وزارت علوم تحقیقات و فناوری
مؤسسه آموزش عالی سجاد

پایان نامه کارشناسی ارشد برق- مخابرات سیستم

تخمین کانال در سیستم MIMO-OFDM

تهیه و تنظیم :

بنت‌الهدی علی‌نژاد سیدمحله

استاد راهنما:

خانم دکتر سربیشه‌ای

شهریور ۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

پروردگارا . . .

به ما آرامشی ده تا بپذیریم آنچه را که نمی توانیم تغییر دهیم

دلیری ده تا تغییر دهیم آنچه را که می توانیم تغییر دهیم

بینشی ده تا تفاوت این دو را بدانیم.

تقدیر و تشکر

ضمن سپاس بیکران خداوند، با ژرفترین سپاس‌ها

از استادان فرزانه‌مان که ما را در فضای پر مهر و صداقت رشد و فراگیری قرار دادند

*به ویژه استاد گرامی **سرکار خانم دکتر سرابیشه‌ای.***

تقدیم به:

دستان پرتلاش پدر و قلب♡مهربان مادر

از خودگذشتگانی که دستان توانایشان تکیه گاهمان

و قلب پرمهرشان گرمی‌بخش وجودمان می‌باشد.

فهرست مطالب

چکیده ۱

فصل اول:

مقدمه ۳

فصل دوم:

بررسی کانال‌های بی‌سیم ۷

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲خصوصیات انتشاری کانال‌های رادیویی ۸

۲-۲-۱ مدل انتشار فضای آزاد ۹

۲-۲-۲ مدل انعکاس از زمین ۹

۲-۳ فیدینگ ۱۰

۲-۳-۱ فیدینگ مقیاس بزرگ ۱۱

۲-۳-۲ فیدینگ مقیاس کوچک ۱۱

۲-٤ پخش تاخیر ۱۱

۲-۵ پهنای باند همدوسی ۱۲

۲-٦ زمان همدوسی ۱۲

۲-۷ گسترش داپلر ۱۲

۲-۸ طبقه‌بندی انواع فیدینگ مقیاس کوچک ۱۲

۲-۸-۱ فیدینگ انتخابگر فرکانس ۱۲

۲-۸-۲ فیدینگ یکنواخت ۱۳

۲-۸-۳ فیدینگ سریع ۱۳

۲-۸-٤ فیدینگ آهسته ۱۳

۲-۹ فیدینگ رایلی ۱۳

۲-۱۰ فیدینگ رایسین ۱٤

۲-۱۱ مدل‌بندی کانال بی‌سیم به‌صورت یک سیستم متغیر با زمان ۱۵

۲-۱۲ مدل کانال کلارک ۱٦
۲-۱۳ تنوع ۱۸
۲-۱٤ تنوع زمانی ۱۸
۲-۱۵ تنوع فضایی ۱۹
۲-۱۵-۱ تنوع گیرنده ۲۰
۲-۱۵-۲ تنوع فرستنده ۲۰
۲-۱۵-۳ تنوع فرستنده- تنوع گیرنده ۲۰
۲-۱٦ تنوع فرکانسی ۲۱

فصل سوم:

بررسی سیستم OFDM ۲۲
۳-۱ مقدمه ۲۳
۳-۲ سیگنال‌های OFDM و تعامد ۲٤
۳-۳ پیاده‌سازی OFDM با استفاده از DFT ۲٦
۳-۳-۱ مزایای OFDM ۲۸
۳-۳-۲ معایب OFDM ۲۸

فصل چهارم:

بررسی سیستم MIMO ۲۹
٤-۱ مقدمه ۳۰
٤-۲ سیستم‌های چند ورودی- چند خروجی MIMO ۳۱
٤-۲-۱ مزایای استفاده از MIMO ۳۱
٤-۳ اصول بنیادی MIMO ۳۳
٤-٤ کدینگ زمان- فضایی ۳٤
٤-۵ طرح الموتی ۳۵
٤-۵-۱ ترکیب ماکزیموم نسبت و دیکدینگ ۳۷

٤-٥-٢ طرح‌های الموتی برای ساختار $N \times 2$ ٣٨

فصل پنجم:

سیستم MIMO-OFDM ٣٩

٥-١ مقدمه ٤٠

٥-٢ مدل سیستم ٤١

فصل ششم:

