

# 통신 채널로써 전력선 시뮬레이터 개발

## Power Line Simulator Development for Communication Channel

박종연\*      정동열\*\*

Park, Chong-Yeun      Jung, Dong-Youl

### Abstract

We have developed a power line simulator which is one of the basic tools for the research of the power line communication and its control system. In the developed simulators, we have considered the transfer function of the power line, noises and signal attenuation characteristics.

Simulator was made using the matlab tool program. We made the power line modem using the FSK chip(ST7537) and experimentalized to show the efficiency grade of simulator.

We have expected that the developed simulators are very useful in the area for the power line communication research and the control system design.

키워드 : 전력선 통신, 시뮬레이터, 잡음, 전달함수

keywords : Power line communication, Simulator, Noise, Transfer function

### 1. 서론

현대사회에서 가정자동화 시스템은 매우 중요한 기술 중의 하나로 발전되어 왔고 놀라운 속도로 발전되고 있다[1 - 2]. 가정 자동화 시스템은 가정내에서 정보의 교환과 가정기기의 제어를 통해 시간과 사람의 수고를 덜어 주고 있다. 전력을 공급하기 위하여 설치하는 전력선을 정보의 전송로로도 이용할 경우 전송로에 중복 투자를 할 필요가 없고 설치 공사도 간단히 할 수 있기 때문에 기존 건물에 설치할 경우 뿐만 아니라 신축 건물에 설치시에도 여러 가지 장점이 많다.[3 - 4]

이러한 전력선을 통신 채널로 활용할 경우 잡음 때문에 발생하는[5 - 7] 통신 장애요인을 분석하여 실제의 전력선과 동일한 시뮬레이터(simulator)를 개발하는 것은 전력선 통신 시스템 개발을 효과적으로 하는데 필수 불가결한 절차이다.[8 - 9]

지금까지는 전력선을 통신채널로 이용하기위해 전력선의 특성을 측정하고 시뮬레이션을 통한 연구가 진행되어 왔고 수학적 접근을 통해 계산한 연구도 있지만 대부분의 결과 전력선을 모델링한 정도에만 그치

고 있다.[10 - 11]

본 논문에서는 규정된 주파수 대역에서 어느 특정한 주파수를 설정, 그 주파수로 통신하였을 경우, 그 신호의 감쇠와 신호의 평균전력 및 노이즈의 평균전력을 이용 전력선 채널의 채널용량 그리고, ASK, FSK, PSK로 통신을 할 경우 생기는 오차(Error)를 구현하도록 시뮬레이터(simulator)를 구성하였다. 신호의 평균 전력 및 노이즈의 평균전력은 일반가정의 전력선을 대상으로 측정, 계산하였다. 또한 전력선에 연결된 부하(load)의 종류와 개수에 따라서 전력선의 특성을 시뮬레이터(simulator)로 구현하였다.

### 2 전력선의 특성

#### 2.1 전력선의 특성

전력선은 각종 전기기기와 가전제품 및 사무기기로부터 발생하는 잡음들이 직접 유입되며, 또한 부하가 전력선에 연결되는 시간과 공간에 따라 전송 특성이 상당히 다른 특성을 가진다. 따라서 전력선의 잡음특성들을 조사하여 전송특성을 고려해야한다. 가정내 전력선에 존재하는 잡음은 주로 전력선에 연결되어 있는 기기가 발생한 잡음 전압에 의한 것이다. 가정에서

\* 강원대학교 전기공학과 교수

\*\* 강원대학교 대학원 전기공학과 석사과정

사용하는 기기에 대한 전력선 상의 잡음특성은 100kHz 이하에서는 평균 0.1uV의 잡음레벨을 갖고, 100kHz이상에서는 평균 10nV의 잡음레벨을 갖는 것으로 나타났으며, 이 대역에서 측정된 잡음은 비교적 낮은 레벨을 갖는 것으로 나타났다.

(2) 전력선 통신을 위한 주파수 대역

유럽에서는 전력선으로 통신 가능한 주파수 범위를 3kHz ~ 148.5kHz로 하고 그 범위를 5단계로 구별하여 사용할 수 있는 권한과 규정을 설정하였다.

우리나라에서는 이와 같은 규격은 없으나 미국이나 유럽의 규약을 바탕으로 법제화 될 전망이다. 본 논문에서 유럽과 미국의 규정을 근거로 하여 95kHz ~ 450kHz 영역을 통신 주파수 영역으로 사용하였다. 유럽과 미국의 규정에 의하면 이 주파수 영역에서는 소비자가 임의로 사용 가능한 주파수 범위로서 다중 통신이 가능하며, 전력선을 이용한 통신중 비교적 노이즈가 약하고 신호의 감쇠도 적은 주파수 영역이다.

