Vol. 3, No. 7, Jul-Sep 2023, (22-35)

Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology (JNAECT)

مجله دستاوردهای نوین در برق،کامپیوتر و فناوری

دوره ۳، شماره ۷، تابستان ۱۴۰۲ (۳۵-۲۲)

journal homepage: https://jnaect.ir

افزایش بازده و کاهش تاخیر شبکه مخابراتی با استفاده از قابلیت های اینترنت اشیاء و نقش رله مشارکتی

اسعد حمادی[۱]، بهناز نحوی[۲]

۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر و نرم افزار، Ahmedabbashadi3344@gmail.com

۲استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، دانشکده مهندسی داده و هوش مصنوعی، گروه کامپیوتر، behnaz.Nahvi@gmail.com

چکیده

امروزه استفاده از تکنولوژی های نوینی مانند اینترنت اشیاء به شدت توسعه پیدا کرده و مردم برای سهولت در انجام بسیاری از کارهای شخصی یا صنعتی خود از این تکنولوژی استفاده می کنند. در این شبکه های اینترنت اشیاء از تکنولوژیهای ارتباطی مانند شبکه های حسگر بی سیم بسیار استفاده می شود. شبکه های بی سیم نسل بعدی مانند 5G برنامه ها و امکانات متعددی را برای آسانتر، روان تر و راحتتر کردن زندگی با کیفیت بهتر خدمات با هزینه و پیچیدگی کم به ارمغان می آورند. انتظار می رود که 5G سرعت داده را از ۱ تا ۱۰ گیگابایت در ثانیه ارائه بدهد که حدود ۱۰ برابر تاخیر کمتر و تقریبا ۱۰۰٪ اتصال و در دسترس بودن با مصرف ۹۰٪ مصرف انرژی کمتر در مقایسه با شبکه های 4G می باشد. با این وجود، بهره وری انرژی و بهره وری طیفی موضوعات کلیدی هستند که باید در شبکه های حسگر بی سیم نسل بعدی مورد توجه قرار بگیرند. در این تحقیق از قابلیت های اینترنت اشیا و نقش رله مشارکتی به منظور افزایش بازده و کاهش تاخیر شبکه مخابراتی استفاده شد. روش پیشنهادی با توجه به ارسال داده ها بین نزدیکترین خودروها، مقدار تاخیر پایانه به پایانه نزدیک به بهینه دارد. از این رو روش پیشنهادی در مقایسه با روشهای پیشین تاخیر انتقال بسته های اطلاعاتی کمتری دارد.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیا، کاهش مصرف انرژی، بهینه سازی عملکرد، گرههای رله.

۱. مقدمه

افزایش تعداد تلفن های هوشمند و تبلت باعث افزایش چشمگیر ترافیک داده های همراه شده است. پیش بینی می شود که تقاضای داده های همراه با رشد نمائی در آینده نزدیک ادامه خواهد داشت. چالش بزرگی برای تکامل طولانی مدت LTE و سیستم های پیشرفته LTE وجود دارد. در عین حال، پیشرفت بزرگ تکنولوژی در زمینه ارتباطات و شبکه های تلفن همراه با هدف افزایش کیفیت وسایل ارتباطات صوتی و داده ای پدیدار شده است. این افزایش کیفیت همراه با افزایش تقاضا برای ارتباطات تلفن همراه، ازدحام قابل توجهی در شبکه های تلفن همراه ایجاد کرده است. انتظار می رود که این افزایش در ترافیک تلفن همراه در سالهای آینده با معرفی نسل های آینده به شدت رشد کند. افزایش ظرفیت شبکه ها همواره موضوعی پرهزینه و غیرعملی بوده که سبب شده یک راه کار موثر برای مسائل مربوط به تداخل و ازدحام در نظر گرفته نشود. لذا یکی از راههای عملی که اخیرا برای مقابله با این مساله، مورد توجه قرار گرفته است، تعادل بار در شبکه است [1]. در عصر کنونی، ترافیک داده های تلفن همراه در حال رشد بی سابقه است و از طریق گسترش دستگاههای هوشمند همراه، مانند تلفن های هوشمند و تبلت ها، افزایش بیشتری پیدا کرده است. به ویژه، خدمات داده درخواست شده توسط کاربران تلفن همراه به تدریج از ارتباطات اتصال محور مانند تماسهای تلفنی و پیام های متنی، به ارتباطات محتوامحور مانند به اشتراک گذاری فایلهای چندرسانه ای و جریان های ویدئویی، تغییر یافته است. یکی از تلاشهای اصلی برای برآورده ساختن چنین تقاضای مهمی، افزایش ظرفیت شبکه از طریق تعادل بار در شبکه است که به عنوان مثال، می توان به قراردادن نقاط دسترسی بیشتر در شبکه های نسل پنجم اشاره کرد. از آنجایی که انتظار می رود که این رویکرد ظرفیت شبکه های نسل پنجم آینده را به طور قابل توجهی افزایش بدهد، تقاضای زیادی برای لینک پشتیبان وجود دارد که نقاط دسترسی را به یک شبکه زیر ساخته متصل می نماید [2]. این مساله، بار مالی سنگینی برای اپراتورهای تلفن همراه در بر خواهد داشت که نیاز به ارتقای شبکه پشتیبان دارند. بر اساس بررسی های انجام شده پیش بینی می شود که ترافیک داده های تلفن همراه در سالهای آینده به میزان قابل توجهی افزایش یابد که این امر فشار جدی به شبکه های بی سیم موجود وارد می کند. از طرف دیگر، ممکنست محتواها به طور مستقیم در دستگاههای تلفن همراه ذخیره شوند که این امر به کاهش ترافیک Downlink از BSها و ترافیک احتمالی برای پشتیبانی کمک کند [3]. یکی از مهمترین دغدغه ها در مخابرات سلولی، اینترنت اشیای عظیم و حسگرها و سایر فناوری های نوظهور در سالهای آتی، برقراری ارتباط قابل اعتماد با هزینه پایین است. رله مشارکتی روشی است که در آن گرهها در ارتباط خود به همدیگر کمک می کنند. این گرهها بین منبع و مقصد رله اطلاعات قرار گرفته و تنوع مکانی را فراهم می کنند. همچنین به منظور افزایش در دسترس بودن پهنای باند و استفاده طیفی، اثرات محو شدن و از بین رفتن مسیر، سایه زنی، پوشش کوچک و نسبت سیگنال به نویز (SNR) مورد استفاده قرار می گیرند [۳]. به طور کلی گرههای رله با محدودیت عمر باتری مواجه هستند. بنابراین چرخه عمر آنها به چرخه عمر باتری بستگی دارد. از آنجا که رله داده ها باعث مصرف انرژی می شود، باتری یک گره رله سریعتر از یک گره غیررله تخلیه می شود. با این وجود، در بسیاری از موارد، مانند سنسورهای مورد استفاده در بدن انسان، وسایلی که در داخل دیوار قرار دارند با گرههایی که در یک محیطهای خطرناک مانند معادن و... قرار گرفته اند، شارژ و تعویض باتری ها بسیار پرهزینه می باشد و مقرون به صرفه نیست [4,5].

در این تحقیق روش نوینی با استفاده از رله مشارکتی و رویکرد D۲D مبتنی بر اینترنت اشیاء به منظور افزایش توان و بازده شبکه توام با کاهش میزان تاخیر در شبکه پیشنهاد خواهیم کرد.روش پیشنهادی می تواند با برقراری تعادل بار در شبکه سبب کاهش مصرف انرژی و عدم تداخل بارها گردد.

