



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology

مرداد ۱۳۹۸ - July 2019

مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس برای برنامه‌های بلادرنگ در شبکه‌های سیار موردی با استفاده از کلونی مورچگان و منطق فازی

فرحناز کرمی^۱، محمدرضا میبدی^{۲*}

fkarami77@gmail.com

mmeybodi@aut.ac.ir

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

^۲ دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

چکیده

مسیریابی در شبکه‌های سیار موردی به علت تحرک گره‌ها، عدم وجود کنترل مرکزی، لینک‌های ناپایدار و محدودیت منابع به یک چالش مهم تبدیل شده است. کلونی مورچگان تکنیکی جذاب جهت مسیریابی در این نوع شبکه‌ها محسوب می‌شود اما مسیر بهینه را تنها با استفاده از یک یا دو پارامتر انتخاب مسیر بدون در نظر گرفتن وابستگی بین پارامترها انتخاب می‌کند. بنابراین به‌تنهایی برای مسیریابی برنامه‌های کاربردی بلادرنگ مناسب نمی‌باشد. منطق فازی چندین پارامتر را که دربرگیرنده اطلاعات مبهم یا داده‌های غیردقیق در طبیعت هستند ترکیب می‌کند اما خاصیت مسیریابی چندمسیری جهت توازن بار را به‌صورت ذاتی ندارد. در این مقاله هدف، طراحی الگوریتم مسیریابی با استفاده از منطق فازی و کلونی مورچگان برای رفع تعدادی از مشکلات مسیریابی در شبکه‌های سیار موردی از جمله بهینه‌سازی مصرف انرژی گره‌ها جهت افزایش طول عمر شبکه، کاهش نرخ شکست لینک‌ها برای افزایش قابلیت اطمینان در تحویل بسته‌ها و برقراری توازن بار به‌منظور استفاده بهینه از پهنای باند موجود می‌باشد. در این الگوریتم، اطلاعات مسیر توسط مورچه‌ها به سیستم استنتاج فازی داده شده، سپس براساس اطلاعات مسیریابی موجود و در نظر گرفتن پارامترهای مورد نیاز کیفیت سرویس، هزینه فازی هر مسیر محاسبه و بهترین مسیرها انتخاب می‌شوند. برای شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی از ابزار شبیه‌سازی NS2 استفاده شده و نتایج حاصل، با جدیدترین الگوریتم‌های مبتنی بر کیفیت سرویس در شبکه‌های سیار موردی براساس معیارهای نسبت تحویل بسته و میانگین تأخیر انتهابه‌انتهای مقایسه و ارزیابی می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی بهبود قابل توجهی را در عملکرد این شبکه‌ها از نظر افزایش نسبت تحویل بسته و کاهش تأخیر انتهابه‌انتهای نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های سیار موردی، مسیریابی، کیفیت سرویس، کلونی مورچگان، منطق فازی

The 7th National Conference

25/07/2019-(Mazandaran)

Kome elmavaran danesh

R.S. Institute

Article Code: CEC-44052

(Indexing of accepted Articles in Civilica)



۱. مقدمه

خصوصیات شبکه‌های سیار موردی مانند سادگی، تطابق‌پذیری، پیکربندی خودکار و پیاده‌سازی سریع به‌علت عدم نیاز به زیرساخت ثابت موجب توسعه این نوع شبکه‌ها و استفاده روزافزون برنامه‌های کاربردی توسط کاربران آن‌ها شده و پشتیبانی از کیفیت سرویس برای این برنامه‌ها را افزایش داده است [۱۱]. شبکه‌های سیار موردی به‌طور فزاینده‌ای از الگوریتم‌های بلادرنگ^۱ برای مدیریت شرایط بحرانی استفاده می‌کنند [۸]. انتقال صوت و ویدئو از طریق شبکه‌های سیار موردی مشکلاتی که حاصل ویژگی‌های خاص این شبکه‌ها مانند توپولوژی پویا، ظرفیت متغیر لینک‌ها، تحرک گره‌ها، محدودیت‌های انرژی و پهنای باند و همچنین فقدان زیرساخت متمرکز است را نشان می‌دهد. بنابراین، فراهم کردن کیفیت سرویس از طریق این شبکه‌ها یک هدف چالش‌انگیز می‌باشد. ارائه کیفیت سرویس در لایه‌های مختلف مطرح می‌شود که در میان آن‌ها لایه شبکه نقش حیاتی دارد. این مقاله یک الگوریتم مبتنی بر کیفیت سرویس پیشنهاد می‌کند که ترکیبی از کلونی مورچگان و منطق فازی می‌باشد که پارامترهای کیفیت سرویس در لایه شبکه را تأمین کرده و تعدادی از مشکلات مسیریابی در شبکه‌های سیار موردی شامل شکست لینک‌ها در نتیجه تغییرات مکرر توپولوژی [۳]، بار ترافیکی سنگین مسیر به‌علت عدم توازن بار، محدودیت انرژی به‌دلیل وجود نداشتن زیرساخت و ازدحام به‌علت ارسال سیل‌آسای بسته‌های درخواست مسیر یا RREQ^۲ را مرتفع کرده و کیفیت سرویس برنامه‌های بلادرنگ را تأمین می‌کند. ساختار مقاله به‌این‌صورت است. در بخش دوم کارهای پیشین آمده و در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی ارائه شده است. بخش چهارم شامل شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی و بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای کارهای آینده می‌باشد.

