

# 무선 USB 시스템에서 간섭 회피를 위한 채널 스케줄링 기법

김진우\*, 박경우\*, 오일환\*\*, 김경호\*\*\*, 이성로°

## A Channel Scheduling Scheme for Interference Avoidance in Wireless USB Systems

Jin-Woo Kim\*, Kyung Woo Park\*, Il-Whan Oh\*\*, Kyung-Ho Kim\*\*\*, Seong Ro Lee°

### 요약

무선 USB (universal serial bus) 시스템은 기존의 USB 기술과 WiMedia PHY/MAC 기술을 결합한 새로운 기술이다. 무선 USB 시스템은 기존의 USB와 같은 개인 영역 네트워크 뿐만 아니라 무선 개인 영역 네트워크에서도 적용될 수 있다. 다수의 무선 USB 네트워크들은 각각의 어플리케이션을 위해 독립적으로 형성되고 동작할 수 있기 때문에, 인접한 네트워크간 간섭이나 충돌이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 슈퍼프레임내 다른 시간 구간을 이용하는 방법을 사용할 수 있다. 하지만, 네트워크의 수가 많아지게 되면, 이용 가능한 자원이 부족하게 된다. 따라서, 본 논문은 무선 USB 시스템을 위한 간섭회피 기법을 제안한다.

**Key Words** : Interference Avoidance, Collision Avoidance, Wireless USB, UWB

### ABSTRACT

Wireless universal serial bus (WUSB) is the USB technology merged with WiMedia PHY/MAC. WUSB can be applied to wireless personal area network (WPAN) applications as well as PAN applications like wired USB. Because numerous WUSB networks operate independently for each application, data conflict can occur between adjacent networks. To avoid data conflict, the resource in a different time zone can be utilized. However, if devices in a network increase, available resources in the network decrease, and then the lack of resources necessary to provide service can occur. To solve this problem, we propose interference avoidance scheme for WUSB systems.

### 1. 서론

최근 몇 년간, 사용자에게 의해 생산되는 멀티미디어

컨텐츠의 증가와 HDTV 서비스의 보급으로 무선 홈 네트워크 환경에서 증가된 대역폭에 대한 요구가 점차 증대되고 있다. 초 광대역 (UWB) 기술은 이러한

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT 융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행된(IITP-2015-H8601-15-1006)연구결과임.

♦ First Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, jjin300@gmail.com, 정희원  
° Corresponding Author : Department of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

\* Department of Computer Engineering, Mokpo National University, kwpark@mokpo.ac.kr

\*\* Department of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, ilwhan@mokpo.ac.kr, 정희원

\*\*\* Department of Information and Communication Engineering, Mokpo National University, khkim@mokpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2015-04-106, Received April 2, 2015; Revised July 9, 2015; Accepted July 9, 2015

요구를 충족시킬 수 있는 무선 통신 기술으로써, 고속의 데이터 전송속도를 지원한다. 이러한 기술에 대한 요구를 반영하기 위해, 와이미디어 연합은 170개 이상의 회사들이 모여 UWB 기반의 물리 계층과 MAC 계층에 대한 표준을 발표하였다<sup>11</sup>. 특히, 와이미디어 연합에서 발표한 MAC 프로토콜은 무선 universal serial bus (USB), 무선 1394, 무선 IP, 블루투스과 같은 다양한 어플리케이션의 적용을 가능하게 한다.

무선 USB 기술은 성공적으로 보급된 유선 USB 기술을 개인 영역 네트워크에서 케이블 제거라는 최근 기술 동향에 적응시키기 위해, 초광대역(UWB)기반의 무선 기술과 유선 USB 기술을 결합한 기술이다. 이러한 무선 USB 기술은 유선 USB의 성능과 보안 기능에 무선의 편리함을 추가한 기술로서, 무선 USB의 호스트와 디바이스들이 형성하는 네트워크는 호스트와 디바이스가 점대점으로 직접 연결되는 스타형 토폴로지이다. WUSB는 무선 전송 매체로서 WiMedia 표준에서 지원하는 UWB 기술을 사용하며, UWB 기술은 최대 480Mbps의 고속 데이터 전송이 가능하고, 소비전력이 낮으며, 보안성이 우수하고, 정확한 위치 인식이 가능하다는 특징이 있기 때문에, 홈 네트워크 뿐만 아니라 다양한 어플리케이션에서 사용이 가능하다.

무선 USB는 스타 토폴로지의 형태로 무선 USB 호스트와 디바이스들을 연결한다<sup>12</sup>. 무선 USB 호스트는 중앙에서 허브의 역할을 하며, 각각의 무선 USB 디바이스는 스타 토폴로지의 종단에 위치한다. 이와 같이, 하나의 호스트와 여러 개의 디바이스에 의해 형성된 네트워크를 무선 USB 클러스터라고 부른다. 모든 무선 USB 클러스터에는 단 하나의 호스트만이 존재하며, 무선 USB 호스트는 무선 USB 클러스터내에 있는 무선 USB 디바이스들과 데이터를 주고 받는다. 또한, 자신의 클러스터 내에 존재하는 무선 USB 디바이스들에게 타임 슬롯을 할당하며, 무선 USB 디바이스들과의 데이터 교환을 스케줄링한다.

