

شناسایی OFDM از مدولاسیون های تک حاملی با استفاده از ویژگی های طیفی

فریده شرفی صدرآبادی^۱، نیلوفرمفاخر^۲ و حمید دهقانی^۳
farideh.sharafi@gmail.com^۱ دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر،
nilomafakher@gmail.com^۲ دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر،
hamid_deh@yahoo.com^۳ دانشگاه صنعتی مالک اشتر،

چکیده - در طی سالهای اخیر شناسایی مدولاسیون های مختلف در تکنولوژی های امروزی مخابرات نقش ویژه ای یافته است. با به کار بردن مدولاسیون های OFDM و MIMO رسیدن به این هدف پیچیده تر شده است. در این مقاله با تخمین پارامترهای سیگنال OFDM و از روش آنالیز طیفی سیگنالهای چند حاملی تشخیص داده می شوند. این روش به هیچ داشته اولیه ای احتیاج ندارد و با پردازش مستقیم سیگنال و استخراج مقادیری چون تعداد زیر حامل ها، طول CP، طیف توان و میزان آفست فرکانسی، سیگنال OFDM از دیگر مدولاسیونها تشخیص داده می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پارامترهای استخراجی در کانال محو شونده و همراه با نویز گوسی سفید قابل قبول می باشد.

دقت شناسایی در نرخ سیگنال به نویز (SNR) برابر ۱۰dB بیش از ۹۷٪ محاسبه می شود.
کلید واژه - توزیع انرژی، طیف توان، مدولاسیون OFDM، نقطه اوج توان

۱. مقدمه

شناسایی کور سیگنال های مخابراتی یک نقش اساسی در تکنولوژی های امروزی مخابرات (مانیتورینگ، سیگنال های رادیویی و مدولاسیون های وفقی) بر عهده دارد. در سال های اخیر مدولاسیون OFDM به دلیل توانایی مقابله با تداخل باند باریک و فرکانس محو شوندگی کاربرد ویژه ای پیدا کرده است. OFDM به عنوان یک روش مدولاسیون برای به دست آوردن نرخ اطلاعات بالا در سیستم های مخابراتی بی سیم چندمنظوره در استانداردهای نسل چهارم مخابرات معرفی شده است. در تمام تکنولوژی های جدید بی سیم که امروزه توسعه یافته، کاربرد دارد و میزان خطا در مقدار دیتای زیاد و سیگنال های مایکروویو و UHF را کاهش می دهد.

این روش در ابتدا برای پخش رادیویی دیجیتال و سپس تلویزیونی اروپا DVB-T به کار رفت. استانداردهای IEEE 802.11a شبکه های بی سیم محلی (WLAN) مانند Wi-Fi و بعد از آن استاندارد IEEE 802.16 بی سیم عریض (WMAN) مانند Wi-Max نیز در سالهای اخیر این تکنولوژی را به خدمت گرفته اند و به این ترتیب تکنیک های OFDM به سرعت در حال تبدیل شدن به یک روش عمومی در شبکه های مخابراتی پیشرفته هستند به گونه ای که در سیستم های نسل بعدی مخابرات (4G) روش مدولاسیون OFDM یکی از تکنیک های اساسی به شمار می رود. بنابراین مطالعه و تحقیق بر روی

شناسایی سیگنال OFDM از انواع دیگر مدولاسیون بسیار بااهمیت می باشد.
پارامترهای زیادی برای شناسایی مدولاسیون در سال های اخیر در حال بررسی هستند. این ویژگی ها شامل مقادیری چون نسبت سیگنال به نویز، پهنای باند، فرکانس و دامنه ی لحظه ای، چگالی طیف توان و ویژگیهای آماری مانند گشتاور های مرتبه ی بالا و کامولنت ها است.
در حال حاضر برخی از تحقیقات بر پایه محاسبات آماری درجه بالا برای شناسایی OFDM از مدولاسیون های تک حاملی به کار می رود [۱-۴] که نتایج مشخصی از آن به دست آمده است. در مرجع [۲] نویسنده از گشتاورهای مرتبه بالا برای تشخیص این مدولاسیون از مدولاسیون های تک حاملی استفاده می کند. در این روش مقدار SNR برابر صفر و احتمال شناسایی ۹۵٪ است، اگر چه پیچیدگی محاسباتی این روش نیز زیاد است. در مراجع [۳] و [۴] نیز از گشتاور مرتبه چهارم استفاده می شود اما در این روش فاز سیگنال قابل دستیابی نیست. یکی دیگر از روش های به کار رفته در تشخیص این مدولاسیون استفاده از تبدیل موجک است. در روش [۶] با دوبار تبدیل موجک گرفتن از سیگنال دریافتی پارامترهای سیگنال اصلی استخراج می شود اما در این روش دانستن فرکانس های حامل و نرخ نمونه برداری الزامی است.

