

# 블루투스 기반 WBAN 응용 시스템 개발 (WBAN applications based on Bluetooth)

김명규 | 손지연 | 양일식 | 박준석  
한국전자통신연구원

## 요약

블루투스는 IEEE 802.15 BAN스터디그룹에서 제안하는 다양한 WBAN 응용 시나리오를 이미 지원하고 있는 매우 성숙된 기술로서 향후 새로운 WBAN MAC/PHY의 시장 진입을 위해 블루투스 응용 방식에 대한 분석이 필요하다. 본 고에서는 블루투스를 활용한 WBAN 응용 서비스로서 생체 정보 모니터링, 원격 제어/IO와 착용형 멀티미디어 스트림 시스템 개발에 대하여 살펴본다.

생체 정보 모니터링이나 원격 제어/IO의 경우는 시스템 개발 초기엔 블루투스를 많이 활용하였으나 저전력을 위해 저그비 사용이 증가하고 있으며 더 나아가 새로운 WBAN 기술이 활용될 것으로 기대된다. 착용형 멀티미디어 스트림의 경우는 블루투스가 계속 발전할 것으로 예상된다.

본 고에서 기술하는 착용형 블루투스 오디오 시스템에서는 웨어러블 MP3 플레이어와 같은 개인용 음악 재생기를 확장하여 복수의 사용자가 무선으로 오디오를 공유한다. 착용형 블루투스 멀티미디어 시스템에서는 PMP와 같은 국지 동영상 파일 재생기의 발전된 모습으로 비디오는 안경형이나 손목시계형 무선 디스플레이 장치에서 재생하고 오디오는 무선 헤드폰에서 비디오와 동기적으로 재생한다. 또한 국지 미디어 뿐만 아니라 근거리 IP 무선망에 있는 미디어도 UPnP-Bluetooth 브리지를 통하여 스트리밍된다.

## 1. 서론

WBAN (Wireless Body Area Network), WPAN (Wireless Personal Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network)이란 각각 무선신체망, 무선개인망, 무선국지망 기술을 의미한다. 일반적으로 WBAN/WPAN은 WLAN 보다 비교적 짧은 거리에서 WLAN 보다 비교적 적은 기기간의 무선 통신 기술을 의미한다. 보통 WLAN 이 수십 미터 이내의 무선 통신을 다루고 WBAN/WPAN 은 수 미터 이내의 개인 사용자 주위의 무선 통신을 지원한다. 보통 WLAN 이 수십 기기간의 무선 통신을 다루고 WBAN/WPAN 은 열 개 이내의 무선 통신을 지원한다. 하지만 이와 같은 거리나 개수에 의한 구별은 모호한 경우가 많다.

WBAN/WPAN을 WLAN과 구별하는 좀더 정확한 개념은 지원하는 네트워크 서비스 즉 프로파일의 종류로 정의하는 것이다. WLAN 은 TCP/IP네트워크에 특화된 프로파일만을 주로 지원하지만 WPAN은 TCP/IP 프로파일 이외에도 오디오/비디오 스트리밍 프로파일, 무선 USB 프로파일, PC 주변 기기 프로파일, 건물 자동화 프로파일 등을 WBAN은 오디오/비디오 전송 프로파일, PC 주변 기기 프로파일 및 인체 정보 전송 등 다양한 서비스에 특화된 프로파일을 지원한다. 이와 같은 지원 프로파일의 차이 때문에 WLAN 은 주로 인터넷 사용을 위해 노트북, PDA 를 중심으로 한 이동 단말에 사용되지만, WPAN 은 이동 단말 이외에도 멀티미디어 가전 기기, PC 주변 기기, 휴대폰 주변 기기, MP3 플레이어, PMP, 건물 제어 기기 등 많은 디지털 기기에 채택되며,

WBAN 은 이와 같은 이동형 및 고정형 디지털 기기 이외에도 인체 정보 수집 기기에 사용될 전망이다.

