

工學碩士 學位論文

전력선 반송통신을 이용한 전기기기 전원
제어 시스템에 관한 연구

A Study on the Power Control System for Electric
Machineries using Power Line Communication

指導教授 劉 永 昊

2002년 2월

韓國海洋大學校 大學院

制御計測工學科

文 福 山

本 論 文 을 文 福 山 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

主 審 工 學 博 士 趙 爽 濟 (印)

委 員 工 學 博 士 河 潤 秀 (印)

委 員 工 學 博 士 劉 永 昊 (印)

2001 年 12 月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 전력선 반송채널의 특성	3
2.1 전력선의 잡음	3
2.2 선로 임피던스	6
제 3 장 전력선 통신 시스템의 설계	9
3.1 공진 콘덴서의 설계	9
3.2 송·수신 펄스 트랜스 모듈의 설계	11
제 4 장 전력선 통신 시스템의 구현	14
4.1 전체 시스템의 구성	14
4.2 시스템 프로토콜, 소프트웨어 구조	17
4.3 각 유닛의 하드웨어구조	21
제 5 장 실험 및 고찰	23
제 6 장 결 론	33

ABSTRACT

Recently, a lot of studies on the power line communication(PLC) are being done by many companies and institutes due to its own merit which can use the power line spread widely as a communication channel. But, there are many serious problems about the harsh and unpredictable characteristics, or noise, signal distortion and attenuation so it's difficult to make network with PLC. In this paper, the power line characteristics as the view point of communication channel are investigated and the technologies of PLC are proposed to control the power switch of electric machineries by using the combined method of ASK modulation , transmission, receiving pulse transformer control module and microprocessor technologies. Also experiments are carried out to ascertain performance in case of applying to electric lights control according to various distances as an example.

제 1 장 서 론

전력선이라는 기존의 네트워크를 이용한다는 장점 때문에 최근에 더욱 부각되고 있는 전력선 통신은 이미 장거리 송전선을 통하여 음성통신에 이용되어 왔다. 국내에서도 1941년 수풍 발전소에서 만주로 나가는 200[kV]송전선에 아날로그 통신신호를 중첩시킨 전력선 반송전화를 시설한 후 오랫동안 전력회사의 음성통신수단으로 사용해 왔지만 오늘날 송전선에서의 PLC는 거의 사용되지 않고 있다. 1) 2)

전력선 통신기술이 오랜 역사를 가지고 있지만, 통신전용선에 설치된 통신장비가 전력선에 설치된 것보다 훨씬 많은 것은 전력선의 열악한 통신환경 때문이다. 전력선이란 전력을 공급하기 위한 것이기 때문에 통신을 목적으로 하기에는 불량한 전송매체로서 높은 신뢰도의 통신성을 보장하기가 어렵다. 하지만 전력선은 모든 수용가에 널리 분포되어 있고 이상적인 가입자망 형태를 유지하고 있어 신규통신망 구성을 위한 새로운 투자가 필요 없으므로, 잡음 극복, 임피던스 정합 등의 기술적인 문제점들만 해결된다면 실용성이 큰 분야라고 하겠다.

전력선 통신의 역사에 비해 전력선 통신의 상용화는 산업사회중 극히 일부분의 제한된 영역에서 사용되어지고 있다. 90년대에 있어서 전력선 통신은 저속의 전송속도를 가지고 일부 산업기기들의 통신 라인을 전력선으로 사용하려하였다. 하지만 현재 전력선 통신은 주로 고속의 모뎀을 개발하려는 추세를 보이고 있고 전용의 LAN을 사용하지 않고 원거리의 통신을 하거나 가정에서의 전기 기기의 자

동화를 위하여 연구되어지고 있다.

하지만 현재 고속의 모뎀에 초점을 맞추고 있는 전력선 통신에 비해 가정에서의 전력선 통신을 구현하기 위해서는 다양한 종류의 부하에 의한 잡음과 신호의 감쇠, 저렴한 통신 프로토콜을 고려한 시스템의 설계가 요구된다.

본 연구에서는 ASK와 마이크로프로세서 기술을 이용하여 가정내 전원의 스위칭 제어 시스템을 개발할 목적으로 전력선 반송채널의 특성을 조사하며 신호 감쇠 원인을 파악함으로써 신호 감쇠가 적으면서 잡음에 강한 전력선 통신 모뎀을 설계한다. 또한 가정 자동화를 구현하기 위하여 저가의 통신 프로토콜을 설계하고 구현하여 실제 가정 배전선을 모의한 환경에서 성능 실험을 행하여 시스템의 유용성을 입증하고자 한다.

본 논문은 6장으로 구성되어있으며 1장은 서론이고 2장은 여러종류의 가전제품을 사용하고 있는 가정에서 전력선 반송채널의 특성을 조사하였으며 3장에서는 전력선의 잡음과 신호 감쇠를 고려한 시스템을 설계하고 4장은 전력선 통신 시스템의 구현에 대하여 기술하였다. 5장에서는 구현된 시스템을 실제 실험을 통하여 개발된 시스템의 유용성을 입증하였으며 6장에서 결론을 맺는다.

2. 전력선 반송채널의 특성

2.1 전력선의 잡음

전력선통신이란 수용가에서 넓게 분포되어있는 전력선 가입자망을 이용하여 디지털신호 1과 0에 해당하는 주파수를 실어 데이터를 전달하는 방법이다. 통신선로로서 전력선은 사용하는 전기기계로부터 고주파잡음이 발생하고 사용하는 부하의 종류와 크기에 따라 부하 임피던스가 변동하여 사용부하종류에 따라 반송주파수가 흡수됨으로 인한 신호감쇠 등 기술적 장애요소가 많이 있다.

전력선 통신에서 잡음은 대부분 전원에 연결된 전기장비에서 발생하는 것으로서 잡음특성은 다양하며 현재 알려진 전력선의 잡음은 다음과 같이 3가지 범주로 구분할 수 있다.

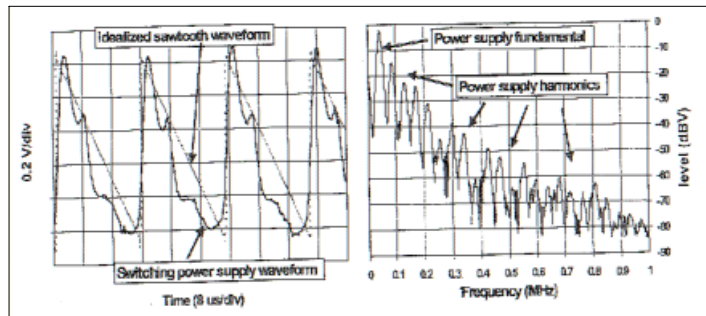
(1) 저주파임펄스 잡음

대부분의 임펄스 잡음원은 트라이악을 사용하여 램프의 밝기를 제어하는 조광기이다. 트라이악 장치는 램프를 AC전원 반 사이클마다 AC전원선에 연결시켜 잡음을 발생시키며, 램프가 중간정도의 밝기로 설정되었을 때 돌입전류는 최대가 되며 수십 볼트의 전압이 전력선에 주입된다.

