

# 무선센서네트워크에서 멀티채널 매체접근제어 방식

정희원 김 동 원\*, 윤 미 희\*\*, 류 재 홍\*\*\*

## Multi-Channel MAC for Wireless Sensor Network

Dong Won Kim\*, Mi Hee Yoon\*\*, Jae Hong Ryu\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 지그비(Zigbee)와 같은 한 개의 라디오 인터페이스를 가진 무선 센서 네트워크에서 멀티채널 매체접근제어(MAC:Media Access Control) 방식을 통해 성능을 향상시킬 수 있는 McMAC을 제안한다. 한 개의 라디오 인터페이스만 가진 상황에서 멀티채널로 운용하기 위해서는 상호 간섭이 발생하지 않도록 채널을 변경시켜 여러 채널을 통해 동시에 전송이 가능하게 함으로써 성능이 향상된다. 제안된 방법은 기존의 IEEE802.15.4 MAC과 동일하게 슈퍼프레임(superframe) 구조를 가지고 있다. 이 슈퍼프레임은 노드들이 송수신 행위를 할 수 있는 활성화 구간(Active Period)과 그렇지 못하고 전력소모를 최소화 한 상태에서 수면(Sleep) 또는 대기(Standby)하는 비활성화 구간(Inactive Period)로 구성된다. 클러스트-트리(Cluster-tree) 구조의 확장시 디바이스(device)와 코디네이터(coordinator)간의 연결 절차를 제안하고 여러 채널을 동시 사용할 수 있는 조건을 분석하고 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 수행한다.

**Key Words** : WSN, Multi-channel, MAC, ZigBee

### ABSTRACT

In this paper, we propose McMAC protocol for wireless sensor networks like ZigBee with single radio interface. The proposed scheme is designed to improve performance by transmitting packets through multi-channel. Multi-channel can be used by changing channel on single radio interface to prevent interference. McMAC uses the superframe structure which has two parts: an active part and a sleeping part. During the sleeping part, a node turns off its radio to preserve energy. During the active part, it can communicate with its neighbors and send any messages queued during the sleeping part. We propose the association procedure which constructs a cluster-tree structural network. We also analysis the condition that multi-channel can be used on. It's performance is evaluated by simulation.

### I. 서 론

무선 센서 네트워크(WSN)는 환경감시, 의학 시스템, 로봇 탐사와 같은 다양한 분야에서 응용이 활발히 일어나기 시작하는 기술분야이다. 네트워크는 분산되어 있는 노드들이 스스로 멀티-홉 형태로 구성된다. 각 노드들은 여러개의 센서들과 임베디드 프로세서, 저전력 라디오를 갖고 있으며 배터리를

전원으로 사용한다. 전형적으로 이러한 노드들은 공동의 작업을 수행하도록 상호협력관계로 되어 있다.

WSN용 MAC 프로토콜을 설계시 가장 중요하게 고려하는 사항이 저전력 소모였다. 센서 노드는 배터리 전력 공급 방식이므로 배터리 교체나 재충전이 어렵기 때문이다. 또 다른 중요한 사항은 네트워크 크기, 노드 밀집도, 토폴로지의 변화에 따른 확장성이다. 시간이 지남에 따라 네트워크 토폴로지

\* 충북도립대학 반도체정보통신계열, 교신저자 (won@cbpc.ac.kr), \*\* 충북도립대학 컴퓨터정보과 (mihee@cbpc.ac.kr)

\*\*\* 한국전자통신연구원 USN네트워크팀 (jhryu@etri.re.kr)

논문번호 : 09003-0116, 접수일자 : 2009년 1월 16일

변화는 여러 요인이 있지만 WSN MAC은 이러한 네트워크 변화를 잘 수용해야 한다. 이러한 요구사항을 고려하여 IEEE802.15.4<sup>[1]</sup> 및 SMAC<sup>[2]</sup>이 연구되어 활용이 되고 있으며, 약간 변형된 방식들<sup>[3]</sup>이 연구되었다.

그러나 이들 연구의 대부분이 WSN의 저전력 소모, 확장성에 대한 연구이며, 전송지연시간, 처리율(throughput)을 고려한 연구는 전무하다. 따라서 저전력 소모뿐만 아니라 처리율 성능까지 고려한 멀티채널 센서 네트워크를 제안한다.

## II. 멀티채널 MAC 개요

멀티 채널을 사용하는 이유는 여러 개의 채널을 동시에 사용하여 무선망 전체의 처리율과 지연(delays)을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 단일 채널만을 사용하는 경우 송수신 하는 두 노드가 그 채널을 독점적으로 사용하면 그 채널을 사용할 수 없는 다른 노드들은 데이터 전송을 미루거나 포기 해야 한다. 하지만 멀티채널을 사용하는 경우 한 쌍의 송수신 노드가 어느 특정 채널을 사용하더라도, 다른 채널을 사용하면 되므로 전체 노드가 동시에 전송할 수 있는 데이터양은 증가하고, 그에 따른 지연은 감소하게 된다.

일반적으로 IEEE 802.11, 802.15.3, 802.15.4 등의 규격에서는 기본적으로 멀티채널을 사용하는 것이 가능하다. 예를 들어 IEEE802.11b는 총 14개의 채널을 사용하며, 각각 5MHz로 분리되며, 오버랩하여 사용하기 때문에 통신 3개 주파수를 중첩없이 동시에 사용 가능하다. 802.15.4에서는 2.45GHz 대역에서 16개의채널을 915MHz 대역에서는 10개의 채널을 지원할 수 있도록 규격화되어 있다.

이러한 멀티채널을 이용하는 방식에 대한 연구는 주로 802.11 기반의 무선랜에서 연구<sup>[4,9]</sup>가 이루어졌다. 여기서 다루는 멀티채널의 주요 이슈들은 송수신 채널 선택하는 방법, 라디오 트랜시버 갯 수, 및 채널간의 동기화 방식에 관한 것이다.

