

## IEEE 802.15.4 MAC 계층의 성능 향상을 위한 분할 경합 접근 방식

배성재<sup>o</sup> 기형주 이태진 정민영

성균관대학교 정보통신공학부

{noooi, ki0724, tjlee, mychung}@ece.skku.ac.kr

### Partitioned Contention Access Mechanism

### to Enhance the Performance of IEEE 802.15.4 MAC Layer

Sueng Jae Bae<sup>o</sup> Hyung Joo Ki Tae-Jin Lee Min Young Chung

School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

IEEE 802.15.4 표준은 LR-WPANs(Low Rate - Wireless Personal Area Networks)의 PHY 계층과 MAC 부계층을 규정하기 위한 표준이다[1]. IEEE 802.15.4는 IEEE 802.15.1 블루투스나 IEEE 802.15.3 WPAN과 같은 고속/중속 WPAN이 사용될 수 없는 저전력, 저비용을 요구하는 응용을 위하여 설계되었다. 이를 통해 IEEE 802.15.4 표준은 무선 센서, 무선 허브, 가상 선(Virtual Wire)과 같은 제한된 출력과 성능으로 단거리 무선 통신이 요구되는 응용에 폭넓게 사용될 수 있다.

현재까지 IEEE 802.15.4 표준에 관한 많은 연구가 진행이 되어 왔다. Lu등은 CBR 트래픽을 사용하여 IEEE 802.15.4 MAC의 성능을 분석하였다[2]. Ramachandran등은 수율과 에너지 소비 관점에서 경합 접근 구간에 따른 성능을 분석하였다[3]. Pang등은 프레임간의 충돌을 줄이기 위해 MAC frame의 reserved 비트를 활용하여 백오프 지수의 가중 이동 평균을 적용한 MBS(Memorized Backoff Scheme)를 제안하였다[4]. Bougard등은 Chipcon社의 IEEE 802.15.4 규격 RF 송수신기인 CC2420을 기준으로 IEEE 802.15.4 표준의 에너지 모델을 제시하였으며 이를 통하여 에너지 효율을 측정하였다[5][6].

IEEE 802.15.4 환경에서는 동시에 경쟁하는 단말의 수가 많아질수록 전송되는 프레임의 충돌 확률이 늘어나고, 이에 따라 에너지 효율과 정규화 수율이 감소한다. 본 논문에서는 LR-WPANs의 통신 효율을 향상시키고 에너지 소모를 줄이기 위하여 분할 경합 접근 방식(PCAM: Partitioned Contention Access Mechanism)을 제안한다. 분할 경합 접근 방식은 기존 IEEE 802.15.4 표준과 같이 slotted CSMA/CA 알고리즘을 사용하여 채널에 접근을 시도한다. IEEE 802.15.4 표준에서 전체 경합 접근 구간 동안 PAN에 소속된 모든 단말들이 동시에 경쟁 할 수 있는 것과는 달리 분할 경합 접근 방식에서는 경합 접근 구간을 두 개의 소구간으로 분할하고 PAN에 소속된 단말들은 정해진 소구간에서만 경합 접근한다. 이로 인하여 동시에 경쟁하는 단말의 수와 경쟁 접근 시간이 반으로 줄어든다. 경쟁 접근 시간이 반으로 줄어들기 때문에 단말이 데이터의 전송을 위해 활성화 상태로 있는 시간이 줄어들어 전력 소비를 줄일 수 있다. 또한 동시에 경쟁하는 단말의 수가 반으로 줄어들기 때문에 전송되는 프레임의 충돌 발생 가능성이 감소하고 통신 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있다.

분할 경합 접근 방식에서는 슈퍼프레임의 경합 접근 구간을 소구간 0과 소구간 1의 2개의 소구간으로 나눈다. PAN에 소속되어 있는 단말은 분할 경합 접근 방식에서 정한 기준에 따라 어느 소구간에서 데이터의 전송을 위한 접근을 시도할지 결정한다. 이를 결정하는 방법은 1)단말이 PAN에 소속될 때 PAN 코디네이터에 의해 결정되는 경우와 2)PAN 코디네이터가 각 구간별로 전송을 시도하는 단말의 수의 심각한 불균형을 인지하고 비콘 프레임에 재설정 비트를 설정하여 전송했을 때 이를 수신한 단말들이 스스로 전송 구간을 선택하는 경우의 2가지가 있다. 이와 같은 과정을 통하여 단말은 소구간 0과 소구간 1 중 선택된 하나의 구간에서만 채널 접근을 시도한다.

