

# 확산 대역 통신 방식을 이용한 전력선 반송 시스템에 관한 연구

허영, 최현호, 오상기, 김관호

한국전기연구소

## A Study on Power Line Carrier System Using Spread Spectrum Technique.

Young Huh, Hyun-Ho Choi, Sang-Ki Oh, Kawn-Ho, Kim

K E R I

### ABSTRACT

There are Carrier Current Communication or Power line Carrier (PLC) Communication conducted data exchange using power line which is installed existing indoor. Power line is possible to construct data link economically, on the other hand, have an inferior transmission environment such as irregular noise and severe level variation. The purpose of this paper is to present transmission possibility for PLC using spread spectrum technique.

In the initial synchronization, established computer simulation for the S/N in relation to PN code generator. By using this result, construct the prototype SS system and then experiment the transmission characteristics.

### I. 서론

최근 사회활동이 고도화 되고 복잡하게 됨에 따라 자동화 시스템의 개발이 적극 적으로 추진되고 있다. 자동화 시스템을 위한 정보 전송방식에는 통신케이블, 진회선, 전력선등이 있으며 이 중에서 기존의 전력선을 이용하는 방식은 시설 개축에 따른 설치비용등의 감소로 경제적인 데이터링크를 가능케 해준다. 그러나 전력선은 임피던스 변동, 심한 잡음레벨 등으로 효율적인 통신성능을 유지 하기가 어려우며 한정된 주파수대역으로 인해 전송속도도 제한된다. 이와 같은 열악한 환경하에서 전력선반송에 새로운 통신기술인 확산대역(Spread Spectrum : SS) 통신방식을 적용 하므로써 Impulse Noise 영향과 Narrow band interference 영향을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 통신속도도 증진 시킬 수 있어 기존 방식보다 신뢰성

이 높은 전력선 반송기술을 확립할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 전력선을 전송매체로 하여 직접확산(DS) 변조에 의한 SS 통신 방식의 적용 가능성에 대해서 검토 하였으며 데이터 통신에서 가장 핵심 기술인 동기방식중에서 serial search 방식의 SNR에 따른 acquisition time을 PN 단수별로 simulation을 통해 시험 시스템 구성에 활용하였다. 그리고 DLL 방식을 이용한 Prototype 의 SS 송수신기를 제작하여 신호전송 특성을 시험하였다.

### II. SS 적용기술

배전선 반송방식에 할당되어 있는 주파수는 10~450 KHz 이며 평균 송신 출력은 30dBm 이하로 규정 [4,5]하고있다. 우선 전송속도와 필요로 하는 반송주파수 대역폭 의 관계를 살펴본다. SS신호의 부호 Clock 속도(주파수) Rc는

$$R_c = (\text{1초간의 정보량} \langle \text{bit} \rangle = \text{전송속도}) \times (\text{정보 1 bit를 구성하는 SS부호} = \text{확산 부호 계열장}) \dots(1)$$

로 된다. 이것은 그림 1의  $(\sin x/x)^2$  형 스펙트럼내 주 envelope 범위를 표시하고 있으며

$$R_c = \frac{1}{to} \text{ 이다.} \dots\dots\dots(2)$$

이 중에서 스펙트럼 성분은 전송속도를 주파수로 읽어 변환한 간격 (1200 bps 내지는 1200 Hz 간격)으로 존재한다. 이런 main envelope 범위(주파수 범위) 의 스펙트럼이 수신된다면 원리적으로 복조될 수 있다.

표 1에 전송속도와 확산부호 계열장, M계열, G계열에 있어서 Channel 할당수, 부호 Clock 속도와와의 관계를 나타냈다. 실제로는  $(\sin x/x)^2$  형 스펙트럼은 반송파 중심 주파

수  $f_c$  를 중심으로 하여 양측으로 발생하며 반송주파수 대역  $f_B$  는 일반적으로 이런 main envelope 의 범위 즉,

$$f_b = 2Rc \dots\dots\dots(3)$$

$$f_B = 2Rc$$

로 된다.