تخمین کانال ٤٥

٦-١ مقدمه ٤٦

٦-٢ نگاه کلی تخمین کانال ٤٦

٦-٢-١ تخمین کانال آموزشی ٤٦

٦-٢-٢ تخمین کانال کور ٤٧

٦-٢-٣ تخمین کانال نیمه‌کور ٤٨

٦-٣ تئوری تخمین ٤٨

٦-٣-١ تخمین ML ٤٨

٦-٣-٢ تخمین LS ٤٨

٦-٣-٣ تخمین LS MSE ٤٩

٦-٣-٤ تخمین MMSE ٤٩

٦-٤ تخمین کانال ٤٩

٦-٥ تخمین کانال OFDM ٥٠

٦-٥-١ تخمین‌زن LS اصلاح شده کانال OFDM ٥٣

٦-٥-٢ پیچیدگی تخمین‌زن LS اصلاح شده ٥٤

٦-٥-٣ تخمین کانال شبیه‌سازی شده ٥٥

٦-٦ تخمین کانال دوبعدی ٥٦

٦-٧ تخمین کانال MIMO-OFDM ٦٤

٦-٧-١ تحلیل عملکرد MIMO-STBC ٦٥

٦-٧-٢ نتایج تخمین کانال ٦٧
٦-٨ تخمین کانال تجزیه QR..... ٧٠
٦-٨-١ مقایسه بین عملکرد الگوریتم‌های LS و QRD..... ٧١
فصل هفتم:
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ٧٣
٧-١ نتیجه‌گیری ٧٤
٧-٢ پیشنهادات ٧٥

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) مدل انعکاس زمین دومسیره ۱۰

شکل (۲-۲) زاویه بین راستای سیگنال دریافتی و راستای حرکت گیرنده ۱۷

شکل (۲-۳) کلمات کد به صورت سمبل های متوالی در شکل بالا و پخش شده در شکل پایین فرستاده شده اند ۱۹

شکل (۲-٤) (a) تنوع گیرنده (b) تنوع فرستنده (c) تنوع فرستنده و گیرنده ۲۰

شکل (۳-۱) طیف فرکانسی FDM با گارد فرکانسی ۲۳

شکل (۳-۲) طیف فرکانسی OFDM..... ۲٤

شکل (۳-۳) شماتیک مخابره OFDM برای یک کانال SISO ۲٦

شکل (۳-٤) عملکرد پیشوند چرخشی ۲۷

شکل (۳-۵) انتقال OFDM و مدل دریافت ۲۷

شکل (٤-۱) کانال MIMO ۳۳

شکل (٤-۲) گیرنده برای طرح الموتی ۳٦

شکل (۵-۱) ساختار کلی سیستم MIMO-OFDM ٤۰

شکل (۵-۲) مدل سیستم MIMO-OFDM ٤۱

شکل (٦-۱) دو روش چینش داده‌های راهنما برای تخمین کانال ٤۷

شکل (٦-۲) سیستم OFDM باند پایه ۵۱

شکل (٦-۳) نشتی بین تپ‌ها برای کانال پیوسته $g(t) = \delta(t - ۰.۵T_s) + \delta(t - ۳.۵T_s)$ ۵۲

