

광대역 PLC채널의 모델링 분석에 관한 연구

최영관*, 박계홍*, 서종완**, 차재삼***, 서희석****, 신명철*
 *성균관대학교, **대우전자, ***서경대학교, ****두원공과대학

A Study of Broadband PLC Channel Modeling

Y.K Choi*, G.H Park*, J.W Seo**, J.S Cha***, H.S Seo****, M.C Sin*

*Sungkyunkwan-Univ, **Daewoo electronics, ***Seokyeong-Univ, ****Doowon-Tech College

Abstract - 최근에 전력선통신(PLC: power line communication)에 관한 연구 및 개발이 활성화되고 있는 가운데, 정부에서는 전력선통신을 위한 전송채널의 주파수허용범위를 기존의 협대역인 450kHz에서 광대역인 30MHz로 확대할 계획이다.[1] 현재, PLC 시스템에서는 대용량정보를 고속으로 전송하기 위한 고속 PLC기술의 개발이 활발히 진행되어지고 있으며, 이러한 통신시스템 기술의 구현을 위해서는 새롭게 확대될 30MHz대역에서의 전력선채널의 분석이 무엇보다도 중요한 해결 과제라고 할 수가 있을 것이다.

전력선은 각종 전기기기 및 가전제품 및 사무기기로부터 발생하는 잡음들이 직접 유입되며, 또한 부하가 전력선에 연결되는 시간과 공간에 따라 전송 특성이 수시로 가변하는 특성을 가진다. 이와 같은 열악한 전력선통신채널 환경을 극복하고 통신의 에러극복능력을 향상시키기 위해서는 기존의 협대역 채널모델을 그대로 적용하기에는 부적합한 면이 많으므로, 새롭게 허용될 광대역 주파수를 갖는 전력선 채널에 대한 모델링기법이 요구된다. 따라서, 새롭게 인가될 광대역 채널을 위한 효율적인 전력선통신시스템을 개발하기 위해서는 전력선채널의 리모델링에 근거한 다양하고 실험적인 고찰이 수반되어야 하리라고 판단된다.

그러므로, 본 논문에서는 Mixture 잡음 모델링기법 [2],[3],[4]을 이용하여, 부하변동 및 가변적인 잡음 특성을 가진 전력선채널모델을 새롭게 분석하였다. 또한, 새롭게 분석한 전력선채널모델에 관한 수식을 직교 코드에 의한 다중접속 통신 기술인 CDMA 방식에 적용하여 비트 에러율을 유도해 봄으로써 그 유효성을 확인하였다.

1. 서 론

전력선은 부하에 직접 연결되어 있고, 이러한 부하들은 형태가 다양하며 시간적으로 매우 불규칙한 특성을 갖는다. 또한 전력선 선로의 길이와 종류, 가설 방법에 따라 그 특성이 달라지며 전력 공급망의 공간적 구조에 따라서도 고주파 특성이 판이하게 달라지므로 전력선 채널 특성을 정확히 예측하기란 쉬운 일이 아니다.

종래에 케이블선로와 같은 유선 선로에 대해서는 다양한 각도에서 전송채널의 모델링이 행해져 왔으나 [5],[6], 아직까지 전력선선로의 경우에는 통신부분의 응용된 역사가 짧은 관계로 인해, 전력선채널의 모델링과 관련된 이론정립이 덜 성숙된 단계에 있다고 볼 수 있다. 따라서 좀더 명확한 PLC시스템의 성능해석을 위한 기초자료로서 전력선채널모델에 대한 명확한 분석 및 수식화는 필수적인 과제라고 할 수가 있다.

2. 본 론

PLC채널에서 전송채널의 특성을 결정짓는 중대 요소에는 잡음(Noise), 신호의 감쇠(Attenuation), 임피던스 부정합(Impedance Mismatching)등이 고려될 수

있다. 이들의 종류 및 특성을 열거하면 다음과 같다.

2.1 잡음

전력선 자체는 본래 전력공급용 선로로서, 통신전용의 선로가 아니므로, 통신에 가장 큰 장애가 되는 잡음에 매우 취약한 구조를 가질 수밖에 없다. 그러므로 PLC에서는 안정적인 통신성능을 유지하기 위해서는 잡음에 견딜수 있는 획기적인 대책들이 준비되어야 한다.

2.1.1 잡음의 종류

일반적으로 전력선에서 발생하는 잡음의 종류를 고려하면 다음과 같이 3가지로 분류 될 수 있다.

