

# 센서 네트워크에서 전력소모와 지연시간 개선을 위한 MAC 계층 프로토콜 연구

신재관\*, 박동찬\*, 김석찬<sup>o</sup>

## MAC Layer Protocol for Improvement in Power Consumption and Time Delay in a Sensor Network

Jae Kwan Shin\*, Dong Chan Park\*, Suk Chan Kim<sup>o</sup>

### 요약

이 논문은 재난감지 시스템과 같이 비주기적 패킷이 발생하는 센서 네트워크를 위한 MAC 프로토콜을 제안한다. 기존 무선 센서 네트워크에 사용되던 B-MAC은 짧은 지연시간을 가지지만 과도한 프리엠블과 오버헤어링으로 인한 전력손실이 발생하며, S-MAC은 동기화로 인한 전력소모가 많은 단점을 가진다. 따라서 이 논문에서는 S-MAC의 전력 소모를 개선하고 B-MAC의 오버헤드와 오버헤어링을 개선한 H-MAC을 제안하고 성능을 분석한다.

**Key Words** : H-MAC, S-MAC, B-MAC, Sensor Network, Low Delay MAC

### ABSTRACT

This paper proposes a MAC protocol for sensor networks such as disaster detection system which generate the non-periodic packet. B-MAC has been used to solve delay problem for sensor networks, however, the power loss occurs due to excessive preamble and over-hearing. In contrast, S-MAC has a

number of drawbacks in power consumption due to synchronization. In this paper, we propose H-MAC and analyze its performance which has improved power consumption compared to S-MAC and overhead and over-hearing compared to B-MAC.

### I. 서론

센서 네트워크란 센서를 노드로 만들어 네트워크로 구성한 것이다. 주로 무선으로 구성되어 WSN (Wireless Sensor Network)라고도 불린다. 대부분의 센서 네트워크 시스템은 주기적으로 수집된 데이터를 전송한다. 센서 네트워크의 가장 큰 특징은 배터리로 동작하므로 전력 소모가 낮아야 한다는 것이다. 따라서 전력소모량을 줄이는 여러 MAC(Media Access Protocol) 프로토콜들이 소개되었는데, S-MAC(Sensor-MAC)과 B-MAC(Berkely-MAC)이 대표적이다<sup>1-6)</sup>.

S-MAC과 B-MAC은 전체적인 소모 전력은 줄일 수 있지만, S-MAC은 수신기에서, B-MAC은 송신기에서 다른 노드에 비해 소모 전력이 매우 커진다는 단점이 존재한다. 특히 간헐적으로 움직임이 있는 센서 노드들에서 S-MAC과 B-MAC은 각각 지연 시간과 불균형적인 전력소모 측면에서 단점을 가진다.

이 논문에서는 기존 S-MAC, B-MAC의 프로토콜 구성과 장단점을 알아보고, 이를 개선하는 새로운 MAC 프로토콜을 제안한다.

### II. 기존 MAC 프로토콜

#### 2.1 S-MAC

가장 단순한 무선 센서 네트워크용 MAC 프로토콜은 Wake-Up 프로토콜이다. 이 프로토콜은 Power-On (Tx, Rx, Idle 상태 포함)과 Sleep 상태를 반복하는 알고리즘이므로 전력 소모 측면에서 낭비가 심하다.

이를 개선하기 위해 제안된 알고리즘이 S-MAC 프로토콜이다. S-MAC은 무선 센서 네트워크의 대표적인 동기식 프로토콜로서 각 노드가 Power-On 상태로 전환되는 시점이 일치하도록 동기화한다. S-MAC으로 구현된 노드들은 각 Power-On 시점에서 Synchronized 패킷을 전송하여 다음 Power-On 시점

※ 본 논문은 BK21 플러스, IT기반 융합산업 창의인력양성사업단에 의하여 지원되었음.

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

• First Author : Pusan National University, Department of Electrical and Computer Engineering, jkshin@pusan.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : Pusan National University, Department of Electrical and Computer Engineering, sckim@pusan.ac.kr, 종신회원

\* Pusan National University, Department of Electrical and Computer Engineering, dongchan@pusan.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2015-02-026, Received February 8, 2015; Revised February 13, 2015; Accepted February 13, 2015

을 동기화한다.

