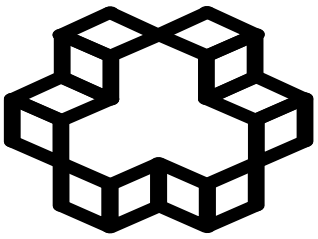


تأسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استفاده از نظریه بازی ها در موازنه بار و لایه دسترسی به محیط (MAC) در شبکه های رادیو هوشمند

نگارش:

مینا فهیمی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرسول قاسمی

بهمن ماه ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

دانشکده 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 ((**استفاده از نظریه بازی ها در موازنه بار و لایه دسترسی به محیط (MAC) در شبکه های رادیو هوشمند**)) توسط **خانم مینا فهیمی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: کامپیوترگرایش: هوش مصنوعی با رتبه :... مورد تائید قرار می دهند.

۱. استاد راهنما	آقای ***دکتر عبدالرسول قاسمی***	امضاء.....
۲. استاد ارزیاب داخلی	آقای ***دکتر یوسف درمانی***	امضاء.....
۳. استاد ارزیاب خارجی	آقای ***دکتر مهدی دهقان***	امضاء.....
ناظرتحصیلات تکمیلی	آقای ***دکتر یوسف درمانی***	امضاء.....

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان‌نامه: استفاده از نظریه بازی ها در موازنه بار و لایه دسترسی به محیط (MAC) در شبکه های رادیو هوشمند

اساتید راهنما: دکتر عبدالرسول قاسمی

نام دانشجو: مینا فهیمی

شماره دانشجوئی: ۸۸۰۴۸۶۴

اینجانب **مینا فهیمی** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته **کامپیوتر** گرایش **هوش مصنوعی** دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان **استفاده از نظریه بازی ها در موازنه بار و لایه دسترسی به محیط (MAC) در شبکه های رادیو هوشمند** باراهنمایی استاد محترم جناب آقای **دکتر عبدالرسول قاسمی**، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده دراین پایان نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده ازکار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج درپایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرکی امتیازی توسط اینجانب یافرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و درتدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطورکامل رعایت کرده ام.

امضاءدانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ وتکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی ازآن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز است.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

تقدیم به انسان‌های روزهای سخت

به آنان که تیرگی شامگاه را تا سپیدی سحرگاه پابرجا می‌مانند

تا رستاخیزی دوباره را نظاره‌گر باشند.

سپاس خدایی را که مرا بندگی آموخت

سپاس پدری را که مرا ایمان آموخت

سپاس مادری را که مرا عشق آموخت

سپاس برادری راکه مرا استقامت آموخت

سپاس خواهری را که مرا ایثار آموخت

سپاس معلمی را که مرا دانش آموخت

سپاس دوستی را که مرا معرفت آموخت

با تقدیر ویژه از زحمات بی دریغ استاد گرانقدر جناب آقای **دکتر عبدالرسول قاسمی** که صمیمانه و دلسوزانه بنده را در انجام این پایان‌نامه یاری نمودند. بی شک بدون راهنمایی‌های عالمانه ایشان، تحقیق حاضر فرجامی نداشت.

همچنین، از جناب آقای دکتر **یوسف درمانی** و جناب آقای دکتر **مهدی دهقان** که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را پذیرا شدند، صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

در این پایان‌نامه الگوریتمی بر اساس نظریه بازی‌های غیرمشارکتی برای مسئله اشتراک طیف در شبکه‌های رادیوی هوشمند با در نظر گرفتن اثر handoff در این شبکه‌ها ارائه می‌کنیم. هدف اصلی کمینه کردن کل زمان دسترسی به طیف در یک محیط ناهمگن برای کاربران رادیوی هوشمند است که برسر فرصت‌های طیفی با یکدیگر رقابت می‌کنند. با در نظر گرفتن توام تاخیر صف و تاخیر handoff در هر کانال، احتمال بهینه برای انتخاب کانال‌ها را برای هر کاربر رادیوی هوشمند به دست می‌آوریم. این مسئله به صورت یک مسئله بهینه سازی فرمول بندی می‌شود که در آن زمان کل سیستم یعنی زمان کل دسترسی به طیف که شامل تاخیر صف و تاخیر handoff است را به همراه شرایط ظرفیت کانال به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود. برای پیدا کردن راه حل توزیع شده برای این مسئله برای کاربران رادیو هوشمند، بازی موازنه بار دراشتراک طیف همراه با مدیریت handoff (SLBHM) ارایه می‌شود. همچنین نشان داده می-شود که این بازی دارای یک نقطه تعادل نش یکتا است که کاربران رادیو هوشمند به عنوان تصمیم گیرندگان در این بازی به این نقطه همگرا می‌شوند. در چنین نقطه تعادلی هر کاربر ثانویه کمترین تاخیر را روی تمام کانال‌ها حس می‌کند، در حالی که به شیوه‌ای موثر نیز از فضاهای خالی طیف بهره می‌گیرد. در انتها نتایج شبیه سازی برای ارزیابی کارایی طرح ارایه شده از لحاظ زمان کل سیستم، استفاده موثر کانال، معیار موازنه و توان عملیاتی در مقایسه با طرح‌های اخیر ، ارایه می‌شود.