شکل (٦-٤) کانال‌های گوسی مستقل ۵۲

شکل (٦-۵) ساختارکلی تخمین زن ۵۳

شکل (٦-٦) ساختار تخمین زن اصلاح شده ۵٤

شکل (٦-۷) مقایسه MSE در مقابل SNR برای تخمین‌زن‌های LS و LS اصلاح شده ۵٤

شکل (٦-۸) نمونه‌ای از شبکه‌ی دوبعدی داده‌های راهنما..... ۵۷

شکل (٦-۹) نمونه‌ای از فریم OFDM شامل سمبل‌های داده و راهنما ۵۸

شکل (٦-۱۰) تغییرات کانال OFDM با زمان برای $v = ۳۰\ m/s$ ٦۰

شکل (٦-۱۱) تغییرات کانال OFDM در دو زمان m=۵،۱۰ برای $v = ۳۰\ m/s$..... ٦۰

شکل (٦-۱۲) تغییرات کانال OFDM با زمان برای $v = ٦۰\ m/s$ ٦۱

شکل (٦-۱۳) تغییرات کانال OFDM در دو زمان m=۵،۱۰ برای $v = ٦۰\ m/s$..... ٦۱

شکل (٦-١٤) تغییرات کانال OFDM با زمان برای $v = ۹۰\ m/s$ ٦٢
شکل (٦-١٥) تغییرات کانال OFDM در دو زمان m=٥،١٠ برای $v = ۹۰\ m/s$..... ٦٢
شکل (٦-١٦) مقایسه تخمین کانال OFDM تخمین‌زن‌های LS و wiener filter برای $v = ۳۰\ m/s$ ٦٣
شکل (٦-١٧) مقایسه تخمین کانال OFDM تخمین‌زن‌های LS و wiener filter برای $v = ٦۰\ m/s$ ٦٣
شکل (٦-١٨) مقایسه تخمین کانال OFDM تخمین‌زن‌های LS و wiener filter برای $v = ۹۰\ m/s$ ٦٤
شکل (٦-١٩) مقایسه برای آرایش‌های مختلف آنتن با مدولاسیون ٤PSK ٦٦
شکل (٦-٢٠) مقایسه برای آرایش‌های مختلف آنتن با مدولاسیون ٨PSK ٦٦
شکل (٦-٢١) مقایسه عملکرد تخمین کانال برای آرایش‌های مختلف آنتن با مدولاسیون ٤PSK..... ٦٧
شکل (٦-٢٢) مقایسه تخمین کانال $MIMO$ ٢ × ٢ با دانش کامل و بدون دانش کانال..... ٦٨
شکل (٦-٢٣) مقایسه تخمین کانال $MIMO$ ٤ × ٢ با دانش کامل و بدون دانش کانال..... ٦٨
شکل (٦-٢٤) مقایسه تخمین کانال $MIMO - OFDM$ ٢ × ٢با دانش کامل کانال و بدون دانش کانال با مدولاسیون ٤PSK..... ٦٩
شکل (٦-٢٥) MSE برحسب SNR برای تخمین LS کانال $MIMO - OFDM$ ٢ × ٢ با مدولاسیون ٤PSK..... ٧٠
شکل (٦-٢٦) مقایسه عملکرد تخمین کانال LS و QRD در سیستم $MIMO - OFDM$ ٢ × ٢ برحسب BER... ٧٢
شکل (٦-٢٧) مقایسه عملکرد تخمین کانال LS و QRD در سیستم $MIMO - OFDM$ ٢ × ٢ برحسب MSE .. ٧٢

فهرست جداول

جدول (۲-۱) خلاصه ای از انواع کانال‌های بی‌سیم و ویژگی‌های معین آن‌ها ۱٤
جدول (٦-۱) تخمین‌زن‌های مورد استفاده ٥٦
جدول (٦-۲) پارامترهای شبیه‌سازی برای مقایسه تخمین‌زن‌های یک‌بعدی و دوبعدی کانال OFDM ٥۹

چکیده

این پایان‌نامه تخمین کانال آموزشی را با روشی ساده در سیستم OFDM، سیستم MIMO و در نهایت در سیستم MIMO-OFDM مورد بررسی قرار می‌دهد. الگوریتم حداقل متوسط مجذور خطا (MMSE)، الگوریتم حداقل مجذورها (LS) و الگوریتم بیشترین درست نمایی (ML) ازجمله الگوریتم‌های معروف برای تخمین کانال براساس آموزش می‌باشند. تفاوت عمده ی مخابرات بی‌سیم با مخابرات با سیم وجود محو شدگی و تداخل است. به صورت سنتی طراحان سامانه‌های بی سیم تلاش می کرده اند که قابلیت اطمینان مخابرات رادیویی را از طریق مقابله با تداخل و محوشدگی افزایش دهند. احتمال خطا در مخابرات بی سیم (با فیدینگ رایلی) بسیار بیشتر از احتمال خطا در مخابرات گوسی می‌باشد. بنابراین جستجوی راه هایی برای مقابله با محوشدگی و جبران اثر آن ضروری می‌باشد. یکی از روش های مقابله با محوشدگی روش تنوع می‌باشد. به‌طور کلی روش‌های تنوع گوناگونی در کاربردهای بی‌سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد که انتخاب هر یک از روش‌ها به شرایط و امکانات سیستم و محیط بستگی دارد. از این جمله می‌توان به تنوع زمانی، فضایی و فرکانسی اشاره نمود.

