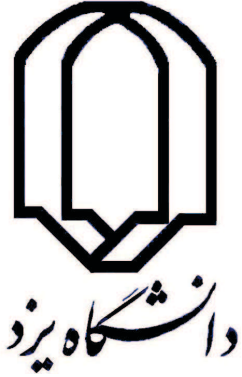


مجتمع فنی مهندسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق (مخابرات)

تحلیل تأخیر جهت انتخاب کانال در شبکه‌های رادیوشناختی

استاد راهنما

دکتر علی اکبر تدین تفت

استاد مشاور

دکتر فرید آشتیانی

پژوهش و نگارش

بهروز جشنی

۱۶ اسفند ۱۳۸۸

تقدیم به

این اثر ناچیز را به واسطه بزرگی اشخاصی که در زندگیم حضور داشته‌اند، شایسته تقدیم به هیچ کدامشان نمی‌دانم.

تشکر و قدردانی:

به پدر و مادر مهربان، برادر و عمه عزیزم که اکنون در بستر بیماری است، به خاطر تمامی زحماتی که برایم کشیده‌اند و مرا یارای جبران آن‌ها نیست و به پاسداشت حمایت‌های بی‌دریغشان ادای احترام می‌کنم.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تلاش‌های جناب آقای دکتر تدین که راهنمایی‌ها و شکیبایی ایشان مرا در به انجام رساندن این پایان‌نامه یاری رساند و جناب آقای دکتر آشتیانی که زحمت مشاوره این پژوهش را بر عهده داشته‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

از مرکز تحقیقات مخابرات ایران (ITRC) نیز به خاطر حمایت از انجام این پروژه سپاسگزاری می‌کنم.

چکیده

کمبود منابع طیفی ناشی از سیاست‌گذاری نامناسب تخصیص طیف، منجر به ارائه روش‌های نوینی برای استفاده هرچه بهتر از طیف فرکانسی شده است. رادیوشناختی یکی از راهکارهای ارائه شده برای بهره‌برداری مطلوب‌تر از منابع موجود است. در این سیستم، پس از استخراج کانال‌های خالی، از آن‌ها برای ارسال اطلاعات سیستم شناختی استفاده می‌شود. دو مسأله اساسی در شبکه‌های رادیوشناختی وجود دارد. یکی آشکارسازی و استخراج فرصت‌های طیفی و دیگری مدیریت و استفاده بهینه از منابع موجود بر اساس سیاست‌گذاری‌های انجام شده است.

در این نوشتار مسأله دوم، یعنی مدیریت منابع طیفی در شبکه‌های رادیوشناختی مورد توجه واقع شده است. پس از تعیین منابع در دسترس، باید به نحوی از آن‌ها استفاده شود که نیازمندی‌های کاربران شناختی برآورده گردد و اخلالی در کار سیستم اصلی ایجاد نشود. در این راستا انتخاب مناسب کانال فرکانسی که بتواند کیفیت خدمات لازم را برای مشتریان فراهم آورد، از چالش‌های اساسی محسوب می‌شود. با توجه به گسترش روز افزون ارتباطات چند رسانه‌ای و تمایل وافر مشتریان به دریافت خدمات بلادرنگ، ارائه سرویس‌های مطلوب در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد.

در این پایان نامه برخی از راهکارهای مطرح در حوزه مدیریت پویای طیف و روش‌های گوناگون مدل سازی و تصمیم‌گیری را بررسی می‌کنیم. با استفاده از تئوری صف، شبکه‌های رادیوشناختی را مدل کرده و تحلیلی بر عملکرد این شبکه‌ها با تأکید بر تأخیر در حالت تک پرشه و چند پرشه ارائه می‌نمائیم. روش‌های مدیریت متمرکز و غیر تصادفی و نیز توزیع‌شده و تصادفی را مورد بررسی قرار داده و الگوریتم انتخاب کانال فرکانسی (لینک/ فرکانس در حالت چند پرشه) مناسب برای رسیدن به تأخیر انتقال کمتر را معرفی می‌کنیم. آن‌گاه به محاسبه متوسط تأخیر بسته‌ها در روش‌های پیشنهادی و مقایسه آن با برخی روش‌های قبلی می‌پردازیم. ضمناً با توجه به اعمال برخی تقریب‌ها در روش تحلیلی، از شبیه‌سازی برای نشان‌دادن دقت ارزیابی‌های انجام شده استفاده می‌کنیم. نتایج نشانگر صحت روابط به دست آمده می‌باشد و نسبت به روش‌های قبلی از عملکرد بهتر و پیچیدگی کمتری برخوردار است. از این روابط و راهکارهای ارائه شده می‌توان برای تحلیل تأخیر و انتخاب کانال مناسب در شبکه‌های رادیو شناختی با شرایط مفروض استفاده کرد.