کلمات کلیدی: شبکه‌های رادیوی هوشمند، اشتراک طیف، handoff، نظریه بازی‌ها، تعادل نش، مسایل بهینه‌سازی.

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه ای بر شبکه های رادیوی هوشمند ۱

۱-۱) تعریف مسئله ۲

۱-۱-۱) مدل های دسترسی پویا به طیف ۳

۱-۱-۲) عملکردهای مهم شبکه های رادیوی هوشمند ۷

۱-۲) مسئله موازنه بار در شبکه های رادیوی هوشمند و چالش های آن ۹

۱-۳) مسئله مدیریت HANDOFF و چالش های آن ۱۱

۱-۴) انگیزه انجام کار جدید ۱۲

۱-۵) ساختار پایان نامه ۱۳

فصل دوم مقدمه ای بر نظریه بازی ها ۱۵

۲-۱) مقدمه ۱۶

۲-۲) نظریه بازی ها چیست؟ ۱۷

۲-۳) مفاهیم اولیه ۱۹

۲-۴) بازی های استراتژیک (بازی های نرمال) ۲۱

۲-۴-۱) مسئله اشتراک منابع و مدل کردن آن به صورت یک بازی ۲۲

۲-۵) حذف حرکت های مغلوب ۲۴

۲-۶) تعادل نش ۲۷

۲-۷) بررسی کارایی تعادل نش ۲۸

۲-۸) بهینگی پرتو ۲۹

۲-۹) تبدیل یک بازی غیر مشارکتی به یک مسئله بهینه سازی توزیع شده ۳۲

۲-۱۰) نتیجه گیری ۳۳

فصل سوم مرور روشه ای موازنه بار و مدیریتHANDOFF در شبکه های رادیوی هوشمند ۳۵

۳-۱) مقدمه ۳۷
۳-۲) روش های ارائه شده فعلی در زمینه موازنه بار در شبکه های رادیوی هوشمند ۳۷
۳-۲-۱) روش های موازنه بار بدون استفاده از نظریه بازی ها ۳۸
۳-۲-۲) روشهای موازنه بار با استفاده از نظریه بازی ها ٤۰
۳-۳) بررسی مدیریت HANDOFF در شبکه های رادیوی هوشمند ٦۳
۳-۳-۱) تحلیل handoff ٦۳
۳-۳-۲) روش های ارائه شده برای محاسبه احتمال handoff ٦٦
۳-۴) بررسی ترکیبی از تحلیل موازنه بار و مدیریت HANDOFF در شبکه های رادیو هوشمند ۷۱
۳-۵) نتیجه گیری ۷۵
فصل چهارم ارائه یک بازی غیر مشارکتی برای مسئله موازنه بار همراه با مدیریت HANDOFF..... ۷۷
۴-۱) مقدمه ۷۹
۴-۲) بیان مسئله و مدل سیستم ۸۰
۴-۲-۱) محیط و کاربرها در شبکه های رادیوی هوشمند ۸۰
۴-۲-۲) مدل بازی ۸۱
۴-۳) تحلیل مدل صف M/M/1 برای تخمین تابع ارزیابی ۸٤
۴-۳-۱) متوسط زمان انتظار و متوسط زمان سرویس ۸۵
۴-۳-۲) محاسبه احتمال handoff و متوسط تعداد handoff ۸۷
۴-۳-۲-۱) تابع توزیع احتمال برای حفره های فرکانسی ۸۸
۴-۳-۲-۲) احتمال رخ دادن handoff و متوسط تعداد handoff ۹٤
۴-۳-۳) تخمین متوسط تاخیر handoff ۱۰۰
۴-۳-۴) بررسی تخمین تعداد handoff ۱۰۰
۴-۴) انتخاب بهترین پاسخ در متد SLBHM ۱۰۳
۴-۴-۱) شرایط و فرض های مسئله ۱۰٤
۴-۴-۲) وجود و یکتایی تعادل نش ۱۰۵

