بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

مدیریت تداخل در سیستم های مخابراتی مبتنی بر OFDM

نگارش:

رزیتا غلامی

استاد راهنما:

دکتر ناصر ندا

استاد مشاور:

دکتر رضا قاضی زاده

زمستان ۱۳۹۰

تشکر و قدردانی

به مصداق ((**مَن لم یَشکُرِ المخلوقَ لم یَشکُرِ الخالِق**))، بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای **دکتر ناصر ندا** که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از استاد عزیز جناب آقای **دکتر رضا قاضی‌زاده** که قبول زحمت نموده و در انجام این تحقیق مشاورهٔ آن را پذیرفتند، تشکر و قدردانی می‌کنم، و همچنین جا دارد که از سایر اساتید گروه مهندسی برق – مخابرات آقایان **دکتر حسن فرسی** و **دکتر حمید فرخی** که در طول دورهٔ تحصیل کارشناسی ارشد از محضر ایشان بهره‌های علمی فراوانی نصیب اینجانب شد، سپاسگزاری نموده و برای همگی آنها از درگاه خداوند متعال توفیق روزافزون خواهانم.

در پایان از پدر و مادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری برایم فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی را به نحو احسن به اتمام برسانم، سپاسگزاری می‌نمایم.

تقدیم نامه

به نام خداوندی که نعمت پدر و مادر را بر سر فرزندانش ارزانی داشت.

به نام او که یاد داد و قدرت پدر و مادر را به ما ارزانی داشت.

به نام او که پدر و مادر را منت و نعمت قرار داد.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که به من چگونه زیستن را آموختند.

تقدیم به آنان که دعای خیرشان بدرقه راهم بود.

تقدیم به آنان که در راه کسب علم و معرفت برای من آنچه در توان داشتند انجام دادند.

تقدیم به آنان که مشوق راه دانشم بودند.

امیدوارم بتوانم ادای دین کنم و به خواسته آنان جامه عمل بپوشانم.

خدایا عاقبت به خیری و عافیت و طول عمر را برای آنان از درگاهت مسئلت دارم.

تأییدیه هیات داوران

(برای پایان‌نامه)

یک نسخه اصل فرم مربوطه

چکیده

تداخل یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در سیستم‌های مخابراتی سلولی است، بنابراین ارزیابی تداخل یکی از کارهای اساسی برای آنالیز این سیستم‌ها می‌باشد. در دهه‌ی اخیر، روش دستیابی چندگانه‌ی مبتنی بر تقسیم فرکانس متعامد (OFDM)، به عنوان یک طرح نوین دستیابی برای نسل چهارم از شبکه‌های بی‌سیم شامل LTE و وایمکس در نظر گرفته شده است. یک مشکل مهم در سیستم-های مبتنی بر OFDM، تداخل بین سلولی است. این تداخل زمانی اتفاق می‌افتد که سلول‌های همسایه به طور همزمان از زیرحامل‌های یکسانی استفاده کنند که این منجر به کاهش عملکرد شبکه می‌شود. بنابراین، راه‌کارهای متفاوتی مانند کنترل توان، تکنیک‌های MIMO، روش‌های حذف تداخل، الگوریتم-های دکدینگ جدید و تخصیص بهینه‌ی منابع برای کاهش تداخل بین سلولی در شبکه‌های سلولی مبتنی بر OFDM مورد تحقیق قرار گرفته‌اند که در این پایان‌نامه، هر کدام از این تکنیک‌ها به طور اجمالی معرفی و بررسی می‌شوند. سپس دو تکنیک مهم شامل طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی و طرح شیب‌دهی آنتن برای مدیریت تداخل بین‌سلولی در سیستم‌های مبتنی بر OFDM به ویژه در سیستم LTE، ارائه و پیاده‌سازی می‌شوند و کارایی آنها در سیستم‌های نمونه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و با پیداکردن یک زاویه‌ی شیب بهینه برای آنتن و استفاده از آن در طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم عملکرد سیستم بهبود داده می‌شود.

