

OFDM에서 PAPR감소를 위한 새로운저복잡도 PTS 제안

*조영진°, *노종선, **신동준

*서울대학교 전기컴퓨터 공학부, 뉴미디어통신공동연구소

**한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

cho5595@ccl.snu.ac.kr, jsno@snu.ac.kr, djshin@hanyang.ac.kr

New Low-complexity PTS Scheme in OFDM system

*Young-Jeon Cho°, *Jong-Seon No and **Dong-Joon Shin

*Department of the EECS, INMC, Seoul National University

**Department of the ECE, Hanyang University

요약

본 논문에서는 최대 전력 대 평균 전력의 비(PAPR; peak to average power ratio) 감소를 위한 방법중의 하나인 부분전송수열 (PTS; partial transmit sequence)을 사용한다. 그러나 기존 PTS는 계산복잡도가 크기 때문에 이를 낮추기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 subblock의 데이터들의 절대값을 취해서 새로운 신호를 만들고 이 중 큰 값들만 골라서 최대 파워를 계산하며 이를 통해 복잡도를 줄인다.

I. 서론

높은 데이터 전송률 및 페이딩에 강한 장점을 가지고 있는 직교 주파수 분할 다중 반송파(OFDM; orthogonal frequency division multiplexing) 시스템은 많은 통신 시스템에 사용되어졌다. 이러한 OFDM 시스템은 다중반송파 신호를 이용하기 위해 역푸리에 변환(IFFT; inverse fast Fourier transform)을 사용한다. 이때 시간 영역의 신호로 바뀌는 데이터는 최대 전력 대 평균 전력의 비(PAPR; peak to average power ratio)가 크다는 단점이 생기게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 많은 방법들이 제안되어졌으며 그중에 부분전송수열(PTS; partial transmit sequence)은 위상만을 변경하여 전송하는 방식으로 제시되어졌다[1].

그러나 이러한 PTS 방법은 많은 위상 수열중에서 좋은 PAPR을 갖는 수열을 찾아야 하는 계산량이 많아짐에 따라 최근에는 이런 계산복잡도를 줄이기 위한 연구가 진행되어졌다. 이러한 계산복잡도는 IFFT의 개수, 후보신호의 생성, 그리고 최대파워를 찾는 3가지 부분에서 주로 발생이 된다. 본 논문에서는 최대파워를 찾는 간단한 방법을 제시함으로써 PTS의 계산복잡도를 줄인다.

II. 본론

II-A. 기존 PTS 방법

하나의 심볼주기 안의 OFDM 신호를 $x(t)$ 라 하면 PAPR은 다음식과 같이 주어진다.

$$PAPR = \frac{\max |x(t)|}{E[|x(t)|^2]}$$

여기서 N은 반송파의 개수이며 $E[\cdot]$ 는 기대치 연산을 의미한다.

입력 데이터 블록 \mathbf{X} 는 PTS에서 M 개의 분리된 작은블록(subblock)으로 나뉘어 X_m 개가 생성되며, 이 subblock들은 각각 IFFT 연산을 한 후 시간축에서 위상 인수 벡터 $\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_M]$ 와 곱해져서 서로 다른 후보 심볼 시퀀스

$\mathbf{x}'(b) = [x'_0(b), x'_1(b), \dots, x'_{NL-1}(b)]^T$ 를 생성한다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같이 정의된다.

$$\mathbf{x}'(b) = \sum_{m=1}^M b_m \cdot \mathbf{x}_m$$

이 중 가장 작은 PAPR을 갖는 후보 심볼 시퀀스가 보내지게 되며 PTS의 목적은 이 후보 심볼 시퀀스를 만드는 위상 인수를 찾는 것이다. 그러나 PAPR은 신호의 크기만을 고려하기 때문에 한 개의 위상 인수는 고정시킬 수 있으므로 계산량은 W^{M-1} 로서 소모적인 계산량이 필요하다. 여기서 W 는 허용된 위상 인수의 개수이다. 이러한 PTS의 복잡도를 줄이기위해 많은 논문들이 제시되어졌으며 그 중에 최대파워를 찾는 간단한 방법인 reduced-complexity PTS(RC-PTS)도 제시되었다[3].

