

مروری بر کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم

سمیه میرزاوند^{۱*}، محسن چکین^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران

Email: Mirzavand.somayeh@yahoo.com

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران

Email: mcheghin@gmail.com

چکیده

شبکه حسگر بی سیم متشکل از تعداد زیادی گره های حسگر است، که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع آوری اطلاعات از محیط می پردازد. شبکه های حسگر بی سیم عمدتاً در مناطقی که کاربر نمی تواند حضور یابد مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی در این شبکه ها نظارت، کنترل شرایط و تغییرات جوی، فیزیکی و یا شیمیایی در محیطی با محدوده معین می باشد. مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه حسگرهای بی سیم در سال های اخیر در کانون توجه بسیاری از محققین و مراکز بزرگ تحقیقاتی قرار گرفته و تاکنون راهکارهای مختلفی به منظور کاهش توان مصرفی در شبکه های حسگر بی سیم ارائه شده اند. در این مقاله با هدف مصرف بهینه انرژی موجود در هر یک از گره های شبکه های حسگر بی سیم که منجر به افزایش طول عمر شبکه و دریافت اطلاعات دقیق تر از محیط می شود به بررسی و مقایسه روش های کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم پرداخته است. جهت تحقق این امر گزیده ای از روش های بهینه و بروزتر انتخاب شده اند که نتایج عملکرد آن ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر بی سیم، انرژی، گره، کاهش مصرف انرژی

۱- مقدمه

شبکه های حسگر بی سیم به دلیل هزینه کم و ارتباطات آسان، امروزه در بسیاری از کاربردها برای فعالیت های نظارتی در محیط های مختلف استفاده می شوند. برای استفاده بیشتر و افزایش عمر این شبکه های حسگر بی سیم، محققان همواره به دنبال روش هایی هستند که بتوان به وسیله آن ها مصرف انرژی را کاهش داد. تمامی حسگرها برای انتقال داده های خود باید مسافت طولانی طی کنند، در نتیجه تمام گره ها با هم انرژی زیادی را فقط صرف انتقال داده ها می کنند. یکی از مهمترین مسائل در این شبکه ها، کاهش مصرف انرژی در توسعه و بهبود پروتکل های مسیریابی برای افزایش طول عمر این نوع شبکه هاست [۱].

یکی از معروف ترین و بهترین روش هایی که به منظور مسیریابی داده ها در شبکه های حسگر بی سیم پیشنهاد گردید، روش هایی بود که بر مبنای دسته بندی کردن گره ها و یا به عبارت دیگر بر مبنای خوشه بندی کار می کند. در این روش ها، ابتدا همه گره های داخل شبکه بر اساس روش خاصی به دسته هایی تفکیک می شوند که در هر دسته که اغلب آن را خوشه می نامند، یک گره به عنوان سرگروه دسته انتخاب می شود و بقیه گره ها، گره های عادی نامیده می شوند. روش انتخاب سرگروه در هر روش، معیارهای متفاوتی را مد نظر قرار می دهد. در اکثر روش های مبتنی بر خوشه، هدف اصلی آن است که توزیع مصرف انرژی بین همه گره ها یکنواخت گردد [۲].

۲- بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه حسگر بی سیم

مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه حسگرهای بی سیم در سال های اخیر در کانون توجه بسیاری از محققین و مراکز بزرگ تحقیقاتی قرار گرفته و تاکنون راهکارهای مختلفی به منظور کاهش توان مصرفی در شبکه های حسگر بی سیم ارائه شده اند. این راه کارها عموماً از دو ایده اصلی سرچشمه گرفته اند که عبارتند از:

- اولاً مدیریت توان، بر اساس نحوه ارتباط گره های پدر با گره های فرزند و با توجه به فاصله آنها از یکدیگر تنظیم می شود.
- ثانیاً گروهی دیگر مدیریت توان را بر اساس خاموش نمودن واحد رادیویی در گره های غیرفعال مورد توجه قرار داده اند.