(2) 토널 잡음(tonal noise)

일반적으로 토널 잡음은 스위칭 전원공급기(SMPS; Switching Mode Power Supplier)로부터 발생한다. 이 전원 공급기는 개인용

컴퓨터나 형광등 안정기와 같은 대부분의 전자 장비에 설치된다. 잡음의 기본주파수는 20[KHz]에서 1[MHz]사이의 전 범위에 걸쳐 분포되어 있다. 그림. 2.1은 전기 칫솔을 충전할 때 생기는 잡음을 나타낸다. 미국이나 일본 등지에서 사용하는 베이비모니터(baby monitor)와 같은 장비는 일반적으로 150[KHz]에서 400[KHz]사이의 주파수에서 동작하는데 그 때 7-8볼트의 피크전압이 전력선에 유입된다고 한다. 그림. 2.2는 전력선통신을 사용하는 인터폰에서 발생되는 잡음의 스펙트럼 선도로서 1[MHz]까지 넓게 분포된 잡음을 보여준다. 3)



(a) Time domain (b) Frequency domain
 (a) 시간영역 (b) 주파수 영역

그림 2.1 전기칫솔에서 발생하는 잡음

Fig. 2.1 Noise from charger of electric tooth
 brush

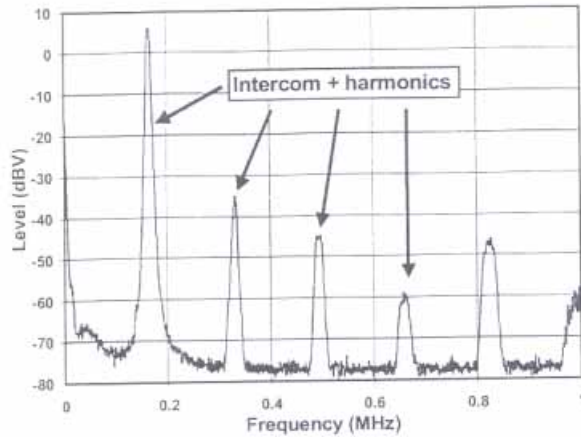
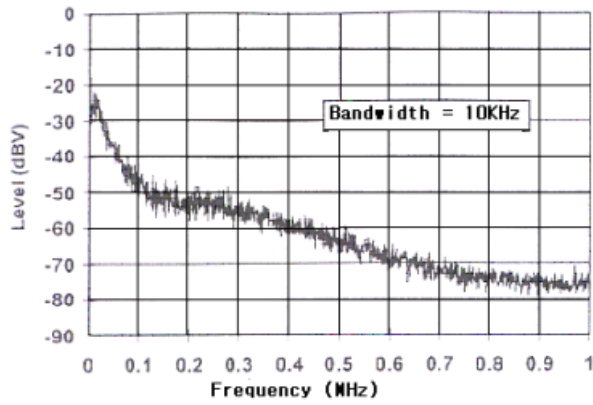


그림 2.2 전력선통신을 사용하는 인터폰에서 발생하는 잡음의 스펙트럼선도

Fig. 2.2 Spectrum of noise from an interphone using PLC

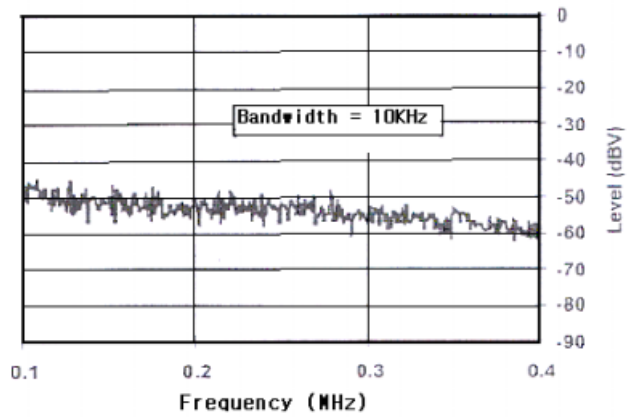
(3) 고주파 임펄스잡음

고주파 임펄스잡음은 다양한 직권 AC 전동기로부터 발생된다. 이러한 타입의 전동기는 진공청소기, 전기 면도기, 여러 가지 일상부 역용품 등의 가전제품에서 볼 수 있는데 전동기의 정류기로부터 발생하는 아크는 수 [KHz] 범위의 임펄스 잡음을 발생시킨다. 그림. 2.3은 진공청소기로부터 발생하는 잡음을 주파수 영역에서 보여주는 것으로서 (a)는 광역 스펙트럼을 (b)는 전력선통신에서 일반적으로 사용되는 영역으로 확대한 그래프로 약 $-40 \sim -60$ [dB] 정도의 크기를 가지고 있음을 알 수 있다.



(a) 광역

(a) Broad band



(b) 전력선 통신 영역

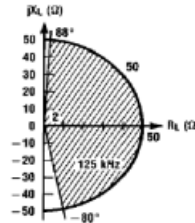
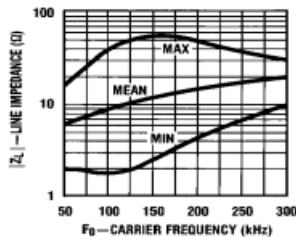
(b) PLC band

그림 2.3 진공청소기로부터 발생하는 잡음 스펙트럼

Fig. 2.3 Noise spectrum from a vacuum cleaner

2.2 선로 임피던스

전력선은 전력사용의 상태에 따라 폭넓은 임피던스 변화폭을 가지고 있다. 그러나 송신측과 전력선간의 가장 효율적인 결합을 위해서는 예상되는 임피던스 변화폭의 가장 낮은 임피던스를 평가하여야 하며 적절한 통신신호 레벨을 유지하기 위해서는 반드시 선로임피던스를 측정하여야만 한다. 그림. 2.4 (a)는 거주지역과 상업지역에서의 115[V] 60[Hz] 전력선의 임피던스를 Nicholson-Malack Research에서 측정한 데이터이며 (b)는 복소수평면에서 선로 임피던스를 도시한 것이다. 그림. 2.4에서와 같이 임피던스의 변화폭은 200[KHz]까지는 부하의 변화에 따라 상당한 차이가 있으나 200[KHz] 부터는 변화폭이 작아져 설계가 용이하여 짐을 알 수 있다.



(a) 반송주파수에 따른 선로임피던스

(b) 복소수 영역
(b) Imaginery plane

(a)According to carrier Frequency

그림 2.4 115V 60Hz저압의 선로 임피던스

Fig. 2.4 Line impedance of low voltage distributed power line
115V 60Hz

대부분의 컴퓨터나 텔레비전에서 사용되는 전자기 방사조절용 콘

덴서와 대용량 전열기기는 낮은 임피던스 루프를 형성하여 전력선 반송통신 신호의 싱크(sink)로 작동하게 되므로 손실이 커지며 10~15[dB]정도의 감쇠원인이 된다.

이상의 분석을 통해 전력선 통신에 있어서 문제점은 전력선에 사용되고 있는 전기 기기에서 발생하는 잡음에 의한 통신의 신뢰성 저하와 전력선에 사용되는 저 임피던스 전기 기기에 의한 신호 감쇠이며 이 두가지 문제를 해결할 수 없으면 전력선을 통신 선로로 사용하는 데는 많은 문제가 따른다 따라서 본 연구에서는 신호감쇠 문제는 아날로그 회로 설계기술을 이용하고 전기 기기에 의한 특정 주파수 영역 또는 광범위한 주파수 영역에 걸친 임펄스 잡음은 디지털 회로 설계기술을 이용하여 소프트웨어적으로 문제를 해결함으로써 신뢰성있는 전력선 통신을 가능하게 한다.

