

논문 2011-48TC-10-6

# IEEE 802.15.3에서 Multicast ACK를 이용한 전송률 향상 기법

## ( Data Transmission Rate Improvement Scheme Using Multicast ACK in IEEE 802.15.3 )

정 필 성\*, 김 화 성\*\*, 오 영 환\*\*

( Pil Seong Jeong, Hwa Sung Kim, and Young Hwan Oh )

### 요 약

무선 개인영역 네트워크는 저전력소비, 저가, 소형화 등의 장점을 가지고 있어 개인의 휴대장치와 홈 네트워크, 센서 네트워크 등으로 그 응용범위가 커지고 있다. IEEE 802.15.3 표준에서는 point to point 혹은 peer to peer의 UM(Usage Model)을 기본으로 하였지만, 가정이나 회사 내에서 데이터 통신을 요구하는 장치의 수가 증가하면서 point to multipoint의 UM이 제안되었다. 본 논문에서는 point to multipoint의 UM에서 표준에서는 지원되지 않는 multicast-ACK 메시지를 사용함으로써 동일한 데이터를 다수의 디바이스로 전송하는 경우에 Multicast 전송을 하여 전송률을 향상시켰다. Multicast 전송을 하게 되면 multicast-ACK의 증가로 지연시간이 증가되는 문제가 발생하여 이를 해결하기 위하여 CTA구간에서 데이터 전송이 끝나고 채널이 남는 구간에 multicast ACK를 전송하도록 하였다. 제안한 메커니즘을 수학적 분석을 통해 성능을 표준과 비교하였다.

### Abstract

WPAN(Wireless Personal Area Network) have many advantages such as using low power and cheap price, small size. So it is recently increasing application range such as personal portable device, home network and sensor network so on. IEEE 802.15.3 basically has the point to point or peer to peer UM(Usage Model). But using devices that need data transmission is increasing in the house and office. Therefore UM of point to multipoint is proposed. In this paper, I proposed Multicast ACK mechanism on the point to multipoint UM. So it is able to transfer data to multiple devices as this Multicast transfer method at a time. Thus, throughput performance is improved. But the problem that increases data transfer delay is appeared because of adding Multicast ACK traffic. We compared the performance between standard and proposed mechanism through a numerical analysis.

**Keywords :** IEEE 802.15.3, MAC, HR-WPAN, CTA, Multicast

## I. 서 론

무선 개인영역 네트워크는 저전력 소비, 저가, 소형화 등의 장점으로 개인 휴대장치와 홈 네트워크, 센서 네트워크 등으로 응용범위가 확대되고 있으며 최근에는 고화질의 HD(High Definition) 멀티미디어 스트리밍,

무선 USB, SAN(System Area Network)등 높은 전송률을 요구하는 어플리케이션이 증가하고 있다. 그리하여 IEEE 802.15 WG은 고속의 데이터 전송이 가능한 IEEE 802.15.3인 고속 WPAN(HR-WPAN : High-Rate WPAN)을 표준으로 제안하였다<sup>[1]</sup>.

IEEE 802.15.3 표준은 전송률의 향상이 가장 큰 목적이다. Task Group(TG) 3a에서는 UWB(Ultra Wideband) PHY 계층을 제안하여 최대 480Mbps의 전송속도를 지원하게 되었고, 최근에는 TG 3c에서 mm-wave(millimeter wave)를 제안하여 최대 2Gbps가 넘는 높은 전송속도를 지원하게 되었다<sup>[2]</sup>. PHY 계층에

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 전자통신공학과  
(Kwangwoon University)

※ 이 논문은 2011년도 광운대학교 교내 학술 연구비 지원에 의해 연구되었음

접수일자: 2011년8월22일, 수정완료일: 2011년10월18일

서 뿐만 아니라 MAC 계층에서도 성능향상을 위해 그동안 많은 연구가 진행되어 왔다. MAC 계층에서 성능 향상을 위해 진행된 연구는 ACK 메커니즘의 오버헤드, MAC 헤더 압축 기법, 스케줄링 기법에 관한 연구 등 많은 연구들이 진행되고 있다<sup>[5~10]</sup>.