فهرست مندرجات

۱ مقدمه **۱**

۱-۱ پیش‌زمینه ۲

۱-۲ تعاریف اولیه ۴

۱-۳ رادیوشناختی ۶

۱-۳-۱ پویش طیف ۹

۱-۳-۲ مدیریت طیف ۱۰

۱-۳-۳ تحرک طیفی ۱۳

۱-۳-۴ اشتراک گذاری طیف ۱۵

۱-۴ ساختار شبکه‌های رادیوشناختی ۱۸

۱-۴-۱ اجزاء شبکه ۱۹

۱-۴-۲ ناهمگونی شبکه ۱۹

۲ مدیریت دسترسی پویای طیف **۲۲**

۲-۱ مقدمه ۲۳

۲-۲ تعریف مسأله ۲۴

۲-۲-۱ تعریف فرصت طلبی ۲۴

۲-۲-۲ محدودیت‌های تداخل ۲۵

۲-۳ آشکارسازی فرصت‌های طیفی ۲۵

۲-۴ تخصیص فرصت‌های طیفی ۲۶
۲-۴-۱ زمان دسترسی ۲۶
۲-۴-۲ نحوه دسترسی ۲۸
۲-۵ اشتراک گذاری فرصت‌ها بین کاربران ثانویه ۲۸
۲-۵-۱ مدل اشتراک گذاری باز (طیف اشتراکی) ۲۹
۲-۵-۲ مدل دسترسی ترتیبی (سلسله مراتبی) ۳۰
۲-۶ روش‌های مدل کردن دسترسی پویای طیف ۳۵
۲-۶-۱ روش‌های آماری ۳۶
۲-۶-۲ تئوری بازی ۳۷
۲-۶-۳ تئوری اطلاعات ۳۸
۲-۶-۴ روش‌های عددی ۳۹
۲-۶-۵ تئوری گراف ۴۰
۲-۶-۶ تئوری صف ۴۱

۳ تحلیل تأخیر و انتخاب کانال در شبکه‌های رادیو شناختی در حالت تک پرشه ۴۵

۳-۱ مقدمه ۴۶
۳-۲ فرضیات و مشخصات سیستم ۴۶
۳-۳ محاسبه تأخیر در سیاست ادامه انحصاری و با کنترل مرکزی ۴۹
۳-۴ محاسبه تأخیر در سیاست تکرار انحصاری و با کنترل مرکزی ۵۳
۳-۵ محاسبه تأخیر در حالت زمان‌بندی شده و فاقد کنترل مرکزی ۵۵
۳-۶ فرآیند انتخاب کانال فرکانسی و ارسال بسته ۵۸
۳-۷ شبیه‌سازی ۵۹

۳-۷-۱ سیستم شناختی با کنترل مرکزی و ارسال با سیاست ادامه انحصاری ۵۹
۳-۷-۲ سیستم شناختی با کنترل مرکزی و ارسال با سیاست تکرار انحصاری ۶۳
۳-۷-۳ سیستم بدون کنترل و زمان‌بندی شده ۶۳
۳-۸ نتیجه‌گیری ۶۵

۴ تحلیل تأخیر و انتخاب لینک/ فرکانس در شبکه‌های رادیو شناختی در حالت چند پرشه ۷۱

۴-۱ مقدمه ۷۲
۴-۲ فرضیات و مشخصات سیستم ۷۳
۴-۳ محاسبه تأخیر در حالت زمان‌بندی شده و با کنترل مرکزی ۷۴
۴-۴ محاسبه تأخیر در حالت زمان‌بندی شده و با مشارکت محلی ۷۶
۴-۵ استراتژی انتخاب لینک/ فرکانس ۸۰
۴-۶ محاسبه تأخیر شبکه در حالت چند پرشه ۸۱
۴-۷ شبیه‌سازی ۸۴
۴-۸ نتیجه‌گیری ۸۷

