

데이터 통신을 위한 전력선 CDMA 통신 시스템

*이정훈, *이종주, *서종완, *이승연, *신명철, **고은영
*성균관대학교, **정보통신 연구진흥원

Powerline CDMA Communication System for Data Communication

*J.H Lee, *J.J Lee, *J.W Seo, *S.Y Lee, *M.C Shin, *E.Y Koh
*Sungkyunkwan university, **ITA

Abstract - This paper represent powerline communication system for data transmission. Powerline communication model is the Local Area Network which length is 250 m in SKKU. Simulation is applied DS-SS-CDMA, Convolutional codig, Viterbi decoding and Interleaver. Simulation result say that proposed system is superior performance and available in present.

1. 서 론

전력선 통신은 60[Hz] 주파수의 전기를 공급하는 전력선에 고주파의 통신 신호를 함께 보내는 통신 방식이다. 전력선 통신을 하면 새로운 통신 채널을 가설하지 않아도 되며, 전기 플러그가 존재하는 곳 어디서나 통신을 할 수 있는 유용성이 있다.

이제까지의 전력선 통신은 전파법의 명시에 따라 10~450[KHz]의 주파수 대역을 이용하여 저속의 자동화에 이용되었으며, 통신 방식은 X-10, 전화 기술, RCS(Ripple Carrier Sensing)등이 사용되었다. 그러나 전력선을 네트 워크, 즉 데이터 통신으로 이용하기 위해서 광대역의 주파수 사용이 요구된다.

전력선 채널은 신호 감쇠가 불규칙적이고 배경잡음, 협대역 고조파 잡음, 임펄스잡음, 신호간의 간섭이 작용하는 열악한 통신 환경이다.

전력선에는 전기 기기들이 연결되어 가동되기 때문에 통신 신호의 크기는 작아야 하며, 이에 적합한 방법은 대역 확산(SS: Spread Spectrum) 통신 방법이다. 또한 대역 확산 방식은 전력선의 주요한 잡음 원인인 임펄스 잡음에 강한 특성을 가지고 있다. 전력선은 잡음 요소가 많기 때문에 채널 부호화의 사용이 필요하며, 오류 정정 능력이 뛰어난 길쌈 부호화와 비터비 복호가 사용될 수 있다. 그리고 임펄스 잡음에 의하여 비터비 복호가 잘못된 경로를 따라서 데이터 복호하는 것을 막기 위해서 인터리버의 사용이 필수적이다.

본 논문에서는 대학교 실험실의 길이 250[m] 전력선을 지역 네트 워크로 연결하여 데이터 통신을 하기 위한 모델을 선정하였다. 기존의 사용 주파수를 벗어난 100[KHz]~10[MHz]의 고주파 대역을 통한 데이터 통신을 하기 위한 통신 방법을 제시한다. 모의 실험을 통하여 DS-SS-CDMA, 채널 부호화, 인터리버가 임펄스성 잡음이 심한 전력선 통신에 적합한 통신임을 밝힌다. 이를 위하여 데이터 100만 비트(bit)를 이용하여 모의 실험을 했으며, 컴파일러는 C를 사용했다.

2. 전력선 채널 특성

전력선 통신을 하기 위한 모델은 그림 1과 같으며, 길이 250[m]의 대학교 연구실 전력선이다. 전력선 채널은 신호 감쇠, 배경 잡음, 협대역 고조파 잡음, 임펄스 잡음이 발생하며 그 특성은 다음과 같다.[1]

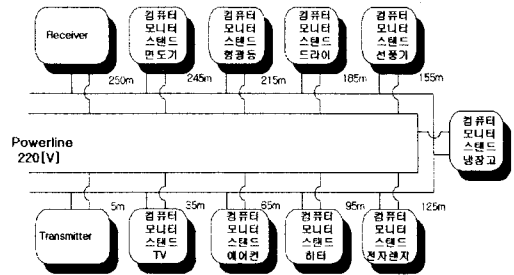


그림 1. 전력선 통신 모델

2.1 신호 감쇠(attenuation)

그림 1에서 실험실의 여러 부하가 연결되어 작동하고 있을 때 신호 감쇠는 그림 2와 같으며, 이 결과 주파수 10[MHz]까지 사용 가능함을 의미한다. 주파수의 증가에 따라서 일정한 감쇠를 보이지 않았으며, 5, 7, 8[MHz] 주파수 대역에서는 신호를 구분해 낼 수 없을 정도로 신호가 많이 왜곡되기도 했다.

