

임펄스 잡음 문제의 해결을 위한 인터리빙 기반의 전력선 통신시스템

*문경환, *신명철, **서희석, *최상열, **최인혁, *고은영, ***이중주, ***차재상
 * 상균관대학교, **두원공과대학, *인덕대학, **전력연구원, *정보통신연구진흥원, ***새터정보통신, ****서경대학교

A Power Line Communication System using Interleaving Method for Impulse Noise cancellation

*K.H. Moon, *M.C. Shin, **H.S. Seo, *S.Y. Choi, **I.H. Choi, *E.Y. Ko, ***J.J. Lee and ****J.S. Cha.
 *Sungkyunkwan univ, **Doowon univ, *Induk univ, **KEPRI, *IITA, ***Saturn, ****Seokyeong univ.

Abstract - 전력선통신에서 발생하는 잡음 중에 가장 중요한 잡음원이 바로 임펄스 잡음원이다. 일반적으로 임펄스 잡음은 차단기나 모터의 개폐 시 등, 갑자기 발생하는 잡음으로서 연접성 오류를 발생시키기도 하며, 오류발생에 대한 예측이 어려워 대처하기가 까다롭다. 본 논문에서는 연접성 임펄스 잡음을 해결하기 위한 방안으로서 신호 변환 기술인 인터리빙 및 디인터리빙 기법을 전력선 통신시스템에 적용하고, 모의실험을 통하여 그 신뢰성 및 유용성을 검토하였다.

1. 서 론

전력선 통신은 새로운 통신전용 선로나 별도의 추가 시설 없이 기존의 전력 공급용 전력선로를 통신선로로 병용할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

하지만 이러한 전력선은 통신을 목적으로 설치된 것이 아니라 전력의 공급을 목적으로 가설된 것이므로 각종 전기기기나 가전제품 및 사무기기로부터 발생되는 잡음들이 직접 유입되며, 또한 부하가 전력선에 연결되는 시간과 공간에 따라 전송 특성이 상당히 다른 특성을 가진다. 이러한 잡음들 중에 가장 문제시되는 잡음으로 임펄스 잡음이 있으며 이러한 임펄스 잡음은 잡음 발생시에 통신선로에 연접성오류를 발생시키게 된다. 이에 본 논문에서는 연접성 오류에 강한 통신시스템을 구축하기 위한 방법의 하나로서, 인터리빙기법이 적용된 직접확산대역(DS-SS : Direct Sequence Spread Spectrum) 기반의 전력선통신시스템을 제안하고 그 유용성을 밝히고자 한다. 즉 본 논문에서는 전송채널상의 연접성오류에 강한 오류정정기법으로서 송신단에서 데이터를 인터리빙하고, 수신단에서는 이를 되돌리는 디인터리빙방식을 적용하고, 제시하는 알고리즘의 유용성을 비트오율(BER; Bit Error Rate)의 모의실험을 통해서 검증하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력선 채널상의 잡음 및 임펄스잡음의 특징

전력선 채널에서 전송채널의 특성을 결정짓는 중대요소에는 잡음(noise), 신호의 감쇠(Attenuation), 임피던스 부정합(Impedance Mismatching) 등이 고려될 수 있다. 일반적으로 전력선에서 발생하는 잡음의 종류를 고려하면 다음과 같이 3가지로 분류될 수 있다 [1].

- 1) 60Hz 전원 주파수에 동기된 잡음
- 2) 백색 잡음(white noise)
- 3) 주기 및 비주기성 임펄스 잡음

이외에 발생원이 분명하지 않은 Burst noise도 고려될 수 있다.

이러한 여러 잡음 중 임펄스 잡음에 대해서는 다음과 같은 종류를 가진다. 일부 전자제품에서 발생하는 주기

적인 임펄스 잡음과 스위칭과 같은 것에 의해서 생기는 랜덤(random)한 임펄스 잡음으로 나눌 수 있다. 주기적 임펄스 잡음을 발생시키는 대표적인 것은 TV이며, TV는 주기적으로 전원 주파수에 동기하여 임펄스성 잡음을 만든다. 랜덤 임펄스 잡음은 사람이 전자 제품의 전원을 On/Off 하는 행위로 인해 스파크가 전력선에 유입됨에 따라 생기는 불규칙적인 잡음으로 횡수를 예측할 수 없다.

