

무선 센서 네트워크에서 퍼널링 효과를 고려한 에너지 효율적인 MAC 프로토콜의 설계

오경석, 우석, 성석진, 김기선

광주과학기술원

Email: {oks-one, swoo, ssj75, kskim}@gist.ac.kr

An Energy Efficient MAC Protocol Considering the Funneling Effect for Wireless Sensor Networks

Kyoungseok Oh, Seok Woo, Seokjin Sung, Kiseon Kim

School of Information and Mechatronics

Gwangju Institute of Science and Technology

Abstract

DMAC is an energy efficiency and low latency protocol designed for data gathering tree structures. However, it causes the funneling effect which is many-to-one traffic patterns in tree structures, consequently, results in packet collisions, losses, and energy consumptions in low depth nodes. In this paper, we present an energy efficient MAC protocol with fairness-based scheduling to avoid the funneling effect of DMAC protocol. By using traffic information from children nodes, our protocol dynamically adjusts duty cycles of last-depth nodes to mitigate overloaded packets in the vicinity of the sink node. Therefore, we expect our protocol to save more energy and achieve better packet delivery ratio, compared to DMAC protocol.

I. 서론

무선 센서 네트워크 환경에서는 수많은 센서 노드들로부터 발생하는 패킷의 효율적인 전달을 위한 MAC 설계가 중요하며, 각 노드들의 한정된 배터리 전원을 고려하여 네트워크 수명을 최대한 길게 하는 것이 중요하다 [1]. 특히 대부분의 무선 센서네트워크의 응용이

트리구조에서 정보 수집을 목적으로 하기 때문에 DMAC [2] 과 같이 트리구조에서 에너지 효율과 지연을 고려한 MAC 프로토콜 개발이 필요하다. 하지만 DMAC은 트리구조의 다수 대 일의 통신 특성 때문에 트래픽이 높은 환경에서는 싱크노드 근처에서 많은 패킷 충돌과 패킷 드롭 현상을 일으키는 퍼널링 효과가 나타난다. 그 결과, 재전송에 따른 에너지 소비와 지연 시간 역시 늘어나게 된다. 따라서 본 논문에서는 트리구조에서의 퍼널링 효과를 줄이고, 스케줄링에 기반한 에너지 효율적인 MAC 프로토콜을 제안한다.

II. 프로토콜 설계

제안된 프로토콜에서 각 노드는 고유한 ID와 싱크노드로부터의 홉수를 의미하는 레벨을 이용하여 스케줄링 기반의 동작을 한다. 스케줄링을 위해 각 노드의 ID는 [3]의 알고리즘을 이용하여 할당이 되고, [4]에 제안된 알고리즘을 이용하여 자신이 트리의 마지막 레벨인지를 판단한다.

2.1 프레임 구조

제안된 MAC 프로토콜은 그림1 에서와 같이 트리의 레벨에 따라 엇갈린 프레임 구조를 가진다. 각 슈퍼프레임은 listen구간과 sleep구간으로 구성되고, listen 구간은 트래픽 정보와 현재 싸이클의 스케줄 정보를 교환하기 위해 두개의 컨트롤 프레임과 데이터 수신(Rx)과 전송(Tx)을 위한 구간으로 구분된다. 그리고

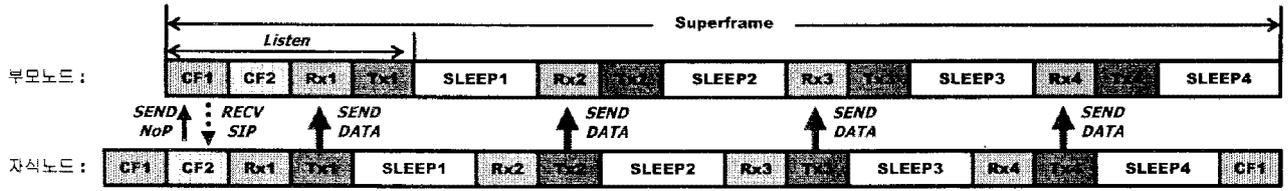


그림 1. 슈퍼프레임 구조

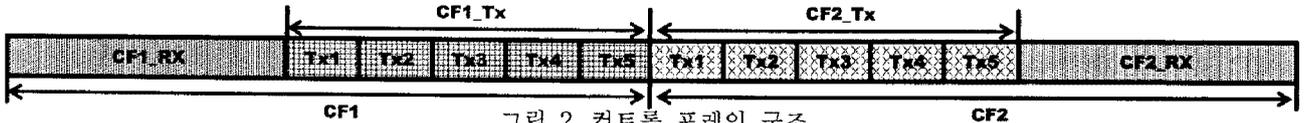


그림 2. 컨트롤 프레임 구조

슈퍼프레임은 컨트롤 프레임을 제외한 3개의 listen 구간을 추가로 갖는다.

