

Design and implementation of IoT based controllers and communication module interfaces for stand-alone solar system

Yon-Sik Lee*, Young-Chae Mun**

Abstract

This paper is part of research and development for stand-alone solar system without commercial power supply. It implements firmware of controller for operation of stand-alone solar system by applying IoT technology and also develops communication modules that allow multiple solar lamps to send and receive data through wireless network.

The controller of the developed stand-alone solar system can effectively charge the power generated by the solar module, taking into account the battery's charge and discharge characteristics. It also has the advantage of attaching wireless communication modules to solar lamp posts to establish wireless communication networks without incurring communication costs.

In addition, by establishing IoT gateway middleware platform for each installation site, it forms a foundation to operate multiple solar lamp posts into multiple clusters. And, it is expected that the data collected in each cluster will be used to enable configuration and control of operational information, thereby inducing convenience and efficiency of remote operation and management.

▶Keyword: IoT, Stand-alone solar system, IoT based monitoring and control, IoT based controller, Gateway middleware

I. Introduction

현재 일반 조명 및 보안용 가로등은 상용전력을 공급 받기 때문에 메인 컨트롤러에서 점등 및 소등 제어가 가능하다. 가로등에 컨트롤러를 부착하여 분전함에서 PLC와 RF 통신으로 제어 신호를 받아 제어하고, 소비전력 측정 및 고장 여부를 감지하여 분전함으로 전송한다. 이와 같은 제어시스템은 인적이거나 시스템적으로 관리하고 보수하기 위한 유지보수 비용이 증가한다[1,3]. 또한, 기존의 가로등 원격 모니터링 시스템은 유선이나 무선 인터넷 연결을 위하여 별도의 공간과 통신을 위한 상용전력 공급을 필요로 한다[2,3]. 이는 별도의 유선 통신과 상용전력 공급 시설들이 구비된 장소에만 제한적으로 설치할 수 있기 때문에 무선 통신을 적용하고 상용전력이 없이 시스템을 안정적으로 운영할 수 있는 저전력 무선 통신모듈

이 추가로 요구되는 실정이다[3,4,7].

최근의 무선 통신과 인터넷을 하나의 플랫폼으로 구축하고 있는 환경에서는, IoT 기반으로 지정된 명령어와 알고리즘에 따라 데이터 통신을 실시하는 시스템이 확대 적용되고 있다 [5,6,11]. 또한 최근 상용전력을 공급받는 발전 시스템에 적용한 가로등 제어 및 모니터링 기술[3], GSM 통신을 활용하여 가로등의 조명을 관리하고 모니터링 하는 기술[8] 등 다양한 연구들이 수행되었지만, 상용전력을 사용하지 않는 현장의 설치 환경이나 무선 통신 환경과 유지보수 여건 등을 고려한 IoT 환경에서 독립형 태양광 가로등 시스템의 현장 적응형의 실질적인 연구 개발은 아직 부족한 실정이다.

*First Author: Yon-sik Lee, Corresponding Author: Young-chaе Mun

**Yon-sik Lee (yslee@kunsan.ac.kr), School of Computer Information and Communication Engineering, Kunsan National University

**Young-chaе Mun (ycmun@naver.com), Hailight Co., Jeonju, Korea

• Received: 2018. 10. 22, Revised: 2018. 11. 30, Accepted: 2018. 12. 07.

• This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (018R1D1A1B07051045)

본 논문은 상용전력 공급이 없는 독립형 태양광 가로등의 IoT 기반 모니터링 및 제어 시스템 구축을 위한 연구 개발의 일부로써, Zigbee 통신과 RF통신 모듈을 확장한 무선 통신 모듈과 환경정보 설정, 충방전 제어, 등기구 제어 및 시리얼 통신 등을 위한 컨트롤러 펌웨어를 구현하고자 한다. 또한, 시스템 구성 및 서로 다른 통신 규격의 연동기능을 위한 게이트웨이 미들웨어 플랫폼을 구축하고자 하며, 개발 시스템의 현장 적용 및 실험을 기반으로 원격 운영·관리의 편리성과 효율성을 유도하고자 한다.

II. Related works and design topics

2.1 IoT based monitoring and control system

현장에 설치된 다수의 독립형 태양광 가로등은 현장 상황에 따라 태양광 모듈의 발전 전압과 배터리의 전류 및 온도 등을 실시간으로 측정하며, 이들 데이터는 시스템을 운영 및 관리하기 위하여 모니터링 및 제어하는 기능이 필수적으로 요구된다[1,3]. 또한 태양광 가로등은 컨트롤러가 동작 중 멈추는 고장 비율이 부품고장 비율보다 높기 때문에 현장에서 컨트롤러를 리셋 조치하는 어려움이 발생하고, 가로등의 특성상 비효율적으로 전력을 낭비하는 상황이 발생한다[2,3]. 이들을 해결하기 위하여 관리자가 원격으로 컨트롤러에 정보 전송 및 환경 설정이 가능한 시스템 개발이 필요하며, 가로등의 설치 장소의 다양성으로 인한 통신비용 부담이 없는 무선 통신 네트워크 환경 구축이 요구된다[5,6].