برای تقویت الگوریتم های شناسایی ما پارامترهای توزیع انرژی P و نقطه اوج طیف توان را به کار می بریم. در ادامه مقاله در بخش

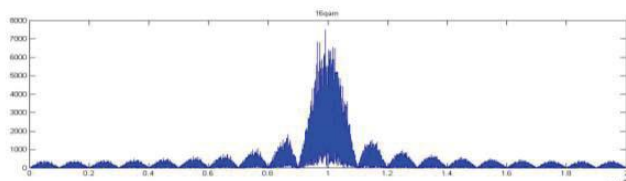
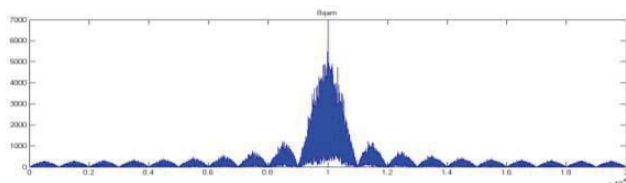
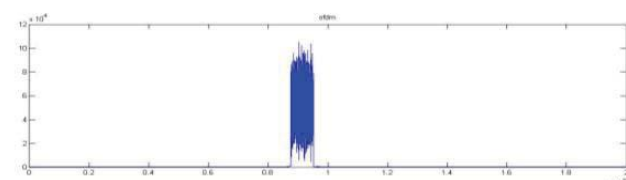
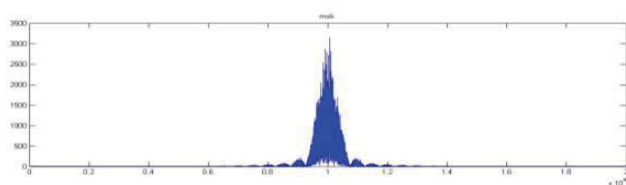
دوم ویژگی های طیفی مدولاسیون های مختلف (2ASK, 4ASK, 2FSK, 4FSK, 8QAM, 16QAM) به صورت جزئی تر تشریح می شود. برای شبیه سازی از نرم افزار MATLAB و Monte Carlo استفاده شده است.

نتایج این شبیه سازی در قسمت سوم مقاله آمده است که بر اساس آن بر روی مشخصه قابل قبول برای شناسایی بحث شده است و در پایان نتایج به دست آمده در قسمت چهارم مقاله ارائه شده است.

۲. آنالیز طیفی سیگنال و استخراج ویژگی ها

۲-۱- آنالیز طیف مدولاسیون های مختلف

طیف سیگنال های مدوله شده به روشهای 2ASK, 4ASK, 2FSK, 4FSK, 2PSK, 4PSK, 8QAM, 16QAM, MSK و OFDM در شکل های ۵-۱ آمده است.

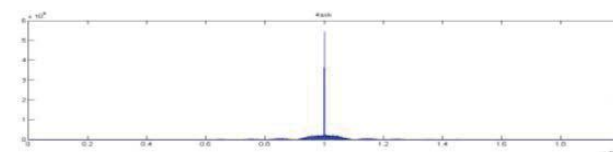
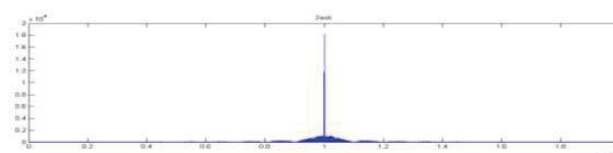


شکل ۲: طیف سیگنال 2FSK و 4FSK

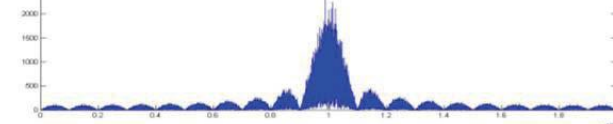
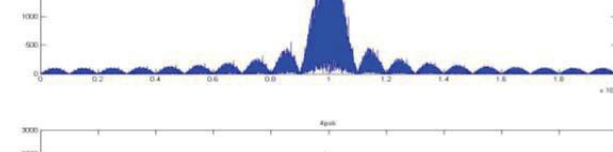
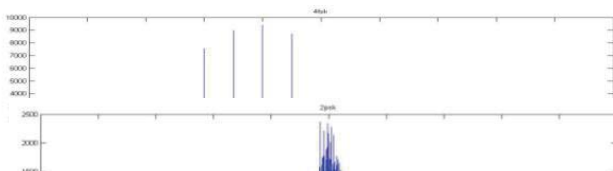
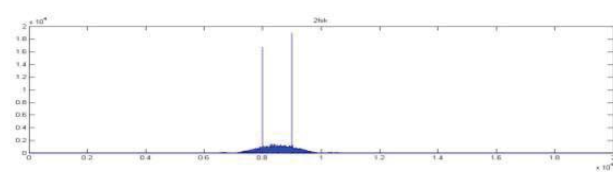
شکل ۳: طیف سیگنال 2PSK و 4PSK

