

트래픽 변화 환경을 위한 Wakeup 주기 제어 메커니즘

전준헌* · 김성철* · 김영준* · 김혜윤* · 김중재** · 박현주*

*상명대학교 · **아이티사이언스(주)

Wakeup period Control Mechanism for traffic Change Environment

Jun-Heon Jeon* · Seong-Cheol Kim* · Yeong-Joon Kim* · Hye-Yun Kim* · Joong-Jae Kim** ·
Hye-Yun Kim*

*SangMyung University · **I.T Science

E-mail : cloud0305@naver.com, sckim@smu.ac.kr, yjkim@smu.ac.kr, joongjae@itse.co.kr,
e8eyuni@naver.com, cathy2369@naver.com

요 약

무선 센서 네트워크에서는 에너지가 제한된 배터리로 네트워크를 구성하기 때문에 에너지 효율적 사용에 대한 연구가 주요한 이슈이다. 본 논문에서는 효율적인 에너지 사용을 위하여 트래픽 변화 환경을 위한 Wakeup 주기 제어 메커니즘을 제안한다. 제안되는 MAC 프로토콜은 수신자의 제어 신호로 데이터 전송이 시작된다. 송신 노드는 트래픽이 변화를 데이터 패킷 프레임에 플래그(flag)를 추가하여 수신노드에 전달한다. 수신 노드는 이를 통해 수신 노드의 Wakeup 주기를 제어한다. 제안되는 MAC 프로토콜은 트래픽이 적을 경우 수신 노드의 sleep 구간의 증가를 통하여 에너지가 절약된다. 또한 트래픽이 높은 경우 수신 노드의 Wakeup 주기를 줄여 송신 노드의 idle listening으로 발생하는 에너지 소모를 감소시킨다. 제안되는 MAC 프로토콜은 기존의 프로토콜과 비교하여 빠르게 Wakeup 주기를 조절함으로써 에너지 효율적면에서 더 좋은 성능을 보여준다.

키워드

Wireless Sensor Networks, MAC protocol, Traffic, Wake-up

I. 서 론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks: WSNs)에서는 무선 센서 노드들은 배터리에 의해 동작된다. 무선 센서 노드들은 배터리 교체가 어렵기 때문에 효율적인 에너지 사용이 주요한 문제로 연구된다[1]. 초기의 무선 센서 네트워크에서는 active 구간과 sleep 구간을 두어 에너지 소모를 줄이는 방식이 연구되었다[2, 3]. 최근에는 다양한 방식의 MAC 프로토콜들이 제안된다. RI-MAC[4] 프로토콜은 수신자 기반의 비콘(beacon) 프레임으로 데이터 전송이 시작된다. 이는 기존의 송신자 기반의 MAC 프로토콜의 송신 제어 전송으로 소모되는 에너지를 줄이는 장점을 가진다. 그러나 송신자가 수신자의 비콘 프레임을 기다리며(idle listening) 에너지가 소모되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 송신 노드의 트래픽 변화에 따라 수신자의 Wakeup 주기를 조절하는 메커니즘

을 제안한다. 제안되는 MAC 프로토콜은 RI-MAC 프로토콜에 비해 에너지 효율적인 측면과 전송 지연 측면에서 더 좋은 성능을 보여준다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안되는 프로토콜에 대해 자세히 다루고, 3장에서 성능을 분석하고, 4장 결론으로 구성된다.

II. 제안되는 MAC 프로토콜

제안되는 MAC 프로토콜은 적은 트래픽을 유지하다가 이벤트(event) 발생 시 버스트(burst)한 데이터가 발생하는 환경을 위해 제안된다. 이 장에서는 제안되는 MAC 프로토콜의 대해 상세히 설명한다. 2.1에서는 데이터 프레임에 대해 설명한다. 2.2에서는 Wakeup 주기 제어 메커니즘을 다룬다. 2.3에서는 제안되는 MAC 프로토콜의 흐름도를 보여준다.

2.1 Frame format

그림 1은 송신 노드의 데이터 패킷 프레임 구조를 보여준다. 제안되는 MAC 프로토콜의 데이터 패킷 프레임은 IEEE 802.15.4의 프레임 구조를 수정하여 사용된다.

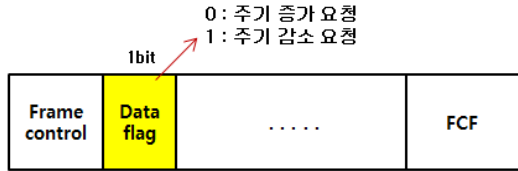


그림 1. 데이터 패킷 프레임 구성
Fig. 1 Data packet frame format

제안되는 MAC 프로토콜은 데이터 패킷 프레임에 데이터 플래그 1 bit를 추가하였다. 이를 통해 송신 노드는 센서 노드의 트래픽 변화를 수신 노드에 전달한다. 상태 비트가 0인 경우 송신 노드는 트래픽이 없음을 나타낸다. 이를 수신한 수신 노드는 Wakeup 주기를 정상 상태로 유지한다. 상태 비트가 1인 경우 송신 노드는 트래픽이 증가하고 있음을 나타낸다. 이를 수신한 수신 노드는 빠르게 Wakeup의 주기를 1/2로 감소시킨다.

