صرفه‌جویی در مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از پروتکل مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی مسطح و الگوریتم‌های تکاملی

مسعود نگهداری[۱]، مرضیه دادور[۲]

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوشهر؛ گروه مهندسی کامپیوتر، بوشهر، ایرانm.negahdari2011@gmail.com

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

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارای تعداد زیادی گره‌های حسگر با انرژی محدود می‌باشند که در یک منطقه محدود پراکنده شده‌اند. بیشتر انرژی گره‌ها برای ارسال اطلاعات به ایستگاه مرکزی مصرف می‌شود. با توجه به محدودیت انرژی در این نوع شبکه‌ها، افزایش طول عمر با کاهش مصرف انرژی همواره مورد توجه بوده است. در این تحقیق، یک الگوریتم خوشه‌بندی سطحی مبتنی بر ژنتیک در راستای افزایش طول عمر این نوع شبکه‌ها ارائه شده است. در خوشه‌بندی سطحی پیشنهادی، ناحیه جغرافیایی با توجه به برد رادیویی به سه سطح تقسیم شده و خوشه‌بندی گره‌های هر سطح به صورت جداگانه انجام می‌شود. سرخوشه‌ها انرژی بیشتری نسبت به دیگر گره‌ها برای ارسال اطلاعات مصرف می‌کنند، لذا هدف الگوریتم پیشنهادی کاهش تعداد سرخوشه‌ها در جهت افزایش طول عمر شبکه است. در نهایت با تغییر سرخوشه‌ها در هر دور مسیریابی، توازن مصرف انرژی بیشتری بین گره‌ها به وجود می‌آید. نتایج حاصل شده از آزمایشات، حاکی از برتری الگوریتم پیشنهادی در ارسال پیام و طول عمر شبکه نسبت به سایر پروتکل‌های مشابه می‌باشد.

کلید واژه‌ها : شبکه‌های حسگر بی‌سیم، خوشه‌بندی مسطح، پروتکل مسیریابی، طول عمر شبکه، الگوریتم‌های تکاملی

۱- مقدمه

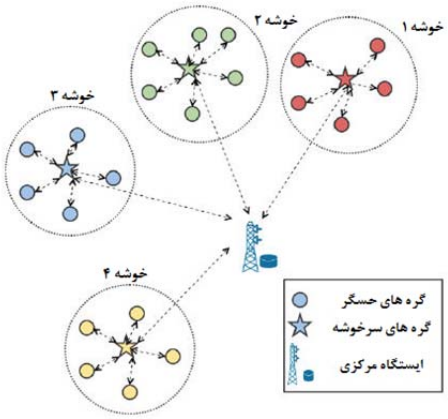
یکی از ابزارهای کسب اطلاعات محیطی که تحقیقات گسترده‌ای را نیز به خود معطوف کرده، شبکه‌های حسگر بی‌سیم[۱] (WSN) است. با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته در این نوع شبکه‌ها، گره‌های حسگر به تعداد زیاد و اندازه کوچک، هنوز هم برای تأمین انرژی خود، متکی به باتری‌هایی با توان اندک هستند. به دلیل به کارگیری این نوع شبکه‌ها در محیط‌های خشن و غیر قابل دسترس، امکان شارژ مجدد یا تعویض گره‌های حسگر وجود ندارد، بنابراین یکی از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مسئله مدیریت بهینه انرژی است(۱).

با توجه به اینکه کارآیی شبکه‌های حسگر بی‌سیم به شدت به طول عمر شبکه[۲] وابسته است، پروتکل‌های ارائه شده در این شبکه‌ها، 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 می‌شود(۲). برای افزایش طول عمر شبکه، باید دو معیار کاهش مصرف انرژی و توزیع صحیح

[1] Wireless Sensor Networks
[2] Life Time Network

مصرف انرژی بین گره‌های حسگر را مد نظر قرار داد. همه گره‌های حسگر، داده‌ها را از یک پایگاه داده ثابت دریافت می‌کنند و یا به یک پایگاه داده ثابت انتقال می‌دهند. به این پایگاه داده ثابت ایستگاه مرکزی[1] (BS) می‌گویند(۳).

