

!" #%\$'

HACH: الگوریتم اکتشافی برای خوشه بندی پروتکل سلسله مراتبی در شبکه

حسگر بی سیم

خلاصه

شبکه های حسگر بی سیم (WSN) ها نیاز به پروتکل های مدیریت انرژی برای کارآمد بودن محدودیت های انرژی مصرفی با سنسورهای باتری را دارند تا طول عمر شبکه خود را افزایش دهند. این مقاله یک الگوریتم جدید اکتشافی برای سلسله مراتب خوشه ای (HACH) ارائه می دهد که به طور پیوسته انتخاب گره های غیر فعال و گره های خوشه ای را در هر دور انجام می دهد. انتخاب گره غیر فعال استفاده از مکانیسم زمانبندی زمانی تصادفی را برای تعیین گره هایی که می توانند در حالت خواب قرار گیرند بدون تأثیری بر پوشش شبکه تأثیر می گذارد. همچنین، الگوریتم خوشه بندی از یک اپراتور متقاطع اکتشافی جدید برای ترکیب دو راه حل متفاوت برای دستیابی به یک راه حل بهبود یافته استفاده می کند که باعث افزایش توزیع گره های خوشه و متناسب کردن مصرف انرژی در WSN می شود. الگوریتم پیشنهادی از طریق آزمایشهای شبیه سازی و با برخی از الگوریتم های موجود مقایسه می شود. پروتکل ما نشان می دهد عملکرد بهبود یافته از لحاظ طول عمر طولانی و حفظ عملکرد مطلوب حتی تحت تنظیمات مختلف ناهمگونی انرژی.

TarjomeFa.Com

کلید واژه ها: شبکه های حسگر بی سیم، زمانبندی خواب، خوشه بندی، متقاطع اکتشافی، پوشش، ناهمگونی انرژی

1. معرفی

پیشرفت های اخیر در ارتباطات بی سیم و میکروالکترونیک ها در توسعه گره های حسگر نقش دارند، چابک، مستقل، خودآگاه و خودسازگاری دارند. این گره های حسگر در طول یک منطقه فضایی به طور گسترده ای به منظور حس رویداد خاص یا شرایط غیر طبیعی محیط مانند رطوبت، حرکت، گرما، دود، فشار، و غیره به شکل داده ها [1] استفاده می شود. این سنسورها، هنگامی که در تعداد زیادی هستند، می توانند در محیط های دور افتاده و خصمانه شبکه های متصل شده و مستقر شوند که امکان اتصال شبکه حسگر بی سیم (WSN) را فراهم می کند. به عنوان مثال، در

WSNs تا کنون در بسیاری از کاربردهای نظامی و عمومی مورد استفاده قرار گرفته است، برای مثال در تصویربرداری میدان هدف، تشخیص رویداد، نظارت بر آب و هوا، سناریوهای مشاهده لمسی و امنیتی [2]. با این وجود، توزیع گره حسگر و طول عمر شبکه با نیاز انرژی و پهنای باند محدود می شود. این محدودیت های ذکر شده در مقایسه با توزیع مشترک تعداد زیادی از گره های حسگر، هنگامی که یک توپولوژی شبکه WSN قرار است مورد توجه قرار گیرد، باید در نظر گرفته شود. طراحی طرح های کارآمد انرژی یک چالش عمده به ویژه در حوزه مسیریابی، که یکی از توابع کلیدی [3] WSNs است. بنابراین، تکنیک های نوآورانه که ضعف های انرژی را کاهش یا حذف می کنند، عموماً طول عمر شبکه را کوتاه می کنند ضروری است. در این مقاله، نویسندگان روشی را ارائه می دهند که مصرف انرژی را در گره های حسگر برای صرفه جویی طول عمر WSN تعادل می دهد. تکمیل منابع انرژی به طور منحصر به فرد با استفاده از دو مکانیسم توصیف شده به دست می آید. اولاً انتخاب سرخوشه (CH) با استفاده از یک الگوریتم عمومی (GA) مورد استفاده قرار می گیرد که گره های مناسب توزیع شده با انرژی های بالاتر را به عنوان CHS انتخاب می کند. در مرحله دوم، یک مکانیزم انتخاب الهام گرفته از بولتزمن برای انتخاب گره ها به حالت مد خواب بدون ایجاد تأثیر روی پوشش استفاده شده است.

معمولترین پروتکل های مسیریابی که برای رسیدگی به مشکلات مورد بحث قرار گرفته اند، به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند، یعنی مسطح (یکدست) و سلسله مراتبی پروتکل های یکدست شامل انتقال مستقیم (DT) و کمترین انتقال انرژی (MTE) شناخته شده هستند که توزیع متعادل انرژی حسگر را در WSN ارائه نمی کنند. معایب MTE این است که یک سنسور راه دور در هنگام انتقال داده ها به / از سینک از یک سنسور رله استفاده می کند و این باعث می شود که سنسور رله اولین گره برای مردن باشد. در پروتکل DT، سینک به طور مستقیم با سنسور ارتباط برقرار می کند و در نتیجه اول مرگ سنسور از راه دور است. در نتیجه، هنگام ایجاد WSNs، پروتکل های خوشه بندی صرفه جویی انرژی به عنوان یک عامل محوری برای گسترش طول عمر سنسور عمل می کند. به طور کلی، پروتکل های خوشه بندی می توانند از طریق استفاده از مکانیسم های جمع آوری داده ها بهتر از پروتکل های مسطح به کار برده شوند. در WSN ها، سه نوع گره وجود دارد: سرخوشه (CH)، گره عضو (MN) و گره سینک (SN) گره عضو،

