

전력선 통신 기반 전관방송 시스템

김석* · 김대익**

Power Line Communication Based Public Address System

Seok Kim* · Dae-Ik Kim**

요약

본 논문에서는 복잡한 전관방송 장비와 케이블을 용이하게 운용하고, 확장 및 증설할 수 있도록 전력선 통신을 이용한 전관방송 시스템을 개발하였다. 전력선 통신 기반 전관방송 시스템은 디지털 스트리밍 변조 방식을 적용한 제어 보드와 스피커 보드로 구현되었으며, 오디오 최대 출력, 오디오 채널 응답 시간, 오디오 출력 SNR, 그리고 오디오 출력 THD+N에 대한 성능 측정을 실시하여 만족스러운 결과를 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we implement a public address system using power line communication in order to operate, extend, and expand the complicated public address devices and cables easily. Power line communication based public address system implemented consists of a public address control board and public address speaker boards which are suitable to digital streaming modulation. It can be noticed that we met satisfied results from performance measurement such as maximum audio output, audio channel response time, audio output SNR, and audio output THD+N.

키워드

Power Line Communication, Public Address, PA Controller, PA Speaker
전력선 통신, 전관 방송, PA 제어기, PA 스피커

1. 서론

전력선 통신(Power line communication, PLC)은 전력선을 통하여 흐르는 상용주파수 50/60 Hz의 저주파 전력신호에 수십 MHz까지의 고주파 신호를 실어 음성과 문자데이터, 영상 등을 전송하는 통신기술이다 [1-2]. 전기 공급을 위한 전력선은 이미 모든 가정과 건물 등의 구조물에 설치되어 있어 거대한 전력 분포 인프라가 구축되어 있으며, 옥내의 어느 전원 콘센트에서도 통신이 가능하기에 새로운 선로 확보가 필요

하지 않은 “No New Wire”의 편리한 장점을 갖고 있어, 전력선을 통신 매체로 이용하면 다른 시스템에 비해 매우 실용적이고 경제적인 네트워크를 구축할 수 있다[3].

차세대 정보통신 기술로써 각광받고 있는 PLC 기술은 주로 홈 네트워크 분야[4-6]에서 관심을 갖고 적용하고 있으나, 전력량계 모니터링 시스템[7-8], 음향 시스템[1-2],[9] 등의 우리생활에 필수적인 분야에도 적용되어 연구가 진행 중에 있다.

음향 시스템의 한 분야인 전관방송(Public address,

* 건양대학교 의공학부(kims@konyang.ac.kr)

** 교신저자 : 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부

· 접수일 : 2017. 07. 21

· 수정완료일 : 2017. 10. 02

· 게재확정일 : 2017. 12. 15

· Received : Jul 21, 2017, Revised : Oct 02, 2017, Accepted : Dec 15, 2017

· Corresponding Author : Dae-Ik Kim

School of Electrical, Electronic Communication, and Computer Engr.,
Chonnam National University.

Email : daeik@jnu.ac.kr

PA) 시스템은 학교, 관공서, 대형빌딩, 향만, 공항 등의 구내방송을 위한 시스템으로서 구내 안내방송은 물론 화재와 같은 긴급 상황 발생 시 비상 방송용으로 사용된다[10]. 이러한 기존의 전관 방송 시스템은 아날로그와 디지털 형식의 제품으로 구분할 수 있으며, 디지털 제품의 경우에는 MP3, Radio, CD player 기능 등이 개별적으로 각각 분리된 단품 랙으로 추가되어 있으며, PC를 통해 이들을 제어하고 있다[10].

본 논문에서는 전력을 공급하는 전력선을 매개로, 음성과 데이터를 주파수 신호에 실어 통신하는 기술인 전력선통신 기술을 이용하여 기존 아날로그 전관 방송을 대체하는 PLC 기반 전관방송 시스템을 구현한다. 하나의 스피커 선로에 스피커 구동에 필요한 전력과 다채널 오디오 및 제어/모니터링 용 데이터 통신을 제공하는 시스템이다. 개발 대상 시스템은 기존 스피커 케이블을 통해 다중채널 오디오 방송과 수백개의 개별 스피커의 제어 및 모니터링 기능을 가지므로, 현대의 디지털 전관방송이 요구하는 다원화방송 운영의 유연성과 비상방송이 요구하는 안전성을 만족시킨다.

