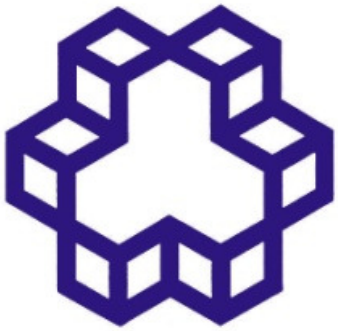
به‌نام خدا



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

تحلیل و شبیه‌سازی شکل‌دهی پرتو در شبکه‌های دوطرفه شناختگرمبتنی بر رله

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات- سیستم

نگارش:
سید حمید صفوی

استاد راهنما:
دکتر مهرداد اردبیلی‌پور

تابستان ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

پروردگارا

نه می‌توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، **سیاه** کنم،

و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، **مرهمی** دارم،

پس توفیقم ده که هر لحظه **شکرگزارشان** باشم،

و ثانیه های عمرم را در **عصای دست بودنشان** بگذرانم.

این مجموعه را به پدر و مادر و برادرعزیزم تقدیم می‌کنم که وجودشان مایه دلگرمی من است.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

تائیدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: **تحلیل و شبیه سازی شکل دهی پرتو در شبکه های دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله**

توسط آقای **سید حمید صفوی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه **کارشناسی ارشد** در رشته: **مهندسی برق-مخابرات** گرایش: **سیستم** با رتبه: مورد تائید قرار می دهند.

۱. استاد راهنما آقای دکتر مهرداد اردبیلی پور امضاء.....

۲. استاد ارزیاب آقای دکتر محامدپور امضاء.....

۳. استاد ارزیاب آقای دکتر سیدمحمدسجاد صدوق امضاء.....

۴. نماینده تحصیلات تکمیلی آقای دکتر محامدپور امضاء.....

اظهارنامه دانشجو

حق طبع و نشر

با تشکر از زحمات استاد گرامی

جناب آقای دکتر مهرداد اردبیلی‌پور

که این پایان‌نامه حاصل تلاش‌ها و پیگیری‌های فراوان ایشان می‌باشد.

همچنین با تشکر از دانشجویان آزمایشگاه طیف گسترده که با فراهم کردن محیطی آرام به پیشبرد این پروژه کمک شایانی کردند.

با تشکر از مؤسسه تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات که طی قرارداد شماره ۵۰۰/ ۱۹۲۴۰/ت تاریخ ۹۰/۱۲/۲۸ این پایان‌نامه را تحت حمایت مادی و معنوی خویش قرار دادند.

چکیده:

شبکه رادیوی شناختگر (CR) به دلیل ارائه روشی در جهت استفاده بهینه از طیف فرکانسی، توجه فراوانی را به خود جلب کرده است. در روش Underlay، ارتباط بین کاربران ثانویه در حضور کاربران اولیه، هم‌زمان و بر روی یک طیف فرکانسی یکسان و همچنین با تضمین اینکه تداخل حاصل از یک سطح آستانه بیشتر نباشد، امکان‌پذیر می‌باشد. در این پایان‌نامه با آگاهی از اینکه تعداد کاربران تخصیص یافته در روش Overlay بیشتر می‌باشد، روش Underlay به دلیل مزایای آن در سهولت پیاده‌سازی استفاده شده است. همچنین قدرت بالای مخابرات مشارکتی در حل مشکل توان کم ارسالی و محدوده پوشش کم مدل Underlay به دلیل شرط دمای تداخل منجر به معرفی شبکه-های شناختگر مبتنی بر رله شده است. اخیراً روش شکل‌دهی پرتو با بهینه کردن توان ارسالی گره-های میانی برای کم کردن تداخل پیشنهاد شده است. در این بین برای افزایش بازدهی طیفی و همچنین از نظر پیاده‌سازی، شبکه دوطرفه برای استفاده در شبکه رادیوی شناختگر مبتنی بر رله پیشنهاد می‌شود. در این پایان‌نامه استفاده از شکل‌دهی پرتو در شبکه دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله را برای بهبود عملکرد شبکه پیشنهاد می‌کنیم.