또한 임펄스 잡음은 단일 전송신호인 임펄스 잡음과 다중 전송신호인 임펄스 잡음의 2종류로 분류할 수가 있다. 단일 전송신호인 경우 임펄스 잡음은 시간영역에서 보면 다음과 같다[2].

$$H(t) = A_p \cdot \exp(-t \cdot 1/4) \cdot \sin(2\pi f_0 \cdot t) \cdot \text{rect}(t/T_p) \quad (1)$$

다중 전송신호인 경우 임펄스 잡음을 시간영역에서 보면 다음과 같다.

$$H(t) = A_p \cdot \sin(2\pi f_0 \cdot t) \cdot \text{rect}(t/T_p) \quad (2)$$

여기서

$$\text{rect}(t/T_p) = 1 \quad (0 \leq t \leq T_p)$$

$$\text{rect}(t/T_p) = 0$$

이며 T_p 는 발진의 주기로써 $T_p=4/f_0$ 이며 A_p 는 진폭의 크기이다. 60Hz 동기잡음은 시간영역에서 잡음 임펄스 형태로 나타나며 매초 도착되는 시간은 $\frac{1}{(K \cdot f_{net})}$

로 나타나며 여기서 $K=1$ 또는 $K=2$ 이다. 임펄스 잡음과 같이 큰 잡음은 아니며 단지 배경잡음 크기가 작을 때 나타난다.

그림 1과 2는 측정된 주기형 임펄스 잡음과 랜덤한 잡음을 확대 시킨 그림이다. 임펄스 잡음을 측정하기 위해 전력선과 송·수신기와 연결은 커플러(coupler)를 이용하였다. 이 커플러(coupler)는 Isolation Transformer와 Capacitor의 조합으로 만들었으며, 이러한 커플러(coupler)는 고역통과 필터(HPF: High Pass Filter)의 역할을 한다. 또한 임펄스 잡음의 분석과 데이터 수집은 LabView를 이용하였다. 그림 1의 주기형 임펄스 잡음을 얻기 위해 전원 선원에 SMPS(Switching Mode Power Supply)를 연결하여 측정된 결과 그림 1에서 보듯이 주기형 임펄스 파형의 진한 부분을 확대시켜 보면 주기적으로 임펄스 신호가 발생한 것을 볼 수 있다. 그림 2의 비주기형 임펄스 잡음은 임의로 스위칭을 On/Off하여 잡음을 발생시켜 본 결과 임펄스 신호가 불규칙적으로 발생하였고, 임펄스 신호의 횡수를 예측할 수 없었다. 본 논문에서는 이러한 임펄스 잡음에 의한 오류를 보상하기 위해 블록 인터

리버를 사용하였으며, 그 이유는 전력선에서 발생하는 임펄스는 주로 주기적인 것이기 때문에 발생 빈도가 낮은 랜덤 임펄스 보다는 주기 임펄스에 중점을 두어 인터리버를 적용하였다[3].

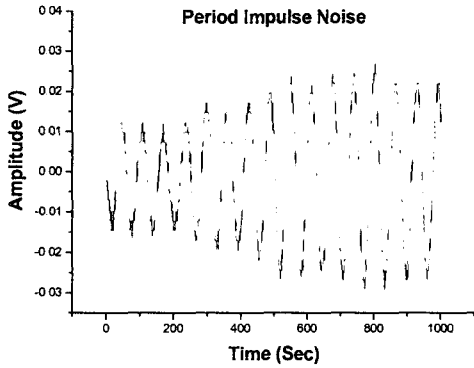


그림 1. 주기 임펄스 잡음

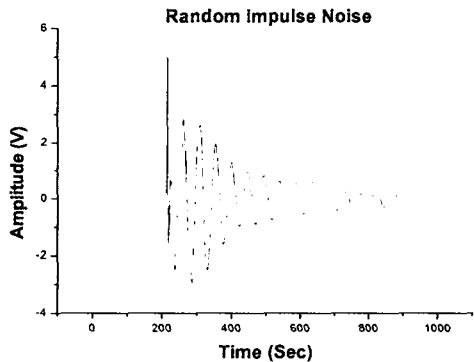


그림 2. 랜덤 임펄스 잡음

2.2 인터리빙(Interleaving)

인터리빙은 통신시스템에서 순간잡음에 대한 내성강화를 위해 자주 사용되는 방법으로서, 데이터열의 순서를 일정한위로 재배열함으로써, 순간적인 잡음에 의해 데이터열 중간의 일부 비트가 손실되더라도 그것을 복구할 수 있도록 해주는 역할을 한다.

