Scientific Journal of Electronic & Cyber Defense
Vol. 11, No. 4, Winter 2024, Serial No. 44
ISSN: 2322-4347 , E-ISSN: 2980-8979

A Routing Method In IoT Networks Based On Fuzzy Logic And Clustering For Intelligent Transportation

Mehdi Azizi*, Amir Naseri
*Assistant Professor, Imam Hossein Comprehensive University (AS), Tehran, Iran

(Received: 2023/08/28, Revised: 2023/11/01, Accepted: 2023/11/24, Published: 2024/01/18)

DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224347.1402.11.4.11.8

ABSTRACT

This research has been done with the aim of providing a routing method in Internet of Things networks based on fuzzy logic and clustering for the use of smart transportation. Today, transportation is one of the basic issues and major problems in cities and this issue bigger cities such as Tehran have become an important concern, hence transportation systems have been created and expanded. But rapid population growth, migration to cities, increasing car ownership and the use of personal vehicles are the challenges that urban transportation systems are facing. Meanwhile, passenger transportation systems can play a significant role in improving the city's traffic situation. Cluster-based routing protocols are one of the most important ways to reduce energy consumption in wireless sensor networks. In this thesis, a new clustering protocol using bee colony optimization algorithm is presented and a new method to reduce energy consumption and. Lifetime improvement in wireless sensor network routing includes three stages of clustering sensor nodes into a number of clusters using fuzzy clustering algorithm, selecting optimal cluster heads and data transmission. The results of implementing the proposed method and comparing its performance with other methods the former showed the proper performance of this method in this field .

Keywords: Routing, Fuzzy Logic, Clustering, Internet of Things, Bee Colony Algorithm.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

*Corresponding Author Email: mahdiazizi@ihu.ac.ir

نشریه علمی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال یازدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، ص۱۳۳-۱۴۳
شاپا الکترونیکی: ۸۹۷۹-۲۹۸۰ شاپا چاپی: ۴۳۴۷-۲۳۲۲

علمی – پژوهشی

یک روش مسیریابی در شبکه‌های اینترنت اشیا مبتنی بر منطق فازی و خوشه‌بندی برای کاربرد در حمل‌ونقل هوشمند

دکتر مهدی عزیزی [۱]، امیر ناصری *[۲]

۱. استادیار،دانشگاه جامع امام حسین (ع) ، تهران، ایران ۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال،تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۳، انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۲۸)
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224347.1402.11.4.11.8

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) نویسندگان

چکیده

امروزه حمل‌ونقل یکی از موضوعات اساسی و مشکلات بزرگ در شهرها است و این مسئله در شهرهای بزرگ‌تر مانند شهر تهران به یک دغدغه مهم تبدیل شده است. ازاین‌رو سامانه‌های حمل‌ونقل به وجود آمده و گسترش پیدا کرده است. اما رشد سریع جمعیت، مهاجرت به شهرها، افزایش مالکیت خودرو و استفاده از وسایل نقلیه شخصی چالش‌هایی هستند که سیستم‌های حمل‌ونقل شهری با آن مواجه هستند. دراین‌بین سیستم‌های حمل‌ونقل مسافر می‌تواند نقش بسزایی در بهبود وضع ترافیکی شهر داشته باشد. پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه یکی از مهم‌ترین راه‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در سیستم‌های حمل‌ونقل می‌باشد. در این مقاله، یک پروتکل خوشه‌بندی جدید با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی زنبورعسل ارائه شده که روشی نوینی برای کاهش مصرف انرژی و بهبود طول عمر شبکه می‌باشد. مسیریابی شبکه حسگر بی‌سیم شامل سه مرحله خوشه‌بندی گره‌های حسگر به تعدادی خوشه با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی، انتخاب سرخوشه‌های بهینه و انتقال داده می‌باشد. نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی و مقایسه عملکرد آن با روش‌های پیشین در این حوزه عملکرد مناسب این روش را نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: پرتکل مسیریابی، منطق فازی، خوشه‌بندی، اینترنت اشیا، الگوریتم کلونی زنبورعسل.

۱- مقدمه

امروزه استفاده از فناوری های جدید در خودرو به یک ضرورت برای خودروسازان جهان تبدیل شده است. از یک سو، سخت‌گیرانه‌تر شدن تعهدات قانونی و از سوی دیگر افزایش انتظارات مشتریان، شرکت‌های خودروسازی را به برنامه‌ریزی جامعی برای توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته برای به دست آوردن سهم بیشتری از بازار، در پیش گرفته است. تغییرات توپولوژی ناگهانی و وقفه های ارتباطی پی در پی در چنین شبکه هایی، طراحی و ارائه یک پروتکل کارآمد برای مسیریابی بین وسایل نقلیه یا بین وسایل نقلیه و زیر ساخت جاده در چنین شبکه هایی را به یک کار بسیار دشوار تبدیل می کند[۲-۴]. پروتکل های موجود کارایی لازم برای رویارویی با انواع سناریوهای مختلف را ندارند، بنابراین ارائه یک پروتکل مسیریابی مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به طور کلی، شبکه های VANET[۱] را می توان به‌عنوان نمونه ای خاص از شبکه های MANET[۲] در نظر گرفت که در آن ارتباط بی سیم بین خودروها و تجهیزات کنار جاده برقرار می شود[۴]. چنین شبکه هایی، شبکه های مستقل و خودسازمان دهی هستند که در آن هر گره می تواند نقش سرور یا کلاینت را در انتقال اشتراک گذاری داده ها ایفا کند. معماری شبکه را می توان به سه شاخه سلولی محض[۳] موردی محض[۴] و ترکیبی تقسیم کرد. تحقیقات زیادی در رابطه با شبکه های VANET انجام شده است که از آن جمله می توان به COMCAR و DRIVE و FleetNet و NoW(Network on Wheels) و CarNet اشاره نمود[۵و۶].

*Corresponding Author E-mail:mahdiazizi@ihu.ac.ir

[1] Vehicular Ad-hoc Network
[2] MANET (Mobile Ad Hoc Network)
[3] Pure Cellular
[4] Pure ad hoc

VANET دارای ویژگی های خاصی است که آن را از MANET مجزا می کند .یکی از تفاوت های اصلی بین این دو در توپولوژی پویای آن است. فرض کنید دو ماشین در این شبکه با سرعت بیست متر در ثانیه حرکت می کنند و برد گیرنده های رادیویی فقط صد و شصت متر است. در این صورت ارتباط این دو خودرو تنها به مدت هشت ثانیه (۸ = ۱۶۰/۲۰) برقرار می شود و پس از این مدت ارتباط بین این خودروها قطع می شود.

بر اساس گزارشاتی که در سالهای اخیر توسط IoT Analytics ارائه شده، مبحث شهر هوشمند بیشترین تعداد پروژه‌ها را در کل جهان به خود اختصاص داده است. طبق گزارش ایشان، اطلاعات حدود ۱۶۰۰ پروژه واقعی و جدی سازمان‌های موجود در جهان جمع‌آوری و بررسی و طبقه‌بندی شد و یک بانک اطلاعاتی نسبتاً جامع از گرایشات اخیر فناوری در حوزه IoT تشکیل یافت. رتبه‌بندی پروژه‌های IoT بر طبق گزارش در شکل زیر قابل مشاهده است[۷]

شکل (۱). رتبه‌بندی پروژه‌های **IoT** طبق گزارش **IoT Analytics**

[۷]

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، عمده پروژه‌های *IoT* در شهر هوشمند (۳۶۷ پروژه) و پس از آن صنعت متصل (۲۶۵) و ساختمان‌های متصل (۱۹۳) قرار دارند. مبحث شهر هوشمند رتبه اول را در بین گرایشات فناوری عصر حاضر به خود اختصاص داده‌است[۷].

