

UWB 기반 다채널 오디오 무선 전송 시스템의 효율적인 스피커 릴레이 기법

위정욱 박경원 박용석 전원기
전자부품연구원
jwwee@keti.re.kr

Enhanced Speaker Relay Method for Wireless Multi-Channel Audio Transmission System based on Ultra Wideband

Wee, Jungwook Park, Kyungwon Park, Yongsuk Jeon, Wongi
Korea Electronics Technology Institute

요약

무선 사운드 스피커는 서로 다른 위치에 배치되어 송신기와의 채널 환경이 서로 다르게 되어 송신기와의 거리가 상대적으로 먼 후방 스피커의 경우 사람이나 구조물에 의해 채널 환경이 열악하게 되어 전방 스피커에 비해 데이터 오류 발생 확률이 높다. 본 논문은 Multi-band orthogonal frequency division multiplexing (MB-OFDM) 기반의 무선 오디오 전송 시스템에서 무선 채널 환경이 우수한 스피커에서 무선 채널 환경이 열악한 스피커로 데이터를 전달하는 스피커 릴레이 기법을 사용할 때, packet error ratio (PER) 성능을 향상시키며 전송 시간을 감소시킬 수 있는 효율적인 스피커 릴레이 기법을 제안한다.

1. 서론

20세기 들어 진행된 아날로그 신호의 디지털화로 인해 전형적인 아날로그 신호인 오디오 신호를 저장 및 가공이 가능한 디지털 신호로 변환, 처리함으로써 MP3 (mpeg-1 audio layer 3) 플레이어, AV 리시버 등의 다양한 오디오 관련 디지털 기기들이 개발되어 왔다. 최근에는 super audio CD (SACD), DVD-Audio에 이어 HD-Audio 포맷이 등장하면서 언제 어디서나 고품질의 다채널 실감 사운드 재생이 가능하게 되었다. 이와 같이 디지털 오디오 소스 재생기가 재생한 PCM (pulse coded modulation) 포맷의 다채널 오디오는 DAC (digital to analog converter)를 통해 아날로그 신호로 변환되고 각각의 오디오용 앰프에 의해 증폭되어 스피커로 전달된다. 이때 앰프와 스피커의 연결을 위해 대부분 저렴한 구리선을 사용하고 있는데 구리선의 특성상 길이 증가에 따라 신호 감쇄가 증가하고, 다수의 스피커를 위한 배선이 복잡해지는 등의 단점이 있어, 최근에는 무선 스피커에 대한 연구 개발이 활발히 진행중에 있다. 개발 초기에는 주로 스테레오 헤드셋, 후방 2채널 스피커를 무선화하기 위한 기술이 개발되었으나, 현재는 5.1채널 또는 7.1채널 등의 전체 오디오 채널을 무선화하는 기술이 개발되고 있다[1-4]. 현재 무선 오디오 전송에 활용되고 있는 기술들은 블루투스, WirelessHD, ultra wideband (UWB) 등이 있다. 이 중에서

UWB 기반의 multi band orthogonal frequency division multiplexing (MB-OFDM) 시스템은 10m 이내의 근거리에서 무선으로 수백 Mbps의 전송속도로 데이터를 전송할 수 있는 근거리 무선통신 기술로서 초기에는 무선 USB의 개발을 목적으로 개발되었으나, 현재는 고속의 영상 데이터를 전송하기 위한 기술의 하나로 주목받고 있으며, 다채널 고품질 오디오 전송을 위한 기술로 활용되고 있다[3-5]. 그러나 MB-OFDM 기술은 데이터 통신을 위해 개발된 기술로, 패킷 오류율 (packet error ratio; PER)이 높은 편이며, 오류 발생시 재전송을 통해 복원하도록 하고 있어 고품질 오디오 스트림의 실시간 전송 및 quality of service (QoS) 보장이 어려운 단점이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 기존 MB-OFDM 기술에 Reed-Solomon 부호화를 이용한 전송거리 향상 기술, 스피커 릴레이 기법 등이 제안되었다[6]. 스피커 릴레이 기법은 송신단과의 무선 채널 환경이 우수한 스피커에서 열악한 스피커로 데이터를 전송하는 기법으로 송신단과의 무선 채널 연결이 불안정한 스피커에 데이터를 전송하여 재전송에 비해 성능향상을 기대할 수 있으나, relay에 의한 전송효율 감소가 발생한다. 본 논문에서는 스피커 릴레이 기법을 사용할 경우, 기존 기법에 비해 PER 성능을 향상시키고 전송 효율을 증가시킬 수 있는 enhanced 스피커 릴레이 기법을 제안한다.

