بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

کاربردهای فیلتر ذره‌ای در مخابرات سیار

استاد راهنما:

دکتر ناصر ندا

نگارش:

زهره افخمی

زمستان ۱۳۹۳

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان‌نامه)

یک نسخه اصل فرم مربوطه

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان، آرام‌بخش آلام زمینی‌ام است...

به **مادرم**، دریای بی‌کران فداکاری و عشق

و **پدرم**، که تپش دوباره‌ی قلبش رویای من است

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و بس...

و به همسفران مهربان زندگیم، **همسرم** و **خواهر** زیبایم

که با هم آغاز کردیم، در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم می‌دوزیم...

قلبم لبریز از عشق به شماست و خوشبختی‌تان منتهای آرزویم...

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس یکتای بی همتا را که لطفش بر ما عیان است و دریای فضلش را هیچ کرانی نیست، که اگر در این وادی هستیم همه محبت اوست...

بر خود لازم می دانم از استاد عزیزم جناب آقای دکتر ناصر ندا که با ایجاد انگیزه و همراهی های مداوم و بی دریغ، راه پر فراز و نشیب این پژوهش را بر اینجانب هموار نمودند صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

با آرزوی توفیق روز افزون برای ایشان

چکیده:

مسائل بسیاری در علوم مهندسی نیازمند تخمین حالت سیستم متغیر با زمان در هر لحظه می‌باشند و مسئله‌ی تخمین سیستم‌های غیرخطی و غیرگوسی، موضوع مهمی در بسیاری از کاربردها، از جمله مخابرات سیار است. به طور مثال در مخابرات بی‌سیم، کانال در اثر وجود عواملی از جمله شرایط محیط انتشار به طور متناوب تغییر می‌کند و نیاز به رهگیری و تخمین کانال برای حل مسائل مخابراتی حس می‌شود. هم‌چنین همواره سعی بر این است که روش‌های آشکارسازی داده با عملکرد بهینه مورد استفاده قرار گیرند.

فیلتر بیزین یکی از مرسوم‌ترین روش‌های تخمین می‌باشد، ولی این روش دارای یک حل بسته نیست و از این رو جهت پیاده سازی عملی مناسب نمی‌باشد. وابسته به مدل‌های فرآیند و اندازه‌گیری، روش‌های مختلفی برای حل عملی فیلتر بیزین وجود دارد.

راه عملی پیاده سازی فیلتر بیزین برای سیستم‌های غیرخطی یا غیرگوسی، فیلتر ذره‌ای است. فیلتر ذره‌ای در اصل، پیاده سازی مبتنی بر نمونه برداری است که در آن تابع چگالی احتمال پسین با مجموعه‌ای از ذرات وزن داده شده، تخمین زده می‌شود. هدف اصلی این فیلترها متناسب با کاربردهای مختلف ممکن است آشکارسازی یک رشته سمبل ارسالی، تخمین کانال، رهگیری موقعیت هدف متحرک و ... باشد.

در این پایان نامه از فیلتر ذره‌ای در چند سناریوی مخابرات سیار استفاده می‌شود. طرح‌های مورد بررسی عبارتند از، تخمین کانال و آشکارسازی داده در سیستم‌های OFDM و آشکارسازی چندکاربره در سیستم‌های CDMA با نویز پیش زمینه‌ی گوسی و غیرگوسی می‌باشند.

نتایج شبیه سازی نشان می‌دهند که فیلتر ذره‌ای نسبت به برخی روش‌های کلاسیک عملکرد بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی داده، تخمین کانال، فیلتر بیزین، فیلتر ذره‌ای، مخابرات سیار