۴-۵) نتایج شبیه سازی ۱۰۷
۴-۵-۱) بررسی موازنه باردر روش SLBHM ۱۰۷
۴-۵-۲) بررسی زمان کل سیستم ۱۰۸
۴-۵-۲-۱) بررسی اثر کاربر ثانویه ۱۰۸
۴-۵-۲-۲) بررسی اثر کاربر ثانویه ۱۱٤
۴-۵-۳) مدل استفاده از کانال ۱۱٦
۴-۵-۴) توان عملیاتی نرمال شده ۱۱٦
فصل پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد برای ادامه کار ۱۱۹
۵-۱) مقدمه ۱۲۱
۵-۲) بررسی نتایج پایان نامه و ارائه ایده هایی برای ادامه کار ۱۲۲
لیست مراجع ۱۲۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱) حفره های فرکانسی ۳

شکل ۱-۲) نمودار دسترسی پویا به طیف ٦

شکل۲-۱) بازی دسترسی به لایه واسط شبکه ۳۲

شکل(۳-۱) بررسی روند رخ دادن handoff و انتخاب کانال در شبکه‌های رادیوی هوشمند ٦٤

شکل ۳-۲) نمودار ارتباط زمانی رخ دادنhandoff ٦۹

شکل ۴-۱) زمان کل سیسیتم برای کاربر SU_j روی کانال F_i ۸۳

شکل۴-۲) مدل صف و نحوه تصمیم گیری برای طیف ۸٥

شکل۴-۳. الف) بازه زمان سرویس کاربر SU_j و ورود کاربران Pus ۸۸

شکل ۴-۳.ب) اثر ورود کاربر PU در بازه سرویس کاربر SU_j ۸۹

شکل۴-۴.الف) حفره فرکانسی شماره#0 و ارتباط آن با کاربر اولیه و ثانویه ۹۰

شکل۴-۴.ب)Y_0- نمی تواند به عنوان یک حفره فرکانسی تشخیص داده شود ۹۰

شکل۴-۴.ج) حفره فرکانس شماره #0 بعدی ۹۰

شکل۴-۴.د) مدل حفره فرکانسی Y_1 و ارتباط آن با مدل ورود کاربر اولیه و مدل سرویس دهی آن ۹۰