۲. کارهای پیشین

در مراجع [۴،۵] الگوریتم‌هایی برای انتخاب مسیری با بالاترین غلظت فرومون به‌عنوان مسیر بهینه پیشنهاد شده که در آن‌ها پارامترهای قدرت سیگنال، ظرفیت باتری و میزان اشغال بافر برای محاسبه هزینه فازی در نظر گرفته شده است. در این الگوریتم‌ها میانگین تأخیر انتهابه‌انتهای، سربار مسیریابی و ازدحام کاهش و نسبت تحویل بسته افزایش یافته است. همچنین در مرجع [۱۲] الگوریتمی مشابه جهت مدیریت شکست لینک‌ها ارائه شده که الگوریتم مسیریابی مبتنی بر تقاضا بوده و از منطق فازی برای یافتن ضریب پایداری لینک در انتخاب مسیرهای پایدار استفاده می‌کند و باعث می‌شود نسبت تحویل بسته افزایش و تأخیر به مقدار زیاد کاهش یابد. مرجع [۹] شامل الگوریتمی برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر با توان مصرفی کم می‌باشد. در این الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر با استفاده از ماتریس وزن فازی حاصل می‌شود. ورودی‌های فازی شامل پارامترهای تعداد گام (مسافت)، تأخیر، ظرفیت و توان مصرفی بوده و خروجی آن ماتریس وزن می‌باشد. در این الگوریتم نسبت تحویل بسته افزایش و مقدار تأخیر کاهش می‌یابد. در مرجع [۲] الگوریتمی پیشنهاد شده که کل شبکه را به خوشه‌هایی مجزا تقسیم می‌کند. تعیین گره سرخوشه با استفاده از منطق فازی و براساس سه پارامتر تعداد BANT^۳‌های دریافت شده، مقدار تحرک گره‌ها و درجه گره‌ها انجام می‌گیرد. گره‌ای با بیشترین تعداد BANT دریافت شده، بالاترین درجه و کمترین تحرک گره‌ای است که

¹ Real Time

² Route Request

³ Backward Ant



بالاترین الویت را داشته و به عنوان سرخوشه انتخاب می شود. اما پارامتر انرژی در هنگام تعیین گره سرخوشه به حساب نمی آید. بنابراین سربار مسیریابی و تأخیر افزایش می یابد که برای برنامه های بلادرنگ مناسب نیست. در مرجع [۷] یک پروتکل مسیریابی برای انتخاب مسیر بهینه با استفاده از سه پارامتر انرژی باقیمانده، فاصله و قابلیت دسترسی ارائه شده است. انتخاب مسیر توسط FANT^۴ها در طول فاز کشف مسیر انجام می شود.

۳. الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی یک الگوریتم مسیریابی براساس تقاضا می باشد. این الگوریتم برای مکان هایی با انرژی کم و محدود مانند میدان های جنگ، عملیات نجات و ... مناسب است که در آنجا امکان شارژ باتری گره ها (کامپیوترهای شخصی و ...) وجود ندارد. در این الگوریتم گره ها برای مدل سازی مورچه ها به کار می روند. پیغام های کنترلی مسیریابی شامل Hello_ANT, RREQ_ANT و RREP_ANT می باشد. لیست همسایگی شامل مقدار فرومون، زمان انقضای لینک میان دو گره همسایه، مقدار انرژی باقیمانده گره همسایه و درجه اتصال گره همسایه است. جدول مسیریابی علاوه بر فیلدهای اصلی در پروتکل AODV شامل فیلدهای زمان ارسال بسته و مقدار فرومون مسیر نیز می باشد. فیلد مجموع انرژی باقیمانده که مجموع انرژی باقیمانده گره ها در طول مسیر از مبدأ به مقصد را دربر می گیرد به پیغام RREQ_ANT اضافه شده تا مسیریابی با طول عمر یا Lifetime بیشتر انتخاب شوند. این پیغام فیلدهای بیشتری را نیز شامل می شود مانند فیلد زمان ارسال پیغام RREQ_ANT و فیلد پشته مسیر که پشته ای از شناسه گره های مشاهده شده در طول مسیر از مبدأ به مقصد را دربر می گیرد. پیغام RREP_ANT نیز فیلد پشته مسیر دریافتی و زمان ارسال پیغام RREP_ANT را دربر می گیرد. این الگوریتم از سه فاز تشکیل می شود. فاز کشف مسیر، فاز ارسال بسته داده و فاز نگهداری و تشخیص خطای مسیر. فاز کشف مسیر: گره مبدأ پیغام RREQ_ANT را ایجاد کرده، مقدار عددی انرژی خود را که از رابطه (۱) بدست می آید [۱] در فیلد Sum_Rem_Energy پیغام قرار داده و آن را به تمام گره های همسایه خود می فرستد.