یکی از مهمترین مسائل در این شبکه‌ها، کاهش مصرف انرژی در توسعه و بهبود پروتکل‌های مسیریابی[2] برای افزایش طول عمر است(٤). پروتکل‌های مسیریابی سلسله مراتبی[3] که به عنوان پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی[4] 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(٦-۵). در این تحقیق ارائه یک الگوریتم خوشه‌بندی سطحی[5] 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 هیلزامن 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 موردی 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

[1] Base Station
[2] Routing Protocols
[3] Hierarchical Routing Protocols
[4] Cluster-Based Routing Protocol
[5] Surface Clustering

چندهدفه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با هدف افزایش طول عمر شبکه و استفاده از الگوریتم ژنتیک توسط نیانشنگ و همکاران (۱۰) مطرح شد(۱۰). در تحقیق ایکسرونگ و همکاران (۱۱)، تلاش شده است یک روش مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و اجتماع مورچه‌ها در راستای توزیع مصرف انرژی در کل شبکه ارائه شود(۱۱). موهدعلیا (۱۲)، جابجایی پویا ایستگاه‌های تلفن همراه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم 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 بی‌سیم، یک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته را ارائه دادند(۱۳). داساراتان و کومار(۱٤)، بهبود کیفیک سرویس با مسیریابی پویا در MANETs را ارائه دادند(۱٤). 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(۱٦)، یک روش خوشه‌بندی c-means با ایجاد خوشه‌های متقارن ارائه دادند(۱٦). 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 بی‌سیم 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 ٤ 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 ٦ 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 معمولا 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)[1] 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.

[1] 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)[1] می‌باشد. بردار انرژی گره‌ها با رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$Enode = [e_1, \ \dots, \ e_i, \ \dots, \ e_n] \quad (۱)$$

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 دردسترس 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.

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

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 $d_{i,j} = 0 \ , \ if \ i = j$.

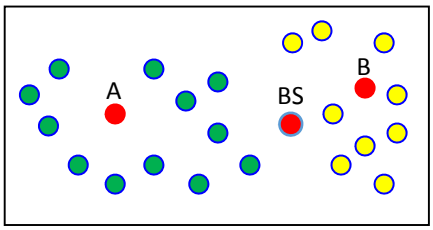
قضیه ۲ : گره‌ها دارای یک حداکثر شعاع حسگری[2] می‌باشند. بنابراین $d_{i,j} = 0 \ , \ if \ d_{i,j} > sense$.

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 انتقال‌های اضافی جهت ارسال اطلاعاتشان به ایستگاه مرکزی استفاده می‌کنند. برخی از گره‌های خوشه A اطلاعات خود را به مکانی دورتر ارسال می‌کنند و سپس این اطلاعات باید مسافت طولانی‌تری را طی کنند تا به ایستگاه مرکزی برسند. اما گره‌های موجود در

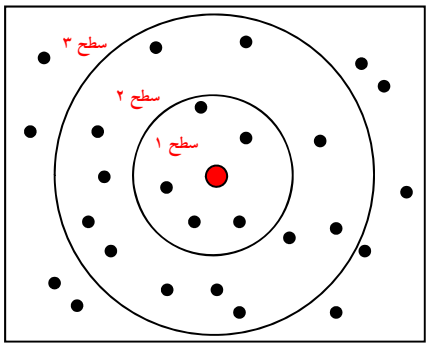
[1] Joule
[2] Sense

خوشه B تقریبا به فرم عمودی نسبت به ایستگاه مرکزی قرار گرفته‌اند. هر چند در این خوشه نیز انتقالات اضافی وجود دارد اما این انتقالات نسبت به خوشه A کمتر است.



شکل ۲ : شمایی از خوشه‌بندی گره‌ها در یک شبکه حسگر بی‌سیم

در این تحقیق با سطح‌بندی گره‌ها نسبت به ایستگاه مرکزی سعی در حداقل‌سازی انتقالات اضافی خواهیم داشت. در اینجا شبکه به صورت حلقه‌هایی با سطوح مختلف قدرت، نسبت به ایستگاه مرکزی تقسیم‌بندی می‌شود. شکل ۳ نمونه سطح‌بندی شبکه در سه سطح را نشان می‌دهد.