چندین روش جهت دسترسی به این امر وجود دارد که عبارتند از:

- یک روش این که تعدادی از گره های اضافی را به حالت خواب ببریم که این روش از شیوه های محبوب و کارآمد است. به این ترتیب در طراحی سخت افزار گره ها استفاده از طرح ها و قطعاتی که مصرف پایینی دارند و فراهم کردن امکان حالت خواب برای کل گره یا برای هر بخش به طور مجزا مهم است.
- دومین روش این است که میزان محدوده انتقال را به اندازه گره همسایه تنظیم کنیم به طوری که جهت حس کردن و انتقال اطلاعات تنها تا فاصله گره همسایه نیاز باشد [۳].

بنابر آنچه گفته شد طول عمر گره ها به دلیل محدودیت انرژی منبع تغذیه کوتاه است لذا عمر باتری عملاً عمر گره را مشخص می کند و در عمل می بایست از انرژی موجود به بهترین شکل استفاده گردد. بنابراین بسیار مهم است که عملیاتی جهت کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر گره حسگر انجام پذیرد. در این راستا افزایش طول عمر شبکه مهم ترین فاکتور در نظر گرفته شده برای طراحی پروتکل های شبکه های حسگر بی سیم است. هر گره برای انتقال اطلاعات و پردازش آنها توان مصرف می کند که می توان گفت پرمصرف ترین بخش مربوط به فرستنده بی سیم است. از این رو در طراحی پروتکل ها سعی بر این است که تا حد امکان قبل از ارسال داده ها با استفاده از الگوریتم های پردازشی حجم اطلاعات کاهش داده شود. به موازات تولید توان، تلاش برای کاهش مصرف توان در شبکه بسیار مهم است. صرفه جویی در مصرف توان در حالت کلی از دو طریق ممکن است:

۱- یک راه ساخت حسگرهایی با مصرف انرژی کمتر.

۲- راه دیگر به کاربردن روش های مدیریت توان در طراحی نرم افزاری شبکه است. مثلاً ارسال TDMA از نظر مصرف توان مناسب است؛ زیرا در فاصله هر شیار زمانی که اطلاعات هر حسگر ارسال نمی شود، حسگر در حالت انتظار که مصرف انرژی بسیار کمی دارد، قرار می گیرد. روش های مناسب پیکربندی هندسی شبکه و یا انتخاب والد نیز می تواند مصرف انرژی را کاهش دهد [۴].

همان طور که گفته شد یکی از مسایل مهم و چالش برانگیز در شبکه های حسگر مساله انرژی و دوره زندگی گره ها در شبکه است. طول عمر شبکه به طور شدیدی وابسته به طول عمر گره های مجزایی می باشد که این گره ها شبکه را تشکیل می دهند. این امر بستگی به این ندارد که چگونه طول عمر شبکه توصیف می شود بنابراین اگر طول عمر گره های مجزا به درستی پیش بینی نشود در این صورت پارامتر طول عمر شبکه به طور غیر قابل کنترلی تغییر می یابد. از این رو روشن است که مدل سازی درست گره های مجزا پراهمیت می باشد. طول عمر گره های حسگر به دو عامل بستگی دارد:

۱- میزان انرژی مصرفی در طول زمان

۲- میزان انرژی قابل دسترس برای استفاده

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

در این میان میزان قابل ملاحظه‌ای انرژی توسط گره‌های حسگر در طول فعالیت‌های پردازش داده، ارتباطات و حسگری مصرف می‌شود. در این رابطه نظریات متعددی برای طول عمر شبکه شرح داده شده است که از توسعه پارامترهای مختلف طول عمر شبکه حاصل شده است. بر اساس مصرف انرژی در هر پارامتر و ملزومات کاربرد خاص طول عمر شبکه این پارامترها موجب حصول برآوردهای گوناگونی از طول عمر شبکه می‌شوند. هر چند که طول عمر شبکه به عنوان یکی از مهمترین پارامترها برای ارزیابی شبکه‌های حسگر یا الگوریتم‌های مورد استفاده در شبکه‌های حسگر در نظر گرفته شده است طول عمر شبکه دارای کاربردهای دیگری نیز می‌باشد. موضوع طول عمر شبکه‌ی حسگر می‌تواند در فرآیندهای ارزیابی تحلیلی و همین‌طور مدل‌های شبیه‌سازی به کار رود. در واقع طول عمر شبکه یک پارامتر کلیدی برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های حسگر می‌باشد. این پارامترها شامل پوشش، اتصال و قابلیت دسترسی گره‌ها می‌باشد. بر اساس تحلیل تعاریف قبلی طول عمر یک تعریف دقیق قابل استفاده در همه حوزه‌های تحقیقاتی مربوط به شبکه حسگر است [۵].

