

무선 센서 네트워크의 MAC 프로토콜에서 에너지

효율성과 공정성 향상을 위한 기법 연구

이동호^o, 이승형, 정광수

광운대학교 전자통신공학과

dhlee^o@adams.kw.ac.kr, {rhee, kchung}@kw.ac.kr

An Energy Efficient and Fair MAC Protocol Using Preamble

Counting for Wireless Sensor Networks

Dongho Lee^o, Seunghyong Rhee, Kwangsue Chung

School of Electronics Engineering, Kwangwoon University, Korea

무선 센서 네트워크에서는 기본적으로 교환하기 어려운 작은 배터리로 동작하는 센서 노드들로 구성되어 있기 때문에 네트워크 설계 시 최우선적으로 고려해야 할 사항은 각 센서 노드의 에너지 소모를 줄여서 전체 네트워크의 수명을 최대화 하는 것이다. 이러한 관점에서 각 통신 계층별로 센서 네트워크 환경을 위한 에너지 효율적인 프로토콜들이 제안되어 왔으며 그중 MAC(Medium Access Control) 계층에서의 에너지 효율적인 프로토콜에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

무선 센서 네트워크의 MAC 프로토콜에서 낮은 듀티 사이클 동작이 에너지 소모를 줄이는 효과적인 방법으로 널리 사용되고 있다. 낮은 듀티 사이클을 이용한 MAC 프로토콜은 동기 방식과 비동기 방식으로 구분할 수 있는데 동기 방식 MAC 프로토콜의 센서 노드 간 듀티 사이클 동기화는 구현의 복잡도가 높으므로 비교적 구현이 단순한 비동기 방식의 MAC 프로토콜이 많이 이용된다. 하지만 비동기 방식에서 수신 노드를 깨우기 위해 사용하는 Long Preamble은 송신 지연의 문제를 발생시키고, 잠재적 수신 노드들의 Overhearing으로 인해 추가적인 에너지 소모 문제를 발생시킨다[1].

Long Preamble의 문제점을 해결하기 위해 Short Preamble을 사용하는 MAC 프로토콜이 제안되었다. 짧고 반복적인 패킷단위의 Preamble을 통해 수신 노드는 좀 더 빨리 데이터 수신을 시작하게 되고, 잠재적 수신 노드들은 자신에게 향하는 데이터가 아닐 경우 빨리 수면 상태로 돌아간다. 이를 통해 불필요한 에너지 소모 및 지연을 줄이고 전송률을 향상시킬 수 있다[2]. 이러한 Short Preamble 기법은 향후 듀티 사이클 MAC 프로토콜 설계에 널리 이용될 것으로 예상된다. 하지만 Short Preamble을 사용할 경우 경쟁 노드에 대한 송신 억제가 완벽히 이루어 지지 않아 충돌을 발생시키거나 공정하지 못한 송신 노드의 선택이 발생할 수 있다. 이러한 불공정한 경쟁으로 인해 에너지 소모 증가 및 데이터 전송의 불균형이 발생하고 이런 현상이 누적될 경우 전체 네트워크의 성능을 크게 저하시키는 원인이 된다.

Short Preamble에서의 불공정한 경쟁 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 Preamble Counting 기법을 제안하였다. Preamble Counting 기법은 Short Preamble 사용 시 Preamble에 순서 번호 등의 송신 상태 정보를 추가함으로써 수신 노드에서 송신 노드를 선택할 수 있는 기법이다. Preamble Counting 기법의 동작 방식은 그림 1과 같다. Sender(1)이 다섯 번째 Preamble을 보내고 난 후 Sender(2)가 첫 번째 Preamble을 Receiver에게 전송하였다. Receiver가 활성 상태가 되었을 때 Sender(2)의 두 번째 Preamble을 듣고 그 후 Sender(1)의 일곱 번째 Preamble을 들었다. Receiver는 자신의 활성 구간동안 계속 Preamble을 수집하고 활성 구간이 끝나는 순간 수집한 각 노드의 Preamble 패킷을 비교하여 송신 노드를 결정한다. Sender(1)의 일곱 번째 Preamble이 우선순위가 높기 때문에 Receiver는 Sender(1)을 송신 노드로 결정하고 ACK을 보내준다. ACK의 Target ID 필드를 통해 Sender(1)은 즉시 데이터 전송을 시작하고 Sender(2)는 재전송을 위한 백오프에 들어간다.

