

인터리버를 이용한 eHDR-WPAN 시스템의 성능 분석

정승희^{*} · 이현재^{*} · 오창현^{*}
^{*}한국기술교육대학교

Performance Analysis of eHDR-WPAN System Using Interleaver

Seung-Hee Jeong^{*} · Hyun-Jae Lee^{*} · Chang-Heon Oh^{*}

^{*}Korea University of Technology and Education

E-mail : shjeong@gmail.com

요 약

본 논문에서는 110Mbps의 전송속도를 가지는 eHDR-WPAN(enhanced High Data Rate-Wireless Personal Area Networks)시스템의 성능향상 방안으로 인터리버를 적용하였다. 실내무선채널에서 발생하는 페이딩 현상은 연접화 오류 성향을 증가시킨다. 그러므로 인터리빙 기법을 이용하여 오류의 연접화 성향을 산발화 시킴으로써 시스템의 오류성능을 개선 할 수 있다. 본 논문에서는 컨볼루션, 블록, 랜덤 인터리버를 적용하였으며, 심벌 간 거리를 9와 27로 설정하였다. 블록 인터리버의 경우, 10^{-4} 에서 약 0.6dB 정도 E_b/N_0 의 성능향상을 보였다. 그러므로 eHDR-WPAN 시스템에서는 심벌 간 거리가 9인 블록인터리버가 최적의 인터리버임을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, We propose performance of improvement method for eHDR-WPAN system using Interleaver. Burst error pattern caused by fading in indoor wireless channel. For the reason, using of Interleave method (make burst error to random error) can be enhance to error-rate in system. This paper is used Convolutional, Block, Random Interleaver. We make use of 9 and 27 for symbol spacing. Block-Interleaver is show that performance about 0.6dB of E_b/N_0 at 10^{-4} . In result, the suitable Interleaver for eHDR-WPAN system is Block Interleaver of 9 symbol spacing.

키워드

HDR-WPAN , BlockInterleaver , ConvolutionalInterleaver , RandomInterleaver

1. 서 론

가정 내의 정보가전기기가 네트워크로 연결되어 기기-시간-장소에 구애받지 않고 서비스가 제공되는 미래 가정환경인 디지털 홈에 대한 욕구가 증대되고 있다. 특히, 디지털화가 진전된 현 시점에서는 가정 내에 약 110Mbps급의 고속 대용량 전송이 요구되고, 큰 집(35평 이상)을 기준으로 방 2개 이상 투과 시 전송 거리가 70m에 달하므로, 멀티미디어 데이터의 전송을 위한 광대역 무선 홈 네트워크 수요가 급증할 것으로 예상된다. 이러한 홈 네트워크를 구성할 수 있는 후보 기술 가운데 eHDR-WPAN(IEEE 802.15.3)의 경우

최대 70m 반경에서 110Mbps의 전송속도를 지원하고, QoS, peer-to-peer 기능으로 가전기기간의 양방향 통신이 가능한 차세대 홈 네트워크 기술로 인정받고 있다[1],[2].

그러나 이동통신 환경에서 신호는 가산성 백색 가우시 잡음(AWGN)뿐만 아니라 다중경로 전파에 의한 채널의 페이딩(Channel Fading) 현상으로 연접오류(Burst Error)가 발생하게 되며, 이러한 경우에 시스템의 오류율이 상당히 증가하는 단점을 가지고 있다. 그러므로 이러한 연접오류를 줄이기 위한 기법이 반드시 필요하다[3].

본 논문에서는 eHDR-WPAN 시스템에서 사용되는 채널의 연접 오류율을 감소시키기 위한 방

안으로 인터리빙을 기법을 적용하고 그에 따른 성능향상에 대해 분석한다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장과 3장에서 eHDR-WPAN 시스템을 소개하고, 인터리버에 대해 설명한다. 또 eHDR-WPAN 시스템에서 사용되는 채널모델에 대해 4장에서 살펴보고 5장에서 인터리버를 적용한 eHDR-WPAN 시스템의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교한다. 마지막 6장에서는 시뮬레이션결과에 대해 분석하고 결론을 맺는다.

II. eHDR-WPAN 시스템

eHDR-WPAN은 5GHz의 주파수 대역을 사용하는 싱글캐리어 시스템이다. eHDR-WPAN 시스템은 HDR-WPAN 시스템의 PHY 구조를 그대로 유지하며, 110Mbps의 전송속도를 위해 25MHz의 대역폭 확장과 TCM-128QAM 변조방식을 사용한다. PHY는 원하는 데이터 전송속도를 위해 11Mbaud에서 코딩과 6개의 변조 방식을 지원한다. PHY가 지원하는 변조, 코딩 및 데이터 율은 표 1과 같다.