2.2 Wakeup period control mechanism

본 논문에서 제안되는 MAC 프로토콜은 1홉에서의 데이터 패킷 전송을 고려하여 설계됐다. 제안되는 MAC 프로토콜은 수신자의 제어 신호로 데이터 전송이 시작된다. 그림 2는 트래픽이 발생하지 않은 경우 데이터 전송을 보여준다.

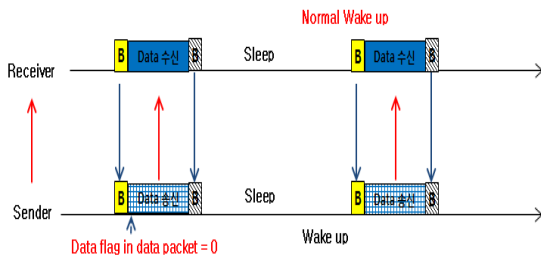


그림 2. 수신 노드의 정상 Wakeup 주기
Fig. 2 Normal Wakeup period of receiver

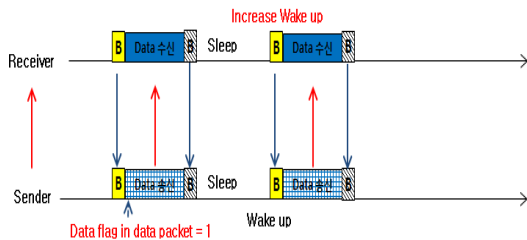


그림 3. 수신 노드의 Wakeup 주기 감소
Fig. 3 Receiver increase Wakeup period

그림 3은 송신 노드의 트래픽이 증가할 경우 수신 노드의 데이터 패킷 전송을 보여준다. 그림 3처럼 트래픽이 증가할 경우 수신 노드는 Wakeup 주기를 1/2씩 감소시켜 전송 지연을 줄이고 송신 노드의 idle listening으로 발생하는 에너지 소모를 줄일 수 있다. 버스트한 데이터 전송이 완료되면 그림 2처럼 수신 노드의 Wakeup 주기는 정상 상태로 되어 수신 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다.

2.3 Flowchart

그림 4는 제안되는 MAC 프로토콜의 흐름도를 보여준다.

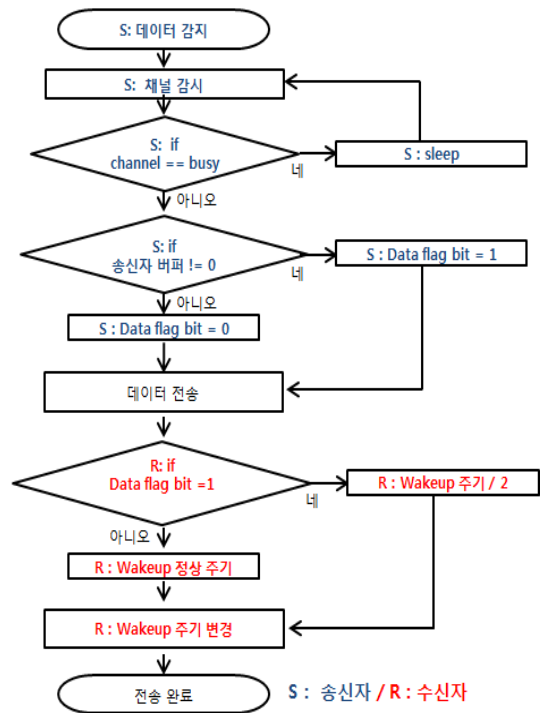


그림 4. EEW-MAC 프로토콜의 흐름도
Fig. 4 Flowchart of EEW-MAC protocol

그림 4의 흐름도(flowchart)는 송신 노드와 수신노드로 구분하여 볼 수 있다. 데이터 발생한 송신노드는 채널이 사용 중인지 확인한다. 송신자는 자신의 버퍼에 다음에 전송할 다른 데이터 패킷의 있는지 확인하여 데이터가 존재 할 경우 데이터 프레임의 데이터 플래그에 상태 비트 1를 표기한다. 버퍼에 데이터가 없을 경우 그 상태 비트를 0으로 표기하여 전송한다.

