

OFDM 시스템에서 Type I Hybrid ARQ를 위한 Subframe 재배치 방법

*장민호, *신범규, *노종선, **김상효, ***신동준
*서울대학교 전기컴퓨터공학부, **성균관대학교 정보통신공학부,
***한양대학교 전자통신컴퓨터공학부
e-mail : *mhjang@ccl.snu.ac.kr, *thechi@ccl.snu.ac.kr, *jsno@snu.ac.kr,
iamshkim@skku.edu, *djshin@hanyang.ac.kr

Subframe Reordering Scheme for Type I Hybrid ARQ in OFDM Systems

*Min-Ho Jang, *Beomkyu Shin, *Jong-Seon No, **Sang-Hyo Kim, and ***Dong-Joon Shin
*Department of EECS, Seoul National University, **School of ICE, Sungkyunkwan University,
***Department of ECE, Hanyang University

Abstract

In this paper, we propose the subframe reordering scheme for type I hybrid automatic repeat request (H-ARQ) in OFDM systems. The proposed scheme shows a good performance even in the case of no channel state information (CSI). That is to say, the proposed scheme shows the better performance than conventional Chase combining (CCC) without the increase of complexity.

I. 서론

Chase 결합 [1]은 type I hybrid automatic repeat request (H-ARQ)를 이용하는 경우에 적용 가능한 가장 간단한 결합 방식으로 수신된 패킷에 오류가 발생하여 재전송이 필요할 경우에 해당 패킷을 재전송 받아서 이전 신호에 비트 단위로 더하여 복호하는 방법이다. 본 논문에서는 패킷을 고정된 개수의 동일한 크기의 subframe으로 나누고, 패킷 전송시 subframe의 전송 순서를 재조정하였을 때의 성능상 이득을 채널 상태 정보 (CSI)를 이용할 수 있는 환경과 없는 환경으로 구분하여 H-ARQ 시스템에서 검증하고자 한다.

II. 통신 시스템 모델링

본 논문에서는 다중경로 페이딩에 대한 간단한 채널 모델로 two-ray 전파 모델 [2]을 고려한다. 특히 실내 환경에서 무선 근거리망 (WLAN)을 사용하는 경우와 같이 채널 상태가 매우 느리게 변화하는 정적 (static) 채널에 대하여, two-ray 채널 모델을 기반으로 저 밀도 패리티 검사 (LDPC) 부호를 16-QAM 변조를 이용하여 직교 주파수 분할 다중화 (OFDM) 시스템 환경에서 전송한다. 이때 각각의 LDPC 부호어 (codeword)는 하나의 패킷을 구성한다고 가정한다. 또한 OFDM은 별도의 부채널 (subchannel)을 고려하지 않았으며, 부반송파 (subcarrier)에는 한 패킷내의 각각의 심볼들이 할당된다고 가정한다. 그러므로 채널의 주파수 선택적 페이딩 특성을 two-ray 모델로 가정한다면, 채널은 s ($1 \leq s \leq N_s$)번째 심볼에 대하여 주파수 겹치에서 다음 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$h(s) = 1 + \exp(j\theta) \exp\left(j \frac{d \times 2\pi s}{N_s}\right)$$

여기서 θ 는 $[0, 2\pi)$ 상에서 균일 분포를 따르고, N_s 와 d 는 각각 심볼과 deep 페이딩의 개수를 의미한다. 본 논문에서 모의 실험 결과는 주로 $d=1$ 인 single deep 페이딩 (SDF)에 대하여 제시되었으며, 다른 $d(=2, 3)$ 값에서도 유사한 경향성을 보였다.

III. Subframe 재배치 방법

3.1 채널 상태 정보를 이용하는 방법

채널 추정을 통하여 CSI를 이용할 수 있는 시스템을 고려하자. 첫 번째 전송을 위하여, 채널을 순서대로 동일한 크기의 M 개의 subframe으로 나누고 CSI를 이용하여 각 subframe의 평균 파워를 계산한다. 그 후 전송할 패킷 내의 M 개의 subframe에 대하여, 채널 상태가 좋은 subframe에 패킷의 메시지 부분을 할당하고, 상대적으로 채널 상태가 좋지 않은 위치에는 패리티 부분을 할당하는 방법으로 패킷 내의 부호어의 위치를 subframe 단위로 재배치하여 전송한다. 수신단에서는 재조정된 subframe의 순서에 맞추어 복호 과정을 진행한다. 복호가 실패한 패킷에 대해서는 H-ARQ를 이용하여 재전송을 수행한다. 재전송시에는 처음 전송과는 반대로 채널 상태가 좋은 subframe에 패리티 부분을 그렇지 않은 위치에 메시지 부분을 할당하여 전송한다. 복호 후 오류가 발생할 경우, 최대 전송 횟수 4회까지 부호어에 대한 위의 전송 패턴 재배치 방법을 교대로 사용한다.

