مجله رویکردهای نوین در تحقیقات علوم پایه، فنی و مهندسی
سال اول، شماره ۱، دی ۱۳۹۷
ISSN: ۲٦٤٥-٥٤٣٩
www.jonarbset.ir

ارائه یک روش مبتنی بر خوشه بندی و معیار مرکزیت لاپلاسین برای افزایش طول عمر در شبکه حسگر بی سیم

حسین کریمی[۱]

موسسه غیرانتفاعی سلمان مشهد

چکیده

شبکه حسگر بی‌سیم، شبکه‌ای شامل صدها یا هزاران حسگر با محدودیت محاسباتی، انرژی و حافظه می‌باشد، که به صورت متراکم در یک محیط پراکنده می‌شوند. این حسگرها، وظیفه دریافت اطلاعات از محیط پیرامون خود، آنالیز، پردازش داده‌ها و نیز ارسال داده‌های حس شده به دیگر گره‌ها و یا ایستگاه پایه را بر عهده دارند. در اغلب کاربردها، گره‌های حسگر از نظر منبع انرژی با محدودیت مواجه هستند. بنابراین نیاز به روش‌های ابتکاری برای برطرف نمودن اتلاف انرژی که موجب کوتاه شدن طول عمر شبکه‌های حسگر می‌گردد، کاملاً احساس می‌گردد. این محدودیت‌ها به همراه زیاد بودن تعداد گره‌های حسگر باعث چالش‌های بسیاری در طراحی و مدیریت شبکه‌های حسگر بی‌سیم و لزوم آگاهی از انرژی در همه لایه‌های پشته پروتکل شبکه‌ای شده است. در این پژوهش یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر خوشه بندی معیار مرکزیت لاپلاسین برای حل مشکل طول عمر گره های حسگر بیسیم ارائه شده است. هدف اصلی این روش به حداقل رساندن مصرف انرژی در شبکه است. ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن با روش های پیشین کارایی روش مورد نظر را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شبکه حسگر بی‌سیم، مصرف انرژی، خوشه بندی، معیار مرکزیت، معیار لاپلاسین

مقدمه

یکی از مهم‌ترین ابزارهای کسب اطلاعات و درک محیط که تحقیقات گسترده‌ای را به خود معطوف نموده، شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. شبکه‌های حسگر بی‌سیم، نسل جدیدی از سیستم‌های تعبیه شده بلادرنگ با محدودیت محاسباتی، انرژی و حافظه هستند. شبکه‌های حسگر بی‌سیم از صدها یا هزاران حسگر تشکیل شده است که معمولاً در محیطی دور از دسترس پخش می‌شوند. وظیفه اصلی این حسگرها جمع‌آوری اطلاعات از محیط پیرامون و ارسال آن به ایستگاه پایه است. حسگرهایی که امروزه در شبکه هوشمند استفاده می‌شوند دارای قدرت تشخیص بالا، توان محاسباتی مناسب و هزینه کمی هستند که با فرکانس رادیویی با هم ارتباط دارند و در کارهایی مانند شناسایی، تشخیص تغییرات محیطی و کنترل وضعیت کاربرد دارند. محققان بر این باورند که ارتباطات بی‌سیم یکی از راه‌های مقرون به صرفه جهت جمع‌آوری داده‌ها است[۱, ۲].

با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته در این نوع شبکه‌ها، گره‌های حسگر به دلیل تعداد زیاد، اندازه کوچک و روش قرارگیری اقتضایی، هنوز هم برای تأمین انرژی خود، متکی به باتری‌هایی با توان اندک می‌باشند. همچنین معمولاً به دلیل به‌کارگیری این نوع شبکه‌ها در محیط‌های خشن و غیرقابل‌دسترس، امکان شارژ مجدد یا تعویض گره‌های حسگر وجود ندارد. بنابراین یکی از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مسئله محدودیت شدید انرژی است [۳]. همچنین از آن جایی که کارایی شبکه‌های حسگر به‌شدت به طول عمر شبکه و پوشش شبکه‌ای آن وابسته است، بنابراین لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیره انرژی در طراحی شبکه‌های حسگر با عمر طولانی، امری حیاتی است. امروزه روش‌های مدیریت پویای توان که به کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بعد از طراحی و قرارگیری آن‌ها می‌پردازند، از بالاترین اهمیت برخوردار می‌باشند[۴, ۵].

پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی یکی از مهم‌ترین روش‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم هستند. در این فصل، یک پروتکل خوشه‌بندی جدید با استفاده از الگوریتم خوشه بندی و معیار مرکزیت لاپلاسین ارائه می‌شود. این پروتکل با استفاده از الگوریتم معیار مرکزیت، گره‌های شبکه را براساس معیارهای سطح انرژی و همسایگی خوشه‌بندی می‌نماید و سعی در توازن بهتر انرژی در خوشه‌ها و نهایتاً افزایش طول عمر شبکه و حفظ پوشش شبکه‌ای دارد.

