한국항해항만학회지 제41권 제6호
J. Navig. Port Res. Vol. 41, No. 6 : 395-400, December 2017 (ISSN:1598-5725(Print)/ISSN:2093-8470(Online))
DOI : http://dx.doi.org/10.5394/KINPR.2017.41.6.395

Modbus TCP를 이용한 선박용 무선 LED 제어기의 설계 및 구현

정정수* · † 이상배

*한국해양대학교 전자통신공학과 대학원, † 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

Design and Implementation of Wireless Lighting LED Controller using Modbus TCP for a Ship

Jeong-Soo Jeong · † Sang-Bae Lee*

**Division of Electronics and Communication Engineering, Graduate school of National Korea Maritime and Ocean University*
† Division of Electronics and Communication Engineering, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

요 약 : Modbus는 각종 자동화 장비 감시 및 제어에 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 자발적 산업표준 통신 프로토콜이다. 그러므로 선박, 빌딩, 기차, 비행기 등 Modbus를 이용하는 모든 장비들과 연결이 가능하여 환경변수의 측정 및 원격제어가 가능하게 된다. 기존의 Modbus는 Serial 통신을 기반으로 사용되어 왔으며, Modbus TCP는 오늘날 인터넷 프로토콜로 가장 많이 쓰이는 TCP/IP를 기반인 Ethernet 통신을 이용하므로 Serial 통신에 비해 빠르고 사물인터넷(Internet of Things) 환경에 연결이 가능하다. 본 논문에서는 Modbus TCP 통신 프로토콜을 이용하여 무선 Wi-Fi 환경에서 LED 조명을 제어하기 위한 알고리즘을 설계하고, 선박의 통합관리 시스템에서 외부 환경요인 확인 및 원격제어가 가능한 LED 제어기 회로를 설계 및 구현 하였다. 외부 환경요소인 온도, 습도, 전류, 조도 값들은 센서를 통해 제어기로 받아들이며 이 값들은 Modbus 프로토콜을 통해 선박의 통합관리 시스템에 알리게 된다. Modbus는 TCP 통신으로 Master 기기와 연결 되어 온도, 습도, 전류, 조도 상태 모니터링 및 LED 출력 값 확인이 가능하고 또한 사용자가 원격으로 RGB 값을 변경할 수 있기 때문에 원하는 색으로 변경이 가능하게 된다. 제작한 제어기의 구현 확인을 위해 모의 선박 관리 시스템을 만들어 온도, 습도, 전류, 조도 상태를 모니터링 하고, 원격으로 RGB 값을 변경 하여 제어기의 LED 조명색상이 변화 되는 것을 확인 하였다.

핵심용어 : LED, 제어기, 온도, 습도, 조도, 센서, 조명제어, Modbus TCP

Abstract : *As a serial communications protocol, Modbus has become a practically standard communication protocol and is now a commonly available means of connecting industrial electronic devices. Therefore, all devices can be connected using the Modbus protocol with the measurement and remote control on ships, buildings, trains, airplanes and more. The existing Modbus that has been used is based on serial communication. Modbus TCP uses Ethernet communication based on TCP/IP which is the most widely used Internet protocol today; so, it is faster than serial communication and can be connected to the Internet of Things. In this paper, we designed an algorithm to control LED lighting in a wireless Wi-Fi environment using the Modbus TCP communication protocol, and designed and implemented a LED controller circuit that can check external environmental factors and control remotely through the integrated management system of a ship. Temperature, humidity, current and illuminance values, which are external environmental factors, are received by the controller through the sensors, and these values are communicated to the ship's integrated management system via the Modbus protocol. The Modbus can be connected to Master devices via TCP communication to monitor temperature, humidity, current, illuminance status and LED output values, and also users can change the RGB value remotely in order to change to the desired color. In addition, in order to confirm the implementation of the controller, we developed a simulated ship management system to monitor the temperature, humidity, current and illumination conditions, and change the LED color of the controller by changing the RGB value remotely.*

Key words : *LED, Controller, Temperature, Humidity, Illumination, Sensor, Lighting Control, Modbus TCP*

1. 서 론

제4차 산업 혁명(Fourth Industrial Revolution, 4IR)은 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이루어낸 혁명 시대를 말한다. 18세기 초기 산업 혁명 이후 네 번째로 중요한 산업 시대이다. 이 혁명의 핵심은 인공지능, 로봇공학, 사물 인터넷, 무인 운송 수단(무인 항공기, 무인 자동차), 3차원 인쇄, 나노 기술과 같은 6대 분야에서 새로운 기술 혁신이다(Klaus Schwab, 2016).