표 1 확산 부호계열장, 전송속도, 부호 Clock 속도 관계

확산부호 계열장		31	63	127	255	511
부호계열장 (확산도)	M 계열	6	6	18	16	48
	G 계열	465	946	19,431	30,600	576,408
부호 전송속도	9,600bps	298	605	1,219	2,448	4,906
호율	4,800	149	302	610	1,224	2,453
비율	2,400	77	151	305	612	1,226
속도	1,200	37	75	152	306	613
도	600	19	38	76	153	307
	300	9.3	19	38	77	153

$f_B$  와 반송파 중심 주파수  $f_c$  와의 관계는 그림 1에 표시한 바와 같으므로

$$f_c \geq Rc \dots\dots\dots(4)$$

즉

$$f_c \geq \frac{f_B}{2} \dots\dots\dots(5)$$

이며 더우기  $f_B$  가 10 ~ 450KHz 범위내에서 있도록 중심 주파수  $f_c$  를 선정하면 좋다.

SS방식에서 사용하는 주파수 대역을 10~450 kHz 범위내로 하는 전제 조건으로 부터 표 1에서  $Rc$  는 약 300KHz 이하를 선정하게 되는데 논문 [3] 에서 검토된 신호 전송특성을 함께 고려하면  $Rc$  의 값은 100~200KHz 범위내에서 선정하는것이 바람직하며 송수신부 입출력단 임피던스는 10Ω 정도로 설계한다.

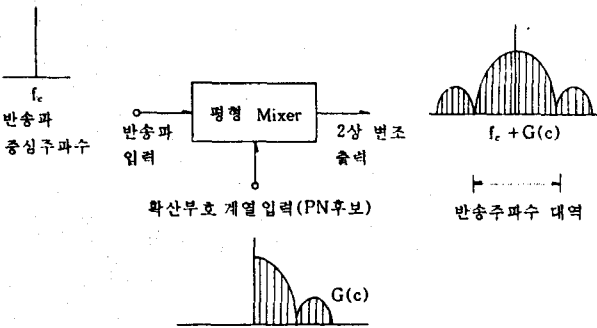
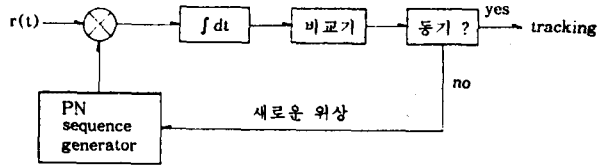
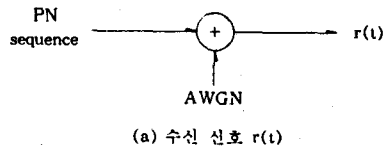


그림 1 직접확산 변조의 반송주파수 대역과 중심 주파수 관계

### III. 초기동기 Simulation

#### 1. 시뮬레이션 모델

초기 동기를 위한 시뮬레이션 모델은 그림 2 와 같다. 그림 2 (a) 와 같이 수신에 수신된 신호  $r(t)$  는 PN sequence 에 평균 0, 분산 1 인 Gauss 분포를 갖는 백색 잡음이 첨가된다. 수신기는 수신된 신호  $r(t)$  와 PN sequence generator 출력의 correlation 을 구해 임계치와 비교하여 초기 동기 여부를 결정하고 동기가 되지 않았을 경우에는 다음 위상의 PN sequence로 correlation 을 구하고 동기가 이루어졌을 경우에 tracking mode 로 들어간다.



(b) 수신기의 초기 동기 부분

그림 2 초기 동기를 위한 시뮬레이션 모델

#### 2. 시뮬레이션 과정

그림 3 의 초기 동기에 관한 시뮬레이션 과정을 나타냈다 수신기 에서는 수신신호  $r(t)$  에 포함되어 있는 PN sequence 의 위상을 오픈디고 가정하고 0에서 부터 PN sequence 의 주기에 해당하는 시간 구간 사이의 임의의 값을 random 하게 잡아서 수신신호의 초기 위상으로 둔다. 그리고 수신기의 PN sequence generator 의 초기 위상은 0으로 잡아서 그 위상에 서부터 correlation 을 취해 나간다. Correlation 값이 임계치 보다 적으면 동기되지 않았다고 보고 새로운 위상의 PN sequence 로 다시 correlation 을 취한다. Correlation 이 임계치를 넘으면 일단 동기 되었을 가능성이 있다고 판단하여 false alarm 인지 조사한다. false alarm 조사는 송신 신호의 위상과 수신신호의 위상이 1/2 chip이내에 들어왔는지를 본다. 만일 위상차가 1/2 chip 이상되면 false alarm 으로 보고 새로운 위상으로 다시 correlation 을 취하고 위상차가 1/2 chip 이내에 들어오면 동기 되었다고 본다.

