

고속 WPAN의 Mesh 네트워킹을 위한 분산형 채널타임 할당

정희원 이 병 주*, 박 무 성*, 이 승 형*, 최 응 철**, 종신회원 정 광 수***

Distributed Channel-Time Allocation for the Mesh Networking of the High-Rate WPAN

Byungjoo Lee*, Moosung Park*, Seung Hyong Rhee*,
WoongChul Choi** *Regular Members*, Kwangsue Chung*** *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN(Wireless Personal Area Network)의 메쉬 네트워킹 구성을 위한 분산형 채널 자원 관리 방법을 제안한다. IEEE 802.15 TG(task group)5는 WPAN의 메쉬 네트워킹 구성을 위해 MAC과 PHY 계층의 표준화를 진행 중이다. 기존 WPAN에서 전송 파워의 증가나 수신측의 감도 증가없이 전송 범위 확장 방법의 연구와 네트워크 내에서 라우팅 기능의 강화를 통해서 보다 신뢰성 있는 통신을 가능케 하는 것이 이 TG의 목표이다. 본 논문은 PNC(piconet coordinator)가 없이 각 DEV(device)들이 자신의 채널 자원을 예약하는 환경에서 DEV들이 공평하게 채널 자원을 사용하는 방법을 제안한다. 채널자원을 분배하는 PNC가 없으면 각 DEV는 자신이 사용할 채널자원을 미리 예약하여 사용한다. Piconet에 먼저 접속한 DEV는 많은 양의 채널자원 예약이 가능하지만 나중에 접속한 DEV는 상대적으로 적은 양의 채널자원만 예약할 수 있다. 이처럼 기존 방법에서는 DEV들이 공평하게 채널자원을 사용하지 못하는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 MAC 계층에서 채널 자원 할당의 불공평함을 해결하는 분산형 채널타임 할당 방법을 제안하고, 시뮬레이션을 통해서 자원 할당 방법의 성능을 평가한다.

Key Words : WPAN, Mesh network, Time-slot allocation, Distributed resource allocation

ABSTRACT

This paper presents a resource management mechanism for the mesh networking in IEEE 802.15.3 High-rate WPAN. IEEE 802.15 TG5 is standardizing the MAC and PHY for mesh networking. This task group researches the mechanism that are extension of network coverage without increasing transmit power of receive sensitivity, and studies the enhanced reliability via route redundancy. In this paper we propose the distributed resource management scheme that is fairly using the channel resource in the piconet without centralized piconet coordinator. Each DEV reserves the channel time and broadcasts its information. This scheme has unfairness for later associated DEV because of preoccupation of earlier associated DEVs. This paper presents the method that fairly allocates the channel time in MAC layer. And we evaluate the performance enhancement using simple simulations.

※ 이 논문은 2006년도 광운대학교 연구년 및 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(R01-2005-000-10934-0)

* 광운대학교 전파공학과(parang@kw.ac.kr), ** 광운대학교 컴퓨터공학과, *** 광운대학교 전자통신공학과
논문번호 : KIC2006-09-369, 접수일자 : 2006년 9월 4일, 최종논문접수일자 : 2007년 3월 9일

I. 서론

최근 기존 케이블을 통한 유선 통신망을 보완하면서 무선으로 비교적 짧은 거리에서 적은 사용자 간 데이터 전송이 가능한 WPAN(wireless personal area network)의 연구와 개발이 활발하다^[2]. 휴대용 가전 및 통신기기들은 고화질 비디오 및 오디오, 대량의 음악 및 이미지 파일 전송 등, 대용량의 전송을 필요로 한다. 이를 위해 IEEE 802.15 TG3는 High-rate WPAN을 기반으로 55Mbps 정도의 속도로 10m 정도의 거리에서 2.4GHz를 사용하는 PHY와 MAC에 관한 표준을 완료하였다^[1]. 현재 기술에 대한 보완을 위해서 연구 중이다. IEEE 802.15 TG5는 WPAN의 메쉬 네트워크 구성을 위한 MAC과 PHY에 관한 연구와 표준화를 진행 중이다.