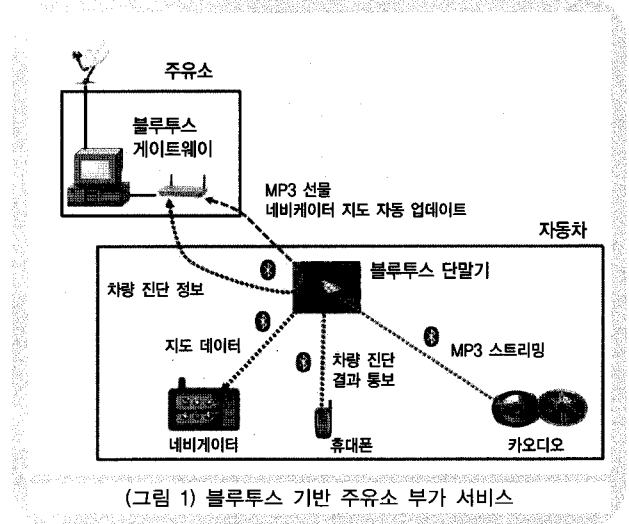
이처럼 WBAN/WPAN 은 WLAN과는 구별되지만 WBAN 과 WPAN 사이의 구별은 모호하며 응용 분야가 중복될 가능성이 많다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.4 기반의 WBAN 응용 시나리오들 중 인체 정보 모니터링, 원격 제어/IO 및 웨어러블 멀티미디어 스트림에 대하여 본 저자가 개발한 블루투스 응용 시스템에 대하여 살펴본다.

## II. 블루투스 역사 및 특징

블루투스는 1994년에 연구가 시작되어 1998년에 에릭슨, 노키아, IBM, 도시바, 인텔 등이 주도하여 표준화를 시작한 WPAN 기술로 현재는 전 세계 2400개 이상의 회사들이 SIG(Special Interest Group)을 구성하여 새로운 서비스 표준화 및 상호호환성 보장을 위해 협력하고 있다.

블루투스는 2.4 GHz ISM (Industrial Scientific Medicine) 대역 주파수를 사용하는데, 두 대의 기기가 통신할 때에는 1 MHz 간격으로 분포한 79 개의 주파수들을 약속된 순서로 번갈아 가며 사용한다. 하나의 주파수를 사용하는 시간은 625 마이크로초이다. 이와 같이 고정된 주파수가 아니라 여러 주파수를 번갈아 가며 사용하는 무선 통신 알고리즘을 “주파수 호핑”이라고 부른다. 주파수 호핑을 사용하면 통신 방식이 복잡해 지지만 삼자 기기에 의한 도청을 방지할 수도 있고, 근접한 삼자 기기가 우연히 같은 주파수를 사용하여 발생하는 충돌을 감소시킬 수 있는 장점을 갖고 있어 최근에는 많은 무선 통신 기술에 주파수 호핑 기술을 채택하고 있는 실정이다 [1].

전파는 송신 전력을 증가하면 먼 거리까지 도달할 수 있는데 블루투스 기기들은 전파 도달 거리에 따라 클래스 1 (100mW, 100m), 클래스 2 (2.5mW, 25m), 클래스 3 (1mW, 10m)로 분류한다. 이 중 블루투스 헤드셋 등 휴대형으로 가장 많은 기기들이 클래스 3 에 속하며, PC에 사용되는 USB Dongle 등이 클래스 2 기기이고, 많은 전력 공급을 요구하는 클래스 1 기기는 주로 계속 전력 공급이 가능한 고정형 게이트웨이(Gateway)나 무선접속점(Access Point) 형태이다. (그



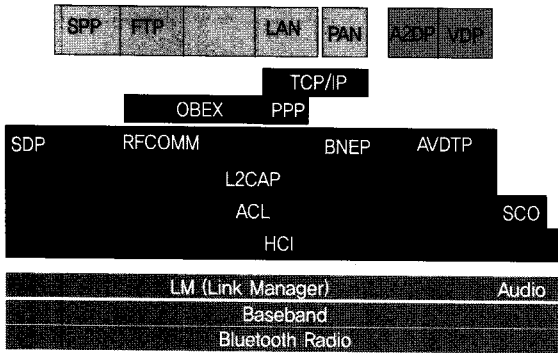
림 1)은 주유소에서 기름을 넣는 동안 자동으로 차량 안전 상태도 진단해주고, 네비게이터의 지도 데이터도 업데이트 해주고, MP3 콘텐츠도 선물해주는 블루투스 게이트웨이 기반 주유소 부가 서비스 시나리오를 보여준다 [2].