شکل ۳ : سطح‌بندی گره‌ها در شبکه حسگر بی‌سیم

در مرحله بعد گره‌های هر سطح به خوشه‌هایی تقسیم می‌شوند. هدف از خوشه‌بندی در واقع کاهش مجموع کل فاصله‌های ارتباطی بین حسگرها و در نهایت افزایش طول عمر شبکه است. با توجه به سطح‌بندی انجام شده، همه گره‌های موجود در سطح اول در برد رادیویی ایستگاه مرکزی قرار دارند. لذا به منظور جلوگیری از انتقالات اضافی این گره‌ها به صورت مستقیم و بدون واسطه اطلاعات را به ایستگاه مرکزی می‌فرستند. گره‌های سطح اول نقش یک خوشه با تنها یک سرخوشه(ایستگاه مرکزی) را ایفا می‌کند. در ادامه به منظور خوشه‌بندی گره‌های سطح دو و سه از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود.

۳-۲-۱- نمایش راه‌حل‌ها و ایجاد جمعیت اولیه

کدگذاری استفاده شده در این تحقیق یک آرایه به طول L است. L تعداد گره‌های موجود در یک سطح را نشان می‌دهد. 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 اعضاء 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. N^s 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.

۳-۲-٤- 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_r) به هر یک از بیت‌های راه‌حل اعمال شده و در نتیجه آن، یک شماره خوشه جدید به صورت تصادفی به گره منتسب می‌کند. سپس برازندگی راه‌حل با جهش انجام شده محاسبه شده و در صورت بهبود، راه‌حل جایگزین می‌شود.

۳-۳- بروزرسانی سرخوشه‌ها

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 سرخوشه‌ها را بروزرسانی می‌کنیم. در LEACH به منظور جلوگیری از اتمام سریع انرژی سرخوشه‌ها، همه گره‌های حسگر یک خوشه را به وسیله چرخش سرخوشه تغییر می‌دهد. این عمل منجر به توازن مصرف انرژی همه گره‌ها شده و از این رو طول عمر شبکه افزایش می‌یابد. در اینجا برای انتخاب سرخوشه‌های جدید علاوه بر چرخش سرخوشه بین سایر گره‌ها، معیار فاصله تا ایستگاه مرکزی نیز مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین تنها گره‌هایی می‌توانند به عنوان سرخوشه انتخاب شوند که جزء گره‌های کاندید سرخوشه باشند. N_p^k لیست گره‌های کاندید خوشه k ام را نشان می‌دهد. از گره‌های لیست N_p^k تنها گره‌هایی مجاز به سرخوشه شدن هستند که یکی از دو شرط زیر را داشته باشد.

۱- میزان انرژی باقیمانده گره از میانگین انرژی کل گره‌های 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 می‌شود. 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 می‌شود.

$$N_{CH}^k = arg \min_{i \in N_{p'}^k} \left\{ \sum_{j=1}^{|N_{p'}^k|} d_{i,j} + d_{i,N+1} \right\} \quad (۳)$$

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 $arg \min_{i \in N_{p'}^k}\{.\}$ اندیس کوچکترین عضو $N_{p'}^k$ می‌باشد. N_{CH}^k گره‌ای را نشان می‌دهد که مجموع فاصله‌های ارسالی بین خوشه‌ای را حداقل سازد و همچنین کمترین فاصله تا ایستگاه مرکزی را داشته باشد.

قضیه ۳ : در هر دور مسیریابی امکان بروزرسانی سرخوشه‌ها 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، سرخوشه‌ها بروزرسانی می‌شوند.

٤- الگو مصرف انرژی

مصرف انرژی در هر دوره از مسیریابی با توجه به مسیر انتقال بسته محاسبه می‌شود. در انتقال بسته گره‌های معمولی از هر خوشه داده‌های حسگر خود را به سرخوشه مربوط به آن خوشه ارسال می‌کنند. سرخوشه‌ها با بکارگیری تکنیک‌های خاصی داده‌های دریافت شده را ترکیب و اطلاعات تکراری در آنها را حذف می‌کنند. در ترکیب داده‌ها، بسته‌های اطلاعاتی، در گره‌های میانی با هم ترکیب می‌شوند. بدین ترتیب تعداد بسته‌هایی که در شبکه ارسال می‌شوند کاهش می‌یابد و انرژی کمتری مصرف می‌شود(۲۳). بعد از ترکیب داده‌ها اطلاعات در قالب یک بسته توسط سرخوشه به ایستگاه مرکزی ارسال می‌شود. در این مرحله انرژی مصرفی انتقال بسته در طول مسیر از میزان انرژی باقیمانده گره‌های شرکت‌کننده کسر خواهد شد. الگوی مصرف انرژی مطابق(۲٤) و از روابط زیر برای گره-های ارسال‌کننده (E_{tx}) و دریافت‌کننده (E_r) محاسبه می‌شود.

