

전력선 통신을 위한 채널 특성 분석

\*이정훈, \*서종완, \*이중주, \*신명철, \*\*성낙환  
\*성균관대학교, \*\*삼성 전자

Characteristics Analysis of Powerline Channel for Powerline Communication

\*J.H.Lee, \*J.W.Seo, \*J.J.Lee, \*M.C.Shin, \*\*N.H.Sung  
\*SungKyunKwan univ, \*\*Samsung Electronics

**Abstract** - The role of power line is not limited to providing electrical power. Power line turned out to be an candidate to cope with the existing communication channels.

It is need to be measured the properties of power line as communication channels, before successful communication system is possible.

This paper presents the characteristics of power line noise and attenuation measurements in the frequency range of 0~10 MHz, and then suggests applicable communication techniques in brief. Power line channel is configured in our laboratory and the length of it is 250 meters.

1. 서 론

최근 초고속 인터넷을 위한 통신 채널로서 ADSL·VDSL·HDSL 등의 xDSL과 동축케이블을 이용한 케이블 통신방식이 많이 사용되고 있다. 이와 함께 이미 가설되어 있는 전력선을 통신 채널로 이용하는 전력선 통신에 관심이 집중되고 있다.

전력선을 통신 채널로 이용하면 별도의 설치 비용이 필요하지 않으며, 네트워크 드라이버를 위한 별도의 전력이 필요하지 않다. 또한 전기 플러그가 설치되어 있는 곳이라면 어디서든지 통신을 이용할 수 있는 유용성을 갖는다. [1]

그러나 전력선은 부하에 직접 연결되어 있고, 이러한 부하들은 형태가 다양하며 시간적으로 매우 불규칙하다. 또한 전력선 선로의 길이와 종류, 가설 방법에 따라 그 특성이 달라지며 전력 공급 망의 공간적 구조에 따라서도 고주파 특성이 판이하게 달라지므로 전력선 채널 특성을 정확히 예측하기란 쉬운 일이 아니다. [2]

지금까지 전력선 통신은 협대역의 주파수 대역(10~450kHz)을 사용하여 저속으로 송·배전망의 자동화를 위한 원방 감시나 제어용 데이터를 보내기 위해서 사용되어 왔다. 전력선을 고속의 데이터 전송에 이용하기 위해서는 광대역의 주파수 사용이 필수적이며, 여러 사용 환경에 따른 철저한 채널 조사가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 사무실 환경에서 전력선을 이용한 초고속 인터넷 통신을 위해 광대역의 신호 감쇠를 조사했으며, 잡음을 유형별로 분류해서 분석하였다. 이로 인해서 초고속 데이터 통신의 가능성을 보여주고 최적의 통신 알고리즘을 선정하는데 도움을 주고자 한다.

2. 측정 모델 및 방법

사무실 환경의 250m 전력선을 모델로 구성했다. 사무실 환경에서 전력선 채널에 영향을 주는 부하로는 흔히 컴퓨터, 모니터, 스탠드, TV, 에어컨, 히터, 전자렌지, 냉장고, 선풍기 등이 있다.

전선은 일반 옥내 배선의 규정인 2.0(mm) 동선을 사용하였으며, 30(m)마다 부하 그룹이 연결되어 있다. 각

각의 부하그룹은 위에서 나열한 부하의 조합으로 이루어져 있다.

각각의 항목에 대하여 10번 측정을 했으며, 그것의 최대 값과 최소 값을 제외한 8개의 평균을 취했다.

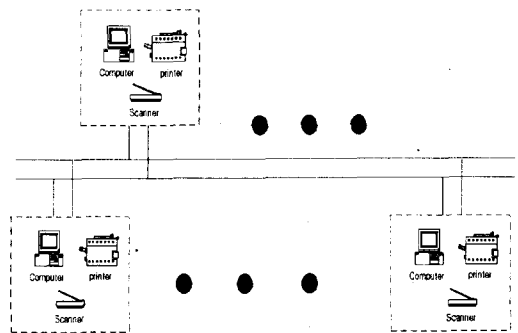


그림 1. 전력선 채널 모델 구성

3. 채널 특성

측정된 전력선 채널의 특성은 신호 감쇠, 배경 잡음, 협대역 고조파 잡음, 임펄스 잡음으로 구분되며 각각의 측정 결과는 아래와 같다. [3]

3.1 감쇠

그림 2는 길이 250(m)의 거리에서 무부하 일 때의 주파수의 증가에 따른 감쇠 측정치를 보여준다. 전송 신호로는 크기가 1(V)인 정현파를 사용하였다.

