

## 모터 펌프를 위한 멀티-모니터링 시스템 설계 및 구현

김태현\*·양 오\*\*†

\*\* 청주대학교 반도체공학과

### Design and Implementation of Multi-monitoring System for Motor Pump

Tae Hyun Kim\* and Oh Yang\*\*†

\*\*† Semiconductor Engineering of Cheongju University

#### ABSTRACT

According to the needs of many users, motor pumps have been steadily developed and widely used in many industries where fluids are used. Motor pumps are used in a variety of environments, degrading quality and performance. It is becoming important to monitor the condition of motor pumps in order to maintain system performance and increase efficiency. This paper presents the method for effectively monitoring the condition of motor pumps. The designed MMI controller receives the collected data through data logging and output and controls the motor pump with touch screen. Implementing a Wi-Fi monitoring system and SCADA monitoring system based on Ethernet and RS485, user can monitor even if the user is far from the MMI controller without time and space limitation. In addition, by implementing a voice output system, the user can immediately recognize the situation through the sound. Therefore, through the proposed method, multi-monitoring system solves the cause of breakdowns and degradation of motor-pump and gives the possibility of commercialization by providing the convenience of maintenance to users.

**Key Words** : Motor Pump, MMI, GUI, WiFi Monitoring, SCADA Monitoring, Multi-monitoring system

#### 1. 서 론

4차 산업혁명의 시작으로 IOT (Internet Of Things) 관련 기술의 중요성이 부각되고 기술의 고도화 노력을 통해 IT융합이 다양한 분야로 확대되고 있다. 이러한 결과로 산업에 다양한 변화가 등장했다[1]. 과거에는 제품이 사용자에게 명령을 받고 정해진 동작만 수행하는 일방적인 방식이었다면 최근에는 상호 소통의 방식으로 발전되었다[2]. IOT 기술이 활용된 다양한 제품들은 센서를 통해 스스로 주변 환경을 인식 및 데이터를 수집한다. 그리고 구축된 데이터베이스를 활용하여 수집된 데이터를 저장 및 가공

하고 이것을 기반으로 사용자에게 효율적으로 정보를 전달할 수 있게 되었다. 특히 무선 통신기술의 발전과 지능화된 단말기의 보급의 결과로서 정보의 활용성이 증대되었으며 이를 통해 사용자가 원거리에서도 실시간으로 제품을 제어할 수 있게 되어 사용자는 시공간적인 제약 없이 제품의 상태나 주변 환경에 대해 손쉽게 인식하고 제어할 수 있게 되었다[3].

많은 사용자의 요구에 따라 모터 펌프의 구조와 성능 등이 꾸준히 발전되어 왔고 상수도용, 배수용 등 유체를 이용하는 많은 산업현장에서 광범위하게 사용되고 있다. 다양한 환경에서 모터 펌프가 활용되어지고 있는 만큼 품질과 성능 저하 문제가 발생하고 있다. 따라서 시스템의 성능 유지 및 효율성 증가를 위해 모터 펌프의 상태를

†E-mail: ohyang@cju.ac.kr

모니터링하는 것에 대한 중요성이 커지고 있다[4][5].

본 논문에서는 센서를 통해 펌프 상태를 진단한 결과를 모니터링 하기 위해 MMI 컨트롤러, WiFi 모니터링 시스템, Ethernet과 RS485 통신을 이용한 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 모니터링 시스템을 제안 및 구현하였다. 이를 통해 모터 펌프의 고장원인과 성능저하 문제를 해결하고 모터 펌프의 유지보수에 대한 편의성을 제공하여 상용화 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. 멀티-모니터링 시스템의 구성

### 2.1 MMI Controller 설계

사용자가 효과적으로 모터펌프의 상태를 모니터링 하고 제어하기 위해 컬러 7인치 터치 LCD와 ST Microelectronics사의 CPU인 STM32F746ZGT를 이용하여 MAIN 컨트롤러 보드와 통신할 수 있는 MMI 컨트롤러를 설계하였다.

