

صرفه جویی در مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر خوشه - بندی مسطح و الگوریتم های تکاملی

مسعود نگهداری^۱، مرضیه دادور^۲

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوشهر؛ گروه مهندسی کامپیوتر، بوشهر، ایران m.negahdari2011@gmail.com

۲. مربی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوشهر؛ گروه مهندسی کامپیوتر، بوشهر، ایران marziye.dadvar@gmail.com

چکیده

شبکه های حسگر بی سیم دارای تعداد زیادی گره های حسگر با انرژی محدود می باشند که در یک منطقه محدود پراکنده شده اند. بیشتر انرژی گره ها برای ارسال اطلاعات به ایستگاه مرکزی مصرف می شود. با توجه به محدودیت انرژی در این نوع شبکه ها، افزایش طول عمر با کاهش مصرف انرژی همواره مورد توجه بوده است. در این تحقیق، یک الگوریتم خوشه بندی سطحی مبتنی بر ژنتیک در راستای افزایش طول عمر این نوع شبکه ها ارائه شده است. در خوشه بندی سطحی پیشنهادی، ناحیه جغرافیایی با توجه به برد رادیویی به سه سطح تقسیم شده و خوشه بندی گره های هر سطح به صورت جداگانه انجام می شود. سرخوشه ها انرژی بیشتری نسبت به دیگر گره ها برای ارسال اطلاعات مصرف می کنند، لذا هدف الگوریتم پیشنهادی کاهش تعداد سرخوشه ها در جهت افزایش طول عمر شبکه است. در نهایت با تغییر سرخوشه ها در هر دور مسیریابی، توازن مصرف انرژی بیشتری بین گره ها به وجود می آید. نتایج حاصل شده از آزمایشات، حاکی از برتری الگوریتم پیشنهادی در ارسال پیام و طول عمر شبکه نسبت به سایر پروتکل های مشابه می باشد.

کلید واژه ها: شبکه های حسگر بی سیم، خوشه بندی مسطح، پروتکل مسیریابی، طول عمر شبکه، الگوریتم های تکاملی

۱- مقدمه

یکی از ابزارهای کسب اطلاعات محیطی که تحقیقات گسترده ای را نیز به خود معطوف کرده، شبکه های حسگر بی سیم^۱ (WSN) است. با وجود پیشرفت های صورت گرفته در این نوع شبکه ها، گره های حسگر به تعداد زیاد و اندازه کوچک، هنوز هم برای تأمین انرژی خود، متکی به باتری هایی با توان اندک هستند. به دلیل به کارگیری این نوع شبکه ها در محیط های خشن و غیر قابل دسترس، امکان شارژ مجدد یا تعویض گره های حسگر وجود ندارد، بنابراین یکی از مهم ترین مسائل در شبکه های حسگر بی سیم، مسئله مدیریت بهینه انرژی است (۱).

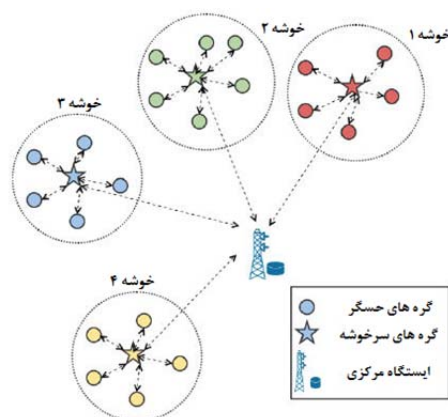
با توجه به اینکه کارایی شبکه های حسگر بی سیم به شدت به طول عمر شبکه^۲ وابسته است، پروتکل های ارائه شده در این شبکه ها، باید افزایش طول عمر شبکه را مورد توجه قرار دهند. بنا به تعریف، مدت زمان به پایان رسیدن انرژی اولین گره از ابتدای شروع به کار شبکه، طول عمر شبکه نامیده می شود (۲). برای افزایش طول عمر شبکه، باید دو معیار کاهش مصرف انرژی و توزیع صحیح مصرف انرژی بین گره های حسگر را مد نظر قرار داد. همه گره های حسگر، داده ها را از یک پایگاه داده ثابت دریافت می کنند و یا به

^۱ Wireless Sensor Networks

^۲ Life Time Network

یک پایگاه داده ثابت انتقال می‌دهند. به این پایگاه داده ثابت ایستگاه مرکزی^۱ (BS) می‌گویند (۳).

یکی از مهمترین مسائل در این شبکه‌ها، کاهش مصرف انرژی در توسعه و بهبود پروتکل‌های مسیریابی^۲ برای افزایش طول عمر است (۴). پروتکل‌های مسیریابی سلسله‌مراتبی^۳ که به عنوان پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی^۴ هم شناخته شده‌اند، یک رویکرد نوین برای کاهش مصرف انرژی محسوب می‌شوند که می‌توانند طول عمر شبکه و مقیاس‌پذیری آن را بهبود دهند. در این نوع پروتکل‌ها، گره‌های شبکه درون خوشه‌هایی به گونه‌ای سازماندهی می‌شوند که گره‌هایی با انرژی بالا (گره‌هایی با نقش سرخوشه) بتوانند برای پردازش و ارسال داده‌ها استفاده شوند، در حالی که گره‌ها با انرژی کم برای انجام سنجش هدف مورد استفاده قرار می‌گیرند. داده‌ها در گره‌های هر خوشه، تنها توسط گره سرخوشه به ایستگاه مرکزی ارسال می‌شوند. شکل ۱ انتقال داده‌ها در شبکه حسگر بی‌سیم را با استفاده از تکنیک‌های خوشه‌بندی نشان می‌دهد (۳).



شکل ۱: انتقال داده‌ها به ایستگاه مرکزی با تکنیک‌های خوشه‌بندی (۳)

همانطور که گفته شد مهمترین چالش در شبکه‌های حسگر محدود بودن منابع انرژی گره‌های حسگر است، بنابراین انرژی موجود در هر گره باید به عنوان یک اولویت اصلی در طراحی پروتکل‌های خوشه‌بندی در نظر گرفته شود (۶-۵). در این تحقیق ارائه یک الگوریتم خوشه‌بندی سطحی^۵ ارائه شده که گره‌های حسگر را با توجه به سطح (فاصله) آنها نسبت به ایستگاه مرکزی خوشه‌بندی می‌کند. تا به امروز تحقیقات فراوانی در زمینه بهبود مصرف انرژی مبتنی بر الگوریتم‌های خوشه‌بندی ارائه شده است. در این میان، دو پروتکل LEACH و HEED نقش اساسی در پیدایش تعداد زیادی از الگوریتم‌های جدید داشته‌اند. در سال ۲۰۰۰ الگوریتمی تحت عنوان LEACH توسط هیلزمن و همکاران (۷) ارائه شد که جایگاه ویژه‌ای بین پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های حسگر پیدا کرد (۷). HEED توسط یونیس و فهمی (۸) مطرح شد و از ترکیب انرژی باقیمانده و هزینه ارتباطات به عنوان معیاری برای انتخاب گره‌های سرخوشه استفاده می‌کند (۸).