- 1) 60Hz 전원 주파수에 동기된 잡음[7]
- 2) 백색 잡음 (white noise)[7]
- 3) 주기 및 비주기성 임펄스잡음[7]

이 외에 발생원이 분명하지 않은 Burst noise등도 고려될 수 있다.

2.1.2 잡음의 특성

PLC에 영향을 주는 잡음들의 특성은 기존의 교류전력과 공존하기 때문에 전기제품의 부하 변동으로 인한 스파이크성 잡음의 비중이 높으며, 공중 전력선의 경우 각종 고주파 성분의 잡음이 유기될 수 있다.

2.2 감쇠

전력선을 비롯한 유선의 전송선로는 매질의 특성에 따라 다양한 감쇠계수를 갖는다. 선로들의 감쇠계수별 특성에 따라 전송신호의 전파도달거리는 다양하게 존재한다. 그러므로, 예를 들어, 셀룰러방식의 네트워크 형태를 지닌 PLC 시스템을 설계한다고 가정하면, 감쇠계수는 시스템의 셀 커버리지와 깊은 연관성을 갖는다고 할 수 있다.

2.3 임피던스 부정합

송신단에서 송출한 신호를 수신단에서 원활하게 수신하고, 주파수의 하향변환을 원활하게 행하기 위해서 필수적으로 고려해야 할 중요사항 중의 하나가 임피던스 정합이다. 특히, PLC를 위한 전력선에서는 부하단의 스위치 on/off 동작이 발생했을때 순간적인 임피던스의 변동이 선로의 임피던스 부정합으로 이어지는 현상이 발생하며, 이는 데이터전송시의 에러율 증가와 직결되므로, 결과적으로, 시스템의 성능열화문제를 야기시킨다.

3. 백색잡음과 임펄스 잡음환경 하에서의 PLC 시스템의 비트오율 특성 분석

본 논문에서는 감쇠나 임피던스정합의 문제는 기본적으로 해결되었다는 가정하에, 통신시스템의 기본성능인 비트오율특성을 결정짓는 주요성분인 백색잡음과 임펄스잡음을 중심으로 PLC채널모델에 대한 수식적인 분석을 수행하였다.

본 논문에서는 전력선채널의 특성과 임펄스 잡음 발생 구간면에서 볼때, 광범위하게 적용될 수 있는 Miller &

Thomas가 제안한 Mixture 잡음 모델링기법[2]을 전력선 통신채널에 적용하였다. 이 모델링에서 제시한 방법은 전체잡음을 $n(t) = n_B(t) + n_I(t)$ 의 형태로 나타낸다. 이 식은 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 성분(n_B)과 임펄스 잡음 성분(n_I)과의 합으로 나타내어진다.

Mixture 잡음모델의 1차 확률밀도함수는 식 (1)과 같다.

$$f_n(x) = (1-\epsilon)f_B(x) + \epsilon f_I(x) \quad (1)$$

이 식에서 f_B 는 전력 스펙트럼 밀도가 $N_0/2$ 인 AWGN의 확률 밀도 함수이다. 또한, f_I 는 AWGN보다 상대적으로 큰 분산값을 가지는 임펄스 성분의 확률 밀도함수로써, 발생빈도 확률은 $0 \leq \epsilon \leq 1$ 의 범위이다.

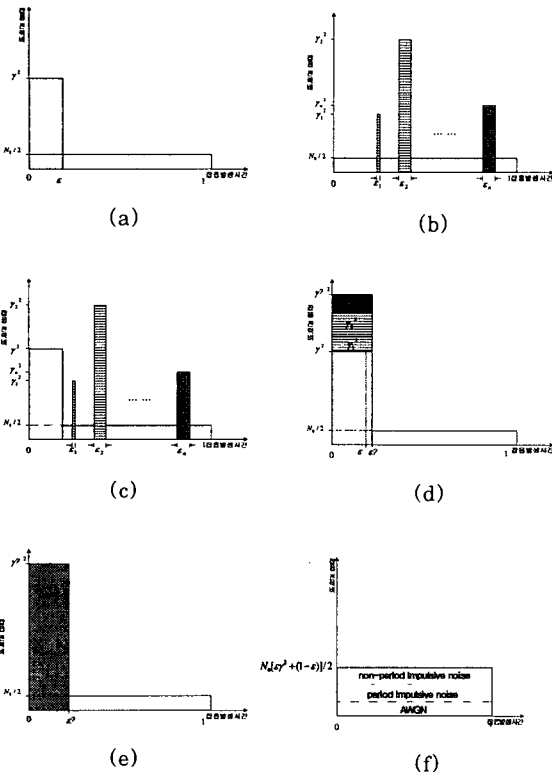
f_B 와 f_I 의 분산 비율은 식 (2)와 같다.

