

WUSB over IEEE 802.15.6 통합 MAC 프로토콜의 Hibernation 구조 설계

허경*

Hibernation Structure Design of Wireless USB over IEEE 802.15.6 Hierarchical MAC Protocol

Kyeong Hur*

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, 430-040 San 6-8, Seoksu-Dong, Manan-Gu, Anyang-si, Gyeonggi-Do, Korea

요 약

웨어러블 컴퓨터 시스템은 WiMedia PHY/MAC 기술과 결합된 USB 기술로 WUSB (wireless universal serial bus) 기술을 사용하여 구성할 수 있다. 본 논문은 U-Health 기능을 지원하는 무선 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구성하기 위해 WUSB 기술과 IEEE 802.15.6 WBAN (wireless body area networks) 기술을 결합한 통신시스템 구조에 초점을 맞추었다. 그리고 IEEE 802.15.6 기반 WUSB 통신 구조에서 저전력 Hibernation 통신 구조를 제안하였다. 제안하는 Hibernation 구조는 WBAN Wakeup Period 및 Wakeup Phase 메시지 필드들을 사용하여, WBAN의 주기적인 Inactive 구간에서 WUSB 통신 구간을 할당한다. 성능 평가에서는 WBAN Wakeup Period에 따른 성능 및 WUSB 통신량에 따른 성능을 비교분석하여, WUSB over IEEE 802.15.6 통신구조에서 제안한 Hibernation 구조의 효율성을 평가하였다.

ABSTRACT

Wearable computer systems can use the wireless universal serial bus (WUSB) that refers to USB technology that is merged with WiMedia PHY/MAC technical specifications. In this paper, we focus on an integrated system of the wireless USB over the IEEE 802.15.6 wireless body area networks (WBAN) for wireless wearable computer systems supporting U-health services. And a communication structure that performs the hibernation for low power consumption is proposed for WUSB over IEEE 802.15.6 hierarchical protocol. In the proposed hibernation mechanisms, WUSB communications are permitted at each m-periodic inactive periods of WBAN superframes by using the WBAN information of Wakeup Period and Wakeup Phase message fields. In our performance evaluations, performances according to amount of WUSB traffic and Wakeup Periods are analyzed respectively to evaluate the effectiveness of proposed hibernation structure in WUSB over IEEE 802.15.6.

키워드 : 무선인체통신, 무선홈네트워크, 무선USB, 웨어러블컴퓨터, 유-헬스

Key word : U-health, WBAN (Wireless Body Area Networks), Wireless Home Networks, WUSB (Wireless Universal Serial Bus), Wearable Computers

접수일자 : 2014. 02. 26 심사완료일자 : 2014. 03. 24 게재확정일자 : 2014. 04. 09

* **Corresponding Author** Kyeong Hur(E-mail: khur@ginue.ac.kr, Tel:+82-31-470-6292)

Department of Computer Education, Gyeongin National University of Education, 430-040 San 6-8, Seoksu-Dong, Manan-Gu, Anyang-si, Gyeonggi-Do, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.7.1610>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

웨어러블 컴퓨터 (Wearable Computer)는 인간 중심의 기술 경향과 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 근간으로 하는 차세대 컴퓨팅 분야에서 그 중심에 위치한다고 말할 수 있다. 이것은 사용자와 컴퓨팅 기기간의 상호교감을 극대화시키는 사용자 중심의 인터페이스와 유비쿼터스 인프라에서 정보이용의 시공간적 제약을 극복하는 사용자의 정보 접근성 및 이동성을 증대시키는 무선 통신 기술과 시스템을 소형화·의류화·내장화·자유 변형화하여 사람·기기·미디어 간의 경계를 허무는 하드웨어 플랫폼 기술을 지향하기 때문이다[1, 2].

USB (Universal Serial Bus) 기술은 PC와 주변장치를 쉽게 연결해주는 대표적인 Host to Devices 통신 버스 기술로 현재까지 20억 개 이상의 디바이스들이 사용되고 있다[3]. USB는 사용자에게 PC와 디지털 캠, 하드 드라이브, 스캐너, 프린트, 카메라, 마우스 등 다양한 주변장치를 드라이버 설치와 재부팅 등의 번거로움 없이 연결시켜주는 편리한 버스 프로토콜이다. 하지만 기존의 유선 USB는 각 장치와 Host를 연결하는데 유선 케이블이 필요하기 때문에, USB 호스트와 연결된 디바이스와의 거리에 대한 제약, 복잡하게 연결된 케이블의 외관, 그리고 USB 허브에 부착된 슬롯 개수에 따른 설치의 복잡성과 같은 단점들을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하고자 Intel 등의 기업들을 중심으로 형성된 WiMedia Alliance는 WiMedia MAC의 무선 기술을 이용한 Wireless USB (WUSB) 규격을 개발하였다[4]. WiMedia MAC은 WiMedia Alliance에서 개발한 UWB 기반의 분산화된 D-MAC (Distributed MAC) 프로토콜이며, WUSB는 유선 USB와 동일한 기능을 제공하도록 설계되었으며 호스트와 디바이스간 3m 이내 거리에서 최대 480bps의 전송대역폭을 제공하며 최대 거리 10m 이내까지 동작되도록 설계되었다[5-7].

