

# 지중전력선 통신채널 측정에 의한 특성해석

신동환·최정연·이승준·우희곤·신재호·엄기환

동국대학교

## The Analysis of Underground Power Line Communication Channel Characteristics by Measurements

Dong-Hwan Shin·Jeong-Yeon Choi·Seung-Jun Lee·Hui-Gon Woo·Jai-Ho Shin·Ki-Hwan Eom

Dongguk University

E-mail : kihwanum@dongguk.edu

### 요 약

본 논문에서는 광대역 전력선 통신 모듈 및 네트워크 기술개발을 위하여 실측 실험을 통한 지중 전력선 통신채널의 특성을 해석한다. 지중 배전선로의 길이 및 구조물에 따른 지중 배전선로 광대역 전력선통신 채널상의 감쇠 량을 측정하기 위해 신호발생기, 스펙트럼 분석기, 비접촉식 커플러 등을 이용하여 채널 측정 시스템을 구성하였다. 실증시험은 시험선로 내 단일 선로로서 가장 긴 고압 선로 두 곳을 선택하여 채널상의 노이즈 측정 및 신호감쇠 레벨을 측정하였다. 측정결과 통신성능을 매우 떨어뜨릴 수 있는 임펄스 노이즈가 존재하는 것을 확인하였으며, 장거리 선로의 경우 선로 길이에 의한 고주파 감쇠가 나타나는 것으로 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, a broadband power line communication modem and network technology to develop tests with actual characteristics of the underground power line communication channel to be interpreted. Length and structure of the underground distribution line due to underground distribution line to the broadband powerline communication channels to measure the amount of attenuation on the signal generator, spectrum analyzer, such as contactless coupler was used to configure the channel measurement system.

Demonstration tests in the test line as a single line by selecting the longest high-voltage lines where the two-channel measurement and signal attenuation on the noise level was measured. Measuring results degrade communication performance can be quite sure that was the presence of impulse noise, long lines, the line length was confirmed by the high-frequency attenuation appears.

### 키워드

광대역 전력선 통신 모듈, 지중 전력선 통신채널, 지중 배전선로, 임펄스 노이즈, 채널 모델링

## 1. 서 론

전력선 통신기술이라고 하면 가공 전력선을 전송매체로 한 통신방식을 말한다. 그렇게 정의된 것은 아니나 그런 공감대는 형성되어 있는 것이다. 고압 전력선이든 저압 인입선이든 가공 전력선을 전제로 연구개발 실험시험을 해 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다. 서비스 경쟁력이 기대되는 전력선 통신 홈 네트워크를 전제로 할 때는 물론 구내 배전망을 전송로로 한 것이지만 위낙 단거리 구간이라 전송특성에 대한 연구보다도 주위 환경 잡음영향에 대한 실험·시험을 주로 시

행해 왔다 [1].

지금까지 전력선 통신에 관한 연구도 가공 전력선이나 구내전선을 전송매체로 활용하는 것을 전제로 해 온 것이며, 고압 전력선이든 저압 인입선이든 가공 전력선을 전제로 연구해 왔다고 볼 수 있다 [2]. 가공전력선이 아닌 중성선이나 지중선이나 다른 전력선을 전송매체로 해 보려는 시험연구는 흔하지 않다. 더구나 지중 전력선을 전송매체로 연구한 사례는 별로 없으며 구라파에서 시험연구보고가 다소 있으나 지중 전력선의 구조가 우리나라와 것과 전혀 달라서 참고가 별로 되지 못한다. 고주파 전송 특성 면에서는 옥외 노출

된 가공 전력선을 이용할 때와 지중의 폐쇄된 공간에 밀집된 지중 전력선을 이용할 때는 전혀 다를 것이기 때문이다. 또한 빌딩내의 구내 전선망의 경우에도 전혀 다른 특성을 가지고 있다. 그러므로 우리나라에서 구축운동중인 지중 전력선을 대상으로 하는 전력선 통신 채널 특성을 조사하기위한 시험 측정 연구는 필요하다.

서비스 경쟁력이 기대되는 전력선 통신 홈 네트워크를 전제로 할 때는 구내 배전망을 전송로로 한 것도 있지만 구내망은 지중 전력망과는 그 차원이 다른 것이라 참고 될게 별로 없다 [3]. 한편 구내망에 대한 전송특성 연구도 주위 환경 잡음과 영향에 대한 실험 시험을 주로 시행해 온 것이다 [4-5]. 따라서 지중 전력선을 대상으로 한 전력선 통신 연구도 현장 시험 실험 중심으로 시행하고 있으며, 이제 처음 시도해 보는 것으로 가장 초보적일 수밖에 없고 우선 시험 실험연구를 먼저 하면서 향후 연구개발 집중분야를 모색해 본다.

