

# PSCAD/EMTDC를 이용한 전력선통신 채널모델링 및 시뮬레이션에 관한 연구

論 文
55D-6-5

## A Study of Channel Modeling and Simulation for Power Line Communication Systems using PSCAD/EMTDC

李 種 柱\* · 車 載 祥\*\* · 申 明 澈†  
(Jong-Joo Lee · Jae-Sang Cha · Myong-Chul Shin)

**Abstract** - Power line communication channels are very complicated and models for communication channels vary with the types of electrical equipment, devices and load fluctuations. So, modeling and analysis of power line channels for implementation of power line communication systems is a very important process. Power line channel modeling and simulation are performed based on power system transient simulation models and power system CAD tools to create precise and accurate models. In this paper, a channel modeling and simulation method is proposed for power line communication systems using PSCAD/EMTDC, in which a PN 63 sequence code generator is applied for impulse response of the power line channel in the simulation model.

**Key Words** : Power Line Communication, Channel Modeling, Simulation, PSCAD/EMTDC

### 1. 서 론

전력 공급을 목적으로 하는 전력 전송 선로(transmission line) 및 배전망(distribution network)등 전력 네트워크를 구성하는 전력선을 전원 공급 이외의 통신 선로로 활용하는 전력선 통신방안이 활발히 연구, 응용되고 있다[1-3]. 하지만 전력선 통신의 전달 매체로 이용되는 전송선로(전력선)의 용도가 본래 통신 전용선로가 아니며, 전력 선로임으로 이에 기인하는 전력선로 자체의 특성 값 및 다양한 변수와 환경적 요인에 대한 연구가 선행적으로 요구된다.

보다 정확한 전력선 통신 환경을 모의하고 분석하기 위하여 실제 선로를 이용한 실험과 측정이 이루어지고 있으나, 이는 대상 선로의 구성과 연계된 형태에 따라 그 특성이 달라짐으로 보편적인 기준이나 자료로 활용하기에는 부족하다. 또한 일반적인 통신 상황을 모의하는 시뮬레이션 역시 전력선 통신이라는 특수한 상황과 변수를 정확히 반영하기는 부족한 점이 있다. 상기 나열한 이러한 방법들은 모두 전력선 통신 채널 환경을 정확히 분석하고자 하는 목적이 있다.

즉, 전력선 통신을 구현하기 위하여 무엇보다 중요한 것은 전력선 통신 채널 환경을 실제 전력선 네트워크에서 정확히 분석하는 것이다[4-5]. 전력선 통신은, 일반적인 유선 통신 시스템에 적용되는 모델뿐만 아니라 전력계통이라는 특별한

상황을 모의하여야 한다. 특히 전력선 통신의 경우 선로에 길이 및 정수에 따른 감쇠현상, 배전망의 분기간선으로 인한 다중경로, 변성장치로 인한 신호의 왜곡, 연계 부하에 의한 기동·정지 잡음 유입 이외에 다양한 잡음과 왜란 원인을 갖는다[4-7]. 이는 전력선 통신 환경이 매우 열악한 환경임을 반증하는 요소들이며, 그만큼 많은 변수들이 전력선 통신 채널 환경에 영향을 미치는 것을 알 수 있다[7-9].

이처럼, 전력선에 연계되어있는 다양한 계통과 전력설비 및 장치 그리고 각종 부하들의 특성들을 반영하여 보다 정확한 전력선 통신 환경을 분석할 수 있다. 따라서 보다 정확한 전력선 통신 채널환경을 모의하기 위하여, 전력계통 기반 혹은 환경에서 각종 전력장치 및 설비들의 운용과 연계 그리고 다양한 부하들의 연계와 동작으로 인한 특성을 모의하여야 하며 이러한 환경에서 전력선 통신 시스템을 모의하는 방안이 필요하다.

본 논문에서는 전력선 통신 채널환경(communication channel) 특징과 전력계통 구성 및 연계(power system network) 환경을 정확하게 반영하기 위하여 전력계통 과도해석 및 모의 CAD 프로그램인 PSCAD/EMTDC(Power Systems Computer Aided Design/Electro-magnetic Transient including DC)를 이용하여 전력계통 모델을 구성하고, 이를 기반으로 구성된 시뮬레이션 환경에서 전력선 통신을 모의하는 방안을 제시하고자 한다.

또한, 모의된 전력계통의 통신 채널특성을 분석하기 위한 방안으로 PN(pseudo noise) 63 확산코드를 이용하여 전송신호(carrier)로 활용하는 송신단 모델을 PSCAD/EMTDC로 모의된 전력선 통신망에 적용하였다. 또한, 수신단(receiver)에서 상관기 회로를 통해 전송된 PN 63 코드 신호의 자기상관함수(ACF : auto correlation function) 피크치를 유도하고, 이를 이용함으로써 통신 채널환경을 분석하고 이를 통하여 통신 채널환경을 예측하고 평가하는 방안을 제시하고자 한다.

