

전력선 모뎀 및 전화를 이용한 가정용 가스레인지의 원격 제어 시스템 개발

준회원 최 승 지*, 정회원 박 중 연*

The Development of a Remote Control System Based on Power Line Modem and Telephone for Safe Operation of the Indoor Gas Range

Seung-Ji Choi* Associate Member, Chong-Yeun Park* Regular Member

요 약

가정용 가스레인지를 사용함에 있어 사용자 및 설치자의 부주의 등으로 재산 피해 및 인명 사고가 빈번히 발생하고 있기 때문에 본 논문에서는 기존의 전화망과 전력선 모뎀을 이용하여 외부에서 가정내의 LPG 가스레인지의 밸브를 제어 및 상태를 확인하는 시스템을 개발하였다. 본 시스템의 구성은 외부에서 가정까지의 연결을 위한 전화 인터페이스와 전력선을 매체로 한 가정내의 통신 시스템 및 가스밸브 차단 및 알람 장치로 이루어 졌다.

ABSTRACT

In this paper a new remote control system for operating indoor gas(LPG) range safely based on PLM(Power Line Modem) and telephone is developed because it would make disasters of properties and lives by user's carelessness or worker's bad installation, etc. The system includes the following elements: a telephone line interface system for user to call from the outdoors to the indoors, a communication system using the power line as a communication media, a system of cutting off gas and a alarm system.

I. 서론

전력선은 전 세계적으로 가장 일반적으로 분포된 통신 매체이다. 전력은 50Hz, 60Hz의 주파수로 공급되고 있으므로 더 높은 주파수를 이용하여 데이터를 교환할 수 있다. 이런 개념은 두 가지 일반적인 통신 시스템으로 이용된다.^[1]

· 공공 사업 업체(Utility Companies)와 수용가(Power Consumers) 사이에서 데이터 교환을 위한 전력선 통신. 이것은 원격 감시 그리고 확실한 검침을 통한 전력 분포 제어에 유용하다.

· 동일한 영역 내에서 전기 기기간의 데이터 교환을 위한 가정 자동화 통신.

가정 자동화 통신을 위한 ST社의 ST7537HS1은 EN50065-1 에 제시된 CENELEC 'Access Protocol'에 호환된다. 또한 Philips社의 ASK방식의 TDA5051AT가 있으며, NS社의 LM1893/2893은 오래된 FSK방식으로서 EN50065 이전에 나왔지만 표준장치들에 대해 호환된다.^[3] 사용된 모뎀 칩은 전력선에서 분포하는 노이즈의 스펙트럼^{[4][5]}을 피하는 전송 주파수를 사용하는 것이 특징이다.

본 논문에서는 가정의 기기를 원격에서 전화 및 전력선을 이용하여 제어하는 시스템을 구성하고 실험하였으며, 또한 전력선 통신에서는 데이터 전송을 위해서 DS-SS(Direct Sequence Spread Spectrum)방식을 이용하였다.

* 강원대학교 전기공학과

논문번호: 020136-0322, 접수일자: 2002년 3월 22일

※ 본 연구는 강원대학교 BK21사업단의 지원으로 수행되었습니다.

II. 시스템의 구성

구현된 전체 시스템은 그림 1과 같이 전력선 모뎀, 전화기 인터페이스, 가스밸브 제어 부분으로 구분된다. 본 장에서는 이들 세 부분에 대하여 기본 동작 및 응용시 주의해야할 사항들을 다룬다.

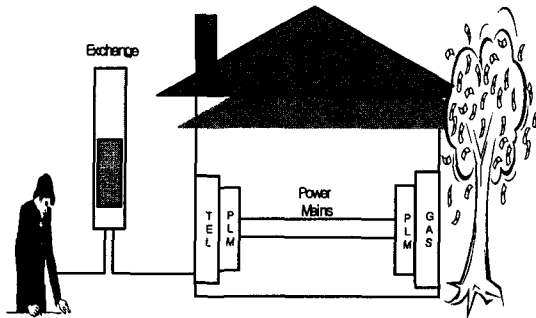


그림 1. 전체 시스템의 구성도

1. ST7537HS1

그림 2는 전력선과 커블링 부분, 마이크로 컨트롤러 그리고 라인 드라이버(전력 증폭기 또는 전류 증폭기)와 동작하는 ST7537HS1의 응용 회로를 보여준다. 본 논문에서 사용된 전력선 모뎀 칩 ST7537HS1의 특징은 다음과 같다.^[2]