2.2 전력선 특성을 위한 측정

(1) 전달함수의 측정

전달함수의 측정은 그림1과 같이 HPF로 연결하여 Network Analyzer로 하였고, 부하의 변동을 고려하기 위하여 여러 가정기기별로 전달함수를 측정하였다. 부하의 종류는 TV, 냉장고, 진공청소기, 비디오, 전자레인지이고, 전력선에 각 부하가 연결 되어 있을 때 전달함수를 측정하였다. 또한 통신하는 시간 및 장소에 따라서 전달함수가 변하기 때문에 장소에 따라 측정을 하였다. 그림2는 전력선의 전달함수로서 Network Analyzer로 측정된 결과 중 위에 설정한 부하 모두를 연결 하였을 때의 것을 나타내고 있다.

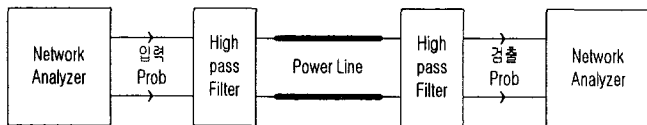


그림 3 전달함수 측정 개략도

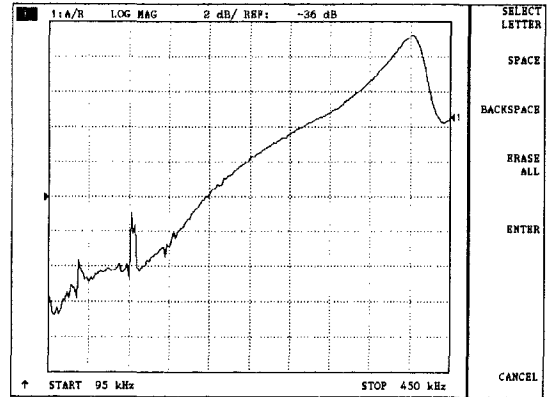


그림 4 전달함수 측정 결과

(2) 잡음의 측정

잡음의 측정은 Oscilloscope로 하였는데 전달함수의 측정과 마찬가지로 가정기기별로 잡음을 측정하였고 측정방법은 그림3과 같다.



그림3 측정방법의 개략도

3 Simulator의 구성

3.1 simulator의 제작 절차

이 simulator를 제작하기 위해서 그림4와 같은 제작 절차를 거치게 된다. 전력선의 전달함수와 잡음을 측정할 장소를 선택하고, 그 장소에서 설치할 수 있는 부하들을 설정한 다음 전달함수와 잡음을 측정하게 된다. 측정장소로는 아파트, 공장, 실험실, 사무실 등이 있을 수 있는데 본 논문에서는 아파트를 선정하여 한 가정내에 설치되어 있는 옥내배선으로 통신 방식을 채택하였다. 전달함수와 잡음은 TV, 오디오, 냉장고, 에어컨디셔너, 전자레인지 등의 가정기기를 부하로 설정하여 가정기기 대부분이 전력선에 연결되어 있을 때와 그렇지 않을 때로 구분하여 측정하였다.

측정된 전달함수와 잡음은 데이터로서 컴퓨터에 저장되고 전력선 시뮬레이터의 제작을 위한 입력으로 활용하게 된다.

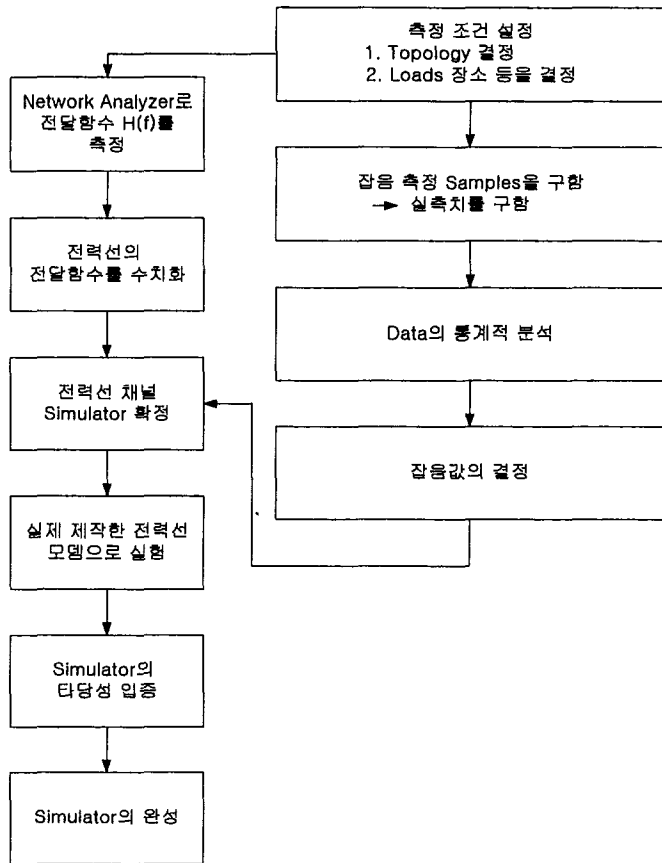


그림 6 시뮬레이터의 제작 절차

### 3.2 simulator의 구조

이 simulator의 목적을 수행하는 방법 즉, 통신가능 여부를 판별하는 방법이 있어야 하는데 이것은 simulator의 구조를 파악함으로써 쉽게 이해 될 수 있다. simulator의 구조는 그림5에서 나타내었다.