ابتدا تداخل حاصل بر روی گیرنده کاربر اولیه با قید تضمین کیفیت سیگنال به نویز در گیرنده فرستنده-گیرنده‌ها[1] را در شبکه دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله با اطلاع کامل از تمامی ضرایب کانال حل می‌کنیم. سپس به دلیل مجزا بودن شبکه ثانویه از شبکه اولیه و در اختیار نبودن ضرایب لحظه‌ای لینک کانال تداخل، اطلاعات آماری مرتبه دوم آن لینک فرض شده و مسئله مجدداً حل می‌شود. همچنین شکل‌دهنده پرتو برای بیشینه کردن کیفیت سیگنال به نویز در گیرنده فرستنده-گیرنده‌ها با قید برآورده کردن دمای تداخل گیرنده کاربر اولیه در دو حالت در اختیار داشتن اطلاعات کامل ضرایب کانال و آمارگان مرتبه دوم لینک تداخل حل شده است. این مسائل در حالت کلی غیر محدب می‌باشند. با استفاده از روش SDR، تبدیل به مسائل محدب می‌شوند که می‌توان آن‌ها را با نرم-افزارهای مشهوری همچون CVX حل کرد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که عدم اطلاع از ضرایب لحظه‌ای کانال‌ها می‌تواند بر روی عملکرد سیستم تأثیرگذار باشد.

کلمات کلیدی: مخابرات مشارکتی، شبکه‌های دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله، شکل‌دهی پرتو گره میانی، برنامه‌ریزی بر روی مخروط‌های درجه دوم، برنامه‌ریزی بر روی ماتریس‌های نیمه معین مثبت

---

[1] Transceivers

فهرست عناوین

صفحه

فصل اول : مقدمه..... ۱
۱.۱ کلیات..... ۲
۲.۱ نوآوری و پیشنهادات پایان نامه..... ۳
۳.۱ طرح کلی پایان نامه..... ۳
فصل دوم: مخابرات بی سیم..... ۵
۱.۲ مقدمه..... ۶
۲.۲ محوشوندگی..... ۷
۱.۲.۲ اثر افت مسیر..... ۸
۲.۲.۲ اثر سایه..... ۹
۳.۲.۲ اثر چندمسیرگی..... ۹
۳.۲ دایورسیتی..... ۱۱
۱.۳.۲ دایورسیتی زمانی..... ۱۲
۲.۳.۲ دایورسیتی فرکانسی..... ۱۲
۳.۳.۲ دایورسیتی فضایی..... ۱۳
۴.۲ مخابرات مشارکتی..... ۱۳
فصل سوم: شکل دهی پرتو در شبکه های دوطرفه مشارکتی..... ۱۴
۱.۳ مقدمه..... ۱۵
۲.۳ شکل دهی پرتو..... ۱۵
۱.۲.۳ شکل دهی پرتو بر اساس اطلاعات آماری مرتبه دوم..... ۱۵
۱.۱.۲.۳ مدل سیستم..... ۱۶
۲.۱.۲.۳ بیشینه کردن نسبت سیگنال به نویز..... ۱۸
۳.۱.۲.۳ نتایج شبیه سازی..... ۱۹
۲.۲.۳ شکل دهی پرتو رتبه کلی بر اساس اطلاعات آماری مرتبه دوم..... ۲۱
۱.۲.۲.۳ مدل سیستم..... ۲۲
۲.۲.۲.۳ نتایج شبیه سازی..... ۲۴
۳.۳ شبکه دوطرفه..... ۲۷
۱.۳.۳ مدل شبکه..... ۲۷
۴.۳ شکل دهی پرتو در شبکه دوطرفه مشارکتی..... ۲۹
۱.۴.۳ مسئله کمینه کردن توان مصرفی کل شبکه..... ۳۲
۱.۱.۴.۳ شیوه محاسبه ضرایب شکل دهی پرتو در رله ها..... ۳۵
۲.۱.۴.۳ نتایج شبیه سازی..... ۳۵
۲.۴.۳ مسئله کمینه کردن توان مصرفی رله ها..... ۳۷
۱.۲.۴.۳ نتایج شبیه سازی..... ۳۸
۳.۴.۳ مسئله متعادل سازی نسبت سیگنال به نویز..... ۳۹
۱.۳.۴.۳ نتایج شبیه سازی..... ۴۱