۲. پیشینه تحقیق

مفهوم انتقال برق بی سیم و انتقال اطلاعات بی سیم که اخیراً برای بهبود بهره وری انرژی در سیستم های ارتباطی بی سیم مورد توجه ویژه قرار گرفته است، بررسی می شود. به طور خاص، Melgarejo و همکارانش [6] بر روی یک شبکه ارتباطی مشارکتی

متشکل از یک گره منبع، یک گره رله با محدودیت انرژی و یک گره مقصد تمرکز کردند. بر خلاف شبکه‌های اشتراکی متداول بی‌سیم، یک شکل موج GFDM که یک شکل موج کاندید در حال ظهور برای شبکه‌های تلفن همراه 5G و فراتر از آن است، در نظر گرفته می‌شود. عملکرد شبکه رله مبتنی بر GFDM پیشنهادی با برداشت انرژی بر حسب میانگین BER برای مجموعه صورت فلکی عمومی M-QAM مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج عددی و شبیه سازی برای ارائه بینش مفید و ارزیابی دقت مشتقات ریاضی آنها ارائه شده است. Zhang و همکارانش [7] یک شبکه سلول کوچک فوق متراکم با دسترسی چندگانه تقسیم فرکانس متعامد را در نظر گرفتند، که در آن ارتباط دستگاه به دستگاه D2D برای تسهیل تعادل بار بدون طیف اضافی حمایت می شود. مشکل به طور طبیعی به عنوان یک مسئله تخصیص منابع مشترک و مسیریابیD۲D فرموله می شود که نرخ جمع سیستم را به حداکثر می رساند. برای حل موثر مشکل، مشکل را به یک مشکل فرعی تخصیص منابع و یک مشکل فرعی مسیریابیD۲D جدا می کنیم. دو مشکل فرعی به ترتیب به عنوان یک مسئله بهینه سازی یکنواخت و یک مسئله برنامه ریزی هندسی مکمل به صورت تکراری حل می شوند. Li و همکارانش [8]، خط مشی قرار دادن و تحویل محتوای کش را برای شبکه‌هایD۲D دارای حافظه پنهان مطالعه کردند. به طور خاص، دو رویکرد شبکه عصبی بازگشتی بالقوه [شبکه حالت پژواک و شبکه حافظه کوتاه‌مدت برای پیش‌بینی تحرک کاربران و محبوبیت محتوا، به‌منظور تعیین اینکه کدام محتوا در حافظه پنهان و کجا ذخیره شود، استفاده می‌شود.. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که نسبت ضربه حافظه پنهان سیستم را می‌توان به خوبی با استراتژی قرار دادن محتوای پیشنهادی بهبود بخشید و رویکردهای ارائه محتوای پیشنهادی می‌توانند به طور موثر تاخیر تحویل محتوای درخواست و مصرف انرژی را کاهش دهند. Chen و همکارانش [9] یک سیستم یادگیری عمیق برای پیش‌بینی جریان ترافیک طراحی کردند. به طور خاص، بر اساس سیستم یادگیری گسترده، ابتدا یادگیری نماینده عمیق را برای استخراج اطلاعات معنی دار از داده های خام در گره های ویژگی نقشه برداری شده اتخاذ کردند. سپس، برای بهبود بیشتر عملکرد پیش‌بینی، برخی گره‌های دیگر را اضافه کردند. نتایج تجربی نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند از مزایای شبکه عصبی عمیق برای افزایش دقت پیش‌بینی جریان ترافیک، در عین حال، حفظ پیچیدگی و زمان اجرا کم استفاده کند. Attiah و همکارانش [۱۰] یک چارچوب یادگیری تقویتی برای بهینه‌سازی پارامترهای ارتباطی سلول همسایه ارائه کردند که می‌تواند ترافیک بین سلول‌های مختلف را در یک خوشه جغرافیایی تعریف‌شده متعادل کند. آنها یک طراحی جامع از چارچوب یادگیری ارائه کردند که شامل شاخص های کلیدی عملکرد سیستم و طراحی یک تابع پاداش کلی است. به طور خاص، با یک تابع پاداش تعریف شده به عنوان توان عملیاتی، بهبودی تا ۵۰٪ به دست می آید. Summakieh و همکارانش [۱۱] بر این مساله تمرکز کردند که، شبکه‌های ناهمگن وسیله‌ای امیدوارکننده برای برآورده کردن الزامات (LTE-A[1]) از نظر ترافیک داده، پوشش و ظرفیت هستند. در روش پیشنهادی، اختلاف توان بین ایستگاه های پایه در سطوح مختلف ایجاد می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که طرح پیشنهادی عملکرد متعادل‌سازی بار بهتری را از نظر شاخص تعادل شبکه در مقایسه با یک طرح پایه به دست می‌آورد. Sharma و همکارانش [۱۲] چالش‌های مرتبط شامل ارائه کیفیت خدمات، مدیریت ترافیک بسیار پویا و پراکنده ، سربار سیگنال‌های عظیم و ازدحام شبکه دسترسی رادیویی را مورد بررسی قرار دادند. Seo و همکارانش [۱۳] یک پروتکل دسترسی تصادفی مبتنی بر حسگر فشرده را پیشنهاد کردند که برای سرویس‌دهی تعداد زیادی از دستگاه‌های ارتباطی نوع ماشین در شبکه اینترنت اشیا مناسب است. نتایج شبیه‌سازی آنها همچنین نشان داد که روش پیشنهادی به طور قابل‌توجهی تأخیر دسترسی را تحت شرایط معقول در محیطهای IoT کاهش می‌دهد. Velasquez و همکارانش [۱۴]، یک معماری برای قرار دادن سرویس برای اینترنت اشیا، با تاکید ویژه در ماژول اصلی آن، ارکستراتور سرویس، پیشنهاد کردند، که جزئیات پیاده‌سازی آن، از جمله مدلی برای وظیفه قرار دادن سرویس، ارائه شده است. علاوه بر این، فناوری هایی برای پیاده سازی ماژول ها از معماری پیشنهاد شده است. Shukla و همکارانش [۱۵] یک رویکرد ترکیبی را معرفی کردند که یادگیری فازی و تقویتی را برای بهبود خدمات و تأخیر شبکه در اینترنت اشیا و ابر مراقبت‌های بهداشتی ترکیب می‌کند. این رویکرد

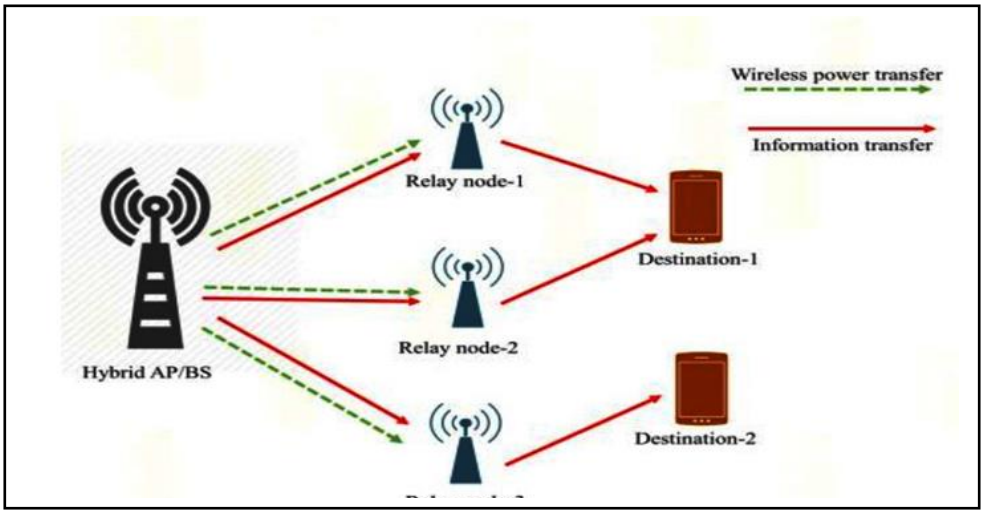
[1] Long Term Evolution-Advanced (LTE-A)