본 논문은 독립형 태양광 가로등의 IoT 기반 모니터링과 제어를 위한 전체 시스템 구축을 위한 연구의 일부로써, IoT 기반의 무선 통신 모듈과 컨트롤러 설계 및 구현 기술과 개발 결과를 포함한다. Figure 1은 무선 통신 환경을 갖춘 독립형 태양광 가로등 시스템, 이기종 무선 통신이 가능한 IoT 게이트웨이, 데이터 처리 및 운영 관리를 위한 IoT 서비스 서버, 측정된 데이터 저장을 위한 IoT 데이터베이스 서버, 모니터링 및 제어를 위한 IoT 관리 도구 (PC, 스마트폰) 등으로 구성되는 전체 시스템을 나타낸다.

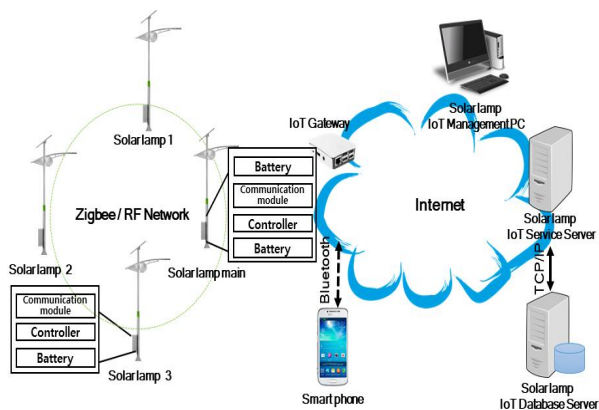


Fig. 1. IoT based monitoring and control system

독립형 태양광 가로등 시스템은 각각의 태양광 가로등을 등주로 구분하고, 등주 1개 또는 다수의 등주를 1개의 클러스터로 구성하며, 각 클러스터에는 1개의 메인 등주가 존재한다. 각 클러스터의 메인 등주는 클러스터 내의 모든 등주들과 이기종 무선 통신과 송수신 데이터 처리를 위한 IoT 게이트웨이 플랫폼을 포함한다[4,6,9]. 무선 통신모듈은 Zigbee 통신과 RF통신 모듈을 확장하여 사용하고, 가로등 식별을 위하여 GPS 모듈을 통한 위치, 날짜 및 시간 정보를 이용하도록 한다. 가로등의 무선 통신모듈과 컨트롤러의 통신은 시리얼통신을 사용하며, 컨트롤러에서 측정된 데이터 수신이 가능하도록 한다.

2.2 Controller of stand-alone solar lamp

태양광 모듈에서 발전 전력을 배터리에 충전할 때 배터리 전압이 상승하는 특성이 있으며, 충전 전력을 LED등기구로 방전할 때 배터리의 전압은 LED등기구 출력전압에 따라 서서히 내려가는 특성이 있다. 따라서 컨트롤러는 배터리의 충방전 특성을 고려하고, 안정적인 운영을 위하여 다양한 제어기능을 지원하도록 설계되어야 한다[2,4]. 이를 위하여 배터리의 충방전 및 조명제어를 위해 필요한 전압, 전류, 온도 등을 측정할 수 있는 기능과 컨트롤러의 동작 상황 모니터링을 위한 관리자의 PC나 다른 통신 모듈과의 시리얼 통신기능이 필요하다[10,11]. 또한, 현장에 설치된 다수의 가로등의 무선 통신을 위한 통신 모듈 인터페이스는 컨트롤러의 독립적인 운영을 위하여 컨트롤러에 포함시키지 않고 별도의 모듈로 제작할 필요가 있다[10,12].

Figure 2는 본 논문에서 구현하고자 하는 컨트롤러 및 통신 모듈의 설계 구성을 보인다.

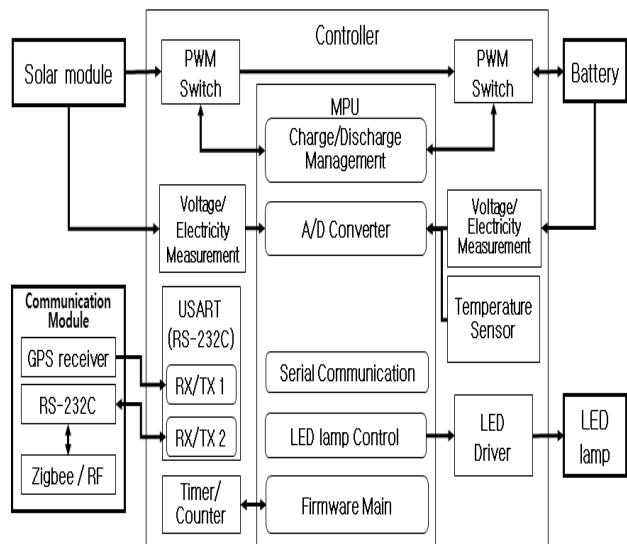


Fig. 2. Controller and communication modules

컨트롤러는 하드웨어와 펌웨어로 분류하였으며, 하드웨어는 회로구성을 위한 전자부품과 회로도를 포함하고, 펌웨어는 시스템 운영을 위한 전자부품들의 동작을 제어한다. 컨트롤러의 하드웨어는 전력 충전과 방전을 위한 각각의 PWM (Pulse

Width Modulation) Switch 회로, 태양광 모듈의 전압/전류 측정 회로, 온도센서, LED Driver 회로, 충전 및 방전 시간 계산을 위한 Timer/ Counter 회로, 측정된 데이터를 외부로 전달하기 위한 USART의 RS-232C 통신 회로로 구성한다.

