



دانشگاه زنجان  
دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان: کاهش PAPR در OFDM با استفاده از روش PTS

استاد راهنما: دکتر محمد مصطفوی

نگارش: محمدرضا عطایی

بهمن ۹۶





## ۱- چکیده:

مدولاسیون تقسیم فرکانس عمود برهم OFDM در واقع یک مدولاسیون باند پایه است. این مدولاسیون شکله مندی گروه همان طور که از اسمش پیداست عملیات مالتی پلکسینگ را با استفاده از تقسیم فرکانس البته به صورت متعامد اجرا می کند. مفهوم تعامد در تقسیم فرکانسی عمود بودن سیگنالها اشاره دارد که به یک تعریف ریاضی بر می گردد که در آن هرگاه دو تابع سینوسی در هم ضرب شوند، انتگرال این حاصلضرب در هر

پریود زمانی برابر صفر خواهد بود. قبلاً از این نوع مدولاسیون در صنایع نظامی استفاده می شده که به آن

multi tone می گفتند یعنی یک بازه فرکانسی را به چندین فرکانس حامل یا زیر حامل تقسیم

می کردند و بر روی هر کدام از این زیر حاملها بخشی از اطلاعات را ارسال می کردند. مزیت های این روش

ارسال دیتا به صورت موازی و غلبه بر محو شدگی در فرکانس مورد نظر (Frequency Selective

Fading) است. یک عیب عمده مالتی پلکس تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM) بالا بودن نسبت توان

پیک به متوسط (PAPR) ان در سیگنال ارسالی است. تکنیک دنباله ارسال جزئی (PTS) می تواند امار

نسبت توان پیک به متوسط سیگنال OFDM را بهتر کند. در تکنیک PTS بلوک دیتا قبل از ارسال به زیر

بلوک های مستقل تقسیم می شود و زیر بلوک ها با ضرایب فاز ترکیب می شوند تا PAPR را کاهش

دهند. در روش PTS معمولی به جستجوی کامل در بین تمام ضرایب فاز مجاز نیاز است، پیچیدگی

جستجو به صورت نمایی با زیاد شدن زیر بلوک ها، افزایش می یابد.

## ۲- مقدمه:

مدولاسیون تقسیم فرکانس عمود برهم OFDM در واقع یک مدولاسیون باند پایه است. این مدولاسیون شکله مندی گروه همان طور که از اسمش پیداست عملیات مالتی پلکسینگ را با استفاده از تقسیم فرکانس البته به صورت متعامد اجرا می کند. مفهوم تعامد در تقسیم فرکانسی عمود بودن سیگنالها اشاره دارد که به یک تعریف ریاضی بر می گردد که در آن هرگاه دو تابع سینوسی در هم ضرب شوند، انتگرال این حاصلضرب در هر

پریود زمانی برابر صفر خواهد بود. قبلاً از این نوع مدولاسیون در صنایع نظامی استفاده می شده که به آن

multi tone می گفتند یعنی یک بازه فرکانسی را به چندین فرکانس حامل یا زیرحامل تقسیم

می کردند و بر روی هر کدام از این زیر حاملها بخشی از اطلاعات را ارسال می کردند. مزیت های این روش

ارسال دیتا به صورت موازی و غلبه بر محو شدگی در فرکانس مورد نظر (Frequency Selective

Fading) است. چون در این حال هر قسمتی از دیتا روی بازه ی کوچکی از باند فرکانسی حمل می شود

که محو شدگی روی این بازه ی کوچک عملاً به صورت خطی ظاهر می شود و قابل جبران شدن و نهایتاً

استخراج سیگنال است. در واقع مدل OFDM مدولاسیون multi tone باعث می شود که هر کدام از

این زیر حاملها دو به دو با هم متعامد باشند و نتیجتاً به دلیل قابلیت تفکیک پذیری زیرحاملها که

متأثر از این خاصیت، به وجود می آید می توان آنها را به گونه ای در کنار هم چید که بر روی هم همپوشانی

داشته باشند چیزی که در حالت multi tone امکان نداشت. براحتی می توان دریافت که بر اساس این

قابلیت منطقاً در یک بازه فرکانسی نسبت به حالت multi tone می توان تعداد بالاتری از زیرحاملها را

ایجاد کرد و این خود به معنی امکان ارسال نرخ بیت بیشتر در پهنای باند فرکانسی کمتر است البته این

بخشی از توانایی های این نوع مدولاسیون است توانایی غلبه بر Multi path Fading از دیگر مزایای

استفاده از این سیستم است. در عین حال این سیستم نسبت به رفتارهای غیر خطی بخصوص در حوزه

ی فاز سیگنال بسیار حساس و آسیب پذیر است به همین دلیل معمولاً تقویت کننده های توان در این نوع

سیستمها بسیار گرانقیمت تر از انواع دیگر مدولاسیونها می باشد. OFDM یک کدینگ باند پایه است و

برای ارسال آن باید از یکی از روش های QAM، DPSK، QPSK استفاده کرد. مدولاسیون تقسیم

فرکانس عمود برهم براساس اصل انتقال همزمان  $n$  فرکانس متعامد است. این مدولاسیون، در تبادل

اطلاعات با حجم بالا مورد استفاده قرار می گیرد و در کاربردهایی نظیر خطوط ADSL، شبکه های محلی،

وای فای و وایمکس استفاده می شود. یک امتیاز ویژه OFDM صرفه جویی در استفاده از پهنای باند

