전력선통신 기반 음향 시스템 설계 및 특성 분석

Sound System Design and Characteristic Analysis based on Power Line Communication

김관규, 염경태, 김관웅, 김용갑
원광대학교 전기전자 및 정보공학부

Kwan-Kyu Kim(kwankyu0707@nate.com), Keong-Tae Yeom(yorko1578@nate.com),
Kwan-Woong Kim(wachbear@wonkwang.ac.kr), Yong-Kab Kim(ykim@wonkwang.ac.kr)

요약

본 논문은 기존의 음향 시스템이 가지고 있는 시스템 구성의 어려움, 추가설치비용 증가, 비 친화적인 인테리어의 문제점을 해결하기 위한 연구이다. 기존 시스템의 문제점을 해결하기 위하여 전력선통신을 기반으로 새로운 음향 시스템을 설계하고 특성을 연구 하였다. PLC 전용칩 INT5500CS을 사용하여 송신기와 수신기를 설계하였으며, 송신부에서 CD PLAYER로 음향 신호를 제공하고 수신부에 스피커를 연결하여 출력하는 음향 시스템을 구성하였다. 구성된 시스템의 특성분석을 위해 USBPre 외장사운드 카드와 PC기반의 음향 측정/분석 프로그램인 Smaart Live 5를 추가 구성하여 실험하였다. 실험 결과, Measurement 신호는 Reference 신호보다 2~3[dB]정도의 낮은 신호레벨을 보였으며, Latency는 16.69[ms]을 확인하였고, Coherency는 고 주파수대역에서 특성이 나빠졌음을 확인 하였다. 반면에, Pink Noise 및 특정 주파수 1[kHz], Phase, Magnitude를 확인한 결과 90[%] 이상으로 정상적인 신호의 송수신이 이루어 졌음을 확인하였다. 이러한 결과, 본 고에서 설계한 시스템의 성능이 우수함을 밝혔고, 이를 통해 기존 오디오 신호 전송 시스템의 문제점을 해결하였다.

■ 중심어 : | 전력선통신 | 홈네트워크 | 음향 시스템 |

Abstract

The paper is to solve the problem of existing sound system, which has difficulties of system organization and the increase of additional install cost and unfriendly interior. To solve the existing system, we drew the new sound system based on PLC and studied it. A transmitter and a receiver were designed using the PLC chip INT5500CS. Sound system was configured with a CD player that sound signals are sent from the transmitter and a speaker connected to the receiver. For analysis of characteristics of this system, a USBPre external sound card and Smaart Live 5 which is a PC-based sound measuring program were added. As a result of our experiment, the measured signal level is 2~3[dB] lower than reference signal, latency is 16.69[ms] and the specific character of coherency is bad in high frequency band. Otherwise, this system transmits and receives signals over 90[%] in good condition as a result of measuring pink noise, frequency(1kHz), and phase, magnitude. In view of the result so far achieved, the system designed our team has excellent performance, it resolves defect of existing audio signal transmition system.

■ keyword : | PLC | Home Network | Sound System |

* 본 논문은 중소기업청 시행 2007년도 산학연 공동기술개발 사업 지원에 의해 작성되었습니다.
접수번호 : #080325-003
접수일자 : 2008년 03월 25일
심사완료일 : 2008년 05월 06일
교신저자 : 김용갑, e-mail : ykim@wonkwang.ac.kr

I. 서 론

전력선통신(PLC: Power Line Communication)은 일반 가정이나 사무실에서 전기를 공급하는 목적으로 설치되어 있는 전력선을 이용한 통신방식으로, 전력선을 통하여 흐르는 상용주파수 50/60[Hz]의 저주파 전력신호에 수십 MHz까지의 고주파 신호를 실어 음성과 문자데이터, 영상 등을 전송하는 통신기술이다[1-3].

차세대 이동통신, 디지털 TV, 홈네트워크, IT SOC(System On Chip), 차세대 PC, 임베디드 소프트웨어, 디지털 컨텐츠, 텔레매틱스 등의 신성장 정보통신 기술 중에 홈 네트워크에 포함되는 전력선통신은 미래 성장을 위한 핵심기술로 유비쿼터스 및 홈 네트워크 분야에서 빠른 기술연구가 진행되고 있다[4][5].

이미 모든 가정과 건물 등의 구조물에는 전기 공급을 위한 전력선이 설치되어 있어 거대한 전력 분포 인프라가 구축되어 있으며, 옥내(Indoor)의 어느 전원 콘센트에서도 통신이 가능하기에 새로운 선로 확보가 필요하지 않는 "No New Wire"의 매우 편리한 장점을 확보하고 있어, 전력선을 통신 매체로 이용하면 다른 시스템에 비해 매우 실용적이고 경제적인 네트워크를 구축할 수 있다[6].

특히 최근 스마트 홈(Smart Home)에 대한 관심이 높아지면서 전력선 통신이 홈 네트워킹(Home Networking)과 인터넷 정보 가전을 위한 효율적인 해결방안으로 주목 받고 있다[7-10]. 이에 세계적으로 전력선을 통신 매체로 이용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 연구의 결과로 저속, 고속용 모뎀 칩의 선점적 개발이 발표되고 있다[11].