3. 전력선 통신 시스템의 설계

앞장의 잡음을 고려한 시스템의 설계를 위하여 반송주파수는 관계법에 의해 10-450[KHz]로 제한되어 있고 그림. 2.4과 같이 주파수에 따른 선로 임피던스 특성을 고려 200KHz 이상의 범위에서 각 유닛들에 쓰이는 마이크로 프로세서의 외부 클럭을 감안하여 250[KHz]로 선정하였다. 또한 전송속도는 높을수록 좋지만 마이크로 프로세서의 처리속도와 통신 신뢰성을 감안하여 본 연구에서는 9600[bps]를 목표로 하였다.

3.1 공진 콘덴서의 설계

코일과 콘덴서로 회로를 구성함에 있어서 콘덴서는 특정 주파수의 교류전류의 흐름을 막아 주거나 흐름을 원활하게 해주는 역할을 한다. 이에 본 시스템에서는 공진 콘덴서의 설계를 Table 3.1의 사양을 만족하는 공진 콘덴서를 설계하여야 한다.

선로임피던스 결합회로의 설계에 있어 첨예도 Q는 ^{5) 6) 7)}

$$Q = \frac{R}{X_L} \quad (3-1)$$

단, Q ; 병렬공진회로의 첨예도

R ; 코일의 저항

X_L ; 필스트랜스의 코일 임피던스

이다. 여기서 부하가 걸렸을 때 선로임피던스를 1차측으로 합산하여

펄스트랜스의 코일의 인덕턴스 L_1 을 구하면

$$L_1 = \frac{Rq / |Z_{LN}'|}{2 \times \pi \times F_o \times Q_L} \quad (3-2)$$

단, F_o ; 반송주파수

Q_L ; 부하가 걸렸을 때의 병렬공진회로의 첨예도

Rq ; 펄스트랜스 손실을 모델화한 병렬저항

Z_{LN} ; 전력선 선로 임피던스

$|Z_{LN}'|$; 선로 임피던스 Z_{LN} 의 반사 임피던스

이 된다. 또 Q_L 과 대역폭 BW와의 관계는

$$Q_L = \frac{1}{BW_{allow}} \quad (3-3)$$

가 된다. 여기서 BW_{allow} 는 대역폭의 변동을 합한 값으로서, 반송주파수의 편차를 ± 2.2 [%]로 온도변화에 따른 반송주파수 변동을 4.3%로 가정하면 BW_{allow} 는 최대 8.7[%]가 되어, 식(3)에서 Q_L 은 11.5가 된다⁶⁾. 그림. 2.4.에서 반송주파수 250[KHz]에서의 선로임피던스를 20[Ω]으로 하여 Table. 3.1과 같은 사양을 만족하는 펄스트랜스를 설계한다. 펄스트랜스에서 소비되는 최대전력 P_o 는

$$P_o = I_o \times V_o = \frac{V_{cc} \times I_{obb}}{4} \quad (3-4)$$

단 I_{obb} : 출력전류

V_{cc} : 콜렉터 전압

다. Table 3.1의 사양값에 따라 P_o 는 0.6[W]가 되며

$$Rq//|Z_{LN}' = \frac{V_o^2}{P_o} \quad (3-5)$$

이므로 V_o 와 P_o 의 값을 대입하면 $Rq//|Z_{LN}'$ 은 481[Ω]이 된다. 이것을 식(3-2)에 대입하여 펄스트랜스의 인덕턴스 L_1 을 구하면 20 [μH]가 된다. 또한 병렬공진을 위해 필요한 공진 콘덴서 C_1 은

$$C_1 = \frac{1}{(2 \times \pi \times F_o)^2 \times L_1} \quad (3-6)$$

이므로 C_1 은 12[nF]가 된다.

표 3.1 전력선 통신을 사용한 시스템의 디자인 사양

Table 3.1 Design specifications of the system
using PLC

항목	내용	항 목	내 용
반송주파수	250[KHz]	전송속도	9600[bps]
전송제어방식	폴링방식	회선구성형태	multidrop
변조방식	ASK	네트워크구성	서버클라이언트
통신프로토콜	전용	접속유닛수	최대1024
선로임피던스	20 [Ω]	콜렉터전압	12[V]
출력전류(peak to peak)	200 [mA]	펄스트랜스의 출력	0.6[W]

3.2 송 · 수신 펄스 트랜스 모듈의 설계

펄스트랜스는 신호를 전력선에 결합시키거나 전력선으로부터 신호를 검출하기 위하여 사용되는 결합트랜스이다.

송신 펄스 트랜스는 임피던스를 최소로 하여 감쇠없이 신호가 전력선에 실리도록 설계하여야 하며 수신 펄스 트랜스는 임피던스를 최대로 하여 신호 감쇠가 없도록 하는 것이 이상적이다.

그러나 송·수신 펄스 트랜스를 하나로 사용할 때는 위의 목적을 달성할 수 없으므로 본 논문에서는 송신과 수신 펄스트랜스를 분리하여 사용함으로써 네트워크 상에 많은 송·수신 유닛을 사용하여도 신호감쇠가 최소가 되는 방법을 제안한다.

펄스 트랜스는 페라이트 코어를 이용하여 전원측과 유닛측을 1:4의 비율로 사용하였으며 송신과 수신에 각각 1개씩 사용을 하였다. 송신 펄스트랜스모듈은 신호전류를 최대로 하기 위하여 그림. 3.1와 같이 설계하였다.

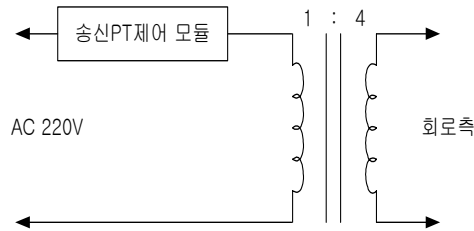


그림 3.1 송신펄스 트랜스 포머 모듈의 구성

Fig. 3.1 Configuration of an transmitter pulse transformer module

그림. 3.2는 수신 펄스 트랜스 모듈을 나타내고 있다. 수신 펄스 트랜스모듈은 병렬 공진 콘덴서를 사용하여 병렬공진을 일으켜 임피던스를 크게 해줌으로서 수신기가 신호를 감쇠시키는 싱크원이 되는 것을 방지하였다. 이렇게 함으로서 동일 네트워크 상에서 다수의 수신기유닛을 설치하여도 신호 감쇠 현상을 방지할 수 있다.