در ادامه این مقاله و در بخش ۲، روش‌های پیش‌تر ارائه شده در زمینه کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار خواهند گرفت، در بخش ۳، روش پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم خوشه بندی برای کاهش مصرف انرژی بیان می‌گردد. در بخش ۴، به ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی عملکرد آن پرداخته می‌شود. و در نهایت در بخش ۵ نتیجه‌گیری و جمع‌بندی کلی انجام خواهد شد.

مروری بر کارهای پیشین

تاکنون روش‌های بسیار متنوعی به‌منظور کاهش مصرف انرژی گره‌های حسگر و در حالت کلی شبکه حسگر بی‌سیم به کار گرفته شده‌اند. برای نمونه در [۶] پروتکل LEACH، ابتدا سر خوشه‌ها را انتخاب و سپس اعضاء هر خوشه تعیین می‌گردد. اعضاء هر خوشه، داده‌های به دست آمده از محیط را طبق زمانبند TDMA برای سرخوشه ارسال کرده و سرخوشه اطلاعات دریافتی را ترکیب و به ایستگاه پایه می‌فرستد. از آنجایی که این الگوریتم فقط از اطلاعات محلی استفاده می‌کند در نتیجه در هر دوره تعداد سرخوش‌ها ثابت نیست و ممکن است این تعداد در یک دوره بیشتر یا کمتر از مقدار بهینه باشد. همچنین هر گره در هر دوره باید یک عدد تصادفی و یک حد آستانه تولید و محاسبه کند. در [۷] برای بهبود روش LEACH یک الگوریتم ECS ارائه شده که به تغییر تابع احتمال پرداخته است. در تابع احتمال، پارامتر انرژی در انتخاب سرخوش‌ها مد نظر قرار گرفته است و با کاهش فضای جستجو سرعت خوشه‌بندی بالاتر رفته است. همچنین در [۸] برای انتخاب سرخوشه از یک روش فازی دو سطحی که شامل سطح محلی و سطح سراسری می‌باشد، استفاده شده است. در سطح محلی صلاحیت گره‌ها برای

سرخوشه شدن بر اساس دو پارامتر انرژی و تعداد همسایگان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در سطح سراسری سه پارامتر مرکزیت، نزدیکی به ایستگاه اصلی و فاصله بین سرخوش‌ها در نظر گرفته شده است. معایب پروتکل LEACH مانند انتخاب تصادفی سرخوش‌ها و توزیع نامناسب آن‌ها در برخی مواقع، باعث طراحی نسخه توسعه یافته آن به نام ECLEACH [۹] شد. این روش یک پروتکل مبتنی بر آستانه است که سرخوش‌ها را بر اساس سه عامل انرژی باقیمانده سرخوشه ها، فاصله سرخوش‌ها نسبت به سایر گره‌های حسگر، انرژی باقیمانده سایر گره‌های حسگر انتخاب می‌کند. از طرفی سرخوش‌ها باید به درستی در شبکه حسگر توزیع شوند. پروتکل HEED [۱۰] نیز یکی دیگر از پروتکل‌های معروف در زمینه خوشه‌بندی گره‌های شبکه حسگر بی‌سیم است، این الگوریتم با LEACH در نحوه انتخاب سرخوش‌ها متفاوت است. انتخاب سرخوش‌ها در HEED به‌صورت تکراری انجام می‌شود. یک سرخوشه منتخب تنها به همسایگانش اعلام وضعیت می‌کند در حالی که در LEACH کل گره‌های شبکه از سرخوشه شدن یک گره مطلع می‌شوند [۱۱]. در [۱۲] یک روش جدید برای خوشه‌بندی گره‌های حسگر بی‌سیم به‌منظور کاهش مصرف انرژی با نام EAC ارائه شده است. EAC یک الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی و فاصله است؛ یعنی گره‌های حسگر بر اساس انرژی باقیمانده‌ی خود، به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شوند. همچنین گره‌های غیر سرخوشه، سرخوشه خود را بر اساس فاصله با سرخوشه‌های همسایه انتخاب می‌کنند. الگوریتم EAC به‌وسیله متوازن کردن بار انرژی بین گره‌های شبکه، طول عمر شبکه را افزایش می‌دهد.