WBAN (Wireless Body Area Networks) 표준은 근거리, 저전력, 고신뢰성 무선통신을 목표로 하고 있으며, 용도에 따라 전송속도가 10Kbps~10Mbps 범위로 의료용 또는 비의료용 서비스에 활용된다. 의료용의 경우 인체 내부에 이식되는 이식형과 인체 외부에 부착되는 부착형 장치로 나누어지며, 비의료용은 실시간 오디오/비디오 스트림, 데이터 파일 전달, 엔터테인먼트 등의 분야에 활용된다. 미래 사회에는 다양한 무선 장치들이

인체에 구성되어 네트워크를 형성할 것이다. 이때 전파가 인체에 미치는 영향, 통신에 사용되는 소모전력, 응용 서비스에 요구되는 다양한 특성 등을 만족하는 WBAN 기술이 필요하다. WBAN의 공통적인 목표는 처리량 향상, 지연시간 최소화, 소모전력 최소화를 지원하는 것이다[8].

웨어러블 컴퓨터 시스템은 WiMedia PHY/MAC 기술과 결합된 USB 기술로 WUSB 기술을 사용하여 구성할 수 있다. 본 논문은 U-Health 기능을 지원하는 무선 웨어러블 컴퓨터 시스템을 구성하기 위해 WUSB 기술과 IEEE 802.15.6 WBAN 기술을 결합한 통신시스템 구조에 초점을 맞추었다[9-12]. 그리고 IEEE 802.15.6 기반 WUSB 통신 구조에서 저전력 Hibernation 통신 구조를 제안하였다. 제안하는 Hibernation 구조는 WBAN Wakeup Period 및 Wakeup Phase 메시지 필드들을 사용하여, WBAN의 주기적인 Inactive 구간에서 WUSB 통신 구간을 할당한다. 또한 WBAN의 Polled Access 구조를 사용하여 WBAN의 Inactive 구간에서도 WBAN 통신을 지원하는 방안을 결합한다. 성능 평가에서는 WBAN Wakeup Period에 따른 성능 및 WUSB 통신량에 따른 성능을 비교분석하여, WUSB over IEEE 802.15.6 통신구조에서 제안한 Hibernation 구조의 효율성을 평가하였다.

II. 웨어러블 컴퓨터 시스템을 위한 WUSB over WBAN 프로토콜

WUSB는 기존의 USB와 마찬가지로 PC를 WUSB Host로 하고 무선 USB 규격을 적용한 주변 WUSB Device가 중앙집중방식으로 접속하는 형태이다[3, 4]. WUSB 채널은 WiMedia D-MAC 슈퍼프레임에서 Private 구간들의 집합으로 형성된다. Private 구간은 특정 어플리케이션 그룹 멤버 디바이스들만 예약 전송 가능한 구간으로, 다른 어플리케이션의 디바이스들의 이 Private 구간에 대한 정보를 얻을 수 없다.

이러한 Private 구간들의 설정은 MMC (Micro-scheduled Management Commands) 제어 패킷이 담당하게 된다. MMC는 WUSB 호스트가 자신의 클러스터에 속한 디바이스들에게 방송하는 제어 패킷으로 다음 MMC 패킷이 전송될 시간정보, I/O control 시간정보,

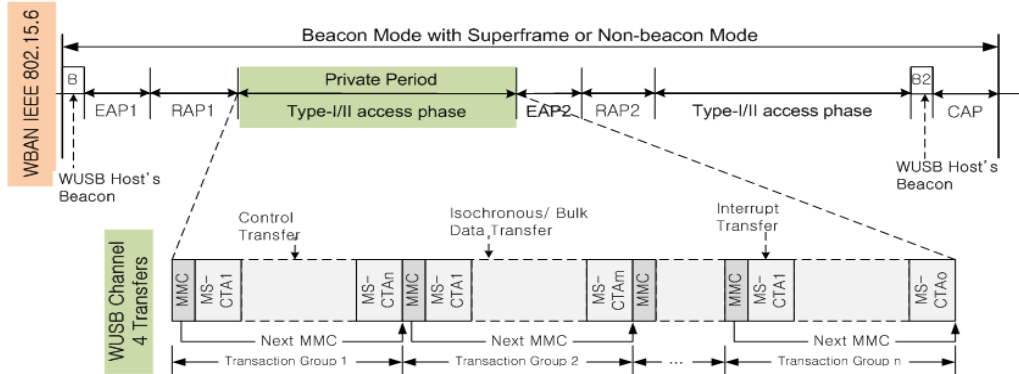


그림 1. WUSB over IEEE 802.15.6 MAC 구성
 Fig. 1 Configuration of WUSB over IEEE 802.15.6 MAC