با توجه به نیاز کاربران سیستم‌های مخابراتی به نرخ بالای ارسال داده، سیستم‌های چند ورودی- چند خروجی (MIMO) که از تنوع فضایی برخوردارند به‌عنوان یک سیستم ارائه دهنده نرخ ارسال بالا مورد توجه قرار گرفته‌است که بهره تنوع، ظرفیت سیستم و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش می‌دهد. در این سیستم‌ها وجود هر آنتن می‌تواند تداخلی برای آنتن دیگر تلقی شود، همچنین وجود کانال با پدیده چندمسیری باعث تداخل بین سمبلی (ISI) در هر آنتن شود، که استفاده از زمان‌های محافظ، جهت مقابله با تداخل بین سمبلی و در نتیجه طولانی شدن زمان ارسال سمبل، باعث کاهش کارایی سیستم خواهد شد. برای مقابله با کاهش کارآیی سیستم می‌توان از ارسال موازی داده با نرخ پایین (باطول زمانی بزرگتر) استفاده کرد. این ایده‌ای است که در مدولاسیون چندحاملی متعامد (OFDM) که از تنوع فرکانسی برخوردار است استفاده می‌شود تا بدون استفاده از همسانساز بر ISI غلبه کنیم. بنابراین ترکیب MIMO و OFDM، قابلیت‌های زیادی را به‌وجود خواهد آورد که موجب خواهد شد کانالی با نرخ بالا و همچنین نرخ خطای بیت مطلوب فراهم شود.

هدف نهایی درگیرنده بازیابی سیگنالی است که در آغاز کار ارسال شده است. بنابراین یکی از وظایف اصلی در گیرنده سیستم‌های MIMO-OFDM تخمین کانال می‌باشد. به‌علت تداخل‌های چندکانالی در یک سیستم MIMO، دقت و صحت تخمین کانال عاملی اساسی برای طراحی مناسب گیرنده می‌باشد به‌طوریکه کارایی سیستم MIMO-OFDM کاملا تحقق یابد. تخمین کانال به دسته‌های مختلفی از جمله تخمین کانال آموزشی، تخمین کانال کور و تخمین کانال نیمه‌کور تقسیم می‌شود. این پایان‌نامه تخمین کانال آموزشی را با روشی ساده و موثر در سیستم OFDM و سیستم MIMO و در نهایت در سیستم MIMO-OFDM مورد بررسی قرار می‌دهد و نرخ خطای بیت (BER) و متوسط خطای مربع (MSE) به‌عنوان مقیاسی برای مقایسه نتایج استفاده شده است. روش‌های مورد استفاده برای تخمین کانال الگوریتم LS،الگوریتم LS اصلاح شده، الگوریتم تجزیه QR و فیلتر دوبعدی وینر می-باشد.

کلمات کلیدی: محوشدگی، تنوع، سیستم چندورودی چندخروجی (MIMO)، مدولاسیون چندحاملی متعامد (OFDM)، سیستم MIMO-OFDM، تخمین کانال، نرخ خطای بیت (BER)، متوسط خطای مربع (MSE)، الگوریتم LS، الگوریتم تجزیه QR، فیلتر دوبعدی وینر.

فصل اول

مقدمه

مقدمه

امروزه بخش مهمی از زندگی ما درگیر مخابرات است که تا حد زیادی زندگی ما را تسهیل می‌بخشد. با پیشرفت علم و تکنولوژی امکان ایجاد ارتباطات به‌صورت آسان تر و سریع تر بوجود می آید. روش‌های سنتی جای خود را به روش‌های نوین داده و عیوب و نواقص هر یک را نسبت به دیگری آشکارتر می‌سازد.

شبکه‌های مخابراتی را به‌طور کل می‌توان به دو بخش وسیع شبکه‌های مخابراتی باسیم و شبکه‌های بی‌سیم تقسیم-بندی نمود. انتقال بخش بزرگی از داده‌ها از طریق شبکه‌های بی‌سیم صورت می‌گیرد. این شبکه‌ها به‌خاطر سهولت نصب و راه‌اندازی به‌صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند.

قدیمی ترین ارتباط بی‌سیم به دنیای ماقبل دنیای مدرن بازمی گردد که از دود، آتش، پرچم و ... برای انتقال پیام در فواصل دور استفاده می شد.

ارتباط بی‌سیم یا مخابرات بی‌سیم[۱] به انتقال اطلاعات بدون رابط سیم و به وسیله‌ی امواج الکترومغناطیسی گفته می-شود. فاصله ای که اطلاعات انتقال داده می شود می تواند کوتاه و یا بلند باشد.

