

## 가로등 전력선 채널에서 노이즈 적응형 DS/SS 방식의 적용

정광현\*, 박종연\*

강원대학교 전기전자공학과\*

### Implementation of the noise adaptive DS/SS method for Streetlight power line channel

Kwang-Hyun Jung\*, Chong-Yeon Park\*

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon National University\*

**Abstract** - 전력선 채널 잡음은 전력선에 연결되어 있는 전기기기들에 의하여 변화하는 특성을 갖고며, 이러한 잡음 특성을 극복하기 위한 한 가지 방법으로 DS/SS 방식을 적용하는 방법이 있다. 그러나 저속 DS/SS 전력선 모델의 경우 낮은 데이터전송률 때문에, 잡음 특성을 개선하기 위하여 Chip 수가 큰 PN code를 적용하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 전원 전압에 동기되어 잡음의 양이 변화하는 것에 따라 PN code를 변경하는 방법[1]을 적용하고자 하였다. 전력선 채널의 잡음은 비교적 부하가 고정적인 가로등 전력선 채널로 한정하여 잡음을 모델링 하였으며, 전원전압에 맞추어 잡음의 양에 따라 PN code 길이를 변경하는 FSK 방식의 DS/SS 시스템을 구성하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 적용된 시스템이 전력선 채널에서 효과적 성능을 발휘함을 확인하였다.

#### 1. 서 론

전력선 통신은 추가적 통신선로의 설치가 불필요한 장점으로 인하여 홈 네트워킹(Home Networking), 기기들의 원격제어, 원격검침 등에 적용되고 있다. 그러나 전력선은 전원을 공급하기 위한 상용전원(60Hz)에 적합하도록 되어있으므로, 통신 채널로서의 문제점들이 있으며, 이를 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되어져 왔다[1]-[4]. 이러한 문제들 중 하나는 전력선에 연결되어 있는 부하들에 의해 발생하는 시변적 잡음이며, 대역확산(Spread Spectrum) 방식은 문제점을 해결하기 위한 효과적 방법 중의 하나로 사용되어 왔다.[1][4]

대역확산 방법으로 DS/SS(Direct Sequence Spread Spectrum)는 PN(Pseudo Noise) code를 사용하여 대역확산을 한다. DS/SS 방식은 PN code의 Chip 수에 따라 통신 성능이 변화하게 되며 Chip수가 클수록 BER(Bit Error Rate)이 좋아지게 되지만, 통신의 속도는 느려지게 된다. 특히 저속 전력선 통신의 경우 일반적으로 데이터 전송률이 4800 ~ 9600bps 이므로 Chip수를 크게 늘리기 어렵다.

전력선 채널의 잡음의 특징 중 하나는 전원전압에 동기되어 잡음의 크기가 변화하는 것이며, 주로 전원전압의 Peak 부분의 잡음과 영점 근처 잡음의 크기가 다르게 나타난다. 본 논문에서는 이러한 잡음의 특징을 이용하여 PN code의 Chip수를 전원전압에 동기되어 변화시키는 시스템을 적용하였다. 적용된 시스템은 데이터 전송률이 고정되어 있는 상황에서 효과적으로 PN code를 사용하여 BER을 높일 수 있다.

[1]에서는 DPSK 변조를 기본으로 하였으며, 에러율을 비트단위별 SNR을 이용하여 계산하여 결과를 얻었다. 그러나 본 논문에서는 전력선 채널의 잡음은 부하에 의하여 여러 가지 형태를 가지고 있으므로, 가로등용 전력선 채널 잡음으로 한정하였으며, FSK 방식을 기본으로 한 DS/SS 시스템을 MATLAB을 통해 구성하여 데이터를 전송한 후 그 에러를 측정하도록 시뮬레이션 하였다.

#### 2. 본 론

전력선 채널의 잡음은 전력선에 연결된 부하에 따라 변화하며, 시변적이다. 따라서 전력선 채널의 잡음은 연결된 부하에 따라, 또한 시간적 변화에 따라 해석되어 다루어져야 한다.

