

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.145.111>

JIIBC 2014-5-15

## 전력선 통신 채널에서 직류전원 공급장치의 간섭 영향

### Effect of Interference from DC Power Supply on Power Line Communication Channel

김성언\*, 전태현\*\*

Sungeon Kim\*, Taehyun Jeon\*\*

**요약** 전력선 통신은 전기를 사용할 수 있는 어느 곳에서든지 데이터 전송 네트워크를 구축하기 위해 사용할 수 있다. 이러한 종류의 통신 시스템은 스마트 그리드와 홈 네트워크를 포함한 다양한 적용 분야에서 네트워크 구축을 위한 기반으로 제공된다. 반면에 전력선 통신은 다양한 종류의 간섭과 잡음에 취약하다. 또한 네트워크에 연결된 전기적 부하의 양과 종류에 따라 전력선 통신 채널의 특성이 지속적으로 변화한다. 특히 일상생활에서 스마트 기기의 폭발적인 증가에 의한 직류전원 공급장치의 사용이 증가함에 따라 전력선 통신 채널의 간섭 영향이 증가한다. 본 논문에서는 실험을 통하여 직류전원 공급장치의 동작에 따른 전력선 통신 채널의 영향과 데이터 전송 성능을 분석한다.

**Abstract** Power line communications can be utilized to build up the data transmission network wherever the electricity is available. This type of communication system could provide a basis for the network construction in many application areas which include the smart grid and home networks. On the other hand the power line communication is vulnerable to various types of interferences and noises. Also, its channel characteristics are constantly changing depending on the type and the amount of electrical loads connected to the network. Especially, the usage of DC power supply has been increased due to the explosive expansion of smart devices in our daily lives which result in the increased level of interferences on the power line channel. In this paper, the effect of the operation of the DC power supplies on the channel characteristics and the data transmission performance is analyzed through the experiments.

**Key Words :** Power Line Communication, DC Power Supply, Smart Device, Home Network.

#### I. 서 론

전력선 통신은 전력선을 데이터 전송 매체로 활용하여 데이터를 송수신하는 기술로서 전기를 사용할 수 있는 어느 곳에서나 네트워크에 접근할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 장점을 제공하는 전력선 통신 시스템에서

신뢰도 높은 데이터 송수신 환경을 확보하기 위해서는 효과적인 통신 방식의 선택과 채널의 특성에 대한 정확한 이해가 필수적으로 요구된다. 최근 전력선 통신은 광대역을 사용하여 데이터 전송량을 증가시키고자 하는 추세이다.

전력선 통신 채널은 다른 통신방식에 비하여 시간에

\*정회원 기초전력연구원

\*\*정회원 서울과학기술대학교 전기정보공학과 (교신저자)

접수일자 : 2014년 9월 11일, 수정완료 : 2014년 10월 1일

게재확정일자 : 2014년 10월 10일

Received: 11 September, 2014 / Revised: 1 October, 2014

Accepted: 10 October, 2014

\*\*Corresponding Author: thjeon@seoultech.ac.kr

Dept. of Electrical and Information Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea

따른 전력 부하량에 따라서 변동이 큰 특성을 가지고 있다<sup>[1]</sup>. 또한 전력선통신은 선로정수가 불규칙적이며 변동하기 쉽기 때문에 주파수 영역에서 다양한 형태의 이득변화가 발생되며 이는 주파수 선택적 페이딩의 형태로 나타난다. 주파수 선택적 특성은 전송 선로의 길이에 따른 신호의 감쇠 및 신호의 왜곡으로 나타난다. 이러한 채널 왜곡 특성의 원인으로는 전력선 네트워크의 분기 를 포함한 다양한 물리적 연결 방법에 따른 신호의 송수신 단간 도달시간의 차이와 주파수별 전달특성이 상이한 부하의 임피던스 등이 존재이다. 이는 수신단에서 송신 데이터의 복원을 어렵게 하는 하나의 요소로 작용한다. 이로 인하여 발생되는 채널 변동 특성들은 통신시스템의 채널 대역폭, 변조 방법, 오류정정부호 등의 주요 복록 설계시에 반드시 고려되어야 할 사항 중에 하나이다.

