

# 임베디드 시스템을 이용한 스마트 홈 전력 모니터링 시스템

김우성<sup>1</sup>, 박경진<sup>1\*</sup>, 박상조<sup>2</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 컴퓨터공학부, <sup>2</sup>호서대학교 글로벌창업학

## Power Monitoring System of Smart Homes using Embedded System

Woo-Sung Kim<sup>1</sup>, Kyeong-Jin Park<sup>1\*</sup>, Sang-Cho Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Engineering, Hoseo University

<sup>2</sup>Global entrepreneurship, Hoseo University

**요약** 본 논문에서는 블루투스 통신이 가능한 스마트 전등 스위치를 이용하여 안드로이드 스마트 폰을 이용한 전등 스위치 원격 제어를 구현 하였다. 스마트 전등 스위치는 임베디드 보드와 무선 통신을 이용하여 데이터를 송/수신하여 임베디드 보드에서 데이터를 종합 수집, 가공 하여 이 데이터를 다시 스마트폰과 무선통신을 이용하여 데이터를 송/수신 한다. 임베디드 보드를 게이트웨이로 이용함으로써 추후 추가 될 수 있는 센서들의 유연성을 보장 하였다. 이는 현재 신축 아파트 및 건물에서 서비스 중인 기능이지만, 이를 지원하지 않는 기존 가정에서도 스위치만 교환하여 사용이 가능하므로 사용자의 편의성과 시스템의 유연성을 보장한다.

**Abstract** A 'Light switch remote control' was made with an android smartphone and a smart light switch, which can use wireless communication on this paper. A smart light switch uses an embedded board and Bluetooth communication to receive and transmit data, and it receives and sends data again with a smartphone and wireless communication. This study used the flexibility of sensors that could be added later to utilize the embedded board as a gateway. This skill is being serviced now in a new apartment and building. On the other hand, existing households that do not support this skill can use it if they change only the switch. In conclusion, this system ensured user convenience and flexibility of system.

**Key Words** : Bluetooth, Power control, Standby power

### 1. 서론

오늘날 스마트홈 시대의 가정에서는 거실에 앉아있는 상태에서도 집안의 환경을 제어하거나 모니터링을 할 수 있는 시대이다. 스마트 TV를 모니터링 하여 현재 가전기기의 동작이라든지 사용현황을 알 수 있으며, 원격으로 제어도 가능하다. 또한 이런 대부분의 가전 기기들은 사용하지 않는 상태에서 단지 플러그만 연결되어 있어도 전력을 소모하게 되는데 이를 대기전력(Standby Power)이라고 한다. 기기의 작동 여부에 관계없이 전원플러그를 콘센트에 꽂아두는 것만으로 소비되는 탓에 전기흡혈

귀(Power Vampire)라고도 한다. 특히 오디오나 TV제품의 경우 리모컨이나 시간 예약기능이 추가되어 대기 시 전력이 지속적으로 소모하게 되므로 에너지 효율 향상과 대기전력 절감 필요성이 더욱 대두되었으며, 제조업체들의 절감 노력은 필수적으로 수행되어야 하는 부분이다. 실제로 대기전력으로 인해 소모되는 전력량은 가정 전체 전력 사용량의 약 10%를 차지하고 있어, 이를 인지하여 대기전력을 줄일 수 있는 시스템 개발이 시급한 실정이다[1,2].

하지만 이러한 대기전력을 줄이기 위한 노력은 일부

본 논문은 2013년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임 (2013-0044)

\*Corresponding Author : Kyeong-Jin Park(Hoseo Univ.)

Tel: +82-10-4228-3523 email: kjp109@naver.com

Received May 21, 2014

Revised July 4 2014

Accepted August 7, 2014

회사나 공장, 기업, 점포 등의 공인된 가게에서만 행해지며 가정에서는 찾기가 어렵다. 현재 가정에서 사용 중인 대기전력 차단 방법으로는 멀티 콘센트의 절전 버튼이나 타이머 콘센트 값비싼 인공지능형 콘센트가 있다. 하지만 이러한 대기전력을 차단하기 위한 콘센트도 사용자가 직접 관리를 해야 동작이 가능하다.

현재 신축되는 건물의 경우엔 가전기기를 제어할 수 있도록 설계되며 이러한 시스템을 기존의 건물에 도입하기에는 비용이 많이 소요되고 공사를 해야 하는 단점이 있다.