본 논문에서는 비교적 부하의 변동이 적은 가로등 전력선 채널의 잡음을 [1][3]에서 제안된 시변적 모델링 방법을 이용하여 잡음을 모델링 하였다.

##### 2.1 전력선 채널의 잡음 모델링

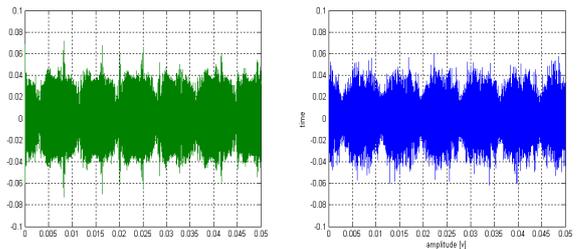
전력선 채널의 잡음은 다음과 같은 잡음의 성분의 합성으로 볼 수 있다.[1][3]

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

여기서 time-invariant continuous noise 는 cyclic continuous noise 나 cyclic impulsive noise 보다 작은 크기로 나타나며 나머지 두 가지의 잡음이 주로 전력선 잡음의 특징을 나타내는 잡음이라 볼 수 있다. [2][3]에서 제안된 모델링은 이 잡음들이 Cyclo-stationary Gaussian process 라는 가정을 통하여 다음의 식 1과 같이 잡음의 분산 주기성을 표현 하였으며, 잡음의 평균은 0으로 가정한 것이다.

$$\sigma^2(t) = \sum_{k=0}^{K-1} A_k [2\pi f_{AC} t + \theta_k]^{n_k} \quad (1)$$

K는 차수를 나타내며, 이 차수는 잡음의 모양에 따라 결정할 수 있다. 즉 잡음의 모델링은 각각의 k에 대한 A,  $\theta$ , n을 결정하는 것이며, 이는 실제 측정된 잡음을 바탕으로 구할 수 있다. 식(1)에서의 계수를 구하기 위하여 가로등용 전력선 채널에서 실제 측정된 잡음은 다음의 그림 1 (a)와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 가로등용 채널의 잡음 또한 전원전압의 주파수(60Hz)에 동기 되어 나타난다. 측정된 잡음을 이용하여 모델링된 잡음을 그림 1 (b)에 나타내었다.

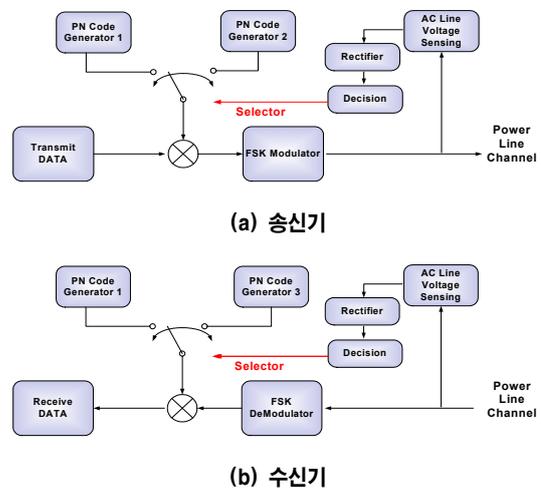


(a) 측정된 가로등용 채널의 잡음      (b) 모델링된 잡음

<그림 1> 가로등용 채널의 잡음

##### 2.2 노이즈 적응형 DS/SS

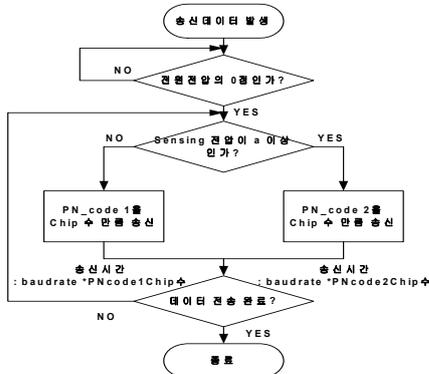
노이즈 적응형 DS/SS의 송신기 및 수신기의 블록다이어그램을 그림2에 나타내었다.