최근 주목을 받고 있는 스마트 기기를 포함한 많은 기기들이 전력선 통신 네트워크상에서 직류전원 공급장치를 기반으로 동작한다. 특히 가정용, 휴대용 전기기기의 충전을 위한 직류 전원 공급장치에 대한 사용량의 급증으로 인하여 전력선 통신 기반의 홈 네트워크는 교류를 직류로 변환 시에 수반되는 간섭과 잡음에 대한 영향에 노출되어 있다. 직류전원 공급장치가 내장된 기기로 인해 전력선 통신 채널은 시간에 따라 채널이 수시로 변동한다. 이러한 직류전원 공급장치 중 일반적으로 많이 사용하는 방식의 하나로서 고속 스위칭 소자를 이용한 스위칭 모드 파워 서플라이가 존재한다. 이는 반도체의 집적화 기술로 전원장치를 소형화하여 경량화할 수 있기 때문에 가장 일반적인 전원장치로 사용하고 있다. 그러나 스위칭 방식의 전원공급장치는 리플 및 잡음 성분을 발생시키고, 스위칭 주파수가 높아짐에 따라 고조파의 방사 및 전도성 잡음을 방출하는 단점이 있다<sup>[2-5]</sup>.

본 논문에서는 전력선을 통신채널로 이용하는 홈 네트워크 시스템에서 스마트 모바일 기기의 충전 및 전원용으로 사용되는 직류전원 공급장치 중 스위칭 모드 파워 서플라이의 동작으로 인하여 발생되는 간섭 및 잡음이 전력선 통신채널에 미치는 영향 및 특성을 실험을 통하여 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 절에서는 실험을 위해 사용되는 전력선통신 채널의 주파수 특성과 성능 측정을 위해 구성한 시스템의 구성 요소를 설명한다. III 절에서는 실험에서 사용되는 성능 측정 방법과 실험 결과를 분석한 뒤 마지막으로 결론을 맺는다.

## II. 시스템 구성

직류전원 공급장치의 동작이 전력선 통신의 데이터 전송 네트워크에 미치는 영향을 분석하기 위하여 먼저 무부하 상태의 전송 선로의 특성을 주파수와 송수신단 간 거리에 따라 네트워크 분석기를 이용하여 측정한다. 일반적으로 전력선을 사용하여 신호를 전송하는 경우 주파수 선택적인 감쇠 특성으로 인해, 전송 성능은 수 MHz 이상에서부터 주파수가 증가할수록 감쇠하는 특성을 나타낸다. 주파수 증가와 거리에 따른 데이터 전송 실험을 위해 준비한 전력선 통신 채널의 감쇠를 실험적으로 측정하였으며 그 결과는 그림 1에 나타나 있다.

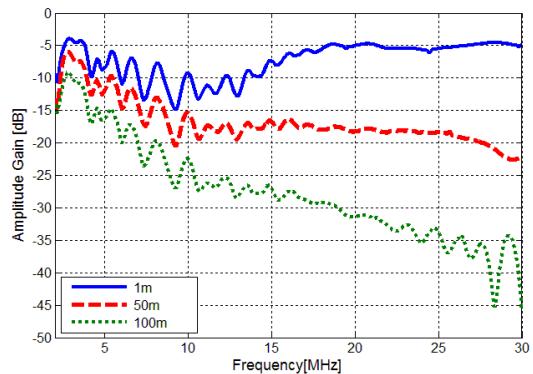


그림 1. 주파수와 거리에 따른 전력선통신 채널 특성

Fig. 1. Power Line Channel Characteristic as a Function of Frequency and Distance

무부하 상태를 가정하여 송신단과 수신단의 거리를 1m, 50m 및 100m로 지정하여 측정하였으며 그 결과로서 주파수 및 거리의 증가에 따른 전력선통신 채널 신호 감쇠 곡선을 관찰할 수 있다. 송신단과 수신단 사이의 거리가 멀어질수록, 주파수가 증가함에 따라 신호의 감쇠가 상대적으로 증가함을 확인할 수 있다.