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د

فهرست جدول‌ها ..... ه

فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- هدف از انجام تحقیق ۳

۱-۳- ساختار پایان نامه ۴

فصل ۲- مفاهیم اولیه ۵

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- تکنیک OFDM ۵

۲-۲-۱- مزایای تکنیک OFDM ۸

۲-۳- تکنیک CDMA ۸

۲-۳-۱- کدهای WH ۱۰

۲-۳-۲- کدهای Gold ۱۰

فصل ۳- اصول مقدماتی فیلتر ذره‌ای ۱۲

۳-۱- مقدمه ۱۲

۳-۲- تعریف مسئله‌ی تخمین حالت ۱۲

۳-۳- حل مسئله‌ی تخمین حالت با استفاده از فیلتر بیزین ۱۳

۳-۴- فیلترهای ذره‌ای ۱۵

۳-۴-۱- تولید ذرات و تعیین وزن آن‌ها ۱۵

۳-۴-۱-۱- نمونه گیری اهمیت زنجیره‌ای (SIS) ۱۵

۳-۴-۲- پدیده‌ی انحطاط ۱۸

۳-۴-۲-۱- انتخاب مناسب تابع اهمیت ۱۸

۳-۴-۲-۲- نمونه برداری مجدد ۲۰

۳-۴-۳- الگوریتم فیلتر ذره‌ای ۲۱

فصل ۴- تخمین کانال و آشکارسازی داده ۲۳

۴-۱- مقدمه ۲۳

۴-۲- مدل باند پایه‌ی سیستم OFDM مبتنی بر ارسال پایلوت ۲۳

۴-۲-۱- فرستنده ۲۳

۴-۲-۲- کانال ۲۴

۴-۲-۳- گیرنده ۲۵

۴-۳- تخمین کانال ۲۵

۴-۳-۱- تخمین کانال به روش تخصیص پایلوت ۲۵

۴-۳-۱-۱- الگوهای پایلوت ۲۶

۴-۳-۲- تخمین کانال در محل‌های پایلوت ۲۹

۴-۳-۲-۱- تخمین به روش LS ۲۹

۴-۳-۲-۲- تخمین به روش MMSE ۲۹

۴-۳-۲-۳- تخمین به روش DFT ۳۰

۴-۳-۳- درون یابی ۳۱

۴-۳-۳-۱- درون یابی تکه‌ای ثابت ۳۱

۴-۳-۳-۲- درون یابی مبتنی بر الگوریتم FFT ۳۱

۴-۳-۳-۳- درون‌یاب خطی ۳۱

۴-۳-۴- تخمین کانال بر مبنای فیلتر بیزین ۳۲

۴-۳-۴-۱- تخمین کانال به کمک فیلتر کالمن ۳۴

۴-۳-۴-۲- تخمین کانال به کمک فیلتر ذره‌ای ۳۵

۴-۴- آشکارسازی داده در گیرنده ۳۷

۴-۴-۱- روش حذف تداخل ZF ۳۸

۴-۴-۲- روش MMSE ۳۸

۴-۴-۳- آشکارسازی داده با استفاده از فیلتر ذره‌ای ۳۹

۴-۴-۳-۱- الگوریتم فیلتر ذره‌ای برای آشکارسازی داده ۴۰

۴-۵- نتیجه گیری ۴۱

فصل ۵- آشکارسازی چندکاربره در حضور نویز گوسی و غیرگوسی ۴۲

۵-۱- مقدمه ۴۲

۵-۲- مدل سیستم ۴۲

۵-۳- آشکارسازی داده در سیستم CDMA چندکاربره بر اساس فیلتر بیزین ۴۴
۵-۳-۱- آشکارسازی داده بر اساس فیلتر کالمن..... ۴۵
۵-۳-۲- آشکارسازی داده بر اساس فیلتر ذره‌ای..... ۴۶
۵-۳-۲-۱- الگوریتم فیلتر ذره‌ای برای آشکارسازی چندکاربره در سیستم CDMA..... ۴۷
۵-۴- نویز پیش زمینه با توزیع غیرگوسی ۴۸
۵-۵- نتیجه گیری ۵۰

فصل ۶- شبیه سازی..... ۵۱

۶-۱- معرفی محیط شبیه سازی تخمین کانال و آشکارسازی داده در سیستم OFDM..... ۵۱
۶-۲- معرفی محیط شبیه سازی آشکارسازی چندکاربره در سیستم CDMA..... ۵۷

فصل ۷- نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۶۳

۷-۱- نتیجه گیری ۶۳
۷-۲- پیشنهادات..... ۶۴

فهرست مراجع..... ۶۵

واژه نامه انگلیسی به فارسی..... ۶۸

واژه نامه فارسی به انگلیسی..... ۷۰

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
پارامتر مکان در توزیع آلفا پایدار	a
سرعت نور	c
فاصله‌ی فرکانسی دو زیر حامل پایلوت متوالی	D
فرکانس حامل	f_c
فرکانس داپلر	f_D
زمان	k
تعداد زیرحامل‌ها	l
تعداد مؤثر نمونه‌ها	N_{eff}
تعداد نمونه‌های نمونه گیری اهمیت	N_p
آستانه‌ی تعداد نمونه‌ها برای نمونه برداری مجدد	N_{th}
ماتریس همبستگی	R
دوره‌ی تناوب بیت	T_b
کوهرنسی زمانی کانال	T_c
دوره‌ی تناوب سمبل ارسالی	T_s
شاخص پایداری در توزیع آلفا پایدار	α
پارامتر تقارن در توزیع آلفا پایدار	β
ضریب پراکندگی در توزیع آلفا پایدار	γ
همبستگی متقابل	ρ
تأخیر زمانی	τ