حس کردن داده های خام را مدیریت می کند و زمان بندی دسترسی چندگانه دامنه زمانی (TDMA) را برای ارسال داده های خام به CH انجام می دهد. CH باید داده های جمع آوری شده از MN ها را جمع آوری کند و داده های جمع آوری شده را به SN از طریق تک-هاپ یا چند هاپ منتقل کند. انتخاب CH توسط سنسورها به صورت جداگانه توسط SN انجام می شود و یا توسط طراح شبکه بی سیم می تواند پیش از آن اجرا شود. در اینجا، انتخاب CH توسط SN به علت این واقعیت است که SN دارای انرژی کافی است و می تواند محاسبات چند لمسی را انجام دهد. مشکل انتخاب CH را می توان به عنوان یک مسئله بهینه سازی در نظر گرفت که در آن روش GA برای حل آن استفاده می شود. در اینجا نویسندگان یک تابع هدف را تعیین می کنند که راه حل گسسته را ارزیابی می کند و پیشنهاد یک نوآوری نوآورانه را می دهد که با شناخت مشکل ما افزایش می یابد.

در این مقاله، ما یک الگوریتم اکتشافی جدید برای پروتکل خوشه بندی سلسله مراتبی (HACH) ارائه می کنیم که به طور همزمان زمانبندی خواب و خوشه بندی گره های حسگر بر روی هر یک از آنها را انجام می دهد. برای زمانبندی خواب برنامه نویس، انتخاب تصادفی از گره های غیر فعال (SSIN) را توسعه داده است. یک پروتکل که تقلید از فرایند انتخاب بولتزمن در GA استفاده می شود برای کاهش تعداد گره های فعال در هر دور با قرار دادن برخی از گره ها برای خواب یا به حالت غیر فعال، به طوری که انرژی می تواند حفظ شود و طول عمر شبکه افزایش بدون آسیب رساندن به پوشش. ما بیشتر الگوریتم تکاملی پیشرفته اکتشافی-مقاطع برای انتخاب سر خوشه (HEECHS) برای عملیات خوشه سازی را توسعه دادیم. HEECHS با استفاده از اطلاعات شناخته شده در اطراف مشکل برای ایجاد یک مقطع اکتشافی مفید که مواد ژنتیکی را در یک روش منحصر به فرد برای تولید پیکربندی CH بهبود یافته ترکیب می کند. این روش برخی از موازی سازی ها با الگوریتم های بهینه سازی شناخته شده مانند الگوریتم Memetic (MAs) را توصیف کرده است. این الگوریتم نوعی از اکتشافات جستجوی تصادفی جهانی است که در آن تکنیک های مبتنی بر الگوریتم تکاملی با تکنیک جستجوی محلی برای بهبود کیفیت راه حل های پیشنهادی برای تکامل ترکیب می شوند [6]. زمانبندی خواب و الگوریتم خوشه بندی با هماهنگ کردن مصرف انرژی در میان گره های حسگر در طول زمان ارتباط، برای بهینه سازی طول عمر شبکه همکاری می کنند. بهینه سازی مصرف انرژی

با انتخاب گره های توزیع فضایی با انرژی بالاتر به عنوان CHS انجام می شود و بعلاوه گره های خاصی را به حالت خواب بدون آسیب رساندن به پوشش قرار می دهد. پروتکل HACH پیشنهادی نسبت به پروتکل هایی که از GA استفاده می کنند بسیار خوب عمل می کند، زیرا دانش مسئله را به اپراتور متقاطع GA متصل می کند. بقیه مقاله به شرح زیر است: بخش 2، کار مربوط به تکنیک های حفاظت از انرژی و پروتکل های خوشه بندی در زمینه شبکه های حسگر بی سیم انرژی را ارائه می دهد. بخش 3 مدل پیش فرض مدل شبکه و رادیویی را که در پروتکل ارائه شده است، توصیف می کند. در بخش 4 نویسندگان الگوریتم پیشنهادی ما را در سه مرحله عملیاتی محوری، که مکانیسم زمانبندی خواب، الگوریتم خوشه بندی، محاسبه مصرف انرژی است، توصیف می کند. بخش 5 ارائه راه اندازی آزمایشی ما، روشهای عملکرد، نتایج و بحث را ارائه می دهد. سرانجام، بخش 6 نتیجه گیری ما را ارائه می دهد.

2. کارهای مرتبط

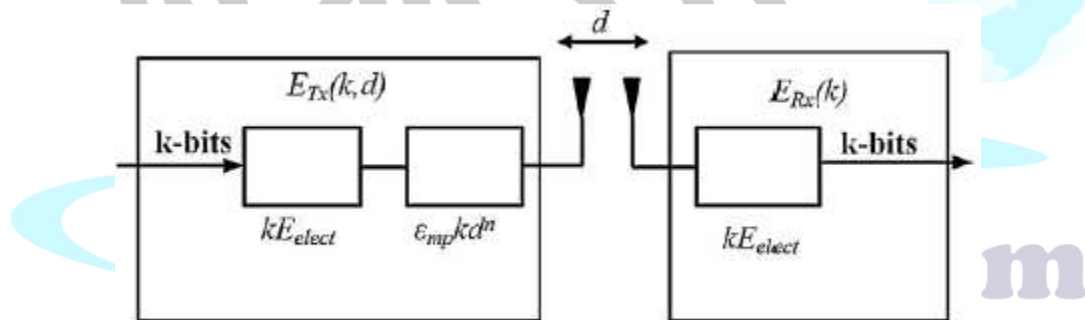
در محیط WSN، زمانبندی خواب گره سنسور می تواند به عنوان یک روش حفاظت از انرژی برای طول عمر شبکه مورد استفاده قرار گیرد. در [7]، حداکثر سازی پوشش با پروتکل زمانبندی خواب (CMSS) که اطمینان حاصل می کند که مناطق شبکه به طور کامل توسط سنسورهای انتخاب شده پوشش داده می شود، ارائه شده است. هر سنسور اطلاعات را با سنسورهای همسایه خود مبادله می کند و زمان انتظار را تنظیم می کند. زمان انتظار، سنسور می تواند یک پیام خواب از گره های مجاور دریافت کند. هنگامی که یک سنسور این پیام ها را دریافت می کند، جدول مربوط به همسایه و سلول خود را به روز می کند. اگر حداقل مقدار از جدول ارزش سلول یک سنسور برابر با یک باشد، به طور مداوم گره فعال می شود. در غیر اینصورت، به زمان انتظار می رود تا قبل از تبدیل شدن به یک گره فعال، به پایان برسد. استراتژی صرفه جویی در مصرف انرژی (EPSS) اجازه می دهد تا هر سنسور در رابطه با رفتن به حالت خواب بر اساس فاصله آنها از سر خوشه و تراکم شبکه تصمیم گیری کند. این مصرف انرژی متعادل را در خوشه با در نظر گرفتن تراکم اعزام گره و شبکه با تعیین احتمال خواب تضمین می کند [8]. در [9]، یک روش احتمالاتی و تحلیلی برای تقریب پوشش حسی پوشش داده شده بین گره و همسایگانش استفاده شد. زمانی که یک گره را می توان بدون

