

빗물관리 시스템을 위한 전력선 통신 모듈에 관한 연구

정용채*, 정호석**, 김정욱**

*남서울대학교, **나오디지털

A Study on The Power Line Communication Module for a Rainwater Management System

Yong-Chae Jung*, Ho-Seok Jung**, Jeong-Uk Kim**

*Dept. of Electronics, Namseoul Univ., **Nao Digital Co., Ltd.

ABSTRACT

In case Power Line Communication (PLC) method is applied to a rainwater monitoring system, PLC module should be utilized. In this paper, PLC module using ST7538Q is implemented. The design rules of the IC peripheral circuit are explained in detail. The operation of the implemented PLC module is verified through the experimental results.

1. 서 론

설치가 쉽고 가격이 저렴하다는 이점 때문에 요즘 전력선 통신에 대한 관심이 집중되고 있다^[1-3]. 이 전력선 통신인 PLC(Power Line Communication)는 전력선에 흐르고 있는 50/60Hz의 저주파 전력신호에 수백 kHz의 고주파 신호를 전송하는 통신기술이며, 속도를 기준으로 고속과 저속으로 나뉘고, 전압에 따라서는 고압과 저압으로 구분된다. 고속은 10Mbps 이상을, 저속은 20kbps이하를 주로 의미하고 전압에 있어서는 고압은 10kV 이상을 말하며, 저압은 가정 및 사무실에서 사용하는 110V 및 220V 등을 의미한다.

PLC는 기존에 구축된 전력선을 통해서 통신을 하기 때문에 구축비용이 저렴하고 확장이 용이하며, 특히, 고속 PLC는 설치 용이성, 접근성, 속도 및 비용 부분 등에서 경쟁기술에 비하여 여러 장점을 가지고 있다. 대표적인 기술인 DSL(Digital Subscriber Line)과 Cable 통신과의 비교에서도 속도, 비용면에서 우월하며, FTTH(Fiber To The Home)와 더불어서 가장 경쟁력이 있는 가입자망 기술로 평가 받고 있다.

따라서 본 논문에서는 빗물관리시스템에 PLC 기술을 적용하여 구성을 하려고 하는데 그 중 PLC 모듈에 관해서 연구하였다. 물론 여러 가지 칩들이 있겠지만 여기서는 반도체 회사 중 STMicroelectronics에서 나오는 ST7538Q를 적용하여 PLC 모듈을 제작하였다. 그리고 실험을 통해서 제작된 모듈의 성능을 파악하고 확인하였다.

2. 전력선 통신모듈

2.1 빗물관리 시스템

서울시에서는 2007년 3월 친환경 모범도시를 만들기 위해서 빗물관리시설 전시회를 개최하였다. 이는 건물, 공원 등에 빗물

이용시설을 설치하여 조경용수, 청소용수 등으로 활용하며, 계곡 및 상습침수 저지대에 빗물저류시설을 설치하여 수해를 경감시키는 등의 효과적인 빗물관리를 하려는 것이다. 이러한 빗물관리 시스템에서는 수위센서를 사용하여 빗물의 양을 검출하여 메인관리시스템에 정보를 보내는데 이 통신방식으로 본 논문에서는 전력선 통신을 사용하였다.

2.2 전력선 통신 모듈

빗물관리 시스템과 같이 간단한 정보를 주고받고 간단한 제어를 하기 위해서는 저속의 전력선 통신을 해주면 된다. 이를 위해서 사용할 수 있는 전용 IC를 검토하였는데 가장 적합한 IC로 STMicroelectronics에서 나오는 ST7538Q를 채택하였다. 함께 검토한 다른 제품들은 MAXIM의 MAX2986과 MAX2980 그리고 TI(Texas Instruments)의 TMS320F28×× 등이 있다.

선정된 PLC 칩인 ST7538Q는 Half Duplex Frequency Shift Keying(FSK) Transceiver이다. 칩 내부에서 프로그램에 의해서 가변이 가능하지만 본 연구에서 적용한 baud rate는 4800[bps]이고 캐리어 주파수는 132.5[kHz]이다.

