

## 센서 네트워크의 MAC 프로토콜 구현

\*김하양, \*김민정, \*김경애, \*\*김진태, \*이승준  
\*이화여자대학교 정보통신학과, \*\*LG 전자기술원  
[\\*kimhayang@hotmail.com](mailto:kimhayang@hotmail.com)

## Implementation of a MAC protocol for wireless sensor networks

\*Hayang Kim, \*Minjung Kim, \*Kyungae Kim, \*\*Jintae Kim,  
\*Seungjun Lee  
\*Department of Information Electronics, Ewha Womans  
University  
\*\*LG Electronics. Inc. Digital Network Technology Lab.

### 요약

Wireless sensor network을 위한 MAC(Medium Access Control) layer를 low-rate WPAN을 목적으로 한 IEEE 802.15.4 사양에 따라 구현하고 검증하였다. 센서 네트워크의 노드는 배터리로 동작하므로 에너지 소모가 가장 큰 걸림돌이 된다. power saving을 위한 몇 가지 방법을 포함한 IEEE 802.15.4 MAC protocol을 구현함으로써 wireless sensor network에 적용 가능함을 보였다.

### 1. 서문

Wireless sensor networking은 environment monitoring, smart spaces, medical systems, robotic exploration등을 위해 최근 주목 받고 있는 기술이다. Wireless network을 구성하는 sensor node에 고려해야

할 사항이 몇 가지 있다. 첫 번째는 sensor node에 전력을 공급하는 배터리 수명이다. 응용에 따라서 sensor node가 항상 손에 닿는 곳에 설치된다고 할 수 없다. 그리고 배터리를 자주 바꿔야 한다면 wireless network의 주요한 이점을 잃게 될 뿐만 아니라 remote sensing 응용을 비실용적으

로 만들 것이다. 배터리 수명을 보장해 주는 것이 sensor network에서 필수적이다. 따라서 에너지 효율적인 sensor node가 요구된다. 둘째, sensor device가 작아야 한다. sensor device의 크기에 맞춰 배터리 또한 작아져야 한다. 셋째, network에서 event 발생 횟수가 작다. 즉, 온도 같은 인자의 변화가 감지되는 비율(sampling rate)이 작기 때문에 sensor node에서 전송해야 하는 데이터의 양도 적다. 넷째, 하나의 network을 구성하기 위해 많은 node가 필요하기 때문에 node의 가격이 낮아야 한다.

본 논문은 wireless sensor network을 위해 제안된 MAC protocol을 소개하고(2장), IEEE 802.15.4의 MAC과 그 구현에 대해 설명한다.(3장) 또 구현한 MAC protocol을 wireless sensor network의 MAC으로 사용하기 위한 검증 과정에 대해 설명하겠다.(4,5장)

## 2. Wireless sensor network의 MAC protocol

Wireless sensor network에서는 power efficiency가 가장 큰 이슈 중 하나이다. 전력 소모를 줄이기 위해 여러 방법이 제안되었다.

TRAMA(traffic-adaptive medium access protocol)는 채널에서 충돌을 없애고 IDLE 노드를 sleep mode로 전환함으로써 전력 소모를 줄인다.[1] T-MAC은 active part가 끝나는 시간을 상황에 따라 조정하는 adaptive duty cycle을 이용해 전력 소모를 줄인다.[2]

S-MAC 또한 sensor network을 위해 제안된 energy-efficient MAC protocol이다.[3] 각 노드들이 주기적으로 sleep mode로 전환하고 RTS/CTS 패킷을 전송함으로써 미리 채널에서의

충돌을 생기지 않게 한다. 또 채널이 다른 노드들이 통신하도록 예약되었을 때는 스스로 sleep mode로 들어가 불필요한 전력 소모를 줄인다. S-MAC의 주기적인 sleep으로 인한 latency를 없애기 위해 adaptive listen이 제안되었다. RTS/CTS 패킷에 따라 sleep mode로 전환될 시점을 각 노드마다 결정하는 방법으로 일괄적으로 모든 노드를 sleep mode로 전환함으로써 생길 수 있는 latency를 줄일 수 있다.