연구가 진행되어 오는 동안 기존 표준에서는 Point to Point UM(Usage Model)이 기본이 되었지만 최근 가정 및 사내에서 통신 가능한 장치들이 늘어나면서 Point to Multipoint의 UM이 제시되었다<sup>[3~4]</sup>. IEEE 802.15.3 표준에서는 신뢰성 있는 전송을 하기 위한 ACK 메시지를 Unicast 데이터 전송에서 사용하고 Multicast 데이터 전송에서는 No ACK 정책을 사용한다. 또한 MAC 계층에서 데이터 전송은 ACK를 포함한 신뢰성 있는 전송이 이루어져야 하며 point to multipoint 전송 모델에서 동일한 데이터를 다수의 장치로 전송하는 경우가 발생한다. 표준에서는 Unicast 데이터 전송으로 여러 번 전송하게 되므로 전송 효율이 떨어지게 된다. 본 논문에서는 multicast 전송도 데이터 전송에 사용될 수 있도록 multicast ACK를 사용하여 데이터 전송률 향상을 가져올 수 있는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 IEEE 802.15.3 MAC에 대하여 알아본다. III장에서는 IEEE 802.15.3 MAC의 point to multipoint UM에서 전송률 증가를 위한 multicast ACK의 기법을 제안하고 IV장에서는 제안한 기법의 시뮬레이션을 통해 표준과의 성능을 비교 및 분석하였다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 도출하고자 한다.

## II. IEEE 802.15.3 MAC

IEEE 802.15.3 MAC은 슈퍼프레임이라는 주기적인 단위를 이용하여 장치들이 통신을 하게 된다. 슈퍼프레임은 그림 1과 같이 Beacon, CAP(Contention Access Period), CFP(Contention Free Period) 구간으로 나누어

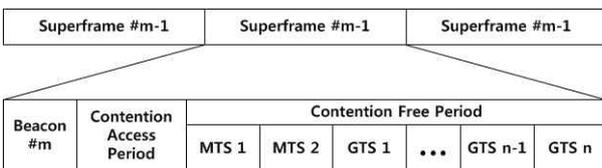


그림 1. IEEE 802.15.3 MAC 슈퍼프레임 구조  
Fig. 1. IEEE 802.15.3 MAC Superframe. Structure.

진다. Beacon 구간에서는 PNC(Pan Coordinator)는 각 장치들에게 메시지를 전송한다. CAP 구간에서는 CSMA/CA를 기반으로 매체에 접근하며 CFP 구간에서는 TDMA를 기반으로 매체에 접근한다.

### 1. Superframe

IEEE 802.15.3에서는 PNC가 Beacon 메시지를 통하여 모든 장치의 슈퍼프레임을 제어하고 동기화 한다. 전송되는 Beacon 메시지는 슈퍼프레임, CAP, CFP 할당 시간의 정보를 포함하여 피코넷 내에 존재하는 모든 장치들을 동기화한다. 또한 채널의 상태와 이용현황의 정보 등을 포함하여 효율적으로 채널자원을 사용할 수 있도록 한다. CAP 구간에서 채널에 접근하거나 에러가 발생한 프레임을 재전송하기 위해서는 기본적으로 경쟁 방식은 CSMA/CA를 사용한다. 각 장치들은 데이터를 전송하기 전에 BIFS(Backoff Interface Space)의 시간 동안 기다렸다가 데이터를 전송하는 Backoff 알고리즘을 수행한다. Backoff 알고리즘의 Backoff 시간은 CW(Contention Window)값 이내의 값으로 무작위로 생성되며 시간이 지남에 따라 Backoff값을 감소시켜 0이 되었을 때 채널이 사용 중이 아니면 프레임을 전송한다. CAP구간은 PNC에 의해서 선택적으로 설정되어 슈퍼프레임내에 존재하는 경우도 있고 존재하지 않는 경우도 있다. CFP 구간에서 PNC는 CFP를 여러 개의 MCTA(Management CAP)들과 CTA들로 나눈다. MCTA에서는 주로 PNC와 장치들이 주고받는 명령 프레임들을 전송할 때 사용되며 CTA에서는 각 장치들 사이에 멀티미디어 데이터나 음성 데이터와 같은 QoS가 보장되어야 하는 데이터를 전송한다. CFP 구간에서는 채널에 접근하기 위해 PNC에서 각 장치들에게 필요한 구간을 Beacon 메시지를 통해 할당해주는 비경쟁적인 방식인 TDMA 방식을 사용한다. CTA 사이에는 전파 지연시간으로 발생할 수 있는 장치들의 데이터 전송 충돌을 방지하기 위해 보호시간(Guard Time)을 두어 장치들의 동기를 제어하여 충돌을 방지한다.

### 2. CTA 할당

그림 2는 장치가 immediate-ACK 정책을 적용하여 CTA를 할당받는 과정이다. 표준에서 PNC가 장치에게 CTA구간에서 채널을 할당하는 방법은 장치가 PNC에게 Channel Time Request command를 전송하여 PNC가 장치에게 CTA구간의 채널을 할당하게 된다. PNC가

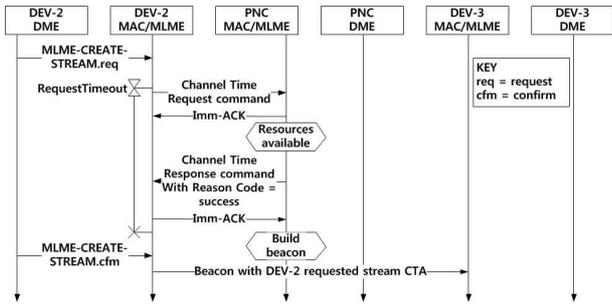


그림 2. IEEE 802.15.3에서 CTA 할당 과정  
Fig. 2. CTA assignment in IEEE 802.15.3.