خسارت به پوشش مورد انتظار قرار داده شود نیز ارزشمند است. این روش با استفاده از طرح پیشنهادی برنامه ریزی و مسیریابی برای کاهش سربار پیام های کنترل مورد استفاده قرار می گیرد در حالی که با توجه به حالت بعدی (فعال، نیمه فعال، غیرفعال / خواب) گره های حسگر، کاهش می یابد.

در کنار تکنیک های ذخیره انرژی، پروتکل های خوشه بندی انرژی کارآمد نیز می توانند برای کاهش و تعادل مصرف انرژی در گره های حسگر در WSN به طول عمر طولانی منجر شوند [10-13]. در زمان انتخاب CH و غیر CH، سلسله مراتب خوشه بندی سازگار با انرژی کم (LEACH) فرض می کند که انرژی هر گره حسگر یکسان است. فرآیند انتخاب از نظر احتمالی انجام می شود و نقش اصلی CH است که جمع آوری داده ها دریافت شده از اعضای خوشه و انتقال داده های جمع آوری شده به طور مستقیم به چاهک را برعهده دارد. مشکلات این پروتکل بوجود می آیند چون محل CH انتخاب شده ممکن است در راه دور از چاهک باشد، در نتیجه در هنگام انتقال به چاهک انرژی بیشتری مصرف خواهد کرد. این می تواند در گره های CH سریعتر از دیگر نقاط شود [5]. LEACH دو سطح (TL-LEACH) که در [14] توصیف شده است، سطح اضافی را به خوشه اضافه می کند در حالی که LEACH دارای تنها یک سطح است. این سطح اضافی مصرف انرژی را به ویژه برای CHها بسیار کم از سینک کاهش می دهد. توزیع انرژی هیبریدی (HEED) پیشنهاد شده در [15] CHها را با استفاده از انرژی باقی مانده و کمترین انرژی مورد استفاده برای برقراری ارتباط بین CHها و غیر CHها انتخاب می کند. چاهک داده ها را از گره ها با استفاده از یک رویکرد ارتباط چند منظوره جمع می کند.

در پروتکل پیشنهادی طبقه بندی شده تطبیقی کنترل شده [16] (TCAC) بسیاری از گره ها می توانند نامزدهای گره CH خود را در نظر بگیرند و دیگر گره های این را اطلاع دهند. هر گره نامزد CH بررسی می کند که آیا دیگر گره های CH نامزد دارای سطح انرژی باقی مانده بالاتر هستند یا خیر. اگر هیچ کس با انرژی باقی مانده بالاتر نباشد، بالاترین خود را CH می گوید. CH که کمترین هزینه را بین خود و CH به این ارتباط اختصاص می دهد توسط غیر CHها انتخاب شده است. اندازه خوشه با استفاده از پروتکل TCAC متعادل می شود و سپس داده ها به طور مستقیم از طریق CH ارسال می شود. در پروتکل سلسله مراتب خوشه ای (SEECH) [17] که به مقیاس پذیری پیشنهاد شده

است، گره های شبکه به سه لایه تقسیم می شوند که گره های عضو، گره ها و گره های CH است. تکامل خوشه ها بر اساس چگونگی مرکزی بودن گره CH با حداقل توزیع انرژی داخل خوشه ای است. گره نزدیک به چاهک در یک خوشه اغلب به عنوان گره رله انتخاب می شود. گره CH توسط گره رله برای انتقال داده ها به وسیله ی یک گام و یا چندین گام ارتباط داده می شود. یک پروتکل کارآمد انرژی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک (GABEEC) در [18] توصیف شد. در اینجا خوشه بندی CH با انتخاب پویا بود. یک گره عضو وابسته، در پایان هر دور، با استفاده از این تصمیم بر اساس انرژی باقیمانده CHها فعلی و انرژی متوسط اعضای خوشه، به یک CH تبدیل می شود. رویکرد الگوریتم ژنتیک توصیف شده است و هدف آن افزایش فاصله های ارتباطی و بهینه سازی طول عمر شبکه است. در مورد پروتکل مبتنی بر خوشه با انرژی متمرکز شده برای افزایش طول عمر شبکه سنسورها با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ذرات (PSO) در [19] بحث شده است. نویسندگان همچنین یک تابع هزینه جدید را تعریف می کنند که به طور همزمان حداکثر فاصله بین گره غیر CH و CH آن و انرژی باقیمانده از نامزد CH در الگوریتم انتخاب CH را تعریف می کند.