컨트롤러는 Figure 3과 같이 동작하도록 설계한다. 최초 실행 시 컨트롤러는 내장된 마이크로프로세서의 입출력 포트 설정 및 내부 타이머, 시리얼 통신, 아날로그/디지털 컨버터 등을 초기화한다. 초기화 후, 시리얼 통신의 수신 포트를 외부 인터럽트로 설정하여 시리얼 통신으로 수신된 데이터를 처리 한다. 수신된 데이터는 GPS 데이터와 사용자 데이터로 구분되며, 수신 데이터의 제어 모드에 따라 제어 및 정보 수정을 수행한다. 만일 인터럽트가 발생되지 않고 외부로부터 데이터를 전송받지 못했을 경우에는 펌웨어에 의해 기본 환경 정보 및 점등시간을 설정하고, 컨트롤러에서 측정된 정보들을 통신 모듈로 전송한다. 컨트롤러에서 태양광 모듈로부터 측정된 전압을 기준으로 배터리 충방전 관리를 통하여 배터리의 상태에 따라 충전 및 방전 과정을 반복적으로 실행한다.

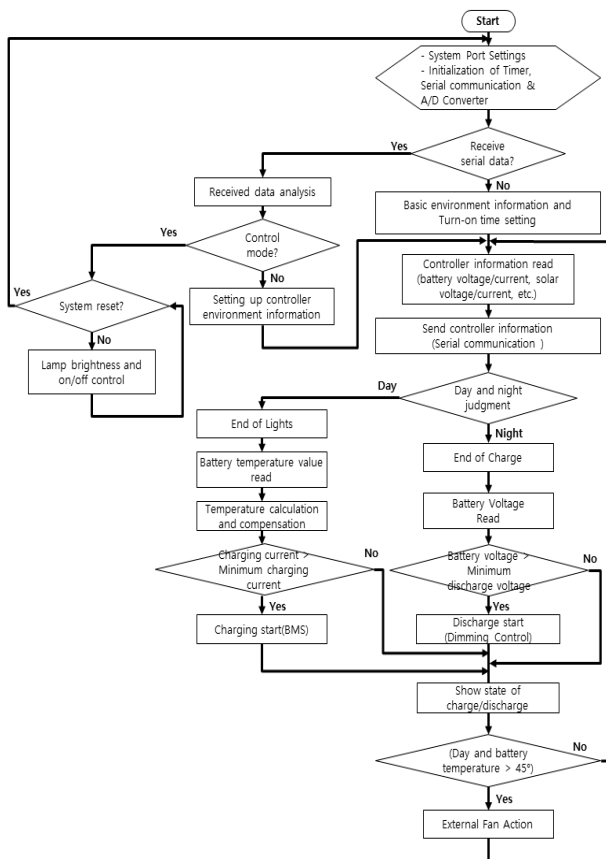


Fig. 3. Flowchart of stand-alone solar lamp controller

동작 제어를 위한 펌웨어는 펌웨어 Main에서 배터리 충방전 관리기능, 아날로그/디지털 컨버터기능, 시리얼 통신기능, LED 등기구 밝기 제어기능 등을 수행하도록 구현한다. 컨트롤러에 내장된 마이크로프로세서는 시간 데이터 수집을 위한 GPS데이터 수신용과 Zigbee 또는 RF 통신으로 데이터를 송수신하는 2

개의 시리얼 통신이 가능하도록 하고, 통신 모듈은 GPS 수신기, 시리얼 통신 모듈, Zigbee 모듈을 기본 구성으로 하고, 확장 슬롯을 추가하여 RF 통신 모듈을 연결할 수 있도록 한다.

2.3 IoT gateway

통신 환경이 다른 가로등과 서버 또는 스마트폰 사이의 양방향 데이터 송수신을 중계하는 게이트웨이는 TCP/IP 통신기능과 블루투스 통신기능이 요구되며, 무선 네트워크 환경을 위하여 게이트웨이에 마스터 노드로 설정된 통신 모듈을 시리얼 통신으로 연결하고 데이터를 송수신하는 기능과 인터넷 사용이 불가능할 경우 데이터 저장기능이 필요하다.