میناکشی و کومار [۱۳] یک روش خوشه‌بندی سلسه‌مراتبی برای کاهش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم ارائه کرده‌اند. این الگوریتم شبکه را به‌صورت حلقه‌هایی با سطوح مختلف قدرت، در ایستگاه‌های مبنا تقسیم‌بندی می‌کند که هر حلقه، گره‌های متفاوتی دارد. شبیه‌سازی‌ها و نتایج به دست آمده با استفاده از سه مقیاس طول عمر شبکه، تعداد خوشه‌ها و انرژی مصرفی سرخوش‌ها نشان داد که کارایی این روش از نظر مصرف انرژی سرخوشه ها، تعداد خوشه و عمر شبکه در مقایسه با LEACH بهتر است. در واقع این روش توانسته است تعداد گره‌های مرده و مصرف انرژی را کاهش و طول عمر شبکه را افزایش دهد. این الگوریتم شامل سه فاز راه اندازی، راه‌اندازی خوشه و مسیریابی بین خوشه‌ها است. در [۱۴] یک الگوریتم سلسله مراتبی دیگر برای کاهش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم ارائه شده است.

الگوریتم BLAC [۱۵] از ترکیب سطح باتری و معیارهای دیگر یعنی تراکم و درجه گره‌ها برای انتخاب سرخوشه استفاده می‌کند. برای ایجاد توازن در مصرف انرژی، نقش سرخوشه به طور متناوب به‌وسیله هر گره اختیار می‌شود. در BLAC، سرخوش‌ها داده‌ها را از گره‌های حسگر خوشه خود جمع‌آوری کرده و آن‌ها را از طریق لینک‌های GPRS ارسال می‌کنند.

در [۱۶] از شبکه‌های عصبی برای مدیریت پویای توان (بیشینه کردن طول‌عمر گره‌های حسگر بعد از قرارگیری) و زمان‌بندی چرخه وظایف گره‌های حسگر (تعیین اینکه کدام گره در چه زمانی خواب یا بیدارباشد) استفاده شده است. در این روش، زمان رویداد بعدی یک سری غیرثابت است که با استفاده از شبکه‌های عصبی موجک[۱] تا حد امکان به‌طور دقیق پیش‌بینی می‌شود.

تا به حال سعی شده مکانیسم‌های جدیدی جهت تعدیل زمان‌بندی خواب و بیداری حسگرها برای افزایش طول عمر باتری معرفی شوند. [۱۷] با معرفی یک مکانیسم جدید فاکتورهایی مؤثر شامل طول عمر باقی‌مانده باتری و مقدار انتقال داده‌ها را بر روی حسگرهای متحرک مثل گوشی‌های همراه بررسی می‌کند. در منبع [۱۸] از الگوریتم ژنتیک براساس تعادل بار به کمک الگوریتم خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهاد شده است. با انجام آزمایش‌هایی در این زمینه ادعا شده است که الگوریتم پیشنهادی از نظر عملکرد معیارهای مختلف از قبیل متعادل کردن بار، زمان اجرا، مصرف انرژی، تعداد گره‌های فعال، تعداد سر خوشه‌های فعال و نرخ همگرایی بهتر از الگوریتم‌های دیگر عمل خواهد کرد.همچنین در [۱۹] با استفاده یک

[۱] Wavelet Neural Network

الگوریتم خوشه بندی جدید تلاش شده است که یک راه حل بهینه برای انتخاب سرخوشه ها ارائه شود. در روش مذکور با در نظر گرفتن انرژی و موقعیت گره ها تلاش شده است بهینه ترین سرخوشه ها برای مسیریابی انتخاب گردد.

روش پیشنهادی

در اغلب کاربردها، گره‌های حسگر از نظر منبع انرژی با محدودیت مواجه هستند. بنابراین نیاز به روش‌های ابتکاری برای برطرف نمودن اتلاف انرژی که موجب کوتاه شدن طول عمر شبکه‌های حسگر می‌گردد، کاملاً احساس می‌گردد. این محدودیت‌ها به همراه زیاد بودن تعداد گره‌های حسگر باعث چالش‌های بسیاری در طراحی و مدیریت شبکه‌های حسگر بی‌سیم و لزوم آگاهی از انرژی در همه لایه‌های پشته پروتکل شبکه‌ای شده است.

در روش‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی، گره‌های با انرژی بیشتر می‌توانند برای پردازش و ارسال اطلاعات به کار گرفته شوند در حالی که گره‌های با انرژی کمتر برای اجرای حسگری در مجاورت هدف قابل استفاده هستند. در واقع روش سلسه‌مراتبی با ایجاد خوشه‌ها و تخصیص وظایف خاص به سرخوشه‌ها می‌تواند سهم عمده‌ای در مقیاس‌پذیری، طول عمر و بهره‌وری انرژی کلی سیستم داشته و از معماری تک‌گذرگاهی اجتناب می‌کنند. مسیریابی سلسله‌مراتبی با انجام اجتماع و ترکیب داده برای کاهش تعداد پیغام‌های ارسالی به ایستگاه مبنا، روش کارآمدی برای مصرف کمتر انرژی در یک خوشه است. مسیریابی سلسه‌مراتبی عمدتاً مسیریابی دو لایه است که یک لایه برای انتخاب سرخوشه‌ها و لایهٔ دیگر برای مسیریابی استفاده می‌شود. هرچند، اغلب فناوری‌ها در این دسته در مورد مسیریابی نیستند، لیکن بیشتر در مورد این که چه کسی و چه وقتی باید ارسال یا پردازش یا اجتماع اطلاعات را انجام داد، اختصاص کانال و غیره صحبت می‌کنند.