장치들이 요청한 채널을 그대로 할당하게 되어 CTA구간이 남아 자원을 낭비하는 경우가 발생하게 된다<sup>[8~10]</sup>. 하지만 표준에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 별도의 기법이 정의되어 있지 않다. 그러므로 남은 CTA 구간을 효율적으로 사용하는 기법이 필요하다.

### 2. Multicast 전송

IEEE 802.15.3 표준에서는 사용 모델을 point to point로 하여 장치들이 1:1로 데이터를 전송하는 것을 기본으로 한다. 하지만 가정 및 사무실에서 데이터 전송이 요구되는 가전과 사무기기들이 증가함에 따라 point to multipoint 모델이 제시되었다<sup>[3-4]</sup>. 기존의 표준에서 multicast 전송은 주로 전송량이 작은 command를 전송하기 위해 사용되었고 No-ACK 정책을 사용하였다. 하지만 No-ACK 정책은 채널의 상태가 양호하지 않은 경우 신뢰성 있게 전송해야 하는 데이터 전송에는 적합하지 않다. 또한 point to multipoint 사용 모델에서의 데이터 전송은 unicast 전송보다 multicast 전송이 동일한 데이터를 여러 장치에게 전송하기 때문에 전송 효율이 좋다. 하지만 command가 아닌 데이터 전송의 경우 IEEE 802.15.3 표준에서는 데이터의 신뢰성을 위해 동일한 데이터를 여러 장치들이 unicast 전송 방법을 이용하여 전송한다.

## III. 제안하는 전송률 향상 기법

### 1. 전송 모델 제안

표준에서는 동일한 정보를 여러 장치들로 전송하는 point to multipoint 방법의 전송이 고려되지 않았다. 본 논문에서는 Multicast 데이터 전송에 ACK 메시지를 보내도록 하여 point to multipoint의 통신방법에서 전송률을 높이고자 하였다.

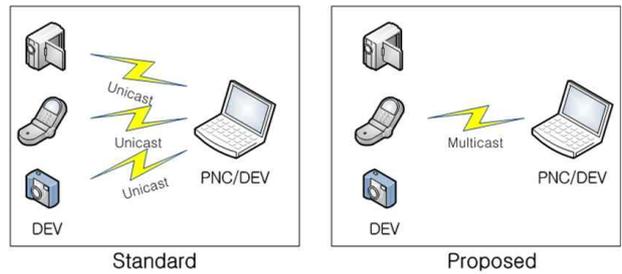


그림 3. Point to Multipoint 에서 표준과 제안한 메커니즘의 전송모델

Fig. 3. IEEE 802.15.3 Standard Model and Proposed Model with Point to Multipoint.

IEEE 802.15.3 표준에서 Multicast 전송은 no-ACK 정책을 사용했기 때문에 신뢰성이 필요한 동일한 데이터를 여러 장치들에게 전송하는 point to multipoint의 통신 방법이 필요한 경우에도 imm-ACK나 dly-ACK policy를 사용하는 unicast로 전송하게 된다. 하지만 multicast 데이터에 대해서 multicast-ACK 정책을 사용하여 신뢰성 있는 데이터 전송을 한다면 그림 3과 같이 동일한 데이터를 여러 장치들에게 전송하는 point to multipoint 모델에서 데이터 전송율을 향상시킬 수 있다.

기존의 IEEE 802.15.3은 CTA구간을 PNC가 장치에게 할당할 때 CTA구간이 남는 경우가 발생한다<sup>[8-10]</sup>. 이때 남은 CTA구간을 재사용하게 되면 데이터 전송에 대한 이용률과 전송률을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 multicast 전송의 신뢰성을 높이기 위한 방안으로 multicast ACK를 적용하고 오버헤드를 줄이기 위해 CTA구간의 재사용구간을 이용하는 메커니즘을 제안한다.

