

고속 채널로써 전력선 특성 분석

Analysis of Power Line Characteristics as High Speed Communication Channel

박종연* 조호찬** 이혁순***
Park, Chong-Yeun Jo, Ho-Chan Lee, Hyeuk-Sun

Abstract

For the power line communication, we studied its characteristic impedance, noise characteristics, loss characteristics and the coupling circuit between the communication MODEM and power lines. As the results of the experiments, we concluded that the power line impedance in a house varied in the wide range because the electric systems generate the current and voltage harmonic noises.

keywords : *Power Line Communication, harmonic noises*

키워드 : 전력선 통신, 고조파 잡음

1. 서론

전력선은 전력에너지의 전송뿐만 아니라 전력선 통신의 데이터 전송을 위한 전송매체(transmission line)로서 이용되고 있다. 효과적인 신호전송을 위하여 정보통신의 기술을 적용하여 분산스펙트럼 및 OFDM 등 다양한 다채널멀티플렉싱에 의한 고속 데이터 전력선 전송이 가능하게 되었다. 여기에 고속 데이터 전송을 위한 전력선 전송채널의 분석과 전송임피던스의 적응임피던스(adaptive impedance) 기법 적용으로 정보 전송거리의 확대를 위한 기술분석이 요구되고 있다. 전력선 통신채널은 고압에서 저전압까지 레벨에 따라 적용되는 전력

선통신을 위한 전력전송로의 특성을 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 저전압 전력선통신을 위한 전송선로의 분석과 수Mbps급의 고속 데이터 전송을 위한 통신채널의 광대역화에 따른 문제점 및 광대역 디지털 통신기법의 적용을 위한 전력선 채널의 특성을 중심으로 분석하였다.

2. 전력선 통신채널의 특성해석 및 측정결과

2-1 특성 임피던스

본 연구에서 특성 임피던스 분석을 위한 대상은 저전압 전력선으로써 단심코어케이블의 형태이다 [1].

전력선의 단위길이 당 인덕턴스와 커패시턴스를 단심코어의 간격 D 와 선로의 반지름 d 및 진공 중

* 강원대학교 전기공학과 교수 공학박사
** 강원대학교 전기공학과 석사과정,
*** 강원대학교 전기공학과 석사과정

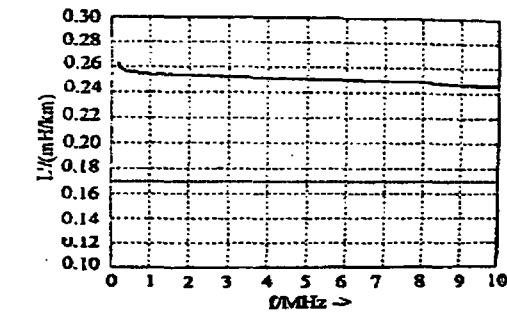
유전율 μ_0 에 의해서 표시하면,

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{D}{d} \dots (1)$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln \frac{D}{d}} \dots (2)$$

따라서 전력선의 전송파라미터에 의한 특성임피던스 Z_0 는 다음과 같다.

$$|Z_0| \cong \sqrt{\frac{60}{\epsilon_r}} \Omega \dots (3)$$



(a) L값

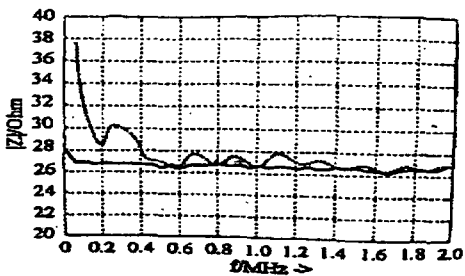
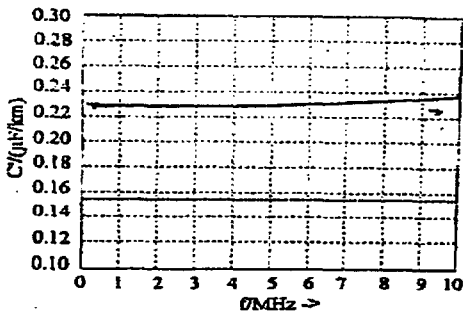


그림 1. 전력선의 L, C 및 $|Z_0|$ 의 주파수 변화에 의한 측정 결과 (···이론치, —실측치)

그림 1은 220V/60Hz의 일반 가정용 전원선을 전송선으로 활용하기 위한 파라미터 직렬 R, L 및 병렬 C의 값을 주파수에 따라 측정된 값을 나타내고 있다. (c)의 그림에서 알 수 있듯이 특성임피던스는 2MHz의 주파수에 대하여 이론치와 측정치가 유사하게 나타남을 알 수 있다. 여기서 이론치는 식 (1)과 (2)에 의한 값이다.