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۶- ۱. PDP کانال [۱۸] ۵۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۲- ۱. روش ارسال با مدولاسیون چند حامل [۹] ۶
شکل۲- ۲. تکنیک FDMA با ۵ زیر حامل ۶
شکل۲- ۳. مقایسه‌ی پهنای باند در دو روش FDMA و OFDM ۷
شکل۲- ۴. یک سیستم OFDM با N زیر حامل روی عرض باند W ۸
شکل۲- ۵. تکنیک CDMA با ۵ کد گسترده ساز ۹
شکل۲- ۶. شرح تولید یک مجموعه‌ی کد Gold به طول ۳۱ [۱۳] ۱۱
شکل۳- ۱. مراحل پیش بینی و به روز رسانی فیلتر بیزین ۱۳
شکل۳- ۲. نمایش نمونه گیری اهمیت [۱۴] ۱۷
شکل۳- ۳. نمایش عملکرد مراحل نمونه برداری و نمونه برداری مجدد [۱۴] ۲۰
شکل۳- ۴. بلوک دیاگرام فیلتر ذره‌ای ۲۲
شکل۴- ۱. مدل باند پایه‌ی سیستم OFDM مبتنی بر پایلوت ۲۳
شکل۴- ۲. فرستنده‌ی سیستم باند پایه OFDM [۱۹] ۲۴
شکل۴- ۳. گیرنده‌ی سیستم باند پایه OFDM [۱۹] ۲۵
شکل۴- ۴. نحوه‌ی چیدمان پایلوت‌ها و داده‌ها در نوع بلوکی [۲۲] ۲۷
شکل۴- ۵. نحوه‌ی چیدمان پایلوت‌ها و داده‌ها در نوع شانه‌ای [۲۲] ۲۷
شکل۴- ۶. نحوه‌ی چیدمان پایلوت‌ها و داده‌ها در نوع پراکنده ۲۸
شکل۴- ۷. بلوک دیاگرام تخمین کانال [۲۲] ۲۸
شکل۴- ۸. تخمین کانال بر اساس روش MMSE ۳۰
شکل۴- ۹. تخمین کانال بر اساس DFT ۳۱
شکل ۵- ۱. گیرنده‌ی سیستم CDMA ۴۴
شکل ۵- ۲. تابع توزیع آلفا پایدار به ازای شاخص‌های پایداری متفاوت ۴۹
شکل ۵- ۳. تابع توزیع آلفا پایدار به ازای پارامترهای تقارن متفاوت ۴۹
شکل۶- ۱. رهگیری کانال توسط فیلتر ذره‌ای با ۵۰ ذره ۵۲
شکل۶- ۲. دامنه‌ی پاسخ فرکانسی کانال واقعی ۵۲
شکل۶- ۳. دامنه‌ی پاسخ فرکانسی کانال تخمین زده شده با فیلتر ذره‌ای ۵۳

شکل۶- ۴. فاز پاسخ فرکانسی کانال واقعی ۵۳
شکل۶- ۵. فاز پاسخ فرکانسی کانال تخمین زده شده با فیلتر ذره‌ای ۵۴
شکل۶- ۶. نمودار سطح کارایی MSE بر حسب SNR برای تخمین کانال ۵۴
شکل۶- ۷. نمودار نرخ خطای بیت بر حسب SNR برای تخمین کانال ۵۵
شکل۶- ۸. نمودار نرخ خطای بیت بر حسب SNR برای دو روش آشکارسازی داده ۵۶
شکل۶- ۹. نمودار سطح کارایی MSE بر حسب SNR در تخمین کانال برای سرعت‌های متفاوت ۵۶
شکل۶- ۱۰. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR در حضور نویز پیش زمینه‌ی گوسی ۵۷
شکل۶- ۱۱. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR در حضور نویز پیش زمینه‌ی غیرگوسی ۵۸
شکل۶- ۱۲. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR برای فیلتر ذره‌ای در حضور نویز پیش زمینه‌ی گوسی برای تعداد کاربر متفاوت ۵۹
شکل۶- ۱۳. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR برای فیلتر ذره‌ای در حضور نویز پیش زمینه‌ی غیرگوسی برای تعداد کاربر متفاوت ۶۰
شکل۶- ۱۴. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR برای فیلتر کالمن در حضور نویز پیش زمینه‌ی گوسی برای تعداد کاربر متفاوت ۶۱
شکل۶- ۱۵. نمودار احتمال خطای بیت برحسب SNR برای فیلتر کالمن در حضور نویز پیش زمینه‌ی غیرگوسی برای تعداد کاربر متفاوت ۶۲

