بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای میثم حیدری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی تاثیر کدینگ کانال سیستم اولیه بر روی ظرفیت سیستم ثانویه در شبکه های رادیویی شناختی در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۴ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مخابرات پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر حمید سعیدی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی متین فر	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد صنیعی آباده	استادیار	
استاد ناظر	دکتر حسین صمیمی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر مهدی متین فر	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه در سامانه مورد تائید است
امضای کارشناس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/رساله و درآمدهای حاصل از آن‌ها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدیدآورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از *پایان‌نامه/رساله* به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تأیید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب میثم حیدری دانشجوی رشته مهندسی برق (مخابرات سیستم) ورودی سال تحصیلی ۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان نامه/رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع به نام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: .....

تاریخ: ۹۲/۳/۵

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این‌که چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال

در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار

خانم/جناب آقای دکتر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر

و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند: دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب میثم حیدری دانشجوی رشته مهندسی برق (مخابرات سیستم) مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: میثم حیدری

تاریخ و امضا: ۹۴/۳/۵

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق–مخابرات سیستم

بررسی تأثیر کدینگ کانال سیستم اولیه بر روی ظرفیت سیستم ثانویه در شبکه‌های رادیویی شناختی

میثم حیدری

استاد راهنما:
دکتر حمید سعیدی

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

بابت همه زحمات جبران ناپذیرشان

تشکر و قدردانی

سپاس‌گذاری و قدردانی از الطاف خداوند در همه امور زندگی، بر من واجب است. خداوند را سپاس می‌گذارم که فرصت تشکر و قدردانی از زحمات کسانی را که در امور مختلف زندگی در کنارم بوده‌اند، به من داده است. در ابتدا از پدر و مادر و خانوده‌ام تشکر می‌کنم که همیشه و همه جا مرا مورد حمایت بی‌دریغ خود قرار دادند تا با آرامش روحی و آسایش فکری به این مرحله از مسیر علم و دانش برسم.

سپس از جناب آقای دکتر حمید سعیدی به عنوان استاد راهنمای پایان‌نامه اینجانب، تشکر لازم را به عمل می‌آورم که هیچ‌گاه روی خوش و راهنمایی‌های خود را در برخورد با من دریغ نکردند.

هم‌چنین از جناب آقای مهندس نادر مکاری، دانشجوی دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس که با انتقال تجربیات خویش به من کمک نمودند، سپاسگزاری می‌نمایم.

در نهایت از اساتید دانشگاه تربیت مدرس که همگی از اخلاق و منش خوب استادی برخوردار بودند تشکر می‌کنم و آرزومندم همواره در اعتلا و ارتقا دانشجویان و دانشگاه موفق و مؤید باشند.

میثم حیدری

بهمن ۹۱

چکیده

در این پایان‌نامه، اثر کدینگ کانال سرویس اولیه را روی ظرفیت سرویس ثانویه در شبکه‌های رادیوی شناختی با سیاست آستری بررسی می‌کنیم. مهم‌ترین مسئله چالش برانگیز در شبکه‌های شناختی، مدیریت تداخل فعالیت سرویس ثانویه روی عمل‌کرد کاربران اولیه است. این عمل‌کرد با در نظر گرفتن قید آستانه تداخل محافظت می‌گردد. با کاهش مقدار تداخل قابل قبول، ظرفیت سیستم ثانویه کاهش می‌یابد. از طرف دیگر قید آستانه تداخل راحت‌گیرانه، کیفیت سرویس اولیه را کاهش می‌دهد. در عین حال، استفاده از کدینگ کانال در سرویس اولیه می‌تواند با بهبود کیفیت سرویس به ازای مقداری کاهش در نرخ داده مؤثر، اجازه تداخل بیش‌تر از شبکه ثانویه را بدهد. این تداخل بیش‌تر منجر به افزایش ظرفیت در شبکه ثانویه می‌گردد. برای بررسی کمی چنین افزایشی، یک مسئله تخصیص منابع در کانال فروسوی شبکه ثانویه با هدف بیشینه کردن نرخ مجموع لحظه‌ای و ارگادیک کاربران ثانویه به همراه قید توان کل و قید آستانه تداخل، در نظر گرفته‌ایم. سپس نرخ کدهای مختلف برای سرویس اولیه منظور کرده‌ایم و آستانه تداخل را روی هر زیرحامل برای رسیدن به احتمال خطای بیت سرویس اولیه مطلوب، تطبیق داده‌ایم. با حل مسائل تخصیص منابع به دست آمده، مشاهده می‌کنیم که با پذیرش یک کاهش کوچک در نرخ داده مؤثر سرویس اولیه، نرخ مجموع کاربران ثانویه می‌تواند به مقدار قابل توجهی زیاد شود. این ازدیاد هنگامی‌که مقدار توان کل برای کاربران ثانویه افزایش می‌یابد، بیش‌تر (حتی تا دوبرابر) خود را نمایان می‌سازد. در نهایت، تأثیر استفاده از آستانه تداخل ثابت یا متغیر روی زیرحامل‌های مختلف را بر احتمال قطع نرخ خطای سرویس اولیه مقایسه کرده‌ایم. ما نشان می‌دهیم که برخلاف حالت آستانه تداخل ثابت روی زیرحامل‌ها، با استفاده از آستانه تداخل متغیر روی زیرحامل‌ها می توانیم احتمال قطع داده شده برای کاربران اولیه را همانند وضعیتی که فعالیت ثانویه وجود ندارد، تضمین نماییم. چنین مزیتی بدون ایجاد هزینه بر روی ظرفیت سرویس ثانویه فراهم می‌گردد به گونه‌ای که نرخ مجموع برای هر دو حالت تقریباً یکسان است.