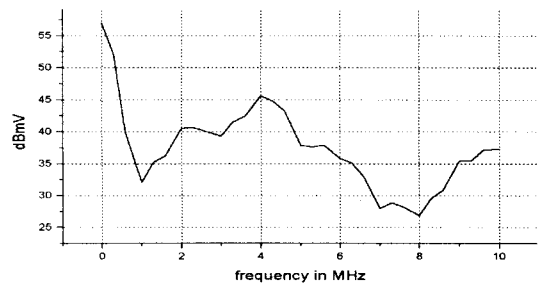


그림 2. 부하 감쇠

2.2 배경 잡음(background noise)

전력선에는 열 잡음에 기인한 배경 잡음이 있다. 또한 전력선에 연결된 전자 제품에 의해서도 배경 잡음 특성을 일으킬 수 있는데, 그 대표적인 예가 전기 드릴에 사용되는 모터이다. 모터의 일정한 속도를 유지하기 위해서 브러쉬(brush)가 스위칭을 하게 되며, 이로 인하여 백색 잡음(white noise)과 같은 특성을 나타내게 된다.[2] 그림 3에서 보면 측정된 배경 잡음의 크기는 -50[dBmV]였다.

2.3 협대역 잡음(narrowband noise)

협대역 잡음은 전력 주파수인 60[Hz]와 전자 제품 때문에 생기는 것으로서, 60[Hz]의 고조파에 해당하는 주파수 영역에서 발생하는 잡음이다. 이것은 전자 제품이 60[Hz]나 이의 고조파에서 스위칭을 하기 때문에 발생한다. 그림 3은 협대역 잡음의 실측 결과를 보인다. 협대역 잡음은 배경 잡음보다 10~20[dBmV] 크며,

전 주파수 영역에서 일정하게 나타난다.

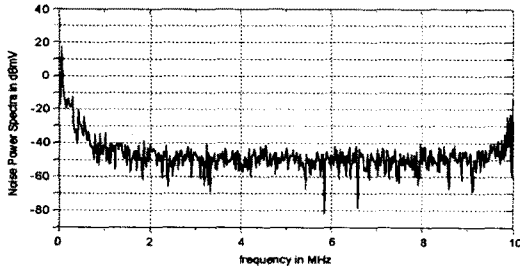


그림 3. 배경 잡음 및 협대역 잡음

2.4 임펄스 잡음(impulse noise)

임펄스성 잡음은 일부 전자 제품에서 발생하는 주기적인 것파 스위칭에 의해서 생기는 랜덤(random)한 것으로 나눌 수 있다. 주기적 임펄스 잡음을 발생시키는 대표적인 것은 TV이며, TV는 주기적으로 전원 주파수에 동기하여 임펄스성 잡음을 만들어낸다. 일반적으로 랜덤 임펄스 잡음은 사람이 전자 제품의 전원을 On/Off 하는 행위로 인해서 스파크가 전력선에 유입됨으로 인해서 생기는 것으로서, 불규칙적이며 횡수를 예측할 수 없다.[3] 측정한 주기형 임펄스 잡음은 그림 4와 같으며, 60(Hz)의 1주기인 16.67(ms)마다 한번씩 발생했다. 임펄스의 지속 시간은 0.1(ms)이고, 크기는 0.2(V)였다.