$$E = E_i - (E_t + E_r) \quad (1)$$

که در آن E_i انرژی اولیه گره و E_r و E_t انرژی مصرف شده توسط گره برای انتقال و دریافت بسته است. برای جلوگیری از احتمال تشکیل حلقه های مسیریابی و عدم دریافت بسته های تکراری، هر بسته RREQ_ANT شامل یک شماره شناسایی هدر یا Header_Id انحصاری است که توسط گره مبدأ تنظیم می شود. RREQ_ANT هایی که از یک همسایه مشخص برای همان مقصد با Header_Id برابر با مقدار بافر شده در گره دریافت می شوند و یا توسط خود گره ارسال کننده پیغام دریافت شده اند حذف می شوند. هر گره که پیغام RREQ_ANT را دریافت می کند پس از اطمینان از عدم وجود حلقه مسیریابی و تکراری نبودن این پیغام، ابتدا جدول مسیریابی خود را برای وجود مسیری معکوس به سمت مبدأ جستجو می کند. اگر چنین مسیری وجود داشته باشد فیلدهای جدول مسیریابی را به روزرسانی کرده، در غیر این صورت یک ورودی در جهت معکوس به سمت مبدأ در جدول مسیریابی خود ایجاد و مقادیر فرومون مسیریابی مربوطه در جدول مسیریابی را به روزرسانی می کند. سپس، آدرس مقصد آن را با آدرس خود مقایسه کرده، اگر خودش گره مقصد باشد پیغام RREP_ANT را تولید می کند. در غیر این صورت گره میانی جدول مسیریابی خود را جستجو کرده، اگر مسیر/ مسیریابی به

⁴ Forward Ant

⁵ Route Request ANT

⁶ Route Reply ANT



سمت مقصد داشته باشد (در صورت وجود چندین مسیر، یک مسیر را به صورت راندوم، براساس مقدار فرومون، انتخاب می کند) پیام RREP_ANT را ایجاد می کند. گره مبدأ با دریافت پیام RREP_ANT بسته داده را از طریق مسیر اعلام شده توسط گره میانی ارسال می کند. اما اگر چنین مسیری وجود نداشته باشد گره میانی باید برای ارسال یا حذف پیام RREQ_ANT تصمیم گیری کند. بنابراین میانگین انرژی باقیمانده مسیر را مطابق رابطه (۲) و همچنین تعداد گام های پیموده شده را محاسبه و با مقادیر حد آستانه آن ها مطابق روابط (۳) و (۴) مقایسه می کند. در صورتیکه $E_{avg} \geq E_{th}$ و $Hop_Count \leq H_{th}$ باشد اقدامات بعدی را برای ارسال انجام می دهد. در غیر این صورت پیام RREQ_ANT مربوطه را حذف می کند. در صورت تصمیم گره مبنی بر ارسال پیام، منطق فازی را برای تمام گره ها غیر از گره ای که پیام RREQ_ANT را از آن دریافت کرده اجرا و از بین آن ها یک گره با کمترین هزینه فازی را به عنوان گام بعدی برای حرکت به سوی مقصد انتخاب می کند. در حالتی که هزینه فازی چندین گره مساوی باشد یک گره را به صورت راندوم (از تعداد گره با هزینه فازی یکسان) انتخاب کرده و پیام RREQ_ANT را به آن ارسال می کند. سپس گره، شماره شناسایی یا Id خود را به فیلد پشته مسیر افزوده، مقدار عددی انرژی باقیمانده خود را با انرژی باقیمانده مسیر در فیلد Sum_Rem_Energy پیام جمع کرده و آن را به صورت unicast به گره بعدی ارسال می کند. این فرآیند تا رسیدن پیام به مقصد ادامه می یابد.

$$E_{avg} = \frac{Sum_Rem_Energy}{Hop_Count} \quad (2)$$

$$E_{th} = 0.1 \times E_i \quad (3)$$

$$H_{th} = 0.7 \times Network_Diameter \quad (4)$$

که در آن قطر شبکه سه برابر تعداد گره های شبکه در نظر گرفته شده است.

