

무선 센서 네트워크에서 메쉬 토폴로지를 위한 비컨 스케줄링

A Beacon Scheduling for Mesh Topology in Wireless Sensor Networks

김민정(Minjeong Kim), 심준호(Junho Shim)*

초 록

무선 센서 네트워크 기술은 다양한 e-비즈니스 환경을 가능케 하는 차세대 기반 기술이다. 무선 센서 네트워크가 갖춰야 할 중요한 특징 중 하나는 에너지 효율성이다. 무선 센서 네트워크의 대표적인 국제표준인 IEEE 802.15.4는 에너지 효율을 위해 비컨 가능 모드를 제공하고 있다. 그러나 메쉬 토폴로지 같은 멀티 홉 네트워크에서 비컨 가능 모드를 이용하면 비컨끼리 충돌하여 센서 노드가 동기화하지 못할 수도 있다. 동기화하지 못한 노드는 통신에 참여할 수 없으므로 네트워크 내의 다른 노드에도 영향을 미친다.

본 논문에서는 메쉬 토폴로지를 이용하는 무선 센서 네트워크에서도 비컨 가능 모드를 이용하여 에너지를 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 비컨 스케줄링 기법을 제안한다. 이 기법을 이용하여 노드들이 비활성 구간에는 전원을 꺼서 에너지를 절약할 수 있게 하고, 비컨 간의 충돌을 방지할 수 있다. 제안하는 기법의 성능평가를 위해 QualNet 시뮬레이터를 사용하여 구현하였으며, 센서 네트워크의 대표적인 응용인 모니터링 상황을 가정하여 실험하였다. 실험을 통해 제안하는 기법을 이용하여 메쉬 토폴로지를 이용하는 네트워크에서도 에너지를 효율적으로 사용할 수 있음을 증명하였다.

ABSTRACT

The wireless sensor network technology becomes one of core technologies to make it possible to implement various e-business applications. Energy efficiency is an important issue in wireless sensor networks. IEEE 802.15.4, a representative international standard for wireless sensor networks, provides the beacon enabled mode for energy-efficient communication. However, the beacons may conflict each other when the network is of multi-hop topology such as mesh or cluster-tree topology with beacon-enabled mode. The beacon conflict causes the failure of synchronization between sensor nodes, and affects other nodes in the network in that unsynchronized nodes cannot participate in communication.

In this paper, we suggest an energy-efficient beacon scheduling for the wireless sensor networks. Nodes can save their energy during period and prevent beacon conflict using beacon scheduling. We implement the scheduling using QualNet, and evaluate the performance under mesh topology networks. It turns out that the proposed scheduling may improve the energy efficiency in the networks.

본 연구는 숙명여자대학교 2009년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음.

* 교신저자, 숙명여자대학교 정보과학부 컴퓨터과학전공

2010년 09월 27일 접수, 2010년 10월 17일 심사완료 후 2010년 11월 05일 게재확정.

키워드 : 센서 네트워크, 비컨 스케줄링, IEEE 802.15.4, 메쉬 토폴로지, 에너지 효율성
Sensor Network, Beacon Scheduling, IEEE 802.15.4, Mesh Topology, Energy Efficiency

1. 서 론

유비쿼터스, 사물 지능 통신 등 최근 주목 받고 있는 무선 네트워크 기술의 기반에는 무선 센서 네트워크(WSN, Wireless Sensor Networks)가 있다. 필드에 배치된 센서 노드들이 자신이 인식한 정보를 전송함으로써 사람의 행동 패턴, 주변 환경에 대한 정보를 감지하거나 데이터를 수집하고 처리하는 등 e-비즈니스를 비롯한 다양한 응용에 사용되고 있다. 무선 센서 네트워크의 사용 범위는 더 넓어질 전망이다.

무선 센서 네트워크의 성능을 평가할 때 가장 중요시되는 것 중 하나는 에너지 효율성이다. 필드에 배치되는 센서 노드들은 배터리를 통해 전력을 공급받게 되므로 사용 가능한 전력량에 한계가 있다. 따라서 무선 센서 네트워크와 관련된 연구 중에는 주어진 전력을 낭비하지 않고 효율적으로 사용하는 방법에 대한 연구가 많다.