زون-زین و همکاران (۹) یک الگوریتم مسیریابی مودری با انرژی کارآمد برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه دادند (۹). این الگوریتم با محدود کردن تعداد گام‌های ارسالی، سعی در کم کردن مصرف انرژی حاصل از انتقال داده توسط حسگرهای میانی دارد. مسیریابی چندهدفه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با هدف افزایش طول عمر شبکه و استفاده از الگوریتم ژنتیک توسط نیناشنگ و همکاران (۱۰) مطرح شد (۱۰). در تحقیق ایکسروننگ و همکاران (۱۱)، تلاش شده است یک روش مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه‌های

¹ Base Station

² Routing Protocols

³ Hierarchical Routing Protocols

⁴ Cluster-Based Routing Protocol

⁵ Surface Clustering

حسگر بی سیم با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و اجتماع مورچه‌ها در راستای توزیع مصرف انرژی در کل شبکه ارائه شود (۱۱). موهده‌علیا (۱۲)، جابجایی پویا ایستگاه‌های تلفن همراه در شبکه‌های حسگر بی سیم با استفاده از یک الگوریتم جستجوی هارمونی مبتنی بر خوشه‌بندی را ارائه داد (۱۲). به منظور کاهش فاصله برای برقراری ارتباط، مکان ایستگاه مرکزی متحرک تعیین شده است.

یائو و همکاران (۱۳)، به منظور رفع مشکل تولید کروموزوم‌های نامعتبر برای بهبود مسیریابی در شبکه‌های بی سیم، یک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته را ارائه دادند (۱۳). داساراتان و کومار (۱۴)، بهبود کیفیت سرویس با مسیریابی پویا در MANETs را ارائه دادند (۱۴). برای اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی، شبکه‌های متمرکز کارا نبوده و قابلیت اطمینان کافی را ندارند، لذا MANET راه‌حل مناسبی است. بئویر و همکاران (۱۵)، برای کاهش مصرف انرژی، ترکیب روش LEACH و c-means را توسعه دادند (۱۵). در این تحقیق، الگوریتم c-means برای تعیین تعداد بهینه سرخوشه‌ها و موقعیت آنها مورد استفاده قرار گرفته است. در تحقیقی مشابه برزگری و مصدری (۱۶)، یک روش خوشه‌بندی c-means با ایجاد خوشه‌های متقارن ارائه دادند (۱۶). این روش پروسه تصادفی انتخاب نودهای سرخوشه را بهبود بخشیده و با ایجاد خوشه‌های متقارن فواصل کلی ارتباطات بین خوشه‌ها را کاهش می‌دهد. کائوشیک (۱۷)، ترکیب روش‌های خوشه‌بندی FCM و شبکه عصبی را برای ایجاد یک شبکه حسگر بی سیم با مصرف انرژی بهینه پیشنهاد داد (۱۷). ایجاد خوشه‌ها با استفاده از روش FCM صورت گرفته تا خوشه‌هایی با اندازه‌های برابر ایجاد شود.

در تحقیق دیگری خان و همکاران (۱۸)، دو نسخه بهبود یافته از الگوریتم معروف DEEC (۱۹) با نام‌های H-DEEC و MH-DEEC را ارائه دادند (۱۸). لامینه (۲۰)، یک الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی و فاصله (EAC) را ارائه داد که در آن سرخوشه‌ها بر اساس انرژی باقیمانده انتخاب می‌شوند (۲۰). دکرکیو و همکاران (۲۱)، الگوریتم BLAC را توسعه دادند که از ترکیب سطح انرژی و معیارهایی نظیر تراکم و درجه گره‌ها برای انتخاب سرخوشه استفاده می‌شود (۲۱).

در ادامه این تحقیق به بررسی پیشفرض‌های پژوهش در بخش ۲ می‌پردازیم. در بخش ۳ الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی و در بخش ۴ الگو مصرف انرژی مطرح می‌شود. نحوه محاسبه انرژی مصرفی هر یک از گره‌ها در فرایند مسیریابی در این بخش ارائه خواهد شد. نتایج ارزیابی روش پیشنهادی در بخش ۵ آورده شده و در نهایت نتیجه‌گیری در بخش ۶ ذکر شده است.

۲- پیشفرض‌های پژوهش

خوشه‌بندی گره‌ها، انتساب نقش‌های مربوطه به گره‌ها و تعیین مسیر انتقال داده توسط ایستگاه مرکزی انجام می‌شود. ایستگاه مرکزی معمولاً گره‌ای خارج از شبکه فرض می‌شود و هیچ‌گونه محدودیتی در منابع انرژی و پردازشی ندارد. حداکثر برد رادیویی گره‌های حسگر، در کل شبکه یکسان است. برد رادیویی مسافتی است که هر گره می‌تواند امواج را انتقال دهد. ایستگاه مرکزی براساس اولویت‌های هر خوشه و همچنین سیاست پروتکل مسیریابی، یک گره را به عنوان سرخوشه در نظر می‌گیرد. وظیفه سرخوشه‌ها (CH) جمع‌آوری اطلاعات از گره‌های خوشه، حذف داده‌های تکراری، ترکیب داده‌ها و انتقال این داده‌ها در قالب یک بسته به ایستگاه مرکزی می‌باشد.

تمام محاسبات در ایستگاه مرکزی انجام می‌گیرد و ایستگاه مرکزی در مورد میزان انرژی گره‌ها و موقعیت آنها از دانش کافی برخوردار است. ایستگاه مرکزی برای هر خوشه، جدول زمان‌بندی ارسال اطلاعات (TDMA)^۱ ایجاد کرده و آن را به تمام سرخوشه‌ها ارسال می‌کند. TDMA برای زمان‌بندی انتقال داده‌ها در گره‌های حسگر به کار می‌رود و به گره‌های حسگر امکان می‌دهد تا رسیدن برش زمانی مربوط به خود، آنتن رادیویی خود را خاموش کرده و انرژی خود را ذخیره کنند.