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۹۲

۵-۱ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۹۳
۵-۲ پیشنهادها ۹۵

منابع و مراجع ۹۷

لیست اشکال

(۱-۱) نمودار تخصیص طیف فرکانسی در ایالات متحده آمریکا ۳

(۱-۲) استفاده از فرکانس‌های مختلف طیفی در طول زمان [۴] ۴

(۱-۳) توزیع توان در فرکانس‌های مختلف طیف [۴] ۵

(۱-۴) بهره برداری از طیف فرکانسی [۴] ۶

(۱-۵) حفره‌های طیفی در باندهای فرکانسی، زمان‌ها و توان‌های مختلف [۷] . ۷

(۱-۶) دسته‌بندی تکنیک‌های پویش طیف ۱۰

(۱-۷) استفاده از حفره‌های طیفی جهت ارسال [۸] ۱۲

(۱-۸) دسته‌بندی تکنیک‌های دسترسی طیف [۷] ۱۸

(۱-۹) ساختار شبکه‌های رادیوشناختی ۲۰

(۲-۱) نقطه کار بهینه حس‌گر [۱۵] ۲۷

(۲-۲) استراتژی‌های دسترسی پویای طیف ۲۹

(۲-۳) مدل دمای تداخل [۲۵] ۳۲

(۲-۴) دو روش عمده برای بهره‌برداری بهتر از طیف فرکانسی [۲۸] ۳۴

(۳-۱) شمای کلی سیستم صف ۴۹

(۳-۲) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۱ . . . . . ۶۲

(۳-۳) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۲ . . . . . ۶۲
(۳-۴) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۳ . . . . . ۶۳
(۳-۵) تأثیر افزایش نرخ ورود بسته کاربر اولیه ($P1$) بر احتمال انتخاب کانال توسط کاربر ثانویه ($S1$) ۶۴
(۳-۶) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۱ . . . . . ۶۵
(۳-۷) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۲ . . . . . ۶۶
(۳-۸) مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۳ . . . . . ۶۶
(۳-۹) تأثیر افزایش نرخ ورود بسته کاربر اولیه ($P1$) بر احتمال انتخاب کانال توسط کاربر ثانویه ($S1$) ۶۷
(۳-۱۰)مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۱ . . . . . ۶۷
(۳-۱۱)مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۲ . . . . . ۶۸
(۳-۱۲)مقایسه رابطه تئوری تأخیر انتظار بسته‌ها و نتایج شبیه‌سازی با افزایش نرخ ورودی در فرکانس ۳ . . . . . ۶۸
(۳-۱۳)تأثیر افزایش نرخ ورود بسته کاربر اولیه ($P1$) بر احتمال انتخاب کانال توسط کاربر ثانویه ($S1$) ۶۹
(۳-۱۴)مقایسه دقت روابط به دست آمده با کار انجام شده در مقاله [۴۱](فرکانس ۱) ۶۹
(۳-۱۵)مقایسه دقت روابط به دست آمده با کار انجام شده در مقاله [۴۱](فرکانس ۲) ۷۰

(۳-۱۶)مقایسه دقت روابط به دست آمده با کار انجام شده در مقاله [۴۱](فرکانس ۳) ۷۰

(۴-۱) گراف ۳ گرهی ۸۱

(۴-۲) توپولوژی شبکه چند پرشه ۸۴

(۴-۳) متوسط نرخ ورود بسته در مقابل متوسط تأخیر انتها به انتهای بسته در حالت کنترل شده ۸۵

(۴-۴) تأثیر افزایش نرخ ورود کاربر P۱ بر استراتژی انتخاب فرکانس در گره ۱ ۸۵

(۴-۵) متوسط نرخ ورود بسته در مقابل متوسط تأخیر انتها به انتهای بسته در حالت انتظار تصادفی ۸۶

(۴-۶) تأثیر افزایش نرخ ورود کاربر P۱ بر استراتژی انتخاب فرکانس در گره ۱ ۸۷

(۴-۷) توپولوژی شبکه چند پرشه ۸۸

(۴-۸) متوسط نرخ ورود بسته در مقابل متوسط تأخیر انتها به انتهای بسته کاربرد V۱ در حالت انتظار تصادفی ۸۹

(۴-۹) متوسط نرخ ورود بسته در مقابل متوسط تأخیر انتها به انتهای بسته کاربرد V۲ در حالت انتظار تصادفی ۸۹

(۴-۱۰)تأثیر افزایش نرخ ورود کاربر P۱ بر استراتژی انتخاب فرکانس در گره ۱ ۹۰

(۴-۱۱)(الف) متوسط تأخیر انتهای به انتهای بسته‌های کاربرد ۱ (۱ به ۵۱)

(ب) متوسط تأخیر انتهای به انتهای بسته‌های کاربرد ۲ (۵ به ۱۱) . . ۹۱

لیست جداول

(۲-۱) نمادهای تئوری صف ۴۳

(۳-۱) نرخ ورود بسته کاربران اولیه و ثانویه ۵۹

(۳-۲) نرخ ارسال روی هر گره/ فرکانس (Mbps) ۶۰

(۳-۳) احتمال خطای ارسال بسته روی هر گره/ فرکانس ۶۰

(۳-۴) متوسط تأخیر انتظار بسته در شبکه رادیو شناختی تک پرشه در مد ارسال ادامه انحصاری با کنترل مرکزی ۶۱