† 교신저자, 正會員 : 成均館大學校 情報通信工學部 教授,  
成均館大學校 副總長

E-mail : mcshin@ece.skku.ac.kr

\*\* 正會員 : 成均館大學校 情報通信工學部 博士課程

\*\* 正會員 : 서울産業大學校 媒體工學科 專任講師

接受日字 : 2006年 3月 28日

最終完了 : 2006年 5月 8日

2. 전력선통신 모델설계 및 구성

2.1. 전력선 통신 모델 구성 및 송신부

본 논문에서 구성한 전력선 통신 송신부(transmitter : tx)에서 데이터 정보로 사용할 코드는 자기상관 특성이 우수한 PN 63 코드로서 이진(binary) 형태의 정보값으로 0과 1 또는 -1과 1의 형태로 구성되며, 송신부의 변조 방식은 각 반송파가 0° 와 180°(π)의 위상을 갖는 BPSK (binary phase shift key)로 구성하였다[10,11].

즉, 이 변조방식에서는 입력 디지털 데이터(PN 63 코드)는 0 이나 1로 구성되며 이는 각 위상이 0° 와 180°(π)로 각각 변환된다. 그 수식은 아래의 수식 1과 같다. 여기서,  $A$ 는 전송 신호의 크기,  $f_c$ 는 전송 신호의 주파수(carrier frequency)로 본 논문에서는 1MHz 이고,  $d_k$ 는 정보데이터의 수열 즉, PN 63 코드이다.

$$S(t) = A \cdot \sin\{2\pi f_c t + \pi \cdot d_k\} \quad \text{수식 1}$$

구성된 BPSK 변조방식을 이용한 전력선 통신 모델부는 아래의 그림 1과 같이 구성된다. 신호의 발생부는 각각 이진 형태의 PN 63 코드 클럭(clock) 발생부와 전송 주파수(carrier frequency) 발생부로 구분하여 믹서(mixer)를 통하여 1차 변조가 된다.

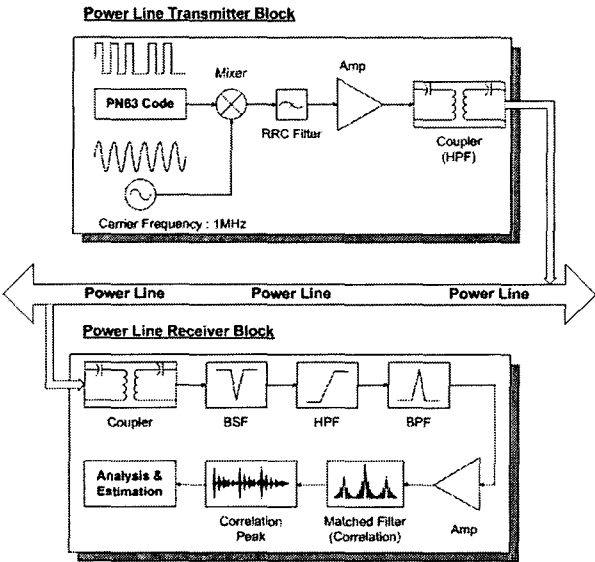


그림 1. 전력선 통신 PSK 모델 블럭도  
Fig 1. Block Diagram of PSK PLC modem

송신부는 전력선과 송신신호를 연계하기 위하여 커플러 회로의 인터페이스로 구성되었으며, 수신부는 전력선과 연계를 위한 커플러 회로와 전력 주파수를 차단하기 위한 대역저지 필터(BSF : band stop filter), 고주파 신호를 통과하기 위한 고역필터(HPF : high pass filter), 그리고 전송신호의 주파수 대역만 통과시키기 위한 대역통과필터(BPF : band pass

filter)로 구성된다.

아래의 그림 2는 본 논문에서 제시한 전력선 송신 모델을 PSCAD/EMTDC로 구현한 것이다. 이미 구성된 PN 63 코드는 데이터(data) 파일로 작성하여 외부의 데이터 파일을 참조할 수 있도록 구성하였으며, PSCAD 내부의 클럭(clock) 발생 모듈을 이용하여 PN 63 코드가 반복적으로 발생하도록 하였으며, 발생하는 PN 63 코드와 전송주파수는 곱셈기로 구성된 믹서(mixer)로 변조하였다.

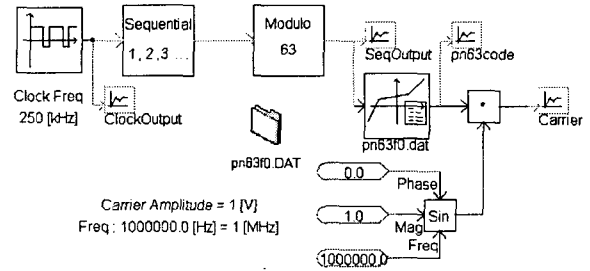


그림 2. PN 63 Code PSK 전송 모델  
Fig 2. Tx Modem of PN 63 Code

아래의 그림 3-6은 각각 250kHz의 클럭 신호로 발생하는 동기신호와 동기신호를 기준으로 재생되는 PN 63 코드 및 BPSK 방식으로 변조된 1MHz의 전송신호를 나타낸 것이다.