그중, 사물 인터넷(Internet of Things, 약어로 IoT)은 각종 사물 등(가전제품, 모바일 장비 등 다양한 임베디드 시스템)에 환경 변화 등을 측정할 수 있는 각종 센서와 통신 기능을 내

† Corresponding author, 연회원, leesb@kmou.ac.kr 051)410-4317
* 연회원, papalach79@gmail.com

장하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미하며 인터넷으로 연결된 사물들이 각종 정보를 주고받아 스스로 분석하고 학습한 정보를 사용자에게 제공하거나 사용자가 이를 원격 조정할 수 있는 인공지능 기술이다. 사물 인터넷에 연결되는 사물들은 자신을 구별할 수 있는 유일한 아이피를 가지고 인터넷으로 연결되어야 하며, 외부 환경으로부터의 데이터 취득을 위해 센서를 내장할 수 있다(Höller et al., 2014).

세계 각국은 자국의 안정적인 에너지 공급과 저탄소 녹색성장을 위해 장·단기적인 정책을 다양하게 펼치고 있다. 그 중 고효율, 친환경 광원인 LED는 국가의 에너지 정책 추진의 중요한 부분을 차지하고 있다. LED 조명은 기존 백열등·형광등·할로겐을 대체 할뿐만 아니라 휴대전화, 자동차, BLU(Back Light Unit) 등 다양한 분야에 적용할 수 있기 때문에 시장잠재력이 크다(Kim and Kim, 2013). 우리나라의 경우 정부 차원에서 “저탄소 녹색성장”을 대표적인 정책의 지표로 설정하여 현재의 환경·에너지 위기를 극복하고자 노력하고 있으며, 6대 분야 22개 산업 중 LED 산업을 21세기 신성장동력 산업으로 육성하는 정책을 발표하였으며, 2012년 세계 3대 LED 생산국을 목표로 하고 있다(Jung, 2009).

고출력 고휘도 LED (Light Emitting Diode)는 조명용 광원으로 혁신적 결과물을 만들어내고 있으며, 기존 백열등과 형광등의 대체 광원으로 상용화가 활발하다(Part, 2016).

본 논문에서는 제 4차산업 혁명에 중심인 IOT 환경에 접속이 가능한 Ethernet Wi-Fi 환경에 Modbus TCP 통신 프로토콜을 이용하여 선박의 통합관리 시스템에 연결 가능한 LED 조명 제어기를 설계 하였으며, 본 제어기를 통해 온도, 습도, 전류, 조도 상태를 모니터링 하고, 원격으로 RGB 값을 변경하여 제어기의 LED 조명색상이 변화 되도록 구성하였다.

2. Modbus 프로토콜

2.1 Modbus 프로토콜의 개요

Modbus 프로토콜은 1979년 미국의 모디콘사에서 개발되어 오늘날까지 전 세계의 빌딩자동제어 및 공장자동화 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 통신방식 중 하나이다. 폭 넓은 사용자층을 확보하고 있어 프로토콜을 서로 다른 장비들 사이의 시스템에 인터페이스하기 위해서 가장 널리 사용되고 있으며, 그 이유는 무엇보다 사용하기 쉽고, 자동제어에 사용되는 digital value, analog value의 데이터 형식에 제어/감시의 특징을 잘 표현하고 있고, 구현하기 쉽기 때문이다(Seol, 2013).

간단하게 Modbus 프로토콜을 정리하면 아래와 같다.

- 산업용 통신 프로토콜로 개발되었다.
- 프로토콜이 오픈소스이므로 무료이다.
- 설치와 유지보수가 용이하다.
- 비트단위 또는 워드(16bits) 단위로 정보조작이 용이하다

2.2 Modbus 프로토콜의 통신과 장비

Modbus는 Master/Slave 기반 프로토콜이다. 시리얼 통신에서는 Master로 설정된 장비만이 Slave로 정보를 요청할 수 있는 반면, Ethernet 통신에서는 네트워크상의 어떤 노드도 정보를 요청할 수 있다. 요청정보는 읽기와 쓰기 모두 가능하다. 하지만, 대부분의 경우 Master는 하나만 존재한다(IT tips, 2013). 아래의 Fig. 1은 Modbus Master와 Slave간의 요청과 응답 리사이클 구조에 관해 나타낸 것이다.