۳- پیشینه پژوهش

برای صرفه جویی و بهینه کردن انرژی در شبکه‌های حسگر بیسیم الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی پیشنهاد شده که به مرور کارهای انجام شده در گذشته می‌پردازیم.

معروفی و همکاران در سال ۱۳۹۵، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با بهینه‌سازی حرکت گره چاهک، بیان داشتند: شبکه حسگر بی‌سیم شبکه‌ای است که از گره‌هایی با اندازه کوچک تشکیل شده است که قابلیت ارتباط بی‌سیم با محیط پیرامون خود را دارد. هر گره مجهز به حسگرهایی است که نوع آن بنابه کاربردهای شبکه تعیین می‌شود و اطلاعاتی مانند فشار، صدا، حرکت و غیره را جمع‌آوری کرده و در اختیار گره‌ای به نام گره چاهک که یک گره پردازنده مرکزی است قرار می‌دهند. این نوع شبکه‌ها به دلیل نو بودن نیازمند استفاده از الگوریتم‌های متفاوتی هستند، با مد نظر گرفتن این مطلب که در این نوع شبکه‌ها، منابع انرژی محدود می‌باشد، بنابراین ذخیره‌سازی انرژی یکی از نکات مهم در این شبکه‌ها محسوب می‌گردد. در مواردی که گره‌های حسگر متحرک هستند، قابلیت تحرک می‌تواند در نهایت به عنوان ابزاری برای کاهش مصرف انرژی و به دنبال آن افزایش طول عمر شبکه به کار رود که عمده نگرانی‌ها در این شبکه‌ها می‌باشند. در این بیان نامه به بحث کاهش مصرف انرژی به همراه افزایش طول عمر شبکه با استفاده از تحرک گره چاهک پرداخته شده است [۵].

نیک افشار و همکاران در سال ۱۳۹۵، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کارایی پروتکل پیشنهادی در افزایش پوشش شبکه‌ای در بهینه‌سازی مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، بیان داشتند: شبکه حسگر بی‌سیم مجموعه‌ای از تعداد زیادی گره حسگر با ابعاد کوچک و قابلیت‌های مخابراتی و محاسباتی محدود که مصرف انرژی در آن از مسائل حائز اهمیت است که در آن شبکه عصبی نقشه خودسازماندهی (SOM) یک شبکه عصبی بدون نظارت است و از نرون‌های عصبی در یک ساختار گرید منظم با ابعاد پایین تشکیل شده، همچنین خوشه‌بندی با استفاده از الگوریتم K-means که مجموعه داده را به k زیرمجموعه تقسیم می‌کند و برای انتخاب سرخوشه سه معیار مهم شامل حسگری که دارای حداکثر سطح انرژی باشد، نزدیکترین حسگر به ایستگاه مبنا و مرکز ثقل خوشه در نظر گرفته شده که به منظور برآورد هزینه برای انتخاب سرخوشه، از سه معیار فوق به علاوه یک معیار جدید شامل تعداد دفعات سرخوشه شدن گره است. ارسال داده در این روش همانند مرحله ارسال داده در پروتکل CDDA است که پس از انتخاب سرخوشه با روش‌های مذکور، هر گره سرخوشه داده خود را به سایر گره‌های خوشه منتشر می‌کند. با توجه به شبیه‌سازی انجام شده می‌توان دید برای پروتکل لیچ و پروتکل پیشنهاد شده زمانی که نصف گره‌ها بمیرند پروتکل لیچ ۶۵ درصد و پروتکل پیشنهادی ۸۸ درصد از ناحیه را پوشش داده که با قاطعیت می‌توان ادعا کرد پروتکل پیشنهادی بسیار کارتر از پروتکل Leach در پوشش دادن منطقه عمل نموده است [۶].

