بررسی مسئله و بهینه‌سازی میزان پوشش انرژی در شبکه‌های حس‌گر بی سیم به کمک الگوریتم‌های فرا ابتکاری جستجوی گرانشی

حامد امین زاده[۱*]، عباسعلی رضایی[۲]

۱. دانشکده مهندسی برق، دانشگاه پیام نور، ٤٦٩٧-١٩٣٩٥، تهران، ایران hamedmr1@yahoo.com

۲. دانشکده مهندسی برق، دانشگاه پیام‌نور، ٤٦٩٧-١٩٣٩٥، تهران، ایران abasrezae@gmail.com

چکیده

شبکه‌های حس‌گر کاربردهای فراوانی درشاخه‌های مختلف مهندسی پیدا کرده‌اند. یک شبکه حس گر از تعدادزیادی حس گر کوچک تشکیل شده است که با کمک یکدیگر اطلاعاتی را در مورد میدان اطراف در اختیار کاربران قرار می‌دهند. یکی از مسائل مهم و اساسی در شبکه های حس گر بی سیم، مسئله پوشش است که محیط فیزیکی اطراف تا چه اندازه تحت نظارت حس گرهای اطراف قرار دارد. اهمیت این مسئله تا بدان حد است که از آن به عنوان یکی از پارامترهای کیفیت سرویس‌دهی یاد می‌شود. با توجه به این نکته، روش‌هایی که بتوانند پوشش شبکه را به طور دقیق محاسبه کنند از اهمیت خاصی برخوردار هستند. با استفاده از الگوریتم فراابتکاری جستجوی گرانشی، در این مقاله جواب بهینه ای برای مسئله پوشش در شبکه های حس‌گر بی سیم ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن یک گره گذرگاه، توان شبکه بهینه سازی شده به میزان پنج برابر افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: الگوریتم جستجوی گرانشی، پوشش انرژی، شبکه حس گر، مهندسی مخابرات.

۱. مقدمه

شبکه‌های حس گر بی‌سیم[1] یکی از مهمترین ابزار کسب اطلاعات و درک محیط است که امروزه تحقیقات گسترده‌ای بر روی آن انجام می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و ارتباطات بی سیم باعث شده اند که بتوان گره‌های حس گر چندکاره با توان مصرفی پایین و هزینه کم داشت. این گره حس گرهای کوچک طبق نظریه شبکه های حس گر بی سیم، دارای تجهیزات حس کردن[2]، پردازش داده ها و مخابره هستند [۱]. تفاوت اصلی شبکه‌های حس گر با سایرشبکه‌های ارتباطی در ماهیت داده محور بودن[3]، منابع انرژی و پردازش بسیار محدود در آن ها است، روند توسعه این شبکه ها به حدی است که در آینده نزدیک، این شبکه ها نقش مهمی را در زندگی روزمره انسان ایفا خواهند کرد [۲]. شبکه حس گر، شبکه ای است متشکل از تعداد زیادی گره کوچک که به صورت خودمختار برای جمع آوری اطلاعات محیطی فعالیت می‌کنند. در هر گره، حس گری وجود دارد که کاملاً با محیط فیزیکی تعامل دارد. حس گرها اطلاعات محیط را گرفته و به مرکز جمع آوری داده به نام ایستگاه پایه[4] یا چاهک[5] انتقال می دهند. هرگره بطور مستقل و بدون دخالت انسان کار می کند و نوعاً از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک است ودارای محدودیت هایی در قدرت پردازش،

[1] Wireless Sensor Network
[2] Sensing Equipment
[3] Data-Centric
[4] Base Station (BS)
[5] Sink

ظرفیت حافظه، انرژی و غیره است. در بسیاری از موارد خاموش شدن یک گره موجب از کار افتادن کل شبکه می شود. شبکه‌ها، از پشته پروتکلی شبکه‌های سنتی پیروی می کنند ولی به دلیل محدودیت ها و تفاوت‌های وابسته به کاربرد، همواره باید در پی اصلاح، ابداع و نوآوری این پروتکل ها بود [۳]. مسالهٔ محدودیت شدید انرژی یکی از مهمترین مسایل در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم است. معمولاً به دلیل موقعیت جغرافیایی این نوع شبکه‌ها در محیط‌های خطرناک و غیرقابل‌دسترس، امکان شارژ مجدد یا تعویض گره‌های حس گر وجود ندارد [٤]. همچنین از آن جایی که کارآیی شبکه‌های حس‌گر به شدت به طول عمر شبکه و پوشش شبکه‌ای آن وابسته است، بنابراین لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیرهٔ انرژی در طراحی شبکه‌های حس‌گر با عمر طولانی، امری حیاتی است. یکی از مشکلات اصلی در شبکه‌های حس گر بی سیم، استقرار، پوشش و میزان تحرک گره حس‌گر است. استقرار گره های حس گر را می توان به طور تصادفی در یک منطقه هدف قرار داد. هنگامی که اندازه شبکه ای بزرگ و محل قرارگیری حس‌گر نامناسب است، تنها انتخاب پخش انرژی با استفاده از هواپیما است. با این حال، زمانی که گره های حس گر به طور تصادفی پراکنده می شوند، پیدا کردن بهترین استراتژی استقرار تصادفی است که می تواند پوشش و سربار ارتباط را به حداقل برساند [۵]. در اغلب کاربردها، هدف حداکثر کردن پوشش با حداقل تعداد حس گر است [٦]. مساله پوشش در شبکههای حس گر بی سیم در دهه ی گذشته مورد تحقیقات وسیعی بوده است. این مساله تعدادی زیر مجموعه از قبیل پوشش سطح[۱]، پوشش هدف[۲]، پوشش K_گانه[۳] دارد که هرکدام نیازمند استراتژی متفاوتی برای حل هستند [۷]. در مسأله پوشش، هدف ضروری آن است که حس گرها به طور پیوسته همه اهداف را در یک زمان نظارت کنند. شارژ یا تعویض باتری حس‌گرهایی که یکبار به طور تصادفی پخش شده اند به سختی ممکن است. در چنین شرایطی، برای حداکثر کردن طول عمر شبکه باید هر حس‌گر مصرف انرژی خود را به حداقل برساند [۸]. روش های پیشنهادی گذشته اغلب تک هدفه هستند و میزان حافظه و پیچیدگی محاسباتی بالایی دارند. لذا در این تحقیق سعی شده است تا یک الگوریتم فرابتکاری چند هدفه برای بهینه سازی مساله پوشش در شبکه های حس گر بی سیم ارائه گرددبه گونه ای که چندین هدف از جمله کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه را در نظر بگیرد. به منظور حل مسأله پوشش در شبکه های حس‌گر بی‌سیم، در این تحقیق از الگوریتم جستجوی گرانشی بهبود یافته استفاده شده است که با الهام از قانون گرانش در طبیعت و با استفاده از قوانین گرانش نیوتن نوشته شده است [۹]. عامل‌های جستجوکننده، مجموعه ای از اجسام هستند که می‌توانند به صورت سیاره‌های یک منظومه متصور شوند. منطقه بهینه، مثل یک سیاه‌چاله سیاره‌ها را به سمت خود می‌کشد. اطلاعات مربوط به برازندگی هر جسم، در قالب جرم‌های گرانشی و اینرسی ذخیره می‌شوند. تبادل اطلاعات و اثرگذاری اجسام بر روی یکدیگر، تحت نیروی گرانش انجام می‌پذیرد. در ادامه این مقاله، در ابتدا به مرور روش‌های پیشین به منظور بهینه‌سازی شبکه های حس‌گر بی‌سیم پرداخته و سپس بهینه-سازی مساله پوشش انرژی با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی انجام خواهد شد.