이러한 칩들을 이용하여 전기 및 에너지 관리 업계, 보안 서비스 업계, 의료정보 업계, 인터넷 서비스 업계, 통신 및 전자제품 업계 등의 모든 분야에서 응용되어 사용 되어지고 있다.

전력선통신에 있어서 앞서가고 있는 기업으로써는 DS2, Intellon, Xeline 등이 있다. 이러한 기업들은 계속적인 연구개발을 통해 속도 및 안정성을 높이고 응용분야를 확대시켜 나가고 있으며, DS2, Xeline은 200[Mbps]급의 전력선통신 칩을 개발하는데 성공하였다[3][12][13].

본 논문은 다음과 같이 구성하였다.

본론에서 설계하고자 하는 시스템에 대해서 설명을 하고, 시스템 구성에 필요한 구성요소와 설계된 시스템의 송수신부에 대해서 설명을 한다. 또한 실험방법과 성능분석에 대하여 기술한다. 마지막으로 종합적인 결론을 맺는다.

II. 본 론

차세대 정보통신 기술로써 각광받고 있는 전력선통신기술은 홈 네트워크 분야에서 관심을 갖고 연구하고 있는 기술이다. 그 중에서 생활에 필수적인 음향 시스템에 관한 연구를 위해 전력선통신 기술을 이용하여 음향 시스템을 설계하여 네트워크 시켰다[14][15].

전력선통신 기반 음향 시스템은 상용교류전원 220[V]/60[Hz] 전력선을 통신매체로 이용하였으며, 송신부와 수신부로 설계되었다. CD PLAYER, MP3 등 음향 신호를 송신기에 전송하면 송신기는 전력선으로 신호를 보내고 수신기에서는 전력선에 실어서 들어오는 신호를 수신하여 스피커로 내보내는 역할을 한다. 송신기와 수신기는 PLC 전용칩 INT5500CS[16]을 사용하여 설계되었으며, 음향 신호의 특성분석을 위해 USBPre 외장사운드 카드와 PC기반의 음향 측정/분석 프로그램인 Smaart Live 5[17]를 사용하였다.

1. 시스템의 구성

본 논문에서 설계하고자 하는 시스템은 상용교류전원 220[V]/60[Hz] 전력선을 통신매체로 이용하였으며, 음향 신호를 전송하기 위한 시스템을 [그림 1]과 같이 구성하였다.

시스템의 흐름은 [그림 1]과 같이 음향 신호를 송신기에 입력해주면 송신기는 입력된 신호를 처리하여 전력선으로 보내준다. 수신측에서는 전력선에서 신호를 받아 수신기를 통해서 신호를 처리한 후 스피커로 출력해주는 형태이다.

시스템의 송수신기는 각각 전원을 입력하여 동작하

게 설계하였고, PLC 전용칩은 INT5500CS, 멀티미디어 네트워크 컨트롤러는 AL802, 음향 신호 제공은 CD PLAYER, 신호 출력은 일반 스피커를 사용하였다.

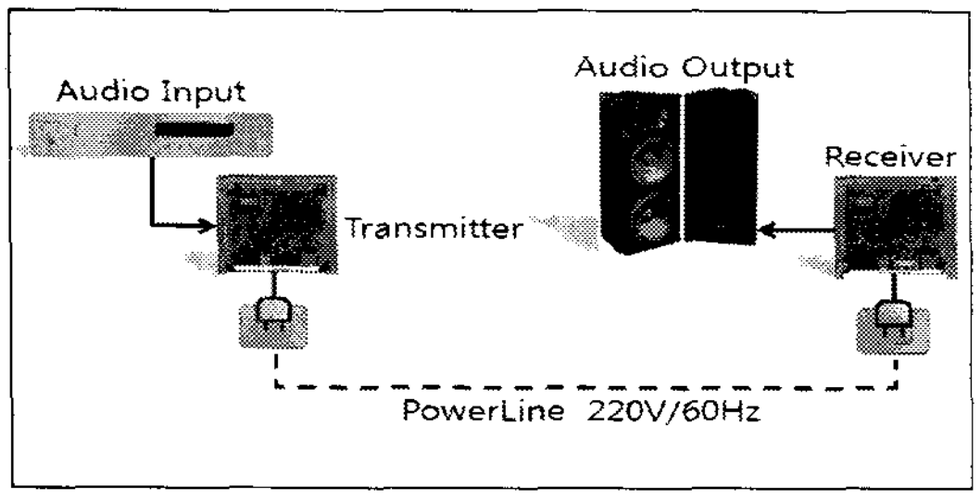


그림 1. 시스템 구성

PLC 전용칩 INT5500CS는 INT5500과 INT1200을 통틀어서 말한다. INT5500은 전력선 MAC/PHY Transceiver로써 MII(Media Independent Interface) 인터페이스를 가지고 있으며, 전력선통신에서 가장 널리 사용되고 있는 표준규격인 HomePlug 1.0과 호환이 된다. 또한 전력선에 85[Mbps]로 데이터를 전송시킬 수 있는 특징을 가지고 있다. INT1200은 Analog Front End IC로써 2.5[V]의 저 전압을 사용하고 데이터를 분리하는 기능을 하며, 고 스피드 홈 네트워킹 통신에 사용되는 칩이다. INT5500과 직접적으로 연결이 되며, 10[bit]의 아날로그 디지털 변환(ADC)과, 8[bit]의 디지털 아날로그 변환(DAC) 기능을 가지고 있다.