### 2. 슈퍼프레임 제안

IEEE 802.15.3에서 CTA구간에서 남은 구간인 Idle time slot를 경쟁구간으로 설정하여 multicast-ACK를 전송하는 구간으로 재사용하는 메커니즘을 제안한다. 이는 표준에서는 multicast 데이터 전송이 no-ACK 정책을 사용하여 ACK를 전송하지 않았지만 ACK를 전송하게 됨으로 트래픽이 증가하게 된다. 증가되는 트래픽을 해결하기 위하여 idle time slot구간을 활용하여 채널 이용률을 증가시켜 전송지연을 줄여주는 방법의 슈퍼프레임을 제안하였다. 제안한 슈퍼프레임의 구조는 그림 4와 같다. 먼저 idle time slot이 발생하게 되면 MACAP나 RCAP를 설정하기 위해 cancellation 메시지

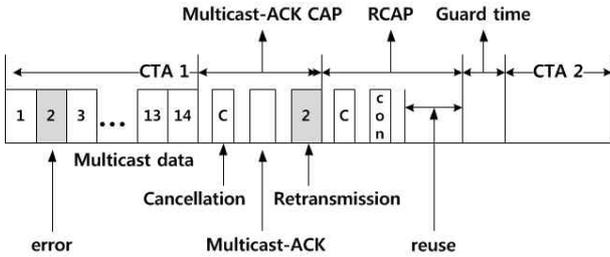


그림 4. 제안한 슈퍼프레임의 구조  
Fig. 4. Proposed Superframe Structure.

를 장치가 PNC에게 전송하여 CTA구간이 남았음을 알린다. 장치로부터 cancellation 메시지를 받은 PNC는 multicast로 MACAP구간을 설정한다.

MACAP구간이 설정되면 multicast 데이터를 전송한 장치는 multicast-ACK를 전송하고 multicast 데이터에 대한 재전송을 실시한다. 만약 multicast-ACK를 전송해야 할 장치가 없다면 PNC는 idle time slot을 RCAP구간으로 설정한다. Multicast-ACK의 전송과 multicast 데이터에 대한 재전송이 끝나면 장치는 cancellation 메시지를 PNC에게 전송하고 PNC는 나머지 idle time slot을 RCAP로 설정한다. RCAP 구간에서는 전송할 데이터가 있는 장치가 경쟁적으로 채널을 점유하여 데이터를 전송한다.

3. MAC 프레임 제안

Multicast-ACK를 사용하기 위해서는 multicast-ACK의 프레임 포맷을 재구성하고 multicast 전송을 2가지로 구분해야 한다. 하나는 command 메시지를 전송에 사용되며 no-ACK 정책을 사용하는 multicast이고 다른 하나는 동일한 데이터를 다수의 장치들에게 전송하며 multicast-ACK를 사용하는 multicast이다. 또한 남은 CTA를 재사용하기 위해서 cancellation 메시지를

표 1. 제안한 Frame Control 필드의 Frame Type  
Table 1. Frame Type fo Proposed Frame Control Field.

Type value	Frame type description
000	Beacon
001	Immediate ACK Frame
010	Delayed ACK Frame
011	Command Frame
100	Data Frame
101	Multicast ACK
110-111	Reserved

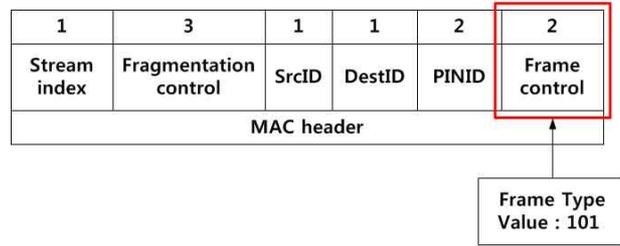


그림 5. Multicast ACK 프레임 포맷  
Fig. 5. Multicast ACK Frame Format.

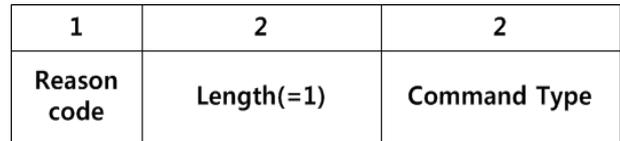


그림 6. 할당 해제 요청 프레임 포맷  
Fig. 6. Assignment Clear Request Frame Format.

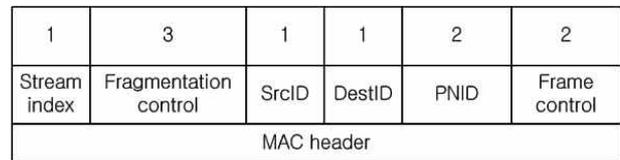


그림 7. IEEE 802.15.3 MAC 헤더  
Fig. 7. IEEE 802.15.3 MAC Header.

위한 구조도 함께 재구성해야 한다.

Multicast ACK의 Frame type을 정의 해주기 위해 표준에서 Frame type의 값 000은 Beacon Frame, 001은 Immediate ACK, 010은 Delay ACK, 011은 Command Frame, 100은 Data Frame으로 5가지 Frame Type이 정의 되어 있다. 그리고 101부터 111까지는 Reserved 되어 있다. 본 논문에서는 표 1과 같이 Reserved 되어있는 101을 multicast-ACK로 사용하여 Frame Type을 총 6가지로 정의한다.