두 개의 보통 블루투스 기기 사이의 최대 전송 속도는 심벌 속도 1 Mbps, 전송률 721 kbps 이지만 실제로는 프로토콜 스택에 의한 부하에 의하여 600 kbps 정도 까지 나온다. 2004 년에 도입된 기술인 EDR (Enhanced Data Rate)을 채택한 기기는 보통 기기의 3배까지 전송 속도를 얻을 수 있다 [3]. 2007년 말 표준화가 진행되고 있으며 2008년부터 제품 출시가 예상되는 UWB(Ultra-Wide Band)를 MAC/PHY 로 사용하는 블루투스 기기는 100 Mbps 이상의 전송 속도가 가능할 것으로 예상된다 [4].

## III. 블루투스 응용 분류

블루투스를 포함한 WPAN 기술은 다중 홉 경로에 최적화된 TCP/IP를 다폴트 응용으로 제공하지 않으며 단일 홉 경로 및 응용에 최적화된 다양한 응용을 제공하는데 표준에서는 이들을 블루투스 프로파일로서 정의한다. 특정 응용 프로파일을 지원하기 위해서는 다 계층의 블루투스 프로토콜들이 필요한데, 이들은 네트워크 계층의 L2CAP(Logical Link Control Adaptation Protocol) 및 SDP(Service Discovery

Protocol), BNEP(Bluetooth Network Encapsulation Protocol), AVDTP(Audio Video Data Transfer Protocol) 등이며 (그림 2)와 같은 계층 구조를 갖는다 [5].



(그림 2) 블루투스 프로토콜 스택

블루투스 프로토콜 스택을 사용하는 블루투스 응용들은 크게 3 가지 그룹으로 분류할 수 있는데, 이들은 접속점 (Access Point) 응용 그룹, 개인 Ad-Hoc 네트워크 응용 그룹, 기존 유선 케이블을 무선화하는 응용 그룹이다. 먼저 접속점 응용 그룹에서는 휴대폰, PDA나 노트북 등과 같은 이동 기기를 인프라에 접속하여 원격으로 데이터나 음성 통신을 하는 것으로, 노트북에서 휴대폰을 인터넷 접속점으로 사용하는 DUN (Dial-Up Networking) 프로파일과 전화망이나 IP 망에 연결된 게이트웨이를 통해 휴대폰을 집안에서 무선전화기처럼 사용 가능한 CTP (Cordless Telephony Profile)이 속한다. 이와 같이 휴대폰 하나로 2-3종의 음성 네트워크에 접속 가능한 서비스를 Two-to-One Phone 또는 Three-to-One Phone이라 부른다. 다음으로 개인 Ad-Hoc 네트워크 응용 그룹은 노트북, PDA 나 휴대폰 등의 이동 기기들이 임의로 모였을 때에 인프라의 도움도 없고 번거로운 IP주소 설정 과정 없이 네트워크를 자동 형성하는 것으로, 대표적으로 TCP/IP Ad-Hoc 네트워크를 제공하는 PAN (Personal Area Networking) 프로파일이 이 영역에 속한다. 마지막으로 기존의 케이블을 무선으로 대체하는 응용 그룹은 컴퓨터 주변 기기인 키보드, 마우스 선을 없애주는 HID (Human Interface Device) 프로파일, PDA 와 PC 사이의 데이터 동기화를 위한 Synchronization 프로파일이 있다. 이외에도 블루

