

논문 2010-47TC-2-7

# 전력선 채널의 주기적 잡음 적응형 DS/SS 시스템의 구현 방법

( A Realization Method of DS/SS System for A Cyclic Noise Adaptation on Power Line Channels )

정 광 현\*, 박 종 연\*\*

( Kwang-Hyun Jung and Chong-Yeon Park )

## 요 약

전력선 통신은 전력선 채널의 특성이 전력선에 연결된 부하에 의해 변화하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 한 가지 방법으로 대역확산(Spread Spectrum) 방식이 사용되어 왔으며, 그 중 DS/SS (Direct Sequence/Spread Spectrum)은 별다른 Hardware의 추가 없이 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. DS/SS 시스템에서는 의사잡음(PN code)의 Chip수가 길어질 수록 에러율이 감소하게 되지만, 저속 전력선 모뎀의 경우 긴 Chip수를 사용할 경우 원하는 데이터 전송 속도를 얻어내기 힘들다. Dual-processing Gain을 가지는 Spread Spectrum 시스템은<sup>[1]</sup> 전력선 잡음의 주기적 특성을 반영하고자 하였다. 그러나 제안되었던 시스템은 잡음의 형태가 전원전압의 1/4주기를 기준으로 대칭적이라는 가정 하에서 적용되어 실제 여러 형태의 전력선 잡음을 반영하지 못하였다. 따라서 본 논문에서는 여러 잡음의 형태에 따라 PN code의 Chip수가 주기적으로 변경되도록 알고리즘을 구현하여 시스템을 구성 후 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 시 부하의 잡음을 측정 및 모델링하여 시뮬레이션 하였으며, 구성된 시스템은 여러 전력선 채널의 잡음상황 하에서 실제 데이터 전송 속도를 적게 감소시키면서 에러율은 효과적으로 감소시키는 것을 확인하였다.

## Abstract

The power line communication channel has characteristic variation problems which are caused by load. The spread spectrum technique has been used to overcome these problems. One of that is the direct sequence spread spectrum(DS/SS) system which is not necessary to additional hardwares. The BER of DS/SS system is decreased by longer length of PN code , but data transfer rate is decreases, so data transfer rate is hard to satisfies their own specifications especially in narrowband PLC systems. Spread Spectrum system with Dual-processing Gain<sup>[1]</sup> tries to reflect cyclic characteristics of power line noise. But that system assumes that shapes of power line channel are symmetrical with respect to the 1/4 point of main frequency(60Hz in Korea), therefore cannot achieves various shapes of real power line noise. Thus in this paper, noise adaptive DS/SS system which PN code is changed by noise levels for various channel noises is proposed and simulated. The different kinds of noises are modeled and measured for simulation, the proposed system is verified that has lower data transfer rate and lower error rate than conventional system by simulation results

**Keywords :** PLC, PLM, Spread Spectrum, DS/SS, Power line noise

## I. 서 론

전력선 통신은 상용(60Hz)전력선을 이용한 통신으로써, 통신선로를 추가적으로 설치할 필요가 없는 장점으로 인하여 홈 네트워킹, 원격제어, 원격검침 등의 용도를 위한 통신방법으로써 고려되어져 왔다. 그러나 전력선 채널의 특성이 부하로 인하여 시간에 따라, 환경에 따라 변화하는 문제점이 있다.<sup>[1~8]</sup>

변화하는 전력선 채널의 특성 중의 하나는 전력선 채

\* 학생회원, \*\* 정희원, 강원대학교 전기전자공학과  
(Kangwon National University)

※ 본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한  
에너지자원인력양성사업의 연구결과로써, 관계부처  
에 감사드립니다.

접수일자: 2009년9월14일, 수정완료일: 2010년2월17일

널의 잡음이다. 부하기기들에 의하여 발생되는 잡음은 부하의 특성에 따라 다르며, 전력선 채널에는 전력선 채널에 연결되어 있는 부하기기들이 발생하는 잡음의 합성으로 나타난다. 부하기기의 잡음은 대부분 상용전원의 주파수 성분이 포함되어 있으므로, 전력선 채널의 잡음은 부하에 따라 형태가 다르지만, 상용전원의 주파수에 동기되어 잡음의 크기가 변화하는 특성을 가지고 있다.<sup>[1~2, 8]</sup>

대역확산(Spread Spectrum) 시스템은 전력선 채널의 잡음을 극복하기 위한 방법 중 하나로써 널리 사용되어져 왔다<sup>[1, 3~10]</sup>. 그 중 DS/SS (Direct Sequence Spread Spectrum) 시스템은 비교적 쉽게 구현이 가능한 방식으로써 전송데이터 비트에 PN code(의사 잡음 코드)를 곱하여 전송하며, PN code의 Chip 수가 길어질수록 에러가 감소하는 경향을 갖는다. 그러나 수  $k \sim$  수십  $k$  bps의 전송률을 갖는 저속전력선 통신(Narrow band PLC)에서 에러율 감소를 위하여 PN code의 Chip 수를 증가시킬 경우 데이터 전송속도가 너무 낮아져서 원하는 데이터 전송속도를 만족시키기 어렵다.

Dual Processing Gain을 갖는 DS/SS 시스템<sup>[1]</sup>은 PN code를 주기적으로 변경함으로써 전력선 채널의 잡음 형태를 시스템에 반영하고자 하였다. 제안되었던 시스템은 전력선 채널의 잡음이 전원전압의 1/4주기 ( $T_{AC}/4$ )에서 대칭적으로 나타난다고 가정하고, PN code의 변경시점을  $a$ 를 전원전압의 크기에 따라 변경토록 하였다. 그러나 전력선 채널의 잡음은 대칭적이지 않은 경우가 많아 전력선 채널 잡음 특성을 반영하지 못하였다.