본 논문에서 이러한 대기전력의 소모와 사용자의 편의성을 추구하고자 원격으로 콘센트 및 전등을 제어할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 기존의 콘센트는 사용자가 직접 콘센트의 On/Off를 시키거나, 타이머를 조절하는 등의 직접적인 제어만 가능하였으나, 무선 원격으로 이러한 작업을 모니터링하며 제어하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 대기전력 지원의 필요성

2011년 기준 국내 17,860,000가구 이상이 네트워크를 사용하고 있으며, IPTV, 인터넷 전화, E-러닝, WEB-2.0 등 IT 융합 서비스가 본격화됨에 따라 네트워크 데이터 트래픽은 증가할 것으로 예상된다. 특히 따로 전원 관리를 해주지 않는 이상 항상 가동되고 있는 홈 게이트웨이, 셋톱박스 등의 특성상, 주 평균 인터넷 사용시간 13.7시간인 인터넷 사용형태는 가정 네트워크 장비 가동 시간 중 80% 이상을 불필요하게 전력을 낭비하고 있는 것이다[3,4].

현재 상태로 국내가정의 네트워크 기기의 소비전력을 예상하면 Table 1과 같이 가입자 PC, 홈 게이트웨이, 라우터, 스위치를 합하여 2008년 10.5억 kWh로 추정되며, 특히 홈 네트워크 시장은 2008년 80만대 이상 성장함에 따라 2025년 약 26억 kWh의 전력을 소비할 것으로 예상된다. 그러나 홈 게이트웨이 및 홈 네트워크기기에 대기모드를 적용하면 20억 kWh 미만으로 소비전력을 절감할 수 있다[5].

이에 따라 각국 전력회사들은 다양한 전력정책을 수립하거나 관련 기술을 연구 중에 있으며, 일부 국가는 이미 기본 정책을 시행하고 있으나 대체로 중장기적인 계획이다[6,7].

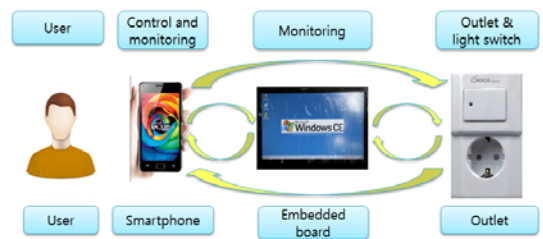
[Table 1] The scenario of a special system

Division	Unit (stand unit: thousand)	2025 year expend consume electric power (kWh/year)	On mode (electric power/hour)		Stand by mode (electric power/hour)		2025년 Stand by mode application (kWh/year)
home gateway	4,500	985,500,000	10	16	2	8	722,700,000
Router	1,000	438,000,000	20	12	6	12	284,700,000
Switch	1,800	591,300,000	15	12	6	12	413,710,000
Set Top Box	1,840	567,144,000	14	18	2	6	443,256,000
Sum		338,679 one million won					259,817 one million won

### 2.2 전체 시스템 구성

본 논문에서 IR모듈을 사용 하지 않은 이유는 IR모듈은 적외선 장치로써 직접적으로 수신부에 명령을 내리지 않으면 관리를 할 수 없다. 하지만 블루투스 통신을 사용하면 전파의 방해로 신호의 거리가 줄어들기는 하지만 대체로 집안 내부에서의 통신이 불가능하지는 않기 때문에 블루투스 장비를 선택하게 되었다. 블루투스 장비가 통신할 수 있는 거리는 집 안내 정도의 거리이다.

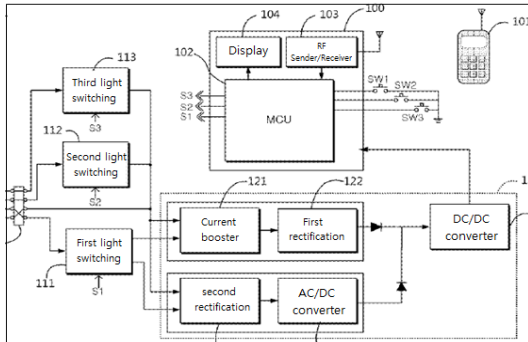
사용자는 자신의 스마트기기의 블루투스 통신을 이용하여 콘센트 및 전등 스위치를 제어 할 수 있다. 먼저 설치되어 있는 콘센트와 전등 스위치는 스마트폰 어플리케이션을 통하여 위치, 이름, 비밀번호 등의 정보에 대한 데이터를 저장하며, 사용자는 현재 어떤 콘센트 및 스위치 모듈을 제어 할지 정하며, 선택한 모듈에 대해 모니터링 및 제어를 할 수 있다. 데이터를 송·수신함에 있어 임베디드 보드에서는 데이터를 수집하게 된다. 저장된 데이터를 디스플레이에서 모니터링 할 수 있으며, 추후에는 데이터 통계를 확인 할 수 있도록 할 예정이다. Fig. 1은 전체적인 시스템의 시나리오이다.



