

# RF와 PLC를 이용한 실시간 선박용 물탱크 무선 제어 시스템 설계

## Design of the Real-time Water Tank Wireless Control System in a Ship Using the RF and PLC

\*박옥득, \*이상훈, \*김현수, \*Nguyen Phi Long, \*Nguyen Hoang Hieu, \*\*김한실, \*\*\*차창수  
\*O.D. PARK, \*S.H. LEE, \*H.S KIM, \*P.L. Nguyen, \*H.H. Nguyen, \*\*H.S KIM, \*\*\*C.S. CHA

**Abstract** - This paper presents the real-time water tank wireless control in a ship using duplex RF modules and PLC(Programmable Logic Controller). The purpose of this paper is developing HMI(Human Machine Interface) for automation equipments. The system can low a cost because long wires are no more used. Analog signals of the water gauge and flow meter are changed to discrete signals by the micro-processor. The PLC checks the volume of water and runs On or Off of the valve and pump. Duplex RF modules send and receive data between the water tank and control room. Everywhere the Internet is used, operators are able to check the status of the system by the web-server.

**Key Words** : RF, Wireless Communication, PLC(Programmable Logic Controller), HMI(Human Machine Interface)

### I. 서론

산업 현장에서의 설비 자동화와 고 능률화의 요구에 따라 PLC(Programmable Logic Controller)의 적용 범위는 확대되고 있다. 특히 공장 자동화와 FMS(Flexible Manufacturing System)에 따른 PLC의 요구는 과거 중규모 이상의 릴레이 제어반 대체 효과에서 현재 고기능화, 고속화의 추세로 소규모 공작 기계에서 대규모 시스템 설비에 이르기 까지 적용되고 있다. PLC는 프로그램이 가능한 Logic 제어부, 확장 모듈로써 A/D·D/A converter, 입·출력부 및 PID 제어 모듈 등으로 구성되어 있으며, 통신을 위하여 main controller에 기본적으로 내장되어 있는 RS232C와 RS422, RS485, Ethernet을 이용한 고속 통신 모듈을 가진다.

현재 상용화 되어있는 PLC 시스템은 산업현장에서 대부분 유선 통신시스템으로 사용되고 있으며, 이 경우 유선통신 선로의 매설 비용이 거리에 따라서 수백 수천만 원에 이르고 건물 내 자동제어 시스템의 활용 면에서 PLC 간 통신 및 모니터링을 위한 Host PC와 PLC 간 통신을 위하여 건물 벽을 뚫어서 공사를 해야 하는 불편함과 그에 따른 부수적인 공사 비용이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 무선 PLC 통신 모듈의 개발이 절실히 요구되고는 있으나 무선 통신의 가장 큰 문제점인 Noise에 따른 시스템 오작동 위험으로 인하여 그 개발이 원활히 이루어지고 않고 있는 것이 현실이다.

본 논문에서는 대형 선박에서의 PLC와 RF를 이용한 원격

물탱크 제어를 위하여 (1) Micro-Processor를 이용한 control panel 제작, (2) FSK(Frequency Shift keying) 방식, 주파수 447MHz 대역에 미약 전파(10mW)를 사용하여 주파수 사용허가가 필요 없는 무선 통신 모듈, (3) 무선 RF를 통해 전송 받은 데이터를 통해 시스템의 상태를 실시간으로 PC에서 모니터링 하는 프로그램, (4) Web Sever를 이용하여 인터넷이 사용 가능한 어느 곳에서라도 실시간으로 시스템의 상태를 감시할 수 있는 시스템을 구성하였다.

### II. 본론

구성된 시스템은 크게 Control Panel 구성을 위한 H/W와 통신을 위한 S/W의 두 부분으로 나누어지며 그 개략도는 아래의 그림 1과 같다.

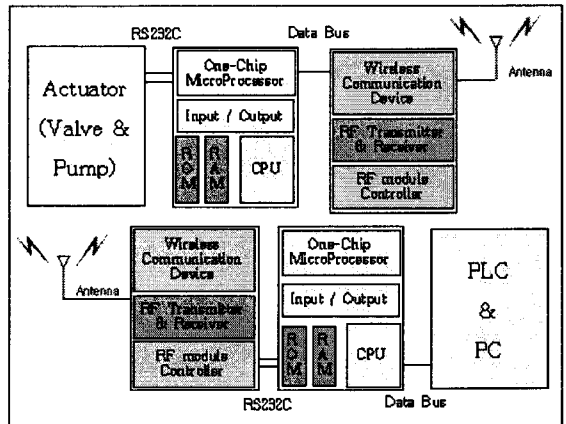


그림 1 시스템 개략도

#### 저자 소개

- \* 박옥득, 이상훈, 김현수, P.L. Nguyen, H.H. Nguyen : 蔚山大學校 電氣電子情報工學部 碩士課程
- \*\* 김한실 : 蔚山大學校 電氣電子情報工學部 教授
- \*\*\* 차창수 : CS C&I 代表理事

