

Z-Wave 메쉬 네트워크 기반의 전기 자판기 개발

강 기 범*, 안 현 권*, 김 한 수*, 이 승 현*, 좌 정 우°

Development of Vending Machine for Electricity Based on Z-Wave Mesh Network

Ki-beom Kang*, Hyun-kwon Ahn*, Han-soo Kim*, Seung-hyun Lee*, Jeong-woo Jwa°

요 약

캠핑 인구가 증가하면서 야영장과 오토캠핑장에서 이용자에게 다양한 전기 요금 정책으로 안전하게 전기를 공급할 수 있는 전기 설비가 필요하게 되었다. 본 논문은 Z-Wave 개인무선네트워크와 안드로이드 모바일 앱을 이용하여 캠핑장의 관리서버에서 옥외 콘센트 함을 제어할 수 있는 전기 자판기를 개발한다. 개발한 전기 자판기는 관리서버, 제어기, 옥외 콘센트 함, 모바일 앱으로 구성된다. 관리서버는 제어기를 통해 콘센트 함의 스위치를 제어하여 사용자에게 안전하게 전기를 공급한다. 제어기는 관리서버와 스위치 간 중계 장치로 Z-Wave 메쉬 네트워크를 기반으로 스위치들을 제어한다. 옥외 콘센트 함은 2개의 미터 스위치를 갖는다. 옥외 콘센트 함은 캠핑장에서 상용 전기 서비스를 제공하기 위해 관련 인증을 받았다.

Key Words : Individual Billing System, Smart Meter, SmartGrid, Internet of Things(IoT), Mobile Application

ABSTRACT

As the population of camping is increased in campsites and auto camp sites, the electrical equipment can safely supply electricity to users in a variety of electricity bill policy is required in the campsite. In this paper, we develop the vending machine for electricity that can control the outdoor electrical outlet from the management server using the Z-Wave WPAN and android mobile application. The developed vending machine for electricity consists of the management server, the controller, the outdoor outlet box, and the mobile application. The management server provides reservation and electricity bill payment to users. The management server controls the electrical outlet box through the controller to safely supply electricity to users. The controller that is a relay device between the management server and the switch controls switches based on Z-Wave mesh network. Outdoor electrical outlet box has 2 meter switches. We receive the relevant authorization to provide commercial electricity services using the outdoor electrical outlet box in the campsite.

I. 서 론

최근 캠핑레저 인구가 증가하면서 야영장, 캠핑장과 같은 캠핑레저 시설에서 전기랜턴, 전등, 휴대용

에어컨, 난로 등에 전기를 연결하고 휴대폰, 태블릿, 노트북 등을 충전하기 위한 전기를 제공하고 있다. 또한 전기자동차, 전동스쿠터, 전기 전동 장치 등 전기 충전이 필요한 제품이 대중화되면서 공공장소에서 전

※ 본 연구는 미래창조과학부에서 시행한 정보통신-방송연구개발사업(10047646)으로 지원으로 수행되었습니다.

• First Author : Jeju National University, Department of Telecommunication Eng., kkb8671@nate.com, 학생회원

° Corresponding Author : Jeju National University, Department of Telecommunication Eng., lcr02@jeju.ac.kr, 정희원

* STARKOFF, Co. Ltd., starkoffrepublic@gmail.com, zeros92@gmail.com, wowlsh93@gmail.com

논문번호 : KICS2016-08-180, Received August 2, 2016; Revised September 8, 2016; Accepted October 19, 2016