کلید واژه‌ها: استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی، تداخل بین سلولی، شبکه‌های مبتنی بر OFDM، شیب‌دهی آنتن، مدیریت تداخل.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ه

فهرست جدول‌ها ..... ز

فهرست شکل‌ها ..... ح

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- ساختار پایان‌نامه ۳

فصل ۲- تداخل و سیر تکاملی استانداردهای داده ۴

۲-۱- مقدمه ۴

۲-۲- تداخل هم‌کانال ۵

۲-۳- تداخل کانال‌های مجاور ۸

۲-۴- تداخل بین‌سلولی ۹

۲-۵- سیر تکاملی استانداردهای داده ۱۱

۲-۵-۱- سیستم‌های موبایل نسل صفر (0G) ۱۱

۲-۵-۲- سیستم‌های سلولی نسل اول (1G) ۱۲

۲-۵-۲-۱- مدیریت تداخل در سیستم‌های نسل اول ۱۲

۲-۵-۳- سیستم‌های سلولی نسل دوم (2G) ۱۳

۲-۵-۳-۱- مدیریت تداخل در سیستم‌های نسل دوم ۱۴

۲-۵-۴- سیستم‌های سلولی نسل سوم (3G) ۱۵

۲-۵-۴-۱- مدیریت تداخل در سیستم‌های نسل سوم ۱۷

۲-۵-۵- سیستم‌های سلولی نسل چهارم (4G) ۱۸

۲-۵-۵-۱- دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانس متعامد (OFDM) ۱۹

۲-۵-۵-۲- معرفی سیستم LTE ۲۰

فصل ۳- مباحث تکنیکی LTE ۲۲

۳-۱- تکنیک‌های دستیابی چندگانه ۲۲

۳-۱-۱- طرح ارسال OFDMA در DL ۲۲

۳-۱-۱-۱- بلوک دیاگرام سیستم OFDMA ۲۳
۳-۱-۱-۲- مدولاسیون و دمدولاسیون توسط IDFT/DFT ۲۴
۳-۱-۱-۳- باند محافظ ۲۵
۳-۱-۲- نسبت پیک به متوسط توان (PAPR) ۲۶
۳-۱-۳- انحراف فرکانسی ۲۶
۳-۱-۴- طرح ارسال SC-FDMA در UL ۲۷
۳-۱-۴-۱- فرستنده‌ی SC-FDMA ۲۷
۳-۱-۴-۲- گیرنده‌ی SC-FDMA ۲۷
۳-۲- لایه‌ی فیزیکی ۲۸
۳-۲-۱- ساختار فریم لایه‌ی فیزیکی ۳۰
۳-۲-۲- مقایسه‌ی ارسال UL وDL ۳۱
۳-۳- لایه‌ی۲ (MAC ,RLC ,PDCP) ۳۱
۳-۳-۱- نگاشت کانال منطقی به کانال فیزیکی ۳۲
۳-۳-۲- اطمینان از تحویل داده (ARQ/HARQ) ۳۲
۳-۳-۳- انتخاب فرمت انتقال ۳۲
۳-۴- لایه‌ی۳ (RRC) ۳۳
۳-۴-۱- کنترل تداخل بین سلولی ۳۳
۳-۴-۲- مدیریت تحرک ۳۳
۳-۴-۳- کنترل توان و کنترل دینامیکی نرخ داده ۳۳
۳-۵- برنامه‌ریزی منابع رادیویی ۳۴
فصل ۴- تکنیک‌های کاهش و مدیریت تداخل در سیستم‌های 4G ۳۵
۴-۱- مقدمه ۳۵
۴-۲- کنترل توان ۳۷
۴-۲-۱- کنترل توان جزئی ۳۸
۴-۲-۱-۱- کنترل توان جزئی حلقه باز ۳۸
۴-۲-۱-۲- کنترل توان جزئی حلقه بسته ۳۹
۴-۳- طرح‌های تخصیص فرکانس ۴۰
۴-۳-۱- استفاده‌ی مجدد از فرکانس ۴۰
۴-۳-۲- طرح‌های تخصیص فرکانس اولیه ۴۲
۴-۳-۲-۱- استفاده‌ی مجدد فرکانس با ضریب ۱ ۴۲