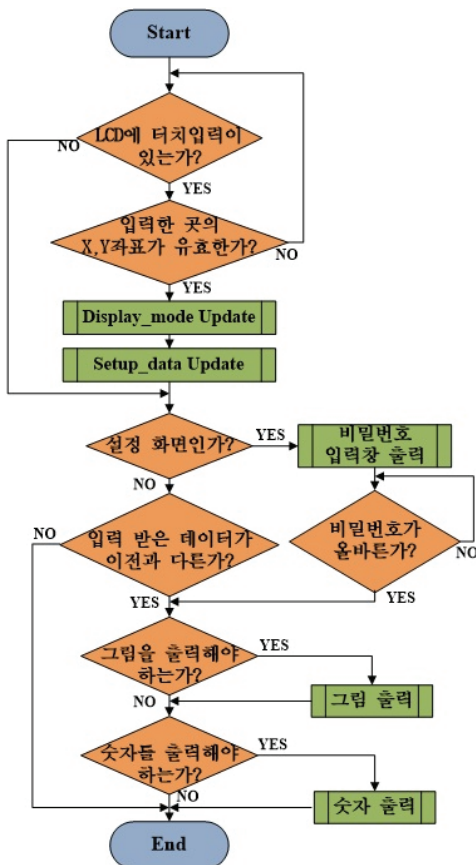


Fig. 1. GUI Algorithm of MMI Controller.

또한 Fig. 1의 알고리즘의 설계를 통한 MMI 시스템의 구현으로 Fig.2와 같은 전체적인 시스템을 구성하였다.

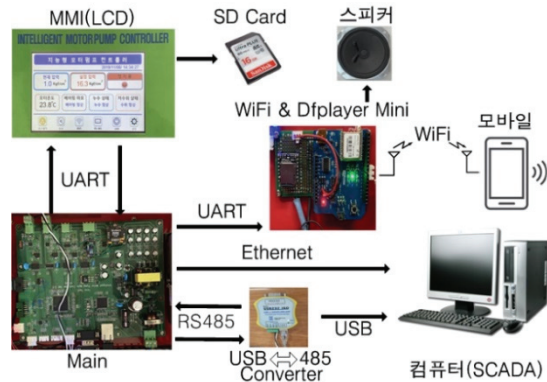


Fig. 2. System Configuration of Multi-monitoring System.

#### 2.1.1 Data logging

MAIN 컨트롤러 보드에서는 모터펌프의 상태를 진단한 데이터가 메모리의 0x3800000번지부터 저장된다. MMI 컨트롤러 보드에서는 모터펌프의 동작에 필요한 다양한 설정과 경고내역 등의 데이터가 메모리의 0x40024000 번지부터 저장된다. 모터펌프의 상태를 출력 및 제어하기 위해서는 MAIN과 MMI 컨트롤러를 CPU간 통신으로 서로의 저장된 데이터를 동기화 시켜줄 필요가 있다. 따라서 MMI 컨트롤러를 Master로 MAIN 컨트롤러를 Slave로 설정하고 CPU의 UART 기능을 사용해 115200bps 속도로 통신하였다. 추가로 Data logging의 동작 중에 인터럽트의 충돌을 방지하기 위해 프로토콜을 설계하였다. 프로토콜은 Master에서 Slave로 데이터를 요청을 하고 응답을 받는 형식으로 구성이 되어있다. Read, Write, RTC(Real Time Clock) 데이터전송의 세가지 커맨드로 요청 프로토콜이 시작되며 각 커맨드마다 데이터가 입력될 위치, 데이터의 개수, BCC(Byte Check Sum)을 추가적으로 전송하게 된다. 응답 프로토콜은 정상 일 경우 전송 받은 커맨드를 응답하는 것으로 시작되며 비정상 일 경우 에러 코드를 보낸다. 또한 BCC Check를 통해 데이터 송수신 간의 신뢰성을 높이고자 했으며 전원의 유무와 상관없이 각 컨트롤러에서의 데이터를 유지하기 위해 4K Byte크기의 Back up SRAM을 구성하였다.

