

무선 다채널 오디오 전송 기술

위정욱·전원기 (전자부품연구원), 조용수 (중앙대학교)

I. 서론

20세기 들어 발달된 아날로그 신호의 샘플링 및 양자화, 디지털 신호의 부호/복호, 신호 복원 및 검출 등 다양하고 혁신적인 디지털 신호처리 기술(Digital Signal Processing; DSP)은 전형적인 아날로그 신호 중 하나인 소리를 저장 및 가공이 가능한 디지털 신호로 변환, 처리함으로써 전화, 음악, 방송, 교육, 의료 등의 다양한 분야에서 디지털 기반의 응용 서비스를 탄생시키는데 크게 기여하였다. 그 가운데서도 대표적인 소리 관련 분야인 오디오 분야에서는 아날로그 오디오 소스를 저장하던 자기 테이프, LP(Long-Playing) 레코드 등의 매체들이 CD(Compact Disc), DVD(Digital Versatile Disc), Hard Disc, Flash Memory 등의 새로운 디지털 저장 매체로 대부분 교체되었고, 그에 따라 CD/DVD 등의 디스크 재생기, MP3(MPEG-1 Audio Layer 3) 플레이어 등의 디지털 파일 재생기, AV 리시버 등의 다양한 오디오 관련 디지털 기기들이 개발되어 왔으며, 최근에는 SACD(Super Audio CD), DVD-Audio에 이어 HD-Audio 포맷이 등장하면서 언제 어디서나 고품질의 다

채널 실감 사운드를 다양한 기기를 통해 청취하는 것이 가능하게 되었다.

그러나 이와 같은 아날로그 오디오 분야에서 의 저장매체 및 재생 기기들의 디지털화에도 불구하고 여전히 디지털 전환이 상대적으로 더디게 진행되고 있는 분야가 바로 하이파이 오디오 시스템, 홈시어터 등의 다채널 오디오 시스템에서 최종 사운드 출력을 담당하고 있는 앰프와 스피커의 연결 부분이다. 앰프와 스피커의 연결을 위해 구리선과 같은 스피커 케이블을 사용할 경우 신호 왜곡 및 배선의 복잡성 등으로 인한 문제가 발생하게 된다.

이에 본 고에서는 이와 같은 문제의 해결방안으로 다채널 오디오 데이터 소스 재생기와 다수의 스피커 사이의 유선 스피커 케이블을 대체하여 무선으로 연결할 수 있게 하는 무선 다채널 오디오 전송 기술의 동향 및 핵심요소기술에 대해 살펴보자 한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. II절에서는 다채널 오디오 전송 시스템의 구조와 요구 조건 등을 설명한다. III절에서는 오디오 전송에 적용될 수 있는 무선통신 규격들을 설명한다. IV절에서는 무선 오디오 전송 핵심 기술들을 설명하고, V절에서는 현재 개발된 다양한 무선

오디오 전송용 칩셋 및 이를 이용한 홈시어터 시스템 개발 동향을 살펴보고, 마지막으로 VI절에서 본 고의 결론을 맺는다.

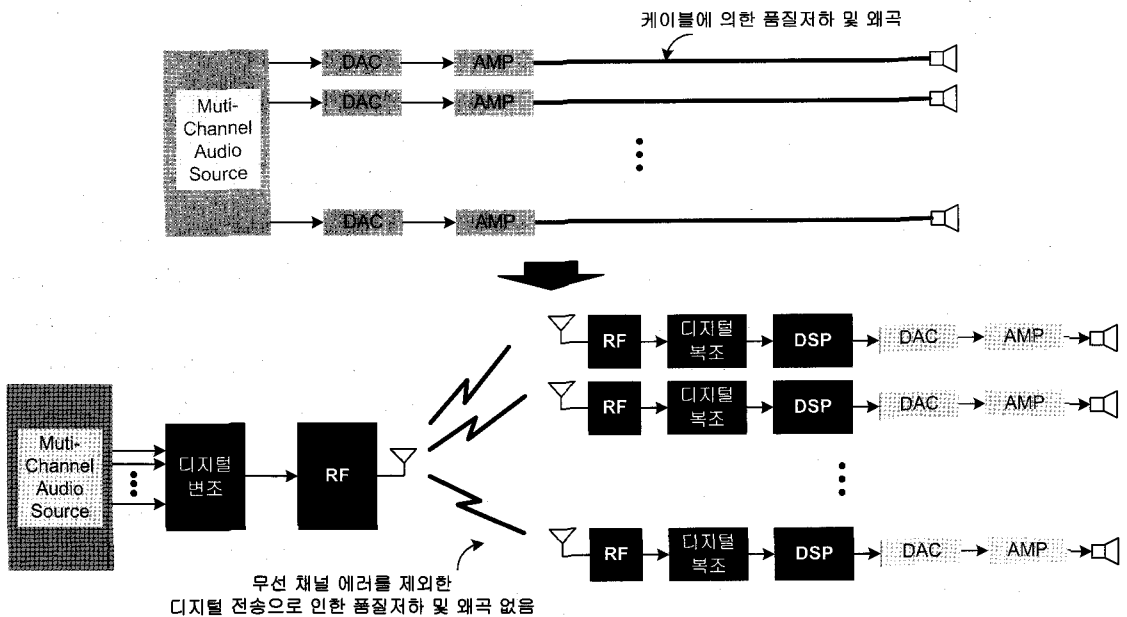
II. 다채널 오디오 무선 전송 시스템

1. 시스템 기본 구성

<그림 1>에 나타난 바와 같이 CD 플레이어 등의 디지털 오디오 소스 재생기가 재생한 PCM (Pulse Coded Modulation) 포맷의 다채널 오디오 데이터는 스피커에서의 사운드 출력을 위해 각 오디오 채널에 해당하는 DAC(Digital-to-Analog Converter)를 통해 아날로그 신호로 변환되고 각각의 오디오용 앰프에 의해 증폭되어 해당 채널에 할당된 스피커로 전달되는

데, 이 과정에서 필수적으로 요구되는 것이 바로 앰프와 스피커 사이의 연결이다. 앰프와 스피커의 연결을 위해 현재 대부분 저렴한 구리선을 스피커 케이블로 사용하고 있는데 구리선의 고유 특성상 길이 증가에 따라 신호 감쇄가 증가하고, 고주파 영역에서 신호 감쇄가 크게 발생하며, 다수의 스피커를 위한 스피커 배선이 복잡해지는 등의 단점이 있어 고품질 다채널 오디오 시스템으로 사용하기에 문제가 있다.

