

IEEE 802.15.6 표준 기반 무선 USB 서비스의 차등화된 WBAN 트래픽 QoS 제공 방안

허경*

Differentiated QoS Provisioning of WBAN Traffic in WUSB Services based on IEEE 802.15.6

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

요약

최근 컴퓨터 기술의 발전으로 웨어러블 컴퓨터 기술이 개발되고 있다. 이는 HCI (human-centric interface) 기술과 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 기반으로 한다. 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 서로 다른 전송 우선순위를 갖는 U-health WBAN 트래픽 및 WUSB 트래픽의 QoS를 차등화하기 위한 통신 구조를 제안하였다. 제안 내용 및 성능 평가에서는 단일 클래스 및 다중 클래스 환경에서 U-health WBAN 및 WUSB 트래픽의 수율 성능을 분석하여, WUSB over IEEE 802.15.6 통신구조에서 QoS 차등화 효율성을 평가하였다.

ABSTRACT

A recent major development in computer technology is the advent of the wearable computer system that is based on human-centric interface technology trends and ubiquitous computing environments. 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 can differentiate QoS of U-health WBAN and WUSB traffic with different priorities is proposed for WUSB over IEEE 802.15.6 hierarchical protocol. In our proposal and performance evaluation, throughputs of U-health WBAN and WUSB traffic are analyzed under single and multiple QoS classes to evaluate the effectiveness of proposed QoS differentiating 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. 20 심사완료일자 : 2014. 03. 10 게재확정일자 : 2014. 03. 24

* **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.2014.18.5.1087>

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

USB (Universal Serial Bus) 기술은 PC와 주변장치를 쉽게 연결해주는 대표적인 Host to Devices 통신 버스 기술로 현재까지 20억 개 이상의 디바이스들이 사용되고 있다[1]. 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[2]. 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[3-5].

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[6].

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 [7, 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 컴퓨터시스템을 구성하기 위해 WUSB기술과 WBAN 기술을 결합한 통신시스템 구조에 초점을 맞추었다 [9-13]. 그리고 IEEE 802.15.6 기반 WUSB 통신 구조에서 서로 다른 전송 우선 순위를 갖는 U-health WBAN 트래픽의 QoS를 차등화하기 위한 통신 구조를 제안하였다. 성능 평가에서는 단일 클래스 및 다중 클래스 환경에서 U-health WBAN 및 WUSB 트래픽의 수율 성능을 분석하여, WUSB over IEEE 802.15.6 통신구조에서 QoS 차등화 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[1, 2]. WUSB 채널은 특정 MAC 수퍼프레임에서 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, 호스트와 디바이스들간 통신 스케줄 정보 등을 포함하고 있다. 하나의 MMC는 다음 MMC 전까지 이루어질 USB 트랜잭션에 대한 스케줄링 정보를 포함하며 모든 WUSB 호스트와 WUSB 디바이스간 통신은 MMC에서 스케줄 된 순서와 시간에 맞추어 통신하게 된다[1, 2].

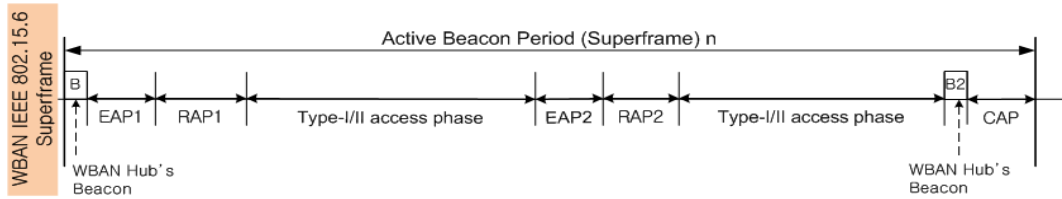


그림 1. IEEE 802.15.6 Beacon mode에서의 Superframe 구조
Fig. 1 Superframe Structure of IEEE 802.15.6 Beacon mode