۴ فصل چهارم: شکل دهی پرتو در شبکه های دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله ۴۲
۱.۴ شبکه رادیوی شناختگر ۴۳
۱.۱.۴ مدل Interweave ۴۵
۲.۱.۴ مدل Underlay ۴۵
۳.۱.۴ مدل Overlay ۴۶
۲.۴ شکل دهی پرتو در شبکه های شناختگر مشارکتی ۴۷
۳.۴ شکل دهی پرتو در شبکه های دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله ۴۹
۴.۴ مدل سیستم ۴۹
۵.۴ متعادل سازی نسبت سیگنال به نویز با اطلاعات لحظه ای ضرایب کانال ۵۱
۱.۵.۴ بیان مسئله ۵۱
۲.۵.۴ نتایج شبیه سازی ۵۶
۶.۴ کمینه کردن تداخل با اطلاعات لحظه ای ضرایب کانال ۵۹
۱.۶.۴ بیان مسئله ۵۹
۲.۶.۴ نتایج شبیه سازی ۶۰
۷.۴ متعادل سازی نسبت سیگنال به نویز با اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال ۶۴
۱.۷.۴ بیان مسئله ۶۴
۱.۱.۷.۴ بدون کنترل تداخل بر گیرنده کاربر اولیه در بازه زمانی اول ۶۵
۲.۱.۷.۴ کنترل تداخل بر گیرنده کاربر اولیه در بازه زمانی اول ۷۱
۲.۷.۴ نتایج شبیه سازی ۷۲
۸.۴ کمینه کردن تداخل با اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال ۷۵
۱.۸.۴ بیان مسئله ۷۵
۱.۱.۸.۴ بدون کنترل تداخل در بازه زمانی اول ۷۵
۲.۱.۸.۴ کنترل تداخل در بازه زمانی اول ۷۵
۲.۸.۴ نتایج شبیه سازی ۷۶
۵ فصل پنجم: جمع بندی و ارائه پیشنهادات ۸۰
۱.۵ جمع بندی ۸۱
۲.۵ پیشنهادات ۸۲
۶ ضمیمه: قضیه رایلی-ریتز ۸۳
مقالات مستخرج از پایان نامه ۸۶
مراجع ۸۸