에너지를 절약하는 방법 중 하나는 센서 노드가 데이터를 전송하지 않을 때 전원을 끄(sleep)으로써 필요 없는 에너지의 사용을 막는 것이다. 무선 센서 네트워크의 국제적인 표준인 IEEE 802.15.4도 비컨 가능 모드(beacon enabled mode)를 제공하고 있다[1]. 이를 통해 노드들은 주기적으로 전원을 끄거나 킴으로써 전력을 절약할 수 있다.

비컨 가능 모드에서 동작하는 무선 센서

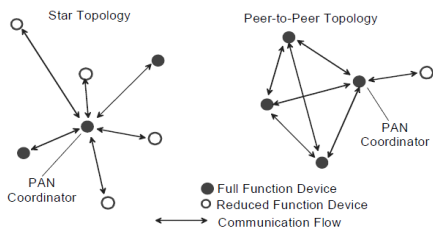
네트워크의 경우 스타 토폴로지(star topology, <그림 1>의 왼쪽)에서는 잘 동작하지만 피어-투-피어 토폴로지(peer-to-peer topology, <그림 1>의 오른쪽)에서는 잘 동작하지 않는 문제가 있다. 스타 토폴로지의 경우 비컨을 전송하는 PAN 코디네이터가 한 개지만, 피어-투-피어 토폴로지의 경우 비컨을 보내는 코디네이터 노드가 다수 존재해서 이들이 보내는 비컨끼리 충돌할 가능성이 있기 때문이다.

그러나 무선 센서 네트워크의 응용 분야가 점차 다양해지면서 단순한 형태의 스타 토폴로지보다는 네트워크 내 임의의 노드 간의 통신이 자유로운 피어-투-피어 토폴로지의 필요성이 높아지고 있다. 일반적으로 피어-투-피어 토폴로지에서는 비컨 충돌의 가능성 때문에 비컨을 사용하지 않는다. 그러나 피어-투-피어 토폴로지에서도 에너지 효율성을 위해 비컨 가능 모드를 사용하기 위해서 PAN 코디네이터와 일반 코디네이터들이 전송하는 비컨을 스케줄링하여 충돌을 미연에 방지하고자 하는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 네트워크에 유연성을 제공하는 피어-투-피어 토폴로지에서도 비컨 가능 모드가 문제없이 동작할 수 있도록 하는 비컨 스케줄링 기법을 제안한다. 피어-투-피어 토폴로지 중에서도 메쉬 토폴로지(mesh topology)에 초점을 맞추어 스케줄링 알고리즘을 구현하고 실험하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는

IEEE 802.15.4의 개요에 대해 설명하고, 제 3 장에서는 관련연구를 소개한다. 제 4장에서는 메쉬 토폴로지를 위한 비컨 스케줄링 기법을 제안하고 제 5장에서는 제안한 기법의 성능을 평가한다. 마지막으로 제 6장에서 이 논문의 결론을 맺는다.



<그림 1> 스타/피어-투-피어 토폴로지의 예

2. IEEE 802.15.4 표준

IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 디바이스의 종류는 두 가지이다. 첫 번째로 FFD(Full Function Device)는 자신의 네트워크를 시작할 수 있고, 비컨을 보내어 노드들을 동기화시킬 수 있는 디바이스를 말한다. PAN 코디네이터, 코디네이터, 클러스터 헤드 등이 여기에 포함된다. 두 번째는 RFD(Reduced Function Device)로 단말기기(End device) 등이 포함된다.

