



کاهش مصرف انرژی با ارایه الگوریتم جدید و کارای دسته‌بندی توزیع شده در انتخاب بهینه گره حسگر در شبکه حسگر بی‌سیم نامتقارن با پوشش نقطه‌ای

سید مجید مزینانی دانشگاه فردوسی مشهد smajidmazinani@gmail.com	محمد حسین یغمایی مقدم دانشگاه فردوسی مشهد hyaghmae@ferdowsi.um.ac.ir	جلیل چیتی‌زاده دانشگاه فردوسی مشهد chitizad@ferdowsi.um.ac.ir	علی شکوهی رستمی دانشگاه فردوسی مشهد alishokhirostami@gmail.com
---	--	---	--

مصرفی در راندهای اجرایی و بیشینه شدن عمر شبکه از نیازهای اساسی شبکه است.

از آنجایی که جایگزینی باطری در بسیاری از کاربردها مناسب نیست، مصرف توان کم، یکی از نیازهای اساسی در این شبکه‌ها می‌باشد و طول عمر هر حسگر به طور موثر می‌تواند با بهینه کردن مصرف انرژی افزایش یابد [۱]. طرح‌هایی که از نظر توان کارایی دارد در این شبکه‌ها کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند و به‌طور کلی در دو بعد طراحی سخت افزاری و طراحی الگوریتم و پروتکل‌ها در تمام لایه‌های شبکه در حال بررسی هستند.

یکی از راه‌های کم کردن انرژی مصرفی، کاهش تعداد حسگرها در ناحیه حسگری است، به صورتی که شناسایی هر هدفی در ناحیه مورد نظر تضمین شود. الگوریتم‌های کاهش تعداد حسگر در صورتی می‌توانند به صورت بهینه پیاده سازی شوند که شبکه مقیاس‌پذیر باشد [۲].

به علت تنوع در تعداد و انواع حسگرها و کاربردهای مختلف آنها، تعابیر و مفاهیم زیادی برای پوشش ارائه شده است. به طور عام می‌توان پوشش را به عنوان "یکی از پارامترهای کیفیت خدمت" یک شبکه بی‌سیم تعریف کرد.

به عنوان نمونه ممکن است درباره اینکه یک شبکه بی‌سیم تا چه حد می‌تواند یک منطقه مشخص را زیر نظر بگیرد، پرسیده شود. اینکه چه احتمالی وجود دارد که وقوع حادثه‌ای در یک منطقه در بازه زمانی خاص شناسایی شود. علاوه بر این، روابط ارائه شده برای پوشش، نقاط ضعف یک میدان حسگری را یافته و کاربرد یا بازسازی طرح‌هایی را برای بهبود کلی کیفیت سرویس‌های شبکه معرفی می‌کند [۳].

در مقوله پوشش نقطه‌ای، هدف ایجاد پوشش در مجموعه‌ای از نقاط است. شکل ۱ مجموعه‌ای از حسگرهایی را نشان می‌دهد که به صورت تصادفی آرایش یافته‌اند تا یک مجموعه از هدف‌ها (گره‌های مربع شکل کوچک) را پوشش دهند. گره‌های سیاه متصل، مجموعه‌ای از حسگرهای فعال را ایجاد می‌کنند که نتیجه‌ای از یک مکانیسم زمان-بندی می‌باشد [۴].

چکیده: در شبکه‌های حسگر نامتقارن، از چند نوع حسگر با قابلیت‌های متفاوت استفاده می‌شود. در این شبکه‌ها از گره‌های مدیر که دارای انرژی و قدرت پردازش بیشتر و رنج مخابراتی وسیع‌تری نسبت به گره‌های حسگری معمولی هستند، برای ایجاد اتصال پذیری و ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه استفاده شده است. انتخاب بهینه پارامترهای تابع برازش و گزینش حسگر مانیتور کننده در یک شبکه پوشش نقطه-ای بسیار با اهمیت است، در این مقاله الگوریتمی برای انتخاب حسگرهای مانیتور کننده در هر راند یک پروتکل دسته بندی ارائه شده است. با استفاده از یک رابطه غیر خطی پیشنهادی به همگن سازی انرژی مصرفی حسگرهای مانیتور کننده در طول فعالیت شبکه می‌پردازد. نتایج شبیه‌سازی موثر بودن الگوریتم پیشنهادی در افزایش طول عمر و کاهش مصرف انرژی شبکه را تایید می‌کنند.

واژه های کلیدی: شبکه حسگر نامتقارن، انرژی، طول عمر، گره حسگر مانیتور کننده، پوشش نقطه‌ای.

۱- مقدمه

طی سالیان اخیر به دلیل پیشرفت در صنعت مخابرات بی‌سیم و الکترونیک بخصوص در بخش سیستم‌های الکترومکانیکی، استفاده از شبکه‌های حسگری ارزان قیمت و با مصرف انرژی کم مورد توجه قرار گرفته است. این حسگرها دارای ابعاد کوچکی بوده و قابلیت حس کنندگی محیط اطراف، پردازش داده‌ها و مخابره اطلاعات بین یکدیگر از طریق یک کانال رادیویی را دارند. یک شبکه حسگری برای تشخیص و ردیابی رویدادها و پدیده‌ها، جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و انتقال اطلاعات دریافت شده به کاربران مورد نظر طراحی شده است. چالش اصلی در طراحی سیستم‌های بی‌سیم و سیار، از دو منبع اصلی این سیستم‌ها یعنی پهنای باند مخابراتی و انرژی سرچشمه می‌گیرد. رفع این محدودیتها به طراحی تکنیک‌های مخابراتی جدید برای افزایش پهنای باند مورد نیاز برای هر کاربر و طراحی پروتکل‌های قدرتمند برای استفاده بهینه از انرژی نیاز دارد. در کاربردهای مختلف و برحسب قابلیت‌های مورد انتظار از سیستم، طراحی‌ها متفاوت خواهد بود. به عنوان نمونه در بسیاری از کاربردها، بهینه بودن تعداد گره‌ها و انرژی

