

OFDM에서 PAR을 제거하기 위한 혼합방법의 성능 해석

김병주* · 변건식*

*동아대학교

Performance Analysis of Combining Method for PAR Reduction in OFDM

Byung-Ju Kim · Kun-sik Byon

*Dong-A University

E-mail : gogo-2@hanmail.net

요 약

4세대 통신에서는 고속 통신을 위해 OFDM이 사용되기로 되어 있다. OFDM은 스펙트럼 효율이 좋고 페이딩 채널에 강인하기 때문에 주로 DAB, DVB, IMT2000 그리고 고속 유무선 통신 등에 주로 사용되고 있다. 그러나 OFDM 송신 신호는 매우 큰 PAR를 가지고 있기 때문에 상호 변조를 유발 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 PAR를 억제하는 기존 기술인 PTS와 SLM을 비교분석 하였으며 PAR를 더욱 경감하기 위해 PTS와 SLM을 결합한 혼합형 PAR 제거법을 제안하였고 시뮬레이션 결과 기존의 방법보다 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

OFDM should be used for the fourth generation communication for high speed communication. Because of high spectral efficiency and high tolerance to fading channel, OFDM is applied to many high speed wire and wireless communication such as DAB(Digital Audio Broadcast), DVB(Digital Video Broadcast), IMT 2000 etc.

Inter-modulation, however, is derived from PAR(Peak to Average Power Ratio) of OFDM signals. The paper describes PTS(Partial Transmit Sequence) and SLM(Select Mapping) of an existing methods which can reduce PAR. And then the document introduces the new method that is called "Combine PAR method". The method proposed in this paper is to combine PTS and SLM. As a result of the simulation, Combine PAR method is better than the existing methods.

키워드

OFDM, Peak-to-Average Power Ratio, PAR, SLM, PTS

1. 서론

향후 4세대 통신의 통신 방식으로 OFDM이 사용되기로 되어 있다. OFDM은 스펙트럼 효율이 좋고, 페이딩 채널에 강인하기 때문에 주로 DAB, DVB, Bluetooth, IMT2000 그리고 고속 유무선 통신 등에 주로 사용되고 있다. 그러나 이 OFDM 전송 신호는 매우 큰 피크 신호를 가지게 되어 비효율적인 증폭기를 요구하게 되므로 이에 대한 대책이 필요하다.

본 논문에서는 복잡도가 크지 않고 효과적이며 유연한 무 왜곡의 피크 전력 감소를 갖는 OFDM 기술을 제시한다. SLM은 멀티 캐리어 신호의 몇 가지 다른

집합을 생성하여 가장 낮은 PAR 계수를 가진 신호를 송신 신호로 선택하여 전송한다. PTS는 PAR 계수를 최소화하기 위해 부분 송신 계열을 최적으로 혼합한다. 끝으로 앞에 설명한 두 개의 방법을 결합한 혼합형에 대해 기술들을 이론적으로 해석하고 시뮬레이션에 의해 성능을 평가한다.

II. OFDM의 원리

OFDM의 기본적인 개념은 바로 가용 주파수 대역을 여러개의 서브채널로 나누고 이를 병렬데이터로 전

송하는 것이다.[1] 이를 통하여 모든 서브채널을 협대역 채널로 만들어 주면 주파수 선택성 페이딩이 각 서브채널에서는 평탄한 페이딩을 갖게 되므로 채널 동화를 쉽게 할 수 있다는 장점을 가진다. 그리고 데이터를 병렬로 직교되게 세움으로써 주파수 효율을 얻을 수 있다. OFDM 전송은 페이딩에 강하고 고속전송에 강하다는 등 여러 가지 장점을 가진 반면에 매우 큰 피크 신호를 가질 수 있으며 이는 OFDM을 고속 전송에 사용할 때 문제점이 된다.

III. OFDM에서 PAR감소 대책

3.1 SLM(Select Mapping)

3.1.1 SLM 송신기

OFDM에서 문제를 일으키는 PAR를 줄이는 선택 사상 방법은 U 개의 통계적 독립인 서로 다른 OFDM 심벌이 같은 정보를 가진다고 가정한다. 그리고 심벌 전송을 위해 이 중에서 가장 작은 Crest Factor를 만드는 심벌을 송신 심벌로 선택한다.[3]

그리고 가장 작은 Crest Factor를 가진 계열이 송신된다. 송신 신호 데이터를 가변적으로 할당하기 때문에 이 원리를 선택 사상이라 한다. 이 방법의 구성도는 그림 1과 같다.

