는 목표로 하는 클러스터 헤드의 백분율, r은 현재 라운드, G는 최근 $1/P_t$ 라운드 동안 클러스터 헤드를 하지 않았던 노드들의 집합이다.

각 라운드는 클러스터 헤드와 클러스터를 구성하는 단계인 set-up phase와 TDMA schedule에 따라 데이터의 전송이 이루어지는 단계인 steady-state phase로 구성된다.

새로운 라운드가 시작되면 각 센서 노드들은 0과 1 사이의 난수를 생성하여 선택하고 식 (1)에 의해 임계값을 계산하여 두 수를 비교한다. 각 노드는 선택된 난수의 값이 임계값보다 작으면 클러스터 헤드로 선정되며, 임계값 보다 크거나 같다면 클러스터 구성원이 된다. 선출된 클러스터 헤드는 일정 범위 내의 주변 노드에 advertisement message를 전달한다. 이 메시지를 받은 주변의 노드들은 수신된 신호의 세기가 가장 센 메시지를 보낸 노드를 자신의 클러스터 헤드로 선택하고 'Join-REQ' 메시지를 해당 클러스터 헤드에 전달한다. 'Join-REQ' 메시지를 받은 클러스터 헤드는 자신의 멤버 노드로 등록한다. 이 과정이 끝나면 클러스터 헤드가 멤버 노드의 정보를 이용해 클러스터 내에서의 데이터 전달을 위한 TDMA 스케줄을 구성하고 멤버 노드들에게 알리면 set-up phase는 종료된다.

이제 다음 단계인 steady-state phase에서는 각 노드는 설정된 TDMA 스케줄에 따라 클러스터 헤드로 정보를 전송하고 클러스터 헤드는 이 정보를 병합(aggregate)하여 base station에 전달한다. 클러스터 구성에 의한 오버헤드를 줄이기 위해 일단 클러스터를 구성하면 여러 번의 데이터 전송을 수행한 후에 다시 클러스터를 재구성한다.



(그림 2) LEACH의 time line

LEACH에서는 확률적으로 클러스터 헤드를 선정하는데 클러스터 내의 모든 노드에게 클러스터 헤드가 될 기회를 부여한다. 이 경우 클러스터 내의 노드들은 단지 확률적으로 헤드로 선정되기 때문에 에너지 효율적이지 못할 수 있다.

2.2 LEACH-C(LEACH-Centralized)

LEACH의 분산 클러스터 구성 알고리즘은 클러스터 헤드의 선정과 클러스터 헤드 노드의 수를 보장하지 못하는 단점이 있다. 그러나 Base Station(혹은 싱크 노드)이 통제하여 클러스터를 구성하는 LEACH-C(LEACH-Centralized) [11] 는 클러스터 구성원 노드들이 클러스터의 헤드에게 데이터를 전송하는 데 있어서 에너지를 최소화하는 최적의 클러스터 헤드를 선정함으로써 효율적인 클러스터를 구성할 수 있다. 하지만 이러한 최적의 클러스터 헤드를 선정하기 위한 오버헤드가 상당히 큰 것이 LEACH-C의 단점이다.

LEACH-C는 클러스터 구성을 위해 BS(Base Station)를 사용하며, BS는 각 라운드의 시작 단계인 set-up 단계에서 각각의 노드에 대한 위치 정보와 남아있는 에너지에 대한 정보를 전송받는다. 전송받은 정보를 이용하여 네트워크 전체 노드들의 평균 에너지를 계산하고 평균 에너지보다 낮은 에너지를 가진 노드는 클러스터 헤드 선정에서 제외된다. 평균 에너지보다 높은 에너지를 가진 노드들 중에서 simulated annealing algorithm을 이용하여 클러스터 헤드를 선정한다. BS는 현재 라운드에서 최적의 클러스터 헤드에 대한 노드 ID를 포함한 메시지를 모든 노드들에게 전송한다. 메시지를 받은 노드는 자신의 ID와 같으면 클러스터 헤드가 되고 다르면 데이터 전송을 위해 TDMA slot을 결정한다.