۴-۳-۲-۲- استفاده‌ی مجدد فرکانس با ضریب ۳ ..... ۴۳
۴-۳-۳- طرح‌های تخصیص فرکانس در شبکه‌های مبتنی بر OFDM ۵۱
۴-۳-۳-۱- سکتوربندی سلول ۵۱
۴-۳-۳-۲- استفاده‌ی مجدد فرکانس جزئی ۵۱
۴-۳-۳-۳- تقسیم ناحیه‌ی سلول با سکتوربندی ۵۳
۴-۳-۳-۴- استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم ۵۴
۴-۳-۳-۵- طرح ایزوله جزئی ۵۵
۴-۳-۳-۶- بارگذاری جزئی ۵۶
۴-۴- تکنیک‌های MIMO ۵۸
۴-۶- الگوریتم‌های دیکدینگ جدید ۵۹
۴-۵- نتیجه‌گیری ۶۰
فصل ۵- طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی ۶۰
۵-۱- مقدمه ۶۲
۵-۲- طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی ۶۳
۵-۲-۱- اشتراک‌گذاری عرض باند لبه‌ی سلول ۶۳
۵-۲-۲- اجتناب از استفاده‌ی مجدد PRB ۶۴
۵-۳- مدل‌کردن سیستم ۶۴
۵-۳-۱- مدل‌سازی منابع ۶۶
۵-۴- سناریوی شبیه‌سازی و نتایج ۶۷
فصل ۶- شیب‌دهی آنتن در شبکه‌های LTE ۷۱
۶-۱- شیب‌دهی آنتن ۷۲
۶-۲- مدل‌سازی شیب‌دهی مکانیکی آنتن ۷۳
۶-۲-۱- مدل‌سازی سه بعدی الگوی آنتن ۷۴
۶-۲-۲- مدل‌سازی سه بعدی شیب‌دهی مکانیکی آنتن ۷۵
۶-۳- تاثیر شیب‌دهی آنتن ۷۸
۶-۴- فرضیات شبیه‌سازی ۸۳
۶-۵- ارزیابی‌های سطح سیستمی ۸۵
۶-۵-۱- سناریوی ماکرو نوع ۱ ..... ۸۵
۶-۵-۲- اثر پهنای بیم آنتن ۹۱

۶-۵-۳- سناریوی ماکرو نوع ۳ ..... ۹۲
۶-۶- استفاده از شیب بهینه‌ی آنتن در طرح SFR ۹۴
نتایج و پیشنهادات ۹۶
فهرست مراجع ۹۷
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۰۰
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۰۳

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
نسبت سیگنال به نویز	$\frac{E_b}{N_0}$
تعداد حامل استفاده شده در یک سیستم OFDM	N_c
شاخص تلفات مسیر	n
عرض باند	W
واریانس نویز	N_o
توان ارسالی کاربر	P_{tx}
ماکزیمم توان ارسالی کاربر	$P_{\max}$
تعداد PRBهای اختصاص داده شده به یک کاربر	N_{PRB}
فاکتور جبران‌ساز تلفات مسیر	α
پارامتر انحراف مخصوص کاربر	Δ_{mcs}
اندازه‌ی کلاستر	N
شعاع سلول	R
ماکزیمم میرایی الگوی افقی	$A_{\phi,m}$
ماکزیمم میرایی الگوی عمودی	$A_{\theta,m}$
زاویه‌ی پهنای بیم نصف توان افقی	ϕ_{3dB}
زاویه‌ی پهنای بیم نصف توان عمودی	θ_{3dB}
گین افقی آنتن	$A(\phi)$
گین عمودی آنتن	$A(\theta)$
زاویه‌ی شیب آنتن	θ_{tilt}
توان سیگنال دریافتی	P_{rx}
گین الگوی آنتن	$A(\phi,\theta)$
تلفات مسیر	PL
اثرات سایه‌ی کانال	SF
فرکانس حامل	f_c

ارتفاع آنتن BS	h_{BS}
ارتفاع آنتن کاربر (UE)	h_{UE}
فاصله‌ی بین سایتی	ISD
تعداد کاربران هر سلول	M_l
تلفات مسیر بین کاربر m و BS سرویس دهنده‌اش	$\beta_{0,m}$
ماتریس تخصیص فرکانس مربوط به کاربران	$Y_{M_t \times N}$
ماتریس تخصیص فرکانس مربوط به BS ها	$X_{L \times N}$
بازه‌ی زمانی ارسال	TTI
بلوک فیزیکی منبع	PRB
تعداد کاربران کل سیستم	M_t
عرض باند PRB	W_{PRB}