گره مقصد یا هریک از گره های میانی که مسیری به سمت مقصد داشته باشند هنگام دریافت پیام RREQ_ANT ابتدا لیست همسایگی خود را برای وجود یا عدم وجود گره ای که به عنوان گام بعدی در فیلد پشته مسیر در مسیر معکوس به مبدأ قرار دارد، بررسی می کند. اگر چنین گره ای دیگر در لیست همسایگی وجود نداشته باشد پیام را حذف می کند. اما چنانچه گره مورد نظر در لیست همسایگی باشد، پیام RREQ_ANT به RREP_ANT تبدیل شده، پشته موجود در این پیام و اطلاعات آن شامل شناسه گره های مشاهده شده در طول مسیر به پیام RREP_ANT منتقل می شود. سپس گره پیام RREP_ANT تولید شده را در جهت معکوس به صورت مسیریابی مبدأ یا Source Routing (ارسال از طریق همان مسیری که RREQ_ANT دریافت شده) به سمت مبدأ ارسال می کند. هر گره که پیام RREP_ANT را دریافت می کند ابتدا جدول مسیریابی خود را برای وجود مسیری معکوس به سمت مقصد جستجو می کند. اگر چنین مسیری وجود داشته باشد فیلدهای جدول مسیریابی را به روزرسانی کرده، در غیر این صورت یک ورودی در جهت معکوس به سمت مقصد در جدول مسیریابی خود ایجاد کرده و مقادیر فرومون مسیرهای مربوطه در جدول مسیریابی را به روزرسانی می کند. سپس، آدرس مبدأ پیام RREP_ANT را با آدرس خود مقایسه کرده، اگر گره مبدأ نباشد، لیست همسایگی خود را برای وجود یا عدم وجود گره ای که به عنوان گام بعدی در فیلد پشته مسیر پیام RREP_ANT در مسیر معکوس به مبدأ قرار دارد، بررسی می کند. در صورتیکه چنین گره ای دیگر در لیست همسایگی گره میانی وجود نداشته باشد پیام مربوطه را حذف می کند. چنانچه گره مورد نظر در لیست همسایگی باشد پیام را به آن گره می فرستد. این عمل تا رسیدن پیام RREP_ANT به گره مبدأ ادامه می یابد. اگر گره دریافت کننده خود گره مبدأ باشد پیام دریافتی و پشته آن را حذف کرده، ارسال متناوب پیام های RREQ_ANT را با فعال کردن تایمر مربوطه متوقف و فاز ارسال بسته داده را از طریق مسیر کشف شده آغاز خواهد کرد. با دریافت سایر RREP_ANT ها گره مبدأ گام بعدی و مقدار فرومون مسیر برقرار شده توسط آن ها به سمت مقصد را در جدول



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology

مرداد ۱۳۹۸ - July 2019

مسیریابی خود ذخیره می‌کند. به این ترتیب مسیرهای متعددی از مبدأ به مقصد برقرار می‌شود که از آن‌ها برای توزیع ترافیک و ایجاد Load balancing استفاده می‌کند.

فاز ارسال بسته داده: ارسال بسته داده در این فاز به صورت گام به گام بوده و زمانی اجرا می‌شود که گره، بسته داده‌ای برای ارسال به مقصد مشخص دارد. اگر مقصد بسته داده یکی از گره‌های همسایه باشد، بسته داده مستقیماً توسط گره مبدأ به آن گره ارسال شده و نیازی به انجام فاز کشف مسیر نمی‌باشد. گره مقصد با دریافت بسته داده، آن را به لایه Application خود تحویل می‌دهد. اگر مقصد بسته داده گره‌ای غیر از گره همسایه باشد، گره مبدأ ابتدا جدول مسیریابی خود را جستجو می‌کند. اگر مسیری به مقصد نداشته باشد بسته داده بافر شده و فاز کشف مسیر اجرا می‌شود. در غیر این صورت گره مبدأ ارسال بسته داده را شروع می‌کند. به دلیل وجود چندین مسیر حاصل از فاز کشف مسیر توزیع بار ترافیکی به صورت متوازن انجام برقرار می‌شود. به این ترتیب که در هر بار ارسال بسته داده یک مسیر از بین مسیرهای یافت شده به صورت ران دوم (براساس مقدار فرومون) انتخاب و بسته داده از طریق آن ارسال می‌شود.

فاز نگهداری و تشخیص خطای مسیر: این فاز مسئول حفظ کیفیت سرویس شبکه است. در این فاز خطاهای مسیر تشخیص داده شده و مسیرهایی که با خطا مواجه شده‌اند حذف و مسیرهای جایگزین در صورت وجود، انتخاب می‌شوند. خطای مسیر می‌تواند به دلیل از بین رفتن همسایگی ناشی از تحرک گره و خارج شدن آن از محدوده انتقال و یا حذف شدن گره از مسیر به دلیل پایان یافتن ذخیره انرژی آن رخ دهد. هر گره هنگام دریافت پیغام‌های RREQ_ANT, RREP_ANT و بسته داده لیست همسایگی خود را چک می‌کند. در صورتیکه برای مدت زمان معین پیغام Hello_ANT از همسایه خود دریافت نکند فرض می‌کند گره همسایه منقضی شده و اتصال به آن شکسته شده است. سپس گره منقضی شده را از لیست همسایگی خود حذف، مقدار فرومون مسیر مربوط به آن گره را صفر و تمامی ورودی‌های جدول مسیریابی که گام بعدی آنها به سمت مبدأ/ مقصد همان گره منقضی شده است را نیز حذف می‌کند. همچنین مقدار فرومون تمامی ورودی‌های مرتبط با مسیر حذف شده در جدول مسیریابی را نیز به روزرسانی می‌کند. خطای مسیر همچنین می‌تواند ناشی از منقضی شدن یک مسیر باشد. در صورتیکه مسیری منقضی شده باشد مقدار فرومون آن مسیر به ۰ تنظیم و سپس از جدول مسیریابی حذف می‌شود. همچنین مقدار فرومون تمامی ورودی‌های مرتبط با مسیر حذف شده در جدول مسیریابی نیز به روزرسانی می‌شود.