본 논문에서 제안하는 분산형 채널 자원 관리 방법은 TG5에서 연구하는 메쉬 네트워크 구성시 각 디바이스가 보다 효율적이고 공평하게 채널 자원을 사용할 수 있는 방법을 제시한다. 메쉬 네트워크 연결을 위해 MPA(Mesh PAN Alliance)는 DRP(distributed reservation protocol)를 사용하여 DEV들이 분산적으로 채널 자원을 예약하는 방법을 제안하였다^[3]. 이 방법에서는 미리 piconet에 접속하여 채널자원을 예약하고 사용하는 디바이스와 새롭게 이후 새롭게 예약을 시도하는 디바이스간에 불공평함이 존재한다. 본 논문에서 제안한 분산형 채널 자원 할당 방법은 이웃한 디바이스의 예약 정보를 듣고 디바이스가 자신에게 적절한 예약량을 계산함으로써 모든 디바이스가 공평하게 채널 자원을 사용하는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.15.5에 제안된 MPA의 MAC 프로토콜의 동작을 살펴본다. 모든 디바이스가 semi-PNC와 같은 역할을 기본으로 하는 MAC 프로토콜의 동작과 문제점을 설명한다. 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 분산형 채널 자원 관리 방법의 동작과 디바이스가 예약량을 결정하는 과정과 방법에 대하여 설명한다. 제4장에서는 시뮬레이션을 통해서 제안된 방법의 성능평가를 한다. 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

II. WPAN의 메쉬 네트워킹

본 장에서는 MPA에서 제안한 MAC 프로토콜에서 비콘 프레임 전송과 데이터 전송을 위한 DRP

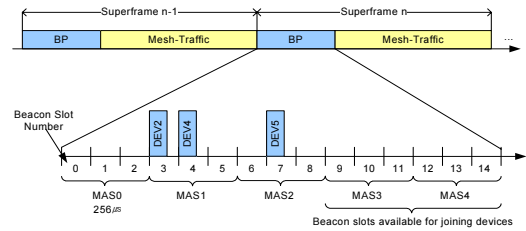


그림 1. MPA MAC 프로토콜의 superframe 구성
Fig. 1. Superframe structure of MPA MAC protocol

프로토콜의 동작과 특징에 대해서 살펴본다. 또한 제안된 DRP 프로토콜의 불공평함을 기술하고 해결 방향에 대해서 살펴본다.

2.1 MPA MAC 프로토콜

MPA는 Philips 사를 주축으로 구성된 WPAN에서 메쉬 네트워킹을 구성하는 방법을 연구하는 협력단체이다. MPA는 IEEE 802.15 TG5에 메쉬 WPAN을 위한 MAC 프로토콜을 제안하였다. Piconet을 구성하는 모든 DEV가 Semi-PNC와 같이 동작하고, 모든 DEV가 비콘 프레임을 전송하게 된다. 이를 위해 superframe은 비콘 프레임 전송을 위한 BP(beacon period)과 데이터 전송을 위한 MTP(mesh traffic period)으로 나뉜다^[3,4]. 각 DEV는 DRP를 사용하여 MTP 구간을 미리 예약하고 예약한 내용을 이웃한 DEV에게 알리는 방식으로 채널 자원을 사용한다. 그림 1과 같이 superframe은 MAS(medium access slot)라는 단위의 타임 슬롯으로 나뉘고 각 MAS는 256µs로 고정된다. 전체 superframe은 다시 256개의 MAS로 이루어졌다. 즉 하나의 superframe은 65536µs로 고정된다. 이중 5개의 MAS가 비콘 프레임 전송을 위해 사용된다.