ترکیبی، دستگاه‌های IoT مراقبت‌های بهداشتی را با فضای ابری ادغام می‌کند و از خدمات مه با الگوریتم تخصیص بسته داده‌های یادگیری تقویت فازی استفاده می‌کند. الگوریتم پیشنهادی، بارهای کاری دسته‌ای را روی داده‌های اینترنت اشیا انجام می‌دهد تا تأخیر را به حداقل برساند و QoS بارهای کاری بحرانی تأخیر را مدیریت می‌کند. این پتانسیل را دارد که قابلیت استدلال و تصمیم گیری را در گره های محاسباتی مه خودکار کند. Saurabh و همکارانش [۱۶] یک معماری ۳ لایه و یک مدل تحلیلی برای IoT مراقبت های بهداشتی با استفاده از یک رویکرد ترکیبی متشکل از منطق فازی و یادگیری تقویتی در یک محیط محاسباتی مه پیشنهاد کردند. هدف آنها به حداقل رساندن تأخیر شبکه بود. مدل پیشنهادی و معماری ۳ لایه با استفاده از شبیه‌ساز iFogSim شبیه‌سازی شد. Adilو همکارانش [۱۷] یک پروتکل مسیریابی بردار فاصله بر حسب تقاضای موقتی سه فازی برای شبکه‌های حسگر چند بی‌سیم (چند WSN) پیشنهاد کردند. سه فاز بر اساس اولویت ترافیک دسته بندی می شوند، یعنی: ۱) اولویت بالا. ۲) اولویت کم؛ و ۳) ترافیک معمولی شبکه. یافته‌های شبیه‌سازی نشان می‌دهد که طرح ما در مقایسه با سه پروتکل مشابه دیگر به ۱۵ درصد بهبود در طول عمر شبکه، ۱۷ درصد تأخیر، ۲۲ درصد PLR و تقریباً ۱۰ درصد در هزینه‌های محاسباتی و ارتباطی شبکه دست می‌یابد. Xiao و همکارانش [۱۸] ابتدا مکانیزم اولین خدمت اول را با مکانیسم اشتراک زمانی در گره‌های محاسباتی مه جایگزین کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که الگوریتم سرقت کار مبتنی بر نظریه بازی از الگوریتم سرقت کار کلاسیک بهتر عمل می‌کند.

۳.روش پیشنهادی

در این تحقیق از قابلیت های اینترنت اشیا و نقش رله مشارکتی به منظور افزایش بازده و کاهش تاخیر شبکه مخابراتی استفاده شده است. رله مشارکتی (CoR[2]) تکنیکی است که در آن گرهها در برقراری ارتباط به یکدیگر کمک می کنند. یک گره بین منبع و مقصد اطلاعات را رله می کند و تنوع فضایی را فراهم می کند. CoR اثرات محو شدن، از دست دادن مسیر، پوشش کوچک و نسبت سیگنال به نویز کم را به منظور افزایش در دسترس بودن پهنای باند و استفاده طیفی بهبود می بخشد. به طور کلی، گرههای رله یا محدود به باتری هستند (یا طول عمر باتری محدودی دارند) یا بدون باتری هستند. بنابراین چرخه عمر آنها به چرخه عمر باتری بستگی دارد. از آنجایی که رله کردن داده ها مستلزم مصرف انرژی است، باتری یک گره رله سریعتر از یک گره غیررله تخلیه می شود. با این حال، در بسیاری از موارد، مانند حسگرهایی که در داخل بدن انسان استفاده می شوند، دستگاههایی که در داخل دیوار قرار می گیرند، یا گرههای که در یک محیط سمی قرار می گیرند، شارژ و تعویض باتری ها می تواند بسیار پرهزینه و غیرممکن باشد. برای این منظور، فرکانس رادیویی با برداشت انرژی گرههای رله را قادر می سازد تا سیگنالهای بی سیم دریافتی از نقطه دسترسی ترکیبی یا ایستگاه پایه را به توان الکتریکی تبدیل کنند تا تقویت شود. افزایش قدرت باتری گرهها اطلاعات بی سیم و انتقال توان همزمان که برای برداشت انرژی پیشنهاد شده است، می تواند به طور همزمان نیرو و اطلاعات را به منظور رمزگشایی اطلاعات و شارژ باتری ها با استفاده از همان سیگنال بی سیم انتقال بدهد. از آنجایی که سیگنال یکسانی هم برای انتقال نیرو و هم برای انتقال اطلاعات استفاده می شود، هیچ سیگنالی یا طیف اضافی برای انتقال انرژی یا انتقال اطلاعات مورد نیاز نیست، بنابراین انتقال توان همزمان کارایی طیفی را برای شبکه ها فراهم می کند. با توجه به شکل ۱ می توان دید در فناوری رله مشارکتی، علاوه بر انتقال داده، انتقال نیرو بر اساس پارامترهای شبکه به گرههایی با انرژی کمتر ارسال می شود. حل مسئله اصلی که در این میان مطرح است، یافتن گرههایی است که بیشترین نیاز را به افزایش انرژی در راستای افزایش طول عمر شبکه دارند. بدین منظور در روش پیشنهادی دو شرط اساسی برای یافتن چنین گرههایی اعمال شده است. شرط اول میزان انرژی باقیمانده در گره و شرط دوم فاصله آن تا حفره است.

[2] Coorporative Relay (CoR)

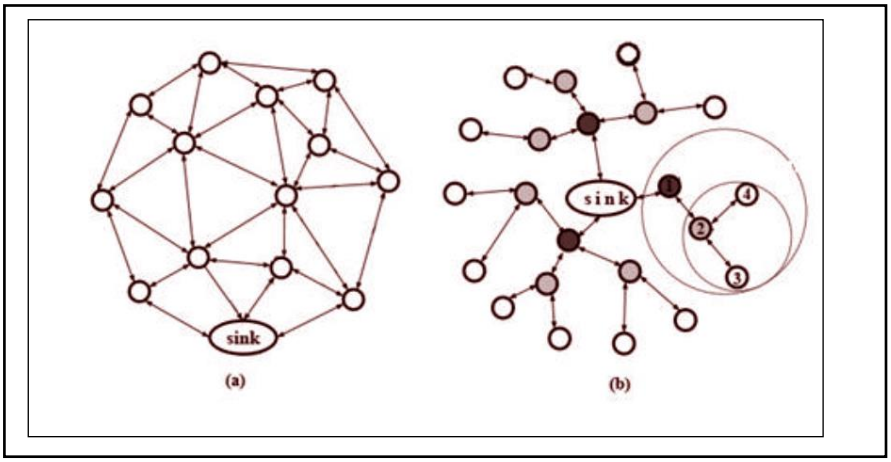


شکل ۱-شبکه بی سیم مجهز به فناوری رله مشارکتی

با توجه به اینکه در شبکه های بی سیم انتقال اطلاعات بر اساس رله و به صورت چندگامی صورت می گیرد، طبیعی است که میزان مصرف انرژی در گرههای نزدیک به حفره بیشتر از گرههای دورتر باشد. از این رو، افزایش انرژی در گرهای نزدیک به حفره می تواند طول عمر شبکه را افزایش بدهد. گرههایی که در نزدیکی حفره قرار دارند با توجه به میزان انرژی باقیمانده آنها مورد بررسی قرار می گیرند و در صورتیکه انرژی باقیمانده آنها کمتر از بقیه باشد، به عنوان گرهی برای افزایش انرژی و به اصطلاح رله مشارکتی، انتخاب می شوند.