INT5500CS은 시스템 구성 시 송신기와 수신기의 구성에 포함이 되며, 전력선 신호를 처리하고, ADC, DAC의 기능을 수행한다.

멀티미디어 네트워크 컨트롤러 AL802는 Multimedia I/F Unit와 Memory I/F Unit, Network I/F Unit으로 구성되어져 있다. AL802는 HomePlug 1.0/AV를 지원하며 AUDIO, VOICE의 신호를 입출력 및 처리 할 수 있다. 또한 MII 인터페이스를 지원하며, QoS(Quality of Service)를 보장한다.

1.1 송신부

본 논문의 음향 신호를 전송하는 송신부의 블록 다이어그램은 [그림 2]와 같다.

2채널의 R-Channel, L-Channel의 스테레오 입력과 ADC, MCU(Micro Controller Unit), EEPROM, RAM, Flash Memory, PLC 전용칩, 멀티미디어 네트워크 컨트롤러(AL802), 커플러 등으로 구성되어져 있다.

입력단으로 음향 신호가 입력이 되면 ADC를 통해 아날로그 신호가 디지털 신호로 바뀌게 된다. AL802를 통해 적절한 신호로 처리되어 PLC 전용칩을 통해 디지털 신호가 아날로그 신호로 변환되고 전력선으로 신호가 전송이 된다.

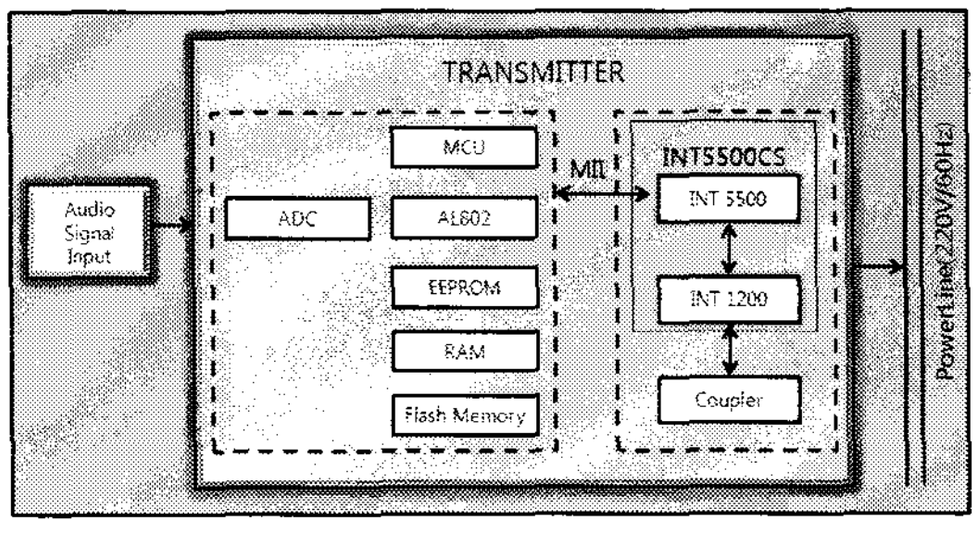


그림 2. 송신부 블록다이어그램

1.2 수신부

음향 신호 전송 시스템의 수신부 블록 다이어그램은 [그림 3]과 같다.

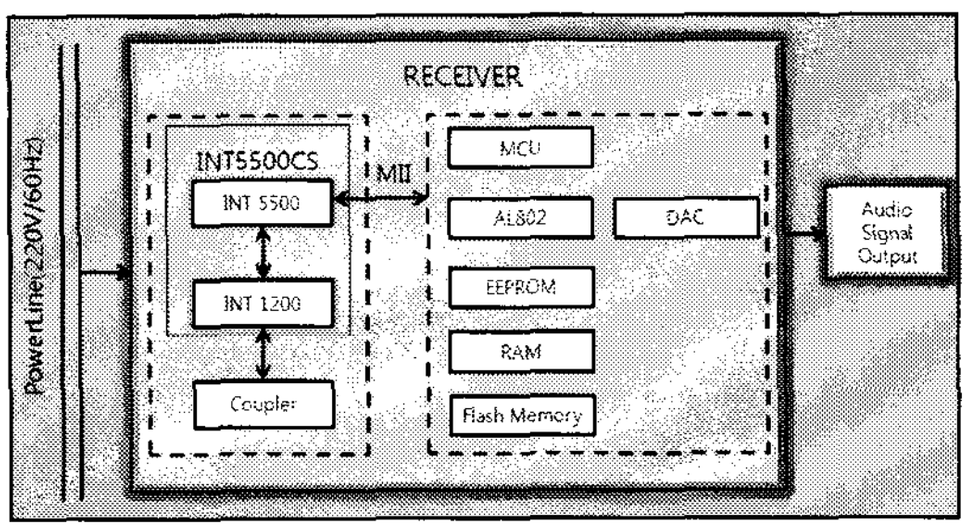


그림 3. 수신부 블록 다이어그램

2채널의 R-Channel, L-Channel의 신호 출력단자와, DAC, MCU(Micro Controller Unit), EEPROM, RAM, Flash Memory, PLC 전용칩, 멀티미디어 네트워크 컨트롤러(AL802), 커플러 등 송신부측과 비슷한 형태로 구성이 되어 있다. 전력선을 통해 들어오는 신호는 PLC전용칩을 통해 음향 신호를 분리해서 수신하게 되고 아날로그 신호가 디지털 신호로 변환된다. 이러한

