ارائه یک روش اختصاص کانال ابتکاری در شبکه‌های چند کانالی چند رادیویی مش بی‌سیم

راضیه قادری، مهدی تخت فولادی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه کامپیوتر، قزوین، ایران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، گروه کامپیوتر، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: راضیه قادری

چکیده

شبکه‌های مش بی‌سیم کاربردهای فراوانی همچون دسترسی به اینترنت را دارند. یکی از مهمترین معماری‌های مطرح شده در این نوع شبکه‌ها، شبکه-های چند رادیویی چند کانالی مش بی‌سیم است. از مهمترین مسائل در این نوع معماری، مسئله‌ی تخصیص کانال است. از آنجایی که شبکه‌های مش بی‌سیم به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند مسئله تخصیص کانال نقش حیاتی را در این نوع شبکه‌ها دارد. در این مسئله، تداخل تاثیر معکوسی را بر کارایی شبکه دارد. ارائه‌ی راه حلی جهت مسئله‌ی تخصیص کانال باید با هدف افزایش گذردهی و کاهش تداخل انجام شود. راه‌حل‌های مختلفی برای حل این مسئله ارائه شده است که از آن جمله می‌توان روش‌های ابتکاری را نام برد. در این مقاله سعی شده است با استفاده از این روش‌ها، اختصاص کانال با هدف افزایش گذردهی و کاهش تداخل انجام شود. برای این منظور جهت مدیریت ساده‌تر اختصاص کانال از یک روش خوشه‌بندی استفاده شده است. الگوریتم پیشنهادی، شامل چهار فاز است که در آن ارتباطات بین خوشه‌ها بر اساس روش گروه‌های حداکثری در تئوری گراف و با استفاده از درجه‌ی مرزی بودن هر گره مرزی انجام می‌شود. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند نرخ تحویل بسته‌ها و همچنین میزان گذردهی را افزایش دهد. علاوه بر آن میزان از دست رفتن بسته‌ها و تاخیر انتها به انتها را کاهش دهد. پس به صورت کلی کارایی شبکه مش را بهبود می بخشد.

واژگان کلیدی: شبکه‌های مش بی‌سیم، چند رادیویی چند کانالی، اختصاص کانال، خوشه‌بندی

معرفی

امروزه ارتباطات بی‌سیم به یکی از اجزای جدایی ناپذیر زندگی انسان‌ها تبدیل شده است. افزایش روزافزون تقاضا برای خدمات بی‌سیم، باعث ظهور فناوری‌های جدید در این حوزه شده است. یکی از این فناوری‌های نوید بخش شبکه‌های مش بی‌سیم [1] است که در ارتباطات بی‌سیم مورد توجه می‌باشد. شبکه‌های مش به دلیل فواید فراوان و همین طور نرخ ارسال داده بالا و هزینه پایین و انعطاف‌پذیری، بسیار مورد توجه هستند. یک شبکه مش متشکل از چندین گره [2] است که عبارتند از: مسیریاب‌های مش [3] و کاربران مش [4] است. مسیریاب‌ها دارای حداقل قابلیت حرکت می‌باشند و زیربنای شبکه را تشکیل می-دهند. از کاربردهای این نوع شبکه‌ها در زمینه‌ی دسترسی به اینترنت است. (2005,Akyildiz, Wang and et al)

ظرفیت شبکه‌های مش به دلیل تداخل کاهش می‌یابد و این یکی از مسائل اساسی در این نوع شبکه‌هاست. امروزه شبکه‌های چند کانالی چند رادیویی با گره‌هایی که مجهز به چندین واسط [5] هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این صورت تداخل کاهش یافته و کارایی شبکه بالا می‌رود. در این حالت هر گره می‌تواند به صورت همزمان با گره‌های همسایه خود ارسال و دریافت داشته باشد. بسیاری از روش‌های اختصاص کانال با هدف بهبود کارایی شبکه طراحی شده‌اند. در خیلی از این روش‌ها از خوشه‌بندی استفاده شده‌است تا اینکه میزان پیچیدگی اختصاص کانال کاهش یابد. در این حالت شبکه به خوشه‌هایی تقسیم شده و اختصاص کانال به صورت محلی در هر کدام از خوشه‌ها انجام می‌شود. (2012,Ding, Xue and et al)

[1] Wireless Mesh Network

[2] Nodes

[3] Mesh Routers

[4] Mesh Clients

[5] Interface

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس مقاله۲ ، بسته به مکان جغرافیایی، لینک‌های متداخل می‌توانند به دو دسته تقسیم شوند که عبارتند از لینک‌های متداخل هماهنگ و لینک-های متداخل غیرهماهنگ. در مقایسه با لینک‌های متداخل هماهنگ لینک‌های متداخل غیر هماهنگ منجر به از دست رفتن میزان داده‌ی بالاتری می‌شوند و در نتیجه سبب توزیع ناعادلانه ظرفیت، بین لینک‌ها می‌شوند. بر طبق مقاله ۳ (2009, Naveed and Kanhere) که در آن روش CCAS مطرح شده است سطوح مختلف لینک‌های متداخل بررسی می‌شوند. الگوریتم خوشه‌بندی این روش مشابه شبکه‌های سلولی است. اما اطلاعات مکانی گره‌ای که مورد استفاده-ی فرآیند خوشه‌بندی است مشکل به دست می‌آید. الگوریتم خوشه‌بندی بر اساس سلول‌های ثابت که مورد استفاده‌ی این روش است مناسب توپولوژی تصادفی نیست. گره‌های موجود در خوشه‌های یکسان نمی‌توانند با گره‌هایی که در دو گامی خود هستند ارتباط برقرار کنند.

در مقاله ۲ یک روش خوشه‌بندی مبتنی بر گروه‌بندی[6] با نام CCCA مطرح شد که در آن نیز سطوح مختلف لینک‌های متداخل بررسی می‌شود. هدف این است که تداخل غیر هماهنگ حذف شده و تداخل هماهنگ کاهش یابد. در این روش شبکه بر اساس گراف تداخل و با استفاده از روش گروه‌های حداکثری[7] به خوشه‌های مجزایی تقسیم می‌شود. از آنجایی که گراف تداخل به راحتی می تواند از روابط ارتباطی بین گره‌ها در شبکه به دست آید اطلاعات مکانی بیشتری مورد نیاز نیست. پس انعطاف‌پذیری این روش از CCAS بیشتر است. در این روش هر خوشه نشاندهنده یک حوزه تداخلی است.