측정한 실험 결과에 의하면 주파수가 증가함에 따라 감쇠도 전체적으로 증가했다. 특이한 것은 3(MHz)의 대

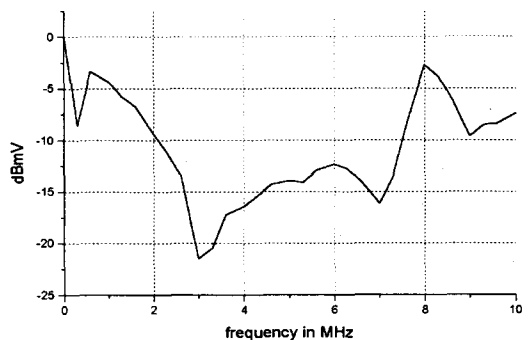


그림 2. 무부하 감쇠

역에서 급격한 감쇠 변화율을 보였으며, 4~6(MHz)대역에서 완만한 증가를 보이며 안정을 찾는다. 그러나 8~10(MHz)에서는 잡음의 감쇠 정도가 비교적 작았으며, 전송 신호에 근접하는 수신 신호 크기를 나타냈다. 그러나 11(MHz)이상의 고주파에서는 주파수를 측정할 수 없을 정도로 신호 상태가 불량했다.

따라서 통신이 가능한 주파수 대역은 0~10(MHz)까지이며, 이 주파수 영역에서는 수신 신호의 크기가 배경 잡음인 -50(dBmV)보다 상대적으로 많이 큰 값이기 때문에 신호를 검출하는데 어려움은 없을 것으로 보인다.

그림 3은 앞에서 나열한 부하가 연결되어 가동중일 때 250(m)의 거리 내에 연결된 부하에 의한 주파수의 증가에 따른 신호의 감쇠 특성을 보여준다.

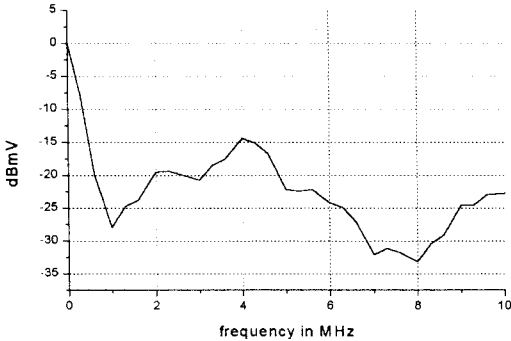


그림 3. 부하 감쇠

부하가 존재할 때의 감쇠는 무부하시 보다 전 주파수 영역에서 감쇠의 정도가 컸으며 특히 1,5,8,9(MHz)에서 감쇠의 정도 차이가 심했다. 3~4(MHz) 대역은 부하의 유무에 상관없이 일정한 감쇠를 보이는 비교적 안정적인 주파수였다. 8(MHz)의 주파수 대역은 무부하시에는 가장 우수한 감쇠 특성을 보였으나, 부하 시에는 가장 열악한 성능을 보였다. 이것은 실험 장소인 연구실에 비치된 기자재에서 발생하는 고주파에 의한 영향 때문이라고 판단된다. 그리고 5,7,8(MHz) 대역에서는 수신 주파수가 많이 왜곡되어서 다른 주파수와 구별하기가 쉽지 않았다. 그러나 전 주파수 대역에서의 수신된 신호의 크기는 배경 잡음에 비해서 상대적으로 매우 큰 값을 가지고 있기 때문에 신호를 검출하는데 별 어려움이 없다.

위와 같이 부하가 없을 때와 있을 때의 감쇠의 차이는 여러 가지 잡음에서 기인한다. 아래에 잡음 요소를 분석하였다.

### 3.2 배경 잡음

배경 잡음은 그림 4에서 보는 바와 같이 -50(dBmV)이다. 배경 잡음은 모든 채널에 존재하며, 잡음의 대부분은 배경 잡음이다. 그리고 부하 상태에서의 배경 잡음 크기가 무부하 상태의 배경 잡음 크기 보다 10(dBmV) 컸다.

### 3.3 협대역 고주파 잡음

고주파 잡음은 전력선에 연결되어 있는 부하가 동작 상태를 유지하기 위해서 전원 주파수인 60(Hz)나 이의 고주파에서 주기적으로 스위칭을 하기 때문에 발생하는 잡음이다.[4]

그림 4에서 보는 바와 같이 배경 잡음에 비하여 10~20(dBmV)정도 잡음의 크기가 크며, 전 주파수 영역에 걸쳐 일정한 분포를 나타냈다.

