

علمی - تخصصی

ارائه روشی برای کاهش مصرف انرژی در اینترنت اشیا بدن با استفاده از الگوریتم جغرافیای زیستی

بیبا امیرشاهی*

استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵)

چکیده

امروزه از فناوری‌های مرتبط با اینترنت اشیا در دستگاه‌های مختلفی همچون دستگاه‌های کنترلی که دارای میلیون‌ها گره هستند استفاده می‌شود که هر کدام از این گره‌ها مبتنی بر پلتفرم‌های خاصی می‌باشند. در این روش پیشنهادی روشی ارائه می‌شود که از پروتکل‌های مسیریابی معروفی مانند H-LEACH که بسیار در زمینه مصرف انرژی بهینه است نیز بهتر عمل می‌نماید. در این روش پیشنهادی گره‌ها به سه ناحیه تقسیم می‌شوند و در این حالت یکی از این نواحی به صورت مستقیم بسته‌ها را به ایستگاه کاری ارسال می‌کند و دیگر نواحی به صورت خوشه‌بندی بسته‌ها را ارسال می‌کنند ارسال می‌کنند. در انتخاب گره‌های سرخوشه در این روش از الگوریتم جغرافیای زیستی استفاده شده است. روش پیشنهادی با روش‌های مطرحی همچون H-LEACH و SEP مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج بسیار خوبی در مقایسه با روش‌های مورد مقایسه نشان داده است.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیا، تقسیم نواحی، کاهش انرژی مصرفی، کاهش بسته‌های ارسالی، الگوریتم جغرافیای زیستی.

۱- مقدمه

با توجه به تقاضای زیاد برای خودکارسازی و بهره‌وری عملیاتی، مشاغل بیشتری در حال بررسی موارد استفاده IoT در مدیریت انرژی هستند. استفاده از اینترنت اشیا به منظور بهره‌برداری از آن برای هوشمند سازی ساختمان‌ها و منازل، چالش‌های زیادی را به همراه داشته است. یکی از چالش‌های اساسی در راستای پیاده‌سازی و اجرای شبکه اینترنت اشیا، مسئله انرژی مصرفی تجهیزات آن است به گونه‌ای که عمر کوتاه تجهیزات در این نوع شبکه‌ها را در پی دارد. از این رو راهکارهای مختلفی در راستای رسیدن به هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر گره‌ها ارائه شده است.

ابزارهای متصل به یکدیگر، در تمامی سطح خانه‌ها گستره وسیعی از شبکه‌های مرتبط به هم را تشکیل می‌دهند. استفاده از این ابزارها و امکانات موجب بهبود راندمان بهره‌برداری از انرژی، بالا رفتن امنیت خانه و در نهایت تسهیل کارهای روزمره زندگی خواهد شد. امروزه تقریباً ابزارها و تجهیزات مختلف در هر خانه‌ای را می‌توان هوشمند ساخت. از جمله این سامانه‌ها می‌توان به فریزر، یخچال، لباسشویی و... اشاره کرد. با این اوصاف در آینده بسیاری از وسایل خانه در حریم خصوصی قابلیت جذب اطلاعات را دارند.

با توجه به شرایط کنونی، استفاده از فناوری‌های مرتبط با اینترنت اشیا در کاربردهای نظامی و درگیری نظامی محدود است. در دستگاه‌های مختلفی همچون دستگاه‌های کنترلی از میلیون‌ها گره استفاده شده است که هر کدام از این گره‌ها مبتنی بر پلتفرم‌های خاصی می‌باشند. از این گره‌ها می‌توان در جهت شبیه‌سازی‌های نظامی و همچنین محافظت از مکان‌های بخصوصی نیز استفاده نمود زیرا این گره‌ها قادرند تا حضور افراد و یا اشیا را شناسایی نمایند.

از آنجاکه پیش‌بینی می‌شود میزان مصرف انرژی در جهان طی ۲۵ سال آینده ۴۰ درصد افزایش داشته باشد، نیاز به راهکارهای هوشمندانه جهت مصرف انرژی به بالاترین اهمیت خود رسیده است.

خوشبختانه برخی از تغییرات اساسی به سمت مدیریت انرژی کارآمدتر در حال انجام است. از لامپ‌های هوشمند تا سکوهای نفتی کاملاً خودکار - تأثیر اینترنت اشیا (IoT) در بخش انرژی را نشان می‌دهند.

حالت یکی از این نواحی به صورت مستقیم بسته ها را به ایستگاه کاری ارسال می کند و دیگر نواحی به صورت خوشه بندی بسته ها را ارسال می کنند که بدین معناست که داده ها را به صورت غیرمستقیم ارسال می کنند [۳].

۲- مفاهیم پایه

۲-۱- اینترنت اشیا

تا پیش از این تصور اغلب ما این بود که تنها این انسان ها هستند که قرار است با ابزارهایی که در اختیاردارند توسط شبکه اینترنت به هم متصل باشند، و شخصاً از قابلیت های آن بهره ببرند. اما بیش از یک دهه است که مفاهیم جدیدی شکل گرفته و در چند سال اخیر در قالب یک سری محصولات هوشمند به بازار راه پیدا کرده. اکنون در مورد ایده های صحبت می کنیم که بر اساس آن هر شیء فیزیکی قادر خواهد بود با اتصال به اینترنت یا به کمک سایر ابزارهای ارتباطی، با سایر اشیا تعامل داشته باشد.

اینترنت اشیا به این معناست که بسیاری از وسایل روزمره مورد استفاده ما با اتصال به اینترنت، وظایف و اطلاعات خود را باهم و یا با انسان ها به اشتراک بگذارند. عبارت اینترنت اشیا، برای اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون مورد استفاده قرار گرفت. او جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، از جمله اشیای بی جان، برای خود هویت دیجیتال داشته باشند و به کامپیوترها اجازه دهند آن ها را سازمان دهی و مدیریت کنند [۲].

برای این که اشیا باهم دیگر و یا با شبکه اینترنت تعامل داشته باشند، لازم بود به شیوه ای به هم متصل شوند. شاید از همان ابتدا که کوین اشتون عبارت اینترنت اشیا را پایه نهاد، استفاده از چیپ های شناسایی مبتنی بر فرکانس های رادیویی موسوم به RFID را در ذهن داشت. در این فناوری از چیپ های کوچک و ارزان قیمتی استفاده می شود و به کمک آن ها اطلاعات از طریق امواج رادیویی برای چیپ های گیرنده ارسال می گردد. چیپ های گیرنده، اطلاعات را تفسیر کرده و با اتصال به اینترنت امکان استفاده از آن اطلاعات را در گستره ای عظیم و برای کاربردهای مختلف فراهم می کنند.

۲-۲- شبکه های حسگر بدن

شبکه های حسگر بی سیم، شبکه های بر اساس همکاری گره های حسگر با مصرف کم، هزینه اندک و ارتباط بی سیم است. از شبکه های حسگر می توان برای اندازه گیری فاکتورهای مختلفی که توسط حسگرهای ابزار دقیق اندازه گیری می شود، استفاده نمود. از جمله محدودیت های عمده شبکه های حسگر می توان میزان حافظه، قدرت محاسباتی و انرژی را نام برد. اما با توجه به

مصرف انرژی پردازشی در مقایسه با ارتباط بسیار اندک است. از این رو پردازش داده های محلی تا حد امکان و سپس انتقال آن برای به حداقل رساندن مصرف نیرو در یک شبکه اینترنت اشیا حیاتی است. علاوه بر این یک گره افزون بر گرفتن اطلاعات یا اجرای یک فرمان به عنوان ریه یاب نیز عمل می کند، بدعمل کردن گره باعث حذف آن از پوپولوژی شده و سازمان دهی و مسیریابی مجدد بسته عبوری را در پی خواهد داشت. در طراحی سخت افزار گره ها استفاده از طرح ها و قطعاتی که مصرف توان پایین دارند و نیز فراهم کردن امکان حالت خواب برای کل گره ها یا برای هر بخش به طور مجزا مهم است [۱].

یک مشکل عمده شبکه های بی سیم اینترنت اشیا این است که عمر این شبکه ها کوتاه است. زیرا طول عمر گره ها به علت محدودیت انرژی منبع تغذیه کوتاه است. علاوه بر آن گاهی موقعیت ویژه یک گره در شبکه مشکل را تشدید می کند. مثلاً گره ای که در فاصله یک متری چاهک قرار دارد از یک طرف به خاطر بارکاری زیاد خیلی زود انرژی خود را از دست می دهد و از طرف دیگر از کارافتادن آن باعث قطع ارتباط چاهک با کل شبکه و در پی آن باعث مختل شدن شبکه می شود. از این رو بهینه سازی مصرف انرژی گره های شبکه باعث بالا رفتن طول عمر کلی شبکه و جلوگیری از دسترس خارج شدن آن می شود.

برای برطرف کردن مشکل برخی راه حل ها به ساختار شبکه برمی گردد. مثلاً در مورد فوق استفاده از ساختار خودکار راهکار مؤثری است. به علت اینکه در ساختار خودکار بیشتر تصمیم گیری ها به طور محلی انجام می شود ترافیک انتقال از گره محلی کم شده طول عمر گره و در نتیجه طول عمر شبکه افزایش میابد. در اینجا اینترنت اشیا را در زمینه ساختمان های هوشمند در نظر گرفتیم. در ساختمان های هوشمند میزان انرژی مصرفی گره ها بسیار پراهمیت است و یکی از بزرگ ترین چالش های حاضر است از این رو ما در اینجا راهکاری برای این قضیه بیان می کنیم [۲].

مشکل تخلیه زود هنگام انرژی در مورد گره های نواحی کم تراکم در توزیع غیریکنواخت گره ها نیز وجود دارد. در این گونه موارد داشتن یک مدیریت در داخل گره ها و ارائه راه حل های توان آگاه به طوری از گره ها بحرانی کمترین استفاده را کند، مناسب خواهد بود. ارائه الگویی ساختاری مناسب و ارائه روش های مدیریتی و الگوریتم های توان آگاه به هدف افزایش طول عمر شبکه از مسائل مهم می باشند.

در این روش پیشنهادی روشی ارائه می شود که از پروتکل های مسیریابی معروفی مانند H-LEACH که بسیار در زمینه مصرف انرژی بهینه است نیز بهتر عمل می نماید. در این روش پیشنهادی گره ها به سه ناحیه تقسیم می شوند و در این

گرایان نزولی و روش شبه نیوتن مورد نیاز استفاده کنید؛ بنابراین BBO می‌توانید در توابع ناپیوسته استفاده می‌شود.

BBO بهینه‌سازی یک مشکل با حفظ جمعیت‌های کاندید موجود است، و ایجاد راه‌حل‌های جدید را با ترکیب‌های موجود با توجه به فرمول ساده است. در این روش تابع هدف به‌عنوان یک جعبه سیاه است که صرفاً یک معیار سنجش کیفیت داده یک‌راه حل فراهم می‌کند، و شیب توابع مورد نیاز است.

مانند بسیاری از EAها، BBO توسط یک فرایند طبیعی تشکیل شده است. به‌طور خاص، BBO توسط جغرافیای زیست‌محیطی بود، که مطالعه توزیع گونه‌های زیستی از طریق زمان و فضا بررسی می‌کند. BBO دان سیمون در سال ۲۰۰۸ معرفی شد [۱۷].

الگوریتم بهینه‌سازی جغرافیای زیستی یک الگوریتم تکاملی بر پایه جمعیت جانوران موجود در یک زیستگاه جغرافیای است. این الگوریتم بر پایه پدیده مهاجرت جانوران به زیستگاه‌های مختلف بنا شده است. به‌طور کلی زیستگاه‌هایی که مکان مناسبی برای گونه‌های جغرافیایی شاخص دارای هستند، اسکان جهت تناسب زیستگاه (HSI) ^۲ بالا هستند. این شاخص توسط متغیرهای سکنی که متغیر شاخص تناسب (SIV) ^۳ نام دارد، تعیین می‌گردد. زیستگاه با شاخص تناسب زیستگاهی بالا، دارای گونه‌هایی می‌باشند که به زیستگاه‌های اطراف مهاجرت می‌کنند. زیستگاه با HSI بالا دارای نرخ مهاجرت‌پذیری کمی هستند، چرا که از قبل توسط گونه‌های دیگر اشغال شده‌اند و نمی‌توانند پذیرای گونه‌های جدید باشند. از طرفی دیگر، زیستگاه با HSI پایین به دلیل جمعیت اندک خود دارای نرخ مهاجرت‌پذیری بالایی هستند. مهاجرت‌پذیری گونه‌های جدید به زیستگاه‌های دارای HSI پایین‌تر می‌تواند باعث افزایش HSI آن منطقه شود، زیرا مناسب بودن یک مکان، متناسب با تنوع جغرافیایی آن است.

