

IEEE 802.15.4 Network의 전송효율 향상을 위한 Enhanced Segmentized Clear Channel Assessment 기법

Enhanced Segmentized Clear Channel Assessment Method for IEEE 802.15.4 Network

손규정*, 장태규*
Kyou Jung Son*, Tae Gyu Chang*

Abstract

This paper proposed Enhanced Segmentized Clear Channel Assessment(ESCCA) for the IEEE 802.15.4 networks. This method divides original CCA into two groups to check precise channel status and perform additional CCA to increase throughput performance. Through the proposed method, the device can access the channel more often, so the transmission efficiency of the IEEE 802.15.4 network improves. To confirm the feasibility and usability of the proposed method, computer simulation has been performed. In the simulation, a star topology with one coordinator and a lot of devices is considered and the traffic flows are all one way, with the communication directed to the coordinator. Simulation results_ show the proposed method is improving maximum 10 kbps of throughput and decreasing maximum 15 of the average number of total CCA than IEEE 802.15.4 CCA method.

요약

본 논문에서는 Enhanced Segmentized Clear Channel Assessment(ESCCA)를 수행하여 디바이스의 데이터 전송 기회를 증가시킴으로써 전체 네트워크의 전송효율을 향상시킬 수 있는 기법을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 기법은 IEEE 802.15.4 에서 채널 상태탐지를 위해 수행되는 Energy detection based CCA 의 시간을 반으로 나누고, 채널 상태에 따라 CCA 를 추가적으로 수행함으로써 디바이스의 패킷 전송기회를 증가시켜 전체 네트워크의 전송효율을 향상시킨다. 제시한 기법의 타당성을 확인하기 위하여 star topology 네트워크에서 디바이스들이 코디네이터로 패킷을 전송하는 환경에 본 논문에서 제시한 기법을 적용하여 IEEE 802.15.4 의 CCA 및 Segmentized CCA 기법을 적용한 결과와 성능을 비교하였다. 실험결과, throughput은 IEEE 802.15.4 CCA에 비해 최대 약 10kbps, 평균 CCA 횟수는 최대 약 15회 감소하였음을 확인하였다.

Key words : Wireless personal area network, IEEE 802.15.4, Clear channel assessment, Energy detection, Slotted CSMA-CA

* School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University

★ Corresponding author

tgchang@cau.ac.kr; Tel.: 02-820-5318

Manuscript received Sep. 5, 2016; revised Sep. 19, accepted Sep. 27, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

1. 서론

IEEE 802.15.4는 무선 근거리 개인 통신망(WPAN: Wireless Personal Area Network) 기술 구현을 위한 표준 중 하나이다[1]. IEEE 802.15.4 표준은 저전력, 저속 데이터통신을 가능하게 하며 개인 주변의 영역을 주 동작범위로 하여 저가격, 저전력, 소형화를 추구하는 WPAN에 적용하기

적합하다[2,3].

IEEE 802.15.4 기반의 디바이스는 연속적인 두 번의 CCA를 수행하여 채널이 사용가능한지 판단한 후 데이터를 전송한다. 그러나 기존의 Energy Detection(ED)기반 CCA 방식은 데이터 전송이 가능할 수 있는 상황에서도 채널을 busy라고 판단해 전송 지연 시간이 길어지는 단점이 있다. 또한 두 번에 걸친 CCA는 에너지 소모와 전송 지연 시간을 증가시킨다. 이를 해결하기 위해 기존에는 추가적인 CCA를 수행하거나 busy packet을 보내는 등의 방법으로 성능을 향상시키려는 연구가 이루어졌다[4-7].

Segmentized CCA는 CCA를 두 파트로 나누어 채널 상태를 판단함으로써 전송 효율을 높이는 기법이다[8]. 정확한 채널 상태 판단으로 디바이스의 패킷 전송 기회를 증가시켜 추가적인 에너지 소모 없이 데이터 전송 효율을 높여준다. 그러나 이에 의해 수행된 두 번째 CCA가 채널을 busy라 판단하면, 패킷 전송이 가능한 상황에서도 패킷 전송을 포기하는 경우가 발생하게 된다.

본 논문에서는 이러한 Segmentized CCA의 단점을 보완하기 위하여 8 symbol 동안 수행되는 CCA를 4 symbol 씩 두 부분으로 나누어 채널 상태를 판단하고, 그에 따라 추가적인 CCA를 수행하여 전송 효율을 높이는 기법을 제시하였다. Acknowledgement(ACK) packet 끝에서 CCA가 수행되어야만 데이터 전송 효율을 증가시킬 수 있었던 Segmentized CCA 기법과는 다르게, 본 논문에서 제시한 기법은 추가적인 CCA를 통하여 디바이스의 데이터 전송 기회를 더 증가시킨다.