본 논문에서는 전력선 채널의 주기적 특성을 이용하여 DS/SS 시스템의 PN code를 잡음에 맞추어 변경시킬도록 변경시점을 잡음을 센싱하여 결정하고,  $T_{AC}/2$  주기단위로 패턴화하여 여러 형태의 잡음에서 적용가능토록 하였다. 또한 시스템 평가를 위하여 전력선 채널에 연결될 수 있는 여러 부하의 잡음을 모델링하고, 잡음에 따라 PN code를 변경할 수 있는 DS/SS FSK 시스템을 시뮬레이터로 구성한 후 잡음들을 이용하여 시뮬레이션 하여 결과를 분석하였으며, 실제 시스템 구성 시 필요한 부분에 대하여 언급 및 제안하였다.

## II. 전력선 채널의 잡음

### 1. 잡음의 모델링

전력선 채널의 잡음은 다음의 그림 1과 같이 여러 성

분들의 합성으로 볼 수 있다<sup>[4]</sup>. 본 논문에서는 전력선 채널 잡음의 주기적 특성을 이용하는 것이 목적이므로 주기적 특성을 나타낼 수 있도록 Cyclo-stationary Gaussian 모델<sup>[2]</sup>을 사용하였다. 잡음의 모델링은 전력선 채널 잡음의 전체적 과정이 Cyclo-stationary gaussian 과정을 따른다고 가정하고, 잡음 성분을 전체 잡음 성분에서 다시 다음과 같은 성분들로 분류하여 이들의 합성으로 나타낸다.

1. cyclic continuous noise
2. cyclic impulsive noise
3. time-invariant stationary noise

여기서 1, 2는 Cyclo-stationary gaussian, 3은 stationary gaussian 과정으로써 전력선 채널의 주기적 특성은 1, 2이다. 이 때 잡음의 평균을 0이라 가정한 잡음의 주기적 분산 식은 다음과 같다<sup>[1~2]</sup>.

$$\hat{\sigma}^2(t) = \sum_{k=0}^{K-1} A_k |\sin 2\pi f_A C t + \theta_k|^{n_k} \quad (1)$$

식 1에서  $K$ 가 증가할수록 더욱 일치하는 모델링을 할 수 있으나, 모델링 수식이 더욱 복잡해지며, 일반적으로  $K=2 \sim 4$ 이면 잡음을 모델링할 수 있다.  $k=0$ 에서 전원전압 형태를 나타내며 점점 차수가 증가할수록 impulsive 성분을 나타낸다. 위의 분산식의 형태는 잡음의 포락선과 같다고 할 수 있으며, 여러 포락선 형태의 합으로 나타낸 수식이다. 본 논문에서 전력선 채널의 분석 및 시뮬레이션을 위한 잡음의 모델링은 식 1의 분산을 구하여 gaussian 잡음을 곱하는 형태로 구해졌다.

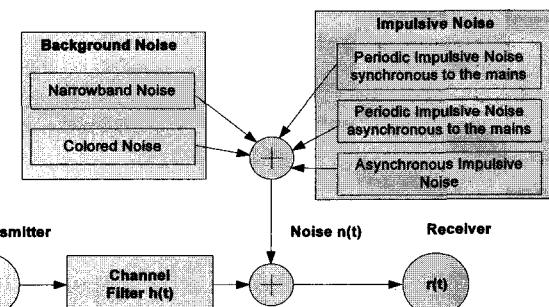


그림 1. 전력선 채널의 잡음

Fig. 1. The Noise of the Power line channel.

### 2. 측정된 잡음의 모델링

실제 잡음을 모델링하기 위해서는 각각의  $k$ 에 따른  $A, n, \Theta$ 를 결정하여야 하며, 여기서  $A$ 는 나타내는 성분

의 크기,  $\theta$ 는 위상을 의미하며  $n$ 은 3dB 펄스폭을 결정한다. 이 계수들은 실제 측정된 잡음을 통해 결정할 수 있다.

실제 전력선 채널 및 부하별로 측정된 잡음을 식1의 분산식을 이용하여 모델링한 결과를 다음의 그림 2에 나타내었다. 측정 및 모델링 된 잡음은 실제 채널에서의 잡음 2종류, 부하의 잡음 2종류를 선정하였다. 잡음의 측정은 전력선에 커플러로 오실로스코프 (Lecroy

