

논문 2005-42TC-6-7

# 용량성 부하를 고려한 옥내 전력선 채널 특성 측정

## (Measurement of Indoor Power Line Channel Characteristics Considering Capacitive Loads)

허 윤 석\*, 홍 봉 화\*\*, 김 철\*\*\*, 전 계 석\*\*\*\*, 이 대 영\*\*\*\*

(Yoon-Seok Heo, Bong-Hwa Hong, Chul Kim, Kye-Suk Jun, and Dae-Young Lee)

### 요 약

옥내·외의 전력선 환경에 대한 정확한 채널 모델링에 관한 노력이 최근에 이루어지고 있다. 알려진 일반 제한과 발표된 모델들은 특별한 형태의 접근들이었다. 본 논문은 더 신속하고 효율적인 전력선 통신 실험을 위한 전력선 채널 특성 측정에 관한 연구이다. 용량성 부하 시뮬레이터는 전력선 옥내 망 모델 개발에 필수적인 장비이다. 총 244가지 경우의 용량성 부하 변화에 대한 주파수 응답 특성 측정으로 채널 데이터 베이스화를 수행 하였다. 본 측정 실험에서 전력선통신 채널은 보다 더 확정적인 매체라는 것을 확인하였다

### Abstract

Considerable efforts has been recently devoted to the determination of accurate channel models for the power line environment, both for the indoor and outdoor cases. The common limitation of the known and previously published models is the particular type of approach followed. This paper is concerned with a power line channel characteristic measurement for the more fast and efficiently power line communication experiment. The need arises from the fact that indoor power cables consist of conductors and inductors. A capacitive load simulator is a essential equipment in the power line modem development for indoor power line network. We accomplished a channel data base by the frequency response method about the total 224 capacitor load cases. On the basis of this measurement modeling it is here revealed that the power line communication channel is a more deterministic media.

**Keywords:** Power Line Communication, Capacitive Loads Simulator, Home Networking, Power Line Channel Measurement

## I. 서 론

전력선 통신(Power Line Communication: PLC)은 주파수가 60hz인 전기 에너지 공급을 목적으로 하는 전력선을 통신 선로로 이용하여 가전 제어, 인터넷, 음성, 데

이터 통신 등의 “라스트 마일(Last Mile)” 서비스를 제공할 수 있는 가입자 망 내에서 안정적 데이터 송수신 서비스를 제공하는 것을 말한다. 이미 모든 가정과 건물 등의 구조물에는 전기 공급을 위한 전력선이 설치되어 있어 거대한 전력 분포 인프라가 구축되어 있으며, 옥내(Indoor)의 어느 전원 콘센트에서도 통신이 가능하기에 새로운 선로 확보가 필요하지 않는 “No New Wires”의 매우 편리한 장점을 확보하고 있어, 전력선을 통신 매체로 이용하면 다른 시스템에 비해 매우 실용적이고 경제적인 네트워크를 구축할 수 있다. 특히 최근 스마트 홈(Smart Home)에 대한 관심이 높아지면서 전력선 통신이 홈 네트워킹(Home Networking)과 인터넷

\* 정희원, 충청대학

(Chung Cheong College)

\*\* 종신회원, 경희사이버대학교

(Kyung Hee Cyber University)

\*\*\* 정희원, (주)플래넷

(PLANET System Co.,Ltd)

\*\*\*\* 정희원, 경희대학교

(Kyung Hee University)

접수일자: 2005년3월11일, 수정완료일: 2005년6월10일

정보 가전을 위한 효율적인 해결 방안으로 주목 받고 있다.<sup>[1,2,3,7]</sup>

이에 세계적으로 전력선을 통신 매체로 이용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 연구의 결과로 저속·고속용 모뎀 칩의 선점적 개발이 발표되고 있다.<sup>[6,7]</sup>

전력선 통신 기술은 광대역 액세스보다는 홈 네트워크에 적용하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있으며 옥내의 전력선 배선에 의한 매체로서의 전달함수에 초점이 맞추어지고 있다. 그 중 알려진 모델은 전력선 배선에서의 다중 경로 반사 효과(Multi-path Echo Effect)에 의한 채널의 특성에 대한 연구로 이는 전력선의 임펄스 응답을 측정하여 현상적으로 생성된 많은 요소들을 설정하여 해석한 방법의 채널 모델링을 행하였다.<sup>[4,5]</sup>

다른 모델은 현상적 요소설정의 제한적 해석 방법을 배전반에서의 배선과 접지에 의한 3-도선 전력선 분포로 해석한 MTL(Multi-conductor Transmission Line)에 근거하여 송수신 신호의 대칭성을 실험 확인한 연구이다.<sup>[1]</sup>

이들 연구들은 일부 전력선 배선 경로의 임펄스 응답 또는 분전반을 경유한 배선 망 등의 실제적 옥내 전력선 망에 대하여 제한적 부분을 설정하여 실험하였다.