الگوریتم‌های کاهش تعداد حسگر در صورتی می‌توانند به صورت بهینه پیاده سازی شوند که، شبکه مقیاس پذیر باشد. در شبکه‌هایی که گره‌ها به طور ایستا توزیع شده‌اند، مشکل توزیع ناهمگون انرژی در گره‌ها وجود دارد. در حقیقت هرچقدر حسگر به هدف نزدیکتر باشد، مصرف انرژی آن بیشتر است و اتصال شبکه و پوشش بطور کامل تضمین نمی‌شود [۶،۷]. در [۸] این مرجع روشی برای دستیابی به پوشش مقیاس پذیر ارائه شده است که از این روش در هنگام وجود سرباره و پیچیدگی محاسباتی زیاد به منظور بالا بردن کارایی انرژی استفاده می‌شود.

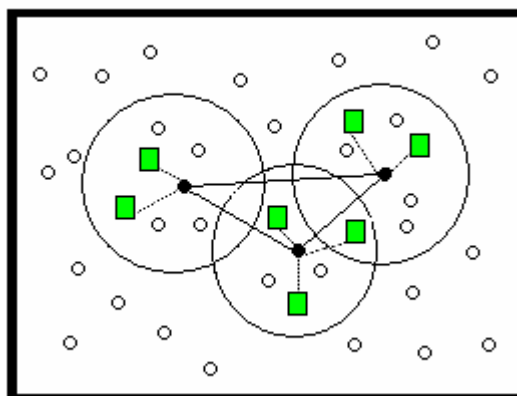
پایدار بودن شبکه در شرایط غیر عادی یکی از مسائل مهم در شبکه‌های بی‌سیم است. در [۹] با فرض امکان حذف شدن و جابجایی یک گره، روشی برای پوشش سه بعدی ارائه شده است. روش ارائه شده یک روش خود ترمیم است که انرژی مصرفی شبکه را بهینه می‌سازد. در [۱۰] روشی برای کم کردن تعداد حسگرها و در نتیجه کاهش انرژی مصرفی بر اساس الگوریتم‌های زیستی ارائه شده است. توزیع یکنواخت حسگرها در این روش یک مزیت نسبت به دیگر روش‌ها محسوب می‌شود.

در [۱۱] روشی برای دستیابی به پوشش مطلوب ارائه شده است. توزیع آن تصادفی و چگالی حسگر، پارامتر متغییر در شبکه است. با استفاده از تعریف یک کرانه بالا برای احتمال پوشش نقاط و بدست آوردن رابطه‌ای بین چگالی حسگر و متوسط ناحیه پوشش داده شده، چگالی حسگر بهینه بدست می‌آید. این مساله منجر به کاهش مقدار قابل توجهی از انرژی مصرفی در شبکه می‌شود.

در [۱۲] روشی برای افزایش طول عمر شبکه ارائه شده که مبنای آن ماکزیم کردن تعداد دسته‌های حسگر است. در این روش به یک گره اجازه داده می‌شود که در بیشتر از یک گروه عضو باشد که باعث افزایش طول عمر شبکه می‌شود.

در [۱۳] با استفاده از ارسال داده در چند مسیر، شبکه در مقابل خراب شدن یک گره مقاوم می‌شود. در اینجا هر گره پرش بعدی خود را بر اساس گره‌ای تعیین می‌کند که بیشترین انرژی باقیمانده را دارا باشد.

در [۱۴] برخلاف دیگر مقالات رنج حسگری گره یک دیسک با شعاع ثابت حول گره در نظر گرفته نشده است. در این مقاله طرحی برای کاهش توان مصرفی شبکه توسط برقراری همکاری بین گره‌ها ارائه شده است. در [۱۵] روشی برای انتخاب گره‌های حسگری بر اساس کاهش مصرف انرژی به نام EDTC ارائه شده است. EDTC بر اساس اولویت گره‌ها عمل می‌کند. این اولویت بر اساس توانایی حسگری و انرژی باقیمانده است. در [۱۶] روش EEDG برای انتخاب گره‌های حسگری ارائه شده است. EEDG بر اساس اولویت گره‌هاست و اولویت‌دهی آن بر اساس تعداد هدف و انرژی گره‌ها است. در [۱۷]



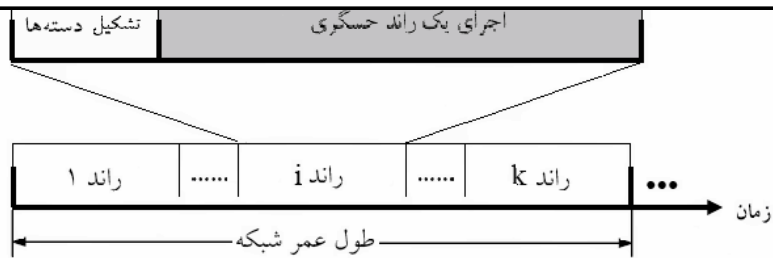
شکل ۱: پوشش نقطه‌ای [۴].

در سناریو پوشش نقطه‌ای تعدادی از اهداف با جایگاه مشخص که باید مورد کنترل قرار گیرند، در نظر گرفته می‌شوند. تعداد زیادی از حسگرها بصورت تصادفی در فاصله‌ای از اهداف پخش شده و این حسگرها اطلاعات به دست آمده را به پردازشگر مرکزی می‌فرستند. روش کار بدین صورت است که در هر لحظه، هر یک از هدف‌ها باید توسط حداقل یک حسگر تحت کنترل قرار گیرد. با این فرض، که هر حسگر قادر است تمامی اهداف موجود در محدوده حسگری‌اش را کنترل کند، یکی از راه‌های کم کردن انرژی مصرفی، کاهش تعداد حسگرهای فعال در ناحیه پوشش است.