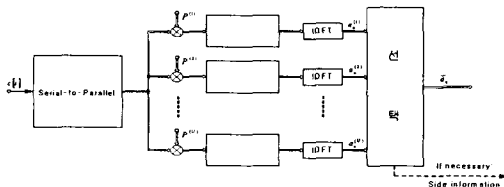


그림 1. SLM을 사용한 PAR 경감 대책

3.1.2 SLM 수신기

데이터를 복원하기 위해서 수신기는 실제로 송신기에서 사용되었던 벡터 $P^{(u_\mu)} \in [\pm 1, \pm j]$ 를 알아야 한다. 이를 알아 내는 직접적인 방법은 수신기에 기타 정보로 벡터를 전송해주는 것이다. 이 벡터를 나타내기 위한 비트 수는 Crest Factor를 감소하기 위해 사용된 SLM의 Redundancy이다.

3.2 PTS(Partial Transmit Sequence)

3.2.1 PTS 송신기

OFDM에서 PAR를 줄이기 위한 두 번째 방법은 OFDM 심벌 중 정보를 가진 서브 캐리어 집합 A_μ 를 V 개의 서브블럭 $A_\mu^{(v)} (v=1, \dots, V)$ 분할하는 것이다.

그림 2는 서브블럭의 한 예를 보여준다. 수학적으로

$$A_\mu^{(v)} \text{는 } A_\mu = \sum_{v=1}^V A_\mu^{(v)} \text{로 표현된다.}$$

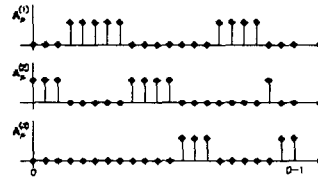


그림 2. PTS로 Crest Factor를 경감하기 위해 서브 캐리어를 $V=3$ 으로 나누는 예

그림 2와 같이 오버래핑되지 않게 나누어진 데이터가 IDFT되고 그 값들을 PAR 최적화 단계에서 받아서 최적화된 신호를 만들게 된다. 생성 방법은 나누어진 각각의 데이터를 합하게 되었을 때 PAR이 최소가 되게 하는 각각의 비를 구해서 각각의 서브캐리어에 곱해주는 것이다. PTS의 블록도는 그림 3과 같다.[2]

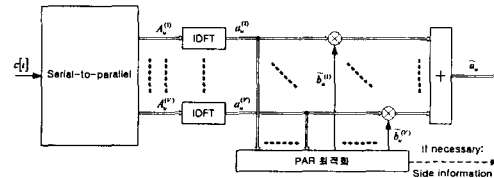


그림 3. PTS를 사용한 PAR 경감

3.2.2 PTS 수신기

수신기는 송신된 OFDM 신호가 심벌 구간에서 어떻게 생성이 되었는지를 알아야 한다. 즉, 회전 인자 $b_\mu^{(v)} \in [\pm 1, \pm j]$ 수신기로 전송되어야 한다. 이러한 기타 정보를 나타내는데 필요한 비트의 수는 Crest Factor 감소 방법에서 생긴 Redundancy이다.

3.3 혼합형 방법

3.3.1 혼합형 송신기

OFDM에서 PAR를 줄이기 위한 새로운 방법은 3.2 절에서 설명한 PTS를 이용해 신호를 V 개의 서브블럭 $A_\mu^{(v)} (v=1, \dots, V)$ 분할하여 최적화 비를 구해서 신호를 최적화시킨 후 그 신호를 다시 합하고난 후 3.1 절에서 설명한 SLM기법을 적용하여 복잡도는 증가하지만 PAR측면에서 더욱 효율이 좋은 혼합형 기법을 제안한다. 기본적인 블록도는 그림 4와 같다.