집이나 사무실과 같은 무선 통신이 가능한 다양한 장치들이 존재하는 무선 환경에서는 다양한 무선 USB 네트워크들이 혼재할 수 있다. 특히, 객실등과 같은 여러 격실들이 다수 존재하는 선박내 네트워크 환경은 같은 무선환경에서는 각각의 무선 USB 클러스터들이 독립적으로 형성되고 동작하게 된다. 이러한 독립적인 무선 USB 클러스터들이 동시에 같은 공간에서 동작하는 환경에서는 여러 형태의 충돌 및 간섭이 발생할 수 있다. 특히, 선박내 네트워크 환경은 사람의 이동이 빈번하기 때문에, 장치들 또한 자주 이동

하게 되며, 충돌 또한 자주 발생하게 된다. 무선 USB 표준은 이러한 경우를 고려하지 않았기 때문에, 이러한 환경에서 발생하는 충돌 및 간섭을 막을 수 있는 방법을 제공하지 못한다. 센서 네트워크 분야에서 간섭을 회피하기 위한 연구들이 수행되었다<sup>9-12</sup>. Topology Control을 이용한 간섭 회피 방식이 그 중 하나이다<sup>9</sup>. 노드 간 간섭이 감지될 경우, 간섭을 감지한 coordinator중 하나가 자신의 전송 파워를 줄인다면, 통신 범위가 겹치면서 발생할 수 있는 네트워크간 간섭 문제를 해결할 수 있다. 하지만 전송 파워를 줄일 경우, 간섭의 영향을 받지 않는 네트워크내의 다른 노드들이 전송 범위 밖으로 벗어나면서 예상치 못한 orphan 노드가 발생할 수 있다. 또한, 간섭을 감지하기 위해 별도의 프레임의 주고 받는 방식을 제안하기도 하였다<sup>10</sup>. 하지만, 별도의 프레임 전송에 따른 트래픽과 에너지 소모가 증가하게 된다는 문제점이 있다. 본 논문은 이러한 무선 USB 클러스터간의 충돌 및 간섭을 회피하기 위한 채널 관리 기법을 제안하였다. 새롭게 제안하는 채널 검색 기법을 이용하여, 무선 USB 호스트는 새로운 유휴 채널을 검색할 수 있으며, 새롭게 비콘 프레임 및 데이터 프레임을 전송할 수 있는 채널을 감지할 수 있다.

## II. 무선 USB의 구조

그림 1과 같이 WiMedia MAC 프로토콜은 슈퍼프레임이라는 시간 단위로 동작하며, 슈퍼프레임은 medium access slot (MAS)이라는 다수의 타임슬롯들로 구성된다. 슈퍼프레임은 256개의 MAS들로 구성된다. 하나의 슈퍼프레임은 65.536ms의 크기를 갖고, 하나의 MAS는 256us의 크기를 갖는다.

그림 1에서 각 슈퍼프레임은 beacon period (BP)로 시작되며 BP는 MAS들로 구성된다. 각 디바이스는 다른 단말 디바이스들과 겹치지 않는 비콘 슬롯 MAS에서 자신의 비콘을 전송한다. 그러므로 디바이스들은 비콘 충돌을 피하기 위해 다른 디바이스로부터 쓰이지 않는 비콘 슬롯을 선택하여야 한다. 디바이스들은 서로 비콘을 교환하여 비콘이 포함하고 있는 information element(IE)들을 바탕으로 시간동기, MAS 예약, 이동성 지원 등을 수행한다.

무선 USB 프로토콜은 와이미디어 프로토콜에서 QoS를 보장하기 위해 제공되는 TDMA 기반의 distributed reservation protocol (DRP) 프로토콜을 이용하여 와이미디어 프로토콜과 결합할 수 있다. 무선 USB는 Private DRP 예약 블록을 통하여 WiMedia

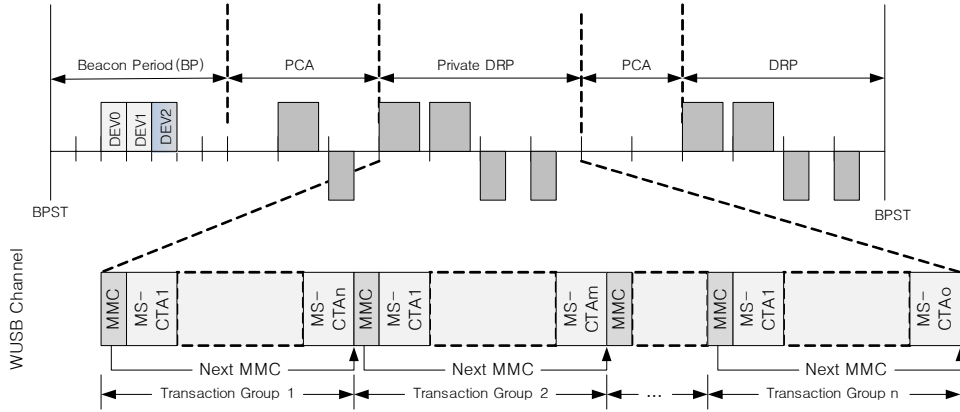


그림 1. WUSB와 WiMedia 프로토콜의 구조  
Fig. 1. The structure of WUSB and WiMedia protocol