^۱ Time Division Multiple Access

۳- الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی

در مرحله اول روش پیشنهادی توپولوژی شبکه مشخص می‌شود. توپولوژی شبکه به صورت تصادفی در یک محیط جغرافیایی ایجاد می‌شود. در مرحله دوم گره‌های حسگر با توجه به مکان و موقعیت جغرافیایی آنها نسبت به ایستگاه مرکزی خوشه‌بندی می‌شوند. ایده تحقیق حاضر خوشه‌بندی گره‌ها با توجه به ساختار توپولوژی است و به صورت سطحی بر مبنای الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود. هدف خوشه‌بندی کاهش فاصله ارسال اطلاعات و در نتیجه افزایش طول عمر شبکه است. در مرحله سوم روش پیشنهادی جهت انتقال بسته‌ها از یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر منطق فازی در راستای افزایش طول عمر شبکه بهره گرفته می‌شود (۲۲). در نهایت سرخوشه‌ها در مرحله چهارم بروزرسانی می‌شوند. در این مرحله مطابق زمان‌بندی TDMA گره‌های حسگر یک خوشه روشن شده و اطلاعات ارسال می‌شوند.

۳-۱- توپولوژی و راه‌اندازی شبکه

توپولوژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم به صورت تعدادی گره در یک محیط محدود جغرافیایی مشخص می‌شود. میزان انرژی تمام گره‌ها در ابتدا یکسان و بر حسب ژول (J)^۱ می‌باشد. بردار انرژی گره‌ها با رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$E_{node} = [e_1, \dots, e_i, \dots, e_n] \quad (۱)$$

در این رابطه e_i مقدار انرژی باقیمانده گره i را نشان می‌دهد. گره‌های موجود در شبکه مکان‌های از پیش تعیین شده‌ای دارند. در اینجا مکان‌های مربوط به گره‌ها به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به ثابت بودن موقعیت ایستگاه مرکزی و در دسترس بودن موقعیت سایر گره‌ها، فاصله بین هر جفت گره توسط ایستگاه مرکزی با توجه به رابطه اقلیدسی تعیین می‌شود. ماتریس D_{node} حاوی فواصل بین تمامی گره‌ها می‌باشد.

$$D_{node} = \begin{bmatrix} d_{1,1} & \dots & d_{1,j} & \dots & d_{1,n} & d_{1,n+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i,1} & \dots & d_{i,j} & \dots & d_{i,n} & d_{i,n+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n,1} & \dots & d_{n,j} & \dots & d_{n,n} & d_{n,n+1} \\ d_{n+1,1} & \dots & d_{n+1,j} & \dots & d_{n+1,n} & d_{n+1,n+1} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

D_{node} یک ماتریس متقارن می‌باشد که در آن $d_{i,j}$ فاصله بین دو گره i و j است. با توجه به وجود n گره در شبکه، اندیس $n+1$ به ایستگاه مرکزی اشاره دارد.

قضیه ۱: فاصله هر گره نسبت به خودش صفر است؛ بنابراین $d_{i,j} = 0$, if $i = j$

قضیه ۲: گره‌ها دارای یک حداکثر شعاع حسگری^۲ می‌باشند. بنابراین $d_{i,j} = 0$, if $d_{i,j} > sense$.

۳-۲- الگوریتم خوشه‌بندی سطحی مبتنی بر ژنتیک

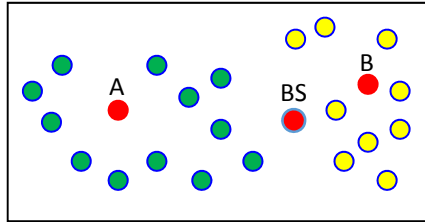
اکثر الگوریتم‌های خوشه‌بندی مطرح شده در این حوزه نظیر ژنتیک، خوشه‌هایی با اشکال متفاوت ایجاد می‌کند. شکل خوشه‌های ایجاد شده در مصرف انرژی و انتقالات اضافی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. برای مثال در شکل ۲ گره‌های شبکه به دو خوشه A و B تقسیم شده‌اند. به نظر می‌رسد در خوشه A گره‌ها به صورت افقی نسبت به ایستگاه مرکزی دسته‌بندی شده‌اند. این فرم خوشه‌ها از

^۱ Joule

^۲ Sense

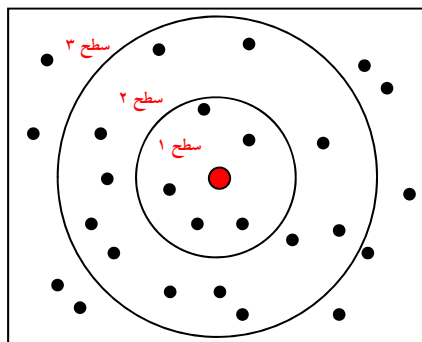
صرفه جویی در مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر ...

انتقال های اضافی جهت ارسال اطلاعاتشان به ایستگاه مرکزی استفاده می کنند. برخی از گره های خوشه A اطلاعات خود را به مکانی دورتر ارسال می کنند و سپس این اطلاعات باید مسافت طولانی تری را طی کنند تا به ایستگاه مرکزی برسند. اما گره های موجود در خوشه B تقریباً به فرم عمودی نسبت به ایستگاه مرکزی قرار گرفته اند. هر چند در این خوشه نیز انتقال های اضافی وجود دارد اما این انتقال های نسبت به خوشه A کمتر است.



شکل ۲: شمایی از خوشه بندی گره ها در یک شبکه حسگر بی سیم

در این تحقیق با سطح بندی گره ها نسبت به ایستگاه مرکزی سعی در حداقل سازی انتقال های اضافی خواهیم داشت. در اینجا شبکه به صورت حلقه هایی با سطوح مختلف قدرت، نسبت به ایستگاه مرکزی تقسیم بندی می شود. شکل ۳ نمونه سطح بندی شبکه در سه سطح را نشان می دهد.



شکل ۳: سطح بندی گره ها در شبکه حسگر بی سیم

در مرحله بعد گره های هر سطح به خوشه هایی تقسیم می شوند. هدف از خوشه بندی در واقع کاهش مجموع کل فاصله های ارتباطی بین حسگرها و در نهایت افزایش طول عمر شبکه است. با توجه به سطح بندی انجام شده، همه گره های موجود در سطح اول در برد رادیویی ایستگاه مرکزی قرار دارند. لذا به منظور جلوگیری از انتقال های اضافی این گره ها به صورت مستقیم و بدون واسطه اطلاعات را به ایستگاه مرکزی می فرستند. گره های سطح اول نقش یک خوشه با تنها یک سرخوشه (ایستگاه مرکزی) را ایفا می کند. در ادامه به منظور خوشه بندی گره های سطح دو و سه از الگوریتم ژنتیک استفاده می شود.

۳-۲-۱- نمایش راه حل ها و ایجاد جمعیت اولیه

کدگذاری استفاده شده در این تحقیق یک آرایه به طول L است. L تعداد گره های موجود در یک سطح را نشان می دهد. مقدار هر

عنصر شماره خوشه‌ای را نشان می‌دهد که گره متناظر در آن خوشه قرار دارد. در اینجا برای ایجاد جمعیت اولیه از یک روش حریصانه استفاده می‌شود. در این روش ابتدا گره‌های موجود در خوشه‌بندی به صورت تصادفی لیست شده، سپس خوشه هر گره مشخص می‌شود. در صورتی که به گره جاری هنوز خوشه‌ای منتسب نشده باشد، گره جاری و تمام همسایگان آن (همسایه‌های بدون خوشه)، به یک خوشه جدید منتسب می‌شوند.