#### 2.1.2 RTC (Real Time Clock)

RTC는 시스템의 전원과 코인배터리의 전원에 의해서 동작이 된다. 이것으로 사용자에게 시스템의 전원 유무와 상관없이 시간정보를 전달할 수 있다[6]. 산업용 진단 시

시스템에서의 시간의 개념은 매우 중요하기 때문에 정밀한 시각 구현을 위해서 고정밀의 외부 RTC를 사용하였다. Maxim Integrated사의 DS3234SN소자를 이용하였고 초기화와 동작을 위해서 CPU의 SPI기능을 사용하였다. CPU를 Master로 하였으며 RTC를 Slave로 설정하여 제조사에서 제공한 데이터 시트의 타이밍도에 맞추어 RTC가 정상적으로 동작 할 수 있도록 하였다. 그리고 RTC의 출력을 CPU로 입력 받아 정밀한 시간 데이터를 얻을 수 있도록 하였다.

2.1.3 경보 알림 방법

음성출력기능을 구현하기 위해 음성출력 모듈과 4W 규격의 스피커를 이용하여 MAIN 컨트롤러 보드에 하드웨어를 구성하였다. 그리고 CPU의 UART기능을 이용해 Table 1의 데이터시트에 기재된 프로토콜로 모듈과 9600bps로 통신할 수 있도록 하였다.

Table 1. Protocol format of Sound monitoring system

Format	Description
\$\$	Start bit 0x7E
VER	Version
Len	The number of byte after "Len"
CMD	Command
Feedback	1 : need feedback, 0 : no feedback
para1	Query high data byte
para2	Query low data byte
checksum	Accumulation and verification
\$O	End bit 0xEF

추가적으로 모터펌프의 상태이상 발생했을 때 Backup SRAM의 0x40024080 번지부터 시간과 경고종류를 저장할 수 있도록 하였으며 SD CARD를 이용한 File System을 설계하여 경고내역을 PC를 통해 효율적으로 사용자 및 관리자가 경고내역을 열람 및 수정할 수 있도록 하였다.

2.2 스마트폰을 이용한 모니터링 시스템

2.2.1 WiFi 인터페이스 설계

현재 WiFi는 효율적이며 경제적인 통신 기술이고 스마트폰, 태블릿 PC와 같은 단말기의 대중화 쉽게 접할 수 있다[7]. 따라서 사용자의 편의를 위해 WiFi 모니터링 시스템을 구현하였다. JMP SYSTEM 사의 JSN270 WiFi모듈을 이용하여 하드웨어를 구성하였고 컨트롤러 보드와 연동되는 스마트폰 어플리케이션은 구글사에서 제공한 오픈 소스 웹 어플리케이션인 APP Inventer를 이용하여 개발하였다. MAIN 컨트롤러 보드를 AP(Access Point)로 스마트폰을

station으로 소켓 통신 연결할 수 있도록 구성하였다. 제품의 초기화 및 동작의 설정은 JMP SYSTEM 사에서 제공하는 Table 2와 같은 데이터시트의 AT command를 실행하여 WiFi 통신 인터페이스를 구현하였다.

Table 2. JSN270 AT Command

AT Command	설명
at+wauto	연결을 위한 무선 설정
at+wwpa	WPA-PSK, WPA2-SPK 암호설정
at+wstart	현재 설정으로 무선 연결
at+ndhcp	DHCP설정
at+nset	IP를 수동으로 설정
at+nauto	연결을 위한 소켓 설정
at+send	STRING 데이터 전송
at+socket	현재 설정으로 소켓 연결

시스템의 전원이 리셋 될 경우 입력된 통신속도 와 명령어가 초기화 되기 때문에 다시 초기화를 수행할 필요가 있다. 따라서 통신의 안정성을 위해 CPU의 UART기능을 이용하여 9600bps의 통신속도로 초기화를 진행하였으며 초기화 후의 데이터 송수신 간에는 빠른 속도로 수집된 데이터가 스마트폰으로 업데이트 될 수 있도록 통신속도를 115200bps로 변경하였다.