II절에서는 기존의 전통적인 아날로그 방식의 전관 방송 시스템과 IT 기술을 도입한 IP(information provider 또는 internet protocol) 기반의 전관방송 시스템의 특징을 살펴보고, III절에서는 PLC 기반 전관 방송 시스템의 구성 방식과 시스템 구현에 대해 설명한다. IV절에서는 구현한 PLC 기반 전관방송 시스템의 성능 측정 결과에 대해 논한다.

II. 기존의 전관방송 시스템

기존의 PA 시스템은 전통적인 아날로그 방송시스템과 IT 기술을 도입한 IP 기반 방송시스템으로 크게 분류할 수 있으며, 각 시스템의 특징은 다음과 같다.

1) 아날로그 시스템의 경우에는 Main 방송시스템과 방송을 청취하는 장소 사이에 음성 신호 전송을 위한 별도의 케이블을 1:1방식으로 복잡하게 포설해야 한다. 따라서 케이블의 단락 및 스피커 문제 발생 시 신속한 해결이 어려우며, 증설 및 건물 재배치의 경우에도 Main 방송시스템으로부터 신설된 스피커까

지 새로운 케이블의 포설이 필요하다.

2) 아날로그 시스템은 동시간대에 다양한 다원화 방송이 이루어져야 할 경우 음원의 종류에 따른 오디오 앰프의 수량이 확보 되어야 하고, 오디오 앰프에 따른 스피커 선택기 및 기타 방송장비의 증가가 불가피하다.

3) 아날로그 시스템과 IP 기반 시스템은 건물 내 원하는 장소와 오디오의 종류에 따라 개별, 그룹제어가 원활하지 않으며 케이블 등 환경에 따른 문제점이 발생된다.

4) 아날로그 시스템과 IP 기반 시스템은 기존 방송 시스템의 종류에 따라 전원 또는 통신 선로, 음원 선로 등 이중, 삼중의 복잡한 케이블 포설로 인하여 문제발생시 유지 보수의 어려움이 가중된다.

5) 아날로그 시스템과 IP 기반 시스템은 복잡하게 구성된 방송장비로 인해 사용자의 조작과 운용이 힘들며 장비들이 가지고 있는 기능에 대해 활용이 용이치 않고 장비고장 시 진단과 조치가 어렵다.

6) IP 기반 시스템의 경우 케이블의 구성은 상대적으로 단순할 수 있으나 방송을 운영하기 위해서는 네트워크의 이해도가 필요하며, 망 장애 또는 일시적인 트래픽 폭주로 인한 방송시스템이 영향을 받는 한계를 극복하기 힘들다.

7) IP 방송 시스템의 경우 동시간대에 다양한 다원화 방송이 이루어져야 할 경우, 음원의 종류에 따른 네트워크 파워앰프의 수량이 확보 되어야 하며 네트워크 장애시 방송이 불가하다.

8) IP 방송 시스템의 경우 기존 장비와의 호환이 불가능하며 자사의 장비만으로 운영이 되어져야하므로 장비의 개·보수 및 증설에 따른 금액 증가 및 장비의 추후 관리 또한 어렵다.

9) IP 방송 시스템의 경우 네트워크 트래픽에 따른 음원 딜레이가 발생되며 층간에 네트워크 앰프를 구성하는 구조로는 화재 등의 비상시 정전상태에서 방송이 불가피하여 큰 피해를 줄 수 있다.