۳-۲-۱- خوشه‌بندی سطحی

الگوریتم حریصانه مطرح شده به صورت تصادفی گره‌های حسگر را در خوشه‌هایی قرار می‌دهد. اما دو چالش وجود دارد؛ اول اینکه تعداد خوشه‌های بهینه مشخص نیست و چالش دوم که در پژوهش‌های گذشته کمتر به آن توجه شده است، برد رادیویی گره‌های حسگر موجود در یک خوشه می‌باشد. با توجه به اینکه از هر خوشه یک نماینده به عنوان سرخوشه برای جمع‌آوری اطلاعات اعضا خوشه انتخاب می‌شود. لذا سرخوشه باید در برد رادیویی تمامی اعضای خوشه قرار داشته باشد. به منظور رفع دو مشکل مطرح شده الگوریتم ژنتیک پیشنهادی را بهبود داده تا تعداد خوشه‌ها را به صورت خودکار پیدا کرده و خوشه‌هایی با حداقل n گره کاندید سرخوشه ایجاد نماید.

روش کار به این صورت است که نودهای سطح دو و سه به صورت مجزا با k خوشه، خوشه‌بندی می‌شوند. جائیکه $k = 1, \dots, N^S$ است. به تعداد گره‌های موجود در هر سطح اشاره دارد. بعد از انجام هر خوشه‌بندی، میزان معتبر بودن خوشه-بندی انجام شده با k خوشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر با خوشه‌بندی انجام شده حداقل n گره کاندید از هر خوشه وجود داشته باشد، آنگاه خوشه‌بندی با k خوشه به عنوان خوشه‌بندی ثابت شبکه در نظر گرفته می‌شود. در غیر این صورت خوشه‌بندی با تعداد خوشه‌های بیشتری ($k=k+1$) انجام خواهد شد. در این تحقیق هر مرحله از خوشه‌بندی توسط روش FCM انجام می‌شود. گره‌های کاندید در هر خوشه، گره‌هایی هستند که در دسترس (برد رادیویی) سایر اعضای خوشه قرار دارند. مشخص کردن حداقل n گره کاندید از هر خوشه به دلیل متغیر بودن تعداد اعضای آن خوشه به صورت یک عدد ثابت ممکن نیست. لذا ما پارامتر $coverRate$ را به مفهوم درصدی از گره‌های یک خوشه که قابلیت کاندید شدن را دارند، ارائه می‌کنیم. خواننده جهت مطالعه بیشتر می‌تواند شبه کد الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی را در پیوست ۱ مشاهده کند.

۳-۲-۳- محاسبه برازندگی راه‌حل‌ها

معیار ارزیابی یک راه‌حل برای به حداقل رساندن مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه است. بنابراین راه‌حلهایی کیفیت بالاتری دارند که مجموع فاصله‌های ارسالی را کاهش دهند. برازندگی یک راه‌حل با توجه به مجموع فاصله‌های بین گره‌ها در تمام خوشه‌ها محاسبه می‌شود. در ابتدا گره‌های موجود در هر خوشه مشخص می‌شوند. سپس برای تمام گره‌های موجود در یک خوشه خاص بررسی می‌شوند که کمترین مجموع فاصله مربوط به کدام گره می‌باشد (سرخوشه). کمترین فاصله، بهترین گره را برای سرخوشه نشان می‌دهد. لذا مجموع فاصله بین گره‌ها به همراه فاصله تا ایستگاه مرکزی به عنوان برازندگی آن خوشه در نظر گرفته می‌شود. انرژی مصرف شده برای انتقال پیام از خوشه به ایستگاه مرکزی و همچنین فاصله بین گره‌ها برای ارسال اطلاعات از فاکتورهای اصلی برای کمینه کردن می‌باشد. انرژی مصرفی کمتر و فاصله ارسالی کوتاه‌تر باعث کاهش مقدار برازندگی هر کروموزوم می‌شوند.

۳-۲-۴- عملگر انتخاب و جهش

عملگر انتخاب در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی چرخ رولت است. در اینجا تکامل جمعیت بر اساس یک عملگر جهش انجام می‌شود. عملگر جهش با نرخ جهش (M_p) به هر یک از بیت‌های راه‌حل اعمال شده و در نتیجه آن، یک شماره خوشه جدید به صورت

صرفه جویی در مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر ...

تصادفی به گره منتسب می کند. سپس برانزنگی راه حل با جهش انجام شده محاسبه شده و در صورت بهبود، راه حل جایگزین می شود.

۳-۳- بروزرسانی سرخوشه ها

در طی انتقالات اگر میزان انرژی باقیمانده یک گره صفر شود، گره غیر فعال شده و امکان ارسال اطلاعات از آن وجود ندارد. به منظور رفع این مشکل مطابق پروتکل LEACH سرخوشه ها را بروزرسانی می کنیم. در LEACH به منظور جلوگیری از اتمام سریع انرژی سرخوشه ها، همه گره های حسگر یک خوشه را به وسیله چرخش سرخوشه تغییر می دهد. این عمل منجر به توازن مصرف انرژی همه گره ها شده و از این رو طول عمر شبکه افزایش می یابد. در اینجا برای انتخاب سرخوشه های جدید علاوه بر چرخش سرخوشه بین سایر گره ها، معیار فاصله تا ایستگاه مرکزی نیز مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین تنها گره هایی می توانند به عنوان سرخوشه انتخاب شوند که جزء گره های کاندید سرخوشه باشند. N_p^k لیست گره های کاندید خوشه k ام را نشان می دهد. از گره های لیست N_p^k تنها گره هایی مجاز به سرخوشه شدن هستند که یکی از دو شرط زیر را داشته باشد.

۱- میزان انرژی باقیمانده گره از میانگین انرژی کل گره های خوشه بیشتر باشد.

۲- حداقل ۳۰٪ انرژی اولیه خود را داشته باشد.

در صورت عدم وجود گره کاندیدی از یک خوشه، سرخوشه به صورت تصادفی از بین اعضاء خوشه تعیین می شود. اگر $N_{p'}^k$ گره -هایی از N_p^k دارای یکی از دو شرایط ذکر شده باشد، گره سرخوشه از خوشه k ام با رابطه زیر محاسبه می شود.

$$N_{CH}^k = \arg \min_{i \in N_{p'}^k} \left\{ \sum_{j=1}^{|N_{p'}^k|} d_{i,j} + d_{i,N+1} \right\} \quad (3)$$

در این رابطه $d_{i,j}$ فاصله اقلیدوسی بین دو گره i و j ، $d_{i,N+1}$ فاصله اقلیدوسی گره i نسبت به ایستگاه مرکزی و $\arg \min_{i \in N_{p'}^k} \{ \cdot \}$ اندیس کوچکترین عضو $N_{p'}^k$ می باشد. N_{CH}^k گره ای را نشان می دهد که مجموع فاصله های ارسالی بین خوشه ای را حداقل سازد و همچنین کمترین فاصله تا ایستگاه مرکزی را داشته باشد.