## II. I. Control Panel의 구성

PLC를 이용하여 원격으로 Actuator를 동작시키기 위해서는 PLC 단과 Actuator 단에 각각의 Control panel이 필요하며 본 연구를 통해 개발된 Control panel은 아래의 그림 2와 같다.

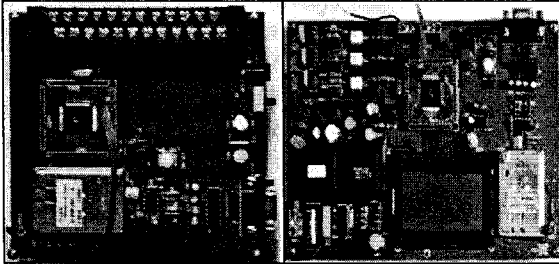


그림 2 개발된 Control Panel(좌측: 1. 우측: 2)

각각의 Control Panel에는 마이크로프로세서인 ATmega 128과 양방향 RF 통신 모듈이 탑재되어 있으며 물탱크에 흘러들어가는 물의 양과 물탱크 안에 저장되어 있는 물의 양을 실시간으로 확인하기 위해 LCD가 부착되어있다. 그림 2의 1은 PLC와 모니터링을 위한 PC에 연결되는 부분이며 오른쪽의 2는 각종 센서들(actuator인 밸브와 펌프 그리고 유량계와 물의 양을 측정하기 위한 Level Gauge)에 연결되는 부분이다. Control panel 2는 실시간으로 각 센서들의 작동상태를 감시하고 수시로 Control panel 1에 RF 데이터로 전송한다. 이 때, Control panel 1로부터 데이터의 부정확성 메시지를 받았을 경우 RF를 통하여 데이터를 재전송한다. 또한 Control panel 1로부터 Actuator(밸브와 펌프)의 동작 요구 데이터를 전송 받았을 경우, 각각의 Actuator를 동작시킨다. Control panel 1은 무선 RF를 통하여 Control panel 2와 통신을 하고 통신 결과를 PLC에 전달한다. 또한 PLC의 결과 값을 Control panel 2로 전달한다. Control panel 1과 PLC의 I/O port와의 결선은 1:1로 이루어지도록 RS232 port를 가진다.

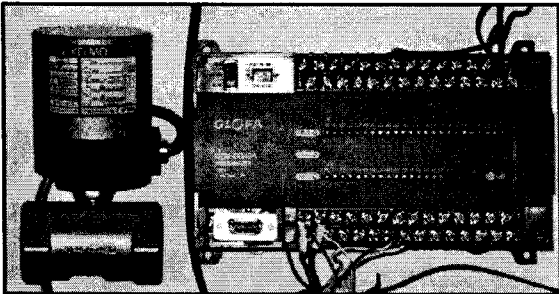


그림 3 시스템에 사용된 LS GLOFA GM7 PLC 모듈과 Ball Valve

## II. II. 통신 시스템 설계

통신 시스템의 설계는 먼저 PLC의 통신 프레임은 분석하고, RF 모듈을 선정 한 후에 interface 회로 및 제어 방법을 개발하였다. RF 모듈은 8bit와 16bit, 두 종류를 사용하였으며 양방향 통신을 위하여 Duplex 모듈이 사용되었다. 또한 저전력 소비를 위하여 모든 IC는 CMOS 계열을 사용하였다.

## II. II. I. PLC 통신

PLC 통신은 RS422/RS485/RS232 등으로 이루어지나 본 논문에서는 LS GLOFA PLC를 택하여 RS232 통신 방식을 사용하였다. PLC의 통신 프레임은 그림 2와 같다. 아래 그림 2의 프레임 중에서 (1)번 프레임은 수신측 컨트롤 패넬로부터 PLC로의 요구 프레임이고, (2)번 프레임은 PLC로부터 수신이 성공하였을 경우의 PLC 정상응답 프레임이다. 또한 (3)번 프레임은 수신시 error가 발생 하였을 경우 PLC의 이상응답 프레임이다. 여기서 국번은 여러 대의 PLC를 network로 연결했을 경우 결정되는 PLC의 번호이며, 이는 PLC의 고유 ID이다.

