

یک نسخه تطبیقی جدید از پروتکل مسیر یابی AODV بر مبنای اتوماتای یادگیر با بهره گیری از مفهوم شبکه‌های ادراکی

علی محمد صغیری^۱، محمد رضا میبیدی^۲

^۱دانشگاه صنعتی امیر کبیر، saghiri@aut.ac.ir

^۲دانشگاه صنعتی امیر کبیر، mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده

امروزه شبکه‌های کامپیوتری رشد فراگیری را تجربه میکنند و مسئله طراحی این سیستم‌ها با مسائلی همچون اتصال بیسیم، محیط ناهمگن و مقیاس پذیری در حال تعامل است. مفهوم شبکه‌های ادراکی یکی از مفاهیم جدیدی است که با استفاده از ایجاد نوعی خاص از هوشمندی مبتنی بر چرخه‌های ادراکی در تصمیمات شبکه، میتواند صفاتی مانند خود تطبیقی را در شبکه ایجاد کند. مکانیزم‌های هوشمند متفاوتی برای بهبود پروتکل AODV ارائه گشته اند. هدف ما در این مقاله سازماندهی یک سیکل ادراکی در بهبود پروتکل AODV است، که از طریق نوعی تاخیر دهی هوشمند به بسته‌های کشف مسیر حاصل میگردد. در این مقاله ابتدا الگوریتم مسیریابی AODV بررسی میشود سپس یک سیکل ادراکی مبتنی بر شبکه‌ای از اتوماتای ارائه میگردد و یک پروتکل تغییر یافته با نام LAODV ارائه میگردد که در فاز کشف مسیر از نوعی تاخیر دهی هوشمند پیروی میکند. در نهایت الگوریتم ارائه شده را از نظر کاهش نرخ شکست لینک ها در شرایط مختلف بررسی نمودیم که نتایج کارایی الگوریتم ارائه شده را نشان میدهد.

واژه‌های کلیدی

شبکه‌های کامپیوتری، شبکه‌های ادراکی، الگوریتم مسیریابی، اتوماتای یادگیر

۱- مقدمه

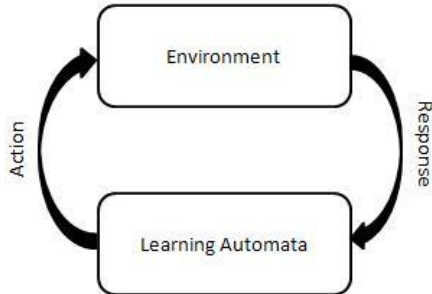
شبکه است. استفاده از رویکرد شبکه‌های ادراکی در شبکه‌های کامپیوتری محثی تحت عنوان شبکه‌های تطبیق پذیر نرم افزاری را ایجاد میکند[۴]. [۵]. در شبکه ادراکی گره‌های بیشتری درگیر فرآیند یادگیری و بهینه سازی هستند. نکته جالب توجه در نوع از سیستم‌ها، ظرفیت بالا برای استفاده از الگوریتم‌های یادگیری توزیع شده است که میتواند در تنظیم پارامترهای پروتکل‌های موجود نقش جدیدی را ایفا کند. روش‌های بهینه سازی در تکنولوژی شبکه‌های ادراکی با روش‌هایی مانند بهبود لایه‌ای متقاطع که عموماً در کنار یکدیگر در تکنولوژی‌های بهینه سازی شبکه مطرح میشوند، متفاوت است[۴]. میتوان یک چرخه ادراکی را مبتنی بر اتوماتای یادگیر طراحی کرد[۱۵]-[۱۶]. در این مقاله نیز روشی جدید برای ایجاد یک فرآیند ادراکی در بهبود الگوریتم مسیریابی AODV [۶] ارائه میشود که قادر است نرخ شکست لینک‌ها را به واسطه نوعی تاخیر دهی هوشمند به بسته‌های کشف مسیر کاهش دهد. در این مقاله ابتدا یک الگوریتم پارامتری جدید برای تغییر الگوریتم مسیر یابی AODV ارائه

در ابتدا توسعه شبکه‌های رادیویی ادراکی^۱ باعث به وجود آمدن تکنولوژی شبکه‌های ادراکی شد [۱]، [۲]. تمرکز شبکه‌های رادیویی ادراکی بر مدیریت در لایه‌های پایین شبکه‌های بیسیم بود [۳]. استفاده از نگرش شبکه‌های ادراکی در طراحی یک شبکه کامپیوتری میتواند بخشی از پیچیدگی‌ها در طراحی روال‌های مدیریتی سیستم را کاهش دهد. یک فرآیند ادراکی توانایی یادگیری از تجربیات گذشته برای بهبود تصمیم سازی در آینده سیستم را فراهم می‌سازد. استفاده از فرآیند ادراکی در شبکه‌های رادیویی ادراکی باعث بهبود در شاخص‌های کارایی شبکه‌های رادیو ادراکی گردید و همین امر باعث شد که از این رویکرد در ارائه راه حل برای مسائل دیگر در شبکه‌های کامپیوتری به کار گرفته شود [۳]. تمرکز شبکه‌های ادراکی بر طراحی روال‌های مدیریتی با بهره‌گیری از متغیرهایی از تمام لایه‌های

^۱ Cognitive Radio Network

۳- اتوماتای یادگیر

اتوماتای یادگیر یک واحد تصمیم گیر تطبیقی پذیر است که میتواند یک عمل بهینه را از طریق تعامل با محیط و به عبارتی جستجوی فضای حالت بیابد. هر اتوماتای یادگیر با یک مجموعه از حالات درونی، عمل های ورودی، توزیع احتمال حالات و تابع تقویت مشخص میشود.



