

مروری بر مدیریت طیف در رادیوهای هوشمند

زهرا علوی کیا

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده برق و کامپیوتر

Email: z.alavikia@ec.iut.ac.ir

مژده مولا

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده برق و کامپیوتر

Email: mozhdeh_mola@yahoo.com

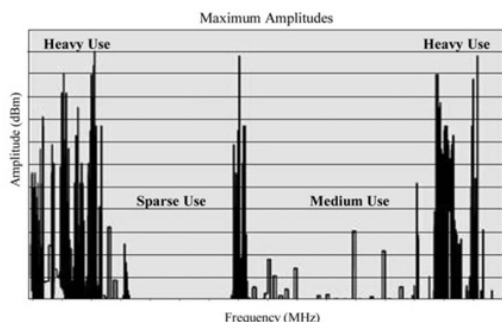
چکیده - روش های دسترسی به طیف به طور دینامیک به عنوان راه حلی برای از میان برداشتن کمبود طیف و تقاضای بالا برای دسترسی به طیف مطرح شده اند. در این میان رادیوی هوشمند تکنولوژی است که امکان دسترسی به طیف را به طور دینامیک فراهم میکند. اما استفاده از این تکنولوژی، چالش های خاص خود را به دلیل طبیعت متغیر طیف و کیفیت سرویس های متفاوت به همراه دارد برای بررسی این چالش ها هر رادیوی هوشمند باید توانایی حس کردن طیف، به اشتراک گذاشتن طیف، تصمیم گیری در مورد طیف و تحرک طیف را داشته باشد. در این مقاله، ابتدا رادیوی هوشمند معرفی می شود. سپس به بررسی چالش های موجود در ارتباط با مدیریت طیف در شبکه های متشکل از رادیوهای هوشمند پرداخته خواهد شد.

کلید واژه - رادیوی هوشمند (Cognitive radio) - کاربر اولیه - کاربر ثانویه - مدیریت طیف

1- مقدمه

می نامیم. رادیوی هوشمند تکنولوژی است که پیاده سازی شبکه های نسل بعدی را امکان پذیر میکند. رادیوی هوشمند به کاربر این امکان را میدهد که بتواند قسمتی از طیف را که در دسترس است مشخص کند، بهترین کانال موجود را انتخاب نماید، با کاربران دیگری که از این کانال استفاده می کنند همکاری داشته باشد، هنگامی که کاربر دارای مجوز می خواهد از کانال استفاده کند، کانال مزبور را ترک نماید [2].

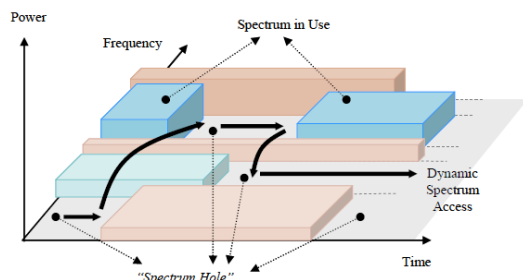
روند ارائه مطالب در این مقاله به این صورت می باشد که در بخش 2 ابتدا توضیحات و تعاریف کلی رادیوی هوشمند ارائه می گردد. در بخش 3 اصول و ارکان مدیریت طیف در رادیوهای هوشمند، همراه با چالش های موجود در این عرصه بیان می گردد.



شکل 1- میزان بهره گیری از طیف توسط کاربران مجاز

در حال حاضر اختصاص طیف در شبکه های بی سیم به صورت استاتیک انجام میگردد. در سال های اخیر به دلیل افزایش تقاضا برای دسترسی به طیف، با کمبود طیف آزاد در باندهای خاصی مواجه شده ایم. شکل 1 بهره گیری ناکارآمد طیف را توسط کاربران مجاز نشان می دهد. روش های نوین اختصاص طیف به دو دسته ی استاتیک و دینامیک تقسیم میشوند. در روش دینامیک سه نوع رویکرد وجود دارد: روش انحصاری، روش اشتراکی، روش های مرتبه ای. در روش های انحصاری، همان طور که از نام آن بر میآید اختصاص طیف به طور انحصاری انجام میگردد اما با این تفاوت که این انحصار به طور دینامیک بوده و توسط آیین نامه های اختصاص طیف کنترل میشود. (مانند روش های اجاره ای و یا حراج و..). در روش اشتراکی همه ی کاربران حق یکسانی در استفاده از طیف دارند مانند باندهای ISM. روش های مرتبه ای به دو نوع دسترسی فرصت طلبانه و مخیره ی طیف گسترده تقسیم میشود. کارآمدی استفاده از طیف موجود میتواند با دستیابی فرصت طلبانه به باندهای دارای مجوز، بدون تداخل با کاربران موجود بهبود یابد. [1] شبکه هائی را که از این روش دسترسی به طیف بهره می گیرند شبکه های نسل بعدی

2- رادیوی هوشمند



شکل 2- چاله های طیفی و دسترسی دینامیک به طیف [2]