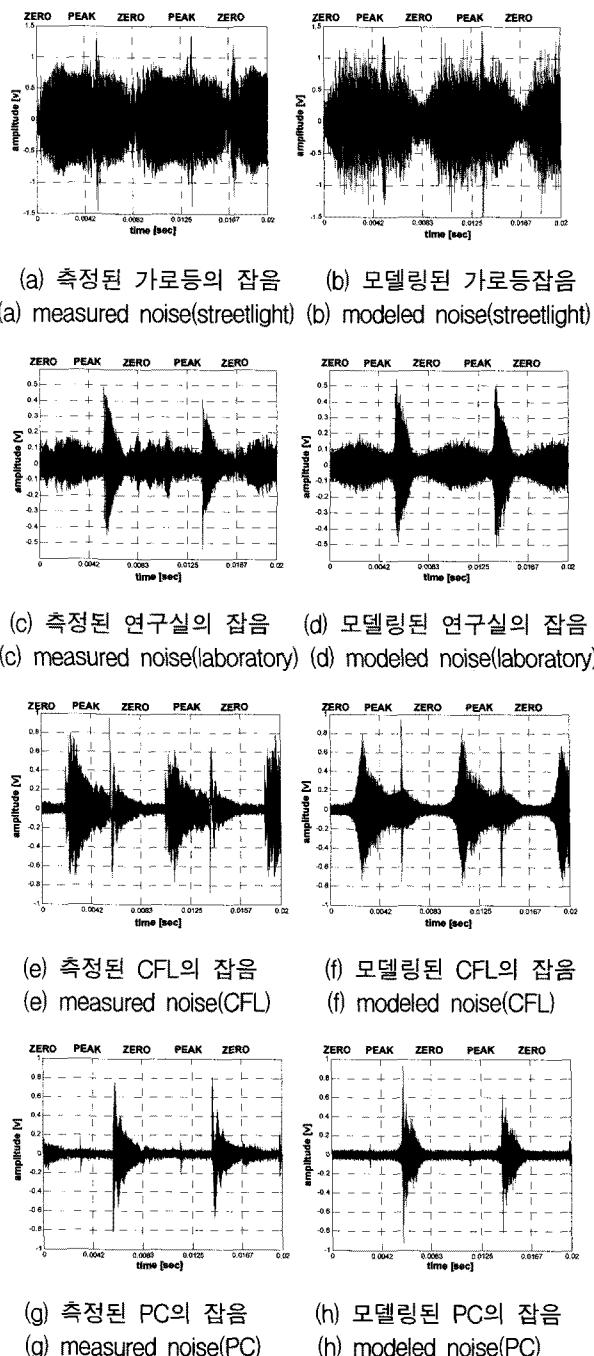


그림 2. 측정된 잡음 및 모델링된 잡음

Fig. 2. The Noise of measured and modeled noise.

Wave Runner 104Mxi)와 연결하여 측정하였다. 측정된 채널의 잡음 중 가로등 채널의 잡음은 강원도 영월에서 2007.5.16 13:00에 측정하였고, 연구실의 잡음은 강원대학교 공과대학1호관에서 2009.07.14 16:00에 측정하였으며, 연구실의 주된 부하는 PC이다. 부하의 잡음을 측정할 시 Noise Cut Transformer를 이용하여 채널의 잡음과 부하의 잡음을 분리한 후 측정하였다. CFL의 경우 20Watt 3개, 40Watt 3개를 병렬로 연결하여 총 195Watt의 환경에서 측정하였으며, PC의 잡음은 300Watt SMPS가 내장되어 있는 PC를 이용하였다.

채널의 잡음은 전력선 채널의 임피던스에 의해 변화될 수 있고, 본 논문에서의 시뮬레이션 결과가 SNR의 변화에 의한 에러율을 나타내는 것으로, 잡음의 전체적 크기는 중요하지 않으며 잡음의 주기적 형태가 중요하다. 잡음을 살펴보면 가로등의 잡음은  $T_{AC}/4$  즉 전원전압의 최대점을 기준으로 잡음의 양이 대칭적이라 할 수 있지만, 연구실과 PC 잡음은 경우는 최대점을 기준으로 그 이후 영점까지의 영역에 잡음의 양이 몰려있으며, CFL 잡음의 경우 최초의 영점에서 최대점 부근에 잡음의 양이 몰려있는 것을 알 수 있다.

### III. 잡음 적응형 DS/SS 시스템

#### 1. 전체적 시스템의 동작 및 송수신기의 구성

앞의 장에서 살펴본 것과 같이 전력선 채널의 잡음 형태는 전원전압에 동기 되어  $T_{AC}/2$  주기로 나타나게 되며, 주기 안에서 잡음의 크기가 변화한다. 잡음의 크기는 주로 영점부근에서 작고, 피크 부근에서 크게 나타나게 되므로, 잡음 적응형 DS/SS 시스템은 잡음이 적은 부분에서는 chip 수가 작은 PN code를 사용하고, 큰 부분에서는 chip 수가 큰 PN code를 사용한다.

그림 3에 송신기의 블록다이어그램을 나타내었으며,

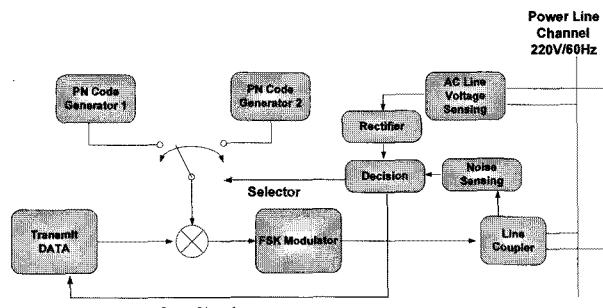


그림 3. 송신기의 블록다이어그램

Fig. 3. A block diagram of a Transmitter.

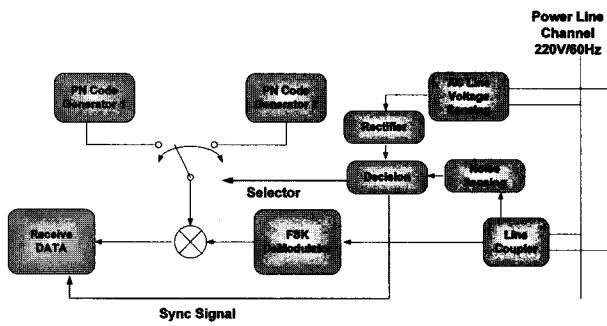


그림 4. 수신기의 블록다이어그램

Fig. 4. A block diagram of a Receiver.

그림 4에 수신기의 블록다이어그램을 나타내었다. 블록다이어그램에서 나타낸 것처럼 PN code를 변경하는 것은 잡음을 센싱하여 변경시점을 판단한 후, 전원전압의 크기를 기준으로 변경하게 된다. 전원전압을 이용하기 때문에 PN code의 동기를 맞추는 별도의 과정이 필요 없게 된다. 즉, 데이터의 시작점은 항상 전원전압의 영점이 되도록 하였다. 또한 본 논문에서 구성한 시스템에서의 변복조 방식은 FSK를 기본으로 하였다.

그림 3과 4에서 나타낸 PN code 1과 PN code2는 서로 다른 Chip 수를 가지는 PN code이다. 변경하는 시점은 센싱된 전원전압의 크기에 의해 판단한다.

