

Zigbee 통신 기반 스마트 멀티탭 시스템 구현

이정혁*, 김상현*, 오창세*, 서민석*, 김영돈**, 박현주°

Implementation of Smart Multi-tap System based on Zigbee Communication

Jung-Hyuck Lee*, Sang-Hyun Kim*, Chang-Se Oh*,
 Min-Seok Seo*, Young-Don Kim**, Hyun-Ju Park°

요약

본 논문에서 소개하는 스마트 멀티탭은 스마트폰으로 서버 PC를 통해 제어되는 전자기기이다. 네트워크 망에서 동작하는 스마트 멀티탭은 기존 멀티탭에 무선통신 프로토콜인 Zigbee 통신 모듈을 내장시켜서 사용자가 홈서버를 통해 원격에서 가전기기의 전원을 제어할 수 있게 한다. 게이트웨이의 역할을 하는 홈 서버는 인터넷을 통해 스마트 기기와 연결되어 있다. 본 논문의 최종 결과물을 통해 사용자는 스마트 기기로 멀티탭의 ON/OFF 상태정보를 확인하고 즉시 제어를 하거나 사용자가 원하는 시간에 맞춰 제어를 할 수 있다. OFF시에는 SSR모듈로 전기가 지나가는 통로를 막기 때문에 스마트 멀티탭을 구동하는데 드는 미량의 전력 소모(2watt) 이외에 모든 대기전력이 차단된다. 이를 통해 전기에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

Key Words : Internet of Things, Home network, Zigbee communication, Remote control, power strip

ABSTRACT

Smart Multiple-Tap to be introduced in this paper, is an electronic device that controls the Multiple-Tap through the Smartphone. It runs on network and has an inbuilt Zigbee communication module. Thus, users can control home devices from remote through home server. Mentioned home server is operated as a gateway and is connected with smart devices on the Internet. To sum up, Users using this Smart Multiple-Tap can check the state information of the multi-tap ON/OFF and can control immediately by smartphone. also, Smart Multiple-Tap perfectly shut down the standby power. when users turn off each of the Smart Multiple-Tap's circle, It drives automatically lowest electricity-consuming mode and shut down the standby power by its own built-in SSR module. therefore, it will bring the energy saving effect on environment using Smart Multiple-Tap.

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 산학협력 특성화 지원 사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2014-(H0806-14-1002))

** 본 연구는 2012년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받아 수행되었음.

• First Author : Graduate School of Inforamation & Communications, Hanbat University, holysing@naver.com, 학생회원

° Corresponding Author : Graduate School of Inforamation & Communications, Hanbat University, phj@hanbat.ac.kr, 정회원

* 한밭대학교 정보통신전문대학원, {sangmaz, atan925}@naver.com, msseo@hanbat.ac.kr

** 한밭대학교 정보통신전문대학원, maya999@krpost.net, 정회원

논문번호 : KICS2014-05-214, Received May 31, 2014; Revised July 8, 2014; Accepted September 24, 2014

I. 서 론

최근 이동전화와 PC, 인터넷이 결합된 스마트폰의 보급으로 삶의 방식이 획기적으로 변화하고 있다. 기존에 컴퓨터에서만 접속할 수 있었던 인터넷이 장소에 상관없이 누구나 스마트폰으로 접속할 수 있게 되었다. 이에 따라 컴퓨터나 스마트폰이 아닌 다른 사물도 인터넷으로 접속하여 제어할 수 있는 것에 관심이 높아지면서 생활에 밀접한 기기들이 상호간, 혹은 모바일과 통신을 하면서 새로운 서비스 또는 유용한 가치를 제공하는 사물인터넷(IoT; Internet of Things)의 시대가 확산되고 있다.^[1] 조사기관인 가트너(2010)에 따르면 2020년 인터넷에 접속되는 기기는 2010년 대비 약 50배가 증가하여 1000억대에 이를 것으로 전망되고 있다. 사물인터넷은 발전하여 이른바 미래인터넷으로 성장될 것이며, 국가의 성장 동력원으로써 중요한 가치를 지니게 될 것이다.^[2]

