



دانشگاه زنجان

دانشکده ی فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : مخابرات

عنوان :

تلفیق سیستم های رادیو شناختی با ایده های مخابرات همیار

استاد راهنما:

دکتر مهدی قمری ادیان

نگارش :

جمشید تاراسی

تابستان ۹۵

چکیده

در این پروژه تلفیق ایده‌های نشأت گرفته از مخابرات مشارکتی (Cooperative Communication)

ایده‌های موجود جهت استفاده بهینه از طیف رادیویی در سامانه‌های رادیو شناختی مدنظر می‌باشد. در حقیقت

سامانه‌های رادیو شناختی جهت استفاده فرصت طلبانه و بهینه از طیف رادیویی ایجاد شده‌اند. منتها در مواقع

متعددی، بهینگی لازم را دارا نیستند. در پروژه حاضر سعی می‌شود از مخابرات مشارکتی جهت بهبود

پارامترهای مختلف سیستم همچون الگوریتم‌های تخصیص منابع و افزایش بازده عملکردی سیستم کمک گرفته

شود. در ابتدا سامانه‌های رادیو شناختی و مخابرات همیار به صورت مجزا مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

در نهایت مروری بر روی الگوریتم‌های تلفیقی موجود در زمینه سامانه‌های رادیو شناختی و مخابرات مشارکتی

انجام می‌گیرد.



مقدمه	۲۸
مفاهیم اولیه	۲۸
محوشدگی مقیاس بزرگ یا بلندمدت	۲۹
محوشدگی مقیاس کوچک یا کوتاهمدت	۳۰
انتشار چندمسیره	۳۰
محوشدگی رایلی و رایس	۳۱
توزیع‌های احتمالاتی	۳۲
توزیع رایلی	۳۳
توزیع ناکاگامی	۳۴
معیارهای انتخاب رله	۳۴
انتخاب رله به صورت تصادفی	۳۸
انتخاب رله بر مبنای افت مسیر	۴۰
انتخاب رله بر مبنای SINR	۴۰
انتخاب رله بر مبنای فاصله	۴۰
انتخاب رله بر مبنای انرژی	۴۱
روش‌های مختلف مشارکت بعد از انتخاب رله	۴۱
۱- روش رله کردن ثابت	۴۲
۱-۱- روش تقویت و ارسال ثابت	۴۲
۱-۲- روش کدگشایی و ارسال ثابت	۴۲
۱-۳- روش مشارکتی کد شده	۴۳
۲- روش رله کردن وفقی	۴۴
۲-۱- روش کدگشایی و ارسال انتخابی	۴۵
۲-۲- روش کدگشایی و ارسال نموی	۴۵
۲-۳- روش کدگشایی و ارسال نموی - انتخابی	۴۵
بررسی راهبرد کدگشایی و ارسال	۴۶
منابع	۴۹

فصل ۱: مقدمه

رشد سریع صنایع ارتباطات بی سیم باعث شده تقاضا برای پهنای باند اضافی بطور مداوم رشد یابد، در حالیکه طیف فرکانسی همانند دیگر منابع طبیعی، محدود است. به طور سنتی هر شبکه‌ی ارتباطی بی سیم، برای کار مطمئن در ناحیه‌ی جغرافیایی پیش بینی شده برای آن و عرضه‌ی خدمات با کیفیت، نیاز دارد تا بخشی از طیف فرکانسی به آن اختصاص یابد و شبکه‌ی رادیویی دیگری در آن طیف فرکانسی فعالیت و ایجاد مزاحمت نکند. از این رو سازمان‌های تنظیم مقررات رادیویی با تدوین و اجرای مقرراتی بهره‌بردارانی از طیف را منوط به اخذ مجوز از سازمانهای مذکور می‌کنند. در این روش هر ارائه‌کننده‌ی خدمات ارتباطی تنها مجاز به بهره‌برداری از طیف نظام‌مند می‌شود. از طرفی بخشی از طیف‌های فرکانسی بدون نیاز به اخذ مجوز در اختیار کاربردهای صنعتی، علمی و پزشکی باند (ISM) قرار دارند. نکته‌ی جالب در این میان میزان بهره‌وری در بهره‌برداری از طیف است. در باندهای بدون مجوز میزان این بهره‌وری بسیار بالاتر از باندهای مجوزدار است. فکر دسترسی دینامیک به طیف فرکانسی به عنوان راه حلی برای مشکل بالقوه‌ی کمبود طیف پیشنهاد شده است، به این صورت که کاربران ثانویه^۱ بطور موقت باندهای فرکانسی را از کاربران اولیه^۲ قرض می‌گیرند [۱]. البته این امر عمدتاً بدون اجازه‌ی کاربر اولیه و به یک روش فرصت طلبانه صورت می‌گیرد.

اگر چه واژه‌ی رادیویی شناختی^۳ (CR) تنها طی ساله‌ی اخیر بکار رفته، اما مفهوم رادیویی هوشمند کاملاً جدید نیست. بسیاری از تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی ارتباطات بی سیم شباهتهایی با کاری که رادیویی شناختی انجام می‌دهد را شامل می‌شوند. اولین نمونه از چنین تحقیقاتی، پروتکل جلوگیری از برخورد استفاده شده در استاندارد ۸۰۲.۳ یا استاندارد اترنت می‌باشد. دومین نمونه، ایده‌ی پایه‌ی CSMA^۴ یعنی مشاهده قبل از ارسال، که بسیار شبیه به عملکرد رادیویی شناختی است. این شیوه‌ی انتقال رادیویی هسته‌ی تکنولوژی رادیویی شناختی حال حاضر را تشکیل می‌دهد. نمونه‌ی دیگری از تحقیقات مشابه، تعیین و تخصیص پویای کانال است.

1 Secondary User

2 Primary User

3 Cognitive radio

4 Carrier Sense Multiple Access

بطور طبیعی سطح هوشمندی بکار رفته در یک رادیوی شناختی بسیار بالاتر از مورد مشابه در سیستم های بی سیم موجود خواهد بود.

۱-۱ مروری بر پیدایش رادیو شناختگر

فناوری رادیوی شناختی یک تکنولوژی نسبتا نوپا است و بنابراین تاریخچه ای نسبتا کوچک دارد. اولین مقاله در این زمینه توسط میتولا در سال ۱۹۹۹ نوشته شد [۲]. در سال ۲۰۰۰، میتولا پایان نامه ی دکتری خود را در زمینه ی رادیوی شناختی به عنوان یک تعمیم از مفهوم^۵ SDR ارائه کرد. در سال ۲۰۰۲، FCC^۶ دریافت که طیف فرکانسی در اکثر زمان ها بدون استفاده است. در نتیجه کمیابی طیف فرکانسی، برای فعالیت اپراتورهای ارائه کننده ی خدمات بی سیم، بخاطر کمبود فرکانس نیست بلکه عمدتا به دلیل سیستم های قدیمی و ناکارآمد تخصیص فرکانسی است. در ۲۰ دسامبر سال ۲۰۰۲ در یک NOI^۷ از FCC [۳] مسئله ی استفاده از باند TV برای کاربردهای بدون مجوز مطرح شده است. در این NOI پیشنهاد شده که یک وسیله ی بدون مجوز باید پیش از استفاده از طیف فرکانسی قادر به تشخیص فرکانس های بدون استفاده باشد. ۱۳ نوامبر FCC ۲۰۰۳ یک NOI و NPRM^۸ ارائه کرد که بیانگر مدل درجه ی تداخل برای محدود کردن و مدیریت تداخل بود [۴].

با نگاهی به مبانی پایه گذاری رادیوی شناختی، متوجه می شویم که تعریف مورد استفاده برای رادیوهای شناختی در طی سال های اخیر با تعریفی که برای اولین بار توسط «جوزف میتولا» مطرح شده بود، اندکی تفاوت دارد. خود او نیز بر گسترده و متنوع بودن این تعابیر اشاره کرده و متفاوت بودن نظر FCC با تعریف اولیه خود را قبول دارد. نکته ی دیگر تعبیر و بیان تعریفی جامع تر از جانب خود اوست. با این حال همه تعاریف با تکیه بر توانمندی های مفروض برای رادیوهای SDR بنا شده اند ولی توقعات ابداع کنندگان، متفاوت است.

بیشترین رخ دادها در زمینه ی توسعه ی رادیوی شناختی در سال ۲۰۰۴ رخ داد. در این سال FCC یک NPRM را پیشنهاد داد که امکان اجازه دادن به کاربران بدون مجوز را برای قرض گرفتن موقت طیف فرکانسی از دارندگان مجوز افزایش می داد، با این شرط که تداخلی توسط کاربران اولیه مشاهده نشود. در حال حاضر عمده فعالیت ها روی سیستم های رادیوی شناختی با تکیه بر تعاریف و پیشنهادات FCC و گروه استاندارد سازی IEEE 802.22 انجام می پذیرد.

⁵ Software Defined Radio

⁶ Federal Communications Commission

⁷ Notice of Inquiry

⁸ Notice of proposed rule making

فصل ۲: رادیو شناختی

شبکه‌های رادیو شناختی^۹

در دهه اخیر، با توسعه سریع ابزارها و کاربردهای جدید سیستم‌های وایرلس، تقاضا برای طیف رادیویی وایرلس افزایش پیدا کرده است. البته سیاست تخصیص طیف ثابت موجب ایجاد مشکل برای استفاده مؤثرتر از طیف می‌شود. در طی این سیاست بخش اعظمی از طیف کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد ناکارآمد منابع طیفی محدود، سازمان‌های قانون‌گذار طیف را ملزم به بررسی سیاست‌های تخصیص و جستجوی فناوری ارتباطات جدید می‌نماید که توانایی بهره‌برداری از طیف وایرلس به صورت انعطاف‌پذیر و هوشمندانه‌تر را فراهم آورد.

از مفهوم رادیوی شناختی برای پرداختن به مسئله کارایی طیف استفاده می‌گردد. در چند سال اخیر و پیشرفت‌های بسیاری در زمینه رادیوهای شناختی وجود داشته است

مقدمه :

کاربرد منابع طیف رادیویی و تنظیم انتشارات رادیویی از سوی سازمان‌های قانون‌گذار ملی نظیر کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) هماهنگ می‌شود. FCC طیف را به کاربران گواهی‌دار که به آنها کاربران اولیه نیز گفته می‌شود، به صورت بلند مدت برای نواحی جغرافیایی بزرگ تخصیص می‌دهد. البته همانگونه که در مشخص است، بخش اعظم طیف تخصیص داده شده کم‌استفاده می‌باشد. به دلیل کاربرد ناکارآمد طیف محدود، توسعه روش‌های دسترسی طیف پویا ضروری است. در این روش‌ها کاربرانی که گواهی‌های طیف ندارند تحت عنوان کاربران ثانویه به صورت موقت اجازه استفاده از طیف‌های گواهی‌دار بلااستفاده را پیدا می‌کنند.

در سال‌های اخیر FCC کاربردهای جامع و انعطاف‌پذیرتر از طیف موجود را با استفاده از فناوری رادیوی شناختی مدنظر قرار داده است. رادیوی شناختی، فناوری توانمند و کلیدی می‌باشد که استفاده از شبکه‌های دسترسی طیف پویا (DSA) را برای کاربرد کارآمدتر طیف، به شیوه فرصت‌طلبانه و بدون مداخله کاربران اولیه ممکن می‌سازد. فناوری به عنوان رادیویی تعریف می‌شود که توانایی تغییر پارامترهای فرستنده را بر طبق تعاملات محیط عملکرد خود دارد. تفاوت رادیوی شناختی با دستگاه‌های رادیویی متعارف به لحاظ توانایی تجهیز کاربران با قابلیت شناختی و قابلیت پیکره‌بندی مجدد می‌باشد. قابلیت شناختی به توانایی حس و جمع‌آوری اطلاعات از محیط پیرامون از جمله اطلاعات فرکانس انتقال، پهنای باند، نیرو، مدولاسیون و... گفته می‌شود. با این قابلیت،

کاربران ثانویه توانایی شناسایی بهترین طیف موجود را دارند. قابلیت پیکره‌بندی مجدد به توانایی تطبیق و سازش سریع پارامترهای عملکردی طبق اطلاعات حس شده به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب گفته می‌شود. رادیوی شناختی به کاربران ثانویه امکان حس و تشخیص طیف‌های در دسترس، انتخاب بهترین کانال موجود، هماهنگ‌سازی دسترسی طیف با دیگر کاربران و تخلیه کانال در هنگام ادعای استفاده صحیح از طیف توسط کاربر اولیه را می‌دهد. با توجه به استفاده جامع و انعطاف‌پذیرتر منابع طیف به ویژه هنگام همزیستی کاربران ثانویه با کاربران اولیه، الگوهای تخصیص طیف سنتی و پروتکل‌های دسترسی طیف دیگر قابل کاربرد نمی‌باشد. کاربران اولیه برای استفاده از طیف در هنگام همزیستی با کاربران ثانویه در اولویت می‌باشند. وقتی به کاربران ثانویه اجازه انتقال همزمان داده‌ها با یک کاربر اولیه داده می‌شود حد دمای تداخل نباید زیر پا گذاشته شود.

با توجه به اینکه هنگامی که کاربران اولیه از طیف استفاده نمی‌کنند، کاربران ثانویه اجازه استفاده از طیف را دارند. در نتیجه کاربران ثانویه باید از حضور مجدد کاربران اولیه از طریق روش‌های آشکارسازی مختلف از قبیل آشکارسازی انرژی، ویژگی، منسجم و فیلتر تطبیقی آگاه شوند. به دلیل عدم قطعیت نویز، ایجاد سایه و اثر چند مسیری، عملکرد آشکارسازی حس‌کاربر واحد نسبتاً محدود می‌باشد. حسگری همکارانه در بهبود بخشیدن دقت آشکارسازی با بهره‌بردن از تنوع چند کاربری و فضایی موثر محسوب شده است. به منظور استفاده کامل از منابع طیف، تخصیص طیف پویای کارآمد و الگوهای تقسیم بسیار مهم می‌باشند. طراحی پروتکل‌های جدید کنترل دسترسی طیف و مدیریت کانال باید دارای تطابق با محیط طیف پویا بوده و همچنین از برخورد با یک کاربر اولیه نیز اجتناب کند. هنگامی که کاربر اولیه مجدداً وارد باند گواهی‌دار می‌شود، مکانیسم کنارگذاری طیف خوب برای تامین انتقال فرکانس صاف با نهمتگی پایین برای کاربران ثانویه لازم می‌باشد. در شبکه‌های وایرلس شناختی چند برآمدگی، برآمدگی‌های شناختی واسطه باید به طور هوشمند از رله اطلاعات و مسیریابی با استفاده از مجموعه کانال‌های متغیر پویا، پشتیبانی نمایند. به منظور مدیریت تداخل در کاربران اولیه و تداخل دو جانبه در میان خود آن‌ها، نیروی انتقال کاربران ثانویه باید با دقت کنترل و رقابتشان برای منابع طیف نیز باید در نظر گرفته شود.

اصول:

الف- ویژگی‌های رادیوی شناختی:

افزایش چشمگیر کیفیت خدمات و ظرفیت کانال در شبکه‌های وایرلس با کاهش انرژی و پهنای باند به شدت محدود می‌باشد. بنابراین محققان در حال حاضر پارادایم‌های ایجاد شبکه و ارتباطاتی جدید که توانایی استفاده از این منابع قلیل را به طور هوشمند و کارآمد دارا بوده، توجه می‌کنند.

رادیوی شناختی CR یک فناوری توانمندساز بحرانی برای ایجاد شبکه‌ای و ارتباطات آینده که توانایی استفاده از منابع شبکه محدود به یک شیوه کارآمدتر و انعطاف‌پذیرتر را دارا می‌باشد. تفاوت رادیوی شناختی با

پارادایم‌های ارتباط قدیمی از این نظر است که رادیوها (دستگاه‌ها) توانایی تطبیق پارامتر عملکرد خود از جمله نیروی انتقال، فرکانس، نوع مدولاسیون و... را دارند. قبل از تطبیق مکانیسم عملکرد CRها با تغییرات محیط، ابتدا آن‌ها باید اطلاعات لازم از محیط رادیویی را بدست آورند. قابلیت شناختی به دستگاه‌های CR امکان آگاه شدن از شکل موج انتقالی، طیف فرکانس رادیویی RF، پروتکل / نوع شبکه ارتباطی، اطلاعات جغرافیایی، منابع و خدمات موجود محلی، نیازهای کاربر، سیاست ایمنی و ... را می‌دهد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از محیط رادیویی توسط دستگاه‌های CR، این دستگاه‌ها به طور پویا پارامترهای انتقالی خود را براساس تغییرات محیط حس شده تغییر داده و به عملکرد مطلوب دست می‌یابند. به این ویژگی دستگاه‌های CR قابلیت پیکره‌بندی مجدد گفته می‌شود.

ب- عملکردهای رادیو شناختی :

سیکل کار شاخص CR در شکل ۲ نمایش داده شده است. این سیکل کار شامل آشکارسازی فضای سفید طیف، انتخاب بهترین باندهای فرکانس، هماهنگ سازی دسترسی طیف با کاربران دیگر و تخلیه فرکانس هنگام ظهور یک کاربر اولیه می‌باشد. چنین سیکل شناختی با عملکردهای زیر پشتیبانی می‌شود:

حسگری طیف و آنالیز
- مدیریت طیف و کنار گذاری

تخصیص و تقسیم طیف

بعد از تشخیص فضای سفید طیف از طریق حسگری، مدیریت طیف و عملکرد کنارگذاری CR به کاربران ثانویه طبق ویژگی‌های کانال متغیر زمان برای رفع نیازهای مختلف کیفیت خدمات QoS، امکان انتخاب بهترین باند فرکانس و برآمدگی، در میان باندهای متعدد را می‌دهد.

به طور مثال هنگامی که کاربر اولیه باند فرکانس خود دارد، کاربر ثانویه در حال استفاده از باند گواهی‌دار می‌تواند انتقال و ارسال خود را به دیگر فرکانس‌های قابل دسترس تغییر دهد. در دسترسی طیف پویا، کاربر ثانویه می‌تواند منابع طیف را با کاربران اولیه، کاربران ثانویه دیگر یا هر دو تقسیم نماید. در نتیجه مکانیسم خوب تخصیص و تقسیم طیف، برای دستیابی به کارایی طیف بالا مهم می‌باشد. از آنجایی که کاربر اولیه صاحب

امتیاز طیف می‌باشد هنگامی که کاربران ثانویه در یک باند گواهی‌دار با کاربران اولیه همزیستی دارند سطح تداخل به دلیل کاربرد طیف ثانویه باید با یک آستانه خاص محدود گردد. وقتی کاربران ثانویه متعدد دارای یک باند فرکانس مشترک می‌باشند دسترسی آنها باید به گونه ای هماهنگ شود تا برخوردها و تداخل به حداقل برسد.

منابع

- [1] WWRF, "Cognitive Radio, Spectrum & Radio Resource Management," ed. [1]
- [2] J. Mitola and G. Q. Maguire, Jr., "Cognitive radio: making software radios more personal," *Personal Communications, IEEE*, vol. 6, pp. 13-18, 1999.
- [3] FCC, "Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands; Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3 GHz Band," in *First Report and Order and Further Notice of Proposed Rule Making*, ed, 2006.
- [4] FCC, "In the matter of establishment of an interference temperature metric to quantify and manage interference and to expand available unlicensed operation in certain fixed , mobile and satellite frequency bands," ed, 2003.
[5] ص.ص. کلیبر " طراحی روشهای دسترسی فرصت طلبانه به طیف در شبکه های رادیو شناختی " پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی شریف دانشکده برق ، ۱۳۹۰ هجری قمری
- [6] FCC, "Report of the Spectrum Efficiency Working Group," ed, 2002.
- [7] B. F. PhD, "SDR Technology Implementation for the Cognitive ", ed, 2003.
- [8] M. s. a. M. Alouini, "Didital communication over Fading Chanel," John Wiley & Sons, 2005.
- [9] G. W. W. J. N. Laneman, and D. N. C. Tse,, "An efficient protocol for realizing cooperative diversity in wireless networks," *Proc. IEEE ISIT, Washington, DC* ,p.234, jun 2001.
- [10] J. N. L. a. D. N. Tse, "Cooperative Diversity in Wireless Networks: Algorithms and Architectures," Ph.D.dissertation, MIT university, Aug. 2002.
- [11] T. H. a. A. H. A. Nosratinia, "Cooperative communication in wireless networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, no. 10, pp . 68 - 73 , Oct. 2004.
- [12] A. H. M. Janani, T. E. Hunter, and A. Nosratinia, "Coded cooperation in wireless communications: Space-time transmission and iterative decoding," *IEEE*

Transactions Signal Processing, vo6. 52, no. 2, pp. 362-376, Feb.2114.

[13] a. G.W. W. J. N. Laneman, "Distributed Space-time-coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks," IEEE Transactions on Information Theory, pp. 2465-2425, Oct. 2003.

[14] e. a. C. He, "Performance of incremental-selective decode-and-forward relaying cooperative communications over Rayleigh fading channels," International Conf. on Wireless Communications and Signal Processing, 2009.

[15] J. N. L. a. G. W. Wornell, "Distributed space-time-coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks" IEEE Transactions on Information Theory, vol.49, pp.2415–2425, Oct. 2003.

[16] J. G. Proakis "Digital communications,4th ed," 2001.

[17] M. W. Rulich, "Capacity Analysis of MIMO Systems," 2006.

[18] I. E. Telator "Capacity of Multi-antenna Gaussian Channels," Eur.Trans .Telecom. ,VOL.10 , PP,585, Nov 1999.

[19] G. Tsoulos, "MIMO System Technology for Wireless Communication," Taylor and Francis, 2006.

[20] M. B. Z. Kosai RAOOF, Nuttapol PRAYONGPUN and Ammar BOUALLEGUE, "Advanced MIMO Techniques:Polarization Diversity and Antenna Selection ."

[21] P. S. M.Ajaybabu, Dr.S.Sri GOWI, "Channel Capacity Of MIMO With CSI available at Transmitter," international jornal of advanced engineering scinces and technol OGIES . VOL. 10, ISSUE NO. 18088-091.

[22] H. Y. H.-X. Li, H.-W. Luo, J. Guo, and C.Li,, "Dynamic subchannel and power allocation in OFDMA-Based DF cooperative relay networks," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM08), pp. 1-5., Nov. 2008.

[23] Q. X.-c. W. Ying, W.Tong, and L. Bao-ling,, "Power allocation and subcarrier pairing algorithm for regenerative OFDM relay system,," IEEE 65th Vehicular

Technology Conference (VTC2007-Spring, pp. 2727 -2731, Apr. 2007.

[24] J. Z. J. Jia, and Q. Zhang,, "Cooperative relay for cognitive radio networks,," IEEE

INFOCOM 2009, pp. 2304 -2312, Apr. 2009.

[25] V. T. T. Nadkar, U. Desai, and S. Merchant, "Judicious power loading for a

cognitive relay scenario," International Symposium on Intelligent Signal

Processing and Communication Systems (ISPACS 2009), pp. 327-330., jan. 2009.

[26] T. W. a. J. Hillenbrand, "Mutual interference in OFDM-based spectrum pooling systems," IEEE Vehicular Technology Conference Spring, vol.4. Pp. 1873-1877.,

2004.

[27] M. J. H. G. Bansal, and V. K. Bhargava, "Optimal and suboptimal power allocation

schemes for OFDM-based cognitive radio systems," IEEE Trans. Wireless

Commun., vol. 7, no. 11, pp. 4710-4718,, Nov. 2008.

[28] S. C. R. Zhang, and Y.-C. Liang, "On ergodic sum capacity of fading cognitive

multiple-access and broadcast channels," IEEE Transactions on Information

Theory, vol. 55, no. 11, pp. 5161-5178,, 2009.

[29] S. B. a. L. Vandenberghe, "Convex optimization. Cambridge," U.K.: Cambridge

Univ. Press, 2004.