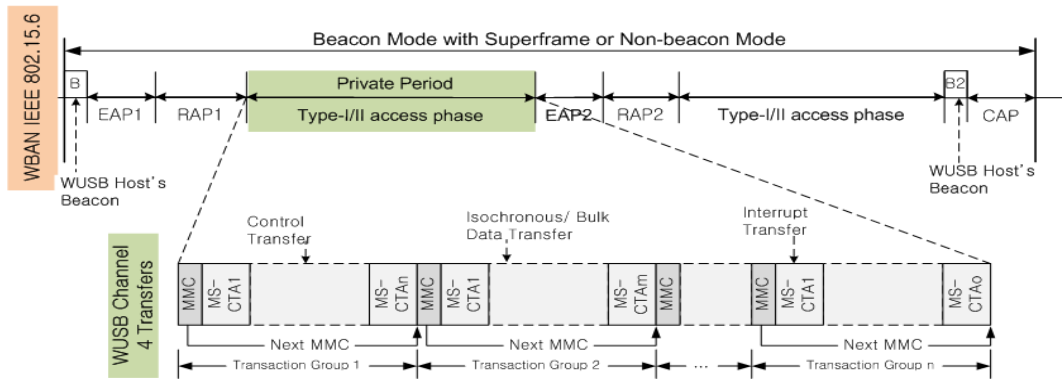


그림 2. WUSB over IEEE 802.15.6 MAC 구성
Fig. 2 Configuration of WUSB over IEEE 802.15.6 MAC

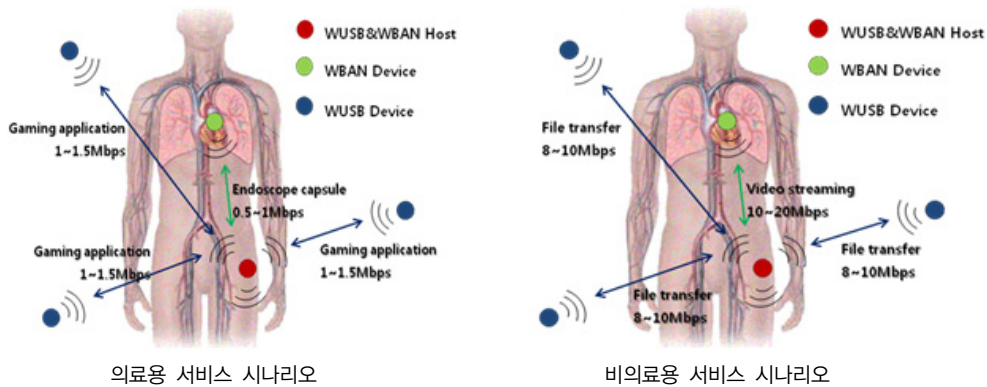


그림 3. WUSB over WBAN 기반 웨어러블 통신 시스템
Fig. 3 Wearable Communication Systems using WUSB over WBAN structure

IEEE 802.15.6 WBAN의 연구 범위는 움직이거나, 정지 상태에서 3m 범위까지 사람의 활동 공간에서 무선 접속을 제공할 수 있는 물리 계층과 데이터 링크계층을 표준화하고, 저전력, 소형화에 초점을 맞추고 있다[6]. IEEE 802.15.6은 하나의 허브와 여러 개의 노드

가 스타 토폴로지를 구성하여 하나의 독립적인 네트워크를 형성한다. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜은 슈퍼프레임 구간 내 Beacon Period를 설정하여 허브 디바이스가 비컨을 전송하는 Beacon mode로 동작한다. Beacon mode는 비교적 많은 양의 트래픽이 발생하는

Non-Medical 환경에서 사용된다. 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. 여기서 각 구간의 접속을 위해, CSMA/CA 또는 Slotted Aloha 방식을 이용한다. Type-I/II Access Phase은 비경쟁 기반의 접근방식으로 허브와 노드는 미리 할당된 구간을 이용한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 WUSB 호스트와 디바이스들 간 통신을 위해 Type-I/II Access Phase 구간을 할당하여 MMC 스케줄링 기능을 지원한다.

그림 3은 사용자가 WUSB 호스트와 WBAN 허브 호스트의 기능을 동시에 수행하는 웨어러블 디바이스를 갖는 경우, 하나의 WUSB 클러스터와 하나의 WBAN 클러스터가 결합되어, 의료용 및 비의료용 서비스를 지원하는 웨어러블 통신 시스템을 구성한 사례를 나타낸다.