۲. مروری بر کارهای مرتبط

در سال های اخیر، محققان زیادی در حوزه شبکه های حس گر بی سیم فعالیت کرده و چالش هایی نظیر پوشش، اتصال و طول عمر را مورد بررسی قرار دادند. بسیاری از آنها، چالش های مورد نظر را به صورت تک‌هدفه در نظر گرفته و دیگر چالش ها را نادیده گرفتند. همچنین بسیاری، توجه خود را به همگن[٤] یاناهمگن[٥] شبکه معطوف کرده اند و چالش ها را به صورت کلی مورد بررسی قرار نداده‌اند. در ادامه برخی از تحقیقات مربوط به موضوع مقاله مرور خواهد شد. پروتکل تنظیمات پوشش[٦] (CCP)، یک پروتکل کنترل

[1]Surface Coverage
[2] Target Coverage
[3] K-Coverage
[4]Homogeneous
[5]Heterogeneous
[6]Coverage Configuration Protocol (CCP)

پوشش است که در مقاله [۱۰] پیشنهاد شده است. در این پروتکل، هر گره اطلاعات مربوط به همسایگان خود را در خود نگه می دارد و به صورت تناوبی یک پیام «سلام» را به بقیه گره‌ها می فرستد. متاسفانه در حالتی که فقط یک نقطه تلاقی از گره به وسیله همسایه آن پوشش نشده باشد، پروتکل این گره فعال می شود که این امر ممکن است باعث فعال شدن گره های زیادی شود و در نتیجه مصرف انرژی افزایش می یابد. بنابراین می توان گفت که این پروتکل، اگر در یک شبکه مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار گیرد، در اصطلاح «انرژی آگاه» نخواهد بود. در مقاله [۱۱]، محققان از گره‌های ذخیره برای بهبود مصرف انرژی متعادل استفاده کرده و یک طرح استقرار گره ناهمگن به نام HNDS[1] را پیشنهاد داده‌اند. در [۱۲] نیز محققان الگوریتم‌های تقریبی[2] را برای افزایش طول عمر شبکه و کاهش هزینه مسئله پوشش پیشنهاد دادند اما اتصال شبکه مورد بررسی قرار نگرفته است. کنترل چگالی جغرافیایی باز[3] (OGDC) یکی از معروفترین الگوریتم های پوشش است [۱۳]. در این روش، مصرف انرژی می تواند با استفاده از کنترل کردن چگالی حس‌گرهای فعال کاهش یابد. در این الگوریتم، جایابی گره ها مورد بررسی قرار می گیرد اما این جایابی فقط در شبکه های مقیاس کوچک مقدور است. در [۱٤]، برای پوشش منطقه در شبکه های حس گر بی سیم از نسخه درجه–متغیر وزن–مینیمم مسئله مجموعه نقاط برتر متصل[4] (CDS) با نام مجموعه نقاط برتر متصل درجه–متغیر[5] (DCDS) استفاده شده است و از روشی بر پایه اتوماتای یادگیر[6] (LA) با نام اتوماتای یادگیر مبتنی بر پوشش انرژی آگاه[7] (LAEEC) برای یافتن جواب بهینه بهره گرفته شده است. روش پیشنهادی باعث تعادل بار شبکه بر روی گره های فعال می شود و طول عمر شبکه و پوشش آن را بهبود می دهد. در [۱۵]، نویسندگان بیان می کنند که تمامی مدل های پوشش حس گر به عنوان تابعی از مسافت و زاویه هستند و به صورت ریاضی رابطه می شوند و بین حس گر و نقطه یا از محیط تعریف می شوند. ورودی تابع اندازه (میزان) پوشش مسافت و زاویه بوده و خروجی آن که مقدار پوشش نامیده می شود، یک عدد حقیقی غیر منفی است. همچنین به معرفی و تحلیل رفتاری پنج مدل پوشش به نام های پوشش قطاع بولی، دیسک بولی، دیسک تضعیفی، تضعیف شده تقریبی و تشخیصی پرداخته شده است. نتایج ارائه شده حاکی از آن است که مدل های تضعیف شده تقریبی و تشخیصی به نسبت سایر مدل ها از درصد خطای کمتر و موفقیت بیشتر در درصد تحقق اهداف مدنظر برخوردارند. موضوع پوشش هدف در شبکه های حس گر جهتدار در چندین مطالعه انجام شده، بحث شده است که هدف آن، افزایش طول عمر شبکه به وسیله پیدا کردن مجموعه پوشش بوده است[۱٦]. ای آی و ابوزید در سال ۲۰۰٦ پیشگامانی بودند که روی مسئله پوشش هدف در شبکه های حس گر جهتدار مطالعه کرده اند. آنها مدلی دارند که مسئله بیشترین پوشش با کمترین حس گرهارا برای تعداد اهداف پوشش داده شده با کمترین تعداد حس گرهای فعال، حداکثر می کند. حس گرهای درون مجموعه های پوشش ساخته شده نباید همپوشانی داشته باشند [۱۷].

در سال ۲۰۱۱، یانگ و همکاران فرض نمودند که هر هدف مطابق نقش، نیازمند پوشش مخصوصی است که در کاربرد آن مفید است و فاصله بین هدف و حس گر کیفیت پوشش را تحت تأثیر قرار می دهد. آنها از یک مدل حسی جهتدار استفاده کردند که فقط یک جهت از حس گر می تواند در یک زمان کار کند. به علاوه، آنها برای پیدا کردن یک الگوریتم زمانبندی حریصانه که دربرگیرنده ترتیبی از مجموعه های پوشش عملی که می تواند طول عمر شبکه را طولانی تر کند کوشش بسیار کردند. اگرچه الگوریتم های حریصانه قادر به حل مساله هستند، کارآیی این الگوریتم ها بسیار به تراکم اولین نامزدها برای راه حل بهینه بستگی دارد. بنابراین الگوریتم های حریصانه می توانند در کمترین محل به دلیل جستجوی ابتکاری، نتیجه دهند [۱۸]. کای و همکاران مساله مجموعه های

[1] Heterogeneous Node DeploymentScheme (HNDS)
[2] Approximation Algorithms
[3] Open Geographic Density Control (OGDC)
[4] Connected DominatingSet(CDS)
[5] Degree-constrained ConnectedDominating Set (DCDS)
[6] Learning Automata(LA)
[7] Learning Automata based Energy-Efficient Coverage (LAEEC)

پوشش جهتدار چندتاییرا معرفی کرده اند. آنها چندین الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله از طریق پیدا کردن زیرمجموعه های گسسته حس گرها، دارند. ازآنجایی که آنها از برنامه ریزی خطی استفاده می کنند، الگوریتم هایشان از پیچیدگی بالا و زمان اجرای طولانی رنج می برند. به علاوه، الگوریتم هایشان با برخوردهای زیادی در میان جهت ها، مواجه می شوند. مضافاً آنها برای حل مسئله، الگوریتم حریصانهای پیشنهاد داده اند [۱۹]. جیل و هان در سال ۲۰۱۱ دو الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله پوشش هدف دارند، یکی روش الگوریتم حریصانه و دیگری الگوریتم ژنتیک. اولی (الگوریتم حریصانه) می تواند راه حلی پیدا کند که در مقایسه با دیگر الگوریتم های ابتکاری سریعتر است، اما ممکن است برای پیدا کردن راه حلی بهینه به دلیل جستجوی محلی به شکست منجر شود. دومی (الگوریتم ژنتیک) به یک کران بالاتر روی تعدادی از پوشش ها نیاز دارد درحالی که نمیتواند به آسانی به دست آید [۲۰].