기자동차 충전기와 같이 전기 충전 설비들이 제공되고 있다. 공공장소에서 이용자가 편리하게 전기 충전 시스템을 사용하기 위해서는 다음과 같은 요구사항을 만족해야 할 것이다. 공공장소에서 전기 충전 시설을 편리하게 사용하기 위해서는 충전 시설이 통신망으로 연결되어 스마트폰으로 전기 사용을 예약하고 사용한 전력량에 대해 웹 서비스로 요금을 납부할 수 있어야 한다¹¹. 또한 기존 전력계를 교체하지 않고 전력계의 하부에서 전기를 공급하고 콘센트 별로 제어하고 개별 과금 할 수 있는 충전 시설이 개발되면 전기자동차 충전시스템과 같이 전력망으로부터 전기자동차 충전기로 전기를 끌어오기 위한 불필요한 전기공사를 하지 않아도 될 것이다. 사용한 전력량에 대해 시간대별 부하, 전기 사용용도, 사용 계절, 누진제 등에 따라 전기요금을 자동으로 계산할 수 있다. 이용자에게 전기를 공급하는 중에 다른 사람에 의해 중단되거나 도전되지 않도록 하는 보안 기능이 요구된다. 또한 강화군 캠핑장에서의 화재 등을 통해서도 알 수 있듯이 안전 사고에도 대비할 수 있는 시스템이 필요하게 되었다. 공공장소에서 전기를 필요로 하는 사람들이 사용하고 있는 소형 가솔린과 디젤 발전기를 충전 시설로 대체할 수 있으면 에너지 효율을 높이고 관리할 수 있다. 전기 충전 시설에 IoT 기술을 접목하면 인터넷 연결, 원격 점검, 사전 예약과 과금 결제, 오류와 고장 등을 자동으로 감지하여 효율적으로 장치들을 제어하고 관리할 수 있다^{2,31}.

기존 캠핑장의 전기콘센트 함체는 콘센트 별로 개별 과금이 불가능하여 전기 사용량에 관계없이 사용 시간을 기준으로 전기요금을 부과하고 있다. 이로 인해 전기를 많이 사용하는 사용자로 인해 전체 전력소모가 커지고 정전 사고가 자주 발생한다. 겨울철 정전 사고는 인명피해 등 더 큰 피해를 불러올 수 있고 캠핑장 관리소에서는 전기요금 및 전기 서비스 매출액을 맞추기 어려워 업무 부담이 커진다. 또한 전기요금을 내지 않고 사용하는 도전이 발생 할 수 있다. 본 논문에서는 평균 30에서 50개의 전기 콘센트를 갖고 있는 야영장과 캠핑장에서 Sigma Design의 Z-Wave 개인무선네트워크(WPAN)⁴¹ 안드로이드 모바일 앱⁵¹ 사용하여 사전 예약을 통해 전기를 공급하고 사용한 전력량에 따라 다양한 과금 방식으로 개별 과금하고 결제할 수 있는 전기 자판기를 개발한다. 또한 캠핑장 관리사무소에서 이용자들의 과도한 전력 사용으로 정전이 발생하지 않도록 개별 콘센트의 전기 사용을 제어할 수 있다. 본 논문에서 개발한 Z-Wave WPAN 기반의 제어기와 콘센트 함의 미터 스위치는 스마트

미터링¹⁶⁻⁸¹ 으로 활용할 수 있다.

II. Z-Wave WPAN과 모바일 앱을 이용한 전기 자판기 개발

Z-Wave WPAN과 모바일 앱을 이용한 전기 자판기는 그림 1과 같이 제어기를 통해 옥외 콘센트 함의 스위치를 제어하는 관리서버, 관리서버와 콘센트 함의 스위치 간 무선통신으로 중계하면서 스위치들을 제어하는 제어기, 사용자의 요구에 의해 미터 스위치를 작동시켜 전기를 공급하는 콘센트 함 등으로 구성된다. 하나의 제어기는 여러 개의 스위치를 관리하며 규모가 큰 경우 마스터 제어기를 두고 여러 개의 제어기로 네트워크를 구성할 수 있다. 제안하는 전기 자판기는 관리서버와 제어기 간 유선통신시스템으로 TCP/IP 프로토콜을 사용하고 제어기와 콘센트 함의 스위치 간 무선통신은 Z-Wave 개인무선네트워크를 사용한다.