MAC 슈퍼프레임 내부에 결합될 수 있으며, 이를 WUSB 채널이라고 정의한다. 무선 USB 채널은 micro-scheduled management commands (MMC)라고 부르는 제어 프레임에 의해 스케줄링된다. MMC는 무선 USB 프로토콜에서 가장 기본이 되는 요소이며, 무선 USB 클러스터에 속한 무선 USB 디바이스들이 자신이 속한 클러스터에 대한 정보를 얻도록 도와주는 역할도 한다<sup>2)</sup>.

Private DRP 예약 과정은 언제나, 그 예약 시간 구간에서 데이터 프레임 송수신 트랜잭션을 시작하는 데이터 송신 디바이스인 DRP Owner에 의해 개시된다. 반면에 DRP 예약 협상을 요청받는 수신디바이스를 DRP Target이라 한다. 하나의 DRP 예약을 협상할 때, DRP Owner는 DRP IE 내의 Target/Owner DevAddr 필드를 DRP Target 디바이스의 DevAddr로 설정한다. 그리고 DRP IE의 Reservation Status bit를 0으로, Reason Code bit를 'Accepted'로 설정한다. 그 후 DRP IE의 Target/Owner DevAddr 필드가 자신의 DevAddr로 설정된 비컨 프레임을 수신한 DRP Target 디바이스는 자신의 DRP IE 내 Target/Owner DevAddr 필드를 DRP Owner 디바이스의 주소로 설정한다. 만약 그 예약 시간 구간에 대한 예약이 허용되면, DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation Status bit를 1로, Reason Code bit를 'Accepted'로 설정한다. 반대로, 요청된 DRP 시간 구간이 허용되지 않는다면, DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation Status bit를 0으로 설정한다. 만약, 요청된 DRP 예약 구간이 자신 또는 1홉 이웃 디바이스들의 기존 DRP 예약 구간들과의 충돌로 인해, 허용되지 않는 경우에는, DRP Target 디바이스가

Reason Code bit를 'Conflict'로 설정한다. 한편, 성공적인 DRP 예약 절차를 종료하기 위해서 DRP Owner 디바이스는 DRP Target 디바이스로부터 Reservation Status bit가 1로 설정된 DRP IE를 포함한 비컨을 수신한 후, 자신의 비컨 내 DRP IE의 Reservation Status bit를 1로 설정하여 비컨 프레임을 전송한다. 만약 예약 구간의 충돌이 발생한 경우, DRP Owner 디바이스는 Reservation Status bit를 1로 설정하지 않는다. 그리고, 이 경우에 대한 예약 협상을 종료하기 위해 DRP Target 디바이스는 DRP IE의 Reservation Status bit를 0으로 설정하고, Reason Code bit를 적절한 값으로 설정한다. 그리고, DRP Owner 디바이스는 자신의 비컨 프레임 내의 해당 DRP IE를 삭제한다.

### III. 제안하는 기법

집이나 사무실과 같은 무선 통신을 필요로 하는 다양한 장치들이 존재하는 무선 환경에서는 다양한 무선 USB 네트워크들이 혼재할 수 있다. 그림 2는 본 논문에서 가정하는 일반적인 홈 네트워크에서의 통신 환경의 예이다.

그림 2에서 보는 바와 같이, 각각의 무선 USB 호스트들이 네 개의 독립적인 무선 USB 클러스터를 형성하여, 각각의 클러스터에 속하는 장치들과 통신하고 있다. 이들 네트워크들은 각각의 어플리케이션을 위해 독립적으로 형성되고 동작하기 때문에, 인접한 무선 USB 네트워크간의 비컨 프레임과 데이터 프레임들의 충돌이 발생할 수 있다. 인접한 네트워크간 프레임 충돌을 피하기 위해 방안으로써 서로 다른 시간대의 자원을 이용하여 네트워크간 간섭 및 충돌을 회피하는

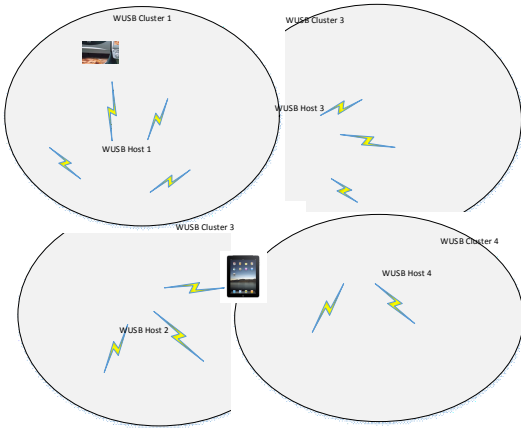


그림 2. 다수의 무선 USB 클러스터들이 존재하는 네트워크 환경에 대한 예

Fig. 2. An example for the network environment in which numerous WUSB clusters exist

방법이 있다. 하지만, 동일한 무선 환경내에서 독립적으로 동작하는 무선 USB 네트워크들이 많아질 경우 사용 가능한 자원이 줄어들게 되고, 서비스 제공을 위해 필요한 자원이 부족하게 되는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 다수의 무선 USB 시스템이 공존하기 위한 MMC 스케줄링 알고리즘을 제안한다.