۱-۳-مدل شبکه

بر اساس ویژگیهای اتصالات مسیریابی، توپولوژی شبکه های بی سیم مانند اینترنت اشیاء را می توان به دو دسته مسطح و سلسله مراتبی طبقه بندی کرد. همانطور که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، یک شبکه مسطح از یک گره دروازه و چندین گره مشترک تشکیل شده است. گرههای معمولی وضعیت و عملکرد یکسانی دارند. در پروتکلهای مسیریابی مسطح، این گرهها داده ها را مستقیما یا از طریق چندمرحله ای به گره دروازه منتقل می کنند. توپولوژی مسطح ساده و بسیار قوی است. با این حال، تمام گرهها در این توپولوژی نیاز به بروزرسانی جداول مسیریابی به طور منظم دارند، بنابراین شبکه مقیاس پذیری ضعیف و کارایی پایینی دارد. علاوه بر این، گرهها گاهی اوقات ممکنست انرژی را هدر بدهند زیرا هیچ رله ای در یک توپولوژی مسطح وجود ندارد.



شکل ۲-نمونه هایی از شبکه مسطح در برابر شبکه های سلسله مراتبی

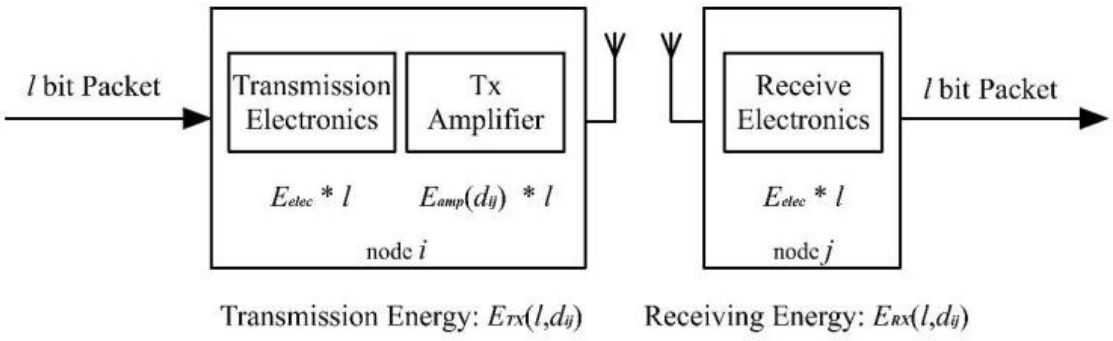
در یک شبکه توپولوژی سلسله مراتبی، گرهها به چندین ناحیه تقسیم می شوند. هر ناحیه از یک رله و چند گره حسگر تشکیل شده است. رله مسئول مدیریت ناحیه خود با مدیریت و جمع آوری اطلاعات از گره حسگر است و سپس داده های جمع آوری شده را به گره مرحله بعدی یا گره دروازه ارسال می کند. شکل ۲ (ب) نمونه ای از توپولوژی شبکه سلسله مراتبی را نشان می دهد که در آن ناحیه های بزرگ به چند ناحیه کوچک تقسیم می شوند و ناحیه های کوچک را می توان به زیرمجموعه های کوچکتر تقسیم کرد. فرآیند تقسیم تا زمانی که ناحیه ها شرایط خاصی را برآورده کنند، تکرار می شود. توپولوژی سلسله مراتبی دارای مزایای زیر است:

- با اجرای الگوریتم تجمیع داده های موثر، رله ها می توانند مقدار داده های اضافی و معیوب را کاهش دهند و در نتیجه مصرف انرژی را کاهش دهند.
- گرههای حسگر فقط باید با رله های خود ارتباط برقرار کنند. علاوه بر این، رله ها فقط باید با گرههای حسگر خود و مراحل بعدی ارتباط برقرار کنند. بنابراین، طرح مسیریابی سلسله مراتبی می تواند تعاملات غیرضروری بین گرهها را برای بهبود پایداری شبکه بهبود بخشد.

در روش پیشنهادی ، شبکه به چند ناحیه تقسیم می شود. در مرحله ارسال اطلاعات، تقسیم بندی به نواحی و مسیریابی بهینه به دروازه برای دور جاری بر اساس انرژی باقیمانده محاسبه شده، انجام می شود. سپس با توجه به مسیریابی و ناحیه بندی بهینه محاسبه شده، رله ها داده های گرههای حسگر را جمع آوری و تجمیع می کنند و داده های جمع آوری شده را طی مراحل متعدد به گره دروازه ارسال می کنند.

۲-۳-مدل انرژی

انرژی نقش مهمی در ساخت و بهره برداری از شبکه ها دارد زیرا چرخه حیات شبکه به انرژی باقیمانده هر گره حسگر بستگی دارد. گرههای حسگر انرژی محدودی دارند و باید مقداری از این انرژی را هنگام ارسال یا دریافت داده ها مصرف کنند برای محاسبه انرژی مصرفی گرهها، باید مدل مصرف انرژی مناسب را اتخاذ کنیم. در تحقیقات مربوط به مسیریابی در شبکه های اینترنت اشیاء، مدل رادیویی مرتبه اول رایج ترین مدل مصرف انرژی است و در بسیاری از روشها به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته شده است. بنابراین در این روش پیشنهادی، از مدل رادیویی مرتبه اول به عنوان مدل مصرف انرژی استفاده شده است که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-مدل مصرف انرژی

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در روش پیشنهادی مصرف انرژی در گرههای حسگر و در گره رله در زمان ارسال و دریافت اطلاعات در نظر گرفته شده است. از این رو مقدار انرژی لازم برای انتقال بسته های اطلاعاتی از گره i به گره j از معادله ۱ قابل محاسبه است.

معادله ۱

$$E_{TX}(l,d_{ij}) = E_{elec} * l + E_{amp}(d_{ij}) * l = \begin{cases} E_{elec} * l + \varepsilon_{fs} * l * d_{ij}^2 & if d_{ij} < d_0 \\ E_{elec} * l + \varepsilon_{mp} * l * d_{ij}^4 & if d_{ij} \geq d_0 \end{cases}$$

در معادله ۱،

Eelec انرژی مورد نیاز برای هدایت و کنترل اجزای الکترونیکی است Eamp (dij) .نشاندهنده انرژی مصرف شده توسط تقویت سیگنال هنگام انتقال داده های I بیتی است (I نشاندهنده تعداد بیتها در بسته اطلاعاتی است) fsε و mpε به ترتیب از فاکتورهای مدل فضای آزاد و مدل چندگامه هستند و d_0 آستانه فاصله که به صورت معادله ۲ محاسبه می شود:

معادله ۲

$$d_0 = \sqrt{\varepsilon_{fs}/\varepsilon_{mp}}$$

بر اساس معادله ۱، ETX (l, dij) به dij بستگی دارد که فاصله اقلیدسی بین گره i و گره j است. اگر فاصله dij کمتر از آستانه d_0 باشد، انتشار سیگنال بی سیم از مدل فضای آزاد پیروی می کند و انرژی انتقال مناسب با مربع dij است. در غیر این صورت، انتشار سیگنال بی سیم از مدل چند راهی پیروی می کند و انرژی انتقال متناسب با توان چهارم است.