이러한 사물인터넷 시대를 대비하여 다양한 IT기술들이 연구되고 있는데 대표적인 예가 스마트 홈에 관한 연구이다. 스마트 홈은 국내 기업인 삼성과 LG가 전략적으로 육성하고 있는 차세대 성장 동력원으로써 스마트 폰과 가전제품들과의 네트워크 통신을 이용해 스마트한 생활을 가능하게 한다. 한 조사에 따르면 스마트홈 분야에서 가전기기의 원격제어부분에 85% 이상의 사람들이 미래의 홈 네트워크 필요성에 대해서 긍정적인 입장인 것으로 조사되었다.^[3] 하지만 기존의 홈 오토메이션 시스템은 일반 가정에서 접할 수 없고, 만약 있다 하더라도 기존의 설치된 시스템을 자신에 맞게 추가하거나 제거하기 어려운 점이 있다. 또한, 값비싼 비용도 문제가 되고 있다.^[4]

한편, 2011년 대한민국 대기전력 실측조사를 분석해보면 가구당 대기전력 소비는 연 평균 209kWh로 나타났으며, 이 수치는 대기전력으로 연간 총 전력소비(3400kWh)의 6.1%를 소모하는 것으로 나타났다. 이는 사용하지 않는 가전기기가 소모하는 대기전력이 심각하다는 것을 말한다.

본 논문에서 제안하는 스마트 멀티탭 시스템은 스마트 홈 분야에서 주목받고 있는 ‘스마트 콘센트 시스템의 기술’을 모토로 하여 저렴한 비용으로 통신 네트워크를 구축하여 멀티탭을 원격 제어할 수 있는 시스템이다. 이 시스템의 주안점은 스마트 기기로 시간, 장소에 제약 없이 멀티탭을 제어함으로써 집 안의 전자기기를 편리하게 제어한다는 것이다.

한편, 대기전력과 소비전력의 낭비가 심한 셋탑박스와 공부방에 설치된 스위치 허브의 전원을 켜고 끄

는 것은 무척이나 귀찮고 성가신 일이다. 하지만 제한된 시스템으로 소비전력은 물론, 대기전력 차단으로 전기에너지를 손쉽게 절약할 수 있다.

본 논문의 구조는 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 개요로서 스마트 멀티탭 시스템의 전체적인 동작원리에 대해 설명한다. 3장에서는 스마트 멀티탭의 구성에 대해 자세히 살펴보고, 4장에서는 홈 서버와 Database 서버의 역할과 기능에 대해 기술한다. 5장에서는 스마트 멀티탭의 대기전력 측정실험에 대해 정리한 자료를 분석한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

II. 시스템의 개요

스마트 멀티탭 시스템은 Database 서버, 모바일 기기/PC, 홈 서버, 스마트 멀티탭(Zigbee 내장 멀티탭 디바이스) 크게 4부분으로 구성된다. 이 시스템의 통신방법은 2가지로 그림 1과 같이 모바일 기기와 홈 서버, Database 서버와 홈 서버 사이의 인터넷(TCP/IP) 통신과 홈 서버와 스마트 멀티탭 간의 Zigbee 통신으로 구성되어 있다.

홈 서버는 인터넷에 연결되어 있어서 클라이언트(모바일 기기/PC)는 인터넷을 통해 홈 서버에 접속한다. 홈 서버는 클라이언트가 검증된 사용자인지 확인하는 절차를 Database 서버를 통해 거친다. 검증된 클라이언트일 경우, 클라이언트는 멀티탭의 제어에 대한 권한을 가지고 제어 관련 요청을 보낼 수 있다. 홈 서버는 클라이언트로부터 받은 요청을 분석하여 스마트 멀티탭에 대한 제어요청이라면 Zigbee 통신을 사용해 브로캐스트 방식, 혹은 유니캐스트 방식으로 스마트 멀티탭을 제어한다. 이를 통해 다수의 스마트 멀티탭을 정확히 제어 할 수 있다. 스마트 멀티탭의 내부에