قضیه ۳: در هر دور مسیریابی امکان بروزرسانی سرخوشه ها به دلیل بار محاسباتی بالا وجود ندارد. لذا تنها اگر کمترین انرژی در بین نودهای موجود در مسیریابی از میانگین همه نودهای شبکه کمتر باشد، سرخوشه ها بروزرسانی می شوند.

۴- الگو مصرف انرژی

مصرف انرژی در هر دوره از مسیریابی با توجه به مسیر انتقال بسته محاسبه می شود. در انتقال بسته گره های معمولی از هر خوشه داده های حسگر خود را به سرخوشه مربوط به آن خوشه ارسال می کنند. سرخوشه ها با بکارگیری تکنیک های خاصی داده های دریافت شده را ترکیب و اطلاعات تکراری در آنها را حذف می کنند. در ترکیب داده ها، بسته های اطلاعاتی، در گره های میانی با هم ترکیب می شوند. بدین ترتیب تعداد بسته هایی که در شبکه ارسال می شوند کاهش می یابد و انرژی کمتری مصرف می شود (۲۳). بعد از ترکیب داده ها اطلاعات در قالب یک بسته توسط سرخوشه به ایستگاه مرکزی ارسال می شود. در این مرحله انرژی مصرفی انتقال بسته در طول مسیر از میزان انرژی باقیمانده گره های شرکت کننده کسر خواهد شد. الگوی مصرف انرژی مطابق (۲۴) و از روابط زیر برای گره -های ارسال کننده (E_{Tx}) و دریافت کننده (E_r) محاسبه می شود.

$$E_{tx} = \begin{cases} E_{elec} \times l + \varepsilon_{fs} \times l \times d^2, & d > d_0 \\ E_{elec} \times l + \varepsilon_{mp} \times l \times d^4, & d \leq d_0 \end{cases} \quad (۴)$$

$$E_r = E_{elec} * l \quad (۵)$$

در این رابطه، E_{elec} انرژی لازم برای ارسال یا دریافت یک بیت اطلاعات، ε_{fs} و ε_{mp} انرژی لازم جهت تقویت سیگنال ارسالی در طول مسافت مورد نظر است. l طول بسته ارسالی و d فاصله تا گره دریافت کننده اطلاعات می‌باشد. d_0 یک حد آستانه برای ارسال پیام بر حسب فاصله بوده و معمولاً از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$d_0 = \sqrt{\varepsilon_{fs} / \varepsilon_{mp}} \quad (۶)$$

قضیه ۴: E_{elec} بر حسب nJ/bit (نانو ژول) است. یک nJ برابر 10^{-9} ژول می‌باشد. همچنین ε_{fs} و ε_{mp} بر حسب pJ/bit (پیکو ژول) است و یک pJ برابر 10^{-12} ژول است.

تمامی بسته‌های ارسالی دارای اندازه ثابت (l) هستند. انرژی مصرفی در هر دور مسیریابی شامل چهار بخش زیر است.

۱- انرژی مصرف شده جهت روشن شدن حسگرها و جمع‌آوری اطلاعات محیط

در این تحقیق زمان‌بندی مربوط به روش شدن حسگرها (TDMA) به صورت تصادفی در نظر گرفته شده است. از طرفی با توجه به یکسان بودن ساختار گره‌های حسگرها، انرژی لازم جهت جمع‌آوری داده‌ها^۳ (CD) برای تمامی گره‌ها برابر می‌باشد. رابطه زیر انرژی لازم را برای جمع‌آوری داده‌ها (E_{CD}) نشان می‌دهد.

$$E_{CD} = \omega \cdot |N_k| \quad (۷)$$

در این رابطه ω مقدار ثابتی جهت نشان دادن انرژی مصرفی یک نود در جمع‌آوری داده‌ها و حس محیط می‌باشد. $|N_k|$ تعداد گره‌های خوشه k ام را نشان می‌دهد.

۲- انرژی مصرف شده جهت ارسال داده‌ها از گره‌های معمولی به گره سرخوشه

بعد از استخراج اطلاعات از محیط توسط گره‌های معمولی (غیر سرخوشه)، این اطلاعات باید به گره سرخوشه ارسال گردد. در این بخش انرژی لازم برای ارسال l بیت اطلاعات از هر گره معمولی عضو خوشه k ام به گره سرخوشه و همچنین برای گره سرخوشه انرژی دریافت l بیت اطلاعات از هر عضو خوشه محاسبه می‌شود.

$$E_{send} = \sum_{i=1}^{|N_k|} E_{tx}(N_i^k, N_{CH}^k) + E_r(N_i^k) \quad (۸)$$

N_i^k گره i ام از خوشه k ، N_{CH}^k سرخوشه مربوط به k مین خوشه، $E_{tx}(N_i^k, N_{CH}^k)$ انرژی لازم برای ارسال اطلاعات از گره i به سرخوشه k ام و $E_r(N_i^k)$ انرژی لازم جهت دریافت اطلاعات از گره i ام توسط سرخوشه است.

۳- انرژی مصرفی به منظور ترکیب اطلاعات توسط سرخوشه

ترکیب اطلاعات بر عهده سرخوشه‌ها می‌باشد، لذا با فرض اینکه E_{DA} مقدار انرژی مورد نیاز بر حسب ژول برای ترکیب یک بیت اطلاعات توسط سرخوشه‌ها باشد، کل انرژی مصرف شده در این فاز به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود.

¹ Nanojoule

² Picojoule

³ Collecting Data

صرفه جویی در مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر ...

$$E_{mixture} = |N_k| \cdot l \cdot E_{DA} \quad (9)$$

با ارسال l بیت توسط هر گره، $l \cdot E_{DA}$ انرژی لازم جهت ترکیب اطلاعات توسط سرخوشه برای یک گره را نشان می دهد.