$$E_{tx} = \begin{cases} E_{elec} \times l + \varepsilon_{fs} \times l \times d^2 & , \quad d > d_0 \\ E_{elec} \times l + \varepsilon_{mp} \times l \times d^4 & , \quad d \le d_0 \end{cases} \quad (٤)$$

$$E_r = E_{elec} * l \quad (٥)$$

در این رابطه، E_{elec}، انرژی لازم برای ارسال یا دریافت یک بیت اطلاعات، ε_{mp} و ε_{fs} 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 حدآستانه برای ارسال پیام بر حسب فاصله بوده و معمولا از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

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

قضیه ٤ : E_{elec} بر حسب nJ/bit (نانو ژول[1]) است. یک nJ برابر $۱۰^{-۹}$ ژول می‌باشد. همچنین ε_{mp} و ε_{fs} بر حسب pJ/bit (پیکو ژول[2]) است و یک pJ برابر $۱۰^{-۱۲}$ 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[3](CD) برای تمامی گره‌ها برابر می‌باشد. رابطه زیر انرژی لازم را برای جمع‌آوری داده‌ها (E_{CD}) نشان می‌دهد.

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

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.

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

N_i^k گره i ام از خوشه k، N_{CH}^k سرخوشه مربوط به k مین خوشه، $E_{tx}\left(N_i^k, N_{CH}^k\right)$ 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.

$$E_{mixture} = |N_k|.l.E_{DA} \quad (۹)$$

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

٤- 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 می‌شود. در مسیریابی برای هر جفت گره متوالی (هر پرش) انرژی لازم برای ارسال و دریافت اطلاعات در نظر گرفته می‌شود. 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 می‌شود. کل انرژی مصرفی این فاز با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{path} = \sum_{(i,j)\,\epsilon\, path} E_{tx}\left(N_i^k, N_j^k\right) + E_r(N_j^k) \quad (۱۰)$$

[1] Nanojoule
[2] Picojoule
[3] Collecting Data

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 می‌شود و با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{total}^{k} = E_{\mathrm{CD}} + E_{send} + E_{mixture} + E_{path} \quad (۱۱)$$

رابطه زیر کل انرژی مصرف شده شبکه در طول یک دور مسیریابی برای تمام خوشه‌ها را نشان می‌دهد.

$$E_{total} = \sum_{k=1}^{K} E_{total}^{k} \quad (۱۲)$$

در اینجا K تعداد خوشه‌های ایجاد شده توسط الگوریتم خوشه‌بندی سطحی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