본 논문에서 제안한 기법의 타당성을 확인하기 위하여 star topology 형태의 네트워크에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 IEEE 802.15.4의 CCA 기법 및 Segmentized CCA 기법과 시뮬레이션 결과를 비교하여 제안한 기법이 두 기법보다 평균 CCA를 적게 수행하면서 throughput을 증가시킴을 확인하였다.

II. 본론

1. IEEE 802.15.4

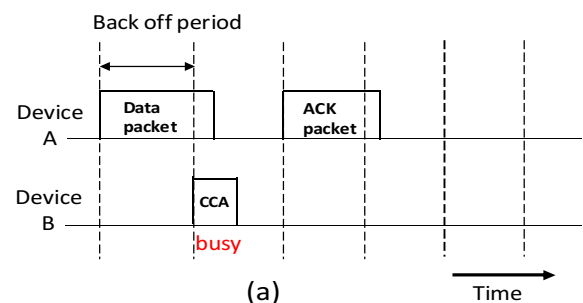
IEEE 802.15.4 규격의 Slotted 모드에서 코디네이터와 그에 종속된 디바이스들은 비콘과 비콘

사이의 superframe structure에 기반하여 동작한다. Superframe structure는 active 구간과 inactive 구간으로 이루어져 있는데, Active 구간은 16개의 slot으로 나누어지며 각 slot은 20 심볼만큼의 크기를 갖는 여러 개의 backoff period들로 이루어져 있다. Active 구간은 크게 CAP(contention access period)와 CFP(contention free period)로 나누어지는데, CAP에서는 CSMA-CA를 통해 데이터 전송이 이루어지고 CFP에서는 GTS(guaranteed time slot) 할당에 의해서 데이터 전송이 이루어진다.

Slotted 모드의 CSMA-CA에서 ED 방식으로 채널의 idle 여부를 판단할 경우, 디바이스들은 두 번의 CCA를 수행하여 채널의 energy 상태가 일정 threshold 이하이면 데이터를 전송한다. CCA를 시도하여 채널 상태가 busy라고 판단되면 random back off period만큼 휴지 시간을 가진 후 다시 CCA를 시도한다. 채널 상태를 idle이라 판단했다면 디바이스는 데이터 패킷을 전송하며, 수신 측에서 데이터를 성공적으로 수신했다면 ACK패킷을 송신하여 전송이 성공했음을 알린다.

2. Enhanced Segmented CCA 기법

ESCCA는 CCA를 두 부분으로 나누어 채널 상태를 판단하는데, 만약 첫 번째 수행된 CCA가 채널 상태를 패킷 전송의 끝부분이라 판단하면 세 번째 CCA를 추가적으로 수행하도록 하여 패킷 전송 기회를 증가시키는 기법이다. 이는 Segmentized CCA 기법이 CCA를 Acknowledgment(ACK) packet의 끝 부분에서 수행되었을 경우에는 패킷을 전송하지만, 데이터 패킷의 끝 부분에서 수행되었을 경우에는 패킷을 전송하지 않기 때문에 발생하는 throughput 및 전력 손실을 감소시킬 수 있게 한다. IEEE 802.15.4, Segmentized CCA, ESCCA의 수행 타이



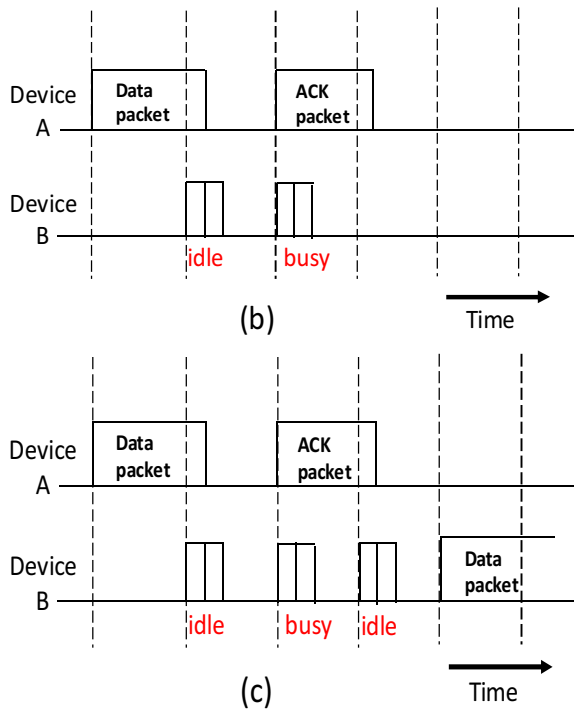


Fig. 1. Comparison of CCA performing timing (a)IEEE 802.15.4, (b)Segmentized CCA, (c) ESCCA
 그림 1. (a)IEEE 802.15.4, (b)Segmentized CCA, (c) ESCCA 기법의 CCA 수행 타이밍 비교

밍을 그림 1을 통하여 확인할 수 있다.