본 논문에서는 가정 내 전력선 배선 형태를 고려하고 각종 전자기기가 전력선에 연결·사용할 때 이로 인한 용량성 부하 변화를 고려할 수 있는 전력선 선로의 의사(Pseudo) 부하 망으로 용량성 부하 시뮬레이터(Capacitive load simulator)를 설계·제작하여 전자기기 제어 등의 저속 통신 허용 반송파 주파수 대역인 50KHz~450KHz과 홈 네트워크 고속 통신을 위해 사용 승인된 1Mhz~30Mhz 대역의 반송파 주파수에 대한 전력선 상의 부하 용량별, 부하 거리별 조건을 변화하며 주파수 영역 응답의 옥내 전력선 채널 특성을 측정·분석하였다.

2장에서는 옥내의 전력선 배선 분포 형태에 대한 고찰을 하고, 3장에서는 전력선에 통신 신호를 싣기 위한 커플링 회로 설계 요소의 내용을 기술한다. 전력선 선로의 의사 부하망으로 설계된 용량성 부하 시뮬레이터를 사용한 주파수 대역별 실험과 결과 분석을 4장에서 알아보고 5장에서 결론을 논한다.

## II. 옥내 전력선 배선 모델

그림 1은 옥내의 벽 소켓에서 전선을 통하여 분전반

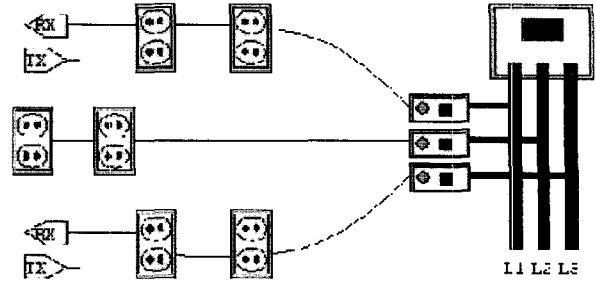


그림 1. 옥내 전력 공급 모델  
Fig. 1. Indoor electric power supply model.

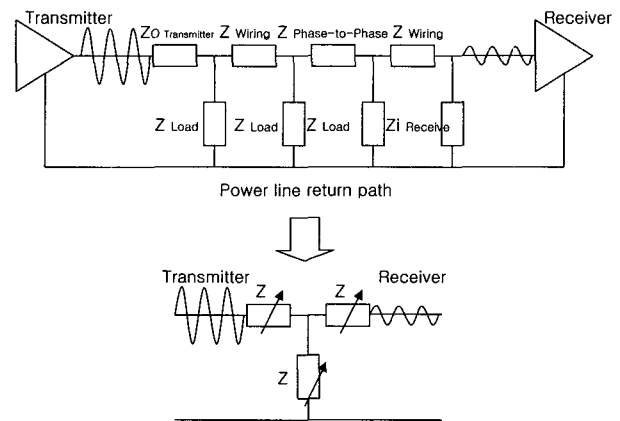


그림 2. 전력선 감쇠 모델  
Fig. 2. Power line attenuation model.

의 차단기(Circuit Breaker)를 거쳐 다른 상(Phase)을 가로 질러 최종적으로 다른 벽의 소켓까지의 경로를 그린 것이다. 각각의 소켓은 전력선 송신신호의 감쇠 및 노이즈를 발생시키는 전력 부하가 된다. 배선체제의 명료화를 위하여 중성(Neutral)과 접지(Earth)는 나타내지 않았다.

감쇠는 모델의 송신 출력 임피던스 즉, 다양한 전력선 회로들의 분기(Branch)와 분기된 전력선에 연결된 임의의 부하(Load)에 의한 전압 분압 회로(Voltage divider circuit) 형태로 설명할 수 있다. 전력선 모델의 통신 주파수에서 고려되어야 할 중요한 임피던스는 전력선의 배선 자체의 직렬 인덕턴스, 전력선(Line)과 중성(Neutral)간의 용량성 부하와 저항성 부하가 있다. 또 다른 감쇠 요인은 전력선 모델이 같은 위상에서만 통신하는 것은 아니므로, 전력선의 서로 다른 위상간의 통신 시에 다른 위상간의 불안정한 결합으로 인한 상호 인덕턴스, 기생용량이 발생하게 된다. 만일 이러한 분기된 전력선의 임피던스를 일괄하여 하나의 송신 주파수에 대해 고려한다면, 그림 2와 같은 모델로 간략화할 수 있다. 이 모델에서 송신 신호의 감쇠를 감소시키기 위해서는 최소의 직렬 임피던스와 최대의 전력선 대 반

송(Line-to-Return) 경로 임피던스를 가져야 하는 것을 알 수 있다.<sup>[1,5,6]</sup>

### III. 전력선 통신을 위한 신호 커플링

60hz 전기공급이 주 목적인 전력선에 수백 Khz이상의 통신 신호를 주입하기 위해서는 모뎀의 출력을 보통은 커플링 커패시터를 사용하며, 커패시터와 더불어 인덕터 또는 트랜스포머가 일반적으로 함께 사용된다. 함께 사용되어진 커플링 커패시터와 인덕터는 전력선 통신 신호를 수신할 경우는 고역 통과 필터로 작용하게 되어 전력선 통신을 할 때 60hz의 전원 주파수의 전력 신호를 차단시키는 작용을 하게 된다.

