

Wireless Audio Sharing (WASH) 시스템 설계 및 구현

(A Design and Implementation of a Wireless Audio Sharing (WASH) System)

손지연[†] 김명규^{**} 양일식^{**} 박준석^{**}
(Jiyeon Son) (Myunggyu Kim) (Ilsik Yang) (Jun-Seok Park)

요약 최근 근거리 무선 통신 기술의 발전과 함께 디지털 오디오 콘텐츠 및 기기들의 증가는 새로운 형태의 네트워크 기반 오디오 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 토대가 되고 있다. 본 논문에서는 블루투스 와 무선랜을 통해 스테레오 오디오 콘텐츠를 복수의 사용자들이 공유하는 Wireless Audio Sharing(WASH) 시스템을 설계하고 구현한 내용을 기술한다. WASH 시스템은 단일 오디오 음원에 대해 복수개의 블루투스 수신기들이 공유하는 무선 오디오 공유 기능을 제공하며, 블루투스 오디오 기기와 근거리 망으로 연결된 Universal Plug and Play(UPnP) 스테레오 오디오 기기간의 오디오 스트림 연동 및 제어 기능을 제공한다. 이를 위해서 WASH 시스템은 단일 음원에 대해 다수의 블루투스 오디오 기기들이 수신하도록 블루투스의 스테레오 오디오 전송 프로파일을 확장하였으며, 블루투스 AV 구조 내에서 블루투스 기기들이 동작할 수 있도록 UPnP Audio/Video (AV) 구조와 블루투스 확장 오디오 전송 프로파일을 결합하였다. 또한 본 논문에서는 리눅스 기반 노트북에 WASH 시스템을 구현하여 오디오 품질을 측정하고 분석한 결과를 기술한다.

키워드 : WASH, 무선 오디오 공유, 블루투스, UPnP

Abstract Recently with the advancement of local wireless communication technologies, digital trends of audio contents and devices are paving the way for new experiences to network-based audio streaming services. In this paper, we present the Wireless Audio Sharing (WASH) technology over Bluetooth and Wireless Local Area Network (WLAN). WASH system provides an audio sharing mechanism over multiple users and also provides stereo audio streaming between Bluetooth-enabled devices and Universal Plug and Play (UPnP) media devices connected to wired/wireless LANs. To achieve these, we extended the Bluetooth audio distribution profile and combined the extended profile with the UPnP AV architecture. With the implementation of this WASH technology, we show some experimental results of the stereo audio streaming in a real environment.

Key words : WASH, Wireless Audio Sharing, Bluetooth, UPnP

1. 서론

최근 MP3(MPEG-Layer3), WMA(Windows Media Audio) 포맷 등의 디지털 오디오 콘텐츠들이 풍부해지면서, 이들 콘텐츠를 저장하는 미디어 음원 기기들과 재생 기능을 갖는 미디어 수신기들이 다양한 제품 형태

로 시장에 출시되고 있다. 이들 디지털 오디오 기기들은 유선 또는 무선 통신 기능과 결합하면서 새로운 형태의 네트워크 기반 오디오 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 토대가 되고 있다.

이미 인터넷을 기반으로 하는 온라인 음악 서비스는 널리 이용되고 있으며, 최근에는 이동 통신 사업자들이 음악 포털 서비스를 제공하면서 휴대폰을 통한 온라인 스트리밍 서비스도 제공되고 있다. 광대역 이동망을 제외한 무선 오디오 서비스는 아직 초기 상용 단계에 있으며, 대부분 휴대형 오디오 기기에 콘텐츠를 저장하여 무선 헤드폰을 통해 재생해서 듣는 형태이다. 그러나, 차후에는 모든 오디오 음원을 가지고 다니지 않아도, 고

[†] 정회원 : 한국전자통신연구원 스마트인터페이스팀 연구원
jyson@etri.re.kr

^{**} 비회원 : 한국전자통신연구원 스마트인터페이스팀 연구원
mgkim@etri.re.kr
isyang@etri.re.kr
parkjs@etri.re.kr

논문접수 : 2005년 4월 22일

심사완료 : 2005년 11월 28일

성능의 오디오 음향 기기들을 모두 휴대하고 다니지 않아도 언제 어디서나 필요한 오디오 서비스를 제공하는 유비쿼터스 네트워킹 서비스 형태로 발전할 것으로 예측되고 있다.

무선을 통한 고품질 오디오 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 대표적인 연구로 블루투스 기반의 오디오 전송 기술이 있다. 블루투스는 개인 무선 통신 네트워크를 위한 대표적인 단거리 무선 통신 기술로서, 저전력, 저가의 특성으로 인해 휴대폰이나 헤드셋과 같은 소형 기기에 많이 탑재되고 있다. 그러나, 블루투스 무선 오디오 스트림 전송을 위한 표준 규격은 단일 오디오 음원에 대해 단일 오디오 수신기만을 지원함으로써, 복수 사용자 간의 오디오 공유가 불가능하다. 반면, 유무선랜을 기반으로 Audio/Video(AV) 스트리밍 서비스를 제공하는 기술로서 Universal Plug and Play(UPnP) AV 기술이 있다. UPnP는 홈 네트워크나 공공 장소에서 유무선랜 기반의 디지털 기기들을 자동으로 인식하고 제어하는 프레임워크 기술이다. UPnP 기술은 사용자가 이동하면서 인접한 인프라 네트워크에 동적 접근을 용이하게 하는 장점을 갖는다. 그러나 랜을 기반으로 하므로 상대적으로 높은 전력량과 칩 가격으로 인해 헤드폰과 같은 휴대형 오디오 기기에 탑재되기 어려운 단점이 있다. 따라서 UPnP 기술은 대부분 홈 네트워크나 공공장소의 근거리 망으로 연결된 AV 기기에 채택되고 있다.