(b) 수신기

<그림 2> 노이즈 적응형 DS/SS 시스템 송수신기

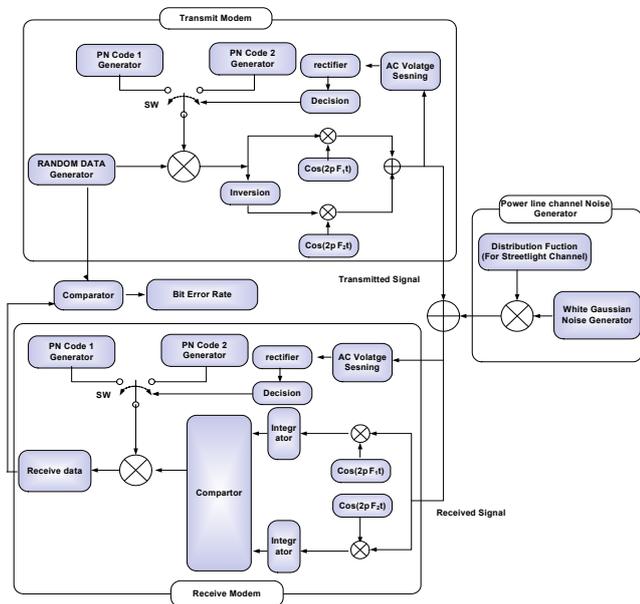
전체적인 시스템은 잡음의 형태가 전원전압에 동기되어 있으므로 전원전압의 크기를 받아 PN code 및 code의 변경 시점을 결정한다. 송신기는 입력된 데이터를 전원전압의 0점에서부터 PN code 1을 곱하여 송신하기 시작한다. 그 후 전원전압의 크기가 정해진 크기  $\alpha$ 에 도달하면, PN code 2로 변경하여 입력신호에 곱하고 전원전압의 크기가  $\alpha$ 보다 작아지면 PN code를 PN code 1로 변경한다. 수신기의 동작 또한 마찬가지로 동작하며  $\alpha$ 와 변경시점에 대한 알고리즘을 그림 3에 나타내었다. 변경되는 시점은 PN code의 길이와 데이터 전송률에 의해 결정된다. 또한 그림에 나타난 것처럼 데이터의 시작을 전원전압의 영점에서 시작하기 때문에 수신기에서 동기를 위한 Preamble 없이 전원전압으로 동기를 맞출 수 있다.



〈그림 3〉 PN code 변경 알고리즘

### 2.2.1 시뮬레이터의 구성

시뮬레이터는 MATLAB을 이용하여 그림 4와 같은 블록을 구현하였다. 랜덤데이터 배열을 송신하여 수신기 측에서의 데이터를 비교하여 에러를 측정하는 방식으로 구성하였으며, PN code의 변경은 그림 3의 알고리즘을 적용하였다. 기본이 되는 변조방식으로 FSK를 사용하였으며, 실제 전력선 통신을 위한 FSK Transceiver 인 ST사의 ST7540과 같은 132kHz 캐리어 주파수를 사용하고 데이터 전송률을 4800bps로 하였다. 또한 신호의 전력은 잡음의 평균전력을 계산하여 결정하였다.