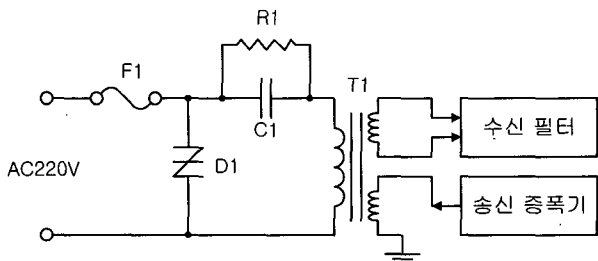


그림 3. 전력선 커플링 회로  
Fig. 3. Powerline coupling circuit.

표 1. C1의 임피던스 값  
Table 1. C1 impedances.

주파수(Hz)	임피던스 값(Ω)
1K	720
10K	72
50K	14.4
100K	7.2
200K	3.6
400K	1.8

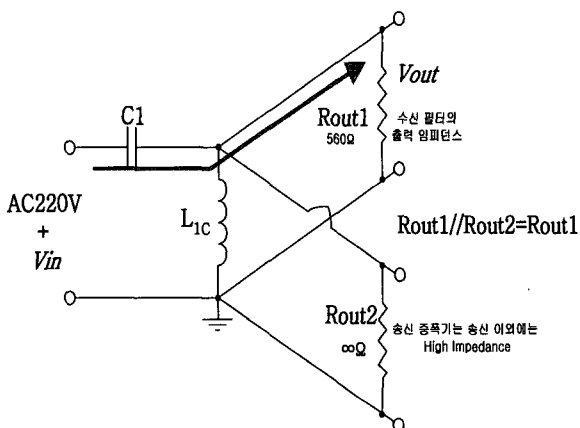


그림 4. 수신모드에서 전력선 커플링 회로  
Fig. 4. Powerline coupling circuit in receive mode.

그림 3은 전력선 커플링 회로이며 전력선으로 신호를 송신하고 전력선의 신호를 수신하는 인터페이스 역할을 한다. 그림 3의 C1은 AC 250V이상의 내압을 갖고 용량은 0.22uF를 갖는다. 표 1은 C1의 임피던스이다.

그림 4는 그림 3의 회로를 수신 모드에서 단순화한 회로이다. 그림 3에서 F1과 D1, R1은 보호 소자로 사용되고 회로 동작에 영향을 미치지 않으므로 생략하였다. 그리고 변압기의 기생 성분인 권선 저항, 누설 인덕턴스 등은 생략하였다.  $L_{1c}$ 는 1차측 자화 인덕턴스(Magnetizing inductance)이다.

수신모드 커플링은 고역 통과 필터로 동작하여 60hz의 교류 220V를 제거하고 전력선 통신 주파수 신호를 통과 시킨다. 고역 통과 필터의 차단 주파수는 커패시터 C1과 변압기 T1의 인덕턴스 의해 차단 주파수가 결정된다. 이때 송신 증폭기는  $R_{out2}(\infty\Omega)$ 와 수신 필터의 출력 저항  $R_{out1}(560\Omega)$ 이 병렬 연결된 구조로 송신 증폭기의  $R_{out2}(\infty\Omega)$ 는 수신 동작에 영향을 가하지 않는다.

송신 증폭기는 전력 증폭기이며 전력선 통신 신호를 전력선에 인가하기 위한 장치이다. 송신 측에서 볼 때 신호를 전력선에 인가하기 위해 통신 주파수에서 병렬 지로 소자( $L_{1c}$ )은 임피던스가 크고 직렬 지로 소자(C1)는 임피던스를 낮게 해야 한다. 이때 전력선 임피던스  $R_{out2}(0.2\sim 20\Omega)$ 와 수신 필터의 출력 저항  $R_{out1}(560\Omega)$ 이 병렬연결로 수신 필터의 출력 저항  $R_{out1}(560\Omega)$ 은 송신 동작에 영향을 가하지 않는다.

송신 모드는 전력선 통신 신호를 인가하기 위해서 전력선의 저 임피던스를 구동할 수 있어야 한다. 송신 증폭기는 송신할 때는 낮은 임피던스를 갖고 송신하지 않는 상태에서는 높은 임피던스를 갖도록 구성한다. 전력

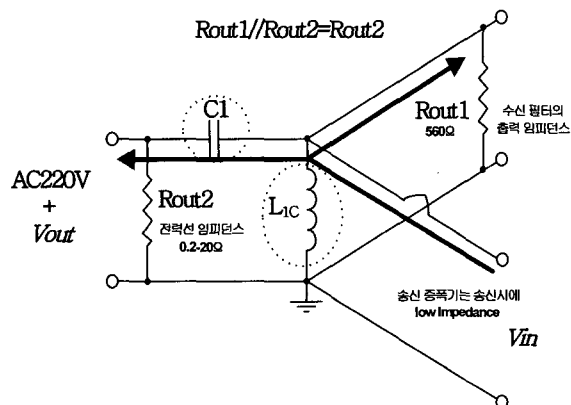


그림 5. 송신모드에서 전력선 커플링 회로  
Fig. 5. Powerline coupling circuit in transmit mode.