اساس کار الگوریتم‌های تکاملی مانند ژنتیک، ایجاد جمعیت اولیه و سپس استفاده از عملگرهای خاص مانند ترکیب و جهشی در آن‌ها به‌منظور تولید جمعیت بهتر یا دستیابی به پاسخ دقیق‌تر است. تعداد جمعیت جدید برابر با اختلاف جمعیت اولیه با جمعیتی است که توسط نرخ نگه‌داری نگاه داشته می‌شود. از این‌رو، در الگوریتم جغرافیای زیستی نیز به‌منظور ایجاد تغییرات مطلوب در روند تولید جمعیت نسل‌ها یا همان پاسخ‌ها، از دو عملگر مهاجرت و جهش استفاده می‌شود. این پاسخ‌ها توسط تابع برازش که در الگوریتم بهینه‌سازی جغرافیای زیستی همان HIS است، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

الگوی جدید جمع‌آوری اطلاعات توسط شبکه‌های حسگر بی‌سیم این شبکه‌ها در کاربردهای مختلفی از قبیل پزشکی، کنترل محیط، گزارش بلایای طبیعی، سامانه‌های نظامی و امنیتی نظارتی و کنترل ترافیک به‌کاررفته شده‌اند. از آنجاکه کاربردهای مختلف در شبکه‌های حسگر بی‌سیم نیازمند برآورده سازی پارامترهای کیفی متفاوتی (مانند میزان تأخیر، قابلیت اطمینان و پهنای باند و امنیت و غیره) است. نیاز است تا در هر زمینه به‌طور خاص به بررسی این فاکتورها کیفیت بهتر سرویس (QOS) پرداخت. طراحی شبکه‌های حسگر بی‌سیم در نظر گرفتن مشکلاتی ناشی از توان با پهنای باند محدود، ارتباطات غیرقابل اعتماد، آسیب‌پذیری گره‌ها و غیره، نیازمندی‌های مربوط به QOS را در این شبکه‌ها ضروری می‌کند. شبکه‌های حسگر بی‌سیم جهت نظارت کردن به وضعیت بیماران ناتوان در بیمارستان و ردیابی و نظارت بر حرکت بیماران خاص به‌کار می‌روند. حسگرهای بی‌سیم می‌توانند بر عملکرد اپراتورهای مشغول به کار نیز نظارت نمایند [۴]. در مواردی مثل جمع‌آوری اطلاعات فیزیولوژیکی بدن انسان از راه دور، پیدا کردن بیماران و پزشکان در یک محیط درمانی و همچنین مدیریت داروها در یک بیمارستان از این شبکه‌ها استفاده می‌شود. با توجه به گسترده شدن توسعه فناوری شبکه‌های حسگر بی‌سیم در بخش پزشکی و استفاده از اطلاعات ارائه‌شده توسط آن در خارج از بیمارستان قادر خواهد بود امکان بررسی در حادثه و اقدام به‌موقع را توسط گروه پزشکی را میسر سازد. با توجه به موارد فوق انتظار می‌رود عوامل مختلفی در تحویل داده در شبکه‌های مراقبین و بهداشتی از راه دور مورد توجه باشد از جمله: در دسترس بودن، محرمانه بودن و حفظ حریم خصوصی، قابلیت اطمینان، ارائه کیفیت سرویس و متحرک بودن (قابلیت جابه‌جایی) [۵].

۲-۳- الگوریتم جغرافیای زیستی

بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی ^۱ با یک الگوریتم تکاملی (EA) است که بهینه‌سازی یک تابع را صورت تکرار و تصادفی با توجه به روش‌های پیشنهادی بهبود و با توجه به داده‌های اندازه‌گیری کیفیت یا عملکرد. BBO متعلق به روش‌های ابتکاری که پس از آن را شامل بسیاری از تغییرات و پس از آن هر مفروضات در مورد مشکل است را شامل می‌شود؛ بنابراین می‌توان به استفاده گسترده‌ای از این بهینه‌ساز در حل مشکلات استفاده کرد [۱۷].

BBO معمولاً برای بهینه‌سازی توابع حقیقی چندبعدی است، اما آن را نشانی از گرایان تابع، که بدان معنی است که از تابع نیاز به مشتق به‌عنوان روش‌های بهینه‌سازی کلاسیک مانند

^۲ High Suitable Index (HSI)

^۳ Suitability Index Variable (SIV)

^۱ Biogeography Based Optimization (BBO)

کمینه انرژی پخش (MEM) یعنی انتقال اطلاعات در یک زیرمجموعه‌ای از گره‌های شبکه در بخش ۲ مقاله [۳] آمده است. در بخش ۳ مقاله [۳] مسئله MEM با آنتن‌های جهت در نظر گرفته شده است. روش‌های پیچیده‌تری هم در مقاله [۲] و [۷] در خصوص پخش انرژی وجود دارد.

در میان روش‌های اکتشافی متمرکز در مسئله MEB با آنتن‌های واقعی الگوریتم BIP است که در مقاله [۸] و [۹] ارائه شده است. از دیگر الگوریتم‌های ارائه شده در این زمینه در مقاله [۱۰] الگوریتم (MBR) ذکر شده است. همچنین الگوریتم DP در مقاله [۱۱] ارائه شده است.

در [۱۲] از الگوریتم ژنتیک برای افزایش طول عمر شبکه استفاده شده است. این مدل بر مبنای یافتن بیشترین تعداد زیرگروه‌های ناپیوسته دستگاه‌ها در مدل زمان‌بندی است. سپس یک شبکه بی‌سیم نامتجانس که به‌طور انتخاب تصادفی پارامترهای مدل ردیابی ساخته شده است را معرفی می‌کند. همچنین این طرح برای ECC^1 ، تحت فضای پیوسته و با استفاده از تعداد واقعی یک رویکرد مطرح شده است. GA هم مسیرهای جدید را با استفاده از انرژی به‌عنوان معیار صلاحیت، برای داوری در مسیرهای گوناگون و انتخاب بهترین مسیر که مصرف انرژی کمتری در مقایسه با مسیرهای دیگر مطرح می‌کند.

در [۱۳] پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر مکان بهینه‌سازی انرژی را در مقایسه با پروتکل‌های مبتنی بر اتصال، افزایش می‌دهند. در شبکه‌های بی‌سیم داده‌ی حس شده به سمت گره سرخوشه توسط گره‌های قابل دسترس در محدوده‌ی ارتباط، گزارش داده می‌شود. برای این گزارش نیاز به فرکانسی داریم که بین چاهک و مبدأ ارتباط برقرار شود. در این مسیریابی به سطح قابل قبولی از اطمینان خواهیم رسید. این مکانیسم برای هر گره یک حالت را در نظر می‌گیرد که شامل شرایط اتصال (تعداد انتقالات سرخوشه و دروازه) و انتقال قدرت (نیروی که برای انتقال نیاز است و به‌صورت ژول مطرح می‌شود) است. مقدار A که PTX^2 برای هر گره محاسبه می‌شود. گره‌ای که بیشترین PTX را دارد، بیشترین اولویت را دارد و به‌عنوان سرخوشه^۳ انتخاب می‌شود. این پروتکل‌ها سطح انرژی و اطلاعات جغرافیایی را برای مسیریابی یک بسته به سمت مقصد در نظر می‌گیرند. اطلاعات موقعیت را نسبت به اطلاعات مسیریابی نگه می‌دارند. زمانی که از سرخوشه و اعضای آن به‌عنوان گره میانی استفاده شود دیگر نیازی به گره دروازه نیست. بنابراین انرژی بیشتری

عملگر مهاجرت: پس از ایجاد پاسخ‌های اولیه از روش‌هایی برای تعیین میزان مطلوب بودن و طبقه‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود. پاسخ‌های مطلوب دارای HSI بالا به معنای زیستگاه با گونه‌های زیاد و پاسخ‌های ضعیف دارای HSI پایین به معنای زیستگاه با گونه‌های کم هستند. هر زیستگاه در الگوریتم بهینه‌سازی جغرافیای زیستی دارای نرخ مهاجرت (λ) و نرخ مهاجرت‌پذیری (μ) برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات به‌صورت احتمالی بین راه‌حل‌ها استفاده شده، با روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$\lambda_i = I \left(1 - \frac{k(i)}{n}\right) \quad (1)$$

$$\mu_i = E \left(\frac{k(i)}{n}\right)$$

که در آن I و E به ترتیب بیشترین مقدار نرخ مهاجرت و مهاجرت‌پذیری است که پاسخ‌ها می‌توانند داشته باشند و $k(i)$ نشان‌دهنده تعداد گونه‌ها در زیستگاه i ام است. این مقدار بین ۱ تا n است. n نیز تعداد اعضای جمعیت است. هر پاسخ، با احتمالی خاص برای اصلاح پاسخ دیگر به‌کار می‌رود. زمانی که یک پاسخ برای اصلاح انتخاب می‌گردد، از نرخ مهاجرت‌پذیری (λ) آن استفاده می‌شود تا تعیین شود هر یک از SIV های موجود برای پاسخ باید اصلاح شود یا خیر.

زمانی یک SIV موجود در پاسخ S_i برای اصلاح انتخاب شد، با کمک نرخ مهاجرت (μ) به شکل احتمالی، تصمیم می‌گیریم که کدام یک از پاسخ‌ها، باید باعث مهاجرت یک SIV، که به‌صورت تصادفی انتخاب شده است به پاسخ S_i گردد.

جهش: تحولات ناگهانی می‌تواند مقدار HSI یک زیستگاه را تغییر دهد. همچنین می‌تواند باعث شوند که تعداد گونه‌ها با مقدار متعادل خود متفاوت باشند. این امر را به‌عنوان جهش SIV در BBO مدل می‌کنیم از احتمال تعداد گونه‌های موجود در زیستگاه برای مشخص کردن نرخ جهش استفاده می‌شود.

۳- مروری بر کارهای گذشته

در [۶] بر روی مشکل یگانگی مکان تمرکز شده است. الگوریتم کلونی مورچگان با حفظ یگانگی مکان، فضای جست‌وجو را پیدا می‌کند. با پیدا کردن راهی مناسب برای مسیریابی جهت محافظت از مکان اصلی کارآمد است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که طول عمر شبکه طولانی شده، یافتن گره مبدأ برای دشمن سخت‌تر شده و شانس بسته‌ها جهت ردیابی کم می‌شود.

¹ECC (Energy Efficiency Coverage)

²PTX(Predicted Transmission conducts)

³Cluster Head(CH)

ذخیره می‌کنند و طول عمر شبکه بیشتر می‌شود.

Glomosim استفاده شده است.

در [۲۴] تأثیر راهبردهای تراکم، توپولوژی‌های درخت و پروتکل‌های MAC را در بهینه‌سازی انرژی آنالیز می‌کند. همچنین یک برنامه کاربردی ساده را پیاده‌سازی کرده‌اند و با استفاده از شبیه‌ساز AVRORAT نتایج واقعی به دست آورده‌اند. پروتکل MAC و پارامتری کردن تأثیر زیادی در بهینه‌سازی انرژی دارد. اثر راهبرد تراکم و توپولوژی درخت کمتر از همیشه می‌شود. اثرات لایه‌ی Cross که توسط لایه‌ی Mac ایجاد شده است، مهم به نظر می‌رسد.

در [۲۵] با توجه به محدودیت‌های گره‌های حسگر یک رابطه سبک‌سنگین بین انرژی صرف شده برای انتقال بسته‌ها و سطح قابلیت اطمینان وجود دارد. Link failure و گم‌شدن بسته‌ها غیرقابل پرهیز هستند. شبکه‌های حسگر یک سطح اطمینان را تحمل می‌کنند بدون اینکه تأثیری در رسیدن بسته‌ها و تراکم داده‌ها داشته باشند. در این مقاله اعتقاد بر این است که وقتی که رسیدن بسته‌ها اصلاح شود و انتقال داده‌های غیرضروری کاهش یابد هدف کاهش انرژی محقق می‌شود. برای این کار یک پروتکل مسیریابی RLBR که بر پایه بارگذاری per hop لایه‌ی مسیریابی است، پیشنهاد کرده‌اند. پیشرفت‌های اخیر در اجزای لایه‌ی شبکه استاندارد توسط Tiny os2.x تأمین می‌شود. پیاده‌سازی آن نشان داده، تأخیر تعمیر توپولوژی انرژی کمتری مصرف می‌کند.

در مقاله [۲۶] نویسندگان پی برده‌اند که رسیدن به انرژی متوازن میان همه گره‌ها با توجه به الگوی ترافیکی WSN غیرممکن است. هم‌چنین نشان داده‌اند، با فرض راهبرد توزیع غیریکنواخت، شبکه به سطح کارایی و انرژی بالاتری می‌رسد و فقط ۱۵٪ انرژی هدر می‌رود. هم‌چنین شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهد این شبکه نسبت به شبکه‌های دیگر دارای طول عمر بیشتر، نرخ انرژی باقی‌مانده بیشتر و نرخ تحویل داده بیشتری را داراست.

