

تخصیص بهینه‌ی زمان در شبکه‌های رادیوشناختی مشارکتی با رعایت شرط حداقل تداخل برای شبکه‌ی اولیه

سحر فروغی فارسانی^{۱*}، روح‌الله آقاجانی^۲

۱- دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران

۲- دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران

خلاصه

در سال‌های اخیر موضوع مخابرات مشارکتی، به دلیل روشن شدن نتایج خوب و مؤثر آن، توجه بسیاری از محققان را به خود معطوف داشته‌است. مخابرات مشارکتی، این قابلیت را خواهد داشت که نرخ ارسالی و محدوده‌ی تحت پوشش شبکه را افزایش و هم‌چنین تأخیر ارسالی و توان مصرفی گره‌های فرستنده را کاهش دهد. از طرفی، چالش مهم دیگری که امروزه شبکه‌های بی‌سیم با آن مواجه هستند، پهنای باند قابل دسترس و استفاده‌ی ناکارآمد از منابع طیفی محدود است. یکی از روش‌های ارائه شده برای استفاده‌ی بهینه از پهنای باند، به کارگیری شیوه‌های دسترسی پویا به طیف است که منجر به حرکت به سمت نسل جدیدی از شبکه‌های مخابراتی به نام شبکه‌های رادیوشناختی شده‌است. ترکیب راهبرد رادیوشناختی با مخابرات مشارکتی می‌تواند بهبود بیشتری در عملکرد کلی سیستم‌های بی‌سیم حاصل کند. در این مقاله، سعی بر آن داریم با بررسی یک شبکه‌ی رادیوشناختی مشارکتی، تخصیص بهینه‌ی زمان بین کاربران شبکه‌ی ثانویه (منبع و رله) را به منظور به حداقل رساندن احتمال خاموشی شبکه بدست آوریم. محاسبات این تحقیق، با توجه به محدودیت‌های ناشی از تداخل برای شبکه‌ی اولیه صورت می‌گیرد. در انتها، نتایج شبیه‌سازی و تحلیلی آورده شده‌است.

واژه های کلیدی: مخابرات مشارکتی، شبکه‌ی رادیوشناختی مشارکتی، تخصیص بهینه‌ی زمان، حداقل کردن احتمال خاموشی

۱. مقدمه

انتظار می‌رود نسل‌های بعدی شبکه‌های بی‌سیم علاوه بر افزایش محدوده‌ی تحت پوشش خود، اطلاعات را با سرعت بالاتر و توان کمتری ارسال کنند. هم‌چنین کارایی از لحاظ پهنای باند و قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها اهمیت بسیاری دارد. اما کیفیت سیگنال در این شبکه‌ها، به این دلیل که از محیط آزاد به‌عنوان کانال استفاده می‌شود، تحت تأثیر عوامل مختلفی چون محوشدگی^۲ و سایه‌افکنی^۳ کاهش می‌یابد [۱]. محوشدگی به میزان تضعیف یک سیگنال مدوله‌شده‌ی مخابراتی در هنگام عبور از یک محیط مشخص اطلاق می‌گردد. از دلایل محوشدگی، وجود چند مسیر مختلف است، زیرا

*^۱ Corresponding author: توضیحات مربوط به نویسنده اول

Email: saharforoughi@gmail.com

^۲ Fading

^۳ Shadowing

باعث می شود که یک سیگنال خاص با تأخیر و اختلاف فازهای متفاوت در گیرنده دریافت شود و این امر باعث ایجاد تغییرات ناخواسته ای در دامنه ی سیگنال دریافتی می شود. یکی از شیوه های مقابله با محوشدگی، پیاده سازی سیستم های چند ورودی-چند خروجی^۱ و استفاده از فرآیند چندگانگی^۲ است. در این سیستم ها با تعبیه ی چندین آنتن در فرستنده و گیرنده سعی می شود نسخه هایی از سیگنال اصلی ارسال شود که از یکدیگر مستقل هستند. با استفاده از این روش، کیفیت و قابلیت اطمینان یک کانال مخابراتی افزایش می یابد، اما به دلیل محدودیت هایی که در پیاده سازی این شیوه ها از لحاظ هزینه و اندازه وجود دارد، به ندرت از آنها در عمل استفاده می شود [۲]. از این رو، بحث شبکه های مشارکتی^۳ مطرح شد که در آنها گره ها به طور فضایی گسترده شده اند و با یکدیگر همکاری می کنند تا کیفیت ارتباط بین دو گره ی منبع و مقصد را افزایش دهند [۳و۴]. در واقع در این شبکه ها، با استفاده از گره هایی که به عنوان رله^۴ عمل می کنند، یک سیستم مجازی چند ورودی-چند خروجی برای ارسال سیگنال فرستنده ایجاد می شود.