شکل ۱ اتوماتای یادگیر

یک اتوماتای یادگیر با اقدام های محدود توسط چهار تایی $\langle A, Q, R, L \rangle$ و محیط توسط $\langle A, R, D \rangle$ تعیین میگردد که A توسط مجموعه $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ تعریف میگردد، که نشاندهنده r عمل از نوع α است که از سوی دیگر میتوانند خروجی های ما برای محیط باشند. R محدوده جواب اتوماتا برای محیط است و شامل $\beta(k)$ هایی است که از یک سو پاسخ های محیط و از سوی دیگر ورودی های اتوما تا در قبال عمل $\alpha(k)$ در مرحله k ام هستند. نماد D نیز مجموعه احتمال پاداش هاست که به شکل $D = \{d_1, d_2, \dots, d_r\}$ تعریف میشود که d_i در مرحله k ام به شکل $d_i(k) = E[\beta(k) | \alpha(k) = \alpha_i]$ تعریف میشود. بردار احتمالی که اتوماتا هر بار مبتنی بر آن در مرحله k ام عملی را انتخاب میکند را $P(k)$ مینامیم.

$$P(K) = [p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, \dots, p_r^{(k)}] \quad (1)$$

و در نهایت L الگوریتم یادگیری و یا همان تابع تقویت است که توسط اتوماتا برای به روز رسانی حالت درونی به شکل زیر مورد استفاده قرار میگیرد.

$$Q(k+1) = L(Q(K), \alpha(k), \beta(k)) \quad (2)$$

اتوماتا در هر مرحله یک عمل را مبتنی بر بردار احتمال انتخاب میکند سپس مبتنی بر بازخورد محیطی و تابع تقویت متغیرهای داخلی خود را اصلاح میکند. اتوماتا تازمانی این رویه را دنبال میکند که عمل بهینه را پیدا کند. یک نمونه از الگوریتم های یادگیری در اتوماتای یادگیر الگوریتم یادگیری خطی است. فرض کنید عمل α_i در مرحله n ام انتخاب شود. در صورتی که پاداش دریافت شود فرمول ۳ برای به روز رسانی بردار احتمال استفاده می گردد، در غیر این صورت فرمول ۴ استفاده می شود.

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \\ p_j(n+1) &= (1-a)p_j(n) \end{aligned} \quad (3)$$

میشود. برای تنظیم پارامتر الگوریتم ارائه شده به شکل توزیع شده از یک شبکه از اتوماتاهای یادگیر [۷] استفاده شده است. در بخش دوم، کارهای مرتبط بررسی می گردند. در بخش سوم، اتوماتای یادگیر مورد بررسی قرار می گیرد. در بخش چهارم، جایگاه مسئله مشخص می شود. در بخش پنجم، یک پروتکل جدید پیشنهاد می شود و در بخش ششم مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۲- کارهای مرتبط

بهبود پروتکل AODV از جنبه های متفاوتی با روش های مختلف یادگیری تقویتی تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است [۸] [۹]. میتوان به بهینه سازی بین لایه ای با استفاده از روش یادگیری تقویتی Q اشاره داشت که در [۹] تحت عنوان یک رویکرد ادراکی در مدیریت شبکه بدان اشاره شده است، ولی با توجه به [۴]، [۱۰] رویکردهای ادراکی منحصر به بهینه سازی لایه نخواهند بود. هوشمند سازی این پروتکل از چند جنبه قابل بررسی است، زیرا پروتکل از انتشار سیل آسای پیام جستجوی مسیر نام میبرد که میتواند به شکل سابقه گرا و انتخابی منتشر شود. در این بخش ذکر این نکته ضروری است که رویکرد های مبتنی بر ایجاد سیکل های ادراکی با رویکرد های هوشمند سازی جاری که عموماً بر روی پروتکل AODV اعمال شده است، کمی متفاوت است. از رویکردهای جدید در ایجاد سیکل های ادراکی در روند کشف مسیر AODV میتوان به حوزه شبکه رادیویی ادراکی در [۱۱] اشاره نمود که AODV به شکلی برای افزایش استفاده از ظرفیت طیف های آزاد تغییر یافته است. حوزه شبکه های ادراکی طیف وسیعی از الگوریتم های تطبیق پذیر در شبکه های کامپیوتری را پوشش میدهند که هدف آنها ایجاد سیکل های یادگیری است، ولی هر نوع فرآیند هوشمند سازی را نمیتوان یک رویکرد ادراکی در نظر گرفت [۳]. استفاده از اتوماتای یادگیر برای ایجاد سیکل ادراکی نیز مدتی است مورد توجه قرار گرفته است که میتوان از [۱۵]–[۱۲] اشاره داشت که مبتنی بر اتوماتای یادگیر [۱۶] و شبکه اتوماتاهای یادگیر [۷] فرآیندهای ادراکی طراحی شده اند. اتوماتای یادگیر در محیط های ناشناخته و غیر قطعی عملکرد مناسبی دارد که آنرا تبدیل به ابزار مناسبی برای شبکه های ادراکی نموده است. این دیدگاه میتواند در طراحی های جدید برای الگوریتم های مسیر یابی مانند AODV مورد استفاده قرار گیرد.