III. WUSB over WBAN에서 차등화된 QoS 지원 기술

3.1. WBAN에서 WUSB QoS 제공 시의 문제점

IEEE 802.15.6 표준에서는 호스트와 디바이스가 스케줄 된 영역에서 타임 슬롯을 할당 받기 위해서 Connection Request/Connection Assignment를 이용한다. 만약 WBAN이 사용되고 있는 환경에서 WUSB의 사용 요청이 발생된 경우 앞 절에서 소개한 바와 같이 Type-I/II Access Phase 구간을 이용해 채널을 공유하게 된다. WUSB는 Type-I/II Access Phase 구간을 WUSB 데이터 교환을 위한 전용 구간으로 사용하게 되는데 이때 기존에 WBAN이 사용하고 있던 채널과 새롭게 사용할 WUSB 채널들이 한정된 자원을 이용하여 QoS를 보장 받을 필요성이 발생한다. 그림 4는 WBAN 클러스터가 채널을 사용하고 있는 중 WUSB 디바이스가 WBAN 클러스터 내로 들어와 연결요청을 하는 예를 나타낸다. 이때, WBAN은 한정된 타임 슬롯을 이용해 효율적으로 채널을 공유해야 하는데, 현재 IEEE 802.15.6에서는 효

율적으로 채널을 공유하기 위한 기법에 대해서는 명시하지 않고 있다. 따라서 최대 전송률 (Peak Rate)에 따라 대역폭이 할당되면, 새롭게 추가된 WUSB 스트림은 표 1에서와 같이 타임슬롯을 할당받지 못하게 된다[14].

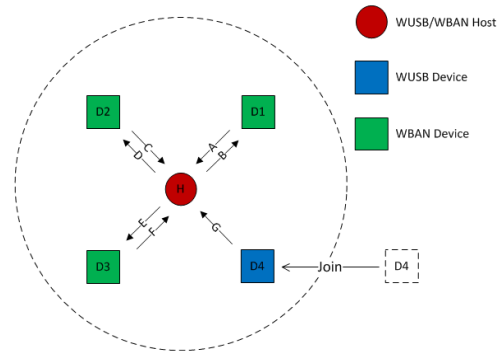


그림 4. WBAN 클러스터에 WUSB 디바이스가 추가되는 사례
 Fig. 4 An example of a WUSB stream entrance into the WBAN cluster

표 1. 최대 QoS 지원 방식에서 차단된 새로운 스트림 G
 Table. 1 Blocked G stream at Max_QoS scheme

TS	최소 전송률	최대 전송률	서비스된 전송률	현재 가용 대역폭
A(D1→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	8.5Mbps
B(H→D1)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	7Mbps
C(D2→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	5.5Mbps
D(H→D2)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	4Mbps
E(H→D3)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	2.5Mbps
F(D3→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	1Mbps
G(D4→H)	2Mbps	3Mbps	Blocked	

3.2. SoQ를 이용한 QoS 차등화 기술의 제안

제안하는 알고리즘을 설명하기 전에 본 논문에서는 몇가지 파라미터들을 정의한다. K는 QoS 보장이 필요한 Traffic Stream j (TS)의 개수를 나타낸다. 그리고 MR_j (Minimum Rate)은 TS_j 의 QoS를 보장하기 위한 최소 서비스 전송률을 나타내고, PR_j (Peak Rate)는 최대 서비스 전송률을 나타낸다. $SR_{j,n}$ (Serviced Rate)은 IEEE 802.15.6의 n번째 슈퍼프레임에서 TS_j 에 할당된 타임 슬롯의 개수를 나타낸다. RR_j (Relinquished Rate)는 TS_j 가 TS_n 에게 서비스 전송률을 할당하기 위해 양도된 타임 슬롯의 개수를 나타낸다. 마지막으로 BW는 IEEE 802.15.6의 슈퍼프레임이 구성하는 타임슬롯의

