

무선 센서 네트워크에서 동적 프리엠블 길이를 갖는 비동기 MAC 프로토콜 연구

한현호*, 김진수**, 이상훈***

*광운대학교 대학원, **㈜아이디피 시스템, ***광운대학교
e-mail:hansagekin@naver.com

A Study on Asynchronous MAC Protocol with Dynamic Preamble Length in Wireless Sensor Networks

Hyeon-Ho Han*, Kim Jin Soo**, Sang-Hun Lee***

*Kwangwoon University Graduate School

IDP System.,Co,Ltd, *Kwangwoon University

요 약

무선 센서 네트워크 MAC 프로토콜에서 에너지 효율성은 중요한 이슈들 중 하나이다. 기존 MAC Protocol에서는 overhearing, idle listening 등 각종 문제들로 인해 불필요한 에너지 소모가 일어나게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 프리엠블 신호의 길이를 데이터의 발생 유무에 따라 동적으로 조절 가능한 DPL(Dynamic Preamble Length)-MAC 프로토콜을 제안하였다. 그리고 기존의 비동기 방식의 무선 센서 네트워크 MAC 프로토콜들과 본 논문에서 제안한 DPL-MAC 프로토콜을 시뮬레이션 하여 에너지 소모 관점에서 비교 분석 평가 하였다.

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심적인 기술 중 하나인 무선 센서 네트워크는 작은 센서들로 구성된 네트워크 환경이다. 센서 노드는 제한적인 CPU, 메모리, 배터리로 구성되며 이 센서 노드를 사물이나 사람 몸속에 설치하여 변화를 감지하고 그에 대한 데이터를 사용자에게 알려주는 방식으로 동작하게 된다[1].

센서 노드들은 배터리로 동작하고, 충전이나 교체가 어렵기 때문에 무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율성은 매우 중요한 이슈이다. 노드들의 생존시간을 늘리기 위해 센서 네트워크에서 사용되는 프로토콜은 에너지 효율적으로 설계되어야 한다[2].

무선 센서 네트워크 프로토콜은 크게 스케줄 기반 프로토콜과 경쟁 기반 프로토콜로 구분되어 있다. 이 중 경쟁 기반 프로토콜은 동기 방식과 비동기 방식으로 나뉘게 된다.

동기 방식은 데이터 전송을 위해 모든 노드들의 주기를 맞추고 데이터를 주고받는 노드들을 확인한 후 데이터 송수신을 하게 된다. 이런 절차를 갖게

되어 이로 인한 프로토콜 오버헤드가 발생하게 되고 프로토콜을 유지하기 위한 에너지 소모가 많이 된다. 대표적으로는 S-MAC(Sensor-Medium Access Protocol)과 T-MAC(Timeout-MAC)이 있다[3][4].

비동기 방식은 각 노드들의 주기를 맞추지 않고 개별적으로 일정 주기마다 일어나서 채널의 상태를 확인하는 방법으로써 송신노드가 채널에 긴 프리엠블을 보내게 되고 수신노드는 그 신호를 읽고 데이터 통신을 하도록 하는 방식이다. 대표적으로는 B-MAC(Berkeley-MAC)과 X-MAC(ShortPreamble-MAC)이 있다[5][6].

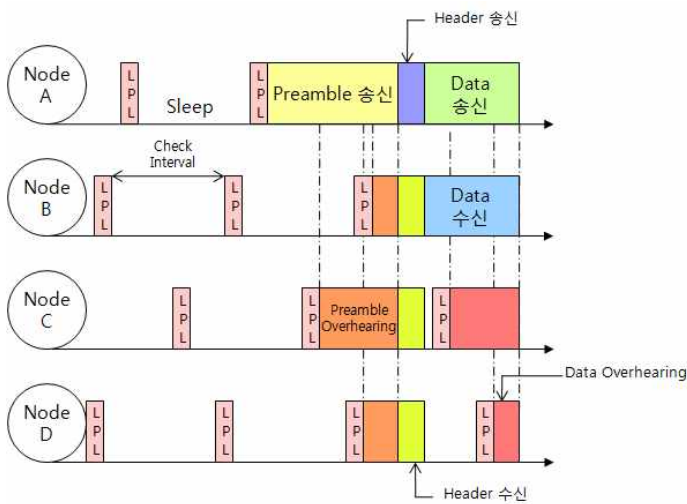
본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 기존 비동기 방식의 MAC 프로토콜들을 분석하여 문제점을 파악하고, 3장에서는 제안하는 MAC 프로토콜에 대해 소개하고, 4장에서는 MATLAB을 이용하여 기존 MAC 프로토콜과 제안한 MAC 프로토콜을 비교 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 논문의 결론과 향후과제에 대해 서술하였다.