۳-۳-فاصله بین گرهها

در شبکه اینترنت اشیاء در روشهای مسیریابی مبتنی بر ناحیه، گرههای حسگر، باید بسته ای از اطلاعات حس شده از محیط را به گره رله انتخاب شده در آن ناحیه ارسال کنند. هنگامی که گرههای هر ناحیه در اطراف گره رله قرار می گیرند. می توان نتیجه گرفت که فاصله بین گرهها به عنوان اعضای یک ناحیه و گره رله متعادل است و گره رله در وسط ناحیه قرار دارد و کمترین فاصله را با اعضای ناحیه خود دارد. به عبارت دیگر، اگر گره رله در وسط گرهها و اعضای ناحیه آن قرار گیرد، فاصله آن تا تمامی گرههای عضو ناحیه تقریبا برابر و حداقل فاصله خواهد بود. از این رو، انتقال داده در کوتاهترین فاصله در داخل ناحیه نیاز به مصرف انرژی کمتری دارد. مدل فاصله بین گرههای ناحیه از گره رله در معادله ۳ نشان داده شده است.

معادله ۳

$$D_{nc} = min\left(\sum_{m=1}^{M}\left(\sum_{n=1}^{N} d_{ij}\right)\right)$$

در معادله ۳، M تعداد گرههای رله در کل شبکه را نشان می دهد، N تعداد گرههای حسگر به عنوان عضو ناحیه مربوط با هر گره رله را نشان می دهد و dij فاصله مستقیم (اقلیدسی) بین گرههای رله تا گرههای عضو ناحیه است.

۴-۳-فاصله بین گرههای رله تا حفره

در روشهای مسیریابی که مبتنی بر ناحیه بندی هستند، گرههای رله داده های جمع آوری شده را تجمیع می کنند و پس از حذف اطلاعات تکراری، بسته های اطلاعاتی را به گره دروازه ارسال می کنند. به عبارت دیگر، گره رله یک مرحله پیش پردازش بر روی اطلاعات دریافتی از گره های اعضای ناحیه خود انجام می دهد تا بسته های معیوب و تکراری دریافت شده از گرهها را حذف کند. پس از آن مابقی اطلاعات که اطلاعات مفید هستند، به منظور نظارت بر محیط تحت پوشش به دروازه ارسال می شود. در روشهای پایه، انتقال اطلاعات از گرههای رله به گره دروازه به صورت مستقیم و یک مرحله ای انجام می شود و اطلاعات به صورت مستقیم

از هر گره رله در هر ناحیه در یک مرحله به دروازه ارسال می شود. این رویکرد باعث مصرف انرژی بالا و هدررفت انرژی در گرههای رله می شود. بنابراین، انتقال مستقیم اطلاعات به گره دروازه، تعادل مصرف انرژی را به هم می زند و طول عمر شبکه را کوتاه می کند. در این راستا، در روش پیشنهادی برای بهینه سازی مصرف انرژی در گرههای رله، در هر مرحله از انتقال اطلاعات بسته های اطلاعاتی به گرههای رله مجاور در جهت گره دروازه ارسال می شود. روش پیشنهادی سعی می کند مصرف انرژی را در گرههای رله با کارایی یک رویکرد چند مرحله ای متعادل کند. گرههای رله اطلاعات جمع آوری شده را به گره رله ای که به دروازه نزدیکتر است ارسال می کند. عیب این روش آنست که گرههای رله که در نزدیکی دروازه قرار دارند انرژی بیشتری مصرف می کنند. در روش پیشنهادی با توجه به انتخاب بهینه گره رله از میان گرههای عضو ناحیه نزدیک دروازه سعی بر این است که بر این مشکل غلبه کنیم. با این حال، اجتناب ناپذیر است که گرههای نزدیک به ناحیه زودتر از سایر گرههای شبکه انرژی خود را تمام کنند و یک مشکل همچنان باقی می ماند. گرههای رله از روش چندمرحله ای و غیرمستقیم برای ارسال داده های انباشته شده استفاده می کنند. در این شرایط، هر چه گره رله در یک ناحیه به دروازه نزدیکتر باشد، فاصله ارسال داده ها و در نهایت مصرف انرژی مربوطه کمتر می شود. مدلسازی فاصله بین گرههای رله و دروازه در معادله ۴ نشان داده شده است.

معادله ۴

$$D_{cs} = min \sum_{m=1}^{M} d_{jh}$$

در معادله ۴، djh فاصله مستقیم بین گره رله و دروازه است. در فرایند انتقال اطلاعات در هر گام از مسیریابی، گام بعدی بر اساس کمترین مقدار Dcs انتخاب می شود.

۵-۳-تابع ارزیابی پیشنهادی

کلید انتخاب گرههای رله مشارکتی این است که چگونه تابع تناسب را تعریف کنیم، یعنی چگونه کیفیت یک رله را اندازه گیری کنیم. هنگامی که تابع ارزیابی رله های بهینه را انتخاب می کند، باید عواملی برای طراحی یک تابع کارآمد برای ارزیابی کیفیت رله های مشارکتی بر اساس انرژی باقیمانده گرهها و میانگین فاصله تا حفره را در نظر بگیرد. لازم به ذکر است که تابع ارزیابی پیشنهادی نوع کمینه سازی است. از این رو مقدار تابع تناسب با بهینگی رله ها نسبت معکوس دارد. یعنی هر چه مقدار تابع ارزیابی کوچکتر باشد، بهینگی گره رله بیشتر است. در نهایت تابع ارزیابی روش پیشنهادی به صورت معادله ۵-۳ محاسبه می شود.

معادله ۵

$$\text{Min } g = \sum_{i,j=1}^{n} D_{ij} - \sum_{i=1}^{n} E_{res_i}$$

S.t.

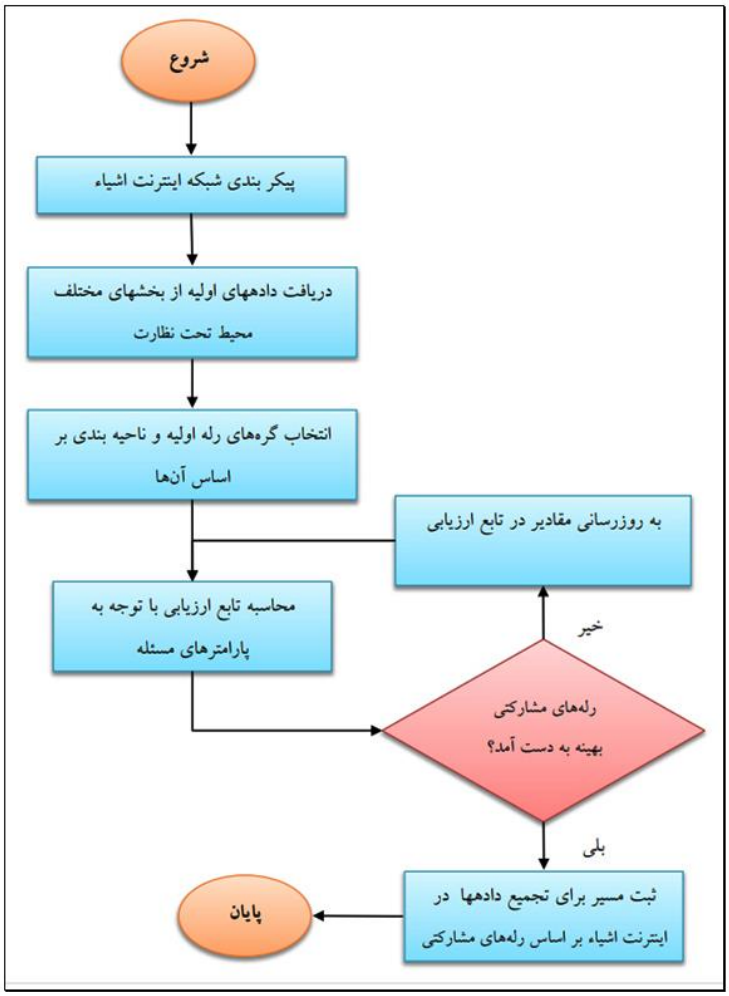
$$\sum_{i=1}^{n} D_{ij} \leq DS_i$$

$$\sum_{i,j=1}^{n} E_i \leq E_{Total}$$

در معادله ۵ داریم Di به عنوان گره منبع تا گام بعدی، DSi به عنوان فاصله تخمینی گام بعدی تا دروازه و Eresi انرژی باقیمانده از گره حسگر تعبیه شده در دستگاه می باشد. گره منبع در هر مرحله اقدام به محاسبه فاکتورهای فاصله تا گره همسایه، فاصله تا مقصد، انرژی باقیمانده از گره همسایه می پردازد و مقدار به دست آمده برای تابع ارزیابی را به ازای گرههای همسایه محاسبه می کند و بر این اساس اقدام به انتخاب گام بعدی می کند. در شکل ۴ فلوچارت روش پیشنهادی نشان داده شده است.