개수를 나타낸다. n번째 슈퍼프레임에서 TS_j의 QoS 만족도를 나타내는 Satisfaction ratio of QoS (SoQ_j)를 식 (1)과 같이 정의한다.

$$SoQ_{j,n} = \frac{SR_{j,n} - MR_j}{PR_j - MR_j} \begin{cases} SoQ_{j,n} = 1, & \text{if } SR_{j,n} = PR_j \\ SoQ_{j,n} = 0, & \text{if } SR_{j,n} = MR_j \\ SoQ_{j,n} < 0, & \text{if } SR_{j,n} < MR_j \end{cases} \quad (1)$$

SoQ는 1보다 작거나 1과 같은 값을 갖는다. SoQ 정의에 따르면, SoQ 값이 1에 가까울수록 트래픽 스트림의 QoS 만족도가 더 높은 것을 알 수 있다. 반대로, SoQ 값이 0에 가까워지면 서비스 전송률이 MR에 가까워진다. 본 알고리즘의 목적은 모든 TS가 같은 SoQ 값, Fair SoQ (SoQ_{F,n})을 갖는 것이 목적이다. 따라서 모든 SoQ_{j,n}은 SoQ_{F,n}과 같으며, 모든 SoQ_{j,n+1} 또한 SoQ_{F,n+1}과 같다. 따라서, n번째 슈퍼프레임에서 각 TS의 서비스 전송률은 식 (2)와 같이 정의된다. 그리고 SoQ_{F,n}은 모든 TS K의 SoQ_{j,n}으로부터 얻어지며, 식 (3)와 (4)와 같이 정의된다.

$$SR_{j,n} = SoQ_{F,n} \times (PR_j - MR_j) + MR_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^K (SoQ_{j,n} \times (PR_j - MR_j) + MR_j) = \sum_{j=1}^K SR_{j,n} = BW \quad (3)$$

$$\therefore SoQ_{F,n} = \min \left[\frac{BW - \sum_{j=1}^K MR_j}{\sum_{j=1}^K (PR_j - MR_j)}, 1 \right] \quad (4)$$

다음 표 2는 WUSB 디바이스 D4가 트래픽 스트림 G를 전송하기 위해 WBAN 영역으로 들어왔을 때 호스트로부터 SoQ_F 기준에 따라 타임 슬롯을 재할당 받는 예를 보여주고 있다.

표 2. SoQ_F 기술에 따라 재할당된 서비스 전송률
Table. 2 Reallocated service rates according to SoQ_F

TS	MR _{j,n}	PR _{j,n}	SR _{j,n}	SoQ _{F,n}
A(D1→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
B(H→D1)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
C(D2→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
D(H→D2)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
E(H→D3)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
F(D3→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.25Mbps	0.5
G(D4→H)	2Mbps	3Mbps	2.5Mbps	0.5

표 2에 의하면 WUSB 디바이스 D4가 호스트 H로 스트림 G를 전송하기 위해 다른 스트림들의 타임 슬롯의 일부를 할당 받았다. 기존의 스트림에 할당되는 서비스 전송률은 최저 데이터 전송률인 MR_j보다 크다. 따라서, 기존의 예약되었던 스트림들은 재할당 받은 서비스 전송률에 의해 전송된다. 하지만, 재할당 받은 서비스 전송률이 MR_j보다 작은 경우, 기존의 스트림들은 새로 추가되는 스트림 G를 위해 자신이 할당 받은 서비스 타임 슬롯의 일부를 포기하지 않는다. 즉, SoQ_F가 0보다 작은 경우, 기존의 스트림들은 자신이 할당 받은 타임 슬롯의 일부를 새로 추가되는 스트림 G의 전송을 위해 포기하지 않는다.

