

# 전력선 통신 기반 HD급 미디어 전송 시스템 설계 및 성능 분석

논문
59-1-33

## System Design of High-Definition Media Transceiver based on Power Line Communication and Its Performance Analysis

김지형\* · 김관웅\*\* · 김용갑†  
(Ji-Hyoung Kim · Kwan-Woong Kim · Yong K. Kim)

**Abstract** - Due to a development of a modern technology as Power Line Communication(PLC) over 200 Mbps, the high-speed multi-media data transmission could be currently possible. The strength of the PLC has no more additional wiring work. PLC has also possible to high quality data transmission with currently electrical cable. It has a various strong point compare with existing wire and wireless communication technologies. In This paper we develop a high quality media transmitter-receiver based on merging the HomePlug AV, which is 200 Mbps class PLC technology and HDMI Interface technology. The video function was used for the VEDEO TEST GENERATOR in order to a property valuation. Smart Live 6 software were used for the assessment of audio property. As the result of measurement of the HD class images by capturing from the receiver of the PLC, the quality of images couldn't be confirm any deterioration, which has compared with original reflections. In case of audio part as the result of confirmation of the Phase, Magnitude, it has been confirmed that over 90% of normal transmission and receiving of acoustic signal. It can be possible to have HD class Media service through the PLC.

**Key Words** : PLC, Digital Signal, multimedia, HDMI, Digital Visual Interface

### 1. 서론

전력선통신(Power Line Communication, PLC)기술은 전력을 공급하기 위해 이미 존재하고 있는 전력선에 고주파 데이터 신호를 실어서 통신할 수 있는 네트워크를 구축하는 것을 가능하게 해주는 기술이다[1-4]. 전력선을 통신매체로 사용한다는 이론은 1970년대부터 있었지만 전송속도가 낮아 제어 신호를 전송할 수 있을 정도의 대역폭만을 가능케 했을 뿐이었다. 그러나 최근 PLC 기술의 발전으로 새로운 연산집중적인 알고리즘을 이용한 고속의 비용 효율적인 단일 칩이 구현되었다. PLC 기술의 발전으로 인하여 이 기술을 이용한 홈 네트워킹 기술도 함께 발전하였다[5]. 가정의 홈 네트워킹화는 아마도 컨슈머 기술 분야의 중요한 다음 번째 과제일 것이다. 음향기기, 영상기기 및 기타 멀티미디어 콘텐츠의 사용자들은 이러한 콘텐츠를 보장된 품질을 제공하는 고대역 네트워크를 통해 여러 장치들(PC, 게임기, Hi-Fi, 미디어 서버 등)을 서로 공유하고 싶어 한다. 하지만 무선 홈 네트워킹 기술들은 이러한 작업에 적합하지 않다. 무선기술은 네트워크 트래픽이 가볍고 한번에 물리는 경향이 있는 컴퓨터들 간에 인터넷 연결을 공유하기에 적합하

다. 그러나 HD(High Definition)급의 영상은 만족스러운 시청 경험을 제공하기 위해 보다 큰 대역폭과 예측 가능한 QoS(Quality of service)를 필요로 한다. 이러한 조건은 유선 매체만이 충족시켜줄 수 있다[6-9]. 또한 최근 콘텐츠 사용의 증가와 고속 인터넷 서비스의 발달로 가정용 네트워크 서비스의 필요성이 강조되고 있다[10]. 가정용 네트워크로서 전력선통신은 많은 장점이 있지만 다른 가전제품으로 인해 발생하는 신뢰성저하로 인한 실용화의 어려움을 본 연구에서는 가정내 단거리 소용량 저속데이터 통신에 전력선을 활용함으로써 통신선 포설에 대한 부담을 줄이고 실용성에 초점을 맞춘 디지털 신호 전송 시스템을 개발하고 다양한 전기기기를 사용하는 실험실 환경에서 실험을 행하여 성능을 확인하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 유선기술인 PLC를 이용한 네트워킹을 통해 멀티미디어 기기간의 공유와 네트워크내의 자원의 효율적인 사용에 대하여 제안한다. 또한 PLC 기반 디지털 신호를 PC에서 TV로 전송에 필요한 송·수신기 설계에 관하여 연구하였다.