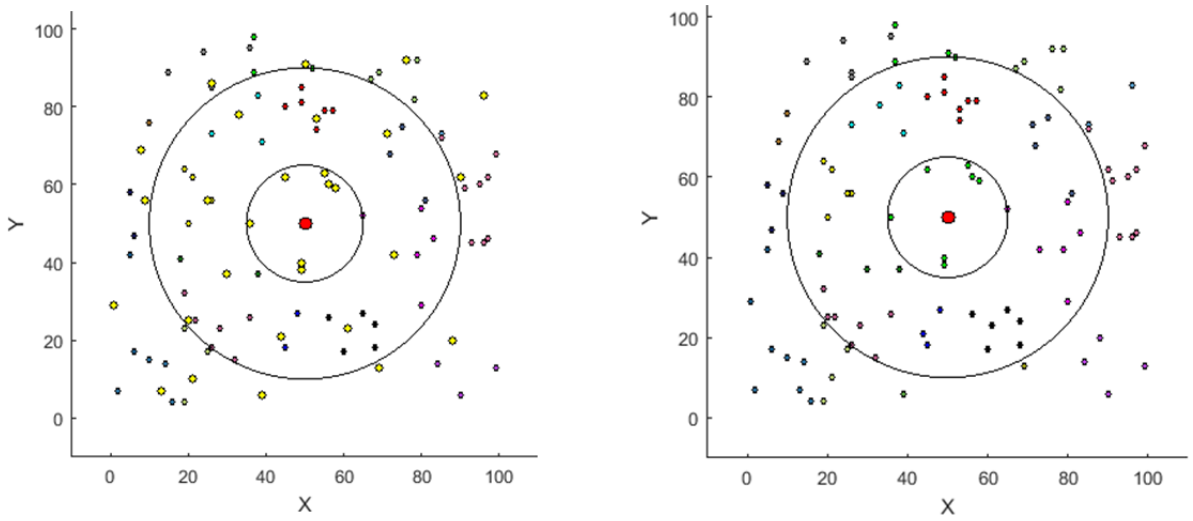
۵- نتایج و آزمایش‌ها

در شبیه‌سازی انجام شده تعداد ۱۰۰ گره به صورت تصادفی در یک ناحیه ۱۰۰×۱۰۰ (متر) با توزیع غیر یکنواخت پخش شده است. در تمام مسیریابی‌های انجام شده یک بسته ٤۰۰۰ بیتی از سرخوشه‌ها به ایستگاه مرکزی ارسال می‌گردد. BS با مختصات ثابت و در مرکز ناحیه جغرافیایی است. جدول ۱ مقادیر سایر پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ : مقادیر پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی

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

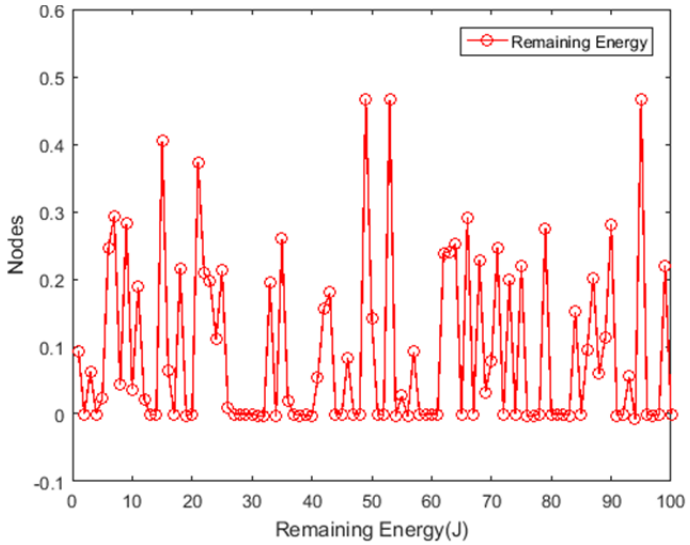
شکل ٤-الف نمایی از توپولوژی شبکه و خوشه‌بندی انجام شده را نشان می‌دهد. توپولوژی شبکه بعد از تعیین سرخوشه‌ها در شکل ٤-ب با رنگ زرد مشخص شده است.



الف) توپولوژی شبکه و خوشه‌بندی گره‌ها ب) توپولوژی شبکه بعد از تعیین سرخوشه‌ها

شکل ٤ : خوشه‌بندی سطحی گره‌ها مبتنی بر الگوریتم ژنتیک

تعیین مسیر بهینه با استفاد 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 ٤۹ 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 پشنهادی در توزیع مصرف انرژی بین گره‌ها است. جدول ۲ نتایج حاصل از عملکرد روش پیشنهادی بعد از ۵۰۰۰ دور مسیریابی را نشان می‌دهد.

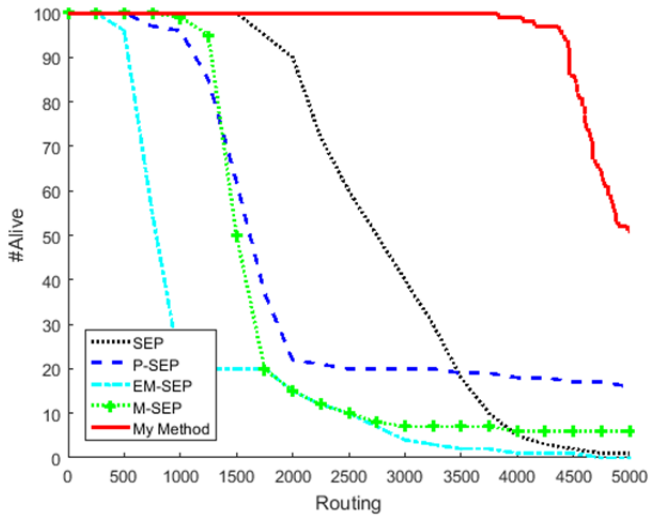
جدول ۲ : نتایج روش پیشنهادی بعد از ۵۰۰۰ دور مسیریابی