위와 같은 방법을 사용한다면, WBAN 타임 슬롯이 모두 할당된 상황에서도 새로운 스트림의 추가가 가능해진다. 하지만, WBAN은 8개의 트래픽 우선순위를 갖고 있으며, WUSB는 4개의 서로 다른 전송모드를 갖고 있다. 이들은 서로 다른 우선순위와 스트림 특성을 갖기 때문에, 동일한 서비스 전송률을 갖도록 스트림을 할당한다면 QoS 보장의 문제를 발생시킬 것이다. 따라서 각각의 우선순위와 전송 모드의 트래픽 스트림에 따라 서로 다른 우선순위를 부과하여, 트래픽 스트림 별로 서로 다른 서비스 전송률을 부과하는 새로운 기법을 제안한다. WBAN의 트래픽 우선순위와 WUSB 전송모드에 따라 트래픽 스트림의 차등화를 주기 위해 각각의 서비스 클래스를 구분하고, 클래스 별로 SoQ_{min_class} 값을 다르게 할당하여 서비스별 QoS의 차등화를 지원한다. 표 3과 표 4는 WBAN과 WUSB 우선순위에 따른 SoQ_{min_class} 값을 보여준다.

제안된 알고리즘에서 호스트는 통신하는 트래픽의 수가 변화할 때마다, SoQ_{min_class}를 이용하여 SoQ_{F_class}를 새롭게 계산해야 한다. 만약 계산된 SoQ_{F_class}가 SoQ_{min_class}보다 크면, 해당 내용을 비컨에 포함시켜 브로드 캐스트 한다. 그 후, 디바이스들은 재할당된 서비스 전송률로 데이터 프레임 송수신해야 한다. 만일 계산된 SoQ_{F_class}가 SoQ_{min_class}보다 작으면, 트래픽 요청은 거부된다. 제안된 알고리즘을 이용하면, 우선순위에 따라 차등화된 SoQ_{F_class}를 갖게 된다. 우선순위에 따라 차등화된 SoQ_{F_class}를 제공하기 위해 미리 정의된 SoQ_{min_class}를 이용하여 식 (5)를 정의한다. PR_j와 MR_{j_class}를 이용하여 새로운 SR_{j,n+1}과 SoQ_{F,n+1}을 계산하면 식 (6)과 (7)을 얻을 수 있다. 그리고 식 (6)을 식 (1)

표 3. WBAN traffic 에 대한 User priority 할당

Table. 3 User priority mapping of WBAN traffic

Priority	User Priority	Traffic designation	Frame type	SoQ _{min_class}
Lowest	0	Background(BK)	Data	0.1
	1	Best effort(BE)	Data	0.3
	2	Excellent effort(EE)	Data	0.5
	3	Video(VI)	Data	0.7
	4	Voice(VO)	Data	0.8
	5	Medical data or network control	Data or management	0.9
Highest	6	High priority medical data or network control	Data or management	0.95
	7	Emergency or medical implant event report	Data	1

표 4. WUSB traffic 에 대한 User priority 할당

Table. 4 User priority mapping of WUSB traffic

Priority	User Priority	Traffic designation	Transfer mode	SoQ _{min_class}
Lowest	0	Background(BK)	Bulk	0.1
	1	Background(BK)		0.2
	2	Best effort(BE)	Control	0.3
	3	Best effort(BE)		0.4
	4	Best effort(BE)	Interrupt	0.5
	5	Best effort(BE)		0.6
Highest	6	Video(VI)	Isochronous	0.7
	7	Voice(VO)		0.8

표 5. SoQ_{F_class} 기술에 따라 차등화된 서비스 전송률

Table. 5 Differentiated service rates according to SoQ_{F_class}

TS	MR _{j,n}	PR _{j,n}	SR _{j,n}	User Priority	SoQ _{min_class}	SoQ _{F_class}
A(D1→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.5Mbps	7	1	1
B(H→D1)	1Mbps	1.5Mbps	1.40125Mbps	4	0.8	0.8025
C(D2→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.40125Mbps	4	0.8	0.8025
D(H→D2)	1Mbps	1.5Mbps	1.253125Mbps	2	0.5	0.50625
E(H→D3)	1Mbps	1.5Mbps	1.055625Mbps	0	0.1	0.11125
F(D3→H)	1Mbps	1.5Mbps	1.055625Mbps	0	0.1	0.11125
G(D4→H)	2Mbps	3Mbps	2.30875Mbps	2	0.3	0.30875

에 적용하면, 우선순위에 따라 차등화 된 SoQ_{F_class} 를 구할 수 있으며, 식 (8)을 정의할 수 있다.

