

M-ary SS 시스템을 활용한 고속 전력선 통신 성능에 관한 연구

*문경환, *신명철, **서희석, *최상열, **최인혁, #김학만, *허남영, **차재삼
 *성균관대학교, **두원공과대학, *인덕대학, **전력연구원, #한국전기연구소, **서경대학교,

A Study of High-Speed Power Line Communication using M-ary SS System

*K.H. Moon, *M.C. Shin, **H.S. Seo, *S.Y. Choi, **I.H. Choi, #H.M. Kim, *N.Y. Hur and **J.S. Cha.
 *Sungkyunkwan univ, **Doowon univ, *Induk univ, **KEPRI, #KERI, **Seokyeong univ.

Abstract - 최근의 전력선통신(PLC: Power Line Communication)은 협대역인 450KHz에서 광대역인 30MHz로 확대되어 고속의 데이터 전송이 가능하게 되었다[1]. 본 논문에서는 광대역 채널특성과 더불어 고속의 데이터 전송까지 가능하도록 하기 위해 새로운 M-ary SS(spread spectrum) 기반의 고속 전력선통신시스템을 제시하고 임펄스잡음과 같은 전력선 채널환경 하에서의 BER(Bite Error Rate)특성에 대한 모의 실험을 거쳐서 제안 방식의 유용성을 확인하였다.

1. 서 론

최근에 홈네트기술의 발달과 더불어, 통신분야에서 많은 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 특히 유선통신분야에 있어서는 PLC가 종래의 전력선 인프라를 그대로 사용할 수 있다는 장점으로 인하여, 홈네트워크분야에서 활발한 연구 및 시제품에 대한 개발이 이뤄지고 있다. 하지만 홈네트워크상에서의 PLC의 기능은 점차 다양하고 대용량화되어가는 정보들에 대한 전송기능을 충실히 수행해야한다는 특성을 가짐과 동시에 전력선이라는 열악한 전송채널환경하에서의 간섭이나 잡음에 강인해야 한다는 필수 요구조건들이 발생되고 있다. 그러므로 이러한 통신환경의 요구사항에 부합된 고효율 PLC시스템이 갖는 특징은 다양한 대용량 컨텐츠전송을 원활하게 수행하기 위한 High QoS가 보장됨과 동시에 고속데이터 전송이 가능해야한다는 점에 있다. 따라서 본 연구에서는 고효율 PLC시스템을 구축하기 위한 변복조기법의 일환으로서 고속데이터 전송이 가능하면서, 동시에 High QoS가 보장되는 M-ary SS PLC시스템을 새롭게 제시하고 그 유용성을 밝히고자 한다.

2. 본 론

2.1 M-ary SS PLC 기법의 개요 및 특징

M-ary/SS PLC시스템은 직교확산코드시퀀스들의 집합과 함께 변조되어지는 시스템으로 $M=2^m$ 을 갖는 확산 시퀀스들의 특정한 시퀀스를 말하며, 본 논문에서는 이러한 직교 확산 시퀀스를 하다마드(Hadamard) 행렬을 사용하였다[2]. 하다마드(Hadamard)행렬의 크기는 $M \times M$ 이며 $m = \log_2 M$ 을 갖는 정보 데이터 비트들의 상태에 일치시켜 전송하게 된다. 이때 PLC전송 채널상에서의 부가적인 백색잡음(AWGN)과 PLC에서 발생하는 잡음이 더해지게 되며 수신기에서는 전송되어진 시퀀스와 길이가 같은 참조 시퀀스들을 준비하여, 채널에서 출력되어진 모든 시퀀스를 동시에 비교하여 가장 큰 값의 데이터를 복조하게 된다. 그림 1은 M-ary/SS PLC 시스템의 기본적인 모델이다[3].