이와 같은 문제는 기존의 스피커 케이블 연결 방식을 대체할 앰프와 스피커를 무선으로 연결하여 해결할 수 있다. 이 기술에서는 디지털 오디오 소스 재생기에서 재생한 다채널 PCM 데이터를 디지털 변조하여 RF단을 통해 무선채널로 전송하며, 무선 스피커가 자신의 신호를 모뎀을 통해 복조한 후 PCM 데이터를 추출하여 DAC를 거쳐 앰프를 통해 재생하게 된다. 이러한 스피커



<그림 1> 유/무선 오디오 전송 시스템 비교

케이블의 무선화는 유선 스피커 케이블 사용에 따른 신호 전달 왜곡을 극복할 수 있고, 홈시어터 등의 다채널 시스템이 설치되어야 하는 넓은 공간상에서의 스피커 케이블 배선 문제 등을 해결할 수 있는 획기적인 기술이라 할 수 있다.

기술 개발 초기에는 주로 홈시어터 시스템의 소스 재생기로부터 거리가 먼 2채널 후방 스피커를 무선화 하기 위한 기술이 주로 개발되었으나, 현재는 5.1채널이나 7.1채널 등의 전체 오디오 채널을 무선화 하는 기술 개발과 AV 데이터를 모두 무선화 하는 기술 개발, 또는 무선 헤드폰 기술 개발이 주류를 이루고 있다^[1-4]. 이와 같은 오디오 스피커 케이블의 무선화를 가능하게 한 것은 무선 전송, 특히 수십 Mbps에 달하는 전송 속도를 제공할 수 있는 다양한 광대역 무선 전송 규격의 개발과 함께 무선 전송채널 환경에서 발생할 수 있는 다양한 왜곡에 대처할 수 있는 핵심 요소 기술들의 발달에 의한 결과라고 볼 수 있다.

다채널 오디오 무선 인터페이스 환경은 하나의 무선 오디오 송신기와 다수의 무선 오디오 수신 스피커로 구성되며, 다수의 스피커는 임의의 공간에 배치된다. 일반적으로 다채널 무선 오디오 시스템에 사용되는 환경은 거실 크기의 폐쇄적인 공간이며, 보다 넓은 강당 크기의 환경에서도 사용될 수 있다. 오디오 데이터의 특성상 실시간 전송이 가능하여야 하며 청자에게 고품질의 서

비스를 제공하기 위해 QoS(Quality of Service)가 보장되어야 한다. 오디오 데이터는 저장 매체의 용량 한계를 극복하기 위해 Dolby, DTS 등의 압축 코덱을 사용하여 압축 저장하며, 재생 기기는 압축된 데이터를 복호하여 PCM 데이터로 변환한 후 스피커를 통해 사운드를 재생한다. 그러나 압축된 데이터의 무선 전송시 오류가 발생하게 되면 복호가 불가능 하게 되며, 복호의 실패는 압축된 전체 오디오 데이터의 유실을 초래하게 된다. 따라서, 오디오 데이터를 오류 발생 확률이 있는 무선 채널을 통해 전송하기 위해서는 압축되지 않은 PCM 포맷으로 전송하는 것이 바람직하다.

2. 전송 데이터 요구사항

다채널 오디오의 비압축 데이터를 무선으로 전송하기 위한 전송률은 오디오 소스의 품질에 따라 결정되며, <표 1>에 표본화 주파수와 양자화 비트 수 및 채널 수에 따른 최소 전송률을 나타내었다. 현재 가장 널리 사용되는 CD 오디오의 경우에는 스테레오(2채널) 스피커를 사용하며, 44.1kHz 표본화 주파수와 16비트 양자화를 수행하므로 필요한 데이터 전송률은 1.411Mbps가 된다. DVD-audio는 스테레오인 경우 192KHz/24비트, 5.1채널인 경우 96KHz/24비

<표 1> 오디오 품질 및 채널 수에 따른 전송률

샘플링 주파수	2채널(Mbps)			5.1채널(Mbps)			7.1채널(Mbps)		
	16bits	20bits	24bits	16bits	20bits	24bits	16bits	20bits	24bits
44,1kHz	1,411	1,764	2,117	4,234	5,292	6,350	5,645	7,056	8,467
96kHz	3,072	3,840	4,608	9,216	11,520	13,824	12,288	15,360	18,432
192kHz	6,144	7,680	9,216	18,432	23,040	27,648	24,576	30,720	36,864

트의 품질을 사용하며, 이때 필요한 데이터 전송률은 <표 1>에서 알 수 있듯이 각각 9.216 Mbps와 13.824Mbps가 된다. 그러나 이와 같은 전송속도는 오디오 데이터만을 전송할 때의 전송속도를 나타내며, 무선 모뎀을 통해 데이터를 전송하게 되면, 무선통신에 필요한 MAC(Medium Access Control) 및 Link layer의 정보 등이 포함되므로, 물리계층에서 필요한 전송률은 이에 비해 충분히 높아야 한다. 이러한 요구 조건을 만족시킬 수 있는 무선 통신 기술들에 대한 다양한 연구/개발은 이미 데이터 통신 분야에서 활발히 진행되고 있으며, 다음 절에서 무선 오디오 전송에 적용할 수 있는 대표적인 무선통신 기술에 대해 살펴보도록 한다.

III. 오디오 전송용 무선통신 기술 동향

오디오 데이터 스트림을 무선으로 전송하기 위해서는 다양한 통신 기술에 대한 검토가 필요하며, 본 절에서는 현재 무선 오디오 전송 기술에 활용되고 있는 Bluetooth, 무선랜(Wireless Wide Area Network; WLAN), Binary CDMA (Code Division Multiple Access), UWB (Ultra Wide Band), WirelessHD 등에 대하여 설명한다.

1. Bluetooth

Bluetooth는 근거리 무선 네트워크(Wireless Personal Area Network; WPAN)의 일종으로 비허가 대역인 2.4GHz 대역의 ISM(Industrial Science Medical) 대의 전파를 사용하여, 10~100m 범위내의 기기들 간 데이터 통신에 이용된다^[1]. Bluetooth 규격은 휴대폰 등 모바일

기기에서 유선의 불편함을 줄이기 위해 IEEE802.11 규격을 개량한 것으로 시작되어, 1999년에 1.0 사양이 발표된 후 점차 개정되어 왔다. 주파수 호핑(Frequency Hopping) 방식을 채택하여, 79채널로 분할한 2.4GHz~2.48GHz 대역을 초당 1,600회의 채널 변환을 통해 통신한다. 이 방식은 잡음에 강한 반면, ISM 대역을 사용함으로써 같은 대역을 사용하는 무선랜 등과의 간섭이 발생하는 문제점이 있어, 2003년 무선랜과의 간섭 문제를 해결한 1.2 버전이 발표되었다. 또한 낮은 전송률을 향상시키기 위해 2004년 EDR(Enhanced Data Rate) 기능을 추가한 2.0 버전이 발표되어, 최대 3Mbps의 전송속도를 제공하게 되었다.