$$\gamma^2 = \sigma_I^2 / \sigma_B^2 \quad (2)$$

여기서 γ^2 은 임펄스의 양을 의미하는 실험 파라미터 값이다. 여기서는, 임펄스 잡음성분이 식 (2)처럼 분산 값이 커짐에도 불구하고, 가우시안 분포와 비슷한 라플라시안 분포 형태로 간주한다.

전체 잡음 분산은 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$\sigma^2 = N_0/2 [(1-\epsilon) + \epsilon \gamma^2] \quad (3)$$



<그림1> 전력선채널의 임펄스 잡음 분석

그림1의 (a)는 잡음 형태 중 주기적인 잡음을 나타낸다. 그림1의 (b)는 다른 유선통신채널과 비교해 전력선 채널의 독특한 특징이라고 할 수 있는 비 주기적인 잡음 형태를 나타낸다. 여기서는 몇 번의 임펄스 잡음이 얼마의 크기(γ^2)로 얼마의 기간(ϵ)동안 발생할지 예측하기 어렵다. 그림1의 (c)는 전력선채널의 잡음 형태를 보여주는 주기+비주기 잡음 형태이다. 여기에서, 시간의 합인 $\epsilon' = \epsilon + \epsilon_1 + \epsilon_2 + \dots + \epsilon_n$ 와 잡음전력의 중첩인 $\gamma'^2 = \gamma^2 + \gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \dots + \gamma_n^2$ 가 성립하여, 그림1의 (d)와 같이 다시 표현될 수 있다. 즉, 그림1의 (d)는 그림1의 (a)에서 ϵ 이 ϵ' 로 늘어나고, γ^2 이 γ'^2 로 커진 형태로 표현될 수 있다.

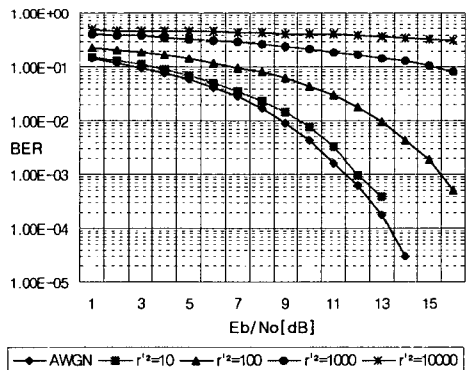
주기적인 임펄스 잡음은 지속 시간 0.1[ms], 크기 0.2[V] 인 형태로 60[Hz]의 1주기인 16.67[ms]마다 한번씩 발생하고, 비 주기적인 임펄스 잡음은 지속시간이 대부분이 0.1[ms]이며, 0.4[ms]인 것이 발생할 때 이 주기는 0.4[ms]에 따라 조금씩 다르나 가전제품의 경우 약 160[V], 200[V]이다.[8]

이 측정값에서 우리는 비 주기적 임펄스 잡음의 발생은 발생기간(ϵ)에는 많은 영향을 미치지 못하나, 잡음전력의 크기(γ^2)에는 지배적인 영향을 끼친다는 것을 유추할 수 있다. 따라서, 그림1의 (e)와 같이 주기+비주기 형태의 잡음특성을 주기적인 잡음에서 시간과 잡음전력이 증가한 형태로 다시 나타낼 수 있을 것이다.

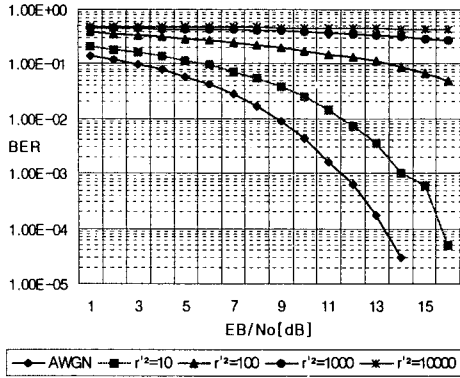
임펄스 잡음 모델링의 전체 잡음 전력은 그림1의 (f)에서처럼 전 확산 구간으로 주기+비주기 잡음이 균일하게 확산되는 그림1의 (e)와 같은 평균잡음전력이다.