그림 2는 ESCCA의 플로우 차트를 나타낸다. $E_{CCA_{p1}}$, $E_{CCA_{p2}}$ 는 각각 두 파트로 나눈 CCA의 첫 번째 파트의 에너지, 두 번째 파트의 에너지를 나타낸다. δ 는 $E_{CCA_{p1}}$, $E_{CCA_{p2}}$ 의 에너지 차이에 따른 채널 상태 판단을 위한 threshold로, 에너지 차이가 threshold를 넘으면 채널 상태를 idle이라 판단한다. Segmentized CCA와는 다르게 ESCCA는 CW(contention window)를 3으로 설정하여 추가적인 CCA까지 수행할 수 있도록 한다.

3. 시뮬레이션

본 논문에서 제시한 ESCCA 적용 시 IEEE 802.15.4 네트워크에서의 전송효율 향상 정도를

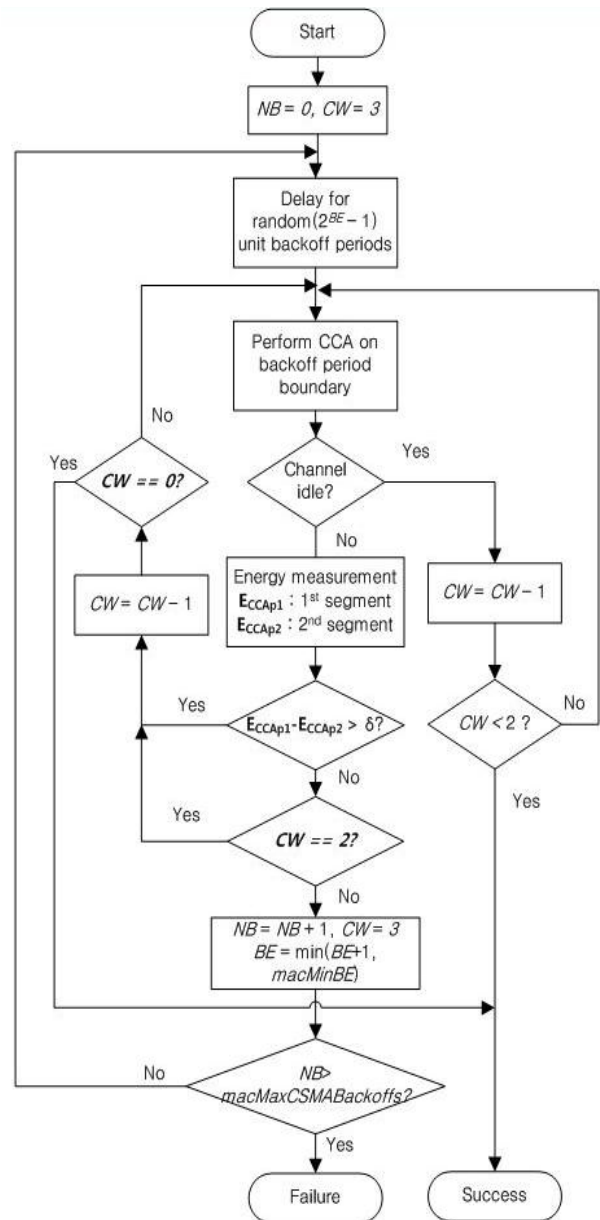


Fig. 2. Flow chart of ESCCA
 그림 2. ESCCA의 플로우 차트

확인하기 위하여 Visual C++ 프로그램 기반의 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 네트워크 형태는 하나의 코디네이터에 다수의 디바이스들이 연결된 star topology 형태이며, 데이터 패킷 사이즈는 31, 34, 39 byte가 각각 20%, 20%, 60%로 분포되어 전송되는 것을 가정하였으며, saturated traffic을 가정하였다. 패킷 전송은 디바이스에서 코디네이터로만 이루어진다.