이 절에서는 먼저  $T_{AC}/4$ 를 기준으로 대칭적 형태를 가지고 있는 잡음에 대해 Dual processing gain Spread Spectrum system<sup>[1]</sup>에서 제안된 것과 같이  $0 \leq t \leq T_{AC}/4$ 에서 유효한 변경되는 시점의 크기  $\alpha$ 를 이용하여 시스템을 구성하였다.  $\alpha$ 는 다음의 수식 2와 같이 나타낼 수 있으며, 시점  $T_\alpha$ 는 수식 3과 같다.

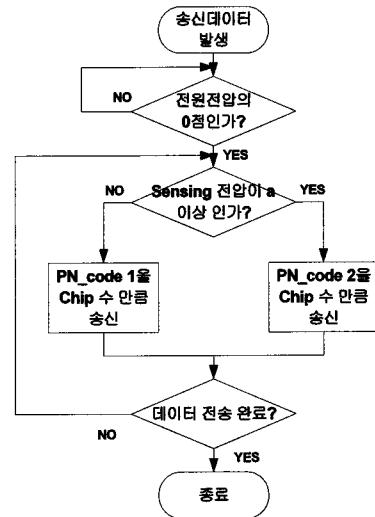
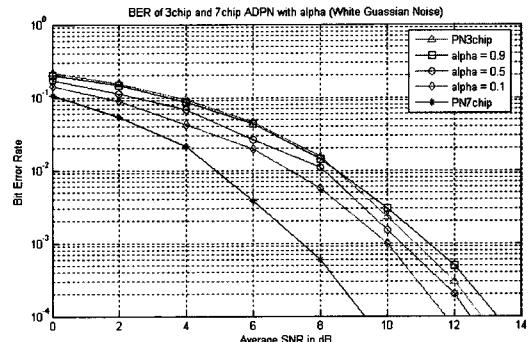
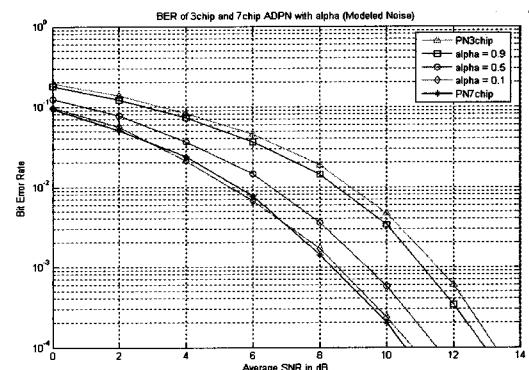
$$\alpha = \sin\left(\frac{2\pi}{T_{AC}}t\right), \quad 0 \leq t \leq \frac{T_{AC}}{4} \quad (2)$$

$$T_\alpha = \sin^{-1}(\alpha) \frac{T_{AC}}{2\pi}, \quad 0 \leq t \leq \frac{T_{AC}}{4} \quad (3)$$

그러나 실제 변경되는 시간은 데이터 전송속도(bps)와 PN code 1의 길이와 관계가 있다. 즉, PN code 1의 한 Chip이 전송이 다 끝나지 않은 시점에서  $T_\alpha$ 에 도달하더라도 전송되는 Chip을 모두 전송한 후 PN code 2로 변경하여야 하기 때문이다. 따라서 실제 변경되는 시점은 다음의 수식 4와 같다.

$$T_{trans} = \left[ \frac{T_\alpha}{T_{bit} \cdot PN_1} \right] \cdot (T_{bit} \cdot PN_1) \quad (4)$$

수식 4에서  $T_{bit}$ 는 한 bit의 전송시간,  $PN_1$ 은 PN

그림 5. 선택된  $\alpha$ 에 따른 PN code의 변경 알고리즘Fig. 5. A algorithm for translation of PN code according to the selected  $\alpha$ .(a) AWGN에서의 시뮬레이션 결과  
(a) The simulation result under AWGN(b) 모델링된 가로등 채널 잡음에서의 시뮬레이션 결과  
(b) The simulation result under modeled noise of street light channel그림 6.  $\alpha$ 에 따른 시뮬레이션 결과Fig. 6. The simulation result according to the  $\alpha$ .

code 1의 chip 수,  $T_{trans}$ 는 실제 PN code가 변경되는 시점을 의미하며, 전원전압의 시작점을 0으로 기준하였

을 때이다. 선택된  $\alpha$ 는 그림 5와 같은 알고리즘에 의해 적용된다.

구성된 시스템의 전력선 채널에서의 효과를 확인하기 위하여 모델링된 채널의 잡음 중 가로등 전력선 채널의 잡음과 AWGN에서의 결과를 시뮬레이터를 구성하여 비교하였다. 시뮬레이션은 PN code 1은 3chip, PN code 2는 7chip을 사용하고,  $\alpha$ 를 0.1, 0.5, 1로 조절하여 결과를 얻었으며, SNR은 평균 SNR이다. 그림 6에 AWGN과 가로등 전력선 채널에서의 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면 AWGN에서의 결과보다 전력선 채널에서의 결과가 같은  $\alpha$ 에 대해 애러가 적게 나타남을 확인 할 수 있다. 즉,  $\alpha=0.1$ 일 때 전력선 채널에서의 BER 결과는 7 chip을 사용하였을 때의 BER과 거의 같아짐을 알 수 있다.

## 2. 잡음에 따른 패턴의 선택

앞서 언급하였듯이  $\alpha$ 를 이용하여 PN code를 변경하는 것은 가로등 전력선 채널과 같이  $T_{AC}/4$ 를 기준으로  $0-T_{AC}/4$ ,  $T_{AC}/4-T_{AC}/2$  구간에서 잡음의 양이 대칭적으로 분포하는 경우에는 적절하지만 다음의 그림 7에 나타낸 것처럼 여러 형태의 전력선 채널 잡음을 반영하지 못한다.