LEACH-C는 최적의 클러스터 헤드를 선정함으로써 효율적인 클러스터를 구성할 수 있지만 이러한 최적 클러스터 구성을 위한 오버헤드가 상당히 큰 것이 단점이다.

3. 제안한 라우팅 프로토콜

본 논문에서는 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜 중의 하나인 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)를 기반으로 각 노드의 잔여 에너지를 고려하는 클러스터 헤드 선정 알고리즘을 제안한다. 제안 프로토콜은 LEACH와 비교하여 추가적인 overhead를 크게 부가하지 않고 각 센서 노드들의 균형적인 에너지 소모를 유도하여 전체 네트워크의 수명 연장을 도모하였다.

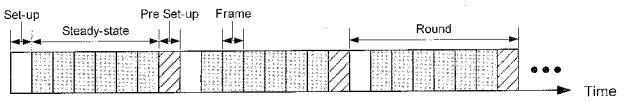
제안 프로토콜에서는 단지 확률에만 의존하여 클러스터 헤드를 선정하는 LEACH 알고리즘을 개선하여 노드의 현재 잔여 에너지 값을 클러스터 헤드 선정의 요인으로 고려하는 방식을 사용했다.

제안한 프로토콜의 클러스터 헤드 선정을 위한 임계값을 구하는 식은 아래와 같다.

$$T(n)=\begin{cases}\dfrac{P_t}{1-P_t\cdot(r \bmod \frac{1}{P_t})}\cdot\dfrac{E_{res}}{E_{\max}} & : \text{if } n\in G \\ 0 & : otherwise\end{cases} \quad (2)$$

위 식에서 P_t는 목표로 하는 클러스터 헤드의 백분율, r은 현재 라운드, G는 최근 $1/P_t$ 라운드 동안 클러스터 헤드를 하지 않았던 노드들의 집합, E_{res}는 노드의 현재 잔여 에너지의 값, E_{max}는 네트워크 전체에서 현재 잔여 에너지의 최대값이다.

그림 3은 본 논문에서 제안한 클러스터 선정 알고리즘의 time line을 보여준다. 제안 알고리즘은 기존의 LEACH 알고리즘에 Pre Set-up phase를 추가하여 각 라운드가 Set-up, Steady-state, Pre Set-up의 세 개의 phase로 구성된다.



(그림 3) 제안한 프로토콜의 time line

본 논문에서 제안한 클러스터 선정 알고리즘은 다음과 같다.

- Set-up phase
  1) 새로운 라운드가 시작하면 각 노드는 난수 발생 후 임계값(T(n))을 계산
  (만약 첫 번째 라운드이면 각 노드는 E_{max}의 값을 1로 설정하여 임계값을 계산)
  2) 선택한 난수가 임계값 보다 작으면 클러스터 헤드로 선정
  3) 클러스터 헤드 선정이 완료되면 클러스터 헤드는 자신의 주변 노드에 advertisement message를 broadcast한다.
  4) 주변의 노드는 일정 시간 동안 advertisement message를 수신하고 가장 가까운(신호의 세기가 가장 큰) 클러스터 헤드에 'join-REQ' 메시지를 보낸다.
  5) 'join-REQ' 메시지를 수신한 클러스터 헤드는 자신의 멤버 리스트를 만들고 TDMA 스케줄을 작성하여 주변의 노드에 broadcast한다.
  6) 멤버 노드는 TDMA 스케줄을 수신하여 저장

- Steady-state phase
  1) 각 멤버 노드는 TDMA 스케줄에 따라 클러스터 헤드로 데이터 전송한다. 이때 자신의 잔여 에너지 정보를 piggy back 방식으로 클러스터 헤드로 전송한다.
  2) 클러스터 헤드는 각 노드의 잔여 에너지 정보를 유지

- Pre Set-up phase
  1) 라운드의 마지막 프레임이 종료되기 직전 클러스터 헤드가 BS(base station)로 데이터 전송 시 클러스터 내의 노드의 최대 잔여 에너지 값을 찾아 piggy back 방식으로 BS로 보낸다
  2) BS는 각 클러스터 헤드에서 전송받은 잔여 에너지 값 중 최대값(E_{max})을 찾아 각 클러스터 헤드로 전송
  3) 각 클러스터 헤드는 BS로부터 받은 E_{max} 값을 모든 멤버 노드들로 broadcast하고 각 노드는 이 값을 저장하고 현재 라운드를 종료한다.