در [۲۷] با توجه به محدودیت و بلادرنگ بودن انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، فضای جست‌وجو را با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان بر مبنای زاویه جست‌وجو و فرومون لازم برای راهنمایی مورچه‌ها به سمت گره مقصد، با استفاده از تقویت مکانیسم بازخورد منفی انتخاب می‌شود. وقتی مورچه‌ها زمانشان تمام شود فرومون لازمه نیز کم می‌شود که این کار با استفاده از تابع انتقال که شامل فاکتور-هایی از جمله فاصله، انرژی، فرومون و زاویه جست‌وجو است، عمل می‌کند. این روش منبع انرژی را متعادل کرده و مسیریابی را در جنبه‌های مختلف انرژی، مرگ گره‌ها، مسیر کوتاه و تأخیر زمان بهبود می‌بخشد.

در [۲۸] یک پروتکل جدید به نام BIHP که برای طول عمر

در [۱۴] با استفاده از کلونی مورچه‌ها و شبکه‌های فازی مشکل کمبود انرژی را جبران کرده‌اند. این کار با استفاده از یک الگوریتم مناسب به نام "حداقل انرژی همه پخشی" صورت می‌گیرد. نتیجه به دست آمده توسط هر دو الگوریتم به یکدیگر بسیار نزدیک است. البته جواب‌های به دست آمده از کلونی مورچگان بهتر بوده و این کار بستگی به نوع آنتن‌هایی دارد که از شبکه بی‌سیم استفاده می‌کنند.

لیائو و همکاران [۲۱] اشاره داشتند، استقرار و گسترش حسگرها از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بوده است، چرا که طرح به کارگیری کارآمد آن‌ها می‌تواند هزینه‌های استقرار را کاهش داده و قابلیت تشخیص شبکه‌های حسگر بی‌سیم را افزایش دهد. بعلاوه می‌تواند کیفیت نظارت در شبکه‌های حسگر بی‌سیم را به وسیله افزایش مناطق تحت پوشش افزایش دهد.

در [۲۲] طرحی بر اساس یک پارامتر کنترل منفرد (آلفا، که سازگاری بی‌واسطه میان زمان حیات شبکه و توان عملیاتی) برای کنترل تغییرات حالت به منظور به دست آوردن توافق بین عمر و توان بازدهی شبکه استفاده می‌کند. با طرح زنجیره‌ی مارکوف مورد بحث قرار داده و آن را با روش استاندارد بر حسب توان بازدهی گره و طول عمر کل شبکه مقایسه می‌کند. سرانجام با تحریک توپولوژی‌های مختلف شبکه در یک شبکه حسگر واقع‌بینانه، تأثیرگذار بودن این نقشه را نشان می‌دهد که باعث شده میزان بسط طول عمر متوسط باتری و سرعت گیرنده را افزایش دهد. الگوریتم ژنتیک در ایستگاه مرکزی اجرا می‌شود. محل سرخوشه‌ها را به نحوی تعیین می‌شود که حداقل انرژی مصرف شود. در حقیقت انتخاب جمعیت نسل جدید با معیار کمترین اختلاف انرژی با دوره‌ی قبلی صورت گرفته است. ایجاد تعادل و یکنواختی در مصرف انرژی گره‌ها و طولانی شدن عمر شبکه دستاورد استفاده از الگوریتم ژنتیک است.

در [۲۳] محدود بودن سطح انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی شبکه‌های حسگر بی‌سیم مطرح شده است و تعیین روشی برای بهبود طول عمر شبکه اهمیت خواهد داشت که یکی از آن‌ها استفاده از روش زمان‌بندی است. در این مقاله پروتکلی به نام MCSP برای زمان‌بندی شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه می‌شود که همواره گره‌های حسگر را در هر دوره زمانی با الگوریتمی در دو حالت stand by و on قرار می‌دهد، که با این کار به مدیریت مصرف انرژی در WSN به منظور افزایش طول عمر شبکه، می‌پردازد. برای انجام آزمایش‌ها از نرم‌افزار شبیه‌ساز

¹ MEB(minimum energy broadcasting)

نامتجانس عمل کند یعنی گره‌ها می‌توانند دارای انرژی متفاوتی باشند حال آنکه در الگوریتم‌های موردبررسی تا به اینجا محیط متجانس بوده و گره‌ها دارای انرژی برابری بودند. بعد از تقسیم گره‌ها به دو ناحیه متجانس و نامتجانس، هر دو این دسته‌ها به صورت سلسله مراتبی خوشه‌بندی می‌شوند و در هر یک از این دسته‌ها خوشه‌هایی قرار می‌گیرند که هر یک از این خوشه‌ها نیز دارای یک سرخوشه می‌باشند. بسته‌ها از گره‌ها به سرخوشه‌ها و از سرخوشه‌ها به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌شوند. در این الگوریتم سرخوشه‌ها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و این روند برای هر دو دسته وجود دارد که این را می‌توان به عنوان یکی از نقاط ضعف اصلی این روش در نظر گرفت زیرا ممکن است سرخوشه‌ای که انتخاب می‌شود دارای انرژی کافی نباشد و سرخوشه مناسبی نباشد البته در این روش یک آستانه‌ای در نظر گرفته شده است که اگر گره سرخوشه انتخابی دارای حداقل میزان آستانه نباشد گره دیگری انتخاب می‌شود.

در جدول (۱) مقایسه مابین روش‌های بررسی شده نشان داده شده است.

جدول (۱): مقایسه‌ای بر کارهای پیشین

مقاله	سال	روش کار
مقاله [۱۲]	۲۰۱۴	از الگوریتم ژنتیک برای افزایش طول عمر شبکه استفاده شده است. این مدل بر مبنای یافتن بیشترین تعداد زیرگروه‌های ناپیوسته دستگاه‌ها در مدل زمان‌بندی است.
مقاله [۱۳]	۲۰۱۴	در این مقاله پروتکل مسیریابی مبتنی بر مکانی را ارائه می‌کند که قادر است تا با استفاده از الویت‌دهی گره‌ها بر اساس انرژی باقیمانده آن‌ها عمل کند
مقاله [۱۴]	۲۰۱۷	با استفاده از کلونی مورچه‌ها و شبکه‌های فازی مشکل کمبود انرژی را جبران کرده‌اند.
مقاله [۲۱]	۲۰۱۹	اشاره داشتند، استقرار و گسترش حسگرها از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بوده است، چرا که طرح به‌کارگیری کارآمد آن‌ها می‌تواند هزینه‌های استقرار را کاهش داده و قابلیت تشخیص شبکه‌های حسگر بی‌سیم را افزایش دهد.
مقاله [۲۲]	۲۰۱۹	در این روش گره‌های حسگر در هر دوره زمانی با الگوریتمی در دو حالت on و stand by قرار می‌گیرد، که با این کار به مدیریت مصرف انرژی در WSN به منظور افزایش طول عمر شبکه، می‌پردازد.
مقاله [۲۴]	۲۰۲۰	در این روش گره‌های حسگر در هر دوره زمانی با الگوریتمی در دو حالت on و stand by قرار می‌گیرد، که با این کار به مدیریت مصرف انرژی در WSN به منظور افزایش طول عمر شبکه، می‌پردازد.
مقاله [۲۵]	۲۰۱۹	در این مقاله تأثیر راهبردهای تراکم، توپولوژی‌های درخت و پروتکل‌های MAC را در بهینه‌سازی انرژی آنالیز می‌کند.
مقاله [۲۶]	۲۰۲۰	در این مقاله نویسندگان پی برده‌اند که رسیدن به انرژی متوازن میان همه گره‌ها با توجه به الگوی ترافیکی WSN غیرممکن است. هم‌چنین نشان داده‌اند، با فرض راهبرد توزیع غیریکنواخت، شبکه به سطح کارایی و انرژی بالاتری می‌رسد
مقاله [۲۷]	۲۰۱۹	در این مقاله با توجه به محدودیت و بلادرنگ بودن انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، فضای جست و جو را با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان بر مبنای زاویه جست و جو و فرومون لازم برای راهنمایی مورچه‌ها به سمت گره مقصد، با استفاده از تقویت ساز و کار بازخورد منفی انتخاب می‌شود
مقاله [۲۸]	۲۰۲۰	در این مقاله پروتکلی ارائه شده است که دارای تأخیر کم و مفید برای بهینه‌سازی انرژی در شبکه است. در این پروتکل از روش بهینه‌سازی باکتری برای انتخاب سرخوشه و پروتکل پیوندی برای بهبود پروتکل مسیریابی استفاده شده است.

شبکه مفید است، مطرح کرده‌اند. این پروتکل دارای تأخیر کم و مفید برای بهینه‌سازی انرژی در شبکه است. در این پروتکل از روش بهینه‌سازی باکتری برای انتخاب سرخوشه و پروتکل پیوندی برای بهبود پروتکل مسیریابی استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این پروتکل برای تعادل در مصرف انرژی و افزایش دوره‌ی ثبات برای شبکه مفید است. همچنین انرژی گره‌ها را کم می‌کند و اتلاف انرژی در سرخوشه را کاهش می‌دهد. انرژی شبکه در با مقایسه با LEACH، ۳۵ درصد و در مقایسه با PEGASIS، ۱۹ درصد بهینه‌شده است.

در پروتکل SEP [۱۹] گره‌ها به دو دسته گره‌های معمولی و گره‌های پیشرفته تقسیم می‌شوند. نحوه تقسیم کردن با استفاده از عددی است که در ابتدای کار مشخص می‌شود. بعد از تقسیم گره‌ها دیگر نمی‌توانند در دسته‌بندی دیگری قرار گیرند و در همان دسته تا انتها باقی می‌مانند. تقسیم گره‌ها برای قرار گرفتن در دسته‌های گره‌های معمولی و پیشرفته به صورت تصادفی است. گره‌های پیشرفته دارای انرژی بیشتری از گره‌های معمولی می‌باشند و به نوعی می‌توان گفت این روش می‌تواند به صورت

را به ایستگاه مبنا انتقال می‌دهند تا میزان اطلاعاتی که باید به ایستگاه مبنا ارسال شود را کاهش دهند. در LEACH زمان بندی ارسال داده‌های گره توسط پروتکل دستیابی چندگانه با تقسیم کد (CDMA)^۲ یا دستیابی چندگانه با تقسیم زمانی (TDMA)^۳ انجام می‌گیرد. انتخاب سرخوشه از طریق یک تابع احتمال انجام می‌شود. هر گره، عددی تصادفی بین صفر و یک انتخاب می‌کند و اگر عدد انتخاب شده کمتر از $T(n)$ باشد، آن گره به‌عنوان سرخوشه دور کنونی انتخاب می‌شود:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P * (r \bmod \frac{1}{P})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

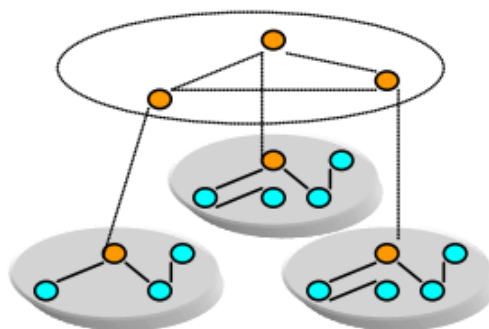
که P احتمال سرخوشه شدن است، r شماره دور جاری و G مجموعه گره‌هایی است که در $p/1$ دور اخیر، سرخوشه نبوده‌اند. بر اساس مدل شبیه‌سازی، اثبات شده است که فقط پنج درصد از گره‌ها نیاز به سرخوشه شدن دارند. نقطه قوت LEACH در مکانیسم چرخش نقش سرخوشه‌ها و اجتماع داده بوده و قادر به افزایش طول عمر شبکه است اما دارای معایبی نیز هست [۲۰]:

اول آنکه فرض می‌کند همه گره‌های شبکه از توان کافی برای ارسال اطلاعات به گره مبنا و توان محاسباتی کافی برای پشتیبانی از پروتکل‌های MAC مختلف برخوردارند. بنابراین در شبکه‌های با مقیاس وسیع قابل‌اعمال نیست. همچنین فرض می‌کند که گره‌ها همواره داده‌ای برای ارسال دارند و گره‌های نزدیک به یکدیگر دارای داده‌های وابسته به هم هستند. این پروتکل فرض می‌کند که همه گره‌ها در هر دور انتخاب، با میزان ظرفیت انرژی برابری شروع می‌شوند با این فرض که سرخوشه تقریباً به اندازه‌ی گره‌های دیگر انرژی مصرف می‌کند. مهم‌ترین عیب LEACH آن است که روشن نیست که تعداد از پیش تعیین شده سرخوشه‌ها (یعنی p) چگونه می‌خواهد به‌طور یکنواخت در شبکه توزیع شود.