PA 시스템은 위급상황 및 비상상황에서도 누구나 손쉬운 조작과 운영, 그리고 장비의 안정적 동작이 우선시되어야 한다. 따라서 이러한 단점들을 해결하고 전력선을 이용한 단일 케이블을 이용한 방송시스템을 개발하여, 방송의 확장성 및 다양성을 확보하고 기존

시설에서 여러 장비를 사용한 방송의 다원화를 단일 장비 및 단일케이블 선로를 이용하여 해결할 수 있는 신기술의 개발이 요구되고 있다. 표 1은 학교용 전관 방송의 경우 기존의 PA 시스템과 PLC 기반의 PA 시스템의 특징을 비교하였다.

- PLC 스피커 ID 식별 및 필터링
- 제어 메시지 전송 및 PLC 스피커 상태관리
- 통합제어 소프트웨어와 통신을 위한 이더넷 인터페이스

표 1. 기존 PA 시스템과 PLC 기반 PA 시스템 비교
Table 1. Comparison of PLC based PA system with conventional PA systems

구분	PLC 기반 PA 시스템	아날로그 PA 시스템	IP 기반 PA 시스템
선로구성	단일케이블 성형,링형 연결	1:1 방식의 직접 연결	HUB 단의 1:1 방식의 연결
교사 재배치	프로그램상의 단순작업	스피커 셀렉터 단의 재결선	프로그램상의 단순작업
다원화 방송	학년별 지정 송출	학년별 앰프 구성	학년별 지정 송출
장비의 이해도(조작)	단일 구성으로 간단함	교사 증설 및 변동으로 복잡	네트워크 이해도 필요
방송장비의 호환성	국내의 모든 제품 가능	동일 방식 브랜드별 가능	자사의 장비만 운용 가능
장애진단기능	프로그램 검출	청각및 엔지니어 점검 필요	프로그램 검출
유지보수	단일 선로로 쉬움	장애지점 방송실 선로 포설	장애지점 HUB 선로 포설
도입 비용	단일 구성으로 저렴	PLC 대비 고가	네트워크 장비로 고가
확장성	증설 및 추가의 용이성 확보	증설에 따른 단순 선로 포설	HUB단의 1:1 선로 포설

III. PLC 기반 PA 시스템

본 연구에서는 PLC 기반 PA 시스템의 주요한 구성요소인 PA 제어보드와 스피커 보드를 PCB로 구현하고자 한다.

3.1 PLC PA 제어보드

PLC PA 제어보드는 아래와 같은 기능을 수행한다.

- 1) 다채널 오디오 전송기능
 - 다채널 아날로그 오디오 입력 및 출력
 - 채널별 오디오 변조 및 전송
 - 브로드 캐스팅 방식의 전송으로 딜레이 및 음원 간섭 해결
 - 화재 대피방송 및 시보 등의 기능
- 2) PLC 스피커 제어기능

PA 제어보드는 그림 1과 같이 오디오 입력 신호를 처리하는 Sound Encoding 부, CPU 부, OFDM PLC PHY 모듈 부, 그리고 User Interface 부 등으로 구성 되어진다.

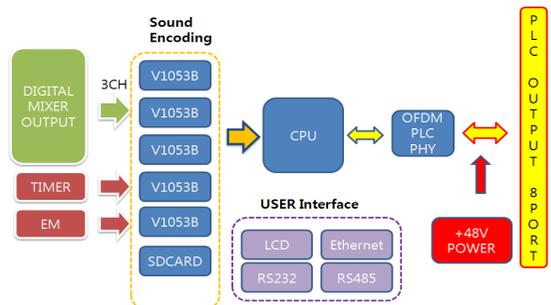


그림 1. PLC PA 제어보드 구성도
Fig. 1 Blockdiagram of PLC PA control board

1) Sound Encoding 부

Sound Encoding 부는 외부 음원을 인코딩할 수 있는 VLSI사의 인코딩 칩셋인 VS1053B 5개와 시보 및 별도 음성 데이터가 저장되어 사용할 수 있는 SD-CARD 1개로 구성되어있다. 각 채널별로 위치한 VS1053B 인코딩 칩셋은 입력된 아날로그 음원 신호를 AD-PCM 음성데이터로 인코딩하여 SPI 인터페이스를 통하여 CPU쪽으로 전달하는 역할을 하도록 설계하였다. 다원화 방송 구현을 위하여 최대 5채널의 음원을 인코딩 할 수 있도록 구현하였으며, 음원이 저장되어 있는 SD-CARD를 포함하면 최대 6채널의 음원 지원이 가능하도록 구현 되었다. 원활한 방송 운영을 위하여 동시에 3채널의 음원이 송출되도록 설계하였다.

