

자동화를 위한 DS/SS 방식의 전력선 모뎀 구현

*박 준 용, 최 원 호, 노 경 호, 박 중 연
강원대학교 전기전자정보통신공학과
전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 011-9219-1386

Implementation of PLC modem using DS/SS for Automation

Jun-Yong Park, Won-Ho Choi, Kyung-Ho No, Chong-Yeun Park
Dept. Electrical and computer engineering, Kangwon National University
E-mail :prince1386@hotmail.com

Abstract

This paper studied the method to improve the reliability with the simple structure and the decreased calculation of Micro-Controller(uC) in Power Line Modem. We have implemented the program which corrects the 1-bit error of the μ C within the control system and the DS/SS(Direct sequence/Spread spectrum) by adding the simple circuit between a single chip powerline transceiver IC and a uC.

른 외부메모리를 사용해야 함으로 구조가 복잡해지거나 가격이 상승할 수 있다.

본 논문은 BA(Building Automation) 와 HA(Home Automation)를 위해 FSK 전력선모뎀과 단일칩 uC를 사용하여 간단한 구조에 가격이 저렴하고, 신뢰성의 향상을 위하여 데이터를 코딩하고, uC의 연산량을 줄이기 위해 외부에 PNcode 발생부를 설계하여 노이즈에 대한 Error를 극복하고자 하였다.

I. 서론

전력선을 이용한 통신방법은 채널의 잡음, 비선형 시변 임피던스, 신호감쇠 등의 문제들로 인하여 다른 통신매체들에 비해 데이터 전송의 신뢰성이 떨어지는 것이 사실이다. 그러나 전력선 통신은 전용선의 재가설이 필요 없고 설치가 용이함으로 경제성에 있어서 강력한 장점이 있다는 것 또한 사실이다.[1]

이 때문에 데이터의 신뢰도를 향상시키기 위해 데이터의 코딩, DS/SS를 이용한 캐리어의 확산, 인터리빙 같은 기술이 사용되고 있다.[2][3][4] 그러나, 이들 기술들은 데이터에 부가적인 코드프레임들이 더해지기 때문에 연산량이 과도해지며, 그에 따른 uC의 연산량이 증가한다. 따라서 속도가 빠른 uC를 사용하는 것은 물

II. Power Line Modem

2.1 Modem 의 구조

설계한 모뎀의 구성은 <그림1> 과 같이 μ C부와 모뎀 IC, Line Coupler, PNcode Generation부로 이루어져 있다. 사용된 Transceiver IC는 SGS-Thomson의 ST 7538이다. FSK, Half-duplex 통신방식을 사용하며 CE NELEC의 EN50065-1 규격에 맞추어져 있다. [5]

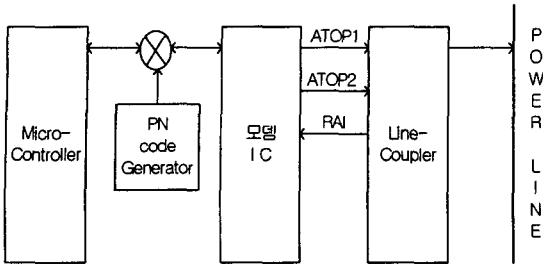


그림1 구성된 모뎀의 블록도

<그림1>에 나타나있는 단일칩 모뎀IC의 단자(ATOP1, ATOP2)에서 출력되는 FSK 변조신호를 측정 한 것으로 <그림2>의 윗부분 파형이다. 서로 180° 위상차가나는 두 신호는 Line Coupler를 통과하면서 진폭이 두 배가 되는 출력특징을 가지고 있다.

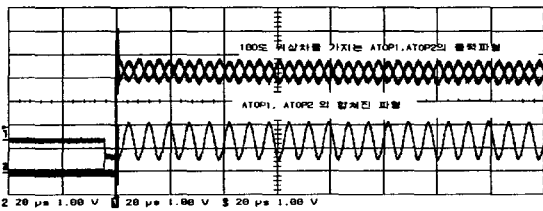


그림2 트랜시버 IC에서의 출력 FSK 신호

2.2 Line Coupler

Modem IC는 60, 66, 72, 76, 82.05, 86, 110, 132.5kHz의 8개의 Carrier 주파수를 가지고 있으므로, 대역을 통과하는 High Pass Filter를 설계하였으며, 수신 시에는 전력선의 잡음을 막기 위해 광대역 BPF의 특성을 가지도록 설계하였다.