개발된 전기 자판기는 표 1과 같이 다양한 분야에 적용할 수 있다. 재래시장과 길거리 상인에게 전등을 켜거나, 전기포트, 전열기, 조리기구, 냉장고 등을 이용할 수 있다. 또한 아파트 주차장에 주차하고 고가의 전기자동차 고속충전기보다 비교적 저렴한 저속충전기를 이용하여 밤새 충전용으로 이용하고 개별 과금함으로써 공용전기 사용에 대한 분쟁을 해결할 수 있다. 농촌, 어촌 등에서 전기 경운기, 경작기 등 뿐 아니라 어선 등에 안정적으로 전기 공급할 수 있다. 기타 자신이 계약하고 후납하는 전력계 이외에서도 전기가 필요한 사람들에게 전기를 공급할 수 있다.

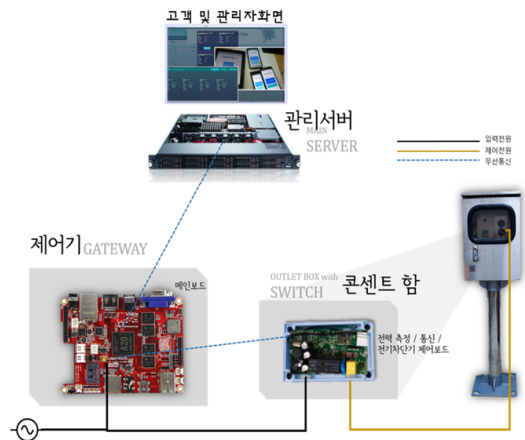


그림 1. Z-Wave WPAN 기술과 모바일 앱을 이용한 전기 자판기
Fig. 1. Vending machine for electricity using Z-Wave WPAN technology and mobile application

표 1. 전기 자판기 응용

Table 1. Applications of vending machine for electricity

Applications	Explanation
Campsites camping	We can calculate the individual billing, power load and demand by reservation, prepaid and postpaid to demand control at more than 1,000 campsites and 20,000 sites.
Electric vehicle	We can provide more than 6 million slow-chargers with the individual billing in the apartment parking surface
Rural	Providing farm machinery charge services in the more than one million rural households and outdoor work places.
Marina yacht	Existing aging marina facilities replacement has been made in North America and Europe that has more than 23,000 sites. Electric Water pedestal of at least 30% is expected to be replaced by IoT-based smart devices and systems.
Stop street lamp	It provides electrical services in approximately 8,600 stops in Seoul and nationwide electrical services at about 2.7 million street lights.

2.1 콘센트 함과 미터 스위치

이용자에게 전기를 공급하는 콘센트 함은 그림 2와 같이 2구 콘센트, 방수 및 방열환풍구, 미터 스위치, 누전 차단기 등으로 구성된다. 관리서버의 제어기 신호에 따라 미터 스위치는 전자식 전기차단기(릴레이)를 작동시켜 이용자가 전기인가를 신청하면 전기를 공급하고 사용을 종료하면 전기를 차단한다. 또한 전자식 전력계를 사용하여 콘센트 함체에서 공급(판매)한 전력량을 측정하고 도전과 과전류가 감지되면 전기 공급을 차단한다. 미터 스위치는 제어기와 통신을 위해 900MHz의 ISM 대역에서 동작하는 Z-Wave 개

표 2. 미터 스위치의 주요 규격

Table 2. Major specification of the meter switch

Item	Classification	Specification
RF Spec.	Z-Wave (ITU-T G.9959)	Frequency bandwidth : 920.9, 921.7, 923.1MHz measured range Indoor : 40m, LOS : 150m
Equipment Type		On/Off Power Switch
voltage, current		220V, 16A
Power Consumption		0.75W
weight material	Board and outlet box	weight : 56g, stainless steel outlet box
Certification		LGU+ Home IoT CTT certification KESCO Electrical safety testing

인무선네트워크를 사용하여 동작모듈과 함체 내의 센서를 제어한다. 미터 스위치의 주요 규격은 표 2와 같다. 미터 스위치는 2개의 미터 칩과 스위치 모듈을 내장하고 있어 1/2 콘센트 함(Outlet)으로 활용할 수 있다. 개발된 미터 스위치는 캠핑장, 아파트, 맥내 충전함체 뿐 아니라 요트장의 계류 선박에 전기와 식수를 공급하는 마리나 페데스탈(Marina Pedestal)로 활용할 수 있다⁹⁾. 미터 스위치는 한국전기안전공사의 전기안전검사와 Z-Wave CTT(Compliance Test Tool) 인증을 획득하였다.