IEEE 802.15.4에서 데이터를 전송할 때는 두 가지의 방식으로 전송 가능하다. 첫 번째는 비컨 불가능 모드(non-beacon enabled mode)로 이 방식에서는 비컨을 사용하지 않으므로 항상 CSMA/CA 매커니즘을 이용하여 채널에 대한 접근이 경쟁적으로 이루어진다. 두 번째 방식은 비컨 가능 모드(beacon

enabled mode)이다. 이 방식에서는 비컨 메시지를 이용하여 센서 노드들을 동기화시킬 수 있게 된다. 따라서 이 방식에서는 노드들이 sleep 상태와 wake up 상태에 번갈아 진입하면서 전력 낭비를 막을 수 있게 된다.

비컨 가능 모드에서는 PAN 코디네이터가 비컨을 전송하는데, 비컨 사이의 간격을 BI라고 하며 BO(Beacon Order) 값을 이용하여 식 (1)과 같은 방법으로 계산할 수 있다. 슈퍼프레임은 활성 구간(active portion)과 비활성 구간(inactive portion)으로 나누어진다. 활성 구간에서는 PAN 코디네이터가 저전력 모드로 들어가고, PAN 내의 다른 노드들도 Sleep 상태로 진입하여 전력을 절약하게 된다. 슈퍼프레임 내의 활성 구간의 길이를 SD라고 하며 SO(Superframe Order) 값을 이용하여 식 (2)와 같은 방법으로 계산할 수 있다.

아래의 두 식에서 $aBaseSuperframeDuration$ 의 값은 960 슬롯시간으로 정해져 있다. BO의 범위는 $0 \leq BO \leq 14$ 이고, SO의 범위는 $0 \leq SO \leq BO$ 이다. 만약 BO의 값이 15라면 비컨을 사용하지 않는 네트워크가 non-beacon enabled mode로 동작함을 의미한다.

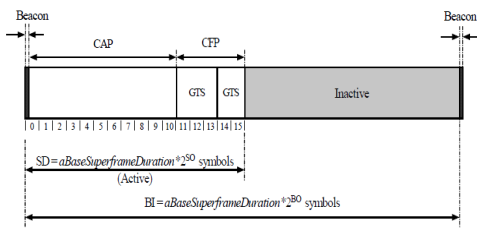
$$BI = aBaseSuperframeDuration * 2^{BO} \quad (1)$$

$$SD = aBaseSuperframeDuration * 2^{SO} \quad (2)$$

활성 구간은 같은 크기의 16개의 슬롯으로 나누어지며 slotted CSMA/CA로 동작하는 CAP(Contention Access Period)와 센서 노드들에게 GTS를 할당하여 비경쟁적으로 동작하는 CFP(Contention Free Period)로 구성된다. CAP는 비컨 바로 다음부터 시작하며 CFP 구간이 시작하기 바로 직전에 끝난다. 만약

CFP의 길이가 0이라면, CAP는 활성 구간이 끝날 때까지 계속 유지된다. 노드들은 CAP가 끝나기 전에 자신의 데이터 전송을 마쳐야 한다. CFP는 최대 7개의 GTS 슬롯을 포함할 수 있으며, GTS 슬롯은 PAN 코디네이터에 의해 슬롯을 신청한 노드들에게 할당된다.

위에서 설명한 것처럼 IEEE 802.15.4에서 정의하고 있는 슈퍼프레임의 구조는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 슈퍼프레임의 구조

3. 관련 연구

본 논문은 메쉬 토폴로지에서조차 비컨을 이용한 노드들의 동기화(synchronization)가 원활하게 동작하도록 스케줄링 기법을 제안하는 것이 목적이다. 이러한 비컨 스케줄링 기법을 적용하여 코디네이터들이 전송하는 비컨들이 충돌하는 것을 막을 수 있다.

이러한 목적을 지닌 비컨 스케줄링 기법은 크게 두 가지로 나뉘어진다. 첫 번째는 시간 분할 기법(time division approach)으로 코디네이터가 비컨을 전송할 때 이웃한 코디네이터의 비활성 구간 동안에 비컨 프레임의 전송을 하는 방법이다. 두 번째는 Beacon-Only Period(BOP)라는 비컨만을 전송할 수

있는 구간을 두어 비컨을 전송하는 방법이다. 그러나 BOP의 경우 IEEE 802.15.4 표준을 많이 수정해야 하므로 본 논문에서는 시간 분할 기법을 이용한 비컨 스케줄링 기법을 구현하였다.

