



بکارگیری اتوماتای یادگیر برای تخصیص کانال در شبکه‌های بی‌سیم تبیه

ضیاالدین بهشتی فرد^۱ ، محمد رضا میبدی^۲

۱ دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات- دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

beheshti@qazviniau.ac.ir

۲ دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات- دانشگاه صنعتی امیرکبیر

mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده

یکی از مشکلاتی که در شبکه‌های بی‌سیم تبیه وجود دارد تخصیص بهینه کانال برای گره‌ها می‌باشد. استفاده از چندین کانال رادیویی غیر متداخل در این گره‌ها، کارآیی این نوع شبکه‌ها را بهبود میدهد. اما تخصیص کانال هنوز دارای مسائل بغرنجی است که از یک طرف با افزایش تداخل، کارآیی شبکه را به شدت پایین آورده از طرف دیگر با انتساب کانالهای متعدد باعث بروز پدیده انتشار موجدار تغییرات^۱ می‌گردد. در این مقاله روشی مبتنی بر اتوماتای یادگیر ارائه می‌شود که در عین تخصیص بهینه کانال به ارتباطات مسیریابی‌ها، پدیده انتشار موجدار را نیز به نحو مؤثری کاهش می‌دهد. روش ارائه شده بطور هوشمند ارتباطات رادیویی را به کانالها مناسب می‌کند بطوریکه کمترین تداخل را با ارتباطات مجاور داشته و در عین حال محدود به تعداد رادیوهای تجهیز شده هر گره باشد تا پدیده انتشار موجدار تغییرات به کمترین حد خود برسد. نتایج آزمایشات بر روی تپولوژیهای همگن و تصادفی نشان می‌دهد که بکارگیری اتوماتای یادگیر در تخصیص کانال میزان تداخل را در شبکه‌های با تراکم متوسط و انتشار موجدار کانالها را در شبکه‌های با تراکم بالا به شدت کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی:

شبکه‌های بی‌سیم تبیه، تخصیص کانال، اتوماتای یادگیر

ارائه شده و ارتباط اینترنتی کم‌هزینه و چندگامی را به وجود می‌آورند^[۹]. انتظار می‌رود که این شبکه‌ها نه تنها محدودیت‌های شبکه‌های بی‌سیم موردنی^۲، شبکه‌های محلی بی‌سیم (WLAN)، شبکه‌های شخصی بی‌سیم (WPAN) و شبکه‌های بی‌سیم شهری (WMAN) را حل نمایند بلکه انتظار می‌رود کارآیی آنها نیز با ساختار جدید بهبود یابد^[۱۰].

۱- مقدمه

یک شبکه بی‌سیم تبیه^۳، متشکل از مسیریاب‌های تبیه^۴ و ایستگاه‌ها^۵ می‌باشد. مسیریاب‌ها عمده‌تاً گره‌ها ثابت هستند و یک زیرساخت بی‌سیم چندگانه را بین ایستگاه‌ها و گذرگاه‌های اینترنتی^۶ بوجود می‌آورند. عموماً گذرگاه‌های اینترنتی مستقیماً به شبکه سیمی متصل هستند. هر مسیریاب تبیه نه تنها به عنوان یک میزبان بلکه به عنوان یک مسیریاب وظیفه رساندن بسته‌های گره‌های دیگر به مقصد را بر عهده دارند. ایستگاه‌های کاری می‌توانند ثابت یا متحرک باشند. قابلیت‌های گذردهی و پل‌زنی در مسیریاب‌ها، قابلیت یکپارچه‌سازی WMAN را با سایر شبکه‌های بی‌سیم از جمله شبکه‌های حسگر، سلوی، WiMAX و Wi-Fi به وجود می‌آورد. شبکه‌های WMN به عنوان راه حل‌هایی با انعطاف‌پذیری بالا، مطمئن و کم‌هزینه برای پوشش بی‌سیم فضاهای بزرگ

۲- مسئله تخصیص کانال

در شبکه‌های WMN تعدادی از اتصالات میان مسیریاب‌ها بر روی مجموعه‌ای از کانال‌های یکسان برقرار می‌گردد. لذا تداخل حین انتقال روی این کانال‌ها می‌تواند به طور مؤثری کارآیی را کاهش دهد. بنابراین همانند شبکه‌های سلوی، عامل کلیدی برای کاهش تأثیرات تداخل، استفاده بهینه از طیف‌های رادیویی استفاده نشده

مثال بالا به طور واضح نشان می‌دهد که هدف تخصیص کانال رسیدن به توازن بین حداقل کردن تداخلات و حداکثر کردن ارتباطات می‌باشد.

در این مقاله ما یک روش تخصیص کانال مبتنی بر اتوماتیک یادگیر ارائه می‌کنیم که از نظر تعداد کانال‌های مورد استفاده بهینه می‌باشد و حداکثر ارتباطات را به وجود آورد. در ادامه ابتدا تفاوت تخصیص کانال در شبکه‌های سلولی و WMN بررسی می‌گردد. سپس مروری بر کارهای انجام شده قبلی ارائه می‌شود در بخش ۳ اتوماتیک یادگیر معرفی می‌شود. بخش ۴ مدلسازی مسئله و الگوریتم تخصیص کانال در شبکه‌های WMN مبتنی بر اتوماتیک یادگیر ارائه شده و در نهایت آزمایشات انجام گرفته و نتایج ارائه می‌شود.

۲-۱- مقایسه تخصیص کانال در شبکه‌های سلولی و WMN

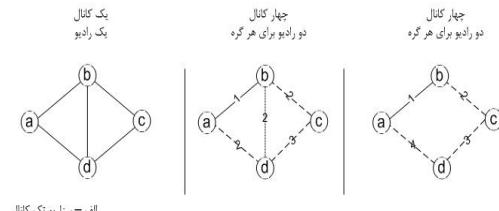
مسئله تخصیص کانال^۷ (CA) بطور گستردۀ در شبکه‌های سلولی مطالعه شده است. مفهوم پایه‌ای مورد استفاده در این روش‌ها، تقسیم طیف رادیویی بر مجموعه‌ی از کانال‌های رادیویی غیرمتداخل می‌باشد که می‌توانند به صورت همزمان مورد استفاده قرار گیرند. برای استفاده مجدد از یک کانال بایستی دو سلول در یک حداقل فاصله معینی از هم قرار گرفته باشند.