그림 1은 이 IC를 사용하여 구성된 전력선 통신 모듈의 블록 다이어그램으로 MPU는 마이크로 프로세서로 ATMEL사의 ATMEGA128을 사용하였다. 그림 2에서와 같이 여러 개의 전력선 통신 모듈을 사용하여 주 제어부에서 여러 개의 부하들을 제어할 수 있는 구성으로 사용된다. 따라서 구성된 전력선 통신 모듈은 주 모듈과 종속 모듈로 나뉜다. 물론 내부 구성은 동일하지만 디스플레이와 역할에 약간의 차이가 있다.

그림 2에서 보듯이 주 제어부(MMI)와 주 모듈은 TCP/IP 포트를 통해서 명령을 주고받고 주 모듈과 종속 모듈은 전력선을 통해서 명령을 주고받는다. 종속 모듈에서 제어대상으로는 RS-485 직렬포트로 명령을 내린다. 따라서 그림 1의 전력선 통신 모듈의 블록 다이어그램에는 직렬포트와 TCP/IP 포트를

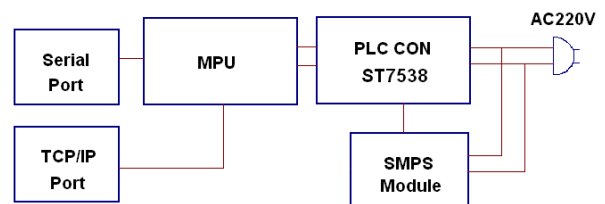


그림 1. 전력선 통신 모듈의 블록 다이어그램
Fig. 1 Block diagram of the PLC module

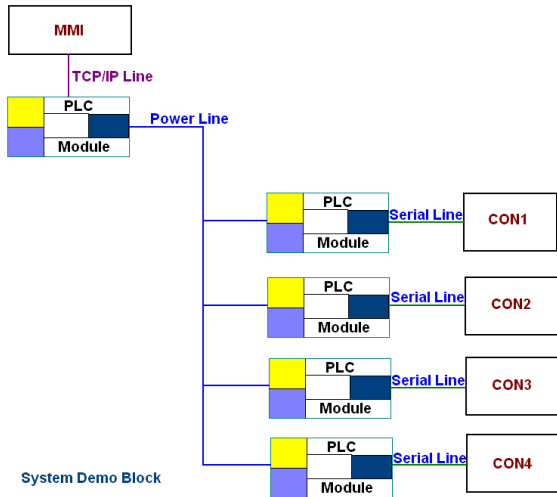


그림 2. PLC 모듈을 사용한 전체 제어시스템의 구성
Fig. 2 Total control system structure with PLC modules

포함하고 있다. 당연히 이 모듈의 제어전원을 제공하기 위해서 SMPS가 사용되고 있다.

2.3 IC 주변회로 설계

PLC 인터페이스 칩인 ST7538Q와 전원선과는 그림 3과 같이 절연을 위한 트랜스포머와 캐리어 주파수 성분을 통과시키기 위한 대역통과 필터로 구성된다.

트랜스포머를 설계하기 위해서는 전원선의 임피던스를 알아야 한다. 그림 4는 유럽 전원선의 임피던스를 보이는데 주파수에 따라서 대략 1~100[Ω] 사이의 값을 가진다. 국내 전원선 임피던스도 이 값과 유사하다고 가정하고 트랜스포머를 설계하였다. 트랜스포머는 1:1 권선비를 가지는데 임피던스가 132.5[kHz]에서 20[Ω] 정도를 가지도록 설계하였다.

그림 5는 전원선 인터페이스 회로에 적용된 대역통과 필터를 보이고 있다. 여기에서 1st Loop는 대역통과 필터의 고주파 cut-off 주파수를 만들고 2nd Loop는 대역통과 필터의 저주파 cut-off 주파수를 만든다. 이 두 cut-off 주파수는 식 (1), (2)와 같이 계산할 수 있다.

$$f_h = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_A}} \approx 160 [kHz] \quad (1)$$

$$f_l = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_B \cdot C_B}} \approx 100 [kHz] \quad (2)$$

여기서 C_A , C_B , L_B 는 다음과 같다.

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1} \quad (3)$$

$$\frac{1}{C_B} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (4)$$

$$L_B = L_2 + 2 \cdot L_C \quad (5)$$

캐리어 주파수가 132.5[kHz]이므로 식 (1)과 (2)와 같이 전체 60[kHz]의 대역폭을 갖도록 설계하기를 권하고 있다. 실제 설계된 대역통과 필터의 두 cut-off 주파수는 156.7[kHz]와 101.9[kHz]이고 위의 식에 상당히 근접한 값이다.