بر طبق گزارش دیگری از IoT Analytics، حوزه‌های کاربردی اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفته است:

شکل (۲). رتبه‌بندی حوزه‌های کاربرد **IoT** طبق گزارش **IoT Analytics** [۸]

بر اساس آخرین تجزیه و تحلیل سال ۲۰۲۰ بر مبنای ۱۴۱۴ پروژه واقعی اینترنت اشیاء که نتایج آماری آن در شکل (۲) قابل مشاهده است، کماکان بخش‌های تولیدی - صنعتی رتبه اول را در کاربرد عظیم اینترنت اشیاء در جهان به خود اختصاص داده است. حمل‌ونقل - تحرک، دومین حوزه کاربرد بزرگ اینترنت اشیاء در سال ۲۰۲۰ است[۸].

سیستم حمل‌ونقل هوشمند ۵ به‌عنوان بخشی از شهر هوشمند، به نوبه خود، اهمیت و توجه بالایی را به خود جلب کرده است. اینترنت اجتماعی وسایل نقلیه به‌عنوان پیشروترین شبکه وسایل نقلیه، شکل ویژه‌ای از سیستم حمل‌ونقل هوشمند است که به‌عنوان یک پیرو از اینترنت اجتماعی اشیا ۶ ارائه شده است. طبیعتاً موجودیت اصلی آن، وسایل نقلیه هستند که با برقراری ارتباط اجتماعی بر پایه اینترنت، منجر به اشتراک اطلاعات، افزایش قابلیت‌ها و اطمینان قابل‌توجهی از صحت عملکرد در حمل‌ونقل خواهند شد[۹و۱۰].

امروزه دیگر نمی‌توان وسایل نقلیه را فقط به‌عنوان سیستم‌های مکانیکی تلقی کرد؛ بلکه در حال حاضر وسایل نقلیه به طور فزاینده‌ای متصل و نزدیک به رایانه‌ها هستند و امکان همگام‌سازی با دستگاه‌های هوشمند اطراف از جمله تلفن‌های همراه، سیستم‌های بروز رسانی‌های مرتبط با هواشناسی و ناوبری و سیستم‌های اطلاع‌رسانی موارد امنیتی و زیرساخت‌های هوشمند اطراف را دارند. بی شک قابلیت اتصال و هوشمندسازی وسایل نقلیه، مزایای بارزی را برای مسافر و راننده و به‌صورت کلی برای یک شهر هوشمند ایجاد می‌کند. بااین‌حال این موضوع فرصت‌های بیشتری را نیز برای هکرها در دسترسی، نفوذ، اختلال و ربودن وسایل نقلیه فراهم می‌کنند و در نتیجه زندگی راننده، مسافر و عابر پیاده می در معرض خطر قرار می‌دهند ۱۰ و ۱۱ .

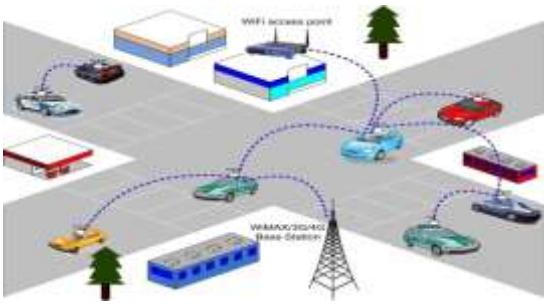
طراحی و توسعه یک شبکه خودرویی و گسترش آن، چندین چالش به همراه دارد از جمله: مدیریت اعتماد، عدم مرکزیت، گسترش‌پذیری، پویایی، امنیت، حفظ حریم خصوصی، قابلیت اطمینان، مدیریت روابط اجتماعی و غیره[۱۰].

در این روش در ابتدا با بازنمایی گرافی شبکه و سپس با تعریف یک تابع بهینه‌سازی گره‌های واسط نهایی جهت انجام مسیریابی انتخاب می‌شوند. انتخاب بهینه گره‌های واسط مسیریابی این امکان را فراهم می‌سازد که گره‌های واسط به‌صورت دقیق‌تر انتخاب شوند که این موضوع سبب افزایش دقت الگوریتم مسیریابی و کاهش تأخیر در انتقال اطلاعات خواهد شد. در مرحله بعد با استفاده از تئوری فازی و خوشه‌بندی مبتنی بر منطق فازی، داده‌های خوشه‌های مختلف به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود و در نهایت با استفاده از معیار مرکزیت و اولویت‌بندی گره‌ها در خوشه‌های مختلف، گره‌های سرخوشه

مشخص می‌شوند. در مرحله آخر با استفاده از گره‌های سرخوشه مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی به‌صورت سلسله‌مراتبی صورت می‌گیرد. این روش به علت استفاده از خوشه‌بندی مبتنی بر اولویت و استفاده از منطق فازی نسبت به روش‌های پیشین دارای برتری است. در این روش نسبت به مقاله پایه ۱ دارای این برتری است که گره‌ها در زمان خوشه‌بندی بر اساس اولویت دسته‌بندی‌شده و در واقع یک روش سلسله‌مراتبی مبتنی بر اولویت برای مسیریابی ارائه می‌شود.

۲ – مفاهیم اساسی و پیشینه پژوهش

به‌طورکلی، شبکه‌های بین خودرویی را می‌توان نمونه‌ای خاص از شبکه‌های MANET در نظر گرفت که در آن ارتباط بی‌سیم بین خودروها یا بین خودروها و تجهیزات کنار جاده وجود دارد (شکل ۳).

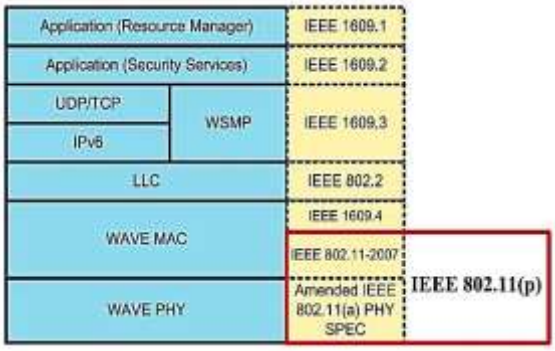


شکل (۳). شمایلی کلی از شبکه‌های بین خودرویی (**VANET**)

در مدل پیشنهادی، تراکم ترافیک جاده‌ای با درنظرگرفتن پارامترها، یعنی سرعت متوسط ، میزان انتشار آلاینده‌ها و ورودی‌های انسانی در زمان واقعی از جمعیت تعیین شده است.

۲-۱. استاندارد ارتباطی شبکه های وسایل نقلیه:

استاندارد DSRC به هفت باند فرکانسی ده مگاهرتز تقسیم می‌شود(شکل ۴). باند فرکانس ۱۷۸ برای کنترل سایر باندهای فرکانسی برای اطمینان از برقراری ارتباط امن در شبکه استفاده می‌شود. همچنین دو باند فرکانسی برای ارسال و دریافت اطلاعات در نظر گرفته شده است. IEEE چهار استاندارد را برای شبکه‌های ad hoc خودرو منتشر کرده است ۱ .



شکل (۴). پشته پروتکلی استاندارد **IEEE 1609** و مقایسه با **WAVE**

۱.IEEE 1609: برای مدیریت منابع WAVE (Wireless Access for Vehicular Environments) مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۲.IEEE 1609: استانداردهای امنیتی شبکه‌های اقتضایی وسایل نقلیه را بیان می‌کند و شامل فرمت‌های پیغام‌ها، فرآیندهای و تغییرات است.

۳.IEEE 1609: سرویس‌های مسیریابی و انتقال و نحوه استفاده از *IPv6* را توضیح می‌دهد.

۴.IEEE 1609: مشخصات کانال‌ها روی استاندارد DSRC را مشخص می‌کند. از پروتکل تغییریافته 802.11 *a* به نام p 802.11 برای لایه *MAC* استفاده می‌کند و از CSMA/CA به‌عنوان برنامه دسترسی رسانه انتقال سود می‌برد. در حقیقت، پروتکل 802.11 *p* با استفاده از مدولاسیون FDM و درنظرگرفتن سرعت خودروها و جابه‌جایی سریع آن‌ها، حداکثر محدوده پوشش‌دهی امواج رادیویی را مشخص کرده و یک دامنه چندکیلومتری را سیگنال‌دهی کند.