بنابراین نقش یک روش تخصیص کانال کاهش تداخل با استفاده از تنظیم فاصله میان سلول‌های هم کانال و سطح توان ارسال می‌باشد. این دو مسئله مفاهیم پایه‌ای برای تخصیص کانال در شبکه‌های سلولی می‌باشد که هدف آنها کاهش CIR^۸ و در نتیجه افزایش طیف رادیویی یکسان استفاده شده در سلول‌ها است. اما تخصیص کانال WMN از چند جنبه متفاوت است. اولین تفاوت در معماری این شبکه‌هاست که کاملاً متفاوت از شبکه‌های سلولی است. در WMN مسیریابی‌های تئیده، زیرساخت میان کاربران و شبکه سیمی را برقرار می‌کنند در حالیکه در شبکه سلولی، کاربران تنها با BS^۹ تماس می‌گیرند و اتصال BS به BS از طریق یک شبکه محزا انجام می‌گیرد که ارتباطی به مسئله تخصیص کانال ندارد. دوم اینکه تخصیص کانال در WMN عمدتاً برای کاهش

می‌باشد. بنابراین مسئله کلیدی در شبکه‌های WMN چند کاناله مسئله تخصیص کانال می‌باشد. بطوریکه با انتساب هر کانال به اتصال رادیویی، بهره‌وری مؤثری از کانال‌های در دسترس بدست آید. هدف تخصیص کانال در شبکه‌های ارتباطی چندگامه به حداقل رساندن تداخل همزمان با حفظ اتصال شبکه می‌باشد.

یک گره در WMN که نیاز به اشتراک گذاشتن کانال مشترک با هر کدام از همسایگان در حوزه ارتباطی را دارد نیاز به برپایی یک اتصال مستقیم می‌باشد. بعلاوه برای کاهش تداخل یک گره بایستی تعداد همسایگانی که از یک کانال یکسان با وی استفاده می‌کنند را کاهش دهد. بنابراین بایستی یک توازنی بین حداکثر کردن اتصال و کاهش تداخل به وجود آید. شکل شماره ۱ توازن ذکر شده را برای سه حالت نمایش می‌دهد^[۱]. در شکل الف ارتباط شبکه را در حالت که یک کانال استفاده می‌شود نشان می‌دهد. در اینحالت اگر گرهای در فاصله انتقال قرار گیرد می‌تواند اقدام به ایجاد ارتباط نماید. این حالت حداکثر ارتباط در حالت استفاده از یک کانال را برقرار می‌نماید.

ب و ج چهار کانال مجرزا برای اتصال در دسترس می‌باشد. همچنین هر گرهای مجهز به دو کارت شبکه می‌باشند که روی فرکانس رادیویی متفاوت عمل می‌کنند. در شکل ب تخصیص کانال به رادیو حداکثر ارتباط را به وجود می‌آورد. اما این حالت با انتخاب حداکثر ۳ کانال از ۴ کانال به دست می‌آید. برای نمونه اتصال مستقیم بین هر دو گره وجود دارد اما به دلیل تداخل روی کانال ۲ همه این اتصالات نمی‌توانند همزمان فعال باشند. اما شکل ج نشان می‌دهد که چگونه تداخل بین اتصالات می‌تواند حذف شود و همه اتصالات همزمان فعال باشند اما نمی‌تواند اتصال مستقیمی بین دو هسمایه b و d به وجود آورد.



شکل ۱- توازن بین اتصالات و تداخل

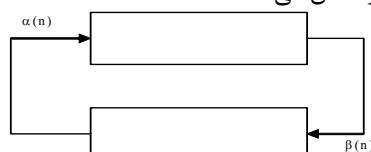
از طرف دیگر رنگ‌آمیزی یال‌ها محدودیت دوم را پوشش نمی‌دهد. زیرا تعداد رنگ‌های تخصیص یافته به هر رأس نمی‌تواند از تعداد کانال‌های رادیویی آن گره بیشتر باشد. هرچند روش رنگ‌آمیزی یال‌ها به صورت محدود شده بتواند محدودیت‌های ذکر شده را پاسخ دهد اما قابلیت پوشش محدودیت چهارم را نخواهد داشت که محدودیت ظرفیت کانال را تحمیل می‌کند.

علاوه مسئله اصلی در تخصیص کانال برای شبکه‌های WMN چندکاناله مسئله وابستگی کانال‌ها است بطوریکه اتصالات ایجاد شده بین گره‌ها بایستی حداقل در یک کانال مشترک باشند.

در روش پیشنهاد شده در [۲] اتصالات بصورت نزولی بر مبنای ترافیک مورد انتظار مرتب شده و بصورت حریصانه کانال‌ها به آنها تخصیص می‌یابد. این روش تخصیص کانال باعث می‌شود که در صورت تغییر یک اتصال، سایر اتصالات نیز بررسی گردد و اصطلاحاً این روش دارای مشکل انتشار موجود تغییرات است و پیچیدگی زمانی را افزایش می‌دهد. همچنین با تجهیز یک مسیر یاب به چندین ارتباط رادیویی امکان تخصیص تنها یک کانال به اتصالات وجود دارد.

۳- اتماتای یادگیر

ساخه‌ای از نظریه کنترل تطبیقی به اتماتای یادگیر اختصاص دارد. اتماتای یادگیر یک مدل انتزاعی است که تعداد محدودی عمل را می‌تواند انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی شده و پاسخی به اتماتای یادگیر داده می‌شود. اتماتای یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل خود را برای مرحله بعد انتخاب می‌کند [۵]. شکل ۲ ارتباط بین اتماتای یادگیر و محیط را نشان می‌دهد.