Multicast-ACK 메시지의 프레임 포맷은 그림 5와 같다. MAC header에 Frame control 필드의 Frame Type Value를 101값으로 설정하여 전송한다.

Cancellation 메시지는 그림 6과 같이 할당 해제 요청 프레임 포맷에서 Reason code의 reserved 되어 있는 5-255중에 5를 CTA구간이 남아 채널을 재사용할 수 있도록 PNC에게 알리는 Cancellation 프레임으로 정의한다.

본 논문에서 제안된 multicast-ACK 정책을 사용하는 multicast 전송을 구분을 위한 프레임의 설계가 필요하다. 그림 7의 MAC Header에서 SrcID와 DestID 값으로 송신하는 장치와 수신하는 장치를 구분하며 ID의 중

표 2. 제안한 Multicast ID를 포함한 SrcID와 DestID의 ID Type

Table 2. Proposed Multicast ID in SrcID and DestID.

Type value	ID type description
0x00	PNC ID
0xF7 - 0xFC	Nbr ID
0xFD	Mcst ID
0xFE	Unassoc ID
0xFF	Best ID
0xED	proposed Mcst ID
0xEE - 0xF6	Reserved

류를 표 2와 같이 구분한다.

본 논문에서 제안한 multicast-ACK를 사용하는 multicast 데이터 전송을 위한 ID는 reserved되어 있는 0xED값을 정의한다.

#### 4. Multicast ACK 전송 알고리즘

CTA구간에서 idle time slot을 multicast-ACK를 전송하고 전송할 데이터가 있는 장치들이 경쟁적으로 채널을 점유하여 데이터를 전송하기 위한 MACTA구간과 RCTA구간을 할당하기 위해서는 그림 8과 같은 알고리즘이 필요하다. PNC는 채널이 비어 있는지 확인 후 채널이 비어있음을 확인하고 Cancellation 메시지를 수신하였는지 확인한다.

Cancellation 메시지를 수신하였으면 cancellation 메시지를 만들어 다른 장치로 CTA를 재사용 할 수 있다

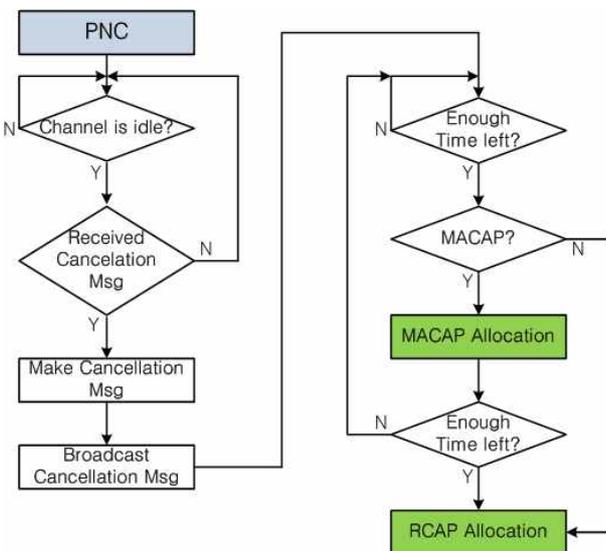


그림 8. MACAP와 RCAP 할당 과정  
Fig. 8. MACAP and RCAP Assignment.

록 할당하기 위해 broadcast 한다. 그 후에 타임이 충분한지 확인한 후에 multicast-ACK를 전송하는 MACAP가 필요한 장치가 있는지 확인한다. MACAP가 필요한 장치가 있으면 MACAP를 할당하고, MACAP가 필요한 장치가 없으면 RCAP를 할당한다.

#### 5. 수치해석 모델

본 논문에서 제안한 기법에 대한 성능을 분석하기 위해 최대 전송률과 이용률과 최대 지연시간에 대한 수치해석 모델을 세웠다. 최대 전송률은 식 (1)로 표현할 수 있으며 S는 최대 전송률을 의미하며 Received Amount of Information Bit는 장치가 수신한 데이터 bit의 양을 의미한다. Transmission Duration은 데이터를 전송한 총 시간을 의미한다.

$$S = \frac{\text{Recived Amount of In for mation Bit}}{\text{Trasmmission Duration}} \quad (1)$$

최대 전송률 S를 구하기 위해 Received Amount of Information Bit와 Transmission Duration을 구해야 한다. 두 값을 계산하기 위해서는 FER(Frame Error Rate)을 구해야 한다. FER값은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다. BER은 비트 에러율을 의미하며  $L_{payload}$ 는 Payload Bit 수를 의미한다.