2) CPU 부

CPU 부는 MICROCHIPS사의 PIC32MZ2048EFG-144를 사용하여 PA 제어 시스템을 설계하였으며, 시스템 전반적인 운용 및 인코딩 칩으로부터 받은 데이터를 PLC 모듈로 전송하기 위한 데이터 변형 작업을 진행하도록 구현하였다. 동시에 3채널 음원 변형을 위하여 기존 PIC32 계열 중에 가장 성능이 뛰어난 CPU를 선정하였으며, 내부 램 2048MB를 가지고 있어서 음성 데이터 처리 과정에 최대한 버퍼를 보장 하였다. 또한, 6개의 SPI 인터페이스를 이용하여 각 채널별 칩셋으로부터의 독립성을 보장하였으며, 시스템 UI와의 통신을 위하여 10/100을 지원하도록 설계하였다. 시스템 내부의 디버깅 및 사용자 인터페이스로 RS232 포트를 이용하여 제어 할 수 있도록 외부 인터페이스를 마련하였으며, 기존의 방송 장비와의 통신을 위하여 RS485 포트를 지원하도록 구현하였다.

3) OFDM PLC Module 부

OFDM PLC Module 부는 DC 전력선 통신 부분의 데이터 전송을 안정하게 구축하기 위하여 사용한 모듈로서, QUALCOMM 사의 QCA7000 칩이 내장된 리산테크사의 SEP-170MD 모듈을 사용하여 PLC 환경을 구축하였다. HomePlug Green PHY 1.1 규격을 만족하는 QCA7000 칩은 PLC 칩셋 중 가장 범용으로 이용되는 제품으로 G3 PLC 보다 많은 데이터 전송이 가능하며 OFDM으로 데이터를 변조하기 때문에 노이즈에 강한 특성을 가지고 있다. PLC 모듈과 CPU간의 인터페이스는 RS485 시리얼통신을 이용하며 이때

전송 속도는 460Kbps이고 동시에 3채널의 음원데이터를 실시간으로 전송하게 구현하였다.

4) User Interface 부 회로도

User interface 부는 USB 통신이 가능하도록 CP2102 chip을 사용한다. 또한, RS232, RS485통신이 구현 되도록 각각 SP3232, SP3078 chip을 사용하였다.

3.2 PLC 스피커 보드

PLC 스피커 보드는 아래와 같은 기능을 수행한다.

- 1) 오디오 수신기능
 - 8채널 오디오 중 특정 채널 선택 기능
 - 수신 오디오 신호 복조 기능
 - 오디오 음량조절 및 음소거 기능
- 2) 데이터 통신기능
 - PLC PA 제어기와 통신 기능 제공
 - UART 방식 통신

PLC 기반 스피커 하드웨어는 그림 2와 같이 OFDM PLC PHY 모듈 부, CPU부, Sound Decoding 부, 그리고 오디오 앰프 출력부(TPA3123D2) 등으로 구성되어진다.