그러나 가정에서 전력선 임피던스는 그 가변 범위가 너무 광범위하며 100KHz~1MHz에서 0.1 Ω ~100 Ω 까지 매우 큰 변화를 하게되며 그림2에 그 예를 나타내었다[2]-[5].

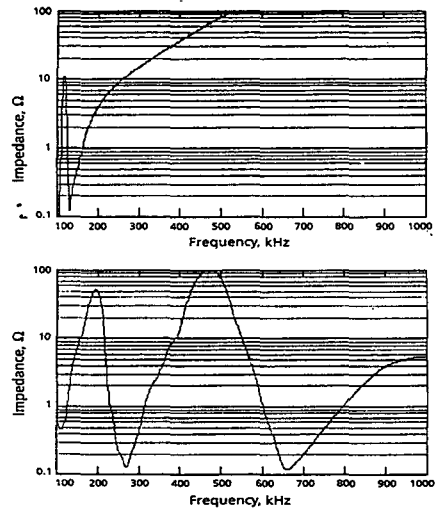


그림 2. 가정내의 전력선 임피던스 측정결과

2-2 전력선 잡음

신호 반송파스펙트럼에서 나타나는 잡음은 PLC 회로를 설계하는데 신뢰성을 보장하기 위하여 반드시 고려되어야 한다. 잡음의 다른 형태는 다양하나 크게 랜덤잡음(random noise)과 임펄스 잡음(impulse noise)으로 분류할 수 있으며 잡음 중 날씨에 따른 잡음으로는 코로나 방전등의 잡음이 전력선 통신에 크게 영향을 미치며 주로 선로 위에서 습한 날씨는 종종 최악의 경우 잡음의 원인으로 전송선로 컨덕터의 표면위에 발생된다. 다양한 전송선로 파라미터는 주로 코로나에 영향을 주므로 선로잡음에 영향을 미치며 전압 종류, 전압 파동, 기하학적 선로(컨덕터의 크기와 배열 구조를 포함하여), 컨덕터 표면 상태, 그리고 날씨등과 같이 상수와 쉽게 변화하는 요인은 코로나 발생 컨덕터에 영향을 미쳐 잡음을 발생한다. 본 논문에선

전력선 잡음을 60Hz의 대역저지필터를 통과한 파형을 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 또한 일반가정에서 가장 부하가 많이 쓰이는 낮 12시경을 이용하여 그 신뢰성을 높였다. 에 일반 가정에서 가전기기(TV, 세탁기, 전자렌지, 청소기등)를 동작시켰을 때 전력선상에 나타난 잡음은 다음 그림3과 같이 측정되었으며 백색 및 주기성 잡음의 형태이다.

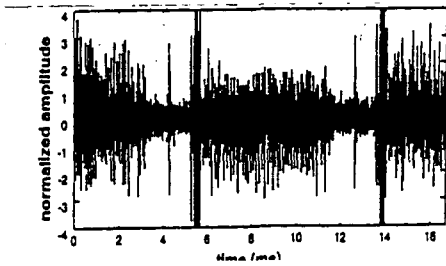


그림 3. 가정에서 측정된 잡음의 측정

또한 그림4 역시 빌딩내에서 각종 전기기기(인버터, 컴퓨터 및 각종 사무용기기)를 연결하였을 때 잡음의 주파수 분석결과 및 시간축상의 잡음이며 저주파에서 고주파의 영향이 더욱 심하게 나타났다.

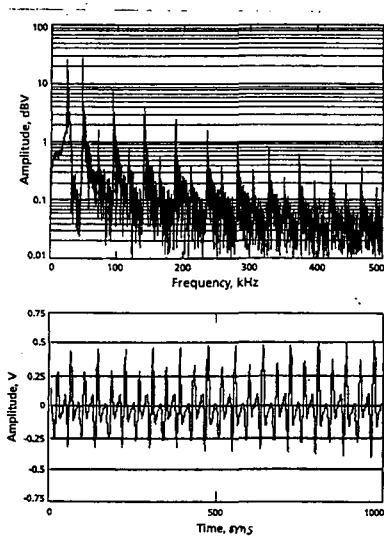


그림 4. 빌딩내에서 측정된 잡음측정

가정의 전력선상에서 가전기기에 의해서 나타나는 잡음의 변동폭은 그림 5에 나타난다.