در این مقاله از روش خوشه‌بندی مطرح شده در مقاله۲ استفاده شده است. گره‌ها در یک خوشه به جهت اینکه همواره متصل باقی بمانند از یک کانال پیش فرض برای ارتباطات درون خوشه ای استفاده می‌کنند. کانال های متعامد طوری به عنوان کانال پیش فرض خوشه‌های همسایه اختصاص پیدا می‌کنند که تداخل غیر هماهنگ تا حد امکان حذف شود. برخلاف مقاله ۲ جهت کاهش تداخل از دو واسط جهت مرتبط ساختن خوشه‌های مجاور استفاده می‌شود. در این صورت با استفاده از روش ساختن حداکثر گروه‌ها در تئوری گراف و از طریق درجه‌ی مرزی بودن هر گره، برای هر گره‌ی مرزی، حداکثر دو گروه ساخته شده و به گره‌های هر گروه کانالی اختصاص می‌یابد. کانالی که به واسطهای بین خوشه‌ها اختصاص پیدا می‌کند باید متفاوت از کانال پیش فرض خوشه‌های همسایه باشد تا آنکه میزان تداخل کاهش یابد. نهایتاً به واسطهای درون خوشه ای باید کانالی اختصاص داده شود که در دو گامی یک گره حداقل استفاده را دارد. برای ارزیابی این روش از نرم افزار NS2 استفاده شده است . نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این روش کارایی شبکه را بهبود می‌بخشد.

ادامه این مقاله به صورت زیر است : در قسمت ۲ مفاهیم، مدل شبکه و فرمول‌سازی مسئله مطرح شده و در ادامه الگوریتم پیشنهادی در قسمت ۳ بیان می‌شود. نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی نیز در قسمت ۴ مطرح شده و در قسمت ۵ نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد .

مفاهیم و مدلسازی شبکه

در این قسمت ابتدا مفاهیم مورد نیاز در مدلسازی شبکه مطرح شده و در ادامه مدل شبکه و فرموله سازی مساله ارائه می‌گردد.

گراف توپولوژی شبکه

اگر k کانال در یک شبکه به صورت C_1، C_2، C_3، ... ، C_k، موجود باشد و I_i تعداد واسطهای گره‌ی i باشد، در صورتی‌که هرکدام از جفت گره‌ها درون محدوده‌ی انتقالی مشترک، حداقل یک واسط داشته باشند که بر روی کانال مشترکی کار کند، در این صورت یالی بین آن دو گره در توپولوژی شبکه وجود خواهد داشت. (2008,Crichigno,Wu and et al)

لینک های متداخل هماهنگ و لینک های متداخل غیر هماهنگ

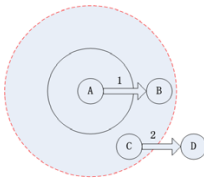
به طور کلی لینک‌های متداخل به دو گروه لینک‌های متداخل هماهنگ و لینک‌های متداخل غیرهماهنگ تقسیم‌بندی می‌شوند. این طبقه‌بندی بر اساس فاصله‌ی جغرافیایی دو لینک متداخل انجام می‌شود. بر اساس این تقسیم‌بندی در صورتی‌که دو لینک (A,B) و (C,D) وجود داشته باشد و فاصله‌ی بین A و C کمتر از محدوده‌ی تداخلی R' باشد، در این صورت این دو لینک در گروه لینک‌های متداخل هماهنگ قرار داده می‌شوند و در غیر این صورت این لینک‌ها در گروه لینک‌های متداخل غیر هماهنگ قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در شکل‌های ۱ و۲ این دو گروه نشان داده شده است.

[6] Cliuqe

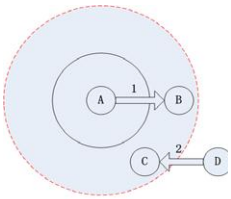
[7] Maximal Cliques

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: یک مثال از لینک‌های متداخل هماهنگ



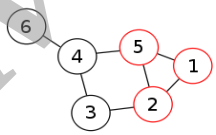
شکل ۲: یک مثال از لینک‌های متداخل غیرهماهنگ

در این شکل‌ها دایره‌ی پررنگ نشاندهنده‌ی محدوده‌ی انتقالی است و دایره‌ی نقطه‌چین نشان‌دهنده محدوده‌ی تداخلی گره‌ی A همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود لینک ۲ یک لینک هماهنگ با لینک ۱ است. در این حالت انتقالات دو جریان A و C در محدوده‌ی انتقالی یکدیگر هستند. هر دو دسته از لینک‌های متداخل کارایی شبکه را کاهش می‌دهند، اما لینک‌های متداخل غیرهماهنگ منجر به از دست دادن نرخ بالاتری از بسته‌ها می‌شوند. بنابراین در تخصیص کانال ابتدا باید اولویت با حذف لینک‌های متداخل غیر هماهنگ باشد و پس از آن باید لینک‌های متداخل هماهنگ تا حد امکان کاهش یابد.

مسئله‌ی گروه‌بندی

در تئوری گراف یک گروه عبارت است از گرافی غیرجهتدار که شامل زیرمجموعه‌ای از رئوس می‌باشد که در آن هر دو راس توسط یالی به یکدیگر متصل شده باشند. به عبارت دقیق‌تر یک گروه در یک گراف غیر جهتی $G(V,E)$ یک زیرمجموعه از رئوس مثل C است به طوریکه تمام اعضای C عضو مجموعه‌ی V باشد و در آن به ازای هر دو راس در C یالی بین آنها در گراف G وجود داشته باشد. بر اساس تعریف ارائه شده نتیجه گرفته می‌شود که یک گروه گرافی کامل است. در گراف کامل بین تمام رئوس گراف حتماً یالی وجود خواهد داشت. (Tomita, Akutsa and et al)

گروه‌ها یکی از مفاهیم اصلی در تئوری گراف هستند و کاربردهای زیادی در مسائلی که توسط گراف‌ها مدل می‌شوند دارند. به طور کلی کاربرد مسئله‌ی گروه‌بندی در علوم کامپیوتر در جاهایی مطرح می‌شود که در آن هدف پیدا کردن زیر گراف‌هایی کامل باشد. یکی از کاربردهای گروه‌بندی استفاده از آن در ساختن خوشه‌ها و اختصاص کانال است. مسئله‌ی گروه‌بندی در حوزه‌ی مسائل سخت قرار داده می‌شود. دو مفهوم اصلی در مسئله‌ی گروه‌بندی، گروه‌های حداکثری و بزرگترین گروه[8] است. یک گروه حداکثری، گروهی است که نمی‌تواند با راس دیگری جز اعضای خودش گسترش یابد. به عبارت دیگر یک گروه حداکثری گروهی کامل است که خود نمی‌تواند زیر مجموعه‌ی یک گراف کامل بزرگتر باشد. اگر تمامی گروه‌های حداکثری در گرافی محاسبه شوند در بین آنها گروهی که حداکثر اعضا را دارد بزرگترین گروه نامیده می‌شود. این دو مفهوم درگراف شکل ۳ نشان داده می‌شود.