표 1. 5GHz PHY의 변조 및 전송률

변조방식	코딩	전송률
QPSK	8-state TCM	11Mbps
DQPSK	none	22Mbps
16-QAM	8-state TCM	33Mbps
32-QAM	8-state TCM	44Mbps
64-QAM	8-state TCM	55Mbps
128-QAM	8-state TCM	110Mbps

eHDR-WPAN 시스템의 최대 전송 가능한 프레임 크기는 상위 계층으로부터 통과한 데이터 프레임의 최대 크기이며 2044 octets 까지 가능하다. 만약 데이터 연결을 위해서 security가 필요하다면 상위 계층의 2044 octets 에서 security overhead 만큼 뺀 값이 데이터 프레임 크기로 결정된다.

변조 및 복조에서 QPSK, 16/32/64/128-QAM 은 그림 1과 같은 8-state 2-D 트렐리스 코드를 사용하고, DQPSK 에서는 트렐리스 코드를 사용하지 않는다.

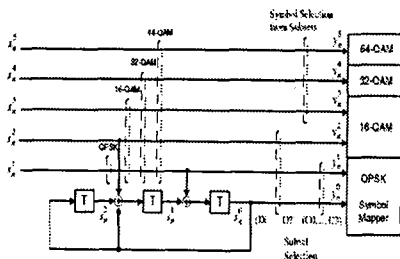


그림 1. QPSK, 16/32/64/128-QAM 트렐리스 인코더

PHY 프레임은 4가지의 세그먼트(프리앰블, 헤더, 데이터, 테일)를 포함한다. 프리앰블은 수신기에서 동기화, carrier-offset 복구, 그리고 신호 equalization 용도로 사용한다. 헤더에는 seed id, 변조방식, 데이터의 길이가 포함되며, CCITT CRC-16 header check sequence(HCS)로 보호된다. 테일은 프레임의 끝에 위치하며 트렐리스 코드의 가장 좋은 거리 특성을 갖도록 해준다[4].

III. 인터리버

무선채널에서 전송신호의 오류는 인접한 두 심벌간의 독립성이 유지되는 가우스채널의 경우와는 달리 다중경로 페이딩 현상으로 인하여 연결화 되는 경향이 있다. 따라서 성능을 향상시키기 위해서는 연결오류를 산발화 시키는 방법이 요구되며 인터리빙은 이러한 목적으로 사용되는 가장 일반적인 방법으로 알려져 있다[5].

1. 블록인터리버

블록 인터리버는 구조가 단순하여 쉽게 설계할 수 있는 장점 때문에 가장 널리 사용되고 있다. 이러한 블록인터리버는 2차원 메모리 구조를 가지며, 그 크기는 행을 나타내는 인터리빙 스패와 열을 나타내는 인터리빙길이의 곱이 된다. 일반적으로 블록 인터리버의 인터리빙 스패는 Viterbi 복호기의 분절길이와, 인터리빙길이는 채널에서 발생하는 최대연접오류길이와 동일한 값을 가지도록 설계된다.

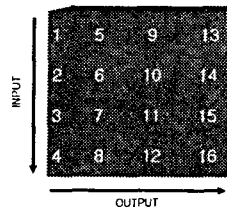


그림 2. Block Interleaver

블록 인터리버의 구조는 매우 간단하지만, 입력 정보에 일정 크기 이상의 연결 오류가 있으면 연결 오류가 모두 분산되지 않는다는 단점이 있다. 또한, 출력 정보들이 인터리버 구조에 따른 상관관계를 갖기 때문에 특정한 오류 패턴에 대해서는 BER 성능이 급감하는 특성이 있다

2. 랜덤인터리버

랜덤 인터리버는 유사 난수 발생기(pseudo random number generator)를 통해 주소를 발생시킨 참조 테이블(look-up table)을 이용하여 입력 정보를 재배열한다.

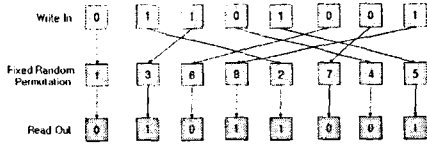


그림 3. Random Interleaver

일반적으로 인터리버의 크기가 커질수록 성능은 우수한 편으로 나타나지만, 주소가 난수로 발생되기 때문에 연립 오류가 분산되는 정도나 출력 정보의 상관관계에 따른 BER 성능이 무조건 우수하지는 않다