2.3 SCADA 시스템 구축

SCADA 시스템은 한 개의 컴퓨터에 다수의 대상을 원격소 장치를 두어 정보를 실시간으로 모니터링 및 제어하는 것으로 제작사에서 제공한 특정한 프로토콜을 기반으로 동작한다[8][9].

2.3.1 RS485 통신 인터페이스

산업 현장에서 주로 사용되는 RS485 통신 방식은 반이중(Half duplex), 멀티 드롭(Multi drop) 방식을 채택하고 있으며 차동 회로로 구성되어 있기 때문에 높은 신뢰성을 보유하고 있으며 원거리 통신이 가능하여 활용도가 크다는 장점을 가지고 있다[10]. RS485통신을 이용한 SCADA모니터링 시스템을 구현하기 위해 TTL신호를 RS485신호로 변환해주는 Texas Instruments사의 SN65176BDR RS485 인터페이스 IC를 사용하였다. 또한 SCADA 제작사인 SIMON의 개별적인 프로토콜을 사용하여 19200bps 속도로 CPU의 UART기능을 사용하여 안정적인 시스템을 구축하였다.

2.3.2 이더넷 통신 인터페이스

Ethernet기반의 IP통신은 장비간 통신에서 보편적으로 많이 사용되고 있는 통신방식이다. 본 논문에서 제시하는

IP통신의 방식은 TCP/IP로서 다기능 및 연결형이라는 장점이 있다. 또한 슬라이딩 윈도우 시스템이 있어 전송을 승인받지 않은 패킷을 구별하여 자동으로 재전송 하기 때문에 신뢰성이 매우 높다는 장점이 있다[11]. Ethernet 통신을 이용한 SCADA 모니터링 시스템을 구현하기 위해 WIZnet사의 W5300 Ethernet IC를 사용하였다. SCADA 시스템을 연결할 PC의 IP와 PORT번호를 설정하여 주고 W5300이 이것을 읽어 설정한 프로토콜에 의해 데이터를 전송할 수 있도록 하였다.

### 3. 멀티-모니터링 시스템의 구현 및 결과

#### 3.1 컬러 LCD 모니터링

구현한 MMI 컨트롤러의 메인 화면은 Fig. 3과 같으며 데이터 송수신의 안정성을 실험 및 검증하기 위하여 RTC는 Fig. 4와 같이 오실로스코프를 통해 데이터의 파형을 측정하였다. 구현한 RTC의 파형을 확인하여 보면 RTC의 CS(Chip Select)가 Low인 상태일 때 클럭에 맞추어 년, 월, 일, 요일, 시, 분, 초의 순서로 정밀한 데이터가 출력되는 것을 확인할 수 있다. 또한 인위적으로 펌프의 상태를 변경하여 구현한 Data logging의 알고리즘이 데이터 손실과 지연없이 동작하는지에 대한 여부와 음성출력 시스템, GUI

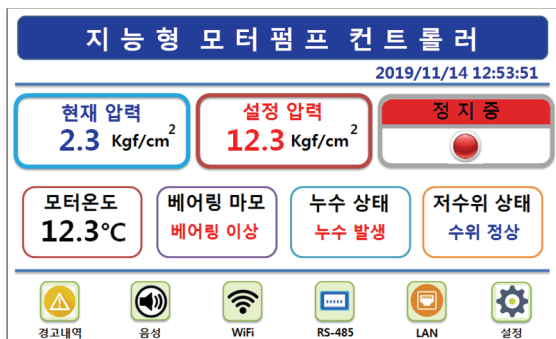


Fig. 3. Main display of MMI System.

