

선형 주기적 시변 전력선 채널의 측정 및 분석

이한별¹, 김경희¹, 김용화², 김성철¹
¹서울대학교 전기컴퓨터공학부
²한국 전기연구원

e-mail : {hblee, khkim, sckim}@maxwell.snu.ac.kr, yongkim@keri.re.kr

Measurement and Analysis of In-home Linear Periodically Time-variant Powerline Channel

Han-Byul Lee¹, Kyong-Hoe Kim¹, Yong-Hwa Kim², Seong-Cheol Kim¹

¹School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

²Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Indoor power-line channel response exhibits a time-varying behaviour with a two fold nature. The first one is the traditional long-term variation caused by the connection and disconnection of electrical devices. The second one is the short-term variation, synchronous to the mains, whose origin is the dependence of the impedance presented by electrical devices on the mains voltage. In this paper, a statistical analysis of cyclo-stationary channel properties obtained from a measurement campaign performed at different scenarios is given.*

I. 서론

기존의 전력선 채널 연구에서는 옥내환경에서 전력선의 광대역 채널 측정을 할 때 선형 시 불변(Linear Time-Invariant) 채널 모델을 가정하였다 [1]. 이에 의하면 가전기기나 전력선 환경을 구성하는 요소의 연결 또는 연결 해제에 따른 채널 함수의 변화를 얻어 낼 수 있었다. 즉, 채널의 긴 시간 동안의 변화(long-term

variation)를 분석한 것이다.

그러나 60Hz, 220V 실효값의 전력을 사용하는 가전기기의 임피던스 변화에 따라서 짧은 시간 동안의 변화(short-term variation)을 분석할 수 있다. 이러한 변화는 1/60Hz 내에서 주기적으로 변화하는 성질을 갖기 때문에 채널 응답을 주기적인 선형 시변(Linear Periodically Time-varying) 시스템으로 모델링 할 수 있다. 본 논문에서는 채널 응답의 주기적인 짧은 시간 동안의 변화(cyclic short-term variation) 특성을 분석하고자 한다. 이를 위해서 제한된 환경, 가정환경, 사무실 환경에서 채널 측정 실험을 수행하여 그 결과를 도시하고 결과에 대한 확률적 분석을 하였다.

II. 시스템 모델

옥내 전력선 채널의 응답을 측정하기 위한 시스템의 구성도는 다음의 그림 1과 같다.

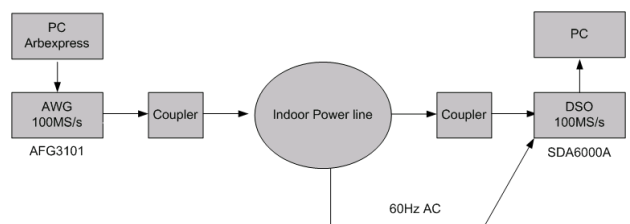


그림 1. 전력선 채널 측정 시스템의 구성도

* 본 논문은 Brain Korea 21 사업의 지원으로 작성되었음

본 논문에서는 신호 발생기와 디지털 오실로스코프를 이용하여, 임의의 직교 주파수 분할 다중화 (OFDM) 신호를 주고 받아 채널을 측정하였다. 먼저, Matlab 프로그램을 이용하여 생성된 OFDM 신호를 고속 역 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)을 하여 시간 영역의 신호로 바꿔준다. Matlab 프로그램에 의해 생성한 신호는 Arbexpress라는 소프트웨어에 의해서 임의의 파형 발생기 AFG3101에 출력하게 된다. 전력선 측정 대역인 50MHz의 대역을 커버하기 위한 신호를 전송하기 위해서 100MHz로 샘플링을 한다. 이때, 커플러는 전력선에 신호를 실어줄 수 있도록 하는 필터 역할을 한다. 전력선을 통해 송신된 신호는 수신단의 커플러를 거쳐서 DSO(Digital Sampled Oscilloscope)에 시간 영역의 신호로 나타나게 된다. 또한 60Hz, 220V 실효값에 대한 주기적인 채널 응답의 변화를 보기 위해서 전력선의 교류 파형을 200:1 프로브로 변환하여 함께 나타낸다. 본 논문에서는 오실로스코프를 이용하여 160ms 동안의 수신 신호 한 번에 저장하였다. 이렇게 저장된 수신 신호를 PC로 옮겨 데이터 처리 후 채널 응답을 얻게 된다.