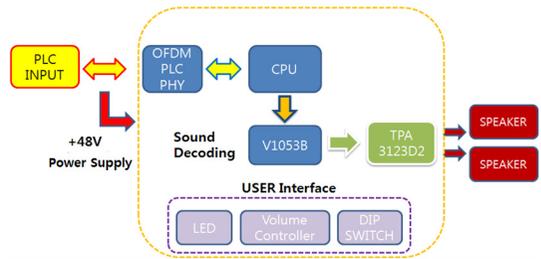


그림 2. PLC 스피커 보드 구성도
Fig. 2 Block diagram of PLC speaker board

1) OFDM PLC PHY 모듈 부

OFDM PLC PHY 모듈 부는 PA 제어기로부터 전달된 신호를 받아서 복조하는 부분으로 PA 제어기와 동일한 SEP-170D 제품을 사용하였다. PLC 모듈과 CPU간의 인터페이스는 RS485 시리얼통신을 이용하였으며, 전송 속도는 460Kbps이고 동시에 3채널의 음원데이터를 실시간으로 CPU로 전달하도록 구현하였다.

2) CPU 부

CPU 부는 MICROCHIPS사의 PIC32MX675F256H를 사용하여 설계하였으며, PLC 모듈로부터 전달받은 데이터를 복원하여 디코딩 칩인 VS1053B로 데이터를 전송한다. 동시에 3채널로 전달된 음원을 스피커 단말에 해당하는 ID의 음원 데이터만을 디코딩 칩으로 보내는 분석 및 제어기 역할을 하도록 구현하였다. 단말기 내부의 디버깅 인터페이스로 RS232 포트를 이용하여 제어 할 수 있도록 외부 인터페이스를 구비하였으며, 단말 상태 및 음원 송출 여부에 대한 표현은 2개의 LED를 사용하여 구현하였다.

3) Sound Decoding 부

Sound Decoding 부는 CPU부터 전달된 데이터 음원을 디코딩할 수 있도록 VLSI사의 디코딩 칩셋인 VS1053B 1개로 구성하였다. VS1053B 디코딩 칩셋은 SPI 인터페이스를 통하여 CPU 쪽에서 전달된 AD-PCM 음성데이터를 디코딩하여 아날로그 음원으로 변형 역할을 하도록 설계하였다.

4) Audio Amplifier 부

Audio Amplifier 부는 디코딩 칩으로부터 출력되는 음원을 외부 스피커로 전달하기 위하여 TI 사의 Class-D 급의 TPA3123D2를 사용하였다. 최대 출력 25W 급의 스테레오 앰프를 사용하여 외부 스피커에 최대 출력을 보장하도록 설계하였으나, PLC 제품의 특성상 다수의 노드를 사용하면 전력 손실이 발생하는 것을 고려하여 실제로 사용하는 출력은 2W로 제한되게 구현하였다.

- 한 개의 라인당 12대 이상의 스피커 보드를 안정되게 연결할 수 있다.
- 3채널 이상의 오디오 전송시 끊김 현상 없이 방송을 진행할 수 있다.

그림 3과 그림 4는 PCB 보드로 구현한 PLC PA 제어보드와 스피커 보드를 보여주고 있다.



그림 3. PLC PA 제어기 PCB
Fig. 3 PCB of PLC PA controller



그림 4. PLC 스피커 PCB
Fig. 4 PCB of PLC speaker

IV. 하드웨어 구현 및 성능 평가

하드웨어의 회로 설계는 Orcad 10.5를 이용하였으며, PCB artwork은 Mentor graphics 사의 CAD tool을 사용하였다. 또한 방송 전송 변조(modulation) 방식은 아래와 같은 특징을 갖는 디지털 스트리밍 전송 방식을 채택하여 각 보드를 구현하는데 적용하였다.

- RS-485 시리얼 통신 이용한 PLC GREEN PHY 스트리밍 전송방식이다.
- 전송 선로에 임피던스 매칭을 고려하지 않아도 된다.
- 전송거리를 300 M로 대폭 상승시킬 수 있다.

그림 3과 그림 4의 PCB 성능 측정을 위해 표 2와 같은 장비를 사용하여 그림 5와 같이 측정 시스템을 구성하였다.

표 2. 성능 측정 장비
Table 2. Devices for performance measurement

Product	Model	Maker
Multichannel audio analyzer	APX 585	Audio Precision
Laptop computer	SVT131A11P	SONY
DC power supply	SE-1000-14	MEAN WELL
4Ω dummy load resistor	IRV 1000N	Rara Cop.