BP에서는 모든 DEV가 비콘 프레임을 보낸다. 각 DEV는 BP내에 여러 개의 서브 타임 슬롯 중에 사용되지 않는 슬롯을 사용하여 비콘 프레임을 보내게 된다. 비콘 프레임 내에는 자신의 DEV ID, 동기를 위한 정보, 이웃 DEV의 정보, 2-hop 떨어진 DEV의 정보, medium 사용 정보들이 포함되어 전달된다. 각 DEV는 neighborhood table을 사용하여 이웃 DEV로부터 받은 비콘 정보를 저장한다. 이를 통해 이웃 DEV가 사용하는 비콘 슬롯의 정보를 알 수 있고, 각 DEV의 ID와 전송 출력을 기록하게 된다. 또한 모든 DEV는 자신과 이웃한 DEV의 정보 역시 broadcast 해주게 된다. 이와 같은 정보의 전달은 결과적으로 모든 DEV가 2-hop 떨어진 DEV가 사용하는 비콘 슬롯과 정보를 알 수 있다.

이를 통해서 BP 내에 다른 DEV와 비콘 프레임의 충돌 없이 비콘 프레임 전송이 가능하게 된다.

MTP 구간은 각 DEV들이 이웃한 DEV로 메쉬 트래픽 전송을 위한 구간이다. MTP 구간의 사용을 위해서 각 DEV는 MTP 구간의 일정부분을 미리 예약하여 경쟁과 충돌을 방지한다. 이 MTP 구간은 각 DEV가 분산적으로 채널을 사용하게 되고 상호간의 간섭을 줄이는 방법이 필요하다. 이를 통해서 메쉬 네트워크의 공간적인 재사용도를 높이는 것 또한 이 MTP 구간의 목적이 된다. 이와 같이 MTP 구간을 사용하기 위해서 MPA MAC에서는 DRP를 사용한다. 송신 DEV와 수신 DEV는 DRP를 사용하여 서로 절충하여 MTP 구간의 특정부분을 예약하고 이 예약된 내용을 각 DEV의 비콘 프레임임을 통해서 이웃한 DEV들에게 알린다.

이렇게 예약을 하는 과정에는 몇 가지 규칙이 있는데, 첫째로 모든 예약의 확인은 수신 DEV에 의해서 이루어진다는 점이다. 송신 DEV는 단지 비콘 프레임을 통해서 자신이 원하는 부분을 알리게 되고, 최종 수신 DEV가 이를 승인해야만 예약이 완료된다. 둘째로 DRP에서는 DEV들의 예약에 우선순위를 두어 우선순위가 높은 예약이 낮은 우선순위를 갖는 예약의 자리에 재배치할 수 있다. 이에 대한 자세한 규칙은 현재 제안서에는 기술되어 있지 않다. 셋째로 모든 전송은 송신 DEV에 의한 단방향 전송이다. 채널 자원을 실제로 예약하고 사용하도록 할당 받는 것은 송신 DEV이고 이렇게 할당을 함으로써 각 전송의 간섭을 줄일 수 있다.

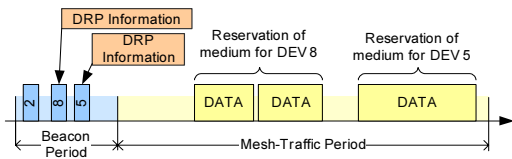


그림 2. MPA MAC에서 DRP 방법
Fig. 2. Distributed reservation protocol in MPA MAC

2.2 MPA MAC의 DRP의 문제점

본 절에서는 앞절에서 설명한 MPA MAC 프로토콜의 문제점을 지적하고 해결 방안에 대해서 기술한다. 앞 절에서 설명했듯이 MPA MAC은 DRP에 의한 채널자원 예약을 기반으로 동작한다. 채널 자원을 예약해서 사용하는 대부분의 MAC 프로토콜은 이를 조정하는 coordinator나 각 스테이션간 규칙을 가지고 예약 작업이 이루어진다. 기존 IEEE