이 모델의 가장 큰 장점은 물리적인 측정 양으로 얻어진 파라미터 값으로 특별한 상황에 대해 선택된 값이 아니라는 것이다. 임펄스 잡음 파형의 평균발생빈도, 평균 지속기간, 임펄스 잡음과 AWGN 잡음파형의 파워 비율(γ^2)이 여러 논문에서 각각 달리 적용되어왔다.[2],[3],[4] 본 논문에서는 한번의 임펄스 잡음 지속시간이 16.67[ms]동안 0.1[ms]인 것을 고려하여 임펄스 지속시간의 합(ϵ')의 값을 $0.2/16.67 \approx 0.01$ (한주기에 한번의 주기적인 잡음과 한번의 비주기적인 잡음이 발생했을 경우), $1.6/16.67 \approx 0.1$ (한주기에 한번의 주기적인 잡음과 15번의 비주기적인 잡음이 발생했을 경우)로 적용하였고, 임펄스 잡음의 크기가 white noise 보다 10dB 이상이라는 것, 때때로 40dB 이상이 될 수도 있다는 것을 고려하여 잡음전력의 합(γ'^2)의 값을 10~10000로 적용하였다.

이 임펄스 잡음 모델링을 바탕으로 16QAM CDMA의 BER 성능분석을 할 수 있다.



<그림2.1> $\epsilon' = 0.01$ 일 때, CDMA의 BER 성능



〈그림 2.2〉 $\epsilon' = 0.1$ 일 때, CDMA의 BER 성능

그림 2.1과 그림 2.2에서 보여지는 것처럼 잡음전력 (γ^2)이 10000 즉, 임펄스 잡음의 크기가 white noise 보다 40dB 이상의 크기를 가진 잡음일 경우, 통신이 거의 불가능하였고, 잡음전력 (γ^2)이 1000인 것도 또한 거의 불가능하였다.

두 그림에서 볼수 있듯이, 잡음전력 (γ^2) 뿐만 아니라 임펄스 잡음 발생시간 (ϵ') 또한 BER 성능에 결정적인 영향을 미친다.

3. 결 론

본 논문에서는, 주기 및 비주기 형태의 임펄스에 대하여, 잡음전력의 합 (γ^2)과 임펄스 지속시간의 합 (ϵ')을 이용해 그림 1의 (e)의 형태를 갖는 새로운 주기적인 임펄스 잡음의 형태로 추출하고, 이를 Mixture 잡음 모델링에 적용하였다. 또한, Mixture 잡음 모델링 기법으로 전력선 채널을 모델링하고, 이를 CDMA 방식에 적용하여 비트 에러율을 유도해 봄으로써, 그 유효성을 확인하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] http://www.etimesi.com/news/detail.html?id=200304090233&sr=yes&banner_class=
- [2] J. H. Miller and J. B. Thomas, "The detection of signals in impulse noise modeled as a mixture process," IEEE Trans. Comm., vol. COM-24, pp. 559~563, 1976.
- [3] S. Kapoor, V. P. Telang, J. D. Mills, and M. G. Makhija, "Mitigating impulse noise over HFC network for telephony-over-cable", Proc. GLOBECOM'95, vol. 2, pp. 967~971, 1995.
- [4] B. Aazhang and H. V. Poor, "Performance of DS/SSMA communications in impulsive channels-part I: Linear correlation receivers," IEEE Trans. Comm., vol. COM-35, no. 11, pp. 1179~1183, 1987.
- [5] Diepenbrock, J.C. "Characterization and modeling of cables for high-speed data communications applications," Electronic Components and Technology Conference 1999, 1999 Proceedings 49th, pp. 530~534, 1999
- [6] .Arafiles, V.P, Valdez, I " Power line noise effects and new radio noise models "Electromagnetic Compatibility", 1993. Symposium Record, 1993 IEEE International Symposium on , pp. 51~52, 1993
- [7] R. M. Vines, H. J. Trusell, L. J. Gale, "Noise on Residential Power Distribution Circuits", IEEE Trans. on electromagnetic Compatibility, vol. EMC-26, No.4, 1984
- [8] 이정훈, 서종완, 이종주, 신명철, 성낙환 "전력선통을 위한 채널 특성분석" 대한전기학회 2000 하계학술대회 논문집, pp.561~563, 2000