### 3.1 유휴 채널 검색

제안하는 알고리즘은 무선 USB 클러스터내의 장치들이 통신하지 않는 비활성 구간동안, 무선 USB 호스트가 다른 이용 가능한 무선 채널을 스캔하고, 사용

중인 무선 채널에서 프레임 충돌이나 간섭을 인지한다면, 무선 USB 호스트는 스캔한 유휴 채널 중 하나를 선택하고, 선택한 채널로 이동하여, 자신의 무선 USB 클러스터에 속하는 해당 디바이스들과 다시 네트워크를 형성하는 것이다. 무선 USB 호스트는 스캔 구간동안 수신된 프레임들을 분석하여 다른 무선 USB 클러스터들의 존재와 무선 채널의 사용 정보를 간접적으로 인식할 수 있다. 무선 USB 표준은 슈퍼프레임내에 별도의 inactive 구간을 정의하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 유휴 채널을 스캔하기 위한 구간을 별도로 정의할 것이다.

무선 USB 네트워크의 경우 WiMedia MAC의 슈퍼프레임 내에서 Private DRP 기법을 통해 예약한 특정 데이터 전송 구간만을 사용하기 때문에, 무선 USB 호스트는 자신의 무선 USB 클러스터가 사용하는 구간을 제외한 나머지 구간을 inactive 구간으로 정의하고 해당 구간에서 유휴 채널 스캔을 수행한다.

다음 그림 3은 본 논문에서 제안하는 유휴 채널 검색 기법의 예를 보여주고 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 무선 USB 호스트는 자신이 예약한 Private DRP 구간에서는 무선 USB 클러스터에 속하는 장치들과 통신을 수행한다. 하지만, 예약하지 않은 슈퍼프레임 구간에서는 다른 무선 채널을 검색하여 유휴 채널 여부와 다른 장치들에 의해 사용되는 채널 정보를 확인한다.

### 3.2 채널 스케줄링

충돌이나 간섭을 감지한 무선 USB 호스트나 디바

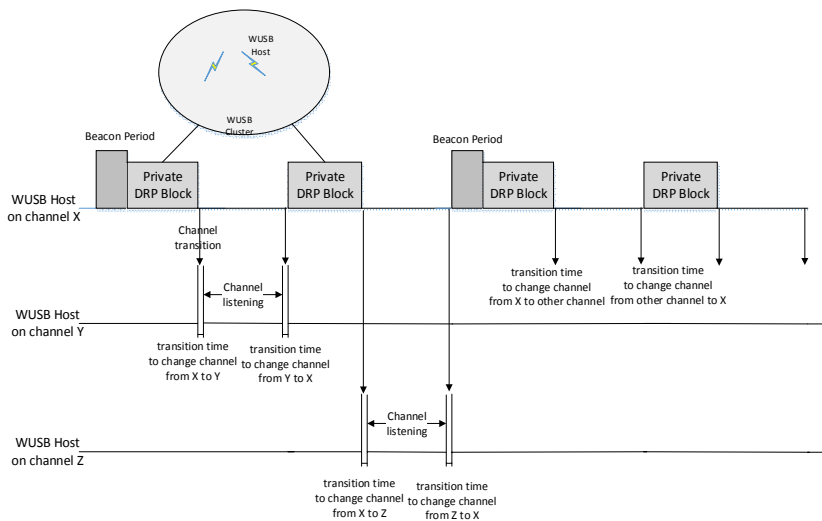


그림 3. 제안하는 채널 검색 기법  
Fig. 3. The proposed Channel Scan scheme

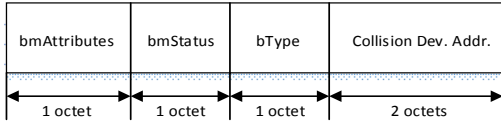


Fig. 4. The format of Collision Notification Message  
그림 4. Collision Notification Message의 구조

이스는 자신이 속한 무선 USB 클러스터의 디바이스들에게 충돌이나 간섭이 발생하는 상황을 알려야 한다. 본 논문에서는 충돌 및 간섭이 발생한 사실을 알리기 위한 Collision Notification Message를 제안한다. 그림 4는 Collision Notification Message의 구조를 보여주고 있다.