표 3. 성능 측정 결과
Table 3. Performance measurement results

Measurement items	Measurement results				
	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4	SB 5
Maximum audio output	1.44W	1.44W	1.44W	1.44W	1.44W
Audio channel response time	150ms	215ms	168ms	211ms	168ms
Audio output SNR	67dB	67dB	67dB	65dB	68dB
Audio output THD+N	7%	7%	7%	7%	7%

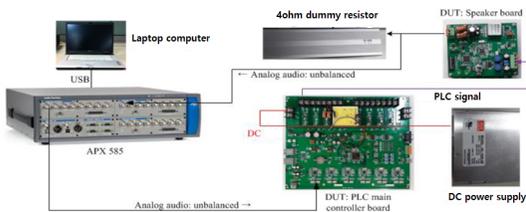


그림 5. 성능 측정 시스템 구성도

Fig. 5 Block diagram of performance measurement system

그림 5와 같이 APX 585를 이용하여 1채널의 아날로그 오디오 신호를 PLC 제어보드에 입력하고, 스피커 보드 출력 단자에 연결한 4ohm 더미로드 저항 양단의 아날로그 오디오 신호를 APX 585에 입력하여 성능을 측정하였다. 스피커 보드(Speaker board, SB)는 5개를 구현하여 성능 측정 시 1개씩 번갈아 가며 실시하였다. 구현한 보드의 성능 평가항목은 아래와 같이 오디오 최대 출력, 오디오 채널 응답 시간, 오디오 출력 SNR, 그리고 오디오 출력 THD+N이며, 표 3과 같이 만족스러운 측정 결과를 얻었다.

1) 오디오 최대 출력

- 스피커 보드의 오디오 최대 출력을 출력 파형 클리핑 직전의 상태에서 측정
- 1채널의 1kHz 아날로그 오디오 신호를 생성하여 PLC 제어보드에 입력하고, 스피커 보드 출력 단자에 연결된 4ohm 더미로드 저항 양단의 아날로그 오디오 신호 파형을 확인하여 클리핑되기 직전에 출력 전압과 전력을 측정

2) 오디오 채널 응답 시간

- 1채널의 1kHz 아날로그 오디오 신호를 생성하여 PLC 제어보드에 입력하고, 스피커 보드 출력 단자에 연결된 4ohm 더미로드 저항 양단의 아날로그 오디오 신호 파형을 확인하여 PLC 제어보드 입력신호와 스피커 보드 출력 신호 사이의 시간 지연을 측정

3) 오디오 출력 SNR

- 스피커 보드 오디오 출력 신호의 SNR (Signal to Noise Ratio)을 출력 파형 클리핑 직전의 상태에서 측정
- 1채널의 1kHz 아날로그 오디오 신호를 생성하여 PLC 제어보드에 입력하고, 스피커 보드 출력 단자에 연결된 4ohm 더미로드 저항 양단의 아날로그 오디오 신호 파형을 확인하여 주파수 필터를 20Hz ~ 20kHz로 설정하고 weighting은 적용하지 않은 상태에서 스피커 보드 출력 신호의 SNR을 측정

4) 오디오 출력 THD+N

- 스피커 보드 오디오 출력 신호의 THD+N (Total Harmonic Distortion+Noise)을 1W 출력 상태에서 측정
- 채널의 1kHz 아날로그 오디오 신호를 생성하여 제어보드에 입력하고, 스피커 보드 출력 단자에 연결된 4ohm 더미로드 저항 양단의 아날로그 오디오 신호 파형을 확인하여 주파수 필터를 20Hz~20kHz로 설정하고 weighting은 적용하지 않은 상태에서 스피커 보드 출력 신호의 THD+N을 측정

V. 결 론

현재 건물의 안내 방송이나 화재 등 비상시에 사용되는 PA 시스템은 중앙 통제실에서 운영 및 제어를 통하여 이벤트, 홍보, 공지, 비상 방송 등을 전달하는 목적으로 설치·운영되고 있다. 이에 본 논문에서는 복잡한 방송장비와 케이블을 단순하면서 모든 기능을 완벽히 소화하는 PLC 기반 전관방송 시스템을 개발하였다.