شکل ۲. ارتباط بین اتماتای یادگیر و محیط

محیط را می‌توان توسط سه تایی $E = \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\{\alpha_r, \alpha_2, \dots, \alpha_r\} \equiv \alpha$ مجموعه ورودیها،

تداخل در زیرساخت بی‌سیم که همان مسیریاب‌ها هستند متمرکز می‌شود ولی در شبکه‌های بی‌سیم تخصیص کانال برای کاهش تداخل در آخرین گام ارتباطی یعنی BS به کاربر و یا بر عکس متمرکز می‌شود. بعلاوه تکنیک FH^۱، یک روش عمومی در شبکه‌های سلوالی است که عمل سوئیچ سریع فرکانس را در طول ارتباط رادیویی BS به وجود می‌آورد. دارای مزایای زیادی از جمله کاهش تأثیرات نویز و تداخل است. این تکنیک شاید بتواند در WMN نیز استفاده گردد اما استاندارد سخت‌افزاری IEEE802.11 می‌برد [۳]. بنابراین سوئیچ کانال‌ها مشکل خواهد بود و این باعث می‌شود که مسئله تخصیص کانال در WMN بغرنج تر شود.

۲-۲- محدودیت‌ها و چالش‌های تخصیص کانال در WMN

مهمنترین چالش تخصیص کانال در شبکه‌های WMN، تخصیص کانال به ارتباط رادیویی است به طوریکه حداقل تداخل و حداقل ارتباط را به وجود آورد. محدودیت‌های اصلی که الگوریتم تخصیص کانال بایستی حل کند شامل موارد زیر است [۲]:

۱- تعداد کل کانال‌ها ثابت است.

۲- تعداد کانال‌های مجزا که برای هر مسیریاب تخصیص می‌یابد محدود به تعداد کارت‌های رادیویی آن مسیریاب است.

۳- دو گره‌ای که نیاز به تبادل داده‌ای دارند بایستی از یک کانال مشترک استفاده نمایند.

۴- مجموع بار ترافیک روی یک اتصال که از یک کانال مشترک عبور می‌کند باید از ظرفیت اسمی کانال بالاتر برود.

۳-۲- کارهای انجام شده

ثابت شده است که تخصیص کانال در شبکه‌های WMN چندکاناله یک مسئله NP-hard می‌باشد [۲]. در نگاه اول به نظر می‌رسد مسئله تخصیص کانال یک مسئله مشابه رنگ‌آمیزی گراف است. اما مسئله رنگ‌آمیزی گراف استاندارد محدودیت‌های ذکر شده در ۲-۲ را پاسخ نمی‌دهد [۸]. روش چند رنگی رأس‌ها [۴] نیز محدودیت سوم را پاسخ نمی‌دهد.

جمع (n) ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند.
الگوریتم (۱) نمونه ای از الگوریتمهای یادگیری خطی در
اتوماتی با ساختار ثابت است [۵].

الف- پاسخ مطلوب برای عمل :

$$p_i(n+1) = p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \quad (1)$$

$$\forall j \quad j \neq i$$

$$p_j(n+1) = (1-a)p_j(n)$$

ب- پاسخ نامطلوب برای عمل :

$$P_i(n+1) = P_i(n) - (1-b)P_i(n)$$

$$p_j(n+1) = \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i$$

در روابط فوق، پارامتر پاداش و a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه می باشد. با توجه به مقادیر a و b سه حالت زیر را می توان در نظر گرفت. زمانی که a و b با هم برابر باشند، الگوریتم را L_{R-P} ^{۱۶} می نامیم. زمانیکه b از a خیلی کوچکتر باشد، الگوریتم را L_{R-EP} ^{۱۷} می نامیم و زمانی که b مساوی صفر باشد، الگوریتم را L_{R-I} ^{۱۸} می نامیم.

با درنظر گرفتن طبیعت پاسخ محیط، مدلهاي P ، Q و S برای محیطی که اتماتای یادگیر در آن عمل می کند، در نظر گرفته می شود . [۵] پاسخ در محیطهای مدل P دارای مقدار دودویی می باشد. در مدل Q متناظر با عمل α_i ، خروجی محیط ممکن است تعداد متناهی از مقادیر اختیار کند. با نرمال سازی مقادیر خروجی، هر مدل Q با مقادیر متناهی از خروجیهای محیط در فاصله واحد $[0,1]$ مشخص می گردد. تعداد این مقادیر خروجی از عملی به عمل دیگر متفاوت است و با m_i برای عمل α_i ($i=1,2,\dots,n$) بیان می شود. در مدل S ، پاسخها می توانند مقادیری پیوسته در یک فاصله مشخص را اختیار کنند. با نرمال سازی پاسخها، می توان آنها را در فاصله $[0,1]$ در نظر گرفت. اگر پاسخ محیط در مدل Q برای عمل α_i با $\beta^i_1, \beta^i_2, \dots, \beta^i_{m_i}$ مشخص شود که در آن $\beta^i_1 < \beta^i_2 < \dots < \beta^i_{m_i}$ ، مجموعه نرمال شده پاسخها $\beta^i_j = \beta^i_j - a / b - a$ $j=1,2,\dots,m_i$ $\{ \beta^i_j \}$ به شکل $\{ \beta^i_j \}_{j=1}^{m_i}$ است. نرمال سازی مشابهی را نیز می توان در مدل S انجام داد. نگارشهاي مدل S و Q برای

