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

خانم منصوره صعیدزرندی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان حسگری طیفی مشارکتی چند باندی در شبکه های رادیوهای شناختی در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۹ 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 پاییز عزمی	استاد	
استاد ناظر	دکتر مهدی آبادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر حمید سعیدی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر افروز حق بین	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر حمید سعیدی	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است
امضاء معاونت پژوهشی دانشکده

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،دانش آموختگان 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 ۱۰ 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 می کند 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 ... دانشجوی رشته ... مقطع ... تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: ...

تاریخ و امضا: ۱۲ / ۱۰ / ۹۰

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 می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان 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 تایید 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 می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت 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 دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها 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 ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ 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 ..... دانشجوی رشته ..... ورودی سال تحصیلی ۸۸.....

مقطع ..... دانشکده ..... متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه 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 هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: .....

تاریخ: .....

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق گرایش مخابرات

حسگری طیفی مشارکتی در چند باند در شبکه های رادیو شناختی

منصوره صعیدزرندی

استاد راهنما:

دکتر پاییز عزمی

زمستان ۹۰

چکیده

با گسترش سرویس‌ها و ابزارهای بیسیم تقاضا برای طیف رادیویی افزایش چشمگیری یافته است. تحقیقات نشان می‌دهد، سیاست تخصیص طیف ثابت که بر اساس آن باندهای فرکانسی به صورت انحصاری به سرویس‌های خاصی اختصاص می‌یابند، باعث شده که طیف رادیویی به صورت ناکارامد مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور استفاده بهینه از طیف، اداره مخابرات فدرال (FCC) [1] تکنولوژی رادیوی‌های شناختی را برای استفاده از پهنای باند اختصاص یافته به کاربران اولیه، توسط کاربران ثانویه پیشنهاد کرده است. یک پارامتر مهم در استفاده فرصت طلبانه از طیف تشخیص حضور یا عدم حضور کاربر اولیه است که توسط حسگری طیفی انجام می‌شود.

یکی از مسائل مهم در حسگری طیفی مشکل گره پنهان است که زمانی اتفاق می‌افتد که کاربر اولیه درسایه قرار گرفته یا تحت محوشدگی شدید قرار بگیرد. نشان داده شده آشکارسازی مشارکتی یک راه حل مناسب برای افزایش احتمال آشکارسازی کاربر اولیه می‌باشد. یکی دیگر از مسایل مهم در شبکه‌های رادیو شناختی بازبینی باندهای فرکانس گسترده به منظور یافتن حفره‌های طیفی جهت استفاده فرصت‌طلبانه از طیف است که طراحی سخت افزار و توسعه الگوریتم های پردازش سیگنال جهت حسگری طیف در باندهای گسترده ضروری می‌باشد.

در این پایان نامه به منظور حسگری طیفی مشارکتی در باند گسترده از روش MJD [2] استفاده شده که بر اساس آن تصمیم‌گیری در مورد اشغال یا عدم اشغال چندین باند به صورت همزمان انجام می‌گیرد. در این مسئله، هدف ماکزیمم کردن مجموع نرخ موثر ارسال در همه باندها است به شرط آنکه از ایجاد تداخل مضر برای کاربران اولیه جلوگیری شود. در این پایان‌نامه برای حل مسئله بهینه سازی از الگوریتم ایمنی مصنوعی، الهام گرفته از تئوری انتخاب کلونی به همراه یک روش مناسب برای اعمال قیدها استفاده گردیده و نشان داده شده که الگوریتم پیشنهادی یک راه حل مناسب برای پیاده‌سازی روش MJD می‌باشد.

کلمات کلیدی: رادیوهای شناختی، حسگری طیفی، حسگری طیفی باند گسترده، حسگری مشارکتی، الگوریتم ایمنی مصنوعی

[1] Federal communication commision

[2] Multiband joint detection

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: معرفی شبکه های رادیو شناختی ۵

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ سیکل شناختی ۷

۲-۳ قابلیت های رادیو شناختی ۸

۲-۴ حسگری طیفی ۹

۲-۴-۱ فیلتر منطبق ۹

۲-۴-۲ آشکارساز ایستان دوری ۱۰

۲-۴-۳ آشکارساز انرژی ۱۰

۲-۴-۴ محدودیت تداخل ۱۰

۲-۴-۵ حسگری طیفی در شبکه های چند کاربری ۱۱

۲-۴-۶ بهینه سازی زمان حسگری ۱۱

۲-۴-۷ حسگری طیفی در شبکه های چند کانالی ۱۲

۲-۴-۸ حسگری طیفی مشارکتی ۱۲

۲-۵ برخی مسائل مطرح شده در زمینه مدیریت طیف ۱۳

۲-۶ برخی مسائل مطرح شده در زمینه جابجایی طیف ۱۴

۲-۷ برخی مسائل مطرح شده در زمینه به اشتراک‌گذاری طیف ۱۴

۲-۸ معماری شبکه های رادیو شناختی ۱۵

۲-۸-۱ معماری دارای زیر ساخت ۱۵

۲-۸-۲ شبکه های با ساختار مش ۱۶

۲-۹ کاربردهای شبکه های رادیو شناختی ۱۷

۲-۱۰ خلاصه فصل ۱۸

فصل سوم: مقدمه ای بر الگوریتم های بهینه ساز ۱۹

۳-۱مقدمه ۲۰

۳-۲ عناصر سیستم ایمنی ۲۰

۳-۲-۱ ارگان ها ۲۰

۳-۱-۲ ملکول ها و عناصر سیستم ایمنی ۲۱

۳-۳ دینامیک های سیستم ایمنی ۲۳

۳-۳-۱ تشخیص ایمنی: انطباق و اتصال ۲۳

۳-۳-۲ پاسخ به آنتی ژن ها ۲۴

۳-۳-۳ تکثیر سلول B ، بلوغ میل پیوندی ۲۶

۳-۴ الگوریتم های بهینه سازی ۲۷

۳-۴-۱ الگوریتم انتخاب کلونی ۲۷

۳-۴-۲ الگوریتم شبکه ایمنی مصنوعی ۲۹

۳-۴-۳ الگوریتم شبکه ایمنی مصنوعی پویا ۳۲

۳-۴-۳-۱استفاده از زیر جمعیت جداگانه از سلول های خاطره ۳۳

۳-۴-۳-۲ جستجوی خطی برای تعیین پارامتر β ۳۳

۳-۴-۳-۳ اضافه کردن عملکردهای جهش جدید ۳۳

۳-۴-۳-۴ مکانیزم حذف خطی بین سلول ها ۳۴

۳-۴-۳-۵ محدود کردن سایز جمعیت ۳۶

۳-۵ معرفی الگوریتم ژنتیک ۳۷

۳-۶ خلاصه فصل ۳۸

فصل چهارم: حسگری طیفی مشارکتی در چند باند ۳۹

۴-۱مقدمه ۴۰

۴-۲ مدل سیستم ۴۰

۴-۳ سیگنال دریافتی ۴۱

۴-۴ آشکارسازی سیگنال در باندهای جداگانه ۴۲

۴-۵ آشکارسازی مشارکتی ۴۵
۴-۶ مسئله بهینه سازی حسگری طیفی مشارکتی در چند باند ۴۷
۴-۷ الگوریتم پیشنهادی برای حل مسئله ۴۸
۴-۸ نتایج شبیه سازی ۵۱
۴-۹ نتیجه‌گیری ۵۷
فصل پنجم: حل مسئله حسگری به صورت متناوب ۵۸
۵-۱ مقدمه ۵۹
۵-۲ آشکارسازی سیگنال در هر زیر کانال ۵۹
۵-۳ مسئله بهینه سازی ۶۲
۵-۴ نتایج شبیه سازی ۶۳
۵-۵ نتیجه‌گیری ۷۰
فصل ششم: پیشنهادات و نتیجه‌گیری ۷۱
مراجع ۷۴

علائم اختصاری

سیستم ایمنی مصنوعی	AIS
تبدیل فوریه گسسته	DFT
احتمال هشدار اشتباه	P_f
احتمال آشکارسازی	P_d
احتمال عدم آشکارسازی	P_m
آشکارسازی همزمان در چند باند	MJD
الگوریتم انتخاب کلونی	Clonalg
کنترل دستیابی به رسانه	MAC
واریانس	Var
متوسط آماری	E
تست فرضیه مبنی بر عدم حضور کاربر اولیه	H_0
تست فرضیه مبنی بر حضور کاربر اولیه	H_1
نسبت سیگنال به نویز	SNR
اداره مخابرات فدرال	FCC
کاربر شناختی	CR
آنتی‌ژن	Ag
آنتی‌بادی	Ab
سلول ارائه دهنده آنتی‌ژن	APC

فهرست جداول

جدول ۳-۱ : کد مربوط به الگوریتم انتخاب کلونی ۲۹

جدول ۳-۲ : کد مربوط به الگوریتم شبکه ایمنی مصنوعی ۳۱

جدول ۳-۳ : کد مربوط به الگوریتم شبکه ایمنی مصنوعی دینامیک ۳۶

جدول ۴-۱ : الگوریتم پیشنهادی ۵۰

جدول ۴-۲ : پارامترهای مسئله ۵۱

جدول ۴-۳ : پارامترهای الگوریتم پیشنهادی ۵۱

جدول ۴-۴ مقایسه کارایی دو الگوریتم زمانی که روش sequential به کار رفته و $\epsilon = 1.3$ ۵۵

جدول ۴-۵ : مقایسه کارایی دو الگوریتم زمانی که روش joint به کار رفته و $\epsilon = 1.3$ ۵۵

جدول ۴-۶ :پارامترهای الگوریتم ژنتیک به کار رفته با روش پیشنهاد شده برای اعمال شرایط ۵۵

جدول ۵-۱ : پارامترهای مسئله حسگری متناوب ۶۴

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱ : سیکل شناختی ۸

شکل ۲-۲ : آشکارساز انرژی ۱۰

شکل ۲-۳ : مدل دمای تداخل ۱۱

شکل ۲-۴ : مشکل گره پنهان ۱۲

شکل ۲-۵ : معماری دارای زیرساخت ۱۶

شکل ۲-۶ : معماری با ساختار مش ۱۷

شکل ۳-۱ : سلول B و آنتی بادی های روی سطح آن ۲۲

شکل ۳-۲ : شکل آنتی بادی و نواحی مختلف آن ۲۳

شکل ۳-۳ : نمایش ایمنی سلولار و هومورال ۲۵

شکل ۳-۴ : پاسخ ایمنی اولیه و ثانویه ۲۶

شکل ۳-۵ : فرایند انتخاب کلونی ۲۷

شکل ۳-۶ : بهینه سازی توسط الگوریتم شبکه ایمنی مصنوعی ۳۲

شکل ۳-۷ : بهینه سازی توسط الگوریتم انتخاب کلونی ۳۲

شکل ۳-۸ : استفاده از نقطه P' براب تعیین فاصله دو نقطه ۳۵

شکل ۳-۹ : فلوچارت الگوریتم ژنتیک ۳۸

شکل ۴-۱ : زیر کانال های اشغال شده و اشغال نشده ۴۱

شکل ۴-۲ : حسگری طیفی همزمان در چند باند برای یک کاربر شناختی ۴۳

شکل ۴-۳ : حسگری طیفی مشارکتی وزن دهی شده در باند k ام ۴۵

شکل ۴-۴ : نرخ موثر کل در مقابل کل تداخل ایجاد شده برای سیستم اولیه ۵۲

شکل ۴-۵ : ضرایب و آستانه های حاصل از بهینه سازی زمانی که $\varepsilon = 1.3$ ۵۳

شکل ۴-۶ : احتمالات P_d و P_f مربوطه در هر زیر باند $\varepsilon = 1.3$ ۵۴

شکل ٤-۷ : حساسیت الگوریتم پیشنهادی به پارامتر $\boldsymbol{\rho}$ در حالت پی‌درپی و $\boldsymbol{\varepsilon = 1.3}$ ٥٦

شکل ۴-۸ : همگرایی الگوریتم به ازای مقادیر مختلف ρ در حالت پی‌درپی و $\varepsilon = 1.3$ ۵۷

شکل ۵-۱ : حسگری طیفی به صورت متناوب ۶۲

شکل ۵-۲ : نرخ موثر ارسال در مقابل نمونه های به کار رفته برای حسگری و $\varepsilon = 0.65$ ۶۵
شکل ۵-۳ : نرخ موثر ارسال در مقابل تعداد کاربران مشارکتی و $\varepsilon = 0.65$ ۶۶
شکل ۵-۴ : مقایسه نرخ موثر کل در مقابل کل تداخل ایجاد شده برای سیستم اولیه ۶۷
شکل ۵-۵ میزان نرخ موثر ارسال در مقابل تعداد کاربران شناختی $\varepsilon = 0.65$ ۶۸
شکل ۵-۶ بده بستان میان بازده و نرخ موثر ارسال به ازای مقادیر مختلف ξ ۶۹

فصل اول

مقدمه

شبکه‌های بیسیم اولیه بر اساس سیاست تخصیص طیف به صورت ثابت در زمان‌ها و نواحی جغرافیایی خاص طراحی شده‌اند. در صورت بکارگیری این سیاست، بعضی باندهای فرکانسی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند در حالی که بعضی دیگر به ندرت اشغال می‌شوند. به منظور رفع این نقطه ضعف و استفاده کارامدتر از طیف‌ها فناوری رادیوهای شناختی پیشنهاد شده است [۱].

رادیوهای شناختی توسط FCC به عنوان سیستم‌های رادیویی که به صورت پیوسته حسگری طیفی را انجام داده و طیف‌های بلا استفاده را به صورت پویا شناسایی کرده و سپس از آن حفره‌ها استفاده می‌کنند تعریف شده‌اند. در شبکه‌های رادیو شناختی کاربران ثانویه اجازه دارند که از قسمت‌هایی از باندهای رادیویی مجوز دار به صورت فرصت طلبانه استفاده کنند به شرط آنکه از ایجاد تداخل مضر برای کاربران دارای مجوز جلوگیری شود. بررسی‌ها نشان می‌دهند که طرح شبکه‌های رادیو شناختی که همچنین با عنوان‌های دسترسی طیفی به صورت پویا DSA [۳] و شبکه‌های نسل آینده [۴] [۲]، شناخته می‌شوند، می‌توانند امکان استفاده کارامدتر از طیف را فراهم نمایند.

در حسگری طیفی به آشکارسازی سیگنال‌های سیستم اولیه به صورت قابل اعتماد نیاز است [۳]. در حالت کلی روش‌های حسگری طیفی می‌توانند به سه دسته کلی تقسیم بندی شوند: آشکارساز انرژی [۴]، [۵]، فیلتر منطبق [۶] و آشکارساز ویژگی ایستان دوری [۷].

آشکارساز انرژی زمانی که رادیوهای شناختی اطلاعاتی از ویژگی‌های سیگنال اولیه ندارند روش بهینه است [۸]. زمانی که رادیوهای شناختی از ویژگی‌های سیگنال اولیه اطلاع دارند فیلتر منطبق آشکارساز بهینه است و زمانیکه رادیوهای شناختی طرح‌های مدولاسیونی سیگنال‌های اولیه را می‌دانند آشکارساز ویژگی ایستان دوری می‌تواند با استفاده از خواص سیگنال‌های مدوله شده، سیگنال اولیه را از نویز تشخیص دهد. از آنجایی که آشکارساز انرژی بسیار ساده است و می‌تواند به سرعت اشغال بودن طیف را تعیین کند در این پایان‌نامه از آشکارساز انرژی استفاده می‌شود.

در سال‌های اخیر در شبکه‌های رادیو شناختی تحقیقات زیادی در زمینه حسگری طیفی مشارکتی در میان چند کاربر شناختی انجام شده است [۳] ، [۹] و [۱۰] اما این طرح ها محدود به آشکارسازی سیگنال در یک باند فرکانسی می‌باشد. طرح مشارکتی بر مبنای قوانین رای گیری [۱۱] یکی از راه‌های

[3] Dynamic spectrum access

[4] Next generation networks

حسگری طیفی مشارکتی است که بر اساس آن تعداد کاربران شناختی که به حضور سیگنال اولیه رای می‌دهند شمرده می‌شوند و این تعداد با یک حد آستانه مقایسه می‌شود. در [۱۲] از قانون OR برای ترکیب اطلاعات کاربران استفاده شده است و در [۱۳] دو ایده تصمیم گیری قانون AND و تصمیم گیری به صورت نرم مورد مطالعه قرار گرفته است و نشان داده شده که ترکیب تصمیمات به صورت نرم نسبت به تصمیم گیری سخت نتیجه بهتری دارد. در [۱۴] و [۱۵] برای حسگری طیفی از ترکیب خطی اطلاعات کاربران ثانویه استفاده شده که این روش طرح حسگری مشارکتی مورد استفاده در این پایان‌نامه است و در فصل سوم مورد بررسی بیشتر قرار می‌گیرد.

یکی از مسائل مهم در شبکه‌های رادیو شناختی بازبینی و پردازش باندهای فرکانس گسترده به منظور یافتن حفره‌های طیفی جهت استفاده فرصت طلبانه از طیف است که مستلزم طراحی سخت افزار و توسعه الگوریتم‌های پردازش سیگنال است. یک ایده ساده جهت حسگری در باند گسترده استفاده از یک فیلتر باند میانی قابل تنظیم برای جستجوی یک باند در هر لحظه است [۱۶]. همچنین برای حسگری چند باند درهرلحظه می توان از تخمین چگالی طیف توان[5] سیگنال باند گسترده استفاده نمود. به عنوان مثال در [۱۷] و [۱۸] از تبدیل موجک برای تخمین چگالی طیف توان روی یک باند گسترده استفاده شده است. یکی دیگر از روش‌های حسگری طیفی در باند گسترده تصمیم گیری همزمان در چند باند (MJD) [6] است [۱۴] که در این پایان‌نامه از این روش برای حسگری طیفی باند گسترده استفاده شده و در فصل سوم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در سالهای اخیر توجه زیادی به سیستم ایمنی مصنوعی (AIS) و کاربردهای آن شده است. سیستم ایمنی مصنوعی الهام گرفته از اصول ایمیونولوژی است و دارای کاربردهای وسیع در زمینه‌های تحقیقاتی مختلف از جمله تشخیص الگو، بهینه سازی، داده کاوی و... می باشد[۱۹] [۲۰] [۲۱] [۲۲] [۲۳]. در این پایان‌نامه الگوریتم ایمنی مصنوعی الهام گرفته از تئوری انتخاب کلونی برای حل مسئله حسگری طیفی مشارکتی در باند گسترده استفاده گردیده و نشان داده شده این الگوریتم یک روش مناسب برای به دست آوردن جوابهای بهینه است.

در این پایان‌نامه به دنبال این مقدمه در فصل اول شبکه‌های رادیو شناختی و برخی قابلیت‌های آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فصل دوم نحوه عملکرد سیستم ایمنی بدن شرح داده شده و الگوریتم‌های

[5] Power Spectral Density

[6] Multiband Joint Detection

الهام گرفته شده از سیستم ایمنی بدن بررسی می‌شوند. در فصل سوم، مسئله حسگری طیفی در چند باند با هدف ماکزیمم کردن نرخ موثر ارسال ضمن اعمال شرایطی جهت اجتناب از ایجاد تداخل مضر برای کاربران اولیه مطرح می‌شود و الگوریتمی بر مبنای انتخاب کلونی همراه با روشی مناسب برای اعمال شرایط برای به دست آوردن جوابهای بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتایج حاصل با الگوریتم ژنتیک به کار رفته در [۳۵] مقایسه می‌گردد.

در شبکه‌های رادیو شناختی کاربران ثانویه به محض حضور کاربران اولیه باید طیف را خالی کنند همچنین در کانال‌های بی سیم به دلیل تغییرات کانال و اثرات محو شدگی، ضروری است تا مدت زمان حسگری به صورت پویا با توجه به شرایط کانال تعیین شود. همچنین در شبکه‌های رادیو شناختی با افزایش تعداد کاربران مشارکتی به دلیل بار اضافی[۷] ایجاد شده بر اثر ارسال اطلاعات حسگری از کاربران مشارکتی به مرکز تصمیم گیری، میزان نرخ موثر ارسال کاهش می‌یابد. لذا در فصل چهار مسئله حسگری به صورت متناوب مطرح می‌شود و بهینه کردن زمان حسگری و همچنین تعداد کاربران شناختی که درحسگری طیفی مشارکت می‌کنند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت در فصل پنجم نتیجه‌گیری‌ها و پیشنهادات مطرح می‌شوند.

[7] Over Head

فصل دوم

معرفی شبکه های رادیو شناختی

۲ـ۱ مقدمه

با رشد سریع سرویس‌ها و کاربردهای بی‌سیم در دهه‌ی اخیر، منابع طیفی با تقاضای عظیمی روبرو شده‌اند. طیف رادیویی یک منبع محدود است و توسط آژانس‌های دولتی مثل اداره مخابرات فدرال در آمریکا تخصیص داده می‌شود. در حال حاضر اکثر باندهای فرکانسی به صورت انحصاری به سرویس‌های خاصی تخصیص داده شده‌اند و اجازه‌ای به کاربران بدون مجوز، برای استفاده از آنها داده نمی‌شود و این مسئله باعث کمیاب شدن طیف بخصوص با ایجاد سرویس‌های جدید بی‌سیم می‌شود. نشان داده شده که از طیف دارای مجوز در ابعاد جغرافیایی و زمانی به درستی استفاده نمی‌گردد [۲۴]، برای مثال یک اندازه گیری طیفی که درنیویورک انجام شده، نشان داده که در باند 30 MHZ تا 3 GHZ تنها 13% طیف اشغال شده است[۲۵]. خوشبختانه نگرانی‌ها در مورد نایاب بودن طیف با اقداماتی که SPTF [۸] در اداره مخابرات فدرال [۹] انجام داده در حال کم شدن است. یک راه حل این مسئله اجازه استفاده از طیفی که به درستی از آن استفاده نشده به کاربران ثانویه است بگونه‌ای که به صورت پویا در زمانیکه کاربران اولیه حضور ندارند امکان دسترسی به طیف برای کاربران ثانویه فراهم گردد.

اخیراً اداره مخابرات فدرال از فناوری رادیوهای شناختی به عنوان یک کاندیدا برای به اشتراک گذاری طیف به صورت فرصت طلبانه حمایت کرده است و همچنین IEEE تلاش کرده تا یک استاندارد جدید واسط هوایی بی‌سیم بر اساس رادیوهای شناختی را با نام IEEE 802.22 تدوین کند. گروه کاری IEEE 802.22 در نظر داشته تا لایه‌های فیزیکی و کنترل دستیابی به رسانه[۱۰] در شبکه‌های WRAN [۱۱]را برای استفاده‌ی وسایل بدون مجوز در طیف‌های اختصاص داده شده به باند TV توسعه دهد[۲۶].

[8] Spectrum Policy Task Force

[9] Federal Communication Commision

[10] Medium Access Control

[11] Wireless Regional Area Networks