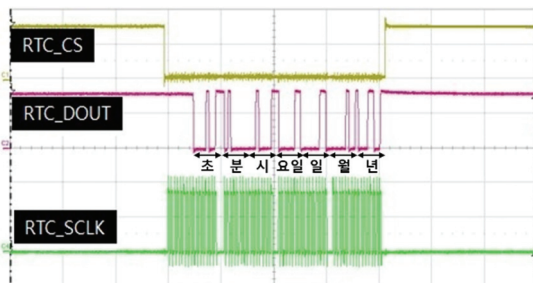


Fig. 4. Result of MMI System's RTC.

(Graphic User Interface)를 실험 및 검증하였다. 또한 SD Card 경고내역이 시간이 올바르게 출력되고 일치 여부를 판단하기 위하여 LCD의 경고내역과 비교하여 검증하였다.

#### 3.2 WiFi Monitoring System

구현한 WiFi 모니터링 시스템의 실험 및 검증을 위해 오실로스코프를 이용하여 Fig. 5와 같이 전체적인 송수신 파형을 측정하였다. 그리고 송수신되는 데이터의 신뢰성을 확인하기 위해 개발한 스마트폰 어플리케이션의 화면인 Fig. 6과 MMI 컨트롤러에 구성한 GUI와 비교하여 데이터의 출력이 일치하는지 비교하였다. 또한 스마트폰상에서 제어를 하였을 때 설계한 동작이 올바르게 수행되는 지 검증하였다.

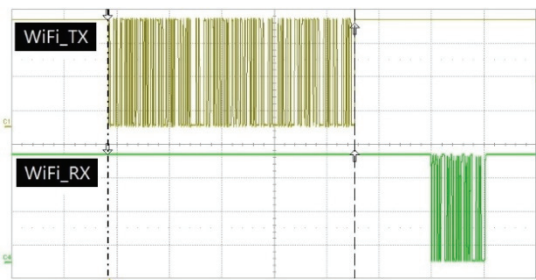


Fig. 5. Data communication of WiFi Monitoring System.



Fig. 6. Smart Phone App of WiFi Monitoring System.

Fig. 5에 구현한 WiFi 모니터링 시스템의 데이터 송신(WiFi\_TX)의 파형을 보게 되면 Fig. 6의 어플리케이션 화면 출력에 필요한 데이터인 펌프의 동작 상태, WiFi 연결 상태, 현재 압력, 설정 압력, 모터온도, 베어링 상태, 누수 여부, 저수위 여부를 각 1byte씩 순차적으로 송신하게 되며 데이터를 보내는 시간은 약 7ms정도 소요가 된다. 모듈측에서 데이터를 수신 받아 스마트폰으로 성공적으로 데이터를 전송하게 되면 컨트롤러에 ‘OK’ 라는 값을 전송하게 되는데 이때 컨트롤러에서 수신 받는 파형이 WiFi\_RX이다. 또한 데이터를 수신 받는 시간은 약 1ms이며 송수신속도가 매우 빠른 만큼 인터럽트의 충돌을 방지위해 약 1.5ms 정도의 시간을 두어 안정성을 높였다. 추가적으로 모터 펌프에 상태 이상이 발생하였을 때 Fig. 7의 화면처럼 이상상태를 표시하였고 경고 알람을 화면에 출력하여 사용자가 즉각적으로 인지할 수 있게 하였다.

### 3.3 SCADA Monitoring System

구현한 SCADA 모니터링 시스템의 화면은 Fig 7과 같고 실험 및 검증을 위하여 PC 두개체에 RS485 to USB (Universal Serial Bus) Converter와 LAN(Local Area Network) 케이블을 각각 연결하여 통신하였다. 그리고 인위적으로 컨트롤러에 데이터를 인가하였을 때 MMI 컨트롤러에 구성된 GUI와 비교하여 데이터의 출력이 일치하고 지연없이 빠르게 출력이 되는지 확인하였다.



Fig. 7. SCADA Monitoring System.