شکل 1: مدل تخلیه انرژی رادیویی.

3. فرضیه های شبکه و مدل رادیویی

- در پروتکل HACH پیشنهاد شده، فرضیه های مهم شبکه و مدل رادیویی به شرح زیر ارائه می شود:
- سینک اطلاعات یک دستگاه ثابت و دارای منابع است که دور از میدان حسابی قرار گرفته است.
 - پس از استقرار، تمام سنسورها ثابت هستند و انرژی متوسط در محیط همگن یا ناهمگن ثابت است.
 - همه سنسورها دارای GPS یا سایر دستگاه های تعیین موقعیت مکانی هستند که به آنها متصل شده اند. از این رو، الگوریتم HACH را نمی توان برای برنامه های کاربردی حسگر بدون جی پی اس مستقر کرد.

-گره ها قادر به عملکرد در حالت غیر فعال و یا حالت خواب کم قدرت هستند.

-گره هایی که نزدیک به یکدیگر هستند، داده های همبسته دارند.

-کانال ارتباطی در نظر گرفته شده، متقارن (یعنی انرژی مورد نیاز برای انتقال داده ها از گره سنسور S1 به گره حسگر

S2 برابر انرژی مورد نیاز برای ارسال پیام از گره S2 به گره S1 برای نسبت سیگنال به نویز (SNR))

برای اطمینان از مقایسه با پروتکل های قبلی [5,20,21]، نویسندگان مدل ساده ای برای ائتلاف انرژی سخت افزار

رادیویی ارائه دادند، در جایی که فرستنده انرژی $E_{TX}(k, d)$ را برای مدیریت الکترونیک رادیویی و تقویت کننده قدرت

از بین می برد، و گیرنده انرژی $E_{RX}(k)$ را در هنگام مدیریت الکترونیک رادیویی از بین می برد، همانطور که در شکل

1 نشان داده شده است. فضای آزاد (d^2 power loss) و محو شدن چندگانه (d^4 power loss) مدل های کانال

(بسته به فاصله d) بین فرستنده و گیرنده) برای تمام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. تقویت کننده قدرت به

درستی مدیریت می شود، بنابراین اگر فاصله کمتر از فاصله آستانه باشد، ما از مدل فضای آزاد (f_s) استفاده می کنیم.

حالت دیگر، مدل چند مسیر (mp) استفاده می شود.

بنابراین، برای ارسال یک پیام k -bit فاصله d ، رادیو صرف می کند:

$$E_{TX}(k, d) = \begin{cases} kE_{elect} + \varepsilon_{mp}kd^4, & \text{if } d > d_0 \\ kE_{elect} + \varepsilon_{fs}kd^2, & \text{if } d < d_0 \end{cases} \quad (1)$$

And to receive k -bit message, the radio uses:

$$E_{RX}(k) = kE_{elect} \quad (2)$$

جایی که معادله $d_0 = \sqrt{\varepsilon_{fs}/\varepsilon_{mp}}$ نشان دهنده فاصله آستانه و انرژی الکترونیک، فاکتورها مانند کدگذاری

دیجیتال، مدولاسیون استفاده شده و همچنین فیلتر کردن و گسترش اثر سیگنال E_{elect} است. انرژی تقویت کننده،

ε_{mp} or ε_{fs} به فاصله تا گیرنده و نرخ پذیرش بیت-خطا بستگی دارد.

سه پروتکل متوالی در پروتکل پیشنهادی وجود دارد: زمانبندی خواب، خوشه بندی و عملیات شبکه. سینک بسته های کنترل را در مرحله راه اندازی اولیه منتقل می کند تا بتواند اطلاعات گره را از لحاظ شناسه، مکان و انرژی گره دریافت کند. پروتکل SSIN به طور پویا پیشنهاد می کند گره ها را برای فرستادن به خواب با تولید لیست نامزد اولیه انتخاب کند. این فهرست با گره های دارای انرژی های پایین تر از انرژی متوسط تمام گره ها پر شده است. با استفاده از یک روند تصادفی، تعداد کمی گره پس از آن به حالت خواب بدون آسیب رساندن به پوشش قرار می گیرد. انتخاب CH با استفاده از HEECHS سپس در گره های فعال باقی مانده تکمیل می شود.

پروتکل پیشنهادی HEECHS در لایه شبکه WSNS مدل لایه ای ارائه شده در [22] عمل می کند که مشابه مدل شبکه اتصال سیستم باز (OSI) است. پس از به کار گرفتن گره ها، سینک بسته های کنترل حاوی مختصات و ارزش انرژی تمام گره ها را ارسال و دریافت می کند. با استفاده از مختصات حسگر حاصل، سینک فاصله های اقلیدسی بین دو گره مجاور و هر گره را تا سینک محاسبه می کند. هر سنسور با محاسبه فاصله اقلیدسی بین خود، همسایگان و سینک به روز می شود. این فاصله ها اقلیدسی و مقادیر انرژی هر دو در ایجاد توپولوژی شبکه مبتنی بر خوشه به منظور مسیریابی بسته استفاده می شود.

در اینجا، نویسندگان، خوشه بندی را به عنوان یک مشکل بهینه سازی مورد بررسی قرار داده اند که بهتر است با استفاده از GA انجام شود. انتخاب تورنمنت، اپراتور جهش و متقاطع اکتشافی، اپراتورهای ژنتیکی مورد استفاده در این رویکرد هستند. مناسب ترین پیکربندی CH که باعث اطمینان از صرفه جویی انرژی در شبکه می شود در هر دور عملیاتی شبکه انتخاب می شود. انرژی باقی مانده هر گره در پایان هر دور محاسبه می شود. سپس این مقدار محاسبه شده برای محاسبه انرژی متوسط برای دور بعدی استفاده می شود. این چرخه پس از آن تکرار می شود تا زمانی که گره های شبکه مرده اند، همانطور که در الگوریتم 1 نشان داده شده است.