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۱: پارامترهای مهم شبیه‌سازی طرح ASFR..... ۶۷
جدول ۶-۱: فرضیات شبیه‌سازی شیب‌دهی مکانیکی آنتن به سمت پایین..... ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: تداخل هم کانال..... ۵
شکل ۲-۲: حلقه‌ی اول و دوم از سلول‌های هم‌کانال برای اندازه‌ی کلاستر۷..... ۶
شکل ۲-۳: حلقه‌ی اول از سلول‌های هم‌کانال برای اندازه‌ی کلاستر۷..... ۷
شکل ۲-۴: تداخل ناشی از عملکرد غیرخطی فیلترها..... ۸
شکل ۲-۵: پدیده‌ی دور و نزدیک..... ۹
شکل ۲-۶: تداخل بین سلولی..... ۱۰
شکل ۲-۷: سیر تکاملی سیستم‌های مخابراتی..... ۱۱
شکل ۲-۸: دستیابی چندگانه‌ی تقسیم فرکانسی (FDMA)..... ۱۲
شکل ۲-۹: دستیابی چندگانه‌ی تقسیم زمانی (TDMA)..... ۱۳
شکل ۲-۱۰: سلول‌های هم کانال دور از هم..... ۱۴
شکل ۲-۱۱: دستیابی چندگانه‌ی تقسیم کد (CDMA)..... ۱۵
شکل ۲-۱۲: باندهای فرکانسی در WCDMA..... ۱۷
شکل ۲-۱۳: تکنیک OFDM در DL..... ۱۹
شکل ۳-۱: دو طرح ارسال متفاوت SC-FDMA و OFDMA..... ۲۲
شکل ۳-۲: بلوک دیاگرام یک سیستم ارسال چند حاملی با تکنیک OFDM [۴]..... ۲۴
شکل ۳-۳: نمایش باند محافظ در هر نمونه‌ی OFDM..... ۲۶
شکل ۳-۴: ساختار گیرنده و فرستنده در SC-FDMA و OFDMA [۱۳]..... ۲۸
شکل ۳-۵: ساختار UL و DL درTDD وFDD..... ۲۹
شکل ۳-۶: جدول فرکانس- زمان در LTE..... ۳۰
شکل ۴-۱: استفاده‌ی مجدد فرکانس با ضریب ۷..... ۴۱
شکل ۴-۲: استفاده‌ی مجدد فرکانس با ضریب یک (Reuse-1)..... ۴۳
شکل ۴-۳: استفاده‌ی مجدد فرکانس با اندازه‌ی کلاستر الف) سه و ب) هفت ۴۴
شکل ۴-۴: تداخل تجربه شده توسط یک کاربر در لبه‌ی سلول..... ۴۵
شکل ۴-۵: SINR لبه‌ی سلول برای ضرایب استفاده‌ی مجدد مختلف..... ۴۶
شکل ۴-۶: ظرفیت لبه‌ی سلول برای ضرایب استفاده‌ی مجدد مختلف..... ۴۷

شکل ۴-۷: تداخل تجربه شده توسط یک کاربر درمرکز سلول ۴۸
شکل ۴-۸: SINR مرکز سلول برای ضرایب استفاده‌ی مجدد مختلف ۴۹
شکل ۴-۹: ظرفیت مرکز سلول برای ضرایب استفاده‌ی مجدد مختلف ۵۰
شکل ۴-۱۰: سکتوربندی ° 120 ۵۱
شکل ۴-۱۱: استفاده‌ی مجدد فرکانس جزئی ۵۲
شکل ۴-۱۲: تقسیم ناحیه سلول با سکتوربندی ۵۳
شکل ۴-۱۳: استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم ۵۴
شکل ۴-۱۴: طرح تخصیص فرکانس دینامیک (پویا)[۲۲] ۵۶
شکل ۴-۱۵: ایزوله جزئی بسته به موقعیت [۲۲] ۵۶
شکل ۴-۱۶: بارگذاری جزئی ۵۸
شکل ۴-۱۷: شکل‌دهی پرتو ۵۹
شکل ۴-۱۸: دیکدینگ Sphere ۶۰
شکل ۵-۱: یک سیستم هفت سلولی با در نظر گرفتن طرح SFR ۶۵
شکل ۵-۲: مقایسه‌ی SINR طرح‌های متفاوت ۶۸
شکل ۵-۳: احتمال قطع برحسب بار ترافیکی ۶۹
شکل ۵-۴: ساختار شبیه‌سازی ۷۰
شکل ۶-۱: شیب‌دهی آنتن به دو روش الف)الکتریکی و ب)مکانیکی ۷۲
شکل ۶-۲: مقایسه‌ی پترن شیب داده شده‌ی مکانیکی و الکتریکی ۷۳
شکل ۶-۳: گین الگوهای عمودی و افقی آنتن ۷۵
شکل ۶-۴: مدل شیب مکانیکی آنتن ۷۷
شکل ۶-۵: گین عمودی آنتن برحسب فاصله با زوایای شیب متفاوت ۷۷
شکل ۶-۶: گین عمودی آنتن با توجه به فاصله و شیب ۷۸
شکل ۶-۷: مجموع گین مسیر و گین آنتن برحسب فاصله و شیب ۷۹
شکل ۶-۸: مجموع گین مسیر و گین آنتن برحسب فاصله ۸۰
شکل ۶-۹: شیب‌دهی آنتن در سناریوی 2-eNB ۸۰
شکل ۶-۱۰: SINR در برابر فاصله ۸۲
شکل ۶-۱۱: طرح شبکه‌ی سلولی ۸۳
شکل ۶-۱۲: توزیع تلفات مسیر ۸۶