2.2 제어기

제어기는 관리서버와 콘센트 함 간의 중계 장치로 콘센트 함의 스위치를 제어, 상태 모니터링, 장애 감지, 무선통신망을 관리하는 기능을 제공하고 관리서버와 콘센트 함의 스위치 간 유무선 통신 기능을 제공한다. 제어기와 관리서버 간에는 유선통신시스템으로 TCP/IP 프로토콜을 사용하고 제어기와 콘센트 함의 스위치 간에는 Z-Wave 개인무선네트워크를 사용한다. 제어기는 그림 3과 같이 마이크로 PC와 Z-Wave 보드로 구성된다. 하나의 제어기로 여러 개의 콘센트 함의 스위치들을 Z-Wave 메시 네트워크로 구성하여 관리하기 위해 범용 오픈소스 하드웨어인 라즈베리 파이¹⁰⁾, 바나나 파이¹¹⁾를 마이크로 PC로 사용한다. 또한 제작한 Z-Wave 제어 보드를 마이크로 PC의 GPIO(General Purpose Input Output)에 연결된다. 개발된 제어기는 최대 232개의 스위치를 관리할 수 있고 제어기의 주요 기능은 다음과 같다.

- 전기 공급, 전기 차단, 소모 전력량, 무선통신 상태 등의 스위치 상태를 관리서버로 보고



(a) 콘센트 함
(a) Outlet box



(b) 미터 스위치
(b) Meter Switch

그림 2. 2개의 미터 스위치를 갖는 콘센트 함
Fig. 2. Outlet box with 2 Meter Switches

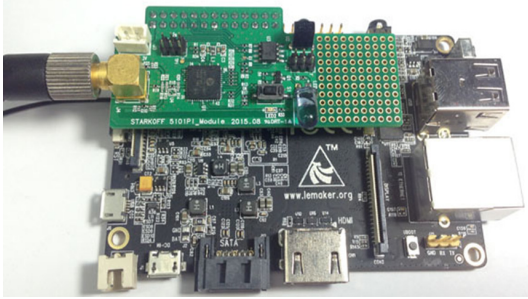


그림 3. 마이크로 PC(바나나 파이)와 Z-Wave 보드로 구성되는 제어기
 Fig. 3. Controller consist of the MicroPC(banana pi) and Z-Wave board

표 3. 제어기의 주요 규격
 Table 3. Major specification of the controller

Item	Specification
Micro PC	- Raspberry Pi Model A/B, 2 B - Banana Pi/Pro - On/Off Power Switch/Multi Sensor
Z-Wave Controller	- IR Sender/Receiver Module - UART + ISP GPIO port - ADC Input - 5V Power connector (standalone) - Inclusion/exclusion push button - SMA antenna connector

- 관리서버로부터 전기 인가 또는 차단 제어신호 수신 시 해당 스위치로 전송
- 관리자와 이용자에게 서비스 현황을 제공
- 관리서버와 제어기 간 TCP/IP 프로토콜로 인터넷 통신을 제공
- 제어기와 콘센트 함의 스위치 간 Z-Wave 개인 무선통신을 제공