کلید واژه: شبکه رادیوی شناختی، کد کانال، تخصیص منابع، کیفیت سرویس اولیه، ظرفیت شبکه ثانویه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- پیش‌گفتار ۱

فصل ۲- پیش‌نیازها ۶

۲-۱- مروری بر رادیوی شناختی ۶

۲-۱-۱- مقدمه ۶

۲-۱-۲- عملکردهای رادیویی شناختی ۱۰

۲-۱-۳- دسترسی پویای طیف ۱۲

۲-۱-۴- مدل دمای تداخل ۱۳

۲-۱-۵- استانداردسازی رادیویی شناختی ۱۴

۲-۲- مروری بر سیستم‌های چند زیرحاملی ۱۶

۲-۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲-۲- مدیریت منابع در سیستم‌های چندزیرحاملی ۱۹

۲-۳- بهینه‌سازی مقید ۲۱

۲-۳-۱- روش لاگرانژین و شرایط بهینه‌سازی ۲۴

۲-۳-۲- روش زیرگرادیان ۲۵

۲-۳-۳- روش بیضی ۲۶

۲-۳-۴- دوگانی ۲۷

فصل ۳- بررسی تأثیر کدینگ کانال سرویس اولیه بر روی ظرفیت لحظه‌ای سرویس ثانویه ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- مدل سیستم ۳۵

۳-۳- ظرفیت لحظه‌ای و قیود کوتاه مدت ۳۹

۳-۳-۱- تعریف و حل مسئله ۳۹

۳-۳-۲- شبیه‌سازی ۴۳

۳-۳-۲-۱- سرویس اولیه با نرخ ۰٫۵ و کدبردار سخت و نرم ۴۳

۳-۳-۲-۲- سرویس اولیه با کد کانال با نرخ‌های متفاوت (پانکچرینگ) ۴۷

فصل ۴- بررسی تأثیر کدینگ کانال سرویس اولیه بر روی ظرفیت ارگادیک سرویس ثانویه ۵۰

۴-۱- مقدمه ۵۰

۴-۲- ظرفیت ارگادیک و قیود بلند مدت ۵۱

۴-۲-۱- تعریف و حل مسئله ۵۱

۴-۲-۲- شبیه‌سازی ۵۴

۴-۳- ظرفیت ارگادیک و قیود ترکیبی (بلند مدت و کوتاه مدت) ۵۶

۴-۳-۱- تعریف و حل مسئله ۵۶

۴-۳-۲- شبیه‌سازی ۵۹

۴-۴- مقایسه عمل‌کرد قید محافظت دمای تداخل (آستانه تداخل) و احتمال خطای داده ۶۲

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۸

ضمیمه أ - رابطه بین SNR و $Eb/N0$ ۷۳

ضمیمه ب - حد بالای ظرفیت ثانویه با در نظرگرفتن مقدار دقیق بهره g^{ps} ۷۴

فهرست مراجع ۷۵

واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی..... ۷۹

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۸۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ نمادگذاری ۳۷

جدول ۳-۲ مقادیر مورد استفاده در شبیه‌سازی ۴۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ بهره‌برداری از طیف [۴]..... ۷

شکل ۲-۲ حفره‌های طیف (یا فضاهای خالی طیف) [۴]..... ۹

شکل ۲-۳ تخصیص زیرحامل‌ها به کاربران در یک سیستم مبتنی بر OFDMA و بهره چندگانگی کاربران ۱۹