본 논문에서는 UPnP AV 기술이 헤드폰과 같은 소형 기기에 적용되기 어려운 문제점을 극복하기 위한 대안으로 블루투스 오디오 기기와의 연동 기능을 제공하면서, 단일 음원에 대한 다자간의 블루투스 오디오 공유 기능을 제공하는 Wireless Audio Sharing(WASH) 시스템을 제안한다. WASH 시스템은 UPnP AV 구조를 기반으로 블루투스와 유무선랜으로 연결된 오디오 기기들을 자동으로 인식하고 제어할 수 있으며, 블루투스 오디오 스트리밍과 UPnP 상호 연동 기능을 제공한다. 또한 기존의 블루투스 표준 오디오 기기와 상호 호환성을 지원하면서도, 단일 오디오 음원에 대해 복수개의 블루투스 싱크 기기로 수신할 수 있도록 블루투스 오디오 전송 표준 프로파일을 확장하였다. 이를 통해 WASH 시스템은 휴대형 이동 기기에 탑재되어 공공 장소에서 무선랜 기반의 키오스크 서버로부터 관광 명소나 박물관 안내, 음악 파일과 같은 오디오 음원을 제공 받아서 블루투스 스테레오 헤드폰으로 재생하는 서비스가 가능하며, 필요에 따라서는 휴대형 음원기에 저장해 두었다가, 사무실 또는 홈으로 돌아와서 UPnP 기반의 오디오 기기를 통해 재생하는 서비스도 제공할 수 있다. 본 논문에서는 WASH 시스템을 설계하고 구현한 내용과 함

께 오디오 스트림 전송을 통해 실제 환경에서의 오디오 품질을 측정하고 분석한 결과를 기술한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 블루투스와 UPnP 기반의 오디오 스트리밍과 관련한 기존 연구들을 기술하였으며, 3장에서는 WASH 시스템과 관련한 표준 기술에 관해 소개한다. 이어 4장에서는 WASH 시스템의 특징을 소개하며, 5장에서는 WASH 구조 및 각 구성 요소들에 관해 기술한다. 6장에서는 WASH 시스템을 구현하여 오디오 품질을 측정한 실험 결과를 보이며, 마지막으로 7장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

블루투스와 무선랜을 연동하여 오디오 스트림을 제공하기 위한 방안으로 [1]에서는 Bluetooth Network Encapsulation Protocol(BNEP)을 사용하는 방안을 제시하였다. BNEP은 블루투스 기기가 랜 접속을 할 수 있도록 하는 표준 프로토콜로서, 블루투스 링크를 통해 IP 데이터 전송을 가능하게 한다. 랜 상의 오디오 음원이 블루투스 헤드폰으로 스트리밍되기 위해, [1]은 랜에 연결된 오디오 음원 PC와 블루투스 액세스포인트, 블루투스 지원 PDA, 블루투스 헤드폰으로 구성된다. 블루투스 액세스포인트는 BNEP을 사용하여 블루투스 지원 PDA에 랜 접속 기능을 제공하며, 블루투스 지원 PDA와 블루투스 헤드폰 간에는 블루투스 표준 오디오 전송 프로토콜인 Audio Video Data Transfer Protocol(AVDTP)이 사용된다. 그러나, [1]의 구조는 랜 상의 오디오 음원 PC의 IP 주소 정보를 미리 알고 있어야 하며, 이동 장소에 블루투스 액세스포인트가 항상 존재해야 한다는 제약이 있다.

[2]는 IBM에서 Personal Mobile Hub(PMH)라고 하는 개인 휴대용 네트워크 게이트웨이를 제안한 논문이다. 제안된 PMH는 블루투스와 무선랜과 같은 다양한 무선 네트워크 인터페이스를 지원하며, 서로 다른 프로토콜간의 라우팅 기능을 제공한다. 이러한 네트워크 라우팅 기능을 기반으로 PMH에 접속되는 디바이스들은 PMH의 이벤트 엔진에 연결하여 원하는 이벤트를 등록하게 된다. 이후에는 이벤트가 발생될 때마다 등록된 디바이스들에게 이벤트의 내용이 통보된다. 그러나, 무선 디바이스가 PMH에 접속되기 위해서는 이벤트 처리를 위한 부가적인 소프트웨어를 지원해야 한다. 따라서, [2]의 구조는 표준적인 무선 기기와의 호환성을 제공하지 않으며, 이벤트 중심의 데이터 전송에 초점을 맞추고 있어, 오디오 스트리밍에 적합하지 않다. 즉, [2]는 모든 데이터가 제어기에 해당되는 PMH를 경유해야 하므로, 오디오 스트리밍에 있어 효율적이지 않은 구조이다.

블루투스 오디오 전송 기술과 관련된 연구로 [3]에서는 블루투스 기반의 오디오 스트림 품질을 개선하기 위해, 블루투스 링크 계층에서 Automatic Repeat Request(ARQ) 재전송 타임 아웃 값을 동적으로 변화시키는 방안을 제안하였다. 제안된 방안은 블루투스 링크 계층에서 Real-Time Transport Protocol(RTP) 패킷에 대한 패킷 왕복 지연 시간(Round Trip Time)을 측정하여 이 값을 기반으로 재전송 타임 아웃 값을 조정하는 방안이다. 그러나, 이 방안은 블루투스 오디오 전송 표준 프로토콜 규격을 따르지 않고, RTP 프로토콜을 사용한다. 또한, 블루투스 구간의 일대일 오디오 전송만을 다루며, 블루투스 링크 계층의 전송 알고리즘을 개선하는데 초점을 맞추고 있다.

[4]는 PDA나 휴대폰과 같은 소형 이동 단말을 소지한 사용자가 랜에 연결되어 있는 UPnP AV 기기들에 접근하여 멀티미디어 서비스를 제공받도록 하기 위한 구조를 제안한 논문이다. [4]의 구조는 UPnP 제어포인트 기능을 갖는 스마트 게이트웨이가 있어 사용자의 소형 이동 단말로부터 제어 명령을 받아서 이를 분석하고, 실제 망에 연결된 디바이스들 중에서 해당되는 디바이스들을 찾아서 대신 명령을 전달하는 형태이다. 이 방안은 사용자가 이동 환경에서 인접한 근거리 망에 연결된 UPnP AV 기기들에 접근하여 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있도록 한다는 점에서 WASH 시스템과 유사한 면이 있다. 그러나, [4]는 사용자가 근거리 망에 연결된 AV 기기들에 접근하기 위해 반드시 고정형의 스마트 게이트웨이를 거쳐야 하는 제약 사항이 있다. 즉, 이동한 장소에 스마트 게이트웨이가 존재하는 경우에만 인접한 UPnP AV 기기에 접근이 가능하다는 의미이다. 또한 사용자가 휴대하는 소형 단말은 제어 용도로만 사용되며, 소형 이동 단말과 UPnP AV 기기가 연계된 형태의 스트리밍 서비스는 지원되지 않는 구조이다.

[5]는 홈 네트워크 환경에서 UPnP AV 기술을 사용하여 고품질의 오디오/비디오 스트림 서비스를 제공하기 위한 Quality of Service(QoS) 프레임워크를 제안한 논문이다. 제안된 구조는 UPnP AV 구조를 기반으로 하여 Policy manager, Traffic Shaping 모듈, Traffic Enforcement 모듈을 두어, 미디어 서버와 렌더러 간의 스트림에 대한 QoS를 협상하고, 모니터링 하며, 미디어 트래픽을 제어하는 기능을 제공한다. 그러나, [5]는 주로 사무실이나 홈 네트워크 환경에서 UPnP AV 기기들만을 대상으로 제안된 QoS 구조로서, 이동 환경에서 소형 단말과 연계된 오디오 스트리밍 서비스는 고려하지 않고 있다.