به دلیل ویژگی‌های ذاتی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مسالهٔ مسیریابی آگاه از انرژی در آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. از موثرترین و پرکاربردترین روش‌های مسیریابی، روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی بوده‌اند. خوشه بندی بهینه گره ها و تعیین دقیق سرخوشه ها می‌توانند نقش موثری در الگوریتم‌های خوشه‌بندی آگاه از انرژی داشته و طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهند. در ادامه این بخش به بیان جزییات روش پیشنهادی پرداخته خواهد شد.

برای بهره‌مندی از اثر بخشی الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی در افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم، الگوریتم خوشه‌بندی جدیدی با استفاده معیار مرکزیت گره ارائه شده است که بر اساس انرژی و با استفاده از خوشه بندی گره های حسگر کار می‌کند. انگیزه خلق روش پیشنهادی، بی‌توجهی الگوریتم‌های خوشه‌بندی قبلی به سطح انرژی گره‌ها به عنوان پارامتر اصلی تشکیل خوشه‌های شبکه بوده است. تلاش تحقیق حاضر این بوده است که با بهبود ایدهٔ سنتی خوشه‌بندی (خوشه بندی بر حسب مکان)، به منظور رسیدن به هدف اصلی شبکه‌های حسگر بی‌سیم یعنی افزایش طول عمر شبکه همزمان با حفظ پوشش شبکه‌ای، روشی یکپارچه برای خوشه‌بندی مبتنی بر مکان - انرژی ارایه نماید.

مسیریابی در روش پیشنهادی دارای سه مرحله اساسی به صورت زیر است:

- خوشه بندی
- بهینه سازی مراکز خوشه با استفاده از معیار مرکزیت
- انتقال داده

هدف اصلی مرحله خوشه بندی از روش پیشنهادی این است که گره های شبکه حسگر به تعداد خوشه تقسیم بندی شود. مرحله خوشه بندی گره های حسگر شامل دو مرحله است. در مرحله اول و بر اساس شاخص های اعتبار سنجی تعداد بهینه خوشه ها تعیین می شود. الگوریتم خوشه بندی بستگی به عوامل متعددی چون تعداد خوشه ها و تعیین فاصله بین خوشه ها دارد.

پس از تعیین تعداد بهینه خوشه با استفاده از الگوریتم c-means {Zahedi, ۲۰۱۶ ،۱۶۳۹} گره های شبکه حسگر به تعداد خوشه تقسیم‌بندی می شوند.

هدف اصلی مرحله بهینه سازی سرخوشه های این است که از هر خوشه و بر اساس یک سری معیار تعریف شده یک مرکز خوشه انتخاب شود. برای انتخاب مراکز خوشه از ترکیب سه معیار زیر استفاده می شود:

۱) مجموع انرژی مراکز خوشه انتخابی

۲) مجموع فاصله گره های آن خوشه از مرکز خوشه

۳) مجموع فاصله مراکز خوشه انتخابی از یکدیگر

۴) مجموع مرکزیت گره مراکز خوشه انتخاب

همان طور که در این رابطه دیده می شود هر چقدر معیار اول و چهارم بالاتر باشد و دو معیار دیگر کمتر باشد نشان دهنده مراکز خوشه بهتری است. در نتیجه روش پیشنهادی یک الگوریتم چند هدفه است که باید بهنیه سازی شود.

در این الگوریتم هر راه حل به اندازه تعداد مراکز خوشه بعد دارد و باید بهترین مراکز خوشه را انتخاب کند. هر ذره از الگوریتم ترکیبی دارای k بعد است که k تعداد خوشه ها را نشان می دهد. در این الگوریتم بعد iام از هر ذره نشان دهنده مرکز خوشه انتخاب برای گره ها آن خوشه است.

مرکزیت یک گره در شبکه اجتماعی نشان‌دهنده اهمیت و نفوذ آن گره در شبکه است. گره‌هایی که در مرکز شبکه قرار دارند از لحاظ علمی تأثیرگذاری بیشتری دارند. به‌عبارت دیگر، مرکزیت یک معیار است که میزان نقش‌آفرینی یک گره را در شبکه کمی سازی می‌کند.

یکی از معیارهای مرکزیت که به‌تازگی ارائه شده است، معیار مرکزیت لاپلاسین[۲] است. این معیار که برای محاسبه مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های وزن‌دار ارائه شده است، هم از ساختار محلی گره‌ها و هم از ساختار جهانی شبکه برای تحلیل ساختار شبکه استفاده می‌کند. در این معیار، نه فقط همسایگان مستقیم یک گره، بلکه اهمیت و نفوذ آن همسایگان نیز مد نظر گرفته می‌شود.