در واقع هیچ تضمینی در مورد محل و یا تعداد سرخوشه‌ها در هر دور ارائه نمی‌کند. بنابراین، این امکان وجود دارد که سرخوشه‌های انتخاب شده در بخشی از شبکه، متمرکز شده باشند. راه‌حل این مشکل می‌تواند استفاده از یک الگوریتم خوشه‌بندی متمرکز باشد.

۳-۱- پروتکل خوشه‌بندی LEACH

پروتکل سلسله‌مراتب خوشه‌بندی وفقی با انرژی پایین [۲۰] نخستین و معروف‌ترین پروتکل مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است که ایجاد خوشه‌ها در آن به صورت توزیع شده انجام می‌گیرد. مهم‌ترین هدف LEACH، داشتن ایستگاه‌های مبنای محلی (سرخوشه‌ها) برای کاهش مصرف انرژی ناشی از انتقال داده‌ها به یک ایستگاه مبنای دور دست است. LEACH، گره‌های اندکی را به‌طور تصادفی به‌عنوان سرخوشه‌ها انتخاب کرده و گره‌های محلی را به‌عنوان خوشه‌های محلی سازمان‌دهی می‌کند. انتساب گره‌ها به سرخوشه مربوطه بر اساس نزدیکی (فاصله) صورت می‌گیرد. گره‌های غیرسرخوشه (که گره‌های عادی نامیده می‌شوند) داده‌های خود را به سرخوشه‌ها انتقال می‌دهند. بنابراین تنها سرباری که برای آن‌ها وجود دارد، برقراری ارتباط درون خوشه‌ای است. گره‌های سرخوشه نسبت به گره‌های عادی به انرژی بیشتری نیاز دارند. بنابراین انتخاب گره‌های سرخوشه ثابت، منجر به تخلیه زود هنگام انرژی و مرگ زودرس آن‌ها می‌گردد. توازن انرژی سرخوشه‌ها با چرخش نوبتی نقش سرخوشه بین گره‌های مختلف برقرار می‌گردد. همچنین استفاده از اجتماع/ترکیب داده در سرخوشه‌ها، حجم پیام‌های ارسالی به ایستگاه مبنا را کاهش داده و موجب ذخیره انرژی می‌گردد. عملکرد پروتکل LEACH به چندین دور تقسیم می‌شود. هر دور با مرحله نصب (تشکیل خوشه‌ها) آغاز می‌شود که در آن خوشه‌ها سازمان‌دهی می‌شوند.



شکل (۱): ساختار شبکه خوشه‌بندی شده [۲۰]

به دنبال مرحله نصب، مرحله انتقال داده قرار دارد که در آن گره‌های عادی، داده‌های خود را به سرخوشه‌ها ارسال نموده و سرخوشه‌ها پس از انجام اجتماع/ترکیب داده، بسته مجتمع شده

^۲ Code Division Multiple Access

^۳ Time Division Multiple Access

^۱ Low-energy adaptive clustering hierarchy (LEACH)

۴-۱- الگوریتم LEACH-H

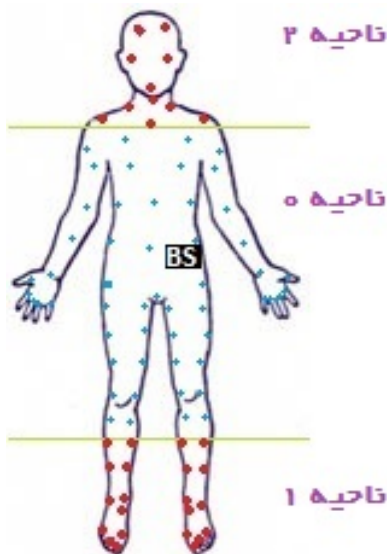
در روش H-LEACH [۱۸]، الگوریتم LEACH به این صورت بهینه شده است که انتخاب گره سرخوشه به صورت تصادفی صورت نمی گیرد بلکه این انتخاب بدین شکل است که بعد از تشکیل خوشه ها و انتخاب سرخوشه های ابتدایی دقیقاً مشابه LEACH، خوشه ها به ناحیه هایی جدا تقسیم می شوند و در این نواحی و یا همان خوشه ها گره های سرخوشه در هر دوره به صورت چرخشی به نوبت به عنوان گره سرخوشه انتخاب می شوند و در این حالت در این الگوریتم ادعا شده است که طول عمر گره افزایش پیدا می کند.

از مشکلات این روش می توان به این قضیه اشاره کرد ممکن است در یک دوره، پیام های متوالی از یک خوشه ارسال شود و در این حالت گره سرخوشه فعلی دارای انرژی بسیار پایینی در اتمام دوره خواهد داشت زیرا هر چه گره سرخوشه پیام های بیشتری را به سمت ایستگاه پایه ارسال نماید سریع تر انرژی آن به پایان می رسد و همین طور در دوره ای نیز ممکن است بسته های بسیار کمی ارسال شود که در نتیجه گره مورد نظر دارای انرژی باقیمانده بیشتری خواهد بود و در نوبت چرخشی اگر یک بار همه گره ها به عنوان سرخوشه قرار گیرند برای دور بعدی در این حالت گره ها دارای انرژی متغیری خواهند بود و با الگوریتم H-LEACH در این حالت مناسب ترین گره به عنوان گره سرخوشه انتخاب نمی شود. همین طور از دیگر مشکلات آن چنین است که در نظر نگرفته است گره های موجود در یک خوشه ممکن است به مسافت زیاد و یا کمی به سرخوشه پیام ارسال نمایند یعنی گره های یک خوشه دقیقاً دارای فاصله مساوی با سرخوشه نمی باشند و از طرفی فاصله ارسال پیام با انرژی مصرفی برای ارسال هر پیام رابطه مستقیم دارد و در نتیجه گره ها که باید محیط را حس کرده و اطلاعات را به سرخوشه ارسال نمایند در این حالت قطعاً دارای انرژی برابر نخواهند بود و در نتیجه در این حالت ممکن است گره ای در دور بعد به عنوان گره سرخوشه انتخاب شود که در همان ابتدا کار بمیرد و انرژی آن به پایان برسد و در این مورد ارتباط کل گره های خوشه تا اتمام دوره با ایستگاه پایه قطع می شود زیرا تنها گره اتصال دهنده آن ها به ایستگاه پایه گره های سرخوشه می باشند.

۴- روش پیشنهادی

در شبکه های ناحیه بدن گره هایی که مورد استفاده قرار می گیرند معمولاً دارای انرژی برابری می باشند ما در این رساله قصد داریم تا راهکاری را بیان نماییم که قادر است تا با در نظر گرفتن

گره های با انرژی متفاوت طول عمر شبکه را نیز بالا ببرد. چراکه در شبکه های ناحیه بدن نیاز نیست که تمامی گره ها دارای انرژی بالایی باشند از این رو ما گره ها را با سه گروه تقسیم نمودیم: ناحیه ۰، ناحیه ۱ و ناحیه ۲. در این ساختار ما در نظر گرفتیم که گره های موجود در ناحیه ۱ و ۲ یا ناحیه های بالا و پایین به جز وسط دارای انرژی بیشتری از ناحیه وسط می باشند و این گره ها که دارای انرژی بیشتری از باقی گره ها می باشند گره های پیشرفته^۱ نامیدیم. به طور کلی اگر m گره از تعداد کل گره ها یعنی n دارای انرژی بالاتر باشند و به عنوان گره های پیشرفته باشند، آنگاه $(m-1)n$ گره دارای انرژی پایین تر می باشند و به عنوان گره های ضعیف تر شناخته می شوند. در روش پیشنهادی ما ناحیه ۱ و ناحیه ۲ هر کدام $4/1$ از کل ناحیه بدن فرد را تشکیل می دهند و این در حالی است که ناحیه وسط $4/2$ کل ناحیه را تشکیل می دهد. در اینجا ما بدین دلیل بدین شکل گره ها را پخش نمودیم که گره های نزدیک به سر و پا در فرد می بایست بسته های اطلاعاتی خود را به دستگاه دریافت کنند که در قسمت کمر فرد می باشند ارسال نمایند و بنابراین نیازمند به انرژی بیشتری نسبت به دیگر گره هایی که در وسط و نزدیک به کمر قرار دارند می باشند. بنابراین ما به گره هایی که در وسط قرار می گیرند انرژی کمتری را اختصاص می دهیم زیرا نیازمند به ارسال بسته ها به فاصله کمتری می باشند. به طور کلی این قضیه همیشه برقرار است که هر چه فاصله ارسال بسته ها توسط گره ها بیشتر باشد، انرژی بیشتری نیز از سمت گره ها مصرف می شود. ما ناحیه را به صورت شکل (۲) در نظر گرفتیم.



شکل (۲): نحوه قرارگیری گره ها در بدن

¹ Advanced Nodes

انرژی جابجا شده و گره دیگری در این نواحی جایگزین آن‌ها شده و به‌عنوان گره سرخوشه انتخاب می‌شوند به‌طور کلی گره سرخوشه می‌بایست تعویض گردد زیرا گره‌های سرخوشه می‌بایست داده‌های دریافتی از گره‌های دیگر را برای گره‌های سرخوشه ارسال نمایند و به علت دور بودن BS از این گره‌های سرخوشه انرژی بیشتری از این گره‌های سرخوشه مصرف می‌شود بنابراین ما گره‌های سرخوشه را در هر دوره با توجه به پارامترهایی همچون انرژی جابجا می‌کنیم. در این روش پیشنهادی گره‌های ضعیف که در ناحیه ۰ قرار دارند نمی‌توانند تشکیل خوشه و ارسال از طریق سرخوشه را ایجاد نمایند زیرا در این حالت گره‌های ضعیف دارای انرژی بسیار کمی می‌باشند و اگر به‌عنوان سرخوشه استفاده شوند و گره‌های موجود در خوشه داده‌های خود را مرتب برای گره سرخوشه ارسال نمایند و این گره سرخوشه که خود گره ضعیفی است بخواهد مرتب بسته‌های دریافتی از گره‌های دیگر را به سمت ایستگاه پایه ارسال نماید فوراً می‌میرد زیرا دارای انرژی کمی می‌باشند و این روند برای دیگر گره‌های خوشه نیز که جایگزین این گره می‌شوند نیز رخ می‌دهد بنابراین در این حالت عمر شبکه فوراً به پایان می‌رسد زیرا ما در اینجا در نظر می‌گیریم که عمر شبکه با مرگ اولین گره در کل شبکه پایان می‌یابد اگر این فرض بسیار سنگین است ولی قدرت الگوریتم را به‌طور واقع نشان می‌دهد. در اکثر مقاله‌ها چنین راهکاری در نظر گرفته نمی‌شود بلکه در نظر گرفته می‌شود که طول عمر شبکه تا پایان عمر آخرین گره شبکه است ولی این فرض در عمل اشتباه است و از طرفی چون ما قصد داریم تا به واقعیت نزدیک‌تر شویم چنین فرضی را در نظر گرفته و شرایط واقعی یعنی مرگ اولین گره را برابر با پایان عمر شبکه در نظر گرفتیم. می‌توان فلوجارت روش پیشنهادی را در شکل (۳) مشاهده نمود.

همان‌طور که می‌توان در این فلوجارت مشاهده نمود در روش پیشنهادی برخلاف روش SEP [۱۹]، از خوشه‌بندی استفاده شده است و به‌طور کلی روش خوشه‌بندی می‌تواند توزیع‌پذیر باشد و درعین حال در انرژی نیز صرفه‌جویی به عمل آورد ولی روش‌هایی همچون SEP قادر نیستند که توزیع‌پذیر باشند یعنی برای محیط‌های بزرگ و پهناور مناسب نیستند بلکه تنها در محیط‌های کوچک قابل استفاده هستند. این روش با هدف اینترنت اشیا بدن در این مقاله ارائه شده است ولی می‌توان از این روش برای محیط‌های نظامی، خانه‌های هوشمند و بسیاری از کاربردهای دیگر که دارای وسعت بالایی نیز می‌باشند،

با توجه به شکل (۲)، گره‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده گره‌های ضعیف در روش پیشنهادی ما و گره‌های آبی نشان‌دهنده گره‌های ضعیف می‌باشند. در این ساختار جایی که BS را نشان دادیم در واقع نشان‌دهنده ایستگاه پایه است و گره‌ها می‌بایست بسته‌های اطلاعاتی خود را به این دستگاه ارسال نمایند. با توجه به این ساختار می‌توان متوجه شد که گره‌هایی که به سر و پا نزدیک‌تر هستند نیازمند به انرژی بیشتری نسبت به گره‌های میانی که در نزدیکی دستگاه گیرنده (ایستگاه پایه) می‌باشند به انرژی نیازمند می‌باشند.