۳. روش پیشنهادی

الگوریتم جستجوی گرانشی در سال ۲۰۰۹ توسط راشدی[1] بر طبق قانون نیوتن ابداع شد [۹]. هر جسمی جسم دیگر را به سمت خود جذب می‌کند و مقدار نیروی جاذبه بین دو جسم با جرم‌های M_1و M_2و فاصله،Rبا حاصل‌ضرب جرم آن دو جسم و عکس توان دوم فاصله بین آن‌ها متناسب است. با محاسبه G که ثابت گرانش نامیده می‌شود، رابطه (۱) را برای میزان نیروی جاذبه بین دو جسم ارائه شده است:

$$F = G\frac{M_1 \times M_2}{R^2} \quad (۱)$$

این رابطه نشان می‌دهد که هر جسم به‌واسطه نیروی جاذبه، محل و جرم سایر اجسام را درک می‌کند و هر جسم به نسبت میزان جرمش و فاصله‌ای که با دیگر اجسام دارد، روی سایر اجسام تأثیر می‌گذارد و به آنها نیرو وارد می‌کند.طبق قانون اول نیوتن، هر جسم حالت سکون یا حرکت یکنواخت خود را بر روی خط راست حفظ می‌کند مگر اینکه تحت تأثیر نیرو یا نیروهایی مجبور به تغییر آن حالت شود. طبق قانون دوم نیوتن، وقتی به جسمی نیرویی وارد می‌شود شتابی می‌گیرد که به نیرو و جرم جسم بستگی دارد. هر چه نیرو بزرگتر باشد شتاب نیز بزرگتر است و هر چه جرم جسم بیشتر باشد شتاب آن کوچکتر است. نیوتن، رابطه بین شتاب، نیرو و جرم را طبق رابطه (۲) به دست آورد. در این رابطه شتاب با a نیرو با Fو جرم با Mنشان داده شده است.

$$a = \frac{F}{M} \quad (۲)$$

روابط (۱) و (۲) بیان می‌کند که هر جسم، جسم دیگر را به سمت خود دعوت می‌کند؛ اما تأثیر جسم بزرگتر و نزدیکتر بیشتر است. با در نظر گرفتن قانون جاذبه و قوانین حرکت، میزان و جهت حرکت هر جسم، تابع رابطه‌ای بین تأثیر نیروی ثقل وارد بر آن و سرعت فعلی جسم است. در یک سیستم با دو جسم ۱و۲، از جانب جسم ۲ نیروی گرانشی به مقدار F_{12} بر جسم ۱وارد می‌شود که مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. جسم ۱تحت تأثیر نیروی جاذبه جسم۲شتابی برابر a_1می‌گیرد که با رابطه (٤) محاسبه می‌شود. در این روابط M_{p1}و M_{i1}به ترتیب جرم گرانشی غیرفعال و جرم اینرسی جسم اول و M_{a2}جرم گرانشی فعال جسم دوم می‌باشندR. بیانگر فاصله دو جرم می‌باشد. ضریب Gنیز ثابت گرانش نیوتن است.

$$F_{12} = G\frac{M_{a2}M_{p1}}{R^2} \quad (۳)$$

$$a_1 = \frac{F_{12}}{M_{i1}} \quad (٤)$$

در یک سیستم با چند جسم، به هر جسم، از جانب سایر اجسام نیروی گرانشی وارد می‌شود. درنتیجه جسم فوق به سمت برآیند این

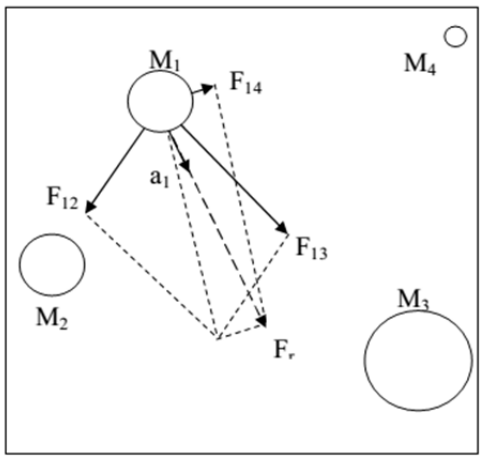
[1] Rashedi

نیروها که در شکل (۱) با F_rنشان داده می‌شود،شتاب می گیرد. بهینه یابی به کمک طرح قوانین گرانشی و حرکت در یک سیستم مصنوعی با زمان گسسته انجام می‌شود. محیط سیستم، همان محدوده تعریف مسئله است. طبق قانون گرانش، هرجرم محل و وضعیت سایر اجرام را از طریق قانون جاذبه گرانشی درک می‌کند. هر جرم در سیستم مصنوعی تمام اجرام دیگر را به سمت خود جذب می‌کند. مقدار این نیرو متناسب است با حاصلضرب جرم گرانشی فعال آن جرم و جرم گرانشی غیرفعال جرم دوم و عکس فاصله آن دو جرم .سرعت فعلی هر جرم برابر است با مجموع ضریبی از سرعت قبلی جرم و تغییر سرعت آن، تغییر سرعت یا شتاب هر جرم نیز برابر است با نیروی وارد بر آن تقسیم بر جرم اینرسی. حال سیستم را به‌صورت مجموعه‌ای از Nجرم تصور کنید. موقعیت هر جرم، نقطه‌ای از فضا است که جوابی از مسئله می‌باشد. موقعیت بعد dاز جرم iباx_i^d در رابطه (۵) نشان داده شده است.

$$X_i = \left(x_i^1, \dots, x_i^d, \dots x_i^n\right) \quad (۵)$$

که در آن nبعد مسئله است. در لحظه شروع، عامل‌ها به‌صورت تصادفی موقعیت‌یابی می‌شوند. در این سیستم بدون از دست دادن جامعیت الگوریتم در حل مسئله، فرض شده است که فضای جستجو در تمام ابعاد دارای گستردگی یکسانی است. درصورتی‌که شرط فوق برقرار نباشد، با مقیاس کردن شرط فوق برقرار می‌شود. در این سیستم، در زمان tبه جرم iاز سوی جرم jدر جهت بعدdنیرویی به اندازه $F_{ij}^d(t)$وارد می‌شود. مقدار این نیرو طبق رابطه (۳-٦) محاسبه می‌شود. در این رابطه، M_{aj}جرم گرانشی فعال جرمj، M_{pi} جرم گرانش غیرفعال جرمi، $G(t)$ثابت گرانش در زمان t و R_{ij}فاصله بین دو جرم iو jاست. برای تعیین فاصله بین اجرام از فاصله اقلیدسی استفاده شده است.

$$F_{ij}^d(t) = G(t)\frac{M_{pi}(t) \times M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon}\left(x_j^d(t) - x_i^d(t)\right) \quad (٦)$$



شکل۱: تأثیر نیروی گرانشی بر روی اجسام

نیروی وارد بر جرم iدر جهت بعد dدر زمان tطبق رابطه (۷) برابر است با مجموع تمام نیروهایی که سایر اجرام سیستم بر این جرم وارد می‌کنند. در این رابطه $rand_j$یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه ۰ تا ۱ است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته شده است.

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1, j\neq i}^{N} rand_j\, F_{ij}^d(t) \quad (۷)$$

طبق قانون دوم نیوتن، هر جرم در جهت بعد dشتابی می‌گیرد که متناسب است با نیروی وارد بر آن جرم در آن بعد، بخش بر جرم اینرسی آنکه در رابطه (۸) بیان شده است.