2.3 관리 서버

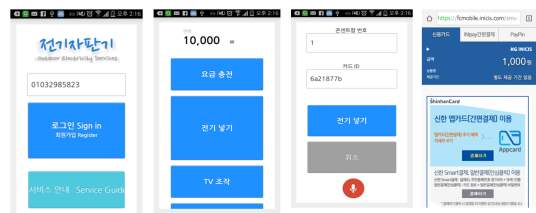
관리서버는 이용자 정보, 전기서비스 이용 내역과 이용요금, 이용자의 요금 충전 내역, 제어기 설치 위치(좌표) 정보, 콘센트 함의 스위치 관리번호와 전원 인가와 차단, 사용 전력량, 통신 연결 상태 등 스위치 상태 정보를 관리한다. 관리서버는 제어기로부터 전기 서비스 현황, 서비스 요금과 스위치 상태를 수신하여 관리자에게 제어기 별, 스위치 별, 월별, 일별로 사용한 전력량과 전기요금을 합산하여 제공한다. 관리자 화면에는 콘센트 함의 스위치 별로 전기 인가, 차단, 사용 전력량, 사용 요금, 통신망 연결 상태 등의 스위치 상태 정보를 제공한다. 스위치 상태는 전기인가와

차단뿐만 아니라 수요 조절, 장애 발생 등으로 나누어 관리된다. 전체 소모 전력이 계약전력을 초과하여 정전이 발생하는 것을 방지하기 위해 여러 개의 스위치를 그룹으로 구성하고 그룹별로 공급 가능한 최대 전력을 설정한다. 그룹의 소모 전력이 설정한 최대값을 초과하면 소모 전력이 높은 스위치부터 일정기간 동안 전기를 차단하는 수요 조절 상태가 된다. 스위치 고장, 송수신 상태 불량, 스위치에 전원연결 안됨 등의 이유로 스위치 작동 이상이 감지되면 장애 발생 상태가 되고 자동적으로 장애가 발생했음을 알림과 동시에 미리 지정된 엔지니어 이메일 계정으로 오류메시지가 발송한다. 그림 4는 캠핑장에서 사용되는 스위치와 스위치가 설치된 사이트 등을 관리하는 관리자 웹 화면을 나타낸 것이다. 사이트 이름과 사이트 운영 상태 등을 지정하여 전기서비스 현황을 화면에 표시 여부를 지정할 수 있다.

관리서버는 이용자에게 웹과 그림 5와 같은 모바일 앱으로 캠핑장에서 전기 사용을 위한 예약, 전기 인가와 차단, 사용한 전력량과 전기요금, 결제 서비스를 제공한다. 이용자는 유선 웹과 모바일 앱으로 관리서버에 접속하여 전기 사용을 예약하면서 요금 정책을 설정하고 캠핑장에서 특정 콘센트 함의 스위치를 지정하여 전기 인가를 요청하면 관리서버에서 제어기로 원격 제어 데이터를 전달하고 제어기는 이용자가 지



그림 4. 전기 자판기의 관리자용 웹 화면
 Fig. 4. Administrator web screen of vending machine for electricity



(a) 로그인 (b) 요금충전 (c) 전원인가 (d) 간편결제
 (a) login (b) charging (c) power (d) easy payment

그림 5. 전기 자판기를 위한 모바일 앱의 사용자 인터페이스
 Fig. 5. User Interface of mobile application for vending machine for electricity

정한 스위치를 동작시켜 콘센트로 전기를 공급하고 이용이 끝나면 차단된다. 현재 캠핑장에서 전기요금제는 콘센트 별로 개별 과금 기능이 없어 일 정액제가 사용되고 있다. 개발된 전기 자판기는 요금별로 사용할 수 있는 최대 전력을 제한하는 전력제와 최대 전력량을 제한하는 전력량제, 기본요금과 초과 전력량에 대해 1kWh 당 단위요금을 부과하는 종량제 등의 요금 정책을 지원한다. 관리서버는 Restful HTTP/1.1로 관리자 웹, 이용자 웹과 모바일 앱과 콘센트 함간 양방향 통신을 지원한다. 예를 들어 이용자는 RFID 태그나 모바일 앱으로 콘센트 함에서 전기를 공급받을 수 있다.