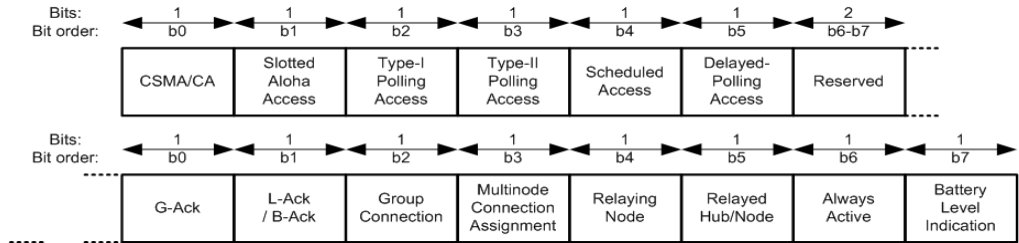


그림 2. IEEE 802.15.6 MAC Capability 포맷
 Fig. 2 Format of IEEE 802.15.6 MAC Capability

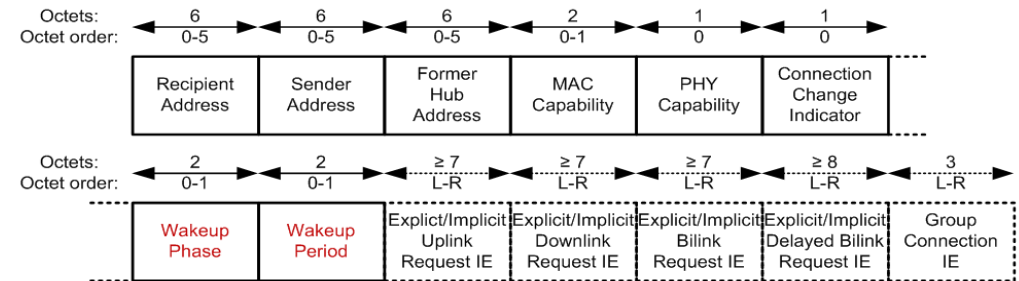


그림 3. IEEE 802.15.6 Connection Request Frame 포맷
 Fig. 3 Format of IEEE 802.15.6 Connection Request Frame

호스트와 디바이스들간 통신 스케줄 정보 등을 포함하고 있다. 하나의 MMC는 다음 MMC전까지 이루어질 USB 트랜잭션에 대한 스케줄링 정보를 포함하며 모든 WUSB 호스트와 WUSB 디바이스간 통신은 MMC에서 스케줄 된 순서와 시간에 맞추어 통신하게 된다[3, 4].

IEEE 802.15.6은 하나의 허브와 여러 개의 노드가 스타 토폴로지를 구성하여 하나의 독립적인 네트워크를

형성한다. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜은 수퍼프레임 구간 내 Beacon Period를 설정하여 허브 디바이스가 비컨을 전송하는 Beacon mode로 동작한다.

Beacon mode의 Active Beacon Period는 그림 1과 같이 Exclusive Access Phase 1 (EAP1), Random Access Phase 1 (RAP1), Type-I/II Access Phase, EAP2, RAP2, Type-I/II Access Phase, Contention Access Phase

(CAP)로 나누어 진다. EAP1과 EAP2는 높은 우선순위를 갖는 데이터를 보내기 위해 할당된 구간이고 RAP1, RAP2, CAP는 나머지 데이터를 전송하기 위해 할당된 구간으로 경쟁 기반의 접속 방식이다. Type-I/II Access Phase은 비경쟁 기반의 접근방식으로 허브와 노드는 미리 할당된 구간을 이용한다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 WUSB 호스트와 디바이스들 간 통신을 위해 Type-I/II Access Phase 구간을 할당하여 MMC 스케줄링 기능을 지원한다.

III. WUSB 및 WBAN 통신을 지원하는 Hibernation 구조 설계

3.1. WUSB/WBAN에서 저전력 Hibernation 기술

IEEE 802.15.6 WBAN에서는 그림 2와 같이 MAC capability에서 Always Active 필드가 1인 경우 디바이스는 슈퍼프레임 마다 Active (활성) 상태를 유지한다. 반면에 Always Active 필드가 0인 경우 디바이스는 슈퍼프레임 마다 Active 상태를 유지하지 않고 정해진 구간에서만 Active 상태를 유지한다. WBAN에서는 이것을 Hibernation이라고 한다. 시스템의 요구사항에 따라 Hibernation 되는 주기 또는 길이가 달라질 수 있다.

하나의 슈퍼프레임 이상 구간동안 Inactive 상태를 유지하기 위해서 디바이스는 그림 3의 Connection Request Frame에서 Wakeup Period 필드를 설정하고 호스트에게 전송한다. 이것은 WBAN 디바이스가 Active 상태가 되는 슈퍼프레임의 빈도를 의미한다. 즉 Wakeup Period가 m 이면 m 번 마다 슈퍼프레임이 Active 상태가 된다는 뜻이다. 그리고 Wakeup Phase 필드는 다음에 깨어날 슈퍼프레임 번호를 나타낸다. 디바이스로부터 Connection Request Frame을 수신한 호스트는 Wakeup Period와 Wakeup Phase 필드를 저장해야 한다. 그러나 Connection Assignment Frame의 Wakeup Period와 Wakeup Phase 필드는 반드시 수신한 Wakeup Period와 Wakeup Phase 값과 일치 할 필요는 없다. 즉, 호스트가 네트워크 상태에 따라 Hibernation 구간을 조절할 수 있다는 뜻이다.

만약 WBAN 호스트가 Wakeup Period 필드를 1이 아닌 값으로 설정하는 경우, 네트워크 내에 있는 디바이스들에게 m-periodic allocation을 부여하는 것을 의미한다.