선 임피던스는 그림 5의 Rout2와 같이 0.2Ω~20Ω으로 가변적이기 때문에 임피던스 정합(matching)이 쉽지 않다. 따라서 일반적인 방법으로 가장 낮은 임피던스를 구동할 수 있는 송신 증폭기를 구성한다. 저 임피던스를 구동할 수 있는 송신 증폭기는 구동 능력에서 우수한 특성을 요구하기 때문에 가격, 면적 등의 단점을 갖는다.

이러한 적절성을 고려하여 송신 증폭기는 전력선 부하가 4Ω을 구동할 수 있도록 설계하였다.<sup>[7]</sup>

#### IV. 실험 및 결과

통신 시스템의 개발에 있어서 통신 채널에 대한 특성 정보는 필수적이며, 이 채널 특성 정보를 얻기 위하여 채널 특성에 대한 측정 작업이 수행되어야 한다. 이러한 채널 특성 측정 방법으로 PN 시퀀스의 상관 특성을 이용한 STDCC(Swept Time Delay Cross Correlation) 방법과 단일 주파수 신호를 채널에 송신한 후 수신 측에서 주파수 분석기를 가지고 주파수별 이득을 얻음으로써 채널 특성을 얻는 방법인 주파수 조사 방법이 있다. 또한 시변 특성을 얻기 위하여 한 개의 주파수 성분만을 갖는 톤(Tone) 신호를 채널에 인가하여 시간에 따른 수신 신호 전력을 관측하는 방법인 연속파(Continuous wave) 측정 방법 등이 있다. 본 실험에서는 단일 또는 다중 캐리어 방식의 전력선 통신 방식이나 확산대역통신 방식을 이용하는 경우에 규격으로 정한 50Khz~450Khz와 1Mhz~30Mhz 까지 선형적으로 변하는 주사(Sweep) 신호를 사용하여 해당 대역에서의 채널 특성 데이터를 얻는 방법을 사용하였다.

전력선 채널 특성을 측정하기 위한 실험 구성은 그림 6과 같다.

송신단에서는 VNA(Vector Network Analyzer) 8753E의 채널1에서 측정대역의 주사 주파수 타입을 선형적으로 발생시켜 신호 커플러를 통해서 전력선 의사 부하망으로 제작된 용량성 부하 시뮬레이터에 인가하게 된다. 시뮬레이터에서는 부하 변동과 분기점 변화를 고려할 수 있는 다양한 경우의 선로 망 변화를 줄 수 있다. 수신단에서는 신호 모니터를 통하여 수신된 채널 응답 신호를 분리 필터링과 증폭을 통해서 채널 응답 신호를 채널2에서 수신토록 구성하였다. 주사된 데이터는 1600포인트의 이산 채널 응답 신호로 저장하도록 하였다.

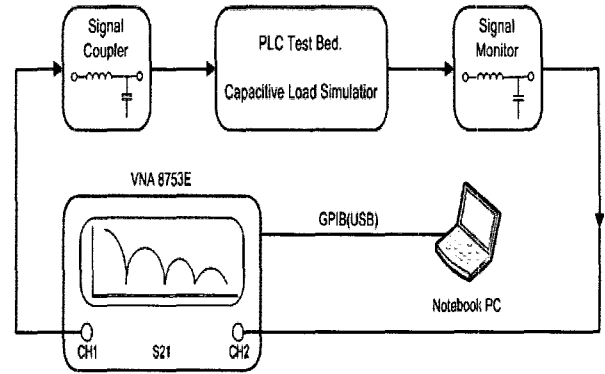


그림 6. 채널 특성을 측정하기 위한 실험 구성도  
Fig. 6. Diagram for channel characteristics measurement.

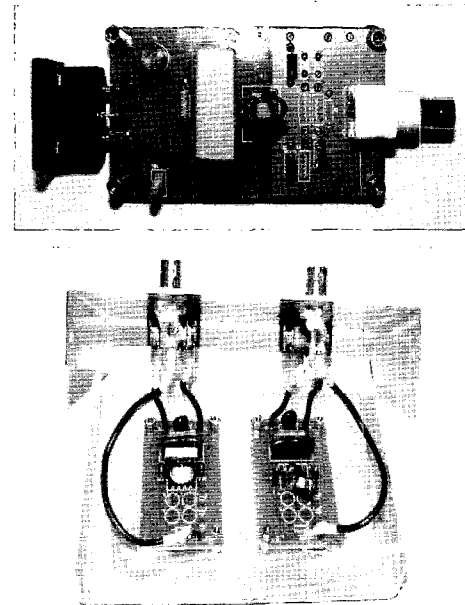


그림 7. 신호 인서터 및 신호 모니터의 제작된 모습  
Fig. 7. Implemented signal inserter and signal monitor.

##### 1. 신호 커플러

III장에서 살펴본 신호 커플링 설계 내용을 바탕으로 전력선에 통신 신호를 주입하기 위한 커플러와 60hz의 전력선으로 부터 통신 신호를 분리해 내기 위한 모니터를 설계하였다. 실험 주파수 50Khz~450Khz 대역의 경우에는 1mH의 1:1 트랜스퍼머로 설계하였고, 1Mhz~30Mhz 대역의 경우에는 1차측 인덕턴스 10μH의 코아형 트랜스퍼머로 설계하였다. 그림 7은 실험에서 사용한 신호 커플러의 내부회로 실물 모습이다.