شکل ۳: یک مثال از مساله گروه‌بندی

گراف تداخل

گراف تداخل، گراف غیرجهتی $G(V,E)$ است که در آن V مجموعه مسیریاب‌های مش است و E هم مجموعه لینک‌های متداخل است. لینک‌های متداخل بین هر دو گره‌ای که در فاصله تداخلی هم باشند وجود خواهد داشت و این به معنای آن است که گره‌ها می‌توانند انتقال یکدیگر را حس کرده و از برخورد جلوگیری کنند.(2011,Ding and Xiao)

مدل شبکه

فرض بر این است که شبکه‌ی مش از تعدادی مسیریاب تشکیل شده و هر گره حداقل به سه واسط مجهز شده است. تعداد کانالها مطابق با استاندارد ۸۰۲.۱۱a محدود و برابر با ۱۲ کانال است. یکی از گره‌ها به عنوان دروازه در نظر گرفته می‌شود. هر گره توسط دروازه به اینترنت دسترسی پیدا می‌کند. تمامی گره‌ها می‌توانند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به دروازه متصل گردند.

در این روش، توپولوژی شبکه با گراف غیرجهتی $G_T(V_T,E_T)$ نشان داده می‌شود به طوریکه در آن، مجموعه‌ی $V_T=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ مجموعه‌ی رئوس گراف است که نشان دهنده‌ی مسیریاب‌هاست و مجموعه‌ی $E_T=\{e(i,j)|\ v_i \in V_T,\ v_j \in V_T\ \}$، مجموعه‌ی لینک‌های بین گره‌ها را نشان می‌دهد. در این صورت v_i گره‌ی مبدا و v_j گره‌ی مقصد است. در صورتی بین دو گره لینکی موجود خواهد بود که این دو گره در حوزه فرکانسی یکدیگر بوده و از کانال مشترکی استفاده کنند. به واسطه‌ای یک گره ممکن است کانال‌های متفاوتی در صورتی که موجود باشد، اختصاص یابد.

[8] Maximum Clique

Archive of SID
www.SID.ir

در این الگوریتم یکی از واسطها به عنوان واسط پیش فرض تنظیم می‌شود. محدوده‌ی انتقالی و محدوده‌ی تداخلی ثابت هستند و همه‌ی گره‌ها با توان ثابتی عملیات انتقال را انجام می‌دهند. محدوده‌ی تداخلی دو برابر محدوده‌ی انتقالی است. مدل تداخلی مورد استفاده در این روش، مدل پروتکلی است، در این صورت تداخل با گراف $G(V, E)$ مدل می‌شود. به طوریکه در آن مجموعه‌ی $V=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ مجموعه‌ی مسیریاب‌هاست و مجموعه‌ی $E=\{e(i,j) | v_i, V, v_j \in V\}$، مجموعه گره‌هایی را نشان می‌دهد که در فاصله‌ی دو گامی از یکدیگر هستند و با یکدیگر تداخل دارند.

بر اساس گراف توپولوژی تمامی همسایگان یک گامی با هر گره‌ی v_i در مجموعه‌ی OHN_i قرار داده می‌شوند. علاوه بر آن با توجه به گراف تداخل تمامی همسایگان دو گامی با گره‌ی v_i در مجموعه‌ی THN_i قرار می‌گیرند. همچنین برای هر گره‌ی v_i مجموعه‌ی CH_i شامل تمام کانال‌هایی است که به واسطهای آن گره اختصاص داده می‌شود.

الگوریتم پیشنهادی

در این قسمت به اختصار الگوریتم اختصاص کانال پیشنهادی شرح داده می‌شود. الگوریتم پیشنهادی یک روش ایستا، مبتنی بر گراف و متمرکز است که در آن از یک دروازه جهت اتصال به اینترنت استفاده می‌شود. دروازه عملیات تخصیص کانال را نیز بر عهده دارد. روش پیشنهادی از یک روش خوشه‌بندی جهت ساختن گروه‌هایی مجزا استفاده می‌کند. به طور کلی این روش شامل ۴ فاز است که عبارتند از:

- فاز۱: خوشه‌بندی
- فاز۲: اختصاص کانال به واسط پیش‌فرض گره‌های هر خوشه
- فاز۳: اختصاص کانال به گره‌های مرزی، جهت ارتباط برقرار کردن بین خوشه‌ها
- فاز۴: اختصاص کانال به سایر واسطهای درون هر خوشه

در ادامه جزئیات هر یک از این فازها به اختصار شرح داده خواهد شد.

فاز اول: خوشه‌بندی

در زمان راه‌اندازی شبکه، در ابتدا واسطهای پیش‌فرض تمامی گره‌ها به کانال مشترکی گوش می‌دهند تا آنکه ارتباط بین آنها برقرار گردد. در فاز نخست هر گره بسته‌های سلام[9] را برای همسایگان یک گامی خود پخش همگانی می‌کند تا آنکه همسایگان خود را شناسایی کرده و لیستی از آنها را تولید کند و آن لیست را به همراه شناسه‌ی خود به دروازه ارسال کند. دروازه با استفاده از این اطلاعات گراف توپولوژی شبکه یا $G_T=(V_T,E_T)$ را به دست آورده و در ادامه گراف تداخل یا $G=(V,E)$ را با استفاده از گراف توپولوژی تولید می‌کند. همانطور که در قسمت قبل ذکر شد محدوده‌ی تداخلی دو گام در نظر گرفته شده است. گراف تداخل می‌تواند توسط افزودن یال‌هایی بین یک گره و همسایگان دو گامی آن تولید شود. با استفاده از گراف توپولوژی تمام گره‌هایی که در فاصله‌ی دو گامی یکدیگر هستند شناسایی شده و یالی بین آنها در گراف تداخل ایجاد می‌گردد.

پس از طی این مراحل، دروازه الگوریتم خوشه‌بندی را با استفاده از گراف تداخل به صورتی که در ادامه خواهد آمد اجرا می‌کند. اینکه شبکه چگونه به خوشه‌هایی تقسیم شود که حداقل همپوشانی را با هم داشته باشند می‌تواند به عنوان یک مسئله گروه‌بندی مطرح گردد. اینگونه مسائل در طبقه‌ی مسائل سخت هستند. در این فاز سعی شده است با هدف کاهش پیچیدگی مسئله از الگوریتم ابتکاری مطرح شده در مقاله ۲ جهت عملیات خوشه‌بندی استفاده گردد.