[Fig. 1] System scenario

### 2.3 콘센트 내부의 회로도

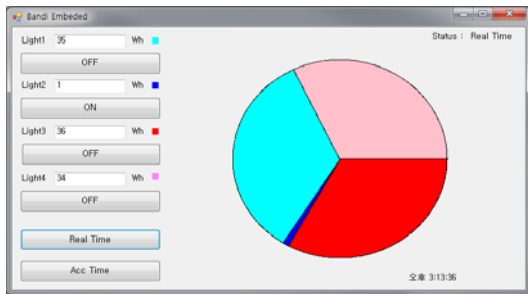
기존의 연구는 RF 신호를 송·수신하여 모듈과 RF 리모컨을 이용하여 모니터링 및 제어를 하였다. Fig. 2는 콘센트 및 전등 스위치 내부의 회로도를 나타낸다. RF 송·수신부는 RF 리모컨으로부터 신호를 수신받기 위한 최소한의 전력으로 구동되며 신호가 오면 MCU(Micro Controller Unit)에서 신호를 처리하게 된다. AC/DC 컨버터를 통하여 데이터 신호를 변환하고 각각의 콘센트 내부의 교류전원으로부터 직류전원으로 공급하게 되며, 이는 전류부스터의 다수 트랜스(Trance)로부터 작동이 된다[8].



[Fig. 2] RF switch controller circuit diagram of the power supply

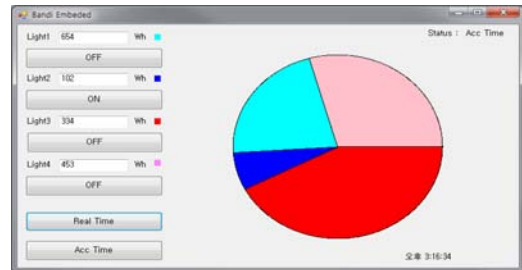
### 2.4 임베디드 보드 설계 및 구현

임베디드 보드는 mango100 보드에 WinCE 6.0 버전을 설치하여 테스트하였다. mango100 보드에서 수신된 데이터를 실시간 및 누적 데이터를 보기 위해 웹 서버의 DB에 수신된 데이터를 축적하였다. 보드에서도 스마트폰과 마찬가지로 제어 및 모니터링이 가능하게 구현하였다.



[Fig. 3] In Real Time Electric Energy Display

현재 Fig. 3의 좌측 하단에 있는 Real Time 버튼을 선택하여 실시간 전력량을 보여주는 화면이다. Fig. 3에서 보면 테스트한 센서 4개의 값이 각각 전송되어 왔고 이를 가공하여 사용자가 모니터링하기 편하도록 원형차트를 이용하여 실시간 전력량을 표현하였다. 좌측에는 스위치 ID와 전력량, ON/OFF 버튼, 그리고 원형 차트에 표시되는 색을 표시해두어 사용자가 보기 편하도록 구성하였다. 각각 ID가 부여된 스위치의 전력량을 숫자 형으로 표현하여 전력량을 보여주고 ON/OFF 버튼은 현재 전등의 상태에 따라 스위치가 점등되어 있으면 OFF 버튼을 눌러 소등할 수 있도록 표시했다.



[Fig. 4] Accumulative Electric Energy Display

마찬가지로 화면 좌측하단에 있는 Acc Time 버튼을 누르면 지금까지 사용한 누적 전력량을 보여준다. 아직 따로 기간별 누적 사용량을 나타내지는 않았으며 화면에 나오는 누적 전력량은 테스트했던 전체 시간의 누적 전력량을 보여주는 결과 화면이다.

### 2.5 어플리케이션 설계 및 구현

안드로이드 어플리케이션을 구현하기 위해 Eclipse Java EE IDE for Web Developers 프로그램에 안드로이드 플러그인을 설치하여 제작을 하였다. 본 어플리케이션의 제작에 사용된 안드로이드 버전은 2.3.3(진저브레드)으로 현재 주로 사용되고 있는 4.0버전 이상에서도 무리없이 구동되는 것을 확인하였다.