SDS(Superframe Duration Scheduling) 알고리즘은 서로 다른 BI와 SD를 갖는 슈퍼프레임으로 이루어진 노드들의 비컨을 스케줄링할 수 있을 것인지 분석하고, 가능하다면 스케줄링하여 결과를 반환한다[2, 3]. 이 알고리즘을 이용할 때의 제약 조건은, 각 코디네이터들의 듀티 사이클(duty cycle)을 합한 값이 1보다 작아야 한다는 것이다. 여기서 듀티 사이클은 SD를 BI로 나눈 값이다. BI가 가장 작은 코디네이터부터 이용 가능한 첫 번째 타임 슬롯을 할당받고, BI가 같은 경우 더 큰 SD를 갖는 코디네이터가 우선권을 갖는다.

SDS 알고리즘의 단점은 PAN 코디네이터나 전체 노드들의 위치 정보를 가진 노드만이 알고리즘을 수행시킬 수 있다는 것이다. 이런 중앙집중(centralized) 방식의 알고리즘에서는 PAN 코디네이터로 향하는 컨트롤 트래픽의 데이터 양이 초과하게 되고, 이는 코디네이터와 가까이 있는 노드들이 데이터들을 전달(relay)하다가 과부하 상태를 맞는 결과를 낳게 된다. 따라서 분산화(distributed)된 알고리즘이 필요하다.

MeshMAC은 시간 분할 기법을 사용하면서 분산화된 알고리즘이다[4]. MeshMAC은 앞의 SDS 알고리즘과 달리 비컨 스케줄링을 적용할 노드들이 같은 BI와 SD 값을 가진다고 가정한다. 따라서 비컨을 전송할 수 있는 모든 노드들의 슈퍼프레임 구조는 같다. 이웃한 노드들의 비활성 구간동안 비컨 프레임의

전송시간을 스케줄링하는 접근법은 SDS 알고리즘과 유사하다.

MeshMAC의 가장 큰 특징은 분산화 된 알고리즘이라는 것이다. 따라서 특정 노드로 트래픽이 집중되는 것을 막아 안정적인 네트워크를 구성할 수 있다. MeshMAC은 분산화를 위해서 각 노드가 이웃 노드들의 비컨 정보를 갖는 테이블인 neighbor table을 갖는다. 이 table에 저장된 노드 순서대로 이용 가능한 첫 번째 타임 슬롯을 할당받는다.

그러나 MeshMAC에서 타임 슬롯을 선택하는 방식은 적절하지 않다. 메쉬 토폴로지의 경우, PAN 코디네이터와 단말 노드(end device) 중간에 위치한 코디네이터들은 자신이 감지한 정보를 전송하기 보단 단말 노드들이 보내는 데이터를 전달할 확률이 크다. 따라서 전송 지연 시간(transmission delay)을 줄이기 위해서는 데이터를 전달하는 빈도가 높은 노드가 앞 쪽의 타임 슬롯을 차지하는 것이 유리하다.

본 논문에서는 SDS 알고리즘과 MeshMAC의 단점을 보완하는 비컨 스케줄링 기법을 제안한다. SDS 알고리즘과 MeshMAC을 기반으로 하고 Neighbor table을 효율적으로 관리하고, 메쉬 토폴로지의 특성을 고려하여 시간 슬롯을 할당하는 방법을 추가적으로 고려한다.

4. 메쉬 토폴로지를 위한 비컨 스케줄링

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 비컨 스케줄링 기법에 대해서 설명한다.

4.1 가정

첫 번째로 PAN 내의 모든 노드들이 같은 BI와 SD 값을 가진다고 가정한다. 즉, 같은 PAN에 속한 노드들의 슈퍼프레임 구조는 같다.