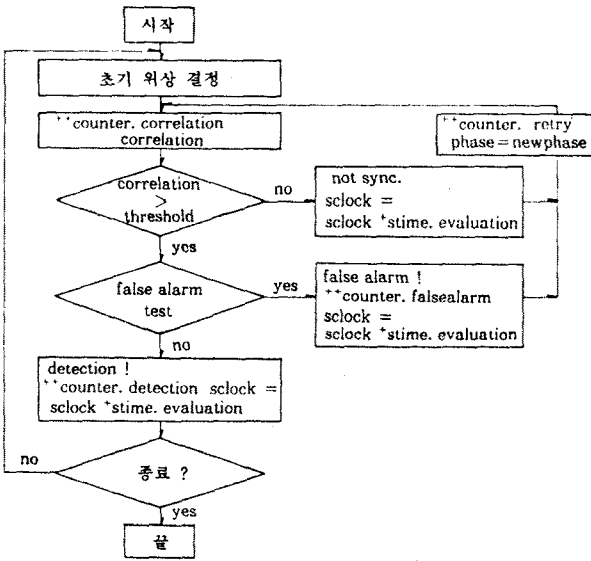


그림 3 초기 동기화 과정의 시뮬레이션 과정

3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위해 4단, 5단, 6단의 SSRG type PN sequence generator 를 구성했다. 각각은 maximal length sequence가 되도록 [4.1],[5.2],[6.2] feedback connection을 갖는다. 수신신호는 평균이 0이고 분산이 1인 Gaussian noise 와 S/N 비를 조절할 수 있도록 PN sequence 를 구성했다. 1 주기의 PN sequence 를 100개의 점으로 나누어 표본화 했다. 4단, 5단, 6단을 서로 비교하기 위해 초기동기 구간을 6단 PN sequence generator 의 1/2 chip에 해당하는 [-50/63, 50/63]으로 정했다. 그리고 correlation 값의 임계치는 S/N 비가 -20 dB 일 때 1/2 chip 구간에 해당하는 임계치 중에서 가장 작은 4단의 임계치 70/15로 정했다. 시뮬레이션은 초기 동기가 500회 이루어질 때까지 4단, 5단, 6단의 PN sequence generator 와 S/N 비는 -50 dB까지 5dB 씩 감소 시키면서 각각에 대해 초기 동기 시간을 측정 하였다. 그 결과를 그림 4 에 나타냈다.

전체적으로 초기 동기 시간은 S/N 비가 0 dB에서 - 10 dB 까지는 80 정도로 거의 변화가 없다가 - 10 dB 보다 작아지면 급격히 증가하고 있다. S/N비가 0 dB 에서 - 10 dB 사이에서는 4단, 5단, 6단의 초기 동기 시간이 서로 차이가 없고 4단의 PN generator의 초기 동기 시간이 가장 적다. -30 dB 이하에서는 stage 수가 높을수록 초기 동기 시간이 상대적으로 적어지고 6단이 가장 적음으로 보이고 있다. 이와같이 잡음이 많은 환경에서 stage 수가 높을수록 초기 동기화에 대한

성능이 개선되는 이유는 PN sequence 의 correlation 특성이 예리해 지므로 stage 수가 적은 PN sequence generator 에 비해 false alarm 횟수가 적어지기 때문이다.