$$SoQ_{F_class,n+1} = SoQ_{min_class} + \left(\frac{PR_j - MR_{j_class}}{PR_j - MR_j} \right) \cdot SoQ_{F_class} \quad (8)$$

$$MR_{j_class} = SoQ_{min_class} \times (PR_j - MR_j) + MR_j \quad (5)$$

$$SR_{j,n+1} = SoQ_{F,n+1} \times (PR_j - MR_{j_class}) + MR_{j_class} \quad (6)$$

$$SoQ_{F,n+1} = \min \left[\frac{BW - \sum_{j=1}^K MR_{j_class}}{\sum_{j=1}^K (PR_j - MR_{j_class})}, 1 \right] \quad (7)$$

표 5는 제안된 SoQ_{F_class} 알고리즘에 따라 서비스 등급이 상이한 스트림에 차등적으로 할당되는 서비스 전송률을 나타낸다. 기존의 WBAN에 WUSB 디바이스가 들어와 새로운 트래픽 스트림 G가 추가되면, D4는 호스트로 스트림 G를 전송하기 위해 스트림 A~F가 전송하기 위해 할당 받은 타임슬롯의 일부가 필요하

게 된다. 표 5는 우선순위에 따라 SoQ 클래스를 구분하고 차등화하여 타임슬롯 중 일부를 할당 받는 예를 보여준다.

동일한 우선순위를 갖는 스트림들은 동일한 자원을 할당 받는 것을 원칙으로 하나, 동일한 자원을 할당할 수 없는 경우 새로 추가된 스트림 보다 기존에 송수신되는 스트림에 많은 자원을 할당한다. 제안한 알고리즘을 사용하면 WBAN과 WUSB 클러스터에서 스트림의 전송을 위한 자원을 할당함에 있어, 우선순위에 따라 상이한 서비스 전송량을 지원함으로써 보다 효율적으로 스트림을 송수신 할 수 있다. 또한, 필요한 자원보다 더 많은 자원을 할당받은 경우, 불필요한 자원을 다른 스트림의 전송에 사용함으로써 보다 효율적으로 스트림을 송수신할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과 분석

제안하는 WUSB over IEEE 802.15.6 WBAN 통합 MAC 프로토콜의 성능을 분석하기 위해, 헬스케어 서비스 기능의 특성에 따른 결과를 분석한다. 성능 평가를 위해서 OMNeT++ 시뮬레이터를 사용했다. TX LEVEL은 -12 dBm으로 고정했다. 표 6은 본 연구에서 사용된 시뮬레이션 변수 값을 나타낸다[6]. 시뮬레이션을 통해 1개의 WUSB/WBAN 호스트와 4개의 WBAN 디바이스가 존재하는 상황에서 WUSB 디바이

스가 WBAN 클러스터 내로 들어와 TS를 요청하는 상황을 가정한다.

이때, 호스트와 WBAN 디바이스는 링크당 최대 2개의 TS를 가지며, 10초에 한번 씩 새로운 TS를 형성한다. 그리고 호스트와 WUSB 디바이스는 호스트와 WBAN 디바이스의 TS가 모두 생성된 후 10초에 한번 씩 1개의 TS를 추가한다.

비의료용 서비스의 경우, WBAN 디바이스의 MR_i와 PR_i는 각각 8Mbps와 10Mbps로 설정하고, 각 디바이스는 SoQ_{min_class} 값 0.7를 갖는 동일한 사용자 우선순위 3이라고 가정한다. WBAN 클러스터 내로 들어오는 WUSB 디바이스의 MR_i와 PR_i는 각각 10Mbps와 20Mbps를 갖고, 우선순위가 3이며, SoQ_{min_class} 값은 0.4로 설정하였다. 그리고 의료용 서비스의 경우, WBAN 디바이스의 MR_i와 PR_i는 각각 1Mbps와 1.5Mbps로 설정하고, SoQ_{min_class} 값 0.5를 갖는 우선순위 2라고 설정한다.