3.3.2 수신기

제안된 혼합형 역시 SLM과 PTS와 마찬가지로 전

송된 OFDM 신호가 어떻게 생성되었는지를 알아야 하기 때문에 블록도의 앞 부분에서 신호를 최적화 시켰던 $\tilde{b}_\mu^{(v)}$ 와 SLM 블록에서 발생하는 벡터

$P^{(u)}$ 를 수신기에 같이 전송해 주어야 한다.

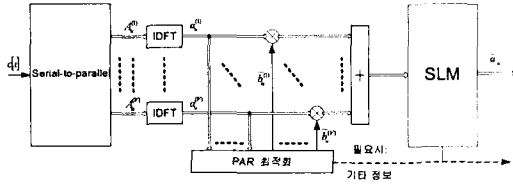


그림 4. PTS와 SLM을 합친 Combine형 PAR 경감 대책

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션을 위해 SLM에서는 U개의 개별 벡터 $P^{(u)}$ 를 가정하였고 PTS에서는 그림 2에서 예시한 서브블럭 설계를 사용하였다. 혼합형은 위 2개를 결합한 형태이다.

그림 5는 16QAM 변조를 사용한 SLM, PTS, 혼합형의 성능을 평가,비교한 것이며, 4개의 회전 각도, IDFT 포인터점수를 같이 하였으며(128점) $U = V$ 는 같게 하였다. 그림의 종축은 임의의 PAR를 넘을 확률이다. 범례에 있는 'ORI'는 오리지널 OFDM 방식을 나타낸다.

그림 5에서 알 수 있듯이 PTS, SLM, 혼합형 모두 오리지널 OFDM 보다 확률을 더 빨리 감소시키며 바람직한 통계적 특성을 얻을 수 있다. 그리고 제안된 혼합형이 가장 좋은 성능을 보인 것을 알 수 있다. 그리

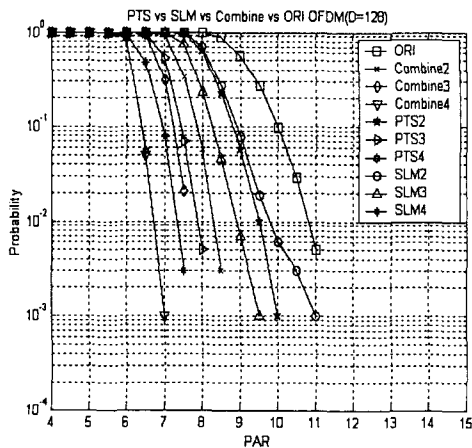


그림 5. $V, U \in \{2, 3, 4\}$ 경우의 PTS와 SLM, 혼합형의 성능 비교 ($D = 128$)