(۳-۵) مقایسه پیچیدگی محاسباتی الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم ارائه شده در [۴۱] ۶۴

(۴-۱) نرخ ورود بسته کاربران اولیه و ثانویه ۸۴

(۴-۲) نرخ ورود بسته کاربران اولیه و ثانویه ۸۶

فصل ۱

مقدمه

در این فصل به بررسی پیشینه و علل مطرح شدن مفهوم رادیوشناختی می‌پردازیم. در ادامه معرفی اجمالی از شبکه‌های رادیوشناختی خواهیم داشت. مهم‌ترین وظایف سیستم‌های رادیوشناختی را بررسی و در نهایت ساختار شبکه‌های رادیوشناختی را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

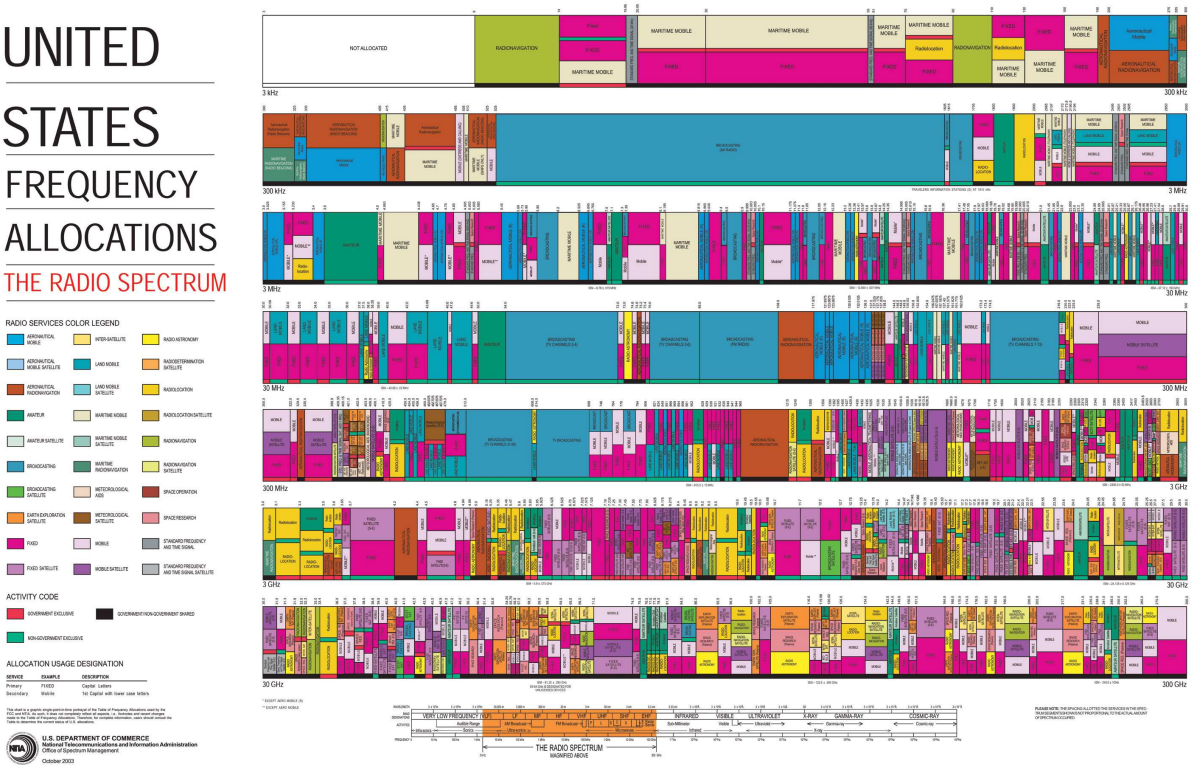
۱-۱ پیش‌زمینه

مراکز سیاست‌گذاری تخصیص طیف در گذشته به صورت ثابت بخشی از طیف فرکانسی را به کاربردی خاص اختصاص می‌دادند، اما با توجه به توسعه روز افزون و پرشتاب تقاضا برای کاربردهای جدید بی‌سیم و نیاز به تخصیص طیف فرکانسی به این کاربردهای جدید، اکنون با مشکل کمبود طیف مواجه هستیم و برای این کاربردها طیف فرکانسی مناسب وجود ندارد. شکل (۱-۱) نمودار تخصیص طیف ایالات متحده آمریکا را نشان می‌دهد و همان گونه که واضح است عملاً طیف فرکانسی موجود به کاربردهای مختلف اختصاص یافته و طیف خالی و مناسب برای کاربردهای جدید وجود ندارد.