IoT 게이트웨이는 Figure 4와 같이 동작하도록 설계한다. 태양광 가로등과의 통신을 위한 시리얼 통신 설정, WiFi 통신 모듈을 이용하여 서버에 접속하기 위한 TCP/IP 통신 설정, 주변 스마트폰과 근거리 통신을 위한 블루투스 통신을 설정한다. 각 통신 설정 후 시리얼 통신이 연결되면, IoT 게이트웨이 주변의 각 가로등으로부터 측정 데이터를 수신하고, 이를 WiFi 모듈을 이용하여 IoT 서비스 서버에 전송하도록 한다. 통신이 불가능할 경우에는 수신된 데이터를 파일로 저장하여 WiFi나 블루투스 통신이 가능할 경우 IoT 서비스 서버에 전송하도록 하며, IoT 서비스 서버로부터 수신된 데이터를 제어데이터와 설정데이터로 분류한 후 태양광 가로등으로 전송하도록 한다.

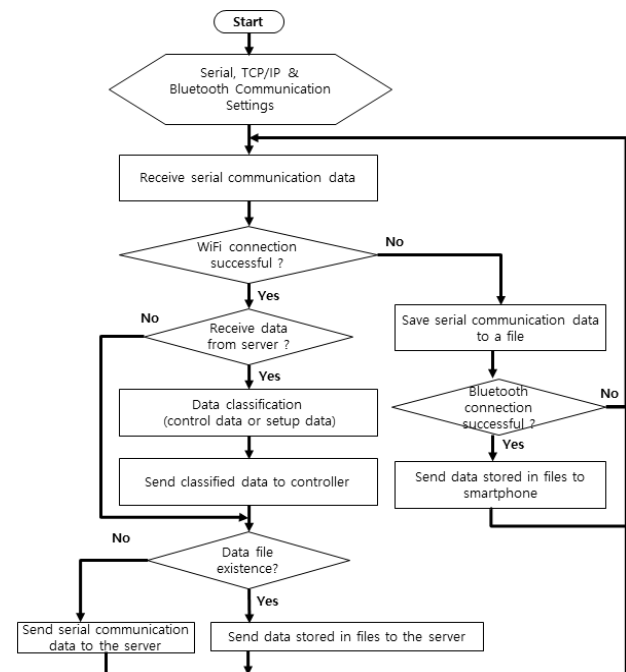


Fig. 4. Operation flow diagram of IoT gateway

본 논문에서는 IoT 게이트웨이와 통신 모듈 간은 시리얼 통신으로, IoT 게이트웨이와 IoT 서비스 서버와의 통신은 TCP/IP 통신으로, 스마트폰과의 통신은 블루투스 통신을 사용하도록 설계 구현하고, 송수신 데이터 처리를 위한 IoT 게이트웨이 미들웨어를 구현한다.

III. Implementation of communication module interface and controller

3.1 Communication module

통신 모듈은 GPS 수신기, 시리얼 통신 모듈, Zigbee 모듈로 구성하고, 인터페이스는 마이크로 USB를 사용하며 RF 통신 모듈을 추가할 수 있도록 확장 슬롯을 추가 연결한다. 통신 모듈은 내부 펌웨어를 사용하지 않고 회로를 구성하여 시리얼 통신으로 GPS 데이터를 수신하고, Zigbee 또는 RF 통신으로 IoT 게이트웨이와 데이터를 송수신하도록 구현한다. Zigbee 통신과 RF 통신은 선택적 통신이 가능하도록 하며, 통신 클러스터는 각 통신 모듈에 업로드되어 있는 제작사 펌웨어를 이용하여 구성한다.

3.2 Controller firmware

펌웨어는 AVR Studio 4.0 Tool을 이용하여 C언어로 개발하고, MPU는 ATmega128을 사용한다. 개발 내용은 MPU의 64개 핀에 대한 입출력 포트 설정, 가로등 운영을 위한 환경 정보 설정, 배터리 충방전 제어기능, 등기구의 점등 제어기능, 낮/밤 구분기능, 충전 시간 및 방전 시간 제어를 위한 타이머기능, 태양광 모듈 및 배터리의 전압과 전류, 컨트롤러 및 배터리 온도 측정, 시리얼 통신에서 데이터 수신 및 송신기능, 시리얼 통신 데이터 분석 및 처리기능을 구현한다.

▶ 배터리 충방전 관리

배터리 충전은 배터리의 단자 전압에 따라 충전 단계를 3단계로 구분하여 진행한다. 1단계는 Bulk 충전 과정으로 태양광 모듈에서 발전하는 전력을 최대한으로 충전한다. 2단계는 Absorption 충전 과정으로 태양광 모듈에서 충전하는 전압을 일정전압으로 유지시켜 충전한다. 3단계는 Floating 충전 과정으로 배터리 특성에 따라 충전 전류가 배터리 용량의 1%까지 감소하게 되면 완전히 충전된 상태로 충전을 멈춘다.

배터리 방전은 LED등기구로 전력을 소비하는 과정으로 배터리 전압에 따라 출력 전류량을 4단계(100%, 75%, 50%, 35%)로 조절하도록 설정하고, 배터리 전압이 저전압 상태로 낮아지면 LED등기구를 소등하여 배터리 보호기능을 수행하도록 한다.