그러나 상기의 방법들은 IEEE802.11 무선 LAN 기반 환경에서 고안된 것으로 다음과 같은 차이점으로 무선 센서네트워크에 적용을 할 수가 없다. WSN에서는 저 전력화를 위하여 라디오 인터페이스는 1개만 가지는게 주류이며, 실제로 발생하는 트래픽이 아주 적다고 보고 수퍼프레임중 활성화 구간을 아주 작게 운용한다. 즉, 대부분의 시간동안 RF를 OFF 시켜 놓고 비활성화 상태로 있다가 약

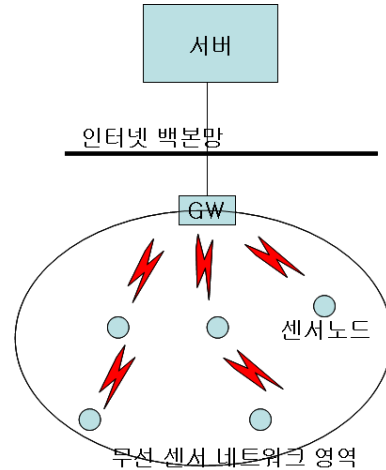


그림 1. 일반적 무선 센서 네트워크 응용

속된 정해진 시간에 깨어나서 활성화 구간 동안 서로 통신하는 비콘방식의 저 전력소모 방식으로 동작한다.

그림 1에서 보듯이 실제 일반적인 센서네트워크 운용시 망구성을 살펴보면 센서노드는 궁극적으로 유선 인터넷 백본망에 연결되어 있는 서버와 연동이 되어야 한다. 이때 센서 네트워크에 전달되는 트래픽의 유형은 게이트웨이(GW)로부터 모든 센서노드들로 향하는 다운-스트림과 모든 센서 노드들로부터 GW로 향하는 업-스트림이 주를 이루게 된다.

다운스트림의 경우는 트래픽이 폭주하여도 GW에서 충분한 버퍼를 갖고 있는 조건에서 데이터의 유실을 막을 수 있을 것이다. GW는 전력공급이 원활한 곳에 위치할 수 있는 유선백본망에 접속되는 장비로써 상기 조건을 만족시킬 수 있다.

하지만 센서노드들은 기본적으로 배터리기반의 저전력 소모형 노드이므로 버퍼도 작을뿐더러 라디오 인터페이스의 동작도 최소화 시키도록 동작할 수 있게 요구된다. 따라서 저전력 소모를 위해 아주 짧은 활성화 구간에만 전송이 이루어지므로 전송지연시간이 길어지고 패킷 유실이 많이 발생할 수 있다.

또한 센서네트워크의 트래픽 특성상 트래픽이 GW 방향으로 결집되어 폭주되는 지점이 발생할 수 있으며, 또한 여러 홉을 거치게 되면서 긴급 전송이 요구되는 트래픽 처리 방법이 요구된다.

이러한 점을 고려하여 저 전력으로 동작하는 센서네트워크 요구사항을 만족하면서도 멀티채널로 동작하여 네트워크의 전송 성능을 높이고 데이터 유실을 방지할 수 있는 방법이 필요하며, 본 논문에서 이를 제안 하였다.

### III. McZigBee Design

기본적으로 기존의 지그비(ZigBee) 규격을 모두 그대로 따른다. 단, 비콘 프레임의 구조에 있어서 사용자가 정의하여 사용할 수 있는 페이로드(Payload) 필드를 이용한 새로운 정의가 추가되어 수정이 있을 뿐이며, 지그비 규격에서 정의되어 있지 않은 멀티채널 운용방식 McZigBee를 설계한다.

#### 3.1 채널과 PAN

어떤 단일 PAN을 구성할 시 코디네이터는 한 개의 채널을 선택하고 그 채널을 통해 비콘을 주기적으로 송출하면 이 송출된 비콘을 감지한 전파영역내 디바이스들은 코디네이터와 연결(JOIN)하게 됨으로써 PAN을 구성하고 운영한다.

PAN은 클러스트-트리 구조로 확장이 될 수 있다. 본 논문에서의 McZigBee는 그림 2에서처럼 3개의 채널을 사용하는 경우를 가정하고 채널별 클러스트-트리를 구성한다. PNC(PAN Coordinator)는 채널 1, 2, 3을 서비스하는 시간대를 스케줄링 하여 순차적으로 채널을 변경시키면서 해당 채널의 코디네이터로 동작을 한다.

여기서 모든 노드들은 단일 라디오 인터페이스를 가지며 그 역할은 다음과 같다.

- PNC (FFD) : 1st PAN Coordinator
- C (FFD): Coordinator
- D (FFD or RFD): Device

#### 3.2 비콘의 운용

PNC 또는 코디네이터는 매 주기별 송출하는 비콘 프레임을 통해 현재 채널의 슈퍼프레임 스케줄 정보뿐만 아니라 다른 채널들의 스케줄 정보를 담아 알려준다. 그림 3과 같이 사용자가 정의하여 사용할 수 있는 페이로드필드에 정의된다.

디바이스(FFD, RFD)들은 스캔 (scan)을 통해 채널정보와 비콘을 송출하고 있는 코디네이터들을 인

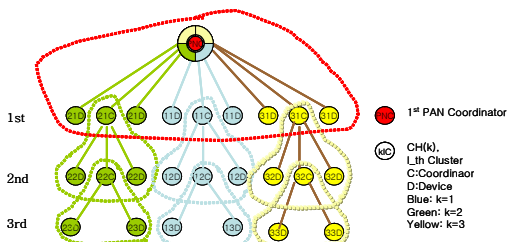


그림 2. 멀티채널 센서네트워크 클러스터 트리구조

지한다. 연결하려는 부모(parent)를 선택하는데 보조 정보으로써 깊이(depth) 필드는 지금 비콘을 송출하는 코디네이터가 루트(root)로부터 몇 번째 홉에 위치하는지를 나타내며, NOAD(Number of associated device) 필드는 현재 몇 개의 디바이스가 연결되어 있는지를 나타내고 있다.