محاسبات فازی: در الگوریتم پیشنهادی پارامترهای زمان انقضای لینک میان دو گره همسایه، مقدار انرژی باقیمانده گره همسایه و درجه اتصال گره همسایه به عنوان متغیرهای ورودی سیستم فازی بوده و خروجی آن هزینه فازی می‌باشد. هر گره اطلاعات مربوط به سرعت، موقعیت مکانی و جهت حرکت و همچنین مقدار انرژی باقیمانده و درجه اتصال گره همسایه را از طریق پیغام Hello_ANT دریافت کرده و برای محاسبه پارامترهای فازی استفاده می‌کند.

زمان انقضای لینک میان دو گره بیان کننده مدت زمانی است که اتصال دو گره همسایه برقرار بوده و از رابطه (۵) بدست می‌آید [۱۰، ۶].

$$LET = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ad - bc)^2}}{a^2 + c^2} \quad (5)$$

که در آن $a = v_i \cos \theta_i - v_j \cos \theta_j$ و $c = v_i \sin \theta_i - v_j \sin \theta_j$ مؤلفه‌های سرعت نسبی گره فعلی i با سرعت v_i و زاویه حرکت θ_i و گره همسایه j با سرعت v_j و زاویه حرکت θ_j بوده و $b = x_i - x_j$ و $d = y_i - y_j$ مؤلفه‌های فاصله مکانی گره فعلی i و گره همسایه j می‌باشد و $r = 250m$ نیز محدوده انتقال دو گره است. درجه اتصال هر گره مطابق رابطه (۶) تعداد همسایگان آن گره می‌باشد.

$$Connectivity_Degree = Num_Neighbors \quad (6)$$

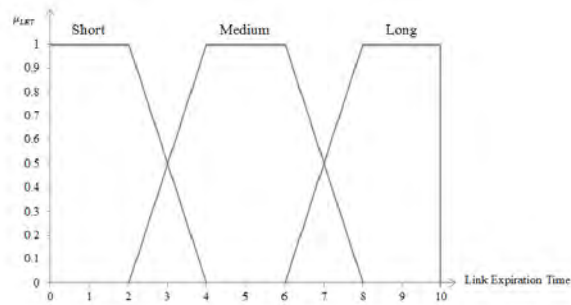
انرژی باقیمانده گره از رابطه (۷) بدست می‌آید [۱].



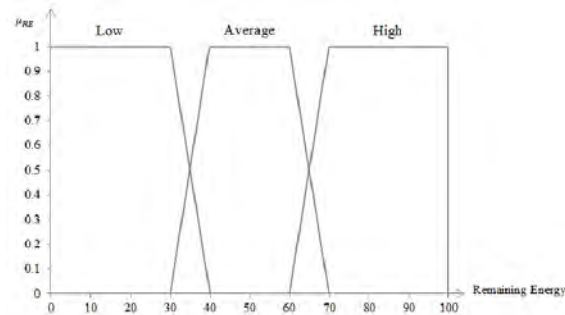
هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology
 مرداد ۱۳۹۸ – July 2019

$$E_{rem} = E_i - (E_t + E_r) \quad (7)$$

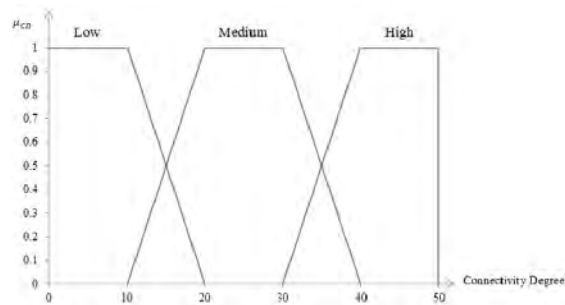
توابع عضویت متغیرهای ورودی و خروجی: برای متغیرهای ورودی سه تابع عضویت در نظر گرفته شده که در شکل ۱، شکل ۲ و شکل ۳ نشان داده شده‌اند و برای متغیر خروجی پنج تابع عضویت تعریف شده که در شکل ۴ نشان داده شده است.



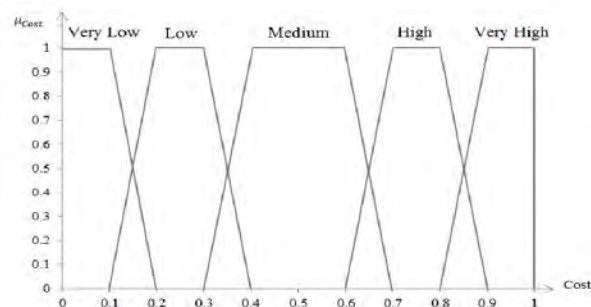
شکل ۱: توابع عضویت زمان انقضای لینک



شکل ۲: توابع عضویت انرژی باقیمانده



شکل ۳: توابع عضویت درجه اتصال



شکل ۴: توابع عضویت هزینه فازی



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology
 مرداد ۱۳۹۸ – July 2019