۴.پیاده سازی و ارزیابی نتایج

اجرای روش پیشنهادی را با پیکربندی اولیه گرههای حسگر بی سیم و توزیع گرهها در محیط مانیتور شده در نرم افزار متلب نسخه ۲۰۱۹ آغاز می کنیم و برای شبیه سازی شبکه اینترنت اشیا از جعبه ابزار آماده روش LEACH استفاده شده است. در این تحقی، محیط تحت نظارت را ۱۰۰ * ۱۰۰ در نظر گرفتیم که در آن ۱۰۰ گره حسگر به طور تصادفی پراکنده شده اند. تعداد حسگرها را می توان با توجه به سناریوهای مختلف تنظیم کرد و به منظور مقایسه روش پیشنهادی با سایر روشهای موجود در کارهای پیشین، می توان این تعداد را تغییر داد.



شکل ٤-فلوچارت روش پیشنهادی

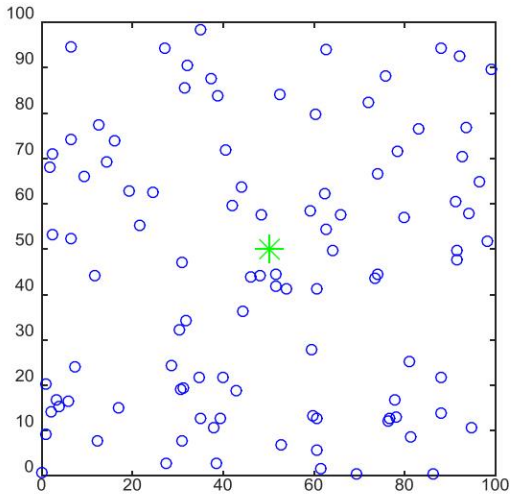
سایر پارامترهای مربوط به پیکربندی شبکه طبق استانداردهای ذکر شده در مقالات دیگر و مقاله بیس در نظر گرفته شده است. بنابراین محیط پیاده سازی در ابعاد ۱۰۰*۱۰۰ تنظیم می شود و برای اجرای سناریو مورد نظر از نرم افزار متلب استفاده می کنیم. پارامترهای شبکه حسگر بی سیم پیشنهادی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- پارامترهای تعریف شده برای شبکه حسگر بی سیم

پارامتر	مقدار
ابعاد شبکه	۱۰۰ * ۱۰۰
تعداد گرههای حسگر	۱۰۰
مختصات گره حفره	(50 , 50)
انرژی اولیه گرهها	0.5
انرژی اولیه گره حفره	50

ضریب مصرف انرژی در ارسال داده	$5 * 10^{8}$
ضریب مصرف انرژی در دریافت داده	$5 * 10^{8}$
ضریب مصرف انرژی در ارسال بسته مسیریابی	$1 * 10^{10}$
ضریب مصرف انرژی در ارسال بسته مسیریابی	$13 * 10^{13}$
ضریب مصرف انرژی در تجمیع داده	$5 * 10^{9}$
احتمال اولیه انتخاب گره حسگر به عنوان سرخوشه	0.01
حداکثر تعداد دورها	3500
طول بسته داده	۴۰۰۰
تعداد ارسال بسته در هر گام	۱۰
طول بسته مسیریابی	۱۰۰
برد رادیویی	۵۰۰۰

شکل ۵ پیکربندی اولیه شبکه حسگر بی سیم را بر اساس سناریوی پیشنهادی نشان می دهد.



شکل ۵–پیکربندی اولیه شبکه حسگر بی سیم در اینترنت اشیاء

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است شبکه اینترنت اشیا بر اساس توزیع گرهها و بر اساس برخی از پارامترهای مرتبط در جدول ۱ شکل گرفته است. این شبکه از ۱۰۰ گره حسگر با همان انرژی اولیه برابر با ۰.۵ ژول تشکیل شده است که در شکل با دایره های آبی کوچک نشان داده شده است. همچنین یک گره حفره در مرکز ناحیه مانیتور شده تعبیه شده است تا دسترسی گرههای حسگر بی سیم به این حفره راحتتر باشد. انرژی اولیه گره حفره بالاتر از سایر گرهها و برابر با ۱۰ ژول است. با توجه به اینکه گره حفره دائما با گرههای دیگر در ارتباط است طبیعی است که انرژی بیشتری مصرف می کند و برای این منظور انرژی اولیه گره حفره بالاتر در نظر گرفته می شود. در اولین گام از شبیه سازی برخی از گرهها به صورت تصادفی به عنوان رله انتخاب می شوند تا شبکه ناحیه بندی شود و بر این اساس ناحیه های ایجاد شده تعداد بهینه از گرههای رله مشخص شود. گرههای رله به صورت تصادفی انتخاب می شوند. پس از این مرحله شبکه ناحیه بندی می شود تا در هر ناحیه یک گره رله مشارکتی بر اساس تابع ارزیابی تعریف شده در فصل قبلی مشخص شود. گرههای رله مشارکتی در هر گام بررسی می شوند تا از میان گرههای رل موجود در شبکه انتخاب شده و در فرایند افزایش انرژی شرکت داده شوند. ناحیه بندی بر اساس فاصله گرهها از هم اتفاق می افتد. پس از این مرحله با انتقال اطلاعات امرژی مربوط به رله ها کاهش می یابد و گرههای رله مشارکتی با توجه به تابع ارزیابی در هر مرحله بررسی می شوند و در صورتی که گرهی نیاز به افزایش انرژی داشته باشد به عنوان گره رله مشارکتی انتخاب می شود. تابع ارزیابی نقش اصلی

در انتخاب گرههای رله مشارکتی دارد. از این رو مقادیر به دست آمده برای تابع ارزیابی به عنوان اهرمی برای انتخاب گرههای رله مشارکتی به کار می رود. تابع ارزیابی با همگرایی به سمت نقطه بهینه سعی در یافتن گرههای رله بهینه دارد. در شکل ۴-۴ همگرایی تابع ارزیابی پیشنهادی به سمت نقطه بهینه نمایش داده شده است.نتایج نشان می دهد تابع ارزیابی با همگرایی به سمت نقطه بهینه سعی در یافتن گرههای رله بهینه دارد.