الگوریتم HACH پیشنهادی

```
Let AliveNodes be the total number of sensor nodes
Compute the network total coverage.
while (AliveNodes > 0) do
    Use algorithm SSIN to select inactive nodes. (See Algorithm 2)
    Put selected nodes into sleep mode.
    Apply the proposed HEECHS algorithm for CHs configuration. (See
    Algorithm 3)
    Compute the energy values of  $E_{CH}$ ,  $E_{Mem}$  and  $E_{Res}$ . (refer to Section 4.3.3)
    Calculate the number of dead nodes (node with energy equal or less than
    0).
    Update AliveNodes.
end while
```

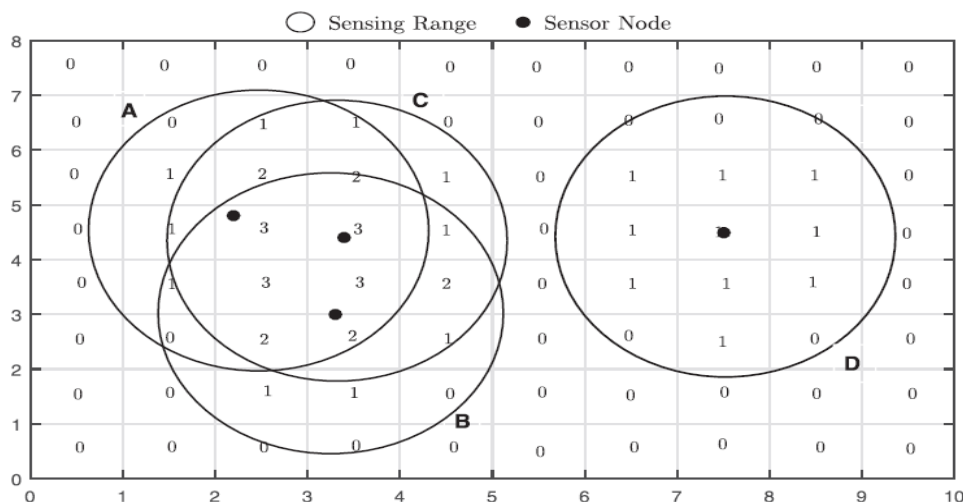
4.1 مکانیزم زمانبندی خواب

در این بخش، برآورد پوشش را با تنظیم یک ماتریس محاسبه می کنیم که تعداد گره هایی را پوشش می دهد که در هر نقطه از شبکه قرار دارد.

علاوه بر این، ما پروتکل SSIN مان را ارائه می دهیم که از مقادیر انرژی و اثر پوشش در تصمیم گیری که کدام گره ها به حالت خواب بروند، استفاده می شود.

4.1.1 برآورد پوشش و تنظیم ماتریس

پوشش توسط تقسیم میدان حسگر به مناطق یکپارچه $grid$ برآورد شده است. تعداد سنسورهایی که هر نقطه بر روی شبکه ($grid$) را پوشش می دهند، با محاسبه فاصله اقلیدس بین هر نقطه شبکه و نقطه حسگر فردی با استفاده از مختصات آنها تخمین زده می شود. اگر فاصله اقلیدسی بین دو نقطه در محدوده (رنج) حس کردن R_s باشد، نقطه گرفته شده توسط حسگر پوشیده شده است. ماتریس پوشش در شکل 2 نقاط شبکه که توسط هر سنسور پوشش داده نمی شود و نقاط تحت پوشش یک یا چند سنسور را شناسایی می کند.



شکل 2. ماتریس پوشش نقاط شبکه پوشیده شده توسط سنسورها در میدان سنجش 10×8 .

4.1.2 انتخاب گره غیر فعال با استفاده از مکانیزم SSIN

نتایج در مورد اینکه کدام گره ها برای ارسال در حالت غیر فعال در ابتدای هر دور عملیات شبکه توسط SSIN ساخته شده است. فهرست کاندیداهای گره های خواب، از طریق بررسی اینکه کدام گره انرژی کمتری نسبت به انرژی محاسبه شده دارد، تکامل یافته است. این فرایند انتخاب معادل فرآیند انتخاب Boltzmann است که با استفاده از یک روش برای کنترل فشار انتخاب [23] اتخاذ می شود. پارامتر دما در فرآیند انتخاب Boltzmann برای کنترل فشار متنوع است. حداکثر اثر پوشش Max_{eff} در این مقاله برای تنظیم اثر قرار دادن گره های WSN در خواب استفاده می شود و به صورت زیر تعریف می شود:

$$Max_{eff} = 2\pi R_s^2 \quad (3)$$

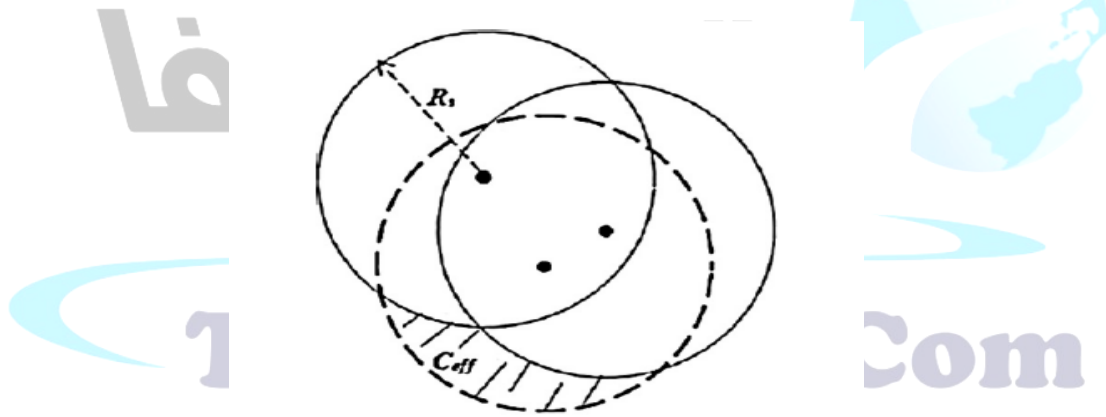
در اینجا R_s محدوده ای است که گره سنسور حس می کند (با توجه به منطقه پوشش به عنوان یک دایره با شعاع R_s)، $(\pi \times R_s^2)$ پوشش یک گره است و مقدار '2' نشان دهنده پوشش دو گره است.

اثر پوشش C_{eff} همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است، تاثیر قرار دادن گره برای خواب بر اساس پوشش است. اثر پوشش کل با فراخوانی یک ماتریس به نام Coverage Matrix محاسبه می شود. این ماتریس مناطق پوشش گره را می گیرد که همپوشانی اجازه شناسایی گره ها را می دهد که می توانند در حالت خواب بدون آسیب رساندن به پوشش قرار گیرند همانطور که دیگر گره ها پوشش ناحیه گره انتخابی وجود دارد. اثر پوشش Acc_{eff} انباشته به

عنوان اثر کل در پوشش به عنوان یک نتیجه از اجازه دادن به برخی از گره ها برای خواب تعریف می شود. الگوریتم ما در اینجا ارائه شده است تا اطمینان حاصل شود که مقدار Acc_{eff} انتظار می رود که کمتر از Max_{eff} برای پوشش مطلوب ($Acc_{eff} < Max_{eff}$) باشد. احتمال اینکه یک گره به لیست گره خواب اضافه شود، می تواند با استفاده از:

$$P = e^{(-C_{eff}/Max_{eff})/(1-(Acc_{eff}/Max_{eff}))^2} \quad (4)$$

جایی که Acc_{eff} ارزش آن را به حداقل برساند و Max_{eff} یک پارامتر کنترل مشابه دما در انتخاب مسابقات بولتزمان است [24]. احتمال محاسبه، P با یک عدد تصادفی تولید شده در محدوده $[0,1]$ ، یکنواخت به صورت تصادفی مقایسه می شود. فهرست نامزدهای گره غیر فعال، اگر رندم $(0,1)$ کمتر از P باشد، تصادفی شکل می گیرد. Acc_{eff} با اضافه کردن مقدار فعلی آن به مقدار C_{eff} محاسبه می شود. عملیات $SSIN$ همچنان ادامه دارد تا Acc_{eff} بزرگتر از Max_{eff} است که در الگوریتم 2 توضیح داده شده است.



شکل 3: تصویر گره ها در منطقه پوشش.

```

Acceff = 0;
Compute the residual energy, ERes of each node. (refer to Section 4.3.3)
Compute the average energy of all nodes, EAvg.
Generate a candidate list for nodes that satisfies the condition ERes < EAvg.
Compute Maxeff. (refer to Eq. (3))
while (Acceff < Maxeff) do
    Compute probability, P of adding nodes to the sleeping list. (See Eq. (4))
    if (random(0, 1) < P) then
        Create list of sleeping node from the candidate list.
        Compute the coverage effect, Ceff.
        Acceff = Acceff + Ceff
    end if
end while

```

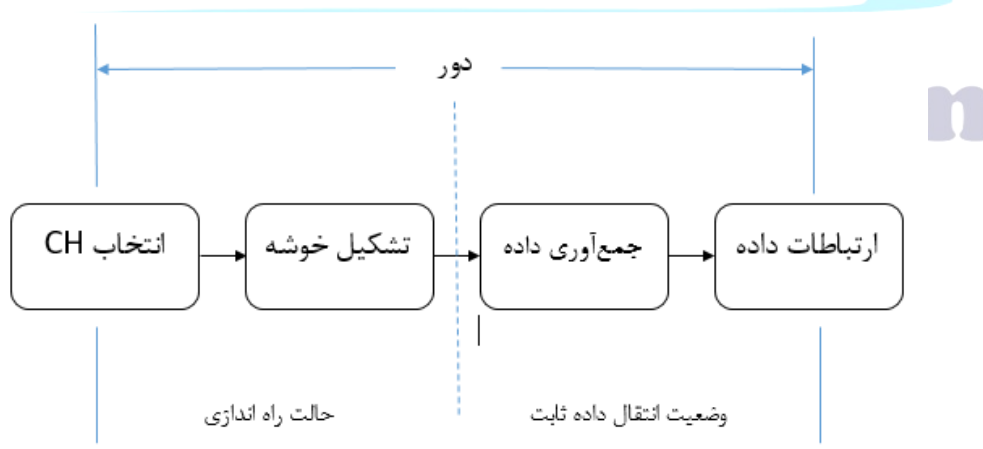
4.2 عملیات خوشه بندی با استفاده از پروتکل HEECHS