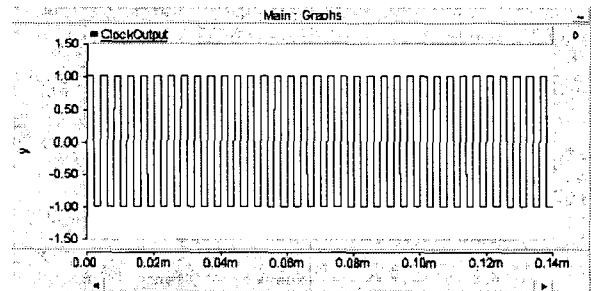


그림 3. 구동 클럭신호 : 250kHz  
Fig 3. Driving Clock Signal : 250kHz

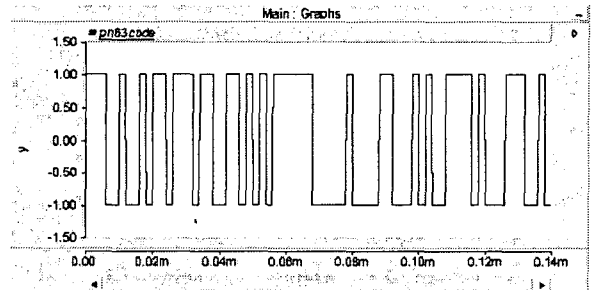


그림 4. 구동 클럭신호에 동기된 PN 63 코드  
Fig 4. Synced PN 63 Code at Driving Clock

그림 3은 내부 발생 구동 클럭 신호로 250kHz의 주기로 발생하는 구성된 모델의 기준신호이며, 이 신호는 PN 63 코드를 동기하기 위한 신호이다. 구동된 클럭 신호(250kHz)에 동기된 PN 63 코드는 그림 4에 나타나 있다. 그림 5와 그림

6은 구동 클럭신호에 동기된 PN 63 코드 신호와 전송주파수 1MHz에 변조된 신호를 나타낸다.

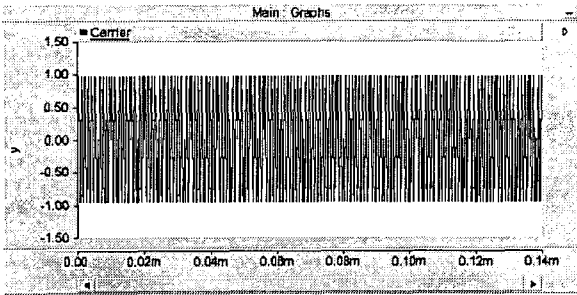


그림 5. 변조된 1MHz 전송신호  
Fig 5. Modulated 1MHz Carrier Signal

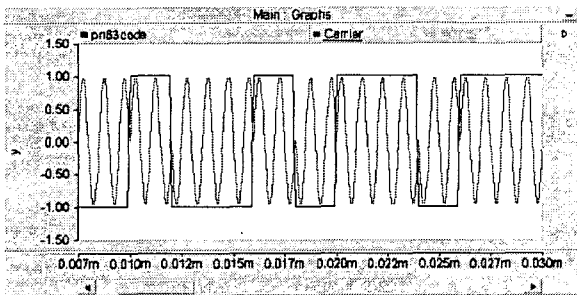


그림 6. PN 63 코드와 전송신호  
Fig 6. PN 63 Code & Carrier Signals

2.2. 커플러 및 필터 구성

전력선에는 전력선 통신 전송 신호보다 낮은 주파수이며, 고압의 신호가 전송된다. 따라서 송·수신단에서는 이러한 전력전송 신호(50Hz 또는 60Hz)와 통신신호를 연결하거나 분리하기 위하여 커플링 회로(coupler)를 비롯한 다양한 종류의 필터들이 사용된다. 특히 본 논문에서는 BPSK 변조를 사용함으로 데이터 형식이 +/-로 구분되어 전송되며, 이는 아날로그 전송신호에서 180°(π)의 위상이 반전되는 특성을 나타낸다.

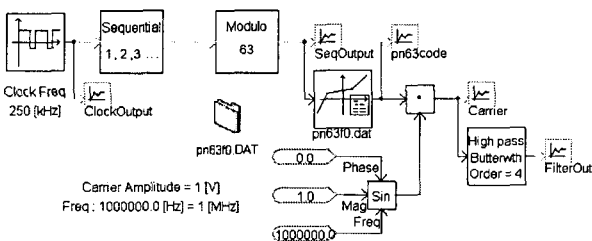


그림 7. 고역통과 필터 적용 회로  
Fig 7. Circuit of High Pass Filter

이러한 특징으로 인하여 전송된 전력선 신호를 커플러 회로, 혹은 각종 필터들을 통과하면서 180°(π) 위상 반전 부분에서 심한 신호의 왜곡현상이 발생하며, 이러한 구성과 신호의 특성은 그림 7과 그림 8에 각각 PSCAD로 모의한 전력선

신호의 고역통과 필터의 구성과 통과된 전송신호의 특성을 나타내었다.