شکل۴-۴.ه) نمی تواند به عنوان یک حفره فرکانسی تشخیص داده شود ۹۱

شکل۴-۴.و) حفره فرکانس شماره #1 بعدی ۹۱

شکل ۴-۵. الف) اثر نرخ کاربر اولیه بر روی تعداد handoff نشان می‌دهد ۱۰۲

شکل ۴-۵.ب) اثر نرخ کاربرثانویه بر روی تعداد handoff نشان می‌دهد ۱۰۲

شکل ۴-۵.ج) اثر نرخ سرویس کاربرثانویه بر روی تعداد handoff نشان می‌دهد ۱۰۳

شکل ۴-۶ .الف) توزیع بار در اولین تکرار از الگوریتم ۱۰۸

شکل ۴-۶.ب) توزیع بار پس از همگرایی ۱۰۸

شکل ۴-۷.الف) زمان کل سیستم در دو الگوریتم SLBHM و SLB ۱۰۹

شکل ۴-۷.ب)زمان تاخیر صف در دو الگوریتم SLBHM و SLB ۱۱۰
شکل ۴-۷.ج) زمان تاخیر handoff در دو الگوریتم SLBHM و SLB ۱۱۱
شکل ۴-۸) مجموع زمان کل سیستم ۱۱۲
شکل ۴-۹) بهروری سیستم با تغییر نرخ کاربر اولیه ۱۱۳
شکل ۴-۱۰) انحراف معیار بار هر کاربر ثانویه رووی کانال‌ها ۱۱٤
شکل ۴-۱۱) زمان کل سیستم برای تمام کاربران ثانویه بر اساس افزایش بهره‌وری سیستم ۱۱٥
شکل ۴-۱۲.الف) استفاده از کانال در الگوریتم SLBHM ۱۱٦
شکل ۴-۱۲.ب) استفاده از کانال در الگوریتم SLB ۱۱٦
شکل ۴-۱۳.الف). سیستم در تکرار ۲۰با سه کاربرثانویه ۱۱۷
شکل ۴-۱۳.ب) سیستم درتکرار ۲۱ که کاربر چهارم وارد سیستم می‌شود ۱۱۷
شکل ۴-۱۳.ج) سیستم در تکرار ۳۰ با چهار کاربرثانویه ۱۱۸
شکل ۴-۱۳.د) سیستم در تکرار ۴۰ وقتی کاربر ثانویه چهارم کانال را ترک می‌کند ۱۱۸
شکل ۴-۱۴.الف) توان نرمال شده در الگوریتم SLBHM ۱۱۸
شکل ۴-۱۴.ب) توان نرمال شده در الگوریتم SLB ۱۱۸

فهرست جداول

جدول ۲-۱) بازی اشتراک منابع ۲۳

جدول ۴-۱). پارامترهای سیستم ۸۱

جدول ۴-۲) الگوریتم Gauss-Seidel برای پیدا کردن الگوریتم بهترین پاسخ ۱۰۷

فصل اول

مقدمه‌ای بر شبکه‌های رادیوی هوشمند

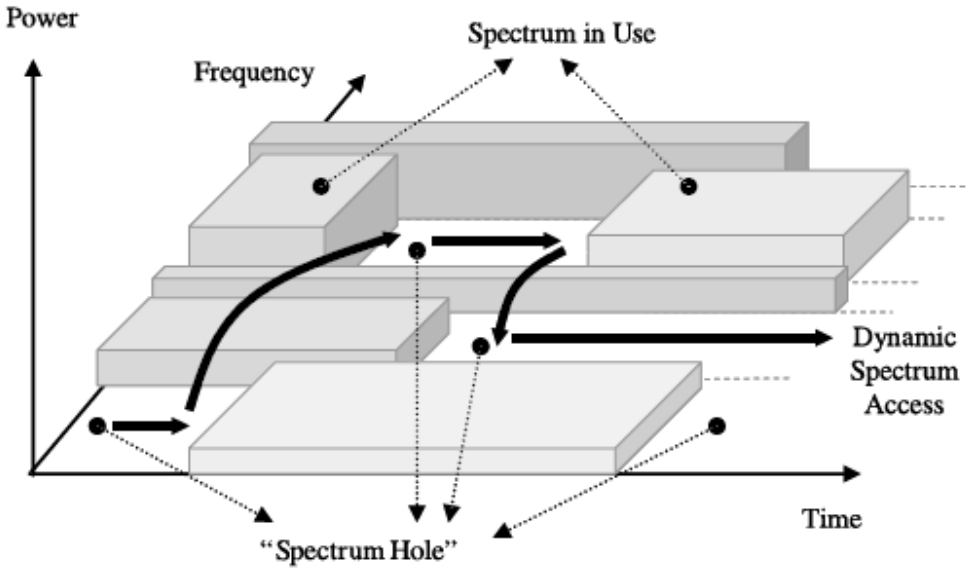
۱-۱) تعریف مسئله

در سال‌های اخیر افزایش تقاضا برای به دست آوردن طیف‌های فرکانسی در شبکه‌های بی سیم باعث شده که روش‌های گذشته در تخصیص طیف فرکانس پاسخگوی نیازهای امروز نباشد. بر اساس گزارش‌های FCC شیوه‌های گذشته برای استفاده بهینه از طیف فرکانسی کارایی مناسبی ندارد. براساس این گزارش‌ها در هر زمانی و در هر مکانی، بسیاری از طیف‌های اختصاص یافته و قیمت‌گذاری شده بلااستفاده می‌مانند. این گزارش‌ها بیانگر این نکته‌اند که کمبود طیف به خاطر مدیریت نادرست طیف ایجاد شده‌است نه به خاطر کمیابی فیزیکی طیف. استفاده بهینه از طیف بسیاری از فعالیت‌های مهندسی و اقتصادی را برانگیخت تا سیاست‌ها و تکنولوژی‌های بهتری را برای مدیریت طیف در نظر بگیرند. همین مسئله باعث پیدایش مفهوم رادیوی هوشمند[۱] یا به عبارت دیگر دسترسی پویا به طیف[۲] شد[۱].

