

논문 2007-02-07

WiMedia UWB MAC의 자원할당 방안 (Resource Allocation scheme for WiMedia UWB MAC)

남정민*, 백승호, 허재두, 이성창
(Jungmin Nam, Seungho Baek, Jaedoo Huh, Sungchang Lee)

Abstract : Wimedia UWB(Ultra-Wideband) platform provides data rates up to 480Mbps in WPAN (Wireless Personal Area Network). Wimedia conformant devices access to the channels through superframe concept for communications. As the channel resource is limited, the optimal channel time required for each device needs to be estimated to share the resource efficiently among the devices. In this paper, we propose a scheme to estimate the required channel time in a super frame to satisfy the QoS of the application on a device. The channel time is estimated from the service rate which is computed from the TSPEC of the application. In the process of the estimation, we take the frame overhead for data transmission as well as the overhead due to the acknowledgement scheme, preamble, and MDSU size into consideration. We also analyze and compare the throughputs for different acknowledgement scheme, preamble, and MDSU size situations. The estimated channel time required for a given service rate is allocated in the unit of MAS(Medium Access Slot).

Keywords : Ultra-Wideband(UWB), WiMedia UWB MAC, TSPEC, WiNet QoS, superframe, Medium Access Slot(MAS), Distribution Reservation Protocol(DRP)

1. 서론

언제 어디서나 네트워크에 접속해 정보를 이용하고 활용할 수 있는 유비쿼터스 시대가 도래하면서 WPAN 환경에서는 유비쿼터스 네트워크 구축을 위한 고속 무선 데이터 통신기술에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. WPAN 환경에서의 고속 무선 데이터 통신 기술에는 PNC (PicoNet Coordinator)를 이용한 중앙 집중 방식의 IEEE802.15.3 MAC과 PNC가 없는 분산 방식의 WiMedia MAC이 있다.

IEEE 802.15.3 MAC은 Security와 QoS를 지원 하고 최대 55Mbps의 전송속도를 지원하며, A/V 기기 사이의 무선 통신에 사용할 목적으로 표준화된 기술이다. 이 기술은 각 디바이스가 보낸

비컨 정보를 통해 PNC에 의해 무선 자원이 관리 되고, 통신을 원하는 디바이스는 QoS를 요구하는 데이터 전송을 위해 사전에 비컨을 통하여 CTA (Channel Time Allocation)라는 구간을 예약 하고, 이 예약된 구간에서 데이터를 전송할 수 있는 중앙 집중방식의 MAC이다. WiMedia MAC은 802.15.3 MAC의 PNC를 이용한 중앙 집중 방식과는 달리 각 디바이스가 비컨을 송신하고 수집된 정보를 분석하여 처리하는 분산 방식을 사용하는 MAC이다.

이는 최대 480Mbps까지의 전송속도를 지원할 수 있는 UWB(Ultra Wide Band)기반의 PHY를 사용하여 WPAN 환경에서 보다 높은 채널 자원을 활용 할수 있고 여러 멀티미디어 디바이스의 트래픽을 PNC 없이 수용할 수 있다. 본 논문에서는 WiMedia PHY/MAC을 사용하는 디바이스간 통신을 위해 디바이스 응용에 대한 QoS를 지원하면서, 한정된 자원을 효율적으로 할당 하는 방안 에 대해 알아본다.

본 논문은 제 II장에서 WiMedia UWB PHY와

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 03. 04., 채택확정 : 2007. 03. 12.
남정민, 이성창 : 한국항공대학교 정보통신공학과
백승호, 허재두 : 한국전자통신연구원

MAC에서 활용되는 superframe의 구성과 DRP(Distributed Reservation Protocol)를 통한 자원 할당 메커니즘을 기술하였고, 제 III장에서 효율적인 자원 할당을 위해 제안된 MAS 개수 산출 방안 에 대해 설명한다. 제 IV장에서는 제시 방안의 실현 결과를 보여주고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. WiMedia UWB PHY

WiMedia PHY의 PLCP(Physical Layer Convergence Protocol)프레임은 그림 1과 같이 PLCP 프리앰블, PLCP 헤더, 프레임 페이로드로 구성된다. PHY와 MAC 헤더는 25bytes 고정길이의 PLCP 헤더에 포함되고 이 PLCP헤더는 39.4Mb/s의 데이터 전송률을 가진다.[1] PLCP헤더에 붙는 PSDU(PLCP Service Data Unit)는 최대 4,095bytes 크기의 가변 페이로드를 가지고 있다. PSDU는 디바이스에 따라 상위 레이어에서 정한 데이터 전송률에 따른다.