본 어플리케이션의 테스트를 위해 사용된 기기는 갤럭시S(SHW-M110S)와 갤럭시S3(SHV-E210S)이로 각각에 설치된 안드로이드 OS 버전은 2.3.3(진저브레드)와 4.1.2(젤리빈)이다. 어플리케이션 제작과정 중 두 기기를 모두 사용하여 테스트함으로써 향후 버전에 따른 충돌을 최대한 줄이고자 하였다.

### 2.5.1 어플리케이션 메인화면 구성

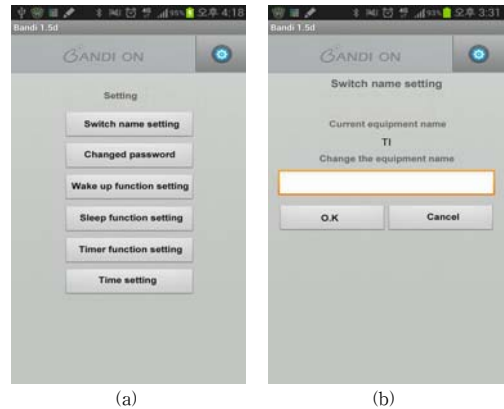
어플리케이션의 메인화면은 Fig. 5와 같다. 가장 눈에 띄는 원모양의 아이콘은 현재 연결되어있는 스위치 및 콘센트의 On/Off상태를 보여주고 있다. Fig. 5(a)같은 경우엔 스위치 3개가 전부 Off가 되어있는 상태이며, Fig. 5(b)같은 경우엔 1번 스위치만 Off되어 있는 상태고 나머지 2번 스위치와 3번 스위치는 On으로 되어있는 상태이다. 그리고 오른쪽의 버튼 컨트롤을 확인하면 방법, 기상, 취침, 외출, 타이머 기능이 있다. 방법 기능은 일정시간마다 전등이 점등되었다가 소등되는 기능이고, 기상 기능은 정해진 시간에 자동으로 점등 되도록 하며, 취침 기능은 정해진 시간에 자동으로 소등 되도록 한다. 타이머 같은 경우는 점등시간과 소등시간을 정하여 정해놓은 시간 동안 사용을 할 수 있도록 한다. 그리고 화면의 오른쪽 상단에 있는 톱니바퀴모양의 아이콘을 클릭하게 되면 환경설정 모드로 들어갈 수 있다.



[Fig. 5] Application main display  
(a)Main Display (b)Display On-Mode

### 2.5.2 모듈 이름 및 비밀번호 설정

Fig. 6(a)는 환경설정 모드의 화면이다. 환경설정에서는 스위치의 이름, 비밀번호가 변경 가능하며 기상, 취침, 타이머 등의 시간을 설정할 수 있다. 여기서 스위치 이름 설정에 들어가게 되면 Fig. 6(b)와 같은 화면이 나온다. 스위치의 이름을 설정하는 이유는 설치된 다수의 스위치 및 콘센트 모듈 중 하나를 선택하여 제어를 할 때, 어떤 모듈을 선택할지 구분을 하기 위함이다. 먼저 기존의 명시된 이름을 자신이 변경할 이름으로 변경을 하게 되면 콘센트 내부의 MCU에서 ID가 등록이 되어 원격 모니터링을 하게 되면 각각의 모듈 이름을 확인 할 수 있다.



[Fig. 6] Setting mode display  
(a) Setting (b)Switch name Setting

### 2.6 데이터 메시지 구조

어플리케이션과 디바이스간의 데이터 통신은 메시지 구조로 전달한다. 스마트폰 어플리케이션에서 데이터를 콘센트 및 전등 스위치에 전달하게 되면 수신된 모듈에서는 상태를 응답하게 된다. 아래 Table 2는 어플리케이션에서 디바이스 모듈로 전송되는 메시지 구조이며, Table 3은 디바이스 모듈에서 어플리케이션으로 응답하는 메시지 구조이다[9].