۴- انرژی مصرفی جهت ارسال بسته از سرخوشه به ایستگاه مرکزی

انرژی لازم جهت ارسال بسته از سرخوشه به ایستگاه مرکزی با توجه به مسیر پیشنهادی از الگوریتم مسیریابی فازی محاسبه می شود. در مسیریابی برای هر جفت گره متوالی (هر پرش) انرژی لازم برای ارسال و دریافت اطلاعات در نظر گرفته می شود. فرض کنید i و j دو گره متوالی (یک لینک) از مسیر ارسالی باشد. بنابراین انرژی لازم برای ارسال اطلاعات از گره i و انرژی لازم برای دریافت اطلاعات از گره j محاسبه می شود. کل انرژی مصرفی این فاز با توجه به رابطه زیر محاسبه می شود.

$$E_{path} = \sum_{(i,j) \in path} E_{tx}(N_i^k, N_j^k) + E_r(N_j^k) \quad (10)$$

با ارسال l بیت اطلاعات توسط هر گره معمولی به سرخوشه k ام، کل انرژی مصرف شده در طول یک دور مسیریابی در خوشه k ام با E_{total}^k نشان داده می شود و با رابطه زیر محاسبه می شود.

$$E_{total}^k = E_{CD} + E_{send} + E_{mixture} + E_{path} \quad (11)$$

رابطه زیر کل انرژی مصرف شده شبکه در طول یک دور مسیریابی برای تمام خوشه ها را نشان می دهد.

$$E_{total} = \sum_{k=1}^K E_{total}^k \quad (12)$$

در اینجا K تعداد خوشه های ایجاد شده توسط الگوریتم خوشه بندی سطحی پیشنهادی را نشان می دهد.

۵- نتایج و آزمایش ها

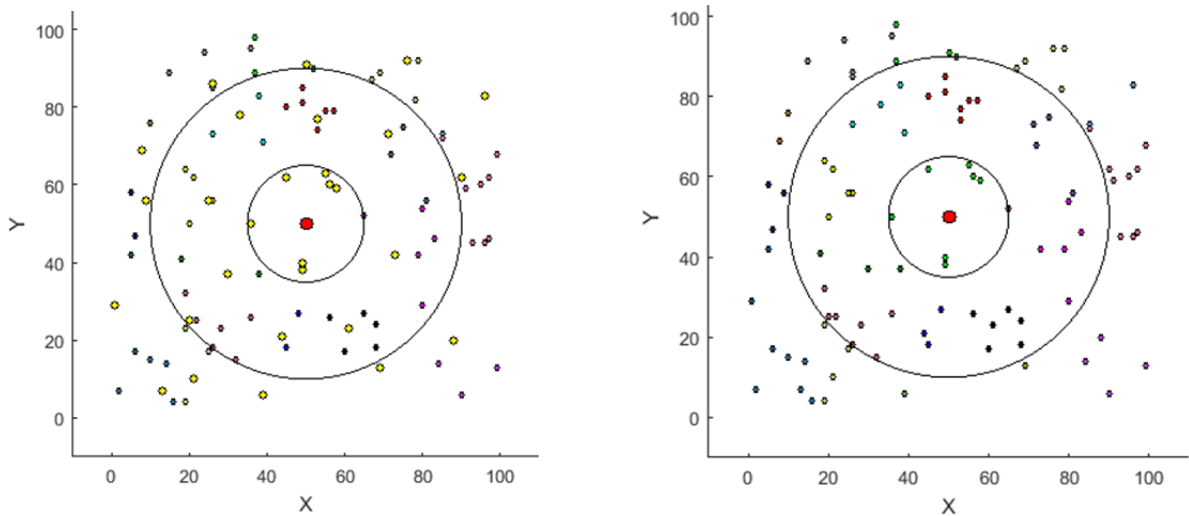
در شبیه سازی انجام شده تعداد ۱۰۰ گره به صورت تصادفی در یک ناحیه 100×100 (متر) با توزیع غیر یکنواخت پخش شده است. در تمام مسیریابی های انجام شده یک بسته ۴۰۰۰ بیتی از سرخوشه ها به ایستگاه مرکزی ارسال می گردد. BS با مختصات ثابت و در مرکز ناحیه جغرافیایی است. جدول ۱ مقادیر سایر پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی را نشان می دهد.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی

مقدار	پارامتر	مقدار	پارامتر
0.5 J	EI	50 n J/bit	E_{elec}
[15 40 50] m	Surface	0.0013 pJ/bit/m ⁴	ϵ_{mp}
10 %	coverRate	10 pJ/bit/m ²	ϵ_{fs}
15 m	Sense	5 nJ/bit/message	E_{DA}

شکل ۴-الف نمایی از توپولوژی شبکه و خوشه بندی انجام شده را نشان می دهد. توپولوژی شبکه بعد از تعیین سرخوشه ها در شکل

۴-ب با رنگ زرد مشخص شده است.

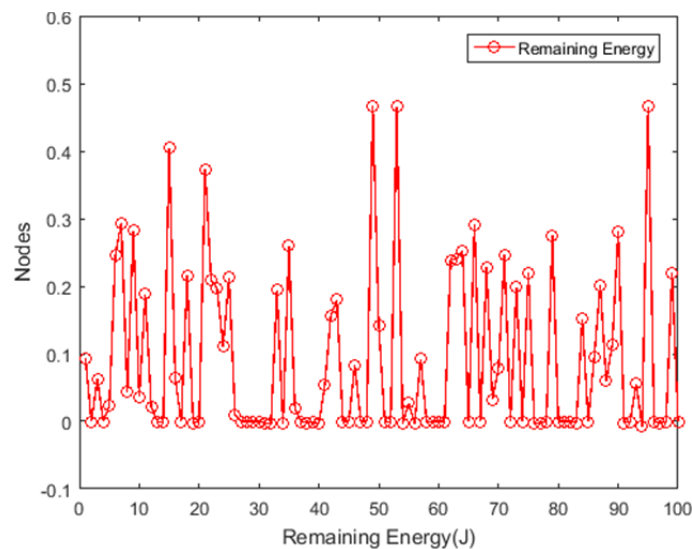


الف) توپولوژی شبکه و خوشه‌بندی گره‌ها

ب) توپولوژی شبکه بعد از تعیین سرخوشه‌ها

شکل ۴: خوشه‌بندی سطحی گره‌ها مبتنی بر الگوریتم ژنتیک

تعیین مسیر بهینه با استفاده از یک الگوریتم مبتنی بر منطق فازی محاسبه می‌شود (۲۲). با توجه به تصادفی بودن مکان گره‌ها و به منظور حصول نتایج دقیق‌تر، متوسط ۳۰ بار اجرای مستقل الگوریتم در نظر گرفته شده است. شکل ۵ میزان انرژی هر گره بعد از پایان مسیریابی را نشان می‌دهد.