802.15.3의 경우 PNC라는 중앙집중형 coordinator가 이를 조정한다. 이렇게 분산된 형태의 IEEE 802.11 DCF 역시 random backoff라는 규칙을 통해서 모든 스테이션이 공평하게 medium을 사용할 수 있다. 하지만 제안된 MPA MAC에서는 이러한 규칙이나 역할의 부재로 특정 DEV가 다른 DEV에 비해 많은 자원을 예약하거나, 특정 DEV는 다른 DEV에 비해 적은 자원을 예약할 수밖에 없는 불공평함이 존재할 수 있다. 본 논문에서는 이 불공평함을 해결하기 위한 방법을 제안한다.

III. 분산형 채널 자원 관리 방법

분산형 채널 자원 관리 방법은 superframe을 공유하여 사용하는 DEV들이 채널자원을 공유하여 사용할 때 PNC와 같이 중앙집중형 coordinator없이 DEV들이 각자 알아서 자신의 자원을 예약하고 사용하는 방법에 관하여 다룬다. 이 방법은 기본적으로 MPA MAC 프로토콜을 기반으로 디자인하였다. MPA MAC의 경우 앞 장에서 설명한 내용처럼 각 DEV가 공평하게 자원을 사용하지 못하는 단점이 있게 된다. 본 장에서 설명하는 분산형 채널 자원 관리 방법은 모든 DEV가 공평하게 채널 타임을 사용할 수 있는 방법을 제시한다.

그림 3은 하나의 piconet과 piconet을 구성하는 DEV들을 나타낸 것이다. TG5의 메쉬 WPAN의 경우 특정 coordinator가 없기 때문에 DEV 입장에서 속한 piconet이 달라진다. 하나의 piconet은 DEV가 이웃한 DEV로 부터 비콘 프레임을 수신할 수 있는 범위 내에 속한 DEV들로 구성된다. 즉 하나의 superframe을 공유하고 같은 BP 구간에서 비콘 프레임을 전송하는 DEV들의 집합이다. 그림에서 DEV-1은 DEV-2와 DEV-3의 비콘 프레임을 받을 수 있고, DEV-2의 경우 DEV-3의 비콘 프레임을 받을 수 있게 된다. 이렇게 3개의 DEV가 비콘 프레임을 주고받을 수 있게 될 때 하나의 piconet이 구성되고, 하나의 superframe 주기를 공유하여 사용하게 된다. 분산형 채널 자원 관리 방법에서는 이 BP에서 주변 DEV의 채널 타임 예약 상황을 모니터링하여 자신의 테이블에 저장하고 자신이 예약할 자원의 양을 계산한다. 이를 계산하기 위해서는 다음과 같은 수식을 사용한다.

- C : 전체 DTP 구간의 길이 (μs)
- $S_i = [m_i, M_i]$: DEV i 의 자원 예약 가능 범위

- m_i : 최소 요청 채널 타임
- M_i : 최대 요청 채널타임
- T : 모든 DEV가 예약한 채널 타임의 총 량
- T_i : DEV i 가 예약한 채널 타임, $m_i \leq T_i \leq M_i$
- T_{old} : 이전에 superframe에서 예약한 양
- T_{new} : 이번superframe에 예약할 양
- T_- : T 에서 T_{before} 을 뺀 양
- α : 각 DEV의 rate factor