3- چارچوب مدیریتی طیف در شبکه های شناختی

معماری شبکه های ثانویه را میتوان به دو گروه تقسیم کرد: شبکه های اولیه و شبکه های ثانویه. شبکه های اولیه همان شبکه های فعلی هستند که کاربران مجاز در آن فعالیت میکنند. اجزای شبکه ی اولیه و ثانویه همان طور که در شکل 3 نشان داده شده به دو صورت ساختاریافته و یا توزیع یافته عمل کنند. کاربر اولیه مجوز دسترسی به طیف را دارد که اگر ساختار شبکه، توزیع یافته باشد از طریق یک ایستگاه مرکزی کنترل میشود و نباید تحت تاثیر کاربر ثانویه قرار گیرد. از آن جا که شبکه های ثانویه اجازه فعالیت در باند مطلوب خود را ندارند باید بتوانند باندهای دارای مجوز را، با شبکه های اولیه به اشتراک بگذارند. شبکه های ثانویه که به صورت توزیع یافته عمل میکنند، میتوانند به یک ایستگاه ایستگاه مرکزی ثانویه با یک گام متصل شوند و از آن جا خدمات دریافت کنند. در مقابل، شبکه های ثانویه که به صورت بدون ساختار عمل میکنند، هیچ ساختار اولیه ای ندارد لذا کاربر ثانویه میتواند با کاربران دیگر ثانویه از طریق طیف های دارای مجوز و یا غیر مجوز ارتباط برقرار کند. به علاوه شبکه های ثانویه میتوانند از طریق یک نقطه ی واسط به نام مبادله گر طیف موجود را بین شبکه های ثانویه مختلف به اشتراک بگذارند

رادیوی هوشمند بر اساس تعریف FCC: "رادیوی است که میتواند پارامترهای فرستندگی/ گیرندگی خود را براساس محیطی که در آن قرار دارد تغییر دهد." طبق این تعریف دو ویژگی از ثانویه انتظار میرود:

هوشمندی: رادیو بتواند اطلاعات را از محیطی که در آن قرار دهد دریافت کند. با این توانایی بخشی از طیف در یک زمان و مکان خاص که بدون استفاده است مشخص میشود. [3] چرخه ی شناخت شامل:

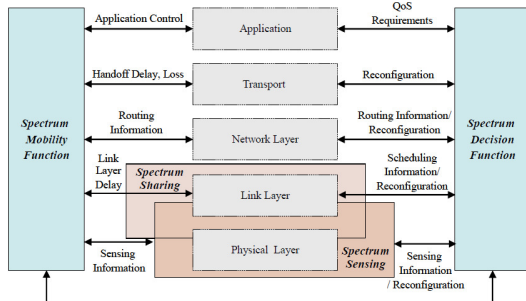
حس کردن طیف، یعنی رادیوی هوشمند بتواند باندهای قابل دسترسی را شناسایی کند.

تحلیل کردن طیف، یعنی رادیوی هوشمند بتواند خصوصیات فضاهای خالی طیف را مشخص کند، تصمیم گیری در مورد طیف، یعنی رادیوی هوشمند بتواند براساس نیاز کاربر و مشخصات طیف تصمیم گیری کند قابلیت تنظیم شدن: براساس اطلاعات دریافتی، قابلیت برنامه ریزی خود را داشته باشد. پارامترهایی که میتوان براساس اطلاعات دریافتی تغییر داد شامل: فرکانس کاری، یعنی رادیوی هوشمند بتواند مناسب ترین فرکانس را برای مخابره به طور دینامیک انتخاب کند.

نوع مدولاسیون، باید براساس نیاز کاربر و شرایط کانال انتخاب شود.

توان ارسال باید براساس محدودیت های توان ارسالی تنظیم شود [2]

هدف رادیوی هوشمند پیدا کردن بهترین طیف از بین طیف های موجود می باشد و مهمترین چالش آن به اشتراک گذاشتن طیف دارای مجوز با کمترین سطح تداخل با کاربران اولیه می باشد. بر این اساس در صورت حضور کاربر اولیه، رادیوی هوشمند باید این توانایی را داشته باشد که طیف مزبور را ترک کند و به قسمت هایی از طیف که خالی است برود که به این قسمت های خالی طیف فضای سفید یا چاله ی طیفی گفته میشود [4] (شکل 2) و یا در طیف مزبور بماند و سطح توان و نوع مدولاسیون خود را به گونه ای تغییر دهد که از تداخل با کاربر اولیه جلوگیری شود.



شکل 4- چارچوب کلی مدیریت طیف [4]

3-1- حس کردن طیف

رادیوی هوشمند باید این توانایی را داشته باشد که با حس کردن محیط پیرامونش از ایجاد تداخل با کاربر اولیه جلوگیری کند. عملکردهای اساسی حس کردن شامل آشکارسازی کاربر اولیه، همکاری و کنترل حس کردن است. [3]

3-1-1- آشکارسازی کاربر اولیه

تکنیک های مورد استفاده برای آشکارسازی کاربر اولیه به سه دسته کلی تقسیم می شوند: تشخیص فرستنده کاربر اصلی، تشخیص گیرنده کاربر اصلی و مدیریت دمای تداخل. این سه بخش در ادامه به تفکیک توضیح داده خواهند شد.