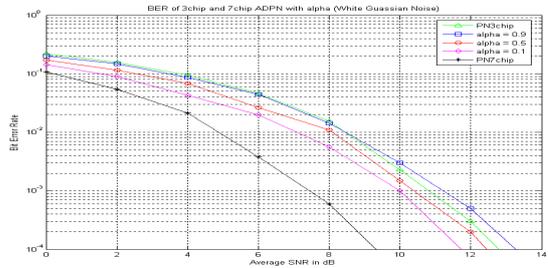
〈그림 4〉 시뮬레이터의 구성

### 2.2.2 시뮬레이션 결과 분석

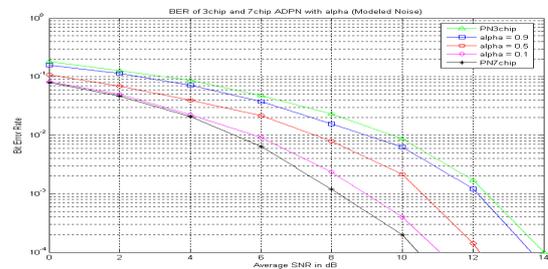
결과는 전원전압의 300 주기를 시뮬레이션 하였다. 데이터 전송률을 4800bps로 하였기 때문에 전원 전압의 반주기에 전송할 수 있는 비트수는 40비트가 된다. PN code의 변경은 전원전압의 반주기 즉 40 비트 안에서 행해져야 하기 때문에 PN code는 3chip과 7chip을 사용하였다. 이때 3chip과 7chip은 일반적으로 구현 시 register 단위로 구현하는 것을 고려하여 1비트를 추가하여 4비트와 8비트에 대응시켰다. 또한 잡음의 모델링에서 영점부근의 잡음이 피크부분의 잡음보다 적으므로, 영점부근인 PN code1에 3chip을 피크부분의 PN code2에 7chip을 사용토록 하였

다.  $\alpha$ 의 경우 AC 전원의 최대 크기를 1로 하였을 때 0.1, 0.5, 0.9에 대하여 시뮬레이션 하였다.

그림 5의 a에 AWGN에서의 결과와 b에 모델링된 전력선 채널 잡음을 부가한 결과를 나타내었다. 결과에서 볼 수 있듯이 BER은 기본적으로 PN 3 chip과 PN 7chip 안에 존재하게 된다. 두 가지의 결과로서 알 수 있는 사실은 잡음(즉  $\alpha$ )에 따라 PN code를 변경하여 BER을 7chip을 사용 것과 흡사한 결과를 얻을 수 있다는 것이다. 즉, PN 3chip과 7chip을 적절히 섞어 사용하여 7chip에 근접한 BER을 얻음으로써, 그만큼의 데이터 전송률을 얻을 수 있다. 또한, AWGN에서는 이러한 방법을 적용하여도 효과적인 BER의 감소를 얻기 어려우나, 전력선 채널의 잡음 하에서는 BER의 감소가 효과적으로 일어남으로써, 실제 데이터의 속도와 BER의 적절한 선택이 가능하다는 것을 알 수 있다.



(a) AWGN에서의 결과



(b) 모델링된 잡음에서의 결과

〈그림 5〉 시뮬레이션 결과

## 3. 결 론

전력선 채널의 잡음 형태에 맞추어 PN code를 변경시킴으로써 얻을 수 있는 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 가로등 전력선 채널의 잡음은 전원전압의 영점근처에서 잡음이 적고 피크부분에서 잡음이 크므로, 영점부분에서는 Chip수가 작은 PN code를 피크부분에서는 Chip수가 큰 PN code를 적용하였으며, 두 PN code의 섞이는 비율은 센싱된 전원전압의 크기인  $\alpha$ 를 이용하여 결정하였다.

시뮬레이션 결과 본 논문에서 적용한 방법이 전력선 채널에서 적절한 BER과 데이터 전송속도를 얻을 수 있음을 AWGN 일 때 와 비교하여 확인하였다.

다양한 전력선 채널에서 사용할 수 있도록 여러 잡음형태에서 적용하도록 하는 것과 다양한 PN code의 사용 등이 앞으로 연구되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원 인력양성사업의 연구결과로써, 관계부처에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Niwa, H., Katayama, M. 외 3명, "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] Massaki Katayama 외 2명 "A Mathematical Model of Noise in Narrowband Power line Communication Systems", IEEE journal on selected areas in communications, pp.1267-1276 Vol.24, JULY 2006
- [3] Osamu OHNO 외 3명 "A Simple Model of Cyclostationary Powerline Noise for Communication Systems", IEEE ISPLC 1998, pp.115~122, 1998
- [4] Hooijen, O.G, "A robust system for digital data transmission over the low voltage network using spread spectrum techniques", IEEE Spread Spectrum Techniques and Applications Proceedings, Vol.2, pp.22-25, 1996