CH{mod-N(k)}는 지금 자기 자신인 채널 k (앞으로 이를 홉 채널이라 부름) 를 사용하는 비콘의 스케줄 정보인 비콘주기(BI)와 ACTIVE 시작(Start Time)과 끝 시간(Stop Time) 정보를 나타내며, CH {mod-N(others)}는 코디네이터가 알고 있는 (스캔에 의해 인접 코디네이터로부터 관측되는) 다른 보조 채널의 비콘 스케줄 정보인 비콘주기, ACTIVE 시작과 끝 시간을 알려준다.

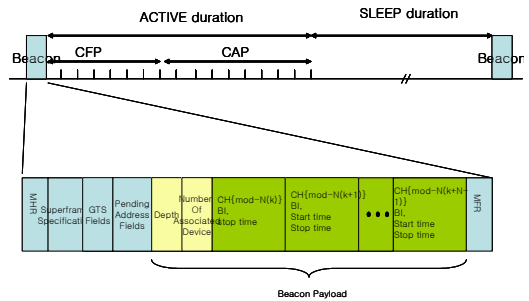
#### 3.3 스캔(scan) 동작

각 채널의 스케줄 정보는 스캔 절차를 통해 채널 설명서(descriptor)를 구성하여 관리한다. 1st PAN 코디네이터와 ID가 같은 (즉, 동일 GW를 사용하는) PAN 들의 CH 정보를 수집한다. 이는 홉 채널의 스케줄을 기준으로 다른 채널들의 비콘주기, 활성화 구간 시작과 끝 시간을 상대적 오프셋(offset)시간으로 설명서를 구성한다.

#### 3.4 멀티채널 동작

자식(child) 코디네이터는 부모 코디네이터와 연결할 때 이중 채널을 사용하는 두 부모를 선택하여 연결할 수 있다. 그 중 하나를 홉 채널로 하여 주로 사용하게 되며, 다른 채널은 보조 채널로 사용한다. 코디네이터가 업-스트림으로 혹 시급히 전송해야 할 데이터가 있는 경우 보조 채널의 ACTIVE 시작 시간을 알 수 있으므로 그때 채널을 변경하여 끼어들 수 있다.

RFD 디바이스는 주로 하나의 홉 채널을 통해



CH(mod-N(k)): home CH  
CH(mod-N(k+m)): scan 할 때와 incoming 비콘을 통해 관측되는 채널

그림 3. 비콘 프레임 구조

연결된다. PNC는 GW를 나타내며, PNC를 포함한 모든 디바이스는 한 개의 라디오 인터페이스만을 가지고 있다.

운용하고자 하는 채널의 개수를 N이라 한다. 채널  $k = \{k_1, 2, \dots, N\}$  이다. 3개의 채널(채널 1, 채널 2, 채널 3) 을 운용한다고 가정하면  $N=3$ 이다. 그림 4를 참조하여 설명한다.

GW는 CH1 비콘을 발생시키고 자신의 영역내 CH1으로 연결(association)된 노드들을 ACTIVE 구간동안 서빙한다. 이후 CH1은 슬립(Sleep)으로 들어가고 GW는 RF를 CH2로 스위칭하기 위한 작업 후(CH switchover 타임) CH2로 비콘을 송출하면서 자신의 영역 내에 CH2로 연결된 노드들을 Active 구간동안 서빙한다. 이때 CH1 2nd 클러스터의 코디네이터는 CH2 ACTIVE 구간과 동시에 ACTIVE 인 스케줄로 비콘을 송출하고 클러스터 멤버 노드들은 이 스케줄에 따라 활성화될 수 있다.

CH1 2nd 클러스터의 슬립 및 CH2 1st 클러스터의 슬립 동안 CH3 1st 클러스터가 활성화되며 동시에 CH2 2nd 클러스터가 활성화된다.

CH2 2nd 클러스터가 슬립, CH3 1st 클러스터가 슬립되고 난 후에는 CH1의 비콘주기(BI timer expiring)될 때까지 모든 채널이 슬립일 수 있다.

CH1 1st 클러스터를 위한 구간이 활성화됨과 동시에 CH3 2nd 클러스터가 활성화 된다.

즉, GW는 CH1, CH2, CH3를 차례대로 서비스 하고 다시 CH1부터 반복 순환 서비스한다.

2번째 클러스터부터는 입력비콘(incoming beacon)과 출력비콘(outgoing beacon)과의 스케줄링 관계는 IEEE802.15.4-2006버전 룰을 따른다.

만약에 조부모(grand parent)코디네이터로 부터의 비콘을 못 보는 위치의 FFD에게 코디네이터를 지정한다고 가정하면 채널 사용 병행도를 높일 수 있다. 만약 볼 수 있는 위치라면 조부모의 ACTIVE 구간을 피해서 ACTIVE 스케줄을 잡아야하므로 제약이 따른다. 즉, 그림 4에서 12C는 11C로 부터의 입력 비콘을 보고 출력비콘 스케줄을 잡아야 하는데 PNC로 부터의 CH1에 대한 비콘을 볼 수 있는 위치에 있다면 이 두 개의 입력비콘을 피해서 ACTIVE 구간을 잡을 시간이 배정되지 않기 때문이다.

따라서 채널 병행도를 높이고자한다면 다음단계의 코디네이터를 지정할 때, 다음 수식(1) 또는 (2) 조건하에서는 해당 채널의 비콘이 두개 이상 관찰되는 위치는 피해서 잡는게 좋으며, 수식(3) 조건하에서는 두개인 곳에서도 코디네이터를 지정할 수 있다.

PNC BEACON 구성시 색깔(CH)별 BI, Start/Stop time 정보 송출  
PNC GW 역할 CH1 -> CH2 -> CH3 ->CH1... 돌아가면서 서빙  
각 CH별 PAN 구성.