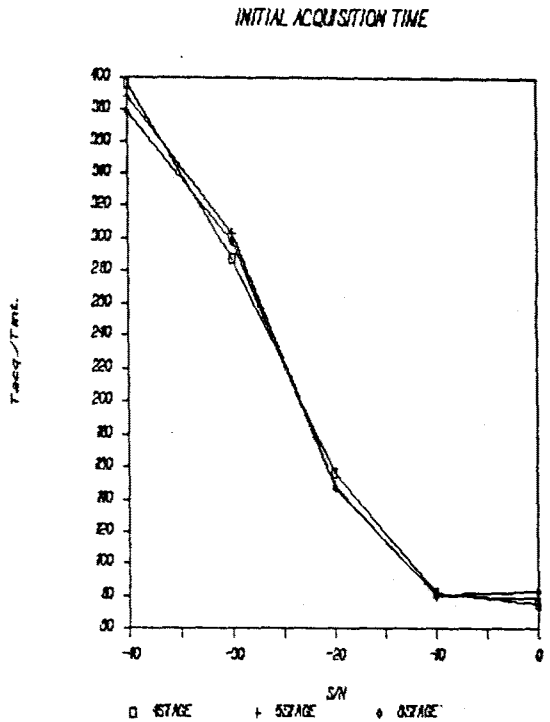


그림 4 초기동기 시간에 대한 시뮬레이션 결과

IV. 시스템 구성

1. 송신부 구성

본 연구에서 제작한 송신부의 블록다이어그램을 그림 5에 나타냈다. 외사잡음무호발생기 (PNG)는 앞절에서 이론적으로 검토된 6단의 Shift Register 로 구성하여 63bit M- Sequence 를 발생시키게 되며 데이터는 2400bps 의 전송속도를 갖는 구형파를 이용하였다. 따라서 PNG 용 클럭 주파수는 151.2KHz 로서 Direct Sequence (DS) 방식을 사용하여 대역 확산 시켰으며 데이터 신호 한 bit 와 PN코드 한 주기를 동기시키기 위해 클럭 발생기의 분주회로를 사용하여 데이터 신호 한 비트가 한 주기의 PN 코드와 곱해지게 하였다. 이 신호는 TTL 레벨을 벗어나기 위해 U/B 변환 및 AMP 를 거쳐 결합 장치를 통해 전력선에 연결된다.

2. 수신부 구성

SS 통신 시스템에서는 데이터 신호의 대역폭을 확산시켜

전송하기 때문에 수신단에서는 이 확산된 신호를 원래의 데이터가 갖는 대역으로 역확산시켜 데이터 신호를 검출해 내야 한다. 따라서 비동기상태에서 동기를 달성해서 동기를 유지한 후 데이터 복조를 행하게 된다. 동기회로로서는 수동형과 능동형으로 구분되는데 본 시스템에서는 능동형 방식으로 DLL을 선정하였다. DLL 내부에는 한쪽이 다른쪽보다 지연되어 있는 2개의 국부기준 부호 발생기(PNG)를 갖고 있으며 국부 부호간의 지연량은 2bit로 하였으며 이 2개의 부호계열을 각각 별도의 상관기에서 입력신호와 비교를 행한다. [6]

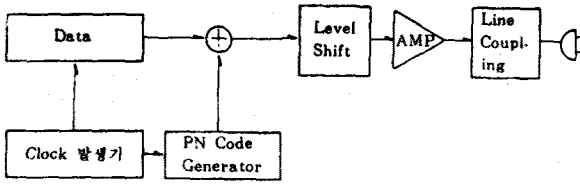


그림 5 송신부 구성도

3. 결합부 구성

결합부는 송신단과 수신단을 전력선에 연결해 주는 부분으로서 60Hz 전력선 신호가 송수신단에 유입되는 것을 막아주며 고주파 신호가 할수 있는 Carrier 신호만을 통과시킨다. 또한 전력선과 송수신단의 임피던스를 정합시켜 통신신호의 반사 및 손실을 막는 역할을 한다.

본 연구에서는 정합 Trans 와 High Pass Filter 로 구성된 결합기를 제작하였는데 전력선측 임피던스는 논문 [3] 에서 실험본바와 같이 10[Ω]으로 고려해서 설계했고 전력선에서 바라본 수신기 측 입력 임피던스는 200[Ω] 으로 고려해서 설계했다.

4. 시작품의 시험

송신부에서 전력선으로 보내지는 신호는 PN 코드와 데이터 비트가 곱해진 후 Base Band 형태로 전송된다. 그림 6은 송신부에서 발생하는 PN 발생 클락, 63 bit의 PN 코드를 나타냈고 그림 7 에는 한 주기 동안 발생하는 데이터 비트, PN 코드와 데이터가 이원가산된 신호들을 나타냈다.

그림 7 에 나타난것 처럼 Data는 2400bps의 전송속도를 갖는 구형파를 이용하였으며 PN code 와 Data 와의 이원가산된 신호를 Data와 동시에 Oscilloscope 상에서 display 하였다.

(2.3923KHz)

이와같은 신호가 U/B 변환된 후 결합장치를 통해 전력선으로 송출되는데 실험에는 시험용 전력선 [3]을 이용하였다.

수신부에서는 결합장치를 통해 확산 신호를 전력선으로부터 수신한후 DLL회로를통해 동기를 맞춰 복조하게 된다. 그림8에 복조된 Data의파형을 그림9에는 제작한 Prototype SS송수신기를 나타냈다.