이 밖에도 [6]에서는 블루투스 간섭 현상이 존재하는 상황에서 IEEE 802.11b 무선랜을 통해 오디오와 비디오

오디오 전송하는 경우, 미디어 동기화에 어떤 영향을 미치는지 조사하였다. 이 실험에서 미디어 서버는 오디오와 비디오 스트림을 802.11b 무선랜을 통해 이동 단말로 전송하였으며, 동시에 다른 단말들 간에 블루투스 데이터 트래픽을 발생시킴으로써, 간섭이 일어나도록 하였다. 실험 결과, 블루투스의 간섭으로 인해 무선랜 상의 Cyclic Redundancy Check(CRC) 에러와 패킷 재전송이 발생되었으며, 이는 스트림 데이터의 지연 시간 편차를 크게 함으로써 미디어 동기화의 품질이 저하됨을 확인하였다. [6]은 이미 [7,8]에서 지적인 바와 같이 블루투스 무선랜 간에 간섭이 존재하며, 이로 인해 성능 저하가 발생됨을 입증하였다. 그러나 [6-8]에서 실험 대상으로 하는 블루투스는 버전 1.1 기반이며, 무선랜과의 간섭 문제가 상당히 개선된 것으로 알려져 있는 블루투스 버전 1.2 제품이 이미 상용화 단계에 있으므로, 조만간 이로 인한 성능 저하는 심각하지 않을 것으로 생각된다.

3. 관련 표준 기술

3.1 블루투스 스테레오 오디오 전송

블루투스는 2.4 GHz Industrial-Scientific-Medical (ISM) 주파수 대역에서 단거리 무선 통신을 위해 블루투스 SIG에서 제안한 표준 규격이다[10]. 블루투스는 1MHz 간격으로 분포한 79 개의 주파수를 호핑하는 방식인 Frequency Hopping Spread Spectrum(FHSS) 방식을 사용하며, RF 모듈과 프로토콜 스택, 응용 프로파일로 구성된다.

오디오 전송과 관련된 응용 프로파일로는 크게 음성 전송을 위한 프로파일과 고음질의 스테레오 오디오 전송을 위한 프로파일 존재한다. 음성 관련 프로파일로는 Head-Set Profile(HSP), Cordless Telephony Profile(CTP), Hands-Free Profile(HFP) 등이 존재하는데, 이는 Synchronous Connection-Oriented(SCO) 링크를 사용한다. SCO 링크는 동기 방식의 블루투스 링크 계층 프로토콜로서, 64 kbps 음성을 지원하므로, 고음질의 스테레오 음악을 전송하기에는 적합하지 않다.

스테레오 오디오 전송을 위한 프로파일로는 Generic Audio/Video Distribution Profile(GAVDP)와 Advanced Audio Distribution Profile(A2DP)가 존재한다[12]. GAVDP는 블루투스 구간에서 오디오/비디오 스트리밍의 일반적인 셋업 절차를 정의한 프로파일이며, A2DP는 GAVDTP를 기반으로 오디오 스트리밍에 관한 프로토콜 및 보다 구체적인 사항들을 정의한 프로파일이다. A2DP는 그림 1과 같이 비동기 모드인 ACL 링크 위에 고음질 오디오 전송 프로토콜 규격인 Audio Video Data Transfer Protocol(AVDTP)를 사용한다[13].

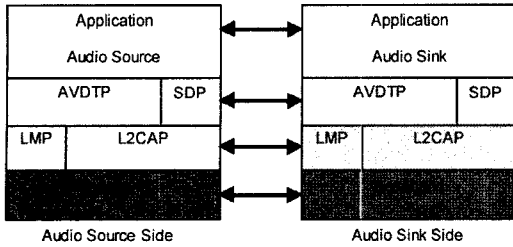


그림 1 블루투스 오디오 전송 프로토콜 스택

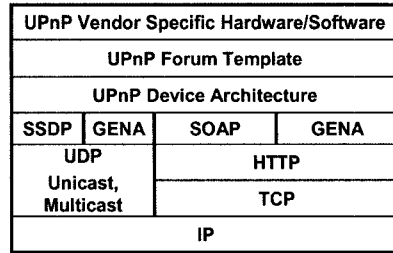


그림 2 UPnP 프로토콜 스택

그림 1에서 ACL 링크를 포함한 Baseband, Link Management Protocol(LMP), Link Layer Control and Adaptation Protocol(L2CAP), Service Discovery Protocol(SDP)는 블루투스 코어 스펙 내에 정의되어 있는 프로토콜 규격이다[10]. 블루투스 오디오 전송을 위해서는 상기 블루투스 코어 프로토콜 위에 AVDTP가 동작되어야 한다. AVDTP는 A2DP 프로파일에 따라 오디오 소스(Source) 기기와 오디오 싱크(Sink) 기기 간의 블루투스 오디오 전송 스트리밍 절차를 정의한 프로토콜이다. 오디오 전송을 위한 메시지 포맷 및 전송 방법은 RTP를 기반으로 하며, 미디어 스트리밍을 위한 연결 설정 과정은 블루투스 규격 자체적으로 정의한 방식에 따른다[14].

또한 A2DP는 오디오 코덱으로 Sub-Band Codec(SBC)를 필수적으로, MP3를 선택적으로 지원하도록 명시하고 있다. SBC는 블루투스 오디오 스트리밍을 위해 필립스사에서 제안된 오디오 코덱으로서, MP3에 비해 알고리즘이 단순하며, 압축률이 낮은 대신 로열티가 없는 장점이 있다[9]. A2DP에서는 SBC와 MP3 각각 최대 16 비트, 48 kHz 스테레오 오디오 전송을 지원한다.

3.2 Universal Plug and Play(UPnP)

네트워크 기반의 정보 기기 제어를 목적으로 UPnP 포럼에 의해 제안된 UPnP는 제어 포인트(control point)와 디바이스로 구성된다[15]. 디바이스는 서비스를 제공하는 기기이며, 제어 포인트는 네트워크를 통해 연결된 디바이스들을 자동으로 인식하고, 제어하는 기기이다. 제어 포인트와 디바이스간의 통신은 기존의 TCP/IP 인터넷 프로토콜과 Hyper-Text Transfer Protocol(HTTP) 프로토콜을 기반으로 그림 2의 Simple Service Discovery Protocol(SSDP), Simple Object Access Protocol(SOAP), General Event Notification Architecture(GENA) 등의 서브 프로토콜을 통해 이루어진다. SSDP는 네트워크에 연결되어 있는 디바이스 및 서비스를 자동으로 발견하기 위한 프로토콜이며, SOAP은 디바이스를 제어하는데 사용되는 프로토콜이다. 또한 GENA는 디바이스의 상태를 주기적으로 제어 포인트에 통보하기 위해 사용된다.