III. 전기 자판기에 대한 시험 평가

캠핑장에서 개발한 전기 자판기를 이용하여 상용 전기 서비스를 제공하기 위해서는 관련 인증기관으로 시험 평가를 받아야 한다. 또한 개발된 제어기와 미터 스위치를 캠핑장뿐만 아니라 요트장, 아파트와 택내 주차장, 농어촌 등 다양한 환경에 적용하기 위해 필요한 시험 평가를 실시해야 한다. 본 논문에서는 캠핑장과 요트장에 개발한 전기 자판기를 적용하기 위해 그림 6과 같이 시험 평가를 실시하였다.

3.1 Z-Wave 통신 보드의 전송거리

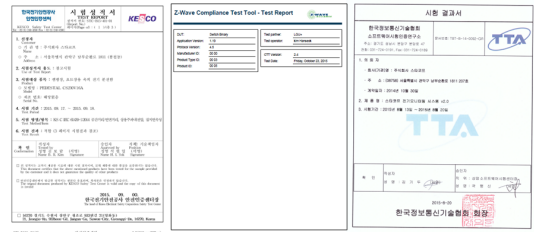
현재 제어기와 콘센트 함의 스위치 보드에 적용하고 있는 Z-Wave 통신 보드의 전송거리는 10~20m, 안테나 연결 시 80m까지이지만 요트장의 페데스탈에 적용하기 위해서는 100m 이상 지원해야 한다. 자체 제작한 보드에 대해 시험을 통해 직선거리(LOS)로 100m 이상 신호가 전달되고 통신이 이루어지는 것을 확인하였다.

3.2 제어기가 관리하는 미터 스위치의 수 확대

현재 개발된 제어기는 232개 까지 콘센트 함의 스위치들을 제어할 수 있다. 규모가 큰 요트장에 제어기를 적용하기 위해 제어기로 관리할 수 있는 미터 스위치의 수를 400개 까지 확장하였다.

3.3 Z-Wave 호환성 검사

Z-wave 통신 모듈을 이용한 제어기와 미터 스위치를 포함한 콘센트 함을 개발하고 상용화하려면 다른 Z-wave 제품들과 호환성 검사를 Z-Wave 협회로부터 받아야 한다. 개발한 미터 스위치는 Z-Wave CTT 인증을 획득하였다.



(a) 전기안전검사 (b) Z-Wave CTT (c) TTA 소프트웨어인증
(a) Electrical safety testing (b) Z-Wave CTT (c) TTA S/W certification

그림 6. 시험 평가서
Fig. 6. Test Report

3.4 TTA 소프트웨어 검증

전기 자판기의 관리서버와 제어기 프로그램에 대해 TTA V&V 시험을 통과하여 소프트웨어를 검증 받았다.

3.5 전기안전검사

전기 사용시 안전사고 등을 예방하기 위하여 실시하는 한국전력 자회사 검사기준에 따라 개발된 전기 자판기에 대한 검사를 실시하였다.

3.6 한국전기안전공사 전기안전검사

캠핑장에 사용되는 옥외 콘센트 함은 한국전기안전공사 안전인증센터에서 시행하는 공간거리와 연면거리 시험, 상용주파수 내전압 시험, 접지 연속성 시험 등의 시험 항목으로 이루어지는 전기안전검사를 통과하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 Z-Wave 개인무선네트워크와 안드로이드 모바일 앱을 이용하여 캠핑장에서 이용자가 예약을 하면서 콘센트 별로 개별 과금이 가능한 전기 자판기를 개발하였다. 개발한 전기 자판기는 이용자에게 전기를 제공하는 콘센트 함, 콘센트 함의 미터 스위치들을 제어하는 제어기, 스위치의 상태 등을 관리하면서 관리자 앱과 이용자의 유선 웹과 모바일 앱으로 접속되는 관리서버로 구성된다. 관리서버와 제어기 간에는 TCP/IP 프로토콜을 사용하고 제어기와 콘센트 함의 스위치는 Z-Wave 메시 네트워크로 구성하였다. 현재 개발된 제어기는 232개까지 스위치들을 제어할 수 있다. 이용자의 유선 웹과 모바일 앱은 관리자 서버에 전기 사용 예약, 캠핑장에서 지정한 콘센트 함으로부터 전기 사용, 선택한 요금제에 따라 사용한 전력량을 확인하고 결제하는 기능을 제공한다. 전기 자