اندازه گیری های اخیر توسط سازمان جهانی مخابرات[1] زمان استفاده از طیف مجوزدار را بین ۱۵% تا ۸۵% تخمین زده است [۲ ،۱] و این در حالی است که طبق تحقیقات آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی[2] ، تنها ۲% از طیف استفاده شده در ایالات متحده آمریکا در همه زمان‌ها مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. این مسأله با نگاهی به نمودارهای تخصیص فرکانسی قوت می‌یابد. شکل (۱-۲) و شکل (۱-۳) به ترتیب نتایج اندازه‌گیری استفاده از منابع فرکانسی در طول زمان و میزان توان در فرکانس‌های مختلف را نشان می‌دهند. در مجموع، بخش عظیمی از طیف تخصیص داده شده به صورت پراکنده مورد استفاده قرار می‌گیرد که این مطلب در شکل (۱-۴) نیز مشهود است.

مطالب بیان شده در بالا ما را با این تناقض مواجه می‌کند که در حالی که تنها درصد

[1] Federal Communications Commission (FCC)
[2] Defence Advance Research Projects Agency (DARPA)



شکل (۱-۱): نمودار تخصیص طیف فرکانسی در ایالات متحده آمریکا

کمی از طیف فرکانسی در همه زمان‌ها و مکان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا با کمبود طیف مواجه هستیم؟ آزمایشات و اندازه‌گیری‌های انجام شده در قسمت‌های مختلف طیف رادیویی، حتی در مناطق پر ترافیک شهری، نشانگر این مطلب است که:

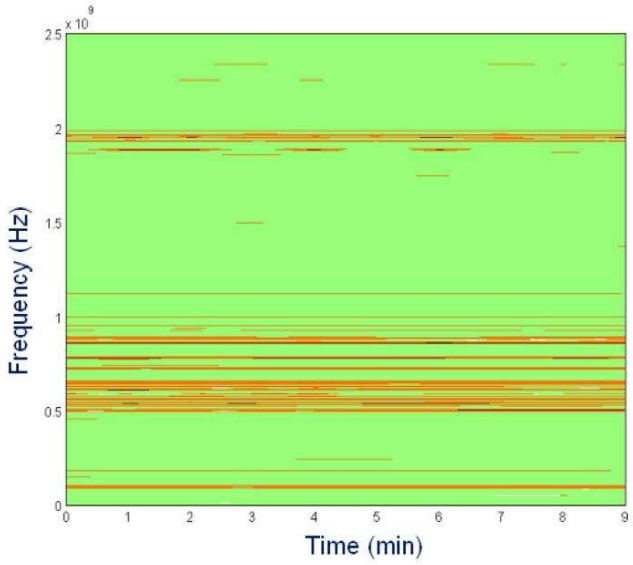
۱. برخی از باندهای فرکانسی در اغلب اوقات خالی هستند (فضای سفید).

۲. برخی دیگر از باندهای فرکانسی نسبتاً اشغال شده‌اند (فضای خاکستری).

۳. برخی باندها نیز به شدت مورد استفاده قرار می‌گیرند (فضای سیاه).

این نتایج ما را متوجه این واقعیت مهم می‌سازد که کمبود منابع طیفی فرکانس، که سیستم‌های مخابراتی کنونی با آن مواجه هستند، صرفاً به صورت ظاهری بوده و در راستای استفاده هر چه بهتر از منابع فرکانسی به نظر می‌رسد که سیاست‌گذاری‌های پیشین تخصیص

فرکانس باید مورد تجدید نظر قرار گیرند. به عبارت دیگر محدودیت‌های موجود در دسترسی به طیف فرکانسی و ناکارآمدی در استفاده از طیف فرکانسی لازم می‌دارد که یک الگوی جدید برای بهره‌برداری از موقعیت‌های موجود در طیف بی‌سیم اتخاذ گردد [۳]. از بحث فوق درمی‌یابیم که منابع فرکانسی زیادی برای استفاده وجود دارد که مشکل کمبود ظاهری طیف فرکانسی از عدم تخصیص و استفاده نامناسب از منابع فرکانسی ناشی می‌شود.