عملیات خوشه بندی به مرحله های مختلف تقسیم می شود: انتخاب CH، تشکیل خوشه، جمع آوری اطلاعات و ارتباط داده. همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، حالت راه اندازی با مرحله انتخاب CH شروع می شود و با تشکیل خوشه ای ادامه می یابد. حالت راه اندازی به دنبال وضعیت انتقال اطلاعات است که به تجمیع داده ها و مراحل (فازهای) انتقال داده تقسیم می شود. در طول حالت راه اندازی، یک الگوریتم خوشه بندی sink-assisted که انتخاب CH و عضویت را انجام می دهد به گره های فعال در شبکه اعمال می شود. در حین شروع شبکه، سنسورها اطلاعات انرژی و مکان خود را ارسال می کنند تا الگوریتم پیشنهاد شده را پیاده سازی کنند. پروتکل HEECHS به انتخاب یک CH که انرژی بالاتری دارد و از همسایگی CH دور است، توجه می کند. همانطور که در شکل 5 نشان داده شده است، توزیع گره حسگر با انرژی کارآمد (صرفه جویی انرژی) با الگوریتم پیشنهادی ما در هر دور عملیات شبکه ساخته شده است. سنسورها به نزدیک ترین CH اختصاص داده می شوند و در نتیجه یک خوشه واحد تشکیل می دهند. زمانبندی TDMA برای هر خوشه اختصاص داده شده است تا زمانبندی انتقال بسته به آن CH توسط گره های عضو را زمانبندی کند. کلیه اطلاعات خوشه ها و بسته های زمانبندی TDMA به کل شبکه پخش (broadcast) می شود. بر اساس اسلات زمان در بسته های زمانبندی TDMA، هر گره در یک خوشه داده های حس شده را به CH آنها ارسال می کند.

در هر دور، سینک یک روش خوشه بندی مجدد را انجام می دهد تا یک توپولوژی جدید مبتنی بر خوشه ای را ایجاد کند که پوشش WSN و ویژگی های بهره وری انرژی را با چرخاندن نقش CH در میان سنسورها با مقیاس پذیری صدها تا هزار، حفظ می کند. مقیاس پذیری نشان می دهد که در طول ارتباطات از طریق یک الگوریتم خوشه بندی کارآمد نیاز به مصرف انرژی متعادل در میان گره های حسگر وجود دارد [25]. CH انرژی را سریع از دست می دهد. از این رو نیاز به خوشه بندی دوباره یا چرخش نقش CH در میان سنسورها به منظور تعادل مصرف انرژی است. دوباره خوشه بندی در پایان دور انجام می شود، که کل زمان برای فرآیندهای مربوط به راه اندازی و وضعیت انتقال داده ثابت

است. طول زمان هر دور باید با دقت تصمیم گیری شود، چون زمان زیادی طول می کشد تا انرژی CHS و نتیجه زمان-طول کوتاه به سربار ناشی از خوشه بندی مجدد تکرار شوند [26]. مدت زمان دور الگوریتم پیشنهاد شده ما به صورت پویا بر اساس تعداد گره های فعال در WSN ها تنظیم می شود.

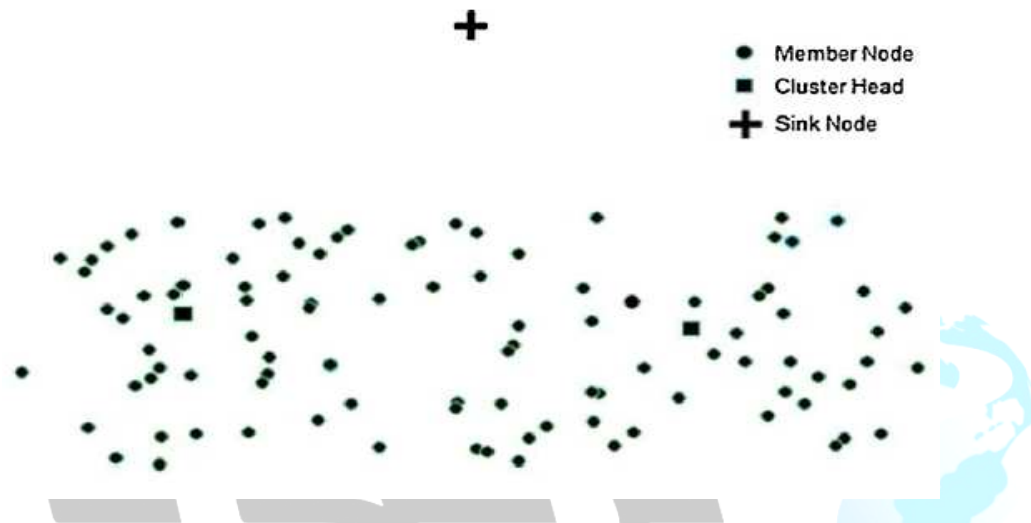
در این کار، پروتکل HEECHS پیشنهاد شده، برای کار انتخاب CH با استفاده از یک GA مبتنی بر اکتشافی ایجاد شده است. این کار از طریق تعدادی از وظایف، شبیه به GA های معمولی، از قبیل ایجاد رشته های جمعیت، ارزیابی رشته، بهترین انتخاب رشته و در نهایت تولید مثل برای ایجاد یک جمعیت جدید اجرا می شود. تفاوت منحصر به فرد اما قابل توجه این است که پروتکل HEECHS یک برش (مقاطع) اکتشافی بر پایه دانش مبتنی بر مشکل را برای یافتن بهترین پیکربندی CH با تعداد مطلوب از گره های مناسب CH توزیع کرده است. در Heechs پیشنهادی، فرایند ژنتیکی یافتن بهترین راه حل با استفاده از یک دستگاه سینک انرژی نامحدود انجام می شود که می تواند پیچیدگی زمانی و زمان محاسبات بالا را به کار ببرد. افراد در داخل جمعیت $P(t)$ با نمایش باینری $0-1$ کدگذاری می شوند، جایی که '0' یک گره عضو را مشخص می کند و '1' یک گره CH را نشان می دهد همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است.