## II. 지중 전력선 통신 채널 측정 시스템

고압 지중배전선로 전력선통신 채널의 신호 감쇠량 측정을 위한 시스템 구성은 그림 1과 같다. 그림에서 신호 발생기(Agilent 33250A) 및 스펙트럼 분석기(Agilent E7402A)를 각각 시작점(풍림 #18 및 #67)과 종점(풍림 #19 및 #70)에 설치하였으며 모두 B상을 사용하였다. 또한 노이즈 측정에는 스펙트럼 분석기만을 사용하였다.

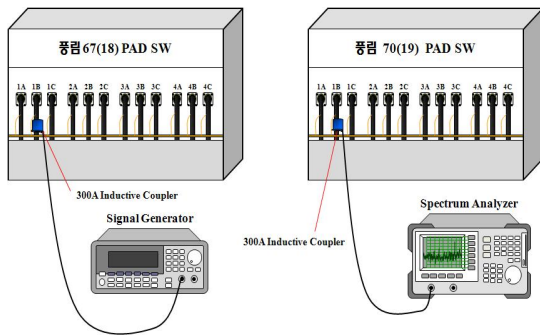


그림 1. 실제 실증 시험 선로상 고압 지중배전선로 채널측정 시스템 구성

신호 발생기 및 스펙트럼 분석기의 설정값은 표 1과 같다.

표 1. 신호 발생기 및 스펙트럼 분석기 설정값

장 비	구 분	내 용
EMC Analyzer (Agilent E7402A)	Frequency Range	1MHz ~ 50MHz
	Y Axis Unit	dBm
	Atten.	10dBm
	RAW	120kHz
	VBW	300kHz
	No. of Points	491
Function Generator (Agilent 33250A)	Frequency Range	1MHz ~ 50MHz
	Waveform	Sine
	Amplitude	0dBm, 20dBm
	Sweep Time	30sec

## III. 지중 전력선 통신 채널 측정 실험 및 검토

실제 고압 지중배전선로 전력선통신 채널 측정은 그림 2와 같이 경기도 안산시 초지동에 위치한 총 둘레 5.67km의 실증 시험선로에서 수행하였다. 실증 시험선로 내 계통은 개폐기 106대, 변압기 111대로 구성되어 있으며, 수용가는 학교나 아파트 단지 등과 같은 고압 수용가, 전원주택이나 공원 등과 같은 저압 수용가, 고압과 저압을 혼용하여 사용하는 상업지구 등으로 구성되어 있다.



그림 2. 지중 전력선통신망 구축 및 채널 측정을 위한 실증 시험선로

고압 지중배전선로에 대한 채널측정은 실증 시험선로 내에서 단일 선로로서 가장 긴 고압 선로 두 곳을 선택하여 채널상의 노이즈 측정 및 신호 감쇠 레벨을 측정하였다. 그림 3과 4는 채널측정을 수행한 고압 지중배전선로의 계통 및 설비 위치를 나타낸다. 첫 번째 시험선로는 325mm<sup>2</sup> CNCV 케이블을 사용하는 풍림 67 SW(개폐기)와 풍림 70 SW사이로 길이는 약 804m이며 선로 중간에 5개의 맨홀이 존재한다. 두 번째 시험선로는 60mm<sup>2</sup> CNCV 케이블을 사용하는 풍림 18 SW와 풍림 19 SW사이로 길이는 약 618m이며 첫 번째 선로와 마찬가지로 선로 중간에 5개의 맨홀이 존

재한다.

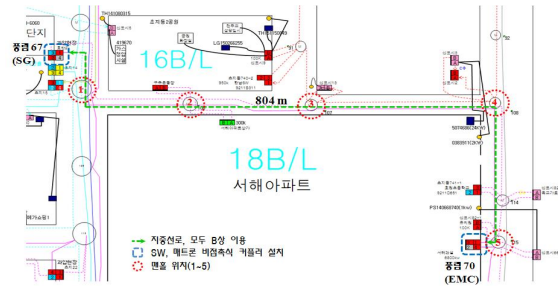


그림 3. 채널 측정용 첫 번째 고압 장거리 지중 배전선로 계통 및 설비 위치(총804m)

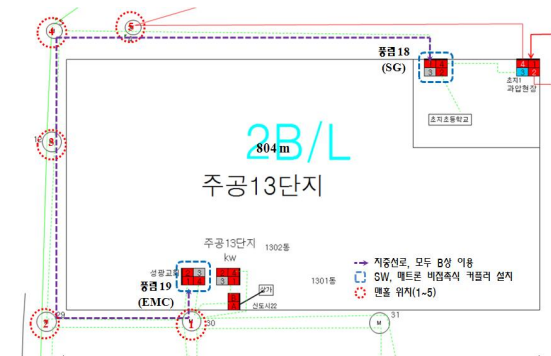


그림 4. 채널 측정용 두 번째 고압 장거리 지중 배전선로 계통 및 설비 위치(총618m)