اولین ارتباط رادیویی یا در حقیقت استفاده عملی از ارتباط رادیویی سیار در سال ۱۸۹۷ میلادی توسط مارکنی به ثبت رسیده است که برقراری موفقیت آمیز ارتباط بین یک نقطه از خشکی با قایقی در فاصله ی ۱۸ مایلی بود. اکنون بعد از گذشت بیش از یک قرن سومین نسل از سیستم های مخابرات بی‌سیم یعنی سیستم‌های مخابرات فردی (PCS)[۲] پا به عرصه ظهور گذاشته است. اکنون فناوری های مخابرات سیار تا به آنجا پیش رفته است که کاربران اینچنین سیستم هایی با استفاده از یک ترمینال دستی کوچک[۳] می توانند با هر کس در هر زمان و مکان، انواع اطلاعات (صوت، تصویر، دیتا) را مبادله کنند. این ارتباط سیار نیازمند دستگاه‌ها و سیستم‌هایی است که به‌عنوان گیرنده و فرستنده فعالیت کنند.

تاریخ کامل مخابرات بی سیم به چهار دوره تقسیم می شود:

۱ - دوره ی قبل از همگانی شدن این سیستم
۲ - سیستم های آنالوگ نسل اول
۳ - سیستم های دیجیتال نسل دوم
٤ - سیستم های دیجیتال نسل سوم

تفاوت عمده ی مخابرات بی‌سیم با مخابرات با سیم وجود محو شدگی[٤] و تداخل است. محوشدگی به تغییرات میزان تضعیف یک سیگنال هنگام عبور از یک محیط گفته می شود. محوشدگی به دلیل برهم کنش سیگنال هایی که

[۱] Wireless Communication

[۲] Personal Communication System

[۳] Handset

[٤] Fading

از چند مسیر مختلف در هوا از فرستنده به گیرنده می رسند(محوشدگی چندمسیری) و همچنین به دلیل از دست رفتن یک مسیر بین فرستنده و گیرنده به دلیل ضعیف شدن آن مسیر و یا قرارگرفتن یک مانع در مسیر (سایه کردن موانع) است.

به صورت سنتی طراحان سامانه های بی سیم تلاش می کرده اند که قابلیت اطمینان مخابرات رادیویی را از طریق مقابله با تداخل و محوشدگی افزایش دهند.

یک راه مفید برای کم کردن محوشدگی استفاده از تکنیک های تنوع[۱] است. ارسال نسخه های سیگنال روی مسیرهای مستقل از یکدیگر را تنوع گویند که احتمال این که سطح توان در تمامی نسخه ها پایین باشد را کاهش می دهد. تنوع انواع مختلفی دارد. تنوع زمانی که عبارت است از ارسال قسمت های مختلف سیگنال در زمان های جدا از هم که اختلاف زمانی آن ها بیشتر از زمان همدوسی[۲] کانال می باشد. تنوع فرکانسی که در آن قسمت های مختلف سیگنال در فرکانس های متفاوت که اختلاف آن‌ها بیشتر از پهنای باند همدوسی[۳] کانال می باشد ارسال می-شود.تنوع فضایی که ارسال قسمت های مختلف سیگنال از نواحی مختلف فضا می باشد که دچار فیدینگ های مختلف می شوند.

یکی از مسائل چالش‌انگیزی که طراحان سیستم‌های مخابراتی با آن مواجه هستند محدودیت پهنای باند می‌باشد و طراحان همواره به‌دنبال راه‌کارهایی برای مقابله با این محدودیت می‌باشند. از جمله این راه‌کارها سیستم چند ورودی- چندخروجی[۴] (MIMO) است که در نسل‌های جدید مخابرات سیار مورد توجه قرار گرفته است. این سیستم‌ها علاوه بر افزایش نرخ داده می‌توانند با توجه به نوع ارسال داده درجه تنوع را بالا برده، سبب افزایش کیفیت داده شده و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهند.

کانال مخابراتی، که معمولا به‌صورت یک کانال فیدینگ چندمسیره با توزیع رایلی[۵] در نظر گرفته می‌شود، تداخل بسیاری در داده‌های دریافتی در گیرنده به‌وجود می‌آورد و بازیابی داده‌ها نیاز به همسانساز[۶]های پیچیده‌ای دارد. از طرفی سیستم‌های مدولاسیون چندحاملی متعامد[۷] (OFDM) با توجه به تقسیم باند اصلی به تعدادی زیرحامل و افزودن فاصله زمانی محافظ به‌هریک از سمبل‌های OFDM، سبب از بین رفتن تداخل بین سمبلی و ساده‌شدن همسانساز در گیرنده می‌شود. سیستم MIMO-OFDM که به‌عنوان ترکیبی از MIMO و OFDM در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها برای نسل‌های آینده سیستم‌های موبایل و مخابرات بی‌سیم مطرح شده‌اند.