الگوریتم خوشه‌بندی شامل دو فاز است که عبارتند از : محاسبه گروه‌ها و تنظیم گروه‌ها. در این الگوریتم جهت تولید هر خوشه از گره‌ی انتخابی v_i دو مرحله طی می‌شود که عبارتند از: تولید یک زیرگراف از گره‌هایی که بر اساس گراف تداخل در فاصله‌ی دو گامی گره‌ی v_i است و به دست آوردن یک حداکثر گروه در زیر گراف. پس از آن گره‌های بررسی نشده در مجاورت گره‌ی v_i بر اساس مجموعه‌ی OHN_i به حداکثر گروه ساخته شده اضافه می‌شوند و آن گروه به عنوان یک خوشه در نظر گرفته می‌شود. هر خوشه شامل شناسه‌ی خوشه و لیست شناسه‌ی گره‌های آن خوشه است . در ادامه فرآیند تنظیم برای سایر گره‌های باقیمانده و همچنین تمام خوشه‌هایی که حداکثر دو عضو دارند، انجام می‌شود. در این صورت جهت متعادل‌سازی بار شبکه گره‌های باقی مانده به نزدیکترین خوشه‌هایی اضافه می‌شوند که حداقل تعداد گره را دارند. علاوه بر آن گره‌های تمام خوشه‌هایی که حداکثر دو عضو را دارند، به خوشه‌های مجاور افزوده می‌شود.

فاز دوم: اختصاص کانال به واسط پیش فرض گره‌های هر خوشه

در فاز دوم لازم است جهت برقراری ارتباط اولیه بین گره‌های درون هر خوشه به واسط پیش فرض گره‌های هر خوشه کانالی اختصاص یابد. کانالی که به گره‌های هر خوشه اختصاص می‌یابد باید متفاوت از کانال‌هایی باشد که به خوشه‌های مجاور هر خوشه اختصاص داده می‌شود. این عمل سبب کاهش تداخل می‌گردد. بر این اساس کانال اختصاص داده شده به گره‌ی v_i به مجموعه کانال‌های آن افزوده خواهد شد.

فاز سوم: اختصاص کانال به گره‌های مرزی جهت ارتباط برقرار کردن بین خوشه‌ها

[9] Hello Packet

Archive of SID
www.SID.ir

در این فاز جهت برقراری ارتباط بین خوشه‌های مجاور لازم است به رادیوهای گره‌های مرزی کانالی اختصاص داده شود. بر این اساس با توجه به گراف توپولوژی تمامی گره‌های مرزی در مجموعه‌ای با عنوان *BOR* قرار داده می‌شوند. از آنجایی که مبنای انتخاب گره‌های مرزی جهت تخصیص کانال بر اساس درجه‌ی مرزی بودن هر گره است، بنابراین لازم است با توجه به گراف توپولوژی درجه‌ی مرزی بودن تمام گره‌های مرزی مشخص شود. درجه‌ی مرزی بودن با توجه به اینکه هر گره با چه تعداد گره در خوشه‌های دیگر همجوار است، مشخص می‌گردد. درجه‌ی مرزی گره‌ی v_i با BO_i نمایش داده می‌شود. حداکثر تعداد واسطهایی که در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرند ۲ تاست. با توجه به این محدودیت، مجموعه‌ای با نام *LIM* در نظر گرفته می‌شود. این مجموعه شامل تمامی گره‌های مرزی است که مورد بررسی قرار نگرفته‌اند و تعداد کانال‌های اختصاص داده شده به آنها ۳ تا خواهد شد. در ادامه تعداد اعضای مجموعه‌ی *LIM* مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که در این مجموعه عضوی وجود داشت یکی از گره‌های موجود در این مجموعه انتخاب می‌شود اما اگر این مجموعه فاقد عضو باشد از بین اعضای مجموعه‌ی *BOR* گره‌ای که بزرگترین درجه‌ی مرزی بودن را داراست، انتخاب می‌گردد. بر اساس توضیحات فوق الگوریتم اختصاص کانال به گره‌های مرزی و همچنین الگوریتم بررسی محدودیت گره‌های مرزی بررسی نشده، مطابق شکل۴و ۵ خواهد بود.

given topologh graph $G_T=(V_T,E_T)$

for $\forall v_i \in BOR$

according to the graph topology calculate BO_i

end for

While $LIM \neq \emptyset$ **do**

Select v_i from *LIM*

AssingChannels_Inter (v_i)

end while

search for v_i with maximum BO_i from *BOR*

AssingChannels_Inter (v_i)

PROCEDURE Update_Lim (v_z)

if $|CH_z|=3$ **then**

$LIM = LIM \cup v_z$

end if

شکل ۵: الگوریتم بررسی محدودیت گره‌های مرزی

در ادامه رویه‌ی AssingChannels_Inter اجرا خواهد شد. بر این اساس به ازای هر گره‌ی انتخابی v_i زیر گراف G'_i با استفاده از تمامی همسایگان تک گامی همجوار در خوشه‌های دیگر تولید خواهد شد. در زیرگراف به دست آمده در صورتی‌که هر یک از گره‌های همجوار با گره‌ی انتخابی v_i، در مجموعه‌ی گره‌های مرزی بررسی نشده موجود باشند و حداکثر با گره‌ی انتخابی v_i یک کانال مشترک داشته باشند، الگوریتم حداکثر گروه برای آنها اجرا خواهد شد. نهایتاً تمام گروه‌های حداکثری گره‌ی v_i به صورت $MCL_{i,k}$ از زیرگراف استخراج خواهند شد. در این حالت اگر تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده یا K_i بیش از ۲ تا بود، ابتدا ۲ تا از گروه‌هایی که حداکثر تعداد اعضا را دارا هستند با نام‌های A وB انتخاب می‌شوند. هر یک از اعضای سایر گروه‌ها به گروهی اضافه می‌شوند که با تعداد کمتری از گره‌های آن گروه در فاصله‌ی دو گامی باشد. اگر تعداد گروه‌ها ۲ تا بود یکی A و دیگری B نامگذاری می‌شود و اگر تنها یک

Archive of SID

www.SID.ir

گروه وجود داشت آن گروه A نامیده خواهد شد. در پایان اجرای الگوریتم، BO_i برای گره‌ی v_i صفر شده و گره‌ی v_i از مجموعه‌ی BOR و در صورت وجود از مجموعه‌ی LIM نیز حذف خواهد شد. الگوریتم رویه‌ی AssingChannels_Inter در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است.