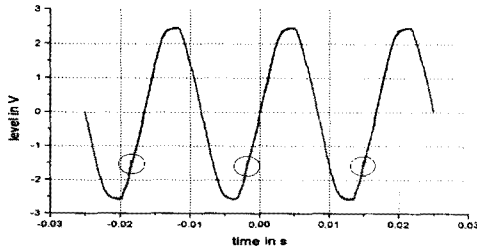


그림 4. 주기 임펄스 잡음

랜덤 임펄스 노이즈의 지속시간은 대부분이 0.1(ms)이었으며, 크기는 부하마다 조금씩 달랐다. 그림 5는 랜덤 임펄스 노이즈 파형으로, 형광등의 전원 스위칭 시에 발생하는 임펄스 잡음이다. 임펄스의 지속 시간은 0.1(ms)이고, 임펄스의 크기는 160(V)였다. 또한, 선풍기를 스위칭 할 때의 임펄스의 크기는 200(V)이었고, 대부분의 지속시간이 0.1(ms)이었으며 0.4(ms)인 것이 발생할 때도 있었다. 헤어 드라이를 사용할 때는 크기 200(V)의 0.1(ms)의 지속 시간을 가지는 임펄스가 발생했다.

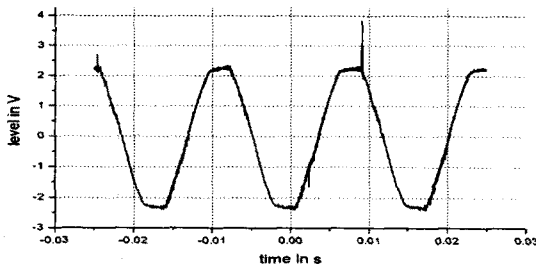


그림 5. 랜덤 임펄스 잡음

2.5 주파수 응답(frequency response)

전력선 주파수 응답의 결과가 그림 6과 같이 알려져 있으며, 이는 신호 심벌간의 간섭을 의미한다. 임의의 시간 $t=0$ 에서의 신호 심벌 앞의 심벌의 10개까지, 뒤의 심벌의 10개까지 영향을 받는다.[4] 따라서 신호는 본래의 파형 모양을 잃어버리며 왜곡(distortion)됨으로써 수신측에서 검파시에 성능 저하를 초래한다.

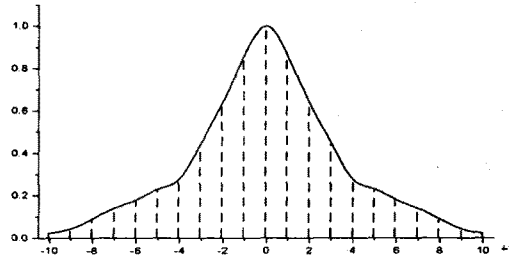


그림 6. 주파수 응답

3 전력선 통신에 적합한 통신 시스템

3.1 대역 확산(spread spectrum) 통신

전력선 통신 신호가 전력선에 연결되어 있는 여러 가지 전기 기기에 미치는 영향을 최소로 하기 위해서 그 크기가 커서는 안되며, 임펄스 잡음에 강한 특성을 가져야 한다. 이에 적합한 시스템이 이동 통신에서 쓰이는 DS-CDMA 시스템이다. 송신측에서 원래의 정보 데이터의 대역폭은 확산에 의해서 확산 신호의 대역폭만큼 확산된다. 이때 협대역 신호가 가지고 있던 에너지는 대역 확산에 비례해서 감소되며, 확산된 신호는 마치 배경 잡음(AWGN : Adaptive White Gaussian Noise)과 같이 여겨진다. 따라서 전력선에는 큰 에너지를 갖는 송신 신호가 전송되지 않고, 전력선에 항상 존재하는 배경 잡음과 같은 특성으로 전송된다. 수신측에서는 역확산을 함으로 인해서 복호를 하게 되며, 송신측에서와 정 반대의 효과가 발생한다. 정보 신호의 대역폭은 원래의 데이터 대역폭으로 줄어들고 에너지는 증가하며, 잡음 성분은 광대역으로 확산되어 배경 잡음처럼 변형된다. 전력선에 존재하는 임펄스 잡음은 확산되어 원래 가지고 있던 에너지를 잃어버리고, 배경 잡음처럼 확산된다. 따라서 원래 신호에 주는 간섭의 크기가 줄어들기 때문에 원래의 정보 데이터를 검출할 수 있다.