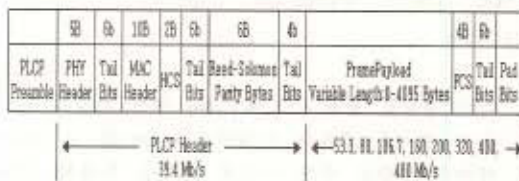


그림 1. MB-OFDM PLCP 프레임 구조
Fig 1. MB-OFDM PLCP frame structure

2. WiMedia UWB MAC

WiMedia UWB MAC 시스템은 고정된 시간길이를 가진 superframe을 이용하여 통신을 요청하는 디바이스들이 채널 타임 자원을 공유하는 분산 방식의 MAC이다.[2][3] 또한 WiMedia UWB MAC에서 자원을 할당하는 기법으로 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access /Collision Avoidance) 기법을 사용하는 PCA(Priority Contention Access)와 superframe 내의 비컨 구간에서 채널타임을 예약하는 DRP(Distributed Reservation Protocol)가 있다.

2.1 SUPERFRAME의 구성

Superframe은 256개의 MAS(Medium Access Slot)로 구성되어 있고, 각 MAS는 256us의 시간

길이를 가진다. 각 superframe의 시작 부분에는 모든 디바이스들이 비컨을 교환하기 위해 n개의 MAS로 이루어진 BP(Beacon Period) 구간을 가지고 있다.[4] 여기에서 비컨은 시스템의 동기 유지, 네트워크 망 학습, 그리고 채널 접근들을 조정하기 위해 사용된다. BP 이외의 구간은 DTP(Data Transfer Period)라고 하며, 이는 데이터 전송을 위해 사용되는 구간이다. 그림 2는 superframe의 구성을 보여준다.

2.2 DRP

WiMedia MAC의 resource reservation 방식 중 하나인 DRP는 superframe상의 비컨 구간에서 사전 예약을 통한 비경쟁 기반의 채널 접근을 제공한다.[4] Beaconing을 통하여 같은 BP(Beacon Period)를 공유하는 디바이스들은 superframe내의 MAS 점유 상태를 알 수 있고, 통신을 위한 사전 예약을 할 수 있다. 사전 예약 방식에는 그림 2와 같이 두 가지의 DRP 예약 메커니즘(Hard or Soft reservation)을 지원한다. Hard reservation은 자신의 통신상대와 채널 자원을 단독으로 사용하고, 이 예약 구간 동안 다른 디바이스의 통신요청은 수락되지 않는다. 이와 달리 soft reservation은 통신상대와의 연결 설정 후 남은 예약 구간에 대하여 요청이 있는 디바이스들 간의 경쟁을 통해 MAS를 재 할당 할 수 있다.

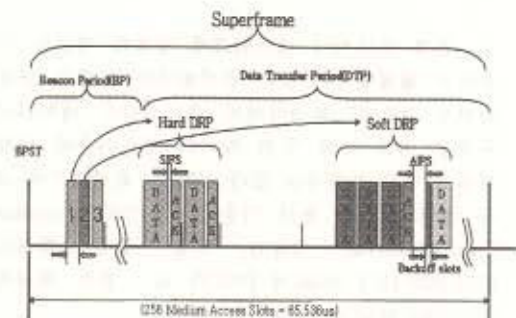


그림 2. superframe내의 DRP 예약 방식
Fig 2. DRP reservation scheme in superframe

III. 자원할당 방안

WiMedia Alliance에서는 Parameterized QoS와 Prioritized QoS 이 두 가지 형태의 QoS를 제공하며, 이는 각각 DRP와 PCA를 통한 대체 접근

방식에 적용이 된다.[5] 본 논문에서는 DRP 자원 예약 방식을 이용한 Parameterized QoS를 사용한다는 가정하에 자원할당방안을 제안하였다. 앞서 언급한 DRP를 통해 무선 채널 타이밍을 예약하는 parameterized QoS 방식은 트래픽 특성과 서비스 요구사항이 명시된 TSPEC(Traffic specification) 파라미터를 활용한다.