참고로 그림 5에서 L_C 는 CISPR Load라고 되어있는데 이는 전원선 인터페이스 회로의 특성을 측정하기 위해서 전원을

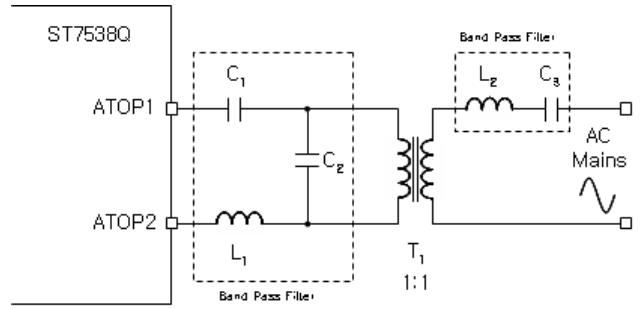


그림 3. 전원선 인터페이스 회로
Fig. 3 Power line interface circuit

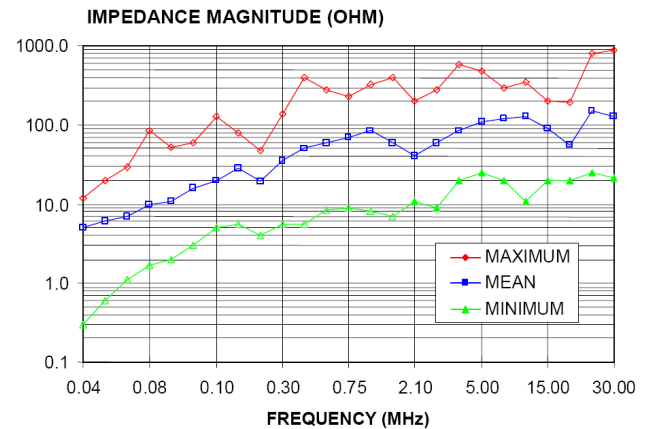


그림 4. 유럽 전원선 임피던스[4]
Fig. 4 European power line impedance

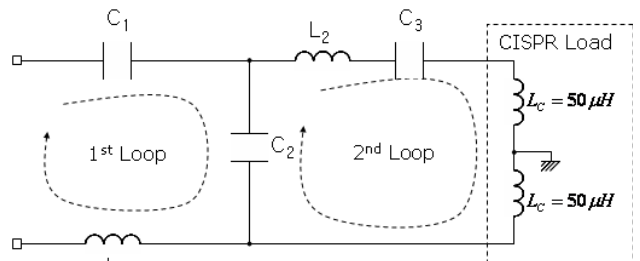


그림 5. 대역통과 필터
Fig. 5 Band pass filter

LISN(Line Impedance Stabilization Network)을 통해서 공급하기 때문에 LISN의 리액티브 성분만 표현한 것이다.

3. 실험결과

앞에서 설계한 전력선 통신 모듈은 여러 대를 제작하여 빗물관리 시스템에 적용하였다. 그림 6은 제작된 주 전력선 통신 모듈과 종속 전력선 통신 모듈을 보이고 있다. 이러한 모듈을 그림 7과 같이 수위센서를 갖는 빗물관리 시스템에 적용하여 실험을 하였다.

본 논문에서는 전력선 통신 모듈이 통신내용을 얼마나 잘 전달하고 받는지를 확인하기 위해서 그림 8과 같이 두 모듈을 컴퓨터와 연결하여 실험을 하였다. 두 모듈간의 통신선인 전원