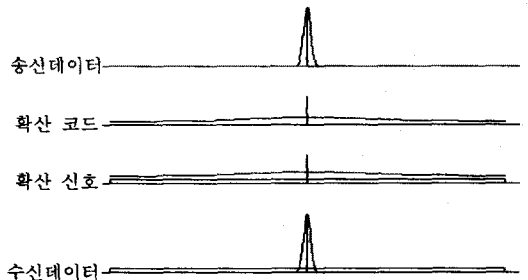


그림 7. 대역 확산 통신

3.2 채널 부호화

전력선에 존재하는 잡음요소 때문에 수신된 신호는 왜곡되어 본래의 데이터를 잃어버리는 경우가 많으나, 디지털 통신이므로 0 또는 1의 값을 갖는다. 이러한 채널에서 발생하는 오류를 정정하기 위해서 채널 부호화가 필요하며 길썬 부호화와 비터비 복호가 강한 성능을 발휘한다.

3.3 블록 인터리버(block interleaver)

전력선 잡음 중에서 통신 신호에 가장 큰 영향을 미치는 것은 임펄스 잡음이며, 주기 임펄스 잡음이 큰 비중을 차지한다. 임펄스 잡음은 고주파의 통신 신호에서 연접 오류로서 작용하며, 이는 비터비 복호에서 데이터 역추적 과정에서 잘못된 경로를 따라 복호하게 한다. 따라서 데이터를 일정한 규칙에 의해서 전송 순서를 뒤섞어 주는 인터리버의 사용이 필수적이고, 전력선에 주로 주기 임펄스 잡음이 많이 발생하기 때문에 블록 인터리버가 적절하다.

3.4 전력선 통신 모델

위에서 언급한 바와 같이 전력선 통신을 위해서 대역 확산 시스템, 길쌈 부호화, 비터비 복호, 블록 인터리버를 사용하여 그림 8과 같이 통신 시스템을 구성하였다.

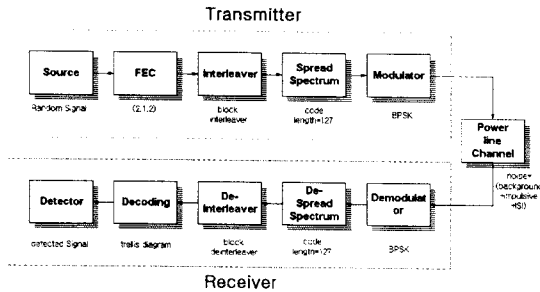


그림 8. 전력선 통신 모델

4. 모의 실험 및 결과 고찰

그림 8의 전력선 통신을 표 1의 사양을 가지고 모의 실험했다. 송신부에서 랜덤 데이터 100만개를 생성해서 전송하고 채널 잡음을 거친 후에 수신부에서 복호를 하였으며, 신호 크기에 따른 비트 오류를 조사하였다.

표 1. 전력선 통신시스템 사양

	사 양
변조 방식	BPSK
블록 인터리버	256*256
길쌈 부호화	(n, k, M) = (2, 1, 2) 생성 다항식 : $g_1(X) = 1 + X + X^2$ $g_2(X) = 1 + X^2$
PN 부호	127칩 생성 다항식 : $p = 1 + X^3 + X^4 + X^6 + X^7$
주파수 대역	100[kHz] ~ 10[MHz]
데이터 전송률	38.97 [kbps]
반송파 주파수	4950 [KHz]

4.1 결과 및 고찰

그림 9는 모의 실험 결과를 나타낸다. 전력선 채널에 DS-CDMA만 적용된 경우 신호의 크기가 커져도 오류를 정정하지 못하고 error flow가 발생했다. DS-CDMA와 채널 부호화가 적용되었을 때 신호의 크기가 커짐에 따라서 어느 정도의 오류 개선을 나타냈지만, 비터비 복호에서 연접 오류를 극복하지 못하고 error flow가 발생했다. DS-CDMA, 채널 부호화, 인터리버가 적용된 경우에는 인터리버가 연접 오류를 랜덤(random) 오류로 만들어주기 때문에 비터비 복호의 성능을 향상시켜

우수한 데이터 비트 오류를 나타냈다.