شکل ۶-۱۳: توزیع توان ارسالی کاربر برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -58, \alpha = 0.6$ ۸۷
شکل ۶-۱۴: توزیع توان دریافتی برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -58, \alpha = 0.6$ ۸۸
شکل ۶-۱۵: متوسط توان دریافتی برای زوایای متفاوت..... ۸۸
شکل ۶-۱۶: توزیع SINR دریافتی برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -58, \alpha = 0.6$ ۸۹
شکل ۶-۱۷: توزیع بازدهی کاربر برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -58, \alpha = 0.6$ ۹۰
شکل ۶-۱۸: ظرفیت متوسط سلول و ظرفیت لبه‌ی سلول برحسب زوایای شیب متفاوت برای نوع ۱.... ۹۱
شکل ۶-۱۹: ظرفیت متوسط سلول و ظرفیت لبه‌ی سلول برای پهنای بیم های عمودی متفاوت..... ۹۱
شکل ۶-۲۰: توزیع توان ارسالی کاربر برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -64, \alpha = 0.6$ ۹۳
شکل ۶-۲۱: توزیع SINR دریافتی برای پارامترهای ثابت OLPC $P_0 = -64, \alpha = 0.6$ ۹۳
شکل ۶-۲۲: ظرفیت متوسط سلول و ظرفیت لبه‌ی سلول برحسب زوایای شیب متفاوت برای نوع۳..... ۹۴
شکل ۶-۲۳: طرح SFR در شبکه‌ی ۵۷ سلولی..... ۹۵
شکل ۶-۲۴: ظرفیت کاربران لبه‌ی سلول با توجه به افزایش بار ترافیکی..... ۹۵

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

تداخل موضوع مهمی در سیستم‌های مخابراتی سیار محسوب می‌شود زیرا:

- طیف فرکانسی یک منبع خیلی محدود است.
- تعداد متقاضیان به طور پیوسته افزایش می‌یابد.

تداخل یک عامل اساسی در کاهش کیفیت یا ازدست رفتن ارتباط می‌باشد و حتی می تواند باعث قطع شدن ارتباط به دلیل خطا شود. هنگامی که کاربران مختلف از بخش یکسانی از طیف در زمان یکسان استفاده می‌کنند، سیستم دچار تداخل می‌شود و کیفیت ارتباطات کاهش می‌یابد.

در سیستم‌های مخابراتی اولیه به علت اینکه تعداد کاربران در مقایسه با فرکانس‌های موجود کم بود، تداخل مساله‌ی مهمی محسوب نمی‌شد، اما در دهه‌های اخیر، تعداد کاربران به شدت افزایش یافته و موضوع تداخل در سیستم‌های مخابراتی بسیار مهم شده است.

از اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ صنعت مخابرات سلولی شاهد رشد قابل توجهی بوده است و امروزه شبکه‌های مخابرات سیار نسبت به آنچه که ابتدا تصور می‌شد، بسیار فراگیر شده‌اند. بنابراین، تضمین پوشش،کیفیت، نرخ ارسال لازم و اجتناب از تداخل شبکه‌ی سلولی، نیازمند طراحی هوشمندانه‌ی شبکه می‌باشد.