다. 반면 호스트가 Wakeup Period 필드를 1으로 설정하는 경우, 네트워크 내에 있는 WBAN 디바이스들에게 1-periodic allocation을 부여하는 것을 의미한다. 즉, 네트워크가 매 슈퍼프레임마다 항상 깨어있게 된다. WBAN 디바이스는 호스트로부터 수신한 Connection Assignment Frame의 Wakeup Period가 1이 아닌 경우, 디바이스는 Wakeup Period 이후에 깨어나 프레임을 송수신하게 된다. 만약 WBAN 디바이스가 호스트로부터 수신한 Connection Assignment Frame의 Wakeup Period가 1이면, 디바이스는 매 슈퍼프레임마다 깨어나 프레임을 송수신하게 된다. 지금까지 설명한 m-periodic allocation과 1-periodic allocation의 동작 절차는 그림 4와 그림 5와 같다.

Hibernation 방식 외에 WBAN에서 사용되는 또 다른 전력 관리 방식에는 Sleep 방식이 있다. 디바이스는 매 슈퍼프레임 마다 슈퍼프레임 내에서 자신이 데이터를 송수신 할 필요가 있을 때만 라디오를 켜고, 데이터 송수신이 필요 없는 경우 라디오를 끄고 Sleep 모드로 들어간다. 따라서 호스트는 비컨을 통해 각 디바이스가 깨어나 있어야 할 시간 또는 구간을 매 슈퍼프레임 마다 정확하게 알려줌으로서 효율적으로 전력 관리를 할 수 있다.

WUSB over IEEE 802.15.6 통합 MAC은 시각 동기화가 이루어진 TDMA 기반으로 동작하기 때문에 호스트와 디바이스들은 데이터를 송수신하기 위해 언제 라디오를 켜고 꺼야하는지 정확하게 알 수 있다. 따라서 필요한 때에만 라디오를 켜므로서 네트워크 전체에 소모되는 에너지를 절약할 수 있다. WBAN에서 Hibernation 기능을 사용하게 되면 정해진 슈퍼프레임에서만 네트워크가 Active 상태가 된다. m-periodic allocation의 경우 WBAN 채널은 T 시간 동안 Active한 시간은 T/m 가 된다. 그리고 $(T-(T/m))$ 시간 동안은 Inactive 상태가 되어 네트워크 전체의 전력 소모를 줄일 수 있다. WBAN의 Sleep 기능 또한 하나의 슈퍼프레임 구간에서 $1/m$ Duty Cycle을 갖는 경우 T 시간 동안 Active 한 시간은 T/m 으로 m-periodic allocation과 동일한 Active 시간을 갖는다. 하지만 Sleep 방식의 경우 Hibernation 방식에 비해 매 슈퍼프레임 마다 라디오를 켜고 끄게 되는 빈도가 늘어나기 때문에, 라디오를 켜고 끄는데 소모되는 전력에 대한 고려 또한 필요하다. 따라서 WUSB over IEEE 802.15.6 통합 저전력 MAC 설계를 위해

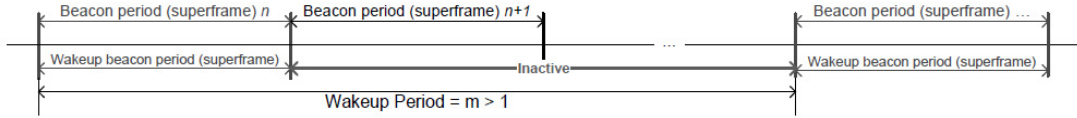


그림 4. WBAN m-periodic 통신
Fig. 4 WBAN m-periodic Hibernation

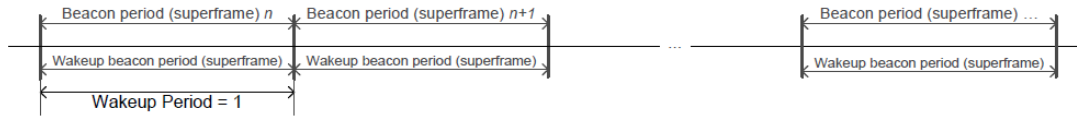


그림 5. WBAN 1-periodic 통신
Fig. 5 WBAN 1-periodic Hibernation

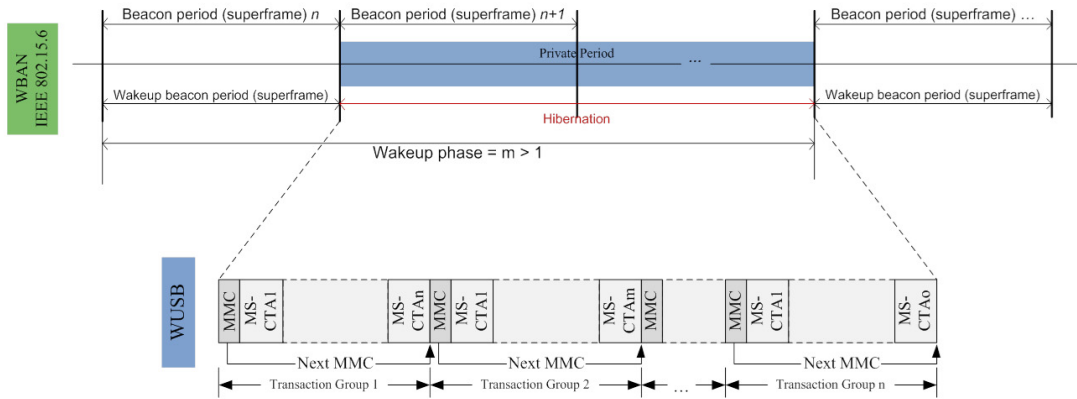


그림 6. m-periodic allocation Hibernation MAC의 슈퍼프레임 구조
Fig. 6 Structure of m-periodic allocation Hibernation MAC superframe