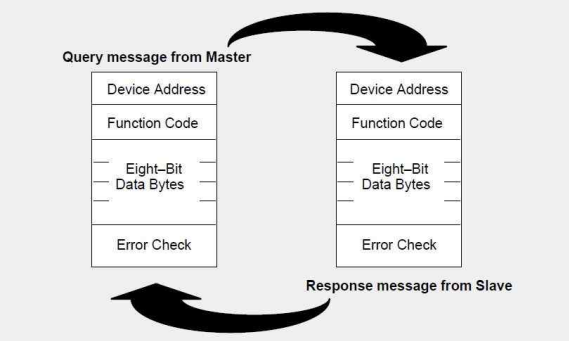

Fig. 1 The Query - Response cycle(Modbus.org, 1996)

2.3 Modbus 프로토콜의 프레임 포맷

Modbus 통신 네트워크의 종류와 요청 정보의 형식에 따라 여러 가지 프레임 포맷이 존재한다. 이것은 RS-232또는 RS-485를 사용하는 Serial과 Ethernet을 사용하는 TCP로 나누어지진다. Modbus Serial은 ASCII와 RTU(Remote Terminal Unit)의 두 가지 전송 프레임 포맷을 가지고 있으며 Network에서는 같은 프레임 포맷을 사용해야 한다. Modbus TCP는 Ethernet 네트워크 표준 통신 규약인 TCP/IP를 이용하기 때문에 각 Modbus 장비에는 고유의 IP주소를 가지게 된다. Modbus TCP의 Port는 502번을 사용하여 다른 Modbus TCP 장비들과 통신을 하게 된다. 본 연구에 사용된 포맷은 Modbus TCP이다. 아래의 Fig. 2는 Modbus의 계층구조에 대해 나타낸 것이다.

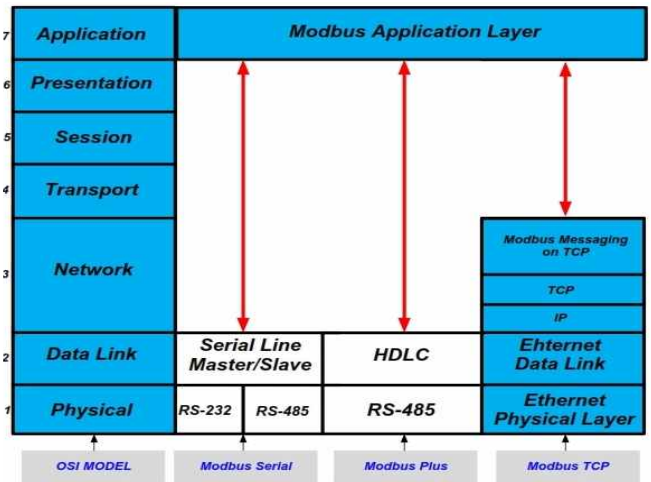

Fig. 2 Modbus protocol on OSI model(ProtoConvert, 2011)

2.4 Modbus 프로토콜의 펑션코드

Modbus 펑션코드는 레지스터나 코일(Coil)에 값을 쓰거나 읽는 명령들이다. Modbus에서는 4 가지 기억장소를 가지고 C 명령을 수행하게 된다. 정리하면 Table 1과 같은 영역으로 구분되어 진다(Comfile Technology, 2015).

Table 1 Modbus function code and memory location

Name of Memory Location	Function Code	Bit	Function Name	Read/ Write Availability
Coil	1	1bit	Read Coils	Read/ Write
	5		Write Single Coil	
	15		Write Multiple Coils	
Input Status	2		Read Discrete Inputs	Read Only
Holding Resister	3	16bit	Read Holding Registers	Read/ Write
	6		Write Single Register	
	16		Write Multiple Register	
Input Resister	4		Read Input Registers	Read Only

본 연구에는 Holding Resister인 3번과 16번의 코드를 이용하여 제어기를 구현하였다.