이 TSPEC 파라미터를 이용하여 결정되는 service rate는 상위 계층이 요청하는 값들로서 실제 데이터 전송 시 발생하는 오버헤드가 고려되지 않은 데이터 트래픽의 처리율이므로 실제 디바이스 간의 통신을 위해서는 service rate보다 높은 데이터 트래픽 처리율이 필요하다. 즉, 데이터 전송을 위한 service rate와 전송되는 PPDU구조에 의해 발생하는 오버헤드를 고려하여 단위 superframe당 전송시간을 계산하여야 디바이스간의 통신을 위해 충분한 MAS개수를 산출할 수 있다.

그림 3은 최적화된 MAS 개수를 산출하기 위해 본 논문에서 제안하는 방안을 그림으로 나타낸 것이다.

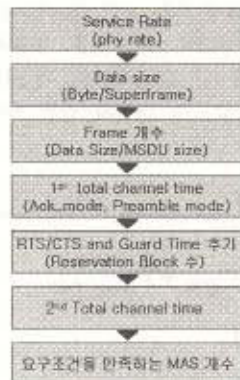


그림 3. 제안하는 MAS 개수 산출 과정
Fig 3. Proposed computation process for Number of MAS

1. MAS 개수의 산출을 위한 고려사항

1.1 Service Rate

디바이스간의 통신을 위한 service rate은 디바이스 상위층용의 QoS 요구사항에 적합한 TSPEC을 이용하여 구할 수 있다. 본 논문에서 사용되는 모델은 'Fluid Twin Token Bucket Model' 이며, 이 모델을 이용하여 얻은 mean data rate(r), maximum burst size(b), peak data rate(p) 이 세 파라미터로부터 service rate을 구한다.

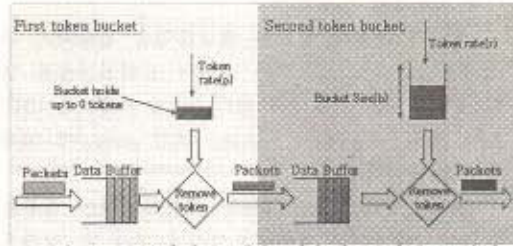


그림 4. 토큰버킷 모델을 이용한 트래픽 특성화
Fig 4. Traffic Characterization using token bucket model

이 모델에서 주어진 파라미터 r, b, p 로 표현되는 트래픽 특성을 가진 traffic stream에 대한 service rate(g)는 그림 5에서와 같이 그래프로 표현된다. 그리고 각 파라미터의 관계는 다음과 같은 수식으로 설명된다.

먼저 Maximum Queuing delay는 식(1)과 같이 표현된다.

$$d_q = \frac{p-g}{g} * \frac{b}{p-r} \tag{1}$$

TSPEC을 포함하는 TS(traffic stream)에 대한 delay bound dq를 보장하기 위하여 필요한 service rate(g)는 식(2)와 같다.

$$g = \frac{p}{1 + d_q * \frac{p-r}{b}} \tag{2}$$

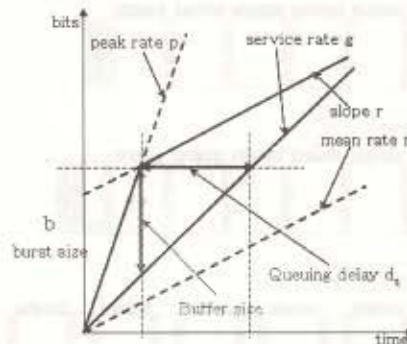


그림 5 트래픽 스트림을 전송하기 위한 최소 서비스율

Fig 5. Minimum Service Rate to transport the TS

1.2 프레임 전송시간

데이터 전송에 필요한 채널타임을 할당하기 위해서는 service rate뿐만 아니라 프레임전송을 위한 오버헤드를 고려해야 한다. 이 오버헤드는 PHY data rate, preamble mode, ACK policy에 의해 영향을 받는다.[6]