▶ 아날로그/디지털 컨버터

태양광 모듈의 전압, 충전 전류, 배터리 전압, 방전 전류, 배터리 온도 등의 측정 데이터는 0V ~ 5V의 전압 범위로 ATmega128의 ADC에 해당하는 포트에 입력되므로 이를 실제 측정 데이터로 변환하도록 한다.

▶ 시리얼 통신

ATmega128은 시리얼 통신이 가능한 4개(RXD0, TXD0, RXD1, TXD1)의 포트를 구성하고, 각 통신 포트에서 송수신할 데이터들을 분석하거나 전송 데이터 패킷을 구성하는 기능을 구현하기 위하여 사용하며 각 포트별 용도는 다음과 같이 구분한다.

- RXD0: 통신 모듈의 GPS 수신기로부터 데이터를 전송 받을 때 사용

- TXD0: GPS 수신기에 전송하는 데이터가 없으므로 미 사용
- RXD1: 통신 모듈의 Zigbee 또는 RF 모듈에서 수신된 데이터(컨트롤러 환경 설정 데이터, 제어 명령 데이터 등)를 전송 받을 때 사용

- TXD1: 컨트롤러의 측정 데이터나 관리자로부터 요청된 환경 설정 데이터를 통신 모듈로 전송할 때 사용

▶ LED등기구 밝기 제어

LED등기구의 밝기는 배터리의 측정 전압에 따라 방전 전류를 4단계로 조절이 가능하도록 하며, 점등 모드에 따라 3부분으로 출력 전류량을 다르게 조절하여 출력 시간을 배분하도록 한다.

3.3 IoT gateway middleware platform

시스템 구성 모듈들의 네트워크 구성 및 서로 다른 통신 규격의 연동을 위하여 다음과 같은 기능들을 수행하는 미들웨어 플랫폼을 설계 구현한다.

▶ 태양광 가로등과 IoT 게이트웨이 사이의 통신 미들웨어: 컨트롤러에서 수신된 데이터를 분석하여 패킷을 재구성하는 기능과 IoT 서비스 서버로부터 수신된 데이터를 시리얼 통신으로 Zigbee 모듈을 통하여 전송하는 기능을 수행한다.

▶ IoT 게이트웨이와 IoT 서비스 서버 사이의 통신 미들웨어: WiFi 모듈을 이용하여 TCP/IP 통신 프로그램을 구현하고, 컨트롤러에서 수신된 데이터를 파일로 저장하는 기능, IoT 서비스 서버와 컨트롤러 간의 양방향 데이터 송수신기능, 수신된 데이터를 제어데이터와 설정데이터로 분류하여 처리하는 기능을 수행한다.

▶ IoT 게이트웨이와 스마트폰 사이의 통신 미들웨어: 블루투스 통신이 가능한 프로그램을 구현하여 데이터를 전송하는 기능과 스마트폰에서 주변 태양광 가로등을 제어 및 모니터링 기능을 수행한다.

위와 같이 구현된 통신 미들웨어 환경에서 IoT 게이트웨이는 시리얼 통신이 가능한 환경에서 동작하며, 소켓 통신이나 블루투스 통신 등 서로 다른 통신 환경에서 동시에 데이터를 처리할 수 있도록 각 소켓 통신과 블루투스 통신을 스레드(Thread)로 관리한다. 또한 파일 관리자를 생성하여 수신 데이터를 IoT 서비스 서버나 스마트폰으로 전송할 수 없을 때, IoT 게이트웨이의 저장소에 파일로 저장하는 기능을 수행하도록 한다.

IV. Experiments and results

4.1 Experiment of controller operation

Zigbee 통신과 RF통신 모듈을 확장하여 구현한 무선 통신 모듈과 충방전 및 등기구 제어 등을 위한 컨트롤러 펌웨어의 올바른 역할과 기능 평가를 위한 컨트롤러의 충방전 동작 실험은 태양광 모듈(230W), 배터리(200Ah-12V x 2EA), LED등기구(60W-24V) 및

개발된 펌웨어가 업로드된 컨트롤러를 사용하였다.

하루 동안 컨트롤러에서 태양광 모듈의 전압과 배터리의 전압을 측정하면 태양광 모듈 전압이 배터리 전압 보다 높ی 올라갔을 때 충전이 가능한 상태를 나타낸다. 또한, 이때 충전 전류는 증가하므로 충전 상태를 확인할 수 있고, 태양광 모듈 전압이 배터리 전압 보다 낮아지면 충전을 중단하고, 방전 전류가 증가하며 LED 등기구가 점등됨을 알 수 있다.

태양광 모듈에서 발전된 전력은 전력품질 분석기를 사용하여 매 0.4초 간격으로 태양광 모듈의 전압, 배터리 전압, 태양광 모듈에서 컨트롤러에 입력된 전류, 컨트롤러에서 배터리에 충전된 전류, 태양광 모듈에서 발전된 전력, 배터리에 충전된 전력 등을 측정하였고, 측정된 데이터는 분당 평균값으로 분석하였다.