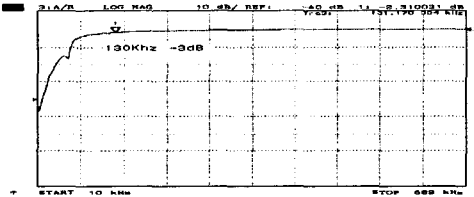


그림3 송신 Filter의 주파수특성

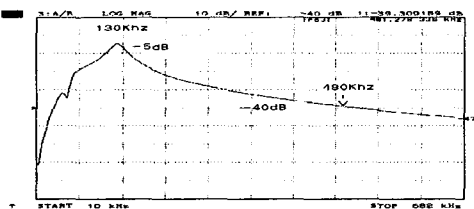


그림4 수신 Filter의 주파수특성

2.3 PN(Pseudo-random Noise) Code Generator

채널의 노이즈 대책에 대한 논문들을 보면 Error를 줄이기 위해 PNcode를 삽입하여 신호를 분산 시키거나, 인터리빙을 통해 연접에러를 줄이고, 각종 코딩으로 에러를 보정하려는 사례가 많이 있다. [6][2]

그러나, 이런 과정에서 PNcode의 chip 개수가 늘어나고, 각종코딩의 복호를 위한 연산량이 늘어나기 때문에 단일 uC로 저속통신하는 모뎀에서는 이와 같은 노이즈에 대한 에러보정 구현이 어렵다.

본 논문은 <그림5>과 같은 PNcode 발생부분을 외부에 구현함으로써 송신 시 Data에 PNcode를 삽입하고 수신 시 동기추적 및 유지를 단일 uC로 수월하게 동작시킬 수 있도록 설계하였으며, 회로의 동작은 uC의 프로그램과 연동하여 설명해야 함으로 다음 절에서 다루도록 하겠다.

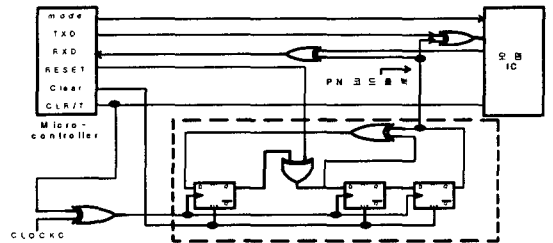


그림5 PN 발생기 회로구성

2.4 순서도

uC는 Transceiver IC를 초기화하기 위해 <그림6>(a)와 같은 동작을 하게 된다.

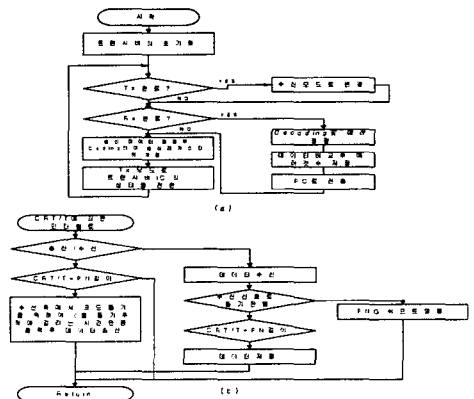


그림6 모뎀에 사용된 프로그램 순서도

송신은 μC 가 Transceiver IC Mode Pin의 레벨을 high로 만들면 IC는 CLR/T Pin에서 클럭이 발생하며, 이 CLR/T의 상승에지에서 동기가 맞게 되어 Tx-pin으로 데이터를 출력하게 된다. 송신 시 CLR/T와 전송신호는 <그림7>과 같다. (1)번 파형은 전송데이터 파형이고, (2)번 파형은 PN코드와 전송데이터가 곱해진 파형이며 (3)번 파형은 CLR/T이다. <그림5>의 회로를 이용하여 PN발생기의 클럭을 CLR/T로 사용하고, μC 에서는 CLR/T를 PNcode의 Chip 개수만큼 Counting 하여 PN-code의 한주기마다 Data의 한 비트를 곱해서 출력할 수 있도록 하였다. 또한, 수신단에서의 동기추적을 위한 코드워드 동작을 위하여 송신 시 '0' 데이터를 13번 반복하도록 전송하였으며 프로그램 순서도는 <그림6> (b)와 같다.