مهم‌ترین قسمت شبکه‌های وسایل نقلیه، اطلاعاتی است که از اعمال وضعیت خودرو و محیط خارجی به راننده و کنترلر یا عکس، دستورات راننده یا سایر خودروها به دست می‌آید که باید در قسمت‌های مختلف مورداستفاده قرار گیرد.

به طور خلاصه، شبکه‌های وسایل نقلیه ad-hoc دارای سه کاربرد اصلی و خاص هستند: امنیت، راحتی و کاربردهای تجاری. قابلیت‌های ذاتی شبکه‌های موقت، مانند برد کوتاه، سرعت بالا در شکل‌گیری شبکه و تغییر توپولوژی و ارسال سیگنال از مبدأ به مقصد، بهترین روش برای ملاحظات ایمنی خودرو و ترافیک است.

۲-۲. اهداف کلی سیستم پیشنهادی به صورت زیر بیان می شود :

۱ – ارائه یک روش مسیریابی جدید جهت بهبود مسیریابی خودروها در بستر شبکه اینترنت اشیاء: در این مقاله یک پروتکل مسیریابی برای انتقال داده و همچنین مسیریابی خودروها در شبکه اینترنت اشیاء ارائه می شود. در روش پیشنهادی با استفاده از مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی یک روش جدید برای مسیریابی ارائه شده که در آن، ابتدا گره های شبکه که همان خودروها هستند به تعدادی خوشه تقسیم بندی شده و سپس با استفاده از مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی، مسیریابی از مبدأ به مقصد انجام می گیرد.

۲– ارائه یک چارچوب مناسب جهت ارتباط خودروها در بستر اینترنت اشیاء: در روش پیشنهادی با استفاده از ارائه پروتکل مورد نظر انتقال اطلاعات در شبکه انجام می شود و سپس مسیریابی در شبکه انجام می گیرد. در واقع با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی، سرخوشه های

مسیریابی تعیین شده و با استفاده از این سرخوشه ها مسیریابی از مبدأ به مقصد انجام می گیرد.

۳- استفاده از خوشه‌بندی فازی جهت بهبود عملکرد مسیریابی در شبکه اینترنت اشیاء : روش های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی جز روش های کار در مسیریابی خودروها در شهر هوشمند می باشند . در این مقاله از این تکنیک ها برای مسیریابی استفاده می شود .

۴- ارائه یک معیار چند هدفه جهت بهبود عملیات مسیریابی و کاهش زمان انتظار خودروها در شبکه شهر هوشمند: در این مقاله از ترکیب چند هدف عمده کاهش زمان تأخیر انتقال ، افزایش بازدهی و کاهش زمان انتظار خودرها جهت بهبود عملیات مسیریابی استفاده می شود. در روش های پیشین تنها یک هدف در نظر گرفته شده است اما مزیت این روش چند هدفه بودن آن است.

ماکادو و همکارانش معتقدند که اینترنت اشیاء می‌تواند توسط دانشگاه‌ها، صنایع، شهروندان و دولت در برنامه‌های کاربردی، مراقبت‌های بهداشتی، نظارت بر محیط‌زیست و ساختمان‌های هوشمند **مورداستفاده** قرار گیرد. اینترنت اشیاء اتصال شبکه‌ای را بین دستگاه‌های هوشمند در هر زمان، هر مکان و در مورد هر چیزی فراهم می‌کند. در این زمینه، شبکه‌های حسگر بی‌سیم نقش مهمی در افزایش حضور خود در همه‌جا خواهند داشت. بااین‌حال، گره‌های حسگر از نظر انرژی، پردازش و حافظه محدود هستند. همچنین رادیوها خیلی قدرتمند نیستند و ممکن است در حین انتقال تداخل ایجاد کنند. در این مقاله، یک پروتکل مسیریابی *REL* برای *IoT* برای بهبود قابلیت اطمینان و بهره‌وری انرژی پیشنهاد شده است. طبق بررسی‌ها و آزمایش‌های شبکه‌های بزرگ و کوچک، نتایج مثبتی از *REL* دریافت کردند که باعث افزایش طول عمر شبکه و همچنین دردسترس‌بودن و کیفیت بالای خدمات در اینترنت اشیاء می‌شود [۱۲].

بسلی و همکارانش بر این باورند که امنیت در اینترنت اشیاء، امن ترین پروژه با هدف **ارائه** راه حلی جامع برای ایمن سازی افراد و زیرساخت های حیاتی است. آنها یک سیستم توزیع شده با استفاده از شبکه های حسگر ناهمگن طراحی کردند که می تواند طیف گسترده ای از سیگنال های ورودی مانند دوربین، *PIR*، رادار مغناطیسی، لرزه ای صدا را دریافت کند[۱۳].

مالل و همکارانش می‌گویند **اینترنت** اشیاء چشم‌اندازی را توصیف می‌کند که در آن اشیاء ناهمگون مانند رایانه‌ها، حسگرها، شناسایی فرکانس رادیویی (*RFID*) یا تلفن‌های همراه می‌توانند به لطف یک طرح آدرس *IP* مشترک، برای دستیابی به اهداف مشترک به طور مؤثر ارتباط برقرار کرده و همکاری کنند. این مقاله بر قابلیت اطمینان برنامه های اضطراری تحت فناوری *IoT* تمرکز دارد. **موفقیت** این برنامه به انتقال داده ها از بسیاری از اشیاء پراکنده به یک یا چند شی بدون از دست دادن بسته بستگی دارد. بنابراین، شبکه ای که با ارائه مکانیزمی کارآمد برای توزیع اطلاعات، خود انطباق پذیر و عیب پذیر است، مورد مطالعه قرار گرفته است. آنها مکانیزم کارآمد انرژی به نام *AJIA* را برای بازیابی از دست دادن بسته ها و ارزیابی کیفیت مسیر در اینترنت اشیاء پیشنهاد کردند[۱۴].

کمپ و همکارانش در حال بررسی نقش قابلیت اطمینان در تخصیص، نمایش و مدیریت اشیاء در دنیای فیزیکی هستند. برای دستیابی به مدیریت صحیح شبکه، آنها مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها را برای معماری صحیح و بهبود قابلیت اطمینان انتقال بسته و افزایش طول عمر شبکه ارائه کردند [۱۵].

اگوچی و همکارانش در نظر گرفتند که هر جسم فیزیکی می‌تواند به‌عنوان یک شیء هوشمند زندگی کند. این مقاله به *EIA* می‌پردازد و میزان موفقیت کنترل اشیاء هوشمند را بررسی می‌کند [۱۶].

Perera و همکاران اشاره کردند که باتوجه‌به ظهور روزافزون حسگرها، رابط‌ها و دستگاه‌های تلفن همراه و توسعه نرم‌افزار، لازم است **روش** جدیدی برای بسته‌بندی حفاظت از حسگرهای مبتنی بر موبایل ارائه شود. آنها استفاده از حسگر جهانی *GSN* را پیشنهاد کردند [۱۷].

گوبیا و همکارانش یک چشم انداز ابرمحور برای پیاده سازی جهانی اینترنت اشیاء ارائه کردند که با استقرار در فضای ابری با استفاده از *Aneka* و تعامل با ابرهای خصوصی و عمومی، فضاهای فناوری و کاربردی ایجاد می کند. [۱۸].