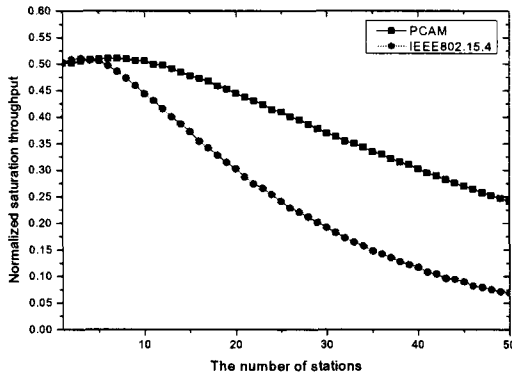


그림 1 포화상태 정규화 수율

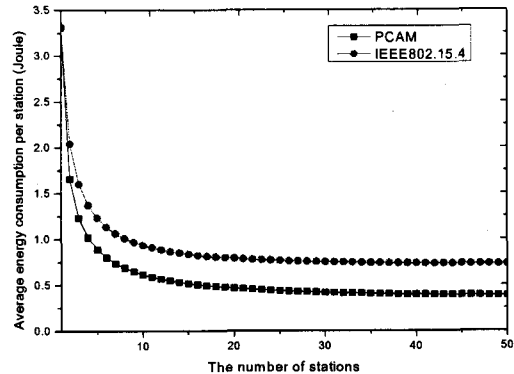


그림 2 단말 당 평균 에너지 소비량

본 논문에서는 분할 경합 접근 방식의 성능을 평가하기 위하여 다수의 단말들이 하나의 PAN 코디네이터에 접근하기 위해 경쟁하는 성형 토폴로지 PAN과 각 단말이 현재 프레임 전송 후 곧바로 다음 보낼 프레임 가지고 있는 포화 상태를 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 1은 기존 IEEE 802.15.4 방법과 분할 경합 접근 방식에 대한 정규화 수율을 나타낸다. 두 방법 모두 경쟁하는 단말의 수가 증가함에 따라 전송되는 프레임의 충돌 발생 빈도와 CCA 실패 횟수가 증가하게 되어 정규화 수율은 감소함을 알 수 있다. 분할 경합 접근 방식은 기존 방식에 비하여 단말 당 경합하는 시간과 동시에 경쟁하는 단말의 수가 반으로 줄어든다. 분할 경합 접근 방식을 사용하면 경합 시간이 줄어들어 생기는 전송량의 감소보다 경쟁 단말 수가 줄어들어 생기는 성능 향상이 더 크기 때문에 PAN 전체적인 수율이 향상된다.

그림 2는 단말 당 하나의 슈퍼프레임에서 소비하는 평균 에너지를 나타내는 그래프이다. 분할 경합 접근 방식은 전체 경합 접근 구간의 반 동안만 경쟁하고 나머지 시간동안 수면 상태로 머물 수 있기 때문에 기존 방식에 비해 에너지 소모가 적다. 또한 동시에 경쟁하는 단말의 수가 적기 때문에 충돌 확률과 CCA 실패 확률이 기존 방식보다 적어 불필요한 에너지 소모를 줄일 수 있다. 그림 2를 통해서 기존 방식보다 분할 경합 접근 방식의 에너지 소모가 적음을 알 수 있다.

이와 같이 본 논문에서는 기존 경합 접근 구간을 두 개의 소구간으로 나누고 전체 단말을 각 구간마다 분산하여 경쟁하도록 하는 분할 경합 접근 방식을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 분할 경합 접근 방식이 정규화 수율과 에너지 효율 면에서 IEEE 802.15.4 방식보다 우수함을 확인하였다.

- [1] IEEE 802.15.4, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), September 2006.
- [2] G. Lu, B. Krishnamachari and C. S. Raghavendra, "Performance Evaluation of the IEEE 802.15.4 MAC for Low-rate Low-power Wireless Networks," in Proc. of IEEE International Conference on Performance, Computing, and Communications, pp: 701-706, April 2004.
- [3] I. Ramachandran, A. K. Das, and S. Roy, "Analysis of the contention access period of IEEE 802.15.4 MAC," ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. 3, Issue 1, Article 4, March 2007.
- [4] A. Pang, H. Tseng, "Dynamic Backoff for Wireless Personal Networks," Global Telecommunications Conference, Vol. 3, pp. 1580-1584, Nov. 2004.
- [5] B. Bougard, F. Catthoor, D. Daly, A. Chandrakasan, and W. Dehaene, "Energy efficiency of the IEEE 802.15.4 standard in dense wireless microsensor networks : Modeling and improvement perspectives," IEEE Design Automation and Test in Europe (DATE '05), pp: 196-201. 2005.
- [6] Chipcon. 2004. 2.4GHz IEEE 802.15.4 / Zigbee-ready RF Transceiver. <http://www.ti.com/lit/gpn/cc2420>