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)} \quad (۸)$$

در این رابطه، شتاب عامل iدر جهت بعد dدر زمان tبا $a_i^d(t)$و جرم اینرسی عامل iبا M_{ii}نشان داده شده است. با ترکیب روابط بالا رابطه (۳-۹) به شکل زیر بازنویسی می‌شود.

$$a_i^d(t) = G(t) \sum_{j=1, j\neq i}^{N} \left[rand_j \frac{M_j(t)}{R_{ij}(t)+\varepsilon} \left(x_j^d(t) - x_i^d(t) \right) \right] \quad (۹)$$

از طرف دیگر، سرعت هر عامل در زمان بعد، برابر است با مجموع ضریبی از سرعت فعلی عامل و شتاب عامل که طبق رابطه (۱۰) تعریف می‌شود. موقعیت جدید عامل iدر بعد dطی رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

$$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (۱۰)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t) \quad (۱۱)$$

که در این روابط$v_i^d(t)$ سرعت بعد dام عامل iدر زمان tو $rand_i$یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه ۰ تا ۱ است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو استفاده شده است.ثابت گرانش، یک پارامتر مناسب برای کنترل توانایی‌های جستجو در این الگوریتم بشمار می‌آید. مقادیر بزرگ برای این پارامتر باعث تقویت توانایی کاوش الگوریتم و مقادیر کوچک آن باعث افزایش توانایی بهره‌وری الگوریتم می‌شود. تنظیم جرم عامل‌ها بر مبنای تابع هدف آن‌ها انجام می‌شود به‌گونه‌ای که به عامل‌های با شایستگی بیشتر، جرم بیشتری نسبت داده می‌شود و این امر با استفاده از رابطه (۱۲) میسر می‌شود. درنهایت اندازه جرم عامل‌ها طبق رابطه (۱۳) نرمالیزه می‌شود.

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (۱۲)$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^{N} m_j(t)} \quad (۱۳)$$

در این روابط،$fit_i(t)$ بیانگر میزان برازندگی و جرم عامل iدر زمانtاست. $best(t)$ و $worst(t)$به ترتیب بیانگر میزان شایستگی قویترین و ضعیف‌ترین عامل جمعیت در زمان tهستند. در ابتدای تشکیل سیستم، عمل به‌صورت تصادفی در یک نقطه از فضا قرار می‌گیرد که جوابی از مسئله است. در هرلحظه از زمان، عامل‌ها ارزیابی‌شده، تغییر مکان هر جرم پس از محاسبه روابط (۱۰) تا (۱۱) محاسبه شده، در زمان بعد جرم در آن موقعیت قرار می‌گیرد. پارامترهای سیستم شامل جرم گرانشی، جرم اینرسی و ثابت گرانش نیوتن می‌باشند که در هر مرحله طبق روابط (۱۲) و (۱۳) بروز رسانی می‌شوند. شرط توقف می‌تواند پس از طی مدت‌زمان مشخصی یا تعداد تکرارهای مشخص تعیین شود. فرض می کنیم که تمامی گره های حس گر بی سیم (که به طور خلاصه گره حس گر یا گره نیز نام دارند) و گره سینک[1] بعد از موضع گیری، مکان ثابت خواهند داشت. گره ها همگن[2] و با ظرفیت ارتباطاتی، محدوده حس گری و ظرفیت پردازش داده یکسان فرض می شوند. به علاوه مکان هر گره حس گر از قبل مشخص و سینک از مکان تمامی گره ها مطلع است. محیط حس گری برای یک گره، دیسک شکل و با شعاع مشخص (r_s)فرض می شود. اما در واقع می تواند به محیط های با شکل غیر عادی اعمال شود به شرطی که مدل های پوشش حس گری مشخص باشند. رویکرد پیشنهادی مسئله پوشش نقطه ای را در یک محیط معین مد نظر می گیرد. نقاط مورد علاقه[3](POI) مکانی است که در آن واقعه[4] اتفاق می افتد. فرض می کنیم که

[1] Sink
[2] Homogenous
[3] Points of Interest
[4] Event

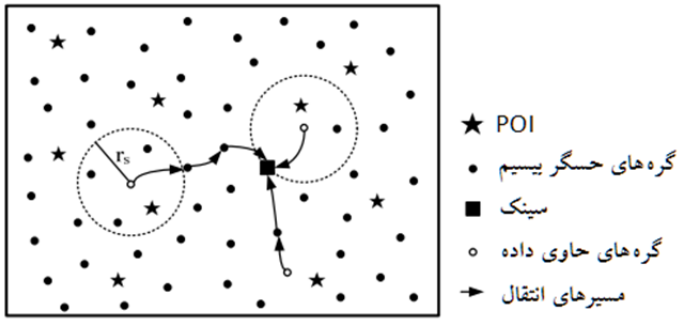
سیگنال واقعه همیشه در تمامی POI ها تولید می شود. همانگونه که که در شکل (۲) نشان داده شده است، هر POI توسط تعدادی گره حس گر محاصره شده است. اگر POI در محدوده حس گری r_s یک گره حس گر معین قرار داشته باشد، گره حس گر سیگنال واقعه را شناسایی می کند و داده اندازه گیری شده را به صورت چند-گامی[1] به سینک می فرستد. محیط مقصد R یک صفحه دو-بعدی $L_x \times L_y$ مترمربع است. یک مجموعه گره حس گر در R به صورت $C = \{c_1, c_2, c_3, \ldots, c_N\}$ تعریف می شود که در آن $c_i = \{x_i, y_i, r_s\}, i \in [1, N]$ و N تعداد کل گره های حس گر است. مختصات و شعاع حس گری یک گره حس گر به ترتیب $\{x_i, y_i\}$ و r_s است. یک مجموعه POI توزیع شده در منطقه R به صورت $P = \{p_1, p_2, \ldots, p_M\}$ تعریف می شود که در آن p_j در مکان $\{x_j, y_j\}, j \in [1, M]$ قرار دارد و M تعداد POI ها است. به علاوه متغیر باینری $\Re_{i,j}$ مشخص می کند که آیا c_i قادر به پوشش p_j است یا نه. $\Re_{i,j}$ بدین صورت تعریف می شود:

$$\Re_{i,j} = \begin{cases} 1 & if \quad (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 < r_s^2 \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (۱٤)$$

اگر فاصله بین p_j و c_i کمتر از r_s باشد، آنگاه p_j توسط c_i پوشش شده است. از اینرو، سیگنال واقعه تولید شده در POI می تواند شناسایی شود. هرچند p_j می تواند همزمان توسط v گره حس گر پوشش شود. برای یک p_j مشخص، اگر توسط دو یا بیشتر گره حس گر پوشش داده شود، اجتماع $\Re_{1,j}, \Re_{2,j}, \ldots, \Re_{v,j}$ برای p_j توسط عملگر بولین[2] محاسبه می شود:

$$\Re_{1,j} \vee \Re_{2,j} \ldots \Re_{v,j} = 1 - \overline{\Re}_{1,j} \wedge \overline{\Re}_{2,j} \ldots \wedge \overline{\Re}_{v,j} \qquad (۱۵)$$

که در آن $\Re_{i,j}$ معکوس بولینی $\overline{\Re}_{i,j}$ است. عملگر $\vee$ اجتماع بولینی و عملگر $\wedge$ اشتراک بولینی است.



شکل ۲: گزارش وقایعی که با ستاره نشان داده شده اند به گره سینک توسط گره های همسایه

با توجه به تحقیق انجام شده در [۲۱]، شبکه حس گر بی سیم خوشه ای (CWSN) باید به گونه ای بهینه شود که اتلاف انرژی در تمام شبکه به صورت مساوی پخش شود و طول عمر شبکه افزایش پیدا کند. مدل مصرف انرژی در شکل (۳) نشان داده شده است. از این رو که انرژی مصرف شده در انتقال رادیویی اغلب بیشتر از عملیات کلی حس گر و دسترسی به حافظه است، تنها انرژی مصرف شده در انتقال رادیویی را در نظر می گیریم و از سایر عملیات مصرف انرژی چشم پوشی می کنیم. در شکل (۳)، E_{elec} نمایانگر انرژی تلف شده در مدار ارسال یا مدار دریافت به ازای هر بیت است (با واحد نانو ژول)، E_{amp} نشانگر انرژی مصرف شده

[1] Multi-hop
[2] Boolean

توسط تقویت کننده توان[1] به ازای هر بیت و β توان مسیر است. در نتیجه، زمانی که یک بسته H بیتی به گیرنده ارسال می شود، کل انرژی مصرف شده بدین صورت محاسبه می شود:

$$E_{Tx}(d,H) = E_{elec} \times H + E_{amp} \times H \times d^{\beta}$$
$$E_{Rx}(d,H) = E_{elec} \times H \qquad (۱۶)$$