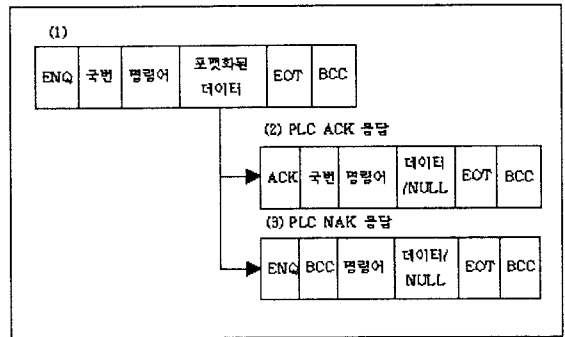


그림 4 PLC의 통신 프레임

설계된 시스템에서는 수신측 컨트롤 패넬과 한 대의 PLC만이 연결이 되어 있으므로 PLC의 국번은 00이 된다. ENQ와 EOT는 통신 프레임을 구성함에 있어 시작 bit와 종료 bit 역할을 한다.

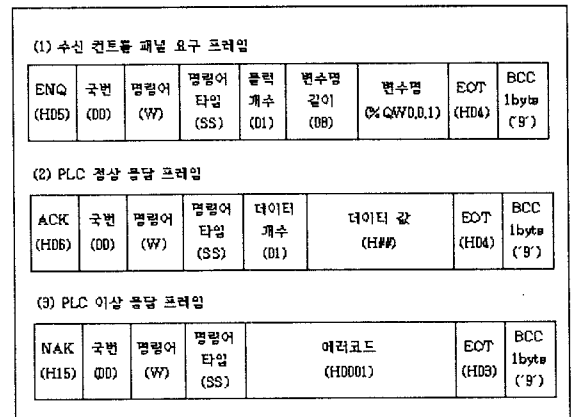


그림 5 직접 변수 개별 쓰기의 프레임

PLC의 명령어는 직접 변수와 액세스 변수, 모니터로 나누어지며 명령어 타입은 변수의 개별 읽기(SS)와 연속 읽기(SB)로 나뉜다. 주로 R(read), W(write) 등을 사용하며 read는 PLC의 port 및 상태 데이터를 수신 컨트롤 패넬이 PLC로부터 데이터를 읽을 때, write는 수신 컨트롤 패넬이 PLC로부터 I/O 및 memory, A/D, D/A를 제어할 때 사용한다. 직접 변수와 개별 쓰기의 프레임의 예로 PLC의 베이스 모듈

번호 0번, 슬롯 번호 0번, 워드 형태 1번 출력의 경우 수신 컨트롤 패널로부터의 요구 프레임에 대한 PLC의 정상 응답과 이상 응답 프레임을 나타내면 앞의 그림 5와 같다.

### II. II. II. 통신 모듈 제어부

통신 모듈 제어부는 Level meter 혹은 PLC의 데이터를 입력받아 최소 데이터를 생성하는 통신제어부와 입력 데이터로부터 맨체스터 코드를 생성하여 무선으로 송·수신하는 모듈 제어부로 구성되어 있다.

통신 제어부는 Level meter로부터 입력 받은 데이터 RF로의 전송과 모니터링을 위한 PC와의 RS232통신 그리고 PLC 통신 프레임 생성 및 해석 등의 기능을 가진다.

통신 제어부와 모듈 제어부의 통신 프레임의 변환 과정은 아래 그림 6과 같다.