초기의 Bluetooth 칩셋은 RF 트랜시버 IC와 베이스밴드 IC, 메모리 등 다수의 칩을 사용하여 가격이 높고, 전력 소모도 높은 편이었다. 그러나 영국의 CSR 사가 CMOS를 이용한 원칩화에 성공하면서 제품의 경량화, 축소화, 저전력, 저비용에 성공하면서 휴대전화 및 모듈 등에서의 사용이 확대되었으며, 무선 헤드셋 및 무선 마우스 등의 보급이 증가하게 되었다^[5]. 그러나 저전력, 저비용 등에도 불구하고 무선 헤드셋 이외의 분야에서는 활용이 크게 증가하고 있지 않으며, 무선 오디오 분야에서도 낮은 전송률로 인한 고품질 오디오의 전송에 적합하지 않아 홈시어터 시스템 등 대용량 오디오 전송이 필요한 시스템에 적용하는데 어려움이 있다. 이와 같은 저속의 전송속도 문제를 해결하기 위해 최근에는 기존 무선랜 규격의 MAC 및 물리계층을 이용하여 최대 24Mbps의 데이터 전송속도를 제공할 수 있는 Bluetooth 3.0의 사양을 발표하였다. 현재는 IEEE802.11 규격만 포함되어 있으나, 추후 UWB 무선 규격 등도 체

용할 예정이다.

2. 무선랜

블루투스 및 마찬가지로 ISM 대역을 사용하는 시스템 중 고속의 전송속도를 갖는 대표적인 통신방식으로 무선랜이 있다. 인터넷의 무선화를 목적으로 개발된 무선랜에 관한 최초의 표준화 규격은 1997년 발표된 IEEE802.11 규격이며, 이 규격은 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum), FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum), IR(Infra-Red)의 세 가지 방식을 이용하여 100m의 전송거리에서 1Mbps 또는 2Mbps의 전송속도를 갖는다. 이후 1999년 802.11a(54Mbps)와 802.11b(11Mbps)의 표준화 작업이 이루어지게 되었으며, 이어서 2003년에는 802.11g(54Mbps)가 표준화 되었다. 이러한 고속의 전송속도와 제품의 저가격화로 무선랜의 사용이 급속히 확산되었으며, 대다수 노트북 PC, PDA, 일부 최신 스마트폰 등의 휴대기기에서 무선랜 기능을 내장하고 있다.

이러한 확산을 바탕으로 PC등의 정보기기 뿐만 아니라 정보가전 분야로의 확장을 준비하고 있으며, TV, DVD, 게임기 등에 무선랜을 탑재하여 대용량 멀티미디어 데이터 전송에 활용하기 위한 움직임이 활발해 지고 있다. 무선랜은 데이터 전송을 목적으로 개발된 것이기 때문에 오디오와 같은 멀티미디어 데이터 전송에 필요한 QoS 보장에 어려움이 있으며, 대용량의 멀티미디어 데이터를 전송하기 위해서는 보다 높은 전송속도가 요구된다.

이러한 요구들은 반영하기 위해 기존 무선랜에 MIMO(Multi Input Multi Output) 기술을 접목한 IEEE 802.11n 기술이 개발되면서 사용자

환경에 가까운 MAC-SAP(Medium Access Control-Service Access Point) 레벨에서 100Mbps 이상의 실효 전송속도의 구현이 가능해지고 있어, 고품질 오디오의 무선 전송 기술의 하나로 주목받고 있다.

또한, 최근에 HD 비디오 무선 표준 단체인 WHDI에서 5GHz 대역에서 40MHz 대역폭을 이용하여 30m 거리내에서 Full HD 영상을 전송할 수 있는 WHDI(Wireless Home Digital Interface) 1.0 규격을 발표하였다^[6]. 이 규격은 IEEE 802.11n과 유사한 형태인 다중안테나와 직교주파수분할다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM) 변조 방식을 이용하였으며, 최대 3Gbps의 전송속도를 제공할 수 있다. WHDI 컨소시엄은 AMIMON, 히타치, LG전자, 모토로라, 삼성전자, 샤프, 소니 등 디지털 가전업체들이 후원하고 있어 향후 무선 멀티미디어 전송에 적용될 가능성이 높은 편이다.

3. Binary CDMA

코드분할다중접속(CDMA)을 이용한 대표적인 고속 데이터 전송기술은 확산이득을 변화시키는 VSG-CDMA(Variable Spreading Gain-CDMA) 시스템과 다중 확산코드를 사용하는 MC-CDMA(Multi Code-CDMA) 시스템이 있다. MC-CDMA 기술은 확산 이득의 변화가 없고 대역폭의 증가가 없다는 장점이 있으나, 복잡한 구조, 높은 전력 소모 등의 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 CDMA와 시분할다중접속(Time-Division Multiple Access; TDMA)의 장점만을 채택한 기술인 Binary CDMA(B-CDMA) 기술이 개발되었다.

B-CDMA 기술은 MC-CDMA 파형을 이진 형태로 생성하여 기존의 TDMA 시스템을 MC-CDMA용으로 사용한 것으로, 파형 형태가 이진화 되므로 TDMA의 신호파형과 같아지게 되어 신호처리 과정이 단순해지며, 신호의 선형성이 요구되지 않아 전체적인 구조가 간단해지는 장점이 있다.

현재 B-CDMA는 전송속도를 증시하는 기술과, 저전력을 증시하는 기술의 두 가지 형태로 개발되고 있다. 저전력을 증시하는 기술인 'Retaw'는 현재 무선 마이크 형태의 제품 개발이 주를 이루고 있으며, 이후에는 유비쿼터스 공간간의 원거리 전송기술에 적용하는 표준도 개발할 예정이다.

전송속도를 증시하는 KOINONIA 기술은 고성능의 HDTV로부터 휴대용 단말에 이르기까지 다양한 전송속도를 요구하는 기기들을 연결하는 Hierarchical Network의 개념을 지원한다. KOINONIA 네트워크에 접속한 기기들은 자신의 전송용량에 따라 서로 다른 대역폭을 할당받아 서비스를 제공하여, 서로 다른 전송속도를 갖는 기기들 간의 연결이 가능하도록 하였으며, 각 데이터의 우선순위에 따라 네트워크를 스케줄링하여 QoS 보장이 가능하도록 하였다. KOINONIA 기술의 초기에는 B-CDMA만을 이용하였으나 3.0 버전에서는 QAM 계열의 통신방식을 추가로 적용하여 전송속도를 향상시켰으며, 이를 통해 대용량 멀티미디어 전송이 가능해짐에 따라 실시간 동영상 전송 시스템 등의 개발이 진행되고 있다.