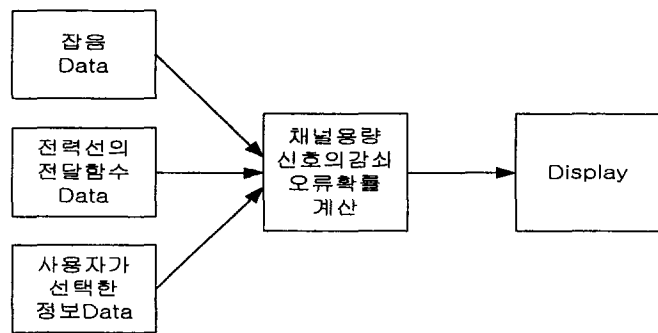


그림 7 simulator의 구조

이 simulator는 사용자가 정보 data를 입력하면 입력 data에 맞는 채널용량, 신호의 감쇠, 오류확률등을 Display하는 기능을 가지고 있다.

### 3.3 데이터의 측정

data는 ascii 코드로 저장이 되며 컴퓨터에 이를 활용할 시 이 data의 확장자명은 txt로 되어있어 워드프로세서로도 쉽게 data를 획득할 수 있다. 또한 matlab에서는 이 data를 바로 프로그램에 첨가 시킬수 있도록 되어있어 더욱 편리하게 이용할 수 있다.

Network Analyzer로 얻은 data를 그림6에서 나타내었다. 그림6은 그림2에서 나타난 전달함수 측정결과의 y축값 즉 전달함수 값(dB)을 보여주고 있다. 이 data는 주파수 1.8kHz마다 샘플된 것으로 95kHz에서 450kHz사이에서 약 200개 정도로 획득되어진다. 다음은 Oscilloscope로 측정된 잡음의 경우인데 Oscilloscope는 한 번 sample할 때 얻는 data의 개수는 50011개 정도이지만, 본 연구에서 필요한 data는 주파수 domain에서의 data이기 때문에 Oscilloscope로 얻은 data를 직접 사용하지 못하고 주파수에 대한 data로 다시 바꾸어야 한다.

```

3.984575E+01 -3.480741E+01 -3.973518E+01 -3.758030E+01
4.165634E+01 -3.801324E+01 -3.931977E+01 -3.933002E+01
3.917683E+01 -3.994315E+01 -3.863630E+01 -4.140942E+01
3.933306E+01 -4.062881E+01 -3.942527E+01 -3.922336E+01
4.015105E+01 -3.995283E+01 -3.952055E+01 -3.962600E+01
3.957920E+01 -3.948985E+01 -3.915255E+01 -3.921339E+01
3.898674E+01 -3.902758E+01 -3.893769E+01 -3.883198E+01
3.887379E+01 -3.879351E+01 -3.855609E+01 -3.835675E+01
3.848617E+01 -3.822046E+01 -3.849333E+01 -3.822393E+01
3.819423E+01 -3.784713E+01 -3.820826E+01 -3.781674E+01
3.792300E+01 -3.773173E+01 -3.774267E+01 -3.778199E+01
3.769069E+01 -3.753029E+01 -3.742440E+01 -3.710795E+01
3.772709E+01 -3.732408E+01 -3.751872E+01 -3.733688E+01
.....
  
```

그림 8 전달함수의 data

## 4 Simulator의 형태

입력 data로 data 전송률, 부하 종류, ASK 통신 [신호의 크기( $S_{amp1}$ ), 주파수( $S_{freq1}$ )], FSK 통신 [신호의 크기( $S_{amp2}$ ), 주파수( $S_{freq2}$ ,  $S_{freq3}$ )], PSK 통신 [신호의 크기( $S_{amp3}$ ), 주파수( $S_{freq4}$ ), 위상각( $S_{\theta}$ )]으로 설정하였다. 이 들 입력 data를 변수로 인식하고 신호의 감쇠, 채널용량, 오류확률등에 대한 유도결과를 이용하여 결과치로 나타내었다.

### 4.1 신호의 감쇠

신호의 감쇠는 통신하고자 하는 신호의 크기와 주파수가 변수로 정해진다. 그리고 이미 측정되어진 전력선의 전달함수를 이용하여 신호의 감쇠를 구할 수 있다. 여기서 얻어진 감쇠된 신호의 크기가 의미하는 것

은 특정 주파수와 특정 크기의 신호는 전력선을 통과하면 전력선의 전달함수에 의해서 변한다는 것이다.