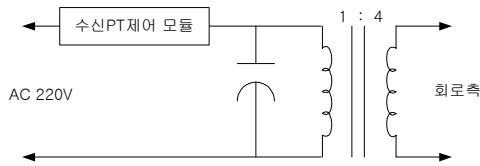


그림 3.2 수신 펄스 트랜스 포머
모듈의 구성

Fig. 3.2 Configuration of an receiver
pulse transformer module

4. 전력선 통신 시스템의 구현

4.1 전체 시스템의 구성

앞장에서 설계한 전력선 모델의 유용성을 입증하기 위하여 전기장치에 탑재된 제어장치를 전력선통신을 이용하여 전자적으로 원격제어하는 전기 장치의 전원제어시스템을 그림. 4.1과 같이 구성하였다. 그림. 4.1에서 ID_U는 전력선통신으로 수신한 제어신호에 의해 전기기기의 전원을 제어하는 자기번호인식형 전원제어장치이며 ID_GC2는 전기기기의 전원을 제어하기 위하여 제어신호를 발신하는 두 개의 전용 스위치를 장치한 제어신호발신스위치이고 ID_GC12는 12개

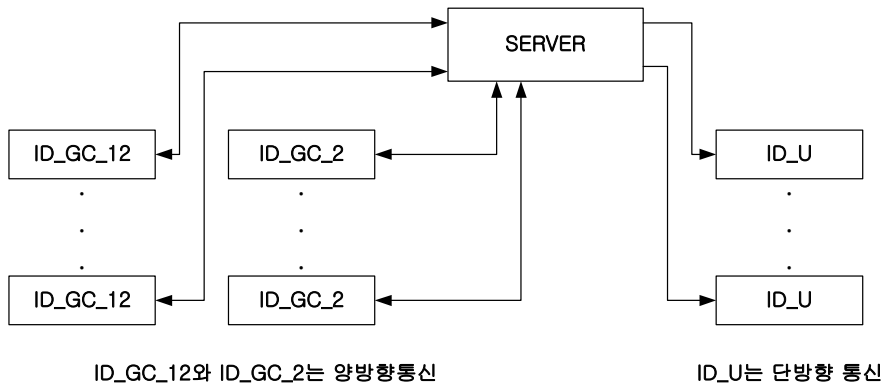


그림 4.1 전체 시스템의 구성

Fig 4.1 Configuration of an Overall System

의 스위치를 장치한 제어신호발신스위치이다. ID_GC2와 ID_GC12의 각 스위치는 스위치에 해당하는 자기번호가 각각 할당되어 있어 스

위치를 동작하면 그 스위치에 해당하는 자기번호와 동작상태를 발신한다.

사진. 4.1은 개발된 전력선통신을 이용한 자기번호인식형 전원제어장치이고 사진. 4.2은 ID_U에 자기번호를 발신하는 2스위치와 12스위치이며 사진. 4.3는 시스템을 관장하는 서버이다. 전력선 통신에 의한 제어기기는 계층적 제어 시스템에서 하위 계층에 있는 제어장치이므로 N:N 통신 프로토콜을 사용하면 많은 오버헤드로 인하여 속도 저하를 초래하므로 본 연구에서는 폴링 방식의 서버 클라이언트 1:N 통신 프로토콜을 사용하여 시스템을 구성하였다. ⁹⁾



사진 4.1 자기번호인식형 전원제어 장치

Photo 4.1 ID recognizable control unit(ID_U)



(a) 12개 스위치를 장치한

제어신호발신스위치

(a) ID transmissible 12 switch(ID_GC12)



(b) 2개 스위치를 장치한

제어신호발신스위치

(b) ID transmissible 2 switch(ID_GC2)

사진 4.2 제어 신호 발신 스위치

Photo 4.2 ID transmissible switch

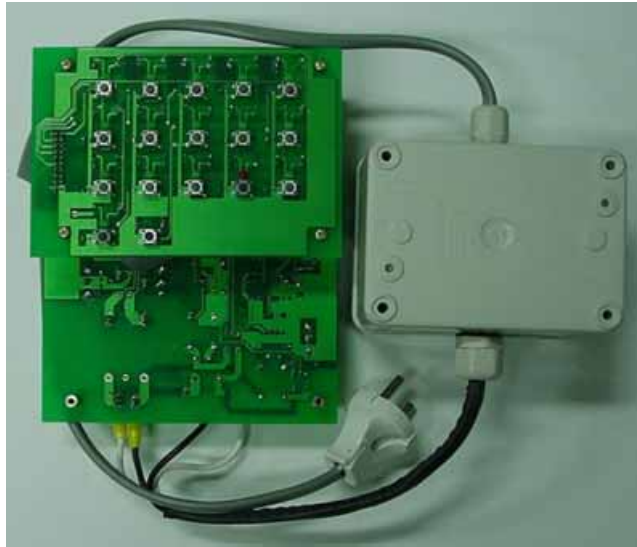


사진 4.3 자기번호 발신형 서버

Photo 4.3 ID transmissible server(ID_server)

4.2 시스템 프로토콜 및 소프트웨어 구조

그림. 4.2는 통신패킷의 구조로 2바이트로 구성되어 있다. 수신 제어비트는 유닛사이의 통신흐름을 제어하는 비트로서 값에 따라 수신할 유닛을 지정할 수 있으며 BYTE_NO는 패킷바이트의 번호이고 Priority는 명령수행 상태를 나타낸다. ID 비트는 9비트로 512개의

유닛을 제어할 수 있으나 유닛의 수가 많으면 한 비트 확장하여 최대 1024개의 유닛을 제어할 수 있다. 그림. 4.3는 ID_U 소프트웨어 흐름도로서 수신제어 비트에 따라 ID_U가 받아야 할 정보임을 확인하고 자신의 ID이면 명령 비트를 해석하여 트라이악 스위치 동

작 출력한다.

수신제어	BYTE_ NO	ID (5 B i t)	Priority
------	----------	----------------	----------

수신제어	BYTE_ NO	ID (4 B i t)	Don't care	Priority
------	----------	----------------	------------	----------

수신제어비트 :

00 ; Server->ID_U, 01 ; Server->ID_GC

10 ; Don't care , 11 ; ID_GC->Server

그림 4.2 통신 패킷의 구성

Fig. 4.2 Configuration of communication packet

그림. 4.4는 서버소프트웨어 흐름도로서, 서버에서는 ID를 소프트웨어로 지정하고 ID_U에서는 서버에서 지정한 ID를 닥스위치로 조정한다. ID입력이 완료되고 시스템이 시작되면 서버는 순차적으로 ID_GC에 스위치동작 변동데이터를 요구한다. 스위치변동이 있는 ID_GC는 변동된 스위치의 ID와 명령상태로부터 그림. 4.2와 같이 통신패킷을 만들어 서버에 응답한다 이때 서버는 ID_GC에서 일정 시간동안 데이터의 응답이 없으면 서버는 다음 순서의 ID_GC로 스위치 동작 변동데이터를 요구하고 모든 ID_GC의 변동된 스위치의 데이터를 받은 후 서버 자신의 입력을 체크하며 변동된 데이터에 대하여 ID_U에 스위치동작 명령통신을 시작한다.