عبیدی و همکاران در سال ۱۳۹۵، در تحقیقی با عنوان بررسی روش‌های مسیریابی با رویکرد کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، بیان داشتند: امروزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یکی از مهمترین شبکه‌ها در امر کنترل و نظارت بر محیط و اهداف متحرک تلقی می‌شوند. در سال‌های اخیر این شبکه‌ها به دلیل پیشرفت گره‌های حسگر (از لحاظ کوچک شدن و میزان حساسیت بیشتر) دچار تغییر و تحول و توسعه فراوانی شده‌اند. هرچند که شبکه‌های مذکور تا کنون دارای پیشرفت‌های زیادی شده‌اند، اما همچنان بحث میزان انرژی موجود در گره‌های حسگر دارای محدودیت می‌باشد (طول عمر هر گره در حدود یک سال می‌باشد). این محدودیت به حدی دارای اهمیت است که ممکن است با از بین رفتن یک گره، عملکرد کل شبکه دچار اختلال شود و یا اینکه کل شبکه به نابودی کشیده شود. از این رو تاکنون محققین زیادی در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم فعالیت‌هایی را انجام داده‌اند. فعالیت‌هایی همچون: ایجاد یک سیستم انتقال پیام بهینه، سیستم خواب/بیدار کردن گره‌ها، نحوه استقرار گره‌ها و ... [۷].

گلزاری و همکاران در مقاله‌ای با عنوان مروری بر روش‌های کاهش مصرف انرژی مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به بررسی موضوع مقاله پرداختند. در این مقاله ابتدا روش‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به صورت دسته‌بندی شده و نظام‌مند معرفی و مرور شد. سپس روش‌های موجود مبتنی بر خوشه‌بندی برای کاهش مصرف انرژی، بصورت تفصیلی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت روش‌های مختلف شرح داده شد با هم مقایسه شد [۸]. در مقاله‌ای که با عنوان "الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای به حداکثر رساندن طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم با سنسور ذخیره انرژی" انجام شد. آنها یک الگوریتم خوشه‌بندی برای افزایش عمر نودها معرفی کردند که تمرکز آن بر روی روش‌های خوشه‌بندی متمرکز که در ایستگاه اصلی پیاده می‌شود، است. این الگوریتم برای حالت تک خوشه‌ای کار می‌کند و هدف آن افزایش زمانی است که اولین نود در شبکه می‌میرد. مکان سرخوشه‌ها طوری تعیین می‌شود که این مصرف انرژی کمینه شود. برای این منظور محیط‌های دایره شکل اطراف ایستگاه اصلی براساس ویژگی‌های وزنی نودها ایجاد کرده و سرخوشه‌ها را نزدیک به یکسری نقاط بهینه انتخاب می‌کند. همچنین برای اتصال نودهای عادی به سرخوشه‌ها طبق فاصله از سرخوشه و انرژی باقیمانده سرخوشه‌ها تصمیم‌گیری می‌نماید [۹].

الگوریتم سلسله مراتبی EELSD^۱ جهت بهبود انرژی شبکه‌های چند سطحی با توجه به کوتاه‌ترین فاصله معرفی شده است. الگوریتم پیشنهادی با ایجاد سطح‌هایی با اندازه یکسان در زمان راه‌اندازی شبکه و همچنین با ایجاد خوشه‌هایی جداگانه در هر سطح و بکارگیری دو سرخوشه در هر خوشه با استفاده از تابعی جدید جهت انتخاب آن‌ها بصورت نوینی در بین اعضای خوشه و انتقال داده از سرخوشه‌ها به ایستگاه اصلی با توجه به کوتاه‌ترین فاصله گره‌ها نسبت به ایستگاه اصلی و سرخوشه‌های شبکه، موجب بهبود مصرف انرژی شبکه می‌باشد و سعی در افزایش طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم دارد. نتایج شبیه‌سازی نشان داده است که الگوریتم پیشنهاد شده EELSD از نظر افزایش طول عمر شبکه نسبت به الگوریتم‌های EEHCRP^۲ و LEACH^۳ عملکرد بهتری داشته است [۱۰].