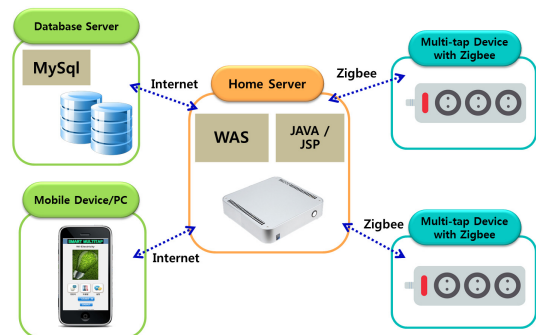


그림 1. 스마트 멀티탭 시스템의 전체 통신 개요도
Fig. 1. Overview of the entire communication system, a Smart Multiple-Tap

는 통신을 위한 Zigbee 모듈과 멀티탭 제어를 위한 MCU(ATmega128)가 있다.

III. 스마트 멀티탭의 구성

스마트 멀티탭(Zigbee 내장 멀티탭 디바이스)은 그림 2와 같이 Zigbee 모듈, 중앙처리부(MCU), SSR (Solid State Relay) 모듈, 전압 조정 모듈로 구성된다.

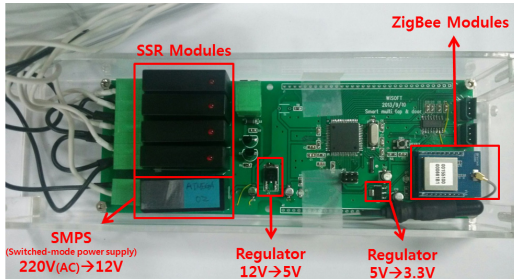


그림 2. 스마트 멀티탭의 PCB 구성
Fig. 2. PCB configuration of a Smart Multiple-Tap

3.1 Zigbee 모듈

Zigbee는 유비쿼터스 핵심 솔루션으로 각광받는 통신 기술로서 저전력 저속 근거리 무선통신 프로토콜이다. Zigbee 프로토콜은 확장의 용이성을 가지며, 적은 전력소모, 높은 통신의 안정성, 칩 가격이 저렴한 장점을 가지고 있으며 구현 측면에서 Bluetooth나 WPAN, 무선 LAN 프로토콜보다 간단하다. 이런 이유로 Zigbee를 이용한 네트워크에는 많은 노드의 확장이 용이하다.

스마트 멀티탭에 사용된 Zigbee 모듈은 홈 서버와 스마트 멀티탭 사이에 데이터를 수신하고, 수신된 데이터는 중앙처리부로 보내진다.

중앙처리부와 Zigbee 모듈은 UART통신을 바탕으로 하고 있으며, Baud rate은 9600bps을 사용한다.

3.2 중앙처리부

중앙처리부(마이크로 컨트롤러, ATmega128)는 Zigbee 통신으로 수신된 데이터를 분석하여 각 콘센트의 제어를 결정하는 역할을 한다. 그 과정은 그림 3의 알고리즘과 같다. 수신된 데이터는 표 1과 같이 3개의 숫자 신호로 해석되어 중앙처리부에서 SSR (Solid State Relay) 제어를 통해 각 콘센트의 전원을 제어한다.

SSR은 무접점식 릴레이(차단기)의 대표적인 것으로, 반도체를 이용한 전자식 릴레이를 이른다. 코일형

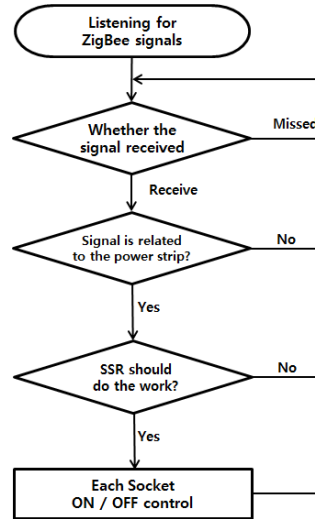


그림 3. 중앙처리부의 흐름도
Fig. 3. Flowchart of the central processing unit

표 1. 데이터에 따른 스마트 멀티탭의 ON/OFF

Table 1. Smart Multiple-Tap according to the data of ON/OFF

Control the Smart Multiple-Tap	Smart Multiple-Tap control	Number of Socket
1 ~ 6	0 ~ 1	1 ~ 4