3. 컨볼루셔널 인터리버

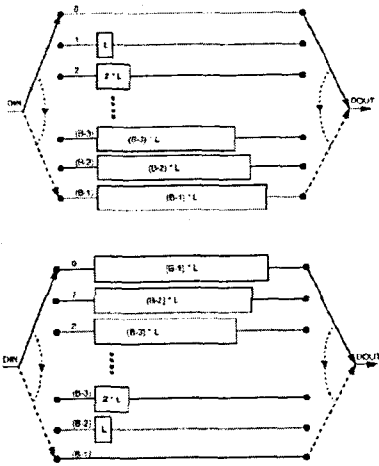


그림 4. Convolutional Interleaver and Deinterleaver

컨볼루셔널 인터리버는 그림 3과 같이 메모리의 요소가 점차 증가하는 B개의 가지(branch)를 가진다. 첫 번째 가지는 메모리를 갖지 않고, 다음 가지에서는 L개씩 증가시킨다. 따라서 B와 L의 선택이 인터리버의 성능을 좌우한다. 데이터는 스위치에 의해 하나의 심벌이 한 가지(Branch)에 쓰여지고, 수신측의 인터리버는 반대동작을 수행한다. 컨볼루셔널 인터리버의 성능은 블록 인터리버와 비슷하며, 연속적인 동작을 위해 만들어졌다. 컨볼루셔널 인터리버의 중요한 장점은 인터리버의 끝에서 끝까지의 지연시간이 짧고, 필요한 메모리 수가 블록인터리버에 비해 절반만 필요하다[6].

IV. 실내 무선채널 모델

본 논문에서는 Saleh와 Valenzuela가 제안한 다중 경로에 대한 통계적인 모델을 이용하였다.

이 통계적 모델은 실험 데이터를 기초로 하여 ray와 클러스터링(clustering) 현상을 모델링하고 있다. 클러스터링 현상은 ray들의 도착이 시간적으로 그룹을 형성하며, 그 크기는 시간에 대한 지수함수로 감소하며, 클러스터내의 ray의 크기 또한 지수함수로 감소한다.

클러스터의 도착 시간과 클러스터 내의 ray의 도착 시간은 독립적인 두개의 Poisson 프로세스로 표현되며 각각의 rate는 Λ 와 λ 이다. l-번째 클러스터의 도착 시간을 T_l 로 표시하고, l-번째 클러스터의 k-번째 ray의 도착 시간을 τ_{kl} 로 표시하면, 클러스터의 도착 시간과 ray의 도착 시간은 다음과 같은 독립적인 지수 확률 밀도 함수로 표현이 가능하다.

$$p(T_l | T_{l-1}) = \Lambda \exp[-\Lambda(T_l | T_{l-1})], l > 0 \quad (1)$$

$$p(\tau_{kl} | \tau_{(k-1)l}) = \lambda \exp[-\lambda(\tau_{kl} | \tau_{(k-1)l})], k > 0 \quad (2)$$

채널의 임펄스 응답은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$h(t) = X \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \beta_{kl} \delta(t - T_l - \tau_{kl}) \quad (3)$$

여기서, β_{kl} 은 k번째 클러스터의 l번째 ray의 진폭을 나타내며, 크기는 확률적으로 독립적이고, 레일리 분포를 갖는다.

$$f(\beta_{kl}) = \frac{2\beta_{kl}}{\beta_{kl}^2} \exp\left[-\frac{\beta_{kl}^2}{\beta_{kl}^2}\right] \quad (4)$$

mean square 값 β_{kl}^2 은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \beta_{kl}^2 &= \overline{\beta^2(T_l, \tau_{kl})} \\ &= \overline{\beta^2(0,0)} \exp\left[-\frac{T_l}{\Gamma}\right] \exp\left[-\frac{\tau_{kl}}{\gamma}\right] \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, Γ 와 γ 은 각각 클러스터와 ray에 대한 시상수 있다. $\beta^2(0,0)$ 은 첫 번째 클러스터의 첫 번째 ray의 평균 전력으로 송수신 안테나의 이득 및 거리에 의하여 결정된다.

V. 성능평가

eHDR-WPAN 시스템에서 사용되는 채널모델

의 연집화 경향은 다음 표 2와 같다.

표 2. 전송채널의 연집화 경향

오류패턴	16 dB	17 dB	18 dB	19 dB	20 dB	21 dB	22 dB	23 dB	24 dB
1개	284	346	292	229	211	147	64	28	13
2개	153	115	118	64	29	15	6	1	2
3개	90	59	21	17	11	0	1	0	3
4개	28	13	7	2	0	0	0	0	0
5개	10	3	5	0	0	0	0	0	0
6개	4	2	0	0	0	0	0	0	0
7개	4	0	1	1	0	0	0	0	0
8개	3	1	0	0	0	0	0	0	0
9개	1	0	0	0	0	0	0	0	0

전송채널의 오류성향은 낮은 E_b/N_0 일수록 연집화 성향이 강해지는 것을 알 수 있다. 본 시뮬레이션에서는 채널의 최대연집오류 크기를 9로 설정하고 그에 따른 인터리버의 심벌 간 거리를 변화시켰다.