در مقاله‌ای با عنوان "استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی جهت بهینه‌سازی خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم"، خوشه‌بندی به عنوان یک راه‌حل موثر جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده می‌شود و باعث بالارفتن بهره‌وری شبکه می‌گردد. اما الگوریتم‌های رایج خوشه‌بندی برای دانستن محل فعلی گره‌ها به شدت وابسته به دستگاه‌های مکان‌یابی می‌باشند. در این جا به مرور مقالاتی که از روش‌های داده‌کاوی جهت خوشه‌بندی گره‌ها استفاده می‌کنند پرداخته می‌شود. این روش‌ها تنها به سوابق گره‌ها مانند انرژی باقی مانده و نوع داده‌های دریافتی از کاوش‌های قبل متکی هستند و سعی دارند با کمترین اطلاعات بهترین خوشه‌بندی را انجام دهند [۱۱].

¹ Electron Energy-loss Spectroscopy Short Distance

² Energy-Efficient Hierarchical Clustering Routing Protocol

³ Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy

در مقاله [۱۲] به مسئله مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه حسگر بی‌سیم با هدف کاهش مصرف انرژی و حفظ پوشش شبکه‌ای می‌پردازد. برای رسیدن به این هدف از شبکه عصبی نقشه خودسازماندهی^۱ (SOM) جهت ارائه پروتکل خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی استفاده شده است. این پروتکل جدید که پروتکل خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی خودسازمانده^۲ (EBCS) نام دارد، خوشه‌بندی را با توجه به دو معیار سطح انرژی و مختصات مکانی هر گره انجام می‌دهد و برتری آن از لحاظ افزایش طول عمر و حفظ بیشتر پوشش شبکه‌ای به اثبات می‌رساند.

در مقاله‌ای به نحوه خوشه‌بندی، ضرورت، مزایا و ترکیب‌های مختلف این الگوها در شبکه حسگر بی‌سیم پرداخته شده است و تاثیرات عمل خوشه‌بندی در شبکه حسگر بی‌سیم اعم از کاهش مصرف انرژی و استفاده بهینه از منابع بررسی شده است. علاوه بر مسائل ذکر شده مباحث کیفیت سرویس در شبکه‌های حسگر بی‌سیم از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند. مواردی همچون نرخ تأخیر، از دست رفتن بسته‌ها و میزان تحمل‌پذیری خطا در شبکه نیز با مباحث خوشه‌بندی محقق خواهد شد. پروتکل‌های معرفی شده در این مقاله از برآورده کردن موارد بالا توسط مکانیزم خوشه‌بندی حکایت دارد. لازم به ذکر است که تعداد خوشه بهینه از عواملی است که موجب کاهش سربار شبکه، افزایش راندمان و بهبود مسیریابی و توزیع بار در شبکه نیز می‌گردد. پس از خوشه‌بندی، در برخی از موارد بررسی شده در این مقاله نیاز به خوشه‌بندی مجدد نیز می‌باشد [۱۳].

در مقاله‌ای روشی برای انتخاب سرخوشه در ساختار درختی با کمترین هزینه ارائه شده است. این پروتکل براساس خوشه‌بندی تطبیقی با انتخاب سرخوشه قطعی موجب به تعویق افتادن مرگ اولین گره، گره میانی و آخرین گره سرخوشه در شبکه گردیده است. بدین صورت که روش‌های هوشمندی در بحث انتخاب سرخوشه انجام پذیرفته است که گره‌ها بدون اطلاع از موقعیت مکانی خود در شبکه اقدام به انتخاب سرخوشه بهینه می‌نمایند [۱۴].

ایده اصلی بر روی پروتکل LEACH با هدف بهبود مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه اعمال شده است. در این مقاله براساس انرژی باقی‌مانده گره‌های سرخوشه، فاصله آنها تا چاهک و دورهایی که گره در آنها سرخوشه بوده است در فرآیندهای آتی تصمیم‌گیری خواهد شد. بدین صورت که گره سرخوشه‌ای که انرژی باقی‌مانده کم، فاصله از چاهک زیاد و حضور به عنوان سرخوشه در شبکه را داشته است دیگر شانس برای سرخوشگی نخواهد داشت. نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که مرگ اولین گره، گره میانی و آخرین گره در پروتکل پیشنهادی به ترتیب ۴۱٪، ۳۶٪ و ۲۵٪ دیرتر از پروتکل LEACH اتفاق می‌افتد [۱۵].

