



## دانشکده مهندسی

### گروه برق

## پایان نامه کارشناسی

گرایش:

### مخابرات

عنوان:

## ساده سازی روش برش های مکرر و فیلترینگ بهینه برای

## کاهش PAPR در سیگنال های OFDM

استاد راهنما:

### دکتر محمد مصطفوی

نگارش:

### مریم عبدی

شهریور ۹۶





## چکیده

OFDM<sup>1</sup> به یک تکنیک برای مدولاسیون ومالتهی پلکسینگ همزمان های دیجیتال به دلیل امکان

استفاده از سخت افزارهای سریع محاسبه FFT به جای استفاده از بانکی از مدولاتورها وفیلترها وهمچنین

قابلیت بالای آن برای مقابله با چند مسیری در کانال های با شرایط دشوار، امروزه به شدت مورد توجه قرار

گرفته است و برای مخابره اطلاعات با نرخ بالا، از جمله وایمکس (WiMAX)، ارسال وپخش ویدئو وصوت

دیجیتال (DVB/DAB) و سیستم های مخابرات بیسیم نسل چهارم (4G)، مورد استفاده قرار می گیرد.

یکی از مشکلات سیستم های OFDM، بالابودن نسبت توان ماکزیمم به توان متوسط (PAPR) در آن می

باشد که باعث پیچیدگی مبدل های دیجیتال به آنالوگ (D/A) در فرستنده وآنالوگ به دیجیتال (A/D) در

گیرنده و کاهش بهره تقویت کننده های قدرت می شود. دراین پایان نامه پس از مرور چند روش متداول برای

کاهش PAPR در سیستم های OFDM، روش معروف برش های مکرر وفیلترینگ (ICF) مورد بررسی

قرار می گیرد و دو الگوریتم بهینه سازی معرفی می شود.

<sup>1</sup> Orthogonal Frequency Division Multiplexing

<sup>2</sup> Peak to Average Power Ratio

|  |    |
|--|----|
| فهرست مطالب  | ۱  |
| فصل اول: مقدمه   | ۱  |
| ۱-۱ پیشگفتار   | ۲  |
| ۲-۱ ساختار پایان نامه  | ۳  |
| فصل دوم: سیستم های مخابراتی مالتی پلکس شده با تقسیمات فرکانسی متعامد | ۴  |
| ۲-۱ مقدمه  | ۵  |
| ۲-۲ سیستم های مخابراتی چند حاملی                                     | ۵  |
| ۲-۳ سیستم های مخابراتی مالتی پلکس متعامد فرکانسی                     | ۶  |
| فصل سوم: معرفی روش برش و فیلتر                                       | ۷  |
| ۳-۱ مقدمه  | ۸  |
| ۳-۲ PAPR در سیگنال های OFDM  | ۹  |
| ۳-۳ روش برش های مکرر و فیلترینگ (ICF)                                | ۱۰ |
| ۳-۴ روش های مکرر و فیلترینگ بهینه (OICF)                             | ۱۱ |
| فصل چهارم: ساختار الگوریتم پیشنهادی                                  | ۱۳ |
| ۴-۱ مقدمه  | ۱۴ |
| ۴-۲ تحلیل تئوری  | ۱۴ |
| ۴-۳ تعریف الگوریتم OICF ساده شده                                     | ۲۰ |
| فصل پنجم: نتایج شبیه سازی  | ۲۴ |



# فصل اول

## پایان نامه کارشناسی

### مقدمه



## ۱-۱ پیشگفتار

بارشد روز افزون ارتباطات چند رسانه ای شامل صوت، تصویر و داده و افزایش تقاضا برای استفاده از سرویس های موبایل، سعی بر طراحی سیستم هایی است که علاوه بر ارسال نرخ بیت بالا، بر روی کانال های همراه با محدودیت منابعی، بازدهی مناسبی نیز داشته باشند. مدولاسیون مالتی پلک شده با تقسیم فرکانسی متعامد OFDM به عنوان روشی کارا در سیستم های مخابراتی بدون سیم مورد توجه قرار گرفته است [1].