3. 기존 선박 등기구와 Modbus 프로토콜을 이용한 LED조명의 차이점

기존 선박 등기구는 백열등, 형광등, 할로겐등이 대부분을 차지하고 있으며 단지 On/Off 기능만 가능하였다. 만약 기존 선박의 등기구에 연결할 Modbus 프로토콜을 이용한 제어기를 설계하여도 원격으로 스위치를 켜고 끄는 것에 진하지 않을 것이다. 물론 사이리스터를 이용하여 백열등을 Dimming제어를 할 수 있지만 백열등의 높은 전력을 제어하기 위해서는 고용량 · 고가의 트랜지스터가 필요하므로 경제성이 낮다고 볼 수 있었다.

하지만, 고휘도 RGB LED를 이용한 조명은 Dimming으로 조명의 밝기 조절 및 색을 바꿀 수 있으며 기존 선박 등기구의 같은 밝기에 대비해 낮은 전력으로 Dimming제어를 할 수 있으므로 고용량·고가의 트랜지스터가 필요하지 않으며 Modbus 프로토콜을 이용한 제어기를 이용한다면 RGB의 각 값을 필요에 따라 사용자가 조정하여 조명의 색을 원격으로 변경할 수 있다. 그리고 대부분의 선박제어 시스템에는 Modbus 프로토콜을 지원하므로 추가의 하드웨어장치를 구성할 필요가 없이 설치가 가능하기 때문에 경제적으로 유리하다.

4. Modbus TCP LED 제어기의 구성 및 설계

4.1 기존 Modbus LED 제어기와의 차이점

본 저자가 기존의 연구한 Modbus LED 제어기는 Modbus RTS 프로토콜을 이용하는 제어기를 사용하였다(Jeong, 2015).

Modbus RTS 프로토콜은 유선통신인 Serial통신을 이용하여 데이터를 주고받으며 RS422, RS485 통신을 이용하면 1.2km 의 장거리를 증폭기 없이 통신이 가능한 장점을 가지고 있지만 통신을 위해서는 별도의 통신선로를 구성해 주어야하는 단점이 있다.

하지만 Modbus TCP는 TCP/IP를 기반인 Ethernet 통신을 이용하므로 Serial 통신에 비해 빠르고 무선 AP와 연결하여 장비간의 통신을 무선으로 할 수 있어 추가통신선로를 구성하지 않아도 되며 선박내의 Wi-Fi 신호가 잡히는 곳 어디든지 설치가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

4.2 제어기의 하드웨어 구성

제어보드의 하드웨어구성은 센서부, MCU부, LED 제어부, 설정부, 전원부로 구성이 되어있다. 아래의 Fig. 3은 제어기의 System Block Diagram이다.

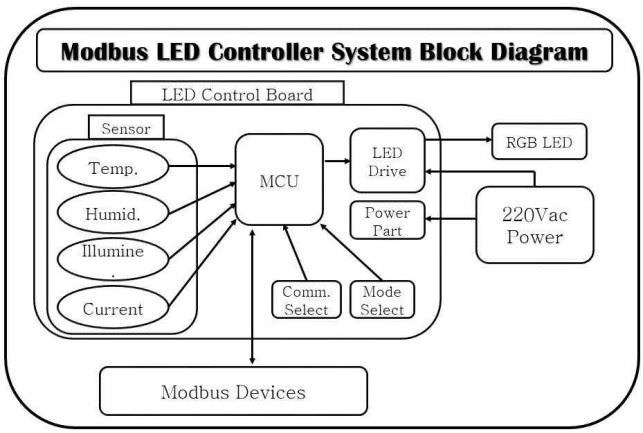

Fig. 3 System block diagram

4.3 각 부의 구조와 기능

4.3.1 MCU부

본 연구에 사용된 MCU 모듈은 ESP-12F로 Ai-thinker Team에서 개발한 모듈이다. 이 모듈은 Espressif Systems사의 프로세서인 ESP8266를 사용하였다. 이 프로세서는 Wi-Fi 표준인 IEEE802.11 b/g/n을 지원하며, TCP/IP 프로토콜을 지원한다. 이 프로세서는 32bit 연산을 및 160Mhz 클록스피드를 지원하기 때문에 빠른 연산이 가능하며, 통신모듈 기능 및 안테나를 내장하고 있기 때문에 따로 통신모듈을 구성 할 필요가 없는 장점을 가지고 있다. 구동전압은 직류 3.3V이다. 구동전압의 공급을 위해서 MEAN WELL사의 3W급 AC to DC 컨버터인 IRM-03-5를 이용하였다. IRM-03-5모델은 직류 5V를 출력하므로 센서 IC에 직류 5V 전압을 공급하며 마이크로프로세서의 구동전압은 직류 3.3V이므로 LDO 레귤레이터인 LM1117-3.3를 이용하여 직류 5V to 3.3V회로를 구성하였다. Analog-Digital Converter는(이하 ADC) 10Bit 지원하지만 최대 전압이 직류 1V이므로 제한적이다. 본 논문에서는 ADC to I^2C통신을 지원하는 Texas Instruments사(이하 TI사)의 ADS

1115 16bit-4ch 칩을 적용하였다. 아래의 Fig. 4는 ESP8266 프로세서의 System Block Diagram이다.