그림 2는 컨트롤 프레임의 구조를 나타낸다. 컨트롤 프레임은 자식노드로부터 트래픽 정보를 받는 CF1_Rx 구간과 스케줄링 정보를 전달하는 CF1_Tx 구간, 부모노드에게 자신의 트래픽 정보를 보내는 CF2_Tx 구간, 그리고 스케줄링 정보를 받는 CF2_Rx 구간으로 이루어져 있다. 각각의 CF1과 CF2의 Tx 구간은 부모노드는 다르지만 같은 전송영역에 있는 노드들의 간섭을 피하기 위해서 5개의 작은 슬롯으로 나누었다. 우리는 노드들이 Poisson 분포를 가지고 트리의 레벨이 5를 넘지 않는다고 가정했을때 5개의 슬롯이 적절한 값을 확인하였다.

2.2 프로토콜 절차

컨트롤 프레임에서 트래픽 정보와 스케줄 정보를 교환하기 위해 제안된 프로토콜은 아래의 절차를 거친다.

step1) CF1_Rx 구간에 자식 노드들로부터 NoP (Number of Packets) 패킷을 받는다. NoP 패킷은 현재 트래픽 정보를 나타내는 인덱스로써 축적된 패킷수를 이용한다.

step2) NoP 패킷을 수신한 노드는 축적된 패킷수가 특정값 이상이면 SI (Sleep Index) 플래그를 1로 세팅하고 SIP (Sleep Information Packet) 패킷을 생성하여 CF1_Tx 구간에서 자식노드에게로 내려 보낸다. 이때 노드는 주변 노드들과의 전송 충돌을 줄이기 위해 (ID mod 5)에 해당하는 슬롯을 자신의 전송 슬롯으로 가진다. 만약 트리의 마지막 레벨에 있는 노드들이 SI=1의 값을 받게 되면 다음 슈퍼 프레임 전체 동안은 sleep 모드로 간다. SI 필드는 이진트리에서 임의의 노드까지 축적된 패킷수가 자신의 레벨에 4배에 해당하는 수보다 클 때 1로 세팅된다.

step3) CF2_Tx 구간에서 노드는 자신의 NoP 패킷을 부모노드에게 보낸다. step2에서와 같이 (ID mod 5)의 값이 자신의 고유한 전송 슬롯이다.

step4) CF2_Rx 구간에 SIP 패킷을 받고, 현재의 슈퍼프레임은 수신된 스케줄에 따라 동작한다. 스케줄은

기본적으로 보낼 패킷이 많은 자식노드에게 많은 슬롯을 할당한다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

트리구조의 무선 센서 네트워크의 응용들에서 다대일이라는 통신 특성 때문에 퍼널링 효과가 발생하게 된다. 본 논문에서는 그러한 병목 현상을 줄이고 에너지 효율을 높이기 위해서 스케줄링 기반의 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 트리의 마지막에 있는 노드들의 듀티 사이클을 트래픽에 따라 유동적으로 변화시켜 싱크 노드 근처에서의 패킷 축적과 드롭 현상을 줄일 수 있다. 그 결과 패킷 충돌과 에너지 소비가 감소하고, 패킷 전송률을 증가시킬 수 있다. 제안한 프로토콜을 랜덤 네트워크 구조로 확장하여 디자인 하는 것이 향후 연구 과제이다.

Acknowledgment

이연구는 광주과학기술원 분산센서네트워크 연구소의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Ilker Demirkol, Cem Ersoy, and Fatih Alagöz, "MAC protocols for wireless sensor networks: a survey," in Proc. Communication Magazine, vol. 44, pp. 115-121, Apr. 2006.
- [2] G. Lu, B. Krishnamachari, and C. S. Raghavendra, "An adaptive energy-efficient and low-latency MAC for data gathering in sensor networks," *IEEE IPDPS*, Apr. 2004.
- [3] E. Ould-Ahmed-Vall and et al, "Distributed Unique Global ID Assignment for Sensor Networks," *IEEE MASS*, Nov. 2005.
- [4] B. Krishnamachari, D. Estrin, and S. Wicker, "Modeling Data-Centric Routing in Wireless Sensor Networks," Computer Engineering Technical Report CENG, 2002.