AoIP 기반 지역분산형 오디오시스템의 구현

강민수* · 이상욱** · 박연식**

Implementation of Local Distribution Audio System Based on AoIP

Min Soo Kang* · Sang Wook Lee** · Yeoun Sik Park**

요 약

본 논문에서는 인터넷 기반 전송기술인 TCP/IP 네트워크의 한 분야인 AoIP(Audio over Internet Protocol)를 기반으로 한 지역분산형 오디오시스템을 구현하였다. 이 시스템은 SNMP 프로토콜을 기반으로 제어하며 입력된 아날로그 음원을 디지털로 변환하여 패킷으로 만들어 UDP로 전송하게 된다.

구현된 지역분산형 오디오 시스템은 최근 들어 각광받고 있는 홈시어터 시스템과 같이 다중 채널의 음향을 이용하는 경우와 다양한 음원 소스를 여러 지역에 분산하여 전송하는 PA(Public Address)시스템 등의 실용 가능성을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, it is implemented a Local distribution Audio System, based on AoIP(Audio over Internet Protocol) of a part of TCP/IP Network which belongs to Internet transmission technology. The system is controlled based on SNMP(Simple Network Management Protocol) and it is transferred to UDP as packet after changing from Analog audio sources to Digital audio sources.

The implemented Local distribution Audio System have presented practical possibilities in PA system transmitting various audio sources to several areas, dispersedly and using multichannel audio like Home theaters in the limelight, recently.

키워드

AoIP, PA, TCP/IP, Ethernet, Audio

Ⅰ. 서 론

전자음향시스템은 1877년 토마스 엘바 에디슨(Thomas Alva Edison)에 의하여 발명된 축음기를 시작으로 수많은 형태의 아날로그 증폭기와 아날로그 방식의 음향기기들을 거쳐 현대는 대부분 디지털화된 기기로 발전했다.

근래에 들어 디지털 전자공학 발전은 인터넷 을 탄생시켰으며 인터넷의 발달은 다양한 멀티미디어 환경을 빠른 시간에 보급하였다. 그리고 멀티미디어를 이용한 다양한 콘텐츠 산업이 발전하게 되었다.

본 논문에서는 인터넷 기술의 한 분야로 등장한 AoIP (Audio over Internet Protocol)를 기반으로 한 음향전송 시스템을 응용하여 다양한 음원을 다양한 지역으로 분산하여 전송할 수 있는 지역분산형 오디오 시스템을 구현하였다.

AoIP는 인터넷 기반 기술을 이용하여 오디오 신호를 전송하는 방법으로 최근 들어 그 체계를 갖추어 가는 분

* 가락전자(주) 부설연구소
** 경상대학교 해양산업연구소

접수일자 2008. 09. 26

야로 관련된 연구가 많이 진행되고 있다.

NTNU(Norwegian University of Science and Technology)의 Asbjørn SÆBØ[1]등은 AoIP전송을 위한 LDAS(Low Delay Audio Streamer) 소프트웨어를 리눅스 기반 시스템의 전이중 고품질 다중채널 음향전송을 위하여 제안하였다.

Chris Chafe등은[2] 고품질의 음악과 소리를 TCP/IP네트워크를 통하여 전송하기 위하여 오디오 스트림을 UDP(User Datagram Protocol)패킷으로 전송하는 Sound WIRE를 제안하였다.

송문빈[3] 등은 자동고장진단이 가능한 스피커 연결 시스템의 SoC(System on Chip)설계를 위하여 I^2S(Inter-integrated Circuit)포맷으로 변환한 음향신호를 TCP 패킷으로 변환하여 전송하였다.

이를 기반으로 한 응용개발은 스위스연방기술연구소의 Men Muheim[4]이 CAOS_TNet 방식을 응용한 상업적 오디오 시스템을 제안 하였다.

본 논문에서는 AoIP 음향전송시스템을 기반으로 지역적으로 분산하여 다양한 음원을 활용할 수 있는 지역분산형 오디오시스템을 개발하여 멀티플렉스 영화관등 다중음원이 필요한 다양한 분야에서 활용할 수 있는 방향을 제시하였다.