- 2400bps의 반이중 FSK 변조방식
- 외부 크리스탈 발진에 동기된 캐리어 신호 발생
- 프로그래밍 가능한(On/Off) Carrier Detect의 RxD에 대한 클램핑

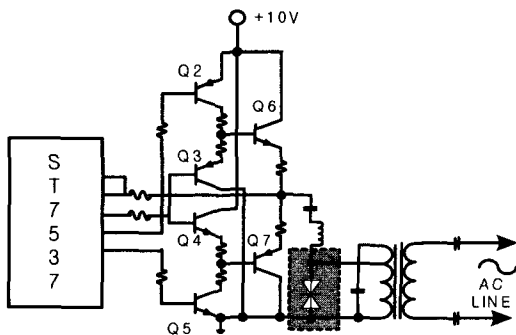


그림 2. Board Schematic

1) Transmit Section

기본 전송 주파수는 논리 레벨 '0'에 대해서는 133.05kHz이며 논리 레벨 '1'에 대해서는 131.85kHz이다. 이때 주파수는 11.0592MHz의 크

리스탈 발진기에 동기되므로 주파수의 정확성은 크리스탈의 정확성에 의지한다. 'Demodulation Time' 동안 전송되는 데이터는 유효하지 않은 데이터이다. 그래서 데이터를 전송하기 전에 RX/TX pin을 최소한 4ms동안 로우 레벨(전송모드)로 만들어 놓아야 한다. 이것을 다음에서 확인할 수 있다. 그림 3에서 초기의 4ms동안 전송된 데이터는 그림 4에서와 같이 캐리어가 존재하지만 /CD입력이 하이 상태를 유지하는 것처럼 유효한 데이터로 처리하지 않는다.

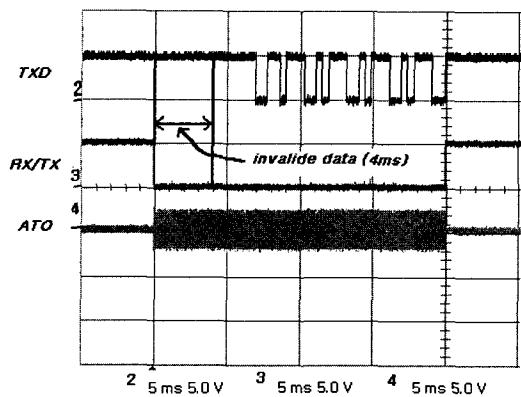


그림 3. TxD, RX/TX and ATO Output Signal

2) Receive Section

RAI 입력이 V_{CD} (일반적으로 $5mV_{RMS}$)보다 큰 신호가 T_{CD} (일반적으로 4ms)동안 들어오면 /CD 핀은 로우상태로 된다. T_{CD} 는 복조 훈련시간이다.

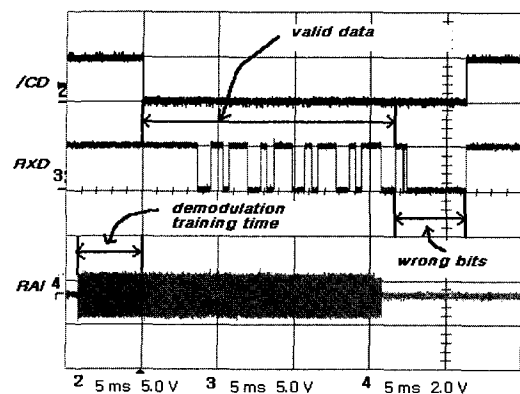


그림 4. RxD, /CD and RAI Signal(Clamped Case)

그림 5는 주파수에 따라 송신 모뎀에서 전송한 신호를 수신모뎀으로 정확히 받아들일 수 있는(복조해 낼 수 있는) 최소 수신 신호의 크기를 나타낸다. 130kHz 근처에서 가장 민감한 것을 알 수 있다.