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

یکی از مسائلی که در حوزه‌ی مخابرات می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد آشکارسازی داده در گیرنده‌ی سیستم‌های مخابرات بی‌سیم است. برای آشکارسازی و بازگشایی اطلاعات در گیرنده، اطلاع از پارامترهای کانال امری ضروری است. بنابراین تخمین دقیق کانال نقش مهمی را در نحوه‌ی عملکرد آشکارساز ایفا می‌کند. علاوه بر این یکی از مسائل مهمی که در کانال‌های بی‌سیم باید مورد توجه قرار گیرد مسئله‌ی محوشدگی[۱] اطلاعات می‌باشد که در اثر عوامل مختلفی در کانال به وجود می آید که عبارتند از:

- اعوجاج ناشی از چند مسیره بودن کانال:

پدیده‌هایی از جمله انعکاس امواج الکترومغناطیسی از روی موانع بزرگ و انحراف امواج از موانعی که دارای لبه‌ی تیز هستند و پخش شدگی امواج توسط موانعی که دارای ابعاد کوچکی در حد طول موج فرکانس حامل می باشند باعث می‌شود که داده‌ی ارسالی به صورت چندگانه از مسیرهای مختلف با تأخیر و تضعیف‌های متفاوت به مقصد برسد.

- پدیده‌ی داپلر:

این پدیده در اثر سرعت نسبی فرستنده و گیرنده به وجود می‌آید و باعث ایجاد یک شیفت فرکانسی در فرکانس حامل در گیرنده شده و درنتیجه باعث تغییر پهنای باند سیگنال ارسالی می‌شود. در صورتی که این تغییر در گیرنده خنثی نشود باعث اعوجاج سیگنال شده و در نتیجه بازده‌ی استفاده از طیف رادیویی را کاهش خواهد داد.

- پاشیدگی تأخیر[۲] کانال:

به دلیل وجود مسیرهای مختلف بین فرستنده و گیرنده و تغییر آرام یا سریع محیط اطراف در کانال بی‌سیم، مسیرهای مختلف دارای تأخیرهای متفاوتی بوده که این تأخیرها می‌توانند با زمان تغییر کنند. به این ترتیب، ما با مدلی از کانال سر و کار داریم که در آن وزن تأخیر ناشی از هر مسیر بر اساس مقدار توان دریافتی از آن مسیر مدل سازی می‌شود. بر اساس این مدل، میانگین و مقدار موثر پارامترهای زمانی از جمله انحراف استاندارد گستردگی تأخیر (rms delay spread)، قابل محاسبه خواهند بود. این پارامترها در

---

[۱] Fading

[۲] Delay Spread

محاسبه‌ی پهنای باند همسانی (کوهرنسی) کانال نقش مهمی دارند. به عنوان مثال، زیاد بودن پارامتر گستردگی تأخیر، باعث کاهش پهنای باند همسانی کانال شده و در نتیجه میزان تداخل بین سمبلی را افزایش خواهد داد و در نتیجه کانال فرکانس گزین[۱] عمل خواهد کرد.