فهرست اشکال

صفحه

شکل ۲-۱ نمونه ای از انتشار سیگنال از مسیرهای مختلف و برخورد با موانع موجود در مسیر [۲]..... ۷
شکل ۲-۲ مدل Two-Ray [۳]..... ۸
شکل ۲-۳ اثرات افت مسیر، اثر سایه و چندمسیرگی [۳]..... ۱۰
شکل ۲-۴ شاخه های مختلف دایورسیتی [۴]..... ۱۱
شکل ۳-۱ شبکه مشارکتی با r رله (گره میانی) [۱۳]..... ۱۶
شکل ۳-۲ بیشینه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب توان ارسالی در دسترس رله ها برای مقادیر مختلف αg و $\alpha f = -5dB$..... ۲۰
شکل ۳-۳ بیشینه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب توان ارسالی در دسترس رله ها برای مقادیر مختلف αf و $\alpha g = -5dB$..... ۲۱
شکل ۳-۴ شبکه مشارکتی با یک رله چندآنتنه [۱۴]..... ۲۲
شکل ۳-۵ مقایسه عملکرد شکل دهی پرتو رتبه یک و رتبه کامل..... ۲۴
شکل ۳-۶ مقایسه عملکرد شکل دهی پرتو رتبه یک و رتبه کامل..... ۲۵
شکل ۳-۷ نسبت سیگنال به نویز بر حسب فاکتور وابستگی..... ۲۶
شکل ۳-۸ کمینه توان مصرفی رله بر حسب فاکتور وابستگی..... ۲۷
شکل ۳-۹ روش های دوطرفه..... ۲۸
شکل ۳-۱۰ شبکه دوطرفه مشارکتی [۲۵]..... ۳۱
شکل ۳-۱۱ متوسط توان مصرفی کل شبکه، توان مصرفی فرستنده ها و توان مصرفی رله ها برحسب سطح آستانه SNR، $\sigma f12 = \sigma f22 = 0dB$..... ۳۶
شکل ۳-۱۲ متوسط توان مصرفی کل شبکه، توان مصرفی فرستنده ها و توان مصرفی رله ها برحسب سطح آستانه SNR، $\sigma f12 = 7dB, \sigma f22 = 3dB$..... ۳۶
شکل ۳-۱۳ متوسط توان مصرفی کل شبکه، توان مصرفی فرستنده ها برحسب $\sigma f12$ برای $\sigma f22$ های مختلف..... ۳۷
شکل ۳-۱۴ توان متوسط مصرفی رله ها و فرستنده ها و توان کل شبکه بر حسب سطح آستانه SNR..... ۳۹
شکل ۳-۱۵ نسبت سیگنال به نویز بر حسب توان کل مصرفی شبکه برای دو حالت: الف) $\sigma f12 = \sigma f22 = 0dB$ ب) $\sigma f12 = 3dB, \sigma f22 = 0dB$..... ۴۱
شکل ۴-۱ چارت تخصیص طیف در FCC..... ۴۴
شکل ۴-۲ مدل Underlay..... ۴۶
شکل ۴-۳ مدل Overlay..... ۴۷
شکل ۴-۴ روش ارسال استفاده شده در [۳۴]..... ۴۸
شکل ۴-۵ مدل سیستم پیشنهادی برای شبکه رادیوی شناختگر دوطرفه مشارکتی..... ۵۰
شکل ۴-۶ مقدار متوسط بیشینه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب دمای تداخل برای مقادیر متفاوت k..... ۵۷
شکل ۴-۷ مقدار کل توان مصرفی گره های میانی بر حسب دمای تداخل برای مقادیر متفاوت k..... ۵۸

شکل ۴-۸ مقدار متوسط بیشینه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب دمای تداخل برای مقادیر مختلف کیفیت کانال ۵۸
شکل ۴-۹ مقدار متوسط بیشینه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب کل توان مصرفی گره های میانی برای مقادیر متفاوت k ۵۹
شکل ۴-۱۰ مقدار متوسط توان تداخل بر حسب آستانه سیگنال به نویز کاربران ثانویه برای مقادیر مختلف k ۶۱
شکل ۴-۱۱ مقدار متوسط توان تداخل بر حسب آستانه سیگنال به نویز $\gamma 2$ برای مقادیر مختلف k در حالت $\gamma 1 = 0dB$ ۶۲
شکل ۴-۱۲ مقدار متوسط توان مصرفی گره های میانی بر حسب آستانه سیگنال به نویز کاربران ثانویه برای مقادیر متفاوت k ۶۳
شکل ۴-۱۳ احتمال شدنی بودن رابطه (۴-۲۹) برحسب سطح آستانه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول برای مقادیر متفاوت k ۶۳
شکل ۴-۱۴ (a) شبکه دوطرفه شناختگر مبتنی بر رله پیشنهادی (b) کانال ها و لینک های تداخل ۶۴
شکل ۴-۱۵ نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب آستانه تداخل بدون کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: روشAF، اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال، اطلاعات کامل کانال ۷۴
شکل ۴-۱۶ نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بر حسب آستانه تداخل با کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: روشAF، اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال، اطلاعات کامل کانال ۷۴
شکل ۴-۱۷ توان تداخل بر گیرنده کاربر اولیه بر حسب آستانه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بدون کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال ۷۶
شکل ۴-۱۸ توان تداخل بر گیرنده کاربر اولیه بر حسب آستانه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول با کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال، اطلاعات کامل کانال ۷۷
شکل ۴-۱۹ نمودار احتمال شدنی بودن رابطه (۴-۵۹) بر حسب آستانه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول بدون کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال ۷۸
شکل ۴-۲۰ نمودار احتمال شدنی بودن رابطه (۴-۵۹) بر حسب آستانه نسبت سیگنال به نویز قابل حصول با کنترل تداخل در بازه زمانی اول برای حالت های مختلف: اطلاعات آماری مرتبه دوم کانال، اطلاعات کامل کانال ۷۸