یک روش برای افزایش طول عمر شبکه حسگر از طریق صرفه‌جویی در مصرف انرژی، این است که مجموعه حسگرها به چند مجموعه منفصل تقسیم شود. این تقسیم بندی باید به نحوی باشد که هر مجموعه به طور کامل تمامی هدفها را پوشش دهد. این مجموعه‌های منفصل به صورت پشت سر هم، فعال می‌شوند به طوری که در هر لحظه تنها یک مجموعه فعال باشد [۵].

در شبکه علاوه بر افزایش طول عمر شبکه و کاهش تعداد حسگرهای فعال، باید قیدهایی زیر به طور مشخص ارضاء شوند. - تعداد حسگرهای فعال باید به صورتی که شناسایی هر هدفی در ناحیه مورد نظر تضمین شود.

- هر حسگر فعال توانایی ارتباط با مرکز اصلی را داشته باشد. در زمینه دسته‌بندی حسگرها در شبکه بیسیم کارهای زیادی انجام شده است. "کاربونر" و همکاران به وسیله شناسایی موقعیت حسگرها و کاهش همپوشانی آنها، راهی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارائه کردند [۳]. در [۴] روشی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارائه شده است که در این روش، ابتدا حسگرها را به دو دسته تقسیم می‌کند که در هر زمان تنها یک دسته از آنها فعال هستند و روند فعال و غیر فعال بودن آنها به صورت متناوب تکرار می‌شود.



شکل ۲: نمودار زمانی عملکرد پروتکل پیشنهادی

توجه به الگوریتم طراحی شده و بر اساس برخی پارامترهای مشخص، گره‌هایی که باید در راند فعلی روشن باشند، مشخص می‌شوند. جزئیات الگوریتم، پارامترهای مورد استفاده و معیار برازش به تفصیل در ادامه آورده شده است.

در شبکه‌های حسگر استفاده از گره‌هایی با قابلیت بیشتر تحت عنوان گره مدیر طول عمر شبکه را تا اندازه‌ای بالاتر می‌برد. اما مسئله آنست که با وجود این گره‌ها پروتکلی طراحی شود که با این شرایط طول عمر شبکه بیشینه و مصرف کلی انرژی شبکه پوششی کمینه شود. با تعویض دسته‌ها در دوره‌های مختلف و توزیع یکنواخت آنها در سطح شبکه، باز هم عدم تعادل در مصرف انرژی وجود دارد. معیارهایی که تا کنون برای این نوع پوشش ارائه شده، سعی در حداکثر استفاده از انرژی حسگرهای عادی دارد.

برای طراحی یک پروتکل باید توجه داشت که در شبکه‌های پوششی، تعداد دفعات استفاده شدن و موقعیت فیزیکی گره‌ها در شبکه، دو عامل موثر در مصرف انرژی حسگری می‌باشد. اینکه یک حسگر چند بار مورد استفاده قرار بگیرد، بسیار مهم است، همچنین فاصله حسگر انتخابی - در واقع مسیر رله‌ای آن حسگر - تا گره مدیر نقش به‌سزایی در مصرف انرژی آن دسته دارد، لذا باید به دنبال رابطه‌ای بین این دو پارامتر و انرژی مصرفی دسته‌ها باشیم. در ابتدا به شرح مساله و شرایط مورد نظر و سپس پارامترهای شبیه‌سازی در ارتباط با مساله مورد نظر که شامل الگوریتم زمان‌بندی بر اساس گره‌های مدیر برای پوشش نقطه‌ای در شبکه‌های حسگر می‌باشد، پرداخته شده است.

فرض بر این است که شبکه ما شامل N حسگر که به صورت S_1 تا S_n گره نامگذاری شده‌اند، می‌باشد. همچنین شبکه شامل M گره مدیر که به صورت Su_1 تا Su_M نام‌گذاری شده‌اند، می‌باشد. تعداد گره‌های مدیر بسیار کمتر از گره‌های عادی در نظر گرفته می‌شود ($M < N$).

الگوریتم زمان‌بندی ارائه شده بازه زمانی را به راندهایی مشخص و به بازه‌های مساوی Tr تقسیم می‌کند به طوری که در هر بار فقط دسته منتخب بعد از گزینش، به اندازه زمان Tr فعال می‌شوند و بقیه گره‌های شبکه به اندازه یک راند خاموش می‌شوند. محاسبه زمان یک راند Tr - بسته به نوع دسته‌بندی و انرژی آنها و زمان تخمین برای کل طول عمر قابل ارزیابی و استخراج است و با توجه به پارامترهای فیزیکی

روشی برای انتخاب گره‌های حسگری در پوشش نقطه‌ای بر اساس بهینه‌سازی مصرف انرژی ارائه شده است.

در این مقاله در قسمت مقدمه کارهای انجام شده نیز بررسی شده است. در قسمت دوم الگوریتم دسته‌بندی پیشنهادی ارائه می‌شود در قسمت سوم نتایج شبیه‌سازی و در قسمت آخر نیز به نتیجه گیری کلی پرداخته شده است.

۲- ارائه یک الگوریتم دسته‌بندی کارا در پوشش نقطه‌ای

مبنای الگوریتم پیشنهادی بر اساس پروتکل زمان‌بندی مدت فعالیت شبکه به راندهای اجرایی، و دسته بندی گره‌های دارای شرایط لازم در طول مدت فعالیت است. پروتکل‌های بر اساس زمان‌بندی، یکی از پروتکل‌های مطرح دسته‌بندی در شبکه‌های حسگری می‌باشند که از یک مکانیزم دو فازی - آغازین و اجرایی - و بر اساس مخابره داده بصورت تک و چندپرسی - استفاده می‌کند. دسته‌بندی هر دسته شامل تعدادی گره مدیر، رله و حسگرهای مانیتور کننده می‌باشد.