RELAY와 같이 전압력에 의한 기계적인 동작으로 접점이 동작하는 방식이 아닌 전자 소자에 의한 점점 동작으로 일반 RELAY와 같은 ARC, CHATTERING, BOUNCE가 없고, 신뢰도가 높고, 수명이 길다. 또한, 내부적으로 수지몰딩 되어 동작음이 전혀 없다는 장점을 가지고 있다. 중앙처리부는 이 SSR을 통해 각 콘센트 전력을 차단하거나 통과시킨다.

3.3 전압 조정 모듈

전압 조정 모듈은 메인전원 전압레벨을 중앙처리부와 Zigbee 모듈이 구동되는데 필요한 전압레벨로 변

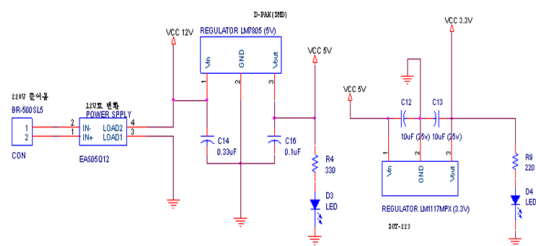


그림 4. 스위칭 모드 파워 서플라이와 레귤레이터
Fig. 4. SMPS and Regulator

환한다. SMPS(Switching Mode Power Supply)는 AC 220V를 변환하여 DC 12V의 전압으로 출력하고, 레귤레이터는 DC 12V를 각각 DC 5V, DC 3.3V의 전압으로 출력한다. 아래 그림 4는 SMPS와 레귤레이터에 대한 회로도이다.

IV. 홈 서버와 Database 서버

4.1 Database 서버

검증된 사용자만이 스마트 멀티탭에 접근하는 것을 보장하기 위해 Database 서버를 구축하였고, DBMS는 MySQL 5.6을 사용하였다.

홈 서버가 아닌 다른 서버에 Database를 구축한 이유는 2가지이다. 첫째, 관리의 용이성이다. 홈 서버는 스마트 멀티탭 관리, Database 서버는 전체 시스템 관리를 담당한다. 역할의 분담으로 관리자는 Database 서버를 통해 사용자 개인 정보를 따로 보관하여 전체 시스템을 쉽게 관리할 수 있다. 둘째, 보안상의 문제이다. 앞서 언급한 사용자의 개인 정보는 민감한 정보이기에 따로 계정을 두어 Database 서버를 구축함으로써 보안을 강화하였다. 덧붙여서, 각 멀티탭의 전원 정보(On/Off)는 데이터화해서 홈 서버에 파일로 저장되어 있고, 검증된 사용자라면 누구나 홈 서버에 접속하여 각 멀티탭의 전원 정보 조회 및 제어가 가능하다. 따라서 하나의 스마트 멀티탭 시스템에 다중 사용자가 동시에 실시간으로 접속 가능하다.

향후에는 Database 서버에서 각 사용자의 스마트 멀티탭 사용기록과 소비 전력량에 대한 데이터를 축적해서, 그래프를 통해 사용자에게 이 정보를 제공하는 기능을 구현할 계획이다.

표 2. 사용자 정보를 위한 Database 구조 테이블
Table 2. Database table structure for user information

User Information Table Structure		
User ID	id	char(20), PRIMARY KEY
Password	pwd	char(20)
Name	name	char(20)
Address	addr	char(100)
E-mail Address	mail	char(20)
Phone number	hp	char(20)

4.2 홈 서버

클라이언트와 스마트 멀티탭 간의 중계자 역할을

하는 홈 서버는 소형 PC로 잘 알려진 Raspberry Pi를 사용하였다.