شکل ۲-۴ مفهوم سطح آب. $1SNR$ عکس نسبت سیگنال به نویز را نشان می‌دهد..... ۲۰

شکل ۳-۱ بهره کد در کانال AWGN [۴۰]..... ۳۴

شکل ۳-۲ احتمال خطای سیستم بدون کد و با کد کانولوشنال و کدبردار سخت و نرم..... ۳۴

شکل ۳-۳ ظرفیت کل (مجموع نرخ ارسال) شبکه ثانویه بر حسب تعداد کاربران ثانویه برای سه حالت بدون کد و با کد کانال با نرخ ۰,۵ به همراه کدبردار سخت و نرم..... ۴۶

شکل ۳-۴ احتمال خطای سیستم با کد کانولوشنال با نرخ‌های متفاوت..... ۴۸

شکل ۳-۵ ظرفیت کل (مجموع نرخ ارسال) شبکه ثانویه بر حسب نرخ کدهای متفاوت کد کانولوشنال (۷،۱،۲) و K= ۸..... ۴۹

شکل ۴-۱ ظرفیت ارگادیک کل (مجموع نرخ ارسال ارگادیک) شبکه ثانویه برحسب تعداد کاربران ثانویه برای سه حالت بدون کد و با کد کانال با نرخ ۰,۵ به همراه کدبردار سخت و نرم..... ۵۵

شکل ۴-۲ ظرفیت ارگادیک کل (مجموع نرخ ارسال ارگادیک) شبکه ثانویه برحسب تعداد کاربران ثانویه برای سه حالت بدون کد و با کد کانال با نرخ ۰,۵ به همراه کدبردار سخت و نرم..... ۶۰

شکل ۴-۳ ظرفیت کل (مجموع نرخ ارسال) شبکه ثانویه بر حسب نرخ کدهای متفاوت کد کانولوشنال (۷،۱،۲) و K= ۸ ..... ۶۱

شکل ۴-۴ ظرفیت متوسط کاربر ثانویه بر حسب آستانه تداخل‌های مختلف ۶۳

شکل ۴-۵ احتمال قطع کاربر اولیه در حالت تشریک طیفی با قید آستانه تداخل ۶۴

شکل ۴-۶ مقایسه ظرفیت متوسط شبکه ثانویه در دو سیاست آستانه تداخل و احتمال خطای داده ۶۵

شکل ۴-۷ احتمال قطع سرویس اولیه در سیاست آستانه تداخل و احتمال خطای داده ۶۶

فصل ۱– پیش‌گفتار

به کارگیری مخابرات بی‌سیم[1] در دنیای اطلاعات، همواره رو به رشد و گسترش بوده است. فناوری‌های موجود در این زمینه به طور دائم به سمت جابه‌جایی داده با سرعت و حجم بالا، توسعه پیدا کرده است و نیاز به افزایش سرعت و حجم داده انتقالی با کیفیت سرویس[2] قابل قبول هم‌چنان وجود دارد. با توجه به این مسئله استفاده از طیف فرکانسی به عنوان یک منبع رادیویی و سرمایه‌ای ملی در هر کشوری باید به شیوه‌ای کارآمد مدیریت شود. تا امروز تخصیص این منبع توسط یک نهاد تنظیم‌کننده[3] در هر کشور به صورت ایستا[4] انجام شده است. بررسی‌های سال‌های اخیر نشان داده است که شیوه تخصیص فعلی بازدهی پایینی دارد [۱، ۲]. با توجه به متقاضیان رو به رشد طیف فرکانسی و تخصیص ایستای آن،

[1] wireless communication
[2] Quality of Service (QoS)
[3] Regulatory
[4] static

نهادهای تنظیم‌کننده با کمبود این منبع روبرو هستند. به همین دلیل تخصیص بهینه و پویا[1]ی طیف رادیویی به عنوان یکی از محورهای تحقیقات دهه اخیر مورد توجه فراوان بوده است [۳، ۴].

تشریک طیفی[2] پیشنهادی جهت افزایش بازدهی استفاده از طیف است [۵، ۶]. شبکه اولیه[3] که مجوز استفاده از طیف را داراست اولویت بالای بهره‌برداری از فرکانس را دارد. با ایده تشریک طیفی شبکه ثانویه[4] می‌تواند به صورت فرصت‌طلبانه[5] از طیف استفاده نماید به شرطی که برای شبکه اولیه که مجوز استفاده از طیف را دارد، اختلال ایجاد نکند. شبکه‌های رادیوی شناختی[6] به عنوان راه حلی برای دست‌یابی به تشریک طیفی شناخته شده‌اند.