Ⅱ. AoIP기반 음향전송 시스템

일반적인 디지털 오디오 전송은 오디오장비와 오디오 장비 간의 전송이다. 이러한 전송방식에는 여러 가지 표준이 있다. AES/EBU, S/PDIF, ADAT Optical 등 2채널에서 8채널 정도의 오디오 신호를 장비간 광케이블, 동축케이블 등으로 직접 연결하여 전송하는 방식이다. 그리고 많은 오디오 장비가 이용될 때 데이지 체인(Daisy chain)으로 여러 장비를 직렬로 연결할 수 있다. 이 경우에는 오디오 선로 중간에 있는 장비에 문제가 있을 때 후단의 장비는 오디오신호가 끊어 져서 전송이 불가능해진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고자 디지털 방식의 오디오 네트워크가 고안되었다.

디지털 오디오 네트워크는 장비간 전송뿐만 아니라 다양한 토폴로지의 네트워크로 연결되어 있는 장비들 간에 제한 없이 오디오 소스를 전송할 수 있어야 한다.

표 1은 최근에 등장한 디지털 오디오 네트워크시스템들의 특징이다. 실제로 무제한 전송을 목적으로 하고 있으나 대부분 전송 가능한 오디오 채널의 한계 또는 연결할 수 있는 장비의 수에 대한 제한이 있다.

표 1. 오디오 네트워크 시스템
Table 1. Audio Network Systems

Technology	Network Capacity	Control Communication	Audio Latency
CobraNet	Unlimited	Ethernet & SNMP	5-1/3ms
mLAN	63 Device	IEEE-1394	<1ms
EtherSound	64 Channels	Proprietary Control Communication	125us
MaGIC	32 Channels	Proprietary Control Communication	250us
Nexus	256 Channels	Proprietary Control Communication	<1ms
OMNInet	84 Channels	Proprietary Control Communication	<1ms
Soundweb	16 Channels	Proprietary Control Communication	125us

디지털 오디오 네트워크는 장비간 디지털 오디오 전송방식과는 양방향으로 전송과 자유로운 데이터 교환이 가능하여야 한다. 이러한 전송시스템으로는 현재 사용할 수 있는 다양한 전송방식중 장비간 이식성과 확장성이 우수한 인터넷 기반기술인 TCP/IP를 응용한 다양한 전송방식들이 시도되고 있다.

본 논문에서는 TCP/IP기반 응용기술중 하나인 AoIP 기반 음향전송시스템을 채택하였으며 이 시스템의 기본적인 구조는 그림 1의 블록 다이어그램과 같이 입력된 오디오신호를 ADC(Analog to Digital Converter)를 통하여 디지털 오디오신호로 변환하고 변환된 디지털 신호를 DSP(Digit-al Signal Processor)와 같은 신호처리용 프로세서를 거친후 이더넷을 통하여 전송하기위한 패킷으로 만들어 이더넷 PHY를 통하여 전송하게 된다. 이때 TCP/IP는 패킷의 제어 담당하고 UDP에 의하여 생성된 디지털 오디오 스트림을 전송한다.

앞서 살펴 본 것과 같은 AoIP방식과 유사한 오디오 네트워크 시스템은 표1과 같으며 본 논문에서는 네트워크의 용량이 무제한이며 확장성이 뛰어난 CobraNet방식을

이용하여 오디오 신호를 전송하고 제어하는 시스템을 구현하였다.

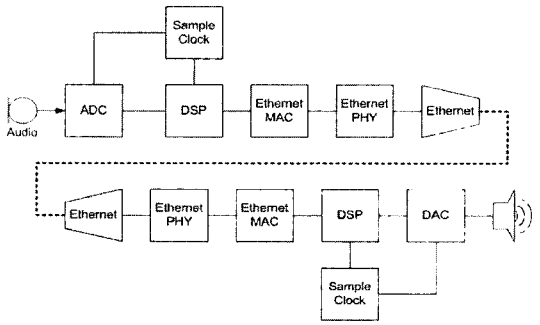

그림 1. AoIP 음향전송 시스템의 구조
Fig. 1.Structure of AoIP Audio Transmission System

CobraNet은 24bit/192khz 샘플링을 지원하며 비압축으로 실시간 전송이 가능한 오디오 네트워크 시스템중 하나로 수년 전부터 AES(Audio Engineering Society)를 중심으로 많은 연구와 표준화가 진행되고 있는 시스템 중 하나이다.