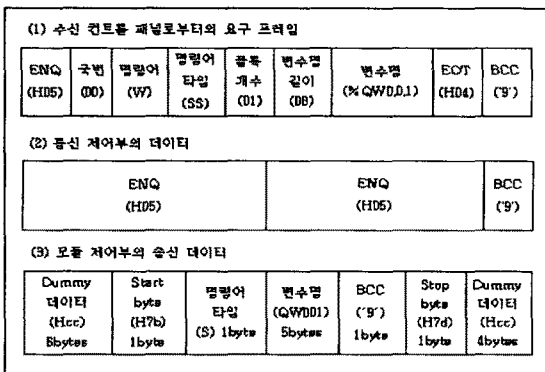


그림 6 통신 및 모듈 제어부의 프레임 변환 과정

모듈 제어부는 RF 통신을 담당한다. RF는 맨체스터 코드 생성 및 해석이 가능하고 FSK 방식의 4800bps까지 통신을 할 수 있는 모듈을 사용하였다. PLL 제어로 60 channel의 주파수 선택이 가능한 이 모듈의 송·수신 주파수 대역은 447.2635MHz에서 447.9875MHz까지이며 channel 간 폭은 12.5kHz이고 PLL의 기준 주파수는 10.6MHz이다. PLL 제어는 주파수 채널 변화를 위하여 사용한다. 이는 Chip 내의 M64072와 호환되는 동작을 하며, PLL을 제어하기 위해서는 무선 모듈 내에 RST, SI, CPS 등의 3단자에 serial 입력 및 동기화 입력 신호를 보내게 된다. RST 단자는 reset 신호로써 active low 신호로 신호의 활성을 알리며, SI는 serial 데이터 입력 신호, CPS는 falling edge일 때 유효한 신호로써 입력 동기 pulse 신호이다. 입력 데이터는 17개의 송·수신 주파수 결정(D0~D16)과 수신과 송신의 국발을 결정하는 데이터(D17~D21) 등 22개의 데이터로 되어 있다. 이러한 신호는 8bit MPU의 port 1의 0, 1, 2번 단자에서 제어하며, clock 단자는 falling edge 신호일 때 SI 데이터가 유효하게 하면 되므로 타이머가 interrupt를 사용하지 않고 지연 시간으로 pulse를 만들었다. 주파수의 결정은 채널 간 폭의 기준 주파수인 12.5kHz에 long integer형의 데이터를 곱하는 형태로 결정되며, 송신 주파수 계산식은 다음과 같다.

$$T * Voc = 12.5kHz * N$$

여기서  $T * Voc$ 는 447.2625~447.9875 사이의 값이 되도록 N을 결정하며, 수신 주파수의 겨우 송신 주파수보다 21.65MHz의 차이를 둔다.

송·수신을 위한 PLL 데이터의 결정은 (1) PLL 기준 주파수 입력(12.5MHz), (2) 송·수신 주파수 입력(송신: 447.2625~447.9875MHz 사이에서 결정, 수신: 송신보다 21.65MHz 이하) (3) 송·수신 데이터 대기(송신: PLL의 Lock Up 데이터 확인시, 수신: SQL active signal 확인 후 수신)에 의해 이루어지며 송·수신 각 신호는 (3)번 항의 신호 확인 후 60msec 지연 후 획득하며, 송신 확인 신호인 PLL의 Lock Up 신호는 polling으로, SQL 신호는 16bit MPU의 interrupt로 체크한다.

### III. 결론

본 논문에서는 RF와 PLC를 이용한 실시간 선박용 물탱크 무선 제어 시스템을 개발하였으며 그 내용들은 다음과 같다.

#### 1. Control Panel 개발

- 마이크로프로세서 ATmega128 탑재
- RS232 통신 가능
- 447MHz 대역의 RF 모듈 탑재
- 저전력 설계

#### 2. PLC 제어 프로그램 개발

- 물탱크 수량 제어를 위한 Ladder 프로그램 개발

#### 3. 모니터링 시스템 개발

- LabView 프로그램을 사용하여 실시간으로 PC를 통해 시스템의 상태 모니터링이 가능하다.

#### 4. Web-server 시스템 개발

- 인터넷이 사용 가능한 어디에서든지 개발된 Web-server에 접속하여 시스템의 상태를 확인 할 수 있다.

본 연구는 중소기업청 중소기업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] LS산전(주), "GLOFA GM7 manual", pp. 7.50-7.59 August 2000.
- [2] B. Skalar, "Digital Communication-Fundamentals and Applications", Prentice Hall, pp. 245-313 July 1998.
- [3] 윤덕용, "AVR ATmega128 마스터", Ohm, Jun 2005.
- [4] 원태연 외, "PLC 제어기", 복두, pp. 120-152, 2001.
- [5] F. F. Liedtke, "Computer Simulation of an Automatic Classification Procedure for Digitally Modulated Communication Signals with Unknown Parameters", Signal Processing, vol. 7, August 1984.
- [6] Dinid Sumner, Wireless communication experimenter's manual, Antennas, components and design, 1991.
- [7] 임윤식, "시퀀스 및 PLC 제어", 복두, pp. 47-88, 2003.
- [8] J .R. Piementel, "Communication Networks for Manufacturing, Prentice Hall, 1990.