S-MAC 프로토콜은 Wake-up 프로토콜에 비해 지연시간을 상대적으로 줄일 수 있지만, 소모 전력을 줄이기 위해 과도한 Sleep 상태의 길이를 가질 경우 여전히 긴 지연시간을 가지게 된다. 또한 주기적으로 Sync 패킷이 발생하므로, 오버헤드에 의한 전력소모가 심하다.

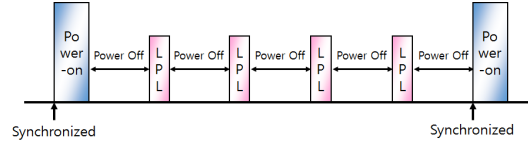


그림 1. H-MAC 프로토콜  
Fig. 1. H-MAC Protocol

### 2.2 B-MAC

B-MAC(Bekeley MAC)은 대표적인 비동기식 센서 네트워크용 MAC 프로토콜이다. B-MAC으로 구현되어 동작하는 노드들은 동일한 시간간격으로 LPL 모드)에서 수신신호를 체크한다. 이때 주기적으로 신호를 체크하는 간격을 체크 인터벌이라고 하며, 이 간격이 넓을수록 수신기의 평균 소모 전력은 감소한다.

B-MAC의 송신 노드는 체크 인터벌 길이 이상의 Preamble을 송신하여야 한다. 이는 B-MAC으로 동작하는 수신 노드들이 매우 짧은 LPL 시간을 가지고 주기적으로 채널을 체크하기 때문이다.

따라서 B-MAC 프로토콜의 경우 S-MAC에 비해 같은 체크 인터벌에서 시스템 전체 소모 전력을 줄일 수 있다는 장점이 있지만, 긴 Preamble 신호로 인해 송신기의 소모 전력이 매우 과도한 단점이 있다. 이 문제점은 각 노드들의 전력소모 불균형을 일으킬 수 있다. 또한 수신 대상 노드를 제외한 다른 노드들이 과도한 오버헤드를 일으켜서 수신시의 소모 전력을 낭비하게 된다.

### III. 제안하는 MAC 프로토콜

이 장에서는 앞서 언급한 2가지 MAC 프로토콜의 단점인 긴 지연시간과 송신 노드의 과도한 소모 전력을 개선한 H-MAC (Hybrid Sensor MAC)을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 H-MAC은 그림 1과 같이 매우 긴 체크 인터벌을 가지는 S-MAC 프로토콜을 기반으로 인터벌 중간에 보다 짧은 간격의 LPL 모드를 이용한다.

S-MAC의 단점인 지연시간을 해결하기 위해 Power-On 상태 중간에 LPL 모드로 진입하여 채널 상태를 확인한다. 이때 LPL 모드는 B-MAC의 LPL 모드와 같이 짧은 체크 인터벌로 매우 짧은 지속 시간 동안 진입하여 채널 상태를 체크한다. 채널이 사용되지 않고 있을 경우 바로 Power-Off 상태로 진입한다.

반대로 채널이 사용 중일 경우 B-MAC과 같이 수신 상태로 진입한다.

### IV. 성능 분석

제안한 H-MAC 프로토콜의 성능을 분석하기 위하여 기존의 S-MAC, B-MAC과 같은 체크 인터벌시의 송신기와 수신기 각각의 소모전력, 전체 시스템의 소모전력 평균값 등을 비교, 분석한다.

파라미터 성능 분석에 사용되는 파라미터들은 각각 다음과 같은 값으로 정의된다.

표 1은 각 상태별 평균 소모 전력, 표 2는 송신기의 송신 감도별 소모 전력을 나타낸다. 표 3은 수신 상태의 지속 시간을 나타낸다. 수신 노드는 각각의 상태에 따라 표 1의 소모 전력으로 표 3의 지속시간만큼 상태를 유지한다. 송신기는 송신 신호의 신호 감도에 따라 표 2의 소모 전력으로 패킷의 길이만큼 송신을 유지한다.