두 번째로 노드 i 를 스케줄링할 때 비컨 가능한 이웃 노드, 이웃 노드의 이웃 노드와 같은 타임 슬롯을 사용하지 않도록 한다. 즉, 3 hop 이상 떨어져있는 노드와는 같은 타임 슬롯을 사용할 수 있다. 이렇게 제한을 두는 이유는 2 hop 이하의 거리에서는 비컨 간의 충돌을 일으키지 않으면서 타임 슬롯을 재사용할 수 있기 때문이다.

4.2 비컨 스케줄링 알고리즘

- (1) 노드 i 의 전송 범위 내에 있는 비컨 가능한 노드들의 최대 개수인 N 을 다음과 같은 식을 이용하여 계산한다.

$$N = 2^{BO-SD}$$

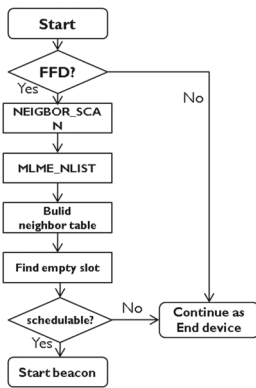
- (2) 각 타임 슬롯은 활성 구간의 길이인 $SD=2^{SO}$ 와 같고, 타임 슬롯의 개수는 N 과 같다.
- (3) 첫 번째 타임 슬롯은 브로드캐스트를 위해서 예약해 둔다. 즉, 노드들은 두 번째 타임 슬롯부터 할당 받을 수 있다. 그리고 노드 i 의 전송 범위에서 비컨 전송을 위해 타임 슬롯을 할당 받을 수 있는 노드의 최대 개수는 $N-1$ 이 된다.
- (4) 노드 i 는 전송 범위 내에 있는 모든 비컨 가능한 노드들이 차지하고 있는 타임 슬롯에 대한 정보를 수집한다. 수집 대상이 되는 노드들은 노드 i 와 2 hop

- 거리에 있는 노드들이다. 수집된 정보는 노드 i 의 neighbor table에 저장된다.
- (5) Neighbor table에 저장된 정보를 바탕으로 빈 타임 슬롯을 선택한다. 빈 타임 슬롯을 선택하는 기준은 비컨 가능한 노드가 가진 자식 노드의 개수이다. 자식 노드가 많은 노드일수록 앞 쪽의 타임 슬롯을 할당 받는다.
- (6) 만약 빈 슬롯이 없다면 “not schedulable”을 반환한다.

코디네이터에게 전송될 필요가 없어지고 코디네이터로 향하는 컨트롤 트래픽의 오버헤드도 감소하게 된다.

NEIGHBOR_SCAN을 통해 코디네이터들의 정보를 얻게 되면 MLME_NLIST 프리미티브를 이용하여 이웃에 있는 코디네이터들의 이웃에 대한 정보를 얻는다. 노드 i 는 NLIST_REQ 명령 프레임을 전송하고, 이를 받은 코디네이터는 자신의 이웃 리스트를 노드 i 에게 직접 전송을 통해 보낸다.

4.3 IEEE 802.15.4로의 적용



<그림 3> 제안하는 비컨 스케줄링 기법의 순서도

<그림 3>은 앞에서 제안한 비컨 스케줄링 알고리즘을 IEEE 802.15.4에 적용한 후의 동작 순서를 나타내고 있다.

노드 i 는 FFD, 즉 비컨 전송이 가능한 노드일 경우 NEIGHBOR_SCAN 프리미티브를 이용하여 코디네이터 스캔을 수행한다. 라디오 채널을 스캔하여 PAN 내에 존재하는 비컨 가능한 노드들이 보내는 비컨 프레임을 받는다. 이 과정을 통해, 스케줄링 정보는 PAN

<표 1> neighbor table의 구조

이름	속성
neighborAddr	이웃 노드의 short address
numofChild	이웃 노드의 자식 노드 개수
nStatus	이웃 노드의 상태
hopCount	노드 i 와 이웃 노드 간의 홉 수
slotOffset	브로드캐스트 슬롯으로부터 이웃 노드가 차지한 슬롯까지의 간격
beaconTime	이웃 노드의 비컨 전송 시간

노드 i 가 MLME_NLIST 프리미티브를 통해 받은 정보는 <표 1>과 같다. 받은 정보 중에서 브로드캐스트 슬롯으로부터의 offset, 즉 각 노드가 차지하고 있는 타임 슬롯에 충돌이 생길 경우 다음 브로드캐스트 슬롯에서 에러 메시지를 보내어 타임 슬롯 할당을 다시 받는다.