만약 식 (2)의 E_{max} 값을 노드의 초기 에너지(initial energy) 값으로 고정하면 전체 노드의 최대 잔여 에너지 값을 구하기 위한 과정이 필요 없으므로 오버헤드를 줄일 수 있다. 하지만 네트워크에서 데이터 전송이 시작되면 초기 에너지에 대한 잔여 에너지의 비율이 점점 작아지게 된다. 이는 식 (2)의 임계값이 작아지면서 목표로 한 클러스터 헤드의 비율이 유지되지 않는 결과를 가져온다. 결국 클러스터 헤드의 수가 목표값 보다 줄어들거나 0이 되면서 전체 네트워크의 에너지 소모량이 급격히 증가하게 된다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위해 NS-2[12] 시뮬레이터를 사용하여 기존의 LEACH, LEACH-C 모델과 제안한 프로토콜의 성능을 비교·분석하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션을 위한 센서 네트워크의 크기는 100×100m 이며, 센서 노드의 개수는 100개로 설정하여 랜덤하게 배치하였다. 채널의 대역폭은 1 Mbps로 설정하였다. 대부분의 무선 센서 네트워크 응용에서 노드들이 고정되어 있으므로 모든 노드의 이동성은 없는 것으로 가정하였다. 시뮬레이션 환경과 에너지 모델은 LEACH와 LEACH-C에서 제시하는 모델을 동일하게 적용하였다[10,11]. 시뮬레이션을 위한 매개변수들을 표 1에 기술하였다.

〈표 1〉 시뮬레이션 파라미터 설정

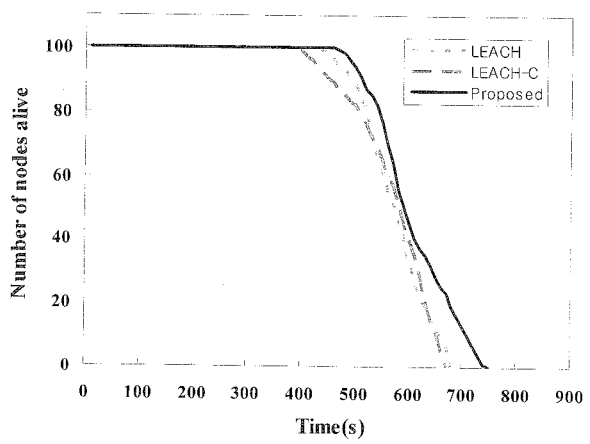
파라미터	설정 값
네트워크 크기	100m×100m
sink 노드의 위치	(20, 175)
노드의 개수	100
목표 클러스터 개수	5
노드의 초기 에너지	2 J
각 라운드 지속 시간	20 초
노드의 데이터 송·수신 소모 에너지량	50 nJ/bit
송신 노드의 증폭 에너지량	10 pJ/bit/m^2
데이터 병합시 소모 에너지량	5 nJ/bit/signal
데이터 패킷 크기	512 bytes

실험에서는 각 노드는 2J의 에너지로 시작하고 계속해서 데이터를 BS로 전송한다. 각 노드는 각 라운드의 시작에서 클러스터 헤드를 결정하기 위해 식 (2)의 확률을 사용하고, 각 라운드는 20초간 지속된다. 각 라운드내의 프레임에서는 주변 노드들이 클러스터 헤드로 설정된 TDMA 스케줄에 따라 데이터 패킷을 전송하며 클러스터 헤드에서는 데이터 병합을 수행하여 BS로 전송한다. 시뮬레이션에서는 노드가 전송, 수신을 하거나 데이터 병합을 할때 에너지가 소모된다. 데이터 패킷이 BS로 전송되는 비율과 BS에서 데이터를 수집하기 위해 필요한 에너지를 추적하여 설정된 에너지 모델에 따라 소모량을 계산하여 각 노드의 잔여 에너지를 갱신한다.