در این پروتکل عملیات انتخاب دسته‌ها با استفاده از تابع برازش، که در پروتکل طراحی شده، انجام می‌گیرد. در فاز اول این مرحله تعدادی از گره‌ها خود را حسگر نامیده و پیام تبلیغ خود را به همسایگان خود ارسال می‌کنند تا گره‌های دیگر مطلع شوند. فاز دوم این پروتکل یعنی فاز اجرایی آغاز می‌شود و که به فاز حالت پایدار مشهور است و در آن عملیات ارسال و دریافت داده از گره‌های حسگر به گره‌های واسط و از آنجا به مقصد مورد نظر انجام می‌گیرد. شکل ۲ نمودار زمانی عملکرد پروتکل را نشان می‌دهد. انتقال داده گره‌های عضو یک گره مدیر مانند الگوریتم LEACH، بطور منظم و طبق برنامه زمان‌بندی انجام می‌گیرد تا از برخورد اجتناب شود. از طریق دسته‌بندی در زمان استراحت گره‌های غیر فعال، در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود. در پروتکل‌های دسته‌بندی بخاطر طبع پویا و چرخش متناوب حسگرهای فعال، مصرف انرژی در شبکه نسبتاً یکنواخت است و از این خاصیت پروتکل در این مقاله استفاده می‌گردد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، هر راند شبکه، شامل دو فاز - آغازین و اجرایی (حسگری) - می‌باشد.

همانطور که اشاره شد فاز آغازین شبکه خود شامل دو مرحله است. در مرحله اول این فاز به انتخاب حسگرهای مانیتور کننده پرداخته می‌شود. مرحله دوم فاز اول برای انتخاب حسگرهای رله می‌باشد. ابتدا با



تعریف ۱- در تعریف پوشش نقطه‌ای، باید گفت که اگر فاصله اقلیدسی گره ما تا هدف، کمتر یا برابر با R_S باشد یعنی هدف پوشیده شده است. تعریف ۲- حسگرها می‌توانند با هم و با گره‌های مدیر ارتباط برقرار کنند در صورتی که فاصله اقلیدسی آنها کمتر از R_C باشد. تعریف ۳- تعریف ما از طول عمر شبکه بازه زمانی می‌باشد که همه k هدف، با مجموعه‌ای از گره‌های حسگری که فعال هستند و به گره مدیر متصل می‌باشند، پوشانده شود و در عین حال محدودیت انرژی را نیز مدنظر داشته باشد. در زمانی که اولین نقطه از اهداف پوشش داده نشود، عمر شبکه به پایان رسیده است.

۲-۲-۳ الگوریتم انتخاب گره‌های حسگر

همان‌طور که اشاره شد الگوریتم دسته بندی طراحی شده در ابتدای هر راند اجرایی انجام می‌شود و خود شامل دو مرحله است که در ذیل آمده است. مرحله اول، انتخاب گره‌های فعال می‌باشد. مرحله دوم جمع‌آوری داده از گره‌ها و ارسال اطلاعات توسط گره‌های واسط است. در مرحله اول یک دسته از C_j ها تشکیل می‌شود به طوری که شروط ذکر شده در بالا را از جمله بر حداکثر شدن تعداد دسته‌ها را برآورده کند. وقتی این دسته فعال است گره‌های دیگر غیر فعال هستند و در مد خواب به سر می‌برند و انرژی ناچیزی مصرف می‌کنند و در فاز بعدی مورد برآزش و ارزش دهی قرار می‌گیرند. این ارزش دهی با توجه به یک سری از فاکتورهای فیزیکی حسگرها در زمان اجرای همان راند انجام می‌شود.

۳-۲-۳ مشخصات شبکه

شبکه مورد نظر در یک محیط مربعی در نظر گرفته شده است. تعداد k هدف در محیط مورد نظر وجود دارند که تمامی آنها در هر راند باید پوشانده شده، بطوریکه یک شبکه پوششی متصل را بوجود آورند. مجموعه $Tarsn$ ، شامل همه اهدافی که در دامنه حسگری S_n می‌باشند و به وسیله گره‌های دیگری که اعلام آمادگی کرده‌اند، نیز پوشیده نمی‌شوند که به وسیله گره S_i نگهداری می‌شود. مجموعه همه اهداف واقع شده در برد حسگری S_1 ، را با m_1 نشان می‌دهیم.

انرژی اولیه حسگرهای عادی E و انرژی اولیه گره‌های مدیر سه برابر آن در نظر گرفته شده است. انرژی مصرفی حسگر در هر راند را ES_1 و انرژی مصرفی ارتباطی (رله بودن) در هر راند را EC_1 می‌نامیم.

مرحله اول برای انتخاب گره حسگر، و چک شدن تابع برآزش برای ارزش گذاری و انتخاب گره‌های مانیتور کننده فعال، w واحد زمانی - واحد زمانی انتخابی در اینجا ثانیه می‌باشد- طول می‌کشد. زمان انتظار گره S_n توسط تابعی که پارامترهای فیزیکی حسگر S_n را می‌سنجد - برای این منظور دو تابع پیشنهاد شده است - محاسبه می‌کند. محاسبه زمان انتظار با استفاده از پارامترهای مد نظر، هر حسگر شامل: انرژی باقی مانده، انرژی اولیه، تعداد اهداف که در میدان دید آن حسگر می‌باشند، بصورت ضربی از زمان کل یک راند اعلام می‌شود. پس از

و نوع حسگرهای عادی مورد استفاده در شبکه مشخص شده و بدست می‌آید.