위와 같은 과정을 거쳐 노드 i 가 neighbor table을 구성하게 되면 사용 가능한 빈 슬롯을 찾아 자신의 선택을 브로드캐스트하여 다른 노드들에게도 알린다.

빈 슬롯을 선택할 때는 neighbor table 내에 존재하는 이웃 노드들의 자식 노드 개수와 자신의 자식 노드 개수를 비교한다. 비교한 후 자신의 자식 노드보다 많은 자식 노드

를 가지는 이웃 노드가 차지한 슬롯보다 뒤쪽에 있는 슬롯을 할당받는다. 만약 이웃 노드와 자신의 자식 노드 개수가 같을 경우에는 이용 가능한 첫 번째 슬롯을 선택한다.

이러한 비교를 쉽게 하기 위해서 neighbor table에 이웃 노드의 비컨 정보를 삽입할 때 자식 노드의 개수를 기준으로 정렬하면서 삽입한다. 이를 위해서 neighbor table을 구성할 때 이중 연결 리스트(double linked list)를 이용하였다.

위와 같은 과정을 거쳐 노드 i가 타임 슬롯을 할당받을 수 있을 경우에는 코디네이터로 동작할 수 있지만, 타임 슬롯을 할당받지 못할 경우에는 RFD, 즉 단말 노드로만 동작하게 된다.

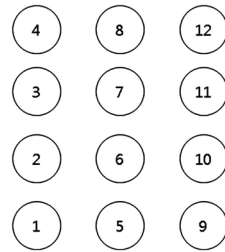
여기까지의 과정이 IEEE 802.15.4에서의 associate과정이다. 본래의IEEE 802.15.4에서는 이웃 노드의 비컨 정보를 수집하여 neighbor table을 구성하고, 특정 슬롯을 할당받는 부분이 없지만 본 논문에서는 이러한 과정을 추가하여 PAN 내에 다수의 코디네이터가 존재할 경우에도 비컨 전송이 가능하도록 수정하였다.

노드들의 association이 끝나면 브로드캐스트 슬롯부터 시작하여 PAN의 코디네이터들이 정해진 슬롯에 비컨을 전송하게 된다.

트위크 시뮬레이터인 QualNet[7]을 사용하였다. 제안하는 비컨 스케줄링 기법은 C 언어로 구현되었으며, QualNet에 구현되어 있던 IEEE 802.15.4 라이브러리를 이용하였다.

5.2 실험 내용

실험을 위한 토폴로지는 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 실험에 쓰인 메쉬 토폴로지

본 연구에서는 무선 센서 네트워크의 대표 적용용인 모니터링 상황을 가정하여 실험하였다. 위의 토폴로지에서 PAN 코디네이터는 4번 노드이고, 코디네이터인 9번 노드에서 4번 노드로 CBR을 전송하는 어플리케이션이 설정되었다. CBR은 5초 간격으로 512bytes의 데이터를 전송한다. 즉, 9번 노드에서 이상 징후를 감지하여 PAN 코디네이터인 4번 노드로 데이터를 전송하는 상황을 가정하였다. 기타 실험 시나리오 설정은 <표 2>와 같다.