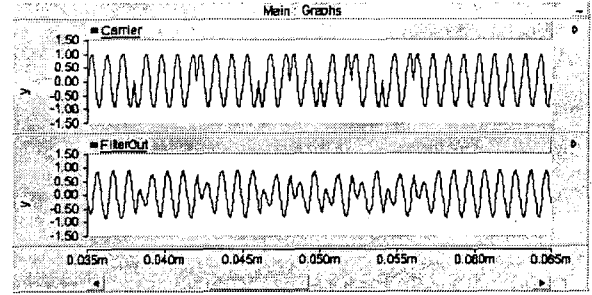


그림 8. 전송신호와 고역통과 필터링된 전송신호  
Fig 8. Carrier & High Pass Filtered Signals

전송신호(그림 8의 위) BPSK로 변조된 1MHz 이며, 필터링된 신호는 전송신호가 차단 주파수(cut-off frequency) 1MHz의 버터워스(Butterworth) 4차로 설계된 고역통과 필터를 통과한 경우의 파형(그림 8의 아래)을 나타낸 것이다. 그림 8에서 보듯이 위상이 반전되는 경계부분에서 전송신호와 비교하여 필터를 통과한 신호에서 왜곡이 발생함을 확인할 수 있다. 따라서, 전력선 통신 송수신 모델부에서 전송신호의 왜곡과 왜란을 최소화하기 위한 대책이 필요하다.

본 논문에서 제안된 송신부 모델에서는 전송신호가 커플링과 필터링 회로를 통과하는 경우에 발생하는 전송신호의 왜곡(distortion)을 방지하기 위하여 BPSK로 변조된 전송신호를 RRC 필터(root raised cosine filter)로 후처리하여 전송부(transmitter)와 수신부(receiver) 그리고 전송선로상에서 발생하는 신호의 왜곡현상을 최소화 하고자 한다. 일반적으로 RRC 필터는 부호간 간섭(ISI: inter-symbol interference) 현상을 최소화하기 위하여 사용되나, 본 논문에서는 전송신호의 위상이 180°(π) 반전되는 부분을 완화(smoothing) 하기 위하여 적용하였다[10].

$$F(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{for } \omega < \omega_c(1-\alpha) \\ 0 & \text{for } \omega > \omega_c(1+\alpha) \\ \frac{1}{2} \sqrt{1 + \cos\left(\frac{\pi(\omega - \omega_c(1-\alpha))}{2\alpha\omega_c}\right)} & \text{for } \omega_c(1-\alpha) < \omega < \omega_c(1+\alpha) \end{cases}$$

수식 2

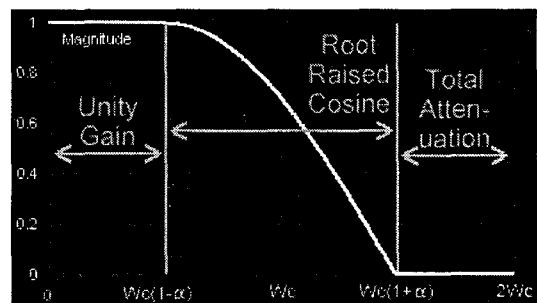


그림 9. 이상적인 RRC 필터의 주파수 응답  
Fig 9. Ideal Frequency Response of RRC Filter

전송신호의 후처리를 위하여 구성된 RRC 필터는 위와 같은 수식 2로 주파수 응답특성이 전개되며 그림 9와 같은 주파수 대역특성을 갖는다. 여기서,  $\alpha$ 는 roll-off factor 값으로 필터의 완만한 곡선의 정도를 나타내며  $0 < \alpha < 1$  사이의 값을 갖고,  $\omega = 2\pi f$ 로 주파수 성분을 나타내며,  $\omega_c = 2\pi f_c$ 는 중심 주파수(center frequency) 성분을 나타낸다. 설계된 RRC 필터는 아래의 그림 10과 같은 회로로 구성하여 PSCAD/EMTDC 상에서 적용하였다. 전송 신호의 처리를 위하여 설계된 RRC 필터는 통과대역 1MHz,  $\alpha$ (alpha : roll-off factor) 값은 0.40(40%)이며 수동소자로 구성된 2차 필터로 설계하였다.

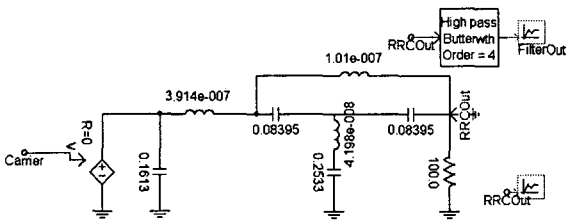


그림 10. 전력선 통신 모델의 RRC 필터 회로  
Fig 10. RRC Filter Circuit of PLC Modem

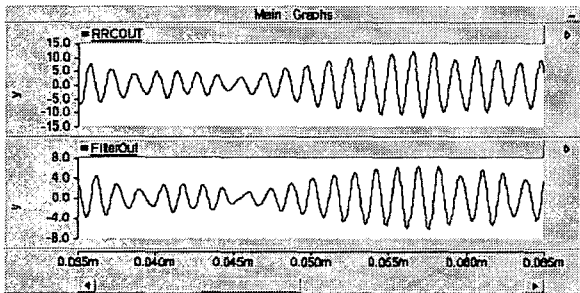


그림 11. RRC 필터링된 전송신호와 고역통과된 전송 신호  
Fig 11. RRC & High Pass Filtered Signals

위의 그림 11은 RRC 필터를 이용하여 처리된 전송신호와 차단 주파수(cut-off frequency) 1MHz의 버터워스 4차로 설계된 고역통과 필터를 통과한 경우의 파형을 나타낸 것이다. 앞에서 나타난 그림 8의 RRC 필터의 처리를 거치지 않은 전송신호와 달리 위상이 반전되는 경계부분에서 신호의 왜곡이 발생하지 않음을 알 수 있다.