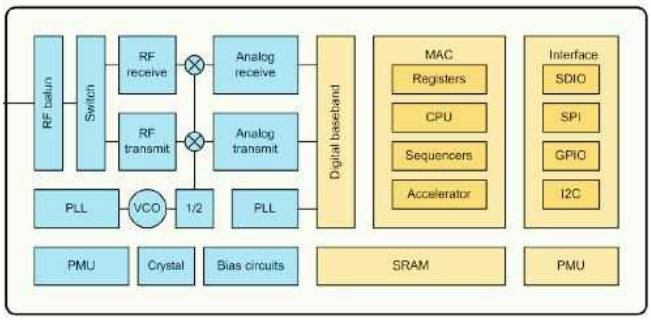

Fig. 4 ESP8266 block diagram(ESP8266EX Data sheet, 2015)

4.3.2 LED 제어부

LED Driver는 페어차일드사의 FL77944를 이용하였다. FL77944 LED Driver는 0.98의 높은 역률을 가지고 있으며, 입력전압은 교류 305V까지 지원이 가능하고 20W 정도의 출력을 낼 수 있으므로 따로 LED 전원용 SMPS를 구성 할 필요가 없어 제작비용 절감 및 회로 간소화를 할 수가 있다. 그리고 Analog 및 PWM Dimming을 지원함으로서 마이크로프로세서의 신호에 따라 RGB LED각각에 다른 전원을 공급하여 색상을 나타내게 된다. RGB LED Chip은 ENTEC L&E사의 ETL-F2F1300-C LED 칩을 11개씩 8 라인을 사용하였다.

4.3.3 센서부

온·습도 센서는 SENSIRION사의 SHT31-DIS소자를 이용하였다. 이 소자는 온도측정이 -40℃부터 125℃까지 가능하고, 습도 측정이 0%부터 100%까지 가능하며, 구동전압은 직류2.4V부터 5.5V 까지 사용이 가능하다.

조도센서는 TAOS사의 TSL2561을 이용하였으며 이 소자는 0.1Lux부터 40,000Lux까지 측정이 가능하며 구동전압은 직류 2.7V부터 3.5V까지 사용이 가능하다.

전류센서는 Allegro사의 ACS712를 사용하였으며 최대 30A의 값을 ADC로 변환하여 준다. 이 연구에 적용된 칩은 5A 적용 모델이며 구동전압은 직류 2.4V부터 5.5V 까지 사용이 가능하다.

온·습도 및 조도센서는 I²C통신을 이용하여 마이크로프로세서와 연결이 되며 전류센서는 TI사의 ACD to I²C 칩인 ADS1115칩에 연결되어 I²C통신을 통해 ADC 값을 받게 된다.

4.3.4 설정부

설정부는 통신 설정부와 모드 설정부 두 부분으로 구성되어 있다. 통신 설정부에서는 여러 Modbus 디바이스와 통신을 위해 필요한 디바이스 ID 및 IP Address 설정을 할 수 있게 구성하였으며 모드 설정부에서는 Local/Remote 스위칭이 가능하며 Local 설정 시 Red, Green, Blue 색상을 On/Off 할 수 있으며 예를 들어 RGB 색상을 모두 켜면 색의 조합으로 White 색상이 나타난다. Remote로 설정 시 Modbus TCP를 통해 선박제어시스템에서 제어를 하므로 다양한 색상을 연출할 수 있다.

4.4 제어기의 동작 Flow Chart

본 제어기설계의 Remote Mode의 전반적인 동작의 System 설계를 Flow Chart로 나타내었으며 Flow Chart는 Fig. 5와 같다.