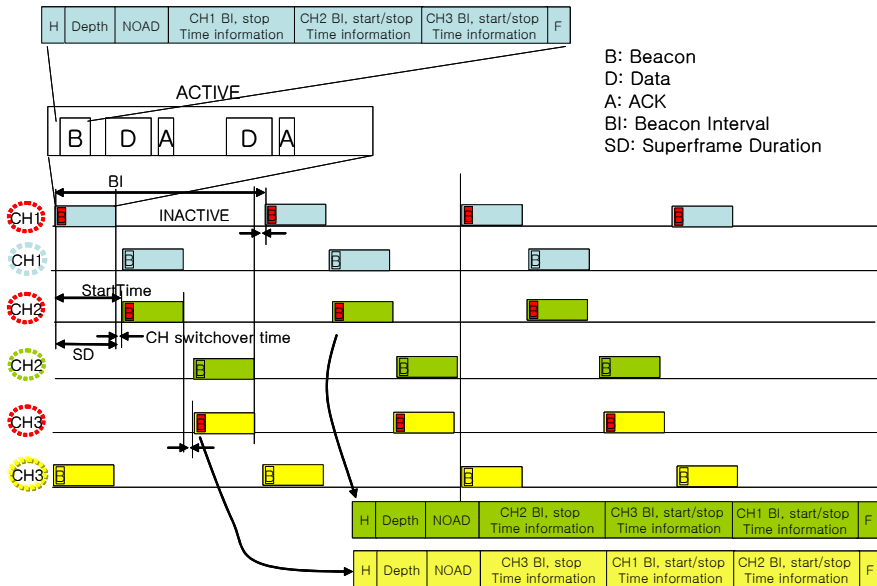
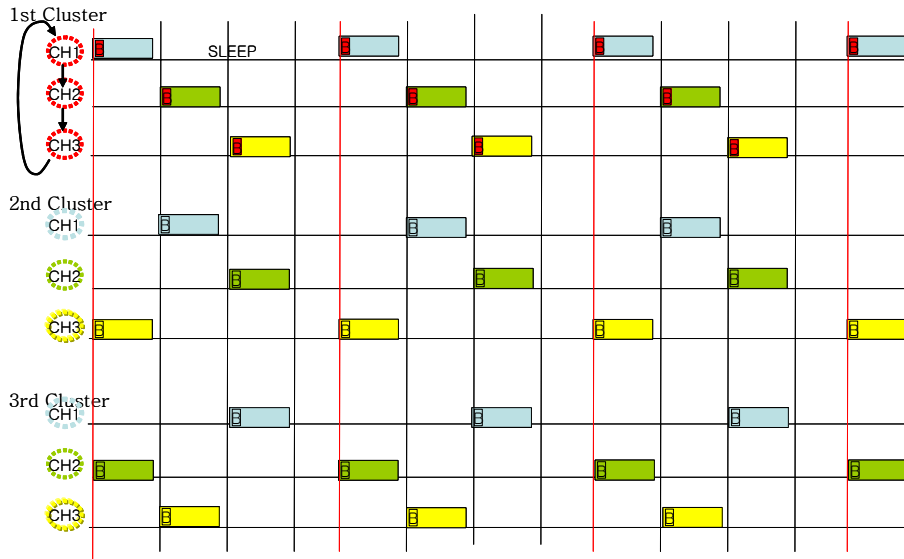
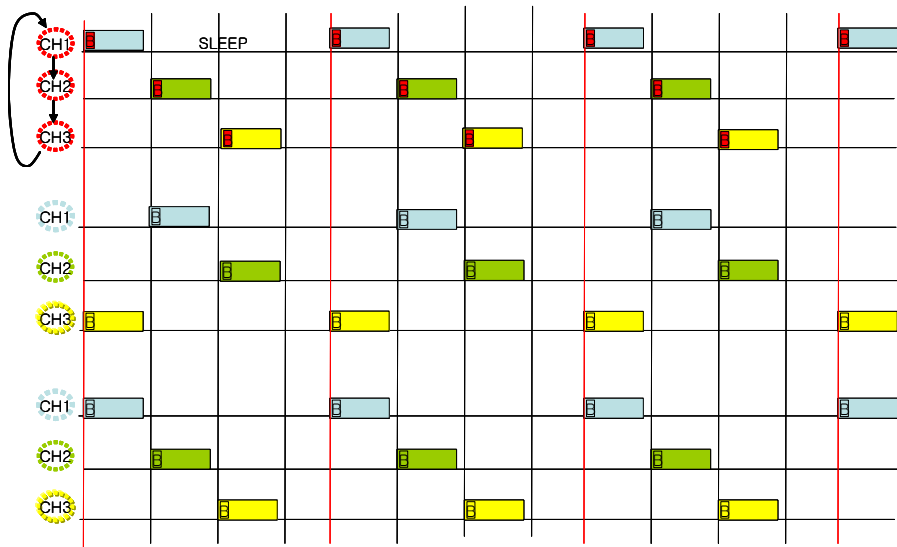


그림 4. 멀티채널 슈퍼프레임 구조 및 용어 정의



4(SD+ SwitchoverTime) > BI > 3StartTime > 3(SD+ SwitchoverTime)이면서 parent와 grand parent beacon이 보이는 경우 스케줄링

그림 5. 병렬 전송이 가능한 멀티채널 동작 예시 1



4(SD+ SwitchoverTime) > BI > 3StartTime > 3(SD+ SwitchoverTime)이면서 parent beacon만 보이는 경우 스케줄링

그림 6. 병렬 전송이 가능한 멀티채널 동작 예시 2

3.5 스케줄링시 채널 개수와 병행도의 관계  
 병행도는 PAN 상에서 동일 시간 구간에 동시에 ACTIVE 되는 채널의 수를 나타낸다고 정의한다. BI (Beacon Interval)은 비콘 주기를 나타낸다. SD (Superframe Duration)는 ACTIVE 구간 길이를 의

미한다. 통상 BI>SD 이라 가정한다. 3개 채널 운영 시에 대해 살펴본다. 여기서 ch\_st는 CH\_switchover time을 뜻한다.

$$4(SD+ch\_st)>BI>3StartTime>3(SD+ch\_st) \quad (1)$$

### IV. 성능분석

만약 식(1)의 조건하에서는 비콘이 2개 관찰되는 지역에 코디네이터가 위치하면 (병행도=3)로 운용하기 위해서는 출력비콘 스케줄링 시에는 그림4와 같이 부모 및 조부모의 ACTIVE 구간을 피해서 잡아야한다.

조부모의 비콘이 보이지 않는 지역이면 그림 6과 같은 스케줄링도 가능하다.