### 2. 전송 시스템 설계 및 구현

#### 2.1 시스템의 구성

본 논문에서 설계하고자 하는 시스템은 전력선을 통신매체로 PC와 TV간의 네트워크의 구성으로 영상과 음성을 동시에 전송하는 시스템이다. 구성은 그림 1과 같다.

\* 준 회원 : 원광대 정보통신공학과 석사과정

\*\* 정 회원 : 한국원자력연구원 선임연구원 · 공석

† 교신저자, 정회원 : 원광대학교 교수 · 공박

E-mail : ykim@wonkwang.ac.kr

접수일자 : 2009년 8월 17일

최종완료 : 2009년 12월 9일

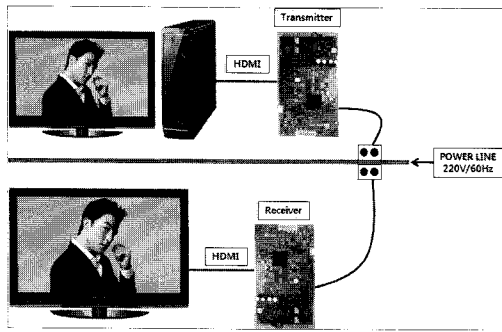


그림 1 시스템 구성도  
Fig. 1 System architecture

시스템의 대략적인 흐름은 그림 1과 같이 영상신호를 송신기에 입력해주면 송신기는 입력된 신호를 처리하여 전력선으로 보내준다. 수신측에서는 전력선에서 신호를 받아 수신기를 통해서 신호를 처리한 후 TV나 모니터로 출력해주는 형태이다. 송신기와 수신기는 TF-600-ACL PC-TV 칩과 AD9867BCPZ 모뎀칩, DVI/HDMI 컨트롤러를 채택하였으며 시스템의 송수신기는 각각 독립적으로 전원을 입력받아 동작하게 설계하였다. 디지털 신호 입력은 컴퓨터, 신호 출력은 모니터를 사용하였다.

PC-TV main chip(TF-600,630)은 인터넷상의 영상 콘텐츠를 활용하기 위한 목적으로 사용하여 PC나 DVD의 영상을 TV 혹은 모니터등의 영상 수신장치에서 시청할 수 있도록 하였다. MN1A94100은 파나소닉사의 제품으로 전력선 모뎀을 내장형으로 사용하기 위해 이 칩을 채택하였다.

PLC 전용칩 AD9867BCPZ는 Mixed-Signal Front End로 250MSPS의 속도로 통신하며, 10[bit]의 아날로그 디지털 변환(ADC)과, 디지털 아날로그 변환(DAC) 기능을 가지고 있으며 랜선 없이 Plug & Play가 가능하게 만들었다.

DVI/HDMI 컨트롤러(EP932E, EP9853)는 디지털 처리된 신호의 입력을 위해서 DVI (Digital Visual Interface)나 HDMI(High Definition Multimedia Interface)를 사용할 수 있게 해준다. HDMI 입력은 가전업체의 표준으로 자리를 잡아가는 중이며 개인용 컴퓨터와 디스플레이의 인터페이스 표준 규격인 DVI를 AV(Audio/Video) 전자제품용으로 변경한 것이며 Multimedia Device에서 하나의 케이블로 각종 멀티미디어기기를 연결하기 위한 전기적 신호, 핀 출력, 케이블, 커넥터 기구 에 대한 규격이다. 이름처럼 아날로그/디지털 비디오 신호뿐만 아니라 음성 신호와 HDCP(High bandwidth Digital Contents Protection) 신호까지 포함하고 있으며, 이 또한 이 블록에서 처리하여 비디오 드라이버로 보내진다[11]. 본 연구에서는 HDMI를 사용하기 위하여 이 칩을 채용했다. 송신기의 입력은 HDMI를 출력은 전력케이블을 사용하였다. 수신기는 이와 반대로 입력은 전력케이블을 출력은 HDMI를 사용하였다.