است. فرکانس های متعامد اغلب به عنوان زیرحامل های OFDM شناخته می شوند. پهنای باندی که به هر

کدام از این زیرکانال ها اختصاص می یابد کمتر از کل پهنای باند سیگنال اصلی است (که با تک حامل

شناخته می شود). داشتن پهنای باند فرکانسی کوچکتر برای هر کانال معادل است با پیروید زمانی بیشتر،

در نتیجه مقاومت بهتری در برابر انتشار چندمسیره، نسبت به سیگنال تک حاملی خواهیم داشت. هنگامی

که داده ها، در محیط انتقال، انتشار می یابند، ممکن است از مسیرهای گوناگونی به گیرنده برسند. هر

کدام از این مسیرها دارای یک تأخیر برای نمونه های واصله به گیرنده می باشند. بیشترین تأخیر ناشی از

انتشار را با  $T_s$  نشان می دهند و مدت نمونه را در ارسال اطلاعات با نرخ بالا، معمولاً  $T_s$  خیلی کوچک

است. که این مسئله، باعث تداخل بین نمونه ها ISI می گردد که به طور کلی، سیستم های باند وسیع مانند

وایمکس دارای این نوع اختلال هستند. بنابراین به تکنیک های دریافت و ارسال نیاز است که بر تداخل

درون سمبلی غلبه کند. درحقیقت برای داشتن یک کانال که تداخل درون سمبلی نداشته باشد، زمان

سمبلی باید بزرگتر از تأخیر انتشار کانال باشد. به همین دلیل از تکنیک مدولاسیون OFDM استفاده

می شود.

اساس و مبنای استفاده از مدولاسیون های چند حامله برای ارسال داده های با نرخ بالا و ایجاد کانال های

فاقد ISI سیستم های دیجیتال در صورت وجود ISI به خوبی قادر به کار کردن نیستند. در واقع هنگامی

که  $T_s$  کاهش یابد و کمتر از شود، دیگر نرخ خطای بی تی، قابل تحمل نخواهد بود. برای رفع این مشکل،

روش مدولاسیون چند حامله انتقالی با نرخ بالا را به  $L$  زیر دنباله با نرخ ارسال پائین تر تبدیل

می کند که در هر کدام برقرار است و لذا کانال فاقد ISI می گردد. سپس این زیردنباله ها روی  $L$  زیرکانال

موازی با فرکانس های متعامد ارسال می شوند در حالیکه همچنان نرخ دیتای کلی مطلوب حفظ شده است.

از آنجا که نرخ داده در هر کانال فرعی از نرخ داده کل کمتر است بنابراین پهنای باند هر زیر کانال از

پهنای باند کل سیستم کمتر خواهد بود. تعداد زیردنباله هایی که انتخاب می شوند به گونه ای است که

پهنای باند هر زیرکانال از پهنای باند هم دوس کانال کمتر شود، بنابراین در هر زیرکانال محوشدگی هموار

خواهیم داشت. در نتیجه مقدار ISI در هر زیر کانال کوچک می‌شود. علاوه بر این با اجرا و پیاده‌سازی

دیجیتال OFDM، ISI با به کار بردن پیشوند متناوب کاملاً حذف می‌شود. یک سیگنال با نرخ داده بالا و

پهنای باند B به L تا زیر دنباله موازی شکسته می‌شود، هر کدام از زیر دنباله‌ها دارای نرخ و پهنای باند

خواهند بود. هر زیر دنباله در حامل‌های با فرکانس‌های مختلف ضرب می‌شود و پس از عبور از کانال

انتقال با تابع تبدیل  $H(f)$  سیگنال دریافتی در گیرنده ظاهر می‌شود. تکنیک OFDM با به کار گیری

پیشوند متناوب بر این ناکارآمدی غلبه خواهد کرد. تا زمانیکه تعداد زیر حامل‌ها به اندازه‌ای زیاد باشد که

باعث شود پهنای باند هر زیر حامل خیلی کوچکتر از پهنای باند هم‌دوس کانال باشد، می‌توان مطمئن بود

که هر زیر حامل محوشدگی همواری را تجربه می‌کند. پس سیگنال‌های توأم متعامد می‌توانند به صورت

جداگانه آشکار شوند. ضعف‌های مدولاسیون OFDM عبارت است از: اول اینکه در کاربرد عملی پهنای

باند مقداری بالاتر را بر ما تحمیل می‌کند زیرا که حامل‌های فرعی نمی‌توانند شکل پالس‌های مربعی

کاملی داشته باشند و از لحاظ زمان محدودند. به علاوه برای حفظ تعامد زیر حامل‌ها در گیرنده، به

فیلترهای پایین‌گذر با کیفیت بالا و گران‌قیمت نیاز داریم و مشکل دیگر بالا بودن PAPR در این

مدولاسیون می‌باشد.







## ۱۱- ضمائم و مراجع:

[1] Andrea Goldsmith, WIRELESS COMMUNICATIONS, Cambridge University Press, 2005

[2] Seung Hee Han, Jae Hong Lee, " PAPR Reduction of OFDM Signals Using a Reduced Complexity PTS Technique", IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, VOL. 11, NO. 11, NOVEMBER 2004

[3] Young-Jeon Cho, Kee-Hoon Kim, Jun-Young Woo, Kang-Seok Lee, Jong-Seon No, Dong-Joon Shin, " Low-Complexity PTS Schemes Using Dominant Time-Domain Samples in OFDM Systems", IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING, 2017