در مقاله‌ای به کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از معماری شبکه‌سازی تعریف‌شده نرم‌افزار برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم^۳ (SDN_WISE) پرداخته شده است. شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از پرکاربردترین انواع شبکه‌ها در دنیای امروزی می‌باشند. این نوع از شبکه‌ها در زمینه‌های متفاوتی از جمله صنعتی، نظامی، پزشکی و ... کاربرد دارند. شبکه‌های حسگر بی‌سیم به دلیل ساختار خاصی که دارند با چالش‌های بسیاری مواجه هستند. چالش‌هایی از جمله عمر گره‌های حسگر، توان مصرفی گره‌ها، حافظه محدود و قدرت پردازشی کم که بیشتر به دلیل ساختار این نوع از شبکه‌ها می‌باشد و تا حدود زیادی عملکرد و کارایی این نوع از شبکه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. یکی از مهمترین چالش‌هایی که محققان با آن رو به رو هستند مصرف انرژی گره‌های حسگر و طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم می‌باشد. به دلیل اینکه اکثر گره‌های حسگر به صورت یکبار مصرف هستند، یعنی بعد از این که باتری گره از تمام توان خود استفاده کرد دیگر قابل استفاده مجدد یا تعویض نمی‌باشد، اگر هم قابل تعویض باشد به دلیل بالا بودن هزینه تعویض به صرفه نیست که باتری تعویض شود، بالاجبار باید گره حسگر جدیدی را جایگزین کرد. تعویض گره‌های حسگر از کار افتاده و یا گره‌های حسگری که معیوب شدند موجب کاهش عمر شبکه حسگر می‌شود، به همین دلیل افزایش طول عمر شبکه حسگر از چالش‌های مهم شبکه‌های حسگر می‌باشد. هدف از این پژوهش این است که با پیاده‌سازی یک شبکه حسگر بی‌سیم مبتنی بر

¹ Self Organizing Map

² Energy Based Clustering Self organizing map

³ Software Defined Networking _Wireless Sensor networks

SDN_WISE میزان کاهش مصرف انرژی و تاثیر آن در طول عمر شبکه حسگر بی سیم مورد بررسی قرار گیرد. در این پژوهش نتایج بدست آمده با یک شبکه حسگر بی سیم عادی مورد مقایسه قرار می گیرد. برای شبیه سازی از شبیه ساز COOJA که یک شبیه ساز مختص شبکه های حسگر می باشد، استفاده می شود [۱۶].

در مقاله ای به بهبود مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده ترکیبی از الگوریتم های مسیریابی EAR^۱ و PGR^۲ پرداخته شده است. یک رویکرد برای طولانی کردن عمر شبکه های حسگر بی سیم، بهبود روش های مسیریابی است که با بهره گیری از توابع احتمال، هوشمندانه از تمامی عناصر شبکه در انتقال داده ها استفاده نموده و موجب تقسیم بار انتقال داده در شبکه، بر روی همه گره ها و جلوگیری از اتمام انرژی گره های پرکاربرد و به طبع آن اتمام عمر شبکه می گردد. در این تحقیق یک پروتکل مسیریابی جدید با رویکرد استفاده مشترک از مزایای الگوریتم های مسیریابی داده محور و الگوریتم های مسیریابی بر پایه موقعیت ارائه می شود و در این الگوریتم جدید از تابع تعیین هزینه و تابع احتمال انتخاب مسیر الگوریتم EAR به همراه تابع انتخاب زاویه الگوریتم PGR به صورت مشترک استفاده شده و در نهایت تابع احتمال انتخاب مسیر جدیدی برای آن پیشنهاد شده است که هدف آن انتخاب مسیری با کمترین هزینه و بیشترین احتمال در افزایش طول عمر شبکه است. این تابع احتمال با در نظر گرفتن میزان انرژی لازم جهت ارسال داده از یک مسیر و بررسی میزان انرژی باقیمانده در همان مسیر، بعد از ارسال داده برای ارسال های بعدی به هر مسیر احتمالی را نسبت داده که بعد از آن مسیری که در موقعیت جغرافیایی انتخاب شده بین گره فرستنده و چاهک قرار دارد و بیشترین عدد احتمال به آن اختصاص داده شده را برای ارسال انتخاب می نماید. کارایی برتر این پروتکل از لحاظ افزایش طول عمر مفید شبکه و حفظ بهتر پوشش شبکه ای در مقایسه با پروتکل های اولیه EAR و PGR با انجام شبیه سازی به اثبات رسیده است. با نتایج بدست آمده، انرژی باقیمانده در شبکه پس از اتمام شبیه سازی در مسیریابی با پروتکل جدید حدود ۱۲٪ بیشتر از مسیریابی با پروتکل PGR و حدود ۸٪ بیشتر از مسیریابی با پروتکل EAR است و اگر طول عمر شبکه را زمان خاموش شدن اولین گره در شبکه در نظر گرفته شود در پروتکل جدید اولین گره ۷ ثانیه دیرتر از پروتکل PGR و ۱۴ ثانیه دیرتر از پروتکل EAR خاموش می شود و به طور میانگین می توان گفت که حدود ۱۰٪ طول عمر شبکه با پروتکل جدید افزایش یافته است [۱۷].