4. UWB

UWB는 3.1GHz부터 10.6GHz에 이르는 넓

은 주파수 대역을 사용하는 통신 시스템을 가리키며, 기존의 무선 통신 시스템에 영향을 주지 않을 정도의 낮은 출력 사용하여 고속의 전송 속도를 내는 시스템을 말한다. UWB의 구현은 스펙트럼 마스크의 제약을 따르게 되면 어떠한 기술을 사용하여 구현하여도 상관없다. 기존에 사용되는 시스템의 잡음정도의 출력으로 동작하여 다른 시스템과 공존이 가능한 장점이 있으나, 너무 낮은 송신출력으로 인해 시스템의 동작 반경이 10m 이내로 제한되어 근거리에서만 사용이 가능한 단점이 있다^[8].

초기에 제안된 UWB 방식은 순간적으로 매우 짧은 임펄스 신호를 송신한 후, 수신단에서 수신된 임펄스의 위치에 따라 데이터를 구분하는 Impulse Radio 방식이었으나, 현재는 CDMA, OFDM 등의 여러 가지 변형된 형태의 UWB 방식이 제안되어 있다. 현재의 주요 UWB 기술은 넓은 대역폭을 갖는 싱글밴드 방식과 OFDM의 반송파 단위로 이용 주파수를 정하는 OFDM 방식, 전체 대역을 다수개의 대역으로 분할하여 사용하는 다중대역(Multi Band) 방식이 있다. 현재 가장 활발하게 개발되고 있는 방식은 MB-OFDM 기술이며, UWB 기술 표준을 주도한 WiMedia Alliance에서 주로 PC 중심의 무선 USB 기기에 초점을 두고 개발을 시작하였다^[9].

최근에는 대용량 멀티미디어 데이터의 무선 전송에 대한 요구가 증가하면서 UWB를 이용한 동영상 전송 시스템에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, WiMedia Alliance에서는 PC 뿐 아니라 HDTV 등 디지털 가전기기에서도 대용량 멀티미디어 데이터의 실시간 무선전송을 목표로 1Gbps급의 차세대 UWB 표준 기술을 개발하고 있다.

5. WirelessHD

WirelessHD는 이미 가정용 AV 기기에서 널리 사용되고 있는 HDMI(High Definition Multimedia Interface) 인터페이스를 무선화 하는 것을 목표로 삼성, LG, Panasonic, NEC, Sony, Toshiba 등이 설립한 단체로 표준 규격 1.0이 확정된 후 첫 양산 칩셋이 나왔으며, 미국의 CES 등에서는 이 칩셋을 활용한 솔루션들이 출시되고 있다.^[10] 이 규격은 국제적으로 비면허 대역인 60GHz 대역을 이용하여 최대 4Gbps의 무선 데이터 통신이 가능한 규격으로 Full HD급 영상을 비압축 상태로 약 10m 정도 전송할 수 있는 규격이다.

60GHz 대역의 밀리미터파는 5GHz에 달하는 초광대역을 사용함으로써 전송률을 크게 향상시켰으며, 전파의 직진성이 강해 다른 기기와의 간섭을 최소화 할 수 있다. 또한, 보안성이 뛰어나고 주파수 재사용이 용이한 장점을 가지고 있다. 그러나 전파의 직진성으로 인해 사람이나 구조물 등에 의해 LOS(Line of Sight)의 확보가 불가능한 경우 통신이 차단되는 단점이 있으며, 이

와 같은 문제점을 해결하기 위해 스마트 안테나 기술을 이용한 안테나 지향성 전환 기술 등을 적극 도입함으로써 고품질의 동영상을 안정적으로 전송할 수 있도록 하였다.

이 기술은 대용량 멀티미디어의 전송을 목적으로 개발된 기술이므로 다른 데이터 통신용 기술들에 비해 동영상 전송에 최적화 되어 있으며, GaSa 등 기존의 칩 제작 기술에 비해 상대적으로 저렴한 CMOS 기술로 밀리미터파 통신에 필요한 트랜시버 IC를 구현하려는 움직임이 점점 증가하고 있어 고품질 멀티미디어 데이터 전송에 유력한 방식으로 주목받고 있다.

IV. 다채널 오디오 무선 전송 핵심기술

전 장에서는 다양한 무선 오디오 전송 기술들에 대해 살펴보았다. 고품질의 다채널 오디오 전송을 위해서는 고속의 전송속도를 지원해야 하며, 다양한 무선통신 기기들이 존재하는 상황에서 타 기기와의 간섭에 강해야 한다. <표 2>는

<표 2> 다채널 오디오 무선 전송을 위한 통신 기술 특징

	Bluetooth	IEEE802.11g	B-CDMA	UWB	WirelessHD
주파수대역	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	3.1~10.6 GHz	60 GHz
변조방식	FHSS	OFDM/DSSS	FH/DS Hybrid	MB-OFDM	SC/OFDM
최대 전송속도	3 Mbps	54 Mbps	16 Mbps	480 Mbps	4 Gbps
주요 응용분야	WPAN	WLAN	WPAN	WPAN	무선 A/V
간섭회피	강함	약함	강함	강함	강함
오디오 전송시 문제점	낮은 전송속도	QoS 보장 어려움	비표준화 기술	짧은 전송거리	과도한 전송속도

각 후보 기술에 대한 특징 및 장단점을 요약하여 보여준다.

Bluetooth의 경우 저속의 전송속도로 인한 고품질 다채널 오디오의 전송에 어려움이 있으며, 차세대 무선랜인 IEEE 802.11n, UWB 및 WirelessHD 기술은 주로 고화질의 영상 전송을 위해 응용되고 있어 오디오 데이터만을 전송하는 시스템으로 사용하기에는 적합하지 않다.

따라서, 현재 고품질 다채널 오디오의 무선 전송에 가장 적합한 기술로 IEEE 802.11a/g 규격의 무선랜을 들 수 있다. 최대 54Mbps를 지원할 수 있는 이 규격은 현재 가장 널리 사용되고 있는 CD 및 DVD-Audio의 다채널 오디오를 무선으로 전송하기에 충분한 전송속도를 가지고 있다. 그러나 인터넷 등을 통한 데이터 전송용 규격이므로 데이터 전송시 발생하는 오류율이 높은 편이며, 오류 발생시 데이터 재전송을 통해 복원하므로 전송 지연이 발생하여 실시간 오디오 전송에 적합하지 않다. 따라서 다채널 오디오의 무선 전송을 위해서는 기존 무선랜 규격에 오디오 전송에 필요한 기술을 보완하여 개발하여야 하며, 이때 필요한 요소 기술들은 다음과 같다.