شکل ۵: میزان انرژی هر گره بعد از پایان مسیریابی

در این آزمایش میزان انرژی باقیمانده ۴۹ گره حدود صفر می‌باشد. واضح است که این گره‌ها در شبیه‌سازی بیشترین کاندید سرخوشه بوده‌اند. تنها حدود ۲۵٪ گره‌ها دارای انرژی بالای ۰.۲ ژول هستند که گره‌های شرکت کننده در مسیریابی بوده‌اند. فشردگی حضور گره‌ها و همچنین تعداد زیاد گره‌هایی با انرژی باقیمانده نزدیک به صفر نشان‌دهنده عملکرد بالای روش پیشنهادی در توزیع مصرف

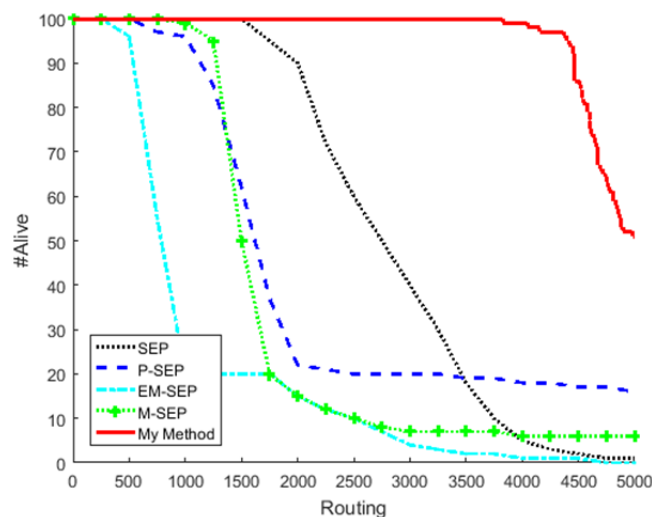
انرژی بین گره‌ها است. جدول ۲ نتایج حاصل از عملکرد روش پیشنهادی بعد از ۵۰۰۰ دور مسیریابی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: نتایج روش پیشنهادی بعد از ۵۰۰۰ دور مسیریابی

مقدار	معیار	مقدار	معیار
۹.۱۲ ژول	مجموع انرژی باقیمانده	۳۸۲۸	طول عمر شبکه
۰.۰۹ ژول	میانگین انرژی باقیمانده	۵۱	تعداد گره‌های زنده
۰.۱۳ ژول	انحراف معیار انرژی باقیمانده	۴۵۸۸	تعداد بسته‌های ارسالی
۴۹	تعداد گره‌های مرده	۵۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی

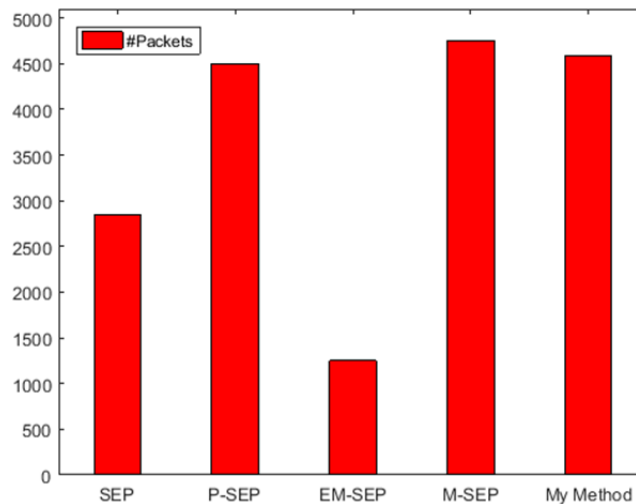
به منظور سنجش توانایی الگوریتم پیشنهادی، مقایسه‌ای در مقابل تعدادی الگوریتم‌های مشابه انجام می‌شود. نتایج با روش‌های SEP (۲۵)، P-SEP (۲۶)، EM-SEP (۲۷) و M-SEP (۲۸) در ۵۰۰۰ دور مسیریابی مقایسه شده است. شکل ۶ نتایج حاصل از این آزمایش را برای معیار تعداد گره‌های زنده و شکل ۷ برای معیار تعداد بسته‌های ارسالی نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج طول عمر شبکه در روش پیشنهادی از عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. با کاهش زود هنگام انرژی گره‌های مرده در روش‌های مورد مقایسه، مشخص است که این روش‌ها بر مبنای طول عمر شبکه نبوده و تنها روی افزایش بسته‌های ارسالی در طول دوره‌های مسیریابی تاکید دارند. این امر در تعداد بسته‌های ارسالی به وضوح قابل مشاهده است. تعداد بسته‌های ارسالی برای روش‌های P-SEP و M-SEP به ترتیب ۴۵۰۰ و ۴۷۵۰ است. تعداد بسته‌های ارسالی روش پیشنهادی ۴۵۸۸ است که بسیار نزدیک به این دو روش است. با وجود برتری روش M-SEP در این معیار نسبت به روش پیشنهادی، همچنان در مجموعه دو معیار روش پیشنهادی دارای عملکرد بهتری است.



شکل ۶: تعداد گره‌های زنده نسبت به تعداد دوره مسیریابی

به طور کلی روش پیشنهادی در مقایسه با اکثر روش‌های مورد مقایسه دقت بیشتری داشته و در بقیه موارد نیز دقت مناسبی را ارائه می‌دهد. نتایج ارائه شده گویای این واقعیت است که توزیع مصرف انرژی در الگوریتم خوشه‌بندی سطحی ارائه شده، نسبت به سایر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری دارد.



شکل ۷: تعداد بسته‌های ارسالی نسبت به تعداد دوره مسیریابی

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

به منظور افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم، محققان همواره به دنبال روش‌هایی هستند که بتوان به وسیله آنها مصرف انرژی را کاهش داد. در این تحقیق با مشخص کردن یک گره در هر خوشه به عنوان سرخوشه، وظیفه انتقال اطلاعات به سرخوشه‌ها واگذار می‌شود. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای خوشه‌بندی سطحی باعث ایجاد خوشه‌هایی با اشکال عمودی نسبت به ایستگاه مرکزی شده و در نهایت اینکار به حداقل‌سازی انتقالات اضافی در مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم منجر شده است. به طور کلی روش پیشنهادی در مقایسه با اکثر روش‌های مورد مقایسه دقت بیشتری داشته و در بقیه موارد نیز دقت مناسبی را ارائه می‌دهد. در این تحقیق تعداد گره‌های شبکه به صورت ثابت فرض شده است، در حالی که می‌توان پروتکل پیشنهاد شده را برای شبکه‌هایی با گره‌های متحرک سفارشی کرد. برای مثال می‌توان ایستگاه مرکزی را به صورت متحرک فرض کرد و الگوریتم مسیریابی را بر این مبنا بهینه‌سازی کرد.