따라서 본 논문에서는 잡음을 측정하여 포락선을 구한 후 반복되는 주기( $T_{AC}/2$ )를 살펴본 후  $T_{AC}/2$  동안의 패턴을 구하도록 알고리즘을 구성하였다. 먼저 패턴을 구하려면 잡음의 형태를 파악하여야 한다. 잡음의 형태를 파악하는 것은  $0-T_{AC}/2$ 의 어느 시점에서 잡음의 크기가 변화하는지 판단하는 것이며,  $PN_1$ 에서  $PN_2$ 로 변화하는 시점  $T_1$ 과  $PN_2$ 에서  $PN_1$ 으로 변화하는 시점  $T_2$ 를 구하여야 한다.

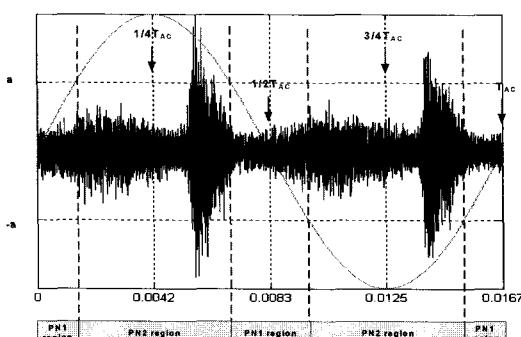


그림 7. 대칭적이지 않은 잡음에서의 PN 변화 시퀀스의 예

Fig. 7. An Example of PN sequence at Non-symmetric Noise.

본 논문에서는 PN code의 변화시점을 포락선과 포락선의  $0-T_{AC}/2$  평균이 만나는 점으로 하였다. 모델링된 잡음의 경우 잡음의 포락선이 분산의 함수와 거의 같으므로 그림 8에 분산함수를 이용하여 구한 변화시점을 나타내었다.  $T'_1$ 과  $T'_2$ 는  $T_{AC}/2$  주기 안에서 최초로 만나는 점이  $T'_1$ 이 되며,  $T'_2$ 는 최후로 만나는 점이 된다. 그림 8에 나타난 것처럼 원하지 않는 부분(잡음의 양이 분포되어 있지 않음에도 임펄스 등에 의해서  $T'_1$ 이 검출되는 부분)에서  $T'_1$ 이 검출될 수 도 있으므로  $T'_1$ 이 검출된 이후  $PN_1$ 의 전송시간 이전에 다음 만나는 점이 검출되는 경우 검출된  $T'_1$ 을 무시한 후 다음 지점을 찾으며, 또한  $T'_1$ 이 검출된 이후 다음 검출 점까지의 평균이 평균의 10%이하일 경우 무시하고 다음  $T'_1$ 을 찾도록 알고리즘을 구성하였다.  $T'_1$ 과  $T'_2$ 를 검출하기 위한 알고리즘을 그림 9에 나타내었다.

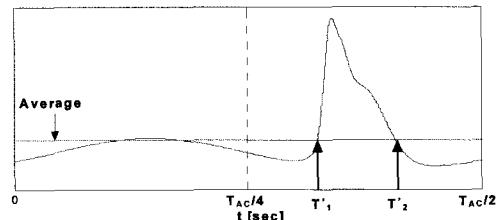


그림 8.  $T'_1$ ,  $T'_2$ 의 검출 예  
Fig. 8. An Example of  $T'_1$ ,  $T'_2$  detection.

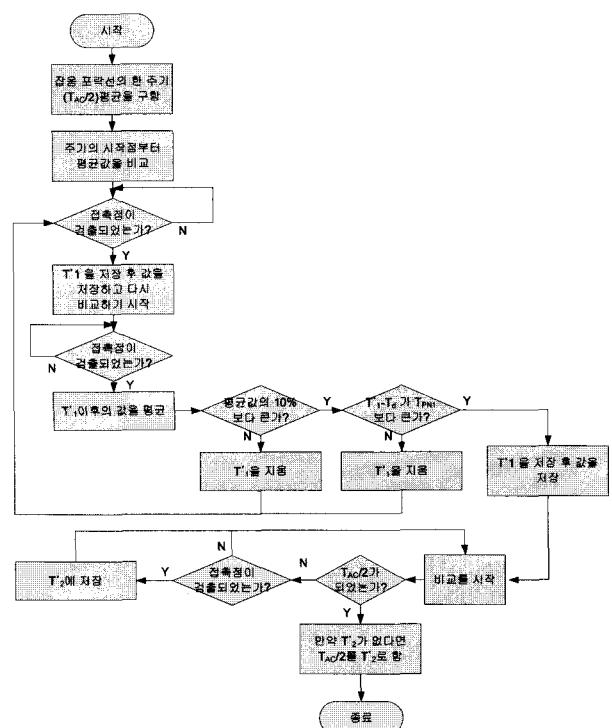


그림 9.  $T'_1$ ,  $T'_2$ 의 검출 알고리즘  
Fig. 9. Algorithm of  $T'_1$ ,  $T'_2$  detection.

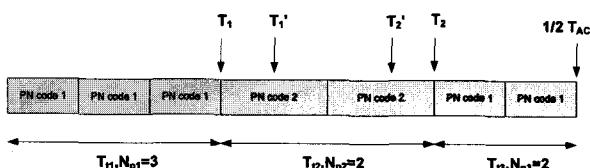


그림 10. PN code 시퀀스 패턴 다이어그램의 예  
 Fig. 10. An example of a pattern diagram for PN code sequence.

