

직교 주파수 분할 다중화 방식에서 최대 전력 대 평균 전력 비를 감소시키는 새로운 선택 사상 기법

*김기훈, 전현배, 주현승, 노종선, **신동준

*서울대학교, **한양대학교

*kkh@ccl.snu.ac.kr, **djshin@hanyang.ac.kr

A New Select Mapping Scheme for PAPR Reduction in OFDM System

*Kim Kee Hoon, Jeon Hyun Bae, Joo Hyun Seung, No Jong-Seon, **Shin Dong-Joon

*Seoul National Univ., **Hanyang Univ.

요 약

본 논문에서는 직교 주파수 분할 다중화 방식 (OFDM) 에서 최대 전력 대 평균 전력 비 (PAPR)을 감소시키는 복잡도가 적은 새로운 기법을 제시하였다. 이 방법은 역 푸리에 변환 단계 (IFFT)에서 중간 단계 신호들을 활용하게 된다. 이 방법을 사용하게 되면, 기존의 선택 사상 기법 (SLM)과 비교 하였을 때에 후보 신호들이 더 쉽게 생성 될 수 있다. 또한 제안된 기법은 훨씬 더 적은 계산 복잡도와 비트 오류율 (BER)의 열화 없이도 기존의 SLM 기법과 거의 일치하는 성능을 낼 수 있다. 본 논문에서는 이 기법을 수식적으로 분석 하였고 그 성능 을 모의실험을 통해 검증했다.

I. 서 론

직교 주파수 분할 다중화 방식 (OFDM)은 각기 다른 부반송파의 직교성을 이용하여 다수의 반송파에 여러 정보를 실어 보내는 변조 방식이다. 이 기법은 디지털 음향 방송 (DAB), 디지털 영상 방송 (DVB), IEEE 802.11 무선 지역 네트워크 (WLAN) 표준과 IEEE 802.16a 무선 도시 지역 네트워크 (WMAN) 표준 등에 채택되었다. 다른 다중반송파 변조 방법과 마찬가지로, OFDM 또한 최대 전력 대 평균 전력 비 (PAPR)이 매우 크다는 문제를 가지고 있다. 이것은 매우 비싼 고전력 증폭기의 사용을 요구하게 되기 때문에 OFDM 신호의 PAPR 감소가 절실히 필요하다. PAPR을 줄이기 위하여, 최근 몇 년 동안, 클리핑 (clipping) [1], 톤 예약 방법 (tone reservation) [2], 선택 사상 기법 (SLM) [3], 부분 수열 전송 방법 (PTS) [4] 등 이 소개되었다. 이 중 가장 간단한 방법은 클리핑 인데, 이 방법은 사용 주파수 대역과 비사용 주파수 대역 모두 신호 왜곡을 일으키는 문제가 있다. 반면에, 코딩 방법은 좋은 성능을 낼 수 있지만, 복잡도가 크고 정보가 손실된다. SLM 기법에서는, 입력 신호 수열들은 후보 입력 신호 수열을 만들기 위하여 위상 수열이 곱해지게 된다. 이 후보 입력 신호들의 각각은 역 푸리에 변환 (IFFT)를 통하여 만들어 지게 된다. 이 중 가장 낮은 PAPR을 갖는 신호 하나만이 선택되어 전송된다. PTS 기법에서는, 입력 신호 수열이 중복 되지 않는 여러 개의 부분으로 나누어지게 된다. 그리고 IFFT가 각 부분에 적용되고 이것들에 PAPR을 최소화 시키는 적절한 위상 변화 수열이 곱해지게 된다. 그 후 모든 부분들이 다시 합쳐져 전송된다.

SLM과 PTS 기법 모두 다수의 IFFT를 필요로 한다. 따라서, 두 기법의 계산 복잡도는 매우 커지게 된다. 이 논문에서는, 새로운 SLM 기법들을 제시한다. 이 기법은 기존의 SLM 기법과 비교하여 낮은 복잡도를 가지고 PAPR 감소 성능 또한 거의 일치 한다. 또한 비트오류율 (BER)의 열화가 없다. 이 기법에서는 IFFT 전개에서의 중간 단계 신호들의 순환 자리 이동을 활용한다. 이 순환 자리 이동은 SLM 기법에서의 후보 신호 생성을 쉽게 하고 계산 복잡도를 현저히 감소시킬 수 있다.

II. 본론

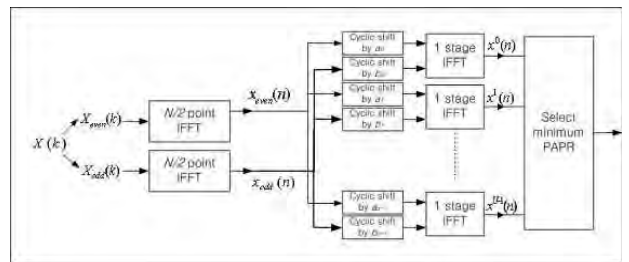


그림 1 제안된 기법의 전체적인 구조

본 논문에서는 OFDM 시스템에서 PAPR을 감소시키는 낮은 계산 복잡도의 새로운 SLM 기법을 제시한다. 그림 1 은 제안된 기법의 전체적인 구조를 나타낸다. OFDM 주파수 신호 $X(k)$ 는 짝수 부분과 홀수

부분으로 나누어 질 수 있다. 짝수 파트는 $X(k)$ 의 k 가 짝수인 경우를 포함한다. 홀수 부분은 반대로 k 가 홀수인 경우를 포함한다. 각 부분들은 $N/2$ 크기의 IFFT 단들로 연산된다. 이 $N/2$ 크기의 IFFT 단의 출력들은 중간 단계 신호라고 불린다. 그리고 이 중간 단계 신호들은 미리 정해진 a_0, a_1, \dots, a_{U-1} 과 b_0, b_1, \dots, b_{U-1} 에 의해 순환 자리 이동이 된다. 자리 이동 후 IFFT 단의 마지막 단계를 거치게 되면 서로 다른 PAPR을 갖는 U 개의 후보 신호 수열들이 생성되게 된다. 이 중 가장 낮은 PAPR을 갖는 신호 수열을 전송하게 된다.