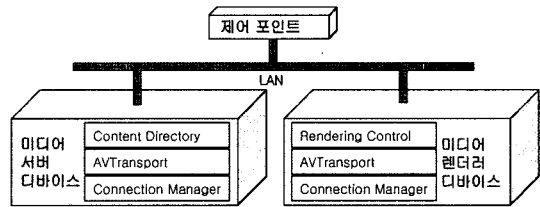


그림 3 UPnP AV 구조

또한 UPnP 포럼에서는 AV 기기들을 제어하기 위한 별도의 UPnP AV 규격을 정의하고 있다[16].

UPnP AV 규격은 그림 3과 같이 제어 포인트, 미디어 서버와 미디어 렌더러로 구성된다[17,18]. 미디어 서버는 비디오, 음악 및 이미지 콘텐츠를 저장하는 디바이스로서, VCR, CD/DVD 플레이어, 주크 박스, 디지털 카메라 등이 이에 속한다. 반면, 미디어 렌더러는 네트워크를 통해 전달 받은 콘텐츠를 재생할 수 있는 디바이스로서, TV, 스테레오 시스템, 스피커, 전자앨범 등이 포함된다. 제어 포인트는 복수개의 미디어 서버와 렌더러들을 제어할 수 있으며, 실제 미디어 스트림 전송은 HTTP또는 기존의 스트림 전송 프로토콜인 RTP를 통해 직접 미디어 서버에서 미디어 렌더러로 전송된다[14,19].

4. WASH 시스템 개요

WASH시스템은 블루투스 및 유무선 랜 환경에서 고품질 오디오 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 구조를 정의한 것으로서, 다음과 같은 특징들을 갖는다.

- 무선 오디오 공유: WASH 시스템은 기본적으로 휴대형 정보 기기에 저장해둔 로컬 오디오 콘텐츠를 블루투스 헤드폰으로 재생해서 듣는 adhoc 형태의 무선 오디오 서비스를 지원한다. 블루투스 오디오 전송 표준 프로파일인 A2DP는 기본적으로 하나의 소스에 대해 하나의 싱크 기기만을 지원하기 때문에, 하나의 소스 음원을 복수의 싱크 기기로 전송하는 멀티캐스트 기능은 지원되지 않는다. 그러나 무선의 특성을 활용하여 하나의 오디오 음원을 다수 싱크 기기가 수신할

수 있다면, 친구들 간에 음악을 공유하는 것이 가능해진다. 이는 하나의 유선 헤드폰을 두 사람이 반씩 나누어 음악을 듣는 경우와 같은 불편함을 해소할 수 있다. 따라서 WASH 시스템에서는 기존의 A2DP와의 호환성을 유지하면서, 단수의 소스에서 복수의 수신 기기로의 멀티캐스트 전송을 할 수 있도록 블루투스 A2DP 프로파일을 확장한다.

근거리망에 연결된 오디오 기기로의 접근성: WASH 시스템은 언제 어디서나 주변의 인프라 네트워크에 연결되어 있는 오디오 기기들에 쉽게 접근할 수 있도록 무선 기반의 이동 시스템을 타겟으로 한다. UPnP는 IP기반의 인프라 네트워크에 쉽게 접근할 수 있도록 주소 자동 할당 방식과, 표준화된 디바이스 자동 인식 및 제어 방식을 제공한다. 따라서, WASH 시스템은 UPnP 기술을 이용하여 주변 인프라에 연결된 오디오 기기들에 표준화된 방식으로 접근할 수 있도록 한다.

블루투스와 UPnP 기기간의 오디오 스트림 연동: WASH 시스템은 블루투스 기반 오디오 음원기에서 블루투스 싱크 기기로 또는 UPnP 미디어 서버에서 UPnP 미디어 재생기로의 오디오 스트림 뿐 아니라, 서로 다른 블루투스와 UPnP 기기들간에 연동 서비스를 지원한다. 따라서 이를 위한 블루투스-UPnP 브릿지 기능이 포함된다.

다양한 기기 제어의 용이성: WASH 시스템의 사용자는 이동하면서 MP3 플레이어에서부터 키오스크 서버,

헤드폰, 스테레오 오디오 시스템 등 다양한 오디오 기기들에 접근하게 된다. 따라서 이들을 일관된 방식으로 제어할 수 있는 사용자 인터페이스가 지원되어야 한다. WASH 제어기는 오디오 기기들의 하부 통신 방식과 관계 없이 오디오 기기를 음원기와 플레이어로 분류하며, 먼저 음원기에서 콘텐츠를 선택한 다음, 이를 재생할 플레이어를 지정하도록 한다. 또한 정지, 일시 정지, 다음 곡, 이전 곡 선택 등의 기본적인 오디오 스트림 제어 기능도 포함한다.

5. WASH 시스템 구조

4장에서 기술한 WASH 시스템의 특징들을 실현하기 위한 세부 구조 및 구성 요소들은 다음과 같다.

5.1 전체 구조

WASH 시스템은 그림 4와 같이 WASH 제어기와 WASH 플레이어, WASH 서버, 블루투스 스택으로 구성된다. WASH 시스템의 구성 요소들은 다른 구성 요소에 의존적이지 않으면서, 독자적인 기능들을 수행할 수 있도록 설계되었다. 각각은 독립된 프로세스로 존재하며, 필요 여부에 따라 생략될 수 있다. 또한 이들 구성 요소들 중에서 WASH 제어기, WASH 플레이어, WASH 서버는 각각 별도의 시스템에서 동작 가능하다.