Ⅲ. AoIP 기반 지역분산형 오디오시스템

그림 2는 전형적인 아날로그 오디오 시스템의 구조도이다. 음원을 인터커넥션 케이블을 통하여 입력 받은 후 제어증폭기에 의하여 적당한 형태로 조절되고 라인증폭기에 의하여 라인레벨로 전압이 증폭된다. 그리고 최종적으로 큰 전력이 요구되는 스피커를 구동하기 위하여 전력증폭기를 사용한다.

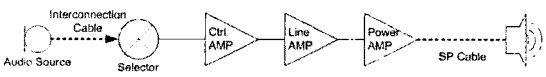

그림 2. 아날로그 오디오 시스템의 구조
Fig. 2. Structure of Analog Audio System

그림 2에서 살펴본 전형적인 아날로그 앰프의 구조에서 스피커케이블은 큰 전력을 전송하기 때문에 어느 정도 길이가 길어져도 손실이 적은 반면 인터커넥션 케이블에 의하여 전송되는 음원신호는 미약한 신호를 전송하기 때문에 노이즈의 영향을 많이 받기 때문에 주로 동축형 케이블로 노이즈를 차폐 하고 가급적 길이를 최대한 짧게 하는 것이 일반적이다.

한편 오디오 시스템의 활용도를 살펴보면 일반적인 오디오 시스템은 최근 MP3의 대중화와 함께 소형화 되고 인터넷에 밀려 사라져 가고 있는 추세이며 경제적 성장에 힘입어 가정용 홈시어터 시스템의 활용이 많아지고 있는 추세이다.

일반적으로 홈시어터 시스템은 음의 입체감을 인위적으로 형성하기위하여 5.1CH, 7.1CH 등 음의 방향성분별로 채널을 분리하여 전송하게 된다.

가정용의 오디오시스템의 활용은 상기 언급한 것과 같이 현재는 주로 홈시어터 시스템을 중심으로 영상과 음향이 결합하여 활용되고 있다.

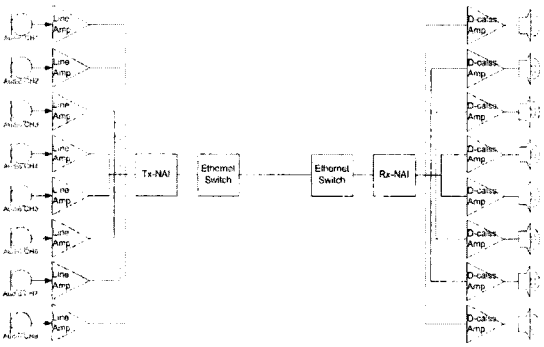

그림 3. AoIP기반 지역분산형 오디오시스템
Fig. 3. AoIP Based Distribution Audio System

가정용 이외의 오디오 시스템은 극장과 공연장, 전시관 등 다양한 분야에서 활용하고 있는데 가정에 비하여 면적이 매우 넓으므로 케이블의 길이를 상대적으로 길게 할 수밖에 없으며 이 경우 과거 아날로그 형태의 전송방식을 취할 경우 노이즈에 취약하여 음질의 저하가 많이 발생한다.

본 논문에서는 기존의 오디오 시스템의 상기 언급한 바와 같은 문제점을 디지털 오디오 전송방식으로 구현하여 케이블의 길이에 영향을 받지 않고 다양한 형태의 토폴로지로 구성이 가능하며 장비간 이식성과 확장성이 뛰어나게 하려고 그림 3과 같은 시스템을 설계하였다.

설계된 시스템은 7.1 채널의 홈시어터 시스템과 4지역으로 4개의 스테레오 오디오를 전송할 수 있는 것을 목표로 8CH 입력과 8CH 출력을 갖도록설계 하였으며

입력채널과 출력 채널을 자유롭게 선택할 수 있도록 8 X 8의 매트릭스 형태의 선택 제어를 SNMP기반 제어 소프트웨어로 구현하였다. 그리고 고음질 전송을 위하여 24bit / 192kHz 의 샘플링레이트를 갖는 ADC 및 DAC를 적용하고 오디오 샘플링 전용 클럭을 TCXO를 이용하여 지터 잡음을 줄였다.