2. MB-OFDM 기반 무선 오디오 전송 모델 구조

다채널 오디오 무선 전송 시스템은 오디오 소스로부터 오디오 데이터를 각 무선 스피커로 분배하여 전송하는 송신기와 오디오 데이터를 수신하여 재생하는 무선 스피커로 구성된다. 송신기로부터 다채널 오디오 데이터를 다수의 무선 스피커로 분배하는 방식으로 time division multiple access (TDMA) 기법을 사용할 수 있으며, TDMA 기반의 다채널 무선 스피커 시스템은 각 스피커마다 지정된 시간 슬롯에 각각의 오디오 데이터를 전송하여 채널별 간섭을 회피하는 기술이다. 일반적인 다채널 사운드 시스템은 그림 1과 같이 주로 5.1채널이 사용되고 있으며, 청자의 전방 3개의 스피커와 후방 2개의 스피커 및 서브우퍼로 구성된다. 전방에 배치된 스피커는 청자 및 구조물에 의한 장애물이 거의 없고 거리가 가까워 안정적인 오디오 전송이 가능한 무선 채널 환경이 구성될 수 있으나, 후방 스피커의 경우, 청자 및 구조물과 상대적으로 먼 거리에 따른 신호 감쇠로 인해 무선 데이터에 오류가 발생할 확률이 높게 된다. 이와 같은 환경에서 사운드 데이터에 오류가 발생하여 송신단에서 재전송을 하더라도 열악한 채널 환경으로 인해 오류 정정이 어려우며, 여러번의 재전송으로 인해 지연시간이 증가하는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 송신단에서만 오디오 데이터를 전송하는 것이 아니라, 무선 스피커에서도 전송하여 서로 다른 무선 채널을 형성하여 열악한 채널에 대한 보상을 통해 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 이와 같은 스피커 릴레이 기법을 사용하여도 패킷 재전송이 수행되므로 전송효율이 저하되는 단점이 있다.

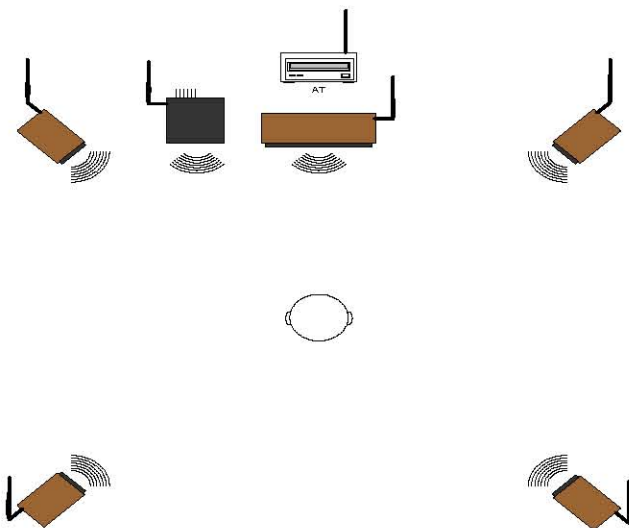


그림 1. 5.1채널 오디오 스피커 시스템 구성도

3. RS Parity를 이용한 효율적인 스피커 릴레이 구조

MB-OFDM 기술은 최소 53.3 Mbps에서 최대 480 Mbps의 물리 계층 전송속도를 지원하며, 최대 10m 거리까지 데이터를 전송할 수 있다[3]. 이 기술은 데이터 전송용 기술로서 비트 오류율이 높은 편이므로 실시간 오디오 스트림 전송을 위해 기존 MB-OFDM 규격에 Reed-Solomon 부호화를 추가하여 성능을 향상시킬 수 있다[4-5]. 그림 2는 MB-OFDM 기반 무선 오디오 전송 모델의 블록도를 나타낸다.