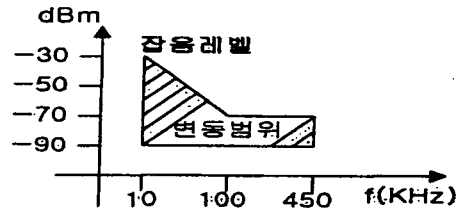
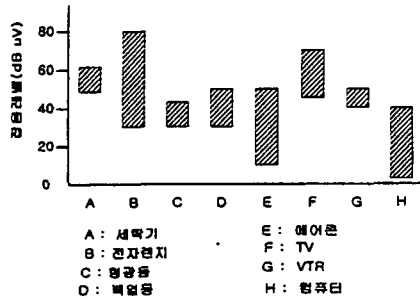


그림 5. 각종 가전기기의 발생잡음레벨 및 변동범위

2-3 전력선의 손실 특성

전력선통신에 적용되는 채널손실은 두 지점사이의 전력의 감소를 의미한다. 전력선 통신에서 나타나는 채널에서의 감쇄는 저항성(resistance), 복사(radiation), 및 유도성(induction)에 의하여 형성되는 선로감쇄와 원하는 채널이외의 경로로 흘러가는 단락감쇄, 바이패스감쇄 및 결합감쇄로 구분된다. 임피던스 부정합 손실은 터미널과 결합장치의 임피던스가 전송선로와 정합되지 않을 때 나타난다. 또한 결합손실은 전력선통신을 위하여 송신기 및 수신기(Tx/Rx)를 결합시키기 위하여 나타나는 손실로서 결합회로, turner 손실, 동축케이블 손실 및 결합캐패시터 손실과 단락손실(shunt loss)과 상관관계가 있다. 반송파 분리 장치(carrier frequency isolation equipment)는 신호의 흡수, 간섭(interference) 및 혼변조(intermodulation)를 방지시키기 위한 장치로서 L과 C로 구성된 필터형태이므로 신호의 감쇄를 유발한다. 가정에서 측정된 전력선의 손실특성은 그림 6과 같으며 주파수가 높을수록 손실특성이 크게 문제가 된다. 여기서의 결과치(이론과 실측포함) 앞질의 특성임피던스를 다루는 방식과 동일하다[6]-[10].

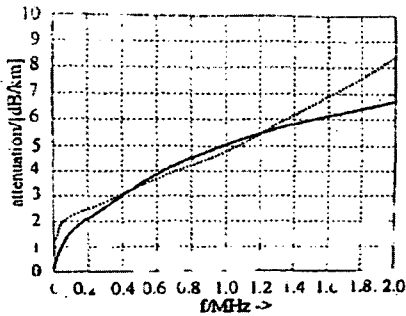
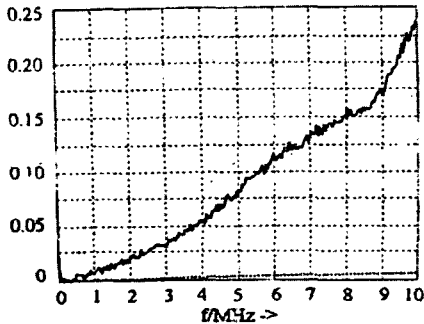


그림 6. 가정용 전력선의 손실 및 주파수 특성 (---:이론치, —:실험치)

3. 결합회로 및 통신방식 검토

3-1 결합회로

본 연구에서 사용한 Modem의 반송주파수는 통신속도 증대를 위해 1MHz를 사용하였다. 이때 전력선과 Modem사이를 연결해 주고 220V, 60Hz전원과 절연시키기 위해 Line-coupler를 사용한다.

Line-coupler는 그림 7과 같이 중심주파수가 1MHz에서 동작시킬 수 있는 TDK사의 BPF-4066의 BPF를 적용하여 TOKO사의 1:1변압기를 활용하였고 주파수특성은 그림 8과 같다.