از طرفی، چالش مهم دیگری که امروزه شبکه های بی سیم با آن مواجه هستند، پهنای باند قابل دسترس و استفاده ی ناکارآمد از منابع طیفی محدود است. یکی از روش های ارائه شده برای استفاده ی بهینه از پهنای باند، به کارگیری شیوه های دسترسی پویا به طیف^۵ است [۵]. بر اساس گزارش صادر شده توسط کمیته ی مخابرات فدرال^۶، بهره گیری از طیف، با توجه به موقعیت ها و زمان های مختلف از حدود ۱۵ درصد تا ماکزیمم ۸۵ درصد می باشد [۶]. در سال های اخیر، به دلیل افزایش تقاضا برای دسترسی به طیف، این نحوه ی تخصیص فرکانس با کمبود طیف آزاد در باندهای خاصی مواجه شده است. به علاوه، مقدار زیادی از طیف اختصاص داده شده، به صورت بهینه استفاده نمی شود؛ یعنی کاربران مجاز در آن باند، در تمامی زمان ها از کل پهنای باند اختصاص داده شده، بهره نمی برند. یک پیشنهاد برای حل این مشکل، آن است که اجازه داده شود در کنار کاربران دارای مجوز^۷، کاربران بدون مجوز^۸ نیز از بخش های بلااستفاده ی طیف استفاده نمایند، با این شرط که باعث اختلال در عملکرد کاربران اولیه نشوند. این پیشنهاد منجر به حرکت به سمت نسل جدیدی از شبکه های مخابراتی به نام شبکه های رادیو شناختی^۹ شد [۷-۹]. رادیو شناختی، امکان تسهیم کانال های بی سیم با کاربران کاربران دارای مجوز را به صورت فرصت جویانه^{۱۰} فراهم می آورد [۱۰]. کاربران در شبکه های رادیو شناختی به دو دسته ی کاربران اولیه^{۱۱} و کاربران ثانویه^{۱۲} تقسیم بندی می شوند. کاربران اولیه، کاربران سنتی استفاده کننده از طیف دارای مجوز هستند. اما کاربران ثانویه، کاربرانی هستند که از طریق قابلیت های شناختی^{۱۳}، سعی در به کارگیری طیف بلااستفاده دارند. بنابراین، رادیو شناختی، روشی است که امکان دسترسی کاربران بدون مجوز را به پهنای باند بدون استفاده در محدوده ی جغرافیایی اطراف خود فراهم می آورد [۷و۸]. از جمله مسایل مهمی که در پیاده سازی این شبکه ها با آن مواجه هستیم، تخصیص زمان و توان به کاربران اولیه و ثانویه و کنترل آن است. چراکه اگر روشی برای کنترل پارامترهای ارسالی کاربران ثانویه در نظر گرفته نشود، مخبره توسط کاربران ثانویه ممکن است باعث ایجاد تداخل^{۱۴} و حتی قطع ارتباط بین کاربران اولیه شود [۱۱].

^۱ Multi Input - Multi Output (MIMO)

^۲ Diversity

^۳ Cooperative Networks

^۴ Relay

^۵ Dynamic Spectrum Access

^۶ Federal Communications Commission (FCC)

^۷ Licensed

^۸ Unlicensed

^۹ Cognitive radio networks

^{۱۰} Opportunistic

^{۱۱} Primary users

^{۱۲} Secondary users

^{۱۳} Cognitive capability

^{۱۴} Interference

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، ترکیب روش رادیو شناختی با مخابرات مشارکتی می تواند بهبود بیشتری در عملکرد کلی سیستم های بی سیم حاصل کند [۱۷-۱۲]. گرچه این امر خود باعث ایجاد چالش های جدید در این شبکه ها خواهد شد که از جمله آن، مسئله تخصیص توان و زمان به کاربران اولیه و ثانویه است. در یک شبکه ی رادیو شناختی مشارکتی^۱، کاربران اولیه می توانند از کاربران ثانویه به عنوان رله برای ارسال اطلاعات خود استفاده کنند. به عبارت دیگر، کاربران ثانویه با همکاری یکدیگر با رله کردن اطلاعات کاربران اولیه، دسترسی بهتر به طیف را برای آنان فراهم می آورند. حال، اگر کاربران ثانویه شرایط کانال بهتری در مقایسه با کاربران اولیه داشته باشند، اجرای شیوه ی مخابرات مشارکتی باعث افزایش قابل توجهی در نرخ ارسالی کاربران اولیه می شود. ضمن آن که کاربران ثانویه نیز فرصت دست یابی به طیف را پیدا خواهند کرد. در واقع یک حالت برد-برد بین کاربران برقرار خواهد شد [۱۳].