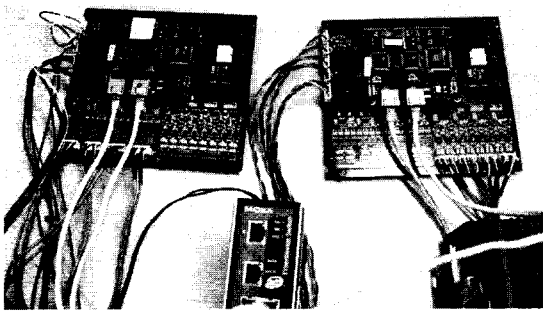

그림 4. 구현된 AoIP 음향전송시스템
Fig. 4. Implemented AoIP Audio Transmission System

그림3의 설계를 바탕으로 Tx-NAI(Network Audio Interface)와 Rx-NAI를 그림4와 같이 구현하였다. 이더넷을 통하여 전송하므로 UTP 또는 STP등의 동케이블 또는 광케이블을 이용하여 간편하게 전송한다. UTP 케이블은 일반적인 컴퓨터 네트워크에 사용되는 케이블로 아날로그 오디오 케이블에 비하여 비용이 저렴하며 아날로그 오디오 케이블에서 발생하는 외부 노이즈의 유입을 원천적으로 차단 할 수 있는 장점과 케이블비용을 줄일 수 있는 장점이 있다.[5]

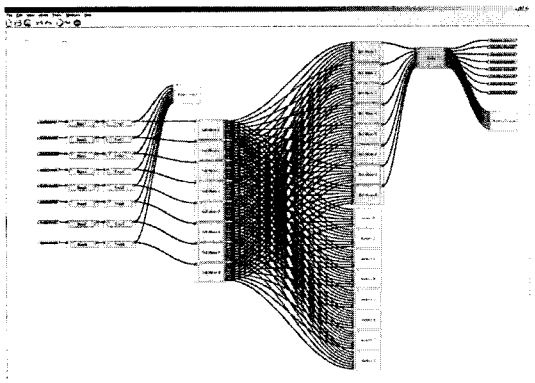

그림 5. Tx-NAI 의 DSP구성도
Fig. 5. DSP Diagram of TX-NAI

Tx-NAI는 그림5와 같은 DSP(Digital Signal Processor) 디자인 툴에 의하여 시스템 설계를 한 후 컴파일하여 펌웨어를 DSP에 탑재하여 동작시킨다. Tx-NAI는 그림 5와 같이 각 채널별 음색을 조절하기 위하여 전단에 톤 레벨러를 두고 매트릭스 형태의 제어를 위하여 1X8 믹서와 8X1 믹서를 두고 최종단에는 이득 값을 조절하기 위하여 게인 콘트롤러를 배치하였다.

Rx-NAI는 그림 6과 같이 입력된 오디오 신호를 8X1 Router를 이용하여 8개의 신호를 하나의 경로로 모아서 최종 출력하게 된다.

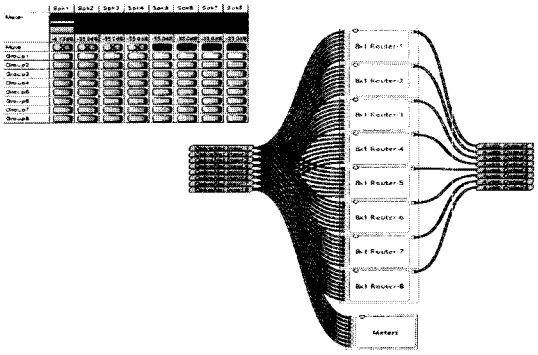

그림 6. Rx-NAI의 DSP 구성도
Fig. 6. DSP Diagram of Rx-NAI

Tx 및 Rx NAI는 SNMP를 기반으로 TCP/IP네트워크 상에서 제어 하게 되며 각 제어 모듈은 MS-Windows XP 기반의 SNMP API에 의하여 제어 프로그램과 통신하게 되며 그림7은 구현된 제어 프로그램의 UI(User Interface) 이다.