فهرست اختصارات

ANC: Analogue Network Coding

AWGN: Additive White Gaussian Noise

BS: Base Station

EGC: Equal Gain Combining

FCC: Federal Communication Commission

KKT: Karush–Kuhn–Tucker

MABC: Multiple Access Broadcast

MIMO: Multiple Input Multiple Output

MMSE: Minimum Mean Square Error

MRC: Maximal Ratio Combining

OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing

PNC: Physical Layer Network Coding

SC: Selection Combining

SDMA: Space Division Multiple Access

SDP: Semi Definite Programming

SDR: Semi Definite Relaxation

SNR: Signal to Noise Ratio

TDBC: Time Division Broadcasting

UWB: Ultra Wide Band

ZF: Zero Forcing

فصل اول : مقدمه

۱.۱ کلیات

نیاز رو به رشد کاربران به سرویس‌های چند رسانه‌ای بی‌سیم و اینترنت در کنار ازدیاد سامانه‌های مخابراتی، باعث افزایش توجه محققین در طراحی ساختار سیستم مخابراتی بی‌سیم جدید با سرعت بالا، قابلیت اطمینان و با هزینه مناسب شده‌است. به‌کارگیری روش‌های MIMO[1] عمدتاً به دلیل اندازه و محدودیت‌های توان در قطعات تلفن همراه سلولی همانند شبکه‌های حسگر بی‌سیم و شبکه‌های اقتضایی[2]، همیشه امکان‌پذیر نمی‌باشد. رویکرد نوآورانه برای استفاده از مزایای دایورسیتی فضایی بدون به‌کارگیری آنتن‌های متعدد، دایورسیتی مشارکتی می‌باشد که امروزه با عنوان *مخابرات مشارکتی* از آن یاد می‌شود.

شبکه های دوطرفه مشارکتی بر اساس بازه‌های زمانی که برای ارسال یک دور اطلاعات استفاده می‌کنند، در کل به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: الف) دو شبکه یک‌طرفه ب) تقسیم زمانی و پخش (TDBC[3]) پ) دسترسی چندگانه و پخش (MABC[4]) که در فصل سوم به معرفی آن‌ها خواهیم پرداخت. امروزه برای حذف تداخل کاربران بر روی سلول مجاور در مخابرات بی‌سیم، روش شکل‌دهی پرتو پیشنهاد شده است. این روش از تمامی گره‌های میانی برای برقرای ارتباط استفاده می‌کند و برای هر گره میانی ضریب شکل‌دهی پرتو نسبت می‌دهد. هر گره میانی بسته به ضریب خود از کسری از توان خود برای ارسال استفاده می‌کند تا شبکه بهترین عملکرد را داشته باشد.

در دهه اخیر رشد روز افزون کاربران شبکه مخابراتی، باعث ناکارآمدی سیاست تخصیص ثابت طیف فرکانسی شده است. بنابراین باید در جستجوی راهکاری بود تا از طیف فرکانسی به طور بهینه استفاده شود. شبکه رادیوی شناختگر، دستیابی پویا به طیف را از طریق به اشتراک گذاشتن کانال با کاربران دارای مجوز استفاده از طیف به صورت فرصت‌طلبانه امکان‌پذیر می‌سازد. مدل‌های شبکه رادیوی شناختگر را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: مدل Interweave، مدل Underlay و مدل Overlay که در فصل چهارم به بررسی آن‌ها پرداخته شده است.