그림 4와 같이 WASH 시스템에는 UPnP 오디오 기기 제어를 위한 UPnP 제어 채널과 블루투스 오디오 기기들을 제어하기 위한 블루투스 제어 채널, 오디오 스트림 서비스를 제공하기 위한 오디오 스트림 채널들이 존

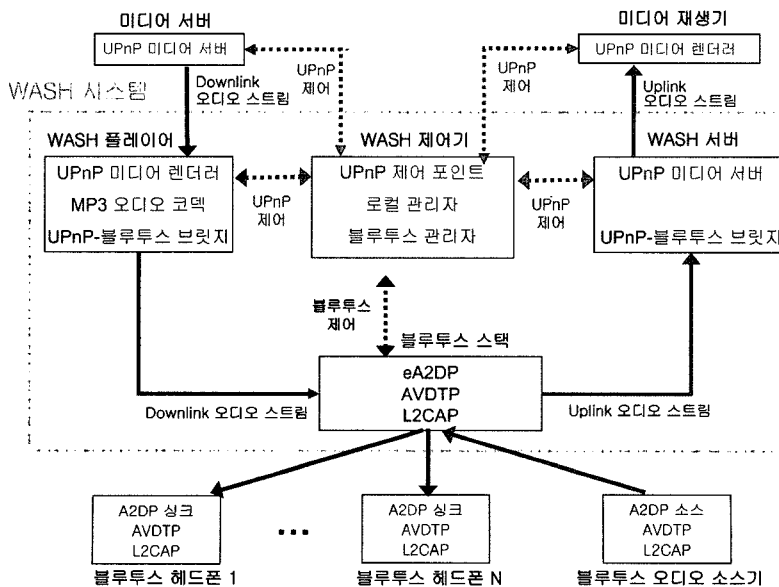


그림 4 WASH 시스템 구조

재한다.

UPnP 제어 채널은 WASH 제어기가 WASH 플레이어 및 WASH 서버뿐 아니라, 근거리망으로 연결된 다른 미디어 서버와 미디어 재생기들을 자동으로 발견하고 제어하기 위해 사용되는 채널이다. 미디어 서버는 오디오 콘텐츠를 저장하는 음원 기기로서, UPnP 포럼에서 정의한 UPnP 미디어 서버 규격을 지원한다[17]. 또한 미디어 재생기는 오디오/비디오 콘텐츠를 수신하는 재생 기기로서 UPnP의 미디어 렌더러 규격을 만족한다[18].

블루투스 제어 채널은 WASH 제어기가 블루투스 기기들을 직접 제어하기 위해 사용되는 채널이다. 이는 WASH 제어기가 탑재된 시스템이 블루투스 인터페이스를 지원하면서, 로컬 오디오 콘텐츠가 있는 경우 WASH 플레이어의 도움 없이 바로 블루투스 헤드폰으로 오디오 스트리밍을 전송할 수 있게 한다. 반대로 블루투스 오디오 소스기로부터 직접 콘텐츠를 가지고 올 수도 있다. 블루투스 오디오 소스기와 블루투스 헤드폰은 각각 블루투스 기반의 무선 오디오 기기로서, 모두 A2DP와 AVDTP를 지원해야 한다. WASH 제어기는 UPnP 제어 채널 또는 블루투스 제어 채널을 통해 네트워크에 연결되어 있는 오디오 기기들 가운데 음원 기기를 선정하고 콘텐츠 목록에서 콘텐츠를 선정한 다음, 이를 재생하는 재생기를 선택하여 오디오 스트리밍 서비스를 제어할 수 있다.

오디오 스트림 채널은 실제 오디오 데이터를 전송하는 채널로서, WASH 제어기에서 UPnP 및 블루투스 제어 채널을 통해 오디오 소스 기기와 재생기를 선정하고 나서 실제 스트림 데이터를 직접 오디오 음원기에서 재생 기기로 바로 전달할 때 사용되는 채널이다. 그림 4와 같이 WASH 시스템은 downlink 오디오 스트림과 uplink 오디오 스트림을 둘 다 지원하는데, downlink 오디오 스트림은 데이터 흐름이 UPnP 미디어 서버에서 블루투스 헤드폰으로 전달되는 방향을 말하며, uplink 오디오 스트림은 반대로 블루투스 오디오 소스기에서 UPnP 미디어 재생기로 전달되는 데이터 흐름을 의미한다.

5.2 세부 구성 요소

WASH 시스템의 각 구성 요소들이 가지고 있는 기능에 대해 보다 자세히 기술하면 다음과 같다.

• WASH 제어기

WASH 제어기는 UPnP 기기를 자동으로 인식하고 제어하는 기능을 담당하는 UPnP 제어 포인트 모듈과 로컬 시스템에 있는 콘텐츠들을 관리하는 로컬 관리자, 블루투스 기기들을 제어하기 위한 블루투스 관리자 모듈을 포함한다. UPnP 제어포인트 모듈은 UPnP 기기를 자동으로 인식하고, UPnP 미디어 서버와 WASH 플레이어간의 downlink 오디오 스트림과 WASH 서버와

UPnP 미디어 재생기간의 uplink 오디오 스트림을 제어하는 일을 한다. 제어는 QT기반의 사용자 인터페이스를 통해 이루어지며, 로컬 시스템 또는 인식된 음원 기기들로부터 원하는 콘텐츠를 선택한 다음, 이를 재생할 오디오 수신기를 지정하는 형태로 진행된다. 오디오 스트림 제어와 관련해서는 재생, 정지, 일시 중지, 다음 곡, 이전 곡 선택이 가능하다. 또한 블루투스 관리자는 블루투스 스택의 extended A2DP(eA2DP)모듈과 블루투스 오디오 기기들간에 블루투스 오디오 세션들을 제어하는 일을 담당한다.

• WASH 플레이어

WASH 플레이어는 UPnP 미디어 렌더러 모듈과 MP3 오디오 코덱, 블루투스-UPnP 브릿지 모듈을 포함한다. UPnP 미디어 렌더러 모듈은 UPnP 표준 방식에 의해 UPnP 제어 포인트로부터 제어 메시지를 받아 처리하며, 수행 결과를 통보하는 일을 담당한다. WASH 플레이어 자체적으로 포함하고 있는 MP3 오디오 코덱을 통해 downlink 오디오 스트림의 로컬 재생이 가능하다. 또한 재생기가 블루투스 기기인 경우, WASH 플레이어는 UPnP 미디어 서버로부터 온 downlink 오디오 스트림을 블루투스 스택으로 전달하는 블루투스-UPnP 브릿지 기능을 포함한다. 브릿지 모듈은 무선랜과 블루투스 구간 사이의 데이터 버퍼링 기능을 가지고 있어서 서로 다른 네트워크 특성에 대한 어느 정도의 완충 역할을 한다.

• WASH 서버

WASH 서버는 UPnP 미디어 서버 모듈과 블루투스-UPnP 브릿지 모듈을 포함한다. UPnP 미디어 서버 모듈은 로컬 시스템과 블루투스 오디오 소스기로부터 콘텐츠에 관한 정보를 UPnP 메시지로 전송한다. 또한 선택된 콘텐츠가 로컬 시스템이 아닌 블루투스 소스기에 있는 경우, 블루투스-UPnP 브릿지 모듈은 블루투스 오디오 소스기로부터의 uplink 오디오 스트림을 블루투스 eA2DP를 통해 UPnP 미디어 서버에 전달해주는 기능을 포함한다.