۳- روش پیشنهادی

۱-۳. جزییات روش پیشنهادی : پروتکل های مسیریابی مبتنی بر خوشه یکی از مهم‌ترین راه‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم است. در این بخش، یک پروتکل خوشه‌بندی جدید با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی زنبورعسل ارائه شده است. این پروتکل جدید خوشه‌بندی که پروتکل خوشه‌بندی مبتنی بر زنبورعسل نام دارد از بهینه‌سازی

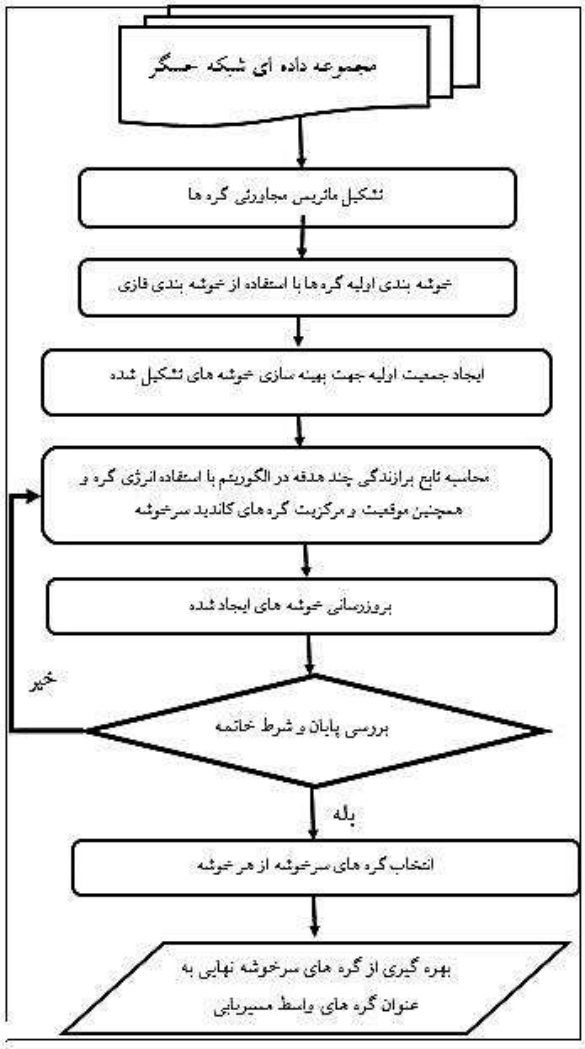
مراکز خوشه‌ای برای خوشه‌بندی گره‌های شبکه با توجه به سطح انرژی و معیارهای همسایگی استفاده می‌کند و سعی در بهبود تعادل انرژی در خوشه‌ها و در نهایت افزایش طول عمر شبکه و داشتن پوشش شبکه دارد.

این مقاله روشی نوین برای کاهش مصرف انرژی و بهبود طول عمر را در مسیریابی شبکه حسگر بی‌سیم در سه مرحله ارائه می‌دهد:

۱. خوشه‌بندی گره های حسگر به تعدادی خوشه با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی: خوشه‌بندی فازی یک روش خوشه‌بندی می‌باشد که هدف آن ساخت یک سلسله مراتب از خوشه‌ها می‌باشد. استفاده از خوشه‌بندی فازی در مقایسه با خوشه‌بندی کلاسیک دارای این مزیت است که به جای اینکه هر گره فقط به یک خوشه نسبت داده شود این امکان فراهم است که هر گره با یک درصد به هر خوشه نسبت داده شود که این کار سبب افزایش دقت روش پیشنهادی می گردد.

۲. انتخاب سرخوشه های بهینه: در این مرحله با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی تقریبی و با توجه به میزان انرژی و مرکزیت گره های مختلف، فاصله گره های هر خوشه با سرخوشه پیشنهادی، سطح انرژی گره ها و همچنین فاصله سرخوشه پیشنهادی از سایر مراکز خوشه، سرخوشه ها تعیین می شود. استفاده از معیار مرکزیت گره سبب می شود که از هر خوشه گره ای به‌عنوان سرخوشه انتخاب شود که نسبت به سایر گره ها فاصله کمتری داشته باشد در نتیجه هنگام انتقال داده انرژی کمتری مصرف خواهد شد. همچنین در این روش پیشنهادی ما نیاز داریم که یک تابع هدف که انتخاب گره های سرخوشه بهینه است را بهینه‌سازی کنیم. در نتیجه برای این کار ما به یک الگوریتم بهینه‌سازی نیاز داریم. استفاده از الگوریتم های بهینه‌سازی سنتی دارای پیچیدگی محاسباتی بالایی بوده و در شبکه های با ابعاد بالا مناسب نیستند. در نتیجه در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی تقریبی جهت بهینه‌سازی که هم دارای سرعت بالا و همچنین دقت مناسب است، استفاده شده است.

۳. انتقال داده: در این مرحله، انتقال داده ها طبق خوشه‌های تعیین شده انجام خواهد شد.



شکل(۵). فلوچارت کلی روش پیشنهادی

۱-۱-۳. خوشه‌بندی گره با استفاده از تئوری فازی: در این مرحله هدف اصلی از روش پیشنهادی، تقسیم گره‌های شبکه حسگر به خوشه‌ها است. فاز خوشه‌بندی گره های حسگر از دو فاز تشکیل شده است. در مرحله اول تعداد بهینه خوشه ها بر اساس شاخص های اعتبارسنجی تعیین می شود. الگوریتم خوشه‌بندی به عوامل متعددی مانند تعداد خوشه ها و تعیین فاصله بین خوشه ها بستگی دارد. یکی از مهمترین مسائل در خوشه‌بندی، انتخاب تعداد مناسب خوشه است.

- نمونه‌ها در یک خوشه باید تاحدامکان مشابه باشند. یک معیار رایج در تعیین تراکم داده‌ها، واریانس داده‌ها است.

- نمونه‌های متعلق به خوشه‌های متفاوت تاحدامکان از یکدیگر جدا باشند.

در این مقاله برای تعیین تعداد خوشه‌ها از شاخص ضریب تقسیم‌بندی استفاده می‌شود. شاخص ضریب تقسیم‌بندی که یک شاخص ساده است به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PC = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{C}\sum_{j=1}^{N}\mu_{ij}^2 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، C تعداد خوشه ها فرضی ، N تعداد گره ها ، μji **مانگین عضویت i مین نود در خوشه j** $(i = 1, 2, \dots N)$، برای استفاده از این معیار (رابطه ۱) در محاسبه تعداد بهینه خوشه ها، این معیار برای مقادیر مختلف تعداد خوشه ها محاسبه می شود و بالاترین مقدار نشان دهنده بهینه ترین تعداد خوشه ها است.

دیو این شاخص را اصلاح کرد و آن را ضریب پارتیشن اصلاح شده (MPC) نامید. این شاخص وابستگی یکنواختی به درجه فازی ندارد و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MPC = 1 - \frac{c}{c-1}(1 - PC) \qquad (۲)$$

پنج خوشه با استفاده از شاخص موردنظر در مجموعه‌داده‌های مورداستفاده در این مقاله تعیین شد.

ایده اصلی در خوشه‌بندی فازی این است که فرض کنیم هر مجموعه مجموعه‌ای از عناصر است، سپس تعریف عضویت عناصر در آن مجموعه را از حالتی که یک عنصر فقط می‌تواند عضوی از یک مجموعه باشد (حالت صعودی) تغییر دهد. وضعیتی که در آن هر آیتم را می‌توان در چندین خوشه با درجات مختلف عضویت قرارداد و طبقه‌بندی‌هایی را با واقعیت سازگارتر ارائه کرد [۱۹]. یکی از اولین روش‌های خوشه‌بندی فازی بر اساس تابع هدف و با استفاده از فاصله اقلیدسی توسط دان در سال ۱۹۷۴ ارائه شد.

برای یک مجموعه‌داده $D = \{X_j\}_{j=1}^{N}$ که $X_j = \left(x_{j1}.x_{j2}.\dots.x_{jd}\right) \in \mathcal{R}^d$، که دارای N داده و d بعد است، الگوریتم خوشه‌بندی فازی c-means سعی در کمینه کردن تابع هدف زیر دارد[۲۱]:

$$Jm(U.V) = \sum_{c=1}^{C}\sum_{i=1}^{N}\mu_{ci}^{m} \parallel x_i - v_c \parallel 2 \qquad (۳)$$

که در رابطه (۳)، $U = \left(\mu_{ij}\right)_{C\times N}$ ماتریس عضویت فازی است که در μ_{ij} میزان عضویت داده X_j به خوشه i ام را نشان می‌دهد ، $V = (V_1.V_2.\dots.V_C)^T = \left(v_{iq}\right)_{C\times d}$ ماتریس مراکز است که مرکز خوشه‌ها را نشان می‌دهد، m یک عدد واقعی بزرگ‌تر از یک نشان دهنده درجه مبهم بودن الگوریتم است و همچنین، $\parallel . \parallel$ بیان ملایم اقلیدس است. لازم به ذکر است که مقدار تابع عضویت برای هر مجموعه داده یک عدد واقعی بین صفر و یک است $(\mu_{ij}\epsilon[0.1])$ که باید شرط $\sum_{i=1}^{C}\mu_{ij} = 1$ را داشته باشد .