충돌을 감지한 디바이스는 자신의 주소를 Collision Dev. Addr 필드에 표시한 후, 무선 USB 호스트에게 전송한다. Collision Notification Message를 수신한 WUSB 호스트는 유휴 채널중 하나를 선택하여 이동할 채널을 무선 USB 클러스터내의 디바이스들에게 알린다. 무선 USB 호스트가 무선 USB 클러스터 멤버들에게 채널이동에 대한 정보를 제공하기 위해, Channel Change Request IE를 자신의 비컨에 포함시켜 브로드캐스트한다. 그림 5는 Channel Change Request IE의 구조를 보여주고 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이, 첫번째 필드인 Element ID 는 해당 정보요소를 구분하기 위한 필드이다. 두 번째 필드인 Length 필드는 나머지 필드들의 길이를 나타내는 필드이다. 세번째 필드인 Channel Change Countdown은 채널 변경을 할 예정인 슈퍼프레임 구간을 가리키는 필드이다. 이 필드는 매 슈퍼프레임 주기마다 1씩 감소하며, 0이 되는 슈퍼프레임 구간부터 무선 USB 호스트와 디바이스들은 새로운 채널로 이동하여 통신을 수행한다. 본 논문에서 제안하는 Channel Change Request IE는 이 IE를 전송하는 장치와 같이 채널을 변경하도록 요청되는 피어 장치들의 ID들에 대한 리스트를 포함한다. 또한 Channel Change IE는 새로 이동한 채널에 대한 정보를 담은 New Channel Number 필드를 포함한다.

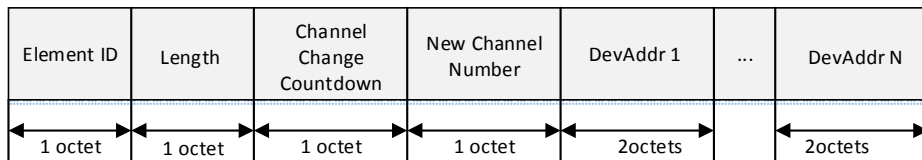


그림 5. Channel Change Request IE의 구조  
Fig. 5. The format of Channel Change Request IE

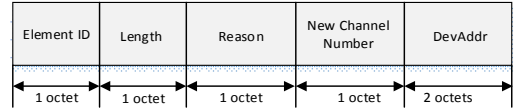


그림 6. Channel Change Response IE의 구조  
Fig. 6. The format of Channel Change Response IE

Channel Change Request IE를 수신한 이후에, 리스트 내의 각각의 장치는 Channel Change Response IE를 전송하여 응답한다. 그림 6은 Channel Change Response IE의 구조를 보여준다.

그림 6에서 보는 바와 같이, Channel Change Response IE는 다음의 필드들을 포함한다. Reason 필드는 Channel Change Response IE내에서 요청된 채널 변경에 대한 응답으로써 긍정적인 확인 또는 거절 중 하나를 포함한다. New Channel Number 필드는 Channel Change Request IE에서 요청되었던 것과 같은, 응답하는 장치가 변경할 것으로 동의하고 있는 새로운 채널 번호이다.

Channel Change Response IE를 수신한 무선 USB 호스트는 Reason 필드를 확인하여, 채널 변경 요청을 거절한 디바이스가 있는지 여부를 확인한다. 다른 장치들과 통신하는 등의 문제로 채널 변경 요청을 거절한 디바이스가 존재하는 경우, 무선 USB 호스트는 해당 디바이스들중 하나를 선택하여, 현 채널에서 예약된 구간을 유지하도록 하며, 통신 역시 계속 유지한다. 현 채널에서 예약된 구간을 유지하기 위해, 무선 USB 호스트는 Channel Change Confirm Message를 채널 변경 요청을 거절한 디바이스들 중 하나에게 전송한다. 이때, 선택하는 기준은 디바이스 ID가 가장 낮은 디바이스를 선택한다. 그림 7은 Channel Change Confirm IE의 구조를 보여준다.

그림 7에서, DevAddr 필드는 선택한 디바이스의 주소를 가리키며, New Channel Number 필드는 최종적으로 이동할 채널 번호를 가리킨다. Private DRP Allocation 필드는 현재 채널상에서 WUSB 클러스터를 위해 예약한 구간에 대한 정보를 포함한다. Channel Change Confirm IE를 수신한 디바이스는

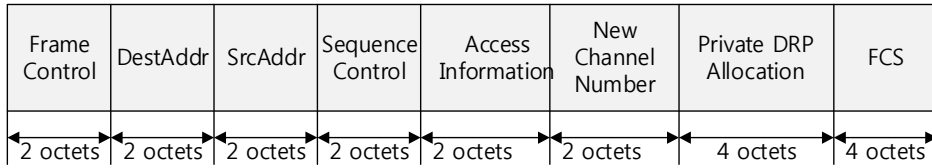


그림 7. Channel Change Confirm 명령 프레임의 구조  
 Fig. 7. The format of Channel Change Confirm command frame

Private DRP Allocation 필드의 정보를 바탕으로 새로운 Private DRP IE를 생성하고 비컨에 포함시켜 브로드캐스팅한다. 이러한 과정을 거쳐서 무선 USB 호스트와 채널 변경 요청을 거절한 장치들은 현재 채널에서 통신하기 위한 자원을 계속 유지할 수 있다.