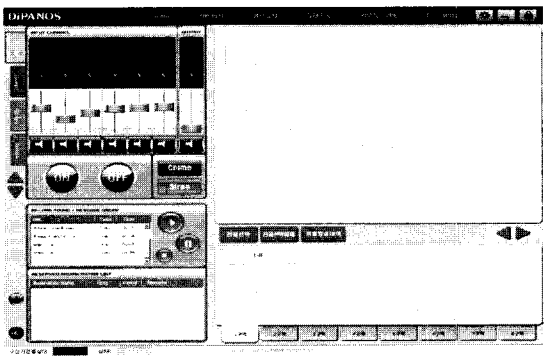

그림 7. SNMP기반 제어시스템
Fig. 7. Control System based on SNMP

그림 7에서 좌측의 6개의 패드 바는 입력되는 6개의 채널을 믹서 하며 우측에는 각 노드의 장비들을 버튼으로 설정하여 원하는 ip와 채널 번호를 설정하여 원하는 노드에 음향을 송출할 수 있도록 하였다.

구현된 시스템은 그림 8의 송신부와 그림 9의 수신부 두 개로 나누어지며 송신부는 CobraNet 모듈과 Tx-NAI와 오디오 라인 증폭부로 구상되었으며 수신부는 Cobra Net모듈과 Rx-NAI와 전력증폭기로 8채널의 D-Class 증폭기로 구성되었다.

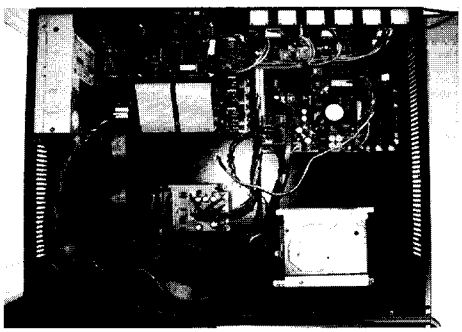

그림 8. 구현된 네트워크 오디오 송신기
Fig. 8 Implemented Network Audio Transmitter

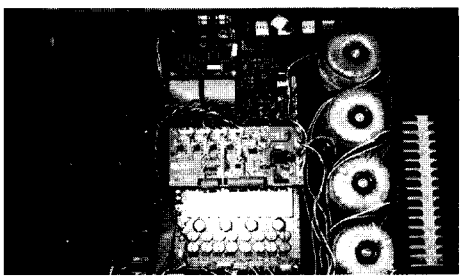

그림 9. 구현된 네트워크 오디오 수신기
Fig. 9. Implemented Network Audio Receiver

Ⅳ. 성능측정

구현된 시스템에서 음향전송테스트는 CD 플레이어를 이용하였으며 변환된 디지털 음원의 사양은 채널당 16bit / 44kHz의 샘플링 포맷을 기준으로 동시에 8채널을 전송하였다. 10Mbps 모드에서는 오디오데이터의 끊어짐이 빈번히 발생하였으며 실용적인 전송이 불가능하였으며 100Mbps 모드에서 안정적으로 전송되었다.

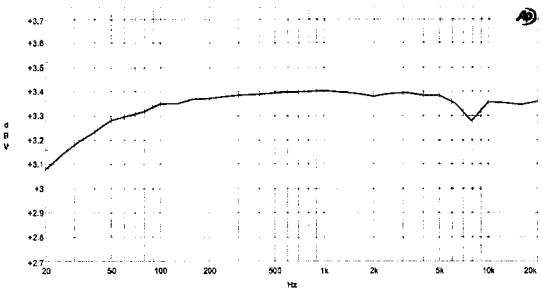

그림 10. 주파수 응답특성
Fig. 10. Frequency Response

구현된 시스템의 주파수 응답특성은 그림10과 같으며 네트워크 오디오 송신기에 사인파 20Hz -20kHz의 정현파를 입력하고 TCP/IP네트워크를 통하여 전송후 수신된 신호를 측정한 결과이다.