이제 구해진  $T_1$ 과  $T_2$ 를 이용하여 패턴을 구하여야 하는데, 패턴은 실제 bit의 전송률 및 PN code 1과 PN code 2의 길이에 의하여 결정된다. 주기의 맨 처음에 들어가야 할 PN code 1의 개수  $N_{p1}$ 은 수식 5와 같이 구할 수 있으며, PN code 2의 개수  $N_{p2}$ 와 나머지 PN code 1의 개수  $N_{p3}$ 은 수식 6,7과 같이 구할 수 있고, 실제 변경되는 시점  $T_1$ 과  $T_2$  그리고 검출된 시점  $T_1$ 과  $T_2$ 의 관계를 그림 10에  $T_{AC}/2$  주기 동안의 패턴 다이어그램의 예로써 나타내었다.

$$N_{P1} = \left\lfloor \frac{T_1'}{T_{bit} \cdot PN_1} \right\rfloor, T_{t1} = N_{P1} (T_{bit} \cdot PN_1) \quad (5)$$

$$N_{P2} = \left[ \frac{T_2' - T_{t1}}{T_{bit} \cdot PN_2} \right], T_{t2} = N_{P2}(T_{bit} \cdot PN_2) + T_{t1} \quad (6)$$

$$N_{P3} = \frac{((T_{AC}/2T_{bit}) - (PN_1 \cdot N_{P1} + PN_2 \cdot N_{P2}))}{PN_1} \quad (7)$$

전력선 채널의 잡음은 시간에 따라 부하의 상태 및 종류가 변화하여 형태가 변화할 수 있으므로 패턴은 일

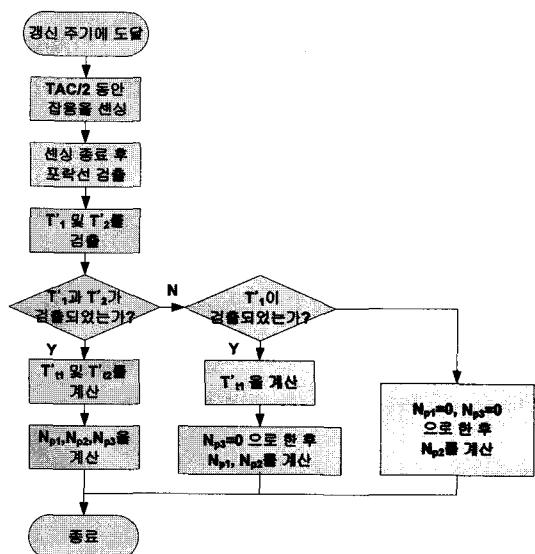


그림 11. 패턴 선택 알고리즘  
Fig. 11. An algorithm for pattern decision.

정한 주기마다 계속 갱신되어져야 한다. 그럼 11의 알고리즘은 패턴 선택을 위한 알고리즘으로써 일정 주기마다 패턴을 구하여 갱신하도록 하였다. 또한 잡음의 주기성이 없어서  $T_1'$ 과  $T_2'$ 가 검출되지 않는다면 모든 패턴을 PN code 2로 하도록 구성하였다.

### 3. 시뮬레이터의 구성 및 결과

시뮬레이터의 블록다이어그램은 다음의 그림 12와 같다. 시뮬레이터는 Matlab을 이용하여 구성하였으며, 랜덤한 데이터 비트를 전송하여 모델링된 잡음을 섞어 수신측에서 에러를 측정하는 방식으로 구성되었다. 실제 Bit의 전송률은 4800bps, FSK 변복조기의 반송파는 CENELEC-C band인 132kHz를 사용하였으며, 이 주파수는 실제 전력선을 위한 Transceiver IC 인 ST사의 ST7540의 최대 bit 전송률 및 밝송파 주파수와 동

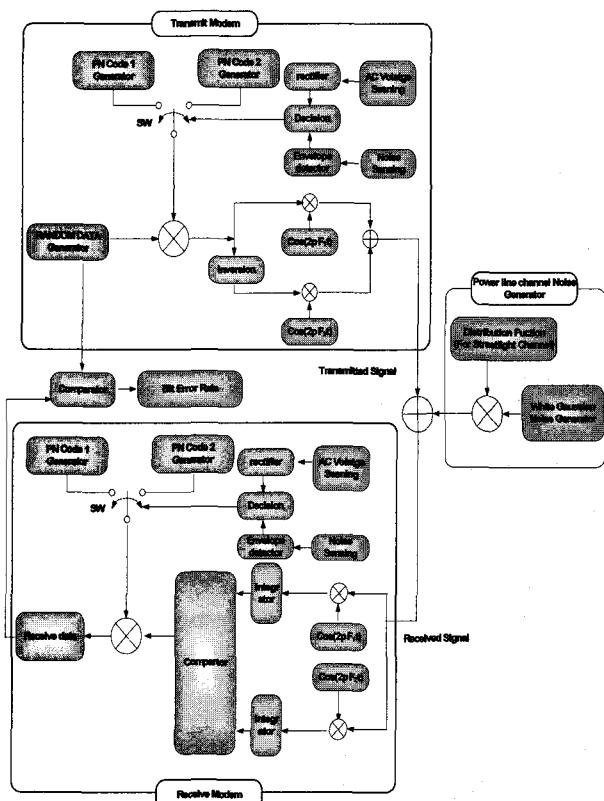


그림 12. 시뮬레이터의 블록 다이어그램  
Fig. 12. A block diagram of simulator.

### 표 1. 각 짭음별 구해진 패턴

Table 1. Estimated patterns of each noises.