OFDM از دو تکنیک مدولاسیون چندحاملی و تقسیم مالتی پلکس فرکانسی استفاده می کند. OFDM یک شکل بهینه از مدولاسیون چند حاملی است که زیر حامل ها عمود برهم هستند و اطلاعات به صورت موازی روی زیر کانال های هم پوشا ارسال می شود. عمود بودن به فاصله ی حامل ها بستگی دارد فاصله حامل ها نسبتی از طول یک سمبل است. [2]

OFDM جایگزین مناسبی برای مدولاسیون تک حاملی برای استفاده در کانال ها با پراکندگی زمانی می باشد. چنانچه در سیستم های OFDM زمان دوام سمبل به میزان قابل توجهی بزرگتر از پراکندگی کانال انتخاب شود می توان در مقابل، از تداخل بین سمبلی صرف نظر نمود و در صورت استفاده از یک باند محافظ

به کلی آن را حذف کرد. امکان حذف تداخل بین سمبلی ناشی از پراکندگی چند مسیره بدون استفاده از OFDM جبران سازی پیچیده، از دلایل اصلی استفاده از OFDM در مخابرات دیجیتال از طریق کانال های محوشونده OFDM چند مسیره است. [1]

سیستم های چند حاملی مثل OFDM تحت تاثیر بالا بودن مقدار PAPR هستند. PAPR متناسب با تعداد زیر حامل های مورد استفاده در سیستم OFDM است. حداکثر PAPR برای یک سیستم OFDM با N زیر حامل برابر با  $10 \log(N)$  است بنابراین سیستم OFDM با زیر حامل های زیاد PAPR بزرگی دارد [3].

نتیجه باعث تخریب دامنه و فاز سیگنال می شود و تعامد بین زیر حامل ها از بین می رود. تداخل بین حاملی نیز احتمال خطای بیت را در گیرنده افزایش می دهد. همچنین پیاده سازی مبدل آنالوگ به دیجیتال و



دیجیتال به آنالوگ را مشکل تر و پرهزینه تر می کند. برای جلوگیری از کاهش عملکرد سیستم های OFDM که به علت اشباع تقویت کننده ها در فرستنده ها می باشد، کاهش PAPR اهمیت ویژه ای دارد.

از اواسط دهه ۱۹۹۰ برای کاهش PAPR روش هایی پیشنهاد شده است. از جمله پرکاربردترین آن ها می توان برش و فیلتر<sup>۱</sup>، نگاشت انتخابی<sup>۲</sup> (SLM)، دنباله ارسال جزئی<sup>۳</sup> (PTS) و کدنگاری را نام برد. ساده ترین روش کاهش PAPR موجود برش و فیلتر است که با توجه به نوع برش این روش به برش کلاسیک، برش نرم و برش سخت دسته بندی می شود. در روش نگاشت انتخابی با تغییر مکان سمبل ها، الگوهای متفاوتی از سیگنال به دست می آید. الگویی که PAPR کمتری داشته باشد ارسال می شود. در روش PTS بردار سمبل های ارسال OFDM، به چندین زیر بردار<sup>۴</sup> مجزا تقسیم شده و ترکیبی از بردارها با فازهای مختلف ترکیب

می شوند تا بردار با PAPR کمتری ارسال شود. روش کدنگاری نیز برای کاهش PAPR پیشنهاد شده است.

اساس این روش کلمات کدی است که PAPR کمتری دارند. برخی روش ها مانند برش دامنه پیچیدگی کمتری دارد اما احتمال خطای بیت در گیرنده را افزایش می دهد. روش های موثری مثل دنباله ارسال جزئی و نگاشت انتخابی که با تخریب کمتر سیگنال همراه است پیچیدگی بالایی دارد و همچنین گیرنده به اطلاعات نیاز دارد. روش کدنگاری نیز بدون اطلاعات جانبی برای کاهش PAPR استفاده می شود. اما اغلب کدهای مطرح شده دارای محدودیت در نرخ بیت است.