직류 공급전원장치의 동작과 부하량에 따른 전력선통신 채널의 영향을 측정하기 위하여 그림 2와 같은 실험 시스템을 구성하였다. 직류전원 공급장치(SMPS)와 이것에 연결된 직류 전원을 사용하는 부하(Load)가 전력선에 연결되어 있으며 전력선을 통한 데이터 전송을 위하여 송신 및 수신장치(PLC Modem)가 네트워크에 접속되어 있다. 네트워크에 연결되어 간섭으로 작용하는 부하량에 따른 전력선 통신의 데이터 전송속도 측정을 위하여 송신단(Tx)과 수신단(Rx)을 구별하여 동일한 채널을 관찰할 수 있도록 실험장치를 구성한다.

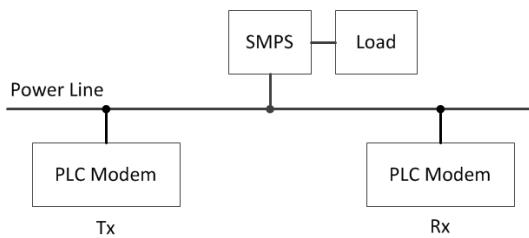


그림 2. 성능 측정을 위한 시스템 구성  
 Fig. 2. System Configuration for Performance Measurement

실험을 위해서 고속 전력선통신용 모뎀은 2~23MHz 대역을 사용하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술이 적용된 단상 220V용 모뎀을 사용하였다<sup>[6-7]</sup>. 전력선통신 모뎀의 데이터 전송속도를 측정하기 위한 PC 전원은 실험장치에 미치는 부하 임피던스 변동의 영향을 최소화하기 위해 접지형 노출 콘센트를 활용하여 성능 측정을 위한 시스템에 공급되는 전원과 분리하였다.

### III. 실험 및 결과

데이터 전송 네트워크의 성능을 측정하기 위한 PC와 전력선통신 모뎀은 TCP/IP로 연결하였으며, 전력선 통신의 데이터 전송속도 측정은 PC 기반의 네트워크 성능 측정 프로그램을 이용하였다. 직류전원 공급장치의 부하량 변화를 위하여 직류전원 공급장치와 이와 연결된 스마트 기기의 수량을 증가시켜 실험하였다. 실험에서는 최대 16대까지 적용하여 고속 전력선통신 주파수 대역인 2~30MHz에서의 채널이득감쇠를 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 그림 3과 같이 구성하여 측정하였다.

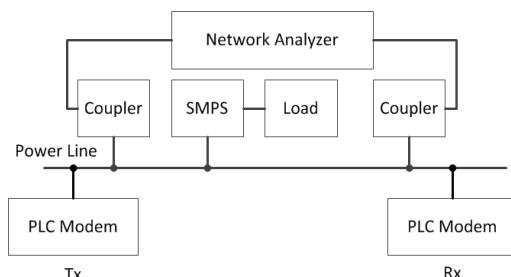


그림 3. 채널 특성 측정을 위한 시스템 블럭도  
 Fig. 3. System Block Diagram for Measurement of Frequency Characteristics of Channel

직류전원 공급장치의 부하량 증가에 따른 상대적 데이터 전송속도를 비교하기 위하여 직류전원 공급장치의 대수를 증가시켜며 전송속도를 측정하였다.

직류전원 공급장치가 증가함에 따라 스마트 기기로 이루어진 부하량도 선형적으로 증가함을 가정한다. 무부하의 전송속도를 기준으로 직류전원 공급장치의 대수 증가에 따른 상대 데이터 전송속도는 그림 4에 나타난다. 직류전원 공급장치의 수가 늘어날수록 상대적으로 데이터 전송속도가 감소함을 확인할 수 있다.