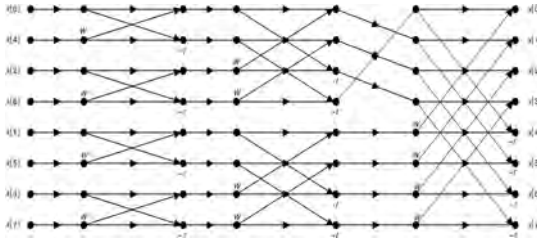


그림 2 $N=8, i=1, a=1, b=0$

그림 2는 부반송파의 개수 N 이 8인 경우에 대한 제안된 방법이다. 여기서 i 란 순환 자리 이동의 거리로 i 가 큰 중간 단계 신호를 이용할수록 더 좋은 PAPR 감소 성능을 갖게 된다. 하지만 복잡도 감소는 적어지게 된다. N 이 1024인 경우에 대해 여러 i 에 따라 컴퓨터 모의실험을 해보았다. 상성도는 16-QAM으로 선택하였다.

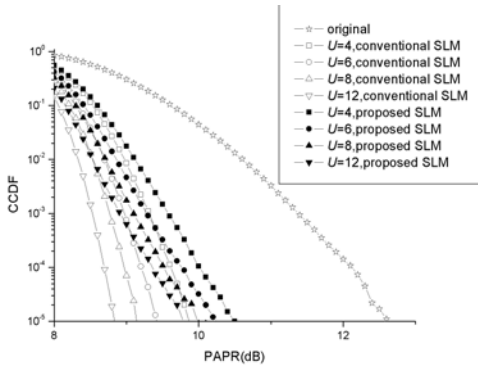


그림 3 $N=1024, i=1$

그림 3과 그림 4를 보면 i 가 커질수록 기존의 SLM 기법의 PAPR 감소 성능에 근접해 가는 것을 알 수 있다. 여러 i 에 대한 복잡도 감소는 계산 복잡도 감소 비로 표시할 수 있다. N 이 1024인 경우에 대해서 i 가 1인 경우는 후보 신호 수열의 개수 U 가 4, 8, 16에 대해 각각 67.5%, 78.7%, 84.3% 만큼의 감소 효과가 있다. 또한 기존의 SLM과 성능이 거의 일치하는 i 가 2인 경우에 대해 마찬가지로 U 가 4, 8, 16에 대해 각각 60%, 70%, 75%의 복잡도 감소 효과를 보였다.

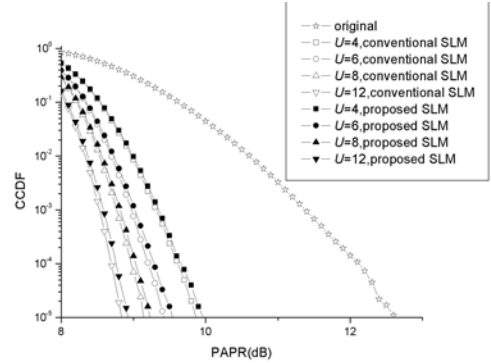


그림 4 $N=1024, i=2$

III. 결론

본 논문에서는 IFFT 전개 중간 단계에서 생성된 신호들을 활용하는 새로운 SLM 기법을 제시하였다. 이는 기존의 SLM 기법과 거의 동일한 성능을 가지며 특히 부반송파를 많이 사용하는 경우에 대해서는 매우 낮은 계산 복잡도를 갖는다.

이 기법은 오직 한 개의 IFFT만이 필요하며 나머지 후보 신호들은 중간 단계 신호를 이용하여 IFFT의 부분만을 가지고 만들어지게 된다. 모의 실험 결과는 제안된 SLM 기법에 기존의 SLM 기법과 비교하였을 때에 높은 PAPR 감소 성능을 갖고 BER 열화도 없는 것으로 보여준다.

참고 문헌

- [1] R. O'Neil and L. B. Lopes, "Performance of amplitude limited multitone signals," in *Proc. IEEE ICC'94, New Orleans, LA*, May 1994, pp. 1675-1679.
- [2] B. S. Krongold and D. L. Jones, "An active-set approach for OFDM PAR reduction via tone reservation," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 52, no. 2, pp. 495-509, Feb. 2004.
- [3] R. W. Baumal, R. F. H. Fischer, and J. B. Huber, "Reducing the peak-to-average power ratio of multicarrier modulation by selective mapping," *Electron. Lett.*, vol. 32, no. 22, pp. 2056-2057, October 1996.
- [4] S. G. Kang, J. G. Kim, and E. K. Joo, "A novel subblock partition scheme for partial transmit sequence OFDM," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 45, no. 3, pp. 333-338, September 1999.