۱-۲-۳ شروط و قیدهایی حاکم بر شبکه

شروط و قیدهایی که حاکم بر شرایط شبکه است و در مساله وجود دارد و در الگوریتم تامین می‌شود، بصورت زیر است. تعداد k هدف با موقعیت مشخص در شبکه‌ای که ترکیبی از گره‌های مدیر و گره‌های حسگر است، وجود دارند. در سناریوی مورد نظر گره‌های حسگر و مدیر به صورت تصادفی در شبکه چیده شده‌اند. پس از اجرای الگوریتم برای طول عمر شبکه، زمان بندی فعالیت گره‌های حسگری باید به باید گونه‌ای بوده باشد که شرایط زیر را تضمین کند.

- تمام اهداف از Ta_1 تا Ta_k باید پوشش داده شوند.

- S_1 تا S_N حسگر که کار حسگری را انجام می‌دهند و به صورت تصادفی چیده شده‌اند.

- Su_1 تا Su_M گره مدیر که به صورت تصادفی چیده شده‌اند.

- C_1 تا C_j دسته منتخب از حسگرها وجود دارد. هر C_j یک مجموعه از حسگرها است که توسط الگوریتم انتخاب حسگر در هر راند تشکیل می‌شوند. هر مجموعه C_j برای پوشاندن همه k هدف لازم و کافی - باشد. در واقع هدف، دسته بندی گره‌های حسگر به دسته‌ها فعال و غیر فعال (۱ دسته در هر زمان فعال) حسگرهای فعال باید بتوانند دو کار اتصال و پوشش را انجام دهند و هدف از پیاده سازی این الگوریتم ماکزیمم کردن تعداد این دسته‌هاست تا از این طریق هم انرژی کمتر مصرف شود و در نتیجه طول عمر شبکه هم افزایش یابد. لازم به ذکر است که در هر راند در حال اجرا باید برای فعال بودن و سپس حسگر بودن یا واسط بودن یک گره، بررسی لازم انجام می‌شود.

- هر حسگر عادی در ابتدای شروع به فعالیت دارای انرژی اولیه E_i و قدرت پردازش محدود و گره‌های مدیر دارای انرژی و طول عمر بیشتر و قدرت پردازشی بالاتری نسبت به حسگرهای عادی هستند.

- همه گره‌های مدیر با هم متصل هستند، یعنی حداقل یک مسیر از بین هر دو گره مدیر وجود دارد.

- هر حسگر فعال که در یکی از دسته‌های C_j موجود است، باید در هر راند با یک گره مدیر توسط گره‌های رله متصل باشد و مسیری به حداقل یک گره مدیر داشته باشد، تا اطلاعات خود را به آن گره مدیر ارسال کند (با ارسال به یک گره مدیر، اطلاعات از طریق ارتباط گره‌های مدیر به کاربر انتهایی می‌رسد).

- گره حسگری دارای انرژی اولیه E_i ، رنج ارتباطی R_C و رنج حسگری R_S است و $(R_C \geq R_S)$.

- این انتخاب باید به صورت موضعی و توزیع شده باشد. تصمیم‌گیری با استفاده از اطلاعات گره همسایه که با فاصله چند پرش ثابت در همسایگی قرار دارند، انجام می‌شود.



شبکه برای فعالیت مانیتورینگ پرداخته می‌شود. این مطلب بدین معنی است که گره‌هایی که در این راند باید فعال بمانند مشخص می‌شوند. این برازش بر اساس تابعی که معرفی می‌شود صورت می‌گیرد. در ابتدا هر گره لیستی از اهدافی را که می‌بیند در خود ذخیره می‌کند. این لیست Tarsn است. در مرحله بعد، بر اساس تابع پیشنهادی با در نظر گرفتن برخی از فاکتورهای اصلی مانند انرژی باقی‌مانده و تعداد اعضاء مجموعه Tarsn به آن گره زمان انتظاری تخصیص می‌یابد و تا تمام شدن این زمان گره صبر می‌کند.

نحوه محاسبه زمان انتظار در این پروتکل بر اساس رابطه‌ای از انرژی لحظه‌ای حسگر، انرژی ابتدایی حسگر، تعداد هدف‌های مورد پوشش هر حسگر، تعداد کل اهداف در شبکه و ضرایبی که برای بهینه شدن تابع مذکور در نظر گرفته شده می‌باشد بر اساس تابعی برازشی می‌باشد که تابع رابطه پیشنهادی در زیر آمده است.

$$p_j = \sum_{i=1}^n \frac{1}{nTar_i - 1} \left(1 - e^{-\frac{E_{remain j}}{E_{av i}}} \right) \quad (1)$$

در رابطه پیشنهاد شده، $T=1/p$ زمان انتظار برای تصمیم‌گیری برای هر گره است. $nTari$ تعداد گره‌هایی است که هدف i ام دیده شده توسط گره مورد نظر را می‌بینند. $E_{av i}$ میانگین انرژی گره‌هایی است هدف مذکور را می‌بینند. استفاده از رابطه غیر خطی پیشنهادی (۱) برای تخصیص زمان انتظار و در نهایت انتخاب حسگر مانیتور کننده با توجه به در نظر گرفتن میانگین انرژی گره‌هایی که یک هدف را می‌بینند، در نهایت به همگن شدن انرژی مصرفی در آن ناحیه از شبکه می‌پردازد. دیگر مزیت این رابطه وزن دهی مناسب در زمان‌های انتهایی در شبکه برای انتخاب و همچنین استفاده حداکثر از گره‌های زنده می‌باشد.