4.2 시뮬레이션 결과 분석

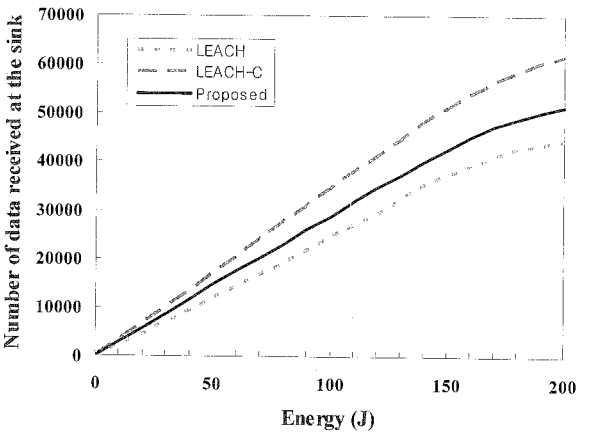
첫 번째 분석으로 각 모델의 네트워크 수명을 비교하기 위해 시뮬레이션을 수행하는 동안 매 10초마다 각 노드의 잔여 에너지를 조사하여 에너지가 남아 있는 노드들의 수를 측정하였다.

그림 4의 결과는 각 모델의 시간에 따른 잔여 에너지가 남아있는 노드의 수를 나타낸 것으로 제안한 프로토콜의 수명이 기존의 LEACH와 LEACH-C 프로토콜에 비교해 상대적으로 오래 지속되는 것을 보여준다. LEACH-C의 수명이 가장 짧은 것으로 나타나는데, 이는 LEACH-C는 클러스터를 최적화하기 위해 부가적인 정보의 교환에 따른 데이터 전송량이 많으므로 에너지 소모가 많기 때문이다. 제안한 프로토콜이 LEACH에 비해 약 10.3%의 네트워크 수명 연장을 보여준다. 이 결과에서 제안한 프로토콜의 클러스터 헤드 선정 기법이 센서 노드의 균형적인 에너지 소모를 유도하는 것을 알 수 있다.



(그림 4) 시간에 따른 잔여 에너지가 남아있는(alive) 노드의 수

두 번째 분석으로는 각 모델의 소비한 에너지 대비 수신한 데이터의 양을 비교하였다. 그림 5의 결과에서 제안한 프로토콜은 LEACH 모델에 비해 좋은 성능을 보여주고 있다. LEACH-C 모델은 최적의 클러스터를 구성하므로 동일한 에너지를 사용할 때 가장 좋은 처리율을 보여주었다. 하지만 LEACH-C 모델은 클러스터 구성에 상당한 에너지를 소모하므로 그림 4와 같이 네트워크 수명은 LEACH와 제안한 프로토콜에 비해 짧은 결과를 보인다.



(그림 5) 에너지 소비량에 따른 데이터 전송량

위의 결과들로부터 제안한 프로토콜은 확률에만 의존하여 클러스터 헤드를 선정하므로 에너지 효율적이지 못한 LEACH의 단점을 개선하고 LEACH-C 프로토콜에 비해 클러스터 구성 오버헤드를 줄여서 전체 네트워크의 수명을 연장하는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

LEACH와 같이 클러스터를 기반으로 하는 통신 방식에서 클러스터 헤드의 선정은 센서 네트워크의 운용 성능에 영향을 주는 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜인 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)를 기반으로 각 노드의 잔여 에너지를 고려하는 클러스터 헤드 선정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방식은 LEACH와 유사한 방식으로 확률에 의존하지만 각 노드의 잔여 에너지를 고려하여 에너지가 적은 노드가 클러스터 헤드에 선정되는 확률을 낮추어 보다 균형적인 노드의 에너지 소모를 유도하였다. 또한 제안한 알고리즘은 클러스터 구성에 LEACH-C와 같은 부가적인 위치 정보나 많은 에너지 소모를 요구하지 않는다. 제안 방법은 망의 수명 성능 측면에서 LEACH, LEACH-C 방식에 비해 우수한 성능을 나타냈다.