PROCEDURE AssingChannels_Inter (v_i)

get the subgraph G'_i of OHN_i

for $\forall v_j \in G'_i$

if (($|CH_i \cap CH_j| \leq 1$) && $v_j \in BOR$)

calculate all of the maximal cliques $MCL_{i,k}$ in G'_i

end if

end for

if $K_i > 2$ **then**

search for A and B

for z=1 to k

if (($MCL_{i,z} \neq A$) && ($MCL_{i,z} \neq B$)) **then**

for $\forall v_j \in MCL_{i,z}$

add v_j in A or B with minimum THN_j

remove v_j from $MCL_{i,z}$

end for

end if

end for

if $K_i = 2$ **then**

select A and B

else if $K_i = 1$ **then**

select for A

end if

Archive of SID

www.SID.ir

```
if K_i=2 then
    select A and B
else if K_i=1 then
    select for A
end if
if |CH_i| =3
    if K_i=1 then
        AssingChannels_Inter1 (A)
    else
        AssingChannels_Inter1 (A)
        AssingChannels_Inter1 (B)
    end if
if |CH_i| =2 then
    if K_i=1 then
        AssingChannels_Inter2 (A)
    else
        AssingChannels_Inter3 (A,B)
    end if
else
    if K_i=1 then
        AssingChannels_Inter2 (A)
    else
        AssingChannels_Inter2 (A)
        AssingChannels_Inter2 (B)
    end if
```

شکل۷: الگوریتم رویه‌ی AssingChannels_Inter(ادامه)

Archive of SID

www.SID.ir

در ادامه مجموعه کانال‌های گره‌ی انتخابی v_i مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در صورتی‌که تعداد اعضای مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i سه تا بود و تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده یکی بود، رویه‌ی AssingChannels_Inter1 برای گروه حداکثری A اجرا خواهد شد. در این صورت مجموعه کانال-های تک تک گره‌های دو گامی گره‌های گروه حداکثری A، با استفاده از رویه‌ی UseChannel به مجموعه‌ی U_A افزوده می‌شود. در این شرایط از بین کانال-های مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i، کانالی با عنوان CHA_a که حداقل تکرار را در U_A دارد انتخاب شده و مطابق با رویه‌ی AssingChannels به مجموعه کانال‌های گروه حداکثری A افزوده می‌شود. با توجه به این توضیحات الگوریتم رویه‌های AssingChannels_Inter1 و UseChannel و AssingChannels به ترتیب در اشکال ۸ و ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.

PROCEDURE AssingChannels_Inter1 (Z)

$U_Z = \emptyset$

UseChannel(Z,U_Z)

search for CHA_a with minimum number from U_Z

AssingChannels(Z, CHA_a)

شکل ۸: الگوریتم رویه‌ی AssingChannels_Inter1

PROCEDURE UseChannel(X,U_X)

for $\forall v_j \in X$

for $\forall v_k \in THN_j$

$U_X = U_X \cup CH_k$

end for

end for

شکل ۹: الگوریتم رویه‌ی UseChannel

PROCEDURE AssingChannels(W,CHA_z)

for $\forall v_i \in W$

$CH_i = CH_i \cup CHA_z$

Update_Lim (v_i)

end for

شکل ۱۰: الگوریتم رویه‌ی AssingChannels

Archive of SID

www.SID.ir

اما اگر تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده بیش از یکی بود، رویه‌ی AssingChannels_Inter1 برای هر دو گروه حداکثری A و B اجرا خواهد شد. بر این اساس مجموعه کانال‌های تمام گره‌های دو گامی گره‌های گروه‌های حداکثری A و B، به ترتیب به مجموعه‌ی U_A و U_B افزوده شده و از بین کانال‌های مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i، کانالی که حداقل تکرار را در U_A و U_B دارد انتخاب شده و به ترتیب به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری A و B افزوده می‌شود.

در صورتیکه تعداد اعضای مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i دو تا بود و تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده یکی بود، رویه‌ی AssingChannels_Inter2 اجرا خواهد شد. بر این اساس ابتدا مجموعه کانال‌های تک تک گره‌های دو گامی گره‌های گروه حداکثری A، به مجموعه‌ی U_A افزوده می‌شود. در ادامه جهت بررسی اینکه مجموعه کانال‌های آزاد یا AV جهت استفاده موجود می‌باشد یا خیر، رویه‌ی SelectChannels اجرا خواهد شد. بر این اساس مجموعه‌ی U_A از مجموعه کانال‌های شبکه یا CH کاسته می‌شود. در صورتی‌که کانال آزادی موجود نبود، کانالی که حداقل تکرار را در U_A دارد انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری A افزوده می‌شود. اما اگر کانال آزادی وجود داشت یکی از کانال‌های مجموعه‌ی AV انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری A اضافه می‌شود. با توجه به این توضیحات الگوریتم رویه‌های AssingChannels_Inter2 و SelectChannels و به ترتیب در اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است.

```
PROCEDURE AssingChannels_Inter2 (M)
    U_M = Ø
    UseChannel(A,U_M)
    SelectChannels(U_M)
    AssingChannels(M, CHA_m)
```

شکل ۱۱: الگوریتم رویه‌ی AssingChannels_Inter2

```
PROCEDURE AssingChannels_Inter2 (M)
    U_M = Ø
    UseChannel(A,U_M)
    SelectChannels(U_M)
    AssingChannels(M, CHA_m)
```

شکل ۱۲: الگوریتم رویه‌ی SelectChannels

```
PROCEDURE SelectChannels(U)
    AV = CH - U
    if AV ≠ Ø then
        select CHA_Z from AV
    else
        search for CHA_Z with minimum number from U
```

Archive of SID

www.SID.ir

حال اگر تعداد اعضای مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i دو تا بود و تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده بیش از یکی بود، رویه‌ی AssingChannels_Inter3 اجرا خواهد شد. بر این اساس ابتدا مجموعه کانال‌های تک تک گره‌های دو گامی گره‌های گروه‌های حداکثری A و B، به ترتیب به مجموعه‌ی U_A و U_B اضافه شده و پس از آن بررسی می‌شود که از مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i کدامیک در کل مجموعه‌های U_A و U_B کمتر تکرار شده است. اگر کانال مورد نظر در مجموعه‌ی U_A قرار داشت، این کانال به تمام گره‌های گروه حداکثری A افزوده می‌شود و پس از آن مجموعه‌ی U_B از مجموعه کانال‌های شبکه یا CH کاسته می‌شود. در صورتی‌که کانال آزادی موجود نبود، کانالی که حداقل تکرار را در U_B دارد انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری B افزوده می‌شود. اما اگر کانال آزادی موجود بود یکی از کانال‌های مجموعه‌ی AV انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری B افزوده می گردد. اگر کانال مورد نظر در مجموعه‌ی U_B قرار داشت، این کانال به تمام گره‌های گروه حداکثری B اضافه شده و پس از آن مجموعه‌ی U_A از مجموعه کانال‌های شبکه یا CH کاسته می‌شود. در صورتی‌که کانال آزادی موجود نبود، کانالی که حداقل تکرار را در U_A دارد انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری A اضافه می‌شود. اما اگر کانال آزادی وجود داشت یکی از کانال‌های مجموعه‌ی AV انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های گره‌های گروه حداکثری A افزوده می‌گردد. با توجه به توضیحات ارائه شده الگوریتم رویه‌های AssingChannels_Inter3 در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