신호의 크기, 주파수(사용자가 선택)로 통신 가능 여부의 판별을 표시하도록 simulator에 반영되었다.

### 4.2 채널용량

채널용량은 샤논의 채널용량이론을 도입하여 전개하였다. 샤논의 채널용량이론에 따르면 채널용량을 다음 수식과 같다.

$$C = W \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

C : 채널용량  
W : bandwidth  
S : 신호의 평균전력  
N : 잡음의 평균전력

S는 수신된 신호의 평균전력이므로 다음과 같이 표현할 수 있다. s(t)는 전송신호이고 h(t)는 전력선의 임펄스응답이다.

$$S = \overline{R(t)^2}$$

$$R(t) = s(t) * h(t)$$

$$\overline{R(t)^2} = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |s(t) * h(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} S_s(f) |H(f)|^2 df$$

전송신호의 일반적인 형태는  $s(t) = A \cos 2\pi f_0 t$ 이므로 수신된 신호의 평균전력은

$$\overline{R(t)^2} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \left( \frac{A}{2} \right)^2 \delta(f - f_0) + \left( \frac{A}{2} \right)^2 \delta(f + f_0) \right] |H(f)|^2 df = \left( \frac{A^2}{2} \right) |H(f_0)|^2 \quad (1)$$

이 된다.

채널용량은 어떤 방법의 통신을 하고 있는가에 따라서도 그 값이 달라진다. ASK, PSK, FSK 통신시 채널용량  $C_{ASK}$ ,  $C_{PSK}$ ,  $C_{FSK}$ 는 다음과 같다.

$$C_{ASK} = 2R_b \log_2 \left( 1 + \frac{A^2 |H(f_0)|^2}{8N_0 R_b} \right) \quad \dots \quad (2)$$

$$C_{PSK} = 2R_b \log_2 \left( 1 + \frac{A^2 |H(f_0)|^2}{4N_0 R_b} \right) \quad \dots \quad (3)$$

$$C_{FSK} = (2R_b + \Delta f) \log_2 \left( 1 + \frac{A^2 (|H(f_0)|^2 + |H(f_1)|^2)}{4N_0 (2R_b + \Delta f)} \right) \quad \dots \quad (4)$$

채널용량은 신호의 크기와 주파수에 대해서 일반적인 형태를 그래프화 한 것과 SNR에 대해 일반적인 형태를 그래프화 한 것 두 형태로 나타내었다. 특히 SNR로 표현한 그래프에는 입력 data인 data 전송률,

### 4.3 오류확률

(1) ASK통신시 오류확률

ASK 동기 검파의 경우 오류확률  $PE_{ASK}$ 는 다음과 같은 수식으로 표현이 된다.

$$PE_{ASK} = \left( \frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{4N_0}} \quad \dots \quad (5)$$

본 연구에서 얻는 데이터는 비트당에너지( $E_b$ )가 아니라 수신평균전력의 크기이므로 오류확률의 형태는 다음과 같다.

$$PE_{ASK} = \left( \frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2 |H(f_0)|^2 T}{8N_0}} \quad \dots \quad (6)$$

T : 비트지속시간

$f_0$  : 통신 신호의 주파수

A : 통신 신호의 크기

(2) FSK 통신시 오류확률

FSK 동기검파의 경우  $f_1, f_2$ 를 통신신호의 주파수라고 할 때 오류확률은 다음과 같은 수식으로 표현이 된다.

$$PE_{FSK} = \left( \frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \sqrt{(1-\rho) \frac{E_b}{2N_0}} \quad \dots \quad (7)$$

$$\rho = \frac{\sin 2\pi(f_1 + f_2)T}{2\pi(f_1 + f_2)T} + \frac{\sin 2\pi(f_1 - f_2)T}{2\pi(f_1 - f_2)T}$$

데이터는 비트당에너지( $E_b$ )가 아니라 수신평균전력의 크기이므로 오류확률의 형태는 다음과 같다.

$$PE_{FSK} = \left( \frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \sqrt{(1-\rho) \left( \frac{A^2 (|H(f_0)|^2 + |H(f_1)|^2) T}{8N_0} \right)} \quad \dots \quad (8)$$

(3) PSK 통신시 오류확률

PSK 동기검파의 경우 변조지수를  $m_f$ 라고 하면 오류확률은 다음과 같은 수식으로 표현이 된다.

$$PE_{PSK} = \left( \frac{1}{2} \right) \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0} (1 - m_f)^2} \quad (m_f = \cos \Delta\theta) \quad \dots \quad (9)$$

ASK의 경우와 마찬가지로 본 논문에서 얻은 데이터는 비트당에너지( $E_b$ )가 아니라 수신평균전력의 크기이므로 오류확률의 형태는 다음과 같다.

$$PE_{PSK} = \left(\frac{1}{2}\right) \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{N_0} (1-m)^2} = \left(\frac{1}{2}\right) \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{A^2 |H(f_0)|^2 T}{2N_0} (1-m)^2}$$

(10)

오류확률에 대한 식(6), 식(8) 및 식(10)을 simulator에 반영하였다.