신호는 AL802를 통해 다시 출력할수 있는 신호로 처리가 되며, DAC를 통해서 아날로그 신호로 다시 변환이 되어 스피커로 출력이 된다.

1.3 제작된 송수신기

[그림 4]는 전력선통신 기반 음향 시스템의 송수신기를 설계하여 최종적으로 제작된 그림이다. [그림 4]에서 왼쪽은 송신기이고 오른쪽은 수신기이다.

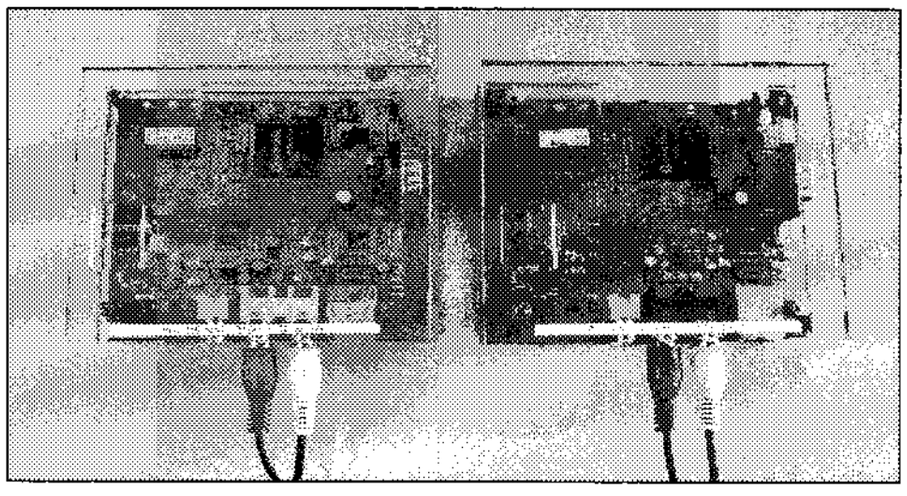


그림 4. 음향신호 송수신기

2. 실험 및 성능평가

본 논문에서 설계한 전력선통신 기반 음향 시스템의 특성을 연구하기 위한 실험 구성도는 [그림 5]와 같다.

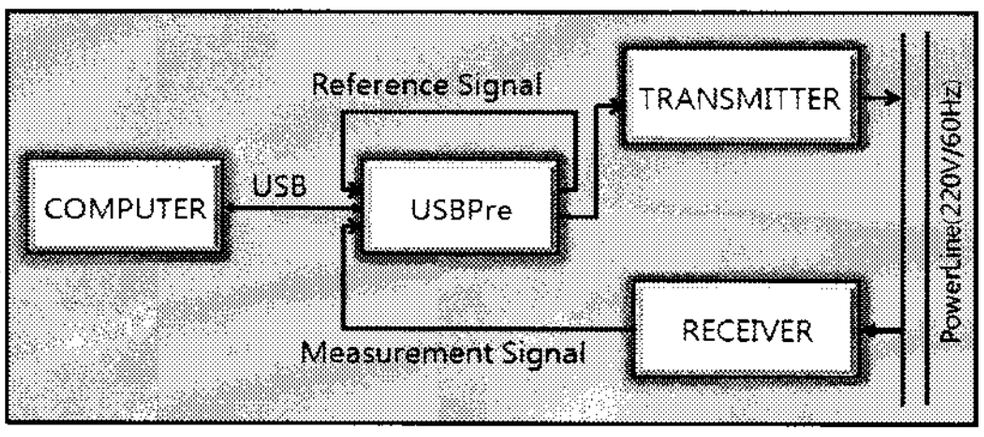


그림 5. 실험 구성도

음향 신호 전송 특성을 연구하기 위한 실험을 하기 위해서 본 논문에서 설계한 시스템에 USBPre 외장사운드 카드와 PC기반의 음향 측정/분석 프로그램인 Smaart Live 5를 추가 구성하였다.