WBAN의 Hibernation 기능을 이용한다.

m-periodic allocation을 사용하는 경우 Inactive 한 슈퍼프레임들이 발생한다. WUSB over IEEE 802.15.6 통합 MAC 프로토콜에서는 WUSB 트래픽이 발생하는 경우 WBAN 슈퍼프레임 내에 Type-I/II Access Phase 구간을 WUSB와 채널을 공유하기 위해 사용했다. 하지만 m-periodic allocation을 사용하여 Inactive 슈퍼프레임이 있으면 Inactive 슈퍼프레임에서는 WUSB와 채널을 공유하기 어렵다. 따라서 WBAN에서 Hibernation을 사용하는 경우 Active 슈퍼프레임을 공유하는 것이 아닌 Inactive 슈퍼프레임을 WUSB를 위해 사용하는 방법을 제안한다. 이와 같은 방법을 사용할 경우 채널 사용의

효율성뿐만 아니라 디바이스의 라디오가 켜고 꺼지는 빈도수가 줄어들게 되어 소모되는 파워도 줄어들게 된다. 그리고 WBAN의 Hibernation을 통해 네트워크 전체에서 사용되는 에너지 소모량을 줄일 수 있게 된다.

그림 6은 m-periodic allocation Hibernation MAC의 슈퍼프레임 구조를 나타낸다. WBAN은 m개의 슈퍼프레임마다 깨어난다. 따라서 m-1개의 슈퍼프레임이 Inactive 상태가 된다. 본 논문에서는 Hibernation을 통해 Inactive 구간을 사용하여 WUSB와 채널을 공유하는 방법을 제안한다. 우선, WBAN에서 한 슈퍼프레임 이상에서 Inactive 상태가 유지되기 위해서는 마지막으로 호스트에게 전송된 Connection Request Frame의

Wakeup Period 필드 값이 1보다 커야한다. 그리고 Wakeup Phase 필드 값에는 다음에 깨어날 슈퍼프레임 값을 나타낸다.

그림 7과 같이 WUSB/WBAN 호스트는 디바이스들로부터 수신한 Connection Request Frame의 Wakeup Phase와 Wakeup Period 필드 값을 통해 Inactive 슈퍼프레임의 구간을 결정한다. 그리고 디바이스들에게 Connection Assignment를 통해 Inactive 구간 즉 WUSB를 위한 전용구간을 알려준다. 이러한 과정을 통해 WUSB와 WBAN은 간섭 없이 동시에 채널을 사용할 수 있게 된다. 따라서 WUSB를 위한 전용구간을 할당 받은 WUSB 클러스터는 기존의 전력 관리 방법을 통해 독립적으로 전력 소모량을 줄일 수 있으며 WBAN 또한 Hibernation을 통해 WUSB와 독립적으로 전력 관리를 할 수 있다.

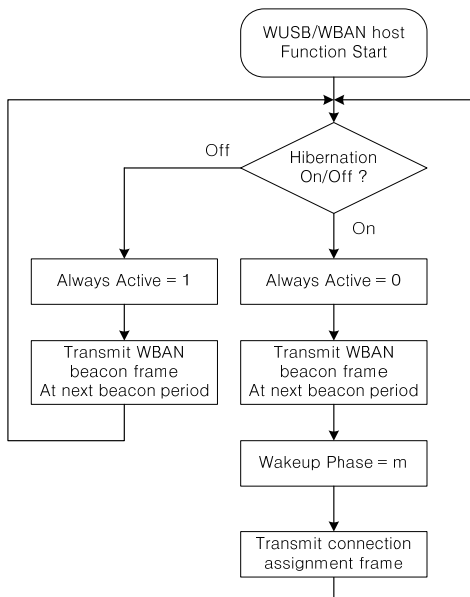


그림 7. m-periodic Hibernation을 위한 WUSB/WBAN 호스트 동작

Fig. 7 WBAN Host function for m-periodic Hibernation

3.2. WBAN Inactive 구간에서 WUSB 공유 프로토콜

WBAN Inactive 구간은 WUSB 통신을 위한 전용구간으로 할당하였으나, WBAN Inactive 구간에서도 WBAN 통신을 지원하고자 할 때 본 기술을 사용한다. 이 기술은 독립적인 액세스 방법으로 Poll을 이용하여,