توابع عضویت و روابط به‌روزرسانی مراکز خوشه به ترتیب به‌صورت زیر می‌باشد[۲۰]:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{C}\left(\frac{d_{ij}^2}{d_{kj}^2}\right)^{\frac{1}{m-1}}} \qquad (۴)$$

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^{N}\mu_{ij}^m X_j}{\sum_{j=1}^{N}\mu_{ij}^m} \qquad (۵)$$

قدم‌های اصلی خوشه‌بندی فازی c-means را می‌توان در ۴ مرحله زیر بیان کرد:

۱. مقداردهی اولیه برای C (تعداد خوشه ها)، m (ضریب فازی سازی) و U (تابع تعلق داده ها)

۲. بروز رسانی مراکز خوشه‌ها

۳. بروز رسانی توابع تعلق داده‌ها

۴. بررسی شرط خاتمه و در صورت عدم خاتمه الگوریتم تکرار مرحله دوم.

۲-۱-۳. بهینه‌سازی مراکز خوشه ها: یکی از مهم‌ترین بخش های هر الگوریتم بهینه‌سازی، تعیین تابع تناسب مناسب است، هدف اصلی این مرحله انتخاب یک مرکز خوشه از هر خوشه بر اساس مجموعه ای از معیارهای تعریف شده است. ترکیبی از سه معیار زیر برای انتخاب مراکز خوشه‌ای استفاده می شود:

۱) مجموع انرژی سرخوشه‌های انتخابی

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{i=1}^{N_c} E_{ci} \qquad (۶)$$

که در رابطه (۶) ، C تعداد خوشه ها، و N_c تعداد گره های موجود در خوشه c و همچنین E_{ci} نشان دهنده انرژی گره i ام از خوشه c ام است.

۲) مجموع فاصله گره های آن خوشه از مرکز خوشه

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{i=1}^{N_c} |P_{ci} - P_c| \qquad (۷)$$

در رابطه (۷) ، P_{ci} نشان دهنده موقعیت گره i ام از خوشه c ام و همچنین P_{cc} نشان دهنده موقعیت مرکز خوشه انتخابی برای خوشه c ام است.

۳) مجموع فاصله سرخوشه های انتخابی از یکدیگر

$$\sum_{i=1}^{C}\sum_{j=i}^{C} |P_i - P_j| \qquad (۸)$$

همان‌طور که از رابطه (۸) پیداست، هر چه معیار اول بالاتر و دو معیار دیگر کمتر باشد، مراکز خوشه بهتر است. در نتیجه،

روش پیشنهادی یک الگوریتم چند هدفه است که باید بهینه شود.

در روش پیشنهادی در این مقاله با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی تقریبی در هر مرحله و با به‌کارگیری تابع هدف مشخص شده سرخوشه‌ها بهینه تقریبی انتخاب می‌شوند. سپس پس از تعیین این سرخوشه‌ها بهینه تقریبی ساختار خوشه‌های شبکه به‌روزرسانی می‌شود. در واقع پس از تعیین سرخوشه‌های بهینه تقریبی سایر گره‌های شبکه باتوجه‌به اینکه به کدام سرخوشه بهینه تقریبی نزدیک‌تر هستند نسبت داده می‌شوند.

پس از هر بار به‌روزرسانی ساختار خوشه‌های شبکه مجدداً شرط خاتمه که می‌تواند تعداد تکرارهای مشخص و یا رسیدن تابع هدف به یک مقدر از پیش تعیین شده باشد بررسی و در صورت نرسیدن به‌شرط خاتمه فرایند انتخاب سرخوشه‌های بهینه تقریب و به‌روزرسانی خوشه‌ها انجام می‌گیرد.

در پایان آخرین تکرار، آخرین سرخوشه‌های انتخاب شده به‌عنوان گره‌های واسط مسیریابی در نظر گرفته می‌شود که در مرحله بعدازاین گره‌های واسط جهت مسیریابی استفاده خواهد شد.

۳-۱-۳. انتقال داده : پس از ایجاد خوشه ها و انتخاب سرخوشه، نوبت به ارسال داده های شناسایی شده توسط گره های معمولی به هدهای مربوطه می رسد. همانطور که توضیح داده شد، یکی از معروف ترین و بهترین روش های پیشنهادی برای مسیریابی داده ها در شبکه های حسگر بی سیم، روش های مبتنی بر طبقه بندی گره ها یا به عبارت دیگر خوشه‌بندی است. در این روش ها ابتدا تمام گره های موجود در شبکه بر اساس روش خاصی به گروه هایی تقسیم می‌شوند، از هر گروه یک گره که معمولاً خوشه نامیده می شود به‌عنوان سرگروه انتخاب می شود و گره های باقی مانده به‌عنوان گره های معمولی نامیده می‌شوند.

پس از انتخاب گره‌های سرخوشه که در مراحل قبل روش پیشنهادی شرح داده شد گره مبدأ برای ارسال داده به گره مقصد به این صورت عمل می‌کند که در ابتدا داده را به سرخوشه، خوشه‌ای که در آن قرار دارد ارسال می‌کند. در مرحله دوم مسیریابی که همان مسیریابی بین خوشه‌ای است باید داده از سرخوشه گره مبدأ به سرخوشه گره مقصد ارسال شود. برای این کار یک مسیر مستقیم بین سرخوشه گره مبدأ و سرخوشه گره مقصد در نظر گرفته شده و خوشه‌های که در این مسیر قرار می‌گیرند عنوان خوشه‌های بین مسیر در نظر گرفته می‌شوند. پس از مشخص‌شدن خوشه‌های بین مسیر، سرخوشه گره مبدأ به ترتیب و بر اساس مسیر مشخص شده داده را به سرخوشه‌های بین مسیر می‌فرستد. برای نمونه اگر گره مبدأ در خوشه A قرار داشته باشد و گره مقصد نیز گره D باشد و همچنین خوشه‌های بین مسیر به ترتیب خوشه‌ها B و C باشند آنگاه باید سرخوشه A ابتدا داده را به سرخوشه B ، سپس سرخوشه B داده را به سرخوشه C و در نهایت سرخوشه C داده را به سرخوشه مقصد که همان D است ارسال کند.

پس از مسیریابی بین خوشه‌ای نوبت به مرحله آخر می‌رسد که مجدداً یک مسیریابی درون خوشه‌ای داریم. در این مرحله می‌بایست داده از سرخوشه مقصد به گره مقصد ارسال شود. در این مرحله نیز مشابه مرحله اول ما یک مسیریابی عادی و مستقیم بین گره سرخوشه مربوط به خوشه گره مقصد و خود گره مقصد داریم. در این مرحله نیز اگر گره مقصد گره سرخوشه باشد این مرحله حذف می‌گردد.

انرژی مصرف شده به ازاء انتقال k بیت داده به فاصله d به‌صورت زیر محاسبه می‌شود ۲۲

$$E_{Tx}=E_{elec}*K+E_{amp}*K*d^2 \qquad (۹)$$
$$E_{Rx}=E_{elec}*K$$

مصرف انرژی به ازاء دریافت k بیت داده، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{Rx}(k,d)=E_{Rx-ele}(k)=k.E_{elec} \qquad (۱۰)$$

در روابط (۹ و ۱۰) ، $Eelec$، انرژی ارسال/دریافت الکترونیکی، k، اندازه پیغام برحسب تعداد بیت، d فاصله بین گیرنده و فرستنده، $Eamp$ ، انرژی انرژی تقویت کننده (آمپلی فایر)،

همچنین مصرف انرژی مجموعه‌داده سرخوشه‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{DA}=5nJ/bit/msg \qquad (۱۱)$$

۳-۲. انتخاب ابزار مناسب جهت پیاده‌سازی

مشخصه های سیستم برای پیاده سازی روش پیشنهادی شامل پردازنده با سرعت ۲,۵ GHz، حافظه فیزیکی (RAM) با حجم ۴GB، سیستم عامل نصب شده Win 7، و ابزار پیاده‌سازی نرم‌افزار MATLAB است.