رادیوی هوشمند یا همان دسترسی پویا به طیف اساس یک ارتباط بی‌سیم هوشمند است که از محیط اطلاع کامل دارد [۲] و از روش‌هایی استفاده می‌کند که بتواند خود را با محیط تطبیق دهد. منظور از رادیوی هوشمند استفاده موثر و هوشمند از طیف فرکانسی است که قبلا به کاربران مجوزدار[۳] طیف اختصاص داده شده است که به آنها کاربران اولیه می‌گویند و ایستگاه‌های رادیوی هوشمند به گونه‌ای از این طیف باید استفاده کنند که تداخلی با این کابران اولیه[۴] ایجاد نکند. در سیستم رادیوی هوشمند زمان‌هایی که طیف توسط کاربر اولیه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، تشخیص داده می‌شود و طیف به صورت پویا و هوشمند به کاربر ثانویه[۵] اختصاص می‌یابد.

[1] Cognitive Radio
[2] Dynamic Spectrum Access
[3] Licensed user
[4] Primary user
[5] Secondary user

دستگاه‌های رادیوی هوشمند قادرند حفره‌های فرکانسی را تشخیص داده و بدون تداخل با کاربران اولیه از طیف استفاده کنند. منظور از حفره های فرکانسی مدت زمان خاص در یک محیط جغرافیایی خاص است که در آن طیف توسط کاربر اولیه استفاده نمی‌شود. این حفره‌ها در شکل ۱-۱ نشان داده شده‌است.



شکل ۲-۱) حفره های فرکانسی [۴]

سیستم های رادیوی هوشمند باید توانایی تخمین دمای تداخل[1] محیط رادیویی را داشته باشند، باید بتوانند حفره‌های طیف را کشف کنند، وضعیت کانال را تخمین بزنند، ظرفیت کانال را برای انتقال پیش‌بینی کنند، توان انتقال را به درستی تنظیم کنند و در نهایت توانایی مدیریت پویای طیف را داشته باشند.

۱-۱-۱) مدل های دسترسی پویا به طیف

دسترسی پویا به طیف مفهومی است که در برابر مدیریت ایستای طیف قرار می‌گیرد و به سه مدل کلی تقسیم می شود:

[1] Interference temperature

الف) *مدل استفاده انحصاری پویا*[1]

این مدل ساختار پایه‌ای قواعد جاری طیف را حفظ می‌کند: باندهای فرکانسی برای سرویس دادن به یک کاربر مجوزدار استفاده می‌شوند. دو رهیافت در این زمینه پیشنهاد شده است :

۱- اشتراک قابلیت‌های طیف[2]
۲- تخصیص پویای طیف[3]

در حالت اشتراک قابلیت های طیف کاربرانی که مجوز استفاده از طیف را دارند می‌توانند طیف خود را اجاره دهند یا به اشتراک بگذارند که این حالت در آیین نامه معمول تخصیص طیف وجود ندارد و یک رهیافت جدید برای استفاده موثر از طیف محسوب می‌شود.

حالت تخصیص پویای طیف به صورت پویا قصد بهبود استفاده از طیف را دارد. در واقع در یک زمان مشخص و در یک مکان مشخص طیف به یک سرویس خاص اختصاص می‌یابد تا به صورت انحصاری از آن استفاده کند.

رهیافت‌های روش انحصاری نمی‌توانند فضاهای خالی طیف را که از ماهیت انفجاری ترافیک در شبکه های بی‌سیم ناشی می‌شوند را به درستی مدیریت کنند.

ب) *مدل اشتراکی باز*[4] :

این مدل تحت عنوان طیف عمومی[1] شناخته می‌شود. این مدل برای مدیریت طیف، آن را بین کاربران همتا به اشتراک می‌گذارد. این مدل از طیف ISM که بدون مجوز است هم پشتیبانی می‌کند.