2. 기존 MAC 프로토콜

B-MAC은 비동기 방식으로 동작하는 대표적인

무선 센서 네트워크 MAC 프로토콜이다. B-MAC 프로토콜은 노드들이 체크인터벌(check interval) 간격으로 각각 다른 시간에 깨어난 뒤, 채널에 유효한 신호가 있는지 여부를 확인하는 LPL(Low Power Listening) 동작을 수행하는 방식으로 동작한다.

송신노드는 모든 인근노드들이 알 수 있도록 체크 인터벌보다 긴 프리엠블을 사용하여 알린 후, 전송하고자 하는 데이터 프레임을 송신하게 된다. 프리엠블을 수신한 노드들은 자신이 수신대상인지를 확인하기 위해 뒤이어 전송되는 데이터 헤더에 포함된 목적지주소를 수신하여 확인한 후 수신대상이라면 수신을 유지하여 데이터를 수신하고, 수신대상이 아니라면 Sleep 모드로 전환한다.

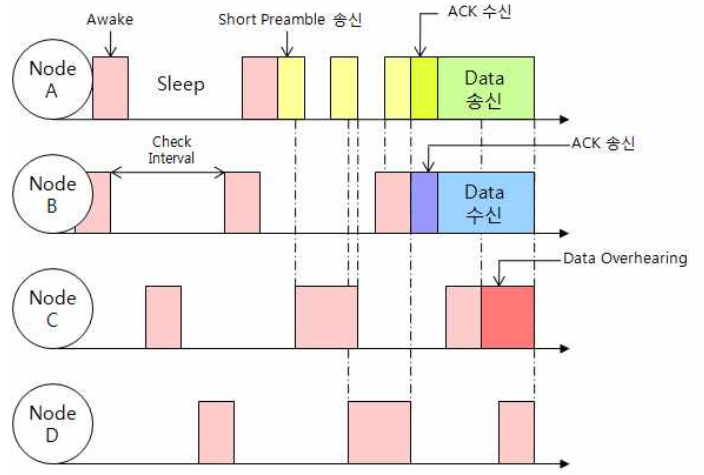


[그림 1] B-MAC 프로토콜의 동작 과정

이러한 B-MAC 프로토콜은 [그림 1]과 같이 인근 노드에게 전송할 데이터가 있음을 알리기 위해 체크 인터벌 보다 긴 프리엠블이 사용되어야 하는 단점이 있다. 그리고 프리엠블을 수신한 노드들은 이어서 전송되는 데이터 헤더에 포함된 목적지주소를 수신할 때 까지 수신을 유지하게 되는데 이로 인해 Overhearing이 발생하게 된다. 게다가 인근노드들은 뒤이어 전송되는 데이터의 길이를 모르기 때문에 데이터가 전송되고 있는 시점에서 깨어난 다른 노드들은 Data Overhearing을 하게 된다.

X-MAC 프로토콜은 기존 B-MAC에서 문제점으로 지적된 Overhearing 문제를 해결하기 위해 긴 프리엠블을 분할하고 목적지 주소를 포함하여 짧은 시간 전송하고 수신노드의 ACK 신호를 받을 수 있도록 일정 구간동안 수신대기모드로 전환하여 ACK 신호를 받도록 한다. 이 분할된 짧은 프리엠블을 수신한 노드들은 자신이 수신노드가 아니라면 바로

Sleep 모드로 들어가고 수신노드라면 ACK 신호를 보내게 된다. 송신노드는 이 ACK 신호를 확인 후 바로 데이터 송수신을 하게 된다.



[그림 2] X-MAC 프로토콜의 동작 과정

X-MAC 프로토콜은 [그림 2]와 같이 짧은 프리엠블을 수신한 수신노드가 ACK신호를 보낸 뒤 바로 데이터 송수신이 일어나므로 프리엠블을 전송하는데 소요되는 에너지를 절약하고 하나의 완전한 짧은 프리엠블을 수신한 뒤 수신대상이 아니라면 바로 Sleep 모드로 전환하여 Overhearing을 하지 않게 된다.

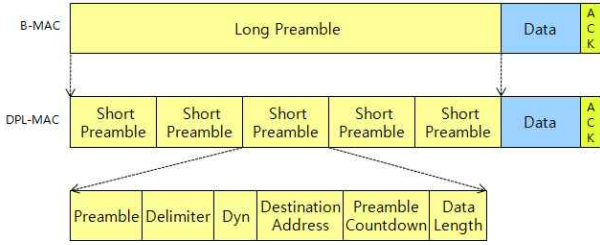
그러나 X-MAC 프로토콜에서 Awake구간의 길이는 송신노드가 수신노드의 ACK을 받기 위한 수신 대기모드보다 길어야 하는 문제점이 있다. 이로 인해 채널이 Idle한 상태라면 기존 B-MAC의 LPL보다 큰 에너지를 소모하게 된다. 그리고 Data Overhearing의 문제가 여전히 남아있다.