PROCEDURE AssingChannels_Inter3 (A,B)

$U_A = \emptyset$

UseChannel(A,U_A)

$U_B = \emptyset$

UseChannel(B,U_B)

search for CHA_a with minimum number from U_A

search for CHA_b with minimum number from U_B

if $|CHA_a| \geq |CHA_b|$ **then**

AssingChannels(B, CHA_b)

SelectChannels(U_A)

AssingChannels(A, CHA_a)

else

AssingChannels(A, CHA_a)

SelectChannels(U_B)

AssingChannels(A, CHA_b)

end if

شکل۱۳: الگوریتم رویه‌ی AssingChannels_Inter3

Archive of SID

www.SID.ir

اما اگر تعداد اعضای مجموعه کانال‌های گره‌ی v_i کمتر از دو تا بود و تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده یکی بود، رویه‌ی AssingChannels_Inter2 به ازای گروه حداکثری A اجرا خواهد شد. اگر تعداد گروه‌های حداکثری ساخته شده بیش از یکی بود، همین روند برای هر دو گروه حداکثری A و B تکرار خواهد شد.

فاز چهارم: اختصاص کانال به سایر واسط‌های درون هر خوشه

در فاز چهارم جهت اختصاص کانال به سایر واسط‌های گره‌ها درون هر خوشه کانالی که حداقل استفاده را در فاصله‌ی دو گامی هر دو گره ای که در فاصله‌ی انتقالی هم هستند، دارد انتخاب شده و به مجموعه کانال‌های هر دو گره افزوده می شود. در این صورت تداخل هماهنگ کاهش می‌یابد.

بعد از انجام این ۴ فاز، کانال هر واسط ثابت می‌شود. پس از آن دروازه اطلاعات خوشه را به هر سرخوشه تحویل می‌دهد. این اطلاعات عبارتند از : شناسه‌ی خوشه، شناسه‌ی سرخوشه، لیست شناسه‌ی گره‌های هر خوشه و کانال‌های اختصاص داده شده به هر گره . پس از دریافت اطلاعات، سرخوشه‌ها آنها را برای گره‌های خوشه خود پخش همگانی می‌کنند. گره‌ها پس از دریافت اطلاعات، کانال‌های خود را تنظیم می‌کنند. در این شرایط اختصاص کانال خاتمه می‌یابد.

نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی

جهت عملیات شبیه‌سازی، شبکه از تعدادی مسیریاب تشکیل شده‌است که همان گره‌های شبکه هستند. مسأله تخصیص کانال بر روی همین مسیریاب‌ها تعریف می‌شود. این گره‌ها دارای چندین واسط شبکه هستند. در شبیه‌سازی‌های انجام شده، تعداد واسط‌ها برای تمامی گره‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. گره‌ها حداقل ۳ واسط دارند. استاندارد مورد استفاده ۸۰۲.۱۱a است که از ۱۲ کانال متعامد تشکیل شده است. این کانال‌ها می‌توانند توسط واسط‌های گره‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند، به گونه‌ای که چندین ارتباط می‌تواند به صورت همزمان برقرار شود. تعداد گره‌های موجود در شبیه‌سازی ۳۶ تاست و یکی از این گره‌ها به عنوان دروازه در نظر گرفته می‌شود. این گره‌ها در یک محیط ۱۰۰۰*۱۲۰۰ متر مربع به صورت تصادفی توزیع می‌شوند. پروتکل مورد استفاده جهت مسیریابی AOMDV است. شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم افزار شبیه ساز NS-2.34 انجام شده است. به طور کلی این نسخه از شبیه‌ساز، شبکه‌های چند کانالی چند رادیویی را پشتیبانی نمی‌کند. جهت پشتیبانی از این نوع شبکه‌ها می‌توان تغییراتی را در این نسخه اعمال کرد. مدت زمان هر بار شبیه‌سازی ۱۰۰۰ ثانیه است. جهت ارزیابی بهتر، عملیات شبیه‌سازی چندین بار تکرار شده و نهایتاً از کل نتایج، میانگین گرفته شده است.

جهت سنجش بهتر، روش BFS-CA که در مقاله ۷ (Si, Selvakennedy and et al) مطرح گردید و همین طور الگوریتم CSAS که در مقاله ۳ بیان شد نیز شبیه‌سازی می‌شوند. پارامترهای مورد بررسی جهت ارزیابی عبارتند از: تاخیر[10]، نرخ از دست رفتن بسته‌ها[11]، نرخ تحویل بسته‌ها (PDR)[12] و گذردهی.

یکی از خصوصیات مهم جهت ارزیابی شبکه‌ها میزان تاخیر است. تاخیر عبارت است از مدت زمانی که طول می کشد تا یک بسته از مبدا به مقصد برسد. در این قسمت هدف ارزیابی میانگین تاخیر برای کل بسته‌هاست. بر اساس نمودار شکل ۱۴ میانگین تاخیر در روش پیشنهادی کاهش می‌یابد.

معیار مهم دیگر جهت بررسی ارزیابی شبکه‌ها، میزان از دست رفتن بسته‌هاست. میزان از دست رفتن بسته‌ها عبارت است از نسبت کل بسته‌های از دست رفته به کل بسته‌های مبادله شده در زمان شبیه‌سازی. اگر هدف بررسی درصد از دست رفتن بسته‌ها باشد این نسبت در ۱۰۰ ضرب خواهد شد. بر اساس نمودار شکل ۱۵ میزان از دست رفتن بسته‌ها در روش پیشنهادی کاهش می‌یابد.

میزان نرخ تحویل بسته‌ها معیار مهم دیگری جهت ارزیابی شبکه‌هاست. نرخ تحویل بسته‌ها عبارت است از نسبت کل بسته‌های دریافت شده به کل بسته‌های مبادله شده در زمان شبیه‌سازی. اگر هدف بررسی درصد نرخ تحویل بسته‌ها باشد این نسبت در ۱۰۰ ضرب خواهد شد. بر اساس نمودار شکل ۱۶ نرخ تحویل بسته‌ها در روش پیشنهادی افزایش می‌یابد.