پس از تخصیص زمان انتظار، در خلال سپری شدن این زمان گره‌های دیگر که معیار برازش آنها بهتر و زمان انتظار آنها کمتر باشد، مرحله روشن یا خاموش بودن خود را طی می‌کنند. در این زمان، تا انتهای زمان انتظار، حسگر مورد نظر لیست Tarsn خود را با دریافت پیام تبلیغ گره‌های همسایه خود، به روز می‌کند. وقتی زمان انتظار گره مورد نظر به سرآمد، در صورتی که مجموعه Tarsn تهی نباشد و همچنین انرژی باقی مانده گره از میزان انرژی لازم برای حسگری در این راند بزرگتر باشد، گره قابلیت حسگر بودن را داشته باشد، آنگاه گره خود را فعال اعلام می‌کند و به همسایه‌های تک‌پرسی و دو پرسی خود اهدافی را که می‌بیند و مورد مانیتور قرار خواهد داد، گزارش می‌دهد. گره‌های همسایه‌ای حسگر با دریافت این پیغام، لیست Tarsn خود را به‌روز می‌کنند و انرژی تلف شده کنترلی نیز برای گره مذکور محاسبه می‌شود. در صورتی که گره‌ای، بعد از سپری شدن زمان انتظار دارای Tarsn ناتهی باشد ولی دارای شرایط فیزیکی مطلوب نباشد، یعنی انرژی آن از انرژی لازم برای حسگری در یک راند کمتر باشد، گره مورد

سپری شدن این زمان انتظار، حسگر برای بیدار ماندن یا بخواب رفتن تصمیم‌گیری می‌کند.

در شبکه با فرض اینکه انرژی باقی مانده گره حسگر En, m, Sn باشد، بشرط اینکه $En < Es_1 + Ec_1$ برقرار باشد، دیگر آن گره قابلیت تبدیل به گره حسگر شدن را ندارد. در این صورت زمان انتظار محاسبه نمی‌شود و tn ، یعنی زمان انتظار حسگر m برابر با w قرار می‌گیرد و این بمفهوم خارج شدن گره از لیست گره‌های حسگر می‌باشد. در غیر این صورت، زمانی که $En > Es_1 + Ec_1$ برقرار باشد، tn محاسبه شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر زمان tn تمام شود و $Tarsn_j \neq \phi$ باشد، یعنی یک یا چند هدف، از اهدافی که در دید گره m وجود داشته باشد که قبلاً مورد مانیتور گره‌های دیگر واقع نشده باشند، آنگاه خود را به عنوان گره حسگری جدید اعلام و به مجموعه گره‌های فعال در آن دسته اضافه می‌شود. سپس گره منتخب جدید، موقعیت خود را به گره‌هایی که در در همسایگی دو پرسی خود قرار دارند اعلام می‌کند.

در انتهای راند اگر گره‌های مانند S_j وجود داشته باشد که $Tarsn_j \neq \phi$ و $En < Es_1 + Ec_1$ باشد، آن گره پیغام عدم پوشش را به گره مدیر خود ارسال می‌کند و این بمعنای پایان عمر شبکه است. در این هنگام پیامی مبنی بر عدم پوشش کامل به گره یا گره‌های مدیر ارسال می‌شود و شبکه اعلام عدم پوشش را به مقصد نهایی مانیتور کننده ارسال می‌کند.

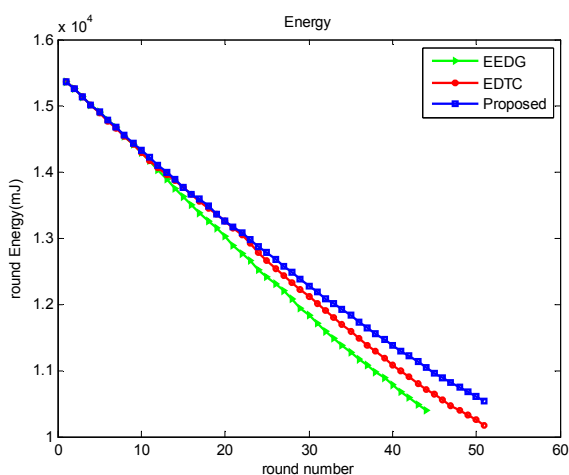
۳-۲-۴ مشخصات شبیه‌سازی فاز انتخاب گره‌های مانیتور کننده

برای شبیه‌سازی شبکه و محیط آن از نرم افزار مطلب استفاده شده است. در سیستم و محیط شبیه‌سازی شده ابتدا تعداد مشخصی گره و هدف در یک محیط به صورت تصادفی ریخته شد. محیط مورد نظر دارای ابعاد مربعی می‌باشد. تعدادی از این گره‌های چینش یافته حسگر و تعداد کمتری از این گره‌ها، گره مدیر هستند (قابلیت شبیه‌سازی طوری است که نسبت گره‌ها ساده و مدیر به صورت دلخواه قابل تنظیم است). در شبکه، پس از چینش گره‌ها ابتدا هر گره همسایه‌های تک‌پرسی ارتباطی خود را شناسایی می‌کند. در فاز شناسایی هر گره، تمام گره‌هایی که فاصله آنها تا گره مورد نظر کمتر از شعاع مخابراتی است، همسایه‌های تک‌پرسی گره مورد نظر محسوب می‌شوند. در این مرحله هر گره برای شناسایی همسایه‌های خود مقداری انرژی مشخص صرف می‌کند.