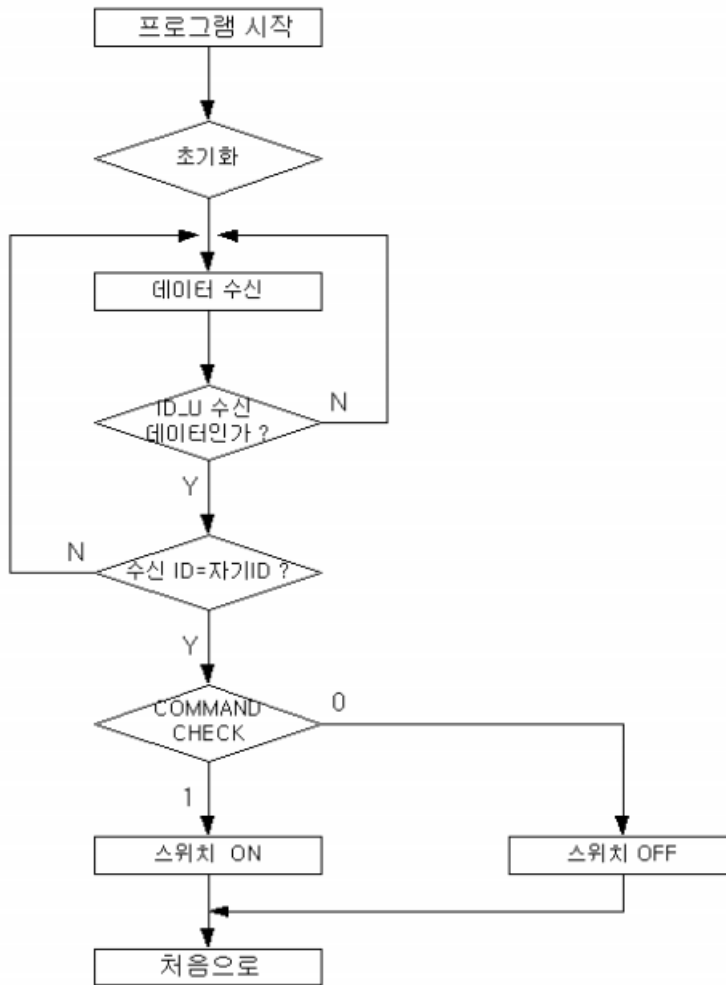


그림 4.3 ID_U 소프트웨어 흐름도

Fig. 4.3 Software flow diagram for ID_U

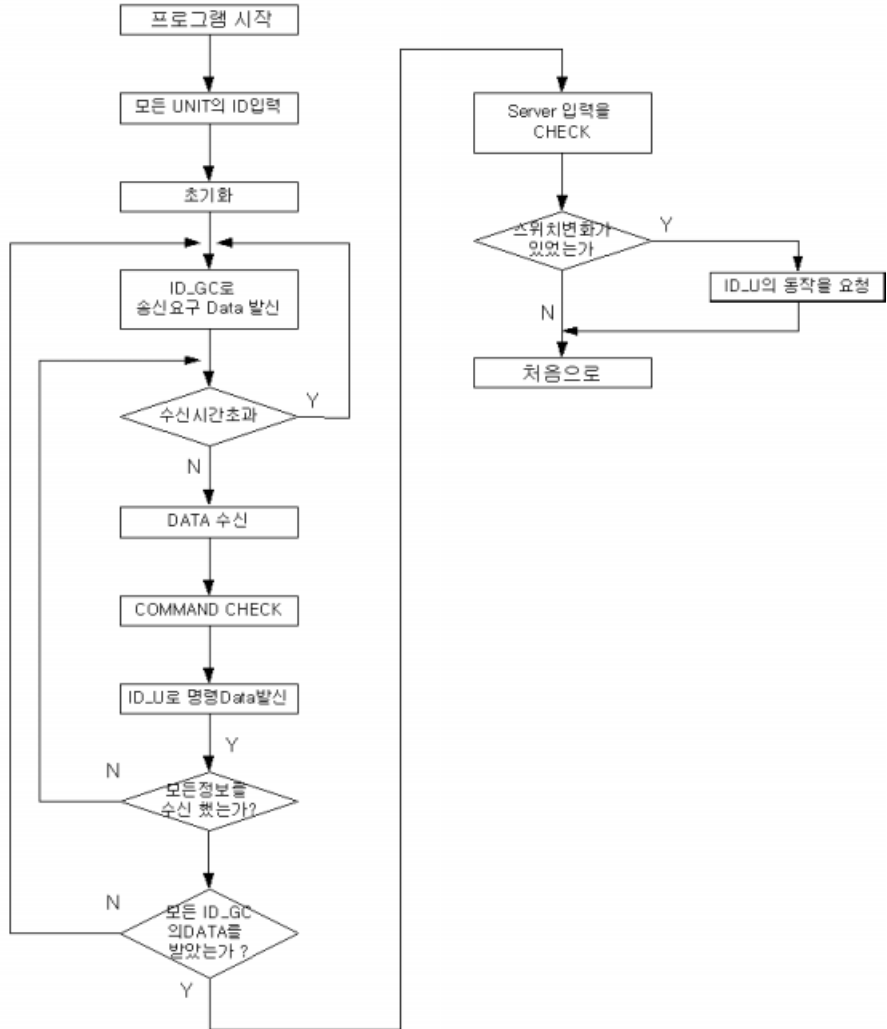


그림 4.4 서버 소프트웨어 흐름도

Fig. 4.4 Software flow diagram for server system

4.3 각 유닛의 하드웨어 구조

그림 4.5는 자기번호인식형 ID_U의 시스템 내부구조를 나타내고 있다. ID_U는 SERVER로 부터의 ON, OFF 명령을 받아 실제 LAMP를 ON, OFF하게 된다. 수신부에는 다수의 장치를 설치하였을 때 수신단에서의 신호 감쇠를 방지하기 위한 회로가 있으며 ID_U는 서버로부터 제어신호를 단방향 통신으로 수신만 한다.

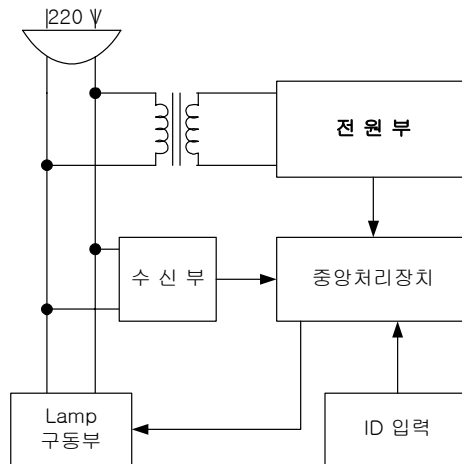


그림 4.5 ID_U 시스템 내부구조

Fig 4.5 ID_U System Block
Diagram

그림 4.6는 SERVER, ID_GC_12, ID_GC_2의 시스템 내부구조를 나타내고 있다. SERVER, ID_GC_12, ID_GC_2는 각각 양방향 통신 구조를 가지고 있으며 송신과 수신 때 펄스 트랜스를 각각 별도로

사용함으로써 송신 시에는 전류를 크게 하여 신호 전파거리를 길게 하고 수신시에는 전압을 크게 하여 내부 아날로그 소자에 의해 일차 잡음 처리를 행하여 내 잡음성을 높인다. 또한 전력선의 교류전압이 영점부근일 때 송신하면 수신단에서의 수신전압이 높게되므로 마이크로프로세서는 전력선 전원 전압이 제로 크로싱(zero-crossing)되는 시점을 검출하여 송신한다.