مجموعه قوانین فازی: در این الگوریتم ۲۷ قانون فازی تعریف شده که تعدادی از آن ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: قوانین فازی الگوریتم پیشنهادی

| Rules# | Link Expiration Time | Remaining Energy | Connectivity Degree | FuzzyCost |
|--------|----------------------|------------------|---------------------|-----------|
| Rule1 | Short | Low | Low | Very High |
| Rule2 | Short | Low | Medium | Very High |
| Rule3 | Short | Low | High | High |
| Rule4 | Short | Average | Low | High |
| Rule5 | Short | Average | Medium | Medium |
| Rule6 | Short | Average | High | Medium |
| Rule7 | Short | High | Low | High |
| Rule8 | Short | High | Medium | Medium |
| Rule9 | Short | High | High | Low |
| Rule10 | Medium | Low | Low | High |
| Rule11 | Medium | Low | Medium | High |
| Rule12 | Medium | Low | High | Medium |
| Rule13 | Medium | Average | Low | Medium |
| Rule14 | Medium | Average | Medium | Medium |
| Rule15 | Medium | Average | High | Low |
| Rule16 | Medium | High | Low | Medium |
| Rule17 | Medium | High | Medium | Medium |
| Rule18 | Medium | High | High | Low |
| Rule19 | Long | Low | Low | Very High |
| Rule20 | Long | Low | Medium | High |

۴. شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی

پارامترهای شبیه سازی در نظر گرفته شده در این الگوریتم به شرح جدول ۲ می باشد.

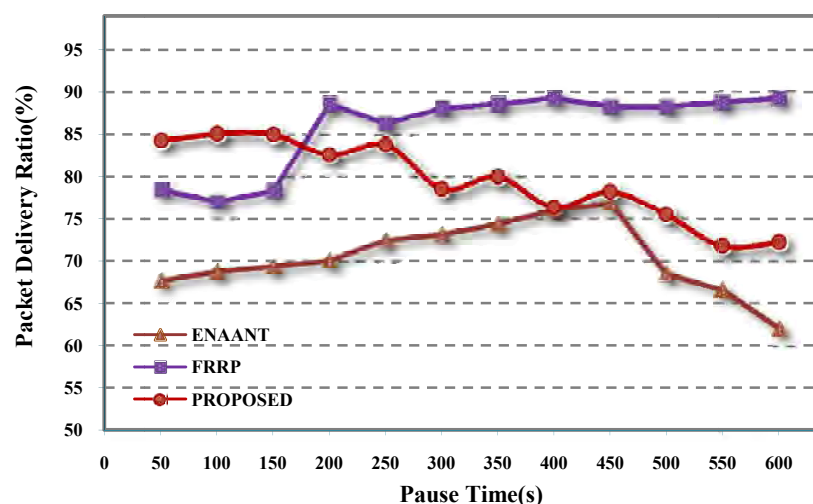
جدول ۲: پارامترها و مقادیر شبیه سازی

| | |
|------------------|-------------------------------|
| ۲۰۰۰ × ۲۰۰۰ متر | ابعاد شبیه سازی |
| ۱۰۰ ثانیه | زمان شبیه سازی |
| ۲۵ گره | تعداد گره های متحرک |
| IEEE 802.11 | پروتکل لایه MAC |
| UDP | پروتکل لایه انتقال |
| ۱۰۰۰ بایت | اندازه بسته داده |
| CBR | نوع ترافیک داده |
| ۱۰۰۰ ژول | انرژی اولیه گره های متحرک |
| ۰.۰۰۳ ژول | انرژی مصرفی هنگام دریافت بسته |
| ۰.۰۰۶ ژول | انرژی مصرفی هنگام ارسال بسته |
| ۲۰ متر بر ثانیه | حداکثر سرعت گره های متحرک |
| ۱Mb | نرخ انتقال CBR |
| ۲ / تعداد گره ها | تعداد منابع CBR |
| Random Waypoint | مدل حرکتی |