---

[1] Multiple-Input-Multiple-Output

[2] Ad-hoc Networks

[3] Time Division Broadcasting

[4] Multiple Access Broadcasting

۲.۱ نوآوری و پیشنهادات پایان‌نامه

در این پایان‌نامه شکل‌دهی پرتو به عنوان ابزاری برای کنترل تداخل کاربران ثانویه در مدل Underlay بر روی کاربران اولیه که شبکه ثانویه به صورت دوطرفه از طیف کاربر اولیه استفاده می‌کند، پیشنهاد شده است. دو مسئله متعادل‌سازی نسبت سیگنال به نویز در گیرنده فرستنده-گیرنده‌ها به شرط تضمین قید دمای تداخل[1] و همچنین مسئله کمینه کردن توان تداخل به شرط تضمین کیفیت سیگنال (QoS) در گیرنده فرستنده-گیرنده‌ها بررسی و نتایج شبیه‌سازی بیان می‌شود. به دلیل مجزا بودن دو شبکه اولیه و ثانویه در مدل Underlay فرض داشتن ضرایب لحظه‌ای لینک تداخل منطقی نمی‌باشد. بنابراین در ادامه مسائل فوق با فرض اطلاع از آمارگان مرتبه دوم لینک تداخل بررسی می‌شود و اثر ابهام در ضرایب کانال با ارائه نمودارهای شبیه‌سازی نشان داده می‌شود. در این بین به این نکته که کنترل تداخل در بازه زمانی اول می‌تواند به تضمین تخطی نکردن از آستانه دمای تداخل منجر شود، توجهی نشده است. بنابراین مسائل فوق دوباره برای دو حالت با کنترل تداخل دربازه زمانی اول و بدون کنترل تداخل در بازه زمانی اول تکرار خواهد شد.

۳.۱ طرح کلی پایان‌نامه

در فصل دوم، محوشوندگی به‌عنوان اساسی‌ترین چالش در طراحی شبکه‌های بی‌سیم که ناشی از طبیعت چند مسیری و متغیر با زمان است، معرفی می‌شود. از میان روش‌های مختلف، دایورسیتی به‌عنوان یکی از مؤثرترین تکنیک‌ها برای غلبه بر تاثیرات مخرب محوشوندگی به‌عنوان مبنا انتخاب می‌شود. در ادامه دایورسیتی فضایی به‌دلیل مزایای آن از دیدگاه تاخیر و بازدهی طیفی، به عنوان روش مناسب پیشنهاد می‌شود. اما به‌دلیل عدم امکان پیاده‌سازی عملی در پایانه‌های کوچک، روشی جایگزین مبتنی بر مخابرات مشارکتی، موسوم به دایورسیتی مشارکتی برای اجتناب از این مشکلات و بهره‌گیری از مزایای آن مطرح می‌شود.

در فصل سوم، یکی از روش‌های ساده بهبود عملکرد شبکه مشارکتی، افزودن تعداد کاربران به عنوان رله بیان خواهد شد. این افزایش منجر به افزایش مرتبه دایورسیتی شده و عملکرد شبکه را بهبود می‌دهد. افزایش کاربران با این هدف مشکلاتی نیز به همراه دارد. افزایش توان مصرفی شبکه و نیاز به منابع زمانی و فرکانسی بیشتر (در صورت ارسال متعامد) نمونه‌هایی از این مشکلات هستند. بنابراین

[1] Interference Temperature

محققین در پی کمینه کردن توان مصرفی شبکه برآمدند. ایده‌هایی همچون انتخاب رله، شکل‌دهی پرتو برای حل این مشکلات مطرح شدند. همچنین برای افزایش بازدهی طیفی، شبکه دوطرفه و روش‌های آن معرفی شدند. روش MABC به لحاظ بازدهی بیشتر طیفی در این پایان‌نامه انتخاب می‌شود. پس از مرور چندین کار انجام‌شده در این زمینه، یکی از کارهایی که اخیراً انجام شده به تفصیل بررسی خواهد شد که سه مسئله کمینه‌کردن توان مصرفی کل، کمینه‌کردن توان مصرفی رله‌ها و متعادل‌سازی نسبت سیگنال به نویز بررسی و نتایج شبیه‌سازی بیان خواهد شد.