1. 오류정정부호

기존 무선랜에는 오류정정부호(Forward Error Correction; FEC)로 Convolutional Code(CC)를 사용하고 있으며, 전송 속도에 따라 1/2, 2/3, 3/4 등의 전송률을 사용한다. 이러한 CC는 오디오 전송에 필요한 오류율을 만족시키기 어려우며, 이를 보완하기 위해 오류 정정 능력이 우수한 Concatenated 코드, 터보코드, LDPC(Low Density Parity Check) 코드 등을 추가

또는 변경하여 사용하여야 한다. 성능이 우수한 FEC의 사용은 무선 채널 환경에서 발생하는 오류 확률을 낮출 수 있으며, 오류로 인한 데이터 재전송 및 수신단에서의 ACK(Acknowledge) 전송 등이 필요 없게 되어 오디오 신호의 지연을 방지할 수 있다.

가장 간단하게 사용할 수 있는 FEC로는 CC와 Reed-Solomon(RS) 코드를 결합한 Concatenated 코드가 있다. 무선랜 채널 환경에서 CC와 RS-CC concatenated 코드의 성능을 비교해 보면 E_b/N_0 가 높아질수록 RS-CC의 비트오류율 성능이 향상되나 낮은 E_b/N_0 환경에서는 성능 차이가 거의 없다. 낮은 E_b/N_0 에서의 성능 저하는 더 높은 부호율의 CC나 RS 코드의 사용으로 향상시킬 수 있으나, 높은 부호율의 사용은 데이터 전송 효율의 감소를 초래하게 되는 단점이 있다. 부호율을 높이지 않고 성능을 개선할 수 있는 기법으로 터보코드 및 LDPC 등을 사용할 수 있으며, 터보코드는 iterative 복호화로 인한 복잡도 및 시간 지연이 발생할 수 있고, LDPC는 수신단의 복호기가 간단해 지는 장점이 있으나 긴 시간 동안의 데이터를 저장하고 있어야 하므로 큰 메모리의 사용과 긴 지연시간 등의 단점이 있다^[11].

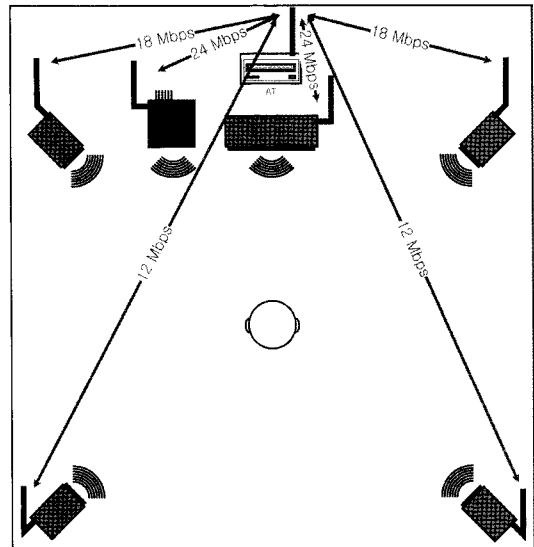
위에서 언급한 바와 같이 FEC 기법들은 각각의 장/단점이 있으므로 시스템의 요구 조건 및 채널 환경 등을 고려하여 최적의 FEC 기법을 선택하여야 한다. 또한, 오류 정정 능력이 우수한 코드의 사용에도 불구하고 무선 채널에서는 데이터의 오류 및 유실 등이 발생할 수 있으며, 이와 같은 데이터는 오디오 신호처리를 통해 해결하여야 한다. 짧은 시간에 해당하는 오디오 데이터의 에러는 이전 신호와 다음신호를 보간하는 기법을 사용할 수 있으며, 긴 시간 동안의 데이터

유실은 정상적인 신호가 수신될 때까지 재생을 차단하는 기법을 사용할 수 있다. 이러한 기법은 CD 및 DVD 등에서 주로 사용되는 기법으로 가장 효과적인 오디오 신호처리 기법 중의 하나이다.

2. Transmit Power & Rate Control (TPRC)

다채널 오디오 시스템에서는 서로 다른 스피커의 위치로 인해, 무선으로 전송되는 전파가 겪는 채널 환경이 다르게 된다. 이와 같은 환경에서 유선 오디오 시스템과 동일하게 모든 스피커에 동일한 전력 및 전송속도를 할당하여 전송할 경우, 가장 환경이 열악한 스피커에 의해 모든 스피커에 할당되는 전력과 전송속도가 결정된다. 이는 전체 시스템의 효율을 감소시키는 결과를 초래하며, 이러한 효율 저하는 전체 시스템의 전송 용량을 증가시켜 필요 이상의 고속 전송 모뎀을 필요로 하게 된다.

전송 효율 감소를 방지하기 위해서는 각 스피커의 채널 환경에 적합한 전송 전력 및 속도를 할당하여야 하며, <그림 2>는 무선랜 기반의 다채널 오디오 무선 전송 시스템의 전송속도 할당의 예를 나타낸다. DVD-audio의 5.1 채널을 예로 사용하였으며, 사운드 품질은 96KHz/24비트이다. 거리가 가장 먼 두 개의 후면 스피커에는 가장 열악한 채널 환경을 가정하여 12Mbps의 전송속도를 할당하였으며, 전방 좌우 스피커에 18Mbps, 상대적으로 가까운 센터 스피커와 서브우퍼에 24Mbps를 할당하였다. 그림에서 나타낸 예는 단순히 거리에 비례하여 채널환경이 열악할 것으로 가정하여 전송속도를 할당하였으나,



<그림 2> 스피커별 전송속도 할당

실제 시스템에서는 각 스피커의 채널 환경을 측정하여 그에 적합한 전송 속도 및 전력을 할당하여야 한다.

3. 안테나 다이버시티

각각의 무선 스피커로 전송되는 전파는 사람이나 구조물 및 송신기와의 거리 등에 의해 결정되는 채널을 통과하게 되며, 이와 같이 다양한 요소에 의해 열악한 채널환경을 갖는 무선 채널이 발생할 수 있다. 열악한 채널 환경은 신호의 감도를 감소시켜 수신되는 오디오 데이터에 발생하는 오류 확률을 높하게 될 뿐 아니라 심할 경우 신호의 유실을 초래할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 다이버시티 기법을 사용할 수 있으며, 데이터 전송률을 감소시키지 않고 사용할 수 있는 다이버시티 기법으로 안테나 다이버시티(Antenna Diversity) 기법이 있다.