$\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه احتمالهای جریمه می باشد. هر گاه β مجموعه دو عضوی باشد، محیط از نوع P می باشد. در چنین محیطی $\beta_1 = 0$ به عنوان جریمه و $\beta_2 = 1$ به عنوان پاداش در نظر گرفته می شود. در محیط از نوع Q ، $\beta(n)$ می تواند به طور گستته یک مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[0,1]$ و در محیط از نوع S متغیر تصادفی در فاصله $[0,1]$ است. α_i احتمال اینکه عمل α_i نتیجه نامطلوب^{۱۹} داشته باشد، می باشد. در محیط ایستا^{۲۰} مقادیر α_i بدون تغییر می مانند، حال آن که در محیط غیر ایستا^{۲۱} این مقادیر در طی زمان تغییر می کنند. اتماتای یادگیر به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغیر تقسیم می گردد [۶]. اتماتای یادگیر با ساختار ثابت با احتمالات گذر وضعیت ثابت مشخص^{۲۲} می شود. نظریه زنجیره های مارکوف ابزار اصلی تجزیه و تحلیل این کلاس از اتماتا می باشد و در اغلب موارد، رفتار مقتضی با انتخاب احتمالات گذر وضعیت اتماتون در پاسخ به خروجی محیط به دست می آید. رفتار کلی سیستم توسط ماتریس گذر وضعیت زنجیره مارکوف تعیین می شود. با توجه به این که در این مقاله از اتماتای ساختار متغیر استفاده شده است، در ادامه توضیحاتی در رابطه با اتماتای ساختار متغیر داده می شود. برای مطالعه بیشتر در رابطه با اتماتاهای ساختار ثابت و متغیر می توان به [۵و۶] مراجعه نمود.

اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر^{۲۳} توسط ۴ تابی α, β, p, T نشان داده می شود که در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ مجموعه عملهای اتماتا، $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه ورودیهای اتماتا و $p = p_1, p_2, \dots, p_n$ بردار احتمال انتخاب هر یک از اعمال و $T[\alpha(n), \beta(n), p(n)] = p(n+1)$ الگوریتم یادگیری می باشد. در این نوع از اتماتاهای، اگر عمل α_i در مرحله n ام انتخاب شود و این عمل، پاسخ مطلوب از محیط دریافت نماید، احتمال $p_i(n)$ افزایش یافته و سایر احتمالها کاهش می یابند. برای پاسخ نامطلوب احتمال $p_i(n)$ کاهش یافته و سایر احتمالها افزایش می یابند. در هر حال، تغییرات به گونه ای صورت می گیرد تا حاصل

ورودی و اتصال شبکه بی‌سیم به شبکه سیمی در این نوع شبکه‌هاست، جریان ترافیکی یک ساختار درختی ایجاد می‌کند که ریشه آن، گره درگاه بوده و برگ‌ها همان تجهیزات انتهاهای دریافت‌کننده و یا ارسال‌کننده داده‌ها خواهند بود.

در تخصیص کanal، بایستی اهداف زیر پوشش داده شوند.

- کاهش تداخل بین مسیریاب‌های شبکه برای پوشش این هدف بایستی دو زیر هدف زیر پوشش داده شود. اول اینکه بایستی بین دو مسیریاب، یک کanal مشترک جهت ارتباط وجود داشته باشد. دوم اینکه اتصالات مستقیم بین دو مسیریاب کمترین همپوشانی با سایر اتصالات را داشته باشد.
- تخصیص کanalهای مجزا به هر گره به تعداد ارتباطات رادیویی آن گره

گراف اتصال

به منظور مدل‌سازی مسئله، یک شبکه تئیده بی‌سیم با تعدادی مسیریاب در نظر گرفته می‌شود که هر کدام به تعدادی تجهیزات اتصال رادیویی مجهر شده‌اند. فرض می‌شود که همه اتصالات رادیویی یا یک ساعت انتقال R^{19} و همچنین ساعت تداخل R^{20} معین شوند. ساعت انتقال فاصله‌ایست که یک همسایه می‌تواند بسته‌ها را بطور صحیح دریافت نماید. در صورتیکه یک گیرنده در ساعت انتقال دو فرستنده همزمان واقع شود، بسته‌های ارسال شده با هم تداخل پیدا کرده و باعث بروز تصادم در گیرنده شده و هیچ کدام از بسته‌های ارسالی به درستی دریافت نخواهد شد. ساعت تداخل فاصله‌ایست که بسته‌های ارسالی نمی‌توانند به طور صحیح در گیرنده دریافت شوند اما هر دریافتی گیرنده تداخل می‌کند. عموماً ساعت تداخل همیشه بزرگ‌تر از ساعت انتقال می‌باشد ($R < R'$). با فرضیات بالا اتصال میان مسیریاب‌ها به عنوان یک گراف بدون جهت مدل می‌شود که به آن گراف اتصال گرفته می‌شود که در شکل ۳ نشان داده شده است [۱۰].

شمای L_{R-I} و L_{R-P} به صورت زیر می‌باشند. باید توجه داشت که مدل S بازنمایی عمومی تری ازدو نگارش قبلی است. با داشتن مدل S می‌توان مدل‌های Q و P را نیز به دست آورد. بهنگام سازی احتمالات در شمای SL_{R-I} براساس معادله (۲) بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} P_i(n+1) &= P_i(n) - a(1-\beta(n))P_i(n) \\ \alpha(n) &\Leftrightarrow \alpha_I \quad (2) \\ P_i(n+1) &= P_i(n) + a(1-\beta(n))\sum_{j \neq i} P_j(n) \\ \alpha(n) &= \alpha_i \end{aligned}$$

شمای SL_{R-P} برای مدل‌های Q و S براساس معادله (۳) بیان می‌شود:

$$\begin{aligned} P_i(n+1) &= P_i(n) + \beta(n)[(a/r-1) - aP_i(n)] - \\ [1-\beta(n)]aP_i(n) &\quad \alpha(n) \Leftrightarrow \alpha_I \quad (3) \\ P_i(n+1) &= P_i(n) + \beta(n)aP_i(n) + (1-\beta(n)) \\ a(1-P_i(n)) &\quad \alpha(n) = \alpha_i \end{aligned}$$

مدلهای اتوماتای یادگیر در تصمیم گیریهای تطبیقی که در آنها تصمیم گیر باید به منظور بهینه سازی کارآیی کلی سیستم از بین چندین عمل، عمل مناسبی را به شکل برخط انتخاب کند، مانند تخصیص کanal به شکل پویا، پرهیز از تصادم در شبکه‌های ستاره‌ای، مسیریابی در شبکه تلفن، کاربرد دارد. بحث این مقاله نیز در این حوزه از کاربردهای اتوماتای یادگیر قرار می‌گیرد. همچنین مفیدبودن مدل‌های اتوماتای یادگیر در مسائل بهینه سازی اتفاقی مانند یادگیری توابع تفکیک کننده در بازشناسی الگو به اثبات رسیده است. از جمله دیگر کاربردهای مدل‌های اتوماتای یادگیر در کنترل تطبیقی، پردازش سیگنال پردازش تصویر، بخش بندي اشیاء می‌باشد [۶]. برای مطالعه بیشتر درباره اتوماتاهای یادگیر می‌توان به [۵و۶] مراجعه کرد.