만약 다음 식(2)와 같은 조건하에서는 비콘이 2개 관찰되는 지역에 코디네이터가 위치되면 3rd 클러스터의 멤버를 위한 스케줄을 할당할 수 없다. (그림 7 예시 참조)

$$3\text{StartTime} > 3(\text{SD} + \text{ch\_st}) > \text{BI} > 2\text{StartTime} > 2(\text{SD} + \text{ch\_st}) \quad (2)$$

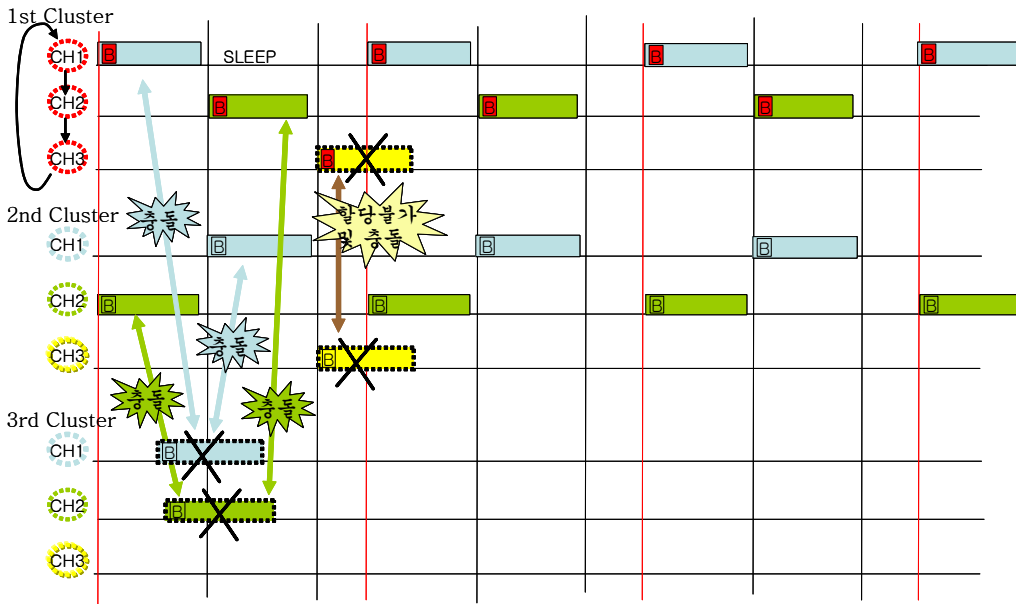
만약 다음 식(3) 조건하에서는 2개까지 비콘이 관측되는 지점도 (병행도=3) 운용이 가능하다. (그림8 예시 참조)

$$\text{BI} > 4\text{StartTime} > 4(\text{SD} + \text{ch\_st}) \quad (3)$$

즉, 관측되는 모든 입력비콘들과 출력비콘의 스케줄처리시간이 나오는 범위 조건 내에서 채널의 병행운용이 가능하다.

#### 4.1 시뮬레이션 파라미터

- Packet size: 64bytes, 127bytes
- Link Speed (S): 250Kbps
- PAN Coordinator를 제외한 N=27 개의 노드를 50mx50m 내에 랜덤하게 분포시키고 그림 2와 같이 토폴로지를 구성함
- PAN Coordinator의 depth는 0, 하위 연결 노드들의 Depth는 1, 그 다음에 연결되는 노드들의 depth는 2 등으로 표시한다.
- 데이터 트래픽 생성률: 각 노드들의 데이터를 CBR(Constant Bit Rate)로 생성. 매 시뮬레이션마다 0.05Kbps씩 증가시키면서 반복 시뮬레이션
- 트래픽은 CBR(Constant Bit Rate)로 생성
- 모든 데이터는 PNC인 GW로 전송.
- 각 노드들의 최대 큐사이즈 1000000
- 전송범위 : 15M
- 간섭범위 : 30M
- 시뮬레이션 시간 : 2000초
- 코디네이터의 비컨 전송시간은 부모 코디네이터의 CAP이후 랜덤한 시간 후에 전송.
- IEEE 802.15.4 표준 : 15\_4



$$3\text{StartTime} > 3(\text{SD} + \text{SwitchoverTime}) > \text{BI} > 2\text{StartTime} > 2(\text{SD} + \text{SwitchoverTime})$$