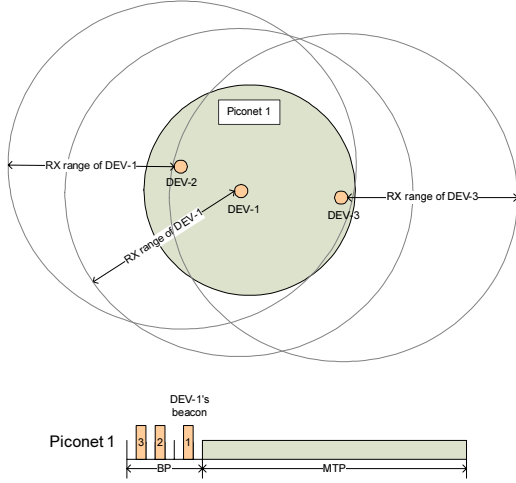


그림 3. Piconet 구성의 예
Fig. 3. Example of piconet

위 파라미터를 이용하여 현재 superframe에 할당할 채널타임을 계산하면 다음 식 (1)과 같다.

$$T_{i, \neq w} = \alpha_i \times (C - T_{-,i}), \quad 0 < \alpha_i < 1 \quad (1)$$

이때 $T_{-,i}$ 는 이전 superframe에 예약된 전체 양에서 자신의 이전 superframe에서 예약했던 양을 뺀 양이 된다.

$$T_{-,i} = T - T_{i,old} \quad (2)$$

위 식 (1)과 (2)를 다시 정리하면 다음과 같다.

$$T_{before}^n = \sum_{j=1}^{i-1} T_j^n \quad (3)$$

$$T_{after}^{n-1} = \sum_{j=1}^n T_j^{n-1} = T^{n-1} - T_{before}^{n-1} \quad (4)$$

위 식 (3)은 n 번째 superframe에서 DEV i 이전에 예약된 양이다. 이 값은 DEV들이 beacon을 보낼 때 자신의 예약한 양을 다음 DEV에게 알리고 이를 받은 DEV는 받은 정보의 값과 자신이 예약한 양을 더해 다음 DEV에게 알리게 된다. 식 (4)는 이전 superframe에서 DEV i 이후부터 그 superframe에서 최종 예약된 시간까지 예약된 양의 총 합이 된다. 이때 T^{n-1} 는 $n-1$ 번째 superframe에서 DEV들이 예약한 총량이 된다. 이를 그림으로 표시하면 아래 그림과 같다.

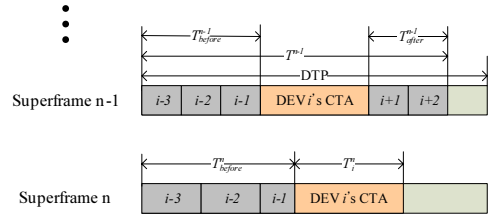


그림 4. DEV의 채널 타임 예약
Fig. 4. Channel time reservation

위의 식을 통해서 T_i^n 을 구하게 되면 아래 식 5와 같게 된다. 이때 T_-^n 은 T^{n-1} 을 제외한 값이 되고, T_i^n 은 T_{after}^{n-1} 와 T_{before}^n 를 더한 값이 된다. 이것이 분산형 채널자원 할당 방법의 핵심 내용이 되고 이 수식을 계산하기 위해서는 각 DEV는 T_{before}^n , T_i^n , T^n 의 값을 유지하는 테이블이 필요하고 자신이 비콘을 보낼 때 T_i^n 값을 같이 보냄으로 이후 다른 DEV가 채널 타임 예약을 할 때 이 정보를 사용하여야 한다.

IV. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경

앞 장에서 설명한 수식과 내용의 성능평가를 위해서 분산형 채널 자원 관리 방법의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 환경은 아래 표와 같다. 하나의 piconet에 속한 DEV의 개수를 2~3개까지 늘려가면서 다양한 시뮬레이션을 하였고 DTP의 길이는 100 MAS로 가정하였다. α 의 값은 중간값인 0.5와 ± 0.25 의 값을 사용하였다. 시뮬레이션 시간은 약 20 superframe 동안 진행하였다.