3.2 채널 상태 정보를 이용하지 않는 방법

CSI를 이용할 수 없는 환경에서, 재전송 이후에 시스템 성능 개선을 위한 방법을 제안한다. 이를 위하여 사전에 M 개의 subframe에 대하여 채널의 평균 파워를 계산한다. 그 후 재전송시 각 subframe의 누적 평균 파워의 합이 균등하게 되도록 패킷 내의 subframe의 순서를 미리 결정한다. LDPC 부호에서 메시지와 패리티 부분의 파워가 비균등 할당되는 상황이 일반적으로 성능의 열화를 야기하는 원인으로 보이기 때문에 전체 부호어의 비트에 균일한 파워가 할당되도록 하는 결합 방법을 제안하였고, 이는 재전송 후에 결합된 로그 우도비가 가산 백색 가우시안 잡음에 가까운 확률 밀도 함수를 갖게 되므로 성능 향상을 기대할 수 있다. 복호기는 첫 번째 전송에서 오류가 발생한 패킷에 대하여, 각 subframe의 누적 평균 파워가 동일하도록 사전에 정해놓은 패킷 내의 subframe의 매핑 패턴에 따라서 재전송을 요구하여 복호 과정을 진행한다.

IV. 모의 실험 결과 및 결론

그림 1은 IEEE 802.16e 표준에 제시된 길이가 2304이고 부호율이 1/2인 LDPC 부호에 대하여, 최대 전송 횟수가 4회로 제한된 H-ARQ를 고려하였을 때의 subframe 재배치 방법의 frame error rate (FER) 성능을 비교한다. 여기서 하나의 패킷 내의 subframe의 개

수 $M=8$ 이고, 16-QAM 변조를 사용한다. 또한 채널은 $d=1$ 인 two-ray 모델을 고려한다. 그림 1로부터, 첫 번째 전송에서는 CSI를 이용하는 방법이 순서대로 전송 ($M_1, M_2, M_3, M_4, P_1, P_2, P_3, P_4$)하는 경우 보다 성능이 우수함을 확인할 수 있다. 하지만 CSI를 이용하지 못하는 환경에서도 재전송시 균등 파워할당을 위하여 subframe을 재배치 ($P_1, P_2, P_3, P_4, M_1, M_2, M_3, M_4$)하는 경우에, 그 성능이 CSI를 이용한 방법의 성능과 일치함을 확인할 수 있다. 세 번째 전송의 경우에는 재전송 후에 주어진 채널의 평균화 효과가 달성되었기 때문에, 홀수 번째 전송에서는 각 subframe의 파워를 동일하게 만들 수 없으므로 CSI를 이용한 방법보다 성능이 열화됨을 알 수 있다. 다만 균일 파워 할당을 통한 채널 평균화 효과의 이득이 두 번째 전송이후에 어느 정도 포화되었기 때문에 성능 열화가 첫 번째 전송보다는 크지 않다. 마지막 네 번째 전송에서도 두 방법은 동일한 성능을 보여준다. 그러므로 본 논문에서 제안된 균등 파워 할당을 위한 subframe 재배치 방법은 CSI 이용 유무에 상관없이 기존의 Chase 결합 방법 (CCC)과 비교하여 구현 복잡도를 증가시키지 않으면서도 주목할 만한 성능 개선을 보여준다.

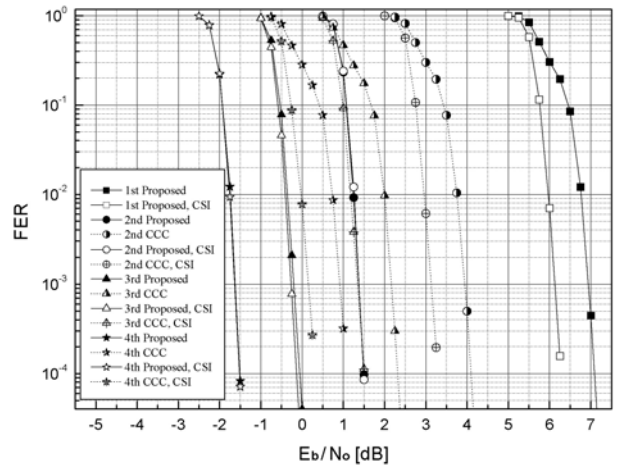


그림 1. 길이가 2304이고 부호율이 1/2인 LDPC 부호에 대한 subframe 재배치 방법의 성능 비교

참고문헌

[1] D. Chase, "Code combining: A maximum-likelihood decoding approach for combining an arbitrary number of noisy packets," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 33, no. 5, pp. 385-393, May 1985.
 [2] P. Balaban and V. P. Dewal, "Statistical distribution of parameters in a variable delay two-ray propagation model," in *Proc. IEEE Global Telecommun. Conf.*, Nov. 1989, pp. 59-64.