اگر $G(V,E,W)$ به‌عنوان یک گراف وزن‌دار که دارای مجموعه رئوس $V(G)=\{v_۱,v_۲,\dots,v_n\}$ و مجموعه یال‌های E که هر یال $e(v_i,v_j)$ به‌وسیله وزن w_{ij} به هم وصل شده‌اند در نظر گرفته شود. آنگاه دو ماتریس W و X را به‌صورت روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌شوند.

$$W(G)=\begin{pmatrix} 0 & w_{1,2} & \dots & w_{1,n} \\ w_{2,1} & 0 & \dots & w_{2,n} \\ . & . & . & . \\ w_{n,1} & w_{n,2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (۱)$$

$$X(G)=\begin{pmatrix} X_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & X_2 & \dots & 0 \\ . & . & . & . \\ 0 & 0 & \dots & X_n \end{pmatrix} \quad (۲)$$

[۲] Laplacian centrality

که در اینجا $X_i = \sum_{j=1}^{n} w_{i,j} = \sum_{u \in N(v_i)} w_{v_i u}$ نشان‌دهنده مجموع وزن‌های گره v_i است. و همچنین $N(v_i)$ مجموعه همسایه‌های گره v_i را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است، اگر بین دو گره v_i و v_j یالی وجود نداشته باشد، آنگاه $w_{i,j} = 0$. همچنین انرژی لاپلاسین برای گراف G به‌صورت رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$E_L(G) = \sum_{i=1}^{n} X_i + 2\sum_{i<j} w_{i,j}^2 \qquad (۳)$$

در نهایت، معیار مرکزیت لاپلاسین برای گره v_i به‌صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$C_L(v_i, G) = \frac{(\Delta E)_i}{E_L(G)} = \frac{E_L(G) - E_L(G_i)}{E_L(G)} \qquad (۴)$$

که در اینجا، G_i نشان‌دهنده گراف G پس از حذف گره v_i است. در نهایت بعد از تشکیل خوشه‌ها و انتخاب سرخوشه‌های هر خوشه، اکنون نوبت ارسال داده‌های حس شده توسط گره‌های عادی به سرخوشه‌های مربوطه است. سرخوشه‌ها بعد از اعمال توابع اجتماع یا ترکیب داده، بستهٔ داده را به سمت ایستگاه مبنا ارسال می‌کنند.

ارزیابی روش پیشنهادی

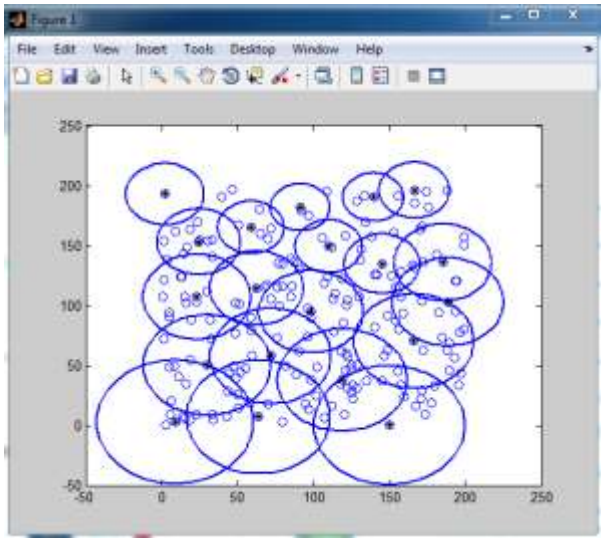
با توجه به اینکه مهم‌ترین بخش هر نوشتار به دستاوردها و نتایج حاصل از آن اختصاص می‌یابد، این فصل به بررسی نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌پردازد. برای شبیه‌سازی روش پیشنهادی در این مقاله از زبان برنامه‌نویسی MATLAB استفاده شده است. همچنین عملکرد روش پیشنهادی با الگوریتم LEATCH و روش ارائه شده در مرجع [۳۵] مقایسه شده است.

محیط شبکه دوبُعدی و ابعاد آن ۵۰×۵۰، ۱۰۰×۱۰۰ و ۲۰۰×۲۰۰ باشد. تعداد گره‌های و CHها می‌تواند متفاوت باشد و sink یکتا خواهد بود. انرژی اولیهٔ هر گره برابر ۱۵۰۰ ژول است و انرژی sink و CH ها بسیار بالا در نظر گرفته می‌شود. شعاع دید هر گره ۵۰متر و شعاع دید CHها ۱۵۰ می‌باشد. تعداد بسته‌های ارسالی به صورت نامنظم است اما هر گره باید در نهایت هر ۱۰ ثانیه یک بسته ارسال کند. هر دور ۱۰ ثانیه فرض می‌شود.