표 1. 시뮬레이션 환경

Table 1. Simulation environments

시뮬레이션 요소	값
DEV 개수	2~3개
MTP 구간의 기이	100 MAS
α	0.25, 0.5, 0.75
시뮬레이션 시간	20 superframes

4.2 시뮬레이션 결과

4.2.1 DEV 2개가 같은 α 값을 사용하는 경우

하나의 piconet에 2개의 DEV 만이 존재하고 이 두 DEV가 전체 DTP를 공유하여 사용할 경우 α 값에 따라서 채널 타임을 예약한 양을 측정하였다. 아래 그림 5에서 두 DEV는 매 super frame에서 채널 타임을 예약할 때 이전 절에 설명된 수식에 의해서 그 양을 결정하고 예약하게 된다. 약 5 superframe 이후에 두 DEV는 전체 100의 DTP 중에 약 33 정도의 채널 타임을 예약하게 된다. 이 33이라는 값은 α 값에 따라 변하게 된다. α 가 0.5인 경우에는 두 DEV가 각각 전체 DTP의 1/3 정도 사용하게 된다.

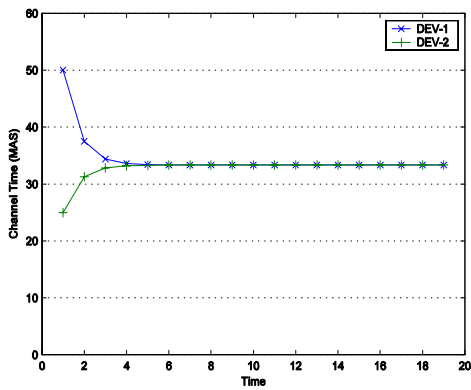


그림 5. 두 DEV가 같은 α 값을 사용한 경우
Fig. 5. 2 DEVs set the same α value

4.2.2 두 DEV가 서로 다른 α 값을 사용하는 경우

이전 시뮬레이션과 다르게 각 DEV가 서로 다른 α 값을 사용하는 경우 α 값에 따라서 할당받는 채널 자원의 양이 바뀌게 된다. 그림 6은 DEV-1과 DEV-2가 같은 공간에서 서로 다른 α 를 사용할 경우의 결과이다. DEV-1의 α 값은 0.5이고 DEV-2의 α 값은 0.75일 경우 그림과 같이 두 DEV가 각각 할당 받는 채널 자원의 양이 바뀌게 된다.

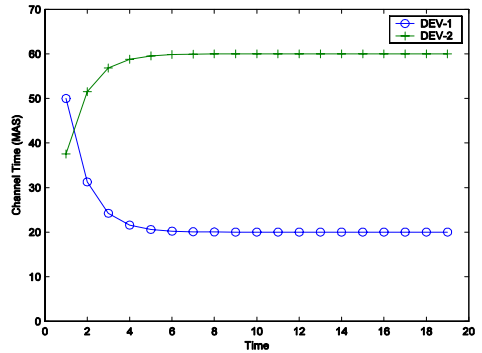


그림 6. 두 DEV가 서로다른 α 값을 사용한 경우
Fig. 6. Different α value for each DEV

4.2.3 세 DEV가 서로 다른 α 값을 사용하는 경우

3개의 DEV가 같은 공간에 있을때 제한된 방법에 의해서 채널 자원을 할당 받을 경우의 결과이다. 그림 7의 경우 DEV-1과 DEV-3은 0.5로 동일한 α 값을 갖고, DEV-2는 0.75의 α 값을 갖는 경우이다. 같은 α 값을 갖는 DEV-1과 DEV-2는 동일한 양의 채널 자원을 예약하여 사용하고 DEV-2의 경우 더 많은 양의 채널 자원을 예약한다.

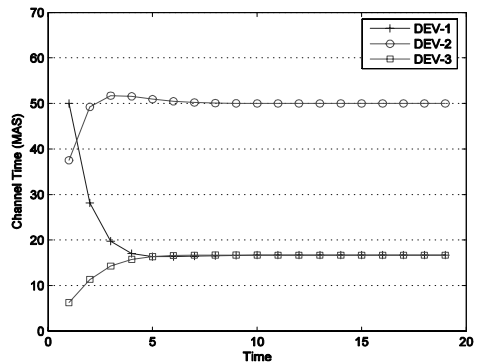


그림 7. 세 개의 DEV가 서로다른 α 값을 사용한 경우
Fig. 7. Differentiation of α value

4.2.4 DEV가 최소요구량을 갖는 경우

여러 개의 DEV가 존재하는 경우 그 중에 실시간 데이터 전송이나 매 superframe 마다 일정량의 채널타임을 필요로 하는 DEV가 있을 수 있다. 이런 isochronous한 트래픽에는 반드시 최소 요구량만큼의 채널타임을 할당해야한다. 그림 8은 이와 같은 상황을 시뮬레이션 한 결과이다. DEV-1은 최소요구량 30이 필요하다 가정했을 때 DEV-1은 항상 30 이상의 채널자원을 할당 받게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 High-Rate WPAN의 메쉬 네트워크 구성을 위한 분산형 채널자원 할당 방법을 제시하였다. IEEE 802.15 TG5에서 제안된 MPA MAC 프로토콜을 기반으로 각 DEV가 자신이 사용할 채널 자원을 예약하고 사용하는 경우, 먼저 예약하고 사용하는 DEV와 나중에 예약한 DEV간에 불공평함이 존재하게 된다. 본 논문에서는 이런 환경에서 전송범위 내에 속한 모든 DEV가 공평하게 채널자원을 예약하고 사용할 수 있는 분산형 채널 타입 할당 방법을 제안하였다. 제안된 방법에 의해 각 DEV는 이웃한 DEV로부터 받는 비콘 프레임의 정보를 바탕으로 자신이 예약할 양을 계산하고 이웃 DEV에게 자신의 정보를 알린다. 이를 통해 전송범위 내에 있는 모든 DEV들에게 채널 자원을 사용의 공평성이 보장된다. 또한 동적으로 채널 자원량의 계산을 통해 DEV의 이동이나 접속/해제와 같은 다이내믹한 환경에서도 모든 디바이스의 공평함을 보장할 수 있다.

현재 패킷 레벨에서 시뮬레이션 수행을 통해서 제안된 방법과 MPA MAC 프로토콜의 다양한 성능 비교를 수행중이다. 또한 메쉬 WPAN에 한정되지 않고 다양한 ad hoc 네트워크에 제안된 방법의 적용을 위해 연구가 진행 중이다.

참고 문헌

- [1] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN), IEEE standard, Sep. 2003.
- [2] J. Karaoguz, "High-rate Wireless Personal Area Networks," *IEEE Communications Magazine*, pp. 96-102, Dec. 2001.
- [3] G. Hiertz, Y. Zang, S. Max, and H. Reumerman, *Mesh PAN Alliance*, IEEE P802.15-05/0247r0, May. 2005.
- [4] J. Prado, et. al. "Philips Distributed MAC proposal for UWB-WPAN," Multi-Band OFDM Alliance MBOA submission, Feb. 2004.
- [5] A. Lazar, A. Orda, and D. Pendarakis, "Virtual path bandwidth allocation in multi-user networks," *Proc. IEEE INFOCOM*, pp.312-320, 1995.