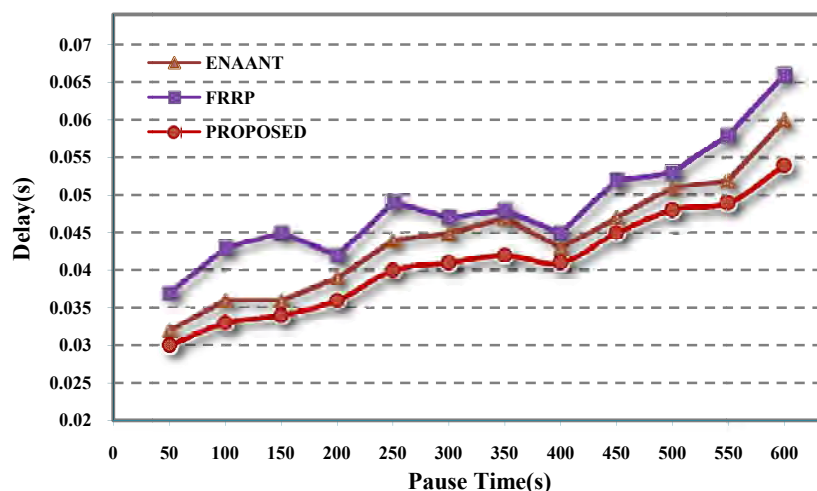
نتایج شبیه‌سازی

در این مقاله عملکرد شبکه با تغییر زمان توقف و سرعت گره‌های متحرک و با توجه معیارهای ارزیابی نسبت تحویل بسته و تأخیر انتهابه‌انتها مورد تحلیل قرار گرفته است. الگوریتم‌های مورد مقایسه شامل ENAANT^۸ (الگوریتم مسیریابی مطلع از انرژی مبتنی بر کلونی مورچگان برای استفاده بهینه از انرژی موجود در گره‌های سیار) و FRRP^۹ (پروتکل مسیریابی قابل اعتماد و بلادرنگ مبتنی بر منطق فازی برای شبکه‌های سیار موردی) می‌باشد.

شکل ۵ نسبت تحویل بسته و شکل ۶ تأخیر انتهابه‌انتها براساس زمان توقف در الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. نسبت تحویل بسته در این الگوریتم نسبت به الگوریتم ENAANT بیشتر بوده اما نسبت به الگوریتم FRRP کمتر است. تأخیر انتهابه‌انتها نیز در الگوریتم پیشنهادی نسبت به هر دو الگوریتم مورد مقایسه کمتر است.



شکل ۵: مقایسه نسبت تحویل بسته براساس زمان توقف در الگوریتم پیشنهادی



شکل ۶: مقایسه تأخیر انتهابه‌انتها براساس زمان توقف در الگوریتم پیشنهادی

⁸ Energy Aware Ant Colony Optimization to Enhance Throughput in Mobile Ad hoc Networks

⁹ Fuzzy Logic Based Reliable and Real-Time Routing Protocol for Mobile Ad hoc Networks

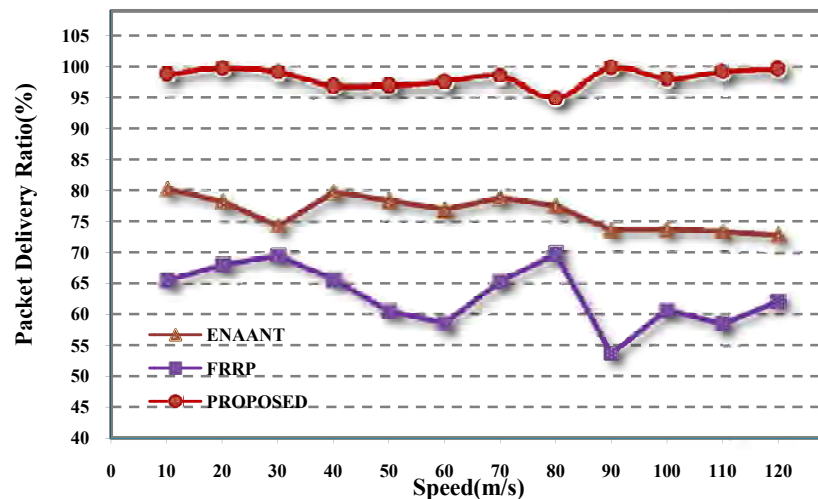


هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

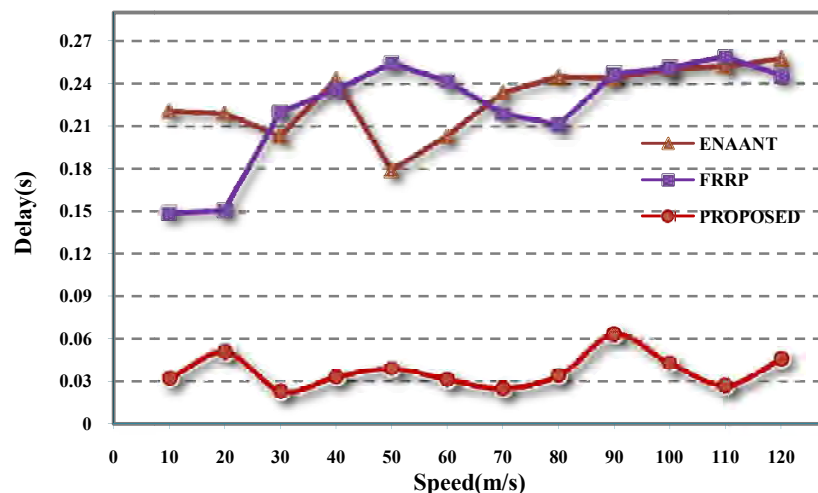
The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology

مرداد ۱۳۹۸ - July 2019

شکل ۷ نسبت تحویل بسته و شکل ۸ تأخیر انتهابه‌انتهای براساس سرعت گره‌های متحرک در الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. نسبت تحویل بسته در این الگوریتم نسبت به الگوریتم‌های مورد مقایسه افزایش و تأخیر انتهابه‌انتهای بسیار کاهش یافته است.