그림 7. 병렬 전송이 가능한 멀티채널 동작 예시 3



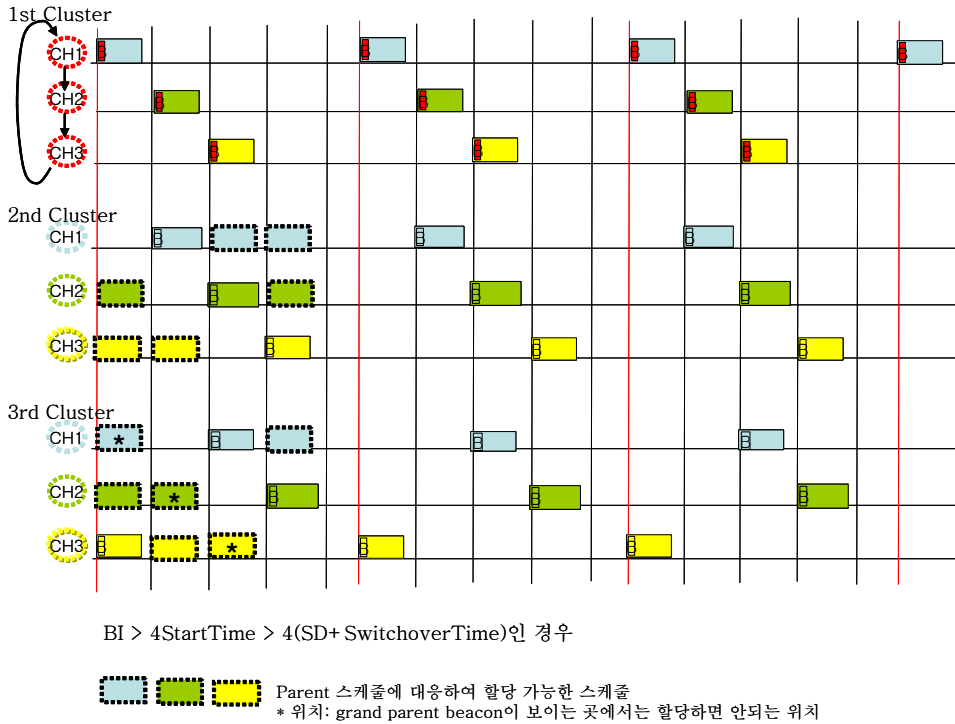


그림 8. 병렬 전송이 가능한 멀티채널 동작 예시 4

- 멀티채널을 사용하는 알고리즘 : MC\_15\_4
- BO : 6, SO : 3
- 노드의 Mobility는 없는 것으로 처리

#### 4.2 패킷 전송량

제안한 멀티채널을 사용하는 알고리즘(그림 9에서 MC\_15\_4로 표시)과 기존의 IEEE 802.15.4 표준(그림 9에서 15\_4로 표시)을 시뮬레이션[10]을 통해 전체 전송된 데이터량을 비교하였다.

각 노드들에서 전송되는 패킷의 크기를 64바이트, 127바이트 각각의 경우에 대해서 데이터 생성률을 0.05Kbps 씩 증가 시키면서 네트워크 전체에서 전송된 총 데이터량을 나타내었다. 패킷 크기를 작게한 (a)경우가 (b)의 경우 보다 전송된 패킷의 수가 더 많은 것은 당연한 사실이다.

각 각의 경우에 있어서 기존 IEEE 802.15.4 표준보다 제안한 MC\_15.4 방식이 데이터 생성률 전체 구간에서 월등히 높게 나타나는데, 이 이유는 3개의 채널을 사용할 경우 기존 IEEE 802.15.4의 경우에는 PAN Coordinator에게 전송하는 depth 1의 노드들의 수가 9이지만 멀티채널을 이용하는 경우에는 3개이기 때문에 CSMA 충돌 확률이 줄어들게

되어 망의 효율을 높일 수 있기 때문이다.

제안한 멀티채널을 사용하는 알고리즘과 기존의 IEEE 802.15.4 표준을 시뮬레이션을 통해 각 Depth 별 전송량을 비교하였다.

그림 10에서 보듯이 Depth에 따라서 전송량의 차이가 크게 나는 것은 상위 코디네이터로 전송하기 위해서 다른 노드와 경쟁을 통하여야 하며, 정상적으로 상위로 전송되었다고 하더라도 다시 큐에 삽입된 후 또 다시 다른 노드와 경쟁을 해야 하기 때문이다.

#### 4.3 패킷 전송지연시간과 대기큐의 크기 고찰

각 노드에서 생성된 패킷 중 최종 PAN Coordinator 까지 패킷이 전달될 때 패킷 전송 지연시간을 측정하였다. 패킷의 크기에 상관없이 멀티채널 방식이 패킷 전송 총량에서도 우수한 성능을 보인 것과 마찬가지로 전송된 패킷의 지연시간에 있어서도 짧게 나타남을 알 수 있다. 큐의 크기에 있어서도 빠르게 많은 패킷을 전송해 낼 수 있는 멀티채널 방식이 보다 작은 크기의 큐 크기를 유지하면서 안정된 모습을 보이고 있다. 0.5Kbps 정도의 시스템 부하에서 급격히 지연시간의 증가와 패킷 큐의 크기 변화를 관측할 수 있는데 이는 시스템 안정도 분석에

따라 노드 당 0.5Kbps 이상으로 트래픽을 발생시키면 네트워크의 처리 능력을 넘어서기 때문이다.

네트워크의 안정조건은 다음 식(6)과 같다. 여기서  $\lambda$ 는 각 노드 당 평균 트래픽 발생률을 나타내며  $\rho$ 는 네트워크 이용율을 나타낸다.

$$\rho_{\max} = ACTIVE/BI \quad (4)$$

$$2N\lambda/S < \rho_{\max} \quad (5)$$

$$\lambda < (ACTIVE/BI)S/2N \quad (6)$$

따라서 본 시뮬레이션에서는  $\lambda < \text{약 } 0.58Kbps$  범위에서 안정조건이 된다.

#### 4.4 비콘 손실

그림 13에서 짧은 64바이트 패킷일 경우(a)는 성능률 0.5kbps 부근에서 비콘 충돌이 급격히 커져 시스템이 불안정한 영역으로 들어가는 것을 알 수

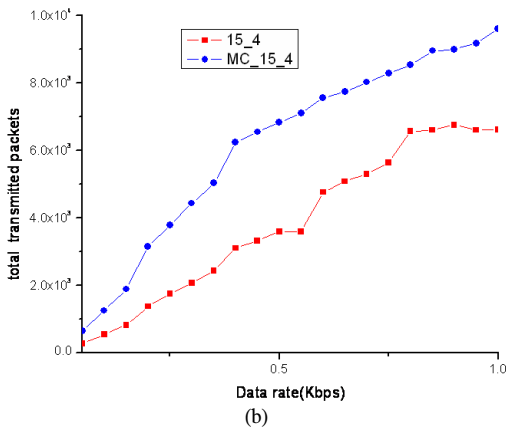
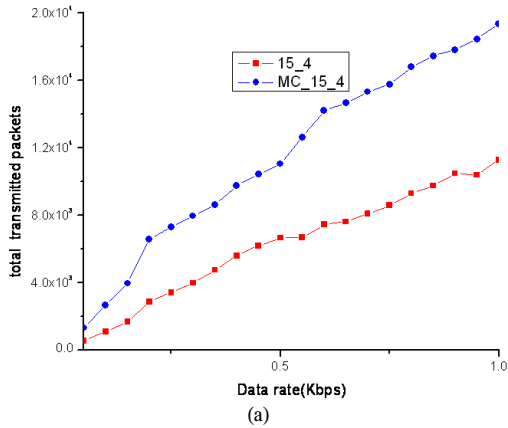