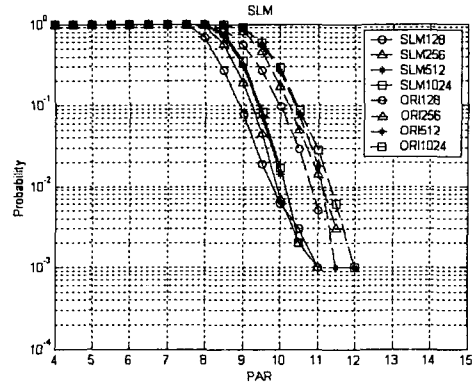


그림 6. SLM을 적용한 OFDM에서의 IDFT포인트점수에 따른 OFDM과의 비교

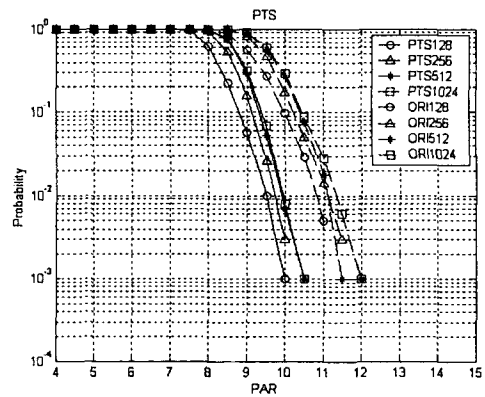


그림 7. PTS를 적용한 OFDM에서의 IDFT 포인트점수에 따른 OFDM과의 비교

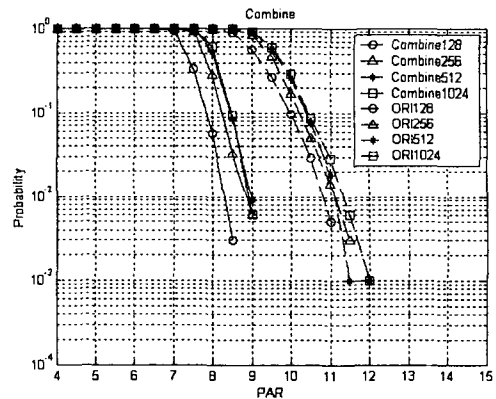


그림 8. 혼합형을 적용한 OFDM에서의 IDFT포인트점수에 따른 OFDM과의 비교

고 PTS, SLM, 혼합형의 V, U 를 증가시키면 성능은 더욱 좋아진다. 그림 6~8은 IDFT 포인터점수에 따른 기존의 OFDM과 각 PAR 감소 기법에 대한 성능 평가이다. 그림에서 살펴보면 설명한 3개의 기법 모두 기

존의 OFDM보다 PAR성능이 개선되었음을 알 수 있다. 그림 6의 SLM에서 10^{-2} 확률로 보았을 때 기존의 OFDM보다 1 dB 정도의 이득을 얻을 수 있으며, 그림 7의 PTS에서는 10^{-2} 의 확률을 기준으로 보았을 때 1.5 dB 정도의 이득을 얻을 수 있다. 마지막으로 그림 8의 혼합형은 10^{-2} 의 확률에서 2.5 dB의 이득을 얻을 수 있다. 그림 5에서 확인하였듯이 혼합형이 가장 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다. 그리고 IDFT 포인트점 수가 증가함에 따라 큰 차이는 아니지만 PAR이 열화되므로 OFDM 송신기에서 사용하는 IDFT 포인트점 수가 PAR 성능에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 OFDM에서 발생하는 PAR를 경감하는 대책과 그 대책에 따른 성능 평가를 컴퓨터로 시뮬레이션하였다.

OFDM의 문제점인 PAR를 경감하는 방법은 SLM과 PTS가 있으며 본 논문에서는 혼합형을 제안하였다. 이 방법들은 필요에 따라 기타 정보를 송신할 수 있으며 SLM에서는 같은 계열을 병렬로 변환 후 PAR가 작은 하나의 희망 송신 계열을 선택하는 것이고, PTS는 고속 송신 계열을 분 송신 계열로 나누고 PAR를 감소시킨 뒤 더하는 것이다. 제안된 혼합형은 SLM과 PTS에서 사용하는 방법을 같이 사용하게 된다. 제안된 방법을 사용하면 포화 특성을 가진 전력 증폭기에 OFDM을 사용할 때 매우 효율적이다. 따라서 제안된 방법은 향후 고속 디지털 전송을 위한 OFDM을 구현할 때 이용될 수 있다. 또한 SLM, PTS, 혼합형을 여러 가지 방법에 따라 성능을 평가한 결과 SLM보다는 PTS가 그리고 PTS 보다는 제안된 방법인 혼합형이 성능이 더 우수함을 알 수 있었다. 또한, PAR측면에서 IDFT의 포인트점 수가 성능에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 그리고 제안된 방법이 성능이 우수한 반면 복잡도가 증가하기 때문에 우리는 채널(U,V)과 IDFT의 포인트점 수를 잘 고려하여서 선택하여야 할 것이다.

앞으로는 본 연구를 바탕으로 고속 무선 통신에 사용할 수 있도록 성능을 개선시키고 복잡도를 줄일 수 있는 효율적인 PAR 대책에 대한 연구와 기타 정보에 대한 Coding 방법과 효율성 문제 개선에 대한 연구를 계속할 계획이다.

참고문헌

- [1] Chang R. W., Synthesis of Band-Limited Orthogonal Signals for Multichannel Data Transmission, Bell syst. tech. J., pp.1775-1796, Dec. 1996.
- [2] Müller and Huber J. B., OFDM with Reduced Peak-to-Average Power Ratio by Optimum Communication of Partial Transmit Sequence, Electronic Letters, vol.33, No.5, pp.368-369, Feb. 1997.
- [3] Robert B., Robert F., Johannes H., Reducing the Peak-to-Average Power Ratio of Multicarrier Modulation by Selected Mapping, accepted for publication, Electronics Letters.