그림 8은 제안하는 기법의 동작을 보여주고 있다. device 1이 무선 USB 호스트 1과 무선 USB 클러스터를 형성하고 있다고 가정해보자. 무선 USB 호스트 1은 예약된 Private DRP 구간동안 무선 채널 X를 통하여 데이터 프레임을 전송하며, 예약되지 않은 슈퍼프레임 구간에서 무선 채널 스캔을 통해, 무선 채널 Y가 새롭게 사용 가능하다는 것을 알 수 있다.

다른 무선 USB의 전송범위와 겹치는 영역에 존재하는 device 1은 데이터 프레임 충돌로 인해 데이터 프레임을 수신할 수 없다. device 1이 특정 시간동안 데이터 프레임을 수신할 수 없다면, device 1은 Collision Notification Message를 무선 USB 호스트 1에게 전송한다. Collision Notification Message를 수신한 무선 USB 호스트 1은 유휴 채널중 하나를 선택

하여 Channel Change Request IE를 자신의 무선 USB 클러스터에 속하는 디바이스들에게 브로드캐스팅한다. Channel Change Request IE를 수신한 디바이스들은 자신의 비컨 프레임에 Channel Response IE를 포함시켜 브로드캐스팅한다. Channel Response IE를 수신한 무선 USB 호스트 1은 이동할 채널을 확인한 후, Channel Change Confirm command frame을 브로드캐스팅한다. 무선 USB 호스트와 디바이스들은 지정된 superframe 구간에서 채널 이동한 후, 기존의 통신을 계속 수행한다.

#### IV. 실험

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 분산협력방식 기반의 WiMedia 프로토콜이 기존에 제안된 WiMedia 프로토콜보다 성능이 향상됨을 제시하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 시뮬레이션에 사용한 파라미터는 표 1과 같다.

그림 9는 시간이 흐름에 따라 무선 USB 디바이스

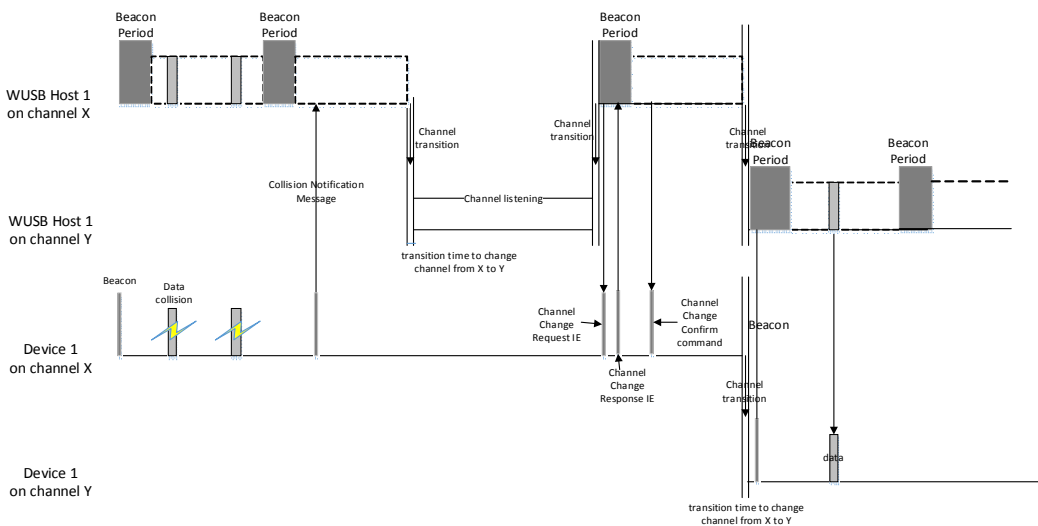


그림 8. 제안하는 기법의 채널 스위칭 동작  
 Fig. 8. The channel switching operation of the proposed scheme

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation Parameter

Parameter	Value
Basic data rate	53.3 Mbps
Bandwidth	528 MHz
Superframe length	65.536 ms
MAS size	256 $\mu$ s
Beacon slot time	85 $\mu$ s
Symbol length	312.5 ns
Preamble length	9.375 $\mu$ s
Header length	3.75 $\mu$ s
Transmission power	-41.3 dB/MHz
MSDU size	1024 bytes

가 수신한 데이터 프레임의 수를 비교한 것이다. 기존의 프로토콜 표준에서는 데이터 프레임의 충돌이 발생하면 더 이상 데이터를 수신하지 못하기 때문에, 수신한 데이터 프레임 수의 함이 더 이상 증가하지 않는다. 하지만 제안하는 알고리즘은 데이터 충돌을 감지한 이후 유희채널로 이동하여 통신을 계속 수행하기 때문에, 잠깐의 지연 시간이후에 수신한 데이터 프레임의 수가 계속 증가한다.

그림 10은 전송성공률을 비교하고 있다. 시뮬레이션 결과 전송 에러율이 0%일 경우, delivery success rate은 97.48%이며, 전송 에러율이 20%일 경우, delivery success rate은 77.39%이다. 전송 에러율에 따른 데이터 프레임의 손실율을 고려한다면, 제안하는 기법을 사용하는 디바이스는 대략 2.52%의 데이터 프레임만을 잃게 된다.