معیار	مقدار	معیار	مقدار
طول عمر شبکه	۳۸۲۸	مجموع انرژی باقیمانده	۹.۱۲ ژول
تعداد گره‌های زنده	۵۱	میانگین انرژی باقیمانده	۰.۰۹ ژول
تعداد بسته‌های ارسالی	٤۵۸۸	انحراف معیار انرژی باقیمانده	۰.۱۳ ژول
زمان شبیه‌سازی	۵۰ ثانیه	تعداد گره‌های مرده	٤۹

به منظور سنجش توانایی الگوریتم پیشنهادی، مقایسه‌ای در مقابل تعدادی الگوریتم‌های مشابه انجام می‌شود. نتایج با روش‌های SEP(۲۵)، P-SEP(۲٦)، EM-SEP(۲۷) و M-SEP(۲۸) در ۵۰۰۰ دور مسیریابی مقایسه شده است. شکل ٦ نتایج حاصل از این آزمایش را برای معیار تعداد گره‌های زنده و شکل ۷ برای معیار تعداد بسته‌های ارسالی نشان می‌دهد.

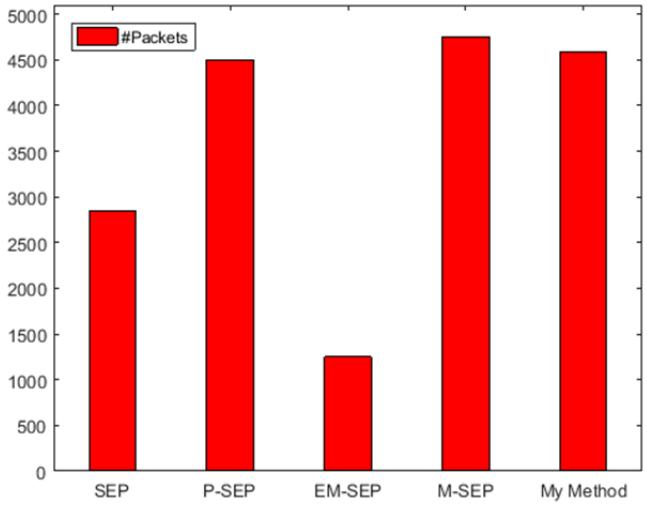
با توجه به نتایج طول عمر شبکه در روش پیشنهادی از عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. با کاهش زودهنگام انرژی گره‌های مرده در روش‌های مورد مقایسه، مشخص است که این روش‌ها بر مبنای طول عمر شبکه نبوده و تنها روی افزایش بسته‌های ارسالی در طول دورهای مسیریابی تاکید دارند. این امر در تعداد بسته‌های ارسالی به وضوح قابل مشاهده است. تعداد بسته-های ارسالی برای روش‌های P-SEP و M-SEP به ترتیب ٤۵۰۰ و ٤۷۵۰ است. تعداد بسته‌های ارسالی روش پیشنهادی ٤۵۸۸ 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 ٦ : 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 ٧ : تعداد بسته‌های ارسالی نسبت به تعداد دوره مسیریابی

٦- 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 درنهایت اینکار به حداقل‌سازی انتقالات اضافی در مسیریابی در شبکه های 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 بهینه-سازی 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؛ ۱۳۹٦، کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از خوشه‌بندی FCM، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات بوشهر.

(۲۳) احمدی نیا, محمد؛ محمدرضا میبدی و مهدی اثنی عشری، ۱۳۸۸، روشی کارا جهت تجمیع داده ها در شبکه های حسگربی سیم با استفاده از آتوماتاهای یادگیر، پانزدهمین 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 negahdari[1], Dadvar Marziye[2]

Islamic Azad University, Bushehr Branch; Department of Computer Engineering, Bushehr, Iran
m.negahdari2011@gmail.com
Instructor, Islamic Azad University, Bushehr Branch; Department of Computer Engineering, 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.