$$FER = 1 - (1 - BER)^{L_{payload}} \quad (2)$$

슈퍼프레임의 전송 시간인 Transmission Duration의 CTA구간은 프레임 전송이 성공했을 때와 프레임 전송이 실패 했을 때로 나눈다. 프레임 전송이 성공 했을 경우는  $T_s$ 로 프레임의 전송 시간에서 2개의 SIFS의 시간을 더해주고 ACK의 전송시간을 더하여 구한다. 프레임 전송이 실패 했을 경우는  $T_f$ 로 프레임의 전송 시간에서 재전송을 위한 IFS인 RIFS의 시간, 프레임 값, 2개의 SIFS의 시간, ACK의 전송 시간을 더하여 구할 수 있다.  $T_s$ 와  $T_f$ 의 값은 식 3으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{cases} T_s = T_{frame} + 2 \times SIFS + T_{ack} \\ T_f = T_{frame} + RIFS + T_{frame} + 2 \times SIFS + T_{ack} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에서  $T_{frame}$ 은 하나의 프레임을 전송하는데 소요되는 시간이며 하나의 프레임은 Payload, MAC header, PHY header, FCS(frame check sequence)로 구성되어 있다. 그러므로  $T_{frame}$ 은 식4와 같다.

$$T_{frame} = T_{phy} + T_{mac} + T_{payload} + T_{FCS} \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)를 이용하여 슈퍼프레임 전송 시간을 구하면 식 (5)와 같다. 하나의 CTA 전송 시간은 프레임의 전송시간과 Guard Time의 합으로 구해진다. 전송 성공 확률에서  $T_s$ 의 곱과 전송 실패 확률에서  $T_f$  곱을 합하면 프레임의 전송 시간이 된다. CTA의 전송 시간에서 슈퍼프레임 내의 CTA의 수를 곱해주고 Idle time slot의 시간을 더하고 Beacon의 전송시간을 더한 후 Guard Time을 더해주면 전체 전송 시간이 구해진다. GT는 Guard Time, WP는 Idle time slot,  $F_{ca}$ 는 CTA 내 전송되는 프레임의 개수,  $CTA_{ca}$ 는 CTA 의 개수를 의미한다.

*Transmission Duration*

$$= (((1 - FER) \cdot T_s + FER \cdot T_f) \cdot F_{ca} \cdot GT) \cdot CTA_{ca} + T_{idle} + T_{beacon} + GT \quad (5)$$

장치가 수신한 데이터 bit의 양인 Recived Amount of Information bit는 전송 성공 확률에서 Payload bit 수와 프레임의 개수, CTA개수, 수신한 DEV의 개수를 곱함으로 구할 수 있으며 식 (6)과 같다.  $DEV_{ca}$ 는 데이터를 Multicast로 동시에 전송하는 장치의 개수이다.

*Recived Amount of In formation Bit*

$$= (1 - FER) \cdot L_{payload} \cdot F_{ca} \cdot CTA_{ca} \cdot DEV_{ca} \quad (6)$$

이용률은 Payload의 전송시간에서 슈퍼프레임 전송 시간을 나누어 구할 수 있으며 식 (7)과 같다.

$$Utilization = \frac{T_{payload}}{Transmission\ Duration} \quad (7)$$

$$Maximum\ Delay = Frame\ Transmission\ Duration \quad (8)$$

최대 지연 시간은 CTA구간 내에서 에러난 Frame까지 재전송되는 Frame Transmission Duration을 Maximum Delay로 식 (8)과 같다.

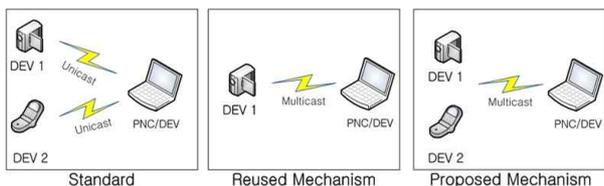


그림 9. 시뮬레이션 모델  
Fig. 9. Simulation Model.

### IV. 성능평가

IEEE 802.15.3의 표준문서에서 정의한 내용으로 표 3과 같이 시뮬레이션 파라미터 값들을 정의하였다.

IEEE 802.15.3의 전송률은 PHY 계층의 변조방식에 따라 11Mbps, 22Mbps, 33Mbps, 44Mbps, 55Mbps로 다양하다. 본 논문에서는 64-QAM 변조방식을 사용하는 55Mbps를 적용시켰다. Payload size는 표준에서 정의한 최저 payload size인 256bytes에서 최대 payload size인 2048bytes까지 변화 시켜가면서 시뮬레이션을 하였다.

그림 10은 Payload에 따른 최대 전송률을 시뮬레이션한 결과이다. Multicast ACK를 사용하여 Multicast 전송 방법으로 동일한 데이터를 2개의 DEV로 전송한 시뮬레이션 결과 값을 보면 payload가 256byte일 때는 표준이 약 20Mbps, 제안한 메커니즘이 약 35Mbps이고, 2048byte일 때는 표준이 약 32Mbps, 제안한 메커니즘이 78Mbps로 채널을 재사용하는 알고리즘의 전송률이

표 3. 시뮬레이션 파라미터  
Table 3. Simulation Parameters.