동일한 방법으로 정현파 1kHz에 대한 전력스펙트럼 분석은 그림 11과 같다.

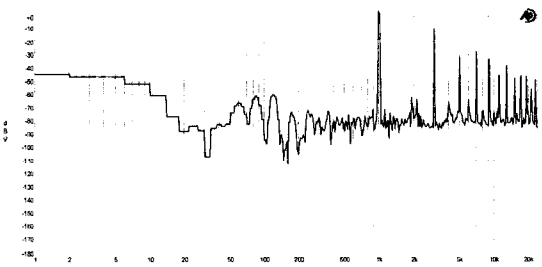

그림 11. FFT 분석
Fig. 11. Analysis of FFT

V. 결 론

구현된 AoIP기반 지역분산형 오디오 시스템은 100MBps이상의 전송대폭에서 패킷당 8CH(16bit/44kHz)의 오디오 신호를 전송할 수 있었다.

성능평가 결과 송신기의 입력신호에 대한 네트워크 전송후 수신기의 출력신호의 주파수 응답특성을 측정한 결과 아날로그 전송보다 잡음의 유입이 적었으며 외부잡음의 영향에 대하여 우수한 저항력이 있음을 확인하였다. AoIP 전송기술은 구현된 결과와 같이 다양한 방법으로 응용할 수 있으며 입력, 출력 전송 계 모두를 디지털화 할 수 있어 더 많은 분야의 응용이 가능하다. 특

히 멀티플렉스 영화관이나 대규모 공연장등에 음향 네트워크를 구축하는 데 활용할 수 있으며 더 나아가서는 인터넷을 통한 실시간 음악 방송도 가능할 것이라 사료된다. 향후 이 시스템의 전송 주파수의 범위를 고주파 영역으로 확장한다면 최근 들어 부각되고 있는 수 해양 분야의 음파 네트워크를 구축할 수도 있으리라 판단되며 이를 위해서는 고주파수 영역의 ADC와 DAC개발이 선행되어야 할 것이다. 전송효율의 개선을 위한 QoS분야의 연구도 병행하여야 할 것이다.

참고문헌

[1] Asbjørn SÆBØ and U. Peter SVENSSON "A Low-Latency Full-Duplex Audio over IP Streamer" 2006년

[2] Chris Chafe, Scott Wilson, Randal Leistikow, Dave Chisholm, Gary Scavone "A SIMPLIFIED APPROACH TO HIGH QUALITY MUSIC AND SOUND OVER IP", Proceedings of the COST G-6 Conference on Digital Audio Effects, Dec. 7-9,2000.

[3] 송문빈, 권오균, 송태훈, 정연모,"자동 고장진단이 가능한 스피커 연결 시스템의 SoC설계",한국음향학회지 제26권 제6호.2007. 8.

[4] Men Muheim, "Design And Implementation of A Commodity Audio System", Diss. ETH No 15198

[5] C. Busbridgem Y. Huang, and P.A. Flyer, "Crossover Systems in Digital Loudspeakers," AES Journal, 50 (10), 791, 2002.

저자소개

강민수 (Min-Soo Kang)

2000년 경상대학교 정보통신공학과 공학사
2000년~2007 경상대학교 정보통신공학과 박사과정수료
2007~현 가락전자(주) 부설연구소장
※ 관심분야 : 네트워크 프로토콜, 트래픽분석, 모바일 컴퓨팅, 해상이동통신, 음향전송

이 상 욱(Sang-Wook Lee)

1977년 부산대학교 전자공학과
1988년 부경대학교 전자공학과 공학석사
2000년 부경대학교 대학원 전자공학과 공학박사
1995년~현재 경상대학교 정보통신공학과 교수
해양산업연구소 연구원
※ 관심분야 : 컴퓨터비전, 신호처리

박연식 (Yeoun Sik Park)

1971년 광운대학교 무선 통신공학과 공학사
1980년 건국대학교 행정대학원 행정학석사
1995년 경상대학교 전자계산학과 공학석사
1999년 해양대학교 전자통신공학과 공학박사
1979~현 경상대학교 정보통신공학과 교수, 해양산업연구소 연구원
※관심분야 : 수중화상통신, 컴퓨터 네트워크