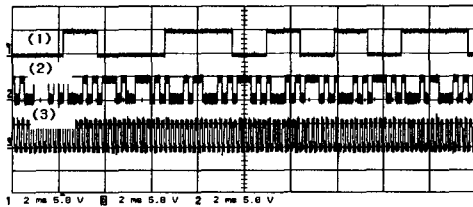


그림7 CLR/T에 의한 Data 전송

PNcode가 삽입된 데이터를 수신단에서 복조하기 위해서는 수신한 PNcode와 같은 주기를 가지는 code로 곱해 주어야 한다. PNcode로부터 데이터를 얻기 위해서 μC 는 CLR/T를 Counting 하였으며, 수신단에서 발생시킨 PNcode와 전송받은 PNcode를 곱하여 나온 값 중 '1'의 개수가 2개 이상이면 동기가 맞지 않았다고 간주하여 CLR/T를 한번 쉬게 하는 방법으로 수신단 PN발생기를 Shift 하여 동기를 간단히 맞출 수 있다. 동기가 맞으면 더 이상 Shift를 하지 않고 수신단에서 발생시킨 code와 수신된 PNcode를 계속 곱하여 Data를 복호하였다. <그림8>에 수신시 파형을 나타내었다.

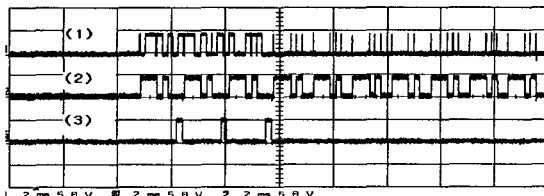


그림 8 모뎀의 수신시 파형

<그림8>의 (1)번파형은 수신신호와 PN코드가 곱해진 결과이며 (2)번파형은 수신단의 PN코드이다. (3)번 파형은 동기불일치를 판단한 μC 가 PN발생기로 쉬프트 명령을 3번 수행한 것이다. (1)번파형에 동기추적이 끝

난 후 조금씩 나오는 파형은 PN발생기의 딜레이로 인한 파형이며 신호인식에는 영향을 주지 않을 만큼 매우 짧다.

III. 실험 및 측정

3.1 실험방법

실험장소는 학교의 실험실과 일반가정(아파트)이며, <그림9>에서와 같이 ($\phi 1.6mm$) 굵기의 전선을 이용하여 각 콘센트까지의 거리가 일정한 실험모듈을 제작하였다. 거리에 따른 각종 부하의 노이즈의 분포를 측정하였고, 같은 조건하에서 PNcode나 해밍코딩 적용 시와 비적용시의 BER(Bit Error Rate)을 측정하여 Error가 얼마나 감소하는지 관찰하였다.

<3.2>절은 모듈에 컴퓨터들과 계측장비, Power Supply 등을 연결하여 측정한 결과에 대한 실험이며, <3.3>절은 가정에서의 각종 전자제품들이 연결되어있는 상황에서 측정한 결과를 논의하였다.

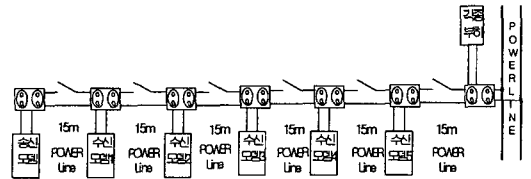


그림9 모듈의 구성도

3.2 실험실에서의 Bit Error Rate 측정

제작한 모듈을 노이즈가 거의 없는 새벽시간에 부하를 제거하고 150m 거리까지의 Error는 '0'이었으며, 같은 조건하에서 모듈에 PC 3대, Network Analyzer, Spectrum Analyzer, Regulated DC Power Supply(250V/32A), CFL(Compact Fluorescent Lamp)를 연결하여 그때의 노이즈 분포를 측정한 것이 <그림10>에 나타나 있다.

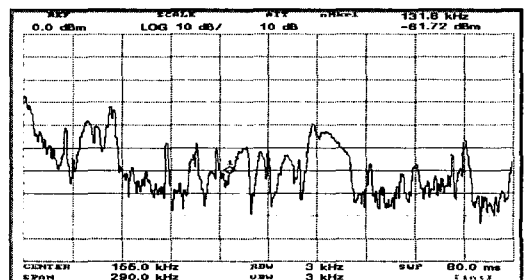


그림10 채널의 노이즈 분포

수신모뎀을 15m 간격으로 이격시켜 해밍코딩한 데이터에 PNcode를 적용한 모뎀과 아무처리없이 데이터만 보낸 모뎀의 경우 BER을 측정하였으며, 결과는<표1>과 같다.

