



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

مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس برای برنامه‌های بلاذرنگ 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

^۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

^۲دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

چکیده

مسیریابی در شبکه‌های سیار موردی به‌علت 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 درنظر گرفتن وابستگی بین پارامترها انتخاب می‌کند. بنابراین به تنها برای مسیریابی برنامه‌های کاربردی بلاذرنگ مناسب نمی‌باشد. منطق فازی چندین پارامتر را که در برگیرنده اطلاعات مبهم یا داده‌های غیردقیق در طبیعت هستند ترکیب می‌کند اما خاصیت مسیریابی چندمسیری جهت توازن بار را به صورت 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 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 درنظر 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 انتها به انتها مقایسه و ارزیابی می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی بهبود قابل توجهی را در عملکرد این شبکه‌ها از نظر افزایش نسبت تحویل بسته و کاهش تأخیر انتها نشان می‌دهند.

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

The 7th National Conference

25/07/2019-(Mazandaran)

Kome elmavararan danesh

R.S. Institute

Article Code: CEC-44052

(Indexing of accepted Articles in Civilica)



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

۱. مقدمه

خصوصیات شبکه‌های سیار موردی مانند سادگی، تطبیق‌پذیری، 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 بلاذرنگ^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 موردنی 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 بلاذرنگ را تأمین می‌کند. ساختار مقاله به‌این صورت 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 درنظر گرفته شده است. در این الگوریتم‌ها میانگین تأخیر انتهاهای سربار مسیریابی و ازدحام کاهش و نسبت تحويل 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 تحويل بسته افزایش و تأخیر به مقدار زیاد کاهش یابد. مرجع [۶] 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 تحويل بسته افزایش و مقدار تأخیر کاهش می‌باید. در مرجع [۲] الگوریتمی پیشنهاد شده که کل شبکه را به خوش‌هایی مجزا تقسیم می‌کند. تعیین گره سرخوشی با استفاده از منطق فازی و براساس سه پارامتر تعداد BANT‌های 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



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

بالاترین الیت را داشته و به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود. اما پارامتر انرژی در هنگام تعیین گره سرخوش به حساب نمی‌آید. بنابراین سربار مسیریابی و تأخیر افزایش می‌باید که برای برنامه‌های بلاذرنگ 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 می‌شود.

۳. الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی یک الگوریتم مسیریابی براساس تقاضا می‌باشد. این الگوریتم برای مکان‌هایی با انرژی کم و محدود مانند میدان‌های جنگ، عملیات نجات و ... مناسب است که در آنجا امکان شارژ باتری گره‌ها (کامپیوتراهای شخصی و ...) وجود ندارد. در این الگوریتم گره‌ها برای مدل‌سازی مورچه‌ها به کار می‌روند. پیغام‌های کنترلی مسیریابی شامل Hello_ANT و RREQ_ANT^۵ می‌باشد. 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 می‌باشد. فیلد مجموع انرژی باقیمانده که مجموع انرژی باقیمانده گره‌ها در طول مسیر از مبدأ به مقصد را دربر می‌گیرد به پیغام RREQ_ANT اضافه شده تا مسیرهایی با طول عمر یا Lifetime بیشتر انتخاب شوند. این پیغام فیلدهای بیشتری را نیز شامل می‌شود مانند فیلد زمان ارسال پیغام RREQ_ANT و فیلد پشتہ مسیر که پشتہ‌ای از شناسه گره‌های مشاهده شده در طول مسیر از مبدأ به مقصد را دربر می‌گیرد. این الگوریتم از سه فاز تشکیل می‌شود. فاز کشف مسیر، فاز ارسال بسته داده و فاز نگهداری و تشخیص خطای مسیر.

فاز کشف مسیر: گره مبدأ پیغام Sum_Rem_Energy را ایجاد کرده، مقدار عددی انرژی خود را که از رابطه (۱) بدست آید [۱] در فیلد RREP_ANT نیز فیلد پشتہ مسیر دریافتی و زمان ارسال پیغام RREQ_ANT را دربر می‌گیرد. این