[1]Dynamic Exclusive use Model
[2]Spectrum Property Rights
[3]Dynamic Spectrum Allocation

[4]Open Spectrum Sharing

ج) *مدل دسترسی سلسله مراتبی*[2] :

این مدل یک ساختار دسترسی سلسله مراتبی را با کاربران اولیه و ثانویه ایجاد می‌کند. ایده اساسی این مدل این است که طیف مجوز دار را برای کاربران ثانویه باز بگذارد اما به گونه‌ای که تداخلی که توسط کاربر مجوزدار حس می‌شود محدود شود. در این حالت دو متد برای به اشتراک گذاشتن طیف بین کاربر اولیه و ثانویه وجود دارد :

۱) Spectrum Underlay
۲) Spectrum Overlay

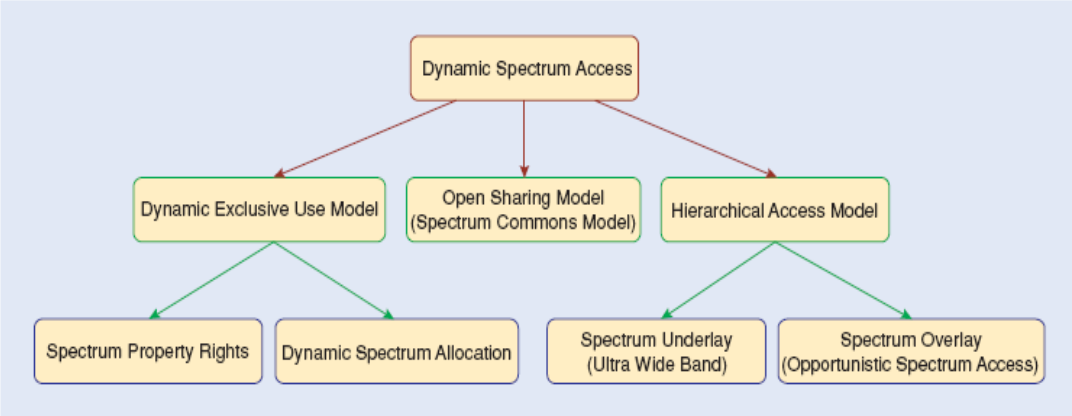
در حالت Spectrum Underlay شرایطی برای توان انتقال به کاربر ثانویه تحمیل می‌کند. بنابراین آنها در برخورد با کاربر اولیه مانند نویز رفتار می‌کنند. در بدترین حالت اگر کاربر اولیه تمام مدت ارسال داشته باشد، کاربر ثانویه نمی‌تواند فضای خالی طیف را استخراج کند و مورد استفاده قرار دهد.

در حالت Spectrum Overlay که به آن دسترسی فرصت های طیفی[3] نیز می‌گویند، محدودیتی از لحاظ توان انتقال برای کاربر ثانویه در نظر گرفته نمی‌شود، اما در عوض اینکه کجا و چه وقت کاربر ثانویه ارسال انجام دهد مهم می‌شود. در این حالت کاربر ثانویه فضاهای خالی طیف را استخراج می‌کند و در آنها ارسال انجام می‌دهد.

در مقایسه با روش های قبلی این روش آخر با مدیریت طیف در حال حاضر سازگاری بیشتری دارد.

نمودار روش های ذکر شده در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

[1] Spectrum Common
[2] Hierarchical Access Model
[3] Opportunistic Spectrum Access (OSA)



شکل ۱-۲) نمودار دسترسی پویا به طیف[۳]

در این پایان نامه به بررسی مدل روش آخر یعنی دسترسی فرصت های طیف که به اختصار به آن OSA می‌گوییم. اجزای اصلی OSA شامل شناسایی فرصت های طیفی، استخراج فرصت های طیفی و سیاست های مدیریتی است .

ماژول شناسایی فرصت های طیفی، باندهای فرکانسی را که بلا استفاده مانده‌اند را به صورت هوشمند به درستی شناسایی می‌کند که این فضاهای خالی در مکان و زمان به صورت پویا تغییر می‌کنند. ماژول استخراج (بهره برداری)، از طیفی که خروجی ماژول قبلی است استفاده می‌کند و در مورد اینکه چگونه روی این فضاهای خالی از باند فرکانسی ارسال انجام دهد تصمیم می‌گیرد. ماژول سیاست‌های مدیریتی نیز قواعد اساسی را برای کاربران ثانویه به گونه‌ای سازگار با سیستم‌های گذشته مشخص می‌کند[۳].