در [۱۸] به ارزیابی کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با بهینه سازی حرکت گره چاهک پرداخته شده است. شبکه حسگر بی سیم شبکه ای است که از گره هایی با اندازه کوچک تشکیل شده است که قابلیت ارتباط بی سیم با محیط پیرامون خود را دارد. هر گره مجهز به حسگرهایی است که نوع آن بنا بر کاربردهای شبکه تعیین می شود و اطلاعاتی مانند فشار، صدا، حرکت و غیره را جمع آوری کرده و در اختیار گره هایی به نام گره چاهک که یک گره پردازنده مرکزی است قرار می دهند. این نوع شبکه ها به دلیل نو بودن نیازمند استفاده از الگوریتم های متفاوتی هستند، با مد نظر گرفتن این مطلب که در این نوع شبکه ها، منابع انرژی محدود می باشد، بنابراین ذخیره سازی انرژی یکی از نکات مهم در این شبکه ها محسوب می گردد. در مواردی که گره های حسگر متحرک هستند، قابلیت تحرک می تواند در نهایت به عنوان ابزاری برای کاهش مصرف انرژی و به دنبال آن افزایش طول عمر شبکه به کار رود که عمده نگرانی ها در این شبکه ها می باشد. در این مقاله به بحث کاهش مصرف انرژی به همراه افزایش طول عمر با استفاده از تحرک گره چاهک پرداخته شده است.

۴- نتیجه گیری

شبکه های حسگر بی سیم که برای نظارت و کنترل یک محیط خاص مورد استفاده قرار می گیرند، از تعداد زیادی گره حسگر ارزان قیمت تشکیل شده اند که به صورت متراکم در یک محیط پراکنده می شوند. یکی از عمده ترین چالش ها در این نوع شبکه ها، محدودیت مصرف انرژی است که مستقیماً طول عمر شبکه حسگر را تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به مطالعات

^۱ Energy Aware Routing

^۲ Probabilistic Geographic Routing

انجام شده در این زمینه می توان گفت صرفه جویی انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از الگوریتم های بهبود یافته خوشه بندی سلسله مراتبی رویکرد جدید و دستاوردی نو در زمینه ی شبکه های حسگر بی سیم می باشد و روش انتخاب سرخوشه یکی از عواملی است که بر میزان انرژی کل تأثیر می گذارد.