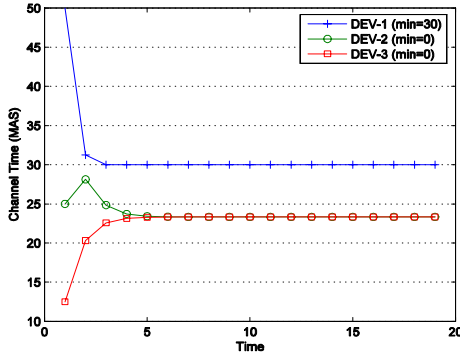


그림 8. 최소요구량에 따른 채널타입할당
Fig. 8. Minimum channel time request

4.2.5 DEV의 접속과 해제

그림 9는 하나의 pinonet에 DEV들이 접속 (association)과 해제(disassociation)하는 경우의 예를 나타낸다. 제안된 방법으로 채널 자원을 예약하여 사용하다가 새로운 DEV가 접속을 하거나, 어떤 DEV가 연결해제를 하는 경우 다이내믹하게 채널자원이 할당되어야 한다. 이런 접속과 해제가 빈번히 일어나는 환경을 시뮬레이션한 결과가 그림 10이다. 결과에서 처음 3개의 DEV가 제안된 방법에 따라 채널타입을 할당받아 공평하게 사용하게 된다. 20번째 superframe에서 DEV-3이 접속해제를 하게되고 DEV-1과 DEV-2가 다시 공평하게 채널자원을 공유하여 사용한다. 50번째 superframe에서 DEV-3이 다시 접속을 하게되고 채널자원을 다시 3개의 DEV가 공평하게 사용하게된다. 약 70번째 superframe에서 DEV-2가 새롭게 접속을 시도하게 되며 이후는 4개의 DEV가 공평하게 채널자원을 나눠서 쓰게된다. 이는 기존 채널 할당방법과 다르게DEV의 개수가 변하더라도 다이내믹하고 공평하게 채널자원을 예약하는 결과를 보여준다.

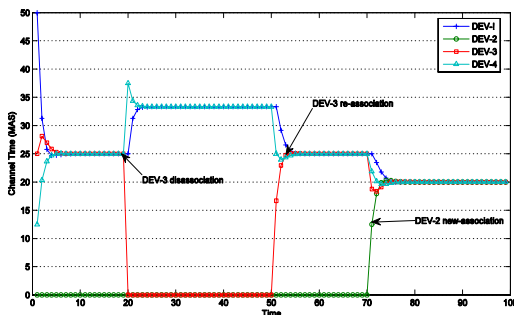


그림 9. DEV의 접속과 해제
Fig. 9. Association and disassociation of DEV

- [6] Z. Zhang and C. Douligeris, "Convergence of synchronous and asynchronous greedy algorithms in a multicast telecommunications environment," *IEEE Trans.on Communications*, vol.40, no.8, pp.1277-1281, Aug. 1992.
- [7] J. Lansford, "Balancing CE and PC industry requirements in a ultrawideband MAC," *EETimes*, May 17, 2004.

이 병 주 (Byungjoo Lee)

정회원



Cognitive Radio

2002년 2월 : 광운대학교 컴퓨터 공학과 졸업
 2004년 2월: 광운대학교 전파공학과 석사
 2004년 3월~현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정
 <관심분야> Wireless MAC,

이 승 형 (Seung Hyong Rhee)

정회원



학과 교수

<관심분야> Wireless MAC, 무선네트워크

1988년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
 1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사
 1999년 2월 : The Univ. of Texas at Austin 공학박사
 2000년~현재: 광운대학교 전파공

박 무 성 (Moosung Park)

정회원



<관심분야> Wireless MAC, CR

1988년 2월 : 서강대학교 전산학과 졸업
 1990년 2월 : 서강대학교 전산학과 석사
 2002년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정
 1990년 3월~현재 : 국방과학연구소

최 웅 철 (WoongChul Choi)

정회원



컴퓨터공학부 교수

<관심분야> WLAN, WPAN

1989년 2월: 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업
 1991년 2월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 석사
 2001년 5월 : The University of Illinois 공학박사
 2002년 9월~현재 : 광운대학교

정 광 수 (Kwangsue Chung)

중신회원



통신공학과 교수

<관심분야> 인터넷프로토콜, QoS, 멀티미디어통신

1981년 2월: 한양대학교 전자공학과 졸업
 1983년 2월 : KAIST 전자공학과 석사
 1991년 1월 : The University of Florida 공학박사
 1997년~현재 : 광운대학교 전자