شکل ۷: مقایسه نسبت تحویل بسته براساس سرعت در الگوریتم پیشنهادی



شکل ۸: مقایسه تأخیر انتهابه‌انتهای براساس سرعت در الگوریتم پیشنهادی

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای آینده

در الگوریتم پیشنهادی که ترکیبی از منطق فازی و کلونی مورچگان است انتخاب گام بعدی در فاز کشف مسیر براساس منطق فازی صورت پذیرفته، گره‌ای با کمترین هزینه فازی به‌عنوان گام بعدی انتخاب می‌شود. پس از مسیریابی، ارسال بسته‌های داده با در نظر گرفتن توازن توزیع بار ترافیکی براساس مقدار فرومون محاسبه شده مسیرها در الگوریتم کلونی مورچگان توسط گره مبدأ انجام می‌شود. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از NS2 شبیه‌سازی می‌شود. قسمت فازی الگوریتم ابتدا در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology

مرداد ۱۳۹۸ – July 2019

و سپس به کدهای برنامه در NS2 افزوده می‌شوند. قسمت کلونی الگوریتم برگرفته از الگوریتم کلونی مورچگان پیاده‌سازی شده در NS2 می‌باشد. هدف اصلی از ارائه این الگوریتم افزایش نرخ تحویل بسته داده و کاهش تأخیر انتهابه‌انتهاست که مهمترین پارامترهای کیفیت سرویس در برنامه‌های کاربردی بلادرنگ مانند صوت و ویدئو می‌باشند. در الگوریتم پیشنهادی نرخ تحویل بسته داده تا حد قابل قبولی افزایش و تأخیر انتهابه‌انتهای به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. بنابراین الگوریتم ارائه شده در این مقاله کیفیت سرویس مورد نیاز برنامه‌های کاربردی را تأمین کرده و عملکرد شبکه‌های سیار موردی را بهبود بخشیده است.

در الگوریتم پیشنهادی در این مقاله فقط بسته‌های داده نوع ویدئو و صوت در نظر گرفته شده و نیازی به الویت‌بندی بسته‌ها جهت ارسال نمی‌باشد. در مطالعات آینده می‌توان این الگوریتم را برای انواع بسته‌های داده در شبکه گسترش داده و از صف الویت جهت ارسال بسته‌ها استفاده کرد به‌گونه‌ای که ابتدا بسته‌های صوت و ویدئو ارسال شوند. همانگونه که مطرح شد محدوده اجرای الگوریتم پیشنهادی مکان‌هایی با انرژی کم و با تعداد گره کم می‌باشد. تحقیقات آینده می‌تواند در جهت استفاده از این الگوریتم برای محیط‌هایی با تعداد گره بیشتر نیز انجام شود.

مراجع

1. Ali, M. et al, (2015) "*Fuzzy based load and energy aware multipath routing for mobile ad hoc networks*", Vol. CXIV, No. 16, pp. 25-32.
2. Atri, S. et al, (2014) "*Fuzzy logic implementation of ant colony based clusterhead selection algorithm*", Vol. III, No. 4, pp. 6256-6259.
3. Carvalho, T. et al, (2016) "*A new cross-layer routing with energy awareness in hybrid mobile ad hoc networks: A fuzzy-based mechanism*", Vol. LXIII, pp. 1-22.
4. Goswami, M. M. et al, (2009) "*Fuzzy ant colony based routing protocol for mobile ad hoc network*", International Conference on Computer Engineering and Technology, IEEE, pp. 438-444.
5. Goswami, M. M. et al, (2015) "*Fuzzy based aodv with ant colony optimization for mobile adhoc network*", Vol. IX, No. 3, pp. 99-108.
6. Jayanthi, Sundarambal M., (2015) "*Energy aware fuzzy based multi-constrained single path qos routing protocol in manets*", Vol. X, No. 8, pp. 3522-3527.
7. Marcel, Vetrivelan N., (2015) "*Qos-aware transmission for multimedia applications in manet using aco with fuzzy logic*", Vol. II, No. 9, pp. 199-213.
8. Mukhedkar, Kolekar U., (2016) "*A review on development of real time algorithm using mobile adhoc networks for disaster management*", Vol. V, No. 3, pp. 526-534.
9. Nancharaiah, Chandra M.B., (2013) "*Routing in mobile adhoc networks (MANETS) using fuzzy aided ant colony optimization (ACO) technique*", Vol. LII, No. 2, pp. 227-235.
10. Raya, G. et al, (2018) "*A new multi-objective qos multicast routing protocol based on ant colony optimization for mobile ad hoc networks*", Vol. VI, No. 1, pp. 17-23.



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
*The 7th National Conference on Computer Science and
Engineering and Information Technology*
مرداد ۱۳۹۸ – July 2019

11. Shakir, S. et al, (2017)"*Qos based evaluation of multipath routing protocols in manets*", Vol. V, No. 2, pp. 47-53.
12. Wankhade, Ali M. S., (2011)"*Route failure management technique for ant based routing in manet*", Vol. II, No. 9, pp. 1-5.