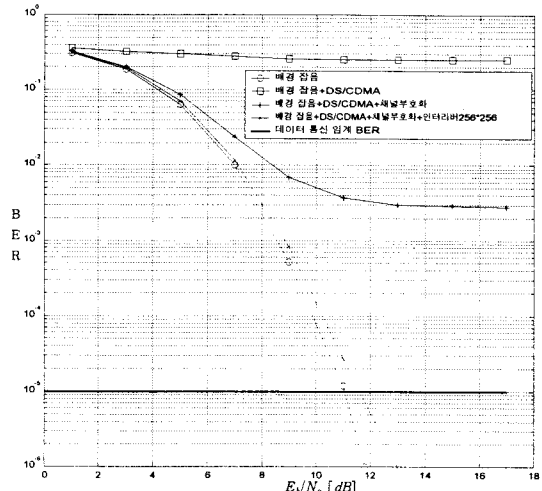


그림 9. 전력선 채널에서 DS-CDMA, 채널부호화, 인터리버에 따른 성능 향상

5. 결 론

대학교 연구실 환경에서 길이 250[m]의 전력선을 LAN으로 구성하였을 때 10[MHz]의 주파수 대역을 이용하여 데이터 통신을 하기 위한 모의 실험을 하였다. 그 결과 DS-CDMA, 채널 부호화, 인터리버를 적용한 시스템이 임펄스 잡음이 심한 전력선 채널에서 우수한 성능을 보였다. 논문에서 사용한 사양은 각 기법을 사용하되 최소로 사용하여 38.97[kbps]의 속도를 얻을 수 있었으며, 이것은 저속의 데이터 통신으로 사용할 수 있는 속도이다. 본 논문에서 사용한 BPSK는 최저의 변조 방식이지만, xPSK·xQam등 고속을 위한 사양을 선택하고 멀티 코드 CDMA를 적용하면 데이터 통신으로 충분한 통신 속도를 발휘할 수 있다. 고속 데이터 통신을 위해서는 복잡한 변조 방식이 사용되어야 하지만, 그 사양은 실제 모델 제작을 하고 데이터 송수신을 통하여 그 입계치가 결정돼야 한다. 따라서 모의 실험에서는 사용 주파수 범위에서 최소의 사양을 가지고 데이터 통신 성능을 보임으로써, 고속의 데이터 통신 사양을 적용시켰을 때 성능이 확장될 수 있는 가능성을 제시한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이정훈, 서종환, 이종주, 신명철, 성낙환, "전력선 통신을 위한 채널 특성 분석", 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, 전력계통 A권, 558-560, 2000
- [2] R. M. Vines, et al., "Noise on residential power distribution circuits", IEEE Trans. Electromag. Compat., vol. 26, pp.161-168, Nov. 1984
- [3] Niwa H, Oono O, Katayama M, Yamazato T, Ogawa A, Isaka N, "ASPREAD-SPECTRUM SYSTEM WITH DUAL PROCESSING GAINS DESIGNED FOR CYCLIC NOISE IN POWERLINE COMMUNICATION -S", EICE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications & Computer Sciences, V.E80-A N.12, Nov. 1997
- [4] RYUJI KOHNO, HIDEKI IMAI, MITSUTOSHI HATORI, SUBBARAYAN PASUPATHY, "An Adaptive Canceller Cochannel Interference for Spread-Spectrum Multiple-Access Communication Networks in a Power line", IEEE JOURNAL ON, VOL. 8, NO. 4, MAY 1990