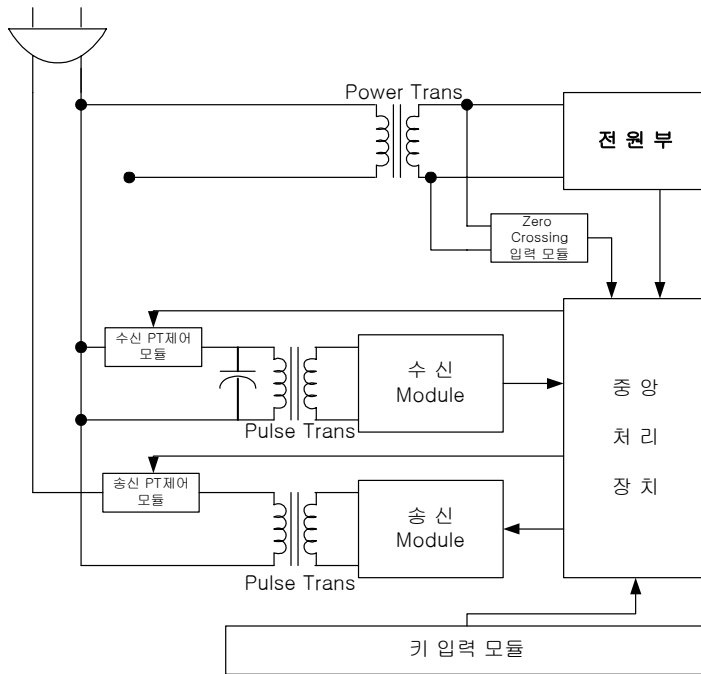


그림 4.6 Server, ID_GC_12, ID_2 시스템 내부구조

Fig 4.6 Server, ID_GC_12, ID_2 System Block

Diagram

5. 실험 및 고찰

그림 5.1는 실험 환경을 나타낸다. 실험에는 보통 가정집에서 사용하는 6Φ의 구리동선을 50M 씩 6회 회전하여 총 300M의 전력선로를 구성하고 100M 마다 3구 플러그에 설치하여 각각의 유닛을 연결하였다.

차단필터 (Blocking Filter)는 외부에서의 잡음과 같은 다른 신호의 유입을 차단함과 동시에 송신신호가 외부로 송출되는 것을 차단함으로써 네트워크내에서 신호 레벨을 높혀 신뢰성을 높일 수 있다.

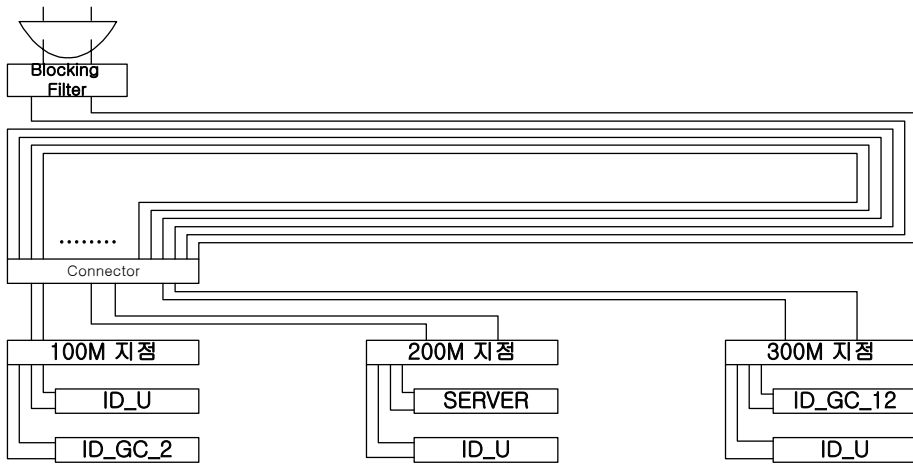


그림 5.1 실험환경 구성

Fig 5.1 Configuration of an verification

실험실환경에서 동일한 선로상의 서로 다른 콘센트에 송신유닛과 수신유닛을 연결하여 송수신 실험을 행하였다. 그림. 5.2는 송신유닛에서 보내는 9600[bps]에 해당하는 데이터이며, 그림. 5.3은 송신데

이터가 250[KHz]의 반송파로 변조된 파형이다. 그림 5.4은 반송파로 변조된 데이터가 실험실 220[V] AC 전력선에 데이터신호로 결합되기 위하여 펄스 트랜스의 코일에 인가되었을 때의 파형이며, 그림. 5.5는 펄스 트랜스 1차측을 지나 AC 전력선에 결합된 파형이다. 그림. 5.6은 수신기에서 AC 전력선에 결합된 신호가 전력선으로부터 분리된 파형이고, 분리된 데이터신호가 하이패스 필터와 증폭기를 거쳐 복원된 신호를 그림. 5.7에 나타내었다. 그림. 5.2에서 그림. 5.7까지의 그림을 분석하여 볼 때 9600[bps]로 발신된 제어신호가 전력선을 통과하여 수신유닛에서 잘 복조됨을 알 수가 있다. Table 5.1는 송신거리를 측정하기 위하여 송신유닛과 수신유닛사이의 거리를 50[m] 간격으로 하여 수신유닛의 결합트랜스 출력단의 전압을 측정한 데이터이다.

실험결과 300[m]까지 피크사이의 전압이 5[V]로 충분히 데이터신호를 수신할 수 있었으며 수신기유닛은 피크사이 전압 1.5[V]까지 수신 가능하도록 설계되어 있으므로 수신가능거리는 300[m]이상임을 확인할 수 있었다. Table 5.1에서 100[m]의 거리에서보다 200[m] 거리에서의 수신전압이 높은 것은 이 거리가 반송주파수 파형길이의 1/4되는 지점이기 때문이다.

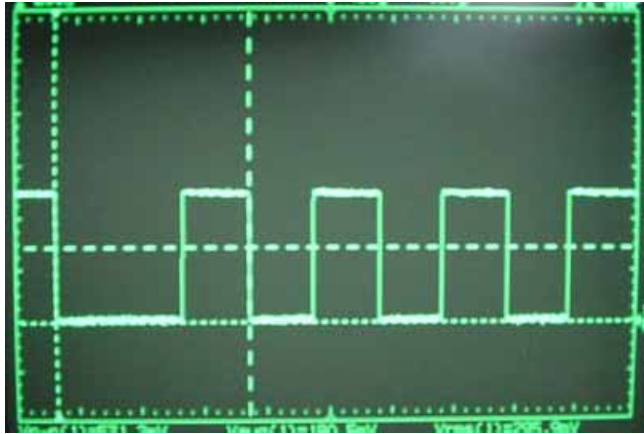


그림 5.2 9600[bps]의 데이터 신호

Fig. 5.2 Data signal of 9600[bps]