## ۲-۱ ساختار پایان نامه

در فصل دوم سیستم های مخابراتی مالتی پلکس شده با تقسیمات فرکانسی متعامد مورد مطالعه قرار می گیرد و مزایا و معایب آن به طور مختصر شرح داده می شود.

در فصل سوم روش برش و فیلتر به عنوان یکی از روش های OFDM معرفی می شود و در فصل چهارم نیز الگوریتم پیشنهادی به طور مفصل معرفی می شود و در فصل پایانی نتایج شبیه سازی ارائه می شود.

<sup>1</sup> Clipping and Filtering

<sup>2</sup> Selective Mapping

<sup>3</sup> Partial Transmit sequence

<sup>4</sup> Subvector



به وضوح از نمودار مشخص است که در هر الگوریتم PAPR کاهش یافته است. با ۱ بار تکرار الگوریتم پیشنهادی تقریباً به اندازه ۰,۳۵ dB در  $10^{-4}$  بدتر از الگوریتم اصلی است. با ۲ بار تکرار این اختلاف به ۰,۰۲ dB می رسد. با ۳ بار تکرار دو منحنی تقریباً روی هم قرار می گیرد به طوریکه اختلاف بین آنها به  $5 \times 10^{-4}$  در  $10^{-4}$  می رسد.

نکته آخر این که با ۳ بار تکرار الگوریتم منحنی PAPR به مقدار مطلوب یعنی ۶,۴۵ می رسد.

### ۵-۳ نتیجه گیری

الگوریتم OICF اصلی یکی از الگوریتم های بسیار کارا در تکنیک برش و فیلتر کردن سیگنال است، اگرچه نیازمند حل مسئله بهینه سازی فیلتر است که منجر به پیچیدگی بالای مسئله شده است.

در این پایان نامه پارامتر مسئله بهینه سازی از فیلتر بهینه به بردار کاهش PAPR تغییر پیدا کرده است و با تعدادی از عملگرها تقریب زده شده است. بر اساس این تحلیل، الگوریتم ساده شده OICF با کمترین پیچیدگی ارائه شده است.

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان

[1] J. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 28, no. 5, pp. 5–14, May 1990.

[2] S. Y. L. Goff, B. K. Khoo, C. C. Tsimenidis, and B. S. Sharif, "A novel selected mapping technique for PAPR reduction in OFDM systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 56, no. 11, pp. 1775–1779, Nov. 2008.

[3] C.-L. Wang and S.-J. Ku, "Novel conversion matrices for simplifying the IFFT computation of an SLM-based PAPR reduction scheme for OFDM systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 57, no. 7, pp. 1903–1907, July 2009.

[4] Y. Wang, W. Chen, and C. Tellambura, "A PAPR reduction method based on artificial bee colony algorithm for OFDM signals," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 9, no. 10, pp. 2994–2999, Oct. 2010.

[5] Z. Du, N. C. Beaulieu, and J. Zhu, "Selective time-domain filtering for reduced-complexity PAPR reduction in OFDM," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 58, no. 3, pp. 1170–1176, Mar. 2009.

[6] X. Zhu, T. Jiang, and G. Zhu, "Novel schemes based on greedy algorithm for PAPR reduction in OFDM systems," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 54, no. 3, pp. 1048–1052, Aug. 2008.

[7] M. Sabbaghian, Y. Kwak, B. Smida, and V. Tarokh, "Near Shannon limit and low peak to average power ratio turbo block coded OFDM," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 59, no. 8, pp. 2042–2045, Aug. 2011.

[8] Y. Tsai, G. Zhang, and X. Wang, "Polyphase codes for uplink OFDM-CDMA systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 56, no. 6, pp. 435–444, Mar. 2008.