شکل ۴: طیف سیگنال های 8QAM و 16QAM

شکل ۵: طیف سیگنال های MSK و OFDM



شکل ۱: طیف سیگنال های 2ASK و 4ASK



با بررسی شکل های بالا نکات زیر قابل دستیابی است :
 طیف سیگنال های 2ASK و 4ASK حداقل دارای یک لوب اصلی و تعدادی لوب فرعی است. برای مدولاسیون 2FSK اگر فرکانس حامل از فرکانس نمونه برداری fs بزرگتر باشد نمودار دارای دو پیک خواهد بود در غیر این صورت یک پیک خواهد داشت. در مدولاسیون 2PSK و 4PSK طیف دارای یک لوب اصلی و تعدادی لوب فرعی می باشد. سیگنال 8QAM و 16QAM مشابه 4PSK است. در مدولاسیون OFDM به دلیل اینکه در تمام زیر حامل ها مولفه فرکانسی وجود دارد پالس قابل توجهی وجود نخواهد داشت و طیف سیگنال بسیار یکنواخت و لوب های کناری بسیار باریک هستند. بر اساس مشاهدات بالا می توان پارامترهای مناسبی مانند انرژی لوب های کناری، میزان یکنواختی طیف و وجود پالس برای استخراج ویژگیهای سیگنال

انتخاب کرد.

$$K = \frac{E\{Pn^*(i)\}}{[E\{Pn^*(i)\}]^2}$$

$Pn(i)$ طیف توان نرمالیزه شده سیگنال است. این پارامتر می تواند غیر یکنواختی در دو طرف میانگین طیف را اصلاح کند.

پارامتر توزیع توان

این مشخصه به صورت زیر تعریف شده است:

$$P = 1 - \frac{\sum X(j)}{\sum P(i)}$$

پارامتر p نسبت انرژی لوب کناری به کل انرژی را بیان می کند. هر چه مقدار p بزرگتر باشد مقدار انرژی لوب های کناری کمتر است.

طیف توان (R)

اگر در طیف توان پالسی وجود داشته باشد مقدار R بزرگ خواهد بود. این پارامتر طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R = \frac{\max(P(i))}{E[P(i)]}$$

۳-آنالیز و بررسی نتایج شبیه سازی

در شبیه سازی مدولاسیون های ذکر شده در قسمت قبل مشخصات مدولاسیون برابر با $T_s=1$ ، فرکانس حامل $f_c=10$ و نرخ نمونه برداری $f_s=40$ در نظر گرفته شده است. سیگنال OFDM نیز به صورت مدل DVB-T با ۱۷۰۰ عدد زیر حامل در نظر گرفته شده است. فرستنده یک سیگنال پالس مربعی را به کار برده است. شبیه سازی در یک کانال همراه با نویز گوسی سفید و با نسبت سیگنال به نویز $SNR=10$ dB انجام شده است. به دلیل آنکه طیف سیگنال OFDM متأثر از تعداد زیر حامل های متعامد می باشد طیف آن نزدیک به مربع و مقدار توان آن تقریباً یکنواخت است. بنابراین مقدار اوج بسیار کم است. اما در مورد ASK و FSK چون پیک های قابل توجهی وجود دارد مقدار اوج نیز بزرگتر خواهد بود. بنابراین همانطور که در جدول نشان داده شده است مقدار اوج طیف سیگنال OFDM بسیار کمتر از مقدار

۱-۲-۲- استخراج ویژگیهای سیگنال

برای استخراج ویژگیهای سیگنال آن را در حوزه فرکانس بررسی می کنیم. در این روش طیف توان سیگنال در یافت شده در ابتدا تخمین زده می شود سپس طیف را در پهنای باند بدست می آوریم. در این مرحله طیف توان سیگنال پردازش می شود. این پردازش شامل نرمالیزه کردن توان و پهنای باند است. این فرآیند به صورت زیر انجام می شود.