با توجه به پارامترهای توضیح داده شده در بالا می‌توان گفت که پاسخ فرکانسی کانال‌های بی‌سیم، متغیر با زمان بوده و شکل فرکانس گزین خواهد داشت و این خاصیت باعث می‌شود که داده‌ی ارسالی در این کانال‌ها دچار اعوجاج بیشتری شود. بنابراین در گیرنده قبل از بلوک دی مدولاسیون[۲]، وجود بلوک های متعادل سازی و تخمین دینامیکی کانال امری اجتناب ناپذیر است [۱]. بعضی روش‌ها برای اندازه گیری کانال بر مبنای ارسال سیگنال‌های از پیش تعیین شده به نام سیگنال‌های آموزش توسط فرستنده در بازه‌های زمانی معین عمل می‌کنند [۲] و روش‌های دیگر، کانال را به صورت کور تخمین می‌زنند [۳]. در هر صورت در عمل، تمامی این روش‌ها مقدار دقیق ماتریس کانال را در اختیار قرار نمی‌دهند بلکه اطلاعات کانال را به صورت تخمینی و همراه با خطا به دست می‌آورند. وجود این خطای تخمین در ماتریس کانال باعث کاهش کارایی و افت عملکرد در آشکارسازی شده و نرخ خطای آشکارسازی سمبل‌ها در گیرنده افزایش خواهد یافت. به همین دلیل همواره سعی بر این است که روش تخمین بهتری برای تخمین کانال متغیر با زمان به کار گرفته شود.

مسئله‌ی دیگری که در مخابرات بی‌سیم می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد، آشکارسازی در گیرنده‌ی سیستم‌های چندکاربره است. سیستم‌های مخابراتی که در آن‌ها کاربرهای مختلف از یک کانال مشترک استفاده می‌کنند، به عنوان سیستم‌های چندکاربره شناخته می‌شوند. به طور مثال، در شبکه‌های بی‌سیم، تعدادی کاربر متحرک با یک ایستگاه مرکزی از طریق یک واسط مشترک (هوا)، ارتباط برقرار می‌کنند. در سیستم‌های چندکاربره علاوه بر مشکلاتی مانند تداخل بین سمبل‌ها و نویز جمع شونده، باید بر تداخل بین کاربرهایی که از کانال مشترک استفاده می‌کنند نیز غلبه شود. روش متعارف مقابله با تداخل چندکاربره، هماهنگ کردن فرستنده‌ها برای اجتناب از تداخل می‌باشد. به عنوان مثال، دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی (FDMA)[۳] و دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی (TDMA)[۴] قراردادهایی هستند که هر فرستنده را به باند فرکانسی منحصر به فرد و بازه‌ی زمانی منحصر به فرد محدود می‌کنند. هم‌چنین دستیابی چندگانه‌ی تقسیم کد (CDMA)[۵] روشی است که در آن به هر کاربر، کد گسترده ساز منحصر به فردی

---

[۱] Frequency Selective

[۲] Demodulation

[۳] Frequency Division Multiple Access

[۴] Time Division Multiple Access

[۵] Code Division Multiple Access

اختصاص داده می‌شود. سیستم دستیابی چندگانه با تقسیم کد دنباله مستقیم (DS-CDMA)[1] از بهترین روش‌های ارتباط بی‌سیم چندکاربره می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. در آشکارسازی چنین سیستم چندکاربره‌ای، با فرض اینکه گیرنده از کد گسترده ساز اختصاص داده شده به همه کاربران فعال مطلع باشد، در این صورت قادر خواهد بود اثر تداخل سیگنال کاربران را حذف کند و باعث کاهش خطا در آشکارسازی داده‌ها شود.

نمونه‌ی پر کاربرد دیگری از سیستم‌های چندکاربره که امروزه از ارزش عملی فراوانی برخوردار شده، سیستم چندکاربره مبتنی بر تکنیک مالتی پلکس تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM)[2] است. در سیستم OFDM چندکاربره به هر کاربر، بازه‌های زمانی و باندهای فرکانسی معینی برای ارسال اطلاعات اختصاص داده می‌شود.

۱-۲- هدف از انجام تحقیق

تخمین کانال در سیستم‌های مخابراتی یکی از مهم‌ترین مسائلی است که می‌توان بر اساس آن نرخ خطای ارسال و دریافت اطلاعات را تا حد ممکن کاهش داد. در این میان تخمین کانال‌های بی‌سیم مبتنی بر تکنیک OFDM با استفاده از پایلوت[3] از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تکنیک‌های زیادی برای تخمین کانال مخابراتی توسط محققین ارائه شده است. در این میان یکی از تکنیک‌هایی که از پیچیدگی کمتری برخوردار می‌باشد، روش تخمین حداقل مربعات (LS)[4] است که در اکثر سیستم‌ها برای تخمین کانال مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین ایراد این روش حساسیت زیاد آن نسبت به نویز کانال بوده که پژوهش‌های زیادی برای جبران این اثر ارائه شده است.