Figure 5는 태양광 모듈 전압과 배터리 충전 전압과의 관계 그래프이며, Figure 6은 태양광 모듈 전류와 배터리 충전 전류와의 관계 그래프이다.

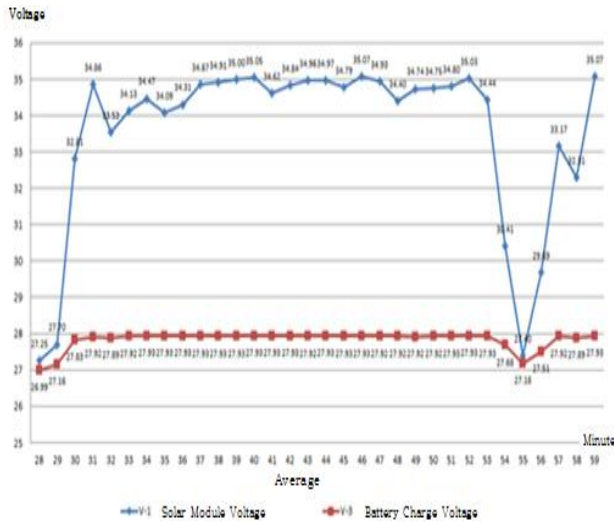


Fig. 5. Graph on the relationship between solar module voltage and battery charging voltage

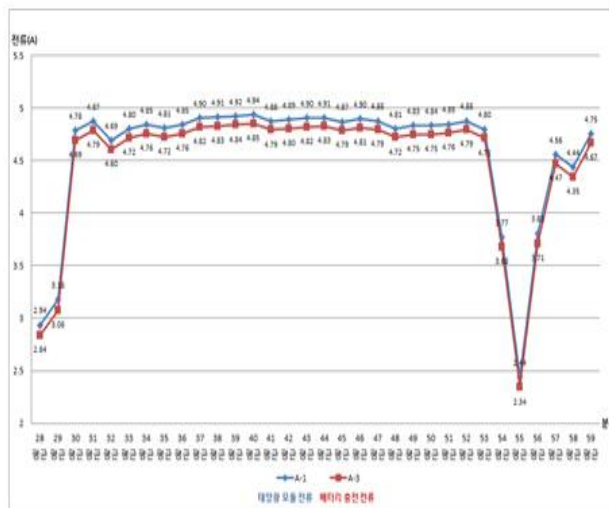


Fig. 6. Graph on the relationship between solar module current and battery charging current

태양광 모듈의 전압이 변해도 배터리의 충전 전압이 일정하게 유지되는 것과 태양광 모듈의 전류와 배터리의 충전 전류는 같이 변하는 것을 확인 할 수 있다.

위의 실험을 통하여 과충방전 방지, 최저 충전 전압, 입력 전압, 충전 효율 및 점등 제어에 대하여 적정 측정치와 정상 동작을 확인하였다. 이는 상용전력 공급이 없는 독립형 태양광 가로등의 IoT 기반 모니터링 및 제어 시스템 구축을 위하여 적합한 통신 모듈과 컨트롤러 펌웨어의 동작이 바르게 수행됨을 알 수 있고, 이와 같은 현장 적용 실험을 통하여 원격 운영 및 관리의 편리성과 효율성이 제공됨을 알 수 있다.

4.2 Experiment of IoT gateway operation

IoT 게이트웨이 미들웨어 플랫폼 개발 환경은 Table 1과 같다.

Table 1. Development environment for IoT gateway middleware platform

Items	Specifications
CPU	700MHz ARM1176JZF-S single core
GPU	BroadCom VideoCore4 dual core
Memory	512MB(GPU sharing)
Network	10/100Mbit/s Ethernet adaptor and USB Hub
Power	5V / 600mA (3.0W)
Communication module	USB Bluetooth and wireless lan card, communication module
OS	Raspbian(Linux kernel based)
Tool	Eclipse
Language	JAVA

동작 실험은 컨트롤러로부터 IoT 게이트웨이에 전송된 데이터를 이클립스 콘솔창에서 확인하고, TCP/IP 통신이 불가능한 상황에서 데이터를 파일로 저장함을 보인다. IoT 게이트웨이 동작을 위한 미들웨어 클래스 다이어그램은 Figure 7과 같다.