۴- مدل‌سازی مسئله

عمده ترافیک در این شبکه‌ها از تجهیزات انتهاهای به گره درگاه و بر عکس می‌باشد که الگوی جریان ترافیک در شبکه‌های بی‌سیم می‌باشد. با توجه به اینکه درگاه، نقطه



شکل ۳ - مثالی از گراف تداخل : الف- گراف اتصال ب- گراف تداخل

۵- الگوریتم تخصیص کانال

تخصیص کانال برای شبکه های بی سیم تنیده مشابه مسئله رنگ آمیزی یال ها می باشد که محدودیت های دیگری نیز برای آن در نظر گرفته می شود. این مسئله را می توان بصورت زیر تعریف نمود. گراف ($G = (V, E)$) داده شده است. برای هر $v \in V$ یک لیست $L(v)$ از رنگ ها داریم که باایستی برای هر رأس از این مجموعه انتخاب شده بطوریکه دو رأس که یال مشترک دارند همنگ نباشند. علاوه بر آن محدودیت های دیگری نیز در این مسئله وجود دارد که آن را از مسئله رنگ آمیزی گراف کلاسیک مجزا می کند. مهمترین محدودیت اینست که تعداد رنگ هایی که هر گره برای يال های خود انتخاب می کند نباید از تعداد کانال های رادیویی گره متناظر در شبکه بیشتر گردد. این مسئله یک مسئله NP کامل است. الگوریتمی که در این مقاله برای حل این مسئله ارائه می شود مبتنی بر بکار گیری اتوماتیک یادگیری به عنوان یک بهینه ساز چند هدفه می باشد که سعی می کند کانال هایی را برای گره ها تخصیص دهد که تداخلی برای سایر ارتباطات به وجود نیاورد و در عین حال تعداد کانال های تخصیص یافته به گره ها از تعداد رادیو های گره، تجاوز نکند. در این روش هر گره به طور مستقل یاد می گیرد که کانال مشترکی را با همسایه برقرار نماید که این روش یادگیری، مبتنی بر سازگاری احتمالاتی است که تضمین می کند ارتباط شبکه های را همزمان با کاهش تداخل به وجود آورد. این روش مشکلات روش های پیشین را که وابسته به مدل فیزیکی و همچنین الگوی ترافیکی بودند را ندارد و می تواند بصورت محلی عمل تخصیص کانال را انجام دهد لذا کاملاً مقایسه پذیر بوده و محدودیتی نسبت به ابعاد توپولوژی شبکه ندارد.

همچنانکه در شکل ۳ نشان داده شده است دو گره در گراف اتصال به هم وصل می شوند اگر در شعاع انتقال هم واقع شوند. باایستی دقت نمود که توپولوژی شبکه ممکن است با گراف اتصال متفاوت باشد زیرا ممکن است یک یال که در گراف اتصال وجود دارد به دلیل عدم تخصیص کانال مشترک رادیویی در توپولوژی شبکه وجود نداشته باشد. همچنین ممکن است به دلیل استفاده از چندین کانال هم زمان، یک یال در گراف اتصال به چندین یال در توپولوژی شبکه تبدیل گردد.

۶- گراف تداخل

با توجه به طبیعت همه پخشی در رسانه های بی سیم، موفقیت در ارسال پیام ها به طور مؤثری وابسته میزان دسترسی های همزمان می باشد. این تداخل می تواند توسط گراف تداخل مدل شود که بر پایه گراف اتصال ساخته می شود. مفهوم گراف تداخل در شکل ۳ تشریح شده است. در صورتیکه در گراف اتصال یک اتصال بین x, y وجود داشته باشد این اتصال با یک رأس l_{xy} در گراف تداخل شناخته می شود. در اینجا، عبارت گره و اتصال را در گراف اتصال و عبارت رأس و یال را در گره تداخل بکار می بردیم. یک یال بین دو رأس ایجاد خواهد شد اگر اتصالات متناظر در گراف اتصال با هم تداخل داشته باشند. وجود تداخل بین اتصالات بر مبنای مدل تداخل مشخص می شود [۷]. دو نوع مدل تداخل وجود دارد. (۱) مدل پروتکل، (۲) مدل فیزیکی. مدل پروتکل ساده تر بوده و عموماً برای نمایش تداخل استفاده می شود. مدل فیزیکی پیچیده تر بوده ولی واقعی تر است. در صورتیکه فرض کنیم همه گره ها شعاع تداخل یکسانی دارند، انتقال از x به y موققیت آمیز خواهد بود اگر هیچ گره دیگری همزمان با x در فاصله شعاعی R از y اقدام به ارسال ننماید. همچنین اگر از مدل RTS/CTS پروتکل IEEE802.11 استفاده گردد نباید هیچ گره دیگری در شعاع R از x اقدام به ارسال بسته نماید. بنابراین گراف تداخل در مدل پروتکل شامل یال هایی بین دو رأس (مثلاً l_{xz}, l_{xy}) خواهد بود. اگر x یا y در فاصله R از z قرار گرفته باشند.

ترتیب نزولی ترافیک، انجام می‌گیرد، حتی با وجود تعداد کانال‌های در دسترس کافی، هنوز امکان تداخل وجود دارد. با کاهش تعداد کانال‌های در دسترس باز میزان تداخل در LA به مراتب بهتر می‌باشد.