[Table 2] Application calls to the device

Order	Section	Lenth (byte)	Value
1	HEADER	1	0x5B
2	COMMAND	1	0x50
3	PARAMETER LENTH	1	0x01
4	PARAMETER 1	1	0xXX
5	CHECK SUM	1	0x5X
6	TAIL	1	0x5D

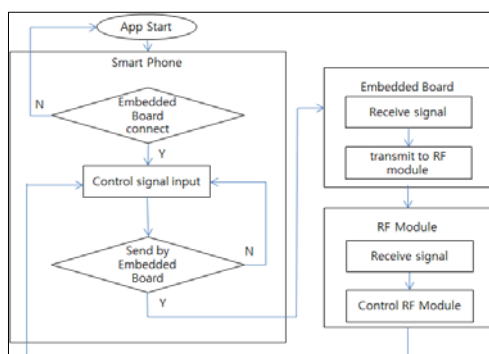
[Table 3] Device response to the application

Order	Section	Lenth (byte)	Value
1	HEADER	1	0x7B
2	COMMAND	1	0x50
3	PARAMETER LENTH	1	0xXX
4	PARAMETER 1	1	0xXX
5	CHECK SUM	1	0xXX
6	TAIL	1	0x7D

### 2.7 RF콘센트, RF 전등 스위치 제어

우선 Eclipse와 ADK를 활용하여 안드로이드용 제어 프로그램을 제작하였다. 제작시 임베디드 보드와의 통신

을 위하여 3G/WiFi 통신이 가능하게 제작하였고, 임베디드 보드로 제어 값을 전송해 임베디드 보드에서 다시 RF 콘센트와 RF 전등 스위치로 제어 값을 전송하는 방법을 선택하였다. 스마트폰의 3G 통신을 이용함으로써 국내라면 장소에 제한 없이 3G가 가능한 지역 어디서든 서버를 통해 임베디드 보드와의 통신이 가능하다는 장점이 있다.



[Fig. 8] The performance of a specific algorithm applied techniques

Fig. 8은 시스템의 제어 순서를 보여주는 알고리즘이다. 스마트폰 어플리케이션에서 임베디드 보드와의 통신 접속을 한 뒤 제어 신호데이터를 송신한다. 여기서 스마트폰과 임베디드 보드와 통신은 3G 또는 Wifi 통신으로 접속한다. 임베디드 보드에서 스마트폰 및 RF 리모컨으로부터 데이터 메시지를 수신하고, 임베디드 보드는 수신된 데이터 메시지를 처리하여 각 ID에 해당하는 RF 콘센트, RF 전등 스위치를 다시 검색하여 연결을 한 후, 제어 값을 송신한다. 임베디드 보드에서 데이터 메시지가 각 지정된 모듈에 전송이 되면 모듈에서는 RF 또는 블루투스 수신 모듈에서 인식되어 MCU를 거쳐 컨버터를 통해 메시지가 처리되며 동작된다. 모듈에서는 수신된 데이터를 일괄적으로 처리 한 후 다시 임베디드 보드 및 RF 리모컨이나 스마트폰으로 응답 메시지를 보내게 된다. 응답 메시지는 각 모듈에서 처리된 데이터를 다시 사용자에게 알리기 위한 메시지로 사용자가 전송한 데이터 처리가 잘 되었는지 확인을 할 수 있다.

### 2.8 콘센트 및 전등 스위치 모듈 구현

콘센트와 전등 스위치의 모듈은 Fig. 9과 같다. 각각의 모듈은 원격으로 ID 및 패스워드를 기본적으로 셋팅을 하고 제어를 할 수 있다. 기존의 가정에서 사용되는 콘센

트 및 전등 스위치와 모습이 크게 다르지 않으며 On/Off 형식의 버튼이 아닌 누르는 스위치 형식으로 구성되어 있으며, 기존 가정의 콘센트 및 전등스위치를 제거 한 후 Fig. 9의 각 모듈을 설치하기만 하면 언제든지 사용이 가능하다.



[Fig. 9] Outlet and light switch module

처음 사용자는 콘센트 및 전등 스위치 모듈을 각각 설치 하게 된다. 설치 후 RF 리모컨 및 스마트폰의 어플리케이션을 블루투스 연결을 시도하면 대기모드에 진입하게 된다. 대기모드 중 콘센트 및 전등 스위치에서 버튼을 누르게 되면 모듈에서 RF 리모컨 및 스마트폰으로 ID와 함께 데이터 메시지가 전송된다. 사용자는 전송받은 메시지를 확인하여 설정모드에서 모듈의 ID 및 패스워드를 지정하게 되며, 추가로 보조 기능(취침, 기상, 타이머 등)을 설정할 수 있다. 사용자가 설정한 기능은 다시 모듈로 전송이 되어 모듈에 탑재되어 있는 MCU에 저장이 되며, 각 저장된 데이터에 따라 가동된다. 원격으로 전등을 제어 할 수 있으며 같은 방법으로 블루투스 통신을 이용하여 스마트폰으로도 제어가 가능하다.