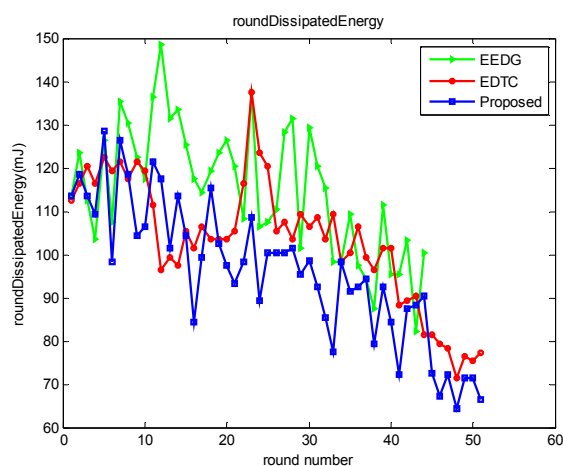
در مرحله بعد از شناسایی همسایه‌های تک‌پرسی، همسایه‌های دوپرسی گره‌ها تعیین می‌شود. همسایه‌های دوپرسی در شبکه، در واقع خود همسایه‌های تک‌پرسی هر کدام از همسایه‌های تک‌پرسی گره مورد نظر می‌باشند. این مرحله نیز گره‌ها مقداری انرژی صرف این عمل می‌کنند. پس از این مراحل، در مرحله بعدی به دسته‌بندی گره‌های

جدول ۱: مقادیر استفاده شده در شبیه سازی

Parameter	Value
Network size	500×500 m
SNods location	random
Nods location	random
Nods Initial Energy	0.1 J
SuperNods Initial Energy	0.5 J
communication range	90m
Sensing range	60m
Number of nods	300
Number of SNod	25
Number of target	20
E_{elec}	50 nJ/bit



شکل ۳: مقایسه طول عمر شبکه برای سه الگوریتم به سه تابع پیشنهادی



شکل ۴: میزان مصرف انرژی به ازای هر سه الگوریتم

نظر از لیست حسگرهای منتخب برای حسگری بطور کامل حذف می-شود. این کار به همین نحو تا سپری شدن زمان انتظار برای هر گره انجام می-شود. در پایان این مرحله، دسته بندی انجام شده و گره های فعال و غیرفعال راند در حال اجرا مشخص شده اند. در صورتی که این مراحل طی شود تا هنگامی که گره با کمترین معیار نیز برای فعال شدن اقدام کند، اگر شبکه توانایی پوشش تمام اهداف باقی مانده را نداشته باشد، گره فعال و فاز اجرا می-گردد. اما در صورتی که اهدافی وجود داشته باشند که مانیتور نشوند، و یا گره قابلیت های فعال شدن را نداشته باشد، پیغام عدم پوشش هدف ارسال شده و دسته بندی و اجرای راند متوقف می-گردد.

۴- نتایج شبیه سازی

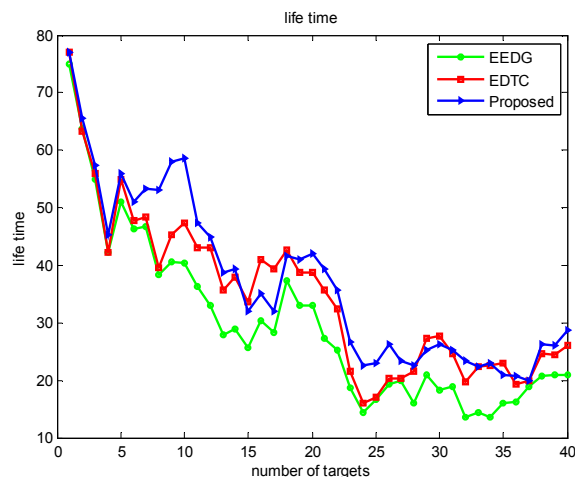
برای بررسی عملکرد الگوریتم ارائه شده، در شبیه از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. در این شبیه سازی، الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های [۱۵] و [۱۶] مقایسه شده است. [۱۵] روش پیشنهادی خود را با دو الگوریتم دیگر مقایسه کرده و برتری روش خود را نسبت آنها نشان داده است. با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه سازی، همانطور که در شکل ۳ دیده می-شود - با فرض انتخاب گره های مانیتور کننده با الگوریتم یکسان در هر سه الگوریتم - مشاهده می-شود که مصرف انرژی شبکه در الگوریتم پیشنهادی اکثر راندها کمتر از دو الگوریتم EEDG و EDTC است. همچنین طول عمر شبکه به اندازه ۱۲ درصد بیشتر از الگوریتم EEDG شده است. انرژی باقی مانده در آخر شبکه در الگوریتم پیشنهادی بیشتر از دو الگوریتم دیگر است.

شکل ۴ میزان مصرف انرژی در هر راند را به صورت جداگانه نمایش داده است. همانطور که دیده می-شود مصرف انرژی در الگوریتم پیشنهادی در اکثر اوقات کمتر از دو الگوریتم دیگر است. در شکل ۵ طول عمر شبکه بر حسب تعداد هدف در شبکه نشان داده شده است. بنا بر آنچه انتظار می-رود، طول عمر بر حسب هدف باید سیر نزولی داشته باشد. دلیل انحراف نمودار و یکنوا نبودن سیر نزولی بدست آمده از این حالت، تغییر توپولوژی شبکه و ثابت نبودن موقعیت شبکه به ازای تغییر تعداد هدف به ازای هر تعداد هدف می-باشد. همانطور که در شکل ۵ دیده می-شود، به طور متوسط الگوریتم پیشنهادی طول عمر بیشتری نسبت به دو الگوریتم دیگر دارد.

ساده‌تر و بصورت غیر خطی است. با توجه به غیر خطی بودن، زمان انتظار و وزن دهی بهتر انجام می‌شود. استفاده از رابطه‌ی نمایی در روش پیشنهادی، در واقع انرژی مصرفی گره‌های مانیتور کننده در شبکه را همگن کرده و انرژی مصرفی به طور محلی کاهش می‌یابد. با استفاده از رابطه ارائه شده، وزن دهی به پارامتر انرژی حسگر بنحوی است که در مقادیر پایین وزن انرژی در انتخاب بیشتر شده و منجر به افزایش عمر شبکه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی کارا بودن روش پیشنهادی در کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه پوششی با توجه به اهمیت این موضوع در طراحی پروتکل شبکه‌های حسگر پوشش نقطه‌ای نشان می‌دهد.