Step 1: Create conflict graph from connectivity graph

```
R=Interference Range
Suppose  $G_1 = (V_1, E_1)$  is connectivity graph of mesh routers
Create  $G_2 = (V_2, E_2) : V_2 = E_2 = \Phi$ 
For each  $(v_i, v_j) \in E_1$  add  $v_i$  to  $V_2$ 
For each  $v_{ij}, v_{ik} \in V_2$ 
    If  $d(v_i, v_k) < R$  or  $d(v_i, v_j) < R$  or  $d(v_j, v_k) < R$  or  $d(v_j, v_i) < R$ 
        Add  $(v_{ij}, v_{ik})$  to  $E_2$ 
End for
```

Step 2: Initialization of Internal parameters

```
 $\delta$  : Threshold of action probabilities
 $\epsilon$  : Error band
 $w_1$  : Weight for objective function 1 that denote number of interfering channels
 $w_2$  : Weight for objective function 2 that denote number of channel exceed from available radio's
```

Step 3: Initialization of Learning Automata's

```
Suppose each node from  $G_2$  is equipped with a learning automata
Channel list is a set of channels denoted by  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$ 
Each LA is supposed as an action by  $a_i ; a_i \in C$ 
```

$P_i(n)$: Action probability of a_i at n th LA with initial value of $\frac{1}{size(C)}$

Step 4: Search Loop

Repeat

```
Pick an action  $a_i(n) = a_i(n)$  according to  $P_i(n)$ 
 $\beta_i(n) = 0$  //evaluate environment response
//Calculate 1st objective function
 $f_1(C) = \sum_k L_k : L_k = \begin{cases} 1 & \text{if } E_i \in G_2 \text{ and } a_i(n) = a_j(n) \text{ if } E_k = (v_i, v_j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$ 
//Calculate 2nd objective function
 $C_i = \text{number of distinct channels assigned to edges of node}_i$ 
 $R_i = \text{number of available radio for each node}_i$ 
 $f_2(C) = \sum_i (C_i - R_i)$ 
//Calculate pareto optimality
 $F_m(C) = [f_1(C), f_2(C)] = \sum w_i f_i(C)$ 
If  $F_m(C) < F_{m-1}(C)$  then
    For each LAj
         $\beta_j(n) = 1$ 
    End for
End if
If  $\beta_i(n) = 0$  then //LA i has gotten reward
     $P_i(n) = P_i(n) + \alpha[1 - P_i(n)]$ 
     $P_j(n) = (1 - \alpha)P_j(n) \quad j \neq i$ 
End if
If  $\beta_i(n) = 1$  then //LA i has gotten penalty
     $P_i(n) = (1 - b)P_i(n)$ 
     $P_j(n) = \frac{b}{size(C) - 1} + (1 - b)P_j(n) \quad j \neq i$ 
End if
//check termination
For all Lai
    If  $P_i(n) > \delta$  then
        Goto step 5
End Repeat
```

Step 5: Assigning channels to nodes

```
Set  $C_n = a_i(n)$ 
Set Channel  $C_i$  for  $v_i, v_j$  if  $v_{ij}$  is  $i_{th}$  node in  $V_2$ 
```

End

شکل ۴ - الگوریتم تخصیص کانال مبتنی بر اتوماتای یادگیر

الگوریتم تخصیص کانال که در این مقاله ارائه می‌شود برای شبکه‌های بی‌سیم تبیین شده بکار می‌رود. مسیریابها در این شبکه‌ها ثابت بود. اما تجهیزات انتها ی همانند کامپیوترهای کیفی در PDA می‌توانند متحرک باشند. در این شبکه‌ها مسیریاب‌های شبکه می‌

چندین کارت شبکه مجهر باشند. حداقل مسیریاب‌ها به عنوان درگاه اتصال به شبکه سیمی نماید. برای سادگی در مسئله فرض می‌شود؛ اتصال به شبکه سیمی وجود داشته باشد الگوریتم تخصیص کانال مبتنی بر اتواتای یادگیر می‌دهد.

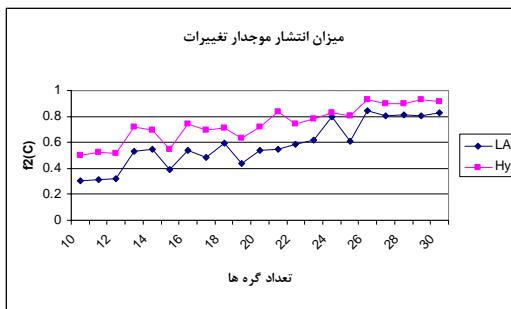
۶- نتایج آزمایشات

در این بخش نتایج آزمایشات الگوریتم کانال که براساس اتوماتای یادگیر و مدل h پیاده‌سازی شده است، نشان داده است. در آزمایش گرفته دو نوع توبولوژی در نظر گرفته شده اند اول تمامی مسیریابها بر روی یک فضای مشبك و هشت با ۶۴ گره قرار گرفته‌اند. تمامی مسیریاب شعاع انتشار ۴ متر می‌باشند. یکی از گره توبولوژی به عنوان درگاه ارتباطی با اینترنت در شده است. فرض می‌شود که همه مسیریابها ارسال دارند و ترافیک تجمعی به سمت گره در دارد. شکل ۵-الف ساختار توبولوژی آزمایشات نمایش می‌دهد. شکل ۵-ب گراف تداخل را نمایش می‌دهد. شکل ۵-ب گراف تداخل را توبولوژی نمایش می‌دهد. نتایج به دست آمده آزمایشات نشان می‌دهد در حالتی که تعداد تخصیص یافته محدودیتی نداشته باشد هر عملکرد نزدیک به هم دارند. اما در صورتیکه تع محدود باشد روش تخصیص بر مبنای A کارآمدتر از روش معماری Hyacinth عمل شکل ۶ تابع هدف را براساس تعداد کانال‌های د نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود در تعداد کانال‌ها به اندازه کافی باشد روش مبتنی میزان تداخل را به صفر می‌رساند. اما شکل ۶ تابع هدف را با توجه به اینکه تخصیص کانال بر مبنای