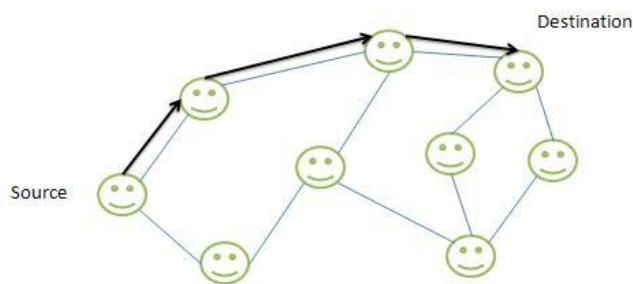
از رویکرد های مشابه دیگر در استفاده از اتوماتای یادگیر به عنوان تخمین گر پایداری گره، میتوان به [۱۷] اشاره داشت. البته مکانیزم ارائه شده برای بهبود پروتکل مبتنی بر AODV، از فاز دوم کشف مسیر برای انتخاب مسیر بهینه استفاده میکند و مسیر جایگزین ایجاد مینماید که در این مقاله با روش ارائه شده نیز مقایسه گشته است. رویکردی که ارائه میکنیم از جنبه الگوریتمی با کارهایی که تا کنون ارائه شده متفاوت است، لذا دیدن سیکل ادراکی مبتنی بر اتوماتای یادگیر تنها نوآوری ارائه شده در این مقاله نیست. در واقع رویکرد مبتنی بر تاخیر دهی هوشمند به بسته های کشف مسیر در پروتکل AODV بخش عمده کار ارائه شده است، که برای تعیین پارامتر تاخیر از یک مکانیزم ادراکی استفاده شده است.

۵- پروتکل پیشنهادی

مسئله ای که برای پروتکل AODV ایجاد میشود این است که به واسطه خرابی لینک ها دائما کشف مسیر انجام میشود و در پروتکل پایه این عمل بدون در نظر گرفتن سوابق گره ها انجام میشود که باعث میشود دوباره لینک های بی کیفیت انتخاب شوند و در نهایت نرخ عملیات کشف مسیر در شبکه بالا باشد.

۵-۱- انگیزش

در پروتکل [۶] AODV فرض میشود اولین RREQ که دریافت شده از مسیر کوتاه تری گذشته باشد، لذا با دیدن اولین RREQ مقصد RREP را بر می گرداند. در این الگوریتم ممکن است مسیر مبتنی بر گره های گذرا ساخته شده باشد و مسیرهای با پایداری بیشتری از محدوده جواب خارج شوند. سیکل ادراکی مورد نظر ما در بررسی سوابق در انتشار مجدد و احتمالاتی بسته های RREQ است. انتشار مجدد این پیام در روش های ابتدایی به شکل بلافاصل و بدون لحاظ نمودن سابقه مسیر و به شکل سیل آسا انجام میشود که در الگوریتم ارائه شده در این مقاله تغییر میکند. در صورتی که پیام RREQ همسایه ای که دارای سابقه مناسبی نیست را دیرتر منتشر کنیم، امید قرار گرفتن همسایه ناپایدار در مسیر RREP کمتر خواهد شد. در این روش پیام جستجو RREQ به شکل احتمالی هر بار میتواند با تاخیر یا بدون تاخیر انتشار یابد ولی اگر از سوی همسایگان با اعتبار منتشر شده باشد قطعاً با احتمال کمتری با تاخیر انتشار میابد. به عنوان مثال در شکل ۲ یک گراف انتشار نشان داده شده است. در صورتی که مسیر علامت زده شده توسط پروتکل AODV مسیر مناسب تعیین شود هر گره به همسایه ای که از او RREQ دریافت کرده اعتبار بیشتری میدهد و در تعاملات بعدی این گره ها در همسایگی در اولویت انتشار هستند.