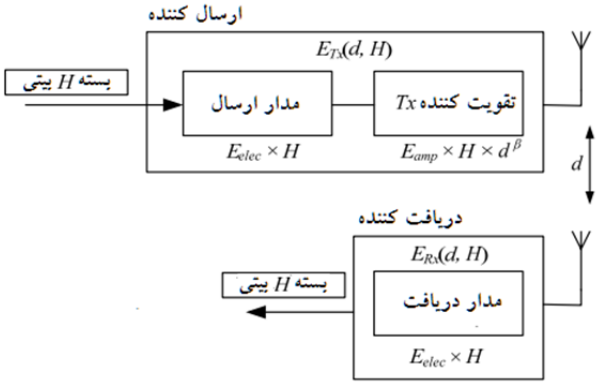
که در آن E_{Tx} و E_{Rx} به ترتیب کل انرژی مصرف شده برای ارسال و دریافت یک بسته H بیتی است. از آن جا که تمامی گره های حس گر همگن فرض می شوند، انرژی اولیه آن ها یکسان است. اما، سینک انرژی بالا، شامل این مدل مصرف انرژی ناست و انرژی آن از منابع انرژی با عرضه بالا گرفته می شود.SCP از مسائل NP– کامل است که بار اول در [۲۲] تعریف شده است. این مفهوم را به بهینه‌سازی برنامه ریزی گره ها اعمال می کنیم. در این تحقیق، SCP شامل مسئله مدیریت پوشش به همراه بهره وری انرژی است. SCP مسئله یافتن مجموعه از گره ها با هزینه حداقل به گونه ای که هر POI توسط حداقل یک گره پوشش داده شده باشد. از این رو SCP را می توان به صورت ریاضی به صورت زیر تعریف کرد:

$$\min \sum_{i} g_i . x_i \quad i \in [1, N] \qquad (۱۷)$$

با شرط:

$$\sum_{i} \Re_{i,j} . x_i \geq 1, \quad j \in [1, M]$$
$$x_i \in (0,1), \quad i \in [1, N] \qquad (۱۸)$$

در رابطه بالا، g_i هزینه فعال سازی هر گره و x_i برابر با ۱ نشانگر فعال بودن و x_i برابر با ۰ نشانگر غیرفعال بودن است. محدودیت رابطه (۱۸) پوشش هر p_j توسط حداقل یک گره را قید می کند. زمانی که شبکه فعال می شود، استفاده از مدل بهینه سازی شرح داده شده



شکل ۳. مدل مصرف انرژی استفاده شده

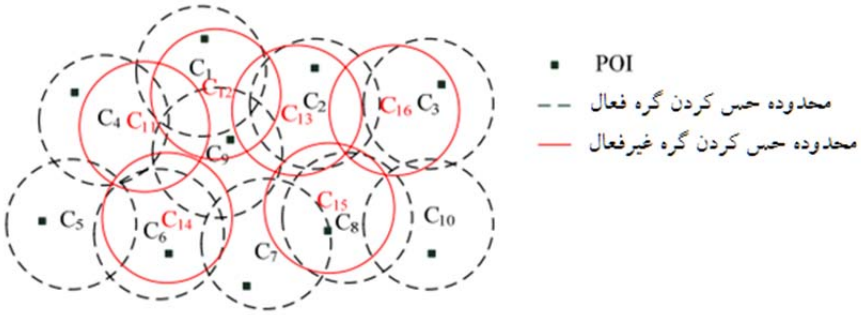
در روابط (۱۷) و (۱۸) حیاتی است زیرا این مدل، مصرف انرژی در شبکه را بهینه می کند. در الگوریتم جستجوی گرانشی، هر ذره نمایانگر یک جواب با یک مقدار برازندگی[2] متناظر است که از تابع برازندگی مشتق می شود. از تابع برازندگی یا تابع هدف برای

[1]Power amplifier
[2]Fitness

یافتن کیفیت یک جواب استفاده می شود. پس از به کارگیری الگوریتم، یک جمعیت جدید با اعضای بهتر تولید می شود. همچنین پروسه زمانی که به شرط توقف برسد متوقف می شود. کدگذاری بهتر ذرات می تواند عملکرد الگوریتم را بهبود دهد. برای بهینه سازی پوشش انرژی-آگاه، نیاز است که برنامه ریزی گره ها کدگذاری شوند. در این تحقیق یک برنامه ریزی بهینه گره ها برای فعال سازی و غیرفعال سازی گره های حس گر بی سیم در یک زمان خاص به گونه ای که طول عمر شبکه را افزایش دهد، استفاده می شود. برای برنامه ریزی، جواب ها به صورت رشته های باینری نمایش داده می شوند. به طور مثال، ۰ نشان‌دهنده غیرفعال بودن گره حس گر و ۱ نشان دهنده فعال بودن گره است. نمایش باینری ذرات در الگوریتم جستجوی گرانشی برای بهینه‌سازی پوشش انرژی-آگاه در شکل (٤) نشان داده شده است. در این شکل Λ نشان‌دهنده تعداد کل اعضا (ذرات) و $\ell_{i,j}$ نشان‌دهنده وضعیت گره c_jدر ذره iاست. باید توجه داشت که طول هر ذره برابر با N یعنی تعداد گره های حس گر است. از این رو که اندازه جمعیت باعث تولید جوامع متنوع و مختلف می شود، ضروری است که از اندازه جمعیت مناسب استفاده شود. به منظور ساده سازی، اندازه جمعیت قبل از اجرای الگوریتم تعیین می شود. از این رو اندازه جمعیت در هر تکرار الگوریتم ثابت است. در شکل (۵)، ١٦ گره برای حس کردن محیط استفاده می شود و چندین گره اضافی[1] (دایره های قرمز) وجود دارد. برای حفظ انرژی و به دست آوردن نسبت پوشش بهینه، یک برنامه ریزی بهینه گره ها در الگوریتم قرار دارد که گره های اضافی را غیرفعال می کند. از نظر کدگذاری ذرات، رشته 1111111111000000 نمایانگر مثال شکل (۵) است. از تابع برازندگی برای اندازه گیری کیفیت هر ذره استفاده می شود. هدف الگوریتم به دست آوردن نسبت پوشش بهینه با استفاده از کمترین تعداد گره حس گر است. برای هر گره، یک بردار پوشش پیشنهاد می شود که نمایانگر پوشش POI ها است. با توجه به مدل پوشش توصیف شده در بخش قبل، بردار پوشش یک گره خاص c_i می تواند توسط $\pi_i = \left[\Re_{i,1}, \Re_{i,2}, \ldots, \Re_{i,M}\right]$ تعریف شود که در آن $c_i \in C$. به همین صورت برای یک گره حس گر دیگر $c_j \in C$، بردار پوشش توسط $\pi_j = \left[\Re_{j,1}, \Re_{j,2}, \ldots, \Re_{j,M}\right]$ تعریف می شود. برای مطلع شدن از پوشش یک POI توسط یک حس گر بی سیم از یک مدل باینری استفاده می شود. عملگرهای بولین بر روی بردارها اعمال می شوند. یک بردار پوشش ترکیبی از c_iو c_j را می توان توسط اجتماع بولینی بین π_i و π_j به دست آورد:

	$\ell_{i,1}$	$\ell_{i,2}$	$\ell_{i,3}$	$\ell_{i,j}$	...	$\ell_{i,N}$
1	1	0	0	1	...	1
2	0	1	0	0	...	0
i	1	1	1	0	...	1
Λ	0	1	1	1	...	0