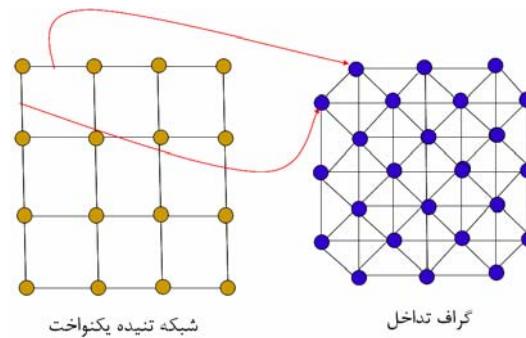
بررسی اثر انتشار موجود تغییرات

عمده الگوریتم های تخصیص کانال، هدف اصلی را در تخصیص کانالهای غیر متداخل پیاده می کنند. همانطور که اشاره گردید در صورتیکه تعداد ارتباطات یک گره به همسایگان زیاد باشد ممکن است یک گره تعداد کانالهای بیشتر از تعداد ارتباطات رادیویی داشته باشد. واضح است که هر مسیریاب در لحظه به تعداد ارتباطات رادیویی می تواند ارتباط همزمان با همسایگان برقرار نماید. لذا اگر یالها کانالهای متنوعی داشته باشند مسیریاب نیاز به تغییر کانال خواهد بود. تغییر یک کانال در یک گره مستلزم تغییر کانالهای همسایگانی است که از با این گره در کانال مزبور مشترکند. این پدیده باعث انتشار موجود تغییرات کانال خواهد گردید.

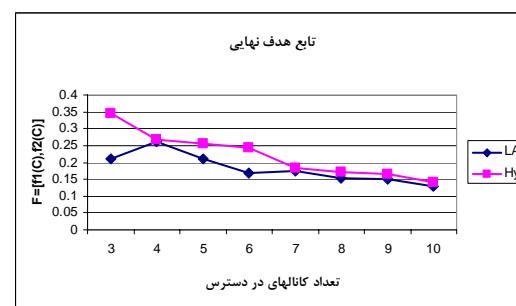


شکل ۷ - اثر انتشار موجود تغییرات کانال بر مبنای تعداد کانالهای در دسترس

در ادامه آزمایشات توپولوژی شبکه بصورت تصادفی در یک فضای ۱۲ در ۱۲ و با شاعع انتشار ۴ در نظر گرفته شده است. تعداد گره ها در هر مرحله از ۱۰ گره تا ۳۰ گره تغییر یافته اند. شکل ۷ پدیده انتشار موجود تغییرات کانال را بر اساس تعداد مسیریابها نشان می دهد. همانطور که در شکل مشخص است، معماری Hyacinth صرفا بر اساس ترافیک یالها بصورت نزولی اقدام به تخصیص کانال می نماید. لذا احتمال اینکه تعداد کانالهای بیشتر از ارتباطات رادیویی به یک گره تخصیص یابد بسیار زیاد خواهد بود. در مقابل مدل LA، اتوماتای متناظر با هر گره را وقتی تشویق می کند که تعداد کانالها از تعداد رادیوها تجاوز نکند.



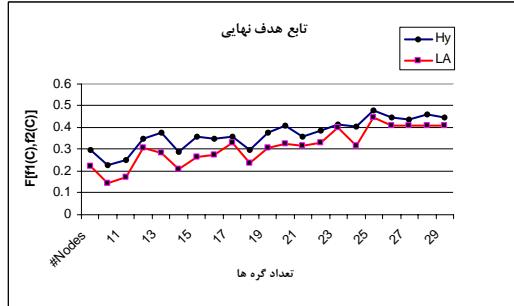
شکل ۵ - الف- توپولوژی شبکه b- گراف تداخل



شکل ۶ - میزان تداخلات بر مبنای تعداد کانالهای در دسترس

البته در این نوع پیکربندی که محدودیتی برای تخصیص کانال برای هر گره وجود ندارد پدیده انتشار موجود کانال وجود دارد زیرا هر گره در هر لحظه تنها به تعداد کارت های رادیویی در دسترس مجاز به انتخاب همزمان کانال می باشد و در صورتی که یک گره دارای ارتباطات بیشتری با همسایگان باشد، با تخصیص کانالهای متفاوت برای هر ارتباط عملاً امکان ارتباط همزمان تنها به تعداد کانالهای رادیویی مجاز خواهد بود. لذا مسیریاب نیاز به تقسیم کانال بصورت زمان بندی شده داشته و این تغییر کانال به طور موجود در کل شبکه منتشر می شود. در آزمایشات بعدی مکانیسم عمل اتوماتا طوری تغییر می دهیم که عملاً به هر گره حتی الامکان به تعداد کارت های رادیویی، کانال تخصیص یابد. این کار از طریق تنظیم LA به عنوان یک بهینه سازی چندهدفه میسر می گردد. که در الگوریتم تخصیص کانال به آن اشاره گردید.

روش مبتنی بر LA و روش Hyacinth بر مبنای تعداد گره‌ها نمایش می‌دهد.



شکل ۹- میزان تابع بهینه F برای دو روش LA و Hyacinth

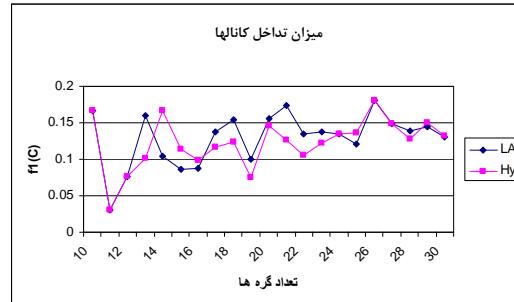
همانطور که در شکل ۹ دیده می‌شود، روش LA را بصورت مؤثرتری کمینه کرده است به عبارت دیگر تخصیص کانال‌های غیر متداخل و میزان تجاوز از تعداد کانال‌های رادیویی در دسترس در LA بهتر از Hyacinth انجام شده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود در صورتی که تعداد گره‌ها کم باشد، دو روش عملکرد نسبتاً یکسانی دارند اما با افزایش تعداد گره‌ها عملاً گراف ارتباط و گراف متداخل و پیچیده‌تر شده و تعداد یال‌ها در گراف متداخل به شدت بالا خواهد رفت. این حالت میزان تداخل در Hyacinth به شدت بالا رفته و همچنین پدیده انتشار موجود تغییر کانال نیز به مراتب افزایش خواهد یافت. اما روش مبتنی بر LA با کاهش توان تعداد تداخلات ارتباطات و تخصیص تعداد کانال‌های کمتر نسبت به روش Hyacinth بهتر عمل کرده و همزمان با کاهش تداخل، پدیده انتشار موجود را نیز تقلیل دهد.