### 5. Simulator의 실행 예

실제 프로그램을 제작 후 simulation을 해본 결과 처음 matlab 창에서 프로그램을 실행시키면 그림7과 같은 새로운 버튼 창이 나타난다.

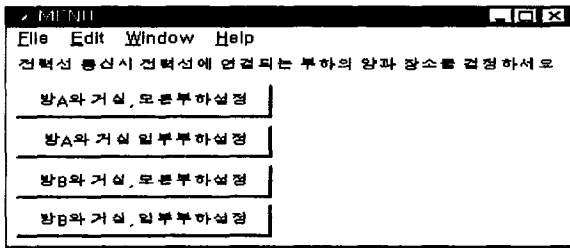


그림 9 장소 및 부하결정을 위한 버튼 창

여기서 사용자가 원하는 장소와 부하를 선택하면 다음에 바로 그림8과 같은 창이 나타난다.

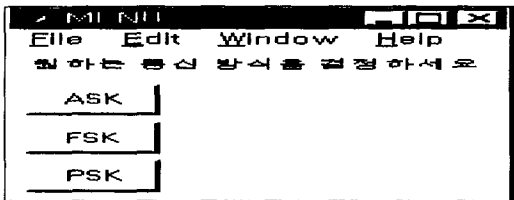


그림 10 통신 방식 결정을 위한 버튼 창

사용자는 원하는 통신방식을 선택한다. 이 실험에서 처럼 ASK를 선택하면 그림9와 같은 요구사항이 나온다.

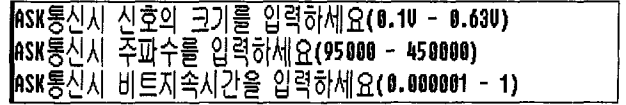
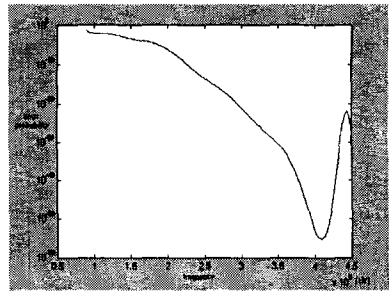
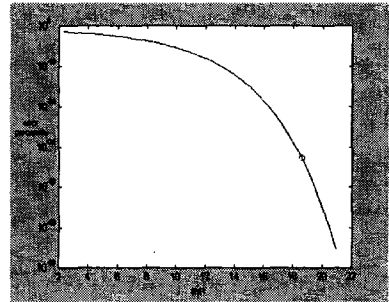


그림 11 정보 data의 입력을 위한 창

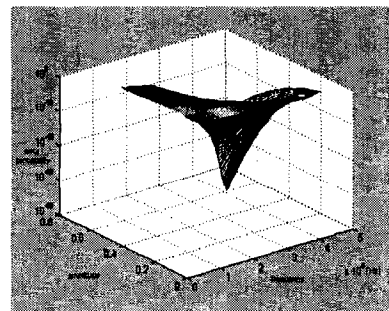
각 항에 맞게 data를 입력하면 그림10의 (a) - (c)와 같은 오류확률을 도시해주게 된다. 그 다음에 채널 용량과 신호의 감쇠를 도시할 것인지 물어보게 된다. 이 창은 그림11에서 나타내었다.



(a)



(b)

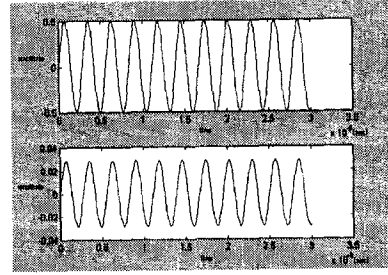


(c)

그림 10. 오류확률의 도시

그림(a)는 주파수와 오류확률과의 관계를 나타낸 것으로 x축은 주파수를 나타내고 y축은 오류확률을 나타낸다. 전달함수의 측정결과 주파수 400kHz에서 신

호의 감쇠가 가장 적은 것으로 나타났는데 그림에서도 400kHz대역에서의 오류확률이 가장 적게 나타나고 있다. 그림(b)는 SNR과 오류확률과의 관계를 나타낸 것으로 x축은 SNR을 표시하고 y축은 오류확률을 표시한다. 'o'표시는 사용자가 입력한 데이터에 의해 결정되어지는 SNR과 오류확률이 되겠다. 그림(c)는 주파수, 오류확률, 신호의 크기와의 관계를 나타내는 것으로 x축은 주파수를 표시하고, y축은 신호의 크기를 표시하며, z축은 오류확률을 나타내고 있다. 주파수를 일정한 상태로 놓고 신호의 크기로 오류확률을 비교하면 신호의 크기가 가장 클 때 오류확률이 가장 작고 신호의 크기를 일정하게 놓고 주파수로 오류확률을 비교하면 앞서 말한 바와 같이 400kHz 대역에서 낮은 오류확률을 보이고 있다.