첫째로 PHY data rate는 채널타임동안 전송할 수 있는 데이터와 오버헤드크기에 가장 큰 영향을 줄 수 있다. 이 PHY data rate는 UWB 규격에서 제안하는 53.3, 80, 106.7, 160, 200, 320, 400, 480Mbps의 선택 영역으로 제한한다. 표 1은 각 PHY rate에 따른 NIBP6S(Number of Information Bit per 6 symbols)를 정의 하고 있다.

표 1. PHY 데이터율에 따른 변조 정보

Table 1. modulation info. for PHY data rate

Data rate (Mb/s)	Modulation	Coding rate (R)	Coded bits per 6 OFDM Symbol	Info bits per 6 OFDM Symbols (N)
53.3	QPSK	1/3	300	100
80	QPSK	1/2	300	150
106.7	QPSK	1/3	600	200
160	QPSK	1/2	600	300
200	QPSK	5/8	600	375
320	DCM	1/2	1200	600
400	DCM	5/8	1200	750
480	DCM	3/4	1200	900

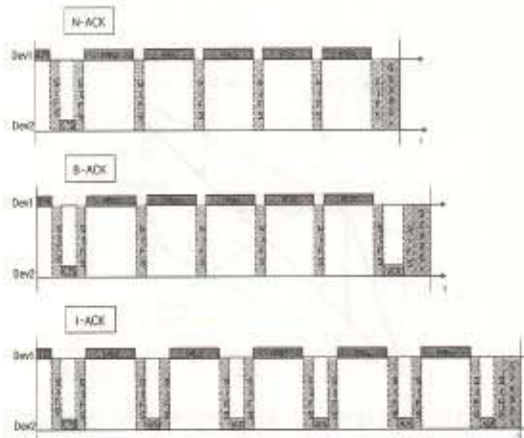


그림 6. Ack 모드별 총 오버헤드 기간 비교

Fig 6. Total overhead duration for Ack mode

둘째로 프레임전송을 위한 오버헤드는 프리엠블 모드에 영향을 받을 수 있다. 앞선 장에서 소개된 PLCP 프레임을 통하여 보았듯이 PLCP 프리엠블은 standard 프리엠블(7.5us)과 burst 프리엠블(3.75us)의 두 모드를 지원한다. 즉, 하나의 프레임 전송할 때 standard 프리엠블은 burst 프리엠블보다 두 배 많은 프리엠블 시간을 소비한다.

그리고 I-Ack는 수신노드에 각각의 송신 프레임이 성공적으로 수신될 때마다 SIFS(Short Interframe Space)기간 이후에 Ack를 보낸다. 즉, 그림 6과 같이 Ack 모드에 따르ms 오버헤드 상황을 설명할 수 있다.

디바이스1(Dev1)이 디바이스2(Dev2)에게 데이터를 전송하기 위해 superframe상의 MAS들을 예약하였다고 가정했을 때 예약한 MAS들의 집합을 reservation block이라고 한다. 그림 6은 이 reservation block내에서 Dev1이 Dev2에게 5개의 프레임을 전송 할 때, Ack 모드별로 오버헤드를 포함하는 총 전송 시간을 비교한 그림이다. 보내고자 하는 데이터의 속성에 따라 Ack policy가 결정되지만 그림 6을 보면 알 수 있듯이 단순 오버헤드의 시간적 크기만을 비교해 보았을 때 I-Ack가 가장 큰 오버헤드를 가진다. Ack mode에 따른 오버헤드는 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$T_{I-ACK} = T_{PLCP Preamble} + T_{PLCP Header} \quad (3)$$

$$T_{B-ACK} = T_{I-ACK} + T_{frame_PSDU} \quad (4)$$

$$T_{N-ACK} = 0 \quad (5)$$

1.3 MSDU Size

일정한 양의 데이터를 보내기 위한 MSDU 크기에 따른 오버헤드는 MSDU 크기가 작을수록 프레임수가 많아져 오버헤드가 더 커진다. MSDU 사이즈는 0~ 4095bytes의 가변 크기를 갖는다.