شکل ٤. کدگذاری ذرات برای الگوریتم جستجوی گرانشی



شکل ۵: پوشش در شبکه حس گر بی سیم با ١٦ گره فعال

[1]Redundant

$$\varpi(c_i, c_j) = \pi_i \vee \pi_j = \left[\Re_{i,1} \vee \Re_{j,1}, \Re_{i,2} \vee \Re_{j,2}, \ldots, \Re_{i,M} \vee \Re_{j,M} \right] \quad (۱۹)$$

که در آن ϖ نمایانگر یک بردار پوشش ترکیبی است که نشان دهنده پوشش یا عدم پوشش تمامی POI ها توسط c_i و c_j است. بردار پوشش ترکیبی برای یک ذره خاص k بدین صورت محاسبه می شود:

$$\varpi(k) = (\ell_{k,1}.\pi_1) \vee (\ell_{k,2}.\pi_2) \vee \ldots \vee (\ell_{k,N}.\pi_N) \quad (۲۰)$$

پروسه بررسی پوشش به عملگرهای باینری ساده سازی شده اند. نسبت پوشش برای هر ذره k عبارت است از:

$$\varepsilon^k = \frac{\|\omega(k)\|^2}{M} \quad (۲۱)$$

که در آن $\|\omega(k)\|^2$ نشانگر تعداد گره های فعال است. نسبت سودمندی[1] گره ها، $\aleph_t^k$، برای ذره k بدین صورت محاسبه می شود:

$$\aleph_t^k = \frac{\sum_{g=1}^{N} \ell_{k,g}}{N} \quad (۲۲)$$

که در آن $\sum_{g=1}^{N} \ell_{k,g}$ نمایانگر تعداد گره های انتخاب شده برای فعال سازی است. کیفیت ذره k را f_c^k تعریف می کند:

$$f_c^k = \alpha_1.(\varepsilon^k)^{\lambda_1} - \alpha_2.(\aleph_t^k)^{\lambda_2} \quad (۲۳)$$

با جایگذاری ε^k و $\aleph_t^k$ در رابطه های (۲۳) و (۲٤) در معادله بالا، f_c^k می شود:

$$f_c^k = \alpha_1.\left(\frac{\|\omega(k)\|^2}{M} \right)^{\lambda_1} - \alpha_2.\left(\frac{\sum_{g=1}^{N} \ell_{k,g}}{N} \right)^{\lambda_2} \quad (۲٤)$$

که در آن α_1 و α_2 ثابت های وزن دهی و λ_1 و λ_2 فاکتورهای توان می باشند.

٤. ارزیابی نتایج

در این تحقیق از ٤ پارامتر برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده شده است:

۱- **منطقه پوشش:** منطقه پوشش یا حس گری شامل نواحی می شود که هر گره می تواند پوشش دهد.

۲- **طول عمر شبکه:** طول عمر شبکه شامل بازه زمانی از شروع کار اولین گره تا زمانی که آخرین گره می میرد است.

۳- **توان شبکه:** تعداد بسته های دریافتی توسط ایستگاه پایه با تعداد بسته های ارسالی توسط گره ها مقایسه می شود.

٤- **انرژی باقی مانده:** انرژی باقی مانده در باتری گره های حس گر برای تحلیل انرژی مصرفی در هر روش استفاده می شود.

در این سناریو، پایگاه در مرکز شبکه حس¬گر بی سیم قرار داده می شود. هر سر خوشه داده های متراکم را بطور مستقیم و بدون استفاده از یک گره کمکی به پایگاه می فرستد. پیکربندی این سناریو در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج حاصل از این سناریو عبارت است از:

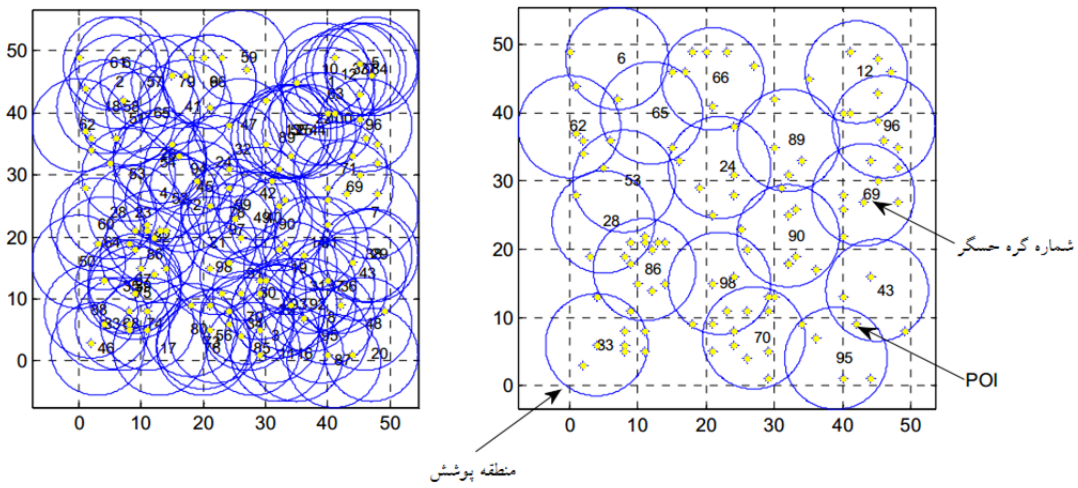
۱- منطقه پوشش: در شکل (٦) سمت چپ، گره های حس گر به صورت تصادفی در شبکه بخش شده اند و منطقه تحت پوشش آنها نیز به وسیله دایره ها نشان داده شده است. در سمت راست الگوریتم جستجوی گرانشی بر روی این شبکه اعمال شده است و همانطور که مشخص است منطقه پوشش و تعداد گره های فعال بهینه سازی شده است. این تعداد اندک از گره های حس گر منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر می انجامد.

[1] Utility ratio

۲- **طول عمر شبکه**[1]: در شکل (۷) طول عمر شبکه برای روش پیشنهادی و روش LEACH نشان داده شده است. گره های حس گر بعد از مصرف نیم ژول از کار خواهند افتاد. همانطور که در این شکل قابل مشاهده است روش پیشنهادی طول عمر شبکه را افزایش داده است. این به علت آن است که روش پیشنهادی مصرف انرژی را به صورت متوازن بین گره های شبکه تقسیم کرده است. ناحیه شبکه بی سیم به نواحی مختلف تقسیم شده است که دو زیر ناحیه آن خوشه بندی شده است. از طرف دیگر در الگوریتم LEACH شبکه خیلی زودتر از کار افتاده است که می تواند به این علت باشد که سرخوشه ها در یک منطقه نزدیک به هم انتخاب شده باشند. همانطور که مشاهده می شود، در حدود ۱۰۰۰ مرحله تفاوت بین روش پیشنهادی تا روش LEACH برای طول عمر شبکه است.

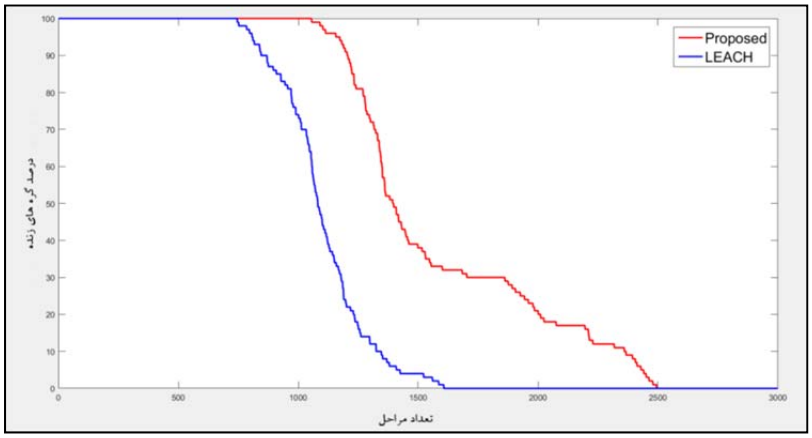
جدول ۱: تنظیمات سناریو ۱

پارامتر	مقدار
اندازه شبکه	۱۰۰*۱۰۰
مکان ایستگاه اصلی	(۵۰،۱۲۰)
تعداد گره های حس گر	۱۰۰
مکان گذرگاه	(۵۰،۵۰)
اندازه بسته داده	۵۰۰ بایت
انرژی اولیه	۰.۵ ژول
εfs	۱۰
εamp	۰.۰۰۱۰
E_{Elect}	۵۰



شکل ٦. نمایش پوشش در شبکه حس گر بی سیم در دو حالت تصادفی (سمت چپ) و بعد از اعمال روش پیشنهادی (سمت راست).