##### 2. 용량성 부하 채널 시뮬레이터

전력선 통신 모뎀장치를 개발하기 위해서는 많은 실

험을 거쳐야 하는데, 이는 전력선 통신 채널의 특성상 매우 다양한 형태의 채널 특성을 가지고 있기 때문이다. 따라서 II장에서 살펴본 옥내 전력선의 분기된 배선 형태를 고려하고, 가정용 전자기기들의 접속에 따른 부하 변동 조건 등을 모의실험 할 수 있는 실제 전력선 배선 채널 환경에 근접한 특성을 갖춘 실험 장비인 용량성 부하 채널 시뮬레이터를 설계하였다. 본 장비는 한국 PLC 포럼 규정을 준용한 시뮬레이터로 전력선 모델 등의 장치 개발에서 모의환경 실험 장비로 사용될 수 있다. 시뮬레이터에 사용대역의 주파수를 주사하여 전력선 채널 특성을 살펴봄으로써 부하에 따른 감쇠가 적은 반송파 주파수를 선정하고 적합한 변·복조 기법

을 적용하여 안정적인 통신을 이루고자 한다.

본 설계·제작된 시뮬레이터는 4곳의 분기점에 콘센트를 가지도록 하였으며, 분기 콘센트 노드별 간격을 15m으로 하였고, 따라서 노드 #1에서 노드 #4까지의 총 길이는 가정의 전력선 결선 평균 길이인 45m이다. 각 노드마다 0 $\mu$ F, 0.5 $\mu$ F, 1.0 $\mu$ F, 1.5 $\mu$ F, 2 $\mu$ F, 2.5 $\mu$ F, 3.0 $\mu$ F, 3.5 $\mu$ F의 8가지의 커패시터 부하 조건을 설정할 수 있도록 하였다. 또한 전력선 통신에서 악조건 배선 구조인 권선 형태로 감아 일정한 인덕턴스를 갖는 구조로 구성하였다. 각 노드에 부하의 접속 여부에 대한 단락과 개방으로 다중 경로 반사 효과가 적용되도록 하였다.

그림 8은 용량성 부하 시뮬레이터 구성도이고, 그림 9는 실제 제작된 모습이다.

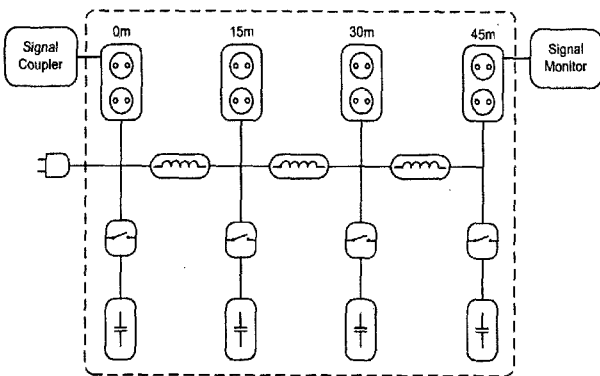


그림 8. 용량성 부하 시뮬레이터 구성도  
Fig. 8. Diagram of a capacitive loads simulator.

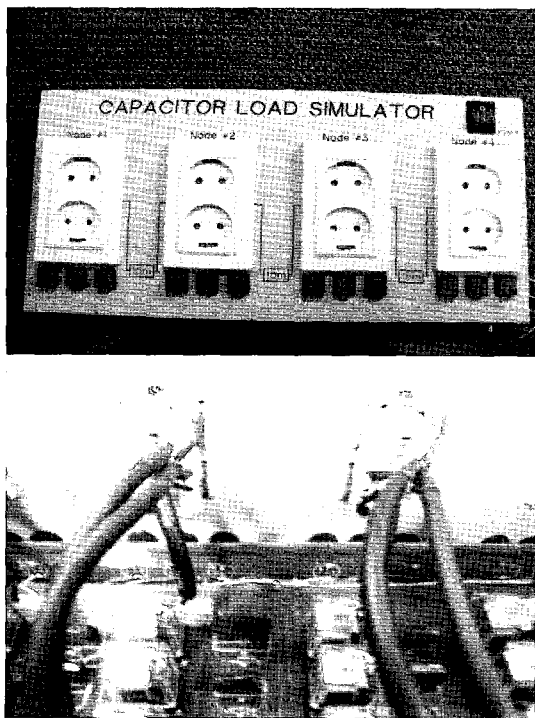


그림 9. 제작된 용량성 부하 시뮬레이터  
Fig. 9. Implemented capacitive loads simulator.