شبکه‌های رادیوی شناختی با اطلاعاتی که از محیط اطراف و سیستم مخابراتی با مجوز در اختیار دارند می‌توانند از حفره‌های طیفی[7] برای ارسال خود استفاده نمایند. حفره‌های طیفی به قسمت‌هایی از طیف گفته می‌شود، که توسط شبکه اولیه بدون استفاده (یا بدون استفاده کامل[8]) مانده‌اند. سیاست‌های گوناگونی برای طراحی شبکه‌های رادیوی شناختی ارایه شده است [۷]. دو سیاست کلی و مشهوری که بیش‌تر مورد توجه هستند، سیاست‌های پوششی[9] و آستری[10] می‌باشند.

در سیاست پوششی، شبکه ثانویه با حسگری[11] کل طیف، فرکانس‌هایی را که در آن‌ها سیگنال اولیه حضور ندارد، پیدا می‌کند و آن‌ها را مورد استفاده قرار می‌دهد. در صورتی‌که حسگری کامل و بدون خطا

---

[1] dynamic
[2] spectrum sharing
[3] Primary Network (PN)
[4] Secondary Network (SN)
[5] opportunistic
[6] Cognitive Radio Network (CRN)
[7] spectrum hole
[8] underutilized
[9] overlay
[10] underlay
[11] sensing

باشد، فعالیت شبکه ثانویه اثر نامطلوبی بر روی کیفیت سرویس اولیه ندارد. اما در عمل تداخل‌هایی بین سرویس اولیه و سرویس ثانویه رخ می‌دهد، که ناشی از خطای حسگری و هم‌چنین ورود کاربر اولیه در بین ارسال ثانویه –بعد از این‌که از طریق حسگری، طیف، خالی تشخیص داده شده است- می‌باشد. برای حل مسئله تداخل بین کاربر اولیه و ثانویه در مشکل دوم، [۸، ۹] پیشنهاد کرده‌اند که سرویس ثانویه از طریق کد کانال فواره‌ای[1] بسته‌های پاک‌شده را بازیابی نماید. هم‌چنین [۱۰]، به همین کاربرد کدهای ضدجمینگ[2] در شبکه‌های رادیویی شناختی پرداخته است.

در این پایان‌نامه روش آستری مورد بررسی قرار گرفته است. در سیاست آستری، شبکه ثانویه در حین فعالیت شبکه اولیه، ارسال را انجام می‌دهد اما باید تداخل خود بر روی سرویس اولیه را کنترل نماید تا احتمال کاهش کیفیت سرویس اولیه کم شود. FCC[3]، در سال ۲۰۰۳ معیاری به نام دمای تداخل را برای کنترل تداخل شبکه ثانویه بر روی شبکه اولیه معرفی کرده است [۱۱]. در پژوهش‌های مختلف، آستانه تداخل قابل قبول بر روی گیرنده اولیه به صورت قیدی بر کنترل توان فرستنده ثانویه در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال در [۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵] فرض شده است تنزل کیفیت سرویس اولیه تابعی از تداخلی است که در گیرنده سرویس اولیه به علت ارسال سرویس ثانویه ایجاد می‌شود. در همه این پژوهش‌ها قید آستانه تداخل معیار حفاظت از کیفیت سرویس اولیه است. باید توجه داشت بین کیفیت سرویس اولیه و ظرفیت قابل دسترس ثانویه یک مصالحه برقرار است. از یک طرف در صورتی‌که آستانه تداخل بسیار محدود و سخت‌گیرانه در نظر گرفته شود، به شبکه ثانویه اجازه دسترسی به کانال و فعالیت نخواهد داد و از طرف دیگر در صورتی‌که آستانه تداخل بسیار باز و راحت‌گیرانه تعیین گردد، کیفیت سرویس شبکه اولیه به شدت تضعیف خواهد شد.