---

[۱] Diversity

[۲] Coherence time

[۳] Coherence bandwidth

[۴] Multi input Multi output

[۵] Rayleigh distribution

[۶] Equalizer

[۷] Orthogonal Frequency Division Multiplexing

هرچند این تکنولوژی به‌خوبی در موضع تجاری موفق شده است، اما همچنان چندین موانع تخصصی وجود دارند که باید بر آن‌ها غلبه کرد. اشکال اصلی در سیستم MIMO-OFDM پردازش سیگنال پیچیده در گیرنده می‌باشد. انتشار همزمان سیگنال‌ها از چندین آنتن فرستنده تداخل سیگنال‌ها را افزایش می‌دهد، بنابراین طرح‌های آشکارسازی پیچیده‌تری برای استخراج سیگنال‌های ارسال شده مورد نیاز می‌باشد. کدینگ زمان- فضایی برای ساده کردن آشکارسازی در سیستم‌های MIMO-OFDM پیشنهاد شده است. هدف نهایی درگیرنده بازیابی سیگنالی است که در آغاز کار ارسال شده است. بنابراین یکی از وظایف اصلی در گیرنده سیستم‌های MIMO-OFDM تخمین کانال[۱] می‌باشد. تخمین کانال برای OFDM به‌خوبی تحقیق شده‌است، اما تعمیم‌های نتایج به تخمین کانال MIMO-OFDM اساسا پیچیده می‌باشد.

فصل دوم این پایان‌نامه مروری بر کانال‌های بی‌سیم، محوشدگی و انواع آن دارد و در نهایت یکی از روش‌های مقابله با محوشدگی به‌نام تنوع بیان می‌شود. روش‌های مرسوم تنوع مانند تنوع زمانی، تنوع فرکانسی و تنوع فضایی بیان می‌شود. سپس بررسی سیستم مدولاسیون چندحاملی OFDM در فصل سوم مطرح شده و مزایا و معایب این سیستم را بیان می‌شود. در فصل چهارم اصول بنیادی سیستم MIMO و استفاده از کدینگ الموتی در سیستم MIMO بیان شده است. فصل پنجم به سیستم MIMO-OFDM با ارسال OSTBC[۲] در کانال انتخابگر فرکانس می‌پردازد. در فصل ششم تخمین کانال OFDM، MIMO و MIMO-OFDM توسط الگوریتم‌های LS[۳]، LS اصلاح شده[۴]، تجزیه QR[۵] و فیلتر دوبعدی وینر[۶] مطرح شده و نتایج شبیه‌سازی مربوطه ارائه شده است و در نهایت در فصل هفتم نتیجه-گیری و پیشنهادات ارائه می‌شود.

---

[۱] Channel

[۲] Orthogonal Space Time Block Coding

[۳] Least Square

[۴] Modified LS

[۵] QR Decomposition

[۶] ۲-D wiener filter

فصل دوم

بررسی کانال‌های بی‌سیم

۲-۱ مقدمه

اطلاع داشتن از پارامترهای محیط انتشار، برای انتخاب ساختار مناسب برای سیستم های فرستنده و گیرنده و بهینه کردن پارامترهای مربوط به آن ها، امری ضروری است. این مساله در ارتباط با کانال های انتشار سیستم‌های مخابراتی سیار که شرایط سخت تری نسبت به کانال‌های ثابت دارند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

کانال انتشار بی‌سیم دربرگیرنده اشیایی است که موجب پخش تصادفی انرژی سیگنال ارسالی می‌شوند. این اشیاء را پخش کننده گویند. پخش کننده‌ها، موجب بروز انواع عوامل مخرب کانال شامل محوشدگی، گسترش تأخیر چندمسیره[۱]، گسترش داپلر[۲]، تضعیف و ... و همچنین نویز زمینه می‌شوند. پخش‌کنندگی توسط پخش‌کننده‌های با موقعیت تصادفی موجب بروز مسیرهای مختلف با طول‌های متفاوت و در نتیجه، گسترش تأخیر چندمسیره می‌شود. یک منبع نقطه‌ای (یک سیگنال تک فرکانس) را به‌عنوان سیگنال آزمایش در نظر بگیرید. اگر کانال انتشار فاقد گسترش تأخیر چندمسیره باشد، منبع نقطه‌ای در ورودی گیرنده به‌صورت منبع نقطه‌ای دریافت خواهد شد. وضعیت انتشار چندمسیره هنگامی پیش می‌آید که منبع نقطه‌ای ارسالی به‌صورت یک منبع چند نقطه‌ای دریافت شود که هر-یک از نقاط دریافتی شاهد تأخیر انتقال متفاوتی باشد.