در این روش پیشنهادی ما برای گره‌ها دو روش را برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی در نظر گرفتیم:

۱. انتقال مستقیم
۲. انتقال از طریق گره‌های سرخوشه

۴-۱- انتقال مستقیم

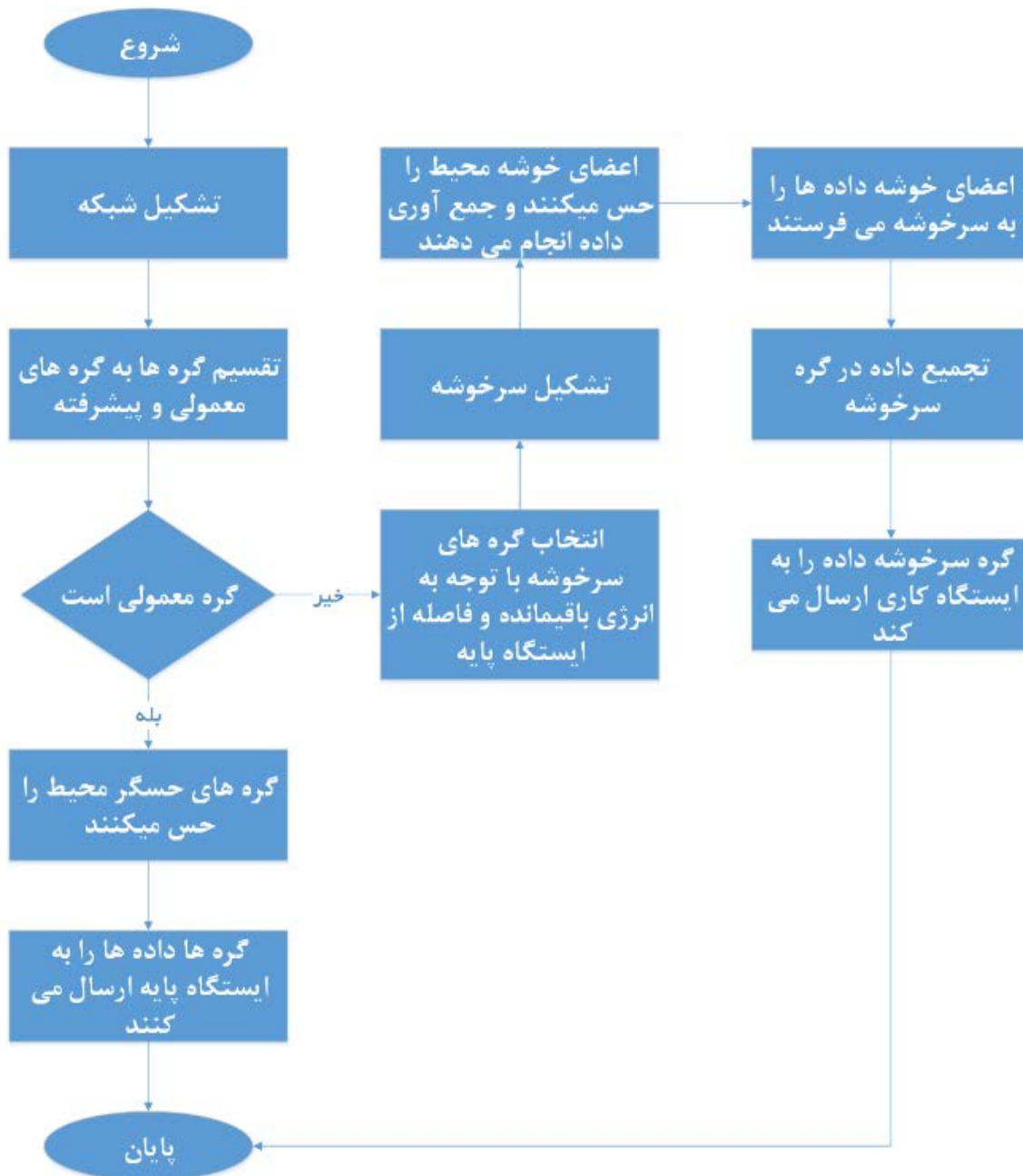
در این حالت گره‌های ناحیه ۰ داده‌های خود را به‌صورت مستقیم برای ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. در این حالت گره‌های موجود ناحیه خود را حس کرده و با توجه به مقادیر حس شده، اطلاعاتی را به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند.

۴-۲- انتقال از طریق گره‌های سرخوشه

در این حالت گره‌های موجود در ناحیه ۱ و ناحیه ۲ داده‌های خود را از طریق گره‌های سرخوشه به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. ما برای این نواحی از الگوریتم خوشه‌بندی استفاده کنیم که به عبارتی می‌توان گفت از LEACH بهینه‌شده که همان LEACH-C است، استفاده می‌نماید. ما الگوریتم LEACH-C را در فصل قبل توضیح دادیم و طرز عملکرد این الگوریتم را توضیح دادیم. ما در اینجا از الگوریتمی استفاده می‌کنیم که بر پایه LEACH عمل می‌کند و ما بهبودهای بسیاری را بر آن اعمال کردیم تا بتوان از محدودیت‌های LEACH همچون انتخاب تصادفی گره‌های سرخوشه جلوگیری کنیم و طول عمر گره‌ها را افزایش دهیم در این روش ما از الگوریتم جغرافیای زیستی برای انتخاب گره سرخوشه استفاده کردیم. این الگوریتم پیش‌تر در قسمت قبل توضیح داده شد. با توجه به این الگوریتم، گره سرخوشه انتخاب‌شده و گره‌های پیشرفته دیگر که در ناحیه‌های ۱ و ۲ قرار دارند داده‌های خود را از طریق این گره‌های سرخوشه به سمت ایستگاه‌های پایه ارسال می‌کنند و با توجه به اینکه در هر راند (دوره) گره سرخوشه با توجه به پارامترهایی همچون

باعث کاهش انرژی شود. در این روش پیشنهادی از الگوریتم جغرافیای زیستی استفاده شده است و این بدین دلیل است که این الگوریتم قابلیت حل مسائل بهینه سازی چند هدفه را دارد و در این الگوریتم نیز دو هدف کمترین فاصله از ایستگاه پایه و بیشترین انرژی باقیمانده برای انتخاب سرخوشه ها مشخص شده بود که با توجه به این قضیه از الگوریتم جغرافیای زیستی استفاده شده است.

مورد استفاده قرار داد. در این روش برخلاف روش بیان شده در مقاله LEACH-H [۱۸]، انتخاب سرخوشه به صورت هوشمندانه ای صورت می گیرد و این باعث می شود که گره ای به عنوان سرخوشه انتخاب شود که دارای بیشترین انرژی باقیمانده و کمترین فاصله از ایستگاه پایه باشد همچنین در این روش پیشنهادی سعی شده است تا راهکاری برای کاهش تعداد بسته های ارسال نیز ارائه شود که این خود به تنهایی می تواند



شکل (۳): فلوچارت کلی روش پیشنهادی

$$P_i(t) = \begin{cases} \frac{k}{N - K * (r \bmod \frac{N}{K})} & C_i(t) = 1 \\ 0 & C_i(t) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

که در اینجا k نشان‌دهنده تعداد سرخوشه‌ها در هر راند(دوره)، N نشان‌دهنده تعداد کل گره‌ها، r نشان‌دهنده شماره راند(دوره) حاضر و C_i یک تابع برازندگی است که با استفاده از الگوریتم جغرافیای زیستی عمل می‌کند و نشان‌دهنده این است که گره i آیا در راندهای اخیر $r \bmod \frac{N}{K}$ به‌عنوان سرخوشه بوده است و یا نه. بنابراین در این حالت می‌توان گفت که ما از تابع برازندگی استفاده می‌کنیم که قادر است تا سرخوشه را به شکلی انتخاب نماید که تقریباً تمامی گره‌ها به‌عنوان گره سرخوشه انتخاب شوند و همچنین در این حالت انرژی گره‌ها نیز به‌شدت صرفه‌جویی می‌شود زیرا وقتی گره‌های سرخوشه مرتب تغییر کنند باعث می‌شود که یک گره سریعاً نمیرد و در نتیجه ارتباط خوشه با ایستگاه پایه قطع نشود زیرا وقتی یک گره سرخوشه می‌میرد باعث می‌شود که خوشه قادر نباشد تا اطلاعات خود را برای ایستگاه پایه ارسال نماید.

۴. تا زمانی که شرایط خاتمه حاصل نشده است (رسیدن به

جواب بهینه یا اتمام دوره‌ها) به مرحله دوم برگرد

۵. بهترین جواب به‌دست‌آمده را نمایش بده.

فلوچارت روش پیشنهادی برای انتخاب سرخوشه در

شکل (۴) نشان داده شده است.

۴-۴ - حالت‌های مختلف گره‌ها

در اینجا ما برای گره‌ها دو حالت خواب و فعال را در نظر گرفتیم تا از انرژی مصرفی گره‌ها بکاهیم یعنی در اینجا گره‌ها بعد از هر بازه زمانی بیدار شده و به حالت فعال رفته حس را انجام داده و در صورت عدم تشخیص شرایط نامطلوب مجدد به حالت خواب انتقال پیدا می‌کند و در صورت تشخیص علائمی فوراً به‌صورت مستقیم در صورت گره ضعیف بودن و یا غیرمستقیم در صورت گره پیشرفته بودن، اطلاعات را به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌کند. در این حالت انرژی بسیار زیادی از گره‌ها صرفه‌جویی می‌شود زیرا در صورت عدم وجود چنین حالتی گره‌ها مرتب محیط خود را حس کرده و در نتیجه به‌سرعت انرژی آن‌ها به پایان خواهد رسید.

۴-۳ - ساختار خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه در

روش پیشنهادی

همان‌گونه که در مطالب قبل ارائه شد، در پروتکل LEACH تمام گره‌ها با احتمالی ثابت به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شوند ممکن است برخی از گره‌های حسگر نامناسب نیز انتخاب گردند که این امر باعث ایجاد هزینه‌های اضافی می‌شود. در این پروتکل ممکن است خوشه‌هایی با تنها یک عضو ایجاد شوند که در این صورت به دلیل ارسال مستقیم اطلاعات به ایستگاه اصلی، انرژی این گره‌ها به‌سرعت تمام خواهد شد. این در حالی است که این خوشه‌ها می‌توانند با ادغام با خوشه‌های مجاور از بین بروند. از آنجاکه انتخاب سرخوشه‌ها در این روش تصادفی است، ممکن است برخی از انتخاب‌ها باعث مصرف سریع انرژی بعضی از گره‌های حسگر مهم که در شبکه نقش اتصال بین دو زیر شبکه را دارند شود و این مسئله سبب گسسته شدن شبکه خواهد شد.

در روش پیشنهادی جهت بهینه‌سازی پروتکل LEACH-C از الگوریتم جغرافیای زیستی جهت انتخاب سرخوشه استفاده می‌شود. در اینجا ما از الگوریتم جغرافیای زیستی در جهت انتخاب گره سرخوشه استفاده می‌کنیم زیرا استفاده از الگوریتم جغرافیای زیستی دارای سربار پایین و همچنین هوشمندانه نیز است و الگوریتمی است که به‌صورت هوشمند انتخاب را انجام می‌دهد. در اینجا تعداد مرتبه‌هایی که یک گره به‌عنوان گره سرخوشه قبلاً استفاده شده است یکی از ملاک‌های مهم است و از این پارامتر برای الگوریتم جغرافیای زیستی استفاده می‌شود.

به‌طور کلی انتخاب سرخوشه از میان گره‌های خوشه در روش

پیشنهادی به شرح زیر است:

۱. به‌صورت تصادفی عددی انتخاب‌شده و به آن اندازه در

ابتدا خوشه ایجاد می‌شود.

۲. در ابتدا سرخوشه‌هایی در هر خوشه به‌صورت تصادفی

انتخاب می‌شود.