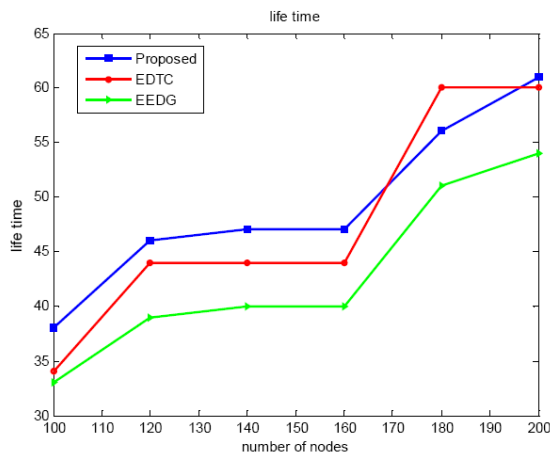
مراجع

- [1] M. Cardei M. T. Thai, Y. Li, W. Wu, "Energy-Efficient Target Coverage in Wireless Sensor Networks," IEEE INFOCOM, 2005.
- [2] J. Carle, D. Simplot, "Energy efficient area monitoring by sensor networks," IEEE Computer 37 (2) pp 40-46, 2004.
- [3] B. Carbutar, A. Grama and J. Vitek. "Distributed and Dynamic Voronoi Overlays for Coverage Detection and Distributed Hash Tables in Ad-hoc Networks," (ICPADS 2004), Newport Beach, CA, pp. 549-559, July 2004.
- [4] S. Slijepcevic and M. Potkonjak, "Power efficient organization of wireless sensor networks," Proc. IEEE International Conference on Communications, pp. 472-476, 2001.
- [5] D. Tian and N. D. Georganas, "A node scheduling scheme for energy conservation in large wireless sensor networks," Wireless Comm. Mob. Comput., vol. 3, pp. 271-290, 2003.
- [6] C.-F. Huang and Y.-C. Tseng, "The coverage problem in a wireless sensor network," in Proc. ACM International Workshop on (WSNA), pp. 115-121, 2003.
- [7] C. Chen & J. Ma, "Designing Energy-Efficient Wireless Sensor Networks with Mobile Sinks," ACM International Workshop on (WSNA), pp. 343-349, 2006.
- [8] J. Lu, J. Wang, and T. Suda, "Scalable Coverage Maintenance for Dense Wireless Sensor Networks," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking Volume, 2007.
- [9] M. K. Watfa, S. Commuri, "An energy efficient and self-healing 3-dimensional sensor cover," (IJAHUC), Vol. 3, No. 1, 2008.
- [10] Y. Xu and X. Yao, "A GA Approach to the Optimal Placement of Sensors in Wireless Sensor Networks with Obstacles and Preferences," IEEE CCNC, 2006.
- [11] B. Wang, K. Ch. Chua, V. Srinivasan, and W. Wang, "Information Coverage in Randomly Deployed Wireless Sensor Networks," IEEE Transactions Wireless Sensor Networks, Vol. 6, No. 8, Aug. 2007.
- [12] M Cardei, M. T. Thai, Y. Li, W. Wu, "Energy-Efficient Target Coverage in Wireless Sensor Networks," IEEE INFOCOM 2005.
- [13] J. Kim, D. Kim, "Energy-efficient Data Gathering Techniques Using Multiple Paths for Providing Resilience to Node Failures in Wireless Sensor Networks," JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 1, NO. 3, JUNE 2006.



شکل ۵: میزان تغییر طول عمر شبکه به ازای افزایش تعداد اهداف با چیدمان مجدد

الگوریتم پیشنهادی به ازای تمام حالات دارای طول عمر بیشتری نسبت به EEDG است. در شکل ۶ میزان تغییر طول عمر شبکه به ازای افزایش تعداد گره‌های شبکه از ۱۰۰ گره تا ۲۰۰ گره با تعداد ثابت و موقعیت یکسان اهداف و گره‌های مدیر دیده می‌شود. مقادیر بالاتر طول عمر در شکل ۳ آمده است.



شکل ۶: میزان تغییر طول عمر شبکه به ازای افزایش تعداد گره‌های شبکه با چیدمان ثابت اهداف و گره‌های مدیر

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روشی برای انتخاب حسگرهای مانیتور کننده نقاط در هر راند از شبکه‌های بی‌سیم نامتقارن پوشش نقطه‌ای ارائه شده است. روشهای قبلی انتخاب حسگر مانیتور کننده به پارامترهای هر حسگر و بصورت خطی وابسته هستند و به همین خاطر در این روابط تفاوتی در زمان گزینش و میزان نسبی انرژی باقیمانده در راندهای انتهایی وجود ندارد. در روش پیشنهادی عمل انتخاب بر اساس رقابت میان گره‌های همسایه در اطراف هر هدف صورت می‌گیرد و رابطه پیشنهادی بصورتی



- [14] W. Wang, V. S. inivasan, K.Ch. Chua, B. Wang, "Energy-efficient Coverage for Target Detection in Wireless Sensor Networks," ACM, 2007.
- [15] Zh. Liu, "Maximizing Network Lifetime for Target Coverage Problem in Heterogeneous Wireless Sensor Networks," MSN 2007, LNCS 4864, pp. 457-468, 2007.
- [16] W.Awada and M. Cardei, "Energy Efficient data Gatering in heterogeneous Wireless Sensor networks, IEEE, WiMob,2006.
- [17] M. Cardei, M. T. Thai, Y. Li, "Energy -Efficient Target Coverage in Wireless Sensor Networks," IEEE, 2005.