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

که در آن E_i انرژی اولیه گره و E_t و E_r انرژی مصرف شده توسط گره برای انتقال و دریافت بسته است. برای جلوگیری از احتمال تشکیل حلقه‌های مسیریابی و عدم دریافت بسته‌های تکراری، هر بسته RREQ_ANT شامل یک شماره شناسایی هدر یا Header_Id است که توسط گره مبدأ تنظیم می‌شود. RREQ^۶هایی که از یک همسایه مشخص برای همان مقصد با Header_Id برابر با مقدار بافر شده در گره دریافت می‌شوند و یا توسط خود گره ارسال کننده پیغام دریافت شده‌اند حذف می‌شوند. هر گره که پیغام RREQ_ANT را دریافت می‌کند 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 می‌کند. اگر چنین مسیری وجود داشته باشد فیلدهای جدول مسیریابی را به روزرسانی کرده، در غیراینصورت یک ورودی در جهت معکوس به سمت مبدأ در جدول مسیریابی خود ایجاد و مقادیر فرومون مسیرهای مربوطه در جدول مسیریابی را به روزرسانی می‌کند. سپس، آدرس مقصد آن را با آدرس خود مقایسه کرده، اگر خودش گره مقصد باشد پیغام RREP_ANT را تولید می‌کند. در غیراینصورت گره میانی جدول مسیریابی خود را جستجو کرده، اگر مسیر / مسیرهایی به

⁴ Forward Ant

⁵ Route Request ANT

⁶ Route Reply ANT



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

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

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

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

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

که در آن قطر شبکه سه برابر تعداد گره‌های شبکه درنظر گرفته شده است.

گره مقصد یا هریک از گره‌های میانی که مسیری به سمت مقصد داشته باشند هنگام دریافت پیغام RREQ_ANT ابتدا لیست همسایگی خود را برای وجود یا عدم وجود گره‌ای که به عنوان گام بعدی در فیلد پشته مسیر در مسیر معکوس به مبدأ قرار دارد، بررسی می‌کند. اگر چنین گره‌ای دیگر در لیست همسایگی وجود نداشته باشد پیغام را حذف می‌کند. اما چنانچه گره مورد نظر در لیست همسایگی باشد، پیغام RREP_ANT به RREQ_ANT تبدیل شده، پشته موجود در این پیغام و اطلاعات آن شامل شناسه گره‌های مشاهده شده در طول مسیر به پیغام RREP_ANT منتقل می‌شود. سپس گره پیغام RREP_ANT تولیدشده 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 می‌کند. هر گره که پیغام RREP_ANT را دریافت می‌کند ابتدا جدول مسیریابی خود را برای وجود مسیری معکوس به سمت مقصد جستجو می‌کند. اگر چنین مسیری وجود داشته باشد فیلدهای جدول مسیریابی را به روزرسانی کرده، درغیراینصورت 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 می‌کند. سپس، آدرس مبدأ پیغام RREP_ANT را با آدرس خود مقایسه کرده، اگر گره مبدأ نباشد، لیست همسایگی خود را برای وجود یا عدم وجود گره‌ای که به عنوان گام بعدی در فیلد پشته مسیر پیغام RREP_ANT در مسیر معکوس به مبدأ قرار دارد، بررسی می‌کند. درصورتیکه چنین گره‌ای دیگر در لیست همسایگی گره میانی وجود نداشته باشد پیغام مربوطه را حذف می‌کند. چنانچه گره مورد نظر در لیست همسایگی باشد پیغام را به آن گره می‌فرستد. این عمل تا رسیدن پیغام RREP_ANT به گره مبدأ ادامه می‌باید. اگر گره دریافت‌کننده خود گره مبدأ باشد پیغام دریافتی و پشته آن را حذف کرده، ارسال متناوب پیغام‌های RREQ_ANT را با فعال کردن تایмер مربوطه متوقف و فاز ارسال بسته داده را از طریق مسیر کشف شده آغاز خواهد کرد. با دریافت سایر RREP_ANT‌ها گره مبدأ گام بعدی و مقدار فرومون مسیر برقرار شده توسط آن‌ها به سمت مقصد را در جدول

⁷ Identification Number



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 گام‌به‌گام بوده و زمانی اجرا می‌شود که گره، بسته داده‌ای برای ارسال به مقصدی 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 غیراز 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 غیراینصورت 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 یافته شده به صورت راندوم (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 RREP_ANT، RREQ_ANT و بسته داده لیست همسایگی خود را چک می‌کند. در صورتیکه برای مدت زمان معین پیغام Hello_ANT از همسایه خود دریافت نکند گرده 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 [۶].