۳. سپس در هر خوشه با توجه به انرژی باقیمانده هر گره،

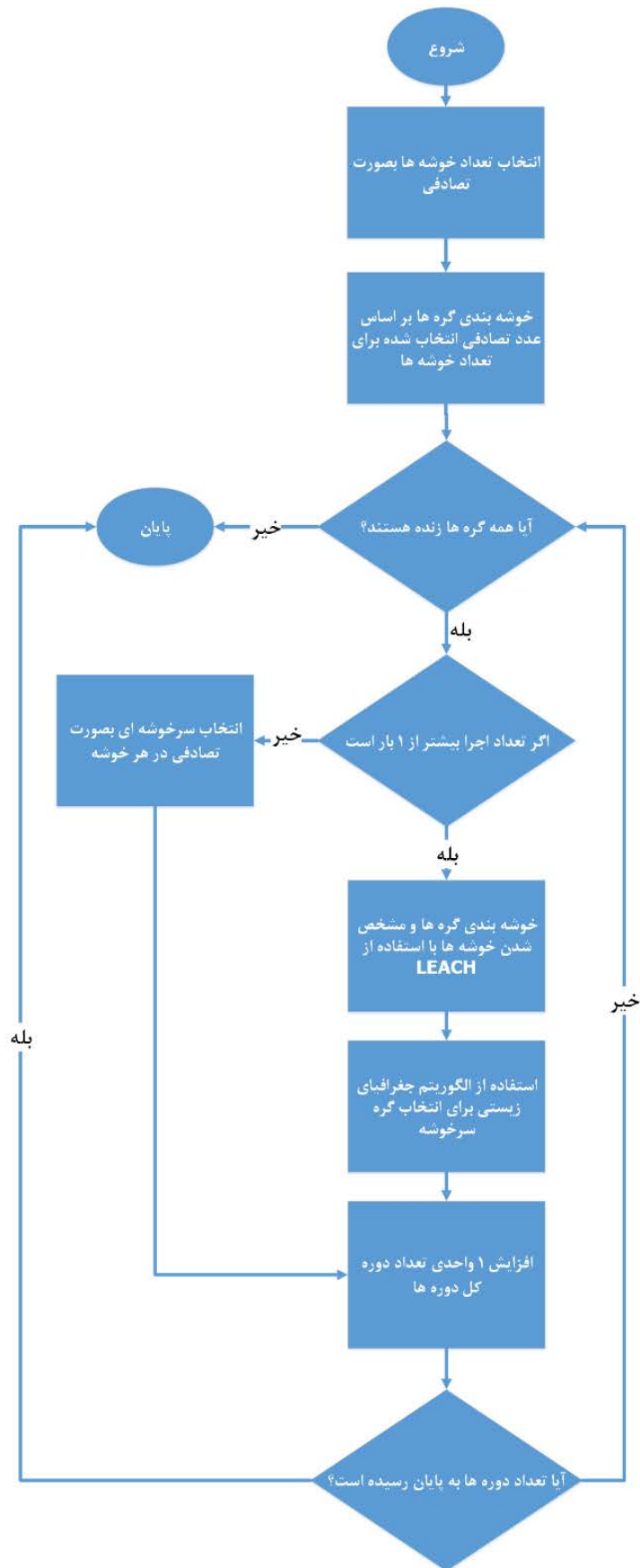
گره‌ای به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که در اینجا ما از

الگوریتم جغرافیای زیستی در جهت انتخاب گره مناسب

استفاده می‌کنیم. به‌طور کلی می‌توان گفت ما از الگوریتم

جغرافیای زیستی به‌عنوان یک تابع برازندگی استفاده

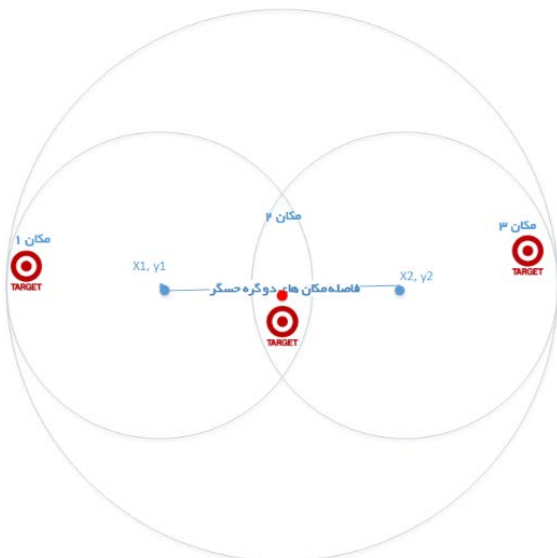
می‌کنیم. این تابع به شکل فرمول (۳) عمل می‌کند.



شکل (۴): فلوچارت روش پیشنهادی برای انتخاب سرخوشه

۴-۵- کاهش تعداد بسته‌ها در روش پیشنهادی

قدرت تشخیص تقریباً تا ۱۰ سانتی‌متر را دارند البته محدوده تشخیص طبق اختیار کاربر است البته به شرطی که از این حد بیشتر نباشد. هر چه محدوده کمتر باشد انرژی کمتری برای یک گره مصرف می‌شود و پیش‌تر نیز گفته شد که انرژی برای گره‌های حسگر دارای اهمیت بسیار بالایی است. بنابراین درست است که اطلاع کاربر با محدوده بزرگ‌تری که بر اساس فشرده‌سازی مشخص می‌شود بزرگ‌تر است ولی محدوده در واقعیت کوچک است برای مثال نهایتاً ۱۶ یا ۱۸ سانتی‌متر خطا دارد ولی با این کار پیام مکان هدف سریع‌تر ارسال می‌شود و تعداد این پیام بسیار کاهش می‌یابد زیرا پیام‌های تکراری ارسال نمی‌شود و این خود می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی گره‌ها شود. در حالتی هم که دو گره در یک محدوده قرار گرفته باشند و هر کدام هدف جدایی را مشخص کنند یعنی مکان ۱ و مکان ۳، این روش گفته‌شده برای فشرده‌سازی مفیدتر می‌شود و می‌تواند بجای دوبار اطلاع از مکان هدف توسط دو حسگر جدا تنها یک‌بار محدوده مکان هدف به ایستگاه ارسال شود. دقت شود که این راهکار به ازای هر دو گره در صف در سرخوشه محاسبه می‌شود ولی به‌طور کلی محدوده انتهایی که به پایگاه ارسال می‌شود محدوده‌ی بزرگی نمی‌باشد.



شکل (۵): حالت‌های ممکن برای فشرده‌سازی

۵- ارزیابی روش پیشنهادی

برای شبیه‌سازی برنامه از نرم‌افزار MATLAB نسخه R2017b 64-bit استفاده شد. این نرم‌افزار بسیاری از توابع کاربردی را به‌صورت آماده در دسترس گذاشته است.

در این قسمت به ارزیابی نتایج شبیه‌سازی با پارامترهای زیر می‌پردازیم:

در اینترنت اشیا تعداد پیام‌های ارسالی نیز در حوزه انرژی مصرفی بسیار مهم است از این‌رو که هر چه تعداد پیام‌ها بیشتر کاهش یابد در مصرف انرژی صرفه‌جویی بیشتری می‌شود از این‌رو در روش پیشنهادی تمامی گره‌های یک بسته اطلاعات را به سرخوشه ارسال می‌کنند و سرخوشه نیز پیام‌ها را فشرده کرده و از طریق یک پیام به پایگاه اطلاع می‌دهد. چرا که ممکن است حالتی پیش آید که دو گره باهم یک محدوده را پوشش دهند و در این حالت هر دو باهم هدف را تشخیص داده و هر یک پیامی را به سرخوشه ارسال می‌کنند تا مکان مشکل را در نمایش دهند. چون سرعت ارسال بسیار بالا است تقریباً زمان بین تشخیص و ارسال به سرخوشه، صفر در نظر گرفته می‌شود. سرخوشه در اینجا مدیریت پیام‌ها را نیز انجام می‌دهد. بسیاری از روش‌های پیشین مشکل تداخل داشتند و فرض بر عدم وجود تداخل می‌گذاشتند ولی در اینجا سرخوشه پیام‌ها را در صف قرار داده و بعد یکی یکی از صف برداشته و در صورتی که تکراری نباشند آن‌ها را فشرده و به سمت پایگاه ارسال می‌کند. ما در اینجا برای اینکه بتوانیم مکان دقیق‌تر مشکل در بدن را ردیابی کنیم از الگوریتم خود استفاده می‌کنیم. با توجه به این الگوریتم ما برای گره‌های موجود در یک خوشه که مشکل را همه آن‌ها شناسایی کردند با توجه به فرمول‌های (۴) و (۵) مرکز دایره‌ای به دست می‌آید که مکان مشکل را در آن مشخص می‌کند شعاع این دایره نیز از فرمول (۶) به دست می‌آید. این محدوده مکانی است که مشکل یا مشکلات را مشخص می‌کند. یعنی ممکن است یک مشکل توسط چند گره هم‌زمان تشخیص داده شود زیرا گره‌های به‌صورت دایره‌ای محیط را حس می‌کنند بنابراین ممکن است طوری گره‌ها در بدن پخش شده باشند که مکان یک مشکل در بدن توسط چند گره هم‌زمان تشخیص داده شود یعنی در شعاع دایره حس دو گره هم‌زمان به وجود آمده باشد.

$$Z_x = \left(\frac{x_1 + x_2}{2} \right) \quad (4)$$

$$Z_y = \left(\frac{y_1 + y_2}{2} \right) \quad (5)$$

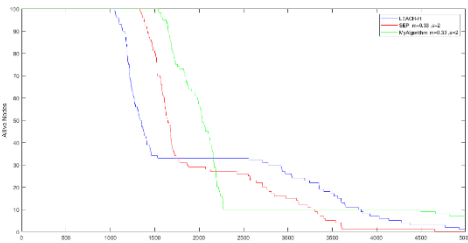
$$R = |x_i + Z_x| + r \quad (6)$$

برای درک بهتر می‌توان به شکل (۵) توجه نمود.

همان‌طور که در شکل مشخص است ممکن است دو گره وجود داشته باشند که هر دو مکان ۲ را برای مشکل در بدن تشخیص داده باشند که در این حالت با توجه به راهکار ما تنها یک بسته به سمت ایستگاه ارسال می‌شود. در این صورت شاید به نظر برسد که کار بالا کمی سربار داشته باشد و مکان دقیق کاملاً مشخص نباشد ولی گره‌ها دارای حسگرهایی می‌باشند که

گره های معمولی باشد (a). در اینجا در ابتدا در نظر گرفته شده است $m=0.33$ و $a=1.5$.

با استفاده از پیش فرض های ممکن در این قسمت خروجی های زیر به دست آمده است:



شکل (۶): تعداد گره های زنده در دوره های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP

می توان در شکل (۶) مشاهده نمود که تعداد گره های زنده در دوره های مختلف در روش پیشنهادی از دیگر روش ها بیشتر است این بدین معناست که شبکه قطعاً در روش پیشنهادی بیشتر از باقی روش ها است. می توان مشاهده نمود که در ابتدا گره های زنده سه الگوریتم مورد مقایسه برابر بوده و رفته رفته از تعداد این گره ها در الگوریتم LEACH-H بیشتر سپس SEP و در انتها الگوریتم پیشنهادی و در نقطه ای می توان مشاهده نمود که الگوریتم LEACH-H از SEP بهتر عمل کرده است که این همان نقطه ای است که مطمئناً در الگوریتم SEP گره های که دارای انرژی کمتری است به عنوان سرخوشه انتخاب شده است و این موجب افت شدید گره های زنده در این الگوریتم شده است و در نهایت می توان مشاهده نمود که الگوریتم پیشنهادی بسیار بهتر از دو الگوریتم دیگر عمل کرده است. الگوریتم LEACH-H از SEP دارای تعداد گره های زنده بیشتری در دوره های پایانی است زیرا الگوریتم LEACH-H سرخوشه را به شکل هوشمندانه تری و با توجه به شرایط گره ها انتخاب می کند حال آنکه در الگوریتم SEP انتخاب سرخوشه به صورت تصادفی است و همین باعث می شود که گره ها زودتر بمیرند از طرفی می توان مشاهده کرد که الگوریتم LEACH-H در ابتدا از دیگر الگوریتم های مورد بررسی بسیار بدتر عمل کرده است زیرا LEACH-H قادر نیست تا در محیط نامتجانس عملکرد مناسبی داشته باشد و نسبت به الگوریتم هایی که دارای قابلیت استفاده در محیط نامتجانس می باشند شروع سردتری را خواهد داشت و شدیداً انرژی گره ها را مصرف می کند و باعث مرگ زودترس گره ها می شود و در دوره های پایانی خود به علت رسیدن به ساختار درست تعداد گره های مرده کاهش می یابد. از طرفی الگوریتم پیشنهادی از هر دو الگوریتم دیگر بهتر عمل کرده است و این بدین دلیل است که در الگوریتم پیشنهادی گره هایی که در ناحیه وسط قرار می گیرند

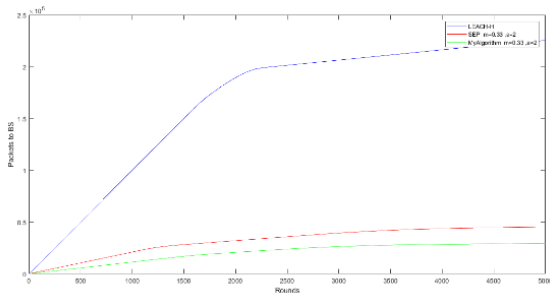
- تعداد گره: ۱۰۰ گره
- اندازه محیط: 100×100
- مکان ایستگاه کاری: (۵۰ و ۵۰)
- تعداد راند: ۵۰۰۰
- اندازه بسته های ارسالی از گره های سرخوشه به ایستگاه کاری: ۲۰۰
- اندازه بسته های ارسالی از گره ها به گره های سرخوشه: ۶۴۰۰
- انرژی اولیه: ۰/۵
- انرژی مورد نیاز برای انتقال هر بسته: 0.00000001×50
- انرژی مورد نیاز برای دریافت بسته: 0.00000001×50
- انرژی مورد نیاز برای جمع آوری داده ها: 0.00000001×5

در این ارزیابی، زمان دوره ها در دو الگوریتم (الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم LEACH-H) با یکدیگر برابر است و ما آن را با s نشان می دهیم ولی منظور ثانیه نیست بلکه یک بازه زمانی در شبیه سازی است. مکان گره ها نیز در پیاده سازی ها به صورت تصادفی مشخص می شود. چون برای روش پیشنهادی می توان کاربردهای متنوعی را در نظر گرفت که در حوزه های مختلف قابلیت استفاده را دارد.