그림 11은 시뮬레이션 시간에 따른 무선 USB 호스트의 전력 소모를 비교한 것이다. 본 시뮬레이션에서

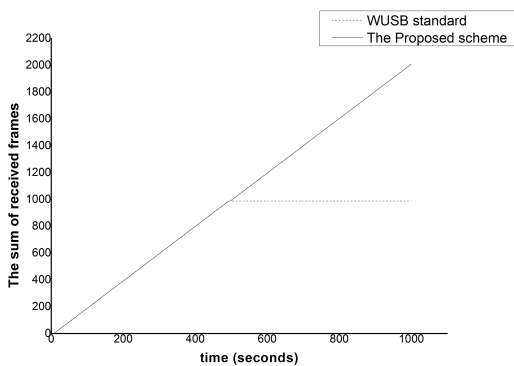


Fig. 9. The number of the received data frames  
그림 9. 수신한 데이터 프레임의 수

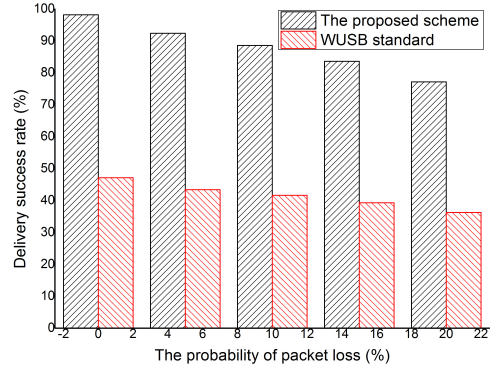


Fig. 10. The packet delivery ratio  
그림 10. 패킷 전달 성공률

500초가 될 때, 중첩되는 통신영역에서 새로운 무선 USB 클러스터가 동작한다. 따라서, 500초가 되면 충돌회피 알고리즘이 동작하면서 제안하는 기법의 에너지 소모가 더 크게 증가하게 된다. 그림 11에서, 제안하는 기법을 사용하는 무선 USB 호스트의 전력 소모는 기존의 무선 USB 표준을 사용하는 호스트보다 더 많은 전력을 소모한다. 이는 유희채널 검색으로 인한 에너지 소모의 증가가 하나의 원인이다. 또한, 간섭이나 충돌이 발생할 경우, 2개의 채널을 이동하며, 통신을 하기 때문에, 전력 소모가 증가하게 된다. 하지만, 제안하는 기법은 데이터의 손실없이 충돌이나 간섭을 빠르게 회피할 수 있다. 또한, 제안하는 기법은 채널이동을 할 수 없는 장치들과의 통신도 수행가능하기 때문에, 신뢰성있는 데이터의 전송 또한 보장할 수 있다.

그림 12는 시스템 부하에 따른 프레임 손실률을 비교한 그림이다. 본 실험에서 시스템 부하는 트래픽 스트림의 수를 증가시켜서 결과를 확인하였다. 그림 12

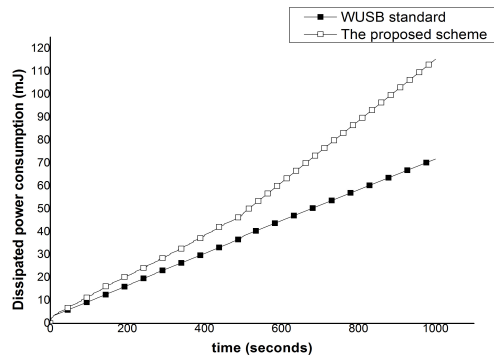


Fig. 11. Energy consumption of WUSB host vs. time  
그림 11. 시뮬레이션 시간에 따른 WUSB 호스트의 에너지 소모

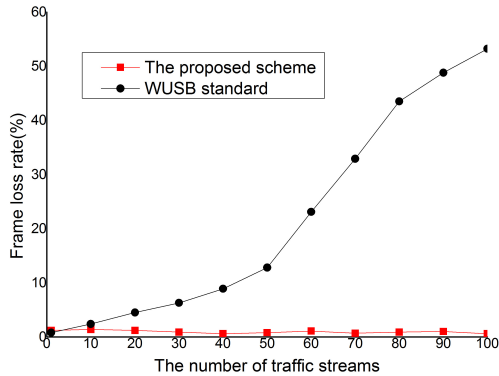


Fig. 12. Frame loss rate of WUSB host vs. system load  
 그림 12. 시스템 부하에 따른 WUSB 호스트의 프레임 손실률

에서 무선 USB 표준은 별도의 간섭회피 기법을 제공하지 않기 때문에, 시스템 부하가 증가할수록 데이터 충돌에 의한 무선 USB 표준의 프레임 손실률 또한 증가하였다. 하지만, 제안하는 알고리즘은 데이터 충돌이 발생하게 되면 채널을 변경하기 때문에, 프레임의 손실이 거의 없다.