### 2.3. 전력선 통신 모델의 수신부

송신된 전력선 통신 신호를 수신하기 위하여 전력선과 수신부를 연계하는 커플러(coupler)와 전력전송 신호(기본 주파수 50Hz 또는 60Hz)를 차단하기 위한 대역저지 필터부(band reject or stop filter), 고역통과 필터(high pass filter) 그리고 전송신호대역을 통과시키기 위한 전송신호 주파수 대역의 대

역통과필터(band pass filter)로 구성된다.

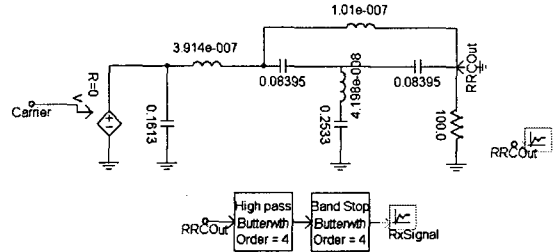


그림 12. 전력선 통신 송·수신부 필터 회로  
Fig 12. Filter Circuit for PLC Tx & Rx Modem

본 논문에서는 수신부를 고역통과 필터와 전력 전송신호를 저지하기 위한 대역저지 필터로 두 종류 필터블록의 조합으로 위의 그림 12와 같이 구성하였다. 수신부에 구성된 필터블록은 고역통과필터와 대역저지필터로 구성되었으며 구성된 필터의 사양은 차단 주파수(cut-off frequency) 1MHz의 버터워스 4차로 설계되었다.

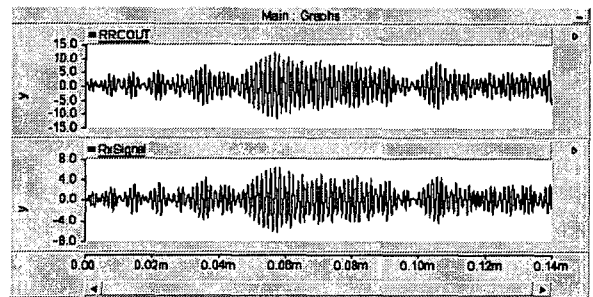


그림 13. 전송신호와 수신부 신호  
Fig 13. Tx & Rx Signals

위의 그림 13에서 나타난 파형은 전송신호와 수신부에서 필터 블럭을 통과하여 처리된 수신신호를 비교한 것이다. 수신된 신호의 감쇠정도 이외에 신호의 왜곡이나 변형이 RRC 필터 처리를 하지 않은 그림 8의 고역통과 필터 파형과 비교하여, 우수함을 알 수 있다. 수신된 신호의 감쇠는 후단에서 증폭기와 같은 후 신호처리 기법으로 극복할 수 있다.

전력선 통신 신호의 최종 출력파형이 RRC 필터 출력부의 신호 즉, 전력선 통신 모델로부터 발생하는 신호라고 가정할 경우, 이 신호를 통하여 수신단 필터 블럭의 감쇠정도와 이득 값을 계산하여 수신단 필터 블럭의 수신특성을 얻을 수 있다.

$$Gain = 20 \log \left( \frac{\text{Average of Output Signal from } R_x \text{ Filter Block}}{\text{Average of Received Signal}} \right) \text{ 수식 3}$$

시뮬레이션된 전송단 출력 파형과 수신단에서 필터 블럭을 통과한 파형의 이득(gain)은 전압·전류 신호 그리고 전력신호로 구분하여 그 값은 위의 수식 3으로 계산할 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 취득한 파형은 전압신호이며, 전송 신호와 수신된 신호의 평균값을 취하여 수신단의 신호 이득을 나타내고자 한다. PSCAD/EMTDC를 이용하여 구성한 수신단 필

터부의 전송신호 이득은 시뮬레이션 파형의 계산을 통하여 이득값(dB)을 알 수 있다.

수신된 신호는 수신부에서는 전송신호의 참조(reference)신호와 상관(correlation)하는 상관기 또는 회로를 구성하여 모의한 전력선 통신 환경의 특성을 분석하고자 한다. 구현한 전력선 통신 모델부는 전송신호를 전압신호로 사용함으로 아래의 수식 4에 나타난 자기상관함수를 이용하여 구성하였으며, 수식 5는 자기상관함수를 이산(discrete)형태로 나타낸 것이다[10].

$$ACF_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)x(t+\tau)dt = x(\tau) * x(-\tau) \quad \text{수식 4}$$

또는

$$ACF_x(\tau) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)x(n-\tau) \quad \text{수식 5}$$