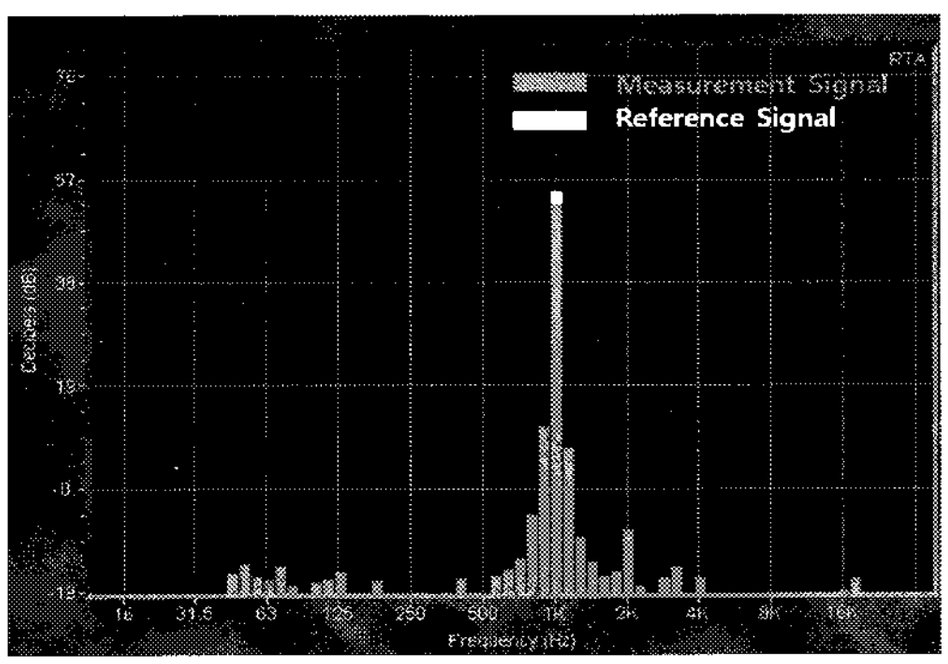
USBPre 외장 사운드 카드는 송신부에서 송신되는 원래 신호와 수신부에서 출력되는 음향 신호를 비교분석하기 위한 장비이다.

Smaart Live 5는 PC기반의 음향 측정/분석 프로그램으로써 전송되는 음향 신호를 분석하기 위한 프로그램이다.

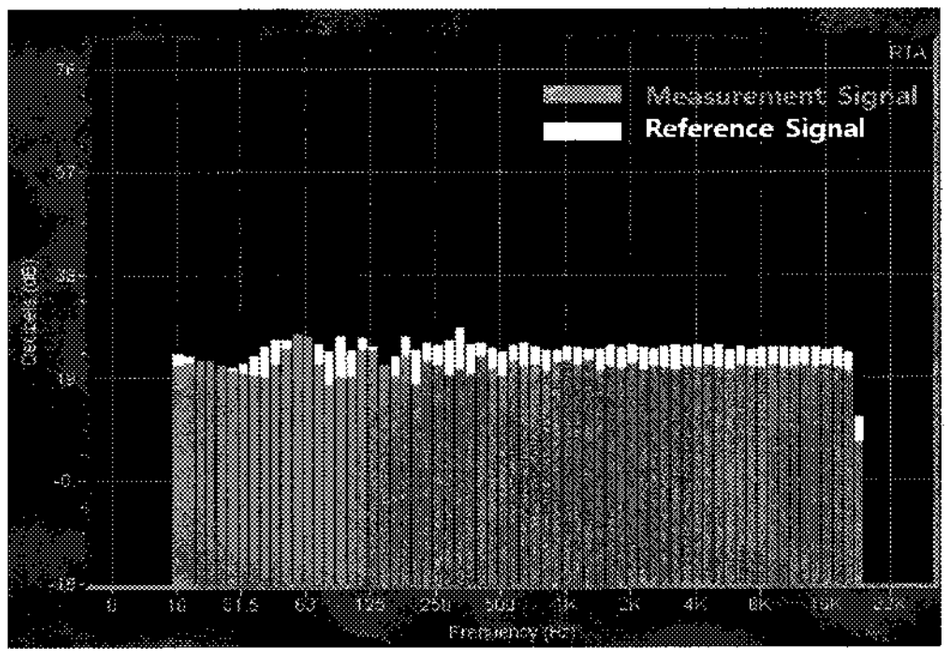
실험방법은 다음과 같다.

먼저 컴퓨터에서 Smaart Live 5를 사용하여 신호를 발생시켜 USBPre로 전송시킨다. USBPre에서는 두 개의 출력단자를 이용하여 하나는 설계된 시스템의 특성을 파악하기 위하여 송신기로 신호를 보내고 다른 하나는 순수한 Reference 신호를 위하여 USBPre의 입력단자로 Loop Back시킨다. 송신기로 송신된 신호는 전력선을 통해서 수신기로 보내지고 다시 USBPre의 입력단자로 입력된다.