2.2 송신기 구성

디지털 신호를 전송하는 송신부의 블록도는 그림 2와 같다. 본 논문에서의 송신기는 ADC, MCU(Micro Controller Unit), EEPROM, DRAM, Flash Memory, PLC 전용칩, 멀

티미디어 네트워크 컨트롤러, DVI/HDMI Transmitter 등으로 구성되어 있다. 입력단인 HDMI로 디지털 신호가 입력이 되면 DVI/HDMI Transmitter를 통해 적절한 신호로 처리되어 PLC 전용칩으로 보내지고 전력선에 실어 보낼 수 있는 아날로그신호로 변환되어 전송 된다.

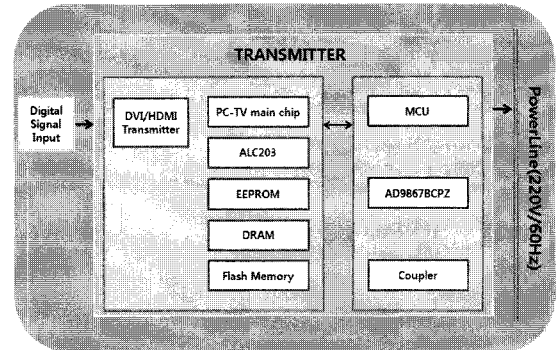


그림 2 송신기 다이어그램  
Fig. 2 Diagram of the transmitter

2.3 수신기 구성

디지털 신호를 수신하는 수신부의 블록도는 그림 3과 같다. 수신기는 DAC, MCU, EEPROM, DRAM, Flash Memory, PLC 전용칩, 멀티미디어 네트워크 컨트롤러, DVI/HDMI Receiver로 수신기와 비슷한 구조로 구성되어 있다. 전력선을 통해 입력된 신호를 PLC전용칩을 이용하여 재생 가능한 신호만을 분리하고 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. 변환되어진 신호를 DVI/HDMI Receiver로 전송하여 출력 가능한 신호로 처리한 후 모니터로 영상과 음성이 출력 된다.

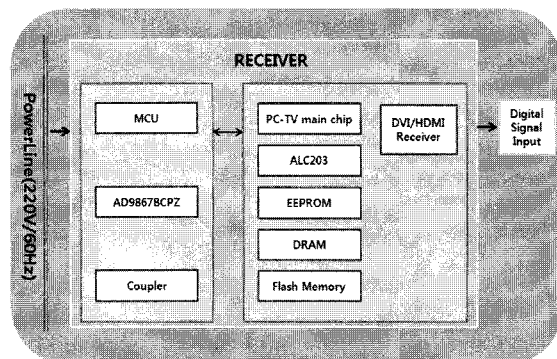


그림 3 수신기 다이어그램  
Fig. 3 Diagram of the receiver

2.4 설계한 송·수신기

그림 4는 본 논문에서 설계 제작하여 구현한 전력선통신 기반 디지털 신호 송신기 보드의 사진이며 그림 5는 디지털 신호 수신기 보드의 사진이다.

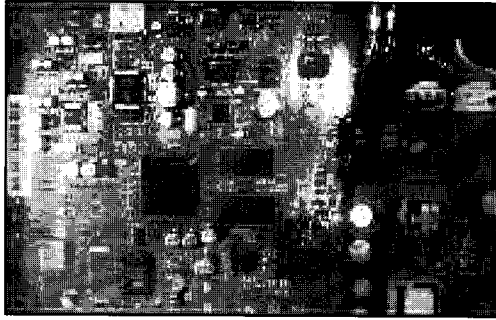


그림 4 구현된 송신부 보드  
Fig. 4 Implemented transmitter board

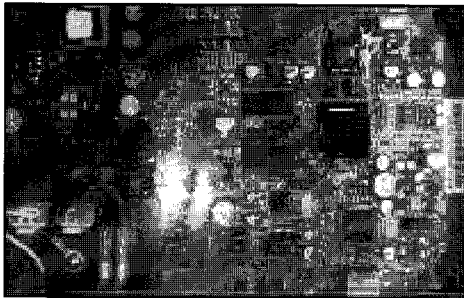


그림 5 구현된 송신부 보드  
Fig. 5 Implemented transmitter board

### 3. 실험 및 특성분석

본 논문에서는 설계한 시스템의 특성을 연구하기 위하여 신호분석과 영상분석, 음성분석을 실시하였다. 신호분석은 VIDEO TEST GENERATOR를 이용하여 측정하였으며, 송신측과 수신측의 영상을 캡처한 후 비교분석하는 방법으로 영상분석을 하였다. 또한 USBPre와 Smaet Live 6를 추가 구성하여 음성 신호 전송 특성을 연구하였다.