۱-۴-ارزیابی روش پیشنهادی

پس از شبیه سازی شبکه های اینترنت اشیا و اعمال روش پیشنهادی بر روی یک سناریوی تصادفی در شبکه برای انتقال اطلاعات در این شبکه در نرم افزار متلب به ارزیابی کارایی روش پیشنهادی به منظور سنجش کیفیت این روش در شبکه های اینترنت اشیا می پردازیم. به منظور ارزیابی عملکرد، معیارهای زیادی وجود دارد که باید مورد بررسی قرار بگیرند. به عنوان مثال می توان به پوشش شبکه، تاخیر بسته های ارسالی، انرژی مصرفی گرهها، طول عمر شبکه، گذردهی شبکه و ... اشاره کرد. طبیعی است که هر تحقیقی در یکی از زمینه های شبکه های ارتباطی با هدف بهبود برخی از معیارها صورت گیرد، نمی تواند تمامی معیارها را باهم بهبود بخشد. در روش پیشنهادی با توجه به اهداف معرفی شده در فصل اول، به ارزیابی روش پیشنهادی از لحاظ فاکتورهای پوشش شبکه، انرژی مصرفی گرهها، طول عمر شبکه، گذردهی شبکه خواهیم پرداخت. نتایج نشان می دهد که، پوشش شبکه در روش پیشنهادی محاسبه شده است. پوشش شبکه عبارتست از تعداد خودروهایی در دسترس در شبکه در هر زمان از انتقال پیام در شبکه. به عبارت دیگر، نرخ شبکه تعداد خودروهایی است که به پیام های مسیریابی پاسخ می دهند و قابل دسترسی توسط گرههای مبدا می باشند و می توان انتقال اطلاعات به آن را انجام داد. در روش پیشنهادی، با توجه به استفاده از روش نزدیکترین همسایه بر اساس تابع تناسب چند هدفه به منظور ارسال اطلاعات به گره مقصد، در هر گام بهینه ترین خودرو برای ارسال اطلاعات انتخاب می شود. از این رو پوشش شبکه در روش پیشنهادی مقدار بالایی داشته و میانگین پوشش شبکه در طول شبیه سازی برابر با ۹۹.۴۵٪ می باشد. معیار دیگری که در روش پیشنهادی به منظور ارزیابی روش پیشنهادی مورد استفاده قرار می گیرد، انرژی مصرفی گرهها و طول عمر شبکه است. با توجه به اینکه در گرههای حسگر تعبیه شده در خودروها در شبکه بین خودرویی، انرژی گرههای حسگر پیشنهادی محدود است، ارسال اطلاعات موجب مصرف انرژی و اتمام انرژی گرههای حسگر می شود. با اتمام انرژی گرههای حسگر بی سیم تعبیه شده در خودروها، در روند انتقال اطلاعات و پوشش شبکه اختلال ایجاد می شود. با اتمام انرژی همه گرههای شبکه، طول عمر شبکه به پایان می رسد و عمل ارسال و دریافت بسته های اطلاعاتی مقدور نخواهد بود. بنابراین، در روش پیشنهادی به بررسی مصرف انرژی گرههای تعبیه شده در خودروها می پردازیم. نمودار میانگین مصرف انرژی در شبکه های بین خودرویی با توجه به نزدیکترین خودرو با بهینه ترین مقدار تابع ارزیابی برای ارسال اطلاعات در هر گام از انتقال اطلاعات، به صورت متوازنی افزایش می یابد. با توجه به اینکه ارسال داده ها در فواصل نزدیک موجب مصرف کمترین مقدار از انرژی گرههای حسگر می شود، بنابراین، در روش پیشنهادی با توجه به تابع تناسب مبتنی بر اهداف چندگانه، انرژی گرهها به صورت متوازنی مصرف می شود. از این رو، طول عمر شبکه به صورت نزدیک به بهینه افزایش خواهد یافت. طول عمر شبکه در روش پیشنهادی با توجه به انتخاب بهینه خودروها در هر گام ارسال اطلاعات، به صورت بهینه کاهش یافته و میانگین طول عمر شبکه ۹۴۱ دور انتقال اطلاعات در شبکه است. معیار دیگری که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته شده است، تعداد بسته های از دست رفته در شبکه است. زمانی که خودروی مبدا بسته های اطلاعاتی را به خودروی همسایه خود می فرستد، ممکنست برخی از پیامها با توجه به عوامل مختلف در بین راه از بین بروند و بسته ها به صورت ناقص به خودروی همسایه برسند. همچنین با توجه به اینکه با افزایش خودروها در همسایگی خودروی مبدا، تعداد پیامهای ارسالی افزایش می یابد، باید این پیامها در صف خودروی مبدا ذخیره شوند تا به نوبت مورد بررسی قرار گیرند. زمانی که تعداد این پیامها از اندازه صف بیشتر شود پیامهای مازاد از دست می رود و خودروی مبدا مجددا اقدام به ارسال پیام می نماید. این رخداد موجب افزایش تعداد بسته های از دست رفته و کاهش نرخ تحویل داده در شبکه بین خودرویی خواهد شد. نرخ بسته های از دست رفته را در شبکه های بین خودرویی در روش پیشنهادی با توجه به انتخاب نزدیکترین

خودروها با مقادیر تابع ارزیابی چند هدفه بهینه، نرخ بسته های از دست رفته با شیب ملایمی افزایش می یابد. با توجه نتایج می توان دید نرخ بسته های از دست رفته در شبکه بین خودرویی در روش پیشنهادی، مقادیر کمی داشته و میانگین نرخ بسته های از دست رفته در روش پیشنهادی برابر با ۰.۰۲۲۴ است.معیارهای دیگری که در روش پیشنهادی برای بررسی کیفیت روش پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است، نرخ تحویل داده ها در شبکه بین خودرویی است. نرخ تحویل داده ها در شبکه بین خودرویی به صورت نسبت بسته های اطلاعاتی تحویل داده شده به خودروی مقصد بر بسته های ارسال شده توسط خودروی مقصد است. روش پیشنهادی با توجه به استفاده از روش انتقال اطلاعات در شبکه بین خودرویی بر اساس نزدیکترین همسایه با استفاده از تابع تناسب چندگانه، ارسال داده ها بین خودروها در نزدیکترین فاصله انجام می گیرد و همین امر موجب کاهش نرخ از دست دادن بسته های اطلاعاتی و افزایش نرخ تحویل داده در شبکه بین خودرویی بر اساس روش پیشنهادی است. نرخ تحویل داده ها در روش پیشنهادی با توجه به استفاده از روش نزدیکترین همسایه مبتنی بر تابع تناسب چندهدفه بر اساس پارامترهای اساسی در شبکه، مقدار بالایی دارد. با توجه به نتایج می توان دید که بیشتر بسته های ارسالی با موفقیت به گره مقصد رسیده است. بر این اساس میانگین نرخ تحویل داده ها در روش پیشنهادی برابر با ۰.۹۵.۵٪ است. این مقدار برای نرخ تحویل داده ها در شبکه های بین خودرویی، نشاندهنده انتقال داده ها در مکان و زمان مناسب بین خودروهای بهینه است. معیار دیگری که در روش پیشنهادی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است و یکی از معیارهای حیاتی برای روش پیشنهادی محسوب می شود، تاخیر انتقال بسته های اطلاعاتی در شبکه های ارتباطی بین خودرویی است. تاخیر انتقال داده ها در این شبکه ها از تاخیر پایانه به پایانه در هنگام ارسال داده ها حاصل می شود. روش پیشنهادی با توجه به استفاده از رویکرد نزدیکترین همسایه بر اساس تابع تناسب چند هدفه بر پایه بهینه سازی پارامترهای اساسی در شبکه، در هر گام از انتقال اطلاعات سعی در انتخاب نزدیکترین خودرو به خودروی حامل پیام می کند. از سوی دیگر با توجه به اینکه تاخیر بسته های اطلاعاتی به عنوان یکی از پارامترهای بهینه سازی در تابع ارزیابی پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است، روش پیشنهادی در هر مرحله سعی در بهینه سازی تاخیر دارد. از این رو، تاخیر انتقال بسته های اطلاعاتی در روش پیشنهادی مقدار نزدیک به بهینه خواهد داشت. نمودار تاخیر انتقال بسته های اطلاعاتی در روش پیشنهادی با توجه به افزایش مسیرهای انتقال اطلاعات، به صورت خطی افزایش یافته است. همانطور که اشاره شد روش پیشنهادی با توجه به بهینه سازی تاخیر پایانه به پایانه در هر گام از انتقال اطلاعات، در نهایت برای سناریوی پیشنهادی ۰.۰۱۱ ثانیه تاخیر برای انتقال بسته های اطلاعاتی داشته است .