2. MAS 개수의 산출 알고리즘

위에서 언급한 service rate, overhead, MSDU 크기를 통해 단위 superframe 상에 필요한 MAS(Medium Access Slot)의 개수를 산출할 수 있다.

- TSPEC을 통한 service rate을 구한다.

(*(2)식 참조)

- 디바이스의 용량에 대한 service rate을 만족하기 위하여 단위 superframe에서 전송되어야 할 총 데이터 크기를 구한다.
- 단위 superframe상에 전송될 데이터를 프레임상의 페이로드로 구분하기 위해서 지정된 크기의 MSDU로 나누어 프레임 개수를 구한다.
- Ack policy, 프리엠블 모드를 고려한 1차적인 총 채널 시간을 구한다.(1차 MAS 개수 산출)
- Superframe에 할당되는 reservation block의 수를 고려한 RTS/CTS 와 guard time을 1차 총 채널 시간에 더한다.(2차 총 채널 시간)
- 2차 총 채널 시간을 256us로 나누어 최종 MAS 개수를 산출 할 수 있다.

표 2. 제안된 방안을 위한 파라미터
Table 2. Parameter for proposed scheme

	용어설명	수치
T _{FRMBL}	PLCP preamble duration	9.375us
T _{HEADER}	PLCP header duration	3.75us
T _{SYM}	OFDM Symbol interval	0.3125us
T _{MIFS}	MIFS duration	1.8755us
T _{SIFS}	SIFS duration	10us
T _{ACK}	Ack duration	그림수식
N _{SYM}	Number of symbol in the PSDU	그림수식
RTS/CTS	Request/Clear to Send	13.125us
GT	Guard Time	12us

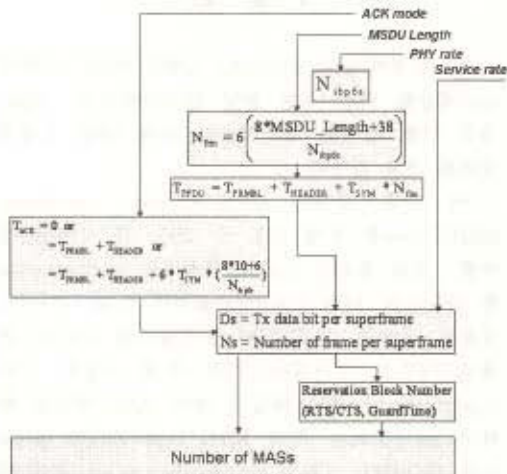


그림 7. 제안하는 MAS 개수 산출 방안
Fig 7. Proposed computation Scheme for Number of MAS

다음 표 2의 파라미터 값들과 그림 7을 통하여

세부적인 MAS 개수 산출 방법을 설명한다. Ack mode, MSDU 크기, PHY rate, service rate 값들을 그림 7의 알고리즘을 통해 최적화된 MAS 개수를 산출할 수 있다.

IV. 성능 평가

본 장에서는 본 논문에서 제안한 디바이스의 요구조건을 충족하는 MAS 할당 방안에 대한 성능을 분석하고 평가한다. 제안된 방안에서는 다음의 사항을 가정하여 수치를 측정한다.

- 무선상에 간섭이 없고, 전송에러가 없음 가정.
- DRP에 의한 자원 예약만을 고려.

제안된 MAS개수 산출 방안은 주어진 파라미터 값(TSPEC, 프리엠블 모드, Ack 모드)과 superframe상에 할당되는 MAS의 예약 방식에 의해 서비스 간격을 적용하여 산출한다.

1. MSDU size에 따른 오버헤드를 고려한 Throughput 측정

Superframe 단위의 채널자원을 한 디바이스가 비빈 구간을 제외한 데이터 전송구간(250MAS, 64000us) 모두를 사용하는 상황에서 다음과 같은 결과를 산출 하였다. 프리엠블 모드는 standard 프리엠블로 고정하고, PHY rate을 53.3Mbps, 200Mbps, 480Mbps로 변화시키며 MSDU 크기에 따른 Ack 모드별 Throughput을 계산 하였다.