II-B. 제안하는 PTS 방법

최대파워의 위치는 PTS에서 모든 U 개의 후보신호마다 다르다. 만약 모든 U 개의 후보신호의 최대파워의 위치를 안다면 모든 N 개의 IFFT된 신호에 위상인수벡터에 곱할 필요가 없이 최대파워의 위치만 곱해주면 된다. 이러한 최대파워의 위치를 찾기위해서 U 개의 모든 후보들 중에서 최대 크기를 모아 놓은 새로운 신호 K_n 를 다음과 같이 정의한다.

$$K_n = \max_{1 \leq u \leq U} \left| \sum_{m=1}^M b_m^u x_{m,n}^u \right|$$

K_n 의 최대 크기의 위치는 U 개의 후보신호들의 최대파워의 위치와 그 값이 같다. 이러한 K_n 은 다음과 같은 inequality로 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} K_n &= \max_{0 \leq u \leq U} \left| \sum_{m=1}^M b_m x_{m,n} \right| \\ &= \max_{0 \leq u \leq U} \left| \sum_{m=1}^M |x_{m,n}| \times \exp(j\phi_m^u) \times \exp(j\theta_m^u) \right| \end{aligned}$$

$$= \max_{0 \leq u \leq U} \left| \sum_{m=1}^M |x_{m,n}| \times \exp(j\phi_m^u + \theta_m^u) \right|$$

$$\leq \sum_{m=1}^M |x_{m,n}| \quad (1)$$

여기서 ϕ 는 $x_{m,n}$ 의 위상이고 $b_m = \exp(j\theta_m)$ 이다.

식(1)에서 선택한 $\sum_{m=1}^M |x_{m,n}|$ 은 위상인수벡터와 관계없는 신호이며 이 신호의 크기만 비교하여 최대파워의 위치를 결정하게 된다. 따라서 최대파워를 찾기 위해서 N개의 모든 신호를 곱하지 않고 $\sum_{m=1}^M |x_{m,n}|$ 을 구해서 크기가 큰 소수의 신호만 선택해서 곱해주면 복잡도를 줄일 수 있다.

II-C. 모의 실험 결과

그림 1. 기존방법과 제안하는 방법과의 PAPR 비교

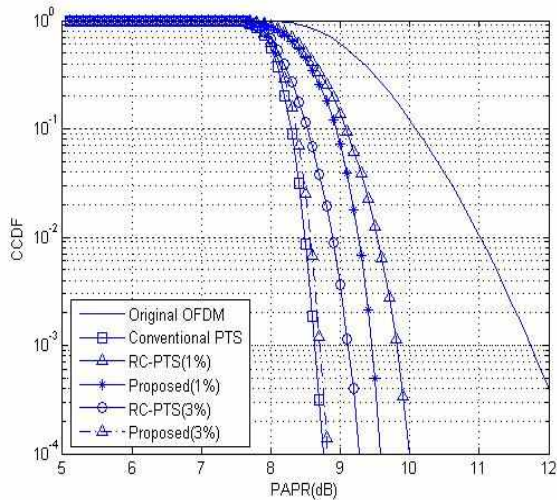


그림 1.에서 기존 PTS방법과 논문[3]에서 제안한 RC-PTS방법, 그리고 제안하는 방법을 이용한 PAPR을 구하여 값을 비교하였다. 이 때 반송파는 1024개를 이용했으며 4배 오버샘플링을 하였고 subblock은 4개를 나누고 위상인수벡터는 $\{\pm 1, \pm j\}$ 를 이용하였다. 또한 공정한 비교를 위해 크기가 큰 1%와 3%의 오버샘플링된 반송파만을 취하여 RC-PTS와 제안하는 방법에 대입하여 비교를 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 제안하는 방법은 RC-PTS보다 성능이 월등하며 단지 3%의 크기가 큰 신호만 선택하였을 때에서 기존 PTS와 거의 근접한 성능을 보여줌을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 PTS에서의 복잡도 감소를 위한 새로운 방법을 제안했으며 모의실험을 통하여 기존에 제시된 저복잡도 PTS보다 성능이 좋아짐을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0000186).

참고 문헌

- [1] D. -W. Lim, S. -J. Heo, and J. -S. No, "An overview of peak-to-average power ratio reduction schemes for OFDM signals" J. Commun. Netw, vol. 11, no. 3, pp. 229--239, Jun. 2009.
- [2] Y. Wang, W. Chen and C. Tellambura, "A PAPR Reduction Method Based on Artificial Bee Colony Algorithm for OFDM Signal," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 9, no. 10, pp. 2994-2999, Oct. 2010.
- [3] S. -J. Ku, C. -L. Wang, and C. -H. Chen, "A reduced-complexity PTS-based PAPR reduction scheme for OFDM systems," *IEEE Trans. Wirelss Commun.*, vol. 9, no. 8, pp. 2455--2460, Aug. 2010.