Connection Request와 Connection Assignment 프레임을 통한 사전 예약 없이 즉시 채널에 액세스 가능한 방법이다. 여기서 Poll은 프레임 페이로드를 포함하지 않으며 디바이스가 액세스 가능하도록 허브에 의해 전송되는 패킷이다. Poll을 이용하여 슬롯을 할당하기 위해 호스트와 디바이스가 마지막으로 교환한 그림 2의 MAC Capability 필드의 Type-I or Type-II Polling Access 비트를 1로 설정해야 한다. 호스트가 디바이스에게 Polled Allocation을 할당하기 위해 호스트는 디바이스에게 미리 정해진 시간에 Poll을 전달한다. Poll을 수신한 디바이스는 pSIFS 이후 데이터를 전송하고 계속 Polled Allocation을 할당할지 말지는 IEEE 802.15.6의 정해진 규칙에 따른다. 그림 8에서 M은 전송할 데이터가 더 있는 경우 1로 설정하고 없는 경우 0으로 설정한다. 그리고 L이 1인 경우 새로운 프레임 트랜잭션이 시작되고 0이면 시작되지 않는다. P는 Polled Allocation의 끝나는 길이를 나타낸다. 마지막으로 N은 Polled Allocation이 현재의 슈퍼프레임에서 끝날지 다음 슈퍼프레임에서 끝날지를 알려준다.

그림 9와 같이 WBAN Inactive 구간에서 WUSB 디바이스에 의해 WBAN의 슈퍼프레임의 구간이 점유되고 일부 구간에서 Idle Period가 발생할 경우, WUSB/WBAN 호스트만 Active 상태로 동작하다가 Poll 메시지를 WBAN 디바이스들에게 브로드캐스트한다. 데이터 전송을 원하는 WBAN 디바이스는 다음 WUSB통신 구간 이전까지 데이터를 전송한다.

IV. 시뮬레이션 결과 분석

OMNet++ 시뮬레이션을 통해 제안된 기술의 성능을 평가한다. 본 논문에서는 사용된 표준 WBAN 변수 값들을 적용하였다[8]. 본 논문에서 WUSB over WBAN MAC은 Hibernation 기능을 사용하지 않고 부분적으로 Sleep 기능을 사용한 시스템을 의미한다. 그리고 Hibernation MAC은 WBAN의 Inactive 슈퍼프레임 구간 전체를 m-periodic allocation하여 WUSB통신을 지원한 시스템을 의미한다. WBAN 클러스터 내에 WUSB 디바이스가 들어왔을 때의 에너지 소모량과 데이터 전송 지연시간을 측정하기 위해 WBAN 클러스터 내에는 4개의 WBAN 디바이스가 슈퍼프레임의 50% 구간을

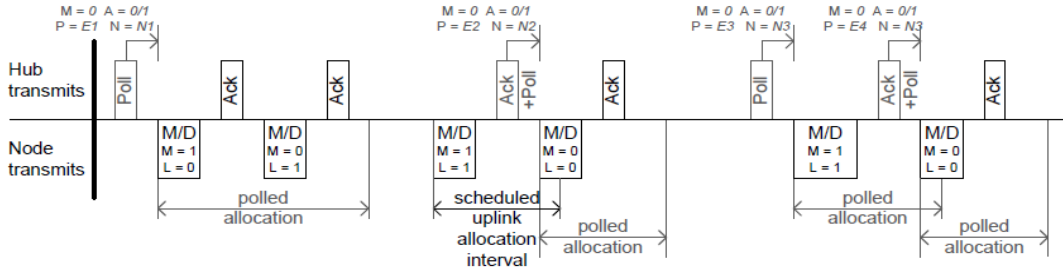


그림 8. Polled Allocation 예제
Fig. 8 Example of Polled Allocations

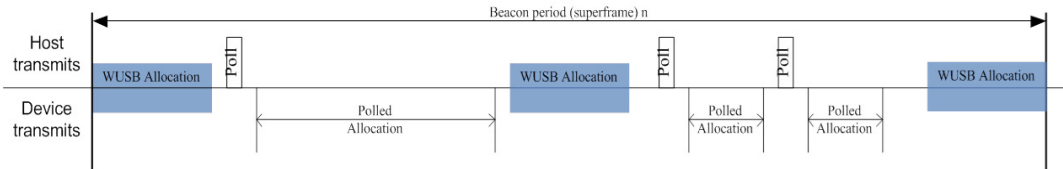


그림 9. WBAN Inactive 구간에서의 Polled Allocation
Fig. 9 Polled Allocation in a WBAN Inactive superframe

점유하여 트래픽을 발생시키도록 설정했다. 그리고 하나의 WUSB 디바이스는 슈퍼프레임의 10% 구간을 점유하여 트래픽을 발생시키도록 설정했다.