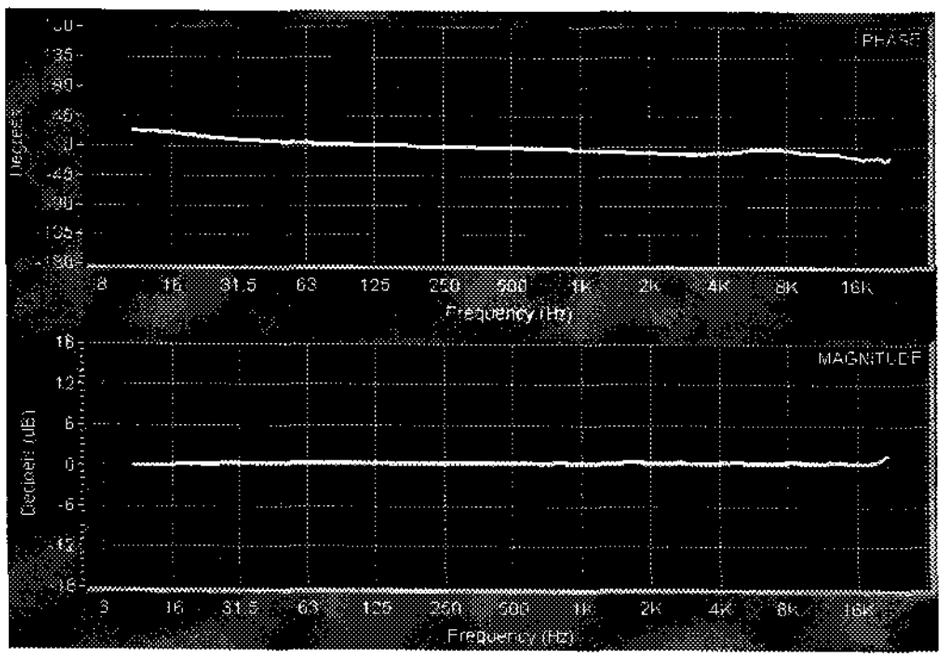
이러한 실험 구성을 통해 컴퓨터에서 보낸 신호 하나는 기준이 되는 Reference 신호가 되고, 또 다른 한 신호는 설계된 시스템을 측정하기 위한 Measurement 신호가 되어 두신호의 특성을 비교 분석 하였다.



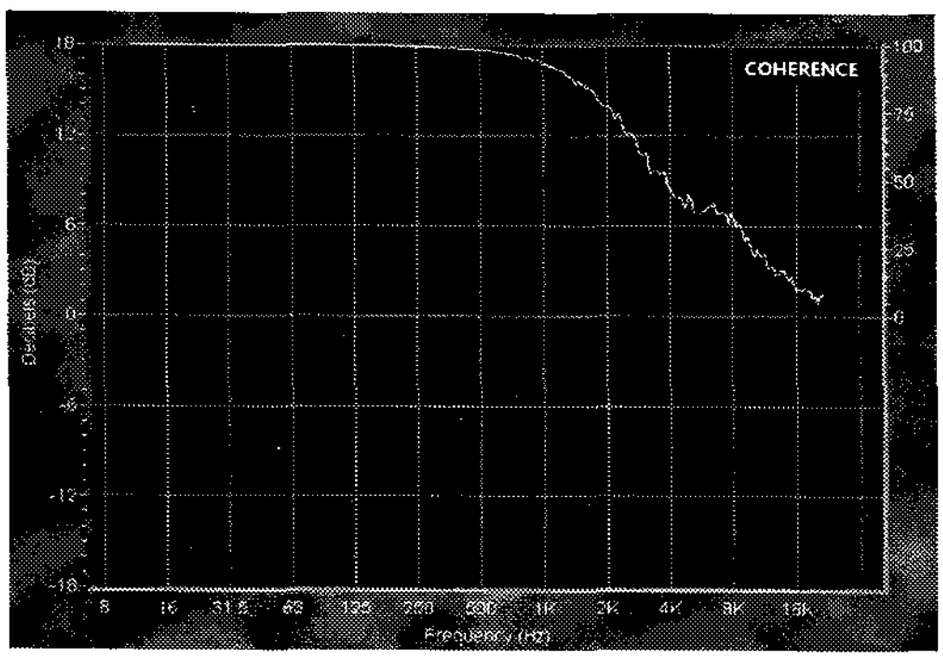
(a)



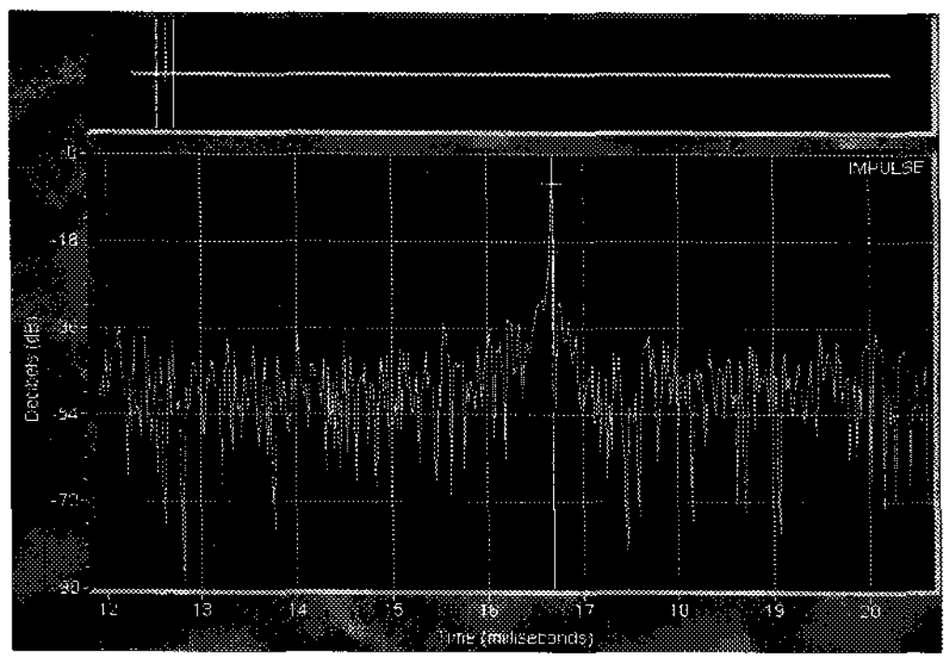
(b)