شکل ۲ گراف انتشار

۵-۲- ساختمان داده

در پروتکل AODV جداولی برای نگهداری مقاصد وجود دارد که مبتنی بر درخواست ها حجم این جداول افزایش میابد. در پروتکلی که در این مقاله ارائه شده است در جداول فیلد های جدیدی اضافه میشوند. در این پروتکل به ازای هر مقصد یک اتوماتای یادگیر با دو عمل تعریف میکنیم. در جدول مسیر یابی یک بردار دو بخشی احتمال $\langle P_1, P_2 \rangle$ تعریف شده که معادل عمل های α_1 و α_2 است که تنظیمات اتوماتای یادگیر را

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1-b)p_i(n) \\ p_j(n+1) &= (b/r-1) + (1-b)p_j(n) \end{aligned} \quad (4)$$

در روابط ۳ و ۴، a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه می باشند. اگر $a=b$ باشد، الگوریتم یادگیر را LRP می نامند و زمانی که $b=0$ باشد الگوریتم یادگیر را LRI می نامند [۷]، [۱۶].

۴- بررسی مسئله

در شبکه های موردی هر یک از گره های شبکه وظیفه مسیریابی را نیز به عهده دارند. در این گونه از شبکه ها معمولاً انتقال بصورت چندگامه انجام می شود. اگر گره گیرنده در محدوده رادیویی گره فرستنده قرار نداشته باشد، گره های میانی که مابین فرستنده و گیرنده قرار دارند باید بسته ی داده ای مورد نظر را از فرستنده تا گیرنده انتقال دهند. قبل از تشخیص این مسئله که کدام گره ها باید این کار را انجام دهند ابتدا در شبکه باید مسیریابی انجام شود که برای اینکار نیاز به ارسال بسته های کشف مسیر است [۱۸]. پروتکل های مسیریابی برای یافتن و نگهداری مسیرها بین گره های مبدا و مقصد استفاده می شوند. یک دسته از پروتکل های مسیریابی در شبکه های Ad hoc پروتکل های مبتنی بر درخواست هستند. در پروتکل های مبتنی بر درخواست، وقتی گره ای به مسیری برای رسیدن به گره دیگر نیاز دارد، یک فرآیند مسیریابی را ایجاد می کند تا مسیر را پیدا کند [۱۸]. AODV یک پروتکل مبتنی بر درخواست است و به عبارت دیگر گره هایی که بر روی مسیر فعال قرار ندارند اطلاعات مسیر را نگهداری نمیکنند و در تبادل اطلاعات دوره ای جداول شرکت نمیکنند. یک گره یک مسیر را هنگامی کشف می کند تا زمانی که به ارتباط با او نیاز پیدا کند و یا یک ایستگاه میانی برای ارتباط دیگران باشد [۶]. این پروتکل از دو فاز کشف مسیر و نگهداری مسیر تشکیل میشود. در این پروتکل دو نوع پیام با نام های $RREQ^r$ و $RREP^r$ تعریف شده است. هر مدخل جدول مسیریابی شامل آدرس مقصد، شماره گره بعدی، شماره مقصد و همسایگان فعال میباشد. در الگوریتم کشف مسیر اگر گره مبدا در جدول مسیرهای خود دارای مسیری به مقصد نباشد، یک پیام درخواست مسیر RREQ را به شکل سیل آسا (بدون تاخیر و یا اولویت بندی) منتشر می کند. وقتی یک گره میانی یک پیام RREQ را دریافت می کند، بررسی می کند که آیا آن پیام از قبل در جدول وجود دارد؟ اگر گره میانی قبلاً پیام RREQ را دریافت کرده باشد، پیام را حذف می کند، در غیر این صورت یک مسیر برگشت ایجاد می کند. گره های میانی پیام RREQ را به سمت گره های بعدی هدایت میکنند. وقتی مقصد اولین پیام RREQ را دریافت کند، یک پیام پاسخ از مسیر برگشت را بر می گرداند و اطلاعات گره میانی تثبیت می شوند و گره هایی که در مسیرهای برگشت هستند و RREP نمیگیرند بعد از مدت زمانی که عموماً دستی و مبتنی بر تخمین طراح است مسیر برگشت را پاک میکنند.

^۲ Route Request

^۳ Route Reply

نگهداری می‌کند. همچنین یک شمارنده با نام TS تخصیص می‌دهیم که اعتبار هر همسایه را در خود نگه می‌دارد. در این روش در هر گره به ازای هر مقصدی که می‌شناسد یک اتوماتای یادگیر و یک شمارنده ایجاد میکند و بدیهی است که بردار احتمال اتوماتا در ابتدا با ۰.۵ مقدار دهی میشوند. زمانبند TS دارای یک شمارنده است که دارای یک مقدار کمینه صفر است که این مقدار بایستی توسط یک مکانیزم مبتنی بر حالت همسایه مورد نظر تنظیم شود. همچنین یکی از تغییراتی که در بسته های RREQ انجام میشود، اضافه نمودن یک فیلد برای نگهداری احتمال مسیر است.