یکی از روش‌های مقابله با فیدینگ استفاده از تنوع است. تنوع براساس استفاده از چندین نسخه از سیگنال ارسالی است که از نظر محوشدگی دارای شرایط مستقلی هستند و با قدرت متفاوت دریافت می‌شوند، همچنین احتمال این-که تمام آن‌ها همزمان دستخوش محوشدگی عمیق[۳] شوند، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی روش‌های تنوع گوناگونی در کاربردهای بی‌سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد که انتخاب هر یک از روش‌ها به شرایط و امکانات سیستم و محیط بستگی دارد. از این جمله می‌توان به تنوع زمانی، فضایی و فرکانسی اشاره نمود.

۲-۲ خصوصیات انتشاری کانال های رادیویی

یکی از مشخصه های ویژه‌ی کانال های رادیویی بی‌سیم این است که تعداد مسیرهای زیادی بین فرستنده و گیرنده وجود دارد. وجود مسیرهای مختلف باعث می شود که در گیرنده نسخه های مختلفی از یک سیگنال ارسالی، دریافت شود.سیگنال های مربوط به این مسیرهای مجزا تحت تاثیر تضعیف ها و تغییرات مختلفی قرار می گیرند.در گیرنده همه‌ی سیگنال های دریافتی با یکدیگر جمع می شوند و سیگنالی حاصل می شود که دیگر نمی توان کانال مربوط به این سیگنال را به صورت نویز گوسی سفید جمع شونده (AWGN)[۴] مدل کرد. قبل از توصیف و مدل کردن کانال بی سیم ابتدا مسیرهای مختلفی که در یک کانال بی‌سیم وجود دارد را توصیف می کنیم. اگر بین فرستنده

[۱] Multipath Delay Spread

[۲] Doppler Spread

[۳] Deep Fading

[۴] Additive White Gaussian Noise

و گیرنده مسیر مستقیمی وجود داشته باشد این مسیر را اصطلاحا مسیر دید مستقیم LOS[1] گویند. زمانی که تعداد موانع زیادی بین فرستنده و گیرنده وجود داشته باشد،معمولا مسیر LOS وجود ندارد. اگر مسیر LOS وجود داشته باشد سیگنال دریافتی در این مسیر قوی ترین سیگنال دریافتی خواهد بود که فقط تحت تاثیر فاصله بوده و عوامل دیگری روی آن تاثیر نمی‌گذارد. موج الکترومغناطیسی ممکن است پس از برخورد با یک مانع به صورت انعکاسی در گیرنده دریافت شود. همچنین این موج می تواند پس از برخورد با موانع مختلف و انعکاس توسط این مسیرها در نهایت مسیر خود را به سمت گیرنده پیدا کند. واضح است که سیگنال‌های انعکاسی مسیر طولانی‌تری را نسبت به مسیرهای LOS طی می کنند. بنابراین این سیگنال ها از نظر قدرت و تغییرات فاز به طور کلی با سیگنال های LOS متفاوت خواهند بود.

کانال‌های رادیویی محدودیت‌های اساسی را در عملکرد سیستم های مخابراتی بی‌سیم به وجود می آورد. بر خلاف کانال‌های سیمی که ثابت و قابل پیش بینی هستند، کانال‌های رادیویی بسیار تصادفی می باشند و به‌صورت ساده تحلیل نمی‌شوند. مدل کردن کانال های رادیویی همواره یکی از مهمترین بخش های طراحی سیستم های رادیویی سیار بوده است.

۲-۲-۱ مدل انتشار فضای آزاد

مدل انتشار فضای آزاد برای پیش بینی قدرت سیگنال دریافتی زمانی که یک مسیر واضح دید مستقیم بدون مانع بین گیرنده و فرستنده باشد استفاده می‌شود. مخابرات ماهواره ای و لینک های رادیویی دید مستقیم مایکروویو به طور معمول دستخوش انتشار فضای آزاد می شوند. توان دریافتی فضای آزاد توسط یک آنتن گیرنده که به فاصله ی d از آنتن فرستنده می باشد به صورت زیر است:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \qquad (۲-۱)$$

که P_t توان ارسالی، $P_r(d)$ توان دریافتی که تابعی از مسافت بین فرستنده و گیرنده است، G_t بهره ی آنتن فرستنده، G_r بهره ی آنتن گیرنده، d فاصله ی بین گیرنده و فرستنده به متر، L ضریب افت سیستم که مربوط به انتشار نمی باشد ($L \geq 1$) و λ طول موج به متر می باشند. تلفات مختلف L معمولا به علت تضعیف خط انتقال، تلفات فیلتر و تلفات آنتن ها در سیستم مخابرات است. مقدار $L = 1$ اشاره به بدون تلف بودن سخت افزار سیستم دارد.معادله ی ۲-۱ نشان می دهد که توان دریافتی با مربع مسافت بین فرستنده و گیرنده کاهش می یابد.