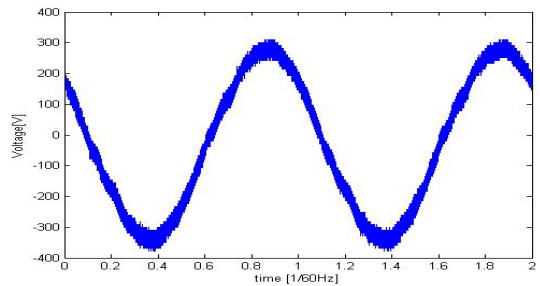
III. 측정 결과 및 분석

그림 3은 가정 환경 내에서 수신단 근처에 휴대폰 충전기와 같은 부하원이 연결되어 있을 때, 채널의 주파수 응답을 측정한 결과를 보여준다. 각각의 그림에서 (a)항목은 전력선의 교류 전력에 따른 채널 응답의 변화를 보기 위해 수신 신호와 같은 위치, 같은 시간에 교류 전력을 출력하여 나타낸 것이고 (b)항목은 채널 주파수 응답의 짧은 시간 동안의 주기적인 변화(cyclic short-term variation)를 보기 위한 3차원 그래프의 평면도라고 할 수 있다. 이는 한 번에 측정된 파일로부터 데이터 처리과정을 거쳐서 교류전력의 60Hz 2주기 동안을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 60Hz 한주기 동안에 채널의 2가지로 변화하는 것을 알 수 있다.

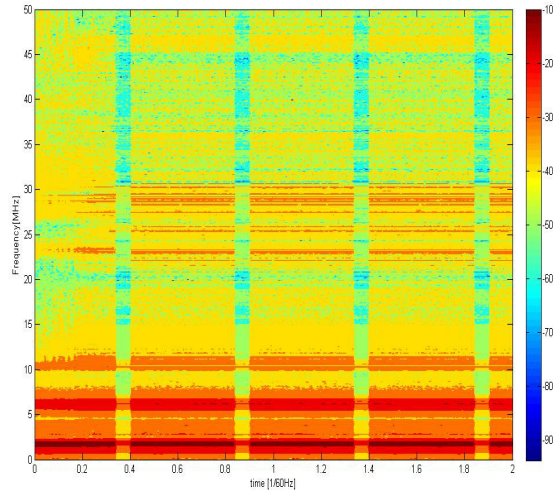
측정 결과에서 상용 전력 신호의 변화와 비교해 보았을 때 최대 피크값, 최소 피크값 부근에서 주기적인 변화를 가져왔다. 이러한 관계는 다음과 같은 식에 의해 표현할 수 있다.

$$H(t, f) = \begin{cases} H_{narrow}(f), & \text{if } |v(t)| \geq V_{th} \\ H_{wide}(f), & \text{if } |v(t)| < V_{th} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $v(t)$ 는 상용 교류 전력의 전압값을 말하며 V_{th} 는 피크값에 가까운 문턱 전압값(threshold voltage)을 말한다. 또한 'narrow'와 'wide'는 각각 채널의 주파수 응답에서 좁은 영역의 부분과 넓은 부분의 응답을 말한다.



(a) 교류 파형



(b) 시간에 따른 채널의 주파수 응답
그림 2. 측정된 채널의 주파수 응답

채널 응답의 변화가 60Hz의 주기의 일정한 패턴에 따라 변화한다는 사실을 측정 결과를 통해 알아낼 수 있었고, 이를 선형 주기적 시변 특성으로 결론내릴 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 옥내환경에서 광대역 전력선 채널의 특성을 살펴 보았다. 이를 위해 임의의 직교 주파수 분할 다중화 신호를 생성하고 상호 상관 특성을 이용하여 0에서 50MHz까지의 주파수 대역에 대한 채널의 응답을 보았다. 60Hz의 상용 전력 신호에 대해서 가전기구나 부하의 임피던스가 변하게 되고, 이에 따라 채널 응답이 주기 정상적인 변화 특성을 가짐을 측정을 통해 확인 해 보았다.

참고문헌

[1] M. Zimmermann and K. Dostert, " A multipath model for the powerline channel," *IEEE Trans. Commun.*, pp. 553-559, Apr. 2002.