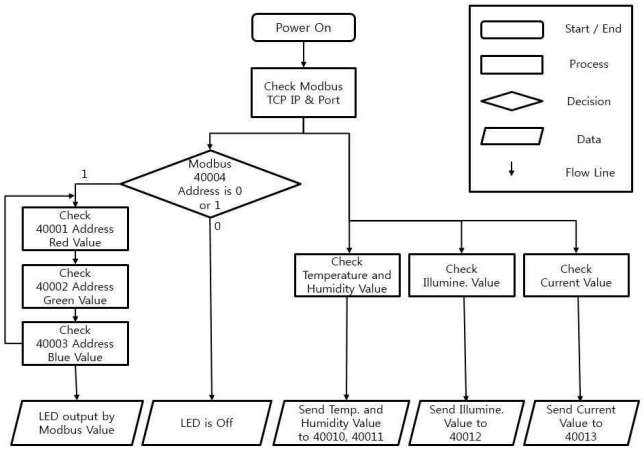

Fig. 5 System flow chart of controller

위의 Flow Chart와 같이 Modbus통신을 통하여 40004번 주소를 이용하여 Remote에서 제어기의 On/Off 할 수 있으며 40001, 40002, 40003번 주소를 아용하여 10bit값인 0부터 1023 값을 줄 수 있으며 이 값을 받아 PWM 듀티비를 변화시켜 RGB LED Dimming조절을 하므로 출력을 조정이 가능하게 설계되어 있어 Red, Green, Blue 각각의 값을 변경하여 사용자가 원하는 색으로 LED Color를 설정할 수 있다. 그리고 측정된 온·습도, 조도, 전류 값은 40010, 40011, 40012, 40013 주소를 통하여 전송되며 그 값을 읽어 측정된 온·습도, 조도, 전류 값을 확인할 수 있다.

5. Modbus TCP LED 제어기의 구현

5.1 Modbus TCP LED 제어기의 선박 시스템의 구성

Modbus TCP LED 제어 시스템의 구성은 LED 제어기를 제어 및 모니터링 할 수 있는 선박 관리 시스템, 선박 관리 시스템에서 제어 및 모니터링 한 Modbus TCP 프로토콜 신호를 무선으로 통신을 할 수 있게 Wi-Fi 표준인 IEEE802.11 b/g/n으로 변환해주는 무선 AP, 무선 AP에서 오는 Wi-Fi Modbus TCP 프로토콜 신호를 받아 LED색상을 제어 할 수 있게 해주는 LED 제어기로 구성이 되어있다. 본 장에서 설명한 제어기의 System Block Diagram은 Fig. 6과 같다.

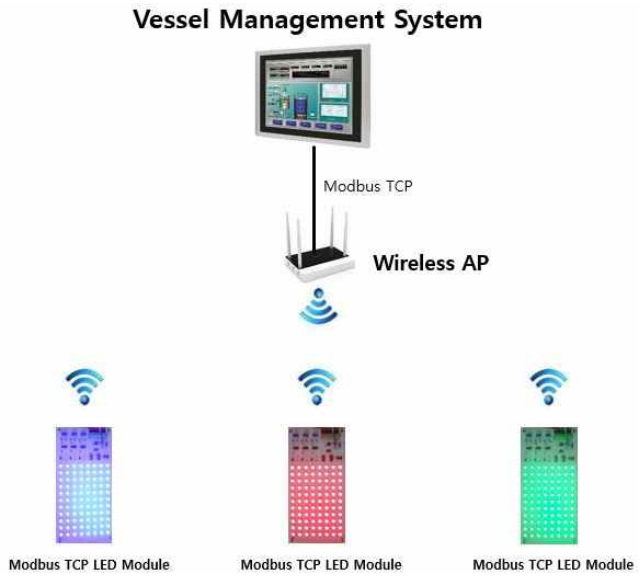

Fig. 6 System block diagram

5.2 모의 선박 제어시스템 제작

모의 선박시스템의 제작을 위해 산업용 터치스크린(이하 HMI)을 이용하여 모의 선박시스템을 제작 하였다.

HMI는 Modbus TCP 프로토콜을 지원하며 사용자가 원하는 기능을 프로그래밍 하여 HMI에 다운로드를 할 수 있다.

본 연구에 사용된 HMI는 SIEMENS사의 SIMATIC HMI Basic Panel KTP400 BASIC을 이용하였으며 테스트용 프로그램을 프로그래밍 하였다.