	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3
가로등	1	4	1
연구실	6	2	0
CFL(195W)	2	2	4
PC(300W)	6	2	0

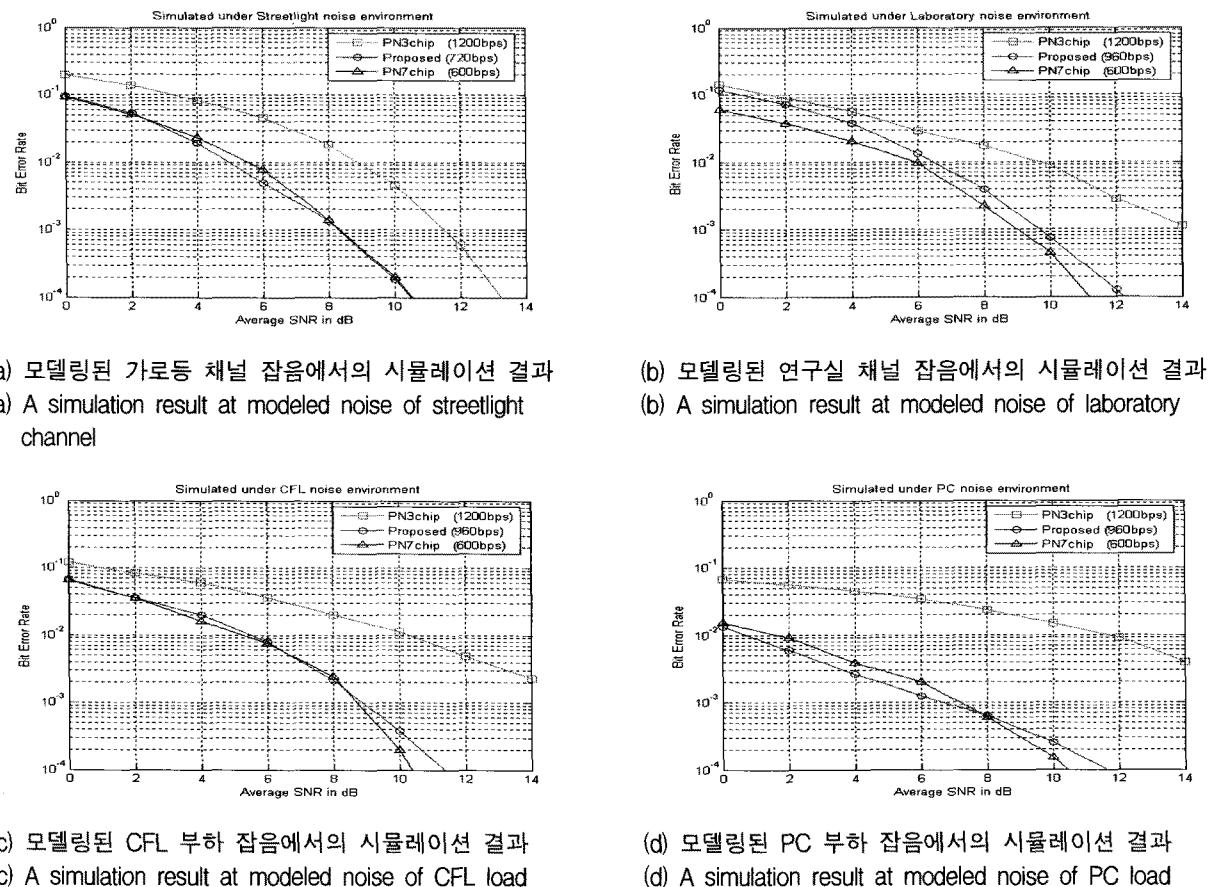


그림 13. 모델링된 각 채널 잡음에서 평균 SNR에 따른 BER 시뮬레이션 결과  
Fig. 13. Simulation results of average SNR vs BER at modeled channel noise

일하다.

제안된 시스템의 시뮬레이션은 선택된 4종류의 모델링된 잡음을 대상으로 이루어졌다. 모델링된 잡음을 이용하여 PN code 1 으로만 전송하였을 경우, PN code 2 로만 전송하였을 경우 그리고 제안된 시스템을 이용하여 전송하였을 경우에 대하여 각각의 평균 SNR에 따른 에러율을 구하도록 시뮬레이션 하였다. PN code 1은 3chip 그리고 PN code 2는 7chip으로 하였으며, 실제 시스템 구성 시 레지스터 단위에서 처리할 시 이점을 고려하여 각각의 PN code는 4bit와 8bit에 대응시켰다.

시뮬레이션 결과를 보면 제안된 방법을 사용하였을 경우 PN 7 chip을 사용한 경우와 비교하였을 때, BER 은 거의 비슷하고, 데이터 전송률은 높은 것을 확인할 수 있다 . 데이터 전송률은 PN 7 chip 을 8bit로 PN 4 chip을 4bit로 매핑시킨 것에 대한 결과이다. 시뮬레이션 시 구해진 각 잡음별 패턴은 표 1과 같다.

#### 4. 각 모뎀간의 동기화 방법

여러 잡음 환경에서 잡음 적응형 DS/SS 시스템의

시뮬레이션을 통하여 결과를 확인하였다. 구성된 시스템은 센싱된 잡음을 이용하여 PN code의 변경시점을 판단한 후 패턴화하도록 되어있다. 그러나 전력선 채널에서 센싱된 잡음은 설치된 모뎀의 가장 가까운 거리에 있는 부하의 잡음에 영향을 받는다. 즉, 각 모뎀이 설치되어 있는 위치에 따라 패턴을 다르게 선택할 수 있다는 것이다. 따라서 각 모뎀 간에는 동기화 과정이 필요하다.