تخصیص منابع در راهبردهای مخابرات مشارکتی، مانند تخصیص توان و زمان به منبع و رله (ها)، نقش مهمی را در عملکرد کلی سیستم ایفا می کند [۱۸]. اغلب تحقیقات صورت گرفته در طراحی راهبردهای مشارکتی، شیوه ی تخصیص زمان های مساوی را به منبع و رله ها در نظر گرفته اند. در [۱۹]، راهبردهای مخابرات مشارکتی، با بررسی تمام متغیرهای ممکن در حوزه ی توان و زمان طراحی و بهینه سازی شده است. این گونه فرض شده است که هیچ اطلاعاتی از حالت کانال در فرستنده در دسترس نمی باشد و بهینه سازی شبکه، براساس مشخصه های آماری کانال مانند میانگین^۲ و واریانس^۳ صورت می گیرد. با وجود نتایج مطلوبی که [۱۹] به دست آورده است، عملکرد این راهبرد را در یک شبکه ی رادیو شناختی بررسی نکرده است. در این مقاله، قصد داریم تخصیص بهینه ی زمان و حداقل سازی احتمال خاموشی^۴ را در راهبرد مخابرات مشارکتی، در حضور یک شبکه ی رادیو شناختی مورد بررسی قرار دهیم. با در نظر گرفتن این شرط که تداخل ایجاد شده توسط شبکه ی مشارکتی به عنوان کاربر ثانویه، در گیرنده ی کاربر اولیه نیز در تجزیه و تحلیل شبکه لحاظ می گردد.

در ادامه ی مقاله، در بخش دوم، مدل سیستم رادیو شناختی مشارکتی مورد نظر در حالت کلی معرفی می شود. در بخش سوم، احتمال خاموشی در یک شبکه ی رادیو شناختی مشارکتی مورد بررسی قرار گرفته و نمودارهای مربوط به شبیه سازی آن در بخش چهارم ارائه می گردد. در نهایت در بخش پنجم، نتایج حاصل از مقاله آورده شده است.

۲. مدل سیستم

در این بخش به توصیف مدل شبکه ی رادیو شناختی مشارکتی مورد استفاده در مقاله می پردازیم. در این مدل، یک کاربر اولیه به همراه دو کاربر ثانویه مطابق شکل (۱) وجود دارد. SU_D و SU_S ، PU_D به ترتیب نشان دهنده ی گیرنده ی کاربر اولیه، منبع ثانویه و مقصد ثانویه است. کاربر ثانویه خود با یک رله که از پروتکل کدبرداری و ارسال^۵ استفاده می کند، در حال مشارکت است. مشارکت بین کاربران ثانویه در دو فاز صورت می گیرد؛ در فاز اول، منبع سیگنال اطلاعاتی را برای مقصد و رله ارسال می کند که سیگنال در هر دو گره به خوبی دریافت می شود. در فاز دوم، اگر رله قابلیت کدبرداری کامل اطلاعات سیگنال را داشته باشد، سیگنال را با یک روش کدگذاری مشخص برای مقصد ارسال می کند.

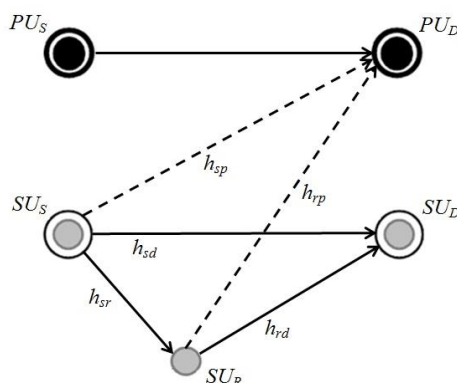
^۱ Cooperative Cognitive Radio Network

^۲ Mean

^۳ Variance

^۴ Outage Probability

^۵ Decode and Forward (DF)



شکل (۱) مدل سیستم شبکه‌ی رادیو شناختی مشارکتی

در فاز اول، منبع ثانویه سیگنال $x_s(t)$ را در بازه‌ی زمانی $(0, T_1]$ برای رله و مقصد خود ارسال می‌کند. سیگنال‌های دریافت شده در مقصد (SU_D) و رله (SU_R) به ترتیب به صورت زیر خواهند بود:

$$y_{sd}(t) = \sqrt{P_1} h_{sd} x_s(t) + n_{sd}(t) \quad 0 < t \leq T_1 \quad (1)$$

$$y_{sr}(t) = \sqrt{P_1} h_{sr} x_s(t) + n_{sr}(t) \quad 0 < t \leq T_1 \quad (2)$$