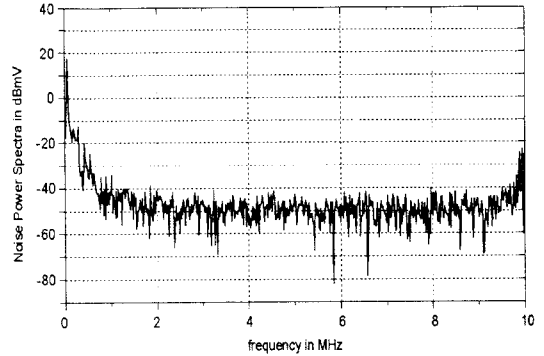


그림 4. 고주파 잡음

### 3.4 임펄스 잡음

임펄스 잡음은 주기형과 비주기형이 있으며, 주기형은 고주파 잡음과 마찬가지로 전원 주파수인 60(Hz)나 이의 고주파에서 주기적으로 스위칭을 하기 때문에 발생한다. 비주기형은 전자 제품의 인위적인 스위칭에 의해서 발생하며 그 특성은 다음과 같다.[5]

#### 3.4.1 주기형 임펄스 잡음

측정한 주기형 임펄스 잡음은 그림 5와 같으며 4가지 종류가 측정되었다. 발생 주기는 60(Hz)의 1주기인 16.7(ms)였으며, 임펄스의 지속 시간 및 크기는 표 1과 같다. (그림 5와 그림 6은 실제 전압의 크기를 100배 축소한 것이다.)

표 1. 주기 임펄스 잡음의 지속 시간 및 크기

임펄스	1	2	3	4
지속 시간(ms)	0.2	0.25	0.3	1.0
크 기(V)	105	120	101	148

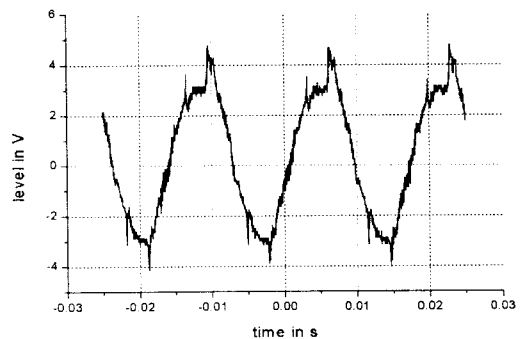


그림 5. 주기 임펄스 잡음

#### 3.4.2 랜덤 임펄스 잡음

그림 6은 형광등의 전원 스위칭 시에 발생하는 임펄스 잡음을 보여준다. 측정된 결과는 여러 개의 임펄스가 동시에 발생한 경우이며, 임펄스의 지속 시간은 0.1(ms)이고, 28개의 임펄스가 연결되어서 발생했다. 임펄스의 크기는 140(V), 246(V), 580(V)의 세 가지가 있었다.

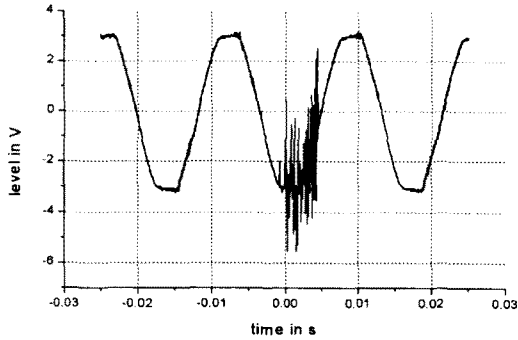


그림 6. 비주기 임펄스 잡음

선풍기를 스위칭 할 때의 임펄스의 크기는 200[V]이었고, 지속시간이 450[us]이었다. 드라이를 사용할 때는 크기 200[V]의 1[ms]의 지속 시간을 가지는 임펄스가 발생했다.

#### 4. 적용 가능한 통신 기법

전력선은 수신 신호의 크기가 변하는 특성이 있으므로, 변조 방식은 신호의 크기를 이용하는 진폭 변조(ASK:Amplitude Shift Keying)보다는 신호의 주파수를 이용하는 주파수 변조(FSK:Frequency Shift Keying)나 위상 변조(PSK:Phase Shift Keying)를 사용하는 것이 좋다.