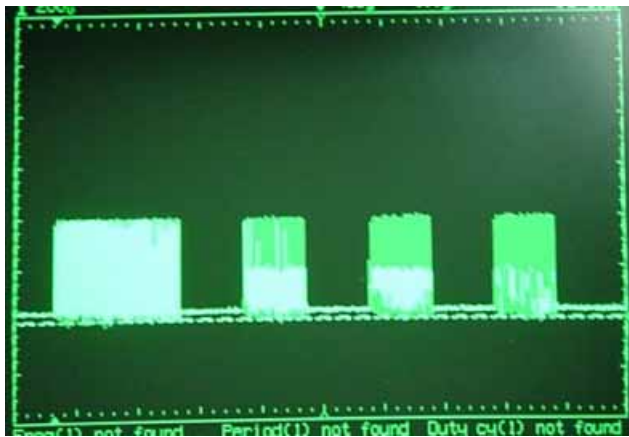


그림 5.3 반송파로 변조된 신호

Fig. 5.3 Modulated signal with carrier frequency

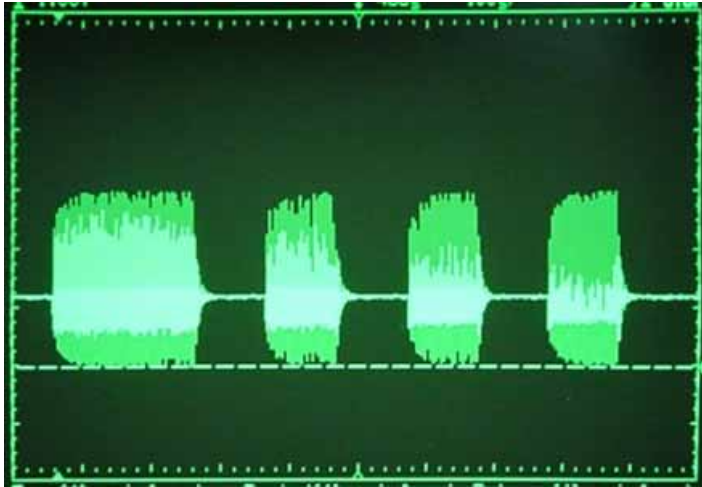


그림 5.4 송신 펄스 트랜스 포머에서 측정된 신호
Fig. 5.4 signal of transmission side
of coupling transformer

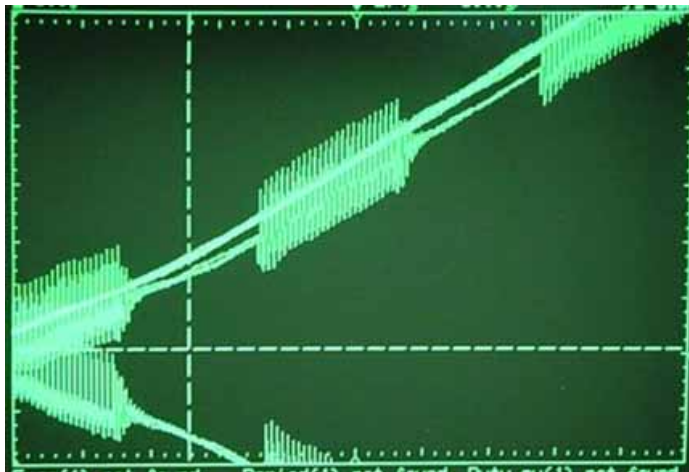


그림 5.5 전력선에 인가된 신호
Fig. 5.5 Signal coupled on power line

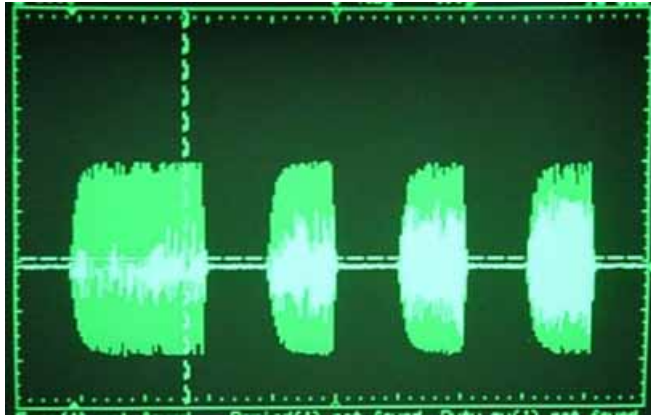


그림 5.6 펄스 트랜스 포머에 의해 복조된 후
수신 신호

Fig. 5.6 Received signal after being
decoupled by coupling transformer

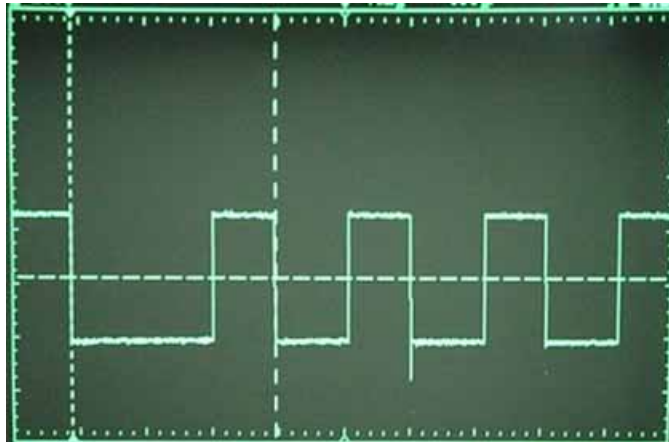


그림 5.7 복원된 신호

Fig. 5.7 Demodulated signal by receiver

표 5.1 제로 크로싱 기술을 사용하지 않았을 때 송신 거리 실험
 Table 5.1 Transmissible distance test when system don't use
 zero crossing technique

Distance between units [m]	Receiver voltage at coupling trans. (peak to peak)	Distance between units [m]	Receiver voltage at coupling trans. (peak to peak)
0	42.3	200	9.3
50	5.2	250	5.2
100	4.5	300	5.1
150	4.5		

line inductance :45 μ H/100m line resister 0.74 Ω /100m

Table 5.2는 그림 4.6에서의 제로 크로싱을 사용하여 통신하였을 때와 사용하지 않고 송신하였을 때 100M마다의 지점에서 수신전압을 측정 한 것으로 제로 크로싱의 효과가 큰 것을 확인할 수 있다.

표 5.2 제로 크로싱 기술을 사용하였을 때 거리 실험
 Table 5.2 Transmissible distance test when system use zero
 crossing technique

Distance between units [m]	Receiver voltage at coupling trans. (peak to peak) when system using zero crossing technique	Receiver voltage at coupling trans. (peak to peak)when system don't use zero crossing technique
100	10	4.5
200	15	9.3
300	12	5.1

그림 5.8은 본 연구에서 제안한 송·수신 분리 트랜스를 사용하였을 때 100M거리의 수신측 전압을 나타내고 그림 5.9는 일반 송·수신 결합 펄스 트랜스를 사용하였을 때 100M거리의 수신측 전압을 나타낸 것이다.

그림5.9에서 수신된 신호 피크전압 V_{pp} 는 22.50V의 전압이 측정되며 이러한 범위에서는 잡음의 영향을 극복하여 원활한 신호의 복조를 할 수 있다.