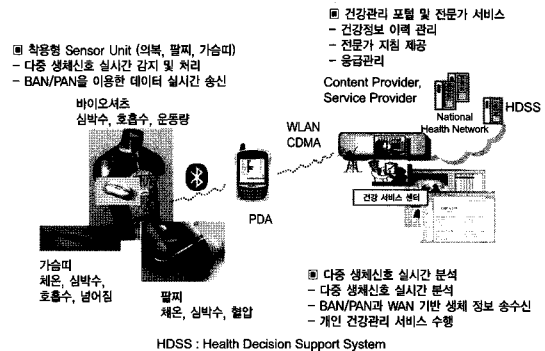
투스 보급화에 가장 큰 기여를 한 휴대폰 무선 헤드셋 응용인 HSP (Headset Profile) 및 차에 타면 내 휴대폰이 차량내의 핸즈프리에 자동으로 연결되는 HFP (Hands-Free Profile)도 이 그룹에 속한다 [6,7].

본 저자는 Linux 와 마이크로소프트 Windows 에서 동작하는 (그림 2)의 블루투스 프로토콜 스택을 개발하였다 [8, 9].

#### IV. 생체 정보 모니터링

WBAN 의 대표적인 응용 시나리오로 인체 센서 네트워크와 생체 정보 모니터링이 있다. 이 중 생체 정보 모니터링을 위하여 ETRI 차세대PC연구 그룹에서는 (그림 3)과 같은 생체 정보 처리 웨어러블 시스템을 개발하였다 [10].

착용형 센서 유닛은 저전력으로 수개월이나 일주일에만 한 번 충전하거나 배터리를 교환하는 것이 요구된다. 적어도 하루에 한 번만 잠자리에 들기 전에 충전기에 부착하고 아침에 일어나 착용하고 하루 일과를 시작해도 사용함에 큰 불편은 없어 보인다. 하지만 현재 출시된 블루투스 칩을 사용하면 4 시간 정도, 지그비 칩을 사용하면 12 시간 정도면 배터리가 모두 방전되어 재충전이 필요하다. 따라서 지속적인 생체 정보 전송을 위해서는 현재의 블루투스나 지그비보다 월등한 저전력 성능을 보이는 새로운 WBAN MAC/PHY 기술 개발이 요구된다.



(그림 3) 생체 정보 처리 웨어러블 시스템

## V. 원격 제어/IO

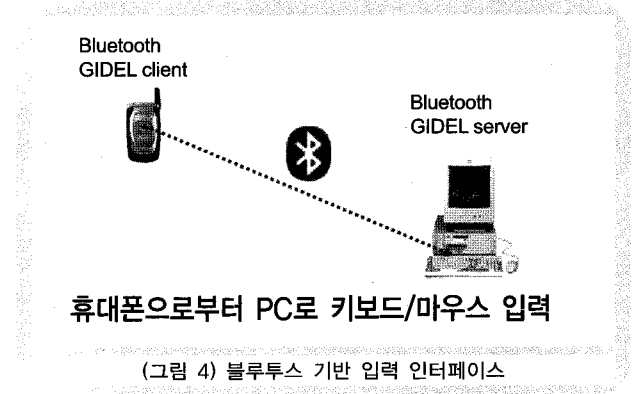
WBAN 원격 제어와 IO 기기들 응용 시나리오에서는 MP3 플레이어와 같은 이동 기기 제어나 텔레비전과 같은 가전 기기들과 리모콘 사이의 정보 전송에 WBAN 적용을 목표로 한다. 이와 같은 기본적인 제어 신호는 좀 더 복잡한 키보드의 키 값이나 마우스의 버튼 정보로 확장하여 생각할 수 있다. 블루투스에서 무선 키보드나 마우스를 지원하는 프로파일은 HID 이다.