۲–۴--مقایسه کارایی روش پیشنهادی با روشهای دیگر

پس از پیاده سازی و ارزیابی روش پیشنهادی، به منظور اعتبارسنجی عملکرد روش پیشنهادی نیاز به مقایسه آن با سایر روشهایی است که در زمینه مسیریابی شبکه های اینترنت اشیاء پیشنهاد شده اند. شبکه های اینترنت اشیاء با توجه به اهمیت پخش اطلاعات و مسیریابی در جاده به منظور ایجاد بستری مناسب و امن برای رانندگی مورد توجه قرار گرفته شده اند. در این تحقیق، روش پیشنهادی با استفاده از معیارهای نرخ تحویل داده ها و تاخیر انتقال داده ها با روشهای دیگر مقایسه شده است. روش پیشنهادی با توجه به انتخاب گرههای بعدی در هر گام بر اساس نزدیکترین فاصله و بهینه سازی پارامترهای اساسی در شبکه، انتقال داده ها در بین نزدیکترین همسایه ها صورت می گیرد. از این رو نرخ از دست رفتن داده ها مقدار نزدیک به بهینه داشته و در مقایسه با سایر روشهای پیشین نرخ تحویل داده بالاتری دارد. معیار دیگری که در شبکه های اینترنت اشیاء بسیار حائز اهمیت است، تاخیر ارسال بسته های اطلاعاتی بین خودروهاست. نتایج بدست آمده نشاندهنده این است که در همه این معیارها، روش پیشنهادی کارایی بهتری داشته است.

۵.نتیجه گیری و پیشنهادات

رله مشارکتی مجهز به برداشت انرژی از زمینه های تحقیقاتی جدید است. گرههای رله که دستگاههایی با انرژی محدود هستند، برای ارائه عملکرد بهتر و افزایش طول عمر نیاز به برداشت انرژی بی سیم دارند. به طور خاص، زمانی که منبع تغذیه اصلی قابل

دسترسی نباشد، یک راه راحت برای رله ها استفاده از انرژی خودپایدار است. خوشبختانه رله مشارکتی با محدودیت توان می تواند با برداشت انرژی همراه شود که انگیزه یک دوره نوآورانه از تحقیقات دانشگاهی است و فناوری بی سیم را متحول می کند و همچنین تضمین می کند که قابلیت اطمینان در ارتباطات داده در عین حفظ قدرت به دست آید و پیچیدگی و هزینه به حداقل برسد. در این تحقیق، از قابلیت های اینترنت اشیاء و نقش رله مشارکتی برای افزایش بازده و کاهش تاخیر شبکه مخابراتی استفاده شده است. روش پیشنهادی با استفاده از نرم افزار متلب پیاده سازی شد و نتایج ارزیابی با استفاده از معیارهای مختلفی مانند مدت زمان تاخیر در ارسال بسته ها از یک پایانه به پایانه دیگر، نرخ ارسال بسته ها و ... نشان داد که روش پیشنهادی کارایی بالاتری در مقایسه با کارهای دیگر دارد .

به منظور ارائه پیشنهادات کارهای آتی در ادامه این تحقیق می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از روشهای بهینه فرااکتشافی در راستای یافتن گرههای رله مشارکتی

مراجع

or LTE mobility
ing Conference
IC). IEEE, 2021.

[2] Ren, G., Qu, H., Zhao, J., Shi, Y., & Zhang, Y. (2019). On the Analysis of Content Dissemination with Reactive Content Pushing in Cache-Enabled D2D Networks. Wireless Personal Communications, 106(2), 401-422.

[3] Liu, D., Chen, B., Yang, C., & Molisch, A. F. (2016). Caching at the wireless edge: design aspects, challenges, and future directions. IEEE Communications Magazine, 54(9), 22-28.

[4] Sanislav, T., Mois, G. D., Zeadally, S., & Folea, S. C. (2021). Energy harvesting techniques for internet of things (IoT). IEEE Access, 9, 39530-39549.

[5] Hossain, M. A., Noor, R. M., Yau, K. L. A., Ahmedy, I., & Anjum, S. S. (2019). A survey on simultaneous wireless information and power transfer with cooperative relay and future challenges. IEEE access, 7, 19166-19198.

[6] Melgarejo, D. C., Moualeu, J. M., Nardelli, P., Fraidenraich, G., & da Costa, D. B. (2019, August). GFDM-based cooperative relaying networks with wireless energy harvesting. In 2019 16th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS) (pp. 416-421). IEEE.

[7] Zhang, H., Song, L., & Zhang, Y. J. (2018). Load balancing for 5G ultra-dense networks using device-to-device communications. IEEE Transactions on Wireless Communications, 17(6), 4039-4050.

[8] Li, L., Xu, Y., Yin, J., Liang, W., Li, X., Chen, W., & Han, Z. (2019). Deep reinforcement learning approaches for content caching in cache-enabled D2D networks. IEEE Internet of Things Journal, 7(1), 544-557.

[9] Chen, M., Wei, X., Gao, Y., Huang, L., Chen, M., & Kang, B. (2020, June). Deep-broad Learning System for Traffic Flow Prediction toward 5G Cellular Wireless Network. In 2020 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC) (pp. 940-945). IEEE.

[10] Attiah, K., Banawan, K., Gaber, A., Elezabi, A., Seddik, K., Gadallah, Y., & Abdullah, K. (2020, January). Load balancing in cellular networks: A reinforcement learning approach. In 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (pp. 1-6). IEEE.

[11] Summakieh, M. A., Tan, C. K., El-Saleh, A. A., & Chuah, T. C. (2019). Improved load balancing for lte-a heterogeneous networks using particle swarm optimization. International Journal of Technology, 7, 1407-1415.

[12] Sharma, S. K., & Wang, X. (2019). Toward massive machine type communications in ultra-dense cellular IoT networks: Current issues and machine learning-assisted solutions. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 22(1), 426-471.

[13] Seo, Hyowoon, Jun-Pyo Hong, and Wan Choi. "Low latency random access for sporadic MTC devices in Internet of Things." IEEE Internet of Things Journal 6.3 (2019): 5108-5118.

[14] Velasquez, Karima, et al. "Service placement for latency reduction in the internet of things." Annals of Telecommunications 72.1 (2017): 105-115.

[15] Shukla, Saurabh, et al. "Architecture for latency reduction in healthcare internet-of-things using reinforcement learning and fuzzy based fog computing." International Conference of Reliable Information and Communication Technology. Springer, Cham, 2018.

[16] Shukla, Saurabh, et al. "A 3-tier architecture for network latency reduction in healthcare internet-of-things using fog computing and machine learning." Proceedings of the 2019 8th International Conference on Software and Computer Applications. 2019.

[17] Adil, Muhammad, et al. "EnhancedAODV: a robust three phase priority-based traffic load balancing scheme for internet of things." IEEE Internet of Things Journal (2021).

[18] Xiao, Hongyu, Zhenjiang Zhang, and Zhangbing Zhou. "GWS—a collaborative load-balancing algorithm for Internet-of-Things." Sensors 18.8 (2018): 2479.