### V. 결 론

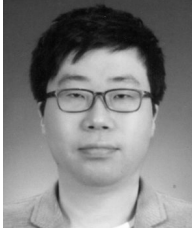
본 논문은 여러 무선 USB 클러스터들이 공존하는 무선 환경에서 간섭이나 충돌을 회피하기 위한 새로운 채널 관리 기법을 제안하였다. 새로 제안한 기법은 여러 무선 USB 클러스터들이 공존하는 환경에서 발생하는 데이터 충돌을 효율적으로 해결이 가능하다. 통신을 수행하지 않는 슈퍼프레임 구간동안 유휴 채널 스캔을 수행하여, 실제 무선 환경에 대한 정보를 빠르게 수집할 수 있도록 하였다. 즉, 데이터 충돌이 발생한 이후에 채널 스캔을 하지 않고 평소에 유휴 채널 스캔을 하기 때문에, 데이터 충돌이 발생한 이후 빠르게 채널 이동이 가능하며, 데이터 충돌로 인한 네트워크의 단절을 최소한으로 줄일 수 있다. 또한, 제안하는 기법은 채널을 이동할 수 없는 디바이스들도 고려하기 때문에, 채널 이동으로 인한 orphan 디바이스의 발생을 막을 수 있다.

### References

- [1] WiMedia MAC Release Spec. 1.01, *Distributed medium access control (MAC) for wireless networks*, Dec. 15, 2006.
- [2] USB Implementers Forum, *Wireless universal serial bus specification, revision 1.1*, Sept. 2010.
- [3] C. Ma and M. Mehmet-Ali, "A performance modeling of wimedia UWB MAC," in *Proc. 25th Biennial Symp. Commun.*, pp. 461-466, Ottawa, Canada, May 2010.
- [4] K. Shuaib, M. Boulmalf, F. Sallabi, and A. Lakas, "Co-existence of zigbee and WLAN, a performance study," in *Proc. Wirel. Telecommun. Symp.*, pp. 1-6, Los Angeles, USA, Apr. 2006.
- [5] E. Toscano and L. Lo Bello, "Cross-channel interference in IEEE 802.15.4 networks," in *Proc. IEEE Int. Workshop Factory Commun. Syst.*, pp. 139-148, Dresden, Germany, May 2008.
- [6] H.-B. Jung, S.-H. Kim, and D.-K. Kim, "Energy efficient relay selection in a multi-hop ad-hoc environment," *J. KICS*, vol. 37B, no. 5, pp. 327-337, May 2012.
- [7] J. Lee and M. Yang, "Relay selection schemes using STBC technique in OFDM-based cooperative wireless communications," *J. KICS*, vol. 36, no. 7, pp. 640-648, Jul. 2011.
- [8] A. D. Le, J.-B. Park, Y. O. Cho, M. A. Jeong, S. R. Lee, and Y. H. Kim, "Self-interference cancellation-aided relay beamforming for multi-way relaying systems," *J. KICS*, vol. 38C, no. 4, pp. 378-386, Apr. 2013.
- [9] G. Feng, S. C. Liew, and P. Fan, "Minimizing interferences in wireless ad hoc networks through topology control," *IEEE Int. Conf. Commun. (ICC)* pp. 2332-2336, Beijing, May 2008.
- [10] T. Zhou, G. He, J. A. Stankovic, and T. Abdelzaher, "RID: Radio interference detection in wireless sensor networks," in *Proc. IEEE INFOCOM*, vol. 2, pp. 891-901, 13-17 Mar. 2005.



**김 진 우 (Jin-Woo Kim)**



2003년 8월 : 고려대학교 전기  
전자전파공학부 졸업  
2005년 8월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 석사  
2011년 8월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 박사  
2011년~현재 : 목포대학교 정보  
산업연구소(대학중점연구소) 연구교수

<관심분야> 해양IT융합기술, WPAN, IoT, Vehicular  
Network

**김 경 호 (Kyung-Ho Kim)**



1981년 2월 : 조선대학교 학사  
1983년 2월 : 조선대학교 석사  
1993년 2월 : 조선대학교 박사  
2000년 : Howard University 박사  
1987년~1998년 : 목포대학교  
전자공학과 교수  
1998년~현재 : 목포대학교 정보  
통신공학과 교수

<관심분야> 이동통신시스템 구성 및 설계, 컴퓨터  
네트워크 구성 및 설계

**박 경 우 (Kyung Woo Park)**



1986년 2월 : 전남대학교 전산  
통계학과 학사  
1988년 2월 : 전남대학교 전산  
통계학과 이학석사  
1994년 2월 : 전남대학교 전산  
통계학과 이학박사  
2006년 4월~현재 : 목포대학교  
컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 분산 및 병렬처리, 데이터베이스, 전산학

**이 성 로 (Seong Ro Lee)**



1987년 2월 : 고려대학교 전자  
공학과 공학사  
1990년 2월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학석사  
1996년 8월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학박사  
1997년 9월~현재 : 목포대학교  
공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시  
스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템

**오 일 환 (Il-Whan Oh)**



1982년 2월 : 연세대학교 전기  
학과 졸업  
1985년 12월 : 텍사스대학교 전  
기전자공학화 석사  
1988년 12월 : Rhode Island  
대학교 전기전자공학과 박사  
1990년 3월~현재 : 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수  
<관심분야> 광통신, 센서 네트워크