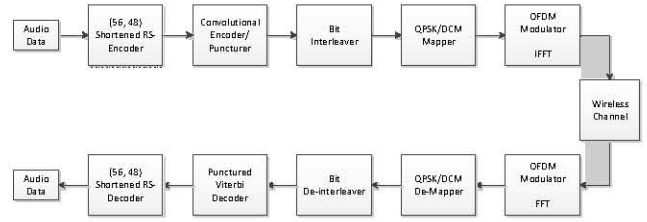


그림 2. MB-OFDM 기반 무선 오디오 전송 모델 구조

스크램블링된 오디오 데이터는 RS 코드와 CC를 통해 부호화되며, 인터리빙을 거쳐 quadrature phase shift keying (QPSK) 매핑을 통해 128 point inverse fast Fourier transform (IFFT)로 입력된다. IFFT를 통해 변조된 신호는 528 MHz digital to analog conversion (DAC)로 샘플링된 후 radio frequency (RF) 회로를 거쳐 무선 채널을 통해 전송된다. 본 논문에서는 재전송의 효율 증가와 무선 채널 환경에서의 PER을 향상시키기 위해 (48, 56) shortened RS 부호화를 사용하였다. 무선 스피커에서 RS 디코딩 알고리즘을 사용하면 기존 기법에 비해 안정적이 오디오 데이터 수신에 효율적인 장점이 있으며, 스피커 릴레이 기법의 사용 시 무선 스피커에서 RS parity의 재전송을 통해 전송 효율을 향상시킬 수 있다. 그림 2는 오디오 데이터의 전송 절차의 예를 나타낸다. 일반적으로 전방 스피커에 비해 후방 스피커의 무선채널 환경이 열악하므로 상대적으로 무선채널 환경이 우수한 스피커에서 후방 스피커의 데이터를 전송한다. 이때 각 무선 스피커는 각 스피커에 대한 무선채널을 측정하여 송신단에 보고하고, 송신단에서는 스피커 릴레이를 수행할 스피커를 선택한다. 그림에서 전방 좌/우측 스피커와 송신단과의 무선채널 환경이 우수하다고 가정하였으며, 후방 좌/우측 스피커와 전방 좌/우측 스피커간의 무선채널 환경이 우수하다고 가정하였다. 따라서, 송신단에서는 다채널 오디오 스트림을 순차적으로 전송하며, 각 무선 스피커는 자신에게 필요한 데이터를 수신하여 복호한다. 복호가 실패한 후방 스피커에서는 오류가 발생한 RS 패킷에 대해 재전송을 요구한다. RS 패킷은 48 바이트의 오디오 데이터로 구성되므로, 전방 스피커에서 후방 스피커로 전송할 패킷을 복호한 후 48 바이트의 오디오 데이터를 2 부분으로 분할하여 각각 (32, 24) shortened RS 부호화를 수행한다.

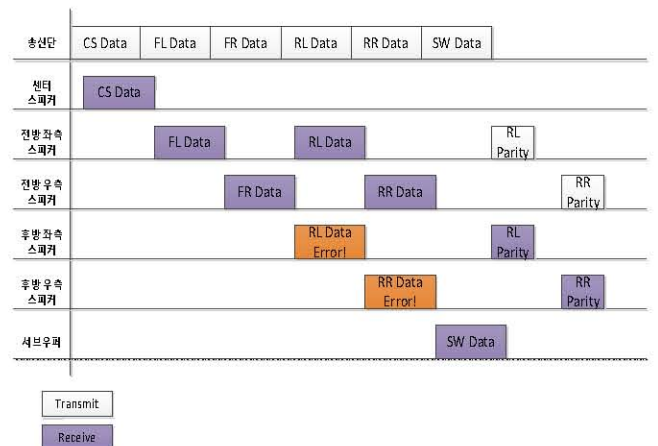


그림 3. 다채널 오디오 데이터 전송 절차

(32, 24) 부호화는 (56, 48) 부호화와 같은 polynomial을 사용하므로 zero padding의 길이만 변경하여 동일한 구조로 사용할 수 있어 추가적인 RS 인코더 및 디코더의 구현이 필요 없다. 전방 스피커는 그림 4와 같이 두 개의 8 바이트 RS parity만을 전송하며, 후방 스피커는 송신단으로 수신한 데이터와 전방 스피커로부터 수신한 RS parity를 이용하여 오디오 데이터를 복호한다.