فرضیات شبکه به شرح زیر می‌باشد:

۱- گره های شبکه حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء به صورت تصادفی قرار می گیرند.

۲- تمام گره های حسگر و ایستگاه پایه پس از مرحله استقرار ثابت می‌شوند.

۳- گره ها می توانند توان انتقال خود را با توجه به فاصله شان از گره گیرنده تنظیم کنند.

۴- فاصله گره ها با توجه به قدرت سیگنال دریافتی قابل محاسبه است. بنابراین نیازی به مکان یابی دقیق گره های حسگر نیست.

۵- تمام گره های حسگر در ابتدای استقرار انرژی یکسانی دارند.

۱-۲-۳. ارزیابی روش پیشنهادی:

برای ارزیابی روش پیشنهادی عدد ۱۰۰، ۲۰۰ که یکی از روش های نوین در کاهش مصرف انرژی است، مقایسه شده است سپس تعداد گره‌های زنده، انرژی باقی‌مانده در دورهای مختلف، مقادیر FND [۷] و HND [۸] و تعداد سر خوشه‌ها در روش پیشنهادی را به‌طور جداگانه برای ۱۰۰، ۲۰۰ گره بررسی و ارزیابی می‌کنیم.

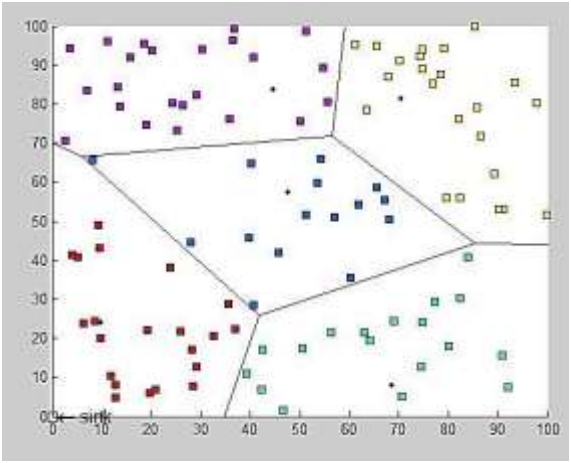
FND به‌عنوان یک معیار ارزیابی عملکرد شبکه برای محاسبه طول عمر شبکه استفاده می‌شود. این معیار به‌صورت، تعداد دورهایی که همه گره‌های حسگر داده‌هایشان را به سرخوشه ارسال می‌کنند تا زمانی که اولین گره در شبکه، انرژی خود را به طور کامل از دست بدهد، تعریف می‌شود.

HND این معیار به‌صورت، تعداد دورهایی که همه گره‌های حسگر داده‌هایشان را به سرخوشه ارسال می‌کنند تا زمانی که نیمی از گره‌های شبکه، انرژی خود را به طور کامل از دست بدهد، تعریف می‌شود.

ارزیابی صورت‌گرفته برای نتایج ۱۰۰ گره: ایستگاه پایه در این حالت، در مرکز شبکه حسگر قرار دارد و تعداد گره ها ۱۰۰ عدد است. جدول (۲) نتایج شبیه سازی را برای این مورد نشان می دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می شود، الگوریتم پیشنهادی نسبت به مقاله اصلی در معیارهای FND و HND عملکرد بهتری دارد که سبب افزایش طول عمر شبکه می شود. شرایط ارزیابی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول(۱). پیکربندی شبکه

پارامتر	مقدار
اندازه شبکه	۲۰۰*۲۰۰ متر
تعداد گره‌ها	۱۰۰
اندازه بسته داده‌ها	۴۰۰۰
انرژی اولیه	۱ ژول
Eamp	۱۰۰ ژول
Eelec	۵۰ ژول
احتمال سرخوشه شدن	%۱۰



شکل (۶). پیکربندی شبکه برای ۱۰۰ گره

جدول(۲). مقادیر FND و HND و انرژی باقیمانده در دور ۵۰۰

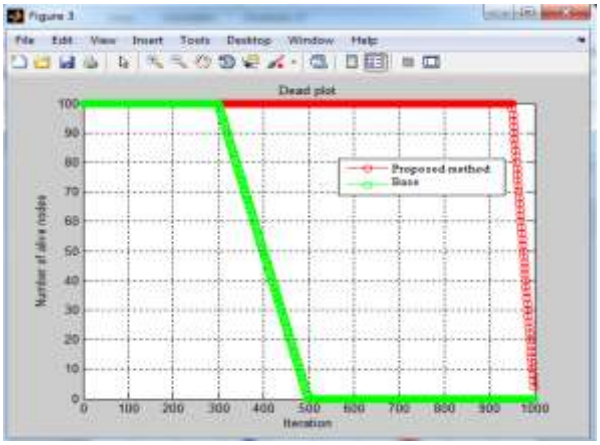
روش	HND	FND	انرژی باقیمانده(j)
مقاله پایه	۷۸۵	۳۵۰	۳۹
روش پیشنهادی	۸۸۵	۴۳۵	۴۷

با درنظرگرفتن معیار *FND*، روش پیشنهادی ۲۴,۵ درصد کارایی بیشتری نسبت به مقاله پایه دارد و اگر از معیار *HND* برای ارزیابی عملکرد استفاده شود، روش پیشنهادی ۱۲,۵ درصد بهتر از مقاله پایه است.

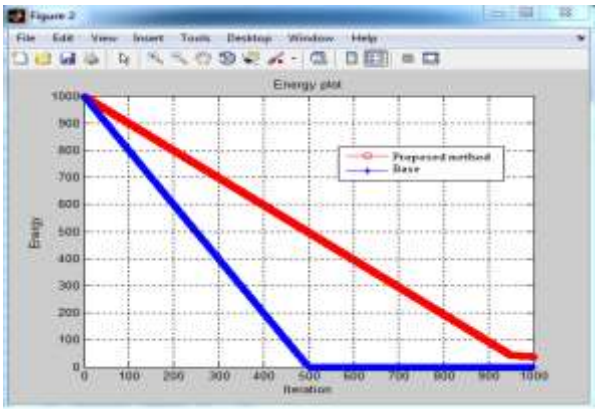
مقاله پایه عملکرد ضعیف‌تری دارد؛ زیرا سطح انرژی باقیمانده گره‌های حسگر را در طول خوشه‌بندی در نظر نمی‌گیرد. بااین‌حال، این الگوریتم از یک مدل احتمال محض استفاده می‌کند که برای به‌دست‌آوردن بهترین راه‌حل برای خوشه‌بندی کافی نیست.

شکل (۷) توزیع تعداد گره های حسگر زنده را بر اساس تعداد دورهای هر الگوریتم نشان می دهد. این شکل به وضوح نشان می دهد که اندازه گیری گره های حسگر در روش پیشنهادی بعد از همه الگوریتم های دیگر شروع می شود. ستون آخر جدول (۲) کل انرژی باقی مانده در دور ۵۰۰ در هر الگوریتم را نشان می دهد که نمودار کلی آن در شکل (۸) نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات این ستون، بازده انرژی الگوریتم های شبیه سازی شده مقایسه می شود. از آنجایی که هر گره حسگر دارای انرژی اولیه یک ژول است. انرژی کل شبکه حسگر بی سیم در ابتدا صد ژول است. باتری هر گره با افزایش هر چرخه تخلیه می شود.