در اینجا در نظر گرفته شده است که شبکه نامتجانس باشد در واقع روش پیشنهادی بیان شده در اینجا قادر است که هم به صورت نامتجانس و هم به صورت متجانس استفاده شود یعنی می توان به بعضی از گره ها انرژی بیشتری اعمال کرد و به بعضی از گره ها نیز انرژی کمتری را اعمال نمود این در حالی است که در اکثر روش های گذشته انرژی گره ها به صورت یکسان در نظر گرفته می شود و این امکان وجود ندارد که بعضی از گره ها به صورت نامتجانس به صورت بهینه عمل کند یعنی با نامتجانس کردن بعضی از روش ها همچون LEACH-H [۱۸] عملکرد بدتری خواهد داشت. از این رو برای این رو برای اینکه بتوان روش پیشنهادی را با یکی از الگوریتم های نامتجانس معروف نیز مورد مقایسه قرار داد، الگوریتم SEP [۱۹] نیز پیاده سازی و با روش پیشنهادی مورد مقایسه قرار گرفته است. در پیاده سازی روش پیشنهادی در نظر گرفته شده است که می توان به عنوان ورودی بیان نمود که چند درصد از گره ها به عنوان گره های پیشرفته در نظر گرفته شوند (m) یعنی چه میزان از گره ها در ناحیه ای قرار گیرند که بسته ها را به صورت مستقیم به سمت ایستگاه پایه ارسال نمایند. و از طرفی دیگر مقدار آلفا نیز در نظر گرفته شده است که مشخص می کند انرژی گره های پیشرفته چند برابر

تقریباً شیب ثابت مانده و افزایش تعداد گره‌های مرده در روش پیشنهادی بسیار کم شد. به‌طور کلی تا زمانی که تمامی گره‌ها نمرده‌اند به معنای عمر شبکه است که در اینجا می‌توان مشاهده نمود که عمر شبکه در روش پیشنهادی بیشتر از ۵۰۰۰ است و ادامه دارد.

در ادامه در شکل (۸) تعداد بسته‌های ارسالی میان گره‌ها و ایستگاه پایه مورد بررسی قرار گرفته است.

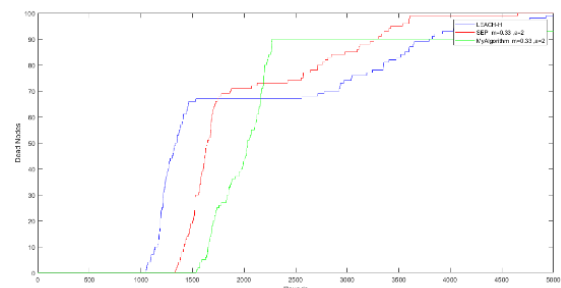


شکل (۸): تعداد بسته‌های ارسالی میان گره‌ها و ایستگاه پایه برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP

می‌توان در شکل (۸) مشاهده نمود که تعداد بسته‌های ارسالی در روش پیشنهادی از دیگر روش‌های مورد بررسی در اینجا کمتر است زیرا در اینجا بسته‌ها ارسالی در ناحیه وسط کمتر است چرا که بسته‌ها به‌صورت مستقیم از گره‌های پیشرفته به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌شود و این در حالی است که در روش‌های LEACH-H و SEP بسته‌ها به‌صورت خوشه‌بندی گره‌ها ارسال می‌شود یعنی بسته‌ها از گره‌ها به سمت سرخوشه و سپس از سرخوشه‌ها به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌شود البته اگر در این قسمت بخواهیم تنها بسته‌های ارسالی از گره‌ها به ایستگاه پایه را در نظر بگیریم قطعاً روش پیشنهادی از دو الگوریتم دیگر دارای بسته‌های بیشتری است چرا که در ناحیه وسط گره‌ها به‌صورت مستقیم بسته‌ها را به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌کنند حال آنکه در الگوریتم LEACH-H و SEP بسته‌ها از گره به سرخوشه و در خوشه جمع‌آوری و به‌صورت یکجا ارسال می‌شود این قطعاً تعداد بسته‌های ارسالی از گره به ایستگاه پایه را کاهش می‌دهد ولی اگر تعداد کل بسته‌ها مدنظر باشد که در این نمودار نیز همین قضیه مدنظر قرار گرفته است روش پیشنهادی بهتر عمل می‌کند. از طرفی در روش پیشنهادی ساز و کاری در نظر گرفته شده است که بسته‌های ارسالی در محیط‌های گره‌های معمولی در روش پیشنهادی (یعنی دو ناحیه از سه ناحیه) کاهش می‌یابد که در فصل سوم این قسمت به‌صورت کامل توضیح داده شده است که چگونه بسته‌ها کاهش می‌یابد.

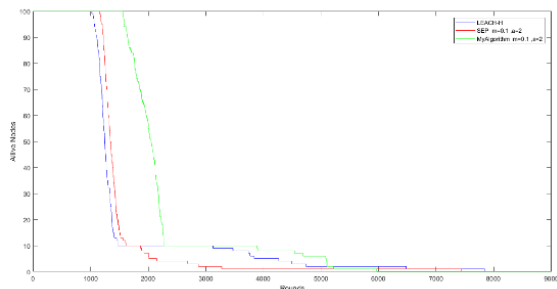
از طرفی دیگر در روش پیشنهادی توان عملیاتی بالاتر است و قابلیت اعتماد نیز بالاتر از دیگر الگوریتم‌ها مورد بررسی است زیرا

به‌صورت مستقیم بسته‌ها را به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند و به‌صورت خوشه‌بندی عمل نمی‌کنند. چرا که فاصله این گره‌ها از ایستگاه پایه بسیار کم است و از طرفی خوشه‌بندی در این شرایط باعث می‌شود که انرژی لازم برای ارسال بسته‌ها از گره‌ها به سمت سرخوشه‌ها و انرژی لازم برای دریافت بسته‌ها در گره‌های سرخوشه و سپس جمع‌آوری آن‌ها و ارسال به ایستگاه پایه افزایش می‌یابد. حال آن‌که در روش پیشنهادی گره‌های در ناحیه وسط از این سربار برخوردار نمی‌باشند بنابراین قطعاً روش پیشنهادی از LEACH-H بهتر عمل خواهد کرد و همچنین از SEP نیز بهتر عمل می‌کند زیرا در SEP گره‌های پیشرفته نیز خوشه‌بندی می‌شوند و مانند LEACH-H است و تنها تفاوت آن با LEACH-H در این است که در الگوریتم SEP، گره‌ها به دو دسته پیشرفته و معمولی تقسیم می‌شوند و این در حالی است که ناحیه گره‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در ادامه در شکل (۷) می‌توان نمودار تعداد گره‌های مرده را در دوره‌های مختلف مشاهده نمود که تصدیقی روی گفته‌های بیان شده در این قسمت است. از طرفی می‌توان مشاهده نمود که الگوریتم پیشنهادی دیرتر از باقی الگوریتم‌های مورد بررسی در اینجا تمامی گره‌های خود را از دست می‌دهد زیرا در این الگوریتم پیشنهادی گره‌های پیشرفته دارای انرژی بیشتری از گره‌های معمولی می‌باشند و در نتیجه این گره‌ها دیرتر انرژی خود را کاملاً از دست می‌دهند و عمر شبکه در این حالت افزایش می‌یابد. که می‌توان در نمودار شکل (۷) نیز مشاهده نمود که عمر شبکه افزایش یافته است.

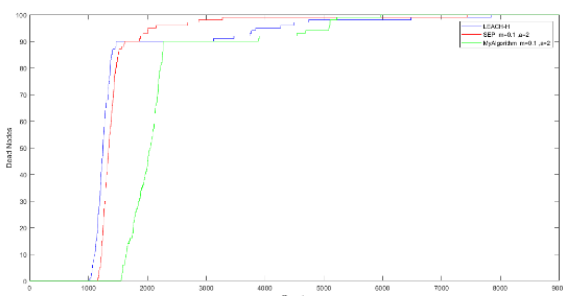


شکل (۷): تعداد گره‌های مرده در دوره‌های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP

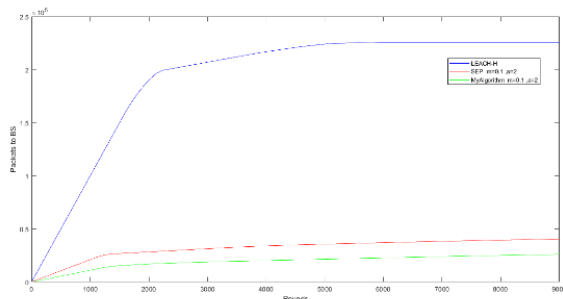
در شکل (۷) برخلاف شکل (۶) تعداد گره‌های مرده مورد مقایسه قرار گرفته است که تأییدی بر گفته‌هاست. می‌توان مشاهده نمود که در روش پیشنهادی تا جایی تعداد گره‌های مرده با شیب کمی ملایم‌تر از باقی الگوریتم‌ها بالا رفته و از جایی به بعد با توجه به اینکه در الگوریتم پیشنهادی از الگوریتمی هوشمندانه برای انتخاب سرخوشه استفاده شده است و همچنین در ارسال بسته‌ها نیز راهکاری ارائه شده است توانسته است بهتر از باقی الگوریتم‌ها انرژی گره‌های خود را حفظ و در نتیجه تعداد گره‌های مرده کمتری داشته باشد. حتی از یک نقطه‌ای به بعد



شکل (۱۲): تعداد گره های زنده مختلف در دوره های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.1$ و $a=2$



شکل (۱۳): تعداد گره های مرده در دوره های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.1$ و $a=2$

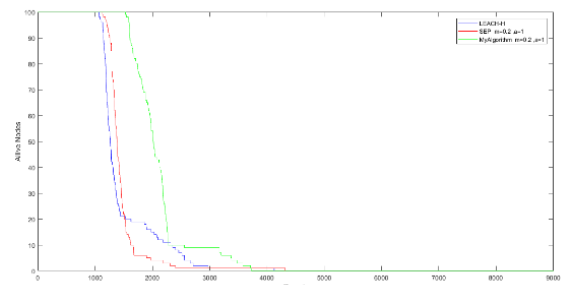


شکل (۱۴): تعداد بسته های ارسالی میان گره ها و ایستگاه پایه برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.1$ و $a=2$

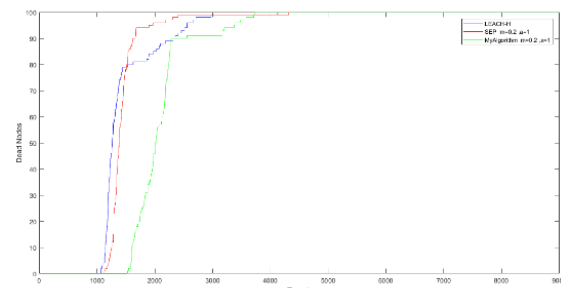
می توان مشاهده نمود که در اینجا یک بار نسبت تعداد گره های پیشرفته ۰/۱ و نسبت انرژی ۲ برابر در نظر گرفته شده است و بار دیگر نسبت انرژی ۱ و نسبت تعداد گره های پیشرفته ۰/۲ در نظر گرفته شده است. در حالت منطقی باید این دو نتایج یکسانی را نشان دهند زیرا یک بار نسبت انرژی کاهش و تعداد گره های پیشرفته افزایش یافته و بار دیگر نسبت انرژی افزایش و نسبت تعداد گره های پیشرفته کاهش یافته است. با توجه به نتایج به دست آمده می توان مشاهده نمود که در حالتی که تعداد گره ها پیشرفته کمتر و نسبت انرژی بیشتر باشد عمر شبکه بیشتر می شود و این بدین دلیل است که گره های پیشرفته قادرند تا بیشتر عمر کنند که ناشی از انرژی بیشتر آنها است. ولی از طرفی باید در نظر گرفت که در روش پیشنهادی رسیدن به حدنصابی

در روش پیشنهادی ناحیه وسط بسته ها را مستقیم به ایستگاه پایه ارسال می کنند حال آن که در روش های LEACH-H و SEP بسته های به صورت سلسله مراتبی از گره ها به سرخوشه ها و از سرخوشه ها به ایستگاه پایه ارسال می شوند حال اگر گره های سرخوشه در اینجا بمیرند عملاً دیگر گره های موجود در آن خوشه قادر نیستند تا زمان انتخاب گره سرخوشه دیگر بسته به سمت ایستگاه پایه ارسال کنند بنابراین روش پیشنهادی دارای قابلیت اعتماد بسیار بیشتری از دو الگوریتم دیگر است.