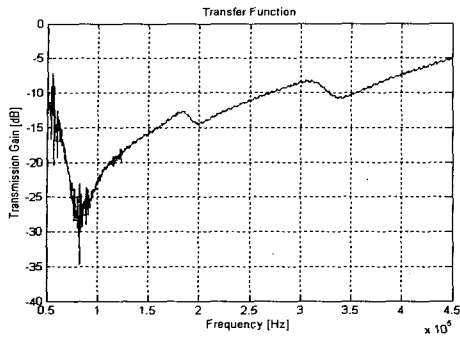
### 3. 용량성 부하 인가

가전기기는 대부분 노이즈나 EMI방사 및 전도를 줄이기 위하여 공통(Common) 잡음 필터를 사용하며, 이는 용량성 부하로 작용한다. 가전제품 중 가장 높은 용량성 부하는 2.2 $\mu$ F이므로 2.2 $\mu$ F/630V의 용량성 부하를 실험에 필요한 의사 부하로 하여야 한다. 그러나 더욱 악조건에서도 통신이 가능하여야 하므로 실험에 사용된 시뮬레이터는 3.5 $\mu$ F까지 인가할 수 있도록 하였다. 표 2는 국산 가전제품의 전원 입력단의 저항성 부하와 용량성 부하 용량들이다.

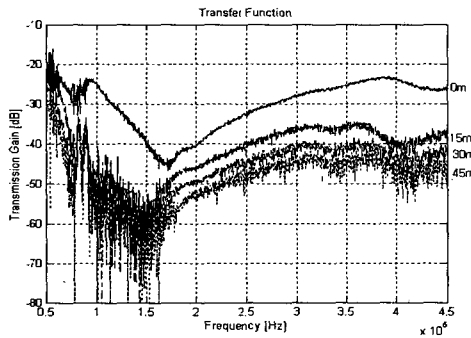
표 2. 가전제품 전원 입력단의 저항성 부하와 용량성 부하

Table 2. Resistive and capacitive loads of home appliances.

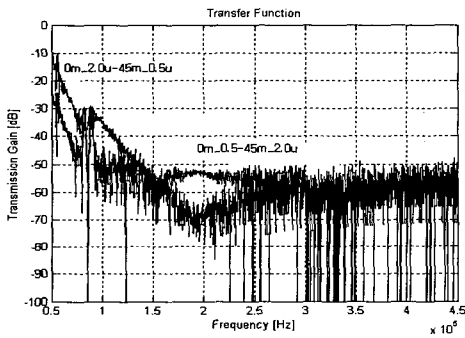
가전 제품	저항성 부하	용량성 부하	가전 제품	저항성 부하	용량성 부하
세탁기 인버터형	110 $\Omega$	0.47 $\mu$ F	에어컨 인버터형	22 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
세탁기 일반형	110 $\Omega$	0.1 $\mu$ F	에어컨 일반형	22 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
냉장고 인버터형	110 $\Omega$	0.47 $\mu$ F	TV SMPS	81 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
냉장고 일반형	110 $\Omega$	0.1 $\mu$ F	VCR SMPS	181 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
전자레인지	110 $\Omega$	0.1 $\mu$ F	형광등 인버터형	181 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
밥솥: IH형	32 $\Omega$	2.2 $\mu$ F	전기장판 일반형	220 $\Omega$	0.1 $\mu$ F
청소기	81 $\Omega$	0.1 $\mu$ F	전기드릴 일반형	81 $\Omega$	0.1 $\mu$ F



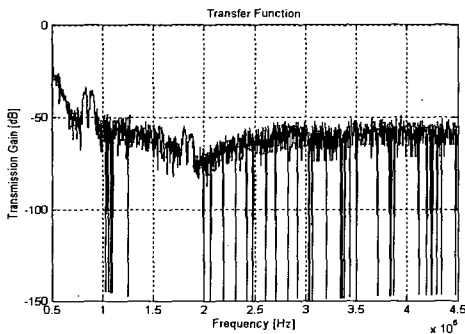
(a) 무부하



(b) Single 용량성 부하 인가



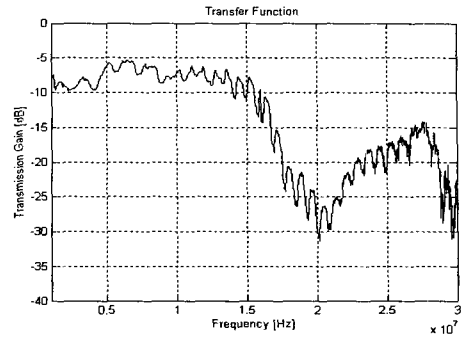
(c) Double 용량성 부하 인가



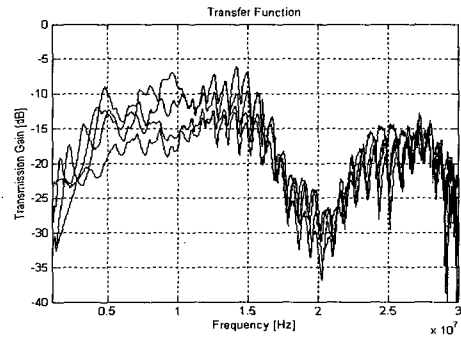
(d) Multiple 용량성 부하 인가

그림 10. 50Khz~450Khz 대역 채널 특성  
Fig. 10. Channel characteristics of 50Khz~450Khz band.