전력선은 다양한 잡음 요소가 있으므로, 오류 정정을 위한 채널 코딩이 필요하다. 이를 위해 송신부에서 길쌈 부호화(Convolutional Coding)를 하고 수신부에서 비터비(Viterbi) 복호하는 방법을 사용할 수 있다. 또한 전력선에서는 임펄스 잡음이 발생하며, 임펄스 잡음의 지속 시간은 연집(burst) 오류의 요인으로 작용한다. 따라서 임펄스 지속 시간 동안에 포함되는 신호 심벌의 개수만큼의 차수를 가지는 인터리빙이 필요하다.

전력선에는 전자 제품과 여러 가지 부하가 연결되어 있어서 데이터 신호 크기의 제한을 받게 된다. 실험 결과 0~10[MHz]의 광대역을 사용할 수 있기 때문에 신호 확산과정을 거쳐서 신호 크기를 줄일 수 있는 주파수 확산 통신(SS: spread spectrum) 방법이 사용될 수 있다. 또한 주파수 확산 통신은 신호 복원 능력과 정보 보호 능력 면에서 우수한 성능을 보인다. 그러나 확산 시퀀스의 길이가 길어지면 데이터 전송 속도가 느려지게 되므로, 우수한 오류 대응 능력과 전송 속도를 고려하여 적합한 시퀀스 길이를 선택해야 한다.

그리고 월시(Walsh) 코드를 이용하면 전송하고자 하는 데이터를 직교화해서 데이터간의 거리를 최대화시킴으로써 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

#### 5. 결 론

본 논문에서는 전력선 통신 알고리즘 적용을 위한 국내 환경에 맞는 채널 특성 조사가 이루어졌다. 고속의 데이터 통신에 초점을 맞추어 광대역 주파수의 채널 특성을 분석했으며, 그 결과 사용 가능한 신호의 대역폭은 0~10[MHz]로 나타났다. 이것은 기존의 자동화를 위한 전력선 통신의 대역폭에 비하여 상대적으로 광대역이며, 이에 따라 고속의 데이터 통신이 가능해진다.

전력선을 통신 채널로서 이용하게 되면 통신을 위한 새로운 케이블을 가설하지 않아도 되어 막대한 경제적 이윤이 생기며, 전력선이 도달하는 곳에는 거대한 네트

워크 망이 구성된다. 또한 컴퓨터 주변기기의 통신 케이블이 필요하지 않으며, 전력선을 이용한 모든 자동화도 가능하게 된다.

그러나 완전한 전력선 통신을 위해서는 아직도 많은 연구가 필요하며, 다양한 환경에 대한 정확한 채널 조사가 요구된다. 이러한 관점에서 볼 때 본 논문은 사무실 환경에서 적용될 수 있다.

보다 개선된 채널 특성을 완성하기 위해서는 다음과 같은 항목이 보완되어야 한다.

첫째, 다중 사용자 환경을 고려한다면 시험용 정현파의 크기가 1[V]보다 훨씬 작은 값인 수[mV]를 사용해야 한다.

둘째, 감쇠 측정 시 사용한 거리는 250[m]로 지역 네트워크(LAN)를 구성하기에는 짧은 거리이므로 더 장거리의 채널 특성 분석이 필요하다.

셋째, 감쇠 특성을 보일 때 송신 신호와 수신 신호의 주파수가 정확히 일치하지는 않았다. 특히 4[M-Hz]와 같은 주파수는 큰 차이를 보였으므로, 이에 대한 정확한 조사가 필요하다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] 김범규, "디지털 전력선 통신 시스템의 모델링과 성능분석에 관한 연구", 강원대학교 학위 논문, 1999
- [2] 오호근, "스펙트럼 확산 통신 방식을 이용한 전력선 전송 시스템 구현" 동아대학교 학위 논문, 1997
- [3] Torsten Waldeck, Michael Busser, Klaus Dostert, "Telecommunication Applications over the Low Voltage Power Distribution Grid" Proc. of IEEE Fifth International Symposium on Spread Spectrum Techniques & Applications, ISSSTA'98 Vol 1, pp. 73-77, Sep, 1998
- [4] R. M. Vines, et al., "Noise on residential power distribution circuits", IEEE Trans. Electro-mag. Compat., vol. 26, pp.161-168, Nov. 1984
- [5] MORGAN H. L. CHAN, ROBERT W. DONALDSON, "Amplitude, Width, and Interarrival Distributions for Noise Impulse on Intrabuilding Power Line Communication Networks, IEEE. Trans. Electromag. Compat., vol. 31, NO. 3, pp. 320-323, AUGUST, 1989