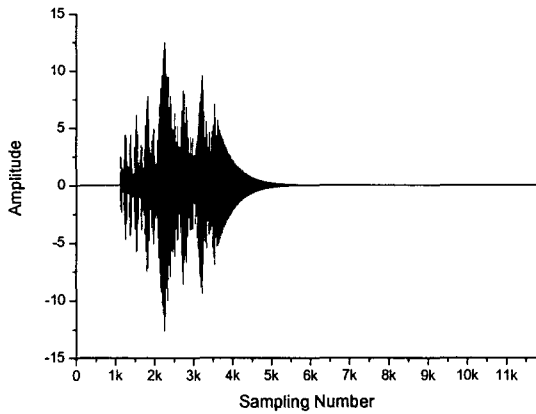


그림 14. 전송신호 및 참조(reference) 신호  
Fig 14. Carrier & Reference Signals

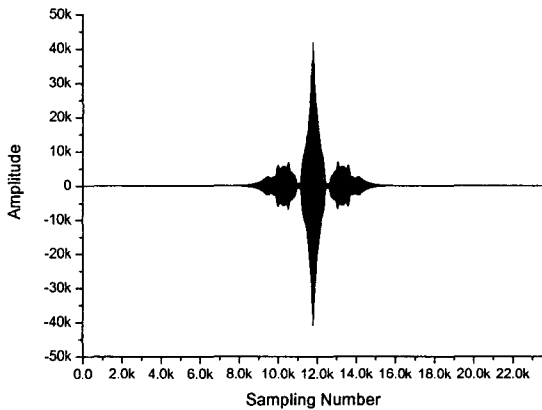


그림 15. 전송신호의 자기상관(ACF) 신호  
Fig 15. ACF Signal of Carrier

그림 14는 자기상관함수에서의 전송신호(수신신호)와 참조신호를 나타낸다. 전송신호를 전력선채널에 인가하지 않은 이상적인 상황에서의 신호를 참조신호로 사용하여 이를 수신측의 자기상관시 사용하고자한다. 또한 그림 15는 이상적인 전송신호의 자기상관함수의 특성을 나타낸다. 그림 15에 나

타난 이상적인 자기상관신호는 전력선통신 채널의 임펄스 응답 특성으로 채널특성을 분석하는 기준이 된다.

### 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

#### 3.1. 모의 전력선통신망 구성

복잡한 전력선통신망을 모의하기 위하여 본 논문에서 분기선로와 중첩선로로 구성되는 전력선통신망을 구성하였으며 이는 배전망의 배전선로 길이에 따른 전송신호의 감쇄특성과 수신신호의 지연(propagation delay)특성을 모의하기 위한 배전망으로 PSCAD/EMTDC를 아래의 그림 16에서 나타난 바와 같이 전력선 통신망을 모델링하였다.

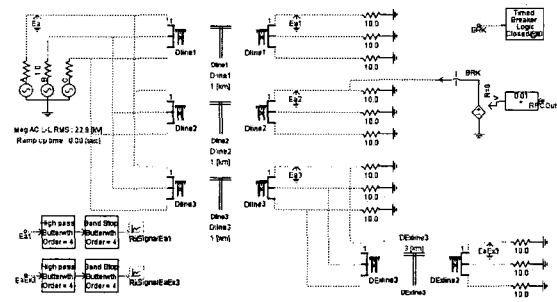


그림 16. 배전선로 길이에 따른 감쇄특성 모의 전력선 통신망  
Fig 16. Power System Modeling for Attenuation of Signals

구성된 전력선 통신망은 배전망으로 전원전압 22.9kV(선간 전압)의 Y 결선 중성점 접지방식으로 구성하였으며, 주 분기선로는 3개의 선로로 각 1km의 선로길이를 갖으며, 1km 분기선로에 3km의 말단 분기선로를 추가하여 모의하였다. 수신신호의 감쇄와 지연특성을 관찰하기 위하여, 전송신호는 송신지점으로 부터 각각 2km와 5km의 전송로를 이동하여 각각의 수신기에서 신호를 수신할 수 있도록 구성하였다. 이를 통하여 구성된 선로의 길이(각 2km와 5km)에 따른 신호의 지연과 감쇄현상을 검출할 수 있다.

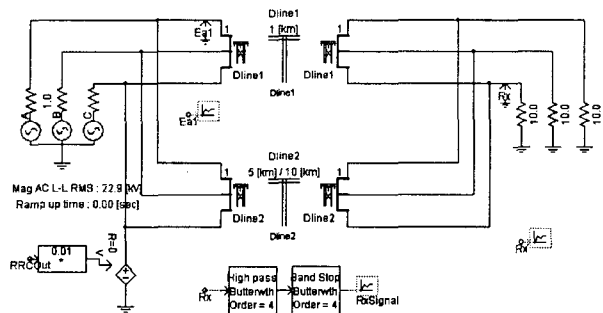


그림 17 병렬 모의 전력선 통신망  
Fig 17. Power System Modeling for Multi-path

위의 그림 17은 다중경로에 따른 전송신호의 중첩 특성을 모의하기 위하여 병렬회선으로 각 1km와 5km 그리고 1km

와 10km의 병렬 회선을 이용하여 PSCAD/EMTDC로 모의한 전력선 통신망이다. 전력선통신 모델의 송신지점에서 수신지점으로 까지 2개의 경로가 있으며, 최단경로는 1km 구간이고 최장경로는 5km 또는 10km 구간이다. 따라서 각각의 구간을 통하여 이동되는 전송신호는 선로의 길이에 따른 신호의 감쇄와 지연현상을 나타내며, 수신기를 통하여 수신되는 전송신호는 각각의 선로를 통하여 전달되는 중첩된 신호가 된다. 이를 통하여 병렬선로 또는 다중경로에 따른 신호의 중첩 및 지연현상을 검출할 수 있다.