유비쿼터스 환경에서 영화관, 기차역, 은행, 관공서 등의 다양한 장소에서 키오스크(kiosk)가 편재해 있으며 단일 사용자의 점유가 아니라 복수의 사용자가 다일 키오스크의 자원을 공유하여 사용할 필요성이 존재한다. 이와 같은 키오스크 자원에 대한 사용자 인터페이스 수단으로 휴대폰이 사용될 수 있다면 매우 편리할 것이다.

블루투스 무선 모듈이 장착된 휴대폰을 키오스크 PC의 사용자 인터페이스 기기로 사용하는 표준적인 방식은 블루투스 HID 프로파일을 휴대폰에 탑재하는 것이다. 하지만 블루투스 HID 는 원래 컴퓨팅 자원이 풍부한 PC를 위해 개발된 USB HID 표준으로 상대적으로 열악한 CPU를 사용하는 휴대폰에서 동작하기에는 무거워 블루투스 휴대폰에서는 지원하지 않는다.

블루투스 휴대폰을 디지털 기기의 제어 장치로 사용하는 다른 방법은 대부분의 블루투스 휴대폰이 지원하는 시리얼 포트 프로파일에 기반하는 것이다.

즉 블루투스 시리얼 포트 프로파일을 이용하여 휴대폰의 키 버튼의 짧거나 긴 눌림 등의 단순한 신호만을 전송하고, 이와 같은 일련의 키 정보를 parsing하여 키보드나 마우스 신호로 해석하는 일은 연산 자원이 풍부한 PC기반의 키오스크에서 담당하는 것이다. 이와 같은 요구에 적합한 표준적인 전송 데이터의 규약이 바로 직렬키(serial keys) 이다. 원래 매킨토시에서 개발하였으며 이를 마이크로소프트에서 PC 에 채택하였다. 직렬키의 공식적인 연결 및 데이터 통신 프로토콜의 명칭은 General Input Device Emulating Interface (GIDEL) 이다. 본 저자는 GIDEL 규약에 기반한 사용자 인터페이스로 (그림 4)와 같은 시스템을 개발하였다 [11].



이 사용자 입력 인터페이스 시스템에서 활용한 블루투스 휴대폰은 SKY IM6200 이고, PC 는 마이크로소프트 Windows와 Linux 둘 다 가능하다.

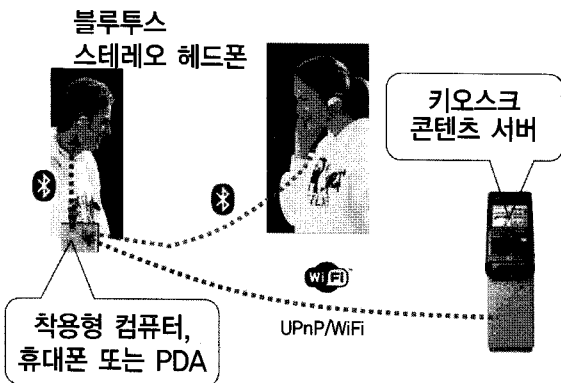
## VI. 착용형 멀티미디어 스트림

최근에 블루투스 응용 범위가 확장되면서 무선으로 MP3 음악을 스테레오 헤드셋으로 전송하기 위한 A2DP (Advanced Audio Distribution Profile)이 많이 사용되고 있으며, 아직 제품이 출시되고 있지만 디지털 비디오 전송을 위한 VDP(Advanced Video Distribution Profile)도 있다.

블루투스 표준 프로파일인 원래 A2DP 는 단독의 소스(source)에서 하나의 헤드폰이나 스피커와 같은 단독 싱크(sink) 기기로서의 스트리밍 만을 지원한다. 이와 같은 단독형 음악 서비스는 많은 경우에 충분하지만, 연인이나 친구 사이에 음원을 공유하여 감상하려는 요구에는 부응하지 못한다. 본 저자는 기존의 단독형 A2DP 의 상호 호환성을 유지하며, 스테레오 오디오 스트림의 공유까지 제공하는 eA2DP (extended A2DP)를 개발하였다 [12,13].