[7] Dies Node First
[8] Half of the Node Dies



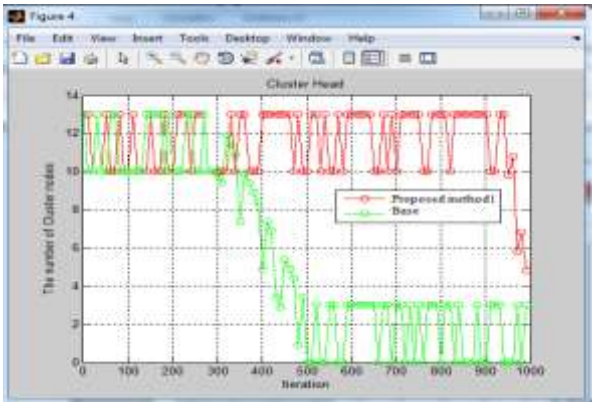
شکل(۷). تعداد گره‌های زنده شبکه در ۱۰۰ گره



شکل(۸). انرژی باقیمانده در ۱۰۰ گره (به ژول)

در دور ۵۰۰، مقاله پایه کمترین سطح انرژی را دارد. این نتیجه مطابق با استانداردهای FND و HND ترسیم شده است و نشان می دهد که روش پیشنهادی ۲۱,۱ درصد بیشتر از مقاله پایه است.

تعداد سرخوشه‌ها با روش‌های مختلف در دورهای مختلف برای ۱۰۰ گره در شکل (۹) نشان داده شده است. در این حالت، نمودار با کاهش تعداد گره ها، سرخوشه ها کاهش می یابند، در حالی که شکل نمودار بالا و پایین می شود زیرا انتخاب سر خوشه امکان پذیر است. (شکل زیگزاگی)

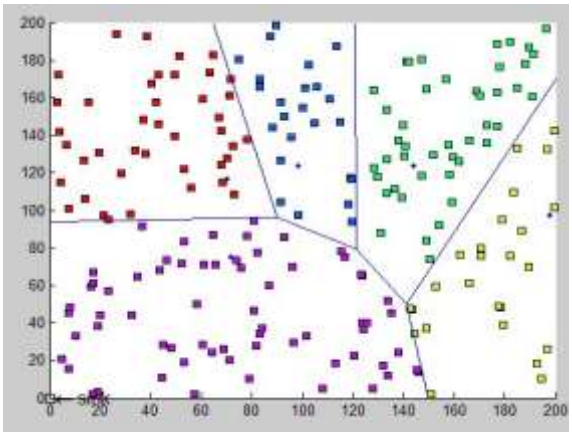


شکل(۹). تعداد سرخوشه‌ها در برخی از دورها در ۱۰۰ گره

ارزیابی صورت‌گرفته برای نتایج ۲۰۰ گره: در این مورد، مانند حالت اول، ایستگاه پایه در مرکز شبکه حسگر بی سیم قرار دارد. در این حالت تعداد گره ها ۲۰۰ عدد است. چگالی توزیع گره های حسگر دو برابر حالت قبلی است. هدف از این مد، آزمایش رفتار الگوریتم‌ها در توپولوژی شبکه‌های حسگر مختلف است که تعداد گره‌های حسگر متفاوتی دارند. محیط و شرایط ارزیابی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول(۳). پیکربندی شبکه

پارامتر	مقدار
اندازه شبکه	۲۰۰*۲۰۰ متر
تعداد گره‌ها	۲۰۰
اندازه بسته داده‌ها	۴۰۰۰
انرژی اولیه	۱ ژول
E_{amp}	۱۰۰ ژول
E_{elec}	۵۰ ژول
احتمال سرخوشه شدن	%۱۰



شکل(۱۰). پیکربندی شبکه برای ۲۰۰ گره

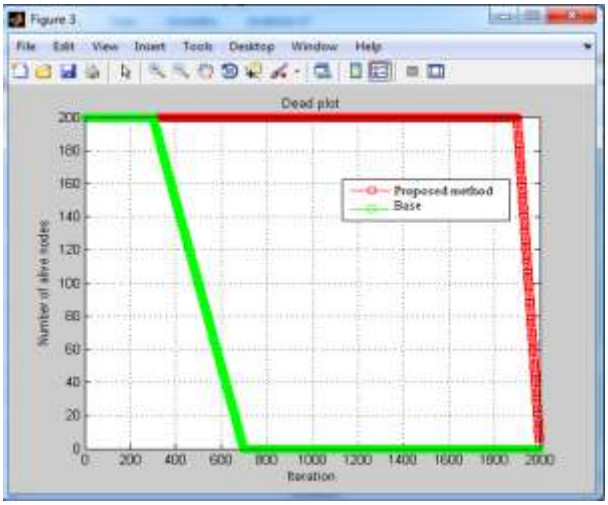
جدول(۴). مقادیر FND و HND و انرژی باقیمانده شبکه در دور ۵۰۰

روش		HND	FND	انرژی باقیمانده(j)
مقاله پایه		۸۶۰	۵۹۵	۹۳
روش پیشنهادی		۱۰۵۰	۵۸۳	۱۱۰

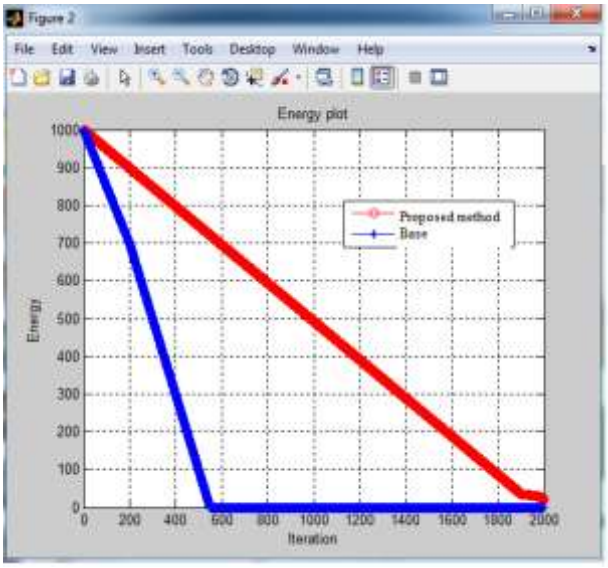
همان طور که در جدول (۴) و نمودار شکل (۱۱) نشان می‌دهد شیوه پیشنهادی با درنظرگرفتن معیارهای HND و FND بهتر از مقاله پایه است. زیرا دلایل عملکرد ضعیف در مورد حالت اول (۱۰۰ گره) در این مورد نیز معتبر است. نتایج این مورد به‌وضوح نشان می‌دهد که الگوریتم‌های مقاله پایه و روش پیشنهادی زمانی که از پروتکل مسیریابی چندمرحله‌ای استفاده می‌کنند عملکرد بهتری دارند. این به این دلیل است که گره‌های

حسگر نزدیک به ایستگاه پایه سریع‌تر تخلیه می‌شوند. بااین‌حال، این روش‌ها با کاهش اندازه خوشه‌های نزدیک به ایستگاه پایه، این وضعیت را کنترل می‌کنند. در این حالت، عملکرد روش پیشنهادی در FND بین دو خوشه بالاتر است.

با درنظرگرفتن معیار HND، روش پیشنهادی عملکرد بهتری در شبکه‌های حسگر نسبت به مقاله پایه دارد. علاوه بر این، عملکرد HND در مقاله پایه در این مورد قابل‌توجه است، اما همچنان پایین‌تر از عملکرد روش پیشنهادی است. در این معیار، روش پیشنهادی ۲۲,۱ درصد بهتر از مقاله پایه است.