운영체제는 리눅스를 기반한 Raspbian(wheezy)을 선택하였고, 웹서버 동작환경인 JAVA와 웹어플리케이션 서버 프로그램인 tomcat6을 설치하여 웹서버가 구동되도록 하였다.

Java communications API의 경우 Java 2 플랫폼의 옵션 패키지에서 제공하는 API(RXTXcomm)를 사용하였으며, 이는 컴퓨터 주변기기와 직렬, 병렬 포트를 이용하여 양방향 통신할 수 있는 기능을 제공한다. 이 API를 이용하여 멀티탭과 홈 서버 간의 Zigbee pairing이 된 상태에서 serial port를 개방하고 홈 서버와 멀티탭 간의 통신이 가능하도록 하였다.

4.2.1 로그인 및 사용자 등록

그림 5는 로그인 페이지로 사용자가 로그인 시 Database 서버를 통해 접근하기 위한 페이지이다. 검증된 사용자일 경우 JSP의 세션을 통해 로그인 정보가 유지된다. 세션은 클라이언트를 구분하기 위해 서버 측에 저장되는 브라우저의 고유한 정보이다. 홈 서버는 브라우저로부터 발생한 요청에 대하여 특정한 식별자를 부여하여 같은 브라우저인지 구별한다. 홈 서버는 이 식별자로 각각의 사용자를 식별하게 된다.

사용자 등록은 사용자 등록 탭을 통해 가능하고, 이 등록 처리는 Database 서버를 통해 이루어진다.



그림 5. 로그인 및 사용자 등록 페이지
Fig. 5. login and user registration page

4.2.2 설정기능

그림 6은 메인 페이지와 설정 페이지로 메인 페이지는 만든 이, 도움말, 설정, 스타트 버튼으로 구성된다. 설정 페이지는 홈 서버 한 대로 제어할 수 있는 멀티탭의 갯수를 등록할 수 있게 하였고, 멀티탭 각 콘

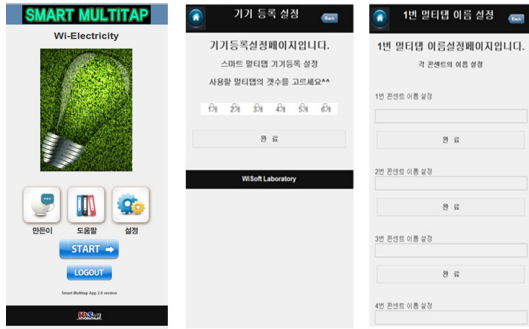


그림 6. 설정 페이지
Fig. 6. main and environment setting page

센트의 이름 설정을 할 수 있도록 하였다. 설정 초기화 기능은 이름설정을 비롯해 모든 설정을 초기화하기 위한 기능이고, 모든 전원 OFF기능은 사용자가 집 밖으로 외출 시 멀티탭의 모든 전원을 간편하게 OFF하기 위한 기능이다.

4.2.3 제어기능

그림 7과 같이 제어 페이지에서는 멀티탭 각 콘센트의 상태를 조회할 수 있고, 전원을 On/Off 할 수 있다. 멀티탭의 상태정보는 홈 서버에 파일로 저장되어 있고, On/Off 제어를 할 때마다 파일의 내용이 갱신된다. 또한 스케줄링 기능을 통해 사용자가 멀티탭 전원을 원하는 시간에 끄고 켤 수 있다. HTML DOM Window 객체에서 제공하는 setInterval() 메소드는 지정된 시간 후 특정 자바 스크립트 코드가 실행되게 하는 메소드이다. 스케줄링 기능은 JSP에서 setInterval() 메소드를 사용하여 구현하였다.