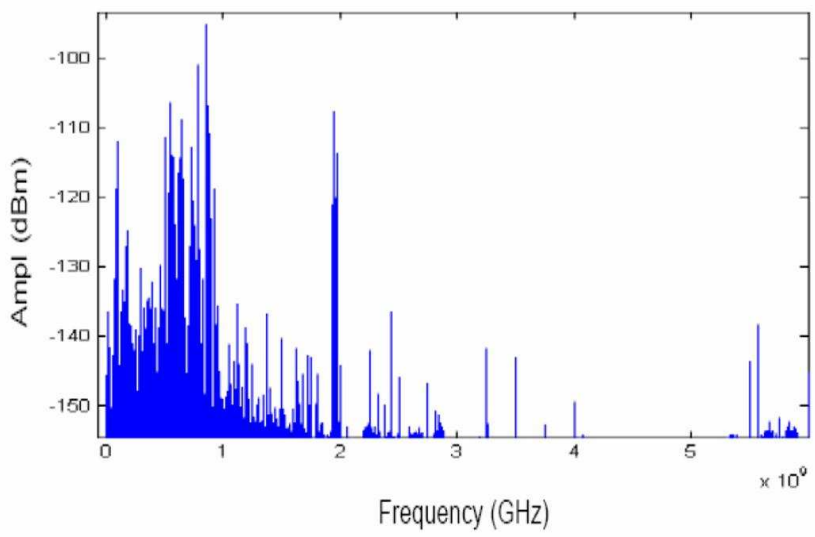
شکل (۱-۲): استفاده از فرکانس‌های مختلف طیفی در طول زمان [۴]

یکی از راهکارهائی که برای استفاده کارآمدتر از منابع فرکانسی موجود پیشنهاد شده است، رادیوشناختی[1] است. این مفهوم برای اولین بار توسط آقای میتولا[2] [۵] در سال ۱۹۹۹ مطرح گردید.

۱-۲ تعاریف اولیه

قبل از ورود به بحث اصلی لازم است اصطلاحات و تعاریف خاصی که در این حوزه وجود دارد معرفی شوند، که در ادامه به توضیح آن ها خواهیم پرداخت.

[1] Cognitive Radio (CR)
[2] Mitola



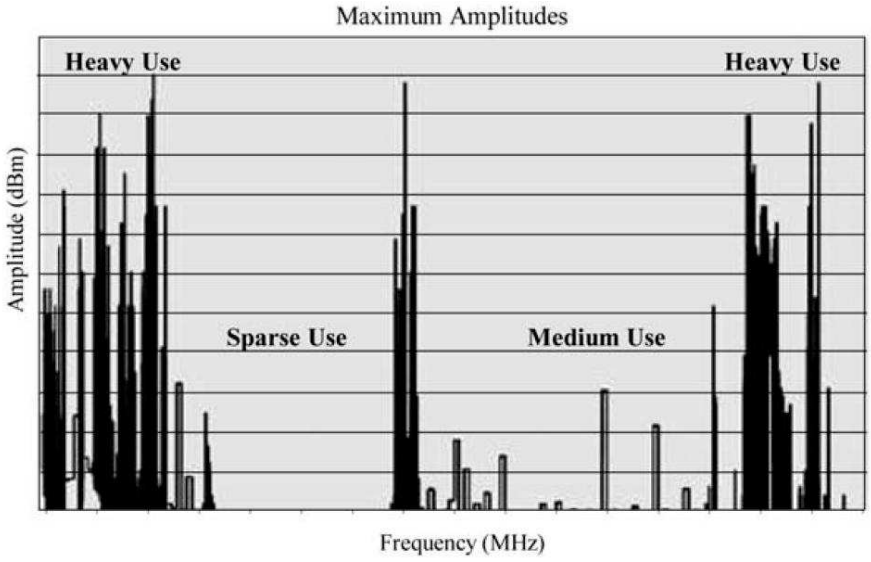
شکل (۱-۳): توزیع توان در فرکانس‌های مختلف طیف [۴]

به کاربرانی که از طریق سازمان‌های تخصیص فرکانس، حق استفاده از قسمت خاصی از طیف فرکانسی را دارند، اصطلاحاً **کاربران اولیه**[1] **(کاربران اصلی)** اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر کاربران اولیه را می‌توان مالکان اصلی بخشی از طیف فرکانسی که مجاز به فعالیت در آن هستند، در نظر گرفت. در راستای تعریف فوق، مفهوم جدیدی به نام حفره‌های طیفی مطرح می‌شود که به صورت زیر قابل بیان است: **حفره طیفی**[2] یک باند فرکانسی است که از ابتدا به یک کاربر اولیه تخصیص یافته است، اما در یک زمان خاص و یک منطقه جغرافیایی ویژه، کاربر اولیه از این باند استفاده نمی‌کند [۶].

شکل (۱-۵) حفره‌های طیفی را به صورت نمونه، در زمان‌ها و فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد [۷]. همان طور که قابل مشاهده است، تعداد و پهنای باند حفره‌های طیفی در طول زمان در حال تغییر هستند و قسمت‌هایی از طیف فرکانسی نیز که در حال استفاده توسط کاربران اولیه می‌باشند دارای سطح توان مختلف هستند.

با توجه به این مشاهدات، که وجود حفره‌های طیفی مختلف را در باند فرکانسی نشان می‌دهد، بررسی روشی برای استفاده هر چه بهتر از منابع طیفی ضروری به نظر می‌رسد.