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

که در آن r_j و گره همسایه j با سرعت v_j و زاویه حرکت θ_j بوده و $b = x_i - x_j$ و $a = v_i \cos \theta_i - v_j \sin \theta_j$ و $c = v_i \sin \theta_i - v_j \cos \theta_j$ مولفه‌های 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 $d = y_i - y_j$ مولفه‌های 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.

$$\text{Connectivity Degree} = \text{Num Neighbors} \quad (6)$$

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



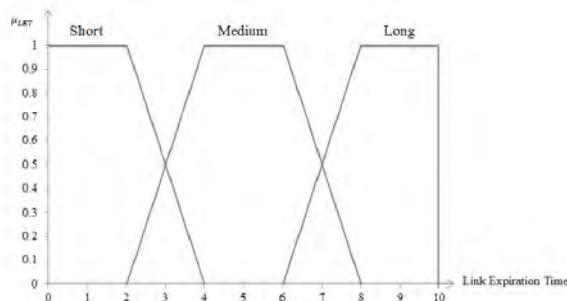
هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

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

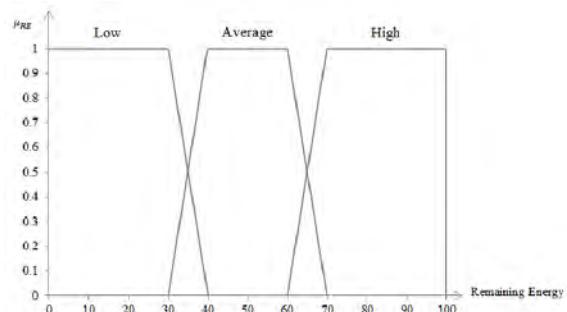
تاریخ: ۱۳۹۸ - ۷ مرداد

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

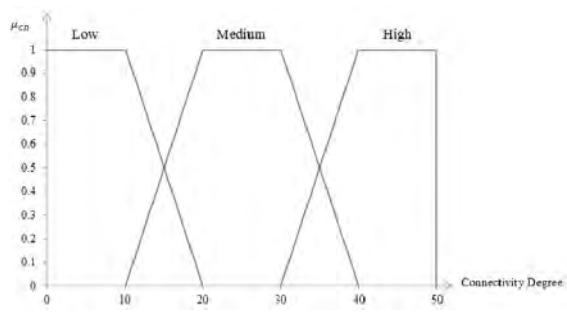
تابع عضویت متغیرهای ورودی و خروجی: برای متغیرهای ورودی سه تابع عضویت درنظر گرفته شده که در شکل ۱، شکل ۲ و شکل ۳ نشان داده شده‌اند و برای متغیر خروجی پنج تابع عضویت تعریف شده که در شکل ۴ نشان داده شده است.



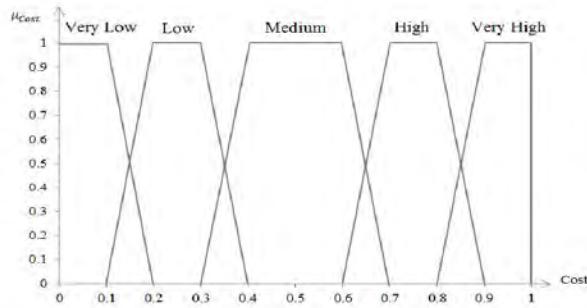
شکل ۱: توابع عضویت زمان انقضای لینک



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. شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی

پارامترهای شبیه‌سازی در نظر گرفته شده در این الگوریتم به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲: پارامترها و مقادیر شبیه‌سازی

ابعاد شبیه‌سازی	۲۰۰۰ × ۲۰۰۰ متر
زمان شبیه‌سازی	۱۰۰ ثانیه
تعداد گره‌های متحرک	۲۵ گره
پروتکل لایه MAC	IEEE 802.11
پروتکل لایه انتقال	UDP
اندازه بسته داده	۱۰۰۰ بایت
نوع ترافیک داده	CBR
انرژی اولیه گره‌های متحرک	۱۰۰۰ ژول
انرژی مصرفی هنگام دریافت بسته	۰.۰۰۰۳ ژول
انرژی مصرفی هنگام ارسال بسته	۰.۰۰۰۶ ژول
حداکثر سرعت گره‌های متحرک	۲۰ متر بر ثانیه
نرخ انتقال CBR	۱Mb
تعداد منابع CBR	۲ تعداد گره‌ها
مدل حرکتی	Random Waypoint



هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوuter و فناوری اطلاعات

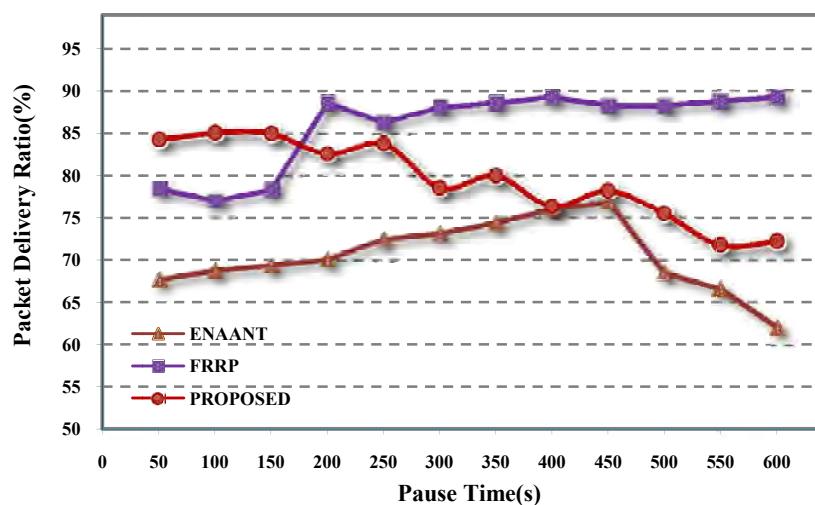
The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology

مرداد ۱۳۹۸ - July 2019

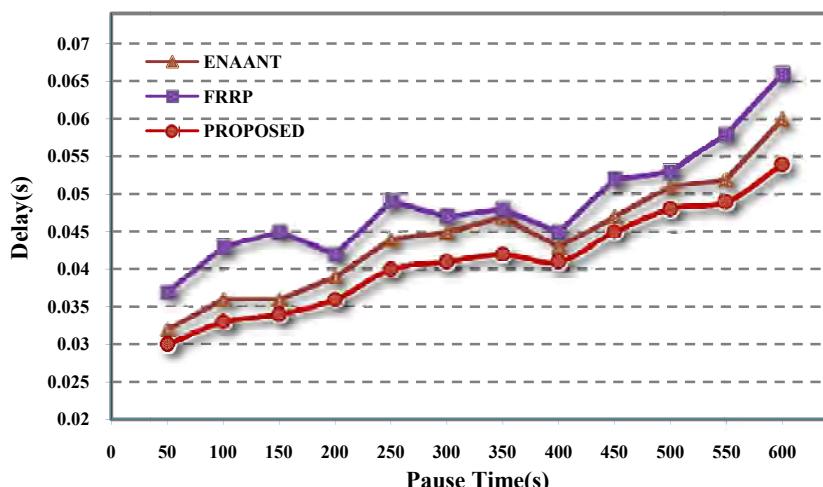
نتایج شبیه‌سازی

در این مقاله عملکرد شبکه با تغییر زمان توقف و سرعت گره‌های متحرک و با توجه معیارهای ارزیابی نسبت تحويل بسته و تأخیر انتهابه‌انتها مورد تحلیل قرار گرفته است. الگوریتم‌های مورد مقایسه شامل ENAANT⁸ (الگوریتم مسیریابی مطلع از انرژی مبتنی بر کلونی مورچگان برای استفاده بهینه از انرژی موجود در گره‌های سیار) و FRRP⁹ (پروتکل مسیریابی قابل اعتماد و بلادرنگ مبتنی بر منطق فازی برای شبکه‌های سیار موردی) می‌باشد.

شکل ۵ نسبت تحويل بسته و شکل ۶ تأخیر انتهابه‌انتها براساس زمان توقف در الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد. نسبت تحويل 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 تحويل بسته براساس زمان توقف در الگوریتم پیشنهادی