این پروتکل حجم اطلاعات جدول مسیر یابی را نسبت به AODV افزایش میدهد و مانند AODV این سربار با افزایش حجم درخواست مسیر در شبکه افزایش میابد. در واقع به هر رکورد در جدول مسیر یابی باید سه فیلد اضافه شود و لازم نیست برای تمام مقاصد اطلاعات را ذخیره کنیم. در این پروتکل اطلاعات جدیدی که ذخیره میشوند نیاز به روال هایی پر هزینه برای مدیریت ندارند. در واقع حذف و اضافه شدن یک رکورد باعث میشود اطلاعات مدیریتی مربوط به آن نیز حذف یا اضافه شود.

۵-۳- پروتکل LAODV

در این پروتکل همانند AODV، فاز کشف مسیر با انتشار بسته RREQ توسط گره مبدا آغاز میشود. در هر مرحله که نیاز به ارسال پیام پرسجو باشد، اتوماتای درون هر گره تصمیم گیری میکند. در صورتی که اقدام α_1 انتخاب شود ارسال بدون تاخیر انجام میشود متناسب با آن شمارنده را کاهش می‌یابد و در صورتی که اقدام α_2 را انتخاب کند متناسب با آن شمارنده را افزایش میدهد و بعد از آن زمان اقدام به ارسال با تاخیر می‌کند.

لازم به ذکر است که در صورتی که مقصد ناشناخته باشد یک اتوماتا با مقادیر احتمال اولیه ۰.۵ ایجاد شده است. اتوماتا تصمیم میگیرد که پیام با تاخیر منتشر شود یا بدون تاخیر. مقدار شمارنده TS به شکل محلی برای محاسبه تاخیر به این شکل مورد استفاده قرار میگیرد، که برای تاخیر مقدار $TS * (1/hopcount)$ در واحد زمانی ضرب میشود و زمان تاخیر محاسبه میشود.

اگر به شکل گراف به مسئله نگاه شود هدف ما یافتن مسیرهای است که ضرب احتمال ارسال مجدد بدون تاخیر آن مسیر مقدار بیشتری داشته باشد که این مقدار به نوعی نشان دهنده اعتبار مسیر خواهند بود.

در نهایت به هنگام انتشار پیام مقدار احتمال انتشار بدون تاخیر نیز از بردار احتمال اتوماتا برداشته میشود و در مقدار احتمال مسیر طی شده در RREQ ضرب میشود. مراحل ایجاد مسیر برگشت نیز مانند AODV خواهد بود. به هنگام یافته شدن مقصد در مسیر برگشت RREP به دلیل موفق بودن یک روند مسیریابی گره مقصد RREP را در مسیر برگشت بر میگرداند و گره‌های میانی در صورتی که در ساخت مسیر تلاش مثبت(کاهش شمارشگر) داشته باشند به اندازه ۱ در هر گره تشویق میشوند(استفاده از فرمول ۳) و در غیر این صورت تنبیه(استفاده از فرمول ۴) میشود. در این روش یک پیام جدید با نام Corrector تعریف میکنیم

که مقصد به محض دریافت مسیر بهتر به واسطه دریافت RREQ های متاخر و محاسبه احتمال آنها در مقصد در صورتی که مسیر های قبلی مسیر های مناسبی نبوده باشند برای آنها پاسخ تنبیه و برای مسیر جدید پاسخ تشویق میفرستد. بنابراین برای هر همسایه بردار احتمال ابتدایی تا مدتی به شکل موقت نگهداری میشود، که باعث میشود بتوانیم تا هر زمان که برای مسیر تشویق یا تنبیه صادر میشود بردار احتمال را به درستی به روز کنیم. در مسیرهای بدون برگشت در انتهای timeout به دلیل شکست الگوریتم مسیر یابی گره‌های میانی به حالت قبل باز میگردند ولی در صورتی که پیام corrector که توسط مقصد برای آنها ارسال شده باشد را دریافت کنند احتمالات خود را به روز میکنند. در واقع در این روش در صورتی که مسیر بهتری یافته شده باشد باعث نمیشود که ارتباطی که ایجاد شده تغییر کند بلکه باعث میشود که احتمالات برای کشف مسیر در آینده تصحیح شود. در این پروتکل گره‌هایی که پایداری بیشتری دارند شانس بیشتری به حضور در مسیر نهایی خواهند داشت.

۶- ارزیابی

برای ارزیابی پروتکل ارائه شده از J-sim [۱۹] برای شبیه سازی استفاده شده است. در این مقاله هدف ما اندازه گیری پارامتر متوسط لینک های شکسته شده و سربار ایجاد شده در سه روش AODV [۶]، LAODV و RAODVA [۱۷] میباشد.