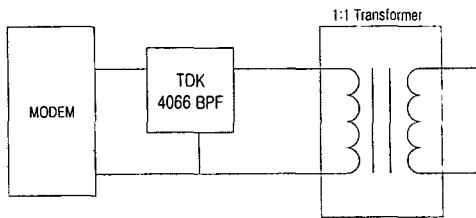


그림 7. line coupler의 구조

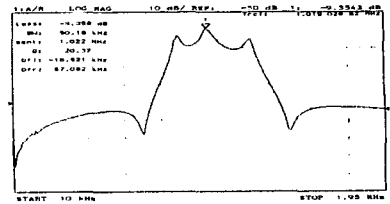


그림 8. line-coupler의 주파수 특성

3-2 통신 방식

전송선로에 고속데이터 전송을 위하여 여러가지 변조방안이 고려되고 있으며 전세계적으로 고려되고 있는 다 채널방식은 크게 CDMA방식과 OFDM방식으로 구분되며 두 방식에 대한 절대비교 분석한 자료를 중심으로 분석한 결과 그림 9와 같이 단순비교 할 수 있다. 그림 9에서는 BER과 SNR의 관계를 나타내고 있으며 동일조건에서 일반적인 데이터 및 음성전송에 필요한 $10^{-4} - 10^{-7}$ 의 조건중 10^{-4} 을 기준으로 비교할 때 같은 조건에서 OFDM에 의한 전송방식이 SNR이 더 여유가 있음을 알 수 있으며 실제적인 통신방식에서 OFDM방식이 유리함을 알 수 있다.

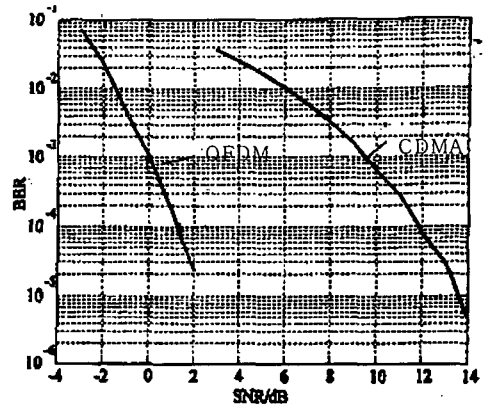


그림 9. CDMA와 OFDM의 특성비교

4. 결론

전력선 통신채널의 특성을 해석한 결과 특성임피던스를 정확히 파악하고 전력서 잡음과 손실을 줄이는 것이 가장 큰 관건임을 알 수 있다.

결합회로 설계에 있어서 결합커패시터의 용량값은 가능한 회로 특성임피던스를 고려하여 선정하여 고정시킬 필요가 있으며 모뎀과 결합장치설계에 있어서 등화회로를 설치하고 등화회로의 임피

던스를 가변시켜 임피던스정합을 시도해야 한다. 또한 전력선 결합에 따른 고역통과필터의 특성에 대한 분석과 균일임피던스 및 공진주파수 제거능력을 가져야 하며 전력선 부하임피던스 가변에 따라 적용하기 위한 적응 임피던스회로를 DSP를 사용하여 Adaptive Impedance matching을 만들어야 한다. 그리고 디지털변조와 CDMA 및 OFDM신호에 대한 전송특성 및 신호의 감쇠등에 대한 분석과 전력선의 잡음의 종류 및 주파수특성이 분석된 뒤 통신방식이 결정되어야 한다.

[참고문헌]

1. Power System Comm. Committee. IEEE Guide for power line carrier Application, IEEE Inc., 1980.
2. 박종연, 조계현, "전력선망 구조별 통신 용량해석", 전자 공학회지 제 37권, TC편 제 4호 2000년 4월호
3. Stefan Ramseier, and M.Arzberger," MV and LV powerline Communication: New Proposed IEC Standards" IEEE. Int. Symposium on Power Line Communications and Its application. pp.235-239, 1999.
4. Hensen, and W. Schulz," Characterisation, Measurement and Modeling of Medium Voltage Power Line Cables for High Data Rate Communication," IEEE, Proc. of 2000 international Symposium Power Line communication and Its Application, pp.37-44, April 1999
5. M. D'Amore, and M. S. Sarto, "Digital Transmission Performance of Carrier Channel on Distribution Power Line Networks," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 2, pp.616-623, April 1997
6. A. Dalby," Signal Transmission on Power Line." IEEE, Proc. of 1997 International Symposium Power Line Communication and Its Application E pp.37-44
7. K. S. Murthy," Decoupling Networks for Promoting Power Line Carrier Systems," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 2, pp.580-587, April 1995
8. D. R. Perez, "ADAPT: An Automatic Impedance Adaptor for Medium Voltage Communication Equipment," IEEE, Proc. of 2000 International Symposium Power Line Communication and Its Application, pp.218-224, April 2000
9. W. Schulz, and S. Schwazw, " Comparison of CDMA and OFDM for Data Communication on the Medium Voltage Power Grid," IEEE. Proc. of 2000 International Symposium Power Line Communication and Its Application, pp.31-38,2000
10. IEEE Standard for Pulse Transformer, IEEE 1987
11. 박종연, 주병훈, "전력선통신을 이용한 조광제어 시스템," 전력전자학회, 논문집 제 5권. 제6호 2000년 12월

<후기>

이 논문은 2000년도 강원대학교 기성회 연구비에 의하여 연구되었음.