[1] Network Lifetime

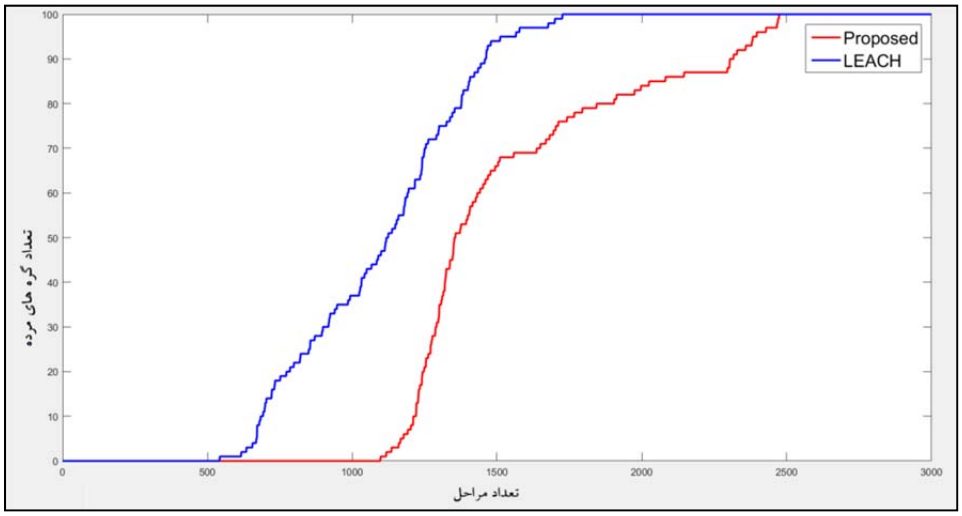


شکل ۷: نتایج طول عمر شبکه.

۳- تعداد گره های مرده: در شکل (۸) تعداد گره های مرده هر دو روش نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، تمامی گره های شبکه در روش LEACH بعد از ۱۵۰۰ مرحله کاملاً انرژی خود را از دست داده اند ولی در روش پیشنهادی بعد از ۲۵۰۰ مرحله این گره ها از دور خارج شده اند که این خود دلیل دیگری برای بهبود طول عمر شبکه در روش پیشنهادی است.

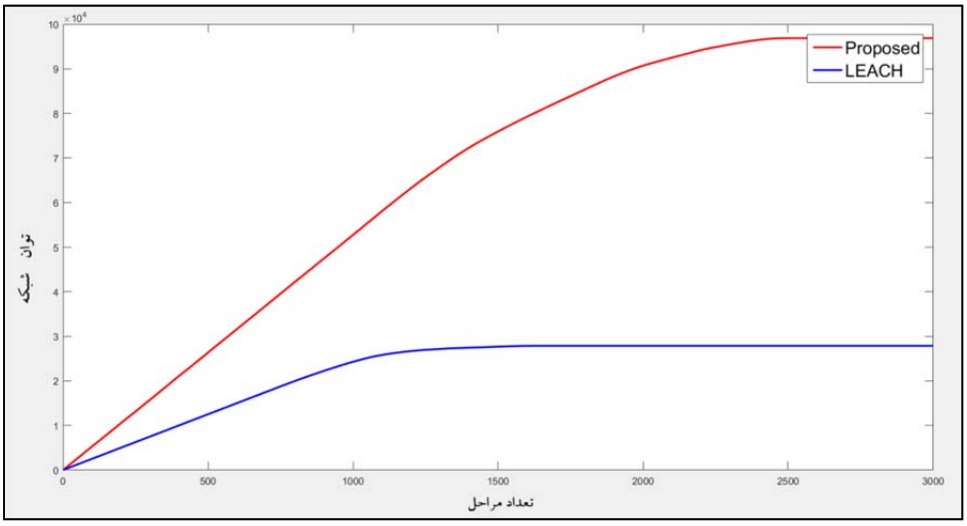
٤- توان شبکه[1]: توان شبکه با استفاده از دو معیار قابل محاسبه است: ۱- میانگین بسته های ارسالی به ایستگاه پایه (BS) که در شکل (۹) نشان داده شده است. ۲- میانگین بسته های دریافتی در کل شبکه که در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

میانگین بسته های ارسالی به BS از طریق انجام آزمایش های زیاد قابل محاسبه است. نتایج آزمایش توان شبکه برای روش پیشنهادی نشان می دهند که روش پیشنهادی باعث افزایش توان شبکه شده است. این نتایج در شکل (۹) نشان داده شده است. برای محاسبه توان در این تحقیق، ما فرض کرده ایم که سرخوشه ها می توانند با گره گذرگاه ارتباط داشته باشند. وجود این گره گذرگاه که یکی از نوآوری های این تحقیق است باعث افزایش ۵ برابری توان شبکه روش پیشنهادی نسبت به روش LEACH است.



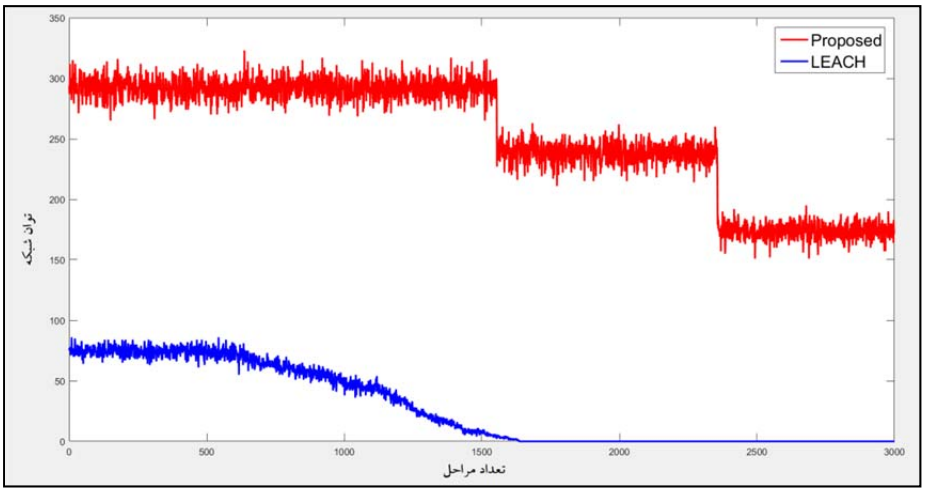
شکل ۸: نتایج تعداد گره های مرده.

[1] Throughput



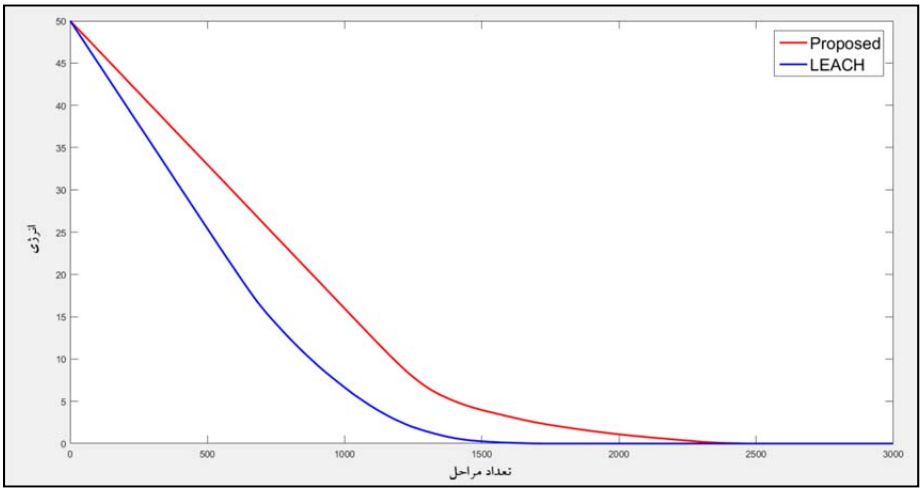
شکل ۹: نتایج توان شبکه (بسته های ارسالی به BS).