(c)



(d)



(e)

(a) Single Sine(1kHz), (b) Pink noise, (c) Phase, Magnitude, (d) Coherence, (e) Impulse

그림 6. 음향 신호 스마트라이브 분석

[그림 6]은 Smaart Live 5를 사용해서 (a) Single Sine(1kHz), (b) Pink noise, (c) Phase, Magnitude, (d) Coherence, (e) Impulse를 분석한 결과이다.

[그림 6] (a), (b)에서 보는 바와 같이 Reference 신호와 Measurement 신호를 확인한 결과 신호가 정상적으로 송수신 된다는 것을 확인하였고 Reference 신호와 Measurement 신호는 2~3[dB]의 차이로 Measurement 신호가 떨어지는 것을 확인하였다.

또한 [그림 6] (a)의 주파수 60[Hz] 대역에서 발견된 노이즈와 (b)에서의 주파수 60[Hz] 대역에서 신호의 심한 틀어짐은 전력선을 통신 매체로 사용함으로서 발생되는 잡음임을 확인하였다.

이러한 잡음은 일반적인 스피커의 재생 주파수가 보통 120[Hz]~20[kHz]이기 때문에 신호를 출력 할 때에는 크게 문제가 되지 않는다. 따라서 일반 음향 시스템으로 상용가능성이 충분하다. 하지만 서브우퍼와 같은 고급스피커로 출력할 경우에는 문제가 될 소지가 있으므로 고려해 봐야 할 문제이다.

[그림 6] (c)는 위상과 주파수 응답특성에 관해서 측정한 그림이다. (c)에서 위상은 0°를 유지하면 30°에서 -30°사이에서 약간의 변동이 있으며, 주파수 응답특성은 0[dB]를 유지하고 있다. [그림 6] (d)는 Coherence에 관한 그림이다. [그림 6] (c), (d)의 그림을 확인한 결과 위상과 주파수 응답특성은 양호한 반면 Coherence는 200[Hz] 주파수까지 100[%]를 유지하다가 그 이후부터는 계속 떨어지고 있다. 전송된 신호와 수신된 신호는 동일한 반면, 신호의 신뢰도가 떨어진다는 것을 의미한다.

[그림 6] (e)는 순간적인 충격음을 발생한 후 어떤 응답이 오는지에 대한 그래프이다. 즉, 임펄스 측정을 통해 신호 입력 후 출력까지 걸리는 시간인 Latency을 측정 할 수 있다. 신호 분석결과 Latency 16.69[ms]를 확인하였다.

설계된 시스템에서 오디오 신호에 타고 들어오는 60[Hz]의 노이즈 레벨은 신호 자체가 매우 낮기 때문에 위상, 주파수응답, Coherence의 측정시 거의 확인되지 않았으며, 음향 신호 분석 그림에서 확인되는 다른 주파수대에서의 미세한 잡음들은 기기들 간의 연결 상태 및 실험 측정 장비들에 의해 발생되는 잡음으로 확인하였다.

시스템의 음향 신호 특성 분석 결과 Coherency와

Latency로 인해 신호의 신뢰도가 약간 떨어지는 면이 보였지만 송수신이 90[%] 이상으로 정상적인 신호의 입출력이 이루어지고 있음을 확인하였고, 전력선에서 발생되는 60[Hz] 잡음과 기타 주변 잡음들의 특성을 확인 할수 있었다.

Ⅲ. 결 론

본 논문은 전력을 공급하는 매체로만 인식되던 전력선을 통신매체로 이용하여 기존의 음향 시스템이 가지고 있는 문제점을 해결하기 위한 전력선통신 기반 음향 시스템을 설계하고 그에 따른 특성을 연구하였다.

본 논문에서 설계한 시스템은 PLC 전용칩인 INT5500CS를 이용하여 송, 수신기를 구성하였으며, 220[V]/60[Hz]의 전력선을 이용하였다.

시스템의 신호 특성을 연구하기 위해서 USBPre와 Smaart Live 5를 활용하였으며, 실험 결과, Measurement 신호는 Reference 신호보다 2~3[dB]정도의 낮은 신호레벨을 보였으며, Latency는 16.69[ms]을 확인하였고, Coherency는 고 주파수대역에서 특성이 나빠졌음을 확인 하였다. 반면에, Pink Noise 및 특정 주파수 1[kHz], Phase, Magnitude를 확인한 결과 90[%] 이상으로 정상적인 신호의 송수신이 이루어 졌음을 확인하였다. 또한 시스템 특성 분석에서 확인할 수 있었던 전력선 통신의 잡음 및 신호 감쇠 요인에 대한 추가적인 연구의 필요성을 확인하였다.