که h_{sd} و h_{sr} بهره‌ی کانال‌های منبع-مقصد و منبع-رله بوده و $n_{sd}(t)$ و $n_{sr}(t)$ به ترتیب نویز دریافت شده در مقصد و رله می‌باشد. $x_s(t)$ با توان یک نرمالیزه شده و P_1 ، توان ارسالی منبع در فاز اول است. در فاز دوم، اگر رله به طور کامل اطلاعات دریافتی از منبع را کدبرداری کند، اطلاعات را دوباره کدگذاری کرده و با توان P_2 برای مقصد ارسال می‌کند. در غیر این صورت، رله در حالت سکون^۱ باقی می‌ماند. بازه‌ی زمانی فاز دوم را با T_2 نشان می‌دهیم. در نتیجه، سیگنال دریافت شده در مقصد در فاز دوم به صورت زیر خواهد بود.

$$y_{rd}(t) = \sqrt{P_2} h_{rd} x_r(t) + n_{rd}(t) \quad T_1 < t \leq T_1 + T_2 \quad (3)$$

که h_{rd} بهره‌ی کانال رله-مقصد و $n_{rd}(t)$ نویز دریافت شده در مقصد می‌باشد. هم‌چنین، اگر رله اطلاعات سیگنال $x_s(t)$ را به درستی کدبرداری کند، $P_2 = \bar{P}_2$ خواهد بود. در غیر این صورت، $\bar{P}_2 = 0$. در رابطه‌ی (۳)، $x_r(t)$ نسخه‌ای از سیگنال $x_s(t)$ است که در رله دوباره کدگذاری شده و با توان یک نرمالیزه شده است.

بهره‌های کانال h_{sd} ، h_{sr} و h_{rd} به ترتیب به صورت متغیرهای تصادفی گوسی با میانگین‌های صفر و واریانس‌های δ_{sd}^2 ، δ_{sr}^2 و δ_{rd}^2 مدل می‌شوند. مؤلفه‌های نویز $n_{sd}(t)$ ، $n_{sr}(t)$ و $n_{rd}(t)$ نیز به صورت نویز سفید گوسی (AWGN) با میانگین صفر و واریانس N_0 در نظر گرفته می‌شوند. زمان کلی هر دوره‌ی ارسال را با $T = T_1 + T_2$ نشان می‌دهیم. در این صورت، ضریب تخصیص زمان در فاز اول به کل دوره‌ی ارسال برابر با $\alpha = T_1/T \in (0, 1)$ خواهد شد. اگر توان متوسط ارسالی در هر دوره‌ی ارسال را با P نشان دهیم، توان ارسالی منبع (P_1) و توان ارسالی رله (P_2) در رابطه‌ی زیر صدق می‌کنند.

^۱ Idle

$$P_1 T_1 + P_2 T_2 = PT \quad (4)$$

یا به طور معادل،

$$\alpha P_1 + (1 - \alpha) P_2 = P \quad (5)$$

در شبکه‌ی رادیو شناختی که کاربران ثانویه‌ی آن خود در حال مشارکت با یکدیگر هستند، کاربران ثانویه تا زمانی اجازه‌ی دسترسی به طیف کاربر اولیه را دارند که تداخل ایجاد شده توسط این کاربران روی گیرنده‌ی اولیه، کمتر از یک سطح تداخل آستانه^۱ (I_{th}) قرار گیرد. I_{th} سطح تداخل قابل تحمل بیشینه در کاربر اولیه است که ارتباط را هم‌چنان قابل اطمینان نگه می‌دارد. در نتیجه، توان‌های ارسالی منبع ثانویه و رله دارای محدودیت $P_1 \leq I_{th}/|h_{sp}|^2$ و $P_2 \leq I_{th}/|h_{rp}|^2$ خواهد بود که با در نظر گرفتن توان بیشینه در منبع ثانویه و رله، شرط زیر برای توان‌ها برقرار می‌شود.

$$P_1 = I_{th}/|h_{sp}|^2 \quad (6)$$

$$P_2 = I_{th}/|h_{rp}|^2 \quad (7)$$

این محدودیت را، محدودیت توان نام‌گذاری می‌کنیم و در ادامه‌ی بحث با در نظر گرفتن آن، بهینه‌سازی^۲ سیستم را انجام می‌دهیم.