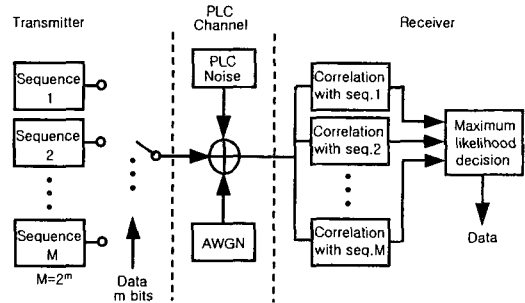


그림 1. M-ary/SS PLC System의 모델

M-ary/SS PLC 시스템에서의 M진 직교 신호 집합에 대한 비트 오류 확률(P_B)과 심벌 오류 확률(P_E) 사이의 관계는 다음과 같은 식으로 주어진다[4].

$$\frac{P_B}{P_E} = \frac{2^k - 1}{2^k - 1} = \frac{M/2}{M-1} \quad (1)$$

극한으로 k 가 증가한다면

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{P_B}{P_E} = \frac{1}{2} \text{의 값을 얻을 수 있다.}$$

위의 식(1)에서 알 수 있는 바와 같이, 비트 오류가 만들어질 수 있는 경우의 수는 심벌 오류가 만들어질 수 있는 경우의 수보다 항상 작기 때문에 본 논문에서 제시한 M-ary/SS PLC 시스템에서의 M진 직교 신호 집합에 대한 오류 확률이 우수함을 알 수 있다. 하지만 k 가 증가함에 따라 데이터의 전송율은 높아지지만 그에 따른 필요 대역폭도 증가하게 된다. 이러한 트레이드오프(trade off)는 최근의 전력선통신이 고속의 데이터 전송을 위해 광대역을 사용함에 따라 어느 정도 해결될 것으로 전망된다.

위의 내용을 종합하여 볼 때 M-ary/SS PLC시스템의 특징은 비트단위가 아닌 심벌단위로 전송하고 기존의 DSSS방식과는 달리 수신단에서 직교확산코드(orthogonal spreading code)를 가지는 시퀀스를 한꺼번에 상호관계를 취해줌으로서 고속의 데이터 전송이 가능하게 하며, 동시에 오류확률에 대한 신뢰성도 보장되는 것을 알 수 있다.

2.2 M-ary SS PLC시스템의 잡음 및 간섭특성

전력선은 기존의 통신선로와는 달리 전송하고자 하는 데이터 신호와 전기적신호가 함께 전송되기 때문에 전기를 에너지원으로 사용하고 있는 여러 주변 전기기기에 쉽게 영향을 받는 특성을 지닌다. 이러한 상황은 시간이나 주파수에 따라 부하가 시시각각 변동되어 전송선로의

위상과 잡음의 크기를 예측할 수 없으므로 채널 특성을 정확히 모델링 하는 것은 매우 어려운 일이다.

전력선통신 채널의 특징으로는 임피던스 특성, 잡음(Noise), 감쇠(attenuation), 신호 간 간섭이 있으며, 전력선통신에서의 잡음은 배경잡음(Background noise), 협대역 잡음(narrowband noise), 임펄스 잡음(impulse noise)의 세 가지로 나눌 수 있다. 전력선 손실에 의해 발생하는 감쇠는 주파수와 길이 및 다중경로 전파에 따라 달라지는 것으로서 설명할 수 있다.

또한 잡음의 종류 중, 배경잡음은 지구상에 존재하는 모든 통신 채널에 존재하는 잡음으로서, 근본적으로 열 잡음에 기인하는 것이며, 특히 가정 내 각종 부하들에 의해 발생하는 잡음으로 배경 전체에 일정하게 생긴다. 그리고 협대역 잡음은 전력 주파수인 60[Hz]와 전자 제품 때문에 생기는 것으로 60[Hz]의 고주파에 해당하는 잡음이다[5].

마지막으로 임펄스성 잡음은 전력선에서 발생하는 잡음 중에 가장 문제시 되는 잡음으로서, 주로 SMPS(Switch Mode Power Supply)의 반도체 소자 및 자동온도조절기(thermostat)의 바이메탈에 의한 스위칭 작용 등에 의해서 발생한 충격성 잡음 성분으로 시간 영역에서는 임펄스의 형태를 띠지만 주파수 영역에서는 넓은 주파수 영역에서 강한 잡음성분을 야기 시키게 된다.

2.3 M-ary SS PLC시스템의 잡음 측정

M-ary SS PLC의 잡음 측정을 위해 우리는 다음과 같은 방법으로 간단한 모의실험을 측정하였다.

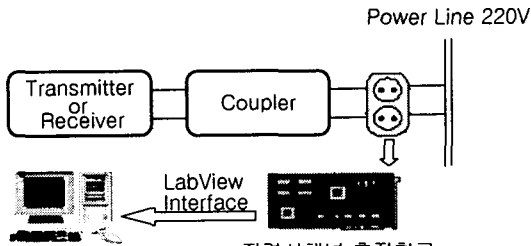


그림 2. 전력선 시스템의 잡음 측정 구성도

그림 2에서 보는 바와 같이 전력선과 송·수신기와 의 결합은 커플러를 이용하였고, 이 커플러는 Isolation Transformer와 Capacitor의 조합으로 만들어졌으며, 고역통과 필터(HPF: High Pass Filter)의 역할을 한다.