• 블루투스 스택

블루투스 스택은 extended A2DP(eA2DP) 모듈을 포함한다. eA2DP모듈은 블루투스 표준 프로파일인 A2DP를 복수 기기로서의 오디오 멀티캐스트가 가능하도록 논문에서 새로 확장한 프로파일이다. eA2DP는 WASH 플레이어로부터 전달 받은 downlink 오디오 스트림 데이터를 복수개의 블루투스 A2DP 싱크기기로 멀티캐스트 한다. 또한 블루투스 A2DP 소스기로부터 uplink 오디오 스트림을 수신하는 일을 한다. 그림 5는 단일 오디오 소스에서 복수개의 오디오 싱크기기로 전송되는 eA2DP의 프로토콜 스택을 나타낸 것이다.

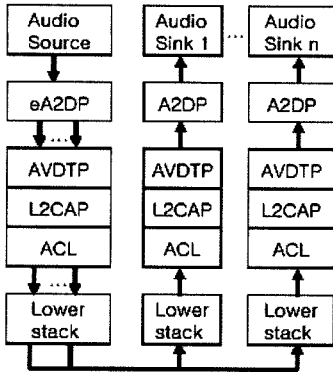


그림 5 eA2DP: 복수개의 오디오 스트림 전송

6. WASH 구현 및 성능

본 논문에서는 무선 근거리 망의 오디오 콘텐츠를 복수개의 블루투스 헤드폰으로 수신하는 downlink 오디오 스트리밍 서비스를 지원하기 위해서 WASH 시스템을 리눅스 기반의 700MHz 인텔 CPU 노트북에 구현하였다. 구현된 WASH 시스템은 802.11b 무선랜과 블루투스 네트워크 인터페이스를 모두 지원하며, WASH 제어기, WASH 플레이어, eA2DP 소스 모듈을 포함한 블루투스 스택을 포함한다.

그림 6은 WASH 시스템의 downlink 오디오 스트리밍 서비스에 대한 성능 측정을 위해 사용된 실험 환경이다.

그림 6의 UPnP 미디어 서버는 음악 파일들을 저장하고 있는 데스크톱 PC 기반의 음원 서버이며, WASH 시스템은 무선랜을 통해 UPnP 미디어 서버와 근거리 망으로 연결된다. 블루투스 헤드폰은 블루투스 A2DP와 AVDTP가 탑재되어 있는 오디오 싱크기로서, 소노릭스사의 OBH-0100상용 제품을 사용하였다. 사용된 헤드폰은 SBC, MP3 오디오 코덱을 모두 지원하는 제품이다.

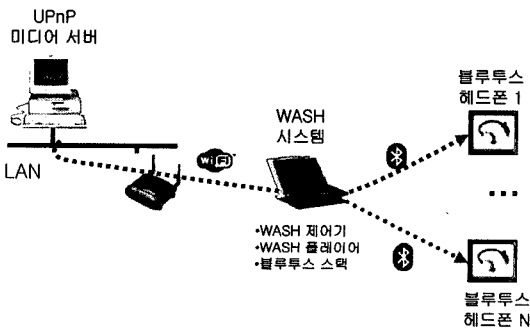


그림 6 WASH 시스템 성능 측정을 위한 실험 환경

본 논문에서는 WASH 제어기를 이용하여 UPnP 미디어 서버에 저장되어 있는 SBC파일과 MP3 파일을 각각 복수개의 블루투스 스테레오 헤드폰으로 전송하도록 한 다음, 오디오 스트림에 대한 처리량을 측정하였다. 처리량은 오디오 싱크 기기인 블루투스 헤드폰에서 단위 시간당 수신 오디오 데이터 양을 측정해야 하지만, 헤드폰에서의 처리량 측정이 어려운 관계로 WASH 시스템의 eA2DP 소스 모듈에서 단위시간당 블루투스 헤드폰으로 송신한 데이터 량을 측정하였다.

무선랜과 블루투스는 최근 연구 결과들에서 지적된 바와 같이 동일 무선 주파수 대역인 2.4 GHz를 사용함으로써 상호 간섭 문제가 존재한다고 밝혀져 있다[7,8]. 그러나, 본 논문에서는 블루투스와 무선랜 간의 간섭에 따른 오디오 전송 품질에 초점을 맞추지 않고 있으므로, 블루투스 기기들과 무선랜 액세스 포인트와의 거리는 각각 1m와 5m로 고정하기로 한다. 또한 전송되는 오디오 파일은 각각 16bit, 44.1 kHz 샘플로 인코딩 된 SBC 포맷과 MP3포맷을 사용하여 측정하였다. 이때의 측정 결과는 각각 그림 7, 그림 8과 같다.

그림 7은 UPnP 미디어 서버에 저장되어 있는 SBC 음악을 수신하는 블루투스 헤드폰 수를 1개에서 3개까지 증가시켰을 때, 단일 오디오 스트림에 대한 처리량을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 블루투스 스테레오 헤드폰 수가 2개일 때까지는 일정하게 약 198 kbps의 처리량을 보이고 있다. 즉, 두 대의 블루투스 헤드폰으로 랜에 연결된 미디어 서버에 있는 SBC 음악을 공유해서 듣는 경우, 전혀 끊김 현상 없이 고품질의 음악을 감상할 수 있음을 의미한다. 그러나 공유하는 수신 헤드폰 수가 3개가 되면, 오디오 처리량이 약 10% 정도 감소되는 모습을 볼 수 있다. 이는 하나의 SBC 오디오 스트림을 고품질로 유지하기 위해 요구되는 대역폭이 약 200kbps라고 할 때, 3개의 오디오 스트림을 유지하기 위해서는 약 600kbps 대역폭이 필요하게 된다. 그러나 블루투스 v1.2의 최대 전송률은 ACL 링크 계층에서