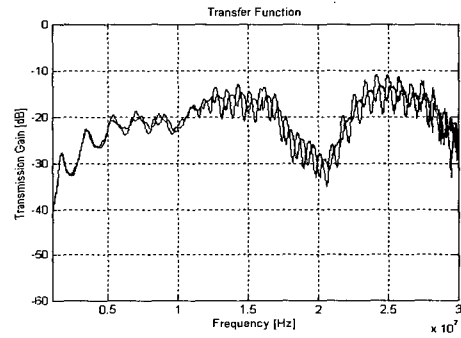
본 실험에서는 Single, Double, Multiple의 용량성 부하 인가 실험을 행한다. 송수신 위치는 0m 위치의 콘센트



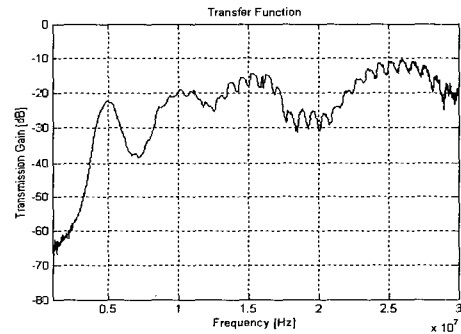
(a) 무부하



(b) Single 용량성 부하 인가



(c) Double 용량성 부하 인가



(d) Multiple 용량성 부하 인가

그림 11. 1Mhz~30Mhz 대역 채널 특성  
Fig. 11. Channel characteristics of 1Mhz~30Mhz band.

트에 송신 신호 인서터를 접속하고, 45m 위치의 콘센트에 수신 신호 모니터를 접속하여 실험하였다. Single 용

량성 부하 인가 실험의 경우 한개 위치의 콘센트에  $0.5\mu\text{F}\sim 3.5\mu\text{F}$ 의 단일 용량성 부하를 인가하여 수신 신호를 측정하며, 28경우의 채널 실험을 행하여 데이터 베이스화 한다. Double 용량성 부하 인가 실험의 경우 각각 두개 위치의 콘센트에  $0.5\mu\text{F}\sim 3.5\mu\text{F}$ 의 단일 용량성 부하를 동시에 인가하여 수신 신호를 측정하며, 84경우의 채널 실험을 행하여 데이터 베이스화 한다. Multiple 용량성 부하 인가 실험의 경우 각각 3개 이상 위치의 콘센트에  $0.5\mu\text{F}\sim 3.5\mu\text{F}$ 의 단일 용량성 부하를 동시에 인가하여 수신 신호를 112경우의 채널 실험을 측정하여 데이터 베이스화 한다.

실험 데이터에서 볼 수 있듯이  $50\text{KHz}\sim 450\text{KHz}$ 의 대역에서는 많은 영역에서 깊은 노치현상을 보여주고 있다. 무부하시에는 비교적 안정적인 형태의 채널 특성을 보여 주고 있다. 각 단의 콘센트에  $2.5\mu\text{F}$ 의 부하를 연결하여 실험한 Single 용량성 부하 인가는 수신단에 가까운 부하가 채널 특성이 열악함을 보여주었다. 2개 이상의 부하가 연결된 경우인 Double와 Multiple 용량성 부하 인가인 경우는  $130\text{KHz}\sim 200\text{KHz}$  대역을 제외하고는 노치현상과 60dB 허용 제한을 초과함에 의해 통신 시에 많은 데이터 손실이 발생할 수 있음이 예상된다. 따라서 가전제어를 목적으로 사용되는 본 대역에서는  $130\text{KHz}\sim 200\text{KHz}$ 의 대역 외에서 채널 특성이 우수하지 못하므로 특정 주파수 페이딩 보상 상관방법<sup>[9]</sup> 등의 통신 심볼의 상관성을 검출하는 보상기법을 적용하여야 할 것이다. 이는 상관기의 상관성은 시간의 함수로 표현되고 있는 것에 기인하며, 통신을 위한 기본 데이터 표현 심볼이 주파수 영역에서는 확산 주파수 대역에 고른 분포를 하지만, 시간영역에서는 심볼의 길이에서 저주파가 더 많은 기간을 점유하기 때문이다.

고속 데이터 전송용으로 사용 허가된  $1\text{MHz}\sim 30\text{MHz}$  대역의 채널 주파수 특성은 그림 10의 대역보다 우수한 채널 특성을 가지고 있다.  $20\text{MHz}$ 의 일부 대역을 제외한 전 대역에서 우수한 채널 특성을 가지고 있어 송수신시의 대역을 분리하여 전이중(Full Duplex) 통신이 가능하다. Multiple 용량성 부하 인가의 경우에는  $1\sim 3\text{MHz}$ 의 대역에서 신호 감쇠가 보여진다. 이러한 채널의 특성을 고려하여 다중 반송파 변·복조 기법인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 또는 DMT(Discrete Multi Tone)를 적용한 전송 데이터의 효율적 시스템을 설계할 수 있다. 수신단에 가까운 부하는 특성 변화에 영향을 미치지 않음을 볼 수 있다.