## 3. 결론

본 논문에서는 블루투스 통신이 가능한 스마트 전등 스위치 및 콘센트를 이용하여 스마트 홈 시스템을 더 넓은 범위로 적용시킬 수 있도록 제안하였다. 신축 건물이 아닌 기존 가정에 스마트 홈 시스템을 설계하려면 매우 복잡한 전선공사를 통한 시스템 구축을 하는데 반해 본 논문에서 제안하는 시스템을 사용하면 전등 스위치 교환만으로도 가정에서 사용하는 전등을 보다 편리하게 제어



할 수 있게 도와준다. 또한 무선 시스템이므로 별도의 선을 사용할 필요가 없으며 모듈의 추가나 업데이트도 편리하다. 사용자가 따로 설정하지 않아도 집안 블루투스가 도달하는 위치 어디서든지 설정을 변경할 수 있어서 일반 IR 모듈이나 RF 모듈 등을 이용한 장비보다 더 편리하게 제어를 할 수 있다.

향후 연구 과제는 스마트 전등 스위치뿐만 아니라 스마트 콘센트에 기능을 추가하여 각 기기별 전력량 및 전원 제어를 가능하게하며 전력량을 더 세밀하게 모니터링할 수 있도록 구현하는 것이다. 하루 평균 사용량과 시간별, 월별 등의 전력량 데이터를 실시간으로 확인할 수 있다면 좀 더 효율적인 관리를 할 수 있으며, 가정 내에서 뿐만 아니라 빌딩이나 공장, 점포, 야외 등에서도 활용이 가능할 것이다.

## References

- [1] Comterman[Internet], "Reduce the standby power switch outlets, installation is easy, but so difficult to come by", <http://comterman.tistory.com/387>.
- [2] J.P. Ross, Alan Meier, "Whole-House Measurements of Standby Power Consumption", In Proceedings of the Second International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances, Naples(Italy):Association of Italian Energy Economics(Rome), September 2000, LBNL-45967.
- [3] Korea Communication commission(Operators reporting data). 2011
- [4] Korea power exchange "Penetration and household appliances power consumption Survey Report", 2011
- [5] Soo-hyung Cho, Sang-hak Lee, Dae-hwan Kim, "A Development of Home Fateway System supporting Standby Power", Korea Computer Congress collection of dissertations Vol.37, No.1(D), 2010
- [6] J.Heo, CS. Hong, SB. Kang, SS. Jeon, "Standby Power Control Architecture in Context-Aware HomeNetworks," lecture Note in Computer Science. vol. 4773, pp.515-518, October, 2007.
- [7] Mcgary L., "The Standby Power Challenge," Proceedings of IEEE AGEC 2004, pp. 56-62, January,2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/AGEC.2004.1290867>
- [8] Tae-hwan Lim, "Power Supply Apparatus for RF Switch Controller of Lamp", Korea Institute of Patent Information, 2011, June
- [9] Soo-hong Sin. "Smart Electric Power Control system

using RF Communications" School of Computer Engineering, 2012

### 김 우 성(Woo-Sung Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 서강대학교 컴퓨터공학 박사
- 1984년 2월 ~ 1987년 2월 : 한국전자통신연구원 연구원
- 1999년 2월 ~ 2000년 3월 : 미국 Univ. of Washington 연구 교수
- 1987년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

멀티미디어, 모바일시스템, 센서응용

### 박 경 진(Kyeong-Jin Park)

[정회원]



- 2012년 2월 : 호서대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 호서대학교 일반대학원 컴퓨터공학 (공학석사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 디지캡 사원 근무

<관심분야>

정보통신, 센서네트워크, 컴퓨터공학

### 박 상 조(Sang-Cho Park)

[정회원]



- 1985년 8월 : 호서대학교 통신공학 학사
- 1997년 1월 ~ 2013년 3월 : (주)다우인큐브 대표이사
- 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 호서대학교 컴퓨터공학 박사
- 2007년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 글로벌창업학 전공 교수

<관심분야>

기술창업, 기술화사업화, 기술 가치 평가 및 기업M&A