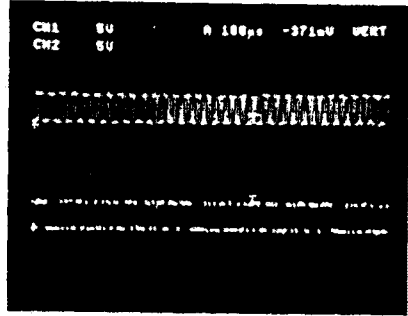


그림 6 PN 발생클락과 63bit PN 코드

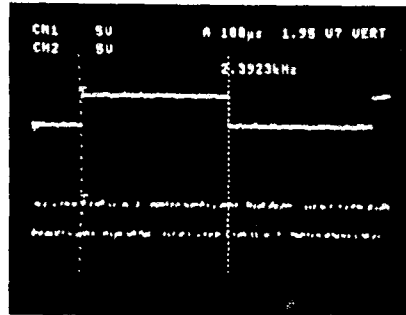


그림 7 Data bit와 PN ⊕ 데이터

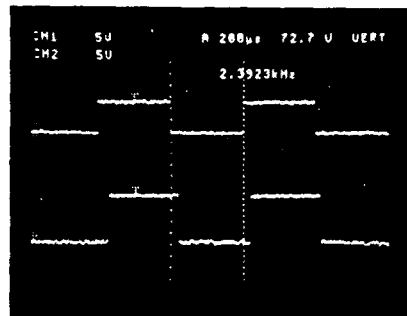


그림 8 복조된 Data (上 : 원피형 下 : 복조된 파형)

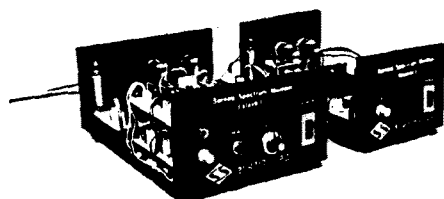


그림 9 제작한 송수신기 외관

V. 결론

본 논문에서는 SS 통신 방식을 전력선 반송기술에 적용하기 위한 가능성을 검토하고 초기동기 방식중 serial search에 의한 성능평가를 Computer simulation 으로 처리하여 수신단에 도착하는 신호대 잡음비 (SNR) 에 따라 효율적인 통신을 위한 PN 부호 발생기의 단수를 결정할 수 있는 지표를 만들었다.

앞서의 연구결과를 토대로 Prototype 의 SS 시스템을 제작하였으며 전송특성을 통해 적용가능성을 확인하였다. 그러나 동기부 회로의 복잡성과 device의 불안전성 등으로 시스템 성능에는 문제점이 있는것으로 나타났으며 실용화를 위해선 앞으로 보다 많은 연구가 필요하며 특히 동기부분을 DLL 이나 Tau - Dither처럼 기존의 loop형태 structure를 갖지않는 CSK (code shift keying) 와 같은 새로운 동기방식 [9] 에 대한 집중 연구가 진행되어야 할것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. R.C.Dixon, "Spread Spectrum Systems", John Wiley & Sons, 1984
2. K. Endo, N. Takahashi and S. Tsumura, "A High Performance Power Line Spread - Spectrum Modem LSI for Home Bus System", ICCE 89, June 1989, pp 100 - 101.
3. 허 영 외 4인, "전력선의 신호전송특성에 관한연구", 한국통신학회 하계종합학술 발표회 논문집, pp. 849 - 853, Aug., 1990.
4. Satoshi Hasegawa 의 "스펙트럼 확산方式を用いた電燈線データ傳送" 信學會, 情報ネットワーク研究會 IN 83-67, 1983. 11.
5. M. Ishikawa, A. Ogino, "配電線 架送方式へのスペクトラム 확산通信의 適用性" 電力中央研究所報告 T 80962, 平成 2年 5月
6. 이동욱, "전원선을 이용한 스펙트럼 확산 다중 통신 시스템의 구성" 동아대학교 박사학위논문 1990.
7. G. Marubayashi, M. Nakagawa, "스펙트럼 확산通信의 研究開發動向" 電子情報通信學會誌 PP. 580-591 May, 1989.
8. M.H.L Chan, R.W.Donaldson, "Amplitude, Width and Interarrival Distributions for Noise Impulses on Intr-

abuilding Power Line Communicaton Network", IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility, Vol. 31 No. 3, August, 1989.

9. T. Yoshida and M. Nakagawa, "Spread Spectrum Synchronizing Loop for Spreading Code Modulated by Code Shift Keying", Trans. IECE(Japan), Vol. J67B, No. 5, May 1984, pp 559 - 565.