۳. احتمال خاموشی در شبکه‌ی رادیو شناختی مشارکتی

ابتدا، بیشینه اطلاعات متقابل^۳ بین گره‌های شبکه‌ی مشارکتی ثانویه را بدست می‌آوریم. در فاز اول، با در نظر گرفتن سیگنال‌های ورودی با توزیع مشخص و مستقل (i.i.d.)، بیشینه اطلاعات متقابل بین منبع ثانویه (S_U) و مقصد (S_D) برابر است با:

$$J_{sd} = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{P_1 |h_{sd}|^2}{N_0} \right) \quad (8)$$

که ضریب تخصیص زمان α نشان می‌دهد که فاز اول در هر دوره‌ی ارسالی $(0, T]$ ، مدت زمان T_1 را اشغال می‌کند. با جایگذاری رابطه‌ی (۶) در رابطه‌ی فوق داریم:

$$J_{sd} = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{I_{th} |h_{sd}|^2}{N_0 |h_{sp}|^2} \right) \quad (9)$$

از آن‌جا که $h_{sd} \sim \mathcal{CN}(0, \delta_{sd}^2)$ می‌باشد، در نتیجه $|h_{sd}|^2$ ، یک متغیر تصادفی نمایی با پارامتر $\lambda_{sd} = 1/\delta_{sd}^2$ خواهد بود. $|h_{sp}|^2$ نیز به‌طور مشابه، یک متغیر تصادفی نمایی با پارامتر $\lambda_{sp} = 1/\delta_{sp}^2$ می‌باشد. در این صورت، احتمال آن که مقصد ثانویه در فاز اول کدبرداری را به‌صورت صحیح انجام ندهد برابر است با:

$$Pr[J_{sd} < R_T] = Pr \left[\frac{|h_{sd}|^2}{|h_{sp}|^2} < \frac{N_0}{I_{th}} \left(2^{\frac{R_T}{\alpha}} - 1 \right) \right] \quad (10)$$

به‌طور مشابه، بیشینه اطلاعات متقابل بین منبع ثانویه و رله در فاز اول، برابر است با:

^۱ Threshold
^۲ Optimization
^۳ Mutual Information

$$J_{sr} = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{P_1 |h_{sr}|^2}{N_0} \right) \quad (11)$$

با جایگذاری رابطه‌ی (۶) در رابطه‌ی فوق داریم:

$$J_{sr} = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{I_{th} |h_{sr}|^2}{N_0 |h_{sp}|^2} \right) \quad (12)$$

و در نتیجه، احتمال آن که رله موفق به کدبرداری صحیح از پیام منبع در فاز اول نشود (احتمال خاموشی) برابر است با:

$$Pr[J_{sr} < R_T] = Pr \left[\frac{|h_{sr}|^2}{|h_{sp}|^2} < \frac{N_0}{I_{th}} \left(2^{\frac{R_T}{\alpha}} - 1 \right) \right] \quad (13)$$

اگر رله پیام دریافتی از منبع ثانویه را به طور کامل کدبرداری کند، در حالت مشارکت قرار گرفته و پیام را با یک کلمه کد^۱ مستقل برای مقصد ارسال می کند. با در نظر گرفتن دو کلمه کد مستقل در منبع و رله، کانال های منبع-مقصد و رله-مقصد از دید مقصد، به عنوان یک زوج کانال موازی تلقی می شوند. در نتیجه، بیشینه اطلاعات متقابل مشترک از منبع تا مقصد طی فاز اول و دوم مطابق عبارت زیر می شود:

$$J_{joint} = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{I_{th} |h_{sd}|^2}{N_0 |h_{sp}|^2} \right) + (1 - \alpha) \log_2 \left(1 + \frac{I_{th} |h_{rd}|^2}{N_0 |h_{rp}|^2} \right) \quad (14)$$

نکته‌ی قابل توجه این است که خاموشی در راهبرد مشارکتی با حضور رله، در دو صورت امکان پذیر است: (۱) هم مقصد و هم رله در کدبرداری از اطلاعات در فاز اول ناموفق باشند؛ و (۲) مقصد در کدبرداری از اطلاعات مشترک دریافتی در فاز دوم به درستی عمل نکند؛ حتی اگر رله به طور کامل اطلاعات سیگنال را کدبرداری کرده و آن را برای مقصد ارسال کرده باشد [۱۹]. در این صورت، P_{out} یا احتمال خاموشی کلی سیستم مشارکتی رابطه‌ی مطابق عبارت زیر خواهد داشت:

$$P_{out} = Pr[J_{sd} < R_T] Pr[J_{sr} < R_T] + (1 - Pr[J_{sr} < R_T]) Pr[J_{joint} < R_T] \quad (15)$$

حال، با توجه به عبارت فوق و با در نظر گرفتن یک شبکه‌ی مشارکتی سنتی^۲ شامل یک گره‌ی منبع، یک گره‌ی مقصد و یک گره‌ی رله که با یک راهبرد کدبرداری و ارسال دلخواه کار می کند و در [۱۹] معرفی شده است، می توان عملکرد این دو سیستم را بر اساس احتمال خاموشی آنها شبیه سازی کرد.