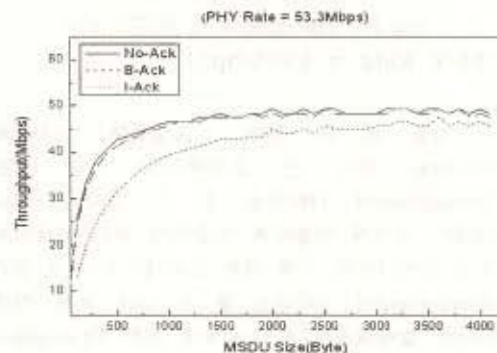


그림 8. MSDU size에 따른 Throughput (PHY Rate = 53.3Mbps)

Fig 8. Throughput to MSDU size (PHY Rate = 53.3Mbps)

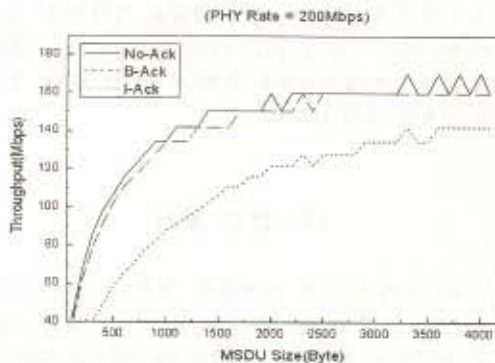


그림 9. MSDU size에 따른 Throughput
(PHY Rate = 200Mbps)

Fig 9. Throughput to MSDU size

(PHY Rate = 200Mbps)

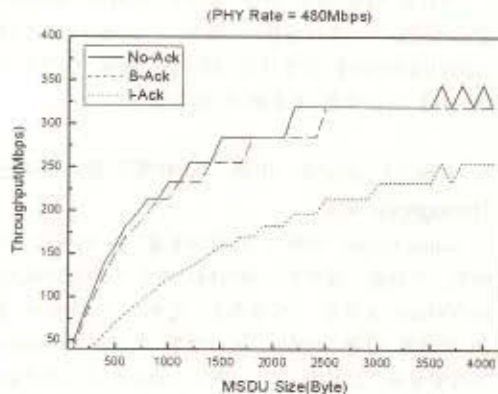


그림 10. MSDU size에 따른 Throughput
(PHY rate = 480Mbps)

Fig 10. Throughput to MSDU size

(PHY Rate = 480Mbps)

그림 8, 9, 10은 I-Ack일때 B-Ack와 No-Ack 보다 큰 오버헤드로 인한 낮은 Throughput이 나타남을 볼 수 있다. 그리고 MSDU 크기가 작을수록 전송해야 하는 프레임의 수가 늘어나므로 이에 따른 오버헤드가 커져 낮은 Throughput이 나타남을 볼 수 있다. 또한 PHY rate이 높아질수록 Ack 방식에 따른 Throughput 차이가 커짐을 알 수 있다.

2. PHY rate에 따른 MAS 개수 측정

PHY rate에 따른 MAS 개수 측정 실험에서는 MSDU 크기를 1500bytes로 고정하고, Standard

프리앰블을 사용할 때 Service Rate에 따른 MAS 개수를 산출하였다. 단위 superframe은 최대 256MAS를 이용한다.

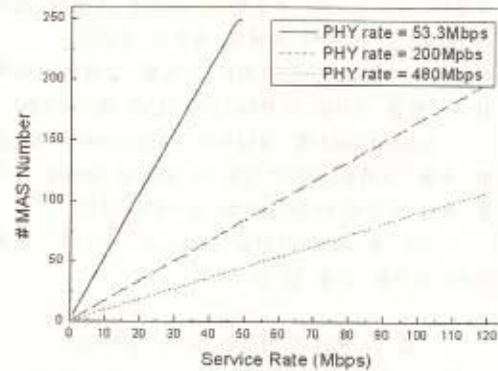


그림 11. 서비스율에 따른 MAS 개수

Fig 11. Number of MAS to Service rate

그림 11은 요구되는 QoS를 충족하기 위한 Service rate에 따른 MAS 개수를 산출하는 결과로서 같은 service rate을 처리한다고 했을 때 PHY data rate이 낮을수록 더 많은 MAS를 요구하게 됨을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 WiMedia UWB MAC 기반의 QoS제공을 위한 자원 할당 알고리즘으로 MAS 개수 산출 방안을 제안하였고 이에 대한 실험적 결과를 기술 하였다.