안테나 다이버시티 기법은 송/수신단에 다중

안테나를 사용함으로써 독립적인 페이딩 채널을 다수개 형성하여 다이버시티 이득과 코딩 이득을 얻을 수 있는 송신 다이버시티 기법과, 송신 안테나마다 다른 신호를 전송하여 전송속도를 향상시키는 MIMO 기법, 어레이 안테나(array antenna)를 사용하여 전파의 방향을 선택할 수 있는 빔포밍(beam-forming) 기법 등이 있다 [12~13].

다채널 오디오 무선 전송 시스템에서는 스피커의 수신 특성 및 오류율의 감소를 위해 안테나 다이버시티 기법을 사용할 수 있으며, 이때 가장 간단하게 사용할 수 있는 방식이 송신 다이버시티 기법이다. 대표적인 송신 다이버시티 기법은 스위칭 다이버시티, STBC(Space Time Block Code), STTC(Space Time Trellis Code) 등이 있으며, 주로 사용되는 기법으로는 간단한 구조를 갖는 STBC 및 스위칭 다이버시티 기법 등이 있다. 스위칭 다이버시티 기법은 다수개의 안테나를 가진 수신단이 각 안테나로 수신되는 신호의 전력을 측정하여 이득이 가장 우수한 안테나를 선택하여 수신하는 방법이며, 다수개의 안테나와 전력측정부 및 스위치만으로 구성되어 간단하게 구현될 수 있는 장점이 있다. 그러나 하나의 안테나만을 이용하여 신호를 수신하므로 다른 안테나로 수신되는 신호를 이용할 수 없어 효율이 떨어지게 된다.

STBC는 다수개의 송/수신 안테나를 통해 수신되는 신호들을 결합하여 최대 이득을 얻을 수 있는 방법이며, 간단한 연산을 통해 구현될 수 있고 높은 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 장점이 있다. 다양한 형태의 안테나 다이버시티 기법이 다채널 오디오 무선 전송 시스템에 사용될 수 있으나, 안테나 및 그에 따른 RF 부품 및 처리부 등의 구조가 추가되어 제품의 가격이 높아지게

되므로 시스템의 특성 및 요구사항에 적합한 다이버시티 기법을 활용하여야 한다.

4. 간섭회피 기술

ISM 대역을 사용하는 무선랜은 2.4GHz 대역을 다수개의 채널로 분할하여 하나의 채널만을 이용하여 통신한다. 무선 오디오 신호의 전송도 중 다른 무선 기기와의 간섭이 발생할 경우에는 다른 채널의 사용 환경을 검색하여 채널변경을 통한 간섭 회피를 수행할 수 있다. 그러나 2.4GHz의 ISM 대역은 비허가 대역으로 누구나 사용이 가능하고, 현재 다양한 종류의 무선 통신 기기가 사용 중에 있어 채널 변경을 통한 간섭 회피에는 한계가 있다. 따라서 상대적으로 간섭이 적은 5GHz 대역의 사용이나, 빔포밍 등의 기술을 이용하여 간섭을 회피하려는 연구가 진행되고 있으며, 이러한 기술 이외에도 다양한 상황에서의 간섭을 회피하기 위한 많은 연구 개발이 필요하다.

5. 스피커간 동기화 기법

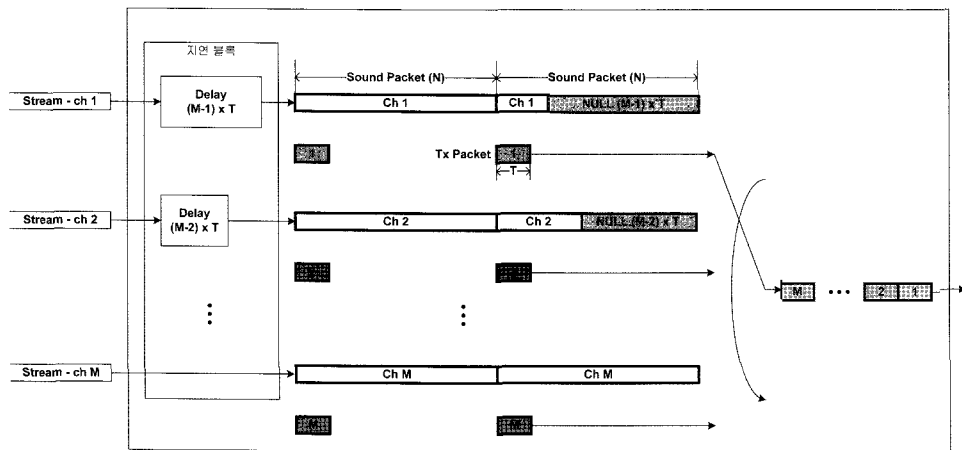
무선랜은 다중접속방식으로 TDMA를 사용하고 있으며, TDMA는 각 스피커마다 지정된 시간 슬롯에 각각의 오디오 데이터를 전송하는 방식이다. 오디오 데이터가 시간상으로 나열되어 전송되므로 각 스피커에서 수신되는 데이터의 수신시점이 서로 다르게 되어, 각 스피커간의 재생시점을 동일하게 하기 위한 동기화 기술이 필요하다.

대표적인 동기화 기술로는 MPEG 등에서 사용되고 있는 Time stamp를 이용한 방식이 있다 [14]. 이 방식은 현재시간 정보를 주기적으로 수