Parameters	Values
SIFS	10 $\mu$ sec
MIFS	2 $\mu$ sec
BIFS	17.3 $\mu$ sec
RIFS	27.3 $\mu$ sec
Guard Time	20 $\mu$ sec
PHY header	9.4 $\mu$ sec
Superframe Duration	최대 65535
Payload	256~2048 bytes
MAC Header	10 bytes
ACK	10 bytes
Throughput	55 Mbps
FCS	4
BER(Bit Error Rate)	$1 \times 10^{-6}$

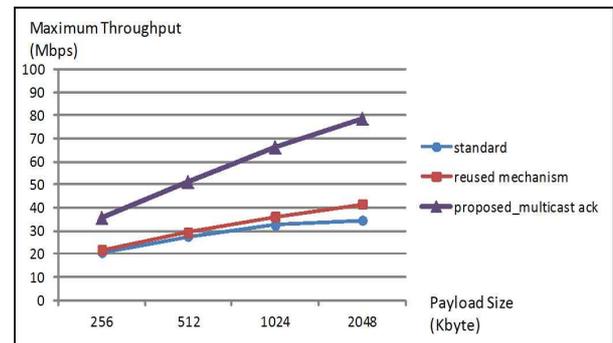


그림 10. Payload Size에 대한 최대 전송률 비교  
Fig. 10. Comparison of Maximum Throughput.

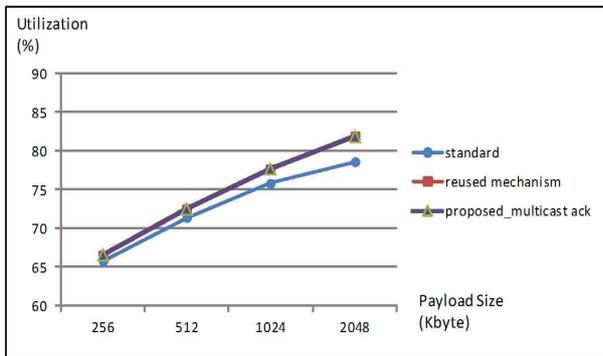


그림 11. Payload Size에 대한 이용률 비교  
Fig. 11. Comparison of Utilization.

약 2배 증가한 것을 그림 11을 통하여 확인할 수 있다. 또한 Idle time slot를 재사용함으로써 전송률이 증가되는 것을 확인할 수 있고, Point to Multipoint 전송 모델에서 Multicast ACK를 사용함으로써 데이터 전송을 Multicast로 하여 전송률이 크게 향상되는 것을 확인할 수 있다.

이용률은 Payload가 증가함에 따라 PHY 헤더, MAC 헤더, Guard Time, IFS로 인한 오버헤드가 감소하기 때문에 증가하게 된다. 또한 multicast-ACK와 전송할 데이터가 있는 장치가 경쟁적으로 채널을 점유하여 데이터를 전송함으로써 CTA의 idle time slot를 재사용하게 되어 이용률이 payload가 2048byte일 때는 표준이 약 78%이고, 제안한 기법을 사용하였을 때 약 82%정도로 이용률이 증가된 것을 그림 11을 통해 확인할 수 있다. Payload의 Size가 증가함에 따라 표준과 제안한 기법의 차이가 증가하는 이유는 Payload의 Size가 증가하면서 CTA의 Idle time slot이 증가하여 idle time slot을 재사용에 따른 이용률 증가 때문이다. 또한 채널 재사용 메커니즘과 multicast-ACK를 전송하는 메커니즘의 이용률이 비슷한 이유는 둘 다 idle time slot을 재사용하기 때문이다.

제안한 기법을 사용하게 되면 multicast 데이터를 다 전송한 후에 multicast-ACK를 전송하여 전송 오류가 발생한 프레임에 대한 재전송이 이루어진다. 반면에 표준에서는 하나의 프레임을 전송하고 즉시 ACK를 전송하여 에러난 프레임에 대한 재전송이 이루어지므로 지연시간은 payload가 256byte일 때 70usec, 제안한 기법은 125usec이고 2048byte에서는 표준이 340usec, 제안한 기법이 380usec 정도로 표준이 제안한 Multicast ACK보다 지연시간이 적은 것을 그림 12를 통해 확인할 수 있다. Multicast-ACK를 사용함으로써 채널 재사용

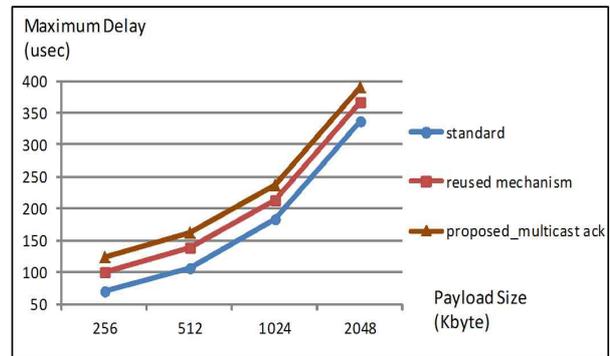


그림 12. Payload Size에 대한 최대 지연시간 비교  
Fig. 12. Comparison of Maximum Delay.