IEEE 802.15.4에서는 Low Rate WPAN을 위한 MAC을 정의한다.[4] 채널 사용을 미리 예약하고 inactive 구간의 길이를 조정함으로써 응용에 따라 에너지를 효율적으로 사용한다.

## 3. IEEE 802.15.4 MAC protocol 구현

### 3.1 구현 방법

IEEE 802.15.4 MAC은 management service인 MLME와 data service인 MCPS로 나눌 수 있다. 이들 service를 통해 MAC에서 하는

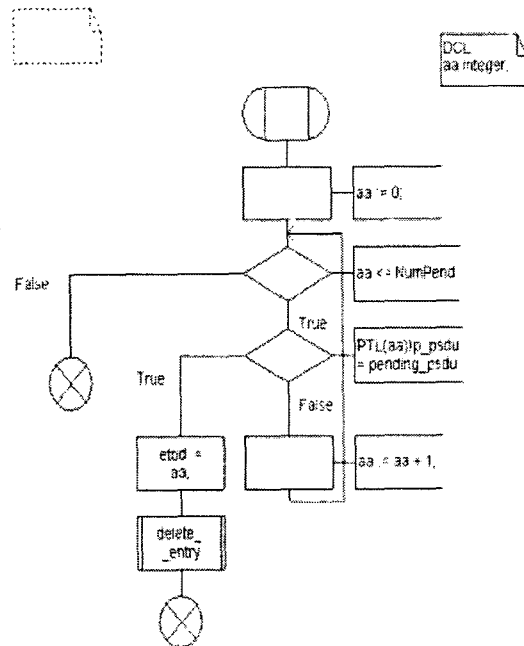


그림 1 SDL file

주요한 동작은 association과 disassociation, acknowledged frame delivery, channel access mechanism, frame validation, guaranteed time slot management, beacon management등이다.

IEEE 802.15.4 LR-WPAN을 SDL (specification and description language)로 구현했다. SDL 시뮬레이션 결과인 MSC (message sequence chart)을 통해 구현한 SDL이 MAC function을 제대로 수행함을 확인하였다. (그림1)

시뮬레이션을 통해 검증된 SDL을 참고하여 LR-WPAN MAC protocol을 C로 구현하였다.

### 3.2 IEEE 802.15.4 MAC 특성

#### 3.2.1 MAC frame format

MAC frame의 형식은 응용이나 network 형태에 따라 바뀔 수 있지만 일반적인 MAC frame은 MAC header (MHR), MAC service data unit (MSDU), MAC footer (MFR)로 이루어져 있다.

#### 3.2.2 Superframe Structure

IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 superframe mode에서 동작할 수 있다. PAN coordinator는 superframe마다 하나의 beacon을 전송한다. beacon interval은 조절할 수 있으며 16으로 나눠 그 하나가 time slot이 된다. 채널 접근은 contention-based로 이루어지지만 guaranteed time slot (GTS)을 coordinator로부터 할당 받아

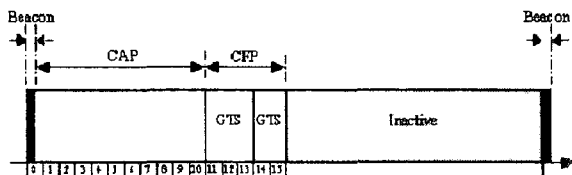


그림 2 superframe structure

충돌 없이 전송할 수도 있다. 그림2는 superframe 구조를 보여 주고 있다.

#### 3.2.3 Channel Access Mechanism

IEEE 802.15.4는 두 가지 채널 접근 방식을 사용한다. beacon-enabled network에서는 slotted CSMA-CA (carrier sense multiple access with collision avoidance) mechanism을 사용하고 nonbeacon-enabled network에서는 unslotted CSMA-CA mechanism을 사용한다.

beacon-enabled network의 device가 contention access period에 데이터를 보내려면 device는 현재 time slot이 끝나고 새로운 time slot 시작될 때를 기다렸다가 데이터를 보낼지 결정한다. 즉, 채널의 상태를 살핀 후 데이터를 전송한다. 만약 다른 device가 먼저 채널을 사용하고 있다면 back off를 거쳐 다시 데이터 전송을 시도한다. 데이터 전송에 대한 acknowledgment frame은 CSMA를 사용하지 않고 전송한다. nonbeacon-enabled network에서는 즉시 채널의 상태를 살피고 CSMA를 사용하여 데이터를 전송한다.