معیار مهم دیگر جهت ارزیابی شبکه‌ها میزان گذردهی است. گذردهی عبارت است از نسبت کل بیت‌های دریافت شده در زمان شبیه‌سازی. از آنجایی که در این شبیه‌سازی اندازه هر بسته ۱۰۰۰ بایت در نظر گرفته شده است، بنابراین جهت محاسبه‌ی تعداد کل بایت‌های ارسالی اندازه‌ی هر بسته را بر ۱۰۰۰ تقسیم کرده و نتایج را با هم جمع می‌کنند. اگر هدف محاسبه‌ی گذردهی بر اساس کیلو بیت بر ثانیه باشد کل بایت‌های دریافتی را بر زمان شبیه‌سازی تقسیم کرده، حاصل را در عدد ۸ ضرب کرده تا تعداد بایت‌ها به بیت تبدیل شوند. نهایتاً حاصل را بر عدد ۱۰۰۰ تقسیم کرده تا نتیجه بر حسب کیلو بیت محاسبه گردد. بر اساس نمودار شکل ۱۷ میزان گذردهی در روش پیشنهادی افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری

[10] Delay

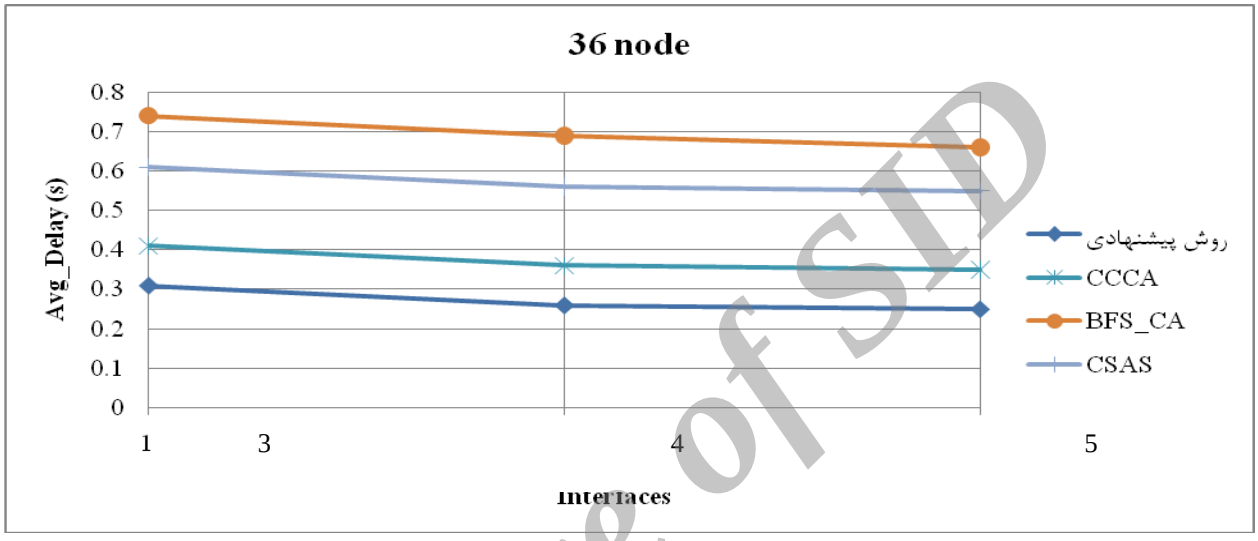
[11] Packet Loss

[12] Packet Delivery Ratio

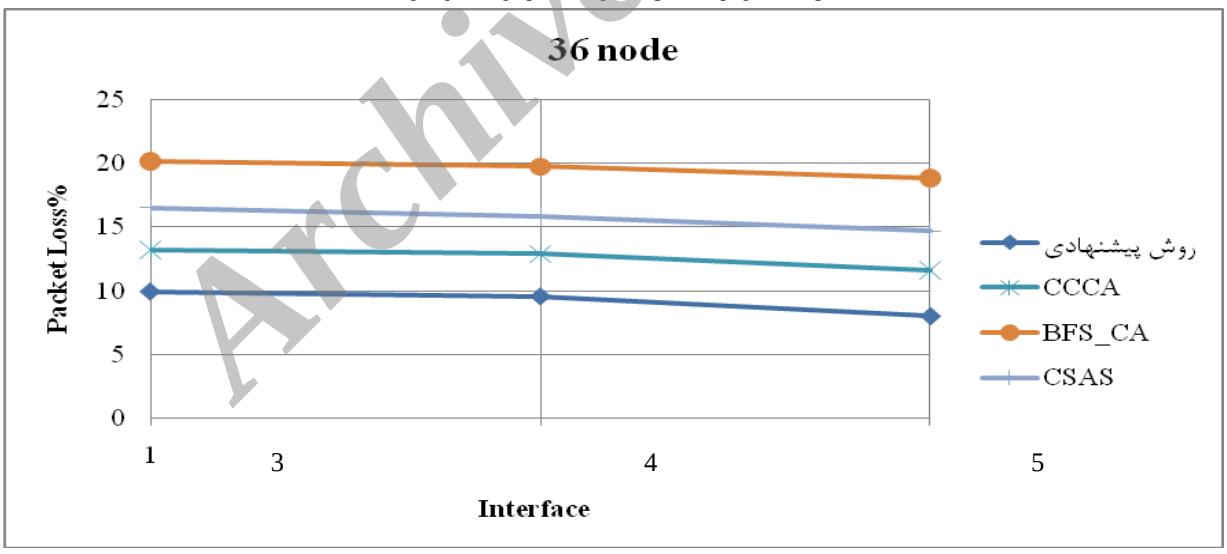
Archive of SID

www.SID.ir

همانطور که در این مقاله ملاحظه شد در روش پیشنهادی سعی شد با استفاده از روش‌های ابتکاری مسئله‌ی تخصیص کانال به صورت متمرکز و با استفاده از دروازه به گونه‌ای مدیریت شود که میزان تداخل کاهش یافته و گذردهی افزایش یابد. در این روش در ابتدا خوشه‌ها بر اساس روش حداکثر گروه و با استفاده از گراف تداخل ساخته می‌شوند. در فاز بعدی با توجه به اینکه خوشه‌های مجاور نباید از کانال یکسانی استفاده کنند، به واسطه‌های پیش فرض گره-های هر خوشه کانالی تخصیص داده شد. در ادامه جهت ارتباط بین خوشه‌های مجاور، با استفاده از روش ساختن حداکثر گروه‌ها در تئوری گراف و از طریق درجه‌ی مرزی بودن هر گره، برای هر گره‌ی مرزی حداکثر دو گروه ساخته شده و به گره‌های هر گروه کانالی اختصاص داده شد. در نهایت به سایر واسطه‌های درون هر خوشه کانالی که حداقل استفاده را در فاصله‌ی دو گامی گره‌ها داشت اختصاص یافت. با توجه به نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی، روش پیشنهادی میزان تاخیر و نرخ از دست رفتن بسته‌ها را کاهش داده و نرخ تحویل بسته‌ها و میزان گذردهی را افزایش می‌دهد و به صورت کلی سبب افزایش میزان کارایی شبکه و کاهش تداخل می گردد.