V. 대기전력 측정 실험

대기 전력이란 전원을 끈 상태에서도 전기제품에서

표 3. 스마트 멀티탭에서 측정한 대기 전력과 실제 대기 전력 비교
Table 3. comparing standby power when using Smart Multi-Tap

Experimental measurement target	Power(watt)	Electric bill one month (won)	CO ₂ emissions one month(gCO ₂)
Computer Desktop	13	2593	4100
Monitor	5	997	1577
Coffee pot	7	1396	2207
Printer	1	199	315
Notebook	4	798	1261
Set-top boxes	13	2593	4100
TV	7	1396	2207
Smart Multiple-Tap (4 Socket)	2	399	630



그림 7. 제어 페이지
Fig. 7. control page

소비되는 전력으로, 스마트 멀티탭은 SSR 모듈을 통해 전기가 지나가는 통로를 차단하기 때문에 불필요하게 발생하는 대기전력을 차단할 수 있다. 표 3은 국내 기업인 담술사의 전력 검출기 minifree로 가전기기의 대기전력량, 한 달 예상 전기요금, 한 달 예상 CO₂ 발생량을 측정한 결과값과 스마트 멀티탭의 소비전력을 측정한 결과값이다. 셋탑박스나 LCD 모니터 등 대기전력을 많이 소모하는 가전기기를 스마트 멀티탭의 콘센트에 꽂은 후 기기가 OFF인 상태에서 측정된 스마트 멀티탭의 전체 전력은 2와트로, 가전기기의 대기전력이 모두 차단되었음을 확인하였다.

위 실험을 통해 스마트 멀티탭을 사용하면 사용자 어플리케이션에서 OFF 명령을 내릴 경우, 소비전력은 물론 불필요하게 소모되는 대기전력까지 차단하여 전기에너지 절약이 가능함을 확인되었다. 스마트 멀티탭은 메인스위치를 ON하였을 때(다른 전자기기를 꽂지 않고 스마트 멀티탭만 구동시켰을 때), 2와트의 낮은

전력 소모가 측정된다. 이는 내부의 MCU와 Zigbee를 구동시키는데 드는 전력량으로, 이 전력 소모는 MCU와 Zigbee의 Sleep Mode를 통해서 충분히 줄일 수 있을 것이라 판단한다.

VI. 결 론

6.1 시제품 조감도

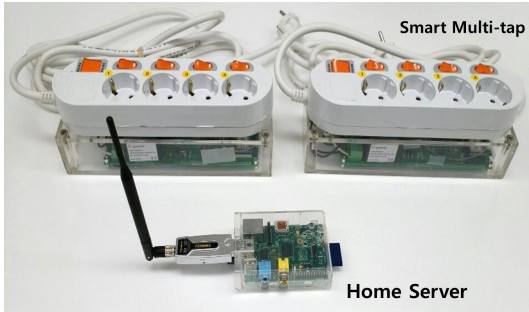


그림 8. 스마트 멀티탭과 홈 서버
Fig. 8. Smart Multiple-Tap and Home Server

6.2 결론

본 논문에서는 대중들의 생활에 밀접한 제품인 멀티탭을 이용하여 저렴한 가격으로 홈 네트워크를 구축하고, 수동적인 전원의 ON/OFF가 아닌 모바일 기기(혹은 PC)로 멀티탭을 제어할 수 있도록 한 시스템을 구현하였다.

제안한 시스템은 스마트 멀티탭의 Zigbee와 홈 서버, 모바일 기기와의 통신을 통해 정보를 공유하고 멀티탭을 제어하는 시스템이다. 일반적으로 멀티탭은 사용자가 손으로 직접 키고 끄는 수동적인 방식이다. 하지만 통신기능을 탑재한 멀티탭을 제안함으로써 1대의 스마트 기기로 한 공간 안의 다수의 멀티탭을 편리하게 제어할 수 있고, OFF시엔 대기전력이 차단됨으로써 전기에너지를 절약하는데 효과적으로 기여할 것이다. 이를 통해 회사나 가정에서 사용되는 전자제품과 가전제품의 전원 제어에 대한 새로운 패러다임을 제공하게 될 것이다.