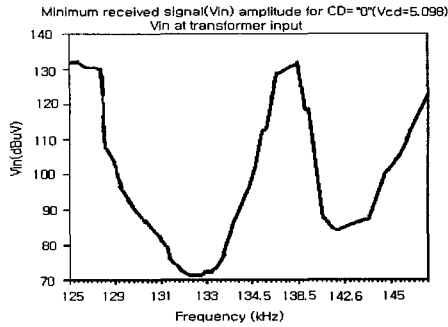


그림 5. RAI Input Minimum Detection Level

그림 6은 RxD에 대한 /CD의 클램핑이 TxD핀을 이용하여 제거가 가능함을 보여준다. 만약 클램핑이 제거되면(TxD핀을 로우 상태로 놓음으로써) 400uV 까지 에러 없이 수신할 수 있다. 이러한 매우 민감한 모드로 동작시킬 경우 개발자는 충분히 긴 헤더를 사용해야한다

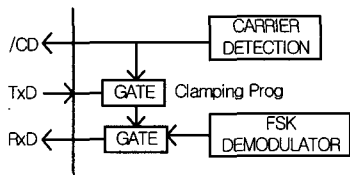


그림 6. Clamping of /CD on RxD

2. Telephone Line Interface

사용자는 전화를 이용하여 가스 밸브의 상태를 확인할 수 있으며 음성 출력을 통해 명령을 쉽게 내릴 수 있도록 하였다. 그리고 보안의 이유로 비밀번호를 요청하게 된다.

1) Telephone Operating Parameters

전화기 동작의 지표는 표 1과 같다.

표 1. Telephone Operating Parameter

| Parameter | Typical U.S. values | Limits |
|-----------|------------------------------|---------------------------|
| C.B.V. | -48V _{DC} (on-hook) | -4 to -105V _{DC} |
| C.B.V. | -6V _{DC} (off-hook) | |
| O.C. | 20 to 80mA | 20 to 120mA |
| R.T. | 300Ω | 100 to 400Ω |
| S.L.R. | 0 to 1,300Ω | 0 to 3,600Ω |
| L.L. | 8dB | 17dB |
| D. | -50dB total | not applicable |
| R.F. | 20pps | 16 to 60pps |

- 파라미터의 의미:

- C.B.V. - Common Batter Voltage
- O.C. - Operating Current
- R.T. - Resistance of Telephone set
- S.L.R. - Subscriber Loop Resistance
- L.L. - Loop Loss
- D. - Distortion
- R.F. - Ringing Frequency
- R.V. - Ringing Voltage

2) DTMF Decoder

사용자는 전화를 이용한 DTMF 신호로 명령을 전송한다. 이 부호는 DTMF 수신기(S5T3170)를 통하여 복호된다. 이 복호기는 단일 입력모드와 차동 입력모드로 동작할 수 있으며 차동 입력모드의 경우 입력 임피던스를 주변의 저항과 콘덴서로 가변할 수 있다.

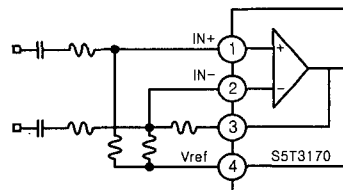


그림 7. Differential Ended Input Configuration

3) Speech Playback

ISD2532(ISD社)는 음성 녹음 및 출력 IC이다. SP+,SP-출력은 푸시-풀 방식이어서 그중 한 편이라도 그라운드에 연결되면 칩은 손상된다. 이를 피하기 위해 본 논문에서는 그림 7, 그림 8과 같이 차동 입력 모드를 이용하였다. 또한 이 두 핀은 그림 8과 같이 DTMF 입력단과 병렬로 연결되고 저항 R1과 R2를 연결하여 DTMF 신호의 감쇠를 줄였다.

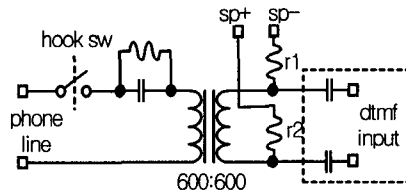


그림 8. Telephone Line Interface

3. Gas Valve Control

그림 9와 같이 관형(管形) 코일(Solenoid) 밸브를 가스 호스에 이미 설치된 휴즈 록 밸브와 직렬로 연결한다. 관형 코일 밸브는 스위칭 순간에 어떤 전

기적 스파크를 발생시켜서도 안 된다. 시스템은 특정한 사건이 발생하면 두 밸브의 상태를 받아들여 부저(Buzzer)를 울리거나 관형 코일 밸브를 닫는다. 관형 코일 밸브의 상태(On or Off)는 Current Transformer를 통하여 확인된다.