3-1-1-1- تشخیص فرستنده کاربر اصلی

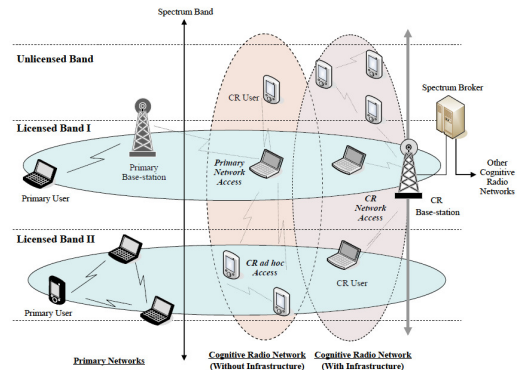
تشخیص فرستنده از روی تحلیل سیگنال های ضعیف دریافتی فرستنده توسط رادیوی هوشمند صورت می گیرد. به طور کلی سه روش زیر برای این منظور استفاده می شوند

1- تشخیص با کمک فیلترهای تطبیق یافته

2- تشخیص بر اساس انرژی دریافتی

3- تشخیص با کمک ویژگی های سیگنال ارسالی

به خاطر عدم تبادل اطلاعات بین کاربرهای اصلی و رادیوهای هوشمند، روش های تشخیص فرستنده بیشتر بر روی دریافت سیگنال های ضعیف دریافتی از فرستنده متکی هستند. از این رو، تکنیک های تشخیص فرستنده بدلیل نداشتن اطلاعات کامل از فرستنده های کاربران اصلی، به تنهایی نمی توانند از ایجاد تداخل روی کاربران اصلی به طور کامل جلوگیری کنند. از طرف دیگر، روش های تشخیص گیرنده نمی توانند از بروز مشکل پایانه مخفی جلوگیری کنند [2].



شکل 3- معماری شبکه های ثانویه و اولیه [5]

از آن جا که در شبکه های ثانویه، تغییرات در طیف زیاد اتفاق می افتد برآوردن کیفیت سرویس دهی برای کاربردهای مختلف کاری سخت محسوب میشود برای حل این مشکل باید از چارچوب مدیریتی استفاده میکنیم. [6] مهمترین چالش هایی که در بحث مدیریت طیف با آن مواجه هستیم شامل موارد زیر میشود:

جلوگیری از تداخل

رادیوهای هوشمند باید از بروز تداخل با کاربرهای اصلی و همچنین سایر رادیوهای هوشمند در شبکه جلوگیری کنند.

تأمین کیفیت سرویس

به منظور ارائه کیفیت مطلوب برای سرویس مورد نظر، رادیوهای هوشمند باید باتوجه به نا همگونی و تغییرپذیری محیط، باند فرکانسی مناسب را انتخاب کند.

مخابه بدون قطعی

رادیوی هوشمند باید این توانایی را داشته باشد که بتواند با ورود کاربر اولیه به ادامه ی ارتباط خود بپردازد.

برای برآورده کردن این نیازها، مدیریت طیف در رادیوهای هوشمند به چند بخش تقسیم می شود شکل(4)

1- حس کردن طیف

2-تصمیم گیری برای انتخاب کانال مناسب

3-به اشتراک گذاشتن طیف

4-تحرک طیفی و تغییر کانال مورد نظر [5]

در ادامه به بررسی دقیق تر سه روش گفته شده برای آشکارسازی کاربر اولیه براساس سیگنال های دریافتی از فرستنده ی اولیه می پردازیم.

3-1-1-1-1-1-3 تشخیص به کمک فیلتر تطبیق یافته

فیلتر تطبیق یافته، یک فیلتر خطی است که برای ماکزیمم کردن SNR در حضور نویز جمع شونده به کار میرود. همان طور که در شکل 5 نشان داده شده، این فیلتر میزان همبستگی بین سیگنال دریافتی و سیگنال اصلی کاربر اولیه را بدست می آورد و در زمان های T از آن نمونه میگیرد چنان چه مقدار نمونه از یک آستانه مشخصی بیشتر باشد به این معنی است که طیف مزبور اشغال می باشد. این روش سریع بوده و به نمونه های کمی نیاز دارد اما درمقابل محدودیت هایی مانند نیاز به مدل فعالیت کاربر اصلی، همزمان سازی دقیق بین فرستنده ی اولیه و کاربر ثانویه و نیاز به فیلترهای مختلف براساس انواع مختلف سیگنال کاربر اصلی، پیاده سازی روش مذکور را با مشکلاتی مواجه می سازد.

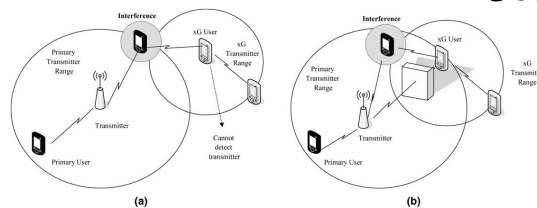
شکل 6- بلوک دیاگرام عملکرد به روش تشخیص انرژی [3]

3-1-1-3 تشخیص با کمک ویژگی های سیگنال دریافتی

در این روش با استخراج ویژگی هایی از سیگنال که به طور متناوب تغییر میکنند میتوان به تشخیص کاربر اولیه پرداخت. همان طور که در شکل 7 نشان داده شده، از خروجی تابع همبستگی میانگین گرفته میشود و برای تشخیص حضور کاربر اولیه با سطح آستانه ای مقایسه میشود. در این روش چون تصمیم گیری براساس ویژگی های سیگنال انجام میگردد به سطح نویز حساس نبوده و میتواند انواع مختلف سیگنال را از هم تمیز دهد به علاوه هر کاربر ثانویه میتواند مستقل از بقیه ی کاربران ثانویه عمل کند. اما در مقابل پیچیدگی این روش بالا بوده و به زمان حس کردن طولانی تری در مقایسه با روش های گفته شده نیاز دارد. [3]



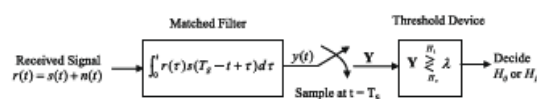
شکل 7- بلوک دیاگرام تشخیص به روش استخراج ویژگی [3]



شکل 8- مشکل آشکارسازی فرستنده: a: اثر نامعینی گیرنده، b: اثر نامعینی سایه ای [2]

3-1-1-2 تشخیص گیرنده کاربر اصلی

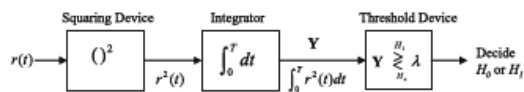
با توجه به اینکه آشکار سازی کاربر اولیه مبتنی بر فرستنده در مواردی که فرستنده در محدوده ی حس کاربر ثانویه قرار ندارد، ویا اثر سایه ای مانع از حس کردن فرستنده میشود، نمی تواند به خوبی عمل کند، شکل 8 بنا براین پیدا کردن باندهای خالی در طیف از طریق یافتن کاربران اصلی ای صورت می پذیرد که در برد ارتباطی رادیوی هوشمند، در حال دریافت داده هستند. [2] در این روش ها معمولا از توان نشی اسیلاتور محلی که از طریق بخش مقدم رادیویی گیرنده منتشر می شود برای تشخیص استفاده می کنند .



شکل 5- بلوک دیاگرام عملکرد فیلتر تطبیق یافته [3]

3-1-1-2-1-1-3 تشخیص براساس انرژی دریافتی

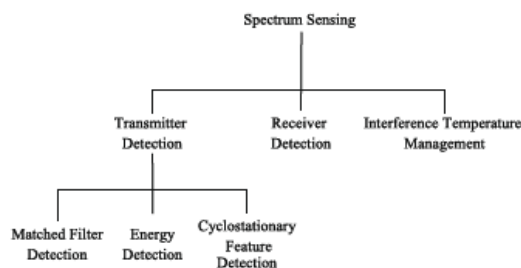
اگر سطح توان نویز مشخص باشد این روش، برای آشکارسازی سیگنال دریافتی مناسب است. همان طور که در شکل 6 نشان داده شده است انرژی سیگنال دریافتی با یک آستانه مقایسه شده و براساس آن در مورد حضور و با عدم حضور کاربر اولیه تصمیم گیری میشود. پیاده سازی این روش ساده است اما نیاز به نمونه های بیشتری دارد و از این رو زمان بر است. از طرفی این روش به اندازه گیری سطح نویز حساس بوده، و چنان چه سطح SNR از آستانه ای بیشتر باشد تشخیص ممکن نیست. به علاوه نوع سیگنال دریافتی قابل تشخیص نخواهد بود و امکان خطا در آشکارسازی زیاد است.



البته چون این توان نشستی بسیار ناچیز می باشد، ساختن یک تشخیص دهنده قابل اطمینان کار ساده ای نیست.

3-1-3- مدیریت حد تداخل

به منظور رفع اشکالات روش های قبلی آشکارسازی، FCC روش جدیدی برای اندازه گیری تداخل ارائه داده است. در این روش میتوان تصور کرد که با حضور سیگنال های تداخلی جمع شونده، سطح نویز افزایش می یابد. در این روش تداخل در گیرنده توسط حد خاصی از دمای تداخل مدیریت میشود. این آستانه برای ما مشخص میکند که گیرنده تا چه اندازه میتواند تداخل را تحمل کند تا زمانی که کاربر ثانویه در ارسال خود از این حد فراتر نرود میتواند از طیف مورد نظر بهره گیری کند [2].



شکل 9- روش های مختلف برای حس کردن طیف [2]

3=2 همکاری در سنس کردن اطلاعات

از آن جا که اطلاعات مشاهده توسط هر کاربر محدود بوده نیاز به اخذ اطلاعات از سایر کاربرهای موجود در شبکه نیز می باشد. به این نوع تشخیص، تشخیص همکاریانه گویند

از نقطه نظر تئوری تشخیص همکاریانه دارای دقت بالاتری نسبت به سایر انواع تشخیص می باشد زیرا عدم قطعیت در تشخیص یک کاربر را می تواند با همکاری به حداقل رساند. علاوه براین، اثرات محوشوندگی چند مسیری و اثر سایه ای در این روش کاهش می یابد. در شبکه های ساختار یافته ایستگاه مرکزی مسئولیت جمع آوری اطلاعات حس شده توسط هر کدام از کاربران را برعهده دارد. در شبکه های توزیع یافته به دلیل برد محدود هر کاربر در حس کردن، این امر از اهمیت بالاتری برخوردار است..

3-3 کنترل حس کردن طیف

همان طور که اشاره شد مهمترین هدف بدست آوردن فرصت های دسترسی به طیف بیشتر با کمترین سطح تداخل با شبکه های اولیه است. برای این منظور عمل حس کردن توسط واحد کنترل حس، هماهنگ میشود. که در این واحد به دو سوال اساسی پاسخ داده میشود: اولاً اینکه کاربر چه مدت را به سنس کردن و چه مدت را برای ارسال اختصاص دهد. ثانیاً برای دستیابی به طیف مورد نظر، کدام طیف را باید اول حس کرد و برای چه مدت. بدیهی است که هر چه قدر زمان بیشتری برای حس کردن صرف شود، دقت افزایش می یابد اما بازده شبکه به دلیل زمان کمتر برای ارسال کاهش می یابد. [3]

3-4 چالش های مطرح در حس کردن طیف

در این قسمت به بررسی چالش های مطرح در حس کردن طیف میپردازیم.

امکان حس کردن های غیرهمزمان: اگر هر کاربر به طور مستقل از بقیه کاربران به حس کردن طیف بپردازد ممکن است ارسال کاربران ثانویه دیگر را به عنوان حضور کاربر اولیه در حین حس کردن طیف قلمداد کند که این امر منجر به بروز هشدار اشتباه میشود. بنابراین هماهنگ کردن حس کردن بین کاربران مختلف به گونه ای که این خطا مینیمم شود یکی از چالش های اساسی محسوب میشود.

بهینه کردن عمل حس کردن تعاونی: هرچند به اشتراک گذاشتن اطلاعات بدست آمده از حس کردن هر کاربر باعث افزایش دقت میشود اما به خاطر نیاز به ترافیک اضافه به منظور برقراری همکاری مورد نظر بین اجزاء شبکه، اثرات مضر بر روی منابع شبکه می گذارد. [4]

4- تصمیم گیری در مورد طیف مورد نظر

رادیوی هوشمند باید این توانایی را داشته باشد که بتواند براساس ویژگی های طیف و نیاز کاربر و مدل فعالیت کاربران اولیه و ثانویه، باند مورد نظر خود را از بین باندهای قابل دسترس انتخاب کند. در سه حالت تصمیم گیری بر طیف انجام میشود: در آغاز دسترسی به طیف، وقتی کیفیت ارسال کاهش پیدا میکند و زمانی که تحرک طیفی داشته باشیم. به طور کلی عملکردهای اصلی تصمیم گیری طیف شامل مشخصات طیف، انتخاب طیف و قابلیت تنظیم پذیری است که در ادامه به بررسی نحوه انتخاب بهترین

کانال و چالش های موجود بر سر تحقیق در این زمینه برای شبکه های متشکل از رادیوهای هوشمند می پردازیم.

4-1 مشخصات طیف

با استفاده از مشاهده ی هر کاربر میتوان ویژگی های طیف را بدست آورد. از جمله پارامترهایی که روی ویژگی های طیف اثر میگذارند میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

سطح تداخل: کاربر ثانویه تا چه حد میتواند توان خود را زیاد کند به گونه ای که منجر به تداخل در گیرنده ی اولیه نشود

تلفات مسیر: این فاکتور به میزان زیاد به میزان فاصله و فرکانس بستگی دارد. هر چه فرکانس زیادتر شود میزان تلفات افزایش می یابد.

خطای ارتباط بی سیم: به نوع مدولاسیون، میزان تداخل، نرخ خطا و... بستگی دارد.

تأخیر لایه ی ارتباطی: برای حل مشکلات مطرح شده به پروتکل های مختلف در لایه های مختلف نیاز داریم که منجر به افزایش خطا میشود. [3]

از طرفی برای توصیف طبیعت متغیر شبکه های متشکل از رادیوهای هوشمند، پارامتر جدیدی تحت عنوان فعالیت کاربر اصلی تعریف شده است که بیان کننده احتمال ظهور کاربر اصلی در باند فرکانسی خاصی که رادیوی هوشمند در آن مشغول به ارسال است می باشد. [2] به خاطر اینکه هیچ تضمینی بر آزاد ماندن یک باند فرکانسی خاص که یک رادیوی هوشمند از آن برای ارسال اطلاعات استفاده می کند نیست، مشخص کردن احتمال ورود کاربر اصلی در باند مورد نظر امری ضروری محسوب می شود.

4-2 انتخاب طیف

ثانویه بهترین باند موجود را به گونه ای انتخاب میکند که بتواند کیفیت سرویس دهی مورد انتظار را تامین کند. در شبکه های توزیع یافته انتخاب طیف نمیتواند مستقل از انتخاب مسیر انجام شود زیرا باندهای موجود در شبکه های ثانویه از یک گام به گام دیگر تغییر میکند.

به هر حال به خاطر فعال بودن کاربران اصلی در شبکه خود، رادیوهای هوشمند نمی توانند از یک کانال برای مدت زمانی طولانی به صورت قابل اطمینان استفاده کنند.

4-3 قابلیت تنظیم

زمانی که طیف مورد نظر انتخاب شد، کاربران ثانویه باید پروتکل های لایه های بالاتر، تکنولوژی لایه فیزیکی و ... را متناسب با شرایط کاربردی انتخاب کنند و سپس سیستم ارتباطی خود را براساس آن تنظیم کنند. [3]

4-4 چالش های موجود در تصمیم گیری برای انتخاب

طیف

چالش های زیر در زمینه تحقیق برای ارائه روش ها مناسب برای تصمیم گیری و انتخاب طیف بی پاسخ مانده اند [2]

مدل فعالیت کاربر اولیه

مدل های ساده ی مبتنی بر on-off برای فعالیت کاربر اولیه نمیتواند اطلاعات گوناگونی از شبکه های اولیه در اختیار کاربر ثانویه قرار دهد که این امر یا منجر به از دست رفتن فرصت ها میشود و یا باعث بروز خطا در تشخیص وجود کاربر اولیه میشود. از طرفی پیاده سازی مدل های پیچیده امکان پذیر نیست. بنابراین نیاز به مدلی که بتواند شرایط مختلف ترافیکی را مد نظر قرار دهد جزء چالش های اساسی مطرح میشود.

ایجاد یک چارچوب مشترک برای تصمیم گیری و تنظیم پذیری

از آن جا که گاهی، تنها با ایجاد تنظیمات مجدد میتوان شرایط کیفیت ارتباط فعلی را حفظ کرد بدون اینکه نیاز به تغییر طیف وجود داشته باشد، نیاز به یک چارچوب مشترک که بتواند تصمیم گیری در انتخاب طیف را با توجه به ایجاد تنظیمات در نظر بگیرد احساس می شود.

5- به اشتراک گذاشتن طیف

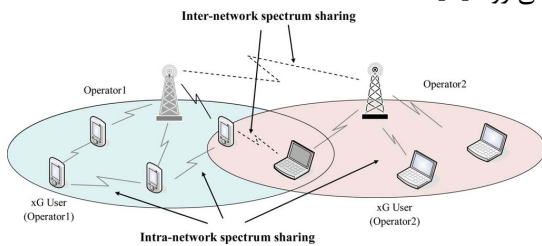
از ویژگی های بارز شبکه های بی سیم استفاده ی اشتراکی از طیف در این شبکه ها محسوب میشود. مشابه این امر در شبکه های ثانویه نیز به دنبال به اشتراک گذاشتن طیف بین کاربران ثانویه هستیم به قسمی که امکان دسترسی چندین کاربر ثانویه با در نظر گرفتن نیاز های هریک و جلوگیری از تداخل فراهم باشد. که این امر با پروتکل های دسترسی به رسانه ارتباط نزدیک دارد. [5]

5-1 انواع روش های دسته بندی برای اشتراک گذاشتن طیف

a) مرکزی
b) توزیع یافته
2) داخل شبکه ای شامل دو نوع:

a) همکارانه
b) غیرهمکارانه

همان طور که در شکل 10 نشان داده شده است، این دسته از روش های اشتراک طیف، برای تخصیص باندهای فرکانسی بین کاربران یک شبکه رادیوهای هوشمند به کار می روند [2].



شکل 10- انواع روش های به اشتراک گذاشتن طیف داخل/بین شبکه

5-2 چالش های مطرح در به اشتراک گذاشتن طیف

با توجه به تحقیقات انجام شده، نیاز به به تحقق یک طرح یکپارچه و کارآمد در زمینه ی استفاده آزاد از طیف احساس میشود. تعدادی از چالش های به اشتراک گذاشتن طیف در زیر مورد بررسی قرار میگیرد.

کانال کنترلی مشترک

از کانال کنترلی برای ایجاد هماهنگی و ردوبدل کردن اطلاعات مرتبط با آن بین کاربران ثانویه استفاده می شود. این کانال به دو صورت داخل باند و خارج باند قابل تصور است. در داخل باند از همان طیفی که برای فرستادن اطلاعات به کار میرود، برای ارسال پیام های کنترلی نیز استفاده میشود. در این روش به دلیل به کارگیری طیف ارسال اطلاعات، محدوده ی پوشش آن محدود بوده به علاوه استفاده از کانال کنترلی به این شیوه تحت تاثیر ورود کاربر اولیه قرار دارد و ارسال پیام های کنترلی ممکن است روی بازده ی ارسال اطلاعات اصلی اثر بگذارد و نرخ آن را کاهش دهد. و در این حالت چنان چه کاربر ثانویه جدیدی وارد شود باید زمان زیادی را صرف پیدا کردن کانال کند. اما در مقابل در این روش نیاز به فرستنده/گیرنده جدا برای کانال کنترلی ندارد و زمانی برای سوئیچ بین دو کانال صرف نمی شود.

میتوان روش های موجود برای اشتراک فرکانس را از سه جنبه ی مختلف بررسی کرد که شامل:

از نظر معماری شبکه

مرکزی: در این روش یک عضو مرکزی وظیفه ی کنترل و دسترسی و اختصاص طیف را برای بقیه ی اعضا برعهده دارد. تمام اعضا مشاهدات خود را برای عضو مرکزی میفرستند و این عضو براساس این مشاهدات نقشه ی اختصاص فرکانس را تشکیل میدهد
روش توزیع یافته: در این روش هر عضو براساس سیاست های محلی، مسئولیت اختصاص فرکانس و دسترسی را برعهده دارد.

از نظر تخصیص طیف

اشتراک طیف به صورت همکارانه: در این روش هر عضو مشاهدات خود را با بقیه ی گره ها به اشتراک میگذارد تا تداخلات دسترسی به طیف مینیمم شود.

اشتراک طیف به صورت غیرهمکارانه: در این حالت هر عضو مستقل از بقیه به طیف دسترسی پیدا می کند.

در نتیجه روش های همکارانه با توجه به دقت بالا و منصفانه تر بودن دسترسی به طیف منجر به افزایش نرخ انتقال داده در شبکه و در نتیجه افزایش بازده میشود. در مقابل روش های غیرهمکارانه کاهش توان مصرفی، کاهش پیام های ارسالی و در نتیجه استفاده ی کمتر از طیف را به دنبال می آورد.

از نظر روش های دسترسی به طیف

دسترسی به فرکانس های خالی: در این روش یک عضو به طیفی دسترسی پیدا میکند که توسط کاربران اولیه استفاده نمیشود که در این حالت تداخل با کاربران اولیه مینیمم میشود.

دسترسی به فرکانس های در حال استفاده: با استفاده از تکنیک های مخابره ی باند گسترده کاربر ثانویه ارسال خود را به گونه ای انجام میدهد که توان ارسالی در یک باند خاص به عنوان نویز برای کاربر اولیه تلقی شود.

بنابراین با توجه به تقسیم بندی های مطرح شده، میتوان یک تقسیم بندی کلی را براساس به اشتراک گذاشتن طیف در داخل شبکه و بین شبکه های موجود به صورت زیر انجام داد:

اشتراک طیف

1) بین شبکه ای که شامل دو نوع:

در روش خارج باند از کانال جدایی برای فرستادن پیام های کنترلی استفاده میشود و به دو صورت محلی و عمومی قابل تصور است در حالت محلی هر گروه از کاربرها، کانال جدایی را برای کنترل در نظر میگیرند که این کانال میتواند موقت باشد. [5]

به کار بردن یک کانال کنترلی مشترک، موارد متعددی را در زمینه اشتراک طیف بین کاربرها تسهیل می کند. اما این فرض، فرضی غیرواقع بینانه خواهد بود. به علاوه چنین کانالی که باید برای همه کاربرها قابل دسترس باشد، بسیار به توپولوژی شبکه و زمان وابسته خواهد بود. بنابراین یا باید فرض وجود کانال کنترلی مشترک را در نظر نگرفت و یا از طریق اختصاص کانال های محلی برای خوشه های متشکل از گره ها این فرض را تحقق بخشید.

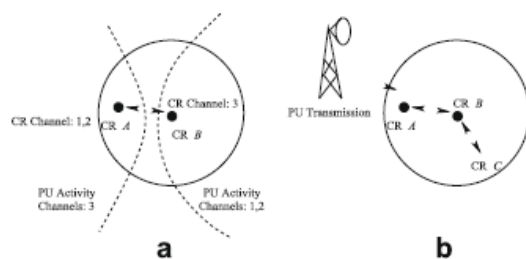
برد دینامیکی ارتباط رادیویی

با توجه به وابستگی برد قابل دریافت یک سیگنال به فرکانس، با عوض شدن فرکانس کاری یک فرستنده، مجموعه گره های همسایه آن میتوانند تغییر کنند. این تغییر منجر به تغییر روش های مسیریابی، و اطلاعات مرتبط با تداخل میشود بنابراین به دنبال ارائه تکنیک هایی برای انتخاب کانال کنترلی هستیم به نحوی که بتواند چالش های گفته شده را حل کند. [2]

دسترسی به طیف و هماهنگی بین زمان های ارسال
در شبکه های توزیع یافته، از طریق ارسال پیام های درخواست برای ارسال (RTS) و اتمام ارسال (CTS) برای هماهنگ کردن ارسال ها و کاهش میزان برخورد در حین دسترسی به طیف، استفاده میشود. در شبکه های ثانویه، ارسال پیام های RTS و CTS ممکن است قبل از جابه جایی فرکانسی رخ دهد که منجر به خطا میشود. همان طور که در شکل 11.b نشان داده شده است، کاربر C با توجه به RTS/CTS دریافتی متوجه فعالیت کاربر A و B در باند مورد نظر میشود و ساکت می ماند. اما کاربر A بعد از فرستادن پیام های کنترلی متوجه حضور کاربر اولیه میشود و ادامه ی ارتباط خود را با B در باند دیگری انجام میدهد، این در حالی است که کاربر C همچنان براساس پیام های کنترلی قبلی سکوت میکند و فرصت دسترسی به طیف از دست میدهد.

اطلاع از توپولوژی شبکه

در شبکه های ثانویه توزیع یافته، نیاز به ردوبدل کردن اطلاعات برای آگاهی از توپولوژی شبکه ضروری است. اما در این حالت ممکن است فرکانس عملکرد دو کاربر به گونه ای باشد که امکان ردوبدل کردن اطلاعات بین آنها میسر نباشد. همان طور که در شکل 11.a نشان داده شده است کاربر A و B نمیتوانند مشاهدات خود را با هم به اشتراک بگذارند.



شکل 11. چالشهای اشتراک طیف در شبکه ثانویه CRAHNS [3]

6- تحرک طیفی

اگر کاربر اولیه بخواهد به باند مورد استفاده توسط کاربر دسترسی پیدا کند که این امر باعث میشود مخابره ی ما در باند دیگری ادامه پیدا کند. که به این حالت تحرک طیفی می گوئیم و باعث بروز نوعی جدید از دست به دست شدن در شبکه های متشکل از رادیوهای هوشمند به نام دست به دست شدن طیفی شده است. درسه حالت تحرک طیفی انجام میگیرد: زمانی که کاربر اولیه در طیف مورد نظر ظاهر شود، شرایط کیفیت سرویسی که به دنبال آن بودیم برآورده نشود، زمانی که مخاطب کاربر ثانویه در حین ارتباط مجبور به ترک طیف فعلی شود. [3] یکی از اساسی ترین اهداف در تحرک طیفی، انجام سریع و آرام دست به دست شدن طیفی است به گونه ای که کارایی فعلی تضعیف کمتری داشته باشد. همچنین پروتکل های مختلفی که در لایه های مختلف شبکه کار می کنند باید خود را با فرکانس کاری سیستم منطبق کنند. به علاوه آن ها باید در برابر دست به دست شدن و تأخیرهای به وجود آمده طی آن مقاوم باشند. [2] دو عملکرد اصلی تحرک طیفی شامل دست به دست شدن طیفی و مدیریت ارتباط است که مختصرا مورد بررسی قرار میگیرند

دست به دست شدن طیفی

دست به دست شدن طیفی میتوان به دو صورت واکنشی و پیش گیرانه انجام میگیرد. در روش واکنشی کاربر ثانویه بعد

برای این چالش محسوب شود. در این مقاله چهار رکن اساسی در مدیریت طیف : حس کردن طیف، تصمیم گیری در مورد طیف، به اشتراک گذاشتن طیف، تحرک طیف مورد ارزیابی قرار گرفت و چالش های موجود در هر یک بررسی شد. در نهایت تحقیقات بیشتر در این حیطه میتواند چالش های مطرح شده را مرتفع سازد.

مراجع

- [1] Ir.W.Lemstra, "Cognitive Radio defying Spectrum management", Delft University of Technology, Draft:2008
- [2] I. F. Akyildiz et al., "NeXt Generation/Dynamic Spectrum Access/Cognitive Radio Wireless Networks: A Survey", *Comp. Networks J.*, vol. 50, Sept . 2006, pp. 2127-2159.
- [3] I. F. Akyildiz, W.-Y. Lee, and K. Chowdhury, "AHNs: Cognitive Radio AdHoc Networks," *Ad Hoc Net. J.*, vol. 7, no. 5, July 2009
- [4] FCC, "Spectrum Policy Task Force Report," ET docket no. 02- 135, Nov. 2002
- [5] Won Yeol Lee, "SPECTRUM MANAGEMENT IN COGNITIVE RADIO WIRELESS NETWORKS", PhD Thesis, Georgia Institute of Technology, August 2009
- [6] Akyildiz, I. F., Lee, W.-Y., Vuran, M. C., and Mohanty, S., "A survey on spectrum management in cognitive radio networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, pp. 40{48, April 2008.

از اینکه نارسایی ارتباط رخ داد، باید به طور سریع تحرک طیفی انجام دهد. اما در مقابل در روش های پیش گیرانه قبل از اینکه نارسایی ارتباط رخ دهد، کاربر ثانویه شروع به انتخاب طیف جدیدی برای ادامه ارتباط میکند. همان طور که مشخص است روش های واکنشی برای حالاتی مانند ورود ناگهانی کاربر اولیه مناسب است و روش های پیش گیرانه برای شرایطی که کیفیت سرویس شروع به کاهش می کند و یا کاربر ثانویه میخواهد تحرک انجام دهد مناسب است.

در تحرک طیفی به دنبال حفظ ارتباط هستیم پس باید تاخیر ناشی از تحرک طیفی تا آن جا که امکان دارد مینیمم شود. که در ادامه به بررسی چالش های مطرح در این زمینه میپردازیم.

مدیریت ارتباط

مهمترین وظیفه ی پروتکل های مدیریت ارتباط، مدیریت و کنترل زمان دست به دست شدن در تحرک طیفی است به گونه ای که ارتباط حفظ شود و به خاطر زیاد شدن زمان دست به دست شدن ارتباط قطع و یا مختل نشود.[3]

6-1 چالش های مطرح در تحرک طیفی

چالش های مهم تحرک طیفی در زیر آورده شده اند:

چارچوب انعطاف پذیر برای دست به دست شدن طیفی

برای انجام موفقیت آمیز دست به دست شدن طیفی نیاز به چارچوبی احساس میشود که بتواند انواع مختلف دست به دست شدن را نسبت به محیطی که در آن قرار دارد و یا کاربرد مورد نظر انتخاب کند.

مدیریت تاخیر سوئیچینگ

تأخیر سوئیچینگ در طیف تنها به سخت افزار بستگی ندارد بلکه به انواع مختلف الگوریتم هایی که در عملکردهای حس کردن طیف، به اشتراک گذاشتن طیف، و تصمیم گیری در مورد طیف به کار میروند، و نیز روش های مسیریابی در لایه شبکه بستگی دارد. برای کاهش زمان سوئیچینگ میتوان از روش های چندلایه ای استفاده کرد.[3]

نتیجه گیری

با توجه به ناکارایی روش های اختصاص طیف به طور استاتیک و افزایش روز افزون دسترسی به طیف، به کارگیری تکنولوژی رادیوی هوشمند میتواند پاسخی مناسب