그림 10은 Wakeup Period에 따라 WBAN의 Hibernation에 따른 WBAN 디바이스 당 에너지 소모량을 나타낸다. 결과에서 나타나는 것과 같이 Wakeup Period가 길어질수록 네트워크 내에 WUSB 디바이스가 1개만 있을 때를 제외하고 모두 에너지 소모량이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이것은 Hibernation 구간 길이가 길어질수록 각 WBAN 디바이스가 수신하는 WBAN 비컨의 수도 줄어들고, 라디오를 켜고 끄는 빈도도 그만큼 줄어들기 때문에 나타나는 결과이다. 그리고 네트워크 내에 WUSB 디바이스 수가 많아질수록 평균적으로 소모되는 에너지양도 많은 것을 볼 수 있는데 이는 네트워크 내에 WUSB 디바이스 수가 많을수록 WUSB 트래픽이 증가하여 각 WBAN 디바이스가 경쟁 또는 스케줄링으로 인해 라디오를 켜고 끄는 빈도가 늘어나기 때문에 나타나는 결과이다. 그림 11은 Wakeup Period에 따라 WBAN의 Hibernation에 따른 WBAN 디바이스 당 지연시간의 변화를 나타낸다. Wakeup Period가 길어질수록 디바이스가 Active 상태로 돌아오는 간격이 길어진다. 따라서 어플리케이션에 의해 요청된 데이

터가 지연될 가능성이 높아진다. 또한 WUSB 디바이스 수가 많아질수록 지연시간도 증가함을 알 수 있다. 그림 10과 그림 11의 결과에서 나타난 것과 같이 Wakeup Period에 따른 에너지 소모량과 데이터 지연시간은 Trade-off 관계를 갖는다.

그림 12는 WBAN 클러스터 내에 WUSB 디바이스가 들어와 트래픽을 생성했을 때의 에너지 소모량 변화를 보여준다. 새로운 WUSB 디바이스가 WBAN 클러스터 내로 들어오는 경우 WUSB over WBAN MAC은 슈퍼프레임 내의 Type-I/II Access Phase 구간을 WUSB와 채널을 공유하기 위해 할당한다. WUSB 트래픽이 많아지는 경우 할당해야 하는 Type-I/II Access Phase 구간도 점점 길어지게 되어 슈퍼프레임 내에 WBAN을 위해 할당되는 구간이 줄어들게 된다. 따라서 WBAN 디바이스는 자신이 사용 가능한 채널을 할당받기 위해 많은 자원을 사용하게 되고 그에 사용되는 에너지 소모량도 점점 늘어나게 된다. Hibernation MAC의 Wakeup Period를 4로 가정하고 시뮬레이션을 실시한 결과, WUSB 디바이스 5개까지는 거의 일정한 에너지 소모량을 보였다. WBAN의 Inactive 구간을 WUSB를 위해 할당했기 때문에 이와 같은 결과가 나타난다. 그림 13에서 나타나는 것과 같이 WUSB over WBAN MAC의

지연시간은 WBAN 클러스터 내에 WUSB 디바이스 수가 많아질수록 점점 증가하는 것을 볼 수 있다. 앞에서 살펴본 바와 마찬가지로 WBAN의 슈퍼프레임 내의 Type-I/II Access Phase 구간을 WUSB와 공유하게 되면서 WBAN 디바이스가 사용 가능한 채널이 줄어들게 되면서 나타나는 결과다. 반면 Hibernation MAC은 Wakeup Period에 많은 영향을 받기 때문에 상대적으로 긴 지연시간을 보여주지만, WUSB 디바이스 5개까지는 거의 일정한 값을 나타내었다.

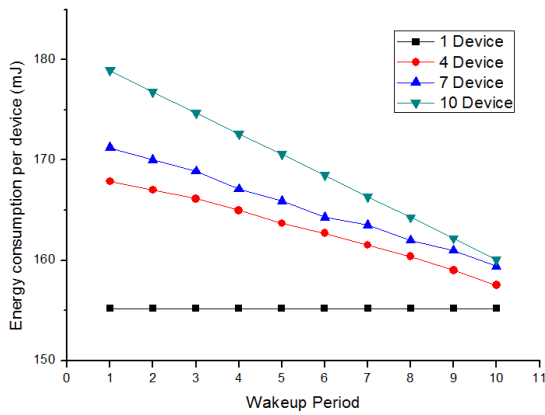


그림 10. Wakeup Period에 따른 WBAN 디바이스의 에너지 소모량 변화

Fig. 10 Energy consumption per WBAN device at each WBAN Wakeup period

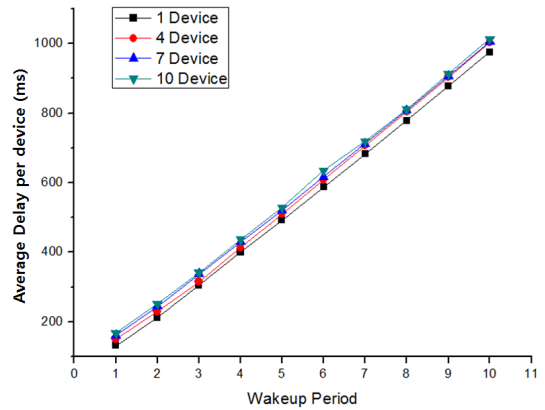


그림 11. Wakeup Period에 따른 WBAN 디바이스의 지연시간 변화

Fig. 11 Average delay per WBAN device at each WBAN Wakeup period

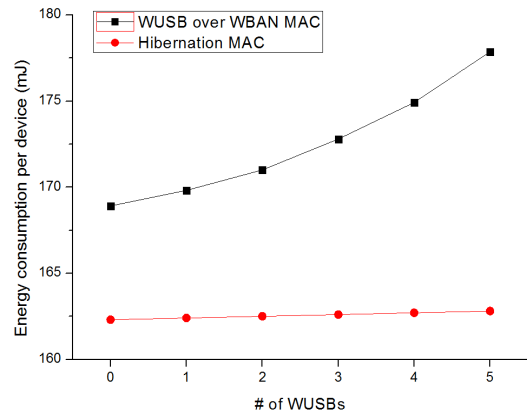


그림 12. WUSB 디바이스 수에 따른 에너지 소모량 변화
Fig. 12 Energy consumption per WBAN device at each number of WUSB devices