#### 3.1 신호분석

설계된 시스템의 신호를 분석하기 위하여 HDMI 인터페이스에 표준 신호를 인가한 후 통신의 유무를 확인하기 위해 VIDEO TEST GENERATOR를 이용하여 확인하였다.

그림 6은 VIDEO TEST GENERATOR를 이용하여 시스템의 신호 전송 오류를 측정된 것으로 오류 없이 통신이 이뤄지고 있음을 확인하였다.

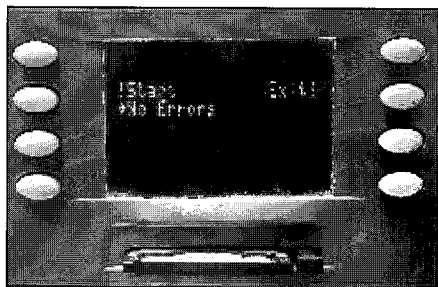


그림 6 구동방법에 따른 방전현상  
Fig. 6 Discharge Phenomena with Operating Property

#### 3.2 영상분석

본 논문에서 설계된 시스템의 영상 특성을 분석하기 위하여 두 가지의 신호원을 이용하여 재생한 후 캡처하여 캡처된 영상물을 비교하여 특성을 분석하였다. 표 1은 실험에 사용한 동영상의 해상도 및 특성을 비교한 것으로 SD급 영상물이며 비교를 위해 애니메이션과 동작이 많은 액션 영화를 채택했다. 아래의 그림 2는 실험에 사용한 영상의 PC와 전송된 영상을 캡처한 사진이다. 좌측의 사진은 PC측에서 전송되는 영상을 측정 한 것이고 우측의 사진은 전력선을 통하여 전송된 영상을 캡처한 것이다.

표 1 신호원 영상의 측정값  
Table 1 Measurement of reference signal

	피아노의숲	분노의질주
해상도	720x400	720x288
비트전송률	448kbps	129kbps
프레임 속도	23프레임/초	25프레임/초
데이터 속도	1785kbps	1861kbps

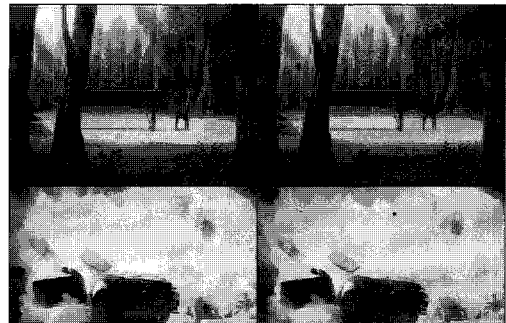


그림 7 PC영상캡처(좌)와 PLC영상캡처(우)  
Fig. 7 PC video capture (left) and the PLC video capture (right)

그림 7의 사진은 표 2와 같은 특성을 갖는다. 표에서 보는 것과 같이 PC에서의 영상과 PLC를 이용하여 전송한 영상은 같은 특성을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

표 2 캡처한 영상의 측정값  
Table 2 Measurement of Captured images

	너비/높이 (픽셀)	해상도 (수평/수직)	비트 깊이	프레임수
피아노의숲(pc)	720/400	96/96 (dpi)	24	1
피아노의숲(plc)	720/400	96/96 (dpi)	24	1
분노의질주(pc)	720/288	96/96 (dpi)	24	1
분노의질주(plc)	720/288	96/96 (dpi)	24	1

### 3.3 음성분석

설계된 시스템의 음성 특성을 분석하기 위하여 USBPre와 SmartLive를 추가 구성하여 측정하였다. 실험을 진행함에 있어 무향실이 아닌 일반실험실에서 실험을 수행하였기 때문에 기기들과의 연결 상태 및 장비들에 의한 잡음, 전력선통신에서 발생하는 잡음들이 발생하였다. 실험의 구성도는 그림 8과 같다