그림 3은 세 가지 CCA 기법의 throughput 수치를 보여준다. 제안한 ESCCA 기법이 IEEE 802.15.4 CCA에 비하여 최대 10kbps 만큼

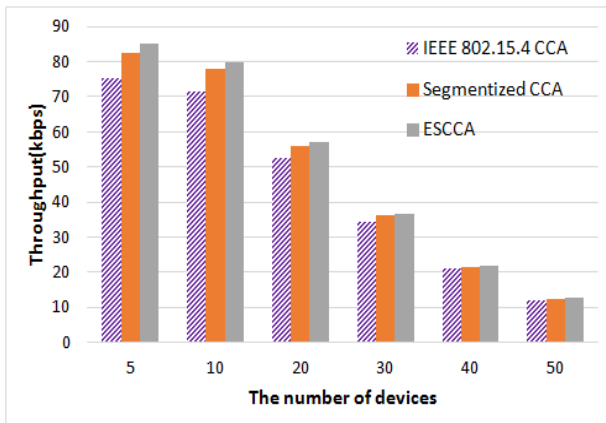


Fig. 3. Throughput comparison among the IEEE 802.15.4, Segmented CCA and ESCCA

그림 3. IEEE 802.15.4, Segmented CCA, ESCCA의 throughput 성능 비교

throughput 이 증가하였으며, 그림에서 보듯이 제안한 ESCCA 기법의 throughput 수치가 디바이스의 수에 상관없이 다른 두 CCA 기법보다 항상 높음을 확인할 수 있다.

표 1은 세 가지 CCA 기법의 평균 CCA 수행 횟수를 보여준다. 제안한 ESCCA 기법이 IEEE 802.15.4 CCA 에 비하여 최대 약 15회 만큼 평균 CCA 수행 횟수를 감소시켰음을 확인할 수 있으며, segmented CCA 기법과 비교해도 디바이스 수에 상관없이 ESCCA 가 평균 CCA 수행 횟수를 전체적으로 감소시켰음을 확인할 수 있다.

III 결론

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 네트워크에서의 전송효율 향상을 위한 Enhanced Segmented CCA 기법을 제시하였다. 추가적인 CCA 수행을

Table 1. The average number of CCA comparison among the IEEE 802.15.4, Segmented CCA and ESCCA

표 1. IEEE 802.15.4, Segmented CCA, ESCCA 의 평균 CCA 횟수 비교

The number of devices	CCA method		
	IEEE 802.15.4	Segmented CCA	ESCCA
5	6.51	6.23	6.16
10	12.99	12.49	12.37
20	34.49	33.28	33.16
30	78.62	76.34	75.93
40	172.6	168.95	168.58
50	378.41	364.9	363.34

통하여 Segmented CCA 의 단점을 보완함으로써 throughput 및 평균 CCA 횟수를 감소시켰다. 제안한 기법의 타당성을 확인하기 위하여 star topology 네트워크에서 디바이스들의 수를 변화시키며 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과 throughput 은 기존 IEEE 802.15.4 CCA 에 비하여 최대 약 10kbps 만큼, 평균 CCA 횟수는 최대 약 15회 감소하여 제안한 기법의 성능 향상 정도 및 타당성을 확인할 수 있었다.

References

- [1] IEEE-TG15.4, *Part15.4:Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*. IEEE Standard for Information Technology. 2011.
- [2] J. B. Lee and S. S. Lee, "Implementation of 868/915 MHz LR-WPAN Transceiver for IoT Systems," *Journal of IKEEE*, vol.20, no.1, pp.107-110, March 2016.
- [3] J. H. Lee and S. H. Lee, "A Study On Design of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement," *Journal of IKEEE*, vol.18, no.4, pp.552-558, December 2014.
- [4] W. Kim, "Short Clear Channel Assessment in Slotted IEEE 802.15.4 Networks," *Wireless Personal Communications*, vol.71, no.1, pp.735-744, July 2013.
- [5] B. H. Lee, R. L. Lai, H. J. Wu and C. M. Wong, "Study on Additional Carrier Sensing for IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Networks," *Sensors*, vol.10, no.7, pp.6275-6289, June 2010.
- [6] T. H. Kim and S. H. Choi, "Priority-based delay mitigation for event-monitoring IEEE 802.15.4 LR-WPANs," *IEEE Communications Letters*, vol. 10, no. 3, pp. 213-215, March 2006.
- [7] T. S. Jung and S. W. Kim, "Minimizing the power consumption of ZigBee RF4CE Certified Platform," *Journal of IKEEE*, vol.15, no.4, pp.287-292, December 2011.
- [8] K. J. Son, S. H. Hong, S. P. Moon, T. G. Chang and H. J. Cho, "Segmentized Clear Channel Assessment for IEEE 802.15.4 Networks," *Sensors*, vol.16, no. 6, June 2016.