در ادامه به مقایسه روش پیشنهادی با کارهای قبلی پرداخته شده است. در این حالت، ایستگاه پایه در مرکز شبکه‌های حسگر واقع شده است و تعداد گره‌ها ۱۰۰ می‌باشد. محیط و شرایط ارزیابی در جدول۱ آورده شده است. جدول ۴-۱۵ نتایج شبیه‌سازی از این حالت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی عملکرد بهتری از LEACH و IBLEACH در معیارهای FND (مرگ اولین گره) و HND (مرگ نصف گره ها) دارد.

جدول ۱: پیکربندی شبکه

پارامتر	مقدار
اندازه شبکه	۲۰۰*۲۰۰
تعداد گره‌ها	۲۰۰
اندازه بسته داده‌ها	۴۰۰۰
انرژی اولیه	۱
Eamp	۱۰۰
Eelec	۵۰
احتمال سرخوشه شدن	%۱۰



شکل ۲: پیکربندی شبکه برای ۱۰۰ گره

جدول۲: مقادیر FND و HND و انرژی باقیمانده در دور ۲۰۰

روش	HND	FND	انرژی باقیمانده(j)
LEACH	۲	۴۲	۰
IBLEACH	۴	۱۰۳	۲۴
Proposed	۱۰	۱۲۰	۱۱

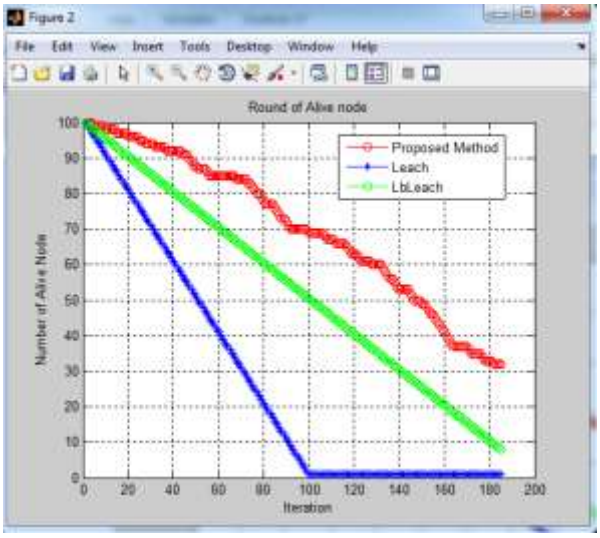
در این حالت LEACH ضعیف‌ترین عملکرد را در میان سه الگوریتم دارد. نمودار شکل ۲ نمایانگر مقادیر FND و HND در این حالت نیز می‌باشد. با استفاده از این نمودار و مقادیر جدول ۲ واضح است که:

اگر معیار FND در نظر گرفته شود روش پیشنهادی، ۸۰٪ کارآمدتر از LEACH و ۶۰٪ کارآمدتر از IBLEACH است و اگر معیار HND برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار بگیرد روش پیشنهادی ۶۵٪ بهتر از LEACH و ۱۴٪ بهتر از IBLEACH است.

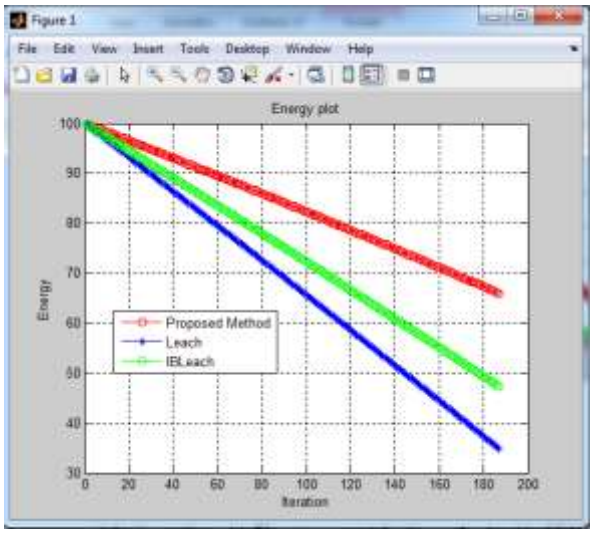
به دلیل اینکه LEACH در طول خوشه‌بندی، سطح انرژی باقیمانده از گره‌های حسگر را در نظر نمی‌گیرد، ضعیف‌ترین عملکرد را دارد. اما این الگوریتم از یک مدل احتمالاتی خالص برای خوشه‌بندی استفاده می‌کند که برای بدست آوردن بهترین راه حل کافی نیست. از آنجایی‌که IBLEACH پارامترهای انرژی و فاصله محلی را در هر دور خوشه‌بندی در نظر می‌گیرد، عملکرد بهتری نسبت به LEACH دارد. روش IBLEACH و روش پیشنهادی سطح انرژی هر سرخوشه را برای