스마트 멀티탭 시스템은 WPAN 서버와 연동하는 형태로 개발되었기에 현재 연구 진행 중인 사물인터넷 관련 과제에 적용하기 용이할 것으로 기대된다.

향후 연구과제로 과전류에 의한 화재를 미연에 방지하고 전력량 측정 기능을 위해 온도센서, 전류측정 모듈을 추가하여, 스마트 멀티탭의 온도와 전력량을

체크하게 할 것이다. 또한, Database 서버에서 각 사용자의 사용 패턴(스마트 멀티탭 사용 시간, 소비 전력량 및 사용 데이터)을 관리할 계획이다. 마지막으로 스마트 멀티탭이 소모하는 전력(2와트)을 줄이는 방안 에 대한 연구를 진행할 계획이다.

References

- [1] D.-H Sin, J.-Y Jeong, and S.-H Gang, "Trends and prospects of internet things," *Rev. Korean Soc. Internet Inf.*, vol. 14, no. 2, pp. 32-46, 2013.
- [2] W.-S Jeong, S.-H Kim, and K.-S Min, "An analysis of the economic effects for the IoT industry," *J. Korean Soc. Internet Inf.*, vol. 14, no. 5, pp. 119-128, Sept. 2013.
- [3] J.-S Min, S.-H Lee, I.-U Song, O.-J Kim, Y.-H Choi, Y.-H Jung, and J.-S Ahn "Smart multiple-tap for home automation over home networks," *J. KIISE*, vol. 18, no. 10, pp. 711-721, Jul. 2012.
- [4] M.-J Cho, "A study on customer needs for the home network system and strategies for stimulating the market demand," Master's Thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 2008.
- [5] J.-H. Baek, "The design and implementation of smart phone application based on android for internet outlet," *Korea Soc. Comput. Inf.*, vol. 20, no. 1, pp. 237-238, Jan. 2012.

이 정 혁 (Jung-Hyuck Lee)



2014년 2월 : 한밭대학교 전과 공학전공 졸업

2014년 3월~현재 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 전과공학전공 석사과정

<관심분야> 사물인터넷, 운영체제, 웹 프로그래밍

김 상 현 (Sang-Hyun Kim)



2014년 2월 : 한밭대학교 전과
공학전공 졸업
2014년 3월~현재 : 한밭대학교
정보통신전문대학원 전과공
학전공 석사과정
<관심분야> 사물인터넷, 운영
체제, 웹 프로그래밍

김 영 돈 (Young-Don Kim)



2000년 2월 : 대전산업대학교 도
시공학전공 졸업
2004년 2월 : 한밭대학교 정보통
신전문대학원 정보통신공학과
석사졸업
2013년 2월 : 한밭대학교 정보통
신전문대학원 전과공학과 박
사 졸업
<관심분야> 사물인터넷, 자연어처리, 자료처리, 데이터
베이스

오 창 세 (Chang-Se Oh)



2014년 2월 : 한밭대학교 전과
공학전공 졸업
2014년 3월~현재 : 한밭대학교
정보통신전문대학원 전과공
학전공 석사과정
<관심분야> 사물인터넷, 운영
체제, 데이터베이스

박 현 주 (Hyun-Ju Park)



1990년 2월 : 서울시립대학교 전
산통계학과 졸업
1992년 2월 : 서울대학교 전산과
학과 석사졸업
1997년 2월 : 서울대학교 전산과
학과 박사졸업
1998년 4월~2000년 : 3월 대전
산업대학교 정보통신공학과 전임강사
2000년 4월~현재 : 국립 한밭대학교 정보통신공학과
교수
<관심분야> 프로그래밍 언어, 운영체제, 데이터베이스

서 민 석 (Min-Seok Seo)



2001년 2월 : 한밭대학교 전자
공학전공 학사졸업
2005년 2월 : 한밭대학교 정보
통신전문대학원 정보통신공
학과 석사졸업
2009년 3월~현재 : 한밭대학교
정보통신전문대학원 전과공
학과 박사과정

<관심분야> 임베디드 시스템, 저전력 무선통신, 환
경 모니터링