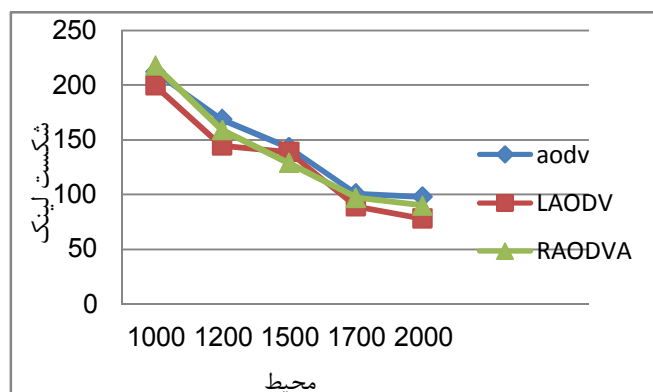
۶-۱- شرایط شبیه سازی

در شبیه سازی مبدا ها و مقصد ها به شکل تصادفی انتخاب میشوند و از بین آنها ۱۰ مبدا و ۱۰ مقصد بررسی میشوند. در این شبیه سازی تعدادی گره (۳۰ تا ۲۰۰) گره ها محیط توزیع شدند و تعدادی تصادفی از گره ها ایستا و باقی گره ها با یک مدل تصادفی متحرک شدند. نرخ حرکت گره ها از صفر تا ۱۰ متر بر ثانیه متغیر تعیین شده است و زمان های سکون ۲۰ ثانیه فرض شده است. بسته‌های داده ۵۱۲ بایت تعیین شدند و نرخ ارسال با ۵ بسته در ثانیه تنظیم شده است. نمودارهای شبیه سازی هر یک از میانگین ۱۰ اجرا بدست آمده است. در شبیه سازی انجام شده محیط شبیه سازی از سه محیط ۱۰۰۰*۱۰۰۰ متر مربع، ۲۰۰۰*۲۰۰۰ متر مربع تا ۳۰۰۰*۳۰۰۰ متر مربع انتخاب شده است و محدوده ارسال هر گره ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

۶-۲- سناریوی اول

در این آزمایش متوسط شکست لینک‌ها با سرعت‌های مختلف برای گره‌ها اندازه گیری شده است. هدف بررسی ارتباط سرعت گره ها با عملکرد پروتکل بود. در این سناریو تعداد گره‌ها ۲۰۰ و سرعت گره‌ها به شکل تصادفی در محدوده صفر تا ۵ متر بر ثانیه خواهد بود و اندازه محیط ۱۰۰۰ متر مربع تنظیم شده است.

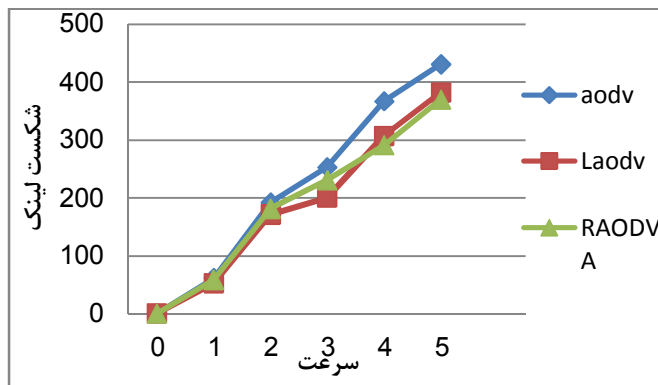
در این آزمایش متوسط نرخ شکست لینک ها با ابعاد متفاوت برای محیط مورد آزمایش قرار گرفته است. هدف این آزمایش بررسی ارتباط اندازه محیط با تعداد گره های ثابت بر عملکرد پروتکل به منظور بررسی میانگین شکست لینک است. در این سناریو تعداد گره ها برابر ۱۰۰ در نظر گرفته شده است و اندازه محیط از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر مربع متغیر است و سرعت حرکت ۲ گره ها در نظر گرفته شده است. با افزایش اندازه محیط و حرکت گره ها احتمال شکست لینک ها افزایش میابد ولی نتیجه این آزمایش نشان دهنده عملکرد مناسب پروتکل در مقایسه با پروتکل های AODV و RAODVA می باشد که دلیل آن تاکید بر یادگیری همسایه های با ثبات تر است.



شکل ۵ ارتباط اندازه محیط با شکست لینک

۵-۶ سناریوی چهارم

در این آزمایش سربار پروتکل پروتکل از دیدگاه تعداد پیام تولید شده مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به عملکرد مناسب پروتکل ارائه شده در تراکم و سرعت نسبتا پایین گره ها، هدف ما بررسی سرباری است که پروتکل در شرایط مناسبی که برای اجرا نیاز دارد به شبکه تحمیل میکند. با توجه به اینکه عملکردی تقریبا مناسب برای پروتکل ارائه شده در شرایط حضور ۱۵۰ گره در مساحت ۳۰۰۰ متر مربع با سرعت ۵ بدست آمده است در این آزمایش هدف این است که سربار پروتکل را در شرایط مناسب بررسی کنیم. برای این منظور سرعت گره ها را تا حداکثر ۵ تنظیم می نماییم و در یک مساحت ۳۰۰۰ متر مربعی تعداد گره ها را از ۱۰۰ تا ۳۰۰ افزایش می دهیم و سربار را اندازه می گیریم. نتایج نشان دهنده این مطلب است که پروتکل ارائه شده سربار کمتری نسبت به روش RAODVA در محیط مناسب ایجاد میکند ولی با افزایش گره ها گرچه در آزمایش های قبل عملکرد مناسبی در جهت یافتن مسیر های پایدار تر داشت ولی سربار بیشتری ایجاد میکند که دلیل آن افزایش پیام های تصحیح احتمال مسیر است.