۵- انرژی باقی مانده[1]: شکل (۱۱) میانگین انرژی باقی مانده در هر مرحله را برای هر دو روش نشان می دهد. در این تحقیق فرض شد که هر گره ۰.۵ ژول انرژی دارد. کلیه انرژی شبکه با اندازه ۱۰۰ گره برابر ۵۰ ژول است. همانطور که مشاهده می شود روش پیشنهادی مصرف انرژی کمتری را نسبت به LEACH دارد. این شکل کاملا عملکرد روش پیشنهادی را در مصرف انرژی نشان می دهد که خیلی بهتر از روش مشهور LEACH است. قرار دادن گذرگاه در مرکز شبکه و افزایش احتمال انتخاب شدن سرخوشه در هر منطقه باعث کاهش مصرف انرژی در روش پیشنهادی شده است.



شکل ۱۰: نتایج توان شبکه (بسته های دریافتی شبکه).

[1]Residual Energy



شکل ۱۱: نتایج انرژی باقی مانده گره های شبکه.

۵. نتیجه گیری

امروزه شبکه های حس گر در شاخه های مختلف علم، کاربردهای زیادی پیدا کرده است. یک شبکه حس گر از تعداد زیادی حس گر کوچک تشکیل شده است. این حس گرها با کمک یکدیگر اطلاعاتی را در مورد میدان حسی قرارگرفته درآن به کاربران می-دهند.یکی از مسائل مهم در این شبکه‌ها، مسئله پوشش است. هدف این نوع پوشش نظارت حس گرهای گوناگون بر تمام نقاط میدان حسی است. با توجه به محدود بودن انرژی حس گرها، مسئله مهم دیگر که در شبکه‌های حس گر مورد بررسی قرار می‌گیرد ذخیره انرژی می‌باشد که باعث افزایش طول عمر شبکه نیز خواهد شد. در این تحقیق، مسئله بهبود مصرف انرژی درشبکه‌های حس گر با پوشش شبکه های حس گر بی سیم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و الگوریتم بهینه‌ای برای افزایش کارآیی انرژی حس گرها بر اساس الگوریتم جستجوی گرانشی پیشنهاد شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهند که الگوریتم پیشنهادی توانسته است منطقه پوشش، مصرف انرژی و طول عمر شبکه را بهینه سازی کند.

٦- مراجع

1. Akyildiz, I.F., et al., 2002, *Wireless sensor networks: a survey.* Computer networks. 38(4): p. 393-422.
2. Yang, K., 2014, *Wireless sensor networks.* Principles, Design and Applications.
3. Arampatzis, T., J. Lygeros, and S. Manesis. 2005, *A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks.* in *Intelligent Control, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation*. IEEE.
4. Karaboga, D., S. Okdem, and C. Ozturk, 2012, *Cluster based wireless sensor network routing using artificial bee colony algorithm.* Wireless Networks. 18(7): p. 847-860.
5. Cardei, M. and J. Wu, 2006, *Energy-efficient coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks.* Computer communications. 29 :(٤)p. 413-420.
6. Li, M., Z. Li, and A.V. Vasilakos, 2013, *A survey on topology control in wireless sensor networks: Taxonomy, comparative study, and open issues.* Proceedings of the IEEE. 101(12): p. 2538-2557.
7. Jameii, S.M., K. Faez, and M. Dehghan, 2015 ,*Multiobjective optimization for topology and coverage control in wireless sensor networks.* International Journal of Distributed Sensor Networks.

8. Wang, X., et al., 2013, *Coverage and energy consumption control in mobile heterogeneous wireless sensor networks.* IEEE Transactions on Automatic Control. 58(4): p. 975-988.
9. Rashedi, E., H. Nezamabadi-Pour, and S. Saryazdi, 2009, *GSA: a gravitational search algorithm.* Information sciences. 179(13): p. 2232-2248.
10. Wang, X., et al. 2003, *Integrated coverage and connectivity configuration in wireless sensor networks*. in *Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*. ACM.
11. Halder, S. and S.D. Bit, 2014, *Enhancement of wireless sensor network lifetime by deploying heterogeneous nodes.* Journal of Network and Computer Applications. 38: p. 106-124.
12. Wan, P.-J., X. Xu, and Z. Wang. 2011, *Wireless coverage with disparate ranges*. in *Proceedings of the Twelfth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*. ACM.
13. Zhang, H. and J.C. Hou, 2005, *Maintaining sensing coverage and connectivity in large sensor networks.* Ad Hoc & Sensor Wireless Networks. 1(1-2): p. 89-124.
14. Torkestani, J.A., 2013, *An adaptive energy-efficient area coverage algorithmfor wireless sensor networks.* Ad hoc networks. 11(6): p. 1655-1666.
15. Tian, D. and N.D. Georganas. 2002, *A coverage-preserving node scheduling scheme for large wireless sensor networks*. in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*. ACM.
16. Kim, Y.-h., et al., 2013, *Lifetime maximization considering target coverage and connectivity in directional image/video sensor networks.* The Journal of Supercomputing: p. 1-18.
17. Ai, J. and A.A. Abouzeid, 2006, *Coverage by directional sensors in randomly deployed wireless sensor networks.* Journal of Combinatorial Optimization. 11(1): p. 21-41.
18. Yang, Y., A. Ambrose, and M. Cardei, 2011, *Coverage for composite event detection in wireless sensor networks.* Wireless Communications and Mobile Computing. 11(8): p. 1168-1181.
19. Cai, Y., et al., 2009, *Energy efficient target-oriented scheduling in directional sensor networks.* IEEE Transactions on Computers. 58(9): p. 1259-1274.
20. Gil, J.-M. and Y.-H. Han, 2011, *Atarget coverage scheduling scheme based on genetic algorithms in directional sensor networks.* Sensors. 11(2): p. 1888-1906.
21. Heinzelman, W.R., A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. 2000, *Energy-efficient communication protocol for wireless microsensornetworks*. in *System sciences, 2000. Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on*. IEEE.
22. Daskin, M.S., 2011, *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. John Wiley & Sons.

Energy Coverage Control in Wireless Sensor Networks Using Gravity Search Algorithm

Hamed Aminzadeh[1*], Abbasali Rezaee[2]

1. Department of Electrical Engineering, Payame Noor University, 19395-4697, Tehran, Iran
hamedmr1@yahoo.com
2. Department of Electrical Engineering, Payame Noor University, 19395-4697, Tehran, Iran
abasrezae@gmail.com

Abstract:

Sensor networks have found many applications in different branches of science. A sensor grid is made up of a large number of small sensors. These sensors help each other to provide information about the sensory field. One of the major issues in sensor networks is the problem of coverage. The problem of coverage explores the answer to the question of how far the physical environment of a sensor network is properly monitored by the nodes of the network. The importance of this issue is to the extent that it is considered as one of the parameters of the quality of service in such networks. In all cases, the need for the methods that can accurately calculate network coverage is well known. In this paper, we try to provide an optimal solution to the problem of coverage in a wireless sensor network with the help of a modified gravitational search algorithm.

Keywords: Gravitational Search Algorithm, Energy Coverage, Sensor Network, Telecommunication Engineering.