이 산출 방안은 service rate, overhead, MSDU size를 통해 구할 수 있다. 즉, TSPEC에 따른 상위 응용의 QoS를 만족하는 service rate를 산출하고, 단위 superframe상에 요청 디바이스 응용에 필요한 MSDU와 오버헤드를 고려한 총 채널 타임을 계산한다. 이를 통해 산출된 단위 superframe당 채널 타임과 예약 MAS 패턴을 통하여 superframe 상의 MAS reservation block 수를 계산한다. 그리고 reservation block 수에 따른 RTS/CTS와 guard time의 시간을 계산된 단위 superframe 상의 총 채널 타임 시간에 추가한다. 이와 같이 계산된 총 채널 타임 시간을 256us로 나누어 단위 superframe당 MAS개수를 산출할 수 있다.

이에 대한 실험적 결과에서는 오버헤드, 고정된 payload 크기, PHY data rate 등에 의한 요구 MAS 할당 변화를 확인할 수 있었다. 그러나 이와 같이 산출된 값들은 권고 사항이 아닌 디바이스에 의존적인 값들로서 디바이스가 전송하는 속성에 맞게 변화하게 된다. 디바이스가 채널 타임을 적재 사용할수록 다른 디바이스의 채널타입 이용을 증대시킬 수 있다. WPAN환경에서는 채널 타임을 수용하는 데에 한계를 지니고 있기 때문에 디바이스의 특성을 고려한 MAS 수를 산출함으로써 디바이스 응용에 대한 요청 QoS를 제공하는 채널 타임을 효율적으로 관리할 수 있다.

참고문헌

- [1] MultiBand OFDM Alliance[Online], <http://www.multibandofdm.org>
- [2] WiMedia Alliance, <http://www.wimedia.org>
- [3] UWB Forum, <http://www.uwbforum.org>
- [4] ECMA International, Standard ECMA-368 (High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard), [Http://www.ecma-international.org](http://www.ecma-international.org)
- [5] WiMedia Networking Protocol(Draft 0.8), June 18, 2006. WiMedia Alliance.
- [6] Yunpeng Zang, Guido R. Hiertz, Jorg Habetha, Begonya Ota, Hamza Sirin nd Hans-J. Reumerman, Towards High Speed Wireless Personal Area Network - Efficiency Analysis of MBOA MAC, IWWAN2005.

저 자 소 개

남 정 민

2005년 한국항공대학교 정보통신공학과 학사, 2006-현재 한국항공대학교 정보통신공학과 석사과정. 관심분야 : 유비쿼터스 네트워크, 홈 네트워크

Email: jm@hau.ac.kr

백 승 호

2002년 한국외국어대 정보통신공학과 학사, 2004년 한국외국어대 정보통신공학과 석사, 현재, 한국전자통신연구원 센서네트워크연구팀 연구원, 관심분야: 임베디드 소프트웨어, 상황인지 컴퓨팅, Sensor Network.

Email: baiki@etri.re.kr

허 재 두

1987년 경북대 전자공학과 학사, 1990년 경북대 전자공학과 석사, 2000년 경북대 정보통신공학과 박사, 현재, 한국전자통신연구원 센서네트워크연구팀 팀장, 관심분야: 임베디드 하드웨어, WPAN 프로토콜, Sensor networks.

Email: jdjuh@etri.re.kr

이 성 창

1983년 경북대학교 전자공학과 학사, 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 석사, 1987년 한국과학기술원 시스템공학센터 연구원, 1991년 Texas A&M University 공학 박사, 1993년 한국전자통신연구원, 현재, 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수, 관심분야 : BcN, 홈 네트워크, 유비쿼터스 네트워크

Email: sclee@hau.ac.kr