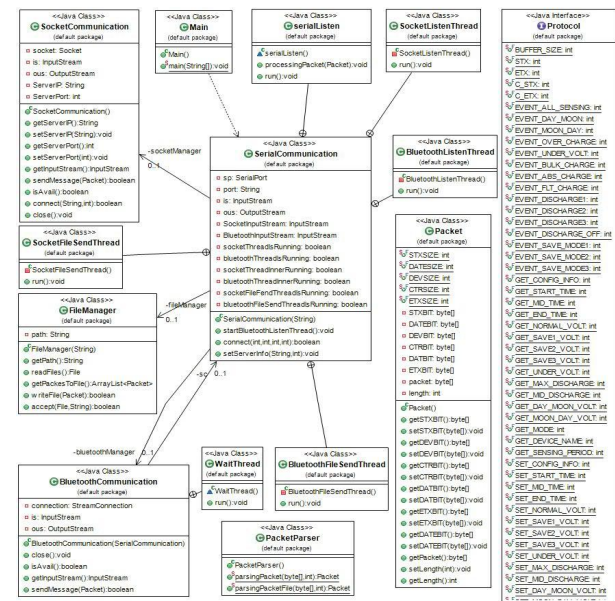


Fig. 7. Middleware class diagram for IoT gateway operation

IoT 게이트웨이의 구체적인 동작 실험을 위하여 컨트롤러와 IoT 게이트웨이는 Zigbee 통신 네트워크를 구성하고, 컨트롤러에 연결된 통신 모듈은 서버 노드들로 설정하며, IoT 게이트웨이에 연결된 통신 모듈은 마스터 노드로 설정한다.

통신 모듈과 IoT 게이트웨이 플랫폼의 시리얼 통신을 위해 시리얼 포트를 '/dev/tty/AMA0'로 설정하고, IoT 서비스 서버와 연결하기 위해 WiFi 모듈을 연결하여 네트워크 환경을 설정한 후, IoT 서비스 서버와 연결 될 때까지 수신 대기 한다. 블루투스 통신을 위해서는 블루투스 모듈을 IoT 게이트웨이에 연결하고 블루투스 통신 환경을 설정하면 연결 대기 상태로 전환된다. 시리얼 포트가 연결되면 Figure 8과 같이 콘솔창에 수신된 데이터가 16진수 값으로 컨트롤러에서 전송된 데이터 패킷 규격에 맞게 수신됨을 확인할 수 있다.

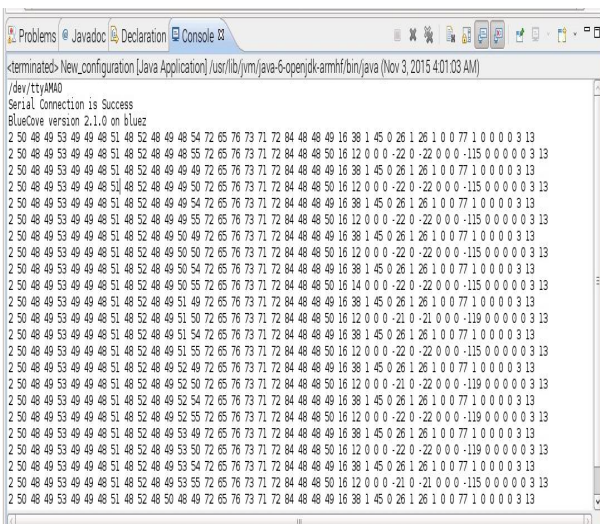


Fig. 8. Screen of controller data received

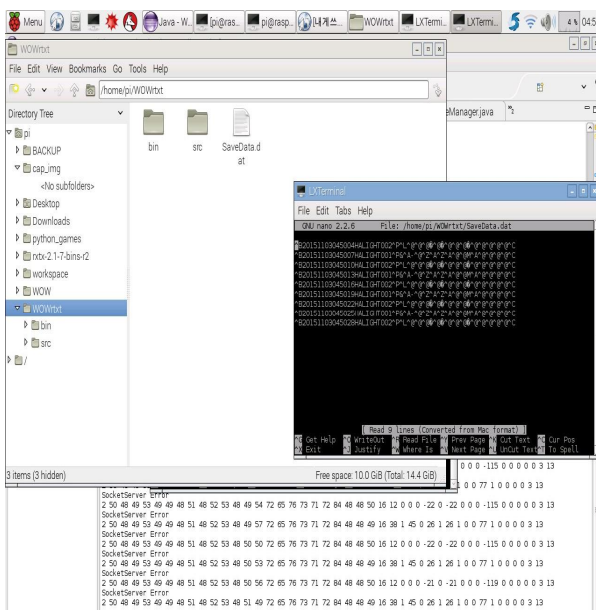


Fig. 9. Screen of stored files(in case of TCP/IP communication connection failure)

다음 Figure 9는 TCP/IP 통신 연결에 실패할 경우 “Socket Server Error” 메시지를 출력하고, 컨트롤러에서 전송된 데이터를 IoT 게이트웨이 미들웨어 플랫폼에서 IoT 서비스 서버로 전송할 수 없는 상태가 되어 파일로 저장하는 기능을 실험한 화면이다. 파일로 저장된 데이터는 IoT 서비스 서버와 연결되거나 스마트폰에 블루투스로 연결될 경우 순차적으로 전송하고, 전송된 데이터는 파일에서 삭제한다.

위의 실험 결과에서 보이듯이 IoT 서비스 서버 연결이나 블루투스 통신을 위한 환경 설정과 포트 연결 시 정의된 규격의 데이터 패킷 수신 확인과 통신 실패 시의 데이터의 저장기능의 확인을 통하여, 구현된 IoT 게이트웨이의 올바른 기능과 역할(성능)의 수행을 확인할 수 있다.