سپس در فصل چهارم به معرفی شبکه رادیوی شناختگر خواهیم پرداخت. این شبکه به دلیل افزایش تقاضا برای استفاده از طیف توسط Mitola در دهه اخیر مطرح شده‌است. در ادامه به بیان سه مدل شبکه رادیوی شناختگر خواهیم پرداخت. در این بخش عنوان می‌شود که در مدل Interweave، نیاز به حس طیف می‌باشد و کاربران ثانویه هنگامی می‌توانند از طیف کاربران اولیه استفاده کنند که کاربر اولیه در حال استفاده از طیف نباشند. به عبارتی کاربران ثانویه باید در جستجوی حفره‌های طیفی[1] باشند. همچنین باید از پویایی کافی برخوردار باشند تا هنگام بازگشت کاربر اولیه، از حفره طیفی مناسب دیگری استفاده کنند. در مدل Underlay کاربران ثانویه نیاز به حس طیف ندارند و از این نظر پیچیدگی کمتری دارند، ولی تداخلی که حین ارسال همزمان بر روی کاربر اولیه دارند، نباید از یک سطح آستانه‌ای موسوم به دمای تداخل بیشتر باشد. در مدل Overlay کاربران ثانویه علاوه بر استفاده همزمان از طیف کاربران اولیه، به آن‌ها در ارسال اطلاعات کمک می‌کنند. به لحاظ آسان بودن پیاده‌سازی مدل Underlay، در این پروژه این مدل برای شکل‌دهی پرتو در شبکه دوطرفه شناختگر مشارکتی انتخاب خواهد شد. در ادامه و در فصل پنجم، با استفاده از شبکه رادیوی شناختگر به عنوان گامی در راستای افزایش بازدهی طیفی، شکل‌دهی پرتو برای شبکه دوطرفه شناختگر مشارکتی با عنوان نوآوری این پایان‌نامه بررسی خواهد شد. بدین منظور دو مسئله متعادل‌سازی نسبت سیگنال به نویز در گیرنده فرستنده-گیرنده‌ها و کمینه کردن تداخل در گیرنده کاربر اولیه در حالت‌های مختلف مطرح خواهند گردید.

[1] Spectrum holes

فصل دوم: مخابرات بی‌سیم

۱.۲ مقدمه

نیاز رو به رشد کاربران به سرویس‌های چند رسانه‌ای بی‌سیم و اینترنت در کنار ازدیاد سامانه‌های مخابراتی، باعث افزایش توجه محققین در طراحی ساختار سیستم مخابراتی بی‌سیم جدید با سرعت بالا، قابلیت اطمینان و با هزینه مناسب شده‌است. در دو دهه گذشته پیشرفت چشمگیر تئوری مخابرات با معرفی ارتباطات چند ورودی - چند خروجی (MIMO) گسترش یافته است که منجر به طرح‌های عملی همچون طراحی کدهای زمان – فضا[۱] و یا تسهیم فضا[۲] شده‌است. بسیاری از سیستم‌ها توانستند از طریق استفاده از چند آنتن در سمت فرستنده و یا گیرنده بهبود قابل قبولی در قابلیت اطمینان شبکه و بازدهی طیفی داشته‌باشند. روش‌های چند آنتنه راهکار مناسبی برای استفاده در ایستگاه پایه[۳] می‌باشند و قبلاً در استاندارد نسل سوم مخابرات سلولی استفاده شده‌اند. بسیاری از تکنیک‌های MIMO امروزه همچنین بخشی از استانداردهای مخابرات بی‌سیم همچون IEEE802.11(WiFi)، IEEE802.16(WiMax)، IEEE802.20(MBWA[۴]) می‌باشند.

به‌کارگیری روش‌های MIMO عمدتاً به دلیل اندازه و محدودیت‌های توان در قطعات تلفن همراه سلولی همانند شبکه‌های حسگر بی‌سیم و شبکه‌های اقتضایی، همیشه امکان‌پذیر نمی‌باشد. رویکرد نوآورانه برای استفاده از مزایای دایورسیتی فضایی بدون به‌کارگیری آنتن‌های متعدد، دایورسیتی مشارکتی می‌باشد که امروزه با عنوان *مخابرات مشارکتی* از آن یاد می‌شود [۱].

در این فصل ابتدا به بررسی محوشوندگی به عنوان مشکل اساسی شبکه‌های بی‌سیم می‌پردازیم. سپس با معرفی دایورسیتی برای رفع این مشکل، رویکرد مخابرات مشارکتی را بیان می‌کنیم.

---

[1] Space-Time Coding

[2] Spatial Multiplexing

[3] Base Station

[4] Mobile Broadband Wireless Access