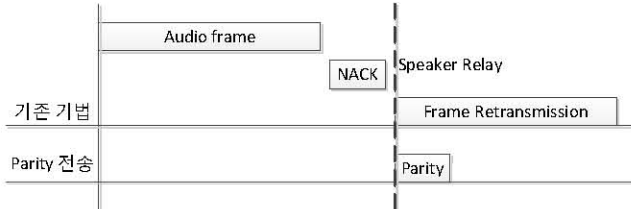


그림 4. Enhanced 스피커 릴레이 기법 개념도

4. 모의 실험

본 절에서는 제안된 기법의 성능을 확인하기 위해 AWGN (additive white Gaussian Noise) 환경에서 모의실험을 수행하였다. MB-OFDM 기반 오디오 전송 시스템에서 오디오 데이터가 전송되는 PSDU의 frame payload는 2240 바이트의 고정 길이를 가지며, 56 바이트의 RS 패킷 40개로 구성하였다. 그림 5는 기존 기법인 전체 오디오 프레임 릴레이 기법과 제안된 (32, 24) shortened RS parity 릴레이 기법의 전송 효율을 비교하여 보여준다. RS 패킷 발생시 릴레이 수행 횟수는 오디오 프레임 기준으로 최대 10번으로 하였으며, 제안된 기법의 경우 기존 기법과의 비교를 위해 오디오 프레임 전송 시간과 같은 35번으로 하였다. 그림에서 y축은 기존 기법과 제안된 기법의 상대적인 평균 재전송 시간을 나타낸다. SNR 8 dB에서 기존 기법은 10번의 릴레이가 수행되어도 오류 정정이 불가능한 반면, 제안된 기법은 기존 기법에 비해 약 4% 정도 오류가 정정되는 것을 알 수 있다.

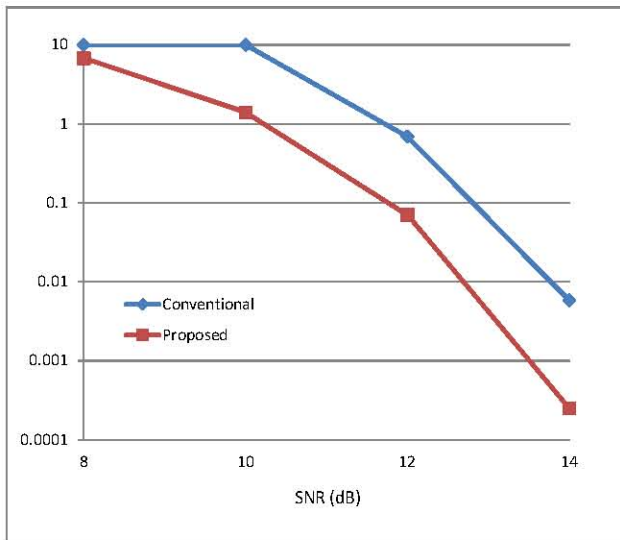


그림 5. 제안된 릴레이 기법의 전송 효율 비교

또한, SNR 10 dB 이상에서는 기존 기법에 비해 스피커 릴레이 시간이 약 1/10로 감소되는 것을 알 수 있다. 이는 RS 부호화의 성능 향상과 릴레이 패킷의 길이 감소로 인해 릴레이 시간이 단축되는 것을 의미한다. SNR이 10 dB 이상인 환경에서 제안된 기법을 사용할 경우 스피커 릴레이로 인한 재전송 시간을 크게 단축할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 스피커간 자원할당 방식으로 TDMA를 사용하는 MB-OFDM 기반의 다채널 오디오 전송 시스템에서 무선채널에서 발생하는 오디오 데이터 오류를 효율적으로 보상할 수 있는 enhanced 스피커 릴레이 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 무선 스피커에서 부호화 성능이 우수한 RS parity 전송을 통해 전송 효율 및 성능을 향상시킬 수 있다. 제안된 기법의 성능을 모의실험을 통해 확인하였으며, 기존 기법에 비해 재전송 시간이 약 1/10로 감소하는 것을 알 수 있었다. 본 논문에서는 (56, 48) 부호화와 (32, 24) 부호화만을 고려하였으나, (20, 12) 등 다양한 부호화율을 적용하여 최적의 성능을 낼 수 있는 기법에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

Acknowledgment

본 연구는 정부(지식경제부)의 재원으로 한국 산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었다.

참고 문헌

- [1] 위정욱, 전원기, 조용수, "무선 다채널 오디오 전송 기술", 전자공학지 제 37권, 제 1호, pp. 73-87, 2010. 1.
- [2] 알앤디비즈, 블루투스 헤드셋 시장동향, EIC, 2007.
- [3] 김도훈, 위정욱, 이현석, 이충용, "차세대 무선 스피커 시스템의 전송거리 증대를 위한 MB-OFDM UWB 기술", 전자공학지 논문지 제 48권, 제 6호, 2011. 6.
- [4] 위정욱, 박경원, 박용석, 전원기, "UWB 기반 다채널 오디오 무선 전송 시스템 설계 및 성능 분석", 정보통신설비 학술대회, pp. 421-423, 2011. 8.
- [5] ECMA-368 Standard, Multi-band OFDM Physical Layer Specification, Release 1.5, MBOA, WiMedia Alliance, 2009.
- [6] 위정욱, 이연성, 김현식, 전원기, "다채널 사운드 무선 전송 시스템의 스피커 릴레이 기법", 한국통신학회 하계학술대회, 2011. 6.