PLC 기반 전관방송 시스템은 전력을 공급하는 전력선을 매개로 음성과 데이터를 주파수 신호에 실어 통신하는 전력선통신 기술을 이용하여 기존 아날로그 전관방송을 대체하는 기술로서, 하나의 스피커 선로에 스피커 구동에 필요한 전력과 다채널 오디오 및 제어/모니터링 용 데이터 통신을 제공하는 시스템이다. 구현한 시스템은 기존 스피커 케이블을 통해 8채널 오디오 방송과 수백 개의 개별 스피커의 제어 및 모니터링 기능을 가지므로, 현대의 디지털 전관방송이 요구하는 다원화방송, 운영의 유연성 및 비상방송이 요구하는 안전성을 만족하는 기술이다.

본 연구를 통해 PLC 기반 PA 제어보드와 PLC 기반 스피커 보드를 구현하였으며, 성능측정 결과 오디오 최대 출력은 1.44W, 오디오 채널 응답 시간은 최대 215ms, 오디오 출력 SNR은 최소 65dB, 그리고 오디오 출력 THD+N은 7%를 보여 만족할 만한 성능을 얻었다.

References

- [1] H. Kim, M. Lee, K. Koo, and S. Han, "Analysis of Sound Transmitting System using Power line Communication Technique," *J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 18, no. 3, 2004, pp. 128-134.
- [2] K. Kim, K. Yeom, K. Kim, and Y. Kim, "Sound System Design and Characteristic Analysis based on Power Line Communication," *J. of the Korea Contents Association*, vol. 8, no. 6, 2008, pp. 1-7.
- [3] Y. Heo, B. Hong, C. Kim., K. Jun, and D. Lee, "Measurement of Indoor Power Line Channel Characteristics Considering Capacitive Loads," *J. of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 42, no. 6, 2005, pp. 417-424.
- [4] A. Papaioannou and F. Pavlidou, "Evaluation of Power Line Communication Equipment in Home Networks," *IEEE Systems J.*, vol. 3, no. 3, Sept. 2009, pp. 288-294.
- [5] B. Jensen, "Experimental studies of the noise recovery ability of in-house powerline equipment," in *Proc. IEEE Int. Symp. Power Line Communications and Its Applications (ISPLC)*, Apr. 2008, pp. 269 - 273.
- [6] C. Lin, S. Yeh, and H. Chen, "Bandwidth estimation of in-home power line networks," in *Proc. IEEE Int. Symp. Power Line Communications and Its Applications (ISPLC)*, Mar. 2007, pp. 413 - 418.
- [7] K. Park, "Implement of a Watt-Hour Meter Monitoring System using Powerline Communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 8, 2013, pp. 1143-1148.
- [8] K. Park and Y. Lee, "Implement of Watt-Hour Meter Monitoring System by Internet Map Based GUI using Power Line Communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 10, 2013, pp. 1435-1441.
- [9] V. Parthasarathy, S. Sakthivel, PA. Logeshwaran, R. Prabhakaran, and G. Kamalkannan, "Data Transmission and Public Addressing System Using Power line," *SSRG Int. J. of Computer Science and Engineering*, Special Issue, Mar. 2017, pp. 194-196.
- [10] J. Kim, "Development of an Operational MICOM for efficient Central Control of Public Address System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 325-329.

저자 소개

김석(Seok Kim)



1988년 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1990년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1996년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1996년~현재 건양대학교 의공학부 교수

※ 관심분야 : 아날로그 회로설계, 생체계측시스템

김대익(Dae-ik Kim)



1991년 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1993년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2002년~현재 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

※ 관심분야 : VLSI 설계, 저전력 회로설계