송신 노드는 수신 노드로부터 데이터 패킷을 수신하여 데이터 플래그 상태 비트를 확인한다. 그 상태 비트가 1이면 자신의 Wakeup 주기를 1/2배 감소시킨다. 또한 상태 비트가 0이면 자신의 Wakeup 주기를 정상 주기로 상태로 제어한다.

III. 성능분석

본 장에서는 EEW-MAC 프로토콜과 RI-MAC 프로토콜을 비교하였다. 본 논문에서 사용한 파라미터 값은 [4,5]을 사용하였다. 표1은 파라미터 값을 보여준다. 본 논문의 분석을 위하여 다음과 같이 가정한다. 50m x 50m의 공간에 50개의 센서 노드가 있으며, 데이터 발생은 10% ~ 60%까지 증가 및 감소가 불규칙적으로 발생시켜 변화량을 측정한다. 10번 측정을 통하여 평균을 취한다.

표 1. 성능 분석에 사용된 파라미터들 [4,5]

Table. 1 Parameters used in performance evaluation

파라미터	설명	값
P_{TX}	Tx 모드에서 무선전력 소모	27mA
P_{idle}	idle에서의 전력소모	10mA
P_{sleep}	슬립모드에서의 전력소모	10 μ A
P_{RX}	Rx모드에서 무선전력 소모	10mA
T_{data}	데이터 패킷 전송시간	7.744ms
Data_Rate	데이터률	250kbps
$B_{capacity}$	배터리 용량	1000mAh
TR	Transmission range	250m
IR	Interference range	500m
BEACON	beacon size	44byte
DATA	data packet size	220byte

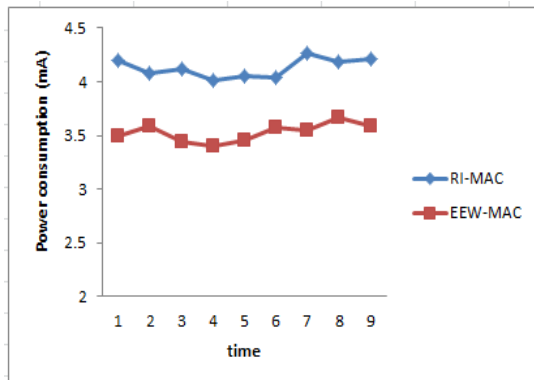


그림 5. 시간에 따른 전력 소모

Fig. 5 Power consumption vs time

그림 5는 시간에 따른 전력 소모를 보여준다. 그림에서 보듯이 데이터 발생률이 증가하거나 감소할 때 모두 EEW-MAC 프로토콜이 더 적은 에너지가 소모되는 것을 알 수 있다. EEW-MAC 프로토콜은 데이터 트래픽이 증가하면 수신 노드의 Wakeup 주기를 감소 시켜 송신 노드의 idle listening으로 발생하는 에너지 소모를 줄이고, 트래픽이 감소하면 수신 노드의 Wakeup 주기를 증가시켜 수신 노드의 Wakeup으로 발생하는 에너지 소모를 감소시켰기 때문이다.

IV. 결론

무선 센서 네트워크에 대한 활용분야는 점차 증가하고 있다. 또한 데이터의 종류 및 발생빈도도 다양한 형태를 가진다. 이러한 환경에서 고정된 Wakeup을 가지는 MAC 프로토콜의 효율성을 떨어질 것이다.

본 논문에서는 트래픽 변화 환경에 적합한 Wakeup 주기 제어 방법을 제안한다. RI-MAC 프로토콜과 비교하여 에너지 소모가 감소하였다. 추후 멀티홉 및 에너지 수확이 가능한 환경에서의 적용 방법에 대한 연구가 이루어질 예정이다.

참고문헌

- [1] P. Huang, L. Xiao, S. Soltani, M. Mutka, & N. Xi, "The evolution of MAC protocols in wireless sensor networks: A survey", Communications Surveys & Tutorials, IEEE vol.15, Issue.1 2012.
- [2] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin. "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," in Proc. INFOCOM, pp. 1567 - 1576. 2002.
- [3] Michael Buettner, Gary V. Yee, Eric Anderson, Richard Han. "X-MAC: a short preamble MAC protocol for duty-cycled wireless sensor networks," ACM SenSys '06, October, 2006.
- [4] Yanjun Sun, Omer Gurewitz, David B. Johnson, "RI-MAC: a receiver-initiated asynchronous duty cycle MAC protocol for dynamic traffic loads in wireless sensor networks" ACM SenSys '08, November, 2008.
- [5] Jeong-Yeob. Oak, Young-June Choi, and Wooguil Pak. "EP-MAC: Early Preamble MAC To Achieve Low Delay And Energy Consumption In Duty Cycle Based Asynchronous Wireless Sensor Networks," KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS) 6.11, 2980-2991. 2012.