노드의 잔여 에너지를 고려하여 클러스터를 구성함으로써 각 노드의 균형적인 에너지 소모를 유도하여 전체 네트워크의 수명을 연장하고자 하였고 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다. 또한 센서 네트워크에서는 각 노드의 고른 에너지 소모가 전체 네트워크의 수명 연장에 중요한 요인이라는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Ian F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, Issue 8, pp. 102-114, Aug. 2002.

[2] K. Akkaya and M. Younis, "A Survey of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks," in the Elsevier Ad Hoc Network Journal, Vol 3/3, pp. 325-349, 2005.

[3] Q. Jiang and D. Manivannan, "Routing protocols for sensor networks," Proceedings of CCNC 2004, pp.93-98, Jan. 2004.

[4] V. Mhatre, et. al., "Design guidelines for wireless sensor networks: communication, clustering and aggregation," Ad Hoc Networks Journal, Elsevier Science, 2(1):45-63, 2004.

[5] J. Ibriq and I. mahgoub, "Cluster-Based Routing in Wireless Sensor Networks: Issues and Challenges", Proceedings of the 2004 Symposium on Performance Evaluation of Computer Telecommunication Systems, pp.759-766, Jul. 2004.

[6] S. Rhee, D. Seetharam and S. Liu. "Techniques for Minimizing Power Consumption in Low Data-Rate Wireless Sensor Networks", Wireless Communications and Networking Conference 2004, IEEE Vol. 3, Mar. 2004, pp. 1727-1731.

[7] B. Krishnamachari, et. al., "The impact of data aggregation in wireless sensor networks," in the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'02).

[8] S. Bandyopadhyay, et. al., "An Energy-Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," in IEEE INFOCOM'03.

[9] J. Kamimura, et. al., "Energy-Efficient Clustering Method for Data Gathering in Sensor Networks," in the Annual International Conference on Broadband Networks, October 2004.

[10] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," proc. Hawaii International Conference on System Sciences, Vol. 8, pp. 1-10, Jan. 2000

[11] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, Oct. 2002.

[12] Information Sciences Institute, "The Network Simulator ns-2" http://www.isi.edu/nanam/ns/, University of Southern California.

한 욱 표

e-mail : mania2k@kangwon.ac.kr
1993.2 강원대학교 전자계산학과(이학사)
1996.2 강원대학교 전자계산학과(이학석사)
1997.11~2003.11 강원 인터넷 대학, 시스템 운용실장
2001.8~현재 강원대학교 컴퓨터과학과 박사과정
관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 센서네트워크, 네트워크보안

이 희 춘

e-mail : choolee@sangji.ac.kr
1974.2 강원대학교 수학교육과 (이학사)
1983.2 경희대학교 수학과 통계학전공 (이학석사)
1987.8 경희대학교 수학과 통계학전공 (이학박사)
2004.8 강원대학교 컴퓨터과학과 박사과정 수료
1989.3~1991.10 동신대학교 조교수
1991.11~현재 상지대학교 컴퓨터데이터정보학과 교수
관심분야 : 정보검색, 전자상거래, 이동통신망

정 영 준

e-mail : ychung@kangwon.ac.kr
1974 서울대학교 전기공학과(공학사)
1984 University of Kansas, 컴퓨터공학과(공학석사)
1988 University of Kansas, 컴퓨터공학과(공학박사)
1982~1988 미국, KGS 연구소, 연구원
1988~1991 미국, RANPAC 연구소, 개발부장
1991~현재 강원대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야 : BcN, 유비쿼터스 컴퓨팅/네트워크, 센서네트워크, 이동통신, 무선인터넷 응용기술, 네트워크보안