Fig. 7 Simulated ship control system

5.3 실험 및 결과

시스템의 구현을 위한 Wi-Fi 구성을 위한 무선 AP는 시중에서 사용되는 무선공유기를 사용하여 프로그래밍을 한 HMI와 연결을 하였다. 그리고 Modbus TCP LED제어기의 마이크로프로세서에 Modbus TCP 프로토콜으로 제어 및 모니터링이 가능하게 프로그래밍 하였으며 무선 AP와의 연결을 위한 프로그래밍도 함께 하였다. 우선 간단한 데이터를 송·수신하여 Modbus TCP 연결 상태를 확인 한 후 온·습도, 조도 및 전류량을 모니터링 가능하도록 프로그래밍 한 후 온·습도, 조도 및 전류량이 Modbus TCP의 40010부터 40013주소에 정확히 들어오는지 HMI를 통해 모니터링하여 확인하였다. 그리고 HMI를 이용하여 Modbus TCP의 40001부터 40003 주소에 Red, Green, Blue값의 변화를 주어 RGB LED에 정확하게 출력이 되는지를 확인하였다.

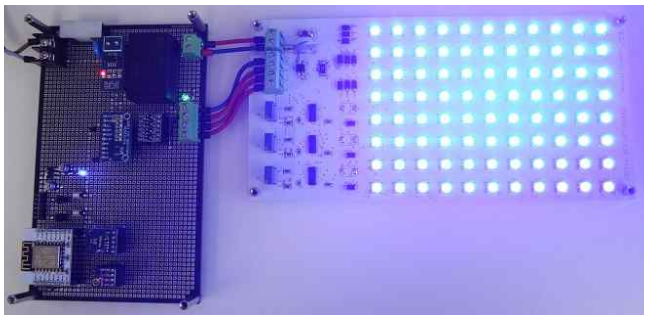

Fig. 8 Modbus TCP LED controller

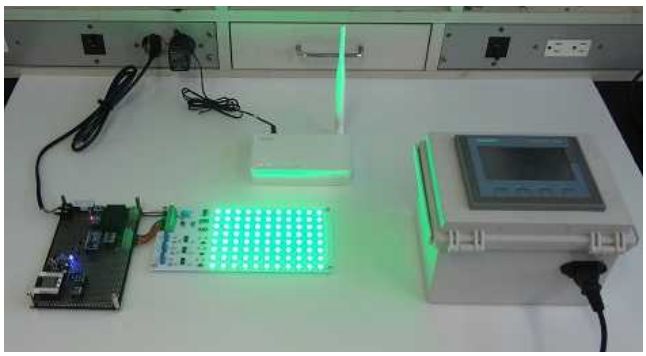

Fig. 9 Implementation of modbus TCP LED control system

본 논문에 사용된 무선AP는 가정용이므로 Wi-Fi의 통신허용 거리는 수십 미터에 불구하지만 산업용 무선AP를 사용한다면 무선의 안전성 및 통신허용 거리를 크게 넓힐 수 있을 것으로 사료된다.

6. Modbus LED 조명 제어기의 선박 적용

Modbus는 선박에서 서로 다른 장비들 사이의 통신을 위해 널리 사용되는 Fieldbus로 이 프로토콜을 이용하여 선박의 Bridge에서 원격으로 LED조명 컨트롤러를 연결하여 모니터링 및 컨트롤이 가능하기 때문에 쉽게 LED조명 제어가 가능하여 선박에 적용 가능할 것으로 사료된다. 그리고 Wi-Fi를 사용하기 때문에 굳이 통신선로를 추가로 설치 할 필요가 없어 조명 설치에 유리할 것으로 사료된다. Modbus TCP 통신 프로토콜을 이용하여 무선으로 선박의 Bridge와 원격으로 연결 할 수 있고 모니터링 및 제어할 수 있는 조명 제어기로서 여러 여객선과 선박의 선실에 응용할 수 있는 조명 제어기로 사료된다. 아래의 Fig. 10은 선박의 외·내부와 선실 및 객실내

부에 Modbus TCP LED 조명을 설치한 예를 나타낸 것이다.

선박 제어시스템은 각종 기상상황 및 각종 선박의 상태를 알 수 있으므로 선박의 내·외부에 설치된 RGB LED를 통해 조명의 색 변경이 가능하다. 예를 들어 선박내의 라운지, 선실 Deck등 선원 및 승객이 있는 곳에 선박의 심한파손 및 침몰과 같은 비상상황에는 붉은색으로 빠르게 깜빡이게 표시하고 풍랑 및 기상변화에는 주황색등으로 표시하여 경보를 시각적으로 알릴 수 있어 인명사고 방지에 좋은 장비라 사료된다.