3. 제안하는 DPL-MAC 프로토콜

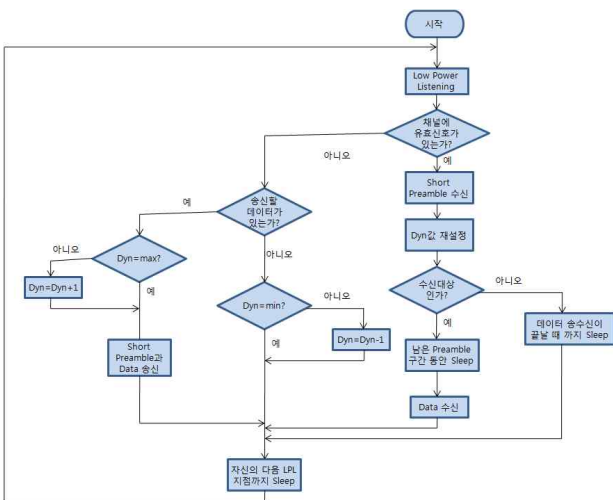
기존 프로토콜들은 Idle listening, Overhearing 등으로 인해 불필요하게 에너지를 소모하였다. 그로인해 무선 센서 네트워크에서 중요시 되는 부분 중 하나인 에너지 효율 문제가 발생하게 된다.

본 논문에서 제안하는 DPL-MAC(Dynamic Preamble Length-MAC)은 이와 같은 불필요한 에너지 소모 문제를 해결하기 위해 기존 B-MAC에서의 긴 프리엠블을 연속되는 짧은 프리엠블로 나누고 그 안에 목적지 주소, 프리엠블 신호의 종료 시간, 데이터 전송 시간, 다음 체크인터벌의 길이 등을 알 수 있는 정보를 포함하여 에너지 소모를 줄이게 된다.

다음 [그림 3]와 [그림 4]은 DPL-MAC의 프리엠블 구조와 흐름도를 나타낸 것이다.

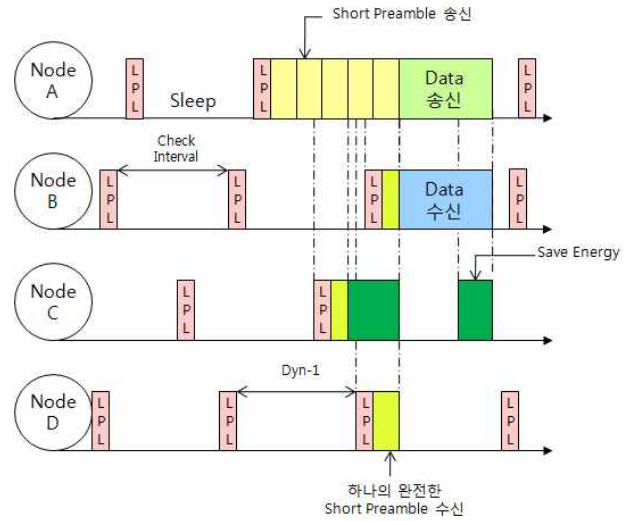


[그림 3] B-MAC과 DPL-MAC의 프리엠블 구조

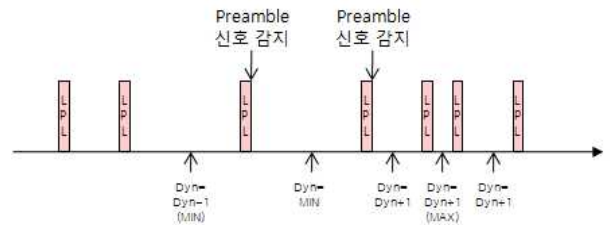


[그림 4] DPL-MAC의 흐름도

DPL-MAC 프로토콜에서의 노드는 먼저 채널의 상태를 확인 한 후 전송할 데이터가 없다면 Dyn 값을 감소시켜서 다음 체크인터벌 길이를 늘리고 전송할 데이터가 있다면 자신의 Dyn 값을 증가시킨 후 긴 프리엠블을 전송한다. 깨어나는 노드들은 송신노드의 긴 프리엠블 중 하나의 완전한 짧은 프리엠블을 들을 때 까지 수신한다. 짧은 프리엠블을 들은 노드는 Dyn 값을 확인하여 송신노드에서 보내온 값으로 재설정해서 다음 체크인터벌의 길이를 조정하고, 목적지 주소를 확인하여 자신이 수신노드가 아니라면 짧은 프리엠블에 포함된 프리엠블 신호의 종료 시간과 데이터 전송 시간만큼 Sleep하게 된다. 수신노드라면 프리엠블 신호의 종료 시간까지 슬립하고, 다시 일어나서 데이터를 수신하게 된다.