표 1. 수신 상태별 소모 전력  
Table 1. Power consumption according to receiver state

State	Power consumption (mW)
Power-Off	0.3
LPL	28.5
Receive	51

표 2. 송신 감도별 소모 전력  
Table 2. Power consumption according to transmit power

Transmit Power (dBm)	Power consumption (mW)
+10	99
0	87
-6	51

표 3. 상태별 지속 시간  
Table 3. State duration

State	Time (ms)
LPL	2.5
Power-On	115

1) Low-Power Listening : RSSI(Received Signal Strength Indicator) 또는 CCA(Channel Clear Assessment) 상태

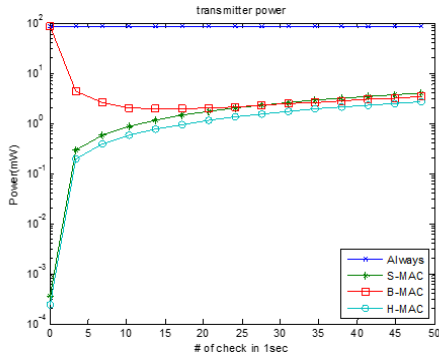


그림 2. 초당 체크 횟수에 따른 송신기 전력소모 비교  
Fig. 2. Comparison of power consumption in transmitter according to the number of checks per second

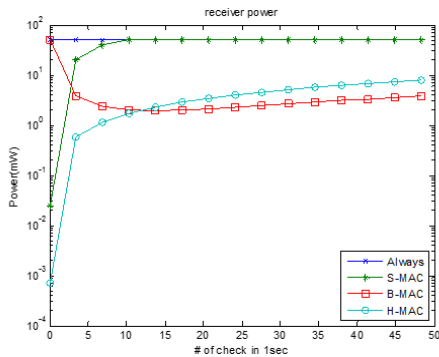


그림 3. 초당 체크 횟수에 따른 수신기 전력소모 비교  
Fig. 3. Comparison of power consumption in receiver according to the number of checks per second

초당 체크 횟수는 지연시간을 의미한다. H-MAC의 송신기는 초당 체크 횟수에 관계없이 S-MAC이나 B-MAC에 비해 적은 전력 소모량을 나타낸다. 이는 S-MAC과 비교했을 때 패킷 구조가 개선되어 총 송신 패킷의 길이가 줄어들어서이고, B-MAC에 비교했을 때는 동기 프로토콜의 장점을 취하여 프리앰블 길이를 줄여서이다.

수신기는 초당 체크 횟수가 약 12회 근처에서 전력 소모가 B-MAC에 역전된다. 이는 송신기의 소모 전력을 줄이기 위해 동기 패킷을 발생시키는 과정에서 소모 되는 전력에 의하여 역전이 되는 것이다. 그렇지만 B-MAC에 비하여 수신기의 소모 전력을 절약함으로써 각 노드들의 균형적인 전력 소모를 얻을 수 있다.

## V. 결론

이 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 S-MAC의 전력 소모를 개선하고 B-MAC의 오버헤드와 오버헤어링을 개선한 H-MAC을 제안하고 성능을 분석하였다.

이 논문에서 제안한 H-MAC은 패킷 구조를 변경하고, Power-On 상태 내부의 고정된 구조를 변경한다면 더욱 효율을 높일 수 있을 것이다.

## References

- [1] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler, "Versatile low power media access for wireless sensor networks," in *Proc. ACM SenSys '04*, pp. 95-107, 2004.
- [2] P. Baronti, P. Pillai, V. W. Chook, S. Chessa, A. Gotta, and Y. F. Hu, "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards," *J. Comput. Commun.*, vol. 30, no. 7, pp. 1655-1695, May 2007.
- [3] H. Karl and A. Willig, *Protocols and architectures for wireless sensor networks*, NY: John Wiley & Sons, 2007.
- [4] Q. Ren and W. Guo, "A novel medium access control (MAC) protocol for ad hoc network," in *Proc. AINA '03*, pp. 521-524, Mar. 2003.
- [5] H. Oh and H. Song, "Design of energy efficient MAC protocol for delay sensitive application over wireless sensor network," *J. KICS*, vol. 34, no. 11, pp. 1169-1177, Nov. 2009.
- [6] K.-H. Byun, C.-H. Yoon, and S.-H. Kim, "Performance of asynchronous MAC with an efficient preamble sampling scheme for wireless sensor networks," *J. IEEK*, vol. 45, no. 1, pp. 70-77, Jan. 2008.