이 맨홀에서는 케이블의 직선접속이 이루어지며, 이러한 케이블 직선접속은 그림 5와 같이 3상(Phase)을 직선접속 후 중성 선을 함께 모아 접지를 수행하는 형태로 이루어진다. 비접촉식 커플러를 이용하여 케이블 외피에 커플링할 경우 전력 선통신 신호는 케이블 내 상(Phase)선과 중성 선에 실리게 되는데 직선접속이 이루어지는 지점에서 중성 선에 실리는 신호가 접지 혹은 다른 상의 중성선과 같은 분기로 빠져나갈 수가 있다.

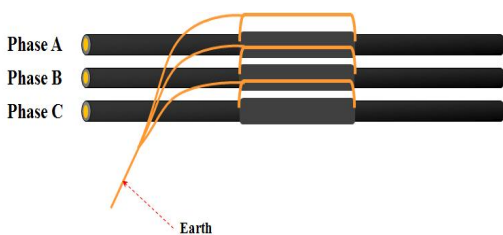


그림 5. 케이블 직선접속 형태

그림 6은 SW #67과 #70 사이 804m에서 나타나는 채널특성을 보여준다. 검은 선은 SW #70 B상에서의 노이즈 레벨, 붉은 선은 SW #67 B상의 신호 발생기에서 0dBm 신호를 송신하였을 때 SW #70 B상에서 신호 레벨, 파란 선은 SW #67

B상의 신호 발생기에서 20dBm 신호를 송신하였을 때 SW #70 B상에서 신호 레벨을 각각 나타냈으며, 모두 Max Hold값이다. SW #70번에서 노이즈 레벨이 매우 크게 나타났으며 임펄스 노이즈임을 확인하였다. 커플러 감쇠를 포함해 SW #67과 #70 사이에서 최소 35dB 이상의 감쇠가 나타나는 것을 확인되었으며, 20dBm 신호를 송신하였을 때 스펙트럼 분석기를 이용하여 확인결과 약 20MHz까지 수신신호를 확인할 수 있었다. 이는 선로 길이가 길어지며 나타난 고주파 감쇠로 인해 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

순시 값으로 측정하였을 때의 노이즈 레벨은 그림 7의 파란선과 같은 형태로 나타나며, 임펄스 노이즈가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 임펄스 노이즈의 신호 크기가 크게 매우 빠른 주기로 나타날 경우 모뎀의 통신성능을 매우 떨어뜨릴 수 있다.

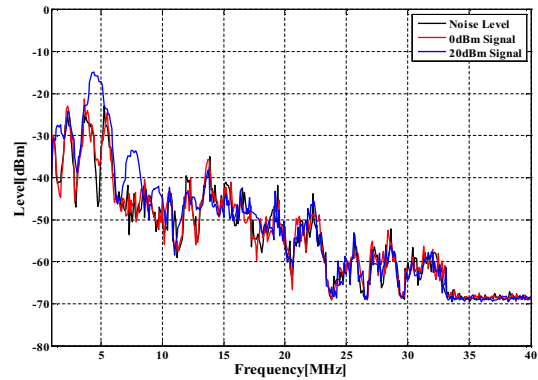


그림 6. SW #70에서 노이즈 및 신호감쇠 측정 결과

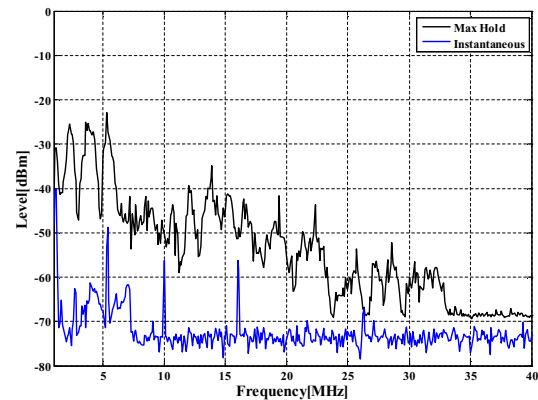


그림 7. SW #70에서 Max Hold 및 순시 값 노이즈 측정 데이터

그림 8은 SW #18과 #19 사이 618m에서 나타나는 채널특성을 보여준다. 검은 선은 SW #19 B상에서의 노이즈 레벨, 붉은 선은 SW #18 B상의 신호 발생기에서 0dBm 신호를 송신하였을 때 SW #19 B상에서 신호 레벨, 파란 선은 SW #18