[1] Primary User (PU)
[2] Spectrum Hole



شکل (۱-۴): بهره برداری از طیف فرکانسی [۴]

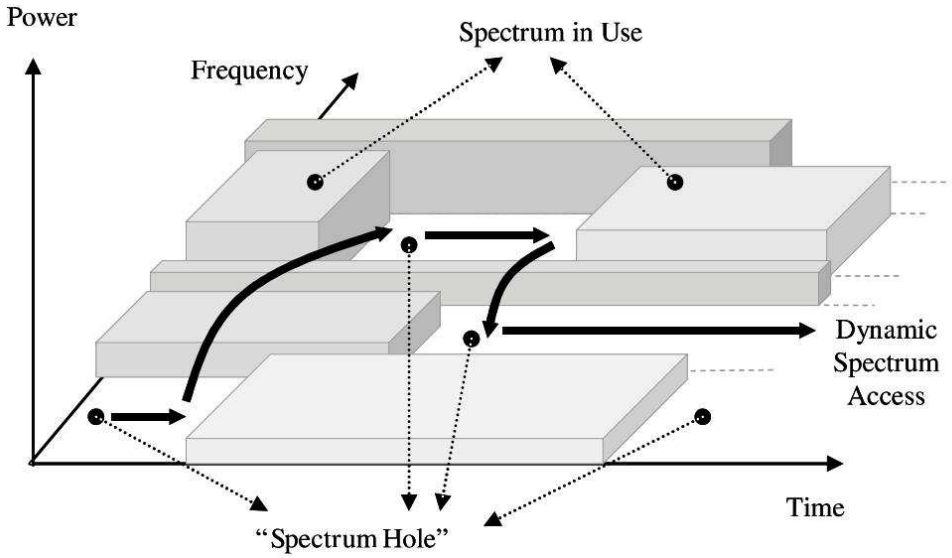
مشکل عدم بهره‌برداری بهینه از طیف فرکانسی را می‌توان به طور قابل توجهی از طریق معرفی **کاربران ثانویه**[1] **(کاربر شناختی)** حل نمود. کاربران ثانویه، کاربرانی هستند که برای ارسال سیگنال خود از حفره‌های طیفی موجود در طیف فرکانسی بهره می‌گیرند. این کاربران از نظر استفاده از باند فرکانسی در اولویت بعدی پس از کاربران اولیه قرار دارند. در حقیقت این کاربران ارتباط خود را از طریق روش‌های مختلف اشتراک‌گذاری طیفی در زمان‌ها و باندهائی که حفره‌های طیفی وجود دارند، انجام می‌دهند.

۱-۳ رادیوشناختی

رادیوشناختی، ارتباط رادیوئی هوشمندی است که از محیط اطرافش آگاه است و توسط تغییراتی که در پارامترهای عملیاتی خود نظیر توان ارسالی ، فرکانس حامل و استراتژی مدولاسیون می دهد، خود را با تغییرات آماری در محیط رادیوئی تطبیق می‌دهد [۶]. CR در عملکرد زمان حقیقی خود دو نکته را در نظر می گیرد:

- برقراری ارتباط مطمئن در هر زمان و هر مکان

[1] Secondary User (SU)



شکل (۱-۵): حفره‌های طیفی در باندهای فرکانسی، زمان‌ها و توان‌های مختلف [۷]

- بهره برداری کارآمد از طیف فرکانسی

شش نکته کلیدی در تعریف فوق وجود دارد : آگاهی، هوشمندی، یادگیری، تطابق، قابلیت اطمینان و کارآمدی. پیاده سازی موارد فوق مدیون پیشرفت‌های پردازش سیگنال‌های دیجیتال، شبکه، مکانیزم‌های یادگیری، نرم افزار و سخت افزار کامپیوتری است [۶].

مهم‌ترین وظایف سیستم‌های رادیوشناختی

تکنیک‌های دسترسی پویای طیف[1]، به رادیوشناختی این امکان را می‌دهد که بتواند برای انجام عملیات خود از بهترین کانال در دسترس استفاده نماید. همچنین تکنولوژی رادیوشناختی کاربران را قادر می‌کند:

- معین کنند کدام بخش از طیف فرکانسی قابل دسترسی است و در ضمن حضور کاربران اولیه را، هنگامی که کاربر در یک باند مجوز دار عمل می‌کند، آشکارسازی نمایند. (پویش طیف[2])

[1] Dynamic Spectrum Access (DSA)
[2] Spectrum sensing

- انتخاب بهترین کانال در دسترس (مدیریت طیف[1])
- هماهنگ کردن دسترسی به این کانال با دیگر کاربران (اشتراک‌گذاری طیفی[2])
- تخلیه کردن کانال به محض آشکارسازی کاربر اولیه و رفتن به کانال مناسب دیگر (تحرک طیفی[3])