با توجه به تعریف پیشوند چرخشی در سیگنال چند حاملی OFDM، این سیگنال یک سیگنال ایستای چرخه ای است. بنابراین با در نظر گرفتن تست همبستگی می توان با یافتن میزان حداکثر همبستگی سیگنال OFDM را از سیگنال های تک حاملی تشخیص دهیم. در نتیجه برای تشخیص چند حاملی بودن سیگنال ابتدا با آزمون (ایستای چرخه ای)، فرکانس نمونه برداری را تخمین می زنیم. در مرحله دوم با آزمون همبستگی تعداد زیر حامل ها محاسبه می شود و سپس با تست ایستایی طول CP را تخمین می زنیم.

۲-۲-۱- نرمالیزه کردن توان

توان سیگنال در لحظه به صورت زیر نرمالیزه می شود:

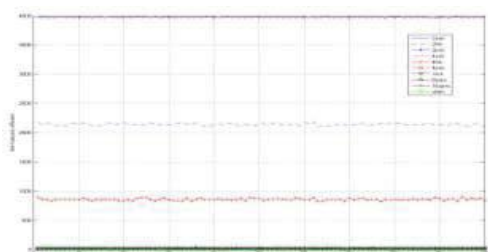
$$P(i) = \frac{P1(i)}{\sum P(i)}$$

۲-۲-۲- نرمالیزه کردن پهنای باند

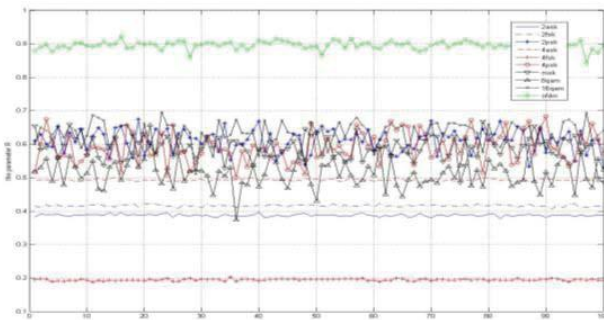
در شبیه سازی تعداد نمونه ها و پهنای باند سیگنال برابر با مقدار ثابتی در نظر گرفته می شود:

$$M = \left(\frac{B}{F_s}\right) * N$$

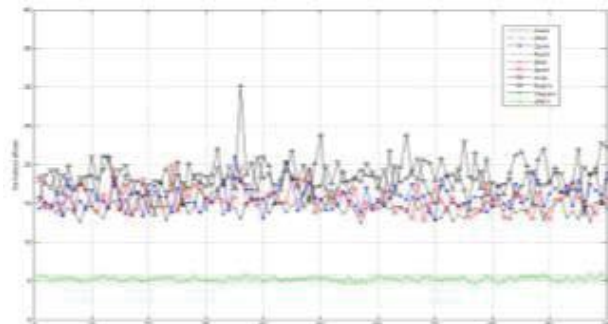
B . پهنای باند سیگنال، F_s نرخ نمونه برداری، N تعداد نقاط FFT و M برابر با یک مقدار ثابت در نظر گرفته می شود. بعد از پردازش طیف توان پارامتر های زیر را استخراج می کنیم: نقطه اوج توان
نقطه اوج طبق رابطه زیر محاسبه می شود:



ویژگی مشابه در سیگنال های تک حاملی است. اگر نسبت SNR را بیش از ۱۰ دسی بل در نظر بگیریم احتمال شناسایی سیگنال OFDM از سیگنال های تک حاملی به ۱۰۰٪ خواهد رسید.



شکل ۶: نقطه اوج طیف توان



شکل ۷: پارامتر طیف توان (P)

برای تشخیص قوی تر می توان پارامتر های سیگنال ارسالی مانند تعداد زیر حامل ها ، نرخ سمبل و را افزایش داد