다음 그림 3과 4는 전력선 통신채널에서 대표적인 잡음 성분인 협대역 잡음과 임펄스 잡음에 대한 실험 결과를 시간영역과 주파수영역으로 확대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 4의 임펄스 잡음은 일부 전자 제품에서 발생하는 주기적인 것과 스위칭에 의해 생기는 랜덤(random)한 것으로 나눌 수 있으며, 주기적인 임펄스 잡음의 대표적인 것은 TV로 주기적으로 전원 주파수에 동기 하여 임펄스 성 잡음을 발생시킨다. 랜덤 임펄스 잡음은 사람이 제품의 전원을 On/Off 하는 행위로 인해 스파크가 전력선에 유입됨에 따라 생기는 것으로 다음 그림 4는 전원 스위치를 임의대로 On/Off 하여 발생시킨 랜덤 임펄스 잡음에 대해 나타낸 것이다. 그림 4의 랜덤 임펄스 잡음의 시간영역을 보면 스위칭 되는 순간 임펄스 성분이 검출되었는데 그로 인하여 주파수 영역에서 전 대역에 걸쳐 잡음 성분이 나타남을 볼 수 있다.

본 논문에서 측정한 임펄스 잡음은 LabView를 이용하여 데이터의 분석 및 수집을 하였으며, 고속의 전력선 통신을 위한 M-ary SS 시스템의 채널환경으로 반영하였다.

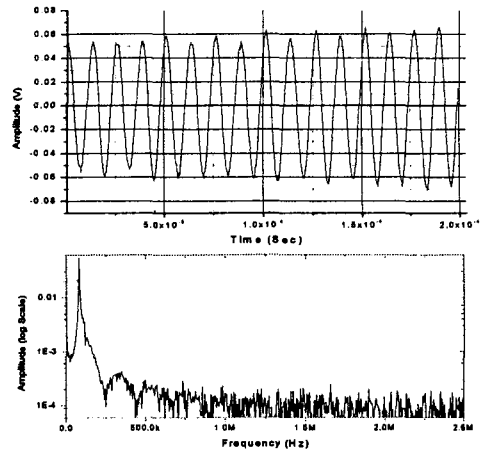


그림 3. 전력선 시스템의 협대역 잡음

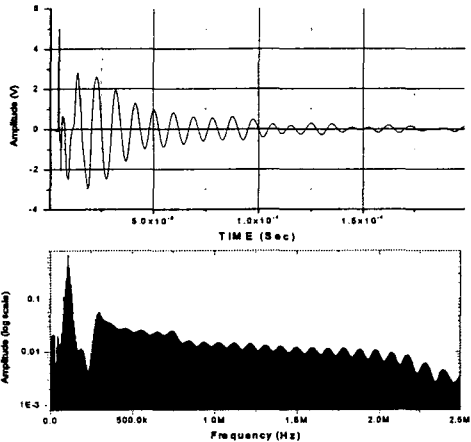


그림 4. 전력선 시스템의 임펄스 잡음

2.4. 모의실험 결과

본 절에서는 앞에서 제시한 고속의 전력선 통신에 활용 가능한 M-ary/SS 시스템의 BER(bit error rate) 성능을 검토하였다. 그림 5는 전송채널 상에 임펄스 잡음이 포함된 PLC 채널의 수집된 데이터 일부를 반영하여 BER 성능을 나타낸 것이므로 실제 PLC 전체 채널 상에서의 BER 성능보다 우수하다. 그림 5의 시뮬레이션의 조건은 6개의 데이터를 하나의 심볼로 전송하였고, 64×64의 Hadamard 행렬의 확산코드(Spreading code)를 적용하였다. PLC 채널상의 조건은 일반적으로 임펄스 잡음이 발생된 시점을 기준으로 적용하여야 하지만 다음의 그림 5의 BER 커브에서 확인할 수 있는 바와 같이, 임펄스 잡음발생 시의 BER 성능은 M-ary SS 시스템과 DSSS 시스템 모두 심각한 열화문제로 인해 제대로 된 BER 성능을 검토할 수가 없었다. 이러한 이유로 임펄스 잡음이 발생된 후부터의 일부 구간을 PLC 채널에 반영하였고, 이러한 결과를 비추어 볼 때 임펄스 잡음이 전력선통신성능에 있어 상당히 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