현재 디지털 음악 스트리밍 기술에 있어서 고정형 기기의 경우는 인터넷에 접속하여 스트리밍하는 서비스가 널리 보급되어 있다. 이동형 기기의 경우는 로컬 저장소의 음원을 재생하는 것이 주 서비스이지만 이동 통신망을 통해 인터넷 스트리밍을 하는 휴대폰 부가 서비스가 제공되기도 한다. 언제 어디서나 유무선 네트워크에 접속 가능한 유비쿼터스

세계에서는 인터넷 기반 원거리 음원 뿐 만 아니라 집안 내의 홈서버, 공공장소의 키오스크나 음반 가게의 유료 juke box와 같은 근거리 망의 음원을 손쉽게 접근하여 이용할 수 있는 서비스가 요구될 것으로 기대된다. 이와 같은 근거리 망의 멀티미디어를 접근하여 이용하도록 지원하는 표준적인 기술로는 UPnP (Universal Plug-N-Play)가 있다. 일반적으로 UPnP 는 근거리망의 모든 기기를 HTTP 유사 프로토콜을 이용하여 제어하는 기술인데, 특별한 응용으로서 근거리 망 내의 멀티미디어 스트리밍은 UPnP AV 아키텍처에서 다룬다. UPnP AV 아키텍처는 미디어 서버, 미디어 재생기 및 미디어 제어기로 구성 된다 [14,15].



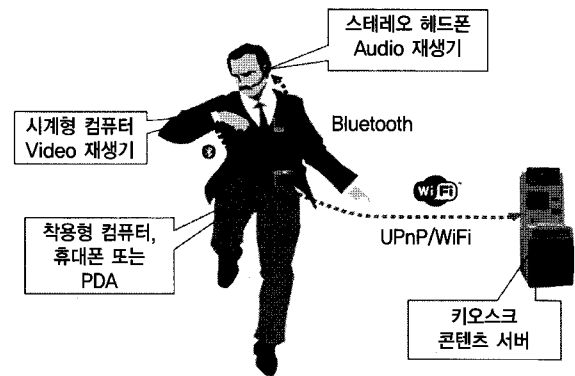
(그림 5) 착용형 블루투스 오디오 공유

블루투스 AV 스트리밍과 UPnP AV 아키텍처는 독립된 기술이지만 각각의 상호 호환성을 유지하며 융합할 수 있다면 시너지 효과를 발휘할 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어 근거리망의 음원을 블루투스 헤드폰으로 감상하고 이를 UPnP 제어기로 편리하게 제어하는 일이 가능하다. 본 저자는 이와 같은 UPnP AV 아키텍처와 다중 사용자 사이에 음원 공유가 가능한 블루투스 eA2DP를 결합한 시스템으로 WASH(Wireless Audio Sharing)시스템을 개발하였다 [16,17]. WASH의 시스템 구조는 (그림 5)와 같다.

WASH에서 WLAN의 미디어 서버로부터 착용형 단말을 거쳐 2개의 블루투스 스테레오 헤드폰으로 스트리밍하는 경우 음질의 저하 없이 SBC(Sub-Band Codec) 와 MP3 콘텐츠를 고품질로 감상할 수 있다. 3 개 이상의 싱크 기기로 감상할 때에는 끊김이나 지연과 같은 음질의 저하가 발생하였

다. 그 이유는 블루투스 대역폭의 제한 때문에 발생한다. 1 개의 A2DP 소스 기기를 지원하기 위해서는 대략 200kbps의 대역폭을 필요로 하므로, 3 개 이상의 A2DP 소스 기기를 지원하기 위해서는 적어도 600 kbps 이상의 대역폭을 요구한다. 하지만 모든 계층의 프로토콜 부하를 고려한 블루투스 전송률은 600 kbps 미만만 도달할 수 있으므로, 3 개 이상의 소스 기기에 대한 고품질 오디오 전송은 EDR을 지원하지 않는 블루투스 버전 1.2에서는 불가능하다. 하지만 MAC/PHY 계층의 전송률을 3 배까지 증가시킨 EDR을 지원하는 블루투스 칩을 소스와 싱크 기기에 모두 사용하면 6 개 이상의 헤드폰으로의 고품질 오디오 전송도 가능하다 [17].