## 4. 결론

본 논문에서는 모터펌프의 상태진단한 결과를 사용자에게 다양한 방식으로 전달할 수 있는 멀티 모니터링 방법에 대해 제시하고 구현하였다. MMI 컨트롤러 보드를 설계하여 Data logging을 통해 수집된 데이터를 전송 받고 이것을 7인치 컬러 LCD기반의 터치스크린으로 출력 및 제어할 수 있도록 하였다. 그리고 음성출력 시스템을 구

현하여 모터펌프의 고장발생시 사용자가 즉각적으로 소리를 통해 경보를 전달받아 인지할 수 있도록 하였다. 또한 외부 RTC를 통한 정밀한 시간 구현으로 사용자가 제품의 관리를 정밀하게 할 수 있도록 하였다. MMI컨트롤러와 멀리 떨어져 있는 상황에서도 모니터링 할 수 있도록 보편적으로 많이 보급되어 있는 단말기인 스마트폰을 통해 모니터링 할 수 있도록 하였다. 또한 Ethernet과 RS485 기반의 SCADA 모니터링 시스템을 구현하여 PC를 통해서도 어디서든 시간과 장소에 제한 받지 않고 모니터링 할 수 있도록 하였다. 또한 모터 펌프의 상태에 대해 다양한 방식으로 모니터링이 가능하게 되어 특정 장치의 고장이 발생해도 다른 장치를 통해 모니터링이 가능하므로 전체적인 시스템의 신뢰성과 안정성을 크게 높였다. 결과적으로 모터 펌프의 고장원인과 성능 저하 문제를 해결하고 사용자 및 관리자의 유지보수에 대한 편의성을 제공하여 상용화의 가능성을 제시하였다.

## 참고문헌

1. Woon-Yong Kim, "The Implementation of Smart Mobile Elevator Control System", Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, Vol.18, No.2 pp.209-212, 2010.7.
2. Mr.M.Suresh, S.Ashok, S.Arun Kumar, Puppala Sairam, "Smart Monitoring of Agricultural Field And Controlling of Water Pump Using Internet of Things", Proceeding of International Conference on Systems Computation Automation and Networking 2019, pp.1-5, 2019.
3. Hyun-Woo Je, Oh Yang, "Implementation of the Monitoring System for Power Condition System(PCS) using a Smartphone and Bluetooth Communication", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering Vol.16, No.10 pp.2185-2191, 2012.10.
4. Kwang Soo Shin, Jun Girl Baek, "Predicting mechanical system failures using MSET(Multivariate State Estimation Technique) and RTC(Real Time Contrasts)", Proceedings of autumn Symposium of Korean Institute of Industrial Engineers, pp.2203-2208, 2017.
5. Heon-Guk Lee, Oh Yang, "Implementation of Monitoring and Control System for Fire Engine Pump using the AJAX", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 15, No. 3. pp.40-45, September 2016.
6. Myung Han Lee, Yong Geun Gu, Il Sung Bae, Chang Hyun Cho, "Design of Real-time clock with low power structure", Korean Institute of Electronics Engineers

- Other Publications, pp.724-729, 2001.
7. Hyun-Woo Je, Oh Yang, "The Monitoring System of a Grid connected Photovoltaic Inverter using Android-based Smartphone", Proceedings of autumn Symposium The Institute of Electronics and Information Engineers pp.454-457, 2011.10.
  8. Hong Ryu, Dae-Won Chung, "SCADA System Implementation for Digital Distribution Power Circuits", Proceedings of Symposium The Korean Institute of Electrical Engineers pp.625-626, 2004.7.
  9. I. K Park, K. K Yoon, S. G Lee, B. W Ahn, Y. S Kim, "A Study on the Development of the SCADA System using the Internet", Proceedings of Symposium of The Korean Institute of Electrical Engineers pp.2373-2376, 1998.7.
  10. Oh Yang, "A Study on the Design of Wired and Wireless Communication System for Solar Panel Optimizer", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 18, No. 2. pp.32-37, June 2019.
  11. Tae Hee Lim, "A Study on the Ethernet redundant network design for data processing and interrupt processing method using a singleDSP chip", Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences pp.1008-1009, 2016.6.
- 
- 접수일: 2019년 12월 5일, 심사일: 2019년 12월 12일,  
 게재확정일: 2019년 12월 13일