محاسبه شعاع رقابتی در نظر می‌گیرد. این بدان معنی است که اگر سرخوشه آزمایشی انرژی بیشتری داشته باشد، شعاع خوشه‌بندی بزرگتری خواهد داشت. به عبارت دیگر گره‌های حسگر بیشتری در آن محل سرویس می‌دهند. این ویژگی تضمین می‌کند که به سرخوشه‌ای که انرژی بیشتری دارد کار بیشتری را اختصاص می‌دهد. این نظر باعث می‌شود که در این حالت از الگوریتم‌های دیگر عملکرد بهتری داشته باشند.

شکل ۴-۳ توزیع تعداد گره‌های حسگر زنده را با توجه به تعداد دور برای هر الگوریتم به تصویر می‌کشد. این شکل به وضوح نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر گره‌های حسگر در روش پیشنهادی بعد از همه الگوریتم‌های دیگر آغاز خواهد شد. آخرین ستون از جدول ۵-۲ نشان‌دهنده کل انرژی باقیمانده در دور ۲۰۰ در هر الگوریتم است که نمودار کلی آن در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از اطلاعات موجود در این ستون بازده انرژی از الگوریتم‌های شبیه‌سازی شده مقایسه شده است. از آنجایی‌که هر گره حسگر دارای یک ژول انرژی اولیه است. کل انرژی شبکه حسگر بی‌سیم در ابتدا دارای صد ژول است. باتری هرگره با افزایش هر دور تخلیه می‌شود.



شکل ۲: تعدادگره‌های زنده شبکه در ۱۰۰ گره



شکل ۳: انرژی باقیمانده در ۱۰۰ گره

در دور ۲۰۰، LEACH دارای پایین‌ترین سطح انرژی و صفر ژول می‌باشد. سطح انرژی IBLEACH تقریبا مساوی و برابر ۳۵ ژول است. از طرف دیگر روش پیشنهادی دارای بالاترین سطح انرژی که برابر ۶۵ ژول است. این نتیجه به موازات معیارهای FND و HND استنباط شده است و نشان می‌دهد که ۶۱ درصد نسبت به LEACH و ۲۳/۵ درصد نسبت به IBLEACH بیشتر است.

جمع بندی

هر شبکه حسگر، مجموعه ای شامل گره های کوچک می باشند که هر گره یک حسگر بی سیم را شامل می شود هر گره این قابلیت را دارد که اطلاعات محیط فیزیکی شامل دما، رطوبت، فشار، دود و غیره را درک کند و درنهایت داده ها را به ایستگاه پایه مرکزی مخابره کند. گره های حسگر، بیسیم هستند و گره ها از طریق فرکانس رادیویی با یکدیگر و ایستگاه پایه ارتباط برقرار می کنند. اندازه حسگرهای بی سیم از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک هستند و دارای محدودیت هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع تغذیه و غیره می باشند. محدودیت های مذکور چالش هایی را بوجود آورده است که منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مطرح در این زمینه است .مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بعلت ویژگی‌های ذاتی این نوع شبکه‌ها چالش‌های زیادی دارد. اول اینکه امکان ایجاد طرح آدرس دهی عمومی برای تمامی گره‌ها وجود ندارد. بنابراین پروتکل‌های مبتنی بر IP کلاسیک نمی‌توانند برای شبکه‌های حسگر بکار روند. دوم اینکه در مقایسه با شبکه‌های ارتباطی معمولی تقریبا در تمامی کاربردهای شبکه‌ی حسگر، داده‌ها از نواحی مختلف دریافت و به یک گره خاص ارسال می‌گردد. سوم اینکه در مجاورت یک پدیده‌ی خاص، حسگرها داده‌های یکسان تولید می‌کنند که باعث افزونگی زیاد در داده‌ها می‌گردد که این موضوع باید توسط پروتکل‌های مسیریابی کشف گردد تا انرژی و پهنای باند هدر نرود. چهارم اینکه گره‌های حسگر در انرژی ارسال، انرژی پردازش و ذخیره سازی، محدودیت زیادی دارند، بنابراین نیازمند مدیریت منابع با دقت زیاد هستند. در این پایان نامه با استفاده از خوشه بندی و معیار مرکزیت لاپلاسین یک روش جدید جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر ارائه شد. ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه عملکرد آن با کارهای پیشین نشان داد که روش پیشنهادی نسبت به روش های پیشین دارایی برتری می باشد.

مراجع

[۱]. Nguyen, T.D., J.Y. Khan, and D.T. Ngo, Energy harvested roadside IEEE ۸۰۲,۱۵,۴ wireless sensor networks for IoT applications. Ad Hoc Networks, ۲۰۱۷. ۵۶: p. ۱۰۹-۱۲۱.