### 4. 검증 방법 및 검증 시나리오

C로 구현한 MAC protocol을 Motorola Zigbee board를 이용하여 검증하였다. 두 대의 보드를 각각 PC에 연결하고 보드에 장착된 MCU에 구현한 MAC code를 올린 후 시리얼 포트를 통해 PC 화면에 display 되도록 했다. (그림3)

검증 시나리오는 start, association, data transmission으로 구성하였다. 한 device에서 먼저 beacon 전송을 시작함으로써 자신이

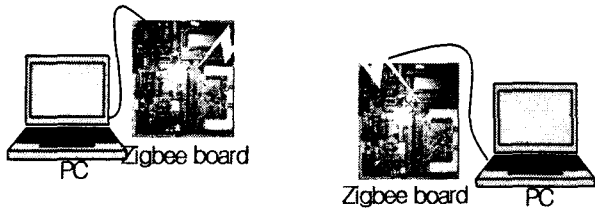


그림 3 검증 환경

coordinator가 된다. 다른 device는 beacon을 받으면 coordinator에게 association을 요청한다. (그림4) Associate되면 device는 MCPS 서비스를 이용해 데이터 전송을 시작한다.

PC를 통해 동작을 실행시키면 이 시나리오에 따라 보드 한 대는 coordinator가 되고 다른 한 대는 device가 되어 PAN을 구성하고 전송 받은 데이터를 시리얼 포트를 통해 확인하였다.

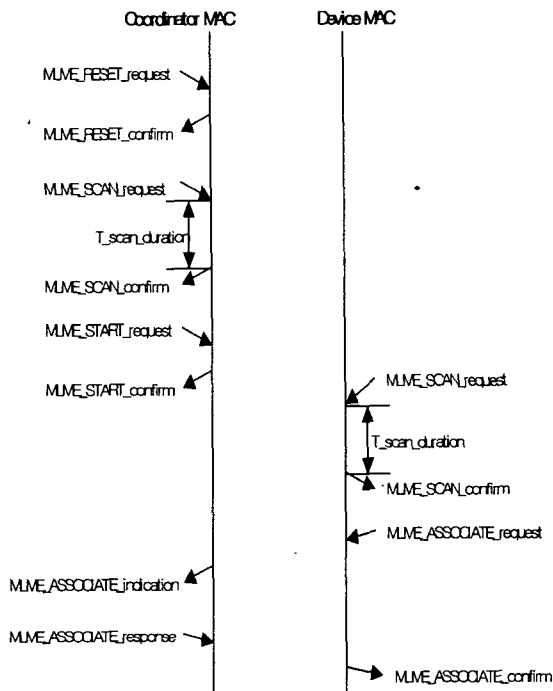


그림 4 test scenario

## 5. 결론

Low power 동작이 요구되는 wireless

sensor network을 구성하기 위해 IEEE 802.15.4 MAC를 구현하고 그 동작을 검증하였다. Application에 따라 inactive 구간의 크기를 조절하고 PAN의 크기에 따라 time slot의 개수를 조절함으로써 power consumption을 줄일 수 있을 것이라고 예상된다.

## 참고문헌

- [3] W. Ye, J. Heidemann and D. Estrin, "Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks", IEEE/ACM Trans. Netw., vol.12, No.3, JUNE 2004
- [5] S. Rhee, D. Seetharam and S. Liu, "Technique for minimizing power consumption in low data-rate wireless sensor networks", WCNC 2004 / IEEE Commun.
- [1] V. Rajendran, K. Obraczka, and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "Energy-efficient collision-free medium access control for wireless sensor networks", proceedings of the first international conference on Embedded networked sensor systems, 2003, pp. 181-192
- [2] T. van Dam and K. Langendoen, "An adaptive energy-efficient mac protocol for wireless sensor networks", proceedings of the first international conference on Embedded networked sensor systems, 2003, pp. 171-180
- [4] IEEE std. 802.15.4-2003, "Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN)