دومین کنفرانس ملی توسعه پژوهش های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر
۸ و ۹ اسفند ۹۷
موسسه آموزش عالی وحدت، تربت جام، ایران
2nd National Conference of Innovative Research Developmentsin
Electrical and Computer Engineering
27 & 28 February 2019
Vahdat Higher Education Institute, Torbat-e Jam, Iran

چالشهای کلیدی در پیادهسازی شبکههای رادیوشناختی (رادیو هوشمند)

مجید یوسفی[۱]، سیاوش خرسندی[۲]
[۱]دانشجوی دکترای مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، majid۵۵nba@aut.ac.ir
[۲]دانشیار دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، khorsandi@aut.ac.ir

چکیده–در سالیان اخیر با توجه به افزایش استفاده از شبکههای بیسیم واستفادهناکارآمدازطیففرکانس محدود، نهادهاینظارتیبه بررسیسیاستهای تخصیص فرکانس خود می پردازند تا با روشهای ن وآورانه و هوشمند بتوانندطیففرکانسبیسیمرابهصورتهوشمندانهوقابلانعطاف به کاربرانیکه در اولویت هستند، تخصیصدهد. محدودبودنطیفوموثرنبودن سیاست - هایفعلیتخصیصطیف،نیازبهفناوریدارد کهبتواندبهصورتفرصتطلبانهو بهینه ازطیففرکانساستفاده کند.

شبکهرادیوشناختییکیازفناوریهایارتباطاتوشبکهاستکههمیتواندمنابع فرکانسی محدودشبکهرابه صورتکارآمدتروانعطافپذیرتر تخصیص دهد. برایافزایشبهره وریطیففرکانسی،رادیوشناختگرهاامکاندسترسیبهطیفخالیازکاربرانمجوزدارراربرایکاربرانبدونمجوزفراهم نموده و کاربرانرادیوشناختیتوانایبتطبیقپارامترهایعملیاتیخودمطابقبامحیطرادیوییاطرافرا پیدا میکنند . در این مقاله ضمن مروری بر مفاهیم اصلی رادیوشناختی و ویژگیهایآن، چالشهای شناسایی شده معرفی می گردند.

کلید واژه- رادیو شناختی، رادیو هوشمند، طیف فرکانسی.

۱ - مقدمه

افزایش کانال و کیفیت سرویس دهی در شبکههای بی سیم، رویایی است که همواره توسط دو چالش کمبود انرژی و پهنای باند محدود شده است. دردههگذشته،باتوسعهسریعدستگاه هایبیسیموبرنامه هایکاربردی،شاهدتقاضاهایروبهرشدبرایاختصاصطیف فرکانسبودیماماسیاست هایسنتیتخصیصطیفبهصورتاستاتیک،تبدیلبهتنگناییبرایاستفادهکا رآمدازطیف فرکانسی گردیدندوعملاًبخشبزرگیازطیف هایفرکانسمجوزدارکمترمورداستفادهقرارمیگرفت[۱].

شبکههایبی سیمکنونیازیکسیاستتخصیصطیففرکانسبهصورتثابتبهرهمیگیرندک هدرآنسازمانها،طیففرکانس رابهصورتبلندمدتبهدارندگانپروانهوکاربرانمجازاختصاصمیدهند.

اینسیاستبهدلیلافزایشتقاضاهایتخصیصطیف، دربرخیازباندهایخاصباکمبودشدیدروبروگردیدهاست. بررسی هانشانمیدهدکه رقابتشدیدبرایاستفادهازطیففرکانسبهخصوص دربانصفرتاسهگیگاهرتز وجوددارد.

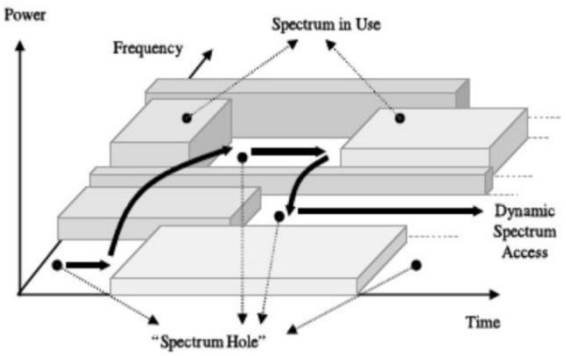
رشدتقاضابرایارسالنرخاطلاعاتبالاوتعدادکاربرانبیشترباعثافزایش تقاضاییپهنایباندوسیعمیشود[۲].

سیاستهایثابتتخصیصطیفموجبایجادتنگنابرایاستفادهی مفیدازطیففرکانسیمیشود ، زیرا بخشعظیمیازطیفاختصاصدادهشدهبهطورپراکنده ونامناسباستفادهمیشودوهمینامرمنجربهاستفادهکموغیر بهینهازمقدارقابلتوجهیازطیففرکانسیمیگردد. باتوجهبهمقتضیاتزمانیومکانیکمترازششدرصدطیف فرکانسیتوسطکاربرانمجازاشتغالمیشود. لذا میتوان نتیجه گرفت که کمبود طیف ناشی از سیاستهای غیرپویای مدیریت طیف است نه از کمبود فیزیکی فرکانس قابل استفاده.

رادیوشناخت ی درسال ۱۹۹۹توسطجوزف میتولا به

Archive of SID
www.SID.ir

عنوانراهحلیبرایغلبهبرمشکلکمبودظاهریطیفپیشنهادشدهاست.
تعریف میتولا بدین شرح است: رادیوشناختی رادیویی است که می تواند پارامترهای فرستنده خود را براساس شرایط محیط تغییر دهد. همچنین تعریف دیگر: دسترسی فرصت طلبانه به باندهایی که مالک آنها نیستیم، بدون ایجاد تداخل غیرقابل تحمل برای کاربران دارای مجوز استفاده از آن پهنای باند[۳].
دراینشبکههادودستهکاربروجوددارد:
کاربراناولیهیاکاربرانمجوزدارکهمیتوانندریکباندطیف فرکانسخاصفعالیتکنندودستهدیگرکاربرانثانویهیاکاربرانبدونمجوزک همجوزفعالیتدریکباندخاصراندارند.
هنگامیکهکاربرانثانویهباکاربراناولیههمزیستیدارنداولویتاستفادهازط یفباکاربراناولیهاستوزمانیکهکاربراولیهای حضورنداشتهباشدامکانفعالیتکاربرثانویهفراهممیگردد[۴].
رادیوشناختی حالت خاصی از شبکه های شناختی است که به صورت هوشمند از محیط پیرامون خود آگاهی کامل دارد و می تواند پارامترهای عملیاتی خود از قبیل توان ارسالی، فرکانس حامل و روش مدولاسیون را براساس محیط اطراف خود و دیگر کاربران تنظیم کند، شبکههایرادیوشناختی،ازطریقمعماریهای بیسیمناهمگنوتکنیک (Dynamic Spectrum Access) دسترسیپویابهطیف،پهنایباندبالاییرابرایکاربرانموبایلارائهمینمایند. اینتکنیکامکان تسهیمکانالهایبیسیمرابهشیوه ایفرصتطلبانهبرایکاربرانمهیامیسازد[۵].



شکل ۱ : نحوه عملکرد رادیوشناختی[۶]

همانطورکهدرشکلشماره ۱ نشاندادهشدهاست،درشبکههای رادیوشناختی،اینتوانواییوجوددارد کهبهطورموقتازطیف بلااستفادهکهاصطلاحاًسوراخطیفیافضایسفیدنامیده می شوداستفادهنماید. دراین عملیاتبهترینطیفبدونتداخلبا کاربرمجازانتخابمیشودوباکاربراندیگربهاشتراکگذاشته میشود.

۲ -ویژگیهای اصلی شبکه رادیوشناختی

ویژگیهای اصلی شبکه رادیوشناختی قابلیت شناخت و قابلیت سازگاری میباشند، که در ادامه به توضیح این دو ویژگی میپردازیم [۷]:

۲-۱ قابلیت شناخت

قبل از آن که رادیو شناختی پارامترهای عملیاتی خود را تنظیم کند، ابتدا باید اطلاعاتی از محیط اطراف خود به دست آورد. با ویژگی شناخت امکان آگاهی از شکل موجهای ارسال شده، طیف فرکانس رادیویی، پروتکل ارتباطی و اطلاعات جغرافیایی فراهم می شود. سیستمشناختگر،می تواندازطریقسنجش
طیف،تخمینکانالوتطبیقنوعمدولاسیونازمحیطاطرافآگاهیداشته و بخشیازطیففرکانسیکهدریکزمانیا
مکانخاصموردااستفادهقرارنگرفتهراشناساییمینماید.

۲-۲ قابلیت سازگاری

- قابلیتسازگاری و تنظیممجددReconfigurabilityبیان می نماید که رادیوشناختیبایدبهگونه ایازباند فرکانسیموجوداستفادهنمایدکهبرایکاربراناولیهکهدارایاولویتبالاتری هستند،تداخلمضرایجادنشود. بهعبارت دیگر،کاربراناولیهنبایدحضورکاربرانثانویه رادرباندفرکانسیخوداحساسکنند. بهعبارتدیگرقابلیتتنظیم مجددبهمنظوردستیابیبهعملکردمطلوبوسریعتطبیقپارامترهایعملیات یبااطلاعاتحسشدهازمحیطاشاره دارد.
- کاربرانثانویهقادرخواهندبودبابهره برداریازاینقابلیتبهترینکانالدردسترسراانتخابنمودهوباسایر کاربرانجهتدسترسیواستفادهازطیففرکانسیبهطورهماهنگعملنمایند دوزمانیکهیککاربراولیهقصد استفادهازطیففرکانسراداشتآنطیفراتخلیهنمایند.

۳ -نحوه استفاده از طیف بیکار در شبکه شناختی

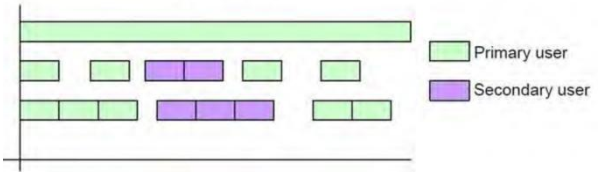
بستهبهاینکهکاربرانثانویهچگونهازطیفدردسترساستفادهکنند، استراتژیهایمتفاوتیبرایمحیطهایمختلفرادیویی تعریفشدهاست.
- استراتژیاولکهدرراستایادهاصلیشبکه

Archive of SID
www.SID.ir

هایرادیوشناختیطراحیشدهاست،بهاینصورتاستکه کاربرانثانویهازحفره - هایخالیکاربراناولیه،برایارتباطبینکاربرانثانویهاستفادهمیکنند. روشدومشامل ارسالتضمینیاست،بهاینمعناکهمخابرهکاربرانثانویههمیشهباتوانکمت رازحدمجازتعییننشدهتوسطکاربراناولیه برایعدمتداخل،انجاممی - شود. راهبردسوم،روشیبرپایهمشارکتکاربراناولیهوثانویهاست[۸].

۳-۱ الگویدرهمتنیده

اینروشبراساسایدههایارتباطاتفرصتطلبانهشکلگرفته است که انگیزههاصلیرادیوشناختینیزهمینالگواست. بهدلیلاینکهبخشعمدهی از طیفمورد استفادهقرارنگرفتهاست،فرصت - هایفضایی،زمانی،فرکانسیموقتفراوانیوجوددارد،کهبهعنوانحفره - هایطیفی شناخته شدهاند. اینشکاف - هابازمانومکانجغرافیاییتغییرمی کنندوکاربرانشناختیبرایارتباطخودازآنهااستفادهکردهو موجببهره - وریطیففرکانسیبااستفادهمجددازفرکانسمیشوند. شکل شماره ۲ ایدههاراهبردعدمتداخلInterweave رانمایش میدهد:

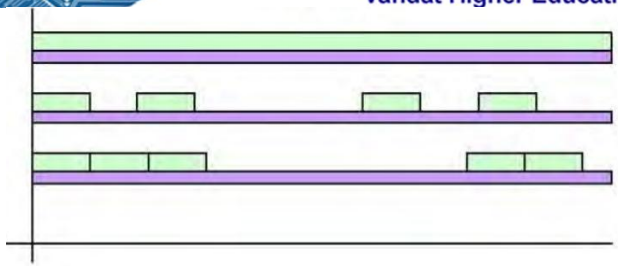


شکل ۲ : الگوی درهم تنیده[۹]

مشکلاصلیطرحدرهمتنیدهزمانیآشکارمیشودکه فعالیتکاربراناولیهبهصورتبسیارپویاباشد. بنابراینتشخیصوآشکارسازیحضورکاربراناولیهنیازمندتجهیزاتمخابره ی بسیار چالاکی در سوئچینگ on/off وسوئیچینگکانال - هایفرکانسیخواهدبود.

۳-۲ الگوی لایه زیرین

در الگوی لایه زیرین Underlay برابر شکل شماره۳،کاربرانثانویهوکاربراناولیهبهطورهمزماندرباندهایفرکانسیفعا لیتمیکنند ومحدودیت - هایزیادیبرایتوانارسالیکاربرانثانویهوجوددارد،بهطوریکهمعمولاًیکحد آستانهتوانقابل قبولبهصورتمحدودیتدمایتداخل،ازطرفکاربراناولیهبرایکاربرانثانویهت عریفمیشود.



شکل ۳ : الگوی لایه زیرین[۹]

بااستفادهازتوسعهیسیگنالارسالیرویباندوسیعیازفرکانس (UWB: Ultra-Wide Band frequency) م یتوانندنرخداده یبالاتریراباتوانکمبدستآورند.

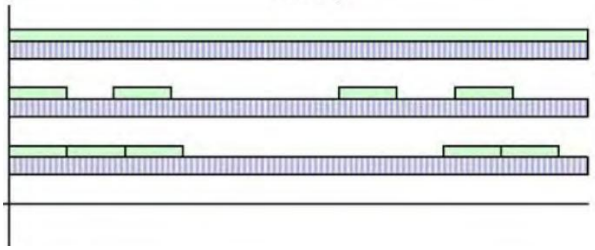
اینروشدارایشرایطخاصیبرایتجهیزاتفرستندهوگیرندهخواهدبود. در این رویکرد فرستندهوگیرندهثانویهبایدتوانایییکاردرنرخسیگنالبهنویز خیلیپایینراداشتهباشند. معمولارادیوشناختی لایهزیرینبرایبرنامه هایکاربردیبانرخدیتایکمتریامحدودهیکوتاهاستفادهمیشود.

۳-۳ الگوی روی هم گذاری

درروشرویهمگذاری (Overlay) کاربرانثانویهبخشیازتوانارسالیخودرابرایارتقاءسیگنالاولیهوتسهیلت - شخیص آندرگیرندهاختصاصمیدهند. شکل شماره۴ نشان می دهد که دراینروشبرخلافالگویلایه زیرین،کاربرانثانویهتحتمحدودیتدمایتداخل کاربران اولیهنیستند. کاربرانثانویهدررویکردرویهمگذاری،برایبهبودتشخیصکاربراناولیهمشار کتمیکنند.

رویکردرویهمگذاریبهعنوانیکگامتکاملیازروشلایهزیرین،بادرجه - یبالاتریازیکپارچگیوهماهنگی بینکاربراناولیهوثانویه می - باشدکهکاربرانثانویه نزدیکفرستندهاولیه، دسترسیبهکیفیتبالاییازسیگنالارسالیتوسطکاربراولیهوتواناییرمزگش اییموفقیتآمیزیرابرایتشخیصحضور کاربراولیهدارندوچونهمزمانفرستندهوگیرندهثانویهبهوسیلهیکسیگ نالکمتوان،جهتآگاهیازشرایططیف فرکانسیباهمدرارتباطهستند،بنابراینمخابره یمطمئنیصورتمی - گیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

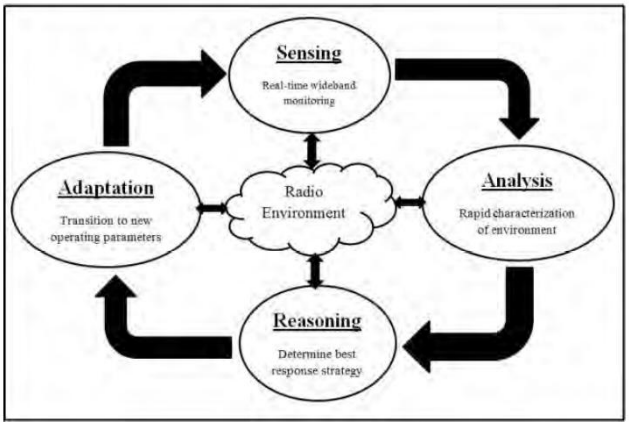


شکل ۴ : الگوی روی هم گذاری[۹]

مزیتاینروشبالابودنسطحدمایتداخلو
تواناییتشخیصبهترسیگنالاولیهاست.
اینطرحبهآگاهیازشرایطکانالبهمنظورتضمیناشکارسازیخوبوموفق
سیگنالاولیهنیازدارد. این آگاهیبهکاربرانثانویهکمکمی
کندتاتداخلناشیازسیگنالکاربراناولیهراحذفکنند.

۴ -دیاگرام عملکرد رادیوشناختی

شکل شماره۵ چرخه اصلی عملیات شناختی در شبکههای رادیویی را نمایش میدهد:



شکل ۵ : چرخه عملکرد رادیوشناختی [۱۰]

با توجه به شکل بالا، مراحل رادیوشناختی به شرح زیر است:

- تشخیصفضایسفیدطیف فرکانس
- تجزیهوتحلیلوانتخاببهترینباندفرکانسی
- دسترسیبهطیفباهماهنگیسایرکاربران
- رهاسازیطیففرکانسهنگام حضوریککاربراولیه

چنینسیکلشناختیباسه عملکردزیرپشتیبانیمیشود:

- **تابعسنجش(شنود) وتحلیلطیففرکانس** : این بخش می تواند اطلاعات لازم در خصوص محیط پیرامونی مانند شناسایی بخشهای استفاده نشده فرکانس(حفرهی طیف) و تشخیص حضور کاربران اولیه را بدست آورد. از بین روشهای اصلی شنود طیف، تشخیص دهنده انرژی آسان ترین و رایج ترین روش است که البته اشتباه زیاد دارد. روش فیلتر تطبیقی بیشترین پایداری را دارد ولی پیچیدگی بالایی داشته و نیازمند اطلاعات دقیق می باشد. روش شنود مشارکتی باعث بهبود روشهای بالا و افزایش اطمینان و احتمال بیشتر تشخیص کاربر اولیه و کاهش هشدار اشتباه می شود. همچنین روش توزیع شده شنود مشارکتی، موجب کاهش هزینهها میگردد.
- **تابعمدیریت و رهاسازی طیففرکانس** : انتخاب بهترین فرکانس و جابجایی بین باندهای مختلف با توجه به کیفیت سرویس مدنظر
- **تابعتخصیصوبهاشتراکگذاریطیففرکانس** : بعدازتشخیص فضایسفیدطیفازطریقحسگری،مدیریتطیفرادیوشناختی بهکاربرانثانویهامکانانتخاببهترینباندفرکانسرادرمیانباندهایمتعددطب قویژگیهایکانالمتغیرزمانبرایرفعنیازهای مختلفکیفیتخدماتسیستممیدهد . قبلازهرچیزبایدبتوانفضاهای سفیدطیفراتشخیصدهندکهدرواقعبایدبهدنبالروشیبودکهانرژی موجوددرفضاهایخالیرابدستآورد . برایاینکاربایدمیزانانرژیموجود درفضاهایسفیدرامحاسبهکردهوسپسیکحدآستانهبرایآندرنظر گرفتهشود . اگرانرژیبدستآمدهازحدآستانهبیشترباشدبهعنوانیک طیفسفیدتشخیصدادهخواهدشدوبهعنوانیکباندفرکانسدراختیار کاربرثانویهقرارخواهدگرفت . اگرمیزانانرژیبدستآمدهازحدآستانه پائینترباشد،نمیتوانداینفضارادراختیارکاربرانثانویهقراردهند [۱۱].

۵ -تحلیل چرخه رادیو شناختی

چرخه سامانه رادیوشناختی می بایستی پنجعملیاتاصلی

- سنجشطیف،مدیریتطیف،اشتراکگذاریطیف،قابلیت تحرکوکنترلتوانرا پشتیبانی نماید.
- سیستمرادیوشناختیباید محلفرستندهیخودودیگرفرستنده هاراشناساییندیدوسپسپارامترهایمخابراتیخود اعمازتوانوفرکانسمناسبرابستهبهموقعیتانتخابنماید.

سپسپیشبینینماید چهمدتحفرهیطیفدردسترس خواهدبود.

Archive of SID
www.SID.ir

مدیریتطیفیکروشکارآمدبرایجلوگیریازتداخلبینکاربراناولیهوکاربرانثانویهاست. کاربرانثانویهبایدفعالیترابهگونه ایانجامدهندکهباعثایجادتداخلباکاربراناولیهنشود. یعنی اگرکاربر اصلی و اولیهدرحیناستفادهکاربر ثانویهطیففرکانسیمتعلقبهخودرادرخواست کند،سیستمرادیوشناختیموظفاستطیفراخالیکندوبرایادامهمخابره یخودبهباندفرکانسیدیگریبرود. بهعبارتدیگرازآنجاکهحفره هایطیفیبهصورتیکپارچهدردسترسنیستند،رادیوشناخت ی باید بتواندبرایارسالبدونقطع،ازفرکانسیبهفرکانسدیگرتحرکMobilityدا شتهباشد.

برای اطلاعازموقعیتباندهایفرکانسیخالی ،کاربران شبکهشناختینیازبهکسباطلاعاتازطریقهماهنگیبادیگرکاربرانثانویه دارد،تابتواندبراساساطلاعاتبدستآمده ، ازبینسایر طیف هایمنتخب،باندیدیگریرابرایمخابرهوقطعنشدن ارتباطانتخابکند. اگرطیفدیگریوجودنداشتهباشدرادیوشناختیبایدباکنترلوکاهشتوانخ ودوادامهیمخابرهباتوانکمتر،ازایجادتداخلباکاربراناولیه جلوگیریکند.

استفادهمشترکازپهنایباندواشترکگذاریطیفیبهسهروشتوضیح دادهشدهدربخش قبلصورتمیگیرد . در خصوص اهمیت کنترل توان درشبکههایرادیوشناختی، اگر هردوکاربرثانویهواولیهبهطورهمزماندرشبکهفعالباشندوروشیبرای کنترلتوانارسالیکاربرانثانویهدرنظرگرفتهنشود،مخابرهتوسطکاربرانثا نویهممکناستباعثایجادتداخلوحتیقطع ارتباطبینکاربراناولیهشود. با استفاده از کنترلتواندرشبکه هایرادیوشناختی،ارتباطکاربرانثانویهباحداقل نمودنتداخلبرایکاربراناولیهتازیرسطحآستانهمجازتداخلآنهاتضمین م یشود[۱۲].