[۲]. Zhou, Y., et al., Topology design and cross-layer optimization for wireless body sensor networks. Ad Hoc Networks, ۲۰۱۷. ۵۹: p. ۴۸-۶۲.

[۳]. Arya, R. and S.C. Sharma, Analysis and Optimization of Energy of Sensor Node Using ACO in Wireless Sensor Network. Procedia Computer Science, ۲۰۱۵. ۴۵(۰): p. ۶۸۱-۶۸۶.

[۴]. Harbouche, A., et al., Model driven flexible design of a wireless body sensor network for health monitoring. Computer Networks, ۲۰۱۷.

[۵]. Jin, X., et al., Multi-agent trust-based intrusion detection scheme for wireless sensor networks. Computers & Electrical Engineering, ۲۰۱۷. ۵۹: p. ۲۶۲-۲۷۳.

[۶]. W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan,"Energy-Efficient ommunication Protocol for Wireless Microsensor Networks", In Proceedings of the ۳۳rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '۰۰),pp. ۱-۱۰, ۲۰۱۵.

[۷]. S. Babaie, S. Shokraneh, A. Ghaffari, A. Jahangiry, “CCGA: Clustering based on Cluster head with Genetic Algorithm in Wireless Sensor Network”, ۲۰۱۶ International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks, pp.۳۶۷- ۳۷۱, ۲۰۱۶.

[۸]. N. A. Torghabeh, M. R. Akbarzadeh, M. H. Yaghmaee, “Cluster Head Selection using a Two-Level Fuzzy Logic in Wireless Sensor Networks”, ۲۰۱۰ ۲nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET), pp. ۳۵۷-۳۶۱, ۲۰۱۰.

[۹]. Bsoul, M., Al-Khasawneh, A., Abdallah, A. E., Abdallah, E. E. and Obeidat, I., ۲۰۱۳. "An energy-efficient threshold-based clustering protocol for wireless sensor networks". Wireless Personal Communications, pp. ۱-۱۴.

[۱۰]. Younis, O. and Fahmy, S., ۲۰۰۴. "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks". Mobile Computing, IEEE Transactions on, ۳(۴), pp. ۳۶۶-۳۷۹.

[۱۱]. Chengfa Li, Mao Ye, Guihai Chen. An Energy-Efficient Unequal Clustering Mechanism for Wireless Sensor Networks. Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference, ۲۰۰۵. IEEE International Conference on. ۷-۷ Nov. ۲۰۰۵.

[۱۲].Mohamed-Lamine, M., ۲۰۱۳. "New clustering scheme for wireless sensor networks". in Systems, Signal Processing and their Applications (WoSSPA), ۲۰۱۳ ۸th International Workshop on, pp. ۴۸۷-۴۹۱.

[۱۳].Meenakshi, D. and Kumar, S., ۲۰۱۲. "Energy Efficient Hierarchical Clustering Routing Protocol for Wireless Sensor Networks". Springer, pp. ۴۰۹-۴۲۰.

[۱۴].Goel, N. and Aujl, G., ۲۰۱۳. "Simulation and feasibility analysis: Hierarchical Energy Efficient Routing Protocol (HEERP) for Wireless Sensor Network". in Communications and Signal Processing (ICCSP), ۲۰۱۳ International Conference on, pp. ۱۱۴۳-۱۱۴۸.

[۱۵].Ducrocq, T., Mitton, N. and Hauspie, M., ۲۰۱۳. "Energy-based Clustering for Wireless Sensor Network Lifetime Optimization". in WCNC-Wireless Communications and Networking Conference.

[۱۶].Shen Y, Guo B. (۲۰۰۸) ‘Wavelet Neural Network Approach for Dynamic Power Management in Wireless Sensor Networks’, In: International Conference on Embedded Software and Systems (ICESS۲۰۰۸), pp.۳۷۶—۳۸۱.

[۱۷].L. Chou, D. C. Li, and W. Hong, “Improving energy-efficient communications with a battery lifetime-aware mechanism in IEEE۸۰۲. ۱۶e wireless networks,” Concurr. Comput. Pract. Exp., vol. ۲۵, no. ۱, pp. ۹۴–۱۱۱, ۲۰۱۳.

[۱۸].P. Kuila, S. K. Gupta, and P. K. Jana, “A novel evolutionary approach for load balanced clustering problem for wireless sensor networks,” Swarm Evol. Comput., vol. ۱۲, no. ۰, pp. ۴۸–۵۶, Oct. ۲۰۱۳.

[۱۹].Elshrkawey, M., S.M. Elsherif, and M. Elsayed Wahed, An Enhancement Approach for Reducing the Energy Consumption in Wireless Sensor Networks. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, ۲۰۱۸. ۳۰(۲): p. ۲۵۹-۲۶۷.