گسترش تقاضا در شبکه‌های سیار برای پشتیبانی از کاربردهای داده‌ای با بازده وکارایی طیفی بالا، باعث گسترش شبکه‌های نسل چهارم مبتنی بر OFDM[1] شامل WiMAX[2] و LTE[3]، شده است. مخابرات سیار نسل چهارم برای رسیدن به نرخ داده‌ی بالا، مبتنی بر تکنیک‌های OFDMA و عرض باندهای زیاد می‌باشد. در یک سیستم مبتنی بر OFDM، به علت اینکه زیرحامل‌ها برهم متعامدند، تداخل عمدتاً از سلول‌های همسایه که از زیرحامل‌های یکسان به طور همزمان استفاده می‌کنند، ناشی می‌شود. کاربران در لبه‌ی سلول معمولاً تداخل بین‌سلولی بیشتری را نسبت به کاربران مرکز سلول متحمل می‌شوند. بنابراین، مدیریت و کاهش تداخل بین‌سلولی در یک شبکه‌ی سلولی مبتنی بر OFDM، برای بهبودی ویژگی‌های عملکرد سیستم از قبیل پوشش، ظرفیت و پایداری ضروری و مهم است.

---

[1] Orthogonal Frequency Division Multiplexing

[2] Worldwide Interoperability for Microwave Access

[3] Long Term Evolution

تکنیک‌های مدیریت و کاهش تداخل، بیشتر از ۲۰ سال است که مورد بررسی قرار گرفته‌اند و با درجه‌های مختلفی از موفقیت گسترش یافته‌اند. یافته‌های قدیمی‌تر برای کاهش تداخل بین سیگنال‌های ارسالی، یا خاصیت عمود بودن سیگنال‌های ارسالی را در زمان، فرکانس و همچنین فضا مورد توجه قرار داده‌اند و یا اینکه حذف یا کاهش سیگنال‌های تداخلی از سیگنال مطلوب را هنگامی که خاصیت عمود بودن بین سیگنال اصلی (مطلوب) و تداخل کننده‌ها قابل دستیابی نباشد، مورد بررسی قرار داده‌اند.

در شبکه‌های سلولی مبتنی بر OFDM، یافته‌های متفاوتی مانند کنترل توان، تکنیک‌های فضایی، تکنیک‌های حذف تداخل، الگوریتم‌های دکدینگ جدید و تخصیص منابع برای کاهش تداخل استفاده می‌شود که همه‌ی این تکنیک‌ها را می‌توان در سه گروه عمده دسته‌بندی کرد که این گروه‌ها عبارتند از: ۱- تصادفی کردن تداخل، ۲- حذف تداخل و ۳- هماهنگی تداخل. هرکدام از این گروه‌ها به طور مختصر در فصل۴ این پایان‌نامه بررسی می‌شوند.

از دید لینکی، DL[1] دارای آنالیز آسانتری است زیرا اگر مکان ترمینال موبایل مطلوب (هدف) مشخص باشد، آنگاه فاصله‌ی بین همه‌ی ایستگاه‌های متداخل به آسانی توسط موقعیت هندسی شبکه تعیین می‌شود و بنابراین می‌توان تخمینی احتمالی برای SINR[2] در شرایط کانال فیدینگ، برای سیگنال‌های مطلوب و سیگنال‌های تداخل کننده به دست آورد. علاوه بر نویز AWGN، سیگنال مطلوب و سیگنال‌های متداخل تحت تاثیر سایه[3] نیز قرار می‌گیرند که دارای توزیع لگاریتمی نرمال هستند. در حالیکه، آنالیز تداخل UL[4]، نیاز به آگاهی از مکان ترمینال‌های موبایل مطلوب و همچنین مکان‌های مرتبط با همه‌ی ترمینال‌های موبایل‌های تداخل کننده دارد، به طوریکه مکان ترمینال‌های تداخل کننده و سرعت فضایی آنها متغیرهای فضایی هستند.

در این پایان‌نامه، دو طرح مؤثر برای مدیریت و کاهش تداخل، ارائه و پیاده‌سازی می شود. این دو طرح عبارتند از: ۱- طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی و ۲- طرح شیب‌دهی آنتن که این طرح‌ها در UL سیستم LTE بررسی می‌شوند. هر کدام از این طرح‌ها به تنهایی باعث بهبود بازده در لبه‌ی سلول می‌شوند ولی با ترکیب این دو طرح می‌توان عملکرد سیستم را در لبه‌ی سلول بهبود بیشتری بخشید.