۷- خلاصه و نتیجه‌گیری

مسیریاب‌های مجذب بر چند کanal رادیویی به طور مؤثری کارایی شبکه‌های بی‌سیم تبیه را افزایش داده‌اند اما تخصیص کانال به طور ایستا نمی‌تواند به طور مؤثری کارایی این نوع شبکه‌ها را بالا ببرد. از مهمترین مشکلات در این نوع روش تخصیص کانال وجود تداخل زیاد بین ارتباطات بین گره‌ها و همچنین پدیده انتشار موجود کانال‌ها است در این مقاله روش را بر مبنای اثباتی

بررسی اثر تداخل کانال‌ها

ارتباطات متعدد با کانال‌های یکسان در یک شاعر انتشار باعث بروز تداخل کانال‌ها می‌شود. ارسال همزمان دو اتصال با کانال‌های یکسان باعث شکست ارسال در هر دو ارتباط گردیده و باعث کاهش خروجی شبکه می‌گردد. شکل ۸ اثر تداخل کانال‌ها را برای دو مدل ذکر شده نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نشان داده شده است تداخل کانال‌ها در هر دو مدل میزان نسبتاً یکسانی داشته است. هرچند در برخی موارد مدل Hyacinth کمی بهتر عمل کرده است. عملکرد بهتر این مدل به دلیل استفاده از تمام ظرفیت کانال‌ها بدون توجه به محدودیت تعداد رادیوهای هر گره می‌باشد. اما باز در برخی مواقع بدليل چینش ارتباطات بر اساس میزان ترافیک ارتباطات همچووار کانال‌های یکسانی دریافت کرده اند که باعث بروز تداخل شده است



شکل ۸- میزان تداخل کانال‌های ارتباطی بر مبنای تعداد گره‌های شبکه

عملکرد کلی تخصیص کانال

در این شبیه‌سازی وزن‌های تابع بهینه طوری تنظیم می‌شود که تعداد کانال‌های تخصیص یافته به ارتباطات یک گره حتی‌الامکان از تعداد ارتباطات رادیویی تجاوز نکند و در مرحله بعدی، عدم تداخل کانال‌های ارتباطی مدنظر قرار می‌گیرد. در این آزمایشات شبکه به طور تصادفی با تعدادی گره در یک فضای 12×12 متر تشکیل می‌گردد. شکل ۹ میزان تابع بهینه شده F را برای دو



زیر نویس‌ها

1. Ripple Effect Problem
- 2 . Wireless Mesh Networks
- 3 . Mesh Routers
- 4 . Mesh Clients
- 5 . Internet Gateway
- 6 . Wireless Ad-hoc Network
- 7 . Channel Assignment
- 8 . Carrier-to-Interference Ratio
- 9 . Base Station
10. Frequency Hopping
- 1 .Unfavorable
2. Stationary
3. Non-Stationary
4. fixed state transition probabilities
15. Variable Structure Learning Automata
1. Linear Reward Penalty
2. Linear Reward Epsilon Penalty
3. Linear Reward Inaction
19. Transmission Range
20. Interference Range
21. Conflict Graph
22. Grid

یادگیر ارائه گردید که سعی می‌کند به طور همزمان با تخصیص بهینه کانال، همزمان با کاهش تداخلات، پدیده انتشار موجدار تغییر کانال را نیز به حداقل برساند. روش ارائه شده عملاً وابستگی به توپولوژی نداشته و برای تراویح قابل پیاده سازی و استقرار می‌باشد. شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهد این روش در مقایسه با روش ارائه شده در معماری Hyacinth به طور موثری هم در کاهش تداخل و هم در کاهش انتشار موجدار تغییر کانال بهتر عمل می‌نماید.

مراجع

- [1] E.Hossain, Kin L., “Wireless Mesh Networks, Architecture and protocols”, Springer (2008).
- [2] A.Raniwala, K. Gopalan, and T. Chiueh, “Centralized channel assignment and routing algorithms for multi-channel wireless mesh networks,” ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R), 2004.
- [3] Raniwala and T. Chiueh, “Architecture and algorithms for an IEEE 802.11-based multi-channel wireless mesh network” in Proc. IEEE Infocom, pp. 2223-2234, 2007.
- [4] T. R. Jensen and B. Toft, “Graph Coloring Problems”, Wiley Interscience, New York, 1995.
- [5] Narendra, K., S., M. A. L. Thathachar, “Learning Automata: An Introduction”, Prentice Hall (1989)
- [6] Thathachar M. A. L., Sastry P.S., Varieties of Learning Automata: An Overview, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B: Cybernetics, Vol. 32, No. 6, (2002)
- [7] K. Jain, J. Padhye, V. N. Padmanabhan, and L. Qui, “Impact of interference on multi-hop wireless network performance” in Proc. ACM MobiCom’03, pp. 66-80, 2003.
- [8] N. Bouhmala, O. Granmo, “Solving Graph Coloring Problems Using Learning Automata”, Springer, 2008, pp. 277-288
- [9] Ian F. Akyildiz , Xudong Wang , Weilin Wang, “Wireless mesh networks: a survey”, Computer Networks and ISDN Systems, v.47 n.4, p.445-487, 15 March 2005
- [10]K. N. Ramachandran, E. M. Belding, K. C. Almeroth, M. M. Buddhikot, “Interference-Aware Channel Assignment in Multi-Radio Wireless Mesh Networks”, INFOCOM 2006, pp. 1-12