[그림 5] DPL-MAC 프로토콜의 동작 과정



[그림 6] DPL-MAC 프로토콜의 체크인터벌 변화

[그림 5]와 같이 기존 B-MAC과 X-MAC에서 문제점으로 지적된 Overhearing 문제를 해결하였다. 그리고 [그림 6]과 같이 프리엠블의 길이를 동적으로 조절할 수 있기 때문에 데이터가 밀집된 경우와 채널이 지속적으로 Idle한 상태에서도 에너지 효율적으로 동작하도록 하였다.

4. 비교 분석 및 고찰

제안하는 DPL-MAC 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 기존 비동기 방식의 MAC 프로토콜들과 시간당 에너지 소모량 관점에서 MATLAB으로 비교 분석 하였다.

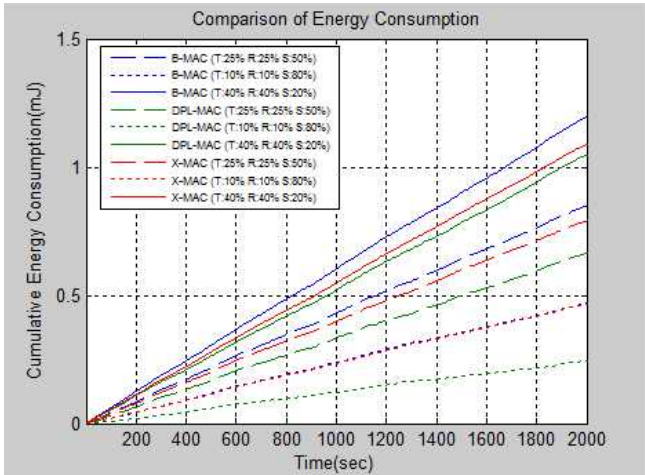
실험 환경은 다음 [표 1]과 같이 가정하였다.

[표 1] 실험 환경

Operation	Default
Time to sample radio (mA)	15
Evaluate radio sample (mA)	6
Receive 1 byte (mA)	15
Transmit 1 byte (mA)	20
Sleep Current (mA)	0.03
Voltage	3
Short Preamble Length (bytes)	32
Data Length (bytes)	100

시뮬레이션 방식은 B-MAC, X-MAC, DPL-MAC 을 적용시키고 데이터의 발생 정도에 따른 누적 에너지 소모량에 대해서 비교하였다.

(T: Transmit, R: Receive, S: Sleep)



[그림 7] 데이터 발생 정도에 따른 누적 에너지 소모량

제안한 DPL-MAC 프로토콜은 기존 B-MAC, X-MAC 보다 데이터의 발생 정도에 상관없이 에너지 효율이 좋은 것으로 나타났다. 데이터의 발생 빈도가 낮을수록 에너지 소모율이 더욱 감소하는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 중요한 이슈 중 하나인 에너지 효율성을 증가시키기 위해 새로운 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안한 DPL-MAC 은 기존의 B-MAC과 X-MAC의 문제점이었던 Overhearing 문제를 해결하고 프리앰블의 길이를 동적으로 조절하여 데이터가 밀집되거나 지속적으로 채널이 Idle한 상태에서도 효율적으로 동작할 수 있도록 하였다.

앞으로의 연구에서는 좀 더 넓고 복잡한 상황과 모델을 가정하여 보다 현실에 가까운 환경을 구성해 더욱 정확한 시뮬레이션을 하고, 보다 더 효율적인 프로토콜을 제안할 수 있도록 연구할 것이다.

참고문헌

[1] R. Min, M. Bhardwaj, S. Cho, E. Shih, A. Sinha, A. Wang, and A. Chandrakasan, "Low

power wireless sensor networks", VLSI Design, January 2001.

[2] Muneeb Ali, Umar Saif, Adam Dunkels, "Medium Access Control Issues in Sensor Networks", ACS SIGOCOMM Computer Communication, pp.33-36, Vol 36, No 2, Apr. 2006.

[3] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks", In 21st Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM), volume 3, pp. 1567-1576, June 2002.

[4] T.van Dam And K. Langendoen, "An adaptive energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks", in Proc.ACM Sensys 2003, pp. 171-180, Nov. 2003.

[5] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler, "Versatile low power media access for wireless sensor networks", in proc. Of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, pp. 95-107, 2004.

[6] M. Buettner, G. Yee, E. Anderson, and R. Han, "X-MAC: a short preamble MAC protocol for duty-cycled wireless sensor networks", in Proceedings of the 4th international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 307-320, 2006.