

Transorthogonal 코드를 사용한 변조에서 코드의 순차적 확장과 다중코드 전송 구조에 의한 대역폭 효율 개선 방법

김성필, 김명진*, 조진웅**

한국정보통신기술대학, *한국의국어대학교, **전자부품연구원
ship@icpc.ac.kr, *mjkim@hufs.ac.kr, **chojw@keti.re.kr

A Scheme to Improve Bandwidth Efficiency for Transorthogonal Signaling Using Recursive Expansion of Codes and Multicode Transmitter Structure

Sung Pil Kim, Myoung Jin Kim*, Jin Woong Cho**

Korea Information & Communications Polytechnic College, *Hankuk University of Foreign Studies

**Korea Electronics Technology Institute

요 약

직교변조(orthogonal modulation) 방식은 비트오율 성능이 우수하지만 대역폭 효율이 매우 낮다. Transorthogonal 변조는 Hadamard 행렬의 한 개 열을 삭제하여 만들어진 코드를 사용하여 변조하는 방식으로 직교변조에 비해 약간의 대역폭 효율 증가를 얻을 수 있지만 그 효과는 매우 작다. 본 논문에서는 한 개의 transorthogonal 부호화기를 사용하는 대신 여러 개의 transorthogonal 부호화기를 병렬로 구성하여 다중의 codeword를 합산하여 전송하는 송신기의 구조를 고려하였다. 제안된 송신기에서 사용하는 코드는 4x3 transorthogonal 코드를 블록 단위로 순차적으로 확장시킨 것으로, 각 블록의 코드간 crosscorrelation 계수는 블록 크기와 상관 없이 -1/3 이 유지되며 서로 다른 블록 간 출력 코드의 crosscorrelation 은 0 이 되는 특성을 갖게 된다. 제안된 송신기는 단일 블록의 직교 또는 transorthogonal 변조 방식에 비해 대역폭 효율이 상당히 높으며 비트오율 성능은 크게 저하되지 않는 결과를 가지는 것을 확인하였다.

1. 서론

디지털 통신에서 변조 방식의 선택에 있어서 고려할 사항으로 비트오류 확률, 대역폭, 필요 에너지 등을 들 수 있다. 이와 같은 성능지수가 모두 우수한 절대적인 변조 방식은 없으며, 주어진 응용 환경에 따라 성능지수간 타협을 통하여 변조 방식을 결정하게 된다. M-ary 변조에서 프로세서는 k 개의 데이터 비트를 받아서 $M = 2^k$ 개의 파형 중 한 개를 발생시킨다. MFSK 나 직교 코드를 사용한 orthogonal signaling 은 k 의 증가에 따라 비트오율 성능이 개선되지만(또는 필요 E_b/N_0 가 작아지지만) 신호 대역폭이 증가한다. MPSK 와 같은 nonorthogonal signaling 은 대역폭 효율은 높아지지만 비트오율 성능이 저하된다. 따라서 가능한 대역폭이 한정되었거나 주파수 자원의 가격이 높은 경우에는 MPSK 나 QAM 과 같은 변조 방식이 사용되며, 반면에 주파수 자원은 문제가 되지 않으나 낮은 비트오류 확률이 요구되는 경우에는 MFSK 나 orthogonal 변조 방식의 선택이 가능하다. 개인 무선통신과 같이 주파수 대역폭 효율과 에너지 효율이 모두 중요한 경우에는 서비스 요구 조건과 시스템 구현 환경에 따라 적절한 변조 방식을 선택해야 한다.

본 논문에서는 Walsh 코드와 같은 직교코드를 사용하여 파형을 생성하여 전송하는 시스템에서 대역폭 효율을 개선시키는 방안을 제안한다. 직교 코드를 사용한 변조에서는 k 비트의 데이터에 의하여 $M=2^k$ 개의 코드 중 한 개가 선택되어 캐리어에 실려서 전송된다. 출력 codeword 의 길이는 2^k 으로 대역폭 효율은 $k/2^k$ 가

되어 k 의 증가에 따라 효율이 지수적으로 감소한다. Transorthogonal 변조에서 사용되는 코드는 orthogonal codeword 들의 첫 번째 비트를 삭제하여 만들어진 즉 Hadamard 행렬의 첫 번째 열을 삭제하여 만들어진 코드를 사용하여 파형 부호화하여 전송하는 방식으로 codeword 의 길이는 $2^k - 1$ 이 된다. 따라서 직교 변조에 비해 약간의 대역폭 효율 증가를 얻을 수 있지만 k 가 커지면 코드의 길이가 지수적으로 증가하여 대역폭 효율 증가 효과는 매우 작다. 본 논문에서는 한 개의 transorthogonal 부호화기를 사용하는 대신 여러 개의 transorthogonal 부호화기를 사용하여 다중의 codeword를 합산하여 전송하는 송신기의 구조를 고려하였다. 제안된 송신기에서 사용하는 코드는 4x3 transorthogonal 코드를 블록 단위로 순차적으로 확장시킨 것으로, 각 블록의 코드간 crosscorrelation 계수는 블록 크기와 상관 없이 -1/3 이 유지되며 서로 다른 블록 간 출력 코드의 crosscorrelation 은 0 이 되는 특성을 갖게 된다. 제안된 송신기는 단일 블록의 직교 또는 transorthogonal 변조 방식에 비해 대역폭 효율이 상당히 높으며 비트오율 성능은 크게 저하되지 않는 결과를 가지는 것을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 절에서 orthogonal 및 transorthogonal 변조 방식을 설명하며, 제 3 절에서는 다중코드 transorthogonal 변조 방식에 대하여 기술한다. 제 4 절에서는 제안된 전송 방식에 대한 성능을 비트오류 확률과 대역폭 효율 측면에서 분석하여 기존의 변조 방식과 비교하였으며, 제 5 절에서 본 논문의 결론을 맺는다.