(b) 신호의 감쇠

그림 12. 채널용량과 신호의 감쇠를 도시화

모든 과정이 끝나면 프로그램을 종료하게 된다.

## 6. 부하의 전력선제어 시스템 제작 및 실험

시뮬레이터의 타당성을 입증하기 위해 실제 시스템을 제작하여 실험을 하였다. 전력선의 전달함수 특성과 잡음 특성을 볼 때 전력선상의 통신은 신호의 레벨을 최소화하며 잡음의 영향을 최소화 할 수 있는 스펙트럼 확산 통신이 유용할 것으로 판단되고 디지털 통신 방식에 있어서도 전력선의 잡음 특성이 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 FSK 변조 방식이 유용할 것으로 판단되어 본 논문에서 FSK 변조 방식으로 통신을 하는 모뎀 칩(ST7537)을 이용하여 실험하였다.

모뎀 칩은 통신방식과 주파수, 신호의 크기가 모두 고정되어 있지만 데이터의 전송률은 마이크로 프로세서의 프로그램에 의해서 제어가 가능하다. 따라서 시뮬레이터를 이용해서 적절한 데이터 전송률을 알아낸 뒤 마이크로 프로세서의 프로그램을 이 전송률에 맞도록 설정하여 통신이 잘되는지의 여부를 확인하게 되면 시뮬레이터의 성능을 평가할 수 있게 된다.

### 6.1. Simulator의 활용

모뎀 칩(ST7537)은 주파수 133.050kHz와 131.850kHz를 변조 주파수로 사용하는 FSK 변복조 칩이다. 출력 전압, 즉 송신 신호의 크기는 200mV~2V인데 전력선의 임피던스가 5Ω이하 일 때 출력전압의 값이 200mV~400mV정도이고, 전력선의 임피던스가 5Ω이상 일 때는 출력전압의 값이 1~2V정도이다.

이 시스템을 설치한 전력선의 임피던스는 5Ω정도이고, 출력은 400mV로 측정되었다. 따라서 시뮬레이터의 입력 데이터인 변조방식, 신호의 크기, 주파수 ( $f_1, f_2$ )가 결정된다. 그러나 데이터 전송률은 마이크

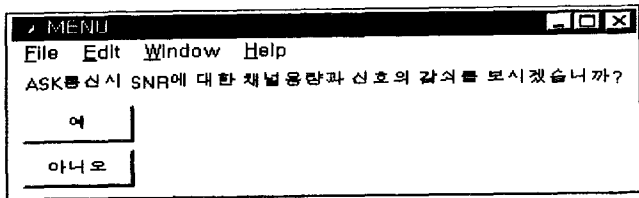
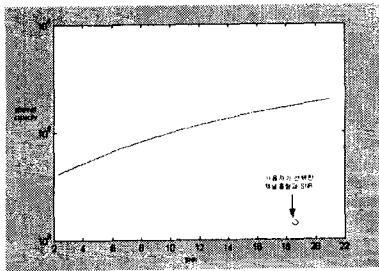


그림 11 채널용량과 신호의 감쇠를 요구하는 버튼 창

그림11에서 '예'를 선택하면 그림12와 같이 채널용량과 신호의 감쇠도가 보여진다.



(a) 채널용량

그림(a)에서 x축은 SNR을 나타내고 y축은 채널용량을 나타낸다. 'o'표시는 사용자가 선택한 입력 데이터에 의해 나타내어지는 SNR과 채널용량이다. 그림(b)는 신호의 감쇠를 나타내는데 x축은 시간축이고 y축은 신호의 크기이다. 그림(b)의 상단은 송신 신호가 되겠고, 하단은 수신된 신호로써 전력선을 통과하면 신호가 감쇠하는 것을 확실히 보여주고 있다.

로 프로세서의 프로그램에 의해서 변경되어 질 수 있으므로 데이터 전송률만이 변수로 주어지게 된다.

시뮬레이터의 입력 데이터로 FSK통신 방식을 설정하고, 주파수는  $f_1=133050\text{Hz}$ ,  $f_2=131850\text{Hz}$ 으로 하며, 신호의 크기는  $400\text{mV}$ 로 설정한다. 이 입력데이터를 이용하여 적당한 데이터 전송률을 찾은 뒤 마이크로 프로세서에 결정된 전송률을 프로그래밍한다.