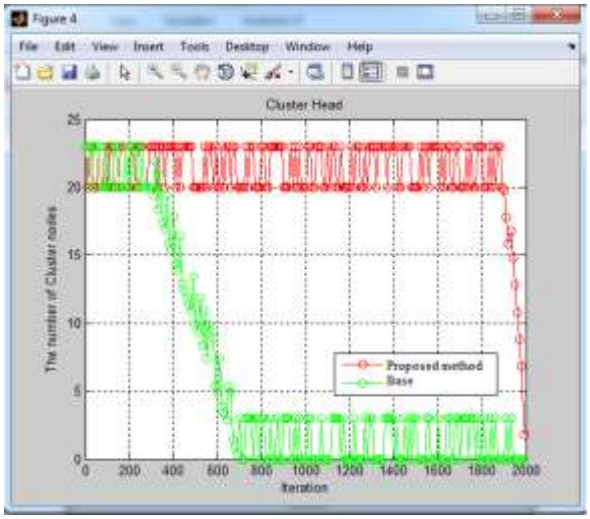


شکل(۱۱). تعداد گره‌های زنده شبکه در ۲۰۰ گره



شکل(۱۲). انرژی باقیمانده در ۲۰۰ گره (ژول)

شکل (۱۱) تعداد گره‌های زنده را با توجه به تعداد دورها در هر الگوریتم نشان می‌دهد. این شکل به وضوح نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی سعی بر حفظ گره ها نموده تا اکثر آنها همزمان زنده بمانند.



شکل(۱۳). تعداد سرخوشه‌ها در برخی از دورها در ۲۰۰ گره

تعداد سرخوشه‌ها با روش‌های مختلف در دورهای مختلف برای ۲۰۰ گره در شکل(۱۳) نشان داده شده است.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری:

باتوجه‌به تفاوت‌های ذکر شده در شبکه‌های اینترنت اشیاء الگوریتم‌های جدیدی برای مسئله مسیریابی در شبکه‌های حمل‌ونقل هوشمند پیشنهاد شده و مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. این مکانیسم‌های مسیریابی ویژگی‌های منحصربه‌فرد شبکه‌های حسگر و کاربردهای خاص و الزامات معماری این شبکه‌ها را در نظر گرفتند. ایجاد و حفظ مسیرها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم موضوع ساده‌ای نیست؛ زیرا محدودیت‌های انرژی و تغییرات ناگهانی در وضعیت گره‌ها (مانند خرابی) باعث تغییرات مکرر و غیرقابل‌پیش‌بینی در ساختار توپولوژیکی شبکه می‌شود. روش مسیریابی پیشنهادی از برخی روش‌های مسیریابی معروف مانند جمع‌آوری داده‌ها و پردازش درون شبکه، خوشه‌بندی، اختصاص نقش‌های مختلف به گره‌ها و روش‌های داده‌گرا برای به‌حداقل‌رساندن مصرف انرژی استفاده می‌کند. تقریباً تمام پروتکل‌های مسیریابی را می‌توان بر اساس ساختار شبکه خود به سه دسته کلی تقسیم کرد: مسطح، مبتنی بر مکان و مبتنی بر خوشه. در این مقاله از مسیریابی مبتنی بر خوشه استفاده شده است.

روش پیشنهادی دارای سه مرحله اساسی به‌صورت زیر است:

- خوشه‌بندی اولیه گره‌ها با استفاده از خوشه‌بندی فازی
- بهینه‌سازی مراکز خوشه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی
- انتقال داده

مطابق نتایج ارزیابی‌های انجام شده، روش پیشنهادی نسبت به روش پایه کارایی بالاتری را به خود اختصاص داده و زمان

مرگ اولین گره و نیمی از گره‌ها را به تعویق انداخته که باعث افزایش طول عمر شبکه شده است. همچنین طبق جداول(۲ و ۴) کارایی و مزیت روش پیشنهادی نشان‌داده‌شده است.

۵ – منابع

[1]. Pothuganti Karunakar, Jagadish Matta, R. P. Singh, O. Ravi Kumar ,Analysis of Position Based Routing Vanet Protocols using Ns2 Simulator. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 2020. 9.

[2]. Rick Aji Pratama, Linda Rosselina, Diah Sulistyowati, Riri Fitri Sari, Ruki Harwahyu. Performance Evaluation on VANET Routing Protocols in The Way Road of Central Jakarta using NS-3 and SUMO. in 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic). 2020. IEEE.

[3]. Nebbou, T., M. Lehsaini, and H. Fouchal, Partial backwards routing protocol for VANETs. Vehicular Communications, 2019. 18: p. 100162.

[4]. Elhoseny, M. and K. Shankar, Energy Efficient Optimal Routing for Communication in VANETs via Clustering Model, in Emerging Technologies for Connected Internet of Vehicles and Intelligent Transportation System Networks: Emerging Technologies for Connected and Smart Vehicles, M. Elhoseny and A.E. Hassanien, Editors. 2020, Springer International Publishing: Cham. p. 1-14.

[5]. Franz, W., H. Hartenstein, and M. Mauve, Inter-vehicle-communications Based on Ad Hoc Networking Principles: The FleetNet Project. 2005: Universitätsverlag Karlsruhe.

[6]. Robert Morris,John Jannotti,Frans Kaashoek,Jinyang Li,Douglas Decouto.Carnet: A scalable ad hoc wireless network system. in Proceedings of the 9th workshop on ACM SIGOPS European workshop: beyond the PC: new challenges for the operating system. 2000. ACM.

[7]. Scully, P., The Top 10 IoT Segments in 2018 – based on 1,600 real IoT projects. 2018, iot-analytics.

[8]. Scully, P., Top 10 IoT applications in 2020. 2020, iot-analytics.

[9]. Talal Ashraf Butt, R.I., Khaled Salah, Moayad Aloqaily, Yaser Jararweh, Privacy Management in Social Internet of Vehicles: Review, Challenges and Blockchain Based Solutions. IEEE Access, 2019. 7: p. 79694 - 79713.

[10]. Talal Ashraf Butta, R.I., Sayed Chhattan Shahb, Tariq Umarc, Social Internet of Vehicles: Architecture and Enabling Technologies. Elsevier Computers & Electrical Engineering, 2018. 69: p. 68-84.

[11]. Zeinab El-Rewini, K.S., Daisy Flora Selvaraj, Siby Jose Plathottam, Prakash Ranganathan, Cybersecurity challenges in vehicular communications. Vehicular Communications, 2020. 23: p. 100214.

[12]. Kássio Machado,Denis Rosário,Eduardo Cerqueira,Antonio Loureiro,Augusto Venancio Neto,Jose Souza" A Routing Protocol Based on Energy and Link Quality for Internet of Things Applications", 2013, pp 1942-1964.

[13]. Emmanuel Baccelli, Gabriel Bartl, Alexandra Danilkina, Veronika Ebner,François Gendry, Christophe Guettier, Oliver Hahm, Ulrich Kriegel, Gabriel Hege, Mark Palkow," Area & Perimeter Surveillance in SAFEST using Sensors and the Internet of Things",2014, Workshop Interdisciplinaire sur la Securite Globale, Troyes, France.

[14]. Maalel.N, Natalizio.E,et al ," Communicating Systems Laboratory "4. [Thoughts on Reliability in the Internet of Things]

[15]. Kempf,J, Arkko,J. Beheshti,N, Yedavalli ,K, "Thoughts on Reliability in the Internet of Things".

[16]. Eguchi,A, Nguyen,H, Craig W. ," Everything is Alive: Towards the Future Wisdom Web of Things",2012

[17]. Perera,CH, Zaslavsky,A, Christen,P, Salehi.A, "Connecting Mobile Things to Global Sensor Network Middleware using System-generated Wrappers ",2013.

[18]. Gubbia,J , Buyyab,R,"Internet of Things (IoT): Avision ,architecture al elements ,and future directions 2013,pp1645–1660.

[19]. Hang Zhang, Jian Liu,Dexiang Zou, Ning Chen,Knowledge-based transfer fuzzy clustering with non-local spatial information for surface roughness measurement. Measurement, 2021. 174: p. 109076.

[20]. Maity, S.P., S. Chatterjee, and T. Acharya, On optimal fuzzy c-means clustering for energy efficient cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks. Digital Signal Processing, 2016. 49: p. 104-115.

[21]. **Yongli Liu,**Xiaoyang Zhang,Jingli Chen,and Hao Chao, A Validity Index for Fuzzy Clustering Based on Bipartite Modularity. School of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, Henan, China, 2019

[22]. Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan Massachusetts Institute of TechnologyCambridge, MA 02139