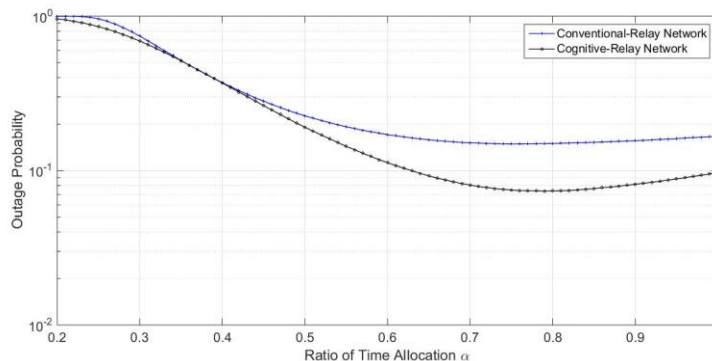
۴. شبیه سازی و نتایج عددی

شکل های (۴-۲)، مقایسه‌ی بین احتمال خاموشی شبکه در حالت رادیو شناختی مشارکتی و شبکه‌ی رله‌ی معمولی را در سه سناریو با کانال های با واریانس مختلف نشان می دهد؛ (الف) $\{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1, 1, 1\}$ (ب) $\{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1, 1, 10\}$ و (پ) $\{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1, 1, 10\}$. فرض می شود در هر سه حالت $\{\delta_{sp}^2, \delta_{rp}^2\} = \{1, 1\}$ ، واریانس کانال منبع-مقصد به صورت $\delta_{sd}^2 = 1$ نرمالیزه شده و در شبکه‌ی مشارکتی سنتی، $N_0 = 1$ ، $R_T = 2$ bits/s/Hz، $P_1 = P_2 = 0-30$ dB می باشد. نمودار احتمال خاموشی برای شبکه‌ی رادیو شناختی مشارکتی بر اساس رابطه‌ی (۱۵) و برای

^۱ Codebook

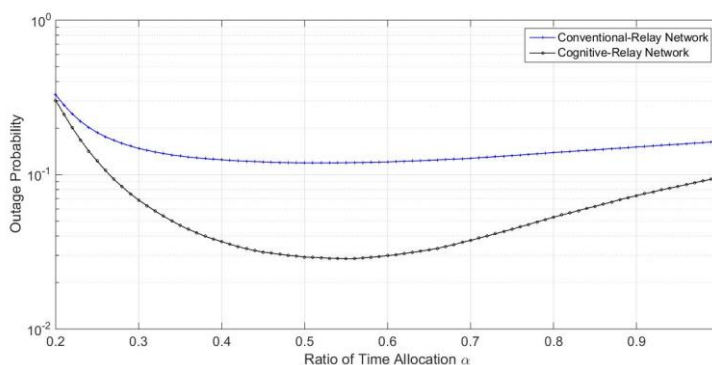
^۲ Conventional Relay Network

شبکه‌ی رله‌ی سنتی مطابق با [۱۹] رسم شده‌است. برای شبیه‌سازی ضرایب کانال از تکرار حدود 10^5 بهره گرفته شده‌است و فاصله‌ی شبکه‌ی ثانویه تا شبکه‌ی اولیه به صورت ثابت فرض شده‌است.



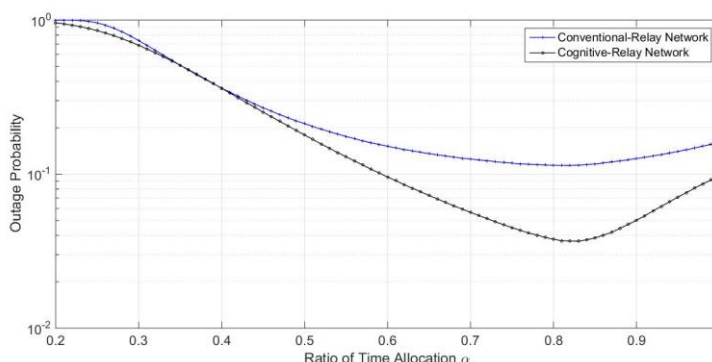
شکل (۲) مقایسه‌ی احتمال خاموشی سیستم رادیو شناختی مشارکتی با یک سیستم مشارکتی سنتی، با

$$I_{th}/N_0=30 \text{ dB و } \alpha \in (0,1), \{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1,1,1\} \text{ فرض}$$