از آن‌جایی که محیط رادیوئی در سراسر فضا و زمان تغییر می‌کند، رادیوشناختی بایستی این قابلیت را داشته باشد که بتواند تغییرات محیط رادیویی را بر کیفیت ارتباط مخابراتی، بی‌اثر (یا کم اثر) کند، به گونه‌ای که اگر باند طیفی که در حال استفاده است غیر قابل دسترس شود، تابع تحرک طیف برای فراهم کردن مخابره وارد عمل شود. هر تغییر محیطی در طول ارسال مانند ظهور کاربر اولیه، حرکت کاربر و یا تغییرات ترافیکی ممکن است باعث شود که طیف در حال استفاده، غیرقابل دسترس شود.

مثلاً اگر کاربر اولیه به باند خود برگردد و در این زمان کاربر ثانویه در حال استفاده از این باند باشد، رادیوی شناختی باید به گونه‌ای عمل کند که:

- کاربر ثانویه به یک حفره طیفی دیگر برود.
- یا کاربر ثانویه در همان باند (حفره طیفی) باقی بماند، منتها سطح توان ارسالی خود را به گونه‌ای تغییر دهد که برای کاربر اولیه تداخلی ایجاد نکند.
- یا کاربر ثانویه در همان باند باقی مانده، منتها طرح مدولاسیونش را برای اجتناب از تداخل با کاربر اولیه تغییر دهد.

با توجه به وظایف فوق، یک سیستم رادیوشناختی قادر است پارامترهای فرستنده‌اش را به صورت خودکار و با توجه به محیط رادیویی‌ای که در آن فعالیت می‌کند، تغییر دهد.

[1] Spectrum management
[2] Spectrum sharing
[3] Spectrum mobility

۱-۳-۱ پویش طیف

سیستم‌های رادیوشناختی بایستی قادر به حس کردن شرایط و تغییرات پیرامون خود باشند تا بتوانند به نحو مناسب پارامترهای ارسال خود را با این تغییرات تطبیق دهند. بخصوص این سیستم‌ها باید بین باندهای فرکانسی خالی و اشغال شده تمایز قایل شوند و بتوانند آنها را به درستی و با سرعت تشخیص دهند. یکی از مهم‌ترین نیازهای این شبکه‌ها پیدا کردن حفره‌های طیفی است. همان گونه که قبلاً اشاره شد، رادیوشناختی بایستی از محیط اطراف خود آگاهی داشته و تغییرات محیط را احساس کند. تابع پویش طیف به رادیوشناختی این امکان را می‌دهد که با آشکارسازی حفره‌های طیفی، خود را با محیط پیرامونش تطبیق دهد. دقت و سرعت عمل آشکارسازی حفرات تاثیر مستقیمی بر روی استفاده هر چه بهتر از منابع طیفی دارد. در مرحله آشکارسازی لازم است حفره‌های طیفی در حداقل زمان و با حداکثر دقت ممکن تعیین گردند. مرحله آشکارسازی باید دارای دقت کافی باشد چرا که در غیر این صورت ممکن است کاربران ثانویه با این فرض که کاربر اولیه در باند فرکانسی مورد بررسی حضور ندارد، شروع به ارسال سیگنال خود نموده و لذا سیگنال این کاربران با سیگنال کاربران اولیه تداخل کرده و موجب اختلال در عملکرد سیستم کاربران اولیه گردد. همچنین از سوی دیگر تصمیم‌گیری در مورد وجود یا عدم وجود کاربر اولیه باید در حداقل زمان ممکن صورت گیرد تا از یک طرف، زمانی که کاربر اولیه در طیف فرکانسی مورد بررسی حضور ندارد از منابع طیفی به سرعت استفاده شود و از طرف دیگر، با شروع فعالیت کاربر اولیه، کاربر ثانویه به سرعت باند فرکانسی را خالی کرده و در اختیار کاربر اولیه قرار دهد. به طور کلی، وظیفه بخش آشکارساز حفره‌های طیفی این است که اطلاعات لازم را به نحو مناسب در اختیار رادیوی شناختی قرار دهد. یکی از روش‌های کارآمد برای آشکارسازی حفره‌های طیفی، آشکارسازی فرستنده‌های سیستم‌های کاربران اولیه است که در محدوده ارسال و دریافت کاربران ثانویه قرار دارند. روش دیگر، استفاده از آشکارسازی گیرنده اولیه (بر مبنای تداخل) است.

به طور کلی تکنیک‌های پویش طیف را به صورت زیر می‌توان دسته بندی نمود: