에너지 효율성을 고려한 저 전력 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜 분석

김동일

동의대학교

Routing protocol Analysis in Low Power Sensor Network For Energy Efficiency

Dong-il Kim

Dongeui University

E-mail : dikim@deu.ac.kr

요 약

센서 네트워크 기술이 각광을 받으면서 다양한 종류의 센서 노드로 구성된 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 센서 네트워크 어플리케이션들의 주요 트래픽 패턴은 몇몇의 센서 노드들로부터 싱크 노드로 패킷을 전송하는 타입의 단일 방향성 데이터 수집형태로 구성되어있으며 소스 노드, 중간 노드, 싱크 노드에 이르기 까지 각각 자신의 상위 노드를 곧 바로 깨움으로써 지연의 감소와 에너지 효율성을 이끌어냈다. 본 논문에서는 저 전력 센서 네트워크에서사용중인 다양한 프로토콜들을 분석하여 가장 효율적인 프로토콜을 네트워크 시뮬레이션을 통해 비교 분석하여 실질적 적용 가능성을 제시 하였다.

ABSTRACT

The sensor network technology for core technology of ubiquitous computing is in the spotlight recently, the research on sensor network is proceeding actively which is composed many different sensor node. The major traffic patterns of plenty of sensor networks are composed of collecting types of single directional data, which is transmitting packets from several sensor nodes to sink node. One of the important condition for design of sensor node is to extend for network life which is to minimize power-consumption under the limited resources of sensor network. In this work, we analysis adapted routing protocols using the network simulation that was used exiting network and network provider needs will be able to solve the problem.

키워드

Low Power Sensor Network, Energy Efficiency , Routing Protocol

Ⅰ. 서 론

센서 네트워크 내의 센서 노드들은 넓은 지역에 걸쳐 분포되어 있기 때문에 전력을 소진할 경우 일일이 재충전하기 어렵다. 결국 센서 노드들의 전력 소모는 전체 센서 네트워크 수명에 직접적인 영향을 준다. 그러므로 센서 네트워크 응용분야에서의 데이터 수집과 전달, 센서 노드의 효율적인 에너지 소모는 매우 중요하며, 이를 위하여 센서 네트워크를 위한 라우팅, 노드간 지연 감소는 센서 네트워크를 구성할 때 반드시 최우선적으로 고려해야 하는 사항이다.[1][2]

무선 센서 네트워크는 다른 무선 기술들과 비교했을 때, 완전히 다른 특징을 제시한다. 무선 센서 네트워크는 임베디드 메모리와 프로세서가 포함되어 단일 칩으로 구성된 저 비용의 센서노드들과 휴대용 전송장치들로 구성되어있다. 저전력 용량은 제한된 범위와 다른 센서 노드들과 비교된 센서노드들을 위한 통신 범위를 이끈다. 다른 무선 네트워크들과는 달리, 무선 센서 네트워크는 다 소진한 배터리를 교환하기가 용이하지 않다. 이것은 노드 및 네트워크의 수명을 최대화하는데 가장 중요한 요인이다. 그리고 다른 환경의 수행은 두 번째 문제이다[3].

네트워크의 성능은 얼마나 효율적인가 그리고 미디어를 노드들이 공평하게 공유 할 수 있는가

에 크게 의존한다. 무선 네트워크는 항상 파워소스를 제한 한다. 그러므로 프로토콜의 주의 깊은 디자인과 분석은 최적화된 성능을 위해 필요하다.

본 논문에서는 이러한 사항들을 고려하여 노드간 지연을 최소화하고 효율적인 전력소모를 위한 라우팅 프로토콜을 제안하고 분석 하고져 한다[4].

II. 관련 연구

2.1 센서네트워크 프로토콜

지금까지 연구된 WSN 프로토콜은 네트워크 구조에 따라 평면 프로토콜(Flat Protocol)과 계층 프로토콜(Hierarchical Protocol)로 분류된다.[1] 평면 프로토콜은 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 센서노드들이 동일한 기능과 역할을 수행한다. 그러므로 네트워크로부터 데이터를 수집하고자 하는 경우 데이터 전송에 참여하는 센서노드 수가 많아지게 되고 이는 많은 에너지 소비를 유발한다. 계층 프로토콜은 센서노드들을 멤버노드와 헤드노드로 구분하여 서로 다른 역할을 수행한다. 멤버노드는 관찰대상이 되는 지역에서 감지한 이벤트를 헤드노드로 전송하는 역할을 수행하고, 헤드노드는 사용자의 요청질의를 멤버노드에게 전달하고 멤버노드들이 전송한 데이터를 조합하여 싱크노드로 전송하는 역할을 한다. 계층 프로토콜에서 네트워크는 클러스터라고 하는 기본단위로 분할되는데 각 클러스터는 한 개의 헤드노드와 다수의 멤버노드로 구성된다. 이와 같은 구조를 통해 계층 프로토콜은 평면 프로토콜보다 메시지의 송수신 횟수를 줄일 수 있으므로 에너지 효율적인 장점이 있다.

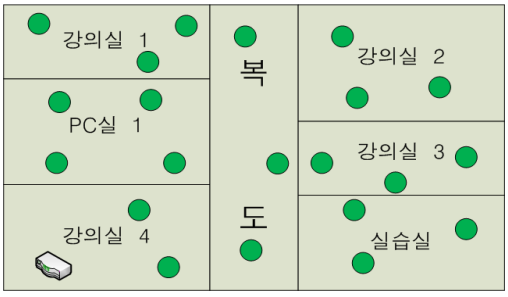

그림 1. 센서 배치현황(노드, 라우터)

그림 1과 같이 무작위로 한 개 건물의 한층에 센서노드를 퍼뜨리고 각 노드간 계층을 형성시키도록 하였다. 계층은 2개의 계층으로 구분되어지는데 1계층은 기존의 LEACH 프로토콜로 헤드노드는 무작위로 선출된다. 하지만 2계층의 헤드노드는 위치를 기반으로 주위노드간의 가장 평균적인 자리에 위치한 노드로 선정한다. 고정적이며 한번 선출로 수명이 다 할 때까지 지속하게 된다.

2.2 LEACH 프로토콜

LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 프로토콜은 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 직접 싱크노드로 전달한다. 이 방식의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위해, 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고, 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 연합하는 것으로 동작 과정은 아래와 같다[3][4].

(1) 각 노드는 라운드 시작 시점마다 아래 식에 따라 스스로 클러스터 헤드로 선정 될 확률을 구한다

$$P(t)=\begin{cases}\dfrac{k}{n-k(r \bmod \frac{n}{k})} & : c(t)=1 \\ 0 & : c(t)=0\end{cases}$$

t :시각, n :존재 노드 수, k :클러스터 수, r : 노드 수

여기서 c(t)는 지시함수로서 r mod(n/k) 라운드 동안 해당 노드가 클러스터 헤드였다면 0으로 아니면 1로 설정된다. 이는 한번이라도 헤드 역할을 했던 노드를 배제함으로서 모든 노드가 동일한 확률로 클러스터 헤드가 되는 것을 보장하기 위함이다.

2.3 D-MAC 프로토콜

D-MAC은 데이터 수집 경로 내에서 동등한 위치에 있는 이웃 노드들과의 경쟁을 피하기 위해 그리고 새롭게 추가된 슬롯들 안에서 가능한 한 충돌을 피하기 위해 매 5μ이후에 패킷을 전송한다. 노드가 다중 패킷을 전송하고자 할 때, 새롭게 추가된 슬롯 마다 각각 3μ의 슬립 지연시간을 가진다. 그러므로 슬립 지연은 완전히 해결된 것이 아니다. 전체 에너지 소모를 생각할 때, 슬롯 사이에 수면 지연 없는 데이터 전송을 위해 하나의 가득 찬 활성 슬롯을 가지는 것이 효율적이다. 이것은 싱크에서 가장 낮은 지연으로 데이터를 수신할 수 있다는 것을 의미한다.

본 논문은 D-MAC에서의 지연을 최소화하는 것에 중점을 두고 있다. D-MAC 에서는 슬롯 바이 슬롯 리뉴얼 메커니즘을 사용한다. 이것은 모든 MAC 헤더 내의 MDF(More Data Flag)는 오버헤드가 된다. 수신 노드는 매 시간마다 헤더 내의 MDF를 확인한다. 그리고 자신이 소유한 MDF를 송신자에게 보낼 응답확인 메시지에 추가 시킨다. 본 논문에서 개선하고자 하는 것은, 슬롯의 확장성을 지원함으로 많은 양의 데이터를 한 번에 전송함으로 기본 듀티 싸이클에 의한 3μ슬립 지연을 감소시키고 또한, 엑티브/슬립 슬롯 사이의 데이터 진행 시간을 감소시키므로 지연과 에너지 소비를 감소시킨다[5].

III. 실험 및 성능분석

본 논문에서 제시한 방법의 성능 평가를 위해 C언어를 사용하여 센서 네트워크 시뮬레이션을

회로의 소모 에너지는 균등하게 놓고 테스트 하였으며, 데이터의 패킷에 따른 에너지 소모도 틀려진다. 에너지 소비는 전송거리의 제곱에 비례해서 증가하므로 전송거리를 줄이는 것이 가장 중요하고 다음으로 패킷의 크기를 줄여서 보내는 것이 중요하다. 전송거리는 클러스터 형성으로 어느 정도 극복이 가능하여 본 논문에서는 데이터의 패킷을 줄이는데 집중하였다. 그림 3과 4을 비교하였을 때 기존 LEACH 프로토콜에 비해 D-MAC 프로토콜에서는 에너지 소모가 비교적 균일하지만 2계층 클러스터 헤드의 에너지 소모는 극심하게 나타났다. 2계층의 클러스터 헤드는 한번 선출되면 데이터의 패킷 비교를 위해 고정된 후 지속적으로 에너지 소모가 이루 어 진다.

라운드가 지속되어서 2계층 헤드의 노드는 다른 노드에 비해 에너지 소모가 심하지만 라운드가 지속된다면 LEACH에 비해 전체적으로 노드의 에너지 소모가 오랫동안 유지되는 것을 알 수 있다[4][5].

표 1. 실험 환경 설정을 위한 파라미터 값

Table1 Experimental parameter value

파라미터	값
센서노드 수(n)	100
네트워크 크기	(100,100)
싱크 노드의 위치	(50,50)
1계층 클러스터 헤드 수	n * 20%
2계층 클러스터 헤드 수	n * 5%
데이터 패킷 사이즈	128byte
송신 에너지	100nJ/bit
수신 에너지	50nJ/bit
회로 에너지 소모	25nJ/bit

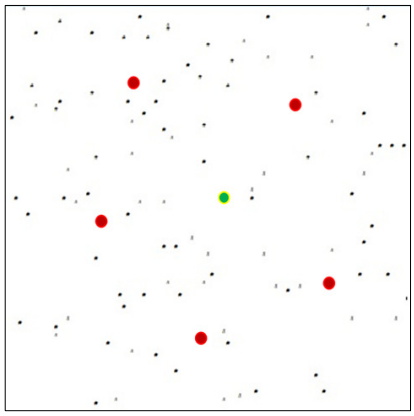

그림 2. 무작위로 배치된 센서 노드

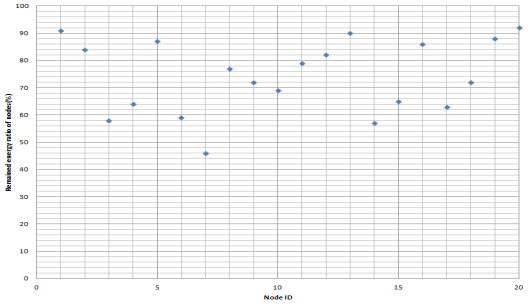

그림 3. LEACH 프로토콜에서 각 노드별 남아있는 Energy

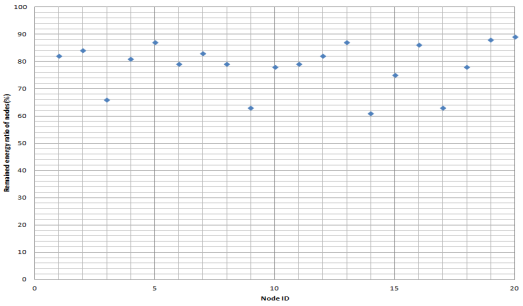

그림 4. 제안한 프로토콜에서 각 노드별 남아있는 Energy

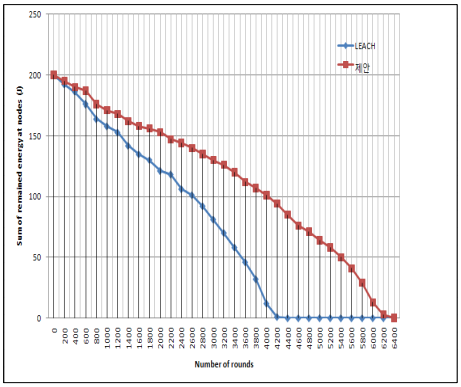

그림 5. 라운드별 노드의 에너지 상태

IV. 결 론

본 논문은 기존의 센서 네트워크 프로토콜이 가지는 노드 간 전송 기법을 기준으로 저 전력 센서 네트워크에서의 에너지 효율성을 개선하기 위해 제안된 프로토콜들을 비교 분석 하였다. 분석 결과 노드 간 전송 시 지연 감소를 위해서는 제안한 프로토콜의 2계층 헤드 선출 및 단일 슬롯에서 리뉴얼 메커니즘 방법 등이 효율적임을 나타 내었다. 향후 데이터 비교 방법 및 다양한 노드 간 전송기법 추가 등을 고려한 동적 네트

워크 상에서의 적용 프로토콜 등을 연구하면 저전력 센서 네트워크의 상용 프로토콜을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] R. S. Changn and C. J. Kuo, "An Energy Efficient Routing Mechanism for wireless Sensor Networks," Processings of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications(AINA06), Vol2, pp.308-216, 2006

[2] J. Ibriq and I. Mahgoub, "Cluster-based Routing in wireless Sensor Networks:Issue and Challenge," Parallel and Distributed Processing Symposium, Apr. 2004.

[3] Jamal N. Al-karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Dec. 2004

[4] R. Min, M. Bhardwaj, S. Cho, E. Shin, A. Shina, A. Wang, and A. Chandrakasan, "Low Power Wireless Sensor Network", Proceeding of Internaional Conference on VLSI Design, pp.205-210, 2001.

[5] IETF site Multihoming in IPv6 Working Group : http://www.ietf.rog/html.charters/multi6-charter.html