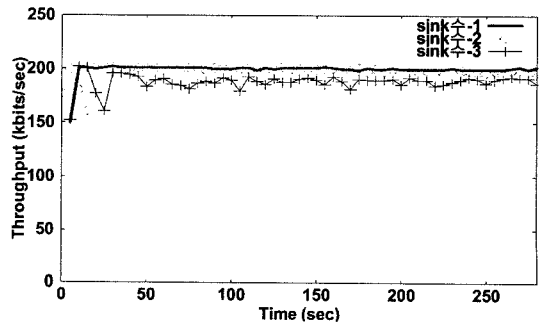


그림 7 SBC 오디오 스트림에 대한 처리량

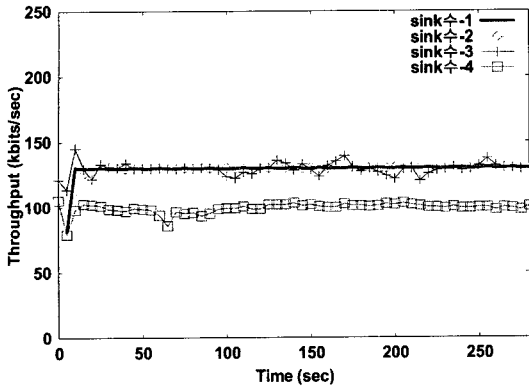


그림 8 MP3 오디오 스트림에 대한 처리량

723.2kbps이고, ACL 링크 상위의 블루투스 프로토콜 스택 오버헤드를 감안하면 통상적으로 500kbps 이상의 성능을 기대하기 어렵다. 따라서 오디오 스트림이 3개일 때는 eA2DP 소스 모듈에서 블루투스 헤드폰까지의 블루투스 구간에서 대역폭 제한으로 인한 성능 저하가 발생한 것임을 추측할 수 있다.

그러나, 블루투스 SIG에서 채택된 블루투스 코어 스펙 2.0 + Enhanced Data Rate(EDR)은 버전 1.2보다 최대 3배 정도 전송률이 향상된 것으로 알려져 있다 [11]. 2005년 말 경에는 블루투스 2.0 + EDR 칩셋이 양산될 예정이며, 2006년에는 상용 제품이 나올 예정으로 있다. 따라서 차기 버전의 블루투스 제품을 사용하는 경우에는 이론적으로 최대 7개까지 오디오 공유가 가능할 것으로 보인다.

그림 8은 컨텐츠가 MP3 파일인 경우, UPnP 미디어 서버로부터 수신하는 블루투스 헤드폰 수를 증가시켰을 때의 단일 오디오 스트림에 대한 처리량을 나타낸 것이다. 그림에서 보면, 오디오를 공유하는 블루투스 헤드폰의 수가 셋일 때 까지는 처리량이 128kbps로 일정한 성능을 유지하고 있다. 그러나 넷이 되면서 처리량이 약 100kbps로 감소되는 현상을 볼 수 있다. 실제로도 공유되는 헤드폰 수가 3대일 때까지는 일반 사용자들이 느끼기에 끊김 현상이나 오디오의 품질 저하가 거의 발생되지 않았던 반면, 4대가 되면서, 잦은 끊김과 지연, 상당한 오디오 품질 저하를 느낄 수 있었다.

앞에서도 언급한 바와 같이 하나의 오디오 세션을 유지하기 위해서는 SBC 포맷의 경우 198kbps 전송량이 요구된다. 반면, MP3 포맷은 SBC 포맷보다 압축률이 좋기 때문에, 동일한 컨텐츠를 전송하기 위해 상대적으로 적은 128kbps 대역폭을 요구한다. 따라서 수신하는 블루투스 헤드폰의 수가 3대인 경우에는 약 384kbps, 4대인 경우에는 약 520kbps의 전송 대역폭이 요구된다.

표 1 블루투스 헤드폰 수에 따른 MP3 오디오 스트림 총 재생시간

싱크기 수	0(원음)	1	2	3	4
총 재생시간 (sec)	293	293	295	296	380

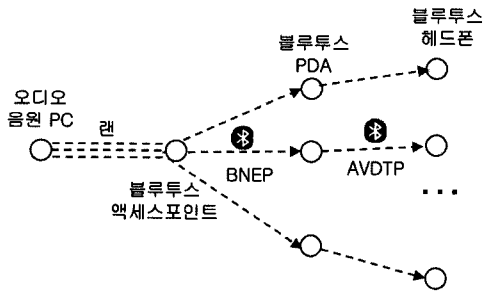
블루투스 v1.2에서 프로토콜 오버헤드를 감안한 최대 대역폭이 500kbps 정도임을 감안하면, 공유되는 헤드폰의 수가 4대부터 성능 저하가 발생됨을 예측할 수 있다. 따라서 이때의 성능 저하 원인도 역시 블루투스 링크 구간에서의 대역폭 제한으로 해석될 수 있다.

표 1은 블루투스 헤드폰 수 증가에 따라 MP3 오디오 스트림의 총 재생 시간이 원음에 비해 얼마나 지연되는지를 보여준다.

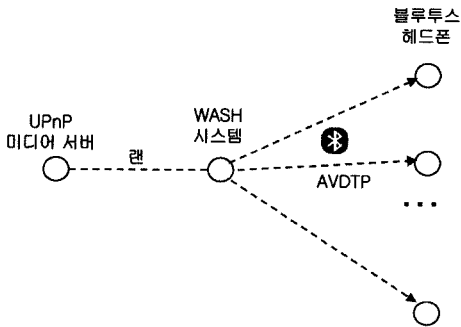
표 1을 보면 오디오 원음의 총 재생 시간이 293 sec이며, 스트림을 수신하는 싱크 기기의 수가 1개인 경우에는 총 재생 시간에서 원음과 동일하다. 싱크 기기 수가 2개와 3개로 증가할 때는 2-3초 정도의 지연 시간이 발생되지만, 이는 주로 전송 초기에 오디오 공유를 위한 셋업 과정에서 발생하는 지연 시간으로, 스트리밍 중에는 지연으로 인한 음질 저하를 거의 느끼지 못한다. 그러나, 싱크기 수가 4개일 때는 원음에 비해 총 재생 시간이 상당히 지연되며, 잦은 지연과 끊김 현상으로 인해 오디오 품질도 크게 저하된다.

상기의 실험 결과들은 근거리 망의 오디오 음원을 다수의 블루투스 수신기를 통한 고품질의 스트리밍 서비스가 가능함을 보여준다. 또한 블루투스 구간의 대역폭이 허용하는 한도 내에서 수신 기기 수만큼의 오디오 공유가 가능함을 보여주는 결과이다.

