SC-FDE 시스템에서 위상 디더링을 적용한 광대역 중계 네트워크

이민아, 허유라, 정의림*
한밭대학교

leemina316@gmail.com, 1022hu@gmail.com, *erjeong@hanbat.ac.kr

Wideband relay network with phase dithering in SC-FDE systems

Lee Min A, Heo Yu Ra, Jeong Eui Rim*(Corresponding author)
Hanbat National Univ.

요 약

본 논문은 SC-FDE(Single Carrier-Frequency Domain Equalizer) 시스템에서 위상 디더링을 사용하여 광대역 신호를 중계를 고려하고 성능을 검증한다. 위상 디더링을 사용하면 페이딩 환경에서 시간 다이버시티 효과를 얻을 수 있다. 컴퓨터 모의실험을 통해 SC-FDE 환경에서 위상 디더링을 이용한 광대역 중계 성능을 확인한다. 이때 MCS(Modulation Coding Scheme)는 QPSK, R=1/3 및 8PSK, R=7/8 이다. 성능 평가 지표는 BER(Bit Error Rate)을 사용한다. 실험 결과에 따르면 모든 MCS 에서 위상 디더링을 사용하는 것이 사용하지 않는 것 보다 좋은 성능을 보인다.

Ⅰ. 서 론

송신기와 수신기 사이의 거리가 멀어지면 수신된 신호의 출력이 감쇠되어 일대일 통신이 불가능해지는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 데이터를 소스와 목적지 사이의 중계를 통해 전송한다. 이때 중계기는 단순히 데이터를 재전송하는 것이 아니라 위상 디더링 기술을 사용한다. 위상 디더링 기술이란 탄막 중계 네트워크에서 신호의 위상을 무작위로 회전시키는 기술이다. 위상 디더링은 협대역 시스템을 위해 개발되었으며, 시간 다이버시티를 얻을 수 있다.[1]

본 논문에서는 SC-FDE(Single Carrier-Frequency Domain Equalizer) 시스템에서 위상 디더링을 사용하는 광대역 중계를 고려하고 성능을 검증한다. SC-FDE 는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 성능은 유사하지만 상대적으로 작은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)을 갖는다.[2] SC-FDE 시스템에서 위상 디더링을 이용한 중계에 대한 성능 평가는 컴퓨터 모의실험을 통해 진행하며, 성능 평가 지표는 BER(Bit Error Rate)이다. 컴퓨터 모의실험 시 MCS(Modulation Coding Scheme)는 QPSK, R=1/3 과 8PSK, R=7/8 두가지를 사용한다. 모의실험 결과 모든 변조 부호화 방식에서 위상 디더링을 사용하여 신호를 중계하는 것이 위상 디더링을 사용하지 않고 중계하는 것보다 성능이 우수하게 나타난다.

Ⅱ. 시스템 모델

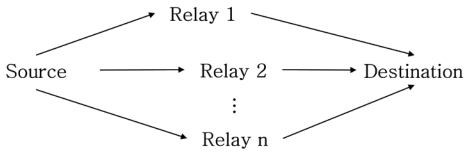

그림 1 두 홉 중계 시스템

다중 홉 중계 시스템은 협동 통신 시스템의 한 형태이다. 다중 홉 중계에서 모든 중계기는 신호를 목적지로 전송하기 위해 협력한다. 그림 1 은 두 홉 중계 시스템이다. 두 홉 중계 시스템은 소스부터 목적지 사이가 두 단계로 이루어진 시스템을 말한다. 소스와 목적지 사이의 거리는 최대 거리 편차라고 한다. 최대 거리 편차는 모든 중계기에서 같지 않으며 통신 시 사용하는 MCS 에 따라 최대 거리가 달라진다.

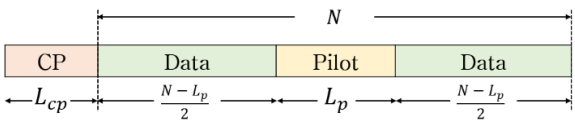

그림 2 SC-FDE 심볼 구조

그림 2 는 본 논문의 SC-FDE 심볼 구조로 가장 앞에 CP(Cyclic Prefix)가 위치하고 그 뒤에 데이터와 파일럿이 존재하는 구조이다. 이 SC-FDE 구조는 파일럿을 데이터 중간에 삽입하는 특징을 가진다. 데이터

중간에 파일럿을 배치하면 시변 페이딩 채널에서 우수한 성능을 보인다. 여기서 N 은 FFT(Fast Fourier Transform) 크기이다. CP 의 길이는 L_{cp}이고, 파일럿의 길이는 L_p이다.

Ⅲ. 컴퓨터 모의실험

본 논문의 컴퓨터 모의실험 및 성능 검증은 MATLAB 을 통해 수행한다.