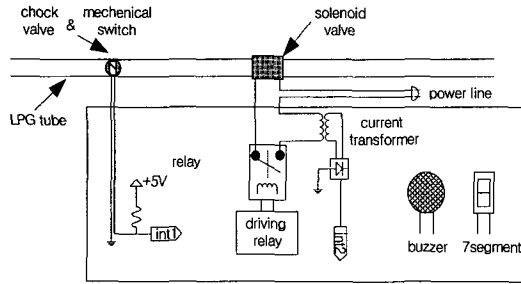


그림 9. Block Diagram of Gas Valve Control Sys.

III. PN Sequence 할당과 데이터 구조

한 가정에 두 개 이상의 모델이 설치되며 또한 이웃에는 더 많은 모델이 설치될 수 있다. 이러한 이유로(충돌) 각각의 모델을 구분하기 위해 부가적인 모델의 주소 할당 대신에 PN Sequence를 이용하였다. 그림 10은 아파트에서 PN Sequence를 할당하는 예를 나타낸 것이다. 이런 방법으로 PN Sequence를 충분히 더 늘림으로써 충돌을 피할 수 있다. 더욱이 Spread Spectrum 기술은 전송보안, 대역폭 절약, 그리고 노이즈와 간섭원천에 대한 면역이 생기는 장점이 있다.^[3]

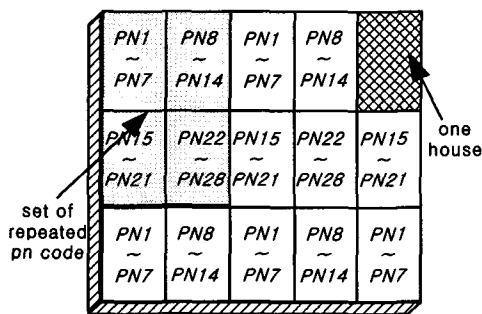


그림 10. Assignment PN Sequence in Apartment

본 논문에서는 그림 11과 같이 데이터 프레임의 의사랜덤 확산 수열에 의해 곱해져서 전송되는 DS-SS(Direct Sequence Spread Spectrum) 통신방식을 이용하였다.

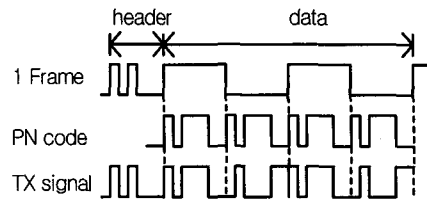


그림 11. Flow Diagram of Digital Data

IV. 전력선 통신에 관한 실험 결과

실험은 아파트 그리고 단독주택에서 행해졌다. 오후 3시경부터 6시경까지 모든 가전기기를 켜 놓은 상태에서 단독주택과 아파트에서의 실험결과를 그림 14에 나타나 내었다. 사용된 PN Sequence는 7 칩(Chips) 그리고 15 칩(Chips)이고 데이터는 4비트이다. 하나의 칩(Chip)을 8회 샘플링(Sampling)하여 평가하였으며 에러의 발생 수는 4비트의 정보 데이터를 완전하게 수신하지 못한 경우의 수이다. 그림 12는 데이터 비트에 PN Sequence [1 0 1 1 1 0 0]를 곱하여 전송된 신호를 수신단에서 받은 경우로 3가지의 경우를 나타내었다. 2 칩의 에러부터는 무조건 데이터 '0'으로 처리하였다. 동기는 AC 220V 전원의 영 전위 검출(Zero Crossing Detection)을 이용하였으며 따라서 그림 11의 헤더 부분은 사용하지 않았다.

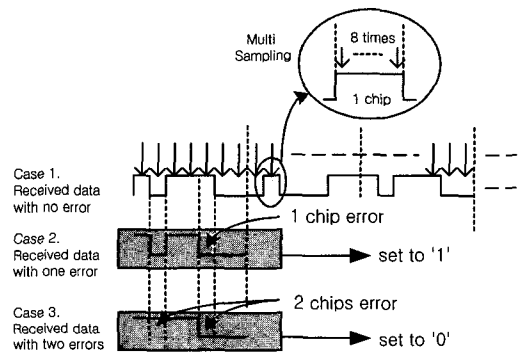


그림 12. 수신 데이터 처리 예

그림 13에 단독 주택과 아파트에서의 PN Sequence의 길이에 따른 에러의 수를 나타내었다. 단독 주택과 아파트에서 모두 PN Sequence가 7 칩에서 15 칩으로 증가함에 따라 에러의 수가 반 이상이 줄어든 것을 볼 수 있다. 대부분의 에러는 가정용 전기기기의 발생 잡음이 원인이며 특히, 인버터 등의 스위칭에 의한 충격성 잡음(Impulsive

Noise)에 의한 것이다.