3.2. 전력선통신 채널특성

아래의 그림 18에서는 PSCAD/EMTDC모의된 선로 길이가 각각 2km, 5km인 구간에서 수신된 신호(그림 16)의 자기상관함수의 신호로 그림 18에 나타나 있는 바와 같이 선로 길이에 따른 신호감쇄 및 지연현상을 확인 할 수 있다.

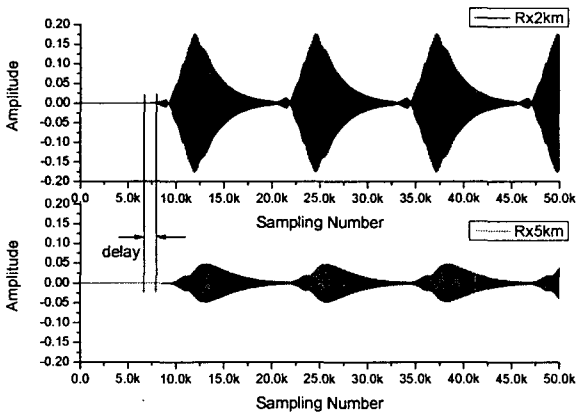


그림 18. 배전선로 길이에 따른 수신신호의 ACF  
Fig 18. ACF Signals in Fig 16

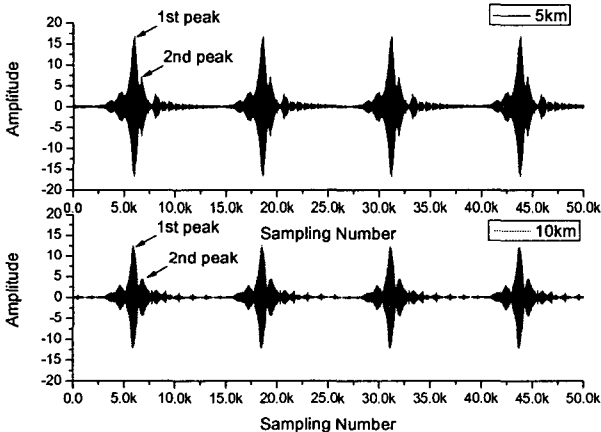


그림 19. 병렬 전력선 통신망에 따른 수신신호의 ACF  
Fig 19. ACF Signals in Fig 17

모의된 전력선통신 계통에서의 각 구간의 자기상관신호 감쇄정도는 2km에서  $V_{peak-peak}$ 는  $0.354V(-0.177 \sim +0.177)$ ,

5km에서  $V_{peak-peak}$ 는  $0.0958V(-0.0479 \sim +0.0479)$ 이며, 비울적으로 약 3.7배의 신호의 차이가 나타난다. 또한 전송신호의 지연현상은 2km와 5km 구간사이에서 자기상관신호를 기준으로 약 1300개의 샘플링데이터의 차이가 발생함을 알 수 있다.

또한 그림 19는 다중경로에 따른 신호의 중첩 및 전송특성이 나타난 자기상관신호이다. 그림 19의 신호는 병렬회선 각 1km, 5km와 1km, 10km의 전력선 통신망(그림 17)의 자기상관함수를 나타낸 것이다. 송신부에서 수신부에 이르는 경로가 2개가 존재하므로 수신신호의 자기상관신호로부터 각각 2개의 첨두치(peak)를 확인할 수 있으며, 이는 선로의 길이가 다른 2가지의 경로를 통하여 수신된 신호의 중첩과 지연으로 나타나는 현상이다. 각 선로구성에 따른 첫번째와 두번째 첨두신호의 차이는 1km와 5km의 선로에서는 약 668샘플, 1km와 10km의 선로에서는 약 910샘플개의 차이가 나타난다.

상기 모의한 전력계통망의 PN 63 코드를 변조한 전송신호를 각 수신부에서 취득한 수신신호와 참조신호의 자기상관(ACF)계산을 통하여, 전력선로 길이에 따른 신호의 감쇄정도와 전송선로 구간(길이)에 따른 신호의 지연 그리고 다중(병렬회선)경로로 인한 신호의 중첩현상과 같은 전력선 통신 채널특성을 확인할 수 있다.

4. 결 론

전력선통신 환경과 채널특성을 정확히 모의하기 위하여 실측기반의 모델링과 전력계통의 특성을 반영한 시뮬레이션이 필요하다. 하지만 종래의 전력선통신 모의는 일반적인 유·무선통신환경과 통신성능만을 모의하기 위한 시뮬레이션을 활용하였으며, 전력계통의 특성을 반영하여 모의한 경우는 흔하지 않다.