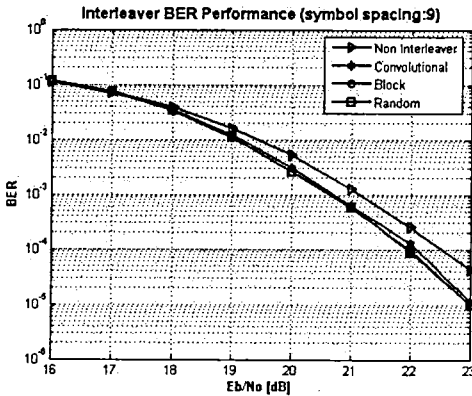


그림 5. 심벌 간 거리가 9일 때 인터리버 성능 비교

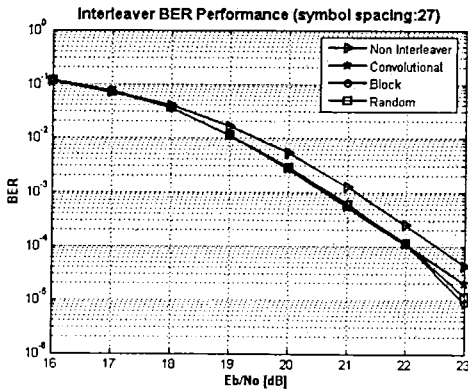


그림 6. 심벌 간 거리가 12일 때 인터리버 성능 비교

그림 5는 컨볼루셔널, 블록, 랜덤 인터리버의 심벌 간 거리가 9가 되도록 설정하고 각각을 비

교한 결과이다. 블록과 랜덤 인터리버는 상호 비슷한 오류성능을 보이고 있으나, 컨볼루셔널 인터리버와는 10^{-4} 에서 약 0.3dB 정도의 E_b/N_0 차이가 있다.

그림 6에서는 각 인터리버의 심벌 간 거리를 3배수 증가시켜 27이 되도록 설정하고 결과를 비교했다. 그림 5와 마찬가지로 블록과 랜덤 인터리버는 서로 비슷한 오류성능을 보이고 있다. 컨볼루셔널 인터리버는 심벌 간 거리를 3배수 증가시켰을 때 블록, 랜덤 인터리버와 비슷한 수준의 성능향상을 보였다.

VI. 결론

본 논문에서는 eHDR-WPAN 시스템에 인터리버를 이용하여 성능을 향상시키고자 하였다. 인터리버 적용 시 그에 대한 trade-off로써 전체적인 복잡도는 다소 증가하더라도, 기존 시스템의 구조를 크게 변경시키지 않고 적용 가능하였다는 점에서 인터리빙 기법의 유용성을 제시 한다고 할 수 있다.

시뮬레이션에서는 eHDR-WPAN 시스템에 컨볼루셔널, 블록, 랜덤 인터리버를 각각 적용 하였으며, 인터리버의 심벌 간 거리는 9와 27로 설정했다. 분석 결과 전송채널의 연집화 성향에 따라 컨볼루셔널 인터리버의 오류 성능은 블록 인터리버와 랜덤 인터리버에 비해 최대 0.3dB의 차이가 있었다. 시뮬레이션에서 가장 좋은 성능을 보인 블록 인터리버는 BER 10^{-4} 에서 약 0.6dB의 E_b/N_0 가 개선되었다.

이 결과로부터 eHDR-WPAN 시스템에서 최적의 성능을 갖기 위해서는 심벌간 거리가 9인 블록인터리버를 사용하여야 한다.

참고문헌

- [1] 전호인, "무선 홈 네트워킹 기술 표준화 동향 및 발전방향", 한국통신학회, 2004.3.
- [2] 박선옥, 하정락, 김성희, "고속률WPAN의 기술동향", 주간기술동향, 2003.2.
- [3] 방성은, 김영철, 양운근, "레일리 페이딩 채널에서 병렬 크로스 인터리버를 적용한 QPSK의 성능분석", 대한전자공학회, 1998.6.
- [4] IEEE Std 802.15.3, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPAN), 2003.
- [5] 김민식, 정창기, 강석근, 주언경, "무선데이터전송을 위한 격자형 부호변조시스템에서의 인터리버 설계", 신호처리학회, 1996.
- [6] John G Prokis, Digital Communication. 4th Edition. McGraw-Hill, Inc., 2001.