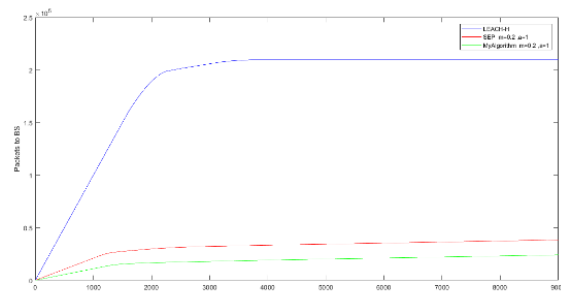
در ادامه یک بار $m=0.1$ و $a=2$ و بار دیگر $m=0.2$ و $a=1$ با تعداد دوره ۹۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفته و خروجی های زیر به دست آمده است:



شکل (۹): تعداد گره های زنده مختلف در دوره های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.2$ و $a=1$



شکل (۱۰): تعداد گره های مرده در دوره های مختلف برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.2$ و $a=1$



شکل (۱۱): تعداد بسته های ارسالی میان گره ها و ایستگاه پایه برای روش پیشنهادی، LEACH-H و SEP در حالت $m=0.2$ و $a=1$

مبحث سربرار زمانی از همه الگوریتم بهتر است چرا که از خوشه‌بندی استفاده نکرده و از این جهت دارای سربرار کمتری است.

۶-۱- کارهای آینده

در این قسمت پیشنهادهایی برای کارهای آینده ارائه می‌شود:

- استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی فاخته در انتخاب مرکز خوشه که یکی از جدیدترین و قوی‌ترین روش بهینه‌سازی تکاملی است. الگوریتم بهینه‌سازی فاخته نسبت به جستجوی فاخته دقت نسبتاً بالاتری و افزایش همگرایی دارد. در این روش طول گام پرواز لوی متغیر است و با افزایش نسل فاخته طول گام کاهش می‌یابد. استفاده از منطق فازی در تابع برازندگی جستجوی فاخته که باعث افزایش دقت جستجو می‌شود.
- ارائه روندی که بتوان بهترین نسبت انرژی و تعداد گره‌های پیشرفته را در پروتکل پیشنهادی بیان نماید زیرا نبود چنین الگوریتم شدیداً در روش پیشنهادی احساس می‌شود و می‌تواند عملکرد الگوریتم پیشنهادی را بسیار بهینه نماید.

۷- مراجع

- [1] Ghaffari, Darogaran and Shiri, 2010, Comparison of data integration methods in wireless networks, Third National Conference on Computer Engineering and Information Technology, Sama, Hamedan, Iran, pp. 5: 531-536 (In Persian).
- [2] Kiani Sh., Thirsty A., Haroonabadi, 2011, Presenting a New Method for Optimizing Energy Consumption in Wireless Networks Based on Colonial Competition Algorithm, 14th Electrical Engineering Student Conference, Page 6: 1-7, (In Persian).
- [3] Blum.C, 2005 Ant colony optimization: Introduction and recent trends, Physics of Life Reviews, pp.2: 353-355.
- [4] Dutta.R, Gupta.SH, Mukul K. D, 2012, Power Consumption and Maximizing Network Lifetime during Communication of Node in WN, Procedia Technology, pp.4: 158 - 162.
- [5] Choudhary.V, Chowdhary.K.R, 2012, Energy Efficient Object Tracking Technique using Mobile Data Collectors in Wireless Networks, Special Issue of International Journal of Computer Applications on Wireless Communication and Mobile Networks, 0975 - 8887, pp.6:10-16.
- [6] Malekan Seyed.Z, Mirabedini Hassan Zarei.J, Abdini Aboksar.M, 2014, Optimizing Energy consumption in networks using ant colony algorithm and fuzzy system, International Journal of Computer Application, ISSN: 2250-1797, pp.14:115-129.

که بتوان نسبت بین انرژی و تعداد گره‌ها را محاسبه کرد کار ساده‌ای نیست و این خود می‌تواند به‌عنوان کار آینده قرار گیرد که چه نسبتی بهترین نسبت ممکن برای محیط در نظر گرفته می‌باشند.

۶- جمع‌بندی

شبکه حسگر کاربردهای زیادی دارد که یکی از مهم‌ترین این کاربردها حس محیط و اطلاع‌رسانی به ایستگاه پایه است. عمده‌ترین چالش شبکه‌های حسگر محدودیت منابع تغذیه گره‌هاست و با اتمام انرژی یک گره، معمولاً به‌دلیل غیرقابل شارژ و غیرقابل تعویض بودن منبع تغذیه، عملاً آن گره از دسترس خارج می‌شود. از آنجاکه حس محیط فرآیندی پرهزینه برای گره‌های حسگر است باید طرحی اندیشیده شود که این عمل با کمترین سربرار انرژی صورت پذیرد. هدف ما از این تحقیق ارائه روشی جهت حس محیط در بدن و ... در شبکه حسگر با کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی در فصل چهار می‌توان گفت، طرح پیشنهادی توانسته است تا با درصد بالایی مکان هدف را شناسایی و همچنین کمترین میزان انرژی را مصرف نماید و در عین حال عمر شبکه نیز بسیار بالا باشد. در روش پیشنهادی تعداد بسته‌ها بسیار کاهش پیدا کرد و در عین حال مدیریت مناسبی نیز روی انتخاب سرخوشه با سریع‌ترین سرعت انجام گرفت که برای این کار از الگوریتم جغرافیای زیستی استفاده شد. در این روش پیشنهادی گره‌ها به سه ناحیه تقسیم می‌شوند که بسته به ناحیه گره‌ها قرار گرفته در آن به‌صورت گره‌های پیشرفته و یا معمولی در نظر گرفته می‌شود. گره‌های پیشرفته دارای انرژی بیشتری از گره‌ها معمولی می‌باشند و بسته‌ها را به‌صورت مستقیم به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌کنند و این در حالی است که گره‌های معمولی بسته‌ها را به‌صورت سلسله مراتبی ارسال می‌کنند. از طرفی دیگر طرحی نیز برای انتخاب سرخوشه با استفاده از الگوریتم جغرافیای زیستی و همچنین طرحی برای کاهش بسته‌های ارسالی در روش پیشنهادی ارائه شد که قابل‌استفاده در ناحیه گره‌های معمولی است زیرا این گره‌ها از خوشه‌بندی و ارسال سلسله مراتبی استفاده می‌کنند. نتایج پیاده‌سازی نشان داده است که روش پیشنهادی قادر است تا بسیار بهتر از الگوریتم‌هایی همچون LEACH-H [۱۸] و SEP [۱۹] عمل کند و دارای طول بیشتری نیز است.

پیچیدگی زمانی در روش پیشنهادی برابر با $O(nm \times n^m)$ ، SEP برابر با $O(n)$ و الگوریتم LEACH-H برابر با $O(n \times n^m)$ است که با توجه به این قضیه الگوریتم پیشنهادی دارای سربرار زمانی بیشتری از باقی الگوریتم‌ها است و الگوریتم SEP در این

- [18] Gupta V., Doja M. N., 2018, H-LEACH: Modified and Efficient LEACH Protocol for Hybrid Clustering Scenario in Wireless Sensor Networks, Springer Nature Singapore Pte. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 638, https://doi.org/10.1007/978-981-10-6005-2_42
- [19] Tewari M., Vaisla K. S., 2014, Performance Study of SEP and DEC Hierarchical Clustering Algorithm for Heterogeneous WSN, 2014 Sixth International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks.
- [20] Bangash J. I., Abdullah A. H., Anisi M. H., Khan A. W., 2014, A Survey of Routing Protocols in Wireless Body Sensor Networks, *journal/sensors*, ISSN 1424-8220.
- [21] Liao, W-H., Kao, Y., Wu, R-T., 2019, Ant colony optimization based sensor deployment protocol for wireless sensor networks. *Expert Systems with Applications*. Volume 38, Issue 6, Pages 6599–6605. Published by Elsevier B.V.
- [22] Parvin R., 2019, Routing Protocols for Wireless Sensor Networks: A Comparative Study, *International Conference on Electronics, Computer and Communication*, ISBN 984-300-002131-3, pp.891-894
- [23] Ibrahim A., Faris H., Mirjalili A., 2020, Optimizing connection weights in neural networks using the whale optimization algorithm, *Soft Computing*: 1-15.
- [24] Xiaobing.W, Guihai.C, Sajal. K ,2020, Avoiding Energy Holes in Wireless Sensor Networks with Nonuniform Node Distribution, *IEEE* ,pp.17:1686-161703
- [25] Chi.L, Guowei.W, Feng.X, Mingchu.L, Lin.Y, Zhongyi.P,2019, Energy efficient ant colony algorithms for data aggregation in wireless sensor networks, *Journal of Computer and System Sciences*,pp. 78: 1686–1702
- [26] Malekan Z., Mirabedini H., Abdini Z. I., Aboksar M., 2020, Optimizing Energy consumption in sensor networks using ant colony algorithm and fuzzy system, *International Journal of Computer Application*, ISSN: 2250-1797,pp.14:115-129
- [27] Guangcai.C, shanshan.W, jingjing .F, 2019, 2019, An Ant Colony Routing Algorithm for Wireless Sensor Network, *Applied Mechanics And Materials* ,vols 462-463,pp.3:114-117
- [28] Dhiman.V, 2020, BIO Inspired Hybrid Routing Protocol for Wireless Sensor Networks, *International Journal For Advance Research In Engineering And Technology*, ISSN 2320-6802,pp.4:33-37
- [7] Subhajt.D,Barman.S, Deb Sinha.J,2012, Energy Efficient Routing In Wireless Network, *Procedia Technology* ,pp.6 : 731 – 738.
- [8] Liming.Z,Qiaoyan.W,2014, Energy Efficient Source Location Privacy Protecting Scheme inWireless Networks Using Ant Colony Optimization, *International Journal of Distributed Networks*, Article ID 920510 , PP.14:1-15.
- [9] Arulanand.J, Syed Ali Fathima.K ,2014, Reputation and Quality of Service for Wireless Networks Using Ant Colony Optimization, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, ISSN: 2320-9801 ,PP.8:1-9.
- [10] Guangcai.C,shanshan.W,jingjing .F,2014,An Ant Colony Routing Algorithm for Wireless Network, *Applied Mechanics And Materials* ,vols 462-463,pp.3:114-117.
- [11] Kumari.M,Pahwa.R,2013, Reliable and Energy Efficiency Routing in Wireless Network, *IJEEMF International Journal of Electrical, Electronics and Mechanical Fundamentals*, Issue 01, 2278-3989,pp.4:31-35.
- [12] Ms.Pavithra.G, Ms.Devaki,2014, Link and Location Based Routing Mechanism for Energy Efficiency inWireless Networks, *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*,pp.6:212-218.
- [13] Shyua.S.J, Linb.B.M.T,Yinc.P.Y,2014, Application of ant colony optimization for no-wait flowshop scheduling problem to minimize the total completion time, *Computers & Industrial Engineering*,0360-8352,pp.13:181-194.
- [14] Liang Xue, Yanlong Wang, Zhihua Li, Jijun Zhao, Xiping Guan, 2017, Robust Routing Design with Consideration of Lifetime Maximization for Wireless Networks in a Framework of Anti-risk Strategy with the Improved Constrained Particle Swarm Optimization Approach, *Wireless Personal Communications*. June 2017, Volume 94, Issue 3, pp 527–558
- [15] Wang Yau ch., Kwok T. T., Lei Ch. U., Kwok Y. K., 2017, Energy Harvesting in Internet of Things, *Internet of Everything* pp 35-79..
- [16] Rezvani Z., 2013, Innovative clustering method based on particle swarm algorithm in wireless networks, the first international conference on metaheuristic algorithms, (In Persian).
- [17] Site: https://en.wikipedia.org/wiki/Biogeography-based_optimization .2019., (In Persian)

The Presentation of a Method for Reducing Energy Consumption in the Body Area Network Using the Biogeography Based Optimization Algorithm

B. Amirshahi

Assistant Professor, Department of Computer Engineering and Information Technology, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

Abstract

Today, the IoT-related technologies are used in various devices, such as the control devices that have millions of nodes, each of which is based on specific platforms. In this research, a method is presented that works better than the well-known protocols such as H-LEACH and SEP, which are very energy efficient. In this proposed method, the nodes are divided into three areas one of which, sends packets directly to the workstation while the other two send packets in clusters. In selecting cluster nodes in this method, the biogeography algorithm is used. The proposed method is compared with current methods such as the H-LEACH and the SEP and shows better results in comparison to these methods.

Keywords: IoT, Zoning, Reducing Energy Consumption, Reducing Packets Sent, Biogeography-Based Optimization Algorithm.