판기의 콘센트 함은 캠핑장에서 사용 전기 서비스를 제공하기 위한 한국안전공사 전기안전검사와 Z-Wave CTT 등 관련 시험 평가를 통과하였다. 본 논문에서 개발한 제어기와 미터 스위치는 요트장의 계류 선박에 전기와 식수를 공급하는 마리나 페테스탈에 적용하여 상용시스템을 개발하고 있다. 또한 홈 에너지관리시스템(HEMS)을 위한 차세대 스마트 미터와 완속 전기자동차충전기에 적용하기 에너지 빅데이터 관련 기술을 개발하고 있다.

References

[1] C. Yin, W. Su, and Z. Yan, "An electricity -sale-support and information -sharing design scheme based on web," *IEEE ICSESS*, pp. 77-80, 2013.

[2] S. I. Hwang, T. J. Park, Y. K. Sohn, and G. P. Jeon, "Smart grid use case and service requirement based on M2M : Energy management system for public buildings," *J. KICS*, vol. 38C, no. 7, pp. 612-620, Jul. 2013.

[3] S. H. Lee and S. Y. Shin, "Design and implementation of LED streetlight system for remote control and Wi-Fi service," *J. KICS*, vol. 40, no. 1, pp. 233-239, Jan. 2015.

[4] Z-Wave Alliance, <http://z-wavealliance.org>

[5] Android Developers, <https://developer.android.com>

[6] J. H. Lee, S. H. Kim, C. S. Oh, M. S. Seo, Y. D. Kim, and H. J. Park, "Implementation of smart multi-tap system based on zigbee communication," *J. KICS*, vol. 39C, no. 10, pp. 930-936, Oct. 2014.

[7] G. R. Barai, S. Krishnan, and B. Venkatesh, "Smart metering and functionalities of smart meters in smart grid-a review," *EPEC*, pp. 138-145, 2015.

[8] D. Alahakoon and X. Yu, "Smart electricity meter data intelligence for future energy systems: A survey," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 12, no. 1, pp. 425-436, 2016.

[9] G. Parise and L. Parise, "An electrical distribution for Marinas," *AEIT Annu. Conf.*, pp. 1-4, 2014.

[10] Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org>

[11] Banana Pi, <http://www.bananapi.org>

강 기 범 (Ki-beom Kang)



2016년 8월 : 제주대학교 통신공학과 공학사
 2016년 9월~현재 : 제주대학교 통신공학과 석사과정
 <관심분야> 이동통신시스템, 사물인터넷, 통신 네트워크

안 현 권 (Hyun-kwon Ahn)



2016년 8월 : 연세대학교 전자공학 공학사
 현재 : (주)스타코프 대표이사
 <관심분야> 스마트그리드, 사물인터넷, 에너지 빅데이터, DNN기반이미지&시계열패턴인식

김 한 수 (Han-soo Kim)



2000년 2월 : 한국외국어대학교 전산학과 졸업
 현재 : (주)스타코프 디바이스기술 담당 이사
 <관심분야> WPAN, 오픈소스 하드웨어, Embedded System

이 승 현 (Seung-hyun Lee)



2001년 2월 : 국민대학교 임산학과 졸업
 현재 : (주) 스타코프 빅데이터분석 담당 이사
 <관심분야> 소프트웨어 아키텍처, 사물인터넷, 빅데이터분석

좌 정 우 (Jeong-woo Jwa)



1985년 2월 : 한양대학교 전자
공학과 공학사

1987년 2월 : 한국과학기술원 전
기및전자공학과 공학석사

2001년 8월 : 한국과학기술원 정
보및통신공학과 공학박사

1987년3월~1996년12월 : KT 무
선통신연구소

1997년1월~002년9월 : KTF 무선인터넷사업본부

2002년10월~현재 : 제주대학교 통신공학과 교수

<관심분야> 이동통신시스템, ICT 융합기술 응용, 사물
인터넷, 스마트 관광