WBAN 클러스터 내로 들어오는 WUSB 디바이스의 MR_i와 PR_i는 각각 0.5Mbps와 1Mbps를 갖고, 우선순위가 3이며, SoQ_{min_class} 값은 0.4로 설정하였다. WUSB 트래픽은 WBAN에서 CCA를 가상으로 on 시켜 트래픽이 발생한 것으로 가정한다. 그리고 WBAN의 Hub는 제안한 알고리즘을 이용하여 Type-I/II Access Phase에서 Scheduled Access Slot을 재할당한다. 본 시뮬레이션의 시나리오는 그림 5에 도시하였다.

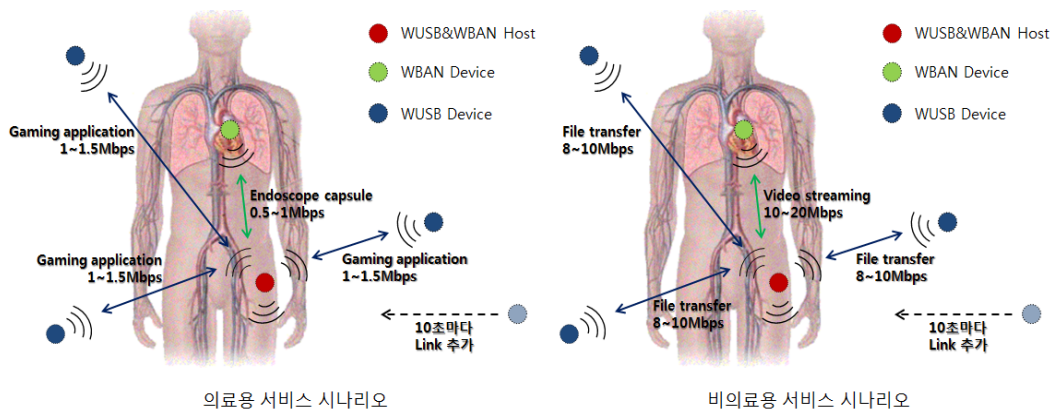


그림 5. 시뮬레이션 환경 시나리오
Fig. 5 Scenario of Simulation Environment

표 6. WBAN PHY/MAC 변수값
Table. 6 Values of WBAN PHY/MAC parameters

변수	값
L Preamble	64 bits
L PHY_Hdr	15 bits
L MAC_Hdr	56 bits
L FCFS	16 bits
pMIFS	20 μ s
pSIFS	75 μ s
pAllocationSlotMin	16 μ s
pAllocationSlotResolution	16 μ s
pAllocationSlotLength	pAllocationSlotMin+L*pAllocationSlotResolution
mSuperframeLength	1 ~ 256
pSuperframeLength	mSuperframeLength*pAllocationSlotLength
mBeaconSlotLength	96 μ s
mBPExtention	24 μ s
mBeacon2SlotLength	80 μ s
mB2PExtention	24 μ s

소 데이터 전송률을 보장하지 못하게 된다. 비의료용 서비스는 80초 이후부터 채널이 포화상태가 되어 SoQ 할당 방법에 따라 채널을 공유하게 된다. WUSB 디바이스의 우선순위보다 WBAN 디바이스의 우선순위가 높기 때문에 채널 포화상태에서 서비스 전송률의 감소량은 WUSB에서 더 높게 나타난다. 약 110초까지는 최소 데이터 전송률을 보장하다가 이후부터는 최소 데이터 전송률을 보장하지 못하게 된다.

그림 7은 TS 변화에 따른 QoS 보장을 위한 $SoQ_{F,n}$ 값의 변화를 나타낸다. 즉, 의료용 서비스의 경우 약 90초 까지는 완벽한 QoS를 보장 가능하고 비의료용 서비스의 경우는 약 110초까지 완벽한 QoS 보장이 가능하다. 90초, 110초 이후부터는 각 디바이스가 최소 데이터 전송률을 사용할 수 없기 때문에 $SoQ_{F,n}$ 값은 0에 가깝게 점점 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그 이후에는 $SoQ_{F,n}$ 값이 음수 값을 갖게 되어 더 이상 QoS를 보장받을 수 없게 된다.