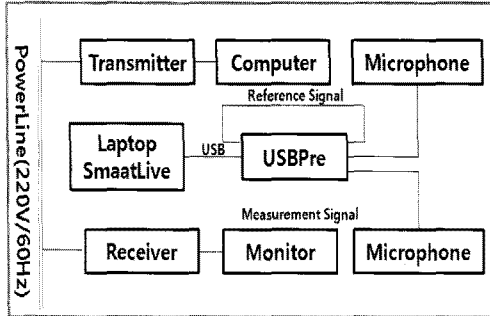
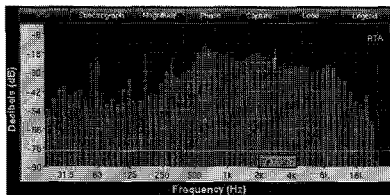
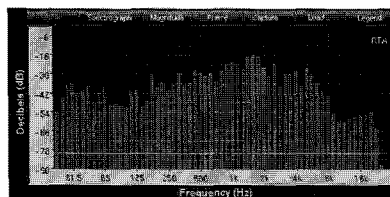


그림 8 음성 분석 실험 구성도  
Fig. 8 Experiment diagram of the sound analysis

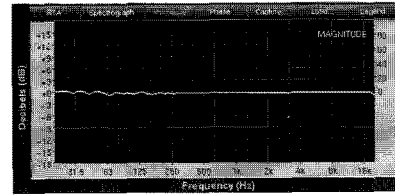
USBPre 외장 사운드 카드는 원신호와 전송된 신호를 비교분석하기 위한 장비이다. 실험방법은 다음과 같이 실행하였다. 먼저 컴퓨터에 연결된 스피커와 수신기에 연결된 모니터에 각각의 Microphone을 설치한다. Smart Live 6가 실행되고 있는 노트북과 USBPre를 이용하여 컴퓨터에 출력되는 음성신호를 Microphone을 통해, USBPre로 입력시켜주고 출력단자를 이용하여 하나는 설계된 시스템의 특성을 파악하기 위하여 송신기로 신호를 다른 하나는 순수한 Reference 신호를 위하여 USBPre의 입력단자로 Loop Back 시킨다. 송신기로 송신된 신호와 전력선을 통해서 수신기로 보내진 신호가 Microphone을 통해 다시 USBPre의 입력단자로 입력된다. 이러한 실험 구성을 통해 컴퓨터에서 보낸 신호 하나는 기준이 되는 Reference 신호가 되고, 또 다른 신호는 설계된 시스템을 측정하기 위한 Measurement 신호가 되어 두신호의 특성을 비교 분석 하였다.



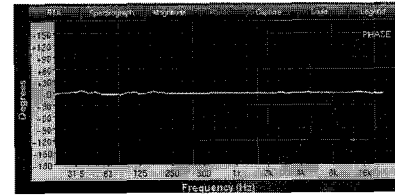
(a) Pink noise(PC)



(b) Pink noise(PLC)



(c) Magnitude



(d) Phase

그림 9 음향 신호 스마트라이브 분석  
Fig. 9 Sound signal analysis using Smart Live

그림 9는 Smart Live 6를 실행하여 각각의 특성을 분석한 결과이다. (a)는 PC에서 핑크노이즈를 발생시켜 스피커로 출력되는 신호를 측정된 것이고, (b)는 전력선통신을 이용하여 전송된 핑크노이즈 신호를 측정된 것이다. 무향실이 아님을 감안할 때 이 두가지의 측정값은 60[Hz] 대역에서 발생한 잡음과 다른 요인에 의해서 발생한 잡음을 제외 하곤 신호가 정상적으로 송수신 된다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 전력선에 의해 발생하는 잡음은 일반적인 스피커의 재생 주파수가 보통 120[Hz]~20[Hz]이기 때문에 신호를 출력 할 때에는 크게 문제가 되지 않는다. 하지만 서브우퍼와 같은 고급스피커 등으로 홈씨어터를 구성할 시 문제가 될 소지가 있으므로 고려해 봐야 할 문제이다. (C)와 (d)는 위상과 주파수 응답특성에 관하여 측정된 것이다. 위상은 0를 유지하고 주파수 응답특성은 0[dB]를 유지하여 훌륭한 위상과 주파수 특성을 나타내고 있다. 또한 주파수 응답 특성은 원신호와 거의 유사한 신호임을 확인할 수 있었다.