شکل (۳) مقایسه‌ی احتمال خاموشی سیستم رادیو شناختی مشارکتی با یک سیستم مشارکتی سنتی، با

$$I_{th}/N_0=30 \text{ dB و } \alpha \in (0,1), \{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1,10,1\} \text{ فرض}$$



شکل (۴) مقایسه‌ی احتمال خاموشی سیستم رادیو شناختی مشارکتی با یک سیستم مشارکتی سنتی، با

$$I_{th}/N_0=30 \text{ dB و } \alpha \in (0,1), \{\delta_{sd}^2, \delta_{sr}^2, \delta_{rd}^2\} = \{1,1,10\} \text{ فرض}$$

با توجه به شکل های (۴-۲) مشاهده می شود که به ازای مقادیر α مختلف، در حالت کلی شبکه ی رادیو شناختی عملکرد بهتری نسبت به شبکه ی رله ی سنتی دارد و احتمال خاموشی در شبکه ی رادیو شناختی مقادیر کمتری را شامل می شود. در شکل (۲)، مقدار بهینه ی ضریب تخصیص زمان $\alpha=0.78$ است که کمینه احتمال خاموشی سیستم رادیو شناختی به ازای آن رخ می دهد. شکل (۳) نشان می دهد که $\alpha=0.54$ مقدار بهینه می باشد و همچنین، به ازای تمامی مقادیر α ، سیستم رادیو شناختی احتمال خاموشی کمتری نسبت به سیستم رله ی سنتی دارد. در شکل (۴)، مقدار بهینه ی ضریب تخصیص زمان برابر با $\alpha=0.83$ می باشد. برای هر سه حالت کانال، مشاهده می شود مقدار بهینه ی α بزرگتر از $1/2$ است (یعنی $\alpha \in (1/2, 1)$ می باشد) که نشان می دهد راهبرد شبکه بهتر است به گونه ای طراحی شود که زمان بیشتری را به فاز اول نسبت به فاز دوم به منظور به حداقل رساندن احتمال خاموشی سیستم اختصاص دهد. همچنین، در شکل (۲) و (۴)، عملکرد بسیار نزدیک دو سیستم در محدوده ی $\alpha \in (0, 1/2)$ ملاحظه می گردد که این امر دست طراح را در تخصیص زمان به کاربران در هر دو شبکه باز می گذارد. به عبارت دیگر، حتی با تخصیص زمان بیشتر به فاز دوم، عملکرد شبکه ی رادیو شناختی مشابهی شبکه ی رله می شود.

علاوه براین، مشاهده می شود هنگامی که رله به مقصد نزدیک تر است و منبع-رله کانال ضعیفی محسوب می شود، سیستم باید زمان بیشتری را به فاز اول اختصاص دهد تا رله بتواند به اندازه ی کافی سیگنال از منبع دریافت کند. اگر سیگنال دریافتی در رله بسیار ضعیف باشد، رله قادر به کدبرداری از سیگنال نخواهد بود و در این صورت با وجود شرایط کانال قوی تر در سمت رله-مقصد، ارسال مجدد سیگنال از رله به مقصد چندان فایده ای نخواهد داشت.

۵. نتیجه گیری

اخیراً مفهوم مشارکت در مخابرات بی سیم موجب تحول و توسعه ی تحقیقات علمی در این زمینه شده است. تأثیر بسزای ایده ی مخابرات مشارکتی برای مقابله با اثر تحرک گره ها در شبکه و نیز محدودیت در انرژی مصرفی و منابع طیف رادیویی، در بسیاری از مطالعات قبلی نشان داده شده است. در این گونه شبکه ها به منظور یک مخابره ی قابل اطمینان و ارسال اطلاعات منبع، نیاز است از گره های کمکی که به طور مناسب بین منبع و مقصد قرار گرفته اند، استفاده شود. از طرفی، تداخل ایجاد شده به وسیله ی گره های مشارکت کننده در یک شبکه ی رادیو شناختی و تأثیر آن بر عملکرد سیستم، موضوع مهمی خواهد بود. در این مقاله، عملکرد یک سیستم رادیو شناختی مشارکتی در حالت کلی مورد بررسی قرار گرفت و ضریب تخصیص بهینه ی زمان برای حالت های مختلف کانال با در نظر گرفتن تداخل ایجاد شده برای شبکه ی اولیه بدست آمد. به عنوان پیشنهاد می توان با در نظر گرفتن شرایط واقعی کانال در راستای این مقاله، نمونه ی تخمین زده شده از کانال ها را در مسئله دخالت داد و تأثیر آن را بر روی نتایج مشاهده و مقایسه نمود.