۶ -نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده در این مقاله، مهمترین چالشها در چرخه رادیوشناختی را به شرح زیر میتوان خلاصه نمود:

- عمدهترینچالشرادیوشناختیسنجشطیفوتخمینکانالبرایپیاده سازیاینسامانهاست .سامانهشناختیباید بهنحویقابلیتمشاهدهطیففرکانسیراداشته باشدکهدردسترسبودنفرصتهایطیفیوتشخیص حضورکاربرانمجوزدارکهباعثایجادتداخلمیشوندرا با دقت و سرعتانجام دهد.
- برایپیاده سازی موفق مدیریت طیفلا زماست هنگامیکهکاربراناولیهبهباندهایفرکانسینیازداشتند،کاربرانثانویهاین باندهاراترککنندوفعالیتخودرادرباند دیگریادامهدهند.
- در اشتراکگذاری طیف، وقتیکه قسمتیازطیفغیرفعالاست (مشغولنیست) رادیوشناختی باید بتواند با سرعت و دقت،طیفیکهکمترینا حتمالتداخلراباسایرکاربران دارد،برایمخابرهانتخابکند. توزیعحفرههایطیفیمیانکاربرانثانویه باید بهصورتنسبی وبادرنظرگرفتناولویتومقداراستفادهیآنهاصورتپذیرد.
- در استفاده از روشهای مختلف کنترل توان و اشتراک گذاری طیف، شرطلازمتامینکیفیتسرویسمطلوبکاربراناولیهاست.

مراجع

[1] *C. Stevenson; G. Chouinard; Z. Lei; W. Hu; S. Shellhammer; W. Caldwell, "IEEE* 802. 22*: The cognitive radio wireless regional area network standard", IEEE Communications Magazine,* 47*(*1*):*130-138 , 2009.

[2] *Maisuria, J., & Mehta, S. (*2018*, January). An Overview of Medium Access Control Protocols for Cognitive Radio Sensor Networks. In Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings (Vol.* 2*, No.* 3*, p.* 135*).*

[3] *Hyoil Kim; Kang G Shin, "Efficient discovery of spectrum opportunities with MAC-layer sensing in cognitive radio networks", IEEE Transactions on Mobile Computing,* 7*(*5*):*533-545, 2008.

[4] *Qian Chen; Ying-Chang Liang; Mehul Motani; Wai-Choong Wong, "A two-level MAC protocol strategy for opportunistic spectrum access in cognitive radio networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology,* 60*(*5*):*2164-2180 , 2011.

[5] *Carlos Cordeiro; Kiran Challapali, "C-MAC: A cognitive MAC protocol for multi-channel wireless networks", In Proceedings of the International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), pages* 147-157*. IEEE,* 2007.

[6] *Kakalou, I., Papadopoulou, D., Xifilidis, T., Psannis, K. E., Siakavara, K., & Ishibashi, Y. (*2018*, May). A survey on spectrum sensing algorithms for cognitive radio networks. IEEE,*7*th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies MOCAST (pp.* 1-4*)..*

[7] *Antonio De Domenico; Emilio Calvanese Strinati; M-G Di Benedetto, "A survey on MAC strategies for cognitive radio networks", IEEE Communications Surveys & Tutorials,* 14*(*1*):*21-44, 2012.

[8] *Nick C Theis; Ryan W Thomas; Luiz A DaSilva, "Rendezvous for cognitive radios", IEEE Transactions on Mobile Computing,* 10*(*2*):*216-227 , 2011.

[۹] صمدعبدالرحیم, سولماز و سیدهادی سیدمعصومیان چرندابی، "بهبود استفاده از طیف فرکانسی با معرفی شبکههای رادیو شناختی "، دومین

Archive of SID
www.SID.ir

کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، ترکیه - استانبول ۱۳۹۴

[10] *Hu, F., Chen, B., & Zhu, K. (2018). Full Spectrum Sharing in Cognitive Radio Networks Toward 5G: A Survey. IEEE Access, 6, 15754-15776 .*

[11] *Reddy, C. S. (2018). A Lecture Notes on Cognitive-Based Radio Ad Hoc Networks. In Proceedings of 2nd International Conference on Micro-Electronics, Electromagnetics and Telecommunications (pp. 647-655). Springer, Singapore.*

[12] *Unissa, Ishrath, Syed Jalal Ahmad, and P. Radha Krishna. "Optimum Spectrum Sensing Approaches in Cognitive Networks." In Cognitive Radio, Mobile Communications and Wireless Networks, pp. 209-231 . Springer, Cham, 2019 .*

Archive of SID

www.SID.ir