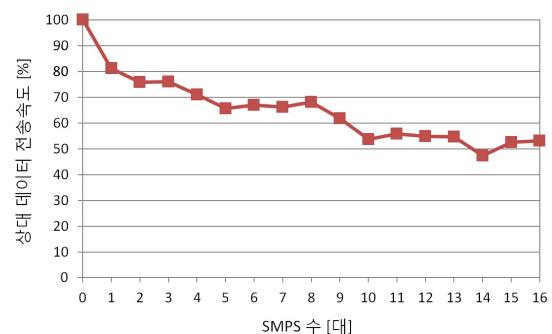


그림 4. 직류전원 공급장치의 부하량에 따른 데이터 전송속도 비교  
 Fig. 4. Comparison of Data Rate for Varying Amount of Load Connected to DC Power Supply

직류전원 공급장치의 부하량 증가에 따른 채널 특성을 관찰하기 위하여, 무부하의 경우와 직류전원 공급장치의 대수가 3, 10, 16대인 경우 데이터 전송 대역에서의 채널 이득을 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였으며 그 결과가 각각 그림 5~8에 나타난다.

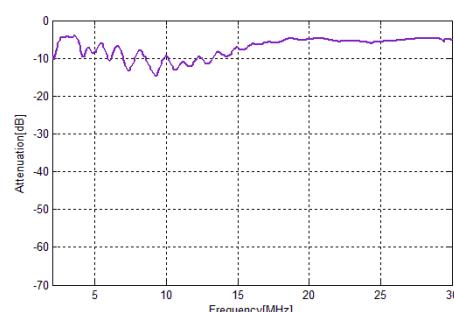


그림 5. 채널의 주파수 특성 (무부하)  
 Fig. 5. Frequency Characteristics of Channel (No load)

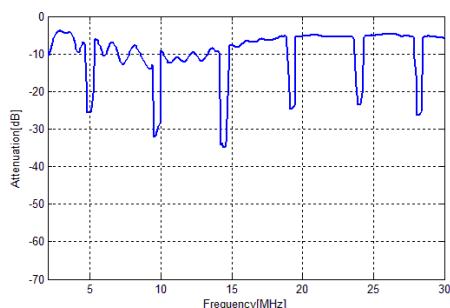


그림 6. 채널의 주파수 특성 (3대)

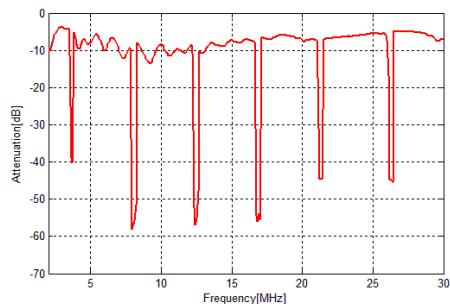
Fig. 6. Frequency Characteristics of Channel  
(3 DC Supplies)

그림 7. 채널의 주파수 특성 (10대)

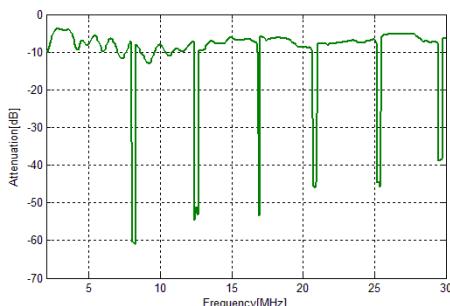
Fig. 7. Frequency Characteristics of Channel  
(10 DC Supplies)

그림 8. 채널의 주파수 특성 (16대)

Fig. 8. Frequency Characteristics of Channel  
(16 DC Supplies)

실험결과로부터 직류전원 공급장치에 의하여 전력선 통신 채널에서 신호의 고조파 잡음으로 인한 간섭이 주파수 영역에서 발생함을 관찰할 수 있다. 또한 직류전원 공급장치의 수량이 증가할수록 특정 주파수 대역에서의 채널의 대역의 이득감쇠가 증가하며 이로 인하여 데이터 전송 속도도 감소함을 실험을 통하여 관찰할 수 있다.