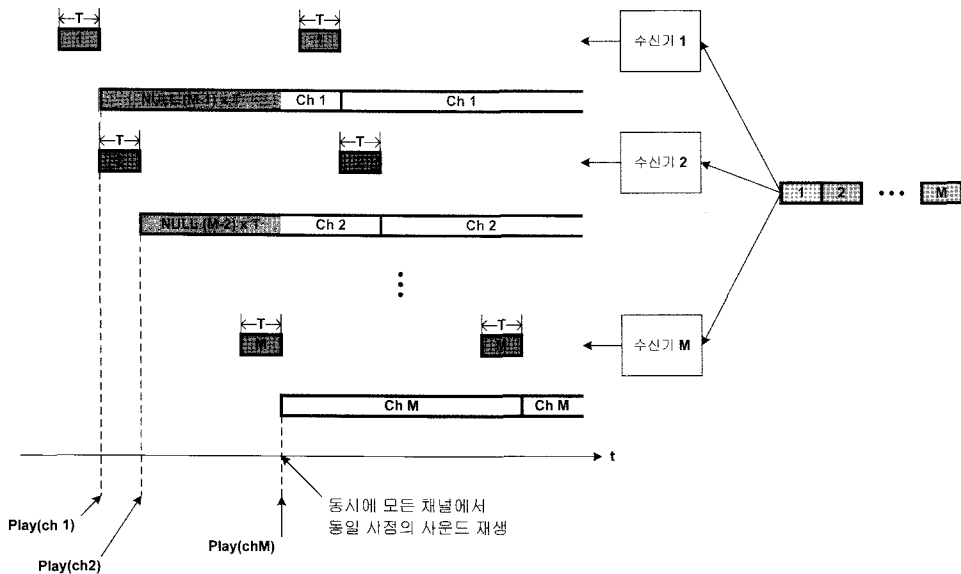
신단에 전송하여 모든 스피커의 시간을 동일하게 설정한 후, 각 오디오 데이터에 재생시간 정보를 포함하여 전송하는 방식으로 각 무선 스피커에서는 설정된 현재시간을 기준으로, 수신된 오디오 데이터에 포함되어 있는 재생시간 정보를 이용하여 모든 스피커에서 동일 시점에 오디오를 재생하는 방식이다. 이와 같은 방식은 오디오

데이터에 현재시간 정보 및 재생시간 정보 등 부가적인 데이터를 포함시켜야 하고, 수신단에서 이러한 정보들을 이용한 동기화 과정을 수행하여야 하므로 수신단의 복잡도가 증가하는 단점이 있다.

또 다른 동기화 기술로는 <그림 3>에 나타난 바와 같이 송신단 사전보상 기법이 있다. 송신단



(a) 송신단



(b) 수신단

<그림 3> 스피커간 동기를 위한 사전보상 기법

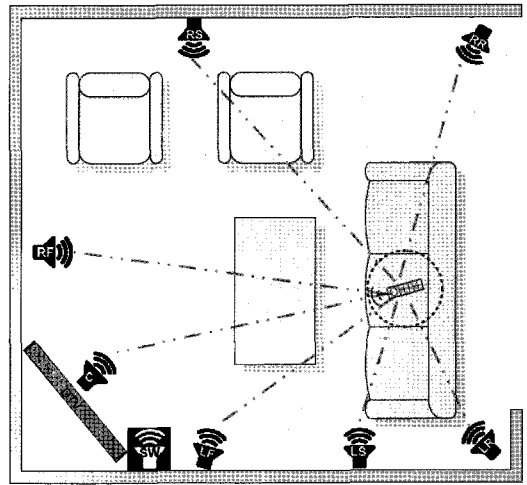
에서 각 스피커별 지연시간을 계산하여 오디오 데이터를 사전에 지연시켜 전송하는 방식으로 수신단에서 추가적인 동작 없이 동기화가 가능하며, 무선 스피커의 전력 소모를 줄일 수 있는 장점이 있다.

V. 무선 오디오 전송 시스템 개발동향

1. 무선 오디오 칩셋

대표적인 무선 오디오 전송용 칩셋 개발 업체인 미국의 Focus Enhancement사는 2008년 홈시어터 등 고급형 오디오 기기의 유선 오디오 케이블을 대체하기 위한 무선 오디오 전송 기술을 개발하였다^[2]. 이 기술은 ISM 대역에서 발생하는 간섭을 회피하기 위해 5GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11a 전송 기술에 기반하였으며, HD급 오디오 신호를 비압축 상태에서 7.1채널로 전송할 수 있다. 또한, 이 칩에 사용된 스피커 파인더(SpeakerFinder) 위치 추적 기술은 설치되어 있는 스피커의 위치를 1cm 이내의 오차 내에서 자동 탐지하여 모든 스피커의 위치를 파악할 수 있으며, <그림 4>에 나타낸 바와 같이 한번의 리모콘 조작을 통해 사용자의 위치를 파악하여 최적의 음향효과를 조절할 수 있는 마이존(MyZone) 기술을 포함하고 있다.

CSR사에서는 Bluetooth V2.1+EDR 규격과 호환되는 헤드셋용 칩셋인 BC6130/BC6140/BC6150 제품을 출시하였다^[5]. 이들 제품은 원거리 및 근거리에서 오디오 성능을 향상시키는 5세대 CVC 음성처리 기술을 탑재하였다. CVC 5.0은 무선 오디오 신호의 견고성을 높이고, 간섭에 저하 및 울림제거 기능을 하는 기술로 음성



<그림 4> MyZone 기술 개요

송/수신 경로 알고리즘을 기반으로 음성전송이 열악한 환경에서도 높은 음질을 제공한다.

Broadcom은 위치기반서비스(LBS) 지원에 고집적 GPS, Bluetooth, FM 라디오 솔루션 등 고급 멀티미디어 기능을 함께 제공하는 단일칩인 BCM2075를 출시하였다^[15]. 이 콤보 칩은 다양한 기능을 칩 하나에 내장함으로써 다른 기능이 필요한 기기에서의 전력소비를 감소시킬 수 있으며, 헤드셋 등에 적용하여 FM 라디오 수신 등 다양하게 적용될 수 있다. 또한, Philips, ST Micro사 등 몇몇 업체에서도 스테레오 오디오 칩을 출시하고 있으나 CSR이나 Broadcom에 비해 점유율이 낮다.

삼성전자는 휴대폰, PC, TV, 디지털 카메라 등의 소비가전에서 사진, 동영상 등 고화질 콘텐츠를 무선으로 전송하는 무선 USB 칩을 개발하였다. UWB에 기반한 이 칩은 120Mbps의 데이터 전송속도를 보이고 있으며, 이는 기존 UWB 제품의 전송속도인 평균 50Mbps 보다 월등히 높은 속도이다. 저전력으로 설계되어 USB 단말 등과 같은 휴대용 기기에 적합하며, 128 비트

AES 암호화 알고리즘을 탑재하였다.

SIBeam 시는 60GHz 대역용 RF 트랜시버 IC를 CMOS로 설계하였으며, 1세대 고성능 WirelessHD 칩셋에 이어 RF IC와 네트워크 프로세서가 내장된 2세대 칩셋을 출시함으로써 고품질의 Full HD 영상을 전송할 수 있는 기술을 보유하고 있다^[16].

2. 무선 홈시어터 시스템

홈시어터 시장이 활성화 되면서 국내외 홈시어터 생산업체가 빠른 속도로 증가하고 있다. 일본 홈시어터 제품은 소니, 파나소닉, 아마하, 테논 등에서 출시되고 있으며, 국내에서는 삼성, LG 등에서 출시되고 있다.