표1. 그림10 채널에서의 Bit Error Rate

노이즈대책	코딩, PNcode	없 음
송신BIT	10000	10000
ERROR(75m)	0%	185
ERROR(90m)	0%	503
BER(90m)	0%	5%

3.2 가정(아파트)에서의 Bit Error Rate 측정

가정에서는 각 콘센트에서의 노이즈분포와 콘센트와 콘센트간의 거리를 알기 어려움으로 PNcode와 해밍코딩을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 BER 차이를 측정하기 위하여 거실을 기준으로 안방, 작은방1, 작은방2, 주방에서의 BER을 측정하였다.

<표2>의 결과에서 안방의 경우 급격한 임펄스성 노이즈가 반복해서 들어오고 있어 많은 Error를 보였다.

표2. 그림10 채널에서의 Bit Error Rate

노이즈대책	코딩, PNcode		없 음	
	10000	BER	10000	BER
안방	537	5.3%	통신불가	100%
작은방1	0	0%	0	0%
작은방2	48	0.48%	863	8.6%
주방	7	0.07%	56	0.56%

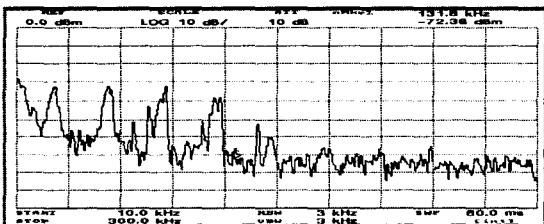


그림11 거실에서의 잡음 분포

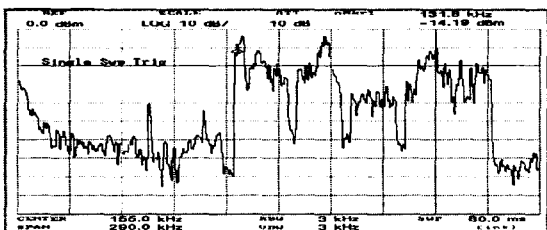


그림12 안방에서의 잡음 분포

거실의 콘센트에서의 노이즈분포는 <그림11>과 같으며, 안방에서의 노이즈 분포는 <그림12>와 같고 거실과는 완전히 다른 잡음 분포를 확인할 수 있다.

IV. 결론

전력선채널에는 각종부하들로부터 많은 노이즈가 발생하고 있고 특히 가정에서 사용하고 있는 전자제품에서 많은 노이즈가 나오고 있으며, 아파트와 같은 경우 부하를 제거 함에도 불구하고 많은 노이즈를 관찰할 수 있다. 본 논문은 간단한 구조에 단일칩 uC로 구현 가능한 코딩으로 BER≤5% 의 결과를 얻었으며 가정에서의 악조건 하에서도 통신이 가능함을 확인하였다. 본 논문에서 설계한 PNcode의 Length는 7chip으로 실험하여 BER이 많이 줄어드는 것을 확인하였으며 Flip-Flop의 수를 2개 늘려 Length가 31인 PNcode를 적용해 볼 수 있다.

PNcode의 Length는 외부 PN발생기 Flip-Flop의 개수에 따라 $2^m - 1$ (m : flip-flop 개수) 으로 늘어남으로 Flip-Flop의 개수를 늘려 PNcode의 Length를 늘린다면 더 좋은 BER을 얻을 수 있을 것이다. 그러나 너무 긴 PNcode는 연산량이 많아지므로 통신속도가 떨어지기 때문에 적절한 Flip-Flop의 개수를 선정해야 할 것이다.

Reference

- [1] 최승지 외, "전력선 통신 채널의 잡음특성에 의한 저속 전력선모뎀의 성능에 관한 연구", 강원대학교 대학원, 석사학위논문 2003.2
- [2] 최태섭, "연립 에러 정정을 적용한 DS/SS 전력선통신 시스템 구현", 국민대학교 대학원, 석사학위논문, 1995, 12.
- [3] 이성배, "디지털 정합필터를 이용한 DS/SS 전력선 통신 시스템 구현에 관한 연구", 국민대학교 대학원, 석사학위논문, 1993, 12.
- [4] 송왕철, "전력선에서의 에러정정 코드에 의한 데이터 전송성능 및 채널 특성 분석", 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 1990.
- [5] SGS-Thomson, ST7538-Power Line FSK Transceiver, May, 2000.
- [6] 장목순, "직접 스펙트럼 확산방식을 이용한 전력선 모뎀의 설계 및 구현", 강원대학교 대학원, 박사학위논문, 1998, 2..

<사의> 본 연구는 강원대학교 BK21 사업의 일환으로 추진되었음