실험을 위하여 램프 등의 점등을 통하여 부가적인 충격성 잡음을 고의로 발생시켰다. 단독 주택보다 아파트에서의 에러의 수가 적게 나타나는 것은 아파트는 전용 전기 제어실이 있어 비교적 안정된 AC 220V 전원이 공급되며 사용자가 임의로 배선을 변경하기 힘들어 망의 확장이 단독 주택보다 적기 때문이다.

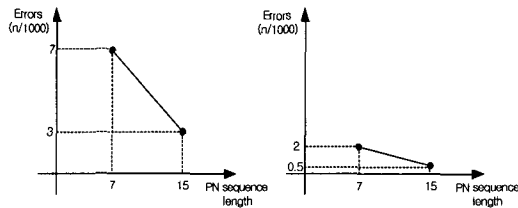


그림 13. 단독 주택(左)과 아파트(右)에서의 에러의 수 비교

V. 결론

여러 가지 장점을 지니고 있는 저속 전력선 통신 기술 이용하여 가정내의 기기 제어 등의 응용이 가능하였다. 전화기 인터페이스와 가스 제어 장치를 전력선 통신과 결합하여 외부에서의 제어가 가능하며 비밀번호를 이용하여 보안성을 가질 수 있다. 또한 전력선 통신에서의 데이터 전송 방식에 DS-SS를 활용함으로써 상호 모델을 구분할 수 있으며 에러 정정이 가능하고 수신되는 데이터에 대한 평가 기준을 설정하기 쉬운 장점이 있었다.

아파트 및 단독주택에서는 주로 충격성 잡음(램프 등의 점등에 의한)에 의해 영향을 받았다. 이러한 충격성 잡음에 의한 에러는 PN Sequence의 길이를 충분히 길게 함으로써 줄일 수 있다.

결국 신뢰성 있는 전력선 통신을 위해서는 가변적인 전력선의 임피던스에 대한 적응형 라인 커플러 설계도 고려되어야 하지만 임펄스 노이즈를 고려한 데이터 전송 및 코딩으로써 충분히 신뢰성을 높일 수 있다.

참고 문헌

[1] R.Cappelletti, A. Baschiroto, "A versatile low-power Power Line FSK Transceiver," IEEE 2000 Custom Integrated Circuits Conference, 2000.

[2] SGS-Thomson, "ST7537HS1 Home Automation Modem Data Sheet, June 1995.

[3] John E. Newbury, Kerry J. Morris, "Power Line Carrier System for Industrial Control Applications," IEEE transaction on power delivery, Vol. 14, October 1999.

[4] J. B. O'Neal, Jr., "The Residential Power Circuit as a Communication Medium," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. CE-32, No. 3, August 1986.

[5] M. Chan, R. Donaldson, "Amplitude, Width and Interarrival Distribution for Noise Impulse on Intrabuilding Power Line Communication Networks," IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 31, No. 3, August 1989.

본 연구는 강원대학교 BK21사업단의 지원으로 수행되었습니다.

최 승 지(Seung-Ji Choi)

준회원



2000년 2월 : 강원대학교
전기공학과 학사 졸업
2000년 3월 ~ 현재 : 강원대학교
전기공학과 석사 과정
<주관심 분야> 전력선 통신 모델

박 종 연(Chong-Yeun Park)

정회원



1973년 2월 : 고려대학교
전자공학과 학사 졸업
1980년 2월 : 경북대학교
전자공학과 석사 졸업
1984년 2월 : 경북대학교
전자공학과 박사 졸업

1973년~1977년: 한국과학기술연구원 연구원
1977년~1984년: 울산 공대 부교수
1984년~현재: 강원대학교 전기전자공학부 교수
<주관심 분야> 시그마-델타 변조, TDM/FDM 변조, 전자식 안정기(형광램프/HID램프), 전력선 통신 모델