그리고 사용자의 선택에 따라 RGB LED 값을 조정이 가능하기 때문에 비상상황이 아닌 일상 상황에서도 선원 및 승객에게 정보전달용이 용이할 것으로 사료된다.

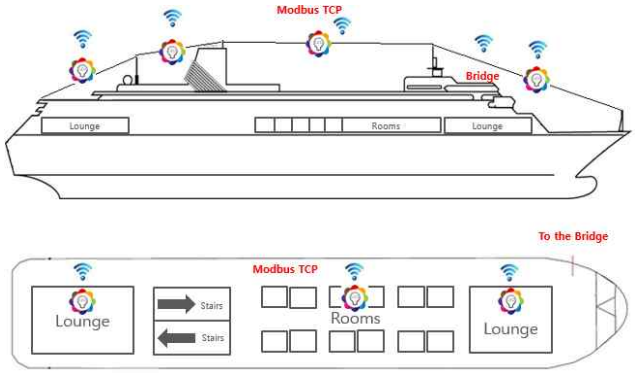

Fig. 10 LED controller application example in the ship

6. 결 론

본 논문에서는 Modbus TCP 통신 프로토콜을 이용하여 무선 Wi-Fi 환경에서 LED 조명을 제어하기 위한 알고리즘을 설계하고, 선박의 통합관리 시스템에서 외부 환경요인 확인 및 원격제어가 가능한 LED 제어기 회로를 설계 및 구현 하였다. 그리고 Modbus TCP기능이 지원되는 HMI를 이용하여 선박제어시스템과 유사한 환경을 조성하여 외부 환경요소인 온도, 습도, 전류, 조도 값들은 센서를 통해 제어기로 받아들이며, 이 값들은 Modbus TCP 프로토콜을 통해 선박의 통합관리 시스템에 전송할 수 있고 RGB LED의 색상 변화도 역시 사용자의 명령에 따라 원하는 대로 변경 가능함을 확인하였다. 그러므로 Modbus TCP통신을 이용하는 장비들과 쉽게 연결 및 컨트롤이 가능하여 빌딩, 선박, 기차, 비행기 등의 조명이 필요한 전반으로 활용 범위를 넓힐 수 있을 것이다. 또한 RGB LED를 통해 조명의 색을 변경 할 수 있으므로 선박내의 선실 Deck등 선원 및 승객이 있는 곳에 선박의 비상상황 및 기상변화에 따른 경보를 시각적으로 알릴 수 있는 좋은 장비라 사료된다. 그리고 향후 고출력 LED를 통해 조명의 출력을 높여 선박의 주의환기 신호를 보낼 때도 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] Comfile Technology(2015), “Manual of CUBLOC BASIC LANGUAGE”, pp. 203-204.

[2] Espressif Systems IOT Team(2015), “ESP8266EX Data sheet”, pp. 6. “http://bbs.espressif.com“

[3] Höller et al.(2014), From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence, Elsevier, pp. 3-5.

[4] IT tips.(2013), “Modbus (Modbus) 프로토콜의 이해”. “http://ymkimit.blogspot.kr“

[5] Jeong, J. S.(2015), “Design and Implementation of Sensibilities Lighting LED Controller using Modbus for a Ship“, Journal of Navigation & Port Research, Vol. 39, No. 4, pp. 299-305.

[6] Jung, Y. H.(2009), “A Basic Study on the R. G. B LEDs for the Natural Color Realization”, The Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 2009 Autumn Annual Conference, pp. 3-6.

[7] Kim, J. S and Kim, K. S.(2013), “An Analysis on the Policy Trends of LED-Lighting Policy in Major Countries”, 2013 Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 28, No. 6, pp. 192-205.

[8] Klaus Schwab.(2016), “The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond”, World Economic Forum, “https://www.weforum.org”

[9] Modbus.org.(1996), “Modicon Modbus Protocol Peference Guide”, “http://modbus.org”

[10] ProtoConvert(2011), Modbus Tutorial, “http://www.protoconvert.com“

[11] Seol, I. S.(2013), “Design of modbus protocol converter for national protocol in lighting control”, Graduate School of Chosun University.

Received 11 September 2017
Revised 11 December 2017
Accepted 20 December 2017