<표 2> 시뮬레이션 시나리오 환경

시나리오 속성	값
Dimension	100m * 100m
Time	10 minutes
Channel	2.4 GHz
Energy model	MicaZ
Battery	Linear model, 1,200mAh capacity

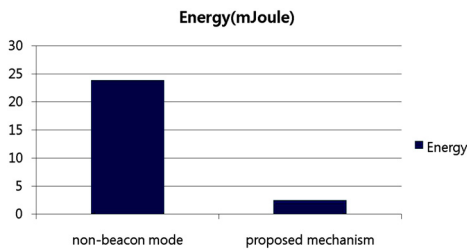
5. 실험 평가

5.1 실험 환경

실험을 수행하기 위해서 C/C++ 기반의 네

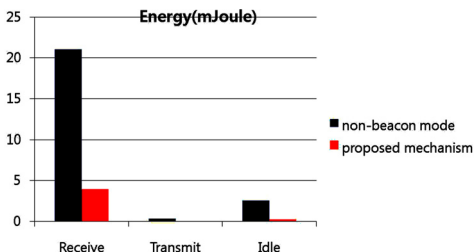
5.3 실험 결과 및 분석

시뮬레이션에서 사용한 MicaZ 에너지 모델에서는 전송(transmission), 수신(receive), 수면(sleep), 유휴(idle) 상태에서의 에너지 소모량을 각각 측정한다. 수면 상태에서의 에너지는 모든 상황에서 동등하기 때문에, 본 논문에서는 수면 상태의 에너지 소모에 대해서는 따로 분석하지 않았다.



〈그림 5〉 에너지 소모량 비교

〈그림 5〉는 비컨 불가능 모드에서 소모되는 에너지의 양이 본 논문에서 제안한 기법보다 훨씬 많음을 보여주고 있다. 비교 대상으로 비컨 불가능 모드를 선택한 이유는 메쉬 토폴로지를 구성할 때 대부분의 경우 비컨 충돌을 방지하기 위해서 비컨 불가능 모드를 사용하기 때문이다. 실험을 통해서 제안 기법이 약 82.32%의 에너지를 절약할 수 있음을 알 수 있었다.



〈그림 6〉 MicaZ의 상태별 에너지 소모량

〈그림 6〉은 MicaZ 에너지 모델의 수신, 전송, 유휴 상태에서 비컨 불가능 모드와 제안하는 기법의 에너지 소모량을 비교한 그래프이다. 먼저 수신 상태에서 두 기법의 에너지 소모량을 살펴보면 제안하는 기법에서의 에너지 소모량이 눈에 띄게 줄었음을 알 수 있다. 비컨 불가능 모드의 경우 전원을 끄고 sleep 상태로 돌입하는 구간이 없기 때문에 노드는 항상 자신에게 송신되는 데이터가 있는지 듣고 있어야 한다. 즉 비활성 구간 없이 항상 활성 구간인 상태이기 때문에 많은 에너지를 소모하게 된다. 그러나 제안하는 기법의 경우 비컨을 이용하여 sleep 상태로 돌입했다가 wake up하기 때문에 에너지를 상대적으로 적게 소모한다.

결과를 종합해보면 제안하는 기법은 비컨 불가능 모드와 비교해 볼 때, 비컨을 이용해 노드의 전원을 끄고 켜게 함으로써 수신 상태에서 소모되는 에너지의 양을 눈에 띄게 줄였다. 이를 통해 약 82%의 에너지를 절약하였다.

6. 결 론

무선 센서 네트워크는 유비쿼터스 컴퓨팅이나 사물 지능 통신의 기반기술로 다양한 응용에 사용되어 왔다. 무선 센서 네트워크의 표준인 IEEE 802.15.4는 에너지 사용에 한계가 있는 무선 센서 네트워크의 특성을 고려하여 비컨 가능 모드를 제공하고 있다.