미국의 음향 전문 업체인 Neo-Sonik은 최대 200피트 반경까지 무선 전송이 가능한 100% 디지털 무선 홈시어터 시스템을 개발하였다^[4]. NS-100HT 홈시어터 프로세서는 5GHz의 ISM 대역에서 IEEE 802.11a 규격에 기반하여 최대 7.2채널을 지원하고 있으며, 압축된 Full HD 영상을 수신할 수 있는 모듈을 별도로 판매하고 있다. 무선랜 기반으로 구현되었으나 영상 및 음성 전송용으로 개발되어, 기존의 IEEE 802.11a와는 호환되지 않는 특징을 가지고 있다.

후면 스피커에 무선 통신 방식인 Bluetooth를 적용한 무선 홈시어터 제품은 LG가 업계 최초로 출시하였으며, 소비자들의 큰 불만이었던 스피커 연결에 필요한 유선의 복잡함을 해결하여 무선 홈시어터에 대한 관심을 증가시켰다. 전체 홈시어터 시장에서 무선 홈시어터가 차지하는 비중이 낮음에도 불구하고 무선 홈시어터 판매 비중이 점차 높아지고 있어 무선 홈시어터와 고급형 홈시어터 제품에 주력하고 있으며, 세계 최초로

Full HD 영상을 무압축으로 전송할 수 있는 TV를 판매중에 있다^[3].

삼성전자에서는 홈시어터 시장의 경쟁이 치열해지면서 음질 개선 및 무선 홈시어터 기술 개발에 박차를 가하고 있으며, 그 결과 출시된 universal DVD player와 AV 리시버 등을 결합한 일체형 무선 홈시어터가 유럽 최고 권위의 AV 가전상인 EISA 어워드 최고 제품상을 수상하였다.

일본의 파나소닉은 블루레이 디스크에 저장된 고화질 영상 및 비디오 카메라로 촬영한 동영상을 WirelessHD 규격을 이용하여 HDTV로 전송할 수 있는 기술을 선보였으며, 파워앰프를 장착한 Dual Unit Active 서브우퍼를 포함한 일체형 무선 홈시어터를 출시하였다. 또한 소니에서도 음원을 읽는 과정에서 소리를 내기 직전의 모든 과정을 디지털로 처리하는 디지털 앰프를 탑재하여 한 무선 홈시어터 시스템을 출시하였으며, RF 주파수 방식의 무선 기술인 S-AIR 무선 서라운드 후방 스피커에 무선 기술을 적용시킨 제품을 개발하였다^[17].

VI. 결론

본 고에서는 다채널 오디오 데이터 소스 재생기와 다수의 스피커 사이의 유선 케이블을 대체하여 무선으로 연결할 수 있게 하는 무선 다채널 오디오 전송 기술의 동향 및 핵심 요소기술에 대해 살펴보았다.

WirelessHD, WHDI 등의 Full HD 영상 전송을 위한 규격이 발표되고 있으나, 현재 다채널 오디오 무선 전송을 위한 모뎀 기술은 규격화 되지 않았다. 이와 같은 상황에서 몇몇 업체에서 자체 솔루션을 개발하여 제품을 출시하고 있으며,

주로 ISM 대역을 사용한 모뎀을 이용하므로 향후 다른 기기와의 간섭을 해결하는 기술 개발이 활발히 이루어져야 할 것으로 보인다. 또한, 송신기와 다수 스피커 간의 거리 차이에 따른 무선 신호 품질 차이를 극복할 수 있는 각 스피커별 적응변조 및 부호화 기술, 청취자 및 스피커의 위치 이동을 감지하여 스피커 셋팅을 변경시켜주는 자동 셋업 기술, 앰프 내장형 스피커를 위한 전원 공급 방법 등의 주요 기술들이 확보되어야 향후 무선 오디오 전송 시스템의 보급이 활발하게 이루어 질 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] 알앤디비즈, 블루투스 헤드셋 시장동향, EIC, 2007. 11.
- [2] <http://summitwireless.com>
- [3] <http://www.lge.co.kr>
- [4] <http://www.neosonik.com>
- [5] <http://www.csr.com>
- [6] <http://www.whdi.org>
- [7] 홍대기, 강성진, 조진용, “WPAN 구현을 위한 바이너리 CDMA 기술동향,” 주간 기술동향 통권 1310호 2007. 8.
- [8] 임남주, “근거리 무선통신에서의 무선혁명 UWB 기술동향,” EIC, 2009. 3.
- [9] ECMA-368 Standard, *High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard*, 2005. 12.
- [10] <http://www.wirelesshd.org>
- [11] Todd K. Moon, *Error Correction Coding-Mathematical Methods and Algorithms*, John Wiley & Sons, 2005.
- [12] V. Tarokh, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, “Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criteria and code construction,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, pp.744-764, 1998. 3.
- [13] A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, *Introduction to Space-Time Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2003.
- [14] ITU-T Recommendation H.222, *Information Technology-Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Systems*, 1995.
- [15] <http://www.broadcom.com>
- [16] <http://www.simeam.com>
- [17] <http://www.sony.com>

저자소개



위 정 욱

1999년 2월 중앙대학교 전기공학과 공학사
 2001년 2월 중앙대학교 전기공학과 공학석사
 2006년 9월 중앙대학교 전자전기공학부 박사
 2001년 1월~현재 전자부품연구원 모바일단말연구센터
 선임연구원

주관심 분야 : 디지털 신호처리, 차세대 무선 통신 시스템,
 디지털 방송 시스템

저자소개



전 원 기

1994년 2월 중앙대학교 전자공학과 공학사
 1996년 2월 중앙대학교 전자공학과 공학석사
 1999년 8월 중앙대학교 전자공학과 공학박사
 1999년 9월~2001년 7월 중앙대학교 전자공학과 BK21
 연구교수
 2001년 8월~현재 전자부품연구원 모바일단말연구센터
 책임연구원

주관심 분야 : 무선 오디오 전송, 광대역 무선 전송



조 용 수

1984년 2월 중앙대학교 전자공학과 공학사
 1987년 8월 연세대학교 전자공학과 공학석사
 1991년 5월 University of Texas at Austin 전기/컴퓨터
 공학과 공학박사
 1984년 1월~1984년 7월 금성전자
 2001년 9월~2001년 12월 전자통신연구원
 2003년 9월~2007년 12월 TTA 휴대인터넷(WiBro) 프
 로젝트 그룹 무선접속 실무반 의장
 1992년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수

주관심 분야 : 디지털 통신 시스템