---

[1] Fountain Coding
[2] anti-jamming
[3] Federal Communication Commission

در صورتی که سرویس اولیه برای رسیدن به کیفیت سرویس مطلوب، بتواند توسط کد کانال ارتباطی خود، خطاهای ناشی از تداخل سرویس ثانویه را برطرف نماید، می‌توان با افزایش آستانه تداخل، به افزایش ظرفیت سرویس ثانویه کمک کرد. در این پایان نامه برای نخستین بار این بررسی انجام شده است. هدف ما، بیشینه کردن مجموع نرخ ارسال لحظه‌ای یا ارگادیک شبکه ثانویه با توجه به توان در اختیار فرستنده ثانویه و عدم تخریب کیفیت سرویس اولیه می‌باشد. در این تحقیق با حل مسئله تخصیص منابع ذکر شده برای نرخ کدهای مختلف سرویس اولیه، به صورت کمّی ارتباط افزایش ظرفیت ثانویه با تغییرات نرخ کدینگ کانال در سرویس اولیه نشان داده شده است. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که در مواردی حتی با کاهش ۱۰ درصدی نرخ مؤثر ارسال سرویس اولیه ظرفیت شبکه ثانویه به بیش از دو برابر افزایش می‌یابد. هم‌چنین این بررسی‌ها نشان می‌دهد که این افزایش ظرفیت شبکه ثانویه در حالتی که مجموع توان ارسالی فرستنده ثانویه بالاتر است، بیش‌تر خود را نشان می‌دهد.

در حالت مرسوم تشریک طیفی آستری، حتی با این‌که آستانه تداخل ثابت برای حفاظت کیفیت سرویس اولیه در نظر گرفته می‌شود، احتمال قطع سرویس اولیه در حالت فعال شدن رادیوی شناختی نسبت به حالت بدون رادیوی شناختی افزایش می‌یابد. در این پایان نامه ما احتمال خطای داده را به عنوان معیار کیفیت سرویس اولیه در نظر گرفته‌ایم. در روش مورد استفاده ما با توجه به این‌که احتمال خطای داده تابعی از نسبت سیگنال به نویز به اضافه تداخل است، نشان می‌دهیم تخصیص منابع ثانویه این نسبت را به گونه‌ای تضمین می‌نماید که احتمال قطع اضافی ناشی از فعالیت ثانویه به سرویس اولیه تحمیل نمی‌شود و برابر با حالت عدم حضور کاربران ثانویه است. هم‌چنین نشان می‌دهیم چنین تغییری در قید حفاظت کیفیت سرویس، در عین این‌که احتمال قطع سرویس اولیه را برابر با حالت عدم فعالیت شبکه ثانویه نگه می‌دارد، کاهشی در ظرفیت شبکه کاربران ثانویه اتفاق نمی‌افتد. از طریق انجام شبیه‌سازی‌های مختلف این نتایج مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

با استناد به نتایج این پایان‌نامه در صورتی که شبکه ثانویه از کد کانال سرویس اولیه مطلع باشد، می‌تواند به افزایش بازدهی استفاده از طیف کمک شایانی نماید. با توجه به انگیزه‌های فراوان پژوهش بر

روی شبکه‌های رادیویی شناختی در جهت افزایش بازدهی استفاده از طیف، طراحی هم‌زمان دو شبکه مجزا با اولویت و قابلیت‌های متفاوت، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. به این ترتیب، از آگاهی شبکه ثانویه نسبت به پارامترهای شبکه اولیه از جمله نوع کد کانال آن، می‌توان در افزایش ظرفیت سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم بهره برد. هم‌چنین این آگاهی به محافظت بیش‌تر کیفیت سرویس اولیه منجر می‌شود.

در ادامه محتویات پایان‌نامه به ترتیب زیر دنبال می‌شود. در فصل دوم مقدمات و پیش‌نیازهای لازم در سه بخش کلی معرفی رادیوی شناختی، فناوری OFDMA[1] و تخصیص منابع در آن و بهینه‌سازی مقید می‌آید. در فصل سوم، با درنظر گرفتن حداقل احتمال خطای بیت برای شبکه اولیه، یک نقطه کار برای آن در نظر گرفته شده است و در این حالت ظرفیت لحظه‌ای قابل دسترس کانال فروسو[2] برای شبکه OFDMA ثانویه به دست آورده شده است. در فصل چهارم به منظور درک مقدار متوسط ظرفیت شبکه، مسئله فصل قبل را برای ظرفیت ارگادیک حل نموده‌ایم. در ابتدا تضمین کیفیت سرویس اولیه به صورت کوتاه مدت و سپس به صورت بلند مدت فرض شده است. هم‌چنین در این فصل به مقایسه تخصیص منابع با دو قید متفاوت محافظت سرویس اولیه پرداخته شده است. در حالت اول معیار محافظت آستانه تداخل ثابت است که به صورت مرسوم مورد استفاده قرار گرفته است. حالت دوم معیار احتمال خطای بیت است که در این پایان نامه به کار رفته است. در فصل پنجم نتایجی که از این تحقیق به دست آمده مرور شده‌اند و هم‌چنین پیشنهادهایی که برای ادامه کار در نظر گرفته شده‌اند، بیان گردیده است.

[1] Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access
[2] downlink