설계된 시스템에서 오디오 신호에 발생하는 60[Hz]의 노이즈 레벨은 신호 자체가 매우 낮기 때문에 위상, 주파수 응답을 측정할 때에 거의 확인되지 않았으며, 음향 신호 분석 그림에서 확인되는 다른 주파수대의 잡음들은 실험 측정을 위해 구성된 기기 및 측정장비에 의해 발생하는 잡음으로 확인하였다. 시스템의 음향 신호 특성 분석 결과 송수신이 90[%]이상으로 정상적인 신호의 입출력이 이루어지고 있음을 확인하였고, 전력선에서 발생하는 잡음과 다른 기기들의 잡음들의 특성을 확인하였다.

### 4. 결 론

본 논문은 전력선을 통신매체로 이용할 때 디지털 기기들이 가지고 있던 문제점을 해결하기 위하여, HomePlug AV와 HDMI 인터페이스 기술을 융합한 HD급 고품질 미디어 송·수신기를 설계하고 그에 따른 특성을 연구 하였다. 본 연구에서 설계한 송·수신기는 VIDEO TEST GENERATOR

를 이용하여 측정해본 결과 디지털 영상과 음성을 오류 없이 전송 되는 것을 확인하였으며, 영상의 해상도 측정 및 Smart Live 6 측정 결과 90% 이상으로 정상적인 신호의 송수신이 이루어짐을 확인하였다. 이로 인해 기존 시스템이 가지고 있었던 기기간의 멀티미디어 콘텐츠 공유, 추가설치 비용 증가 및 비 친화적인 인테리어의 문제점을 해결하고 방안을 제시하였다.

**감사의 글**

본 논문은 중소기업청 시행 2009년도 산학연 공동 기술개발 사업 지원에 의해 작성되었습니다.

**참 고 문 헌**

[1] George Jee, Ram Das Rao, and Yehuda Cern, "Demonstration of the technical viability of PLC systems on medium- and low-voltage lines in the United States," IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 5, pp.108-112, 2003

[2] Su-Bin Lim, "High speed PLC Home Network Solution", Korea Information and Communications Society, pp.35-42, 2006.

[3] Ho-Soo Kim, Myung-Sub Lee, Kyung-Wan Koo, Sang-Ok an, "Analysis of Sound Transmitting System using Power line Communication Technique", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 18, No. 3, pp.128-134, 2004.

[4] <http://www.xeline.com/PLC Technology>.

[5] Weilin Liu, Hanspeter Widmer, and Philippe Raffin, "Broadband PLC access systems and field deployment in European power line networks," IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 5, pp.114-118, 2003.

[6] "전력선 이더넷 네트워크 이용한 HD 비디오", 전자엔지니어 2008.

[7] Dostert, Klaus, Powerline Communications, Prentice Hall PTR Pub, 2001.

[8] Ji-Yong Jeong, Gil-Su Kim, Seung-Hoon Oh, Kyu-Young Kim and Soo-Won Kim, "The Wide Input Range Automatic-Threshold Control Circuit for High Definition Digital Audio Interface", IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS 2007), pp.2558-2561, 2007.

[9] P. Corcoran, A. Cucos, 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.

[10] Hyung-Hoon Kim, Ubiquitous, Ohm Pub, 2005.

[11] "High-Definition Multimedia Interface Specification Version 1.3", 2006.

[12] SmartLive manual.

**저 자 소 개**



**김지형 (金志亨)**

1983년 1월 24일생. 2008년 2월 원광대학교 공대 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2008년 현재 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정  
Tel : 063-850-6695  
Fax : 063-857-6074  
E-mail : rlawlgud6212@nate.com



**김관웅 (金觀雄)**

1996년 전북대학교 전자공학과 졸업(학사). 1998년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 2006년~2008년 원광대학교 전기전자공학부 전임강사. 2009년~현재 한국원자력연구원 선임연구원  
Tel : 042-868-8747  
Fax : 042-868-8045  
E-mail : kwkim@kaeri.re.kr



**김용갑 (金鎔甲)**

2000년 노스캐롤라이나대학 대학원 졸업(공학박사). 2003년~현재 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수. 2006년~현재 원광대학교 Post-BK21 사업단(팀)장  
Tel : 063-850-6695  
Fax : 063-857-6074  
E-mail : ykim@wonkwang.ac.kr