그림13은 데이터 전송률이 150일 때이고 SNR과 오류확률이 모두 적당하며 실제 시스템을 통한 통신에 있어서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 데이터 전송률이 150 이상일 때는 오류확률이 많이 올라가는 것을 볼 수 있는데 그림14는 데이터 전송률을 1000으로 설정하고 그에 따른 오류 확률을 보여주고 있다. 이 데이터 전송률로 실험한 결과, 통신이 거의 불가능하였다.

이 결과를 토대로 데이터 전송률을 150으로 설정하였으며 시스템 제작 및 마이크로 프로세서의 프로그램을 작성하였다.

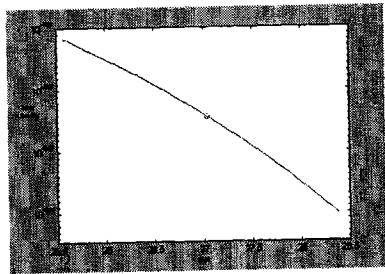


그림 13 데이터 전송률이 150일 때 오류확률

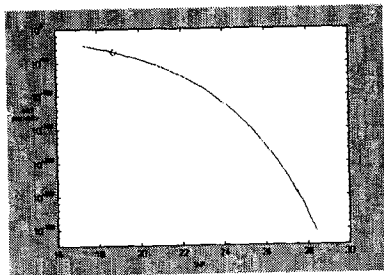


그림 14 데이터 전송률이 1000일 때 오류확률

### 6.2 전력선 모뎀 및 부하의 제어

본 논문에서 제안된 전력선 모뎀의 구조를 그림15에서 나타내었다. 그림에서 전력선 모뎀은 라인 커플러, 전류 증폭기, FSK 디지털, 변복조기, 마이크로 프로세서, 전원공급장치(DC power supply)로 구성되어있

다. 그림에서 라인커플러와 전류증폭기를 "power line interface"라 부르며 송신모드에서는 FSK 디지털 변복조기로부터 전송된 신호의 증폭 및 필터링을 하고, 수신모드에서는 전력선으로부터 수신된 신호를 FSK 디지털 변복조기의 입력단자로 제공한다. 또한 전력선에서 발생하는 스파이크(spikes)와 과전압(over voltage)으로부터 전력선 모뎀을 보호하는 역할을 한다.

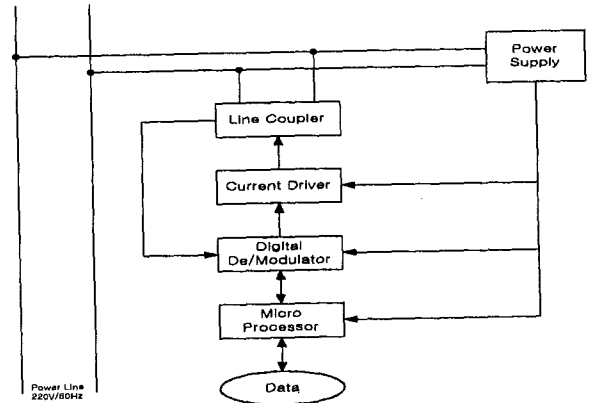


그림 15 전력선 모뎀의 구조

### 6.3 실험결과

본 논문에서 제안된 시스템을 직접 제작하여 부하의 on/off 제어실험을 하였다. 측정장소는 본 연구를 수행한 실험실이며 부하로 형광등 안정기로 설정하였다. 부하의 on/off제어시 나타나는 신호의 파형을 오실로스코우프 측정하였다. 그림16은 마이크로프로세서의 TXD 단자에서 출력되는 데이터의 파형이다.

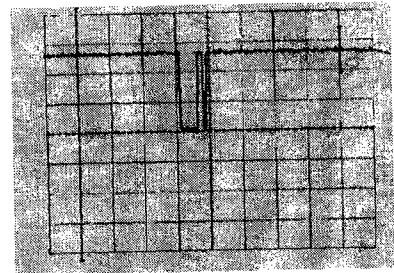


그림 16 송신기의 디지털 데이터 파형

그림17은 위 부분의 신호는 송신단에서 나타나는 신호의 FSK 변조 파형이고 아랫부분의 신호는 수신단에서 나타나는 신호의 FSK 변조 파형으로 전력선으로 통신을 했어도 두 신호가 같은 것을 알 수 있다.

그림18은 마이크로 프로세서의 RxD 단자로 들어가는 데이터의 파형으로 그림15의 송신단 데이터 파형과 일치한다. 따라서 실험 결과 통신이 잘되고 있는 것을 알 수 있었다. 데이터 전송률을 크게하면 어떤 현상이 일어나는지 알기 위해 데이터 전송률을 150bps이상으로 놓고 실험을 한 결과 오류의 발생률이 빈번하였다. 따라서 시뮬레이터를 통해 결정된 데이터 전송률이 실제 시스템제작에 적용가능함을 알 수 있다.