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

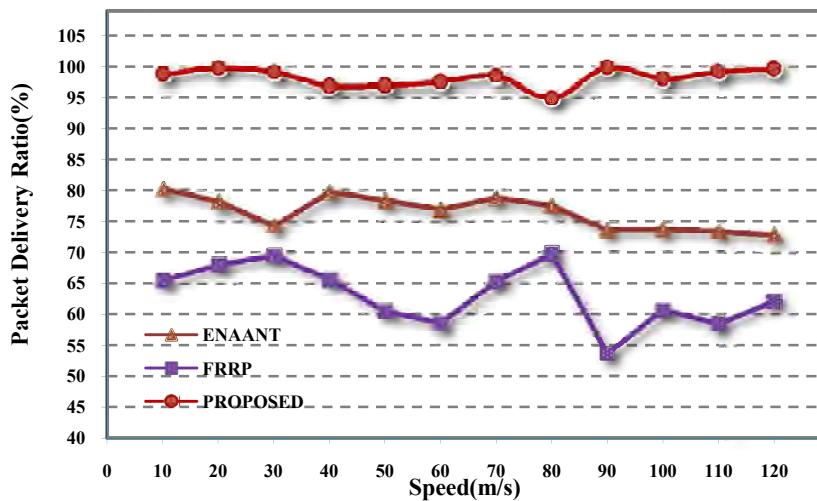
⁸ Energy Aware Ant Colony Optimization to Enhance Throughput in Mobile Ad hoc Networks

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

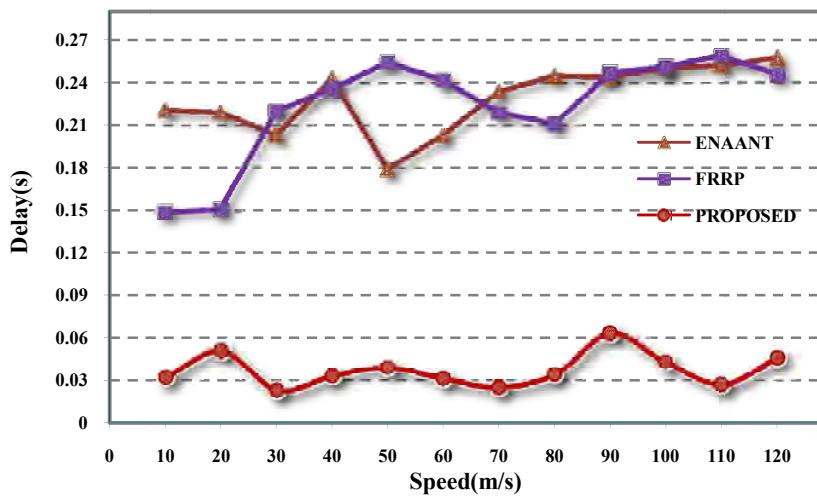


هفتمین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات The 7th National Conference on Computer Science and Engineering and Information Technology مرداد ۱۳۹۸ - July 2019

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



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



شکل ۸: مقایسه تأخیر انتهاهاتها 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 پذیرفت، گرهای با کمترین هزینه فاری به عنوان گام بعدی انتخاب می‌شود. پس از مسیریابی، ارسال بسته‌های داده با درنظر 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 انتهاهای انتها است که مهمترین پارامترهای کیفیت سرویس در برنامه‌های کاربردی بلاذرنگ مانند صوت و ویدئو می‌باشند. در الگوریتم پیشنهادی نرخ تحویل بسته داده تا حد قابل قبولی افزایش و تأخیر انتهاهای انتها به طور 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 الوبت‌بندی بسته‌ها جهت ارسال نمی‌باشد. در مطالعات آینده می‌توان این الگوریتم را برای انواع بسته‌های داده در شبکه گسترش داده و از صف الوبت 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 می‌توانند در جهت استفاده از این الگوریتم برای محیط‌هایی با تعداد گره بیشتر نیز انجام شود.

مراجع

- 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.
- Atri, S. et al, (2014)*"Fuzzy logic implementation of ant colony based clusterhead selection algorithm"*, Vol. III, No. 4, pp. 6256-6259.
- 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.
- 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.
- Goswami, M. M. et al, (2015)*"Fuzzy based aodv with ant colony optimization for mobile adhoc network"*, Vol. IX, No. 3, pp. 99-108.
- Jayanthi, Sundarambal M., (2015)*"Energy aware fuzzy based multi-constrained single path qos routing protocol in manets"*, Vol. X, No. 8, pp. 3522-3527.
- Marcel, Vettrivelan N., (2015)*"Qos-aware transmission for multimedia applications in manet using aco with fuzzy logic"*, Vol. II, No. 9. pp. 199-213.
- 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.
- 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.
- 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
جولای ۱۳۹۸ - مرداد ۱۴۰۰

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.