본 논문에서는 각 모뎀간의 패턴을 동기화시키기 위하여 패킷의 맨 처음에 패턴의 정보를 붙이는 방식을 사용하였으며 다음의 그림 14에 나타내었다. 패턴의 정보는 4bit씩 나누어 상위 4bit에  $N_{p1}$ 을 담고 하위 4bit에  $N_{p2}$ 를 담은 후  $N_{p3}$ 은 계산을 통해 패턴을 구하도록 한다. 만약 패턴을 잘못 수신한다면, 오히려 에러율을 증가시킬 수 있으므로, 두 종류의 PN code 중 에러의 확률이 적은 PN code 2로 모두 전송하여야 한다. 전송데이터는 전원전압의 1주기 즉, TAC 동안 전송하며, 그림 14에 센싱된 전원전압과의 타이밍 도를 나타내었다. 그림 14는 데이터 전송속도 4800 bps에서 PN code 1이

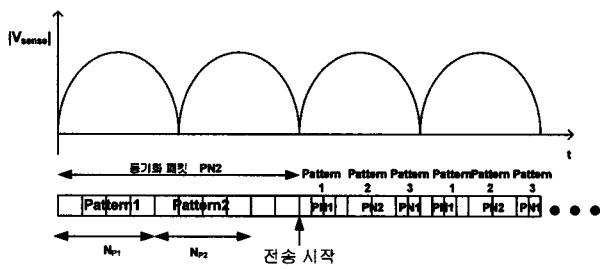


그림 14. 패턴의 동기화 타이밍 도

Fig. 14. A time chart for pattern synchronization.

3 chip. PN code 2가 7 chip 인 경우를 예를 들어 나타내었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 전력선 채널의 잡음의 형태에 따라 PN 코드의 길이를 변경하여 전송하는 시스템을 시뮬레이터로 구성하여 결과를 확인하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 시스템을 적용하였을 경우 더 큰 칩수의 PN코드의 에러율과 비슷한 에러율을 얻을 수 있었으며, 이는 더 높은 데이터 전송률로 전송을 하면서 에러율을 유지시키는 것을 의미하므로, 시뮬레이션 결과를 통하여 제안된 시스템은 저속전력선 통신에서 효과적으로 데이터 전송률을 상승시키는 것을 알 수 있다.

그러나 잡음을 센싱하여 포락선을 구하여 PN 코드를 변경하는 시점을 결정하므로 센싱 및 포락선을 구하는 과정에서 에러가 발생한다면 전체적인 에러율이 크게 상승 할 수 있다는 단점이 있으나, 아날로그 및 디지털 필터들을 이용하여 충분히 극복이 가능할 것으로 판단된다.

시뮬레이션 된 시스템은 bit 전송률 4800bps에서 132kHz의 캐리어 주파수를 가지는 FSK 시스템이며, 이는 기존의 FSK Transceiver Chip인 ST7540을 기준한 것으로 더 높은 bit 전송률을 가지는 시스템에서는 더 큰 칩수의 PN 코드를 적용할 수 있으므로 에러율을 유지한 채 더 데이터 전송률을 감소시킬 수 있을 것이다.

제안된 시스템은 향후 더 높은 데이터 전송률 및 큰 칩수의 PN 코드에서의 시스템 평가 및 실제 전력선 통신 시스템에 적용하여 검증하는 것이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H. Niwa, M. Katayama, T. Yamazato , A. Ogawa and N. Isaka, "A Spread-Spectrum System with Dual Processing Gains Designed for Cyclic Noise in Power Line Communications," IEEE Spread Spectrum Techniques and Applications Proceedings, Vol. 2, pp. 816-820, 1996.
- [2] M. Katayama, T. Yamazato, H. Okada, "A Mathematical Model of Noise in Narrowband Power Line Communication Systems," IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Vol. 24, no. 7, pp. 1267-1276, July 2006.
- [3] G. Marubayashi, S. Tachikawa, "Spread Spectrum Transmission on Residential Power Line," IEEE Spread Spectrum Techniques and Applications Proceedings, Vol. 3, pp. 1082-1086, Sep 1996.
- [4] Gotz, M., Rapp, M., Dostert, K., "Power line channel characteristics and their effect on communication system design" Communications Magazine, IEEE, Vol 42, Issue 4, pp. 78 - 86, Apr 2004.
- [5] 정광현, 박종연, "가로등용 전력선 채널에서 노이즈 적응형 DS/SS 방식의 적용" 2009년도 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, IEEE, Vol 42, Issue 4, pp. 1592 - 1593, July. 2009.
- [6] 장목순, "The design and realization of a power line communication MODEM using the direct sequence spread spectrum technique", Kangwon national university graduate school doctor thesis., Feb. 1998.
- [7] 정광현, 박종연, "전력선 통신을 이용한 MH 램프의 조광제어 시스템에 관한 연구", 대한 전자공학회 논문지 제 45 권 TC 편 제 2 호, pp. 83 - 91, Feb. 2008.
- [8] Keita Watanabe, Daisuke Umehara, Satoshi Denno, Masahiro Morikura, "An Initial Acquisition Method for Channel Synchronization on In-home Power Line Communications", IEEE, ISPLC 2009, pp137-142, Apr. 2009.
- [9] 지광현, 김기정, 장목순, 박종연, "전력선통신에서 FEC 및 DS-SS 방식의 특성비교에 관한 연구", 대한 전자공학회 학술대회 논문집, 제11권 1호, pp. 349 - 352, JAN. 1998.
- [10] 서희종, 주효정, "전력선통신에서 직접확산 스펙트럼(DSSS) 계의 성능 분석", 대한 전자공학회 논문지 제 41 권 TC 편 제 11 호, pp. 25 - 32, Nov. 20

---

저 자 소 개

---



**정 광 현(학생회원)**  
 2006년 강원대학교 전기전자  
 공학과 학사 졸업.  
 2008년 강원대학교 전기  
 전자 공학과 석사 졸업  
 2008년~현재 강원대학교 전기  
 전자 공학과 박사과정

<주관심분야 : 전력선통신, 무선통신, 신호처리,  
 LED 구동회로, electronic ballast>



**박 종 연(정회원)**  
 1973년 고려대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1980년 경북대학교 대학원 석사  
 졸업.  
 1984년 경북대학교 대학원 박사  
 졸업.

1973년~1984년 KIST 연구원  
 1977년~1984년 울산 공과대학 조교수 부교수  
 1984년~현재 강원대학교 교수  
 <주관심분야 : 전력선통신, 신호처리, 방전등용  
 안정기, LED 구동회로, 전력필터>