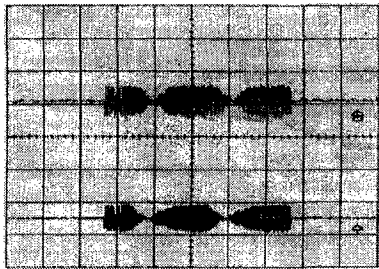


그림 17 송수신단의 FSK변조 파형

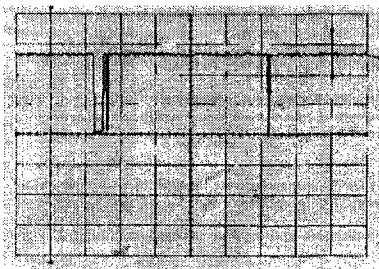


그림 18 수신기의 디지털 데이터 파형

## 7. 결 론

본 연구에서는 특정장소의 전력선의 특성을 matlab을사용하여 시뮬레이터를 구현하였다. 아파트 한 채에서 Network Analyzer로는 전력선의 전달함수를 측정하고 Oscilloscope로 전력선에 유입되는 잡음을 측정해서 이 측정한 data를 토대로 시뮬레이터를 구현하였다. 이 시뮬레이터는 특정 주파수로 통신 할 때 생기는 신호의 감쇠와 채널의 용량을 표현할 수 있고, ASK PSK, FSK 통신시 발생하는 오차 확률을 표현하는 기능을 가지고 있다. 본 연구의 시뮬레이터를 이용하여

첫째, 전력선으로 통신을 할 경우 주파수 설정시 신호의 감쇠를 최소로 하는 주파수를 선택하기가 용이

하게 되어있고,

둘째, 채널용량으로 통신이 가능한 data 전송률과 주파수대역을 알 수 있으며, 사용자가 직접 선택한 data 전송률과 설정된 주파수의 타당성을 판단할 수 있고,

셋째, 통신방법을 선택할 때 같은 주파수와 같은 data를이라도 ASK, PSK, FSK의 경우에 따라 오류확률이 가장 적은 통신 방법을 선택할 수 있어 system 구현에 많은 효과를 기대할 수 있다.

향후 연구과제로는 가정 뿐만 아니라 빌딩 및 공장 에서 data를 획득하여 시뮬레이터의 기능을 폭 넓게 하고 오류확률을 줄일 수 있는 통신방식을 연구하여 좀더 일반적인 시뮬레이터로 발전시키는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] BEN O'NEAL, JR, "The Residential Power Circuit as a Communication Medium" IEEE Transaction on consumer Electronics, vol.CE-28, no.3, pp.161-168, 1984
- [2] S. Ramseier, and etc "A Novel Method of Measuring the Characteristics of the Power Channel for High Spread Communications", IEEE Proceeding, pp.238-246, int. symp. on PLC, March 24-26, 1998
- [3] MORGAN H.L. CHAN, and ROBERT W.DON-ALDSON, "Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intrabuilding Power-Distribution Circuits" IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, vol.EMC-28, no.4, pp.161-168,1984.
- [4] M. Tanaka "High Frequency Noise Power Spectrum, Impedance and Transmission Loss of Power Line in Japan on Intrabuilding Power Line Communication" IEEE Trans. On Consumer Electronics, Vol. 34, No 2, May 1988, pp. 321-326
- [5] ROGER M. VINES, H. JOEL TRUSSEL, LOUIS J.GATE, and J. BEN O'NEAL, JR, "Noise on Residential Power Distribution Circuits" IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, vol .EMC-26, no.4, pp.161-168,1984.
- [6] O, ohno, and etc "A Modeling of the Noise for Power line Communication Systems", IEICE technical report, DSP97-61, SST97-21, CS97-46, pp.7-12 (1997-07)
- [7] Morgan H. L. Chan, Rober W.Donaldson: "Amplitude, Width, and Interarrival Distributions for Noise Impulses on Intrabuilding Power Line Communication Networks", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol.31, no.3 ,pp.320-323, Aug. 1989.
- [8] Olaf G. Hooijen "A Channel Model for the Low Voltage Power-Line Channel ; Measurement and Simulation Results," Proceedings of the 1997 International Symposium on Power Line Communications and its Applications



산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제19집, 1999.

Research Report. The Institute of Industrial Technology, Kangwon Nat'l Univ., Korea, No. 19, 1999.

(ISPLCA '97), Essen, Germany, April 1997, pp. 51-56

[9] O, ohno, and etc "A Simple Model of Cyclostationary Power-Line Noise for Communication System" IEEE proceeding, pp115-122, int symp, on PLC March 24-26, 1998

[10] Kazuhiro Moriyama, Hajime Kubota and Kohichi Sakaniwa " Generative Mechanism of Harmonic Noise and Periodic Signal Fading and its Model in Power Line Communication" 1998 International Symposium on Power-Line Communication and its Application. pp. 91-104, Mar. 1998