본 논문에서 사용한 블록인터리빙 방식은 부호기에서 부호화된 심벌들을 블록으로 받아서 치환한 뒤 재정렬된 심벌들을 변조기로 보낸다. 일반적인 블록의 치환은 M행과 N열(M × N)을 가진 배열의 열을 부호화된 시퀀스로 채우는 것으로 시작한다.

배열이 완전히 채워진 후 심벌들은 한번에 한 행씩 변조기로 보내져서 채널을 통해 전송된다. 수신기에서 역인터리빙은 역과정을 수행한다. 복조기에서 심벌을 받아서 역인터리빙하고 복호기(decoder)로 보낸다. 심벌들은 역인터리빙 배열에 행으로 들어가서 열로 나온다. 본 논문에서 구현한 M=8개의 행과 N=8개의 열을 가진 인터리버를 보였다. 배열에 있는 숫자는 인터리버에 있는 64개의 부호심벌들의 순서를 나타낸다. 송신기로 가는 출력 열은 그림 3(a)에서와 같이 배열에서 행으로 나온 부호 심벌로 되어 있다. 만약 그림 3(a)에서 7개의 연접오류가 발생하였다고 가정하면, 디인터리버에서는 인터리버에서 했던 과정을 거꾸로 반복한다. 수신된 신호 열을 인터리버와 똑같은 크기의 메모리에 저장하였

다가 열 기준으로 데이터를 출력한다. 따라서 그림 3(b)와 같이 연접 오류는 마치 랜덤 오류가 난 것과 같은 현상이 나타나게 되며, 이러한 과정을 거치면서 전력선의 연접 오류를 랜덤 오류로 만들어 주기 때문에 신뢰도가 높은 데이터 전송이 가능하다[4].

1	9	17	25	33	41	49	57	1	2	3	4	5	6	7	8
2	10	18	26	34	42	50	58	9	10	11	12	13	14	15	16
3	11	19	27	35	43	51	59	17	18	19	20	21	22	23	24
4	12	20	28	36	44	52	60	25	26	27	28	29	30	31	32
5	13	21	29	37	45	53	61	33	34	35	36	37	38	39	40
6	14	22	30	38	46	54	62	41	42	43	44	45	46	47	48
7	15	23	31	39	47	55	63	49	50	51	52	53	54	55	56
8	16	24	32	40	48	56	64	57	58	59	60	61	62	63	64

그림 3. 8×8 블록 인터리버 및 디인터리버

2.3 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 인터리빙 기법을 이용한 전력선 통신 시스템의 구성도이다[5].

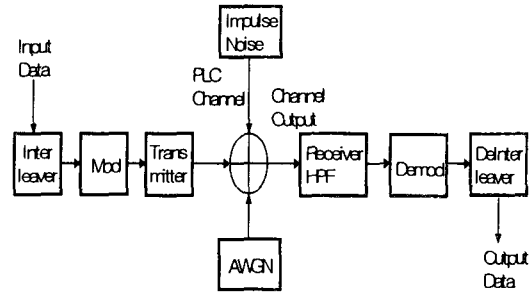


그림 4. 인터리빙 기법의 전력선 통신 시스템 블록도

그림 4에서 보는 바와 같이 인터리빙 기법의 전력선 통신 시스템의 전체적인 흐름은 먼저 입력단에 20만개의 랜덤한 디지털 신호로 생성된 후 생성된 데이터 비트의 연접오류에 강한 성능을 갖기 위해 블록 인터리빙을 통과하여 부호화 시켜주고 전력선 채널의 가장 중요한 특징인 임펄스 잡음 성분에 강한 신호로 변조되어진다. 변조되어진 신호는 전력선 채널을 통과하며 배경 잡음, 임펄스 잡음, 고조파 잡음 등으로 인해 신호가 왜곡되어진다. 수신기에 수신된 신호는 전력선의 고유 주파수인 60Hz성분을 제거하기 위하여 High-pass Filter를 통해 10kHz이하의 신호가 제거되고, 필터를 통과한 신호는 복조기를 통해 복조되어진다. 마지막으로 복조기를 통과한 신호는 디인터리빙을 통해 원래 보내고자 했던 입력 데이터로 복구된다.

다음 그림 5에서는 임펄스 잡음에 의한 채널의 연접 오류에 대해 채널 부호화 기술인 블록 인터리빙을 사용하여 오류를 정정할 경우의 비트 오류에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 본 논문의 시뮬레이션에서 이용된 임펄스잡음은 컴퓨터 및 사무용 기기 등의 전원 장치로 이용되는 SMPS(Switching Mode Power Supply)정상 상태에서의 전력선 채널에서 발생하는 성분을 고려하였고, 궁극적으로 최소의 SNR(Signal-to-Noise Ratio : 신호 대 잡음비)을 사용하여 데이터 통신의 최대 오류 확률인 10^{-5} 을 만족시키는 알고리즘을 제시하였다.