مراجع

- (1) Yu, Y., Li, K., Zhou, W., & Li, P. (2012). Trust mechanisms in wireless sensor networks: Attack analysis and countermeasures. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(3), 867-880.
- (2) Dogan, G., & Brown, T. (2014). A Survey of Provenance Leveraged Trust in Wireless Sensor Networks. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 5(2), 1-11.
- (3) Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4), 393-422.
- (4) Bao, F., Chen, R., Chang, M., & Cho, J. H. (2012). Hierarchical trust management for wireless sensor networks and its applications to trust-based routing and intrusion detection. *Network and Service Management, IEEE Transactions on*, 9(2), 169-183.
- (5) Intanagonwiwat, C., Govindan, R., & Estrin, D. (2000, August). Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks. In *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking* (pp. 56-67). ACM.
- (6) Gastpar, M., & Vetterli, M. (2003). Source-channel communication in sensor networks. In *Information Processing in Sensor Networks* (pp. 162-177). Springer Berlin Heidelberg.
- (7) Clausen, T., & Jacquet, P. (2003). Optimized Link State with genetic Routing Protocol (OLSR). IETF, RFC 3626.

- (8) Chiang, C. (1997). Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel. Proc. IEEE SICON'97, pp.197-211.
- (9) Nehra, N. K., Kumar, M., & Patel, R. B. (2009, December). Neural network based energy efficient clustering and routing in wireless sensor networks. In Networks and Communications, 2009. NETCOM'09. First International Conference on (pp. 34-39). IEEE.
- (10) Minhas, M. R., Gopalakrishnan, S., & Leung, V. C. (2008, November). Fuzzy algorithms for maximum lifetime routing in wireless sensor networks. In Global Telecommunications Conference, 2008. IEEE GLOBECOM 2008. IEEE (pp. 1-6). IEEE.
- (11) Younis, O., & Fahmy, S. (2004). HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks. IEEE Transactions on mobile computing, 3(4), 366-379.
- (12) Moh'd Alia, O. (2017). Dynamic relocation of mobile base station in wireless sensor networks using a cluster-based harmony search algorithm. Information Sciences, 385, 76-95.
- (13) Yao, G. S., Dong, Z. X., Wen, W. M., & Ren, Q. (2016). A routing optimization strategy for wireless sensor networks based on improved genetic algorithm. 淡江理工學刊, 19(2), 221-228.
- (14) Dasarathan, D., & Kumar, P. N. (2016). Quality of Service Based Improved Dynamic Source Routing in MANETs. Indian Journal of Applied Research, 5(8).
- (15) Bouyer, A., Hatamlou, A., & Masdari, M. (2015). A new approach for decreasing energy in wireless sensor networks with hybrid LEACH protocol and fuzzy C-means algorithm. International Journal of Communication Networks and Distributed Systems, 14(4), 400-412.
- (16) Barzegari, S., & Masdari, M. (2016). A Novel Fuzzy CMeans-Based Clustering Scheme for Wireless Sensor Networks. International Journal of Grid and Distributed Computing, 9(2), 193-202.
- (17) Kaushik, A. K. (2016). A hybrid approach of fuzzy c-means clustering and neural network to make energy-efficient heterogeneous wireless sensor network. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 6(2), 674.
- (18) 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.
- (19) Qing, L., Zhu, Q. X., & Wang, M. W. (2006). A distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks. Journal of Software, 17(3), 481-489.
- (20) Mohamed-Lamine, M. (2013, May). New clustering scheme for wireless sensor networks. In Systems, Signal Processing and their Applications (WoSSPA), 2013 8th International Workshop on (pp. 487-491). IEEE.
- (21) Ducrocq, T., Mitton, N., & Hauspie, M. (2013, April). Energy-based clustering for wireless sensor network lifetime optimization. In Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE (pp. 968-973). IEEE.
- (۲۲) معیری, حمیدرضا؛ ۱۳۹۶، کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از خوشه بندی FCM، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات بوشهر.
- (۲۳) احمدی نیا، محمد؛ محمدرضا میبدی و مهدی اتنی عشری، ۱۳۸۸، روشی کارا جهت تجمیع داده ها در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از اتوماتاهای یادگیر، پنزدهمین کنفرانس بین المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، انجمن کامپیوتر، مرکز توسعه فناوری نیرو.
- (24) Rappaport, T. S. (1996). Wireless communications: principles and practice (Vol. 2). New Jersey: prentice hall PTR.
- (25) Smaragdakis, G., Matta, I., & Bestavros, A. (2004). SEP: A stable election protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks. Boston University Computer Science Department.
- (26) Naranjo, P. G. V., Shojafar, M., Mostafaei, H., Pooranian, Z., & Baccarelli, E. (2017). P-SEP: a prolong stable election routing algorithm for energy-limited heterogeneous fog-supported wireless sensor networks. The Journal of Supercomputing, 73(2), 733-755.

- (27) Malluh, A. A., Elleithy, K. M., Qawaqneh, Z., Mstafa, R. J., & Alanazi, A. (2014, April). Em-sep: an efficient modified stable election protocol. In American Society for Engineering Education (ASEE Zone 1), 2014 Zone 1 Conference of the (pp. 1-7). IEEE.
- (28) Singh, D., & Panda, C. K. (2015, January). Performance analysis of modified stable election protocol in heterogeneous wsn. In 2015 International Conference on Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO).

پیوست‌ها

پیوست ۱: شبه کد الگوریتم خوشه‌بندی سطحی پیشنهادی

Flat Clustering Algorithm

Nodes that are in radius of the sensor base station, Terms are as a cluster.

$k = 1$;

while true;

 Clustering N' remaining nodes by using fuzzy c-means algorithm with k cluster.

 For c = all clusters produced

 Cover_c = Calculate the number of nodes in the cluster_c candidate.

 if Cover_c >= coverRate * N'

 return (k);

 end if

 end for

$k = k + 1$;

 if $k == N'$

 return ('Clustering is not possible');

 end if

end while

Energy-Efficient Wireless Sensor Networks Using Flat Cluster-based Routing Protocol and Evolutionary Algorithms

Masoud Negahdari¹, Dadvar, Marziye²

1. Islamic Azad University, Bushehr Branch; Computer Engineering Group, Bushehr, Iran
m.negahdari2011@gmail.com

2. Instructor, Islamic Azad University, Bushehr Branch; Computer Engineering Group, Bushehr, Iran
marziye.dadvar@gmail.com

Abstract

Wireless sensor networks have a large number of limited-energy sensor nodes dispersed in a finite area. Most node energies are used to send data to the central station. Due to the energy constraints in this type of grid, increasing life expectancy has always been a concern with decreasing energy consumption. The aim of this study is to provide surface clustering based on genetic algorithm in order to increase the life span of these networks. In proposed surface clustering, the geographic area is divided into three levels according to the radio range and the clustering of the nodes of each level is done individually. The cluster heads use more energy than other nodes to send information, so the proposed algorithm aims to reduce the number of cluster heads in order to increase the network lifetime. Finally, by changing the clusters in each routing round, there is a greater energy balance between the nodes. The results from the experiments indicate the superiority of the proposed algorithm in transmitting messages and network lifetimes over other similar protocols.

Keywords : Wireless sensor networks, Flat clustering, Routing protocol, Network lifetime, Evolutionary Algorithms.