메쉬 토폴로지는 네트워크 내 임의의 노드 간에 정보를 주고받을 수 있어 유연성을 제공한다. 그러나 메쉬 토폴로지에서 비컨 가능

모드를 사용할 경우 네트워크에 존재하는 다수의 코디네이터가 전송하는 비컨끼리 충돌하는 문제가 생긴다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4의 비컨 가능 모드를 메쉬 토폴로지에도 적용하여 에너지 효율적인 통신이 가능하게 하기 위해서 비컨 충돌을 막는 스케줄링 기법을 제안하였다. 이를 위해 시간 분할 기법에 기반을 둔 SDS 알고리즘과 MeshMAC 메커니즘을 소개하고, 이들의 단점을 보완하는 비컨 스케줄링 기법을 제안하였다. 이 기법은 비컨 불가능 모드로 메쉬 네트워크를 동작시킬 때보다 약 82%의 에너지 감소 효과를 보였다.

추후 연구 과제로는 노드들의 BI와 SD의 값이 고정적이지 않고 다양할 경우에도 비컨 스케줄링이 가능하도록 본 논문에서 제안한 기법을 확장하는 것이다. SDS 알고리즘은 BI와 SD의 값에 상관없이 비컨 스케줄링을 하고 있지만, 중앙집중화된 방식이기 때문에 복잡도가 큰 메쉬 토폴로지의 경우엔 적합하지 않다. 따라서 메쉬 토폴로지에서도 BI와 SD의 값이 다를 경우 분산화된 방식으로 비컨 스케줄링이 가능하도록 구현하는 작업이 필요할 것이다. 또한 IEEE 802.15.4에서도 메쉬 토폴로지를 구현할 수 있도록 관련 사항들을 정의하고 있는 IEEE 802.15.5[6]를 실제로 구현하여 IEEE 802.15.4의 프로토콜 스택에 올리는 연구도 고려할 만하다.

참 고 문 헌

- [1] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer society, "Part 15. 4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)," IEEE Std 802.15.4-2006.
- [2] A. Koubaa, M. Alves, M. Attia, and A. V. Nieuwenhuys, "Collision-Free Beacon Scheduling Mechanisms for IEEE 802.15.4/Zigbee Cluster-Tree Wireless Sensor Networks," Proc. Seventh Int'l Conf. Applications and Services in Wireless Networks, May 2007.
- [3] A. Koubâa, A. Cunha, M. Alves, E. Tovar, "TDBS : a time division beacon scheduling mechanism for ZigBee cluster-tree wireless sensor networks," Real-Time Systems, Vol. 40, No. 3(Dec. 2008).
- [4] Panneer Selvan Muthukumaran, Rodolfo de Paz, Rostislav Špinar, Pesch, Enabling Mesh Networking over IEEE 802.15.4 through distributed beacon scheduling, The First International Conference on Ad Hoc Networks(AdHoc Nets09), Niagara Falls, Ontario, Canada. September.
- [5] R. Burda, C., Wietfeld, "A Distributed and Autonomous Beacon Scheduling Algorithm for IEEE 802.15.4/ZigBee Networks," in Proc. of IEEE MASS 2007, Pisa, Italy, Oct. 2007.
- [6] M. Lee, R. Zhang et al., "Meshing Wireless Personal Area Networks: Introducing IEEE 802.15.5," IEEE Comm. Magazine, Vol 7, No. 1, January 2010, pp. 54-61.
- [7] Scalable Network Technologies, <http://www.scalable-networks.com>.

저 자 소 개



김민정
2009년
2009년
관심분야

(E-mail : chatterer@sookmyung.ac.kr)
숙명여자대학교 정보과학부 컴퓨터과학전공 (학사)
숙명여자대학교 컴퓨터과학과 석사과정
무선 센서 네트워크, 모바일 컴퓨팅, 웹 시스템



심준호
1990년.
1994년
1998년

1999년~1999년
1999년~2001년
2001년~현재
관심분야

(E-mail : jshim@sookmyung.ac.kr)
서울대학교 계산통계학과 (학사)
서울대학교 계산통계학과 전산과학전공 (이학석사)
Northwestern Univ., USA., Electrical and Computer
Engineering (공학박사)
Computer Associates Int'l, USA, R&D Staff
Drexel Univ., USA, Assistant Prof.
숙명여자대학교 정보과학부 컴퓨터과학전공 교수
데이터베이스, 데이터웨어하우스, 전자상거래, 웹