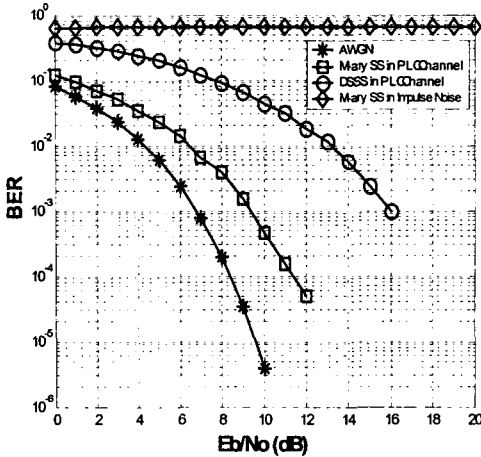


그림 5. M-ary SS 시스템과 DSSS 시스템의 PLC채널 환경하에서의 BER 성능비교

그림 5에서 볼 수 있듯이 백색잡음(AWGN: Additive White Gaussian Noise)의 일반적인 채널상태에서의 E_b/N_0 값은 비트오율 10^{-3} 을 기준으로 약 6dB의 값을 가진다. M-ary/SS PLC시스템과 DSSS PLC시스템의 비교를 위해 앞에서 언급한 동일한 조건으로 시뮬레이션을 해 본 결과 10^{-3} 을 기준으로 각각 약 10dB와 16dB의 BER 성능을 보였으며, M-ary/SS 시스템이 DSSS 시스템보다 동일한 E_b/N_0 환경하에서 약 6dB 정도의 성능 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 M-ary/SS의 시스템에서 데이터의 수를 증가시키게 되면 BER 성능이 더 우수해 지는 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 High QoS가 보장됨과 동시에 대용량 컨테츠전송을 원활하게 수행하기 위한 고속데이터 전송을 가능하게 하는 M-ary/SS기반의 PLC시스템을 제시하였다. 또한 제시된 시스템에 대한 저간섭성을 확인하기 위하여 BER특성에 대한 모의실험을 거쳐서 제시한 시스템이 백색잡음 및 PLC 환경하에서 원활하게 동작함을 확인 하였다. 하지만 제시한 시스템은 임펄스잡음에 있어서 BER 특성이 상당히 열화된 특성을 보였으며, 이러한 문제점은 향후에 계획된 오류정정 기법이나 연집잡음에 강한 인터리빙 방식을 적용하면 좀 더 우수한 특성이 도출될 것으로 예상된다. 본 논문에서 제시된 M-ary/SS변복조 기반의 PLC통신 기술은 정보전송을 위한 직렬형태의 n 개의 데이터비트를 1개의 심벌형태로 복수개의 확산코드를 단일캐리어에 매핑하여 전송하는 기술로서 종래의 멀티캐리어 시스템에 비해서는 주파수 이용효율이 개선되며, 단일 확산코드방식에 비해서는 채널상의 전송용량이 향상되는 잇점을 기대할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] <http://www.dt.co.kr/view20.html?gisaid=2003111102010251639001>
- [2] Tadahiro WADA, Takaya YAMAZATO, Masaaki KATAYAMA, Akira OGAWA, "A New M-ary Spread Spectrum Multiple Access Scheme in the Presence of Carrier Frequency Offset", IEICE TRANS, FUNDAMENTALS, vol.E79-A, No.9, SEPTEMBER 1996
- [3] Shin'ichi Tachikawa and Kazuhiro Nomoto, "M-ARY/SS

SYSTEM USING DIVIDED SEQUENCE FREQUENCY DIVERSITY", IEEE, 0-7803-4984-9/98, pp 2141-2142, 1998

[4] Beranrd Sklar, "Digital Communication - Fundamental and Applications", Second Edition, pp.232-234, Prentice hall, NJ

[5] 이정훈, 서종완, 이종주, 신명철, 성낙환, "전력선 통신을 위한 채널 특성 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 전력계통A권, 558-560, 2000

본 연구내용의 일부는 산업자원부의 지원에 의한 기초전력연구원주관의 수행 과제(R-2003-B 289)의 결과물임.