메커니즘보다 ACK로 인해 지연시간이 증가하였기 때문이며 표준에서 정의한 음성 10msec와 영상 100msec의 조건을 만족한다.

## V. 결 론

IEEE 802.15.3은 고속 WPAN으로 초기 IEEE 802.15.3 MAC은 point to point 혹은 peer to peer의 전송 모델을 기본으로 설계되었으나 최근 가정과 사무실 등에서 통신 가능한 장치들이 증가하면서 point to multipoint 사용 모델이 제안되었다. 표준에서는 multicast 전송은 no-ACK 정책을 사용하여 주로 데이터 크기가 작은 command를 전송할 때 사용하므로 point to multipoint 전송 모델에서 multicast 전송에 대해 ACK를 전송함으로써 동일한 데이터를 다수의 장치들로 전송할 수 있는 기법이 필요하다.

본 논문에서는 point to multipoint 전송 모델에서 multicast 전송에 대하여 multicast-ACK를 전송하는 기법을 제안하여 multicast 전송으로 데이터를 신뢰성 있는 데이터를 전송할 수 있도록 하였다. Multicast-ACK를 사용함으로써 트래픽이 증가되어 지연시간이 증가하지만 IEEE 802.15.3 표준에서 정의하는 최대 보장 지연시간인 비디오 데이터의 경우 100 msec, 음성 데이터의 경우 10 msec 보다 크지 않은 것을 알 수 있다. Multicast-ACK의 전송으로 트래픽의 증가를 보완하기 위하여 CTA구간의 idle time slot을 이용하였다. 남겨지는 CTA구간을 multicast-ACK를 전송하는 MACAP 구간과 전송할 데이터가 있는 장치들이 경쟁적으로 채널을 점유해서 데이터를 전송하는 RCAP 구간을 설계하여 이용률을 높였다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE, "Part 15.3 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE std 802.15.3TM, Sep 2003.
- [2] IEEE, "Part 15.3 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE 802.15.3cTM, Oct 2009.
- [3] 이우용, 김경표, 김용선, 김진경, 권형진, "IEEE 802.15.3c WPAN 표준화 기술 동향," 한국통신학회지(정보와 통신), 제24권, 제8호, 40-52쪽, 2007년 8월
- [4] 이우용, 김진경, 김용선, 김경표, "Millimeter Wave WPAN(IEEE 802.15.3c) 전송 기술 및 표준화 동향," [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보 주간기술동향 1307호, 2007년 8월
- [5] Jong-In Lee, Sangheon Pack, Kyung-Hoe Kim, Chul-hee Kang, "Channel Adaptive ACK Mechanism in IEEE 802.15.3 Wireless Personal Area Networks," ICOIN 2009, pp. 1-5, Jan 2009
- [6] H. Chen, Z. Guo, R. Yao, and Y. Li, "Improved Performance with Adaptive Dly-ACK for IEEE 802.15.3 WPAN over UWB PHY", IEICE Transaciton on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol. E88, no. 9, pp. 2364-2372, Sep 2005.
- [7] E. Kwon, K. Lee, and J. Lim, "Enhancement of IEEE 802.15.3 High Rate WPAN via MAC header Compression," IEEE IPCCC 2005, pp. 629-230, Apr 2005.
- [8] E. Kwon, D. Hwang, J. Lim, "An Idle Timeslot Reuse Scheme for IEEE 802.15.3 High-Rate Wireless Personal Area Networks," IEEE VTC 2005, Vol. 2, pp. 715-719, Sep 2005.
- [9] Ji Eun Kim, Young Ae Jeon, Sangjae Lee and Sang Sung Choi, "An Improvement of Channel Efficiency for IEEE 802.15.3 High Rate WPAN," IEEE ICACT 2006, Vol. 3, pp. 1677-1680, Feb 2006.
- [10] Ji Eun Kim, Young Ae Jeon, Sangjae Lee and Sang Sung Choi, "ECAP: An Enhancement of the IEEE 802.15.3 MAC via Novel Scheduling," IEEE VTC 2006, pp. 1313-1317, May 2006.

## 저자 소개

정 필 성(학생회원)

대한전자공학회 논문지

제 44권 CI편 제3호 참조

김 화 성(정회원)

현재 광운대학교 전자통신공학과 교수

오 영 환(정회원)

현재 광운대학교 전자통신공학과 교수