## IV. 결 론

본 연구는 옥내에서의 전력선의 배선 형태를 고려하고, 통신 신호의 전력선 커플링 기술을 적용하여, 옥내 전력선 채널 특성을 측정할 수 있는 용량성 부하 시뮬레이터를 설계·제작하였으며, 사용 주파수 대역을 주사하여 주파수 응답 특성을 측정하여 보았다. 홈 네트워크 용도별 구분에서 저속 제어용으로 사용되고 현재 전파법상에서 허용하고 있는  $450\text{KHz}$  이하 대역의 경우 노치(Notch)가 많은 대역에서 발생하며 열악한 특성을 보여 주고 있다. 이 대역을 이용한 전력선 홈 네트워크 시스템의 개발 시에는 특정 주파수 페이딩 보상 상관 기법이 적용되어야 할 것이며, 단일 캐리어 통신 보다는 다중 캐리어 통신을 구성하여야 할 것이다.

또한 홈 네트워크 고속 데이터 통신을 위하여 사용 승인된  $1\text{MHz}\sim 30\text{MHz}$  대역은 비교적 우수한 채널 특성을 보여 주고 있다. 그러나 이 대역은 무선 햄, RF파 등의 간섭이 존재하는 대역인 만큼 상호 간섭을 회피한 대역을 사용하여야 하겠지만 다중 캐리어 시스템을 이용하여 고속의 통신이 가능한 채널 특성을 보였다.

설계된 가전기기 용량성 부하 시뮬레이터는 전력선을 이용한 옥내망의 홈 네트워크 시스템 개발시에 필요한 장치로 사용될 수 있을 것이며, 효율적인 주파수 영역 채널 특성 측정 시스템 구성을 보여 주었다.

향후 사무실, 가정 내의 환경에 대한 다양한 요소가 포함된 채널 모델링에 관한 연구가 이루어져야 할 것이며, 전력선 통신 모뎀 개발 시에 안정된 통신에 필요한 임피던스(Impedance) 측정 장치에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Galli, T. C. Banwell, "Modeling the Indoor Power Line Channel : New Results and Modern Design Considerations" *IEEE Consumer Communi. and Networking (CCNC 2004)*, pp. 25~30, Jan. 2004.
- [2] E. Biglieri, P. Torino, "Coding and Modulation for a Horrible Channel", *IEEE Communications Magazine*, pp. 92~98, May 2003.
- [3] F. J. Canete, J. A. Cortes, L. Diez, J. T. Entrambasaguas, "Modeling and Evaluation of the Indoor Power Line Transmission Medium", *IEEE Communications Magazine*, pp. 41~47, Apr. 2003.

- [4] M. Zimmermann, K. Dostert, "A Multi-Path Signal Propagation Model for the Power Line Channel in the High Frequency Range", *Proc. ISPLC '99*, pp 45~51, Lancaster, UK, Apr. 1999.
- [5] H. Philipps, "Modeling of Powerline Communication Channels", *Proc. ISPLC '99*, pp14~21, Lancaster, UK, Apr. 1999.
- [6] K. Dostert,, *Powerline Communications*, Prentice Hall, 2001.
- [7] 김철, "Chirped-SS 방식과 Correlator를 이용한 전력선 통신 시스템", 경희대학교 대학원, 2002년
- [8] H. Philipps, "Development of a Statistical Model for Powerline Communication Channels", *Proc. ISPLC 2000*, pp153~160, Limerick, Ireland, Apr. 2000.
- [9] 김철, "주파수 확산 전력선통신에서 특정 주파수 페이딩에 효과적인 상관시스템 및 그 방법", 한국 특허 0443948, 2003년

---

 저 자 소 개
 

---



허 윤 석(정회원)

1987년 경희대학교 전자공학과 학사,  
 1990년 경희대학교 전자공학과 석사,  
 1990년~1996년 (주)신도리코 기술연구소 선임연구원,

2005년 현재 경희대학교 전자공학과 박사과정 수료,  
 1997년~현재 충청대학 전기전자학부 조교수  
 <주관심분야 : 전력선통신, 홈네트워크, 정보가전>



김 철(정회원)

1989년 경희대학교 전자공학과 학사,  
 2002년 경희대학교 전자공학과 석사,  
 1992년~1996년 삼성물산 정보 산업 기술고문,

1998년~현재 (주)플레넷 대표이사  
 <주관심분야 : 전력선통신, 지능형 홈네트워크, 정보가전>



홍 봉 화(중신회원)

1987년 경희대학교 전자공학과 학사,  
 1992년 경희대학교 전자공학과 석사,  
 2001년 경희대학교 전자공학과 박사,

1997년~2003년 세명대학교 컴퓨터수리정보학과 교수,  
 2004년~현재 경희사이버대학교 정보통신학과 교수  
 <주관심 분야> 컴퓨터구조, 신경회로망, 컴퓨터 네트워크 및 보안



전 계 석(정회원)

1969년 연세대학교 전자공학과 학사,  
 1973년 연세대학교 전자공학과 석사,  
 1983년 연세대학교 전자공학과 박사,

2002년 한국통신학회 회장,  
 1979년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수  
 <주관심분야 : 마이크로파 소자설계, 초음파영상 시스템, 센서네트워크>



이 대 영(정회원)

1969년 서울대학교 물리학과 학사,  
 1971년 캘리포니아주립대학교 전자공학과 석사,  
 1979년 연세대학교 전자공학과 박사,

1999년 한국통신학회 회장,  
 1971년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수  
 <주관심분야 : 컴퓨터네트워크, 전력선통신, 지능형 홈네트워크>