[5] 박계홍, 최영관, 이복구, 김학만, 차재상, 신명철, "CCK 변조기법을 이용한 고속 PLC 시스템에 관한 연구", 대한 전기학회 하계학술대회논문집, 전력계통A권, pp.274~276, 2003

본 연구내용의 일부는 산업자원부의 지원에 의한 기초전력연구원주관의 수행 과제(R 2003 0-516)의 결과물임.

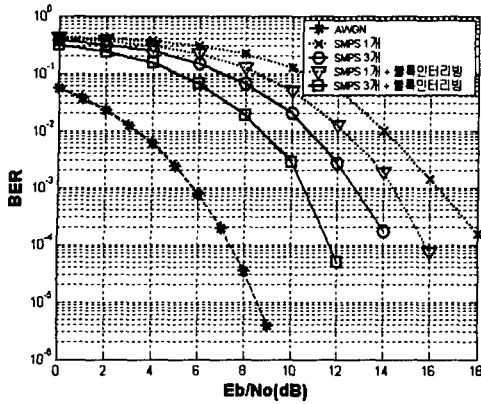


그림 5. 블록 인터리빙 이용 비트오율특성

그림 5에서, 일반적인 전송로의 배경잡음을 의미하는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)채널상태에서는 비트오율 10⁻³을 기준으로 Eb/No가 약 6dB 정도되는 BER 성능을 갖는다. 하지만 정상상태 SMPS 1개 연결시의 채널은 비트오율 10⁻³을 기준으로 약 16dB정도까지 떨어지는 상당히 열악한 통신 성능을 보였다. 또한 같은 방법으로 정상상태 SMPS 3개를 추가시켜 전력선에 연결시킨 채널은 시뮬레이션 결과 SMPS 1개 연결시의 채널보다 비트오율 10⁻³을 기준으로 약 3dB 정도의 성능 개선을 보였다. 그 이유는 각각의 SMPS의 스위칭 동작으로 인하여 SMPS 1개를 연결했을 경우보다 주기적 잡음 및 임펄스 잡음이 상쇄된 것으로 보인다. 또한 SMPS 1개와 SMPS 3개를 연결시킨 채널을 각각 블록 인터리빙을 적용하여 시뮬레이션 해 본 결과 블록 인터리빙을 적용하지 않은 경우보다 약 2dB 정도의 성능 개선의 효과를 얻을 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 열악한 통신 채널환경을 극복하기 위하여 전력선 채널에서 주요한 잡음원인 임펄스 잡음 개선을 위한 인터리빙 방식을 소개하였다. 임펄스 잡음은 가전기기내 반도체 소자의 스위칭 동작에 의한 전압 전류 파형에서의 임펄스 성분이 전체 주파수 대역에 넓게 퍼진 잡음 특성으로 나타나 비트오율 특성을 열화 시키는 가장 주요한 원인으로 판명되었고, 임펄스 잡음에 의한 연접오류에 대해서는 변조 전과 복조 후 블록 인터리버를 구현하여 BER 시뮬레이션을 해 본 결과 통신 성능이 개선되었음을 확인 할 수 있었다. 향후에는 좀 더 효율적인 전력선 통신시스템을 구현하기위해서 다양한 환경에서의 정확한 전송채널의 조사를 행하고, 잡음 개선을 위한 신뢰성 높은 오류정정 기법을 인터리빙 기법에 접목하여 최적화된 결과를 도출할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최영관, 박계홍, 서종완, 차재상, 서희석, 신명철, "광대역 PLC채널의 모델링 분석에 관한 연구", 대한전기학회 하계 학술대회논문집, 전력계통A권, pp.271~273, 2003
- [2] Michel ROUSSEAU, Patrick MOREAU, "Characterization and optimization of multicarrier-technologies over PLC channel", ISPLC2001, pp.299~304, 2001
- [3] 이정훈, 서종완, 이종주, 신명철, 성낙환, "전력선 통신을 위한 채널 특성 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 전력계통A권, 558-560, 2000
- [4] Beranrd Sklar, "Digital Communication - Fundamental and Applications", Second Edition, pp.463-466, Prentice hall, NJ