그림 9. 전체 전송 패킷 수 (a) 64B (b) 127B

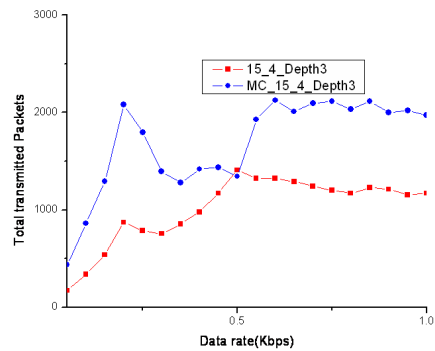
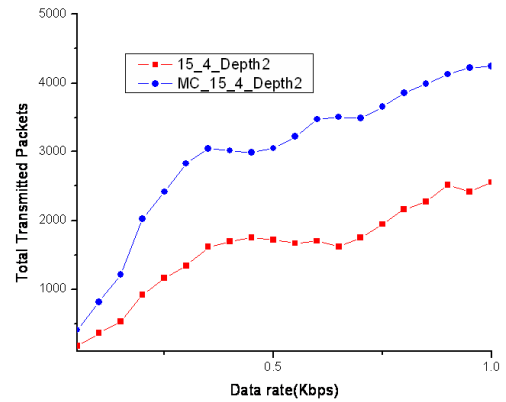
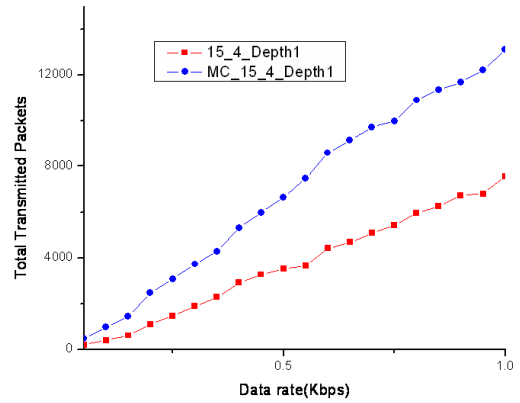


그림 10. (64B 경우) Depth 별 전송량 비교

있다. 따라서 데이터 생성률 0.5kbps 이하 정도의 부하에서 시스템의 성능 측정이 의미가 있음을 간접적으로 알 수 있게 해주는 그래프다.

(b)의 그래프에 있어서 127 바이트로 패킷 길이가 길어지는 경우에서도 0.5kbps 정도의 시스템부하에서 안정성을 보이며, 전체 구간에서 약간 비콘 손실율이 크게 나타나는 것은 비콘 충돌의 원인이 다른 스케줄에 속한 노드의 데이터 전송이 수퍼프레임 끝부분에서 더 길게 지속됨으로 인해 비콘 전송



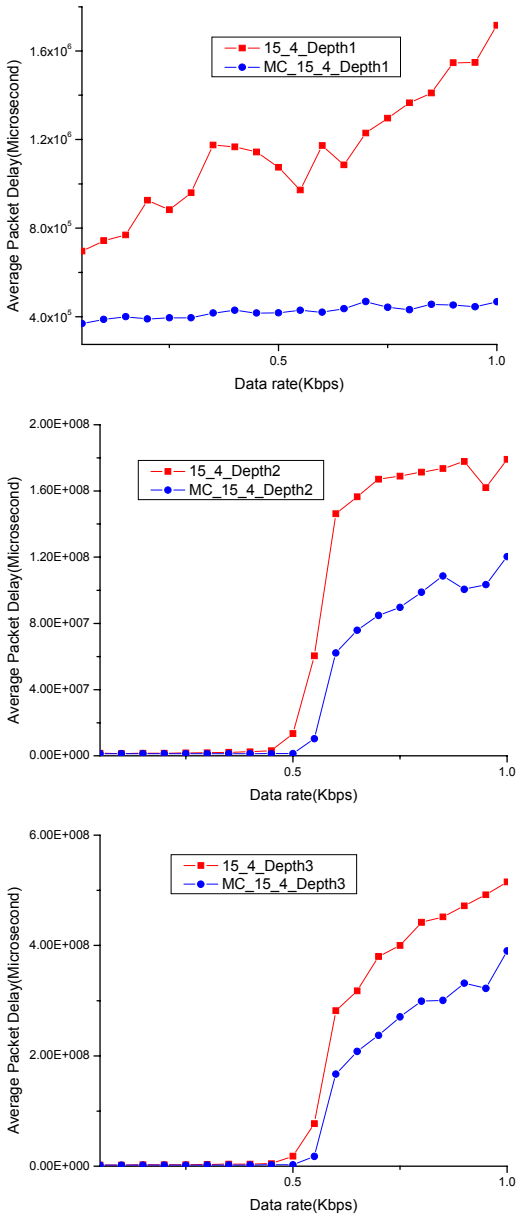


그림 11. (64B 경우) depth별 평균 패킷지연시간

과 충돌 확률이 크지기 때문으로 보인다.

패킷크기에 관계에서 멀티채널에서는 비콘 충돌이 거의 발생하지 않는 것을 볼 수 있어서 단일 채널만 사용할 때 보다 안정된 네트워크를 유지할 수 있음을 보여준다.