따라서, 정확한 전력선통신 구현과 성능평가를 위하여 전력선 및 전력계통의 특성이 반영된 시뮬레이션과 전력계통 환경 기반의 성능평가가 필요하다. 본 논문에서는 전력선통신 채널환경 특징과 전력계통 구성 환경을 정확하게 반영하기 위하여 전력계통 과도해석 및 모의 CAD 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 전력선통신 모델과 전력계통 모델을 구성하였으며, 이를 기반으로 구성된 시뮬레이션 환경에서 전력선통신을 모의하는 방안을 제시하였다.

모의된 전력계통은 분기선로 및 다중경로를 갖는 병렬회선으로 구성되는 배전망으로 모의하였으며, 이를 통하여 선로길이에 따른 신호의 감쇄 정도와 다중 경로로 인한 신호의 분기와 중첩 현상등과 같은 전력선통신 구현 시 발생하는 전송신호의 기본적인 특성을 모의할 수 있도록 하였다.

또한, 모의된 전력계통의 전력선통신 채널특성을 분석하기 위한 방안으로 PN(Pseudo Noise) 63 확산코드를 이용한 전송신호를 전력선통신망에 적용하였으며, 수신기에서 구성한 상관기를 통하여 수신신호의 자기상관함수를 도출하여 전력선 통신 채널환경을 분석하는 방법을 검증하였다.

본 논문에서 제안한 모델링과 시뮬레이션은 전력계통 과도해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC로 수행하였으며, 이를 통하여 전력계통 환경에서의 전력선통신 전송신의 특성을 모의하고 분석할 수 있음을 제시하였다.

실제 전력선통신망에서는 부하변동 및 외란으로 인한 잡음

현상이 가장 중요한 요인으로 향후 전력 계통망의 구성과 연계 계통 그리고 연계된 부하의 특성을 고려할 경우 보다 정확한 전력선통신 채널환경을 모의할 수 있으며, 이를 통한 결과를 실제 전력선통신 구현에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**감사의 글**

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

**참 고 문 헌**

[1] H. Hrasnica, A. Haidine, R. Lehnert, "Broadband powerline communications network design", Wiley, Aug 4, 2004

[2] Gotz, M, Rapp, M, Dostert, K, "Power line channel characteristics and their effect on communication system design", IEEE Communication Magazine, Vol.42, pp. 78-86, April 2004.

[3] Klaus M. Dostert, "Power lines as high speed data transmission channels - modeling the physical limits", IEEE Communication Magazine, pp. 585-589 April 1998

[4] 오휘명, 최성수, 이재조 김관호, 황금찬, "PN 시퀀스 방식의 광대역 임펄스 응답 측정을 통한 고압 배전선로 채널 특성 연구", 대한전기학회 논문집, Vol. 54D, pp.56-60, No. 1, JAN 2005

[5] M. Zimmermann and K. Dostert, "A Multipath Model for the Power line Channel," IEEE Trans. Commun., vol 50, no.4, pp. 553-59, April 2002.

[6] I. C. Papaleonidopoulos et al, "Statistical analysis and simulation of indoor single-phase low voltage power-line communication channels on the basis of multipath propagation", IEEE Trans on Consumer Electronics, Vol.49, No.1, February 2003.

[7] L. T. Tang, P. L. So, E. Gunawan, Y. L. Guan, S. Chen, and T. T. Lie, "Characterization and Modeling of In-Building Power Lines for High-Speed Data Transmission", IEEE Trans. Power Delivery, VOL.18, No. 1, January 2003.

[8] Jong-Joo Lee, Jaw-Sung Bae, Kwang-Ha Lee, Jong-Tae Kim, Sang-Youl Choi, Jae-Sang Cha, "A Study of Channel Sounding Technique for Power Line Communications", F0-655, ICEE China, July 2005

[9] H. Philipps, "Modelling of Powerline Communication Channels", Proc. 3rd Int'l. Symp. Power-Line Commun. and its Applications, Lancaster UK, pp.14-21, 1999

[10] Beranrd Sklar, "Digital Communication - Fundamentals and Applications", Second Edition, Prentice Hall, NJ. Jan 11, 2001

**저 자 소 개**



**이 종 주(李 種 柱)**

1975년 11월 27일 생. 1999년 수원대학교 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대학교 정보통신공학부 대학원 졸업(공학석사). 2001년~2004년 세틴정보통신(주) 개발팀장(과장). 2001년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정.

E-mail : jongjoo@skku.edu



**차 재 상(車 載 祥)**

1968년 1월생. 1991년, 97년 성균관대학교 공학사 및 공학석사, 2000년 일본 東北(Tohoku)대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사), 2000-2002년 한국전자통신연구원 이동통신연구소 선임연구원, 2002년 3월~2005년 9월 서경대학교 정보통신공학과 전임강사. 2005년 10월~현재 서울산업대학교 매체공학과 전임강사.

E-mail : chajs@snut.ac.kr



**신 명 철(申 明 澈)**

1947년 4월 3일 생. 1970년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1978년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1975년~1978년 충북대학교 전기공학과 조교수. 1982~1983년 미국 코넬대 전기공학과 교환교수. 2000~2001년 미국 펜실베니아 주립대 교환교수. 2005년 대한전기학회 회장. 1978년~현재 성균관대학교 정보통신공학과 교수. 성균관대학교 부총장.

E-mail : mcshin@ece.skku.ac.kr