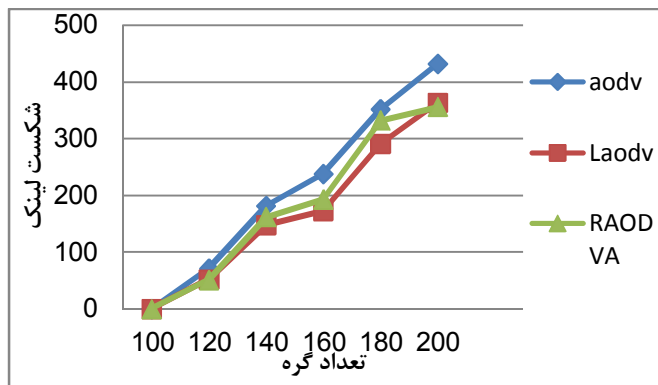


شکل ۳ ارتباط سرعت گره ها با متوسط شکست لینک ها

این آزمایش نشان دهنده این مطلب است که پروتکل هایی که مبتنی بر اتوماتای یادگیری طراحی شده اند، در تعداد لینک های شکسته شده نسبت به پروتکل AODV عملکرد بهتری ارائه کرده اند. علت این امر در بهبود در فرآیندهای تصمیم گیری در پروتکل های ارائه شده بود که مبتنی بر تغییرات محیط بهبود می یافتند. در پروتکل ارائه شده در این مقاله (LAODV) نیز با توجه به تاکید بر حفظ همسایگی ها میتوان در نمودار نیز دید که در سرعت های پایین عملکرد بهتری ارائه میکند.

۳-۶ سناریوی دوم

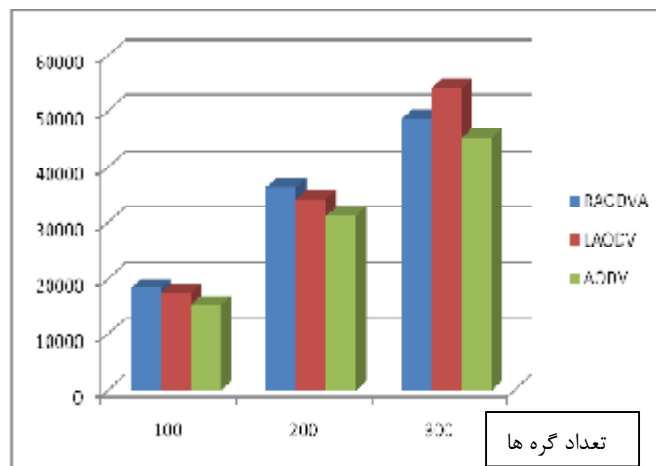
در این آزمایش متوسط شکست با تعداد متفاوت برای گره ها محاسبه شده است. هدف بررسی اثر تعداد گره ها بر میانگین تعداد شکست لینک ها در پروتکل ارائه شده بود. در این سناریو تعداد گره ها در محیط از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متغیر است و سرعت گره ها نیز از صفر تا ۵ متغیر خواهد بود و اندازه محیط ۳۰۰۰ متر مربع تنظیم شده است. این آزمایش نشان میدهد که پروتکل ارائه شده در زمانی که تعداد گره ها کمتر باشد عملکرد بهتری از خود نشان داده است. هنگامی که گره ها به تعداد ۲۰۰ میرسد تقریبا عملکرد هر دو پروتکل که مبتنی بر اتوماتای یادگیر هستند بر هم منطبق میشود که دلیل آن افزایش چگالی گره هاست که نتیجه آن کاهش احتمال شکستن مسیر هاست. ولی هنگامی که چگالی گره ها کم باشد روش LAODV که مبتنی بر اعتبار دهی به مسیرهای پایدار تر است عملکرد بهتری از خود نشان میدهد.