오디오 전송에서 더 나아가 비디오까지의 전송을 위해 본 저자는 웨어러블 컴퓨터와 콘텐츠 서버가 연동된 (그림 6)과 같은 착용형 무선 멀티미디어 스트리밍 시스템을 개발하였다. (그림 6)에서 착용형 컴퓨터에 있는 동영상 파일을 직접 블루투스 망으로 또는 키오스크의 동영상 스트림이 UPnP/WiFi 연결을 지나 착용형 컴퓨터에서 릴레이되어 블루투스 망으로 전송된다. 이때 오디오는 귀에 착용한 스테레오 헤드폰에서 비디오는 손에 착용한 시계에서 동기적으로 재생된다.



(그림 6) 착용형 블루투스 멀티미디어 스트림

블루투스와 UWB 진영의 전력적 제후에 의해 최근 Bluetooth over UWB (BoU) 기술 및 표준화 개발이 활발히 진행되고 있는데 BoU가 적용될 최상의 응용 서비스가 멀티미디어 스트림이다 [4]. 2절에서 언급한 것처럼 향후에 UWB MAC/PHY 가 블루투스 연동되어 블루투스 전송 속도가 수

십 배 이상 증가하면, 위와 같은 블루투스 멀티미디어 스트리밍 기술은 휴대폰, 디지털 카메라, 캠코더, 텔레비전 등의 기존 기기 및 웨어러블 컴퓨터 같은 새로운 패러다임의 디지털 기기에 다양하게 채택될 것으로 예상된다.

## VII. 블루투스의 미래 및 결론

WPAN을 대표하는 블루투스 기술이 탑재된 기기를 최종 사용자(End User)가 처음 사용하기 위해서는 다른 기기 및 서비스에 대한 결합(Association)이 필요하다. 블루투스 결합은 주변의 다른 기기 검색, 특정 기기에 대한 서비스 검색, 특정 서비스 선택 및 암호 입력 등의 일련의 과정을 통해 수행되어야 하는데, 이 과정은 최종 사용자에게는 매우 복잡하고 불편한 일로서 블루투스 기술의 대중화가 지연된 원인 중의 하나였다. 이와 같은 사용 복잡성을 해소하기 위하여 블루투스 SIG에서는 NFC(Near File Communication) 포럼과의 협력을 진행하고 있다.

NFC는 약 10 cm 이내에만 도달 가능한 13.56 MHz 무선 기술이다. NFC는 최종 블루투스 접속을 위한 트리거(Trigger) 역할을 수행할 수 있는데 사용자가 자신의 기기를 목표 기기에 10 cm 이내로 가져가기만 하면, 블루투스 결합이 자동으로 이루어진다.

이는 블루투스 결합 시 필요한 목표 기기 주소, 서비스 아이디 및 비밀 번호가 NFC를 통해 목표 기기에서 자신의 기기로 얻어진 후에, 블루투스 연결을 트리거하여 블루투스 결합의 일련의 과정이 순차적으로 사용자의 관여 없이 자동으로 수행되어 가능하다 [18].

앞에서의 설명처럼 블루투스 기술은 UWB나 NFC와 같이 다른 근거리 무선 기술과의 협력과 우수 기술 요소 채택을 통해 전송 속도 증가, 사용 편의성 강화, 전력 소모 감소 및 네트워크 확장성(Scalability) 중대의 형태로 진화하고 있으며, 무선혁명의 선두 주자로서 계속 자리매김할 것으로 예상된다. 이와 같은 블루투스로 대표되는 WPAN 응용 서비스 개발은 WBAN 기술 개발 경험이 유용한 지침이 될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장 동력핵심기술개발 사업의 일환으로 (07MH1810, 생체정보처리 기반 웨어러블 시스템 기술 개발사업)에 의해 지원되었습니다.