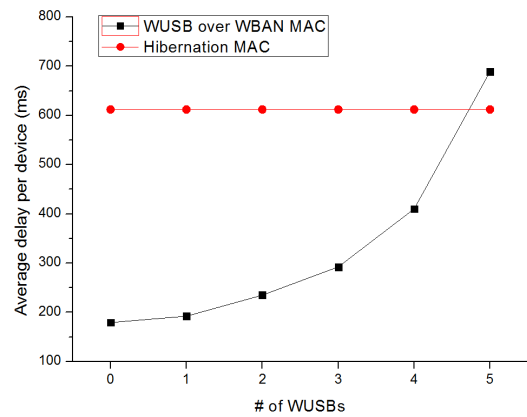


그림 13. WUSB 디바이스 수에 따른 지연시간 변화
Fig. 13 Average delay per WBAN device at each number of WUSB devices

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.15.6 기반 WUSB 통신 구조에서 저전력 Hibernation 통신 기술을 제안하였다. 제안하는 Hibernation 기술은 WBAN Wakeup Period 및 Wakeup Phase 메시지 필드들을 사용하여, WBAN의 주기적인 Inactive 구간에서 WUSB 통신 구간을 할당한다. 또한 WBAN의 Polled Access 구조를 사용하여 WBAN의 Inactive 구간에서도 WBAN 통신을 지원하는 방안을 선택적으로 적용할 수 있다. 성능 평가를 통

해, Wakeup Period에 따른 에너지 소모량과 데이터 지연시간은 Trade-off 관계를 갖으며, 이에 따라 전송 지연시간이 크게 증가하지 않는 범위의 WUSB 트래픽 용량을 수용하는 것이 요구된다는 것을 알 수 있었다. 이에 추후연구로 우선순위에 따라 WUSB와 WBAN의 채널 점유율을 제어하는 방법에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

[1] Woohun Lee and Minjung Sohn, "One-key Keyboard: A Very Small QWERTY Keyboard Supporting Text Entry for Wearable Computing," Proceedings of Korea Design Society Conference, pp. 82-83, 2006.

[2] Robert Rosenberg and Mel Slater, "The Chording Glove: A Glove-Based Text Input Device," IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Review, Vol. 29, No. 2, pp. 223-231, 2009.

[3] USB 2.0, USB-IF, <http://www.usb.org/home>, 2006.

[4] Certified Wireless USB 1.1, <http://www.usb.org/developers/wusb>, Sep. 2010.

[5] WiMedia MAC Release Spec. 1.5, "Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks," <http://www.wimedia.org>. 2009.

[6] J. Del Prado Pavon, N. Sai Shankar, V. Gaddam, K.

Challapali and Chun-Ting Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 44, No. 6, pp. 128-134, June 2006.

[7] Jin-Woo Kim, Kyeong Hur and Seong-Ro Lee, "Wireless USB Cluster Tree based on Distributed Reservation Protocol for Mobility Support," Wireless Personal Communications, Vol.71, No.1, 275-298, 2013.

[8] IEEE 802.15 WPAN Task Group 6 Body Area Networks (BAN), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>. 2009.

[9] Kyeong Hur, Won-Sung Sohn, Jae-Kyung Kim and YangSun Lee, "A Real-Time Localization Platform Design in WUSB over WBAN Protocol for Wearable Computer Systems" LNCS 7709, pp. 173-180. 2012.

[10] Kyeong Hur, Wonsung Sohn, Jaekyung Kim and Yangsun Lee, "A Resource Management Mechanism of WBAN for Wireless USB Support," International Journal of Smart Home Vol. 7, No. 3, pp.1-16, May, 2013.

[11] Kyeong Hur, Wonsung Sohn, Jaekyung Kim and Yangsun Lee, "Personal Area Distance Computing Systems", International Journal of Control and Automation, Vol. 6, No. 4, pp.1-16, Aug. 2013.

[12] Kyeong Hur, Wonsung Sohn, Jaekyung Kim and Yangsun Lee, "IEEE 802.15.6 WBAN Beaconing for Wireless USB Protocol Adaptation," International Journal of Software Engineering and Its Applications, Vol. 7, No. 4, pp.1-14, July 2013.



허 경(Kyeong Hur)

1998년 고려대 전자공학과 학사
 2000년 고려대 전자공학과 석사
 2004년 8월 고려대 전자공학과 통신공학 박사
 2004년 8월 ~ 2005년 8월 삼성종합기술원(SAIT) 전문연구원
 2005년 9월 ~ 현재 경인교대 컴퓨터교육과 부교수
 ※ 관심분야 : 통신시스템설계, 상황인지기술, 컴퓨터교육