۵- مراجع

- [۱]. زارعی، باقر، نوزادبناب، مهدی، حیدری پور، مسعود، ۱۳۹۲، ارائه ی رویکرد جدیدی مبتنی بر پیش بینی برای ردیابی هدف در شبکه های حسگر بی سیم، اولین همایش ملی رویکردهای نوین در مهندسی کامپیوتر و بازیابی اطلاعات.
- [۲]. مرندی فرد، الهام و اسماعیل زینالی، ۱۳۹۳، بهبود مصرف انرژی با کمک الگوریتم خوشه بندی چند سطحی در شبکه حسگر بی سیم، ششمین کنفرانس مهندسی برق و الکترونیک ایران، گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد.
- [۳]. فرهمند، مصطفی، دهقان، مهدی، ۱۳۹۵، کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از معماری SDN-WISE، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی برق، کامپیوتر و الکترونیک.
- [۴]. علی اکبری، علی، و کیلی، اسدالله، ۱۳۹۵، بهبود مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده ترکیبی از الگوریتم های مسیریابی EAR و PGR، دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی برق و کامپیوتر.
- [۵]. معروفی، سمیه، خلیلی درمنی، محمد، ۱۳۹۵، ارزیابی کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با بهینه سازی حرکت گره چاهک، همایش ملی مهندسی برق مجلسی.
- [۶]. نیک افشار، ج، ۱۳۹۵، ارزیابی کارایی پروتکل پیشنهادی در افزایش پوشش شبکه ای در بهینه سازی مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم، کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم مهندسی، تهران، موسسه مدیریت دانش شباک، دانشگاه تهران.
- [۷]. عبیدی، آ، میرعابدینی سیدج و برونی م، ۱۳۹۵، بررسی روش های مسیریابی با رویکرد کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم، کنفرانس بین المللی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس.
- [۸]. گلزاری، شهرام، هاشمی پور، اسماء، ستاری نائینی، وحید، ۱۳۹۳، مروری بر روشهای کاهش مصرف انرژی مبتنی بر خوشه بندی در شبکه های حسگر بی سیم، همایش ملی مهندسی رایانه و مدیریت فناوری اطلاعات، تهران، شرکت علم و صنعت طلوع فرزین.

- [9]. Zhang, P., Xiao, G., & Tan, H. P. (2017). Clustering algorithms for maximizing the lifetime of wireless sensor networks with energy-harvesting sensors. *Computer Networks*, 57(14), 2689-2704.
- [10]. Khan, M. Y., Javaid, N., Khan, M. A., Javaid, A., Khan, Z. A., & Qasim, U. (2013). Hybrid DEEC: Towards efficient energy utilization in wireless sensor networks. *arXiv preprint arXiv:1303.4679*.
- [11]. Goel, N. and Auji, G., (2013). "Simulation and feasibility analysis: Hierarchical Energy Efficient Routing.
- [12]. Gao, T., Song, J. Y., Zou, J. Y., Ding, J. H., Wang, D. Q., & Jin, R. C. (2016). An overview of performance trade-off mechanisms in routing protocol for green wireless sensor networks. *Wireless Networks*, 22(1), 135-157.
- [13]. Zhu, H., Liao, X., de Laat, C., & Grosso, P. (2016). Joint flow routing-scheduling for energy efficient software defined data center networks: A prototype of energy-aware network management platform. *Journal of Network and Computer Applications*, 63, 110-124.
- [14]. Bsoul, M., Al-Khasawneh, A., Abdallah, A. E., Abdallah, E. E., & Obeidat, I. (2013). An energy-efficient threshold-based clustering protocol for wireless sensor networks. *Wireless personal communications*, 70(1), 99-112.
- [15]. Anastasi G, Conti M, Passarella A. (2015) 'Energy Conservation in Wireless Sensor Networks: a survey', In: Ad Hoc Networks, volume 7, Issue 3, Elsevier; pp.537-568.
- [16]. Dziengel, N., Seiffert, M., Ziegert, M., Adler, S., Pfeiffer, S., & Schiller, J. (2016). Deployment and evaluation of a fully applicable distributed event detection system in Wireless Sensor Networks. *Ad Hoc Networks*, 37, 160-182.

[17]. Mohan, B. A., & Dayananda, K. R. (2018). Energy efficient clustering scheme with secure data aggregation for mobile Wireless Sensor Networks (EECSSDA). In Green Engineering and Technologies (IC-GET), 2016 Online International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

[18]. Al-Karaki, J. N., & Kamal, A. E. (2014). Routing techniques in wireless sensor networks: a survey. *Wireless communications, IEEE*, 11(6), 6-28.