V. Conclusions

최근 태양광 가로등 시스템의 관리 및 유지 보수를 현장에서 처리하기 위해 IoT 기반의 무선 센서 네트워크의 통신 방식을 적용한 모니터링 시스템이 연구되고 있다. 기존 태양광 가로등 모니터링 시스템은 넓은 지역에 설치된 태양광 가로등에 시설 통신망을 적용시켜 통신비용과 유선 가설비용 등이 발생하는 문제점과 단일 무선 통신 네트워크 구축으로 각 클러스터는 데이터를 수집하는 서버나 PC를 운영할 공간이 필요한 단점이 있다.

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 독립형 태양광 가로등의 운영을 위하여 IoT 기술을 적용한 컨트롤러 펌웨어와 게이트웨이 미들웨어 플랫폼을 구현하고, 무선 네트워크를 통하여 다수의 태양광 가로등들이 데이터를 송수신할 수 있는 통신 모듈을 개발하였다.

구현된 IoT 기반의 컨트롤러는 배터리의 충방전 특성을 고려하여 태양광 모듈에서 발전된 전력을 효율적으로 충전할 수 있으며, 내부 펌웨어를 사용하지 않고 회로를 구성한 시리얼 통신과 Zigbee 또는 RF 통신으로 IoT 게이트웨이와 데이터를 송수신하도록 구현된 무선 통신 모듈을 통하여 추가적 통신비용의 발생 없이 무선 통신 네트워크를 구축이 가능함을 보인다. 또한, 다수의 태양광 가로등을 설치 현장 별로 IoT 게이트웨이 미들웨어 플랫폼을 구축하여 다수의 클러스터로 구분하여 운영할 수 있는 기반을 구축하고, 각 클러스터에서 수집된 데이터를 활용하여 운영 정보 설정 및 제어가 가능하도록 하여 원격 운영·관리의 편리성과 효율성을 제공한다.

REFERENCES

[1] A. Jain, C. Nagarajan, “Efficient Control Algorithm for a Smart Solar Street Light,” 2015 9th International

- Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, pp.376-381, 2015.
- [2] M. F. Pinto, et. al., "Street Lighting System for Power Quality Monitoring and Energy-Efficient Illumination Control," 2016 IEEE 25th International Conference on Industrial Electronics, pp.34-39, 2016.
- [3] C. J. Kim, et al., "Real-time Remote Monitoring System for Distributed Photovoltaic Systems," Journal of KIICE, 19(10), pp.2450-2456, 2015.
- [4] M. Kim, et al., "Universal Interface for IoT Platform," Journal of KIPS, 7(1), pp.19-24, 2018.
- [5] A. Al-Mutairi, "Designing and Implementation of Solar Street Lighting Management System Using Wide Area Network Technique," Journal of Babylon University/Engineering Sciences, 24(1), pp.203-215, 2016.
- [6] M. SU, et. al., "Design of the Wireless Monitoring System of Solar Lamps Based on ZigBee and GPRS," Power Engineering and Automation Conference, pp.1-4, 2012.
- [7] B. W. Park, et al., "Development of Integrated Photovoltaic Monitoring System Using ZigBee Communication," Journal of KIIEE, 31(7), pp.56-62, 2017.
- [8] S. Siregar, et. al., "Solar Panel and Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wireless Communication System," 2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology, pp.272-275, 2014.
- [9] Xiaopu Wu, et. al., "Solar Street Lamp System Using GPRS and ZigBee Technology," 2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications, pp.2561-2564, 2016.
- [10] C. Lee, et. al., "Design and Implementation of a Universal Smart Energy Management Gateway based on the Internet of Things Platform," 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.67-68, 2016.
- [11] J. J. Lee, et al., "IoT-based mobile smart solar power monitoring system," Journal of IEEK, 54(8), pp.55-64, 2017.
- [12] M. H. Park, et al., "A Study on the Development of Energy IoT Platform," Journal of KIPS, 5(10), pp.311-318, 2016.

Authors



Yon-Sik Lee received the B.S. and M.S. degrees in Computer Science from Chonnam National University, Korea, in 1982 and 1984, respectively. And, his Ph.D. degree in Computer Application Engineering from Chonbuk National

University, Korea, in 1994. Dr. Lee joined the faculty of the School of Computer Information and Communication Engineering, Kunsan National University, Kunsan, Korea, in 1986. He is interested in sensor network middleware, active rule system, agent system and cloud computing.



Young-Chae Mun received the B.S. and M.S. degrees in Computer Information Science from Kunsan National University, Korea, in 2007 and 2009, respectively. And, his Ph.D. degrees in Computer Information Engineering from Kunsan National

University, Korea, in 2018. Dr. Mun joined the technical manager at Hailight Company, Jeonju, Korea, in 2014. He is interested in wireless sensor network, IoT service management and software agent system.