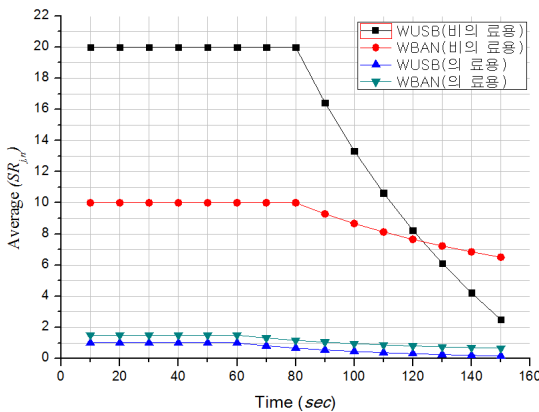


그림 6. 트래픽 발생에 따른 의료용 및 비의료용 서비스의 서비스 전송률(Mbps)
Fig. 6 Service rates of medical and nonmedical traffic

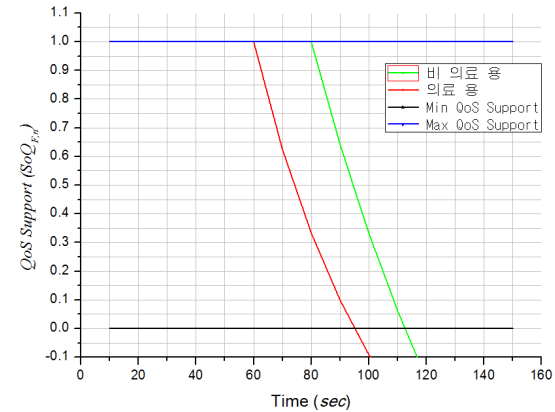


그림 7. 트래픽 발생에 따른 의료용 및 비의료용 서비스의 $SoQ_{F,n}$
Fig. 7 $SoQ_{F,n}$ variation of medical and nonmedical traffic

그림 6은 TS 변화에 따른 디바이스에 할당되는 평균 서비스 전송률의 변화를 나타낸다. 10초 단위로 WUSB 디바이스가 WBAN 클러스터 내에 진입을 하게 된다. 의료용 서비스의 경우 60초 이후부터 채널이 포화상태가 되기 때문에 SoQ 할당 방법에 따라 채널을 공유하게 된다. 따라서 각 디바이스가 사용 가능한 서비스 전송률은 줄어들게 된다. 약 90초까지는 최소 데이터 전송률 이상의 서비스 전송률을 보장하다가 이후부터는 최

V. 결론

본 논문은 U-Health 기능을 지원하는 무선 웨어러블 통신시스템을 구성하기 위해, IEEE 802.15.6 기반 WUSB 통신 구조에서 서로 다른 전송 우선 순위를 갖는 U-health WBAN 트래픽 및 WUSB트래픽의 QoS를 차등화하기 위한 통신 구조를 제안하였다. 내용 전개와

성능 평가를 통해, 단일 클래스 및 다중 클래스 환경에서 WUSB트래픽에 낮은 우선 순위를 할당할 수 있고, 이를 통해 트래픽 포화상태에서 공평성과 함께 WBAN 트래픽을 우선적으로 보호할 수 있음을 확인하였다. 실제 플랫폼에 본 기술을 적용하여 고속 자원 할당을 구현하는 연구가 추가적으로 요구된다.

REFERENCES

- [1] USB 2.0, USB-IF, <http://www.usb.org/home>, 2006.
- [2] Certified Wireless USB 1.1, <http://www.usb.org/developers/wusb>, Sep. 2010.
- [3] WiMedia MAC Release Spec. 1.5, "Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks," <http://www.wimedia.org>, 2009.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] IEEE 802.15 WPAN Task Group 6 Body Area Networks (BAN), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>, 2009.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [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, "A Power-Efficient Mechanism of IEEE 802.15.6 WBAN for Wireless USB Support," *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, Vol. 7, No. 3, pp.35-50, May, 2013.
- [13] 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.
- [14] Seokwhan Kim, Kyeong Hur and Doo-seop Eom, "A Fair Distributed Resource Allocation Method in UWB Wireless PANs with WiMedia MAC," *Journal of Communications and Networks*, Vol. 11, No. 4, pp. 375-383, August 2009.



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