۶. مراجع

- [1] Vishal K. Shah, Anuradha P. Gharage, "A Review on Relay Selection Techniques in Cooperative Communication", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume. 2, Issue 5, November 2012.
- [2] R.Pabst, B. Walke, and D. Schultz, "Relay-Based Deployment Concepts for Wireless and Mobile Broadband Radio," IEEE Commun. Mag, Sept. 2005.

- [3] Xuehua Zhang, Mazen Hasna and Ali Ghrayeb , “Performance Analysis of Relay Assignment Schemes for Cooperative Networks with Multiple Source Destination Pairs,” in Proc. Wireless Communications, IEEE Transactons, vol.11. 2012.
- [4] R. Aghajani, R. Saadat, M. R. Aref, “Power Allocation and Performance Analysis for Incremental-Selective Decode-and-Forward Cooperative Communications over Nakagami-m Fading Channels,” IEICE Trans. on Commu. ,vol. E96-B, no. 6, pp.1531-1539, Jul. 2013.
- [5] K. G. SHIN et al, "Cognitive Radios for Dynamic Spectrum Access: from Concept to Reality," *IEEE Wireless Commun. Mag.*, Vol. 17, No. 6, pp. 64-74, Dec. 2010.
- [6] F.C. Commission, Spectrum policy task force, Technical report, Nov. 2002.
- [7] B. Wang and K. Liu, "Advances in Cognitive Radio Networks: A Survey," *IEEE J. Sel. Top. Sig. Proc.*, vol. 5, no. 1, pp. 5-23, Feb. 2011.
- [8] Amanna, A and Reed, J.H., "Survey of Cognitive Radio Architectures," *Proc. IEEE SoutheastCon 2010*, pp. 292-297, Mar. 2010.
- [9] T. Yucek and H. Arslan "A Survey of Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio Applications", *IEEE Commun. Surveys Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp.116 -130, Mar. 2009.
- [10] D. Cabric , I. D. O. Donnell, M. S.-W. Chen and R. W. Brodersen "Spectrum Sharing Radios", *IEEE Circuits Syst. Mag.*, vol. 6, no. 2, pp. 30-45, Jul. 2006.
- [11] W. Wang , T. Peng, and W. Wang "Optimal Power Control Under Interference Temperature Constraints in Cognitive Radio Network", *Proc. IEEE Wireless Commun. Netw. Conf.*, pp.116 -120, Mar. 2007.
- [12] L. Dandan, W. Wenbo, and G. Wenbin, "'Green' Cooperative Spectrum Sharing Communication," *IEEE Communications Letters*, vol. 17, no. 3, pp. 459-462, Mar. 2013.
- [13] M. Luo, Y. Chen, J. Zhang, and K. Lan, “Optimal Power and Time Allocation in Green Cooperative Cognitive Radio Network,” *IEEE Sig. Proc. Conf.*, pp. 123-127, Oct. 2014.
- [14] X. Chen, H. Chen and W. Meng, “Cooperative Communications for Cognitive Radio Networks — From Theory to Applications,” *IEEE Commun. Surveys Tutorials*, vol. 16, no. 9, pp. 1180-1192, Aug. 2014.
- [15] M. Naeem, A. Anpalagan, M. Jaseemuddin, and D.C. Lee, “Resource Allocation Techniques in Cooperative Cognitive Radio Networks,” *IEEE Commun. Surveys Tutorials*, vol. 16, no. 2, pp. 729-744, May 2014.
- [16] Q. Zhang , J. Jia and J. Zhang "Cooperative Relay to Improve Diversity in Cognitive Radio Networks", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 2, pp.111 -117, Feb. 2009.
- [17] M.B. Pandian, M.L. Sichitiu, and H. Dai, “Optimal Resource Allocation in Random Access Cooperative Cognitive Radio Networks,” *IEEE Trans. Mobile Comuting*, vol. PP, no. 99, pp. 1, Jul. 2014.
- [18] Rouhollah Aghajani, Reza Saadat, Mohammad Reza Aref, "Power allocation for cognitive relay system over Rayleigh fading channels", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology* , Vol 4, 2013, PP.74-79.
- [19] Z. Mo, W. Su, and S. Batalama, “Cooperative Communication Protocol Designs Based on Optimum Power and Time Allocation,” *IEEE Trans. on Wireless Commun.*, vol. 13, no. 8, pp. 4283-4296, Aug. 2014.