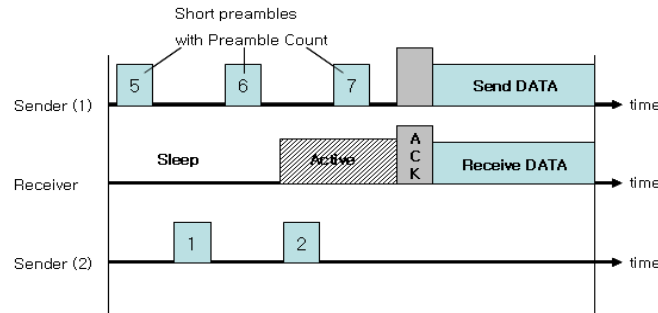
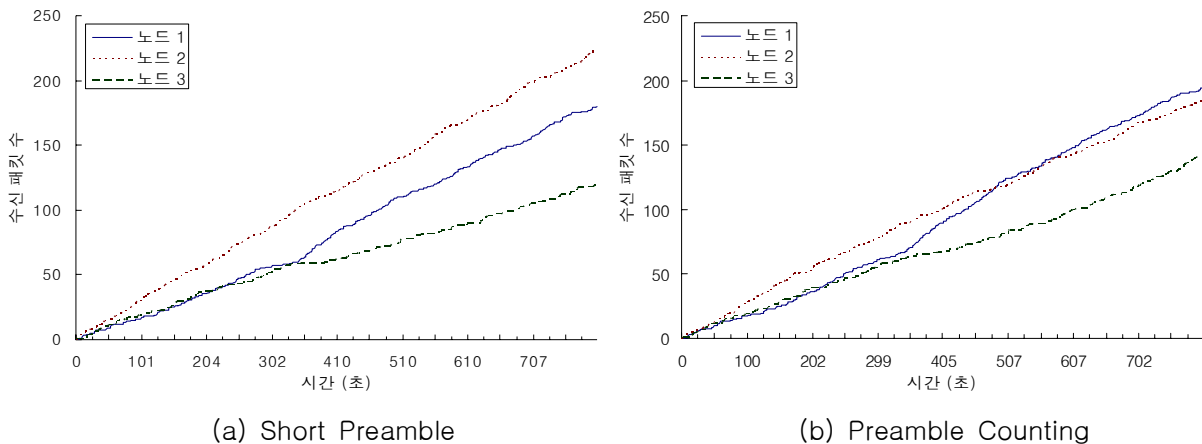


그림 1. Preamble Counting을 통한 송신 노드 선택

이와 같이 Short Preamble의 순서 번호를 하나의 스케줄링 정보로 이용하는 Preamble Counting기법을 통해 경쟁 노드 간 데이터 전송의 공정성을 높일 수 있고 에너지 소모의 균형을 이룰 수 있다.

본 논문에서 제안한 Preamble Counting 기법의 성능을 평가하기 위해 TinyOS 상에 Short Preamble과 Preamble Counting을 구현하여 실험을 하였다. 그림 2는 Short Preamble을 사용한 기법과 Short Preamble에 Preamble Counting을 적용한 기법에 대해 세 개의 송신 노드가 수신 노드로 약 800 초 동안 데이터를 전송하였을 때 수신된 누적 패킷 수를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(a) Short Preamble

(b) Preamble Counting

그림 2. 각 기법을 사용하였을 때 송신 노드별 수신 패킷 수

그림 2(a)는 Short Preamble 기법을 사용한 실험 결과로 세 노드의 패킷 수신율의 표준 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 이에 반해 그림 2(b)는 Short Preamble에 Preamble Counting기법을 적용한 실험 결과로 세 노드 간 패킷 수신율의 표준 편차는 그림 2(a)에 비해 작다. 즉 Preamble Counting 기법이 Short Preamble을 사용하는 노드간의 데이터 송수신에 공정성을 향상시킴을 알 수 있다.

향후 Short Preamble MAC에서 일시적이고 연속적인 트래픽 발생 시 컨트롤 패킷 오버헤드 문제를 해결할 수 있는 Preamble 스케줄링 기법을 연구하고자 한다.

* 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (R01-2005-000-10934-0)

[1] S. Liu, K. Fan and P. Shnha, "CMAC: An Energy Efficient MAC Layer Protocol Using Convergent Packet Forwarding for Wireless Sensor Networks," in Proc. SECON'07, Jun. 2007.
 [2] M. Buettner, G. V. Yee, E. Anderson, and R. Han, "X-MAC: A Short Preamble MAC Protocol for Duty-Cycled Wireless Sensor Networks," in Proc. SenSys'06, Nov. 2006.