B상의 신호 발생기에서 20dBm 신호를 송신하였을 때 SW #19 B상에서 신호 레벨을 각각 나타냈으며, 모두 Max Hold값이다. SW #19에서 나타난 노이즈는 고압 전력선통신 채널에서 일반적인 나타나는 노이즈 레벨로, SW #70번에서 측정된 노이즈 레벨에 비해 매우 작게 나타났으며 임펄스 노이즈가 없음을 확인하였다. 커플러 감쇠를 포함해 SW #18과 #19 사이에서 최소 47dB 이상의 감쇠가 나타나는 것을 확인되었으며, 20dBm 신호를 송신하였을 때 스펙트럼 분석기를 이용하여 확인결과 약 27MHz까지 수신신호를 확인할 수 있었다. 이는 앞선 경우와 마찬가지로 선로 길이가 길어지며 나타난 고주파 감쇠로 인해 나타나는 현상으로 볼 수 있다. SW #18과 #19 사이의 채널에서는 임펄스 노이즈가 나타나지 않아 순시 값으로 측정하였을 때의 노이즈 레벨은 나타내지 않았다.

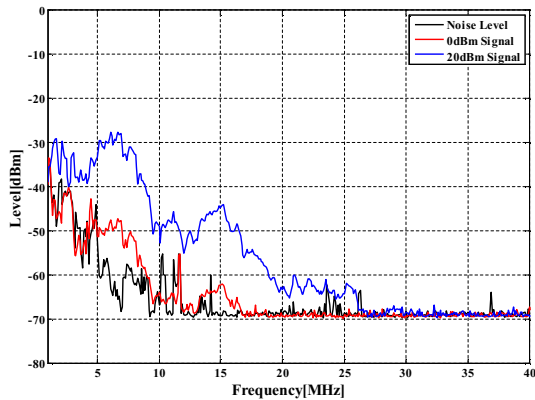


그림 8. SW #19에서 노이즈 및 신호감쇠 측정 결과

두 고압 선로에서의 측정 결과 선로의 길이가 길어지면 길어질수록 고주파 감쇠가 커지는 것을 알 수 있다. 전력선통신 채널 상에서 나타나는 신호감쇠 요인으로 앞서 말한 선로길이의 증가에 따른 신호감쇠와 더불어 지중 배전설비 및 구조물에 의한 신호감쇠 또한 있을 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 광대역 전력선 통신 모델 및 네트워크 기술개발을 위하여 실측 실험을 통한 지중 전력선 통신채널의 특성을 해석하였다. 지중 배전선로의 길이 및 구조물에 따른, 지중 배전선로 광대역 전력선통신 채널상의 감쇠량을 측정하기 위해 신호발생기, 스펙트럼 분석기, 비접촉식 커플러 등을 이용하여 채널 측정 시스템을 구성하였다.

실측 시험선로 내 단일 선로로서 가장 긴 고압 선로 두 곳을 선택하여 채널상의 노이즈 측정 및 신호감쇠 레벨을 측정하였다. 측정결과 통신성능

을 매우 떨어뜨릴 수 있는 임펄스 노이즈가 존재하는 것을 확인하였으며, 장거리 선로의 경우 선로 길이에 의한 고주파 감쇠가 나타나는 것으로 확인하였다. 또한 선로중간에 있는 분기에 의한 감쇠도 나타날 것으로 보인다. 안정적이고 최적화된 전력선통신 성능을 얻기 위해서는 블로킹 필터 설치 등을 통한 분기에 의한 신호감쇠 방지와 임펄스 노이즈원 검출기술 개발 등을 통한 임펄스 노이즈에 대한 영향을 최소화 할 수 있는 방법이 필요할 것으로 보인다.

#### Acknowledgement

본 연구는 한국전기연구원의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] Anindya Majurnder and James Caffery, Jr., "Power Line Communication", IEEE Potentials, Vol.23, issue 4, Oct/November, 2004, pp4-8
- [2] Kang J.M, Park C.K and Hyun D.W., "Design and Implementation of Network Management System for Power Line Communication Network", IEEE Int. Sympto. on Power Line Commun. and its Application, March 2007 pp23-28
- [3] Xingyuan Fang, Cheng Tao, "Design and Implementation of Broadband PLC Modem", Int. Conf. of Signal Processing 2006, pp.16-20
- [4] H. Meng, Y.L. Guan, S. Chen, "Modeling and Analysis of Noise Effect on Broadband Power-Line Communications", IEEE journal on selected areas in communications, Vol.24, No7, JULY 2006
- [5] H. Meng, Y.L. Guan, "Modeling and Analysis of Noise Effects on Broadband Power line Communications", IEEE Transaction on power delivery, Vol.20, No.2, April, 2005, pp 630-637