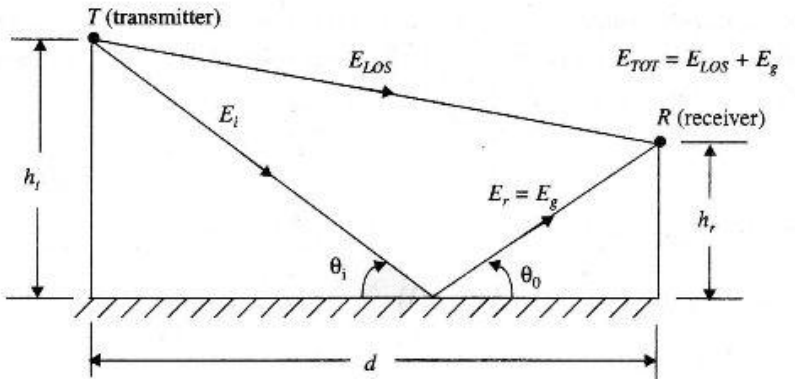
افت مسیر که تضعیف سیگنال به صورت یک مقدار مثبت اندازه گیری شده به dB را نشان می دهد، به‌صورت اختلاف بین توان ارسالی و توان دریافتی موثر (به dB) تعریف شده است و به صورت زیر می باشد:

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = -10 \log \left[\frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2}\right] \qquad (۲-۲)$$

۲-۲-۲ مدل انعکاس از زمین

[1] Line-Of-Sight

در شکل ۱-۱ مدل انتشار دو مسیره نشان داده شده است که یک مدل سودمند می باشد و هر دو مسیر مستقیم و مسیر انتشار منعکس شده از زمین بین فرستنده و گیرنده را نشان می دهد. در سیستم های مخابرات سیار، ماکزیموم مسافت بین فرستنده و گیرنده چند ده کیلومتر می باشد، و زمین می تواند صاف فرض شود. میدان کلی دریافتی E_{TOT} نتیجه‌ی مولفه‌ی دید مستقیم E_{LOS} و مولفه ی منعکس شده ی زمین E_g می باشد.



شکل (۲-۱) مدل انعکاس زمین دومسیره [۱]

توان دریافتی در یک مسافت d از فرستنده برای مدل فوق به صورت زیر است:

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4} \qquad (۳-۲)$$

که h_t ارتفاع آنتن فرستنده و h_r ارتفاع آنتن گیرنده می‌باشد. همانطور که دیده می شود توان دریافتی با ضریب $\frac{1}{d^4}$ کاهش می یابد که افت مسیر سریع تری نسبت به فضای آزاد دارد. افت مسیر برای مدل دو مسیره به صورت زیر بیان می شود:

$$PL(dB) = 40 \log d - (10 \log G_t + 10 \log G_r + 20 \log h_t + 20 \log h_r) \qquad (۴-۲)$$

۲-۳ فیدینگ

همانگونه که اشاره شد در گیرنده‌ی یک سیستم مخابراتی معمولا سیگنال از چندین مسیر متفاوت دریافت می شود. نسخه‌های دریافتی از یک سیگنال در مسیرهای مختلف،ممکن است دچار تضعیف ها،تأخیر ها و شیفت فازهای مختلفی شده باشند. تفاوت فازهای سیگنال های دریافتی از مسیرهای مختلف، می تواند باعث ایجاد تداخل سازنده و یا مخرب در محل گیرنده باشد. زمانی که تداخل مخرب رخ می دهد، توان سیگنال دریافتی به طور قابل ملاحظه ای تقلیل می‌یابد. این پدیده را اصطلاحا محوشدگی یا فیدینگ می‌نامند.

در مطالعه ی فیدینگ در یک تقسیم بندی کلی این پدیده به دو دسته تقسیم می شود:

- فیدینگ مقیاس بزرگ[۱]

[۱] Large-scale