이상과 같은 결론으로 본 연구에서 설계한 시스템은 전력선을 통신매체로 이용하는데 우수한 성능을 보였으며, 이로 인해 기존 시스템이 가지고 있었던 시스템 구성의 어려움, 추가 설치비용 증가, 비 친화적인 인테리어 등의 문제점을 해결할 수 있다는 것을 확인하였다.

본 연구에서 설계된 시스템은 가정 및 회사, 레스토랑 등의 음향 시스템을 설치하는 어느 곳에서든 널리 사용할수 있으며, 나아가 전력선통신 기술을 음향 시스템 뿐만 아니라 홈 네트워크의 다른 부분에서도 사용할 수 있다는 기술적인 실현 가능성을 제공해 주었다. 또한 현재 중·저속통신 기술에 국한되어져 있는 전력선통신 기술을 고속통신 기술에까지 확대시켜서 다양한 응용분야에 적용시킬 수 있는 가능성을 밝혔다.

참 고 문 헌

[1] 임수빈, "고속 PLC 홈 네트워크 솔루션", 한국통신학회, 제23권, 제8호, pp.35-42, 2006.

[2] 김호수, 이명섭, 구경완, 한상옥, "전력선을 이용한 음향전달 시스템의 구성 및 특성 분석", 조명·전기설비학회논문지, 제18권, 제3호, pp.128-134, 2004.

[3] http://www.xeline.com/~PLC Technology, business_tech.htm.

[4] 이병록, 최승권, 조용환, "홈 네트워크 구성에서 전력선 통신 기술의 효율적인 활용", 한국콘텐츠학회논문지, 제5권, 제5호, pp.65-77, 2005.

[5] 김형훈, *Ubiquitous*, Ohm 출판사, 2005.

[6] 허윤석, 홍봉화, 김철, 전계석, 이대영, "용량성 부하를 고려한 옥내 전력선 채널특성측정", 전자공학회, 제42권, 제6호, pp.417-424, 2005.

[7] S. Galli and T. C. Banwell, "Modeling the Indoor Power Line Channel:New Results and Modem Design Considerations," IEEE Consumer Communi. and Networking (CCNC 2004), pp.25-30, 2004(1).

[8] F. J. Canete, J. A. Cortes, L. Diez, and J. T. Entranbasaguas, "Modeling and Evaluation of the Indoor Power Line Transmission Medium," IEEE Communication Magazine, pp.41-47, 2003(4).

[9] E. K. Karuppiah, L. B. Ping, and T. P. Yew, "Effect of AV traffic on UPNP Advertisements in Home Network Environment," 14th IEEE International Conference on Networks(ICON 2006), Vol.1, pp.1-6, 2006(9).

[10] 곽병원, 김연숙, "홈 네트워크의 구성요소와 구

축사례", 한국통신학회, 제22권, 제11호, pp.9-18, 2005.

[11] K. Dostert, *Powerline Communications*, Prentice-Hall PTR Pub, 2001.

[12] http://www.ds2.es/~Technology.html,

[13] http://www.intellon.com/~Powerline Communication.php,

[14] J. Y. Jeong, G. S. Kim, S. H. Oh, K. Y. Kim, and S. W. Kim, "The Wide Input Range Automatic-Threshold Control Circuit for High Definition Digital Audio Interface," IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS2007), pp.2558-2561, 2007(5).

[15] P. Corcoran, A. Cucos, and F. Callaly, "Home Networking Middleware Infrastructure for Improved Audio/Video Appliance Functionality and Interoperability," The International Conference on "Computer as a Tool," IEEE EUROCON 2005, Vol.2, pp.1316-1319, 2005.

[16] INT5500CS PRODUCT BRIEF.

[17] SmaartLive manual.

저 자 소 개

김 관 규(Kwan-Kyu Kim) 준회원

- 2007년 2월 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부(공학사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 전자재료학과(석사과정)

<관심분야> : 정보통신 시스템 기술, 전력선통신

염 경 태(Keong-Tae Yeom) 준회원

- 2007년 2월 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부(공학사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 전자재료학과(석사과정)

<관심분야> : 콘텐츠 제작 기술, 음향 시스템

김 관 웅(Kwan-Woong Kim) 정회원

- 1996년 3월 : 전북대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2002년 8월 : 전북대학교 전자공학과(공학박사)
- 2002년 9월 ~ 2004년 8월 : 한국표준과학연구원 박사후 연구원
- 2004년 9월 ~ 2005년 8월 : Haute Alsace 대학교 박사후 연구원(프랑스)
- 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 원광대학교 전기전자공학부 전임강사
- 2008년 3월 ~ 현재 : (주)썬더테크놀로지 기술이사

<관심분야> : 모바일통신, 디지털 음향시스템, 콘텐츠 제작 기술

김 용 갑(Yong-Kab Kim) 정회원

- 1988년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학사)
- 1993년 2월 : 알라바마 주립대학교, 전기/컴퓨터공학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 노스캐롤라이나 주립대, 전기/컴퓨터공학과(공학박사)
- 2003년 ~ 현재 : 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수
- 2006년 ~ 현재 : 원광대학교 Post-BK21 사업단(팀)장

<관심분야> : 정보통신 시스템 기술, 콘텐츠 제작 기술, 광통신 시스템