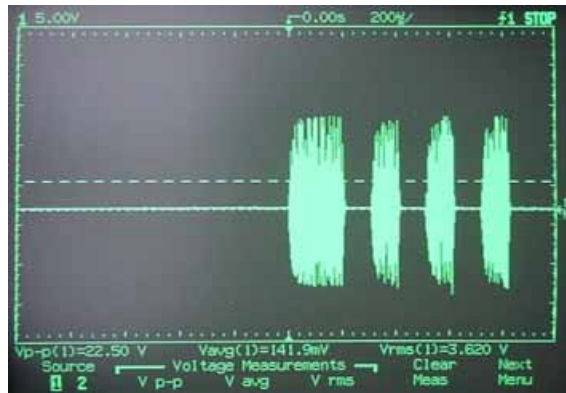


그림 5.8 제안한 송·수신 분리 트랜스를 사용하였을 때 수신측의 신호

Fig. 5.8 signal of transmission side of coupling transformer using proposed transmission pulse trans module

그림. 5.9에서 수신된 신호 피크전압 V_{pp} 는 568.7mV로서 복조 할 수 없으며 잡음이 커짐을 알 수 있다.



그림 5.9 일반 송·수신 겸용 펄스 트랜스를 사용하였을 때 수신측 신호

Fig. 5.9 signal of transmission side of coupling transformer don't use transmission pulse trans module

그림. 5.10는 2개의 제안한 송·수신 모듈을 0M지점과 100M 지점에 각각 연결하여 실험을 행하였을 때 100M 지점에서 수신 유닛의 펄스 트랜스에서 측정된 데이터이고, 그림. 5.11은 2개의 제안한 송·수신 모듈을 0M지점에, 1개의 제안한 송·수신 모듈과 1개의 송·수신 펄스 트랜스 제어 모듈이 없는 일반적인 유닛을 100M 지점에 연결하여 실험을 행하였을 때 100M 지점에서 수신 유닛의 펄스 트랜스에서 측정된 데이터이다.

그림. 5.11에서는 다수의 제안한 유닛을 연결하였을 때 전압 강하가 거의 없음을 알 수 있다.

하지만 한 개의 송·수신 펄스 트랜스 제어 모듈이 없는 일반적인 유닛을 연결하였을 때는 그림. 5.13과 같이 5V이상의 전압 강하가

있음을 알 수 있다. 따라서 1:N의 통신을 위하여 본 연구에서 제안한 송·수신 펄스 트랜스 제어모듈을 사용하면 다수의 유닛을 연결하였을 경우에도 안정적인 네트워크를 구성할 수 있음을 알 수 있다.

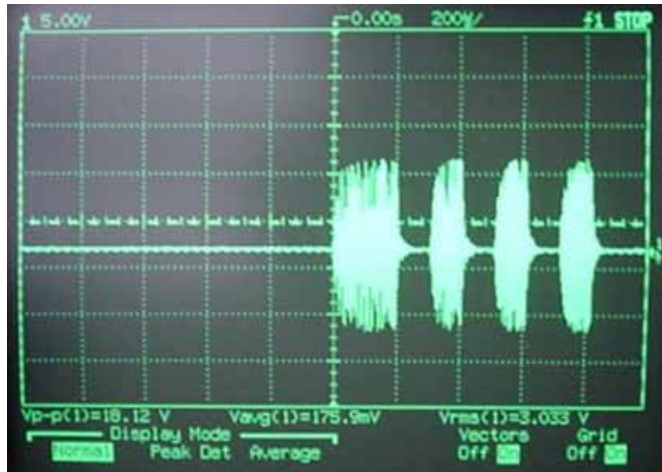


그림 5.10 4개의 제안한 송·수신 모듈을 사용하였을 때 수신측 신호

Fig. 5.10 signal of transmission side of coupling transformer using 4 proposed transmission pulse trans module

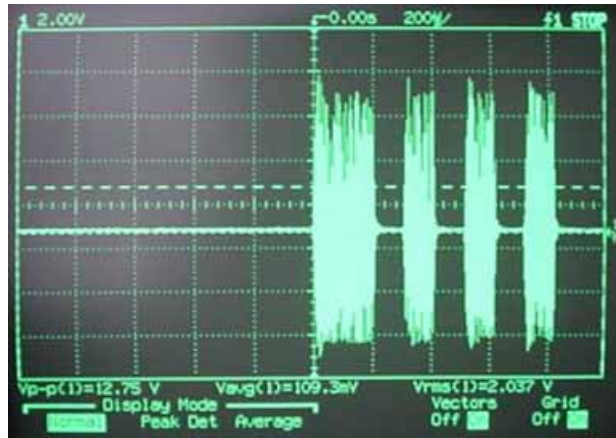


그림 5.11 3개의 제안한 송·수신 모듈과 1개의 일반적인 모듈을
 사용하였을 때 수신측 신호

Fig. 5.11 signal of transmission side of coupling transformer
 using 3 proposed transmission pulse trans module and
 1 general unit

6. 결 론

본 연구에서는 전력선 반송채널의 특성을 조사하며 신호 감쇠 원인을 파악하고 250[KHz] 반송주파수로 데이터신호를 ASK방식, 9600[bps]의 속도로 전력선을 이용하여 통신할 수 있는 모뎀을 설계, 제작하며 서버 클라이언트의 구조로 네트워크를 구성하여 다수의 제어신호발신기에 의한 다수 전기기기의 전원을 제어하고자 하였다.

전기기기의 전원제어를 위한 신호발신 유닛의 수가 다수일 경우 통신신호의 충돌을 회피하기 위하여 시스템을 서버 클라이언트 구조로 하여 서버가 순차적으로 제어신호발신유닛에 신호를 보내 스위치 변동 데이터의 발신을 요구하여 제어함으로써 복잡한 프로토콜 사용을 방지하였고 전력선의 잡음에 강인한 모뎀을 설계하였으며 1:N의 통신 네트워크를 구성하기 위하여 송·수신 펄스 트랜스를 제안하였다. 또한 제안된 시스템으로 전력선통신실험을 행한 결과 300[m]이상의 거리와 다수의 유닛으로 통신 네트워크를 구성하였을 때 안정적인 네트워크를 구성할 수 있음을 확인하였다. 실용화를 위해서는 통신거리와 신뢰성 향상을 위한 여러 가지 부속장치를 개발하고 다양한 실제 환경에서 장시간의 실험이 필요할 것이지만, 이상의 실험으로 인텔리전트 아파트의 조명제어 시스템 등 광범위한 분야에 활용할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 현덕화, 유인협, 박병석, “전력선을 이용한 통신기술의 동향”, 전기저널, 2000. 9.
2. 유영호, “전력선통신의 현황과 전망”, 한국박용기관학회지, 제25권, 제2호, 2001. 3
3. Phil Sutterlin and Walter Downey, "A Power Line Communication Tutorial Challenges and Technologies", Echelon Corporation
4. "고속 전력선통신망 기술개발에 관한 연구과제" 1999.6, 산업자원부
5. 오상기, “마이크로프로세서를 이용한 배전선 반송채널용 FSK 통신제어 시스템 구현에 관한 연구”, 원광대학교 대학원 석사학위논문, 1994
6. National Semiconductor, *LM1893/LM2893 Carrier-Current Transceiver*, 1995
7. Intellon, *Intellon SSCP200 and SSCP300 HardWare Design Reference*, 1998
8. Nicholson, J.R. and J.A. Malack, "RF Impedance of Power Line and Line Impedance Stabilization Network in Conducted Interference Measurements" IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, 1973.5
9. Judson Hofmann, "Networking Consumer Products in the Home", Proceedings of the IEEE, Vol.82, No.4 April, 1994