- [1] U. Bilstrup and P.-A. Wiberg, "Bluetooth in industrial environment," Factory Communication Systems, 2000, Proc. Of IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, pp.239-246, 2000.
- [2] Autus, "차안의 서비스", <http://www.autus.kr>.
- [3] Bluetooth SIG, "Bluetooth Enhanced Data Rate (EDR)", <http://www.bluetooth.org>.
- [4] D. Porcino and W. Hirt, "Ultra-wideband radio technology: potential and challenges ahead", IEEE Communications Magazine, 41(7):66-74, 2003.
- [5] Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System (Core) Ver.1.2", 2003.
- [6] Bluetooth SIG, "The Bluetooth SIG Interoperability Program Whitepaper", 2007.
- [7] BlueTomorrow.com, "Bluetooth Profiles", <http://www.bluetomorrow.com/>.
- [8] 김명규, 한동원, 이진우, "블루투스 프로토콜의 설계 및 구현", 통신학회 추계학술대회, 2000.
- [9] 김명규, 박준석, 김지은, "블루투스 직접 스트리밍 프로토콜 및 블루넷 프로토콜의 설계, 구현 및 성능 분석", 차세대통신소프트웨어학술대회, 2001.
- [10] 고은정, 이형직, 이진우, "유비쿼터스 환경에서 생체정보 인식 모바일 웨어러블 시스템 기반의 u-헬스케어 서비스", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 34(1):123-126, 2007.
- [11] 김명규, 박준석, 한동원, "블루투스 원격 제어 프로파일의 설계 및 구현", 통신학회 추계학술대회, 2003.
- [12] 양일식, 김명규, 손지연, 박준석, "오디오/비디오 장치

공유를 위한 사용자 중심 블루투스 시스템 구조”, 통신학회 추계학술대회, 2004.

- [13] 김명규, 양일식, 손지연, 박준석, “블루투스 스테레오 오디오 공유 시스템의 설계 및 구현”, 정보기술학회논문지, 3(1):7-11, 2005.
- [14] UPnP Forum, “UPnP Device Architecture”, <http://www.upnp.org>.
- [15] UPnP Forum, “UPnP AV Architecture”, <http://www.upnp.org>.
- [16] 양일식, 김명규, 손지연, 박준석, “블루투스 멀티 홉 라우팅 프로토콜”, 정보및제어학술대회, 2005.
- [17] 손지연, 김명규, 양일식, 박준석, “Wireless Audio Sharing (WASH) 시스템 설계 및 구현”, 정보과학회논문지(정보통신), 33(2):139-148, 2006.
- [18] ECMA International, “Near Field Communication white paper”, <http://www.nfc-forum.org>.



## 약 력



1989년 서울대학교 물리학과 학사  
 1994년 메릴랜드대학교 이학 박사  
 1994년 ~ 1999년 서울대학교 연구원  
 1997년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
 관심분야: WBAN, WPAN, 멀티미디어 처리, 물리 기반 애니메이션, 휴먼 컴퓨터 인터페이스

김 명 규



1991년 숙명여자대학교 전산학과 학사  
 2001년 한국정보통신대학원대학교 전산학과 석사  
 1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임 연구원  
 관심분야: WBAN, WPAN, UPnP, 멀티미디어 처리, 상황 인식, 오감 정보 통신

손 지 연



2002년 전북대학교 컴퓨터학과 학사  
 2004년 전북대학교 컴퓨터정보공학과 석사  
 2004년 ~ 현재 한국전자통신연구원 연구원  
 관심분야: 멀티미디어 처리, WBAN, WPAN, 생체 정보 통신

양 일 식



1984년 인하대학교 전산학과 학사  
 1999년 한국과학기술원 전산학과 석사  
 2006년 인하대학교 전산학과 박사  
 1987년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 팀장  
 관심분야: 휴먼 컴퓨터 인터페이스, 멀티미디어 처리, 웨어러블 컴퓨터, WBAN, WPAN

박 준 석