기존 연구들 가운데 이더넷망과 블루투스를 연동하여 오디오 스트림 서비스를 제공할 수 있는 방안으로는 [1]이 있다. [1]에서 제안된 구조를 이용하여 랜 상의 단일 오디오 음원을 n개의 블루투스 헤드폰이 공유하려면, 오디오 음원에서부터 블루투스 헤드폰까지 각각 독립적인 n개의 오디오 스트림이 존재해야 한다. 즉, 하나의 오디오 스트림을 위한 데이터 트래픽 양이 a라 할 경우, n x a 만큼의 오디오 트래픽이 오디오 음원에서부터 발생된다. 이는 WASH 시스템의 경우, 랜 구간에서는 a만큼의 오디오 트래픽이 발생되는데 비해, 대역폭 낭비를 초래한다. 또한 블루투스 액세스포인트가 일대다의 오디오 멀티캐스트 기능을 지원하지 못하기 때문에 그림 9의 (a)와 같이 부가적으로 n개의 블루투스 PDA와 각각 독립적인 BNEP 연결을 설정해야 한다. 이는 직접 블루투스 헤드폰으로 멀티캐스트 하는 그림 9의 (b)에 비해, 데이터 스트림이 거쳐야 하는 노드가 추가되므로 불필요한 지연 시간을 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 WASH 시스템의 블루투스 오디오 공유 기능은



(a) BNEP 이용 방안



(b) WASH 시스템

그림 9 이더넷-블루투스 연동 환경에서의 오디오 데이터 스트림 흐름

BNEP을 이용한 [1]의 방안에 비해 대역폭을 효율적으로 사용하도록 하며, 불필요한 지연시간을 줄일 수 있을 것을 알 수 있다.

7. 결론

본 논문은 유무선 통합 네트워크 환경에서 오디오 스트리밍 공유 서비스를 제공하는 WASH 시스템의 설계 및 구현에 관해 다룬 내용이다. WASH 시스템은 블루투스 오디오 전송 프로파일을 확장하여 복수의 사용자에게 무선으로 오디오 콘텐츠를 전송하는 WPAN 오디오 공유 기능을 제공한다. 또한 블루투스 오디오 전송 기술과 UPnP AV 기술을 결합한 블루투스-UPnP 브릿지 기능을 제공함으로써, 근거리 망의 음원을 블루투스 오디오 기기로 전송하거나, 블루투스 오디오 음원을 근거리 망의 UPnP 오디오 기기로 전송하는 무선 오디오 네트워크 기술을 제공한다. 이를 통해 WASH 시스템은 인프라 망에 동적 접근을 용이하게 하면서도 서로 독립적 네트워크 환경에서 동작하는 UPnP오디오 기기와 블루투스 기반의 소형 오디오 기기들을 결합하여 보다 유비쿼터스 환경에 적합한 형태의 오디오 스트리밍 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서 제안된 WASH 시스템은 이어폰 선이 없는 무선 기반의 오디오 플레이어에 적용 가능하며, 무선 근거리 망에서 음악, 강의, 안내 등의 음성 정보를 소수의 지인들이 공유하는 오락, 교육 및 공공 장소 등에서도 활용이 가능하다.

향후에는 WASH 시스템이 이동 기기를 타겟으로 하므로, 입출력에 대한 제약 사항이 많음을 고려하여 사용자 인터페이스를 개선하는 방안과, WASH 시스템에 비디오통을 지원하는 방안을 추진할 계획으로 있다.

참고 문헌

- [1] S. Zeadally and A.Kumar, "Protocol Support for Audio Streaming between Bluetooth Devices," IEEE Radio and Wireless Conference (RAWCON), pp.303-305, 2004.
- [2] D.Husemann, C.Narayanaswami and M. Nidd, "Personal Mobile Hub," Proc. of the 8th International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2004), pp.85-91, Oct. 2004.
- [3] Ling-jyh Chen, Rohit Kapoor, Kevin Lee, M.Y. Sanadidi and Mario Gerla, "Audio Streaming over Bluetooth: An Adaptive ARP Timeout Approach," Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'04), 2004.
- [4] Schneider, Georg and Hoymann, Christian and Goose, Stuart, "Adhoc Personal Ubiquitous Multimedia Services via UPnP," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2001), Tokyo, Japan, August 22-25, 2001.
- [5] Yasser Rasheed, John Ritchie, High-Quality Media Distribution in the Digital Home, Intel Technology Journal, vol. 6, issue 4, Nov. 15, 2002.
- [6] Kato M, Okura H, Ito K, Tasaka S. "Experimental assessment of media synchronization quality in IEEE 802.11 b under Bluetooth interference," 14th IEEE 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. Proceedings, vol.3, pp.2683-9, vol.3., 2003.
- [7] J.Lansford, A. Stephens, R.Nevo, "Wi-Fi (802.11b) and Bluetooth: enabling coexistence," Network, IEEE, vol. 15, issue 5, pp. 20-27, Sept.-Oct. 2001.
- [8] M. Feinberg, D. Goodman, "Analysis of the interference between IEEE 802.11b and Bluetooth Systems," VTC2001 Fall, vol.2, pp.967-971, 2001.
- [9] F. de Bont, M. Groenewegen, and W. Oomen, "A High Quality Audio-Coding System at 128 kb/s," Presented at the 98th Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc.(Abstracts), vol. 43, p.388, May 1995.
- [10] Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System (Core) Ver.1.1," 2001.
- [11] Bluetooth SIG, "Bluetooth Enhanced Data Rate

- (EDR)," 2001.
- [12] Bluetooth Audio Video Working Group, "Advanced Audio Distribution Profile v.1," 2003.
- [13] Bluetooth Audio Video Working Group, "Audio Video Distribution Transport Protocol v.1," 2003.
- [14] IETF, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC1989.
- [15] UPnP Forum, "UPnP Device Architecture 1.0.1," May 6, 2003, http://www.upnp.org/download/UPnPDA10_20000613.htm.
- [16] "Overview of UPnP AV Architecture," Intel Corp., July 02, 2003, http://www.intel.com/technology/upnp/download/UPnP_AV_Arch.pdf
- [17] UPnP Forum, "MediaServer V 1.0," 2003.
- [18] UPnP Forum, "MediaRenderer V 1.0," 2003.
- [19] IETF, "Hypertext Transport Protocol," RFC1945.



손지연

1991년 숙명여자대학교 전산학과 학사. 2001년 한국정보통신대학원대학교 정보공학부 석사. 1991년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 관심분야는 단거리 무선 통신, 유비쿼터스 네트워킹, 서비스 자동 인식



김명규

1989년 서울대학교 물리학과 학사. 1994년 University of Maryland at College Park 이학 박사. 1994년 10월~1997년 6월 서울대학교 자연과학종합연구소 연구원. 1997년 6월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 관심분야는 단거리 무선

통신, 이동 컴퓨팅



양일식

2002년 전북대학교 컴퓨터학과 학사. 2004년 전북대학교 컴퓨터정보공학과 석사. 2004년~현재 한국전자통신연구원 연구원. 관심분야는 단거리 무선 통신, 네트워크 보안, 센서 네트워크



박준석

1984년 인하대학교 전산학과 학사. 1999년 한국과학기술원 전산학과 석사. 2006년 2월 인하대학교 전산학과 박사. 1987년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 연구팀장. 관심분야는 adhoc 네트워크 라우팅, 웹틱 인터페이스