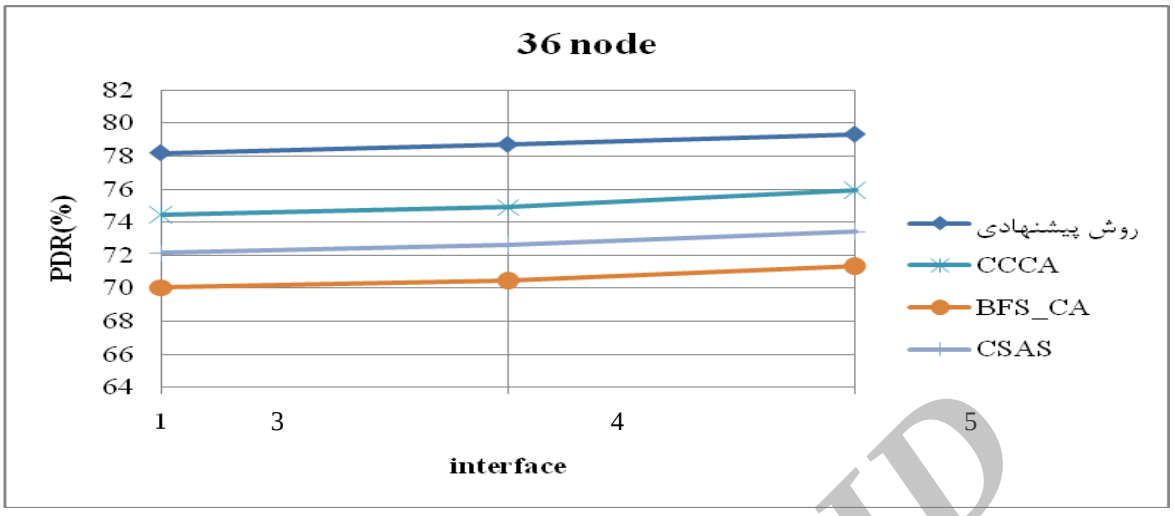
شکل۱۴: نمودار میانگین تاخیر با ۳۶ گره و ۳، ۴ و ۵ واسط



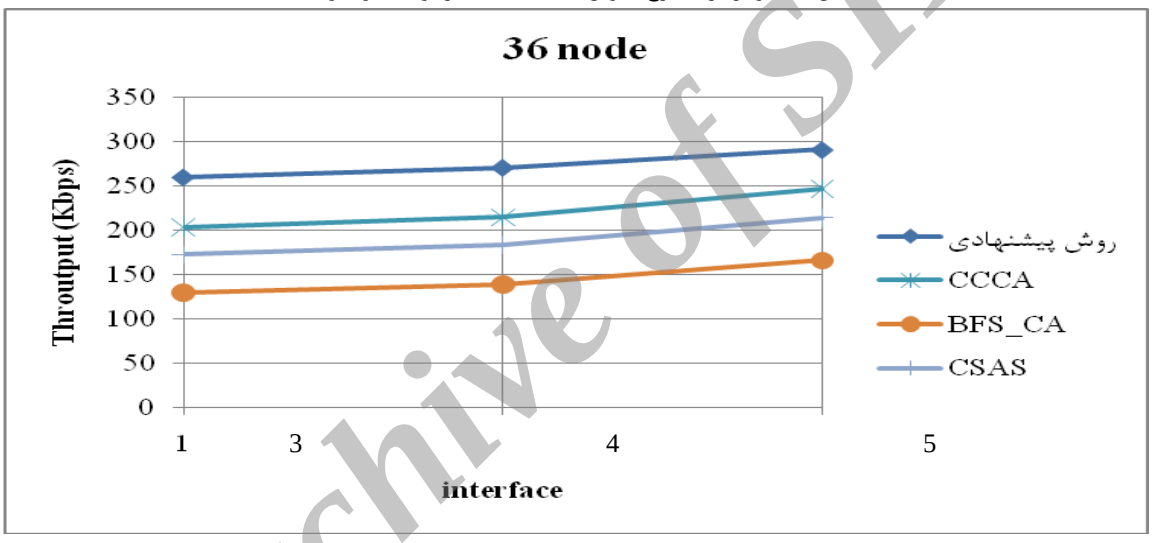
شکل۱۵: نمودار درصد از دست رفتن بسته ها با ۳۶ گره و ۳، ۴ و ۵ واسط

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱۶: نمودار درصد نرخ تحویل بسته ها با ۳۶ گره و ۳، ۴ و ۵ واسط



شکل۱۷: نمودار گذردهی با ۳۶ گره و ۳، ۴ و ۵ واسط

منابع

[1] I. F. Akyildiz, X. Wang and W. Wang(2005)."Wireless mesh networks: a survey", *Jornal of Computer Networks*, vol. 47, pp. 445-487.

[2] R. Ding, K. Xue, P. Hong and Z. Du(2012). "A novel cluster-based channel assignment scheme for wireless mesh networks". *in Proceedings of 9th Annual Conference of the IEEE Consumer Communications and Networking (CCNC'12)*, pp. 921-925.

[3] A. Naveed and S.S Kanhere(2009). "Cluster-based channel assignment in multi-radio multi-channel wireless mesh networks". *in Proceedings of 34th Conference of the IEEE Local Computer Networks (LCN'09)*, pp. 53-60.

[4] J. Crichigno, M. Y. Wu and W. Shu(2008). "Protocols and architectures for channel assignment in wireless mesh networks". *Ad Hoc Networks*, vol. 6, pp. 1051-1077.

[5] E. Tomita, T. Akutsa and T. Matsunaga, "Maximal cliques: effective tools for bioinformatic", In: A. Laskovski, *Biomedical Engineering, Trends in Electronics, Communications and Software*, Intech, pp. 625-640.

Archive of SID
www.SID.ir

[6] Y. Ding, L. Xiao(2011). "Channel allocation in multi-channel wireless mesh networks". *Computer Communications*, vol. 34, pp. 803-815.

[7] W. Si, S. Selvakennedy and A. Y. Zomaya(2010). "An overview of channel assignment methods for multi-radio multi-channel wireless mesh networks". *Parallel Distribution Computing*, vol. 70, pp. 505-524.

Archive of SID

www.SID.ir