شکل ۴ ارتباط تعداد گره ها با شکست لینک

۴-۶ سناریوی سوم

- [۵] R. Thomas, "Cognitive Networks," PhD dissertation, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, ۲۰۰۷.
- [۶] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," in *Mobile Computing Systems and Applications*, ۱۹۹۹. *Proceedings. WMCSA'99. Second IEEE Workshop on*, ۲۰۰۲, pp. ۹۰-۱۰۰.
- [۷] P. S. Sastry, *Networks of learning automata: Techniques for online stochastic optimization*. Kluwer Academic Publishers, ۲۰۰۴.
- [۸] D. Marconett, M. Lee, X. Ye, R. Vemuri, and S. J. B. Yoo, "Self-adapting protocol tuning for multi-hop wireless networks using Q-learning," *International Journal of Network Management*, vol. ۲۱, no. ۲, pp. ۱۲-۲۴, ۲۰۱۲.
- [۹] M. Lee, D. Marconett, X. Ye, and S. J. Yoo, "Cognitive network management with reinforcement learning for wireless mesh networks," in *Proceedings of the ۷th IEEE international conference on IP operations and management*, San Jos, USA, ۲۰۰۷, pp. ۱۶۸-۱۷۹.
- [۱۰] D. H. Friend, "Cognitive Networks: Foundations to Applications," PhD dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, ۲۰۰۹.
- [۱۱] A. S. Cacciapuoti, C. Calcagno, M. Caleffi, and L. Paura, "CAODV: Routing in mobile ad-hoc cognitive radio networks," in *Wireless Days*, venice, ۲۰۱۰, pp. ۱-۵.
- [۱۲] Y. Song, C. Zhang, and Y. Fang, "Stochastic traffic engineering in multihop cognitive wireless mesh networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. ۹, no. ۳, pp. ۳۰۵-۳۱۶, ۲۰۱۰.
- [۱۳] Y. Song, Y. Fang, and Y. Zhang, "Stochastic channel selection in cognitive radio networks," in *IEEE Global Telecommunications Conference*, Washington, D.C., ۲۰۰۷, pp. ۴۸۷۸-۴۸۸۲.
- [۱۴] L. Liu, G. Hu, M. Xu, and Y. Peng, "Learning automata based spectrum allocation in cognitive networks," in *International Conference on Wireless Communications, Networking and Information Security*, Beijing, China, ۲۰۱۰, pp. ۵۰۳-۵۰۸.
- [۱۵] J. Akbari Torkestani and M. R. Meybodi, "A learning automata-based cognitive radio for clustered wireless ad-hoc networks," *Journal of Network and Systems Management*, vol. ۱۹, pp. ۱-۲۰, ۲۰۱۰.
- [۱۶] K. S. Narendra and M. A. L. Thathachar, *Learning automata: an introduction*. Prentice-Hall, Inc., ۱۹۸۹.
- [۱۷] M. Mehdi Zarei, Karim Faez, Javad Moosavi Nya and Morteza Abbaszadeh Meinagh, "Route Stability estimation in Mobile Ad Hoc Networks using Learning Automata," in *16th Telecommunications forum*, belgrade, Serbia, ۲۰۰۸.
- [۱۸] V. K. Garg, *Wireless communications and networking*. Morgan Kaufmann Pub, ۲۰۰۷.
- [۱۹] A. Sobeih, W. P. Chen, J. C. Hou, L. C. Kung, N. Li, H. Lim, H. Y. Tyan, and H. Zhang, "J-sim: A simulation environment for wireless sensor networks," in *Proceedings of the ۳rd annual Symposium on Simulation*, San Diego, CA, USA, ۲۰۰۵, pp. ۱۷۵-۱۸۷.



شکل ۶ ارتباط تعداد گره ها بر سربار پروتکل

۷- جمع بندی

روش‌های متعددی برای بهبود پروتکل AODV پیشنهاد شده است که در این مقاله به یک نوع جدید از آن اشاره نمودیم. در پروتکل ارائه شده با استفاده از نوعی تاخیر دهی به باز انتشار پیام RREQ امید قرار گرفتن آن گره‌هایی که دارای سوابق ضعیف تر هستند را در مسیر نهایی کاهش داده ایم و مسیرهای پایدار تری را ایجاد کردیم. نتایج حاصل از شبیه سازی نیز نشان می‌دهد که مکانیزم ارائه شده در حالتی که شبکه ثبات بیشتری داشته باشد بهتر عمل میکند. در یک شبکه ادراکی خودآگاهی از طریق حسگر هایی که در بخش هایی مناسب از سیستم قرار داده شده اند فراهم میشود و این خود آگاهی باعث میشود که شبکه میزان عملکرد خود را درک کند که مکانیزم اعتبار دهی احتمالاتی با استفاده از اتوماتای یادگیر میتواند این خود آگاهی را ایجاد کرد. در این مقاله مکانیزمی برای مسیریابی AODV به شکل احتمالاتی ارائه شد که مبتنی بر تصمیم گیری بر مبنای سوابق یک گره در فرآیند مسیریابی بود. این تصمیم گیری میتواند با افزایش طول عمر شبکه و افزایش تجربیات و بهبود احتمالات در انتخاب ها بهبود یابد.

مراجع

- [۱] J. Mitola, "Cognitive radio: an integrated agent architecture for software defined radio," PhD dissertation, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, ۲۰۰۰.
- [۲] J. Mitola III and G. Q. Maguire Jr, "Cognitive radio: making software radios more personal," *Personal Communications, IEEE*, vol. ۶, no. ۴, pp. ۱۳-۱۸, ۱۹۹۹.
- [۳] Q. H. Mahmoud, *Cognitive networks*. Wiley Online Library, ۲۰۰۷.
- [۴] R. W. Thomas, D. H. Friend, L. A. DaSilva, and A. B. MacKenzie, "Cognitive networks: adaptation and learning to achieve end-to-end performance objectives," *Communications Magazine, IEEE*, vol. ۴۴, no. ۱۲, pp. ۵۱-۵۷, ۲۰۰۷.