[1] Downlink
[2] Signal to Interference plus Noise Ratio
[3] Shadowing
[4] Uplink

۱-۲- ساختار پایان‌نامه

در این تحقیق، با توجه به اینکه تداخل یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در سیستم‌های سلولی است، سعی کردیم روش‌های مدیریت و کاهش تداخل را در شبکه‌های سلولی موجود و آینده به خصوص در شبکه‌های مبتنی بر OFDM بررسی کنیم. در فصل۲، به معرفی تداخل و بررسی انواع آن می‌پردازیم در ادامه، سیر تکاملی استانداردهای داده و روش‌های مدیریت تداخل را در هر یک از نسل‌های سیستم-های مخابراتی بررسی می‌کنیم.

از آنجا که هدف پایان‌نامه مدیریت تداخل در سیستم‌های مبتنی بر OFDM (سیستم‌های نسل چهارم) به ویژه در سیستم LTE است، در فصل ۳، ابتدا به معرفی LTE و مباحث تکنیکی آن پرداخته، سپس در فصل ۴، انواع روش‌های مدیریت و کاهش تداخل را در سیستم‌های مبتنی بر OFDM بررسی می‌کنیم.

در فصل ۵ و ۶ دو طرح مؤثر برای مدیریت تداخل یعنی طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم تطبیقی و شیب‌دهی آنتن را در UL سیستم LTE، معرفی و پیاده‌سازی می‌کنیم. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این طرح‌ها، در انتهای هرکدام از فصل‌های مربوط به آن طرح، آمده است. این نتایج نشان می‌دهند که با به کارگیری این طرح‌ها می‌توان پوشش و ظرفیت سیستم را بهبود بیشتری بخشید. در انتهای فصل ۶ با پیدا کردن یک زاویه‌ی شیب بهینه برای آنتن و استفاده از آن در طرح استفاده‌ی مجدد فرکانس نرم، عملکرد سیستم را بهبود بیشتری می‌بخشیم و در نهایت نتایج و پیشنهادات را ارائه می‌دهیم.

فصل ۲– تداخل و سیر تکاملی استانداردهای داده

۲–۱– مقدمه

تداخل در اصطلاح به معنی ترکیب سیگنال‌های ناخواسته با سیگنال اصلی و مفید است. در مخابرات و الکترونیک به ویژه در ارتباطات از راه دور[1]، تداخل عاملی است که باعث تغییر و درهم‌گسیختگی سیگنال اصلی و مطلوب می‌شود و ظرفیت سیستم نیز با تداخل محدود می‌شود.

تداخل را بر اساس ماهیت و منبع آن می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

براساس ماهیت:

- ✓ تداخل هم‌کانال[2]: هنگامی که سیگنال‌های تداخل کننده دارای فرکانس یکسانی هستند، تداخل هم‌کانال اتفاق افتاده است.
- ✓ تداخل کانال‌های مجاور[3]: زمانی که سیگنال‌های متداخل دارای فرکانس‌های متفاوت ولی نزدیک به هم هستند، تداخل کانال‌های مجاور رخ داده است.

براساس منبع:

- ✓ تداخل درون سلولی[4]: وقتی سیگنال‌های تداخل کننده مربوط به یک سلول یکسان باشند، تداخل درون سلولی اتفاق می‌افتد.
- ✓ تداخل بین سلولی[5]: اگر سیگنال‌های تداخل کننده مربوط به سلول‌های همسایه باشند، تداخل بین‌سلولی رخ می‌دهد.

در این فصل با توجه به اینکه تداخل مسأله‌ی مهمی در سیستم‌های مخابراتی می‌باشد و عامل اساسی در کاهش کیفیت یا از دست رفتن ارتباط می‌باشد، ابتدا به بررسی انواع تداخل شامل تداخل هم‌کانال، تداخل کانال‌های مجاور و تداخل بین‌سلولی می‌پردازیم. سپس ضمن معرفی اجمالی انواع سیستم‌های مخابراتی و سیر تکاملی استانداردهای داده، روش‌های مدیریت تداخل استفاده شده در هر یک از این سیستم‌ها را به طور مختصر بررسی می‌کنیم.

---

[1] Telecommunication
[2] Co-Channel Interference
[3] Adjacent-Channel Interference
[4] Intra-Cell Interference
[5] Inter-Cell Interference