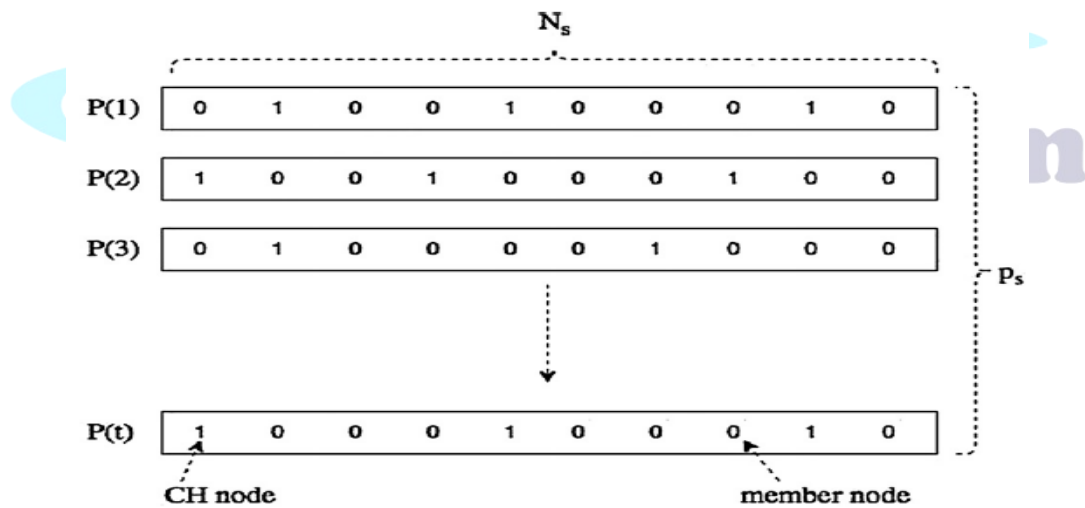
شکل 4: یک دور از فرآیند خوشه بندی.

هر فرد با طول N_s در سائز جمعیت p_s با محاسبه ارزش تناسب با استفاده از معادله (6) ارزیابی می شود. افراد با بهترین ارزش تناسب اندام (سازگاری) از دو جفت اصلی والدین انتخاب شده، $P(x)$ و $P(y)$ انتخاب می شوند. این روند

تا زمانی ادامه می یابد که مخزن جفت گیری پر شود. پس از آن، برش اکتشافی که در اینجا پیشنهاد شده است به افراد در مخزن اعمال می شود و جمعیت جدید $P(t + 1)$ تولید می شود. باز هم، هر مقدار تناسب فرد در این جمعیت جدید با استفاده از معادله (6) محاسبه می شود. و کل چرخه ادامه می یابد تا معیار توقف به دست آید. معیار توقف متوجه شده است زمانی که تناسب اندام در بین جمعیت ها بیشتر تغییر نمی کند.



شکل 5. توپولوژی حسگر و توزیع تصادفی.



شکل 6. نمایش دودویی افراد در جمعیت.

4.2.1 توابع هدف پیشنهادی

برای حل مشکل انتخاب CH، توابع هدف طراحی شده اند چون انتخاب CH یک مسئله بهینه سازی است. این توابع هدف ارزش های سازگاری را نشان می دهد که برای ارزیابی کیفیت یک راه حل نامزد مورد استفاده قرار می گیرند.

یک تابع هدف با در نظر گرفتن پارامترهای حساب، مانند کل انرژی گره حسگر و جریمه ریسک R. پارامتر انرژی گره سنسور در نظر گرفته می شود تا اطمینان حاصل شود که گره های با انرژی بیشتر، اولویت بالاتر در فرآیند انتخاب CH می شوند. جریمه ریسک R برای انتخاب CH به صورت زیر تعریف می شود:

$$R = \begin{cases} Lower - L, & \text{if } L < Lower \\ L - Upper, & \text{if } L > Upper \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

بر اساس بسیاری از آزمونهای تکراری، درصد تعداد CH ها (L) به مجموع تعداد گره های سنسور (n) در این میدان همیشه نتیجه مطلوب بین یک حد پایین تر از 4٪ و حد بالای 6٪ را به دست می دهد. محدودیت ها بر تعداد CHS با استفاده از پارامتر R اعمال می شود.

در ادامه، تابع هدف محاسبه می شود با استفاده از:

$$F(X) = w_1 * \frac{AvgENCH}{AvgECH} + w_2 * R \quad (6)$$

جایی که w_1 و w_2 فاکتورهای وزن هستند. متوسط انرژی غیر CHS، AvgENCH مجموع انرژی تمام گره های عضو تقسیم بر تعداد کل گره های عضو (n-L) است که در زیر آورده شده است:

$$AvgENCH = \frac{\sum_{i \in NCH} E_i}{n - L} \quad (7)$$

همچنین انرژی متوسط CHS، AvgECH مجموع انرژی تمامی گره های CH است که به تعداد کل CH ها (L) تقسیم شده اند:

$$AvgECH = \frac{\sum_{i \in CH} E_i}{L} \quad (8)$$

در معادله (6) نسبت $AvgENCH / AvgECH$ با توجه به اهمیت آن یک فاکتور وزن بالاتر ($w1 = 0.9$) نسبت به جریمه ریسک ($w2 = 0.1$) داده می شود. (توجه داشته باشید CH و NCH به ترتیب مجموعه ای از تمام CHs و غیر CHS را نشان می دهد)

4.2.2 پیشنهاد برش اکتشافی

اپراتور اصلی که در پروتکل HEECHS برای تولید راه حل های جدید استفاده می شود، برش اکتشافی (heuristic crossover) است. این یک مسئله وابسته متقاطع است که دانش یک مسئله برای اتصال دو راه حل بالقوه را از تولید یک راه حل جدید به کار می گیرد. با توجه به لیکسین تانگ [27] برش اکتشافی یک اپراتور است که اطلاعات ذاتی والدین را