۴- نتایج شبیه سازی

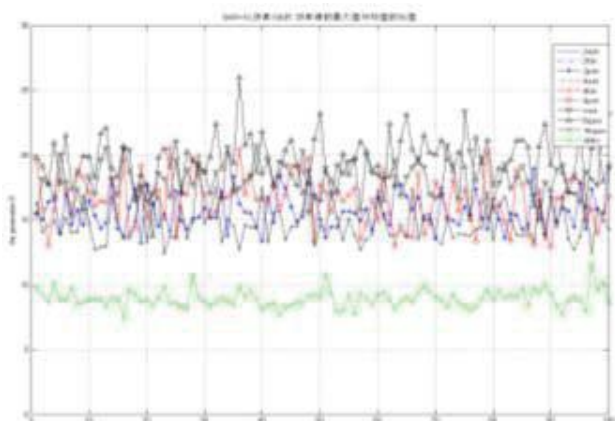
باتغییرپهنای باند سیگنال با توجه به آنکه پهنای باند نرمالیزه شده است مقدار پارامترهای مشخصه آن تقریباً ثابت باقی می ماند. هنگامی که پهنای باند بیشتر (کمتر) می شود به دلیل آنکه تعداد نقاط نمونه برداری در حوزه فرکانس ثابت است پهنای باند تاثیر کمی بر روی مقادیر مشخصه خواهد داشت.

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پارامتر R نمی تواند سیگنال OFDM را از تمام سیگنال های تک حاملی تشخیص دهد. پارامتر توزیع انرژی (P) و نقطه اوج در مقدار SNR مشخصی می توانند برای تشخیص OFDM به کار روند.

۵- خلاصه

آنالیز مشخصه های طیف یک سیگنال یکی از راههای شناسایی مدولاسیون است. در این مقاله از مشخصه هایی مانند توزیع توان ، نقطه اوج و طیف توان برای تشخیص مدولاسیون OFDM از سیگنال های تک حاملی استفاده شده است. این روش بدون دانستن هیچ اطلاعات اولیه ای از سیگنال عمل می کند. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پارامتر R می تواند سیگنال OFDM را از ASK و $2PSK$, $4PSK$ تشخیص دهد. با پارامترهای انرژی P و نقطه اوج میزان موفقیت در $SNR=10$ از ۹۷٪ فراتر می رود.

شکل ۷ دامنه تغییرات پارامتر های انرژی سیگنال (P) را نشان می دهد با توجه به اینکه انرژی سیگنال OFDM در زیر حامل ها بخش می شود با توجه به آنچه در مورد لوب های فرعی گفته شد، آنها در OFDM بسیار باریک خواهند بود. نسبت انرژی لوب های فرعی به کل انرژی سیگنال کمتر از مقدار مشابه در سیگنال های تک حامله است. با بررسی مشخصات طیف سیگنال می توان دریافت که R در سیگنال های OFDM بسیار کوچکتر از سیگنال های تک حامله است. در شکل ۸ دیده می شود که این پارامتر مشخصه مناسبی برای تشخیص OFDM از ASK, FSK و MSK است. اما در این شکل نمودار PSK و QAM مشهود نیستند ، بنابراین تشخیص OFDM از PSK و QAM بسیار سخت است.



شکل ۸: پارامتر طیف توان R

جدول ۱: مقایسه مقادیر محاسبه شده در شرایط مختلف

قابلیت تشخیص	OFDM (Half-Carrier)	OFDM	تک حاملی	کانال	پارامتر
بله	۴.۵-۶	۵-۶	۱۲.۵-۲۲.۵	AWGN/FNFS	نقطه اوج
بله	۱۰.۵-۱۲.۵	۱۰-۱۲.۵	۱۶-۳۰	FSF	
بله	۷.۵-۱۱	۸-۱۱	۱۳-۲۳.۵	AWGN/FNSF	پارامتر طیف توان
خیر	۱۳-۱۸	۱۳-۱۸	۱۳.۵-۳۳	FSF	
بله	۰.۸۸-۰.۹۳	۰.۸۵-۰.۹۲	< 0.7	AWGN/FNFS	پارامتر توزیع توان
بله	۰.۷۸-۰.۸۵	۰.۸-۰.۸۵	< 0.7	FSF	

مراجع:

[۱] Akmouche, "Detection of multicarrier modulation using ۴th order cumulant", IEEE, ۱۹۹۹

[۲] Anna Vizziello, Ian F. Akyildiz, "OFDM signal type recognition and adaptability effects in cognitive radio networks" IEEE, ۲۰۱۰

[۳] Bin ilgham, j.a.c, " multicarrier modulation for data transmission", IEEE, ۱۹۹۰

[۴] Bin Wang, Lin dong ge "Blind identification of OFDM signal in Rayleigh channel", ۲۰۰۵

[۵] Yanai zhu, Bin tian, " An OFDM modulation recognition algorithm based on spectrum analysis" IEEE ۲۰۱۰

[۶] Xianghong Tong, Liye Li, " Identification of wavelet Modulation Based On Gaussian Detection and Kurtosis of Power Spectrum" ۲۰۰۹ International Conference on Communications and Mobile Computing.