이는 직류전원 공급장치의 증가, 다시 말하면 이와 연결된 부하량의 증가로 인하여 채널에 미치는 간섭의 영향이 증가되며 이로 인하여 네트워크에 접속된 데이터 송수신 장치의 전송 성능에 미치는 영향이 증가하는 것을 알 수 있다.

## IV. 결 론

본 논문에서는 전력선을 통신채널로 이용하는 홈 네트워크 시스템에서 최근 스마트 모바일 기기를 위한 충전 및 전원 공급 장치의 동작이 전력선 통신 채널에 미치는 영향을 실험적 관찰을 통해 분석하였다. 이를 위하여 홈 네트워크 환경의 모의실험 장치를 구성하고 주파수 특성의 변화에 따른 전력선 통신 기반 데이터 송수신 장치의 성능을 실험적으로 측정 및 분석하였다. 실험 결과 직류 전원 공급장치의 동작은 전력선통신 채널에서 특정 주파수 대역에서 간섭원으로 작용하며 이로 인하여 해당 주파수 대역의 이득이 감소하고 전체 네트워크의 데이터 전송 성능이 저하됨을 관찰할 수 있다. 이러한 간섭의 영향은 네트워크에 연결된 부하량이 증가함에 따라 증가하며 이로 인하여 전력선 통신 채널의 성능도 함께 열화됨을 관찰할 수 있다.

## References

- [1] J. Kim, J. Cha, S. Kim, J. Lee, J. Kim, C. Lee, E. Kim, "Broadband Transmission Characteristics for Power-Line Channels," The Journal of The Institute of Webcasting, Internet Television and Telecommunication Vol. 9 No. 3, 2009, pp. 193-199.
- [2] Z. Tao, Y. Xiaoxian, Z. Baohui, "Broadband Transmission Characteristics for Power-Line Channels," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21, No. 4, October, 2006, pp. 1905- 1910.
- [3] M. Gotz, M. Rapp, K. Dostert, "Power Line Channel Characteristics and Their Effect on Communication System Design," IEEE Communications Magazine, Vol. 42, No. 4, April, 2004, pp. 78-86.
- [4] Y. Kim, J. Bae, J. Kim, "Performance of Equalizer Schemes in Power Line Communication Systems

for Automatic Metering Reading,” The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, Vol. 11, No. 1, 2011.

- [5] M. Chan, “Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intrabuilding Power-line Communication,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 34, No. 2, pp. 321–326, 1988.
- [6] L. Hao, J. Guo, “A MIMO-OFDM Scheme over Coupled Multi Conductor Powerline Communications Channel,” IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, March, 2007.

- [7] F. Muhammad, J. Baudais, J. Helard, M. Crussiere, “Coded Adaptive Linear Precoded Discrete Multitone over PLC Channel,” IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, Korea, 2008.

## 저자 소개

김 성 언 (Sungeon Kim)



- 2012년 : 서울과학기술대학교 전기 공학과 졸업(학사)
- 2014년 : 서울과학기술대학교 산업 대학원 전기공학과 졸업(석사)
- 1997년 ~ 현재 : 기초전력연구원 연구관리팀 팀장

<관심분야: 전력선통신 시스템, 홈 네트워크, 스마트그리드>

전 태 현 (Taehyun Jeon)



- 1989년 : 연세대학교 전기공학과 졸업(학사)
- 1993년 : 미네소타대학교 전기공학과 대학원 졸업(석사)
- 1997년 : 미네소타대학교 전기공학과 대학원 졸업(박사)
- 1997년 ~ 1998년 : Motorola 연구원
- 1998년 ~ 2001년 : Texas Instruments 연구원
- 2002년 ~ 2005년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
- 2005년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전기정보공학과 교수

※ 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.