### V. 결론

게이트웨이용 멀티 채널 MAC 프로토콜에 대한 연구

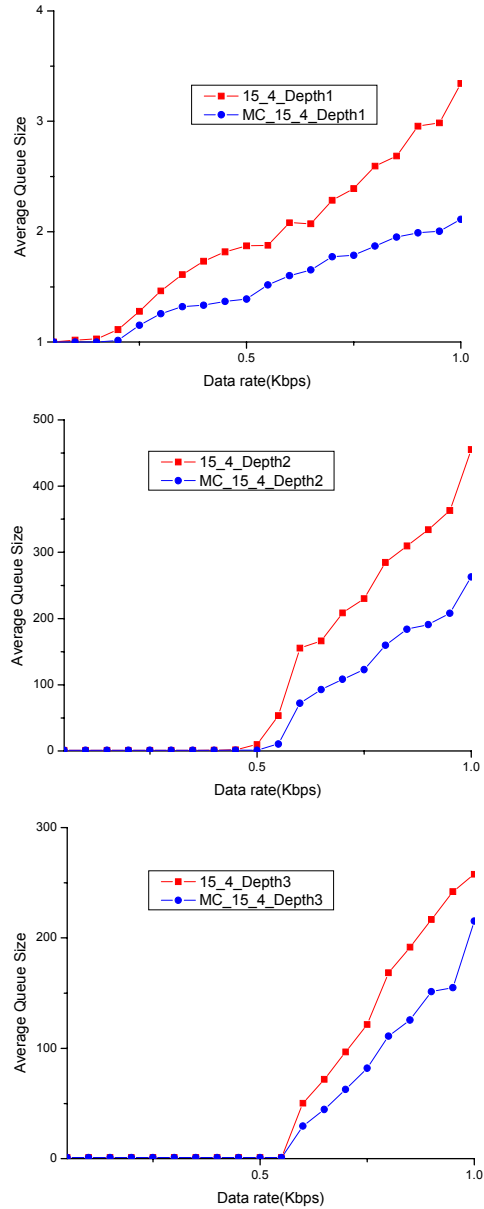


그림 12. (64B 경우) depth별 평균 큐 크기

를 수행하였다. 한개의 라디오 인터페이스만 가진 상황에서 멀티채널로 운용하기 위해서는 상호 인터피어런스가 발생하지 않도록 채널을 변경시켜 여러 채널을 통해 동시에 전송이 가능하게 함으로써 성능이 향상된다.

시뮬레이션을 통한 성능 분석을 수행결과 총 패킷 전송량에 있어서 제안한 멀티채널방식이 기존 IEEE 802.15.4 표준보다 높은 처리율을 보이고, 패킷 전송 지연시간도 단축 됨을 알 수 있다. 패킷 큐 크기에 있어서도 제안한 방식이 빠른 전송과 많은 패킷을

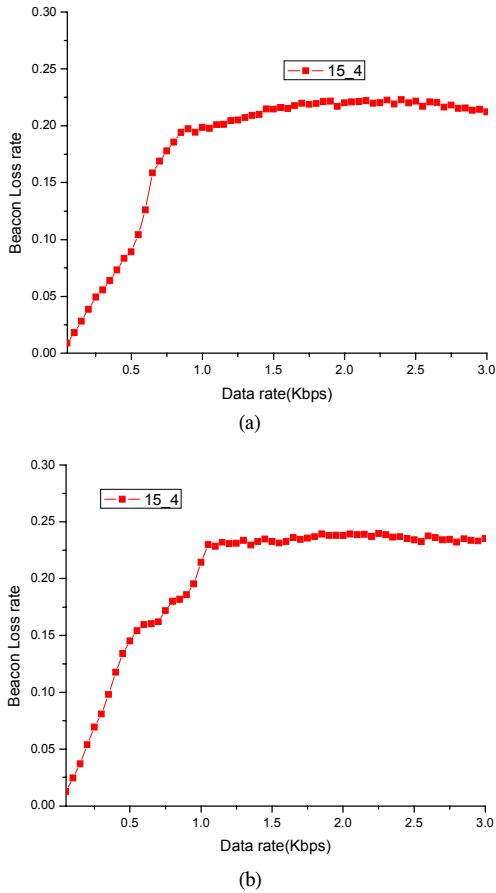


그림 13. 비콘 손실율 (a)64B 경우, (b)127B 경우

전달해 낼 수 있음으로 인해 보다 작은 큐 크기를 유지하며 안정된 동작을 한다.

네트워크 노드들이 동기와 스케줄을 맞추기 위해 비콘에 따라서 움직여야 하는데 기존 IEEE802.15.4 는 데이터 전송률에 따라 비콘 충돌이 급격히 증가하여 불안정한 반면, 제안한 멀티채널 방식은 비콘 충돌이 거의 일어나지 않음을 알 수 있다.

추후 보다 더 다양한 실험 환경에서 성능을 분석할 필요성이 있으며, 이 과제를 수행하면서 도출된 연구결과는 u-센서 게이트웨이 시스템 개발 시, 게이트웨이 및 싱크노드 개발에 활용가능하다.

### 참 고 문 헌

[1] IEEE802.15.4-2003 IEEE Standard for Information Technology-Part 15.4: Wireless

MAC and PHY Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks, 2003, 2006

[2] Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," IEEE INFOCOM 2002

[3] 김동원, 이대영, 배현덕, "매체 접근 제어 방법을 이용한 무선 센서네트워크에서의 저전력 트래픽 제어 방법," 전자공학회 학술대회, 2006

[4] J.Mo, Hoi-Sheung Wilson So, and Jean Walrand, "Comparison of Multi-Channel MAC," MSWiM'05, October 10-13, 2005

[5] S. Wu, C. Lin, Y. Tseng, C. Lin and J. Sheu. "A Multi-Channel MAC protocol with Power Control for Multi-hop Mobile Ad-hoc Networks," The Computer Journal, Vol. 45(1), page 101-110, 2002.

[6] W. Hung, K.L. E. Law, and A. Leon-Garcia, "A Dynamic Multi-Channel MAC for Ad-Hoc LAN," In Proc. 21st Biennial Symposium on Communications, pages 31-35, Kingston, Canada, June 2002.

[7] J. So and N. Vaidya, "MultiChannel MAC for Ad Hoc Network: Handling MultiChannel Hidden Terminals Using A Single Transceiver," MobiHoc'04, May24-26,2004

[8] J. Chen and S. Sheu and C. Yang, "A new multichannel access protocol for IEEE 802.11 ad hoc wireless LANs," In Proc. Of PIMRC 2003, Vol. 3, pp. 2291 - 2296

[9] H. W. So, J. Walrand, "McMAC: A Multi-Channel MAC Proposal for Ad-Hoc Wireless Networks", Technical Report, April 2005.

[10] <http://www.cs.sunysb.edu/~algorithm/implementation/simpack/implementation.shtml>

김 동 원 (Dong Won Kim) 정회원  
한국통신학회논문지 32권 8호 참고

윤 미 희 (Mi Hee Yoon) 정회원  
한국통신학회논문지 32권 8호 참고

류 재 흥 (Jae Hong Ryu) 정회원  
한국통신학회논문지 32권 8호 참고