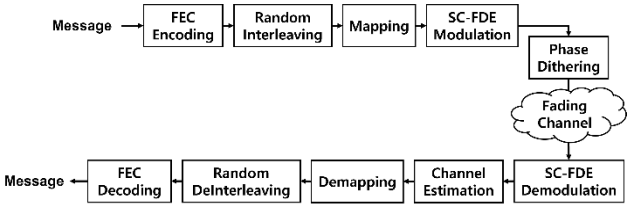

그림 3 시스템 블록도

그림 3 은 모의실험에서 사용한 송수신기의 블록도이다. 송신기에서 이진 메시지를 생성한 후 에러 정정을 위해 CTC(Convolutional Turbo Code)를 사용해 FEC(Forward Error Correction) 인코딩을 수행한다. 그 후 연집 에러를 방지하기 위해 랜덤 인터리빙이 수행되고 매핑과 SC-FDE 변조를 수행하여 송신한다. 송신기에서 송신한 신호는 중계기로 수신된다. 중계기는 수신 신호에 위상 디더링을 적용하여 재송신하고 채널을 통과하여 수신기에 수신된다. 수신기는 SC-FDE 복조를 수행하고 시간 영역에서 채널 추정을 수행한다. 마지막으로 역매핑과 역인터리빙, FEC 디코딩 순으로 수행하여 메시지를 복원하여 수신한다.

표 1 모의실험 파라미터

Parameters	Values
Bandwidth	4 MHz
Pilot length	256 $Symbols$
CP length	64 $Symbols$
FFT size	512
Moving Speed	20 km/h
Maximum distance difference	4 km, 2 km
Phase dithering range	$[-\pi, \pi]$
Num. of Relay	1, 3, 5, 15

표 1 은 모의실험에 사용한 파라미터이다. 대역폭은 4 MHz 이고 파일럿 길이는 256 심볼, CP 길이는 64 심볼이다. FFT 크기는 512 를 사용하며 이동 속도는 $20km/h$이다. 최대 거리 편차는 MCS 로 QPSK, R=1/3 을 사용하는 경우 4 km 로 설정하고, 8PSK, R=7/8 을 사용하는 경우 $2km$로 설정한다. 위상 디더링으로 위상을 회전시키는 각도는 $-\pi$ 에서 π 까지 범위내에서 무작위이다. 중계기 수는 1, 3, 5, 15 네 가지로 모의실험을 수행한다.

Ⅳ. 모의실험 결과

모든 모의실험 결과에서 파란선은 위상 디더링을 사용하지 않은 경우를 나타내고, 분홍선은 위상 디더링을 사용했을 경우를 나타낸다.

그림 4 는 MCS 가 QPSK, R=1/3 일때의 성능이다. BER 이 10^{-5}일 때를 기준으로 위상 디더링을 사용하는 것이 약 1 dB 성능이 좋다. 또한, 중계기 수가 증가할수록 성능 좋아지는 것을 알 수 있다.

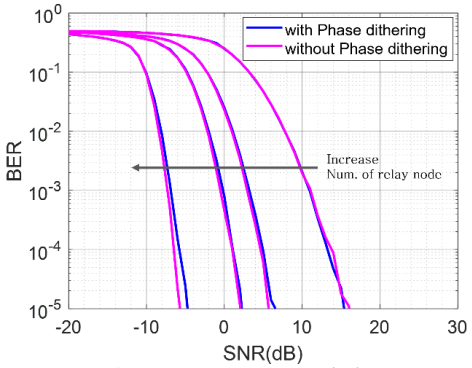

그림 4 QPSK, R=1/3 에서 BER

그림 5 는 MCS 가 8PSK, R=7/8 일 때의 성능이다. BER 이 10^{-5}일 때, 위상 디더링을 적용한 경우의 성능이 적용하지 않은 경우의 성능보다 약 1.5 dB 좋다. 또한, 중계기의 수가 1, 3, 5, 15 로 증가할수록 성능이 개선된다.

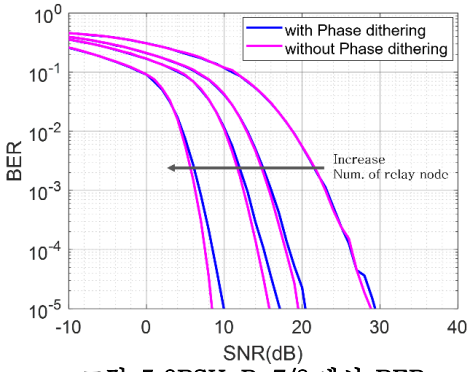

그림 5 8PSK, R=7/8 에서 BER

Ⅴ. 결론

본 논문은 SC-FDE 환경에서 광대역 중계 시 위상 디더링 사용을 고려하고 성능을 검증했다. 위상 디더링을 사용하여 신호를 전송하면 사용하지 않을 때보다 우수한 BER 성능을 보였다. 또한, 중계기 수가 증가할수록 우수한 BER 성능을 보인다. 이러한 결과는 위상 디더링을 사용하여 중계하는 것이 SC-FDE 환경에서 효과적임을 의미한다. 시간 다이버시티를 얻기 위한 다른 기술을 적용하면 추가적인 수신 성능 개선을 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Halford T. R. & Chugg K. M. "Barrage relay networks."2010 Information Theory and Applications Workshop, pp. 1-8.

[2] Joo S. Y., Choi J. W., Kim D. H. & Jeong E. R. "New SC-FDE Transmission Structure for Coping with Narrow Band Jammers and Reducing Pilot Overhead. "Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, pp. 981-987