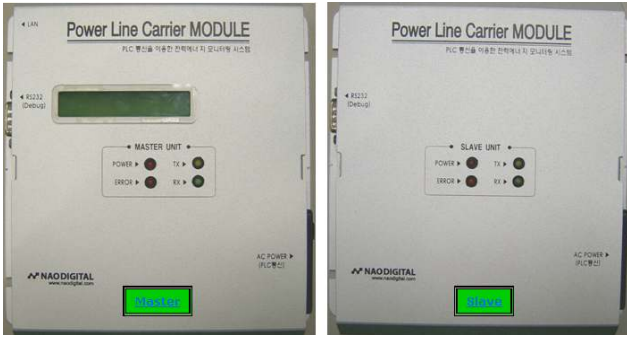


그림 6. 제작된 전력선 통신 모듈
Fig. 6 Manufactured PLC modules



그림 7. 제작된 빗물관리 시스템
Fig. 7 Manufactured rainfall management system

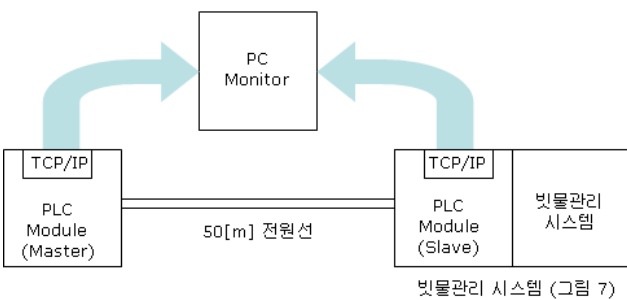


그림 8. 실험 구성안
Fig. 8 Experimental setup

선은 50[m]길이의 물 형태의 전원선을 사용하였다. PC에서 주 모듈에 데이터를 전송하면 이 전송된 데이터는 종속 모듈에서 받아서 다시 PC에 데이터를 전송하는 형태로 실험을 하였다.

그림 9는 이러한 실험을 했을 때의 컴퓨터 화면으로 좌우 두 화면에 데이터를 보내주는 쪽과 받는 쪽 화면을 보여준다. 반대로도 가능하기 때문에 반대 방향으로도 함께 실험을 하였

다. 그림 9를 자세히 보면 '1234567890abcdef'라는 데이터를 주

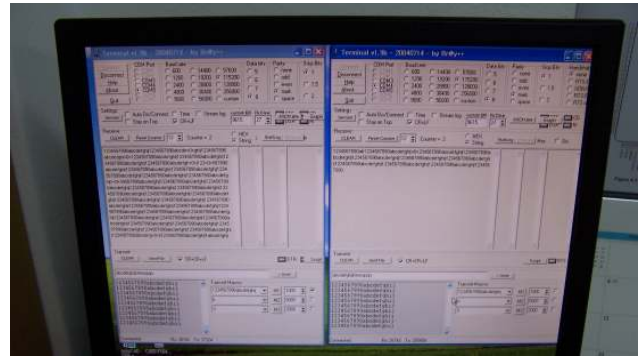


그림 9. 시험 화면
Fig. 9 Testing screen

기적으로 보내면 반대편에서는 이 데이터를 받아서 화면에 표시해주고 있다. 각 데이터들이 깨지는 것 없이 잘 동작하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 빗물관리 시스템에 적용되는 전력선 통신 모듈에 관한 연구를 하였다. 모듈의 구성방안을 제시하고 전원선 인터페이스 회로의 설계절차를 설명하였다. 그리고 전력선 통신 모듈을 직접 제작하여 빗물관리 시스템에 적용을 하였고 전력선 통신이 잘 되는지 확인하기 위해서 실험을 하였다. 실험 세트를 구성하여 테스트 해본 결과 데이터 전송이 잘 되고 있음을 확인하였다. 향후에는 이러한 PLC 모듈을 각종 에너지 모니터링하는 분야로도 적용할 예정이다.

이 논문은 에너지관리공단 (2005-E-EL02-P-08-3-010-2006)의 에너지자원기술개발사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] S. Saggini, W. Stefanutti, P. Mattavelli, G. Garcea and M. Ghioni, "Power line communication in dc-dc converters using switching frequency modulation", *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC '06)*, pp.1595-1600, March 2006.
- [2] M. Hagon, M. Heminger and A. Mohammed, "Power line communication for Lighting Applications using Binary Phase Shift Keying (BPSK) with a Single DSP Controller", *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC '06)*, pp.823-828, March 2006.
- [3] Sam-Jin Lee, Seung-Hak Yang and Gie-Hyun Kwean, "Power Sources Control System of Home Appliances Using Power line communication", *KIPE 2001 Power Electronics Annual Conference*, pp.666-668, July 2001.
- [4] Giuseppe Cantone, "ST7538 FSK Power-Line Transceiver Demo-kit Description", *STMicroelectronics Application Note AN1714*, 2003.