در این پایان نامه از یک نوع فیلتر ذره‌ای[5] برای تخمین کانال و آشکارسازی داده در سیستم‌های OFDM استفاده می‌شود که با استفاده از این روش می‌توان تخمین بهتری از کانال به دست آورد و عملکرد آشکارسازی داده در گیرنده را بهبود بخشید.

موضوع دیگری که در این پایان نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد آشکارسازی چندکاربره در یک سیستم CDMA با استفاده از فیلتر ذره‌ای می‌باشد. همان طور که در بخش قبل توضیح داده شد، در سیستم‌های مخابراتی چندکاربره، کاربرهای مختلف باید بتوانند به طور مشترک از یک کانال استفاده کنند

---

[1] Direct Sequence Code Division Multiple Access

[2] Orthogonal Frequency Division Multiplexing

[3] Pilot

[4] Least Squares

[5] Particle Filter

و اطلاعات آن‌ها در گیرنده قابل جداسازی باشد. تکنیک CDMA از بهترین روش‌های ارتباط بی‌سیم چندکاربره می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است. روش‌های آشکارسازی چندکاربره بسیاری برای انجام آشکارسازی بهینه توسط محققان ارائه شده است، ولی اکثر این روش‌ها در سیستم‌هایی با نویز پیش زمینه‌ی گوسی به صورت بهینه عمل می‌کنند و درحضور نویز غیرگوسی میزان عملکرد آن‌ها کاهش می‌یابد [۴]. در این پایان نامه، نحوه‌ی عملکرد آشکارسازی چندکاربره با استفاده از فیلتر ذره‌ای برای سیستم‌های با نویز گوسی و غیرگوسی مورد بررسی قرار گرفته است.

فیلتر ذره‌ای یک روش عددی و محاسباتی برای به دست آوردن تابع چگالی احتمال یک فرآیند تصادفی بر اساس مفهوم نمونه گیری اهمیت[۱] و استفاده از تئوری‌های بیزین[۲] می‌باشد [۵]. در این روش هدف، یافتن بردار حالت مورد نظر در همان لحظه‌ی رخداد براساس یک دنباله‌ی مشاهدات است. فیلتر ذره‌ای کاربرد وسیعی در تخمین حالت سیستم‌های غیرخطی و غیرگوسی دارد و یک روش قوی برای پردازش سیگنال زنجیره‌ای است که کاربردهای وسیعی در علوم و مهندسی دارد [۶]. این روش توجه محققان بسیاری را در زمینه‌های مختلف از جمله پردازش سیگنال، آمار، اقتصاد و ... به خود جلب کرده است. روش‌های محاسباتی توسعه یافته برای تخمین حالت توسط فیلتر ذره‌ای در [۸،۷] شرح داده شده است.

۱-۳- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در بخش‌هایی به صورت زیر سازمان دهی شده است. در فصل دوم، به معرفی اجمالی مفاهیم اولیه‌ی ضروری و مورد استفاده در زمینه‌ی تکنیک‌های دستیابی چندگانه پرداخته شده است. در فصل سوم، مسئله‌ی تخمین حالت و الگوریتم تخمین بر اساس فیلتر ذره‌ای به طور کامل شرح داده شده است. کاربرد فیلتر ذره‌ای در تخمین کانال بی‌سیم و هم‌چنین آشکارسازی داده در یک سیستم OFDM در فصل چهارم مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل پنجم، به آشکارسازی چندکاربره در یک سیستم CDMA با نویزهای پیش زمینه‌ی گوسی و غیرگوسی توسط فیلتر ذره‌ای پرداخته شده است. فصل ششم نتایج شبیه سازی روش‌های پیشنهادی و مقایسه‌ی آن‌ها با روش‌های پیشین را در بر خواهد داشت. نتیجه گیری و پیشنهادات نیز در فصل هفتم ارائه شده است.

---

[۱] Importance Sampling

[۲] Bayesian Theory

فصل ۲– مفاهیم اولیه

۲–۱– مقدمه

در شبکه‌ی مخابرات سیار، کانال بین کاربرهای مختلف مشترک است. به همین دلیل، کاربران باید بتوانند به طور مشترک از کانال استفاده کنند و سیگنال‌های آن‌ها در گیرنده قابل جداسازی باشد. به روش‌هایی که این امکان را در شبکه فراهم می‌کنند، تکنیک‌های دستیابی چندگانه گفته می‌شود که بعضی از مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- FDMA
- TDMA
- CDMA
- OFDM

شناخت اصول علمی هر حوزه‌ای قبل از پرداختن به جزئیات آن، لازم و ضروری است. در این پایان نامه مطالعات بر روی سیستم‌های OFDM و CDMA انجام شده است. به همین دلیل این دو تکنیک در این فصل به طور مختصر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲–۲– تکنیک OFDM

در سیستم‌های مخابراتی دو نوع مدولاسیون تک حامل[۱] و چند حامل[۲] مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مدولاسیون‌های تک حامل، در هر لحظه از زمان تنها یک حامل ارسال می‌شود ولی در ارسال چند حامل، یک رشته‌ی داده با نرخ بالا به چند رشته‌ی موازی از داده‌ها با نرخ ارسال بسیار پایین‌تر تبدیل شده و هر کدام از این رشته‌های موازی، به صورت همزمان روی یک زیر حامل[۳] فرکانسی ارسال می‌شوند به طوری که نرخ کلی ارسال ثابت باقی می‌ماند. این روش ارسال باعث کاهش پهنای باند در هر زیر حامل می‌شود و موجب می‌شود که هر زیر حامل، کانال با محو شدگی تخت[۴] را تجربه کند. شکل ۲-۱ روش ارسال با مدولاسیون چند حامل را نشان می‌دهد.

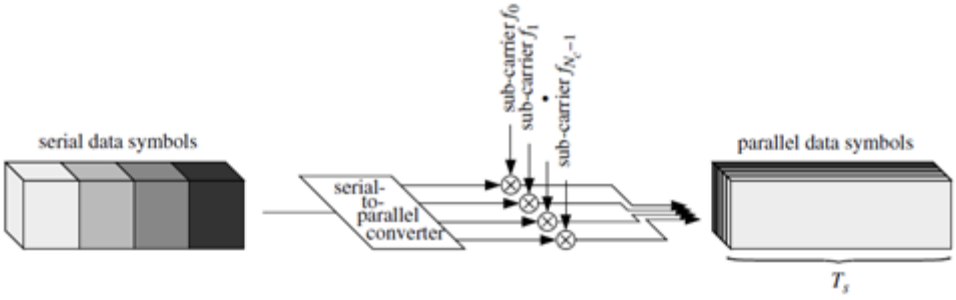
---

۱ Single Carrier

۲ Multi Carrier

۳ Sub-Carrier

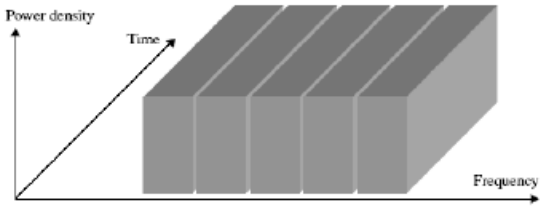
۴ Flat Fading



شکل۲- ۱. روش ارسال با مدولاسیون چند حامل [۹]

از این تکنیک می‌توان در کانال‌های فرکانس گزین استفاده کرد. کانال فرکانس گزین کانالی است که پاسخ فرکانسی آن به طور مشخص در طول عرض باند سیگنال ارسالی تغییر می‌کند. اگر پاسخ فرکانسی کانال مقدار ثابتی باشد، کانال با محو شدگی تخت نامیده می‌شود.

FDMA را می‌توان به عنوان یک روش ارسال با چند حامل در نظر گرفت که در آن باند فرکانسی به چندین زیر حامل فرکانسی تقسیم می‌شود. شکل ۲-۲ نحوه‌ی تقسیم باند فرکانسی را نشان می‌دهد. در این روش برای دریافت صحیح در گیرنده و جلوگیری از تداخل بین زیر حامل‌های فرکانسی مجاور، لازم است که بین این زیر حامل‌های فرکانسی فاصله‌ای در نظر گرفته شود. به همین دلیل این روش از جهت پهنای باند فرکانسی بهره‌وری مناسبی ندارد. هم‌چنین به نوسان سازهای[۱] متعددی در فرستنده و فیلترهای زیادی در گیرنده نیاز است.

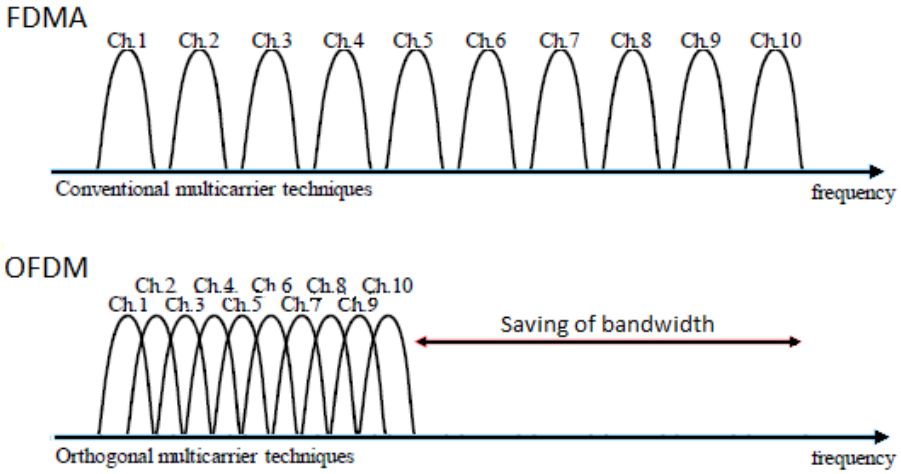


شکل۲- ۲. تکنیک FDMA با ۵ زیر حامل

تکنیک دیگری که از ارسال چند حامل بهره می‌گیرد و مشکلات روش FDMA را نیز ندارد، تکنیک OFDM می‌باشد. در این روش فاصله‌ی دو حامل مجاور به صورتی انتخاب می‌شود که سیگنال‌های ارسالی بر روی هر یک از زیر حامل‌ها در مدت زمان هر پالس ارسالی و در حوزه‌ی زمان، با یکدیگر متعامد باشند. اگر فاصله بین دو زیر حامل را برابر با $1/T_s$ در نظر بگیریم به طوری که T_s پهنای زمانی سمبل ارسالی بعد از تبدیل سریال به موازی باشد، در این صورت سیگنال ارسالی بر روی دو زیر حامل فرکانسی در مدت زمان T_s بر هم عمود می‌شوند، در حالی که این فاصله در روش FDMA باید حداقل برابر با $2/T_s$ در نظر

[۱] Oscillator

گرفته شود. پس در روش OFDM نسبت به روش FDMA حداقل ۵۰ ٪ در پهنای باند صرفه جویی می‌شود [۱۰]. شکل ۲-۳ مقایسه‌ی عرض باند این دو روش را نشان می‌دهد.



شکل۲- ۳. مقایسه‌ی پهنای باند در دو روش FDMA و OFDM

اگر سیگنال‌هایی که به طور دیجیتالی مدوله شده‌اند را از طریق کانال فرکانس گزین ارسال کنیم، به علت ایجاد تداخل بین سمبلی (ISI)[۱] این سیگنال‌ها دچار اعوجاج خواهند شد، ولی استفاده از تکنیک OFDM می‌تواند با تبدیل کانال به کانال‌های تخت، باعث بهبود عملکرد شود [۱۱].

در تکنیک OFDM، پهنای باند فرکانسی کانال به بازه‌های فرکانسی باریک‌تر تقسیم شده و در هر یک از این زیر باندها یک زیر حامل عهده دار ارسال داده با استفاده از یک مدولاسیون انتخابی می‌شود. فاصله‌ی هر دو زیر حامل مجاور طوری تعیین می‌شود که سیگنال‌های ارسالی بر روی هر یک از زیر حامل‌ها در مدت زمان هر پالس ارسالی با یکدیگر (در حوزه‌ی زمان) متعامد باشند و هم‌چنین کانال بی‌سیم در آن محدوده، محو شدگی مستقلی را نسبت به بازه‌های دیگر داشته باشد و در آن فاصله‌ی فرکانسی تقریباً بهره‌ی ثابتی را نیز داشته باشد. متعامد بودن سیگنال‌های ارسالی با یکدیگر در مدت زمان هر پالس ارسالی باعث می‌شود که آن‌ها بتوانند در حوزه‌ی فرکانس با یکدیگر همپوشانی داشته باشند. این امر باعث کاهش پهنای باند اختصاص یافته می‌شود و در نتیجه نرخ ارسال داده در آن کانال کاهش می‌یابد ولی از طرفی با زیاد کردن تعداد این زیر کانال‌ها توسط زیر حامل‌های مجاور، نرخ برآیند به دست آمده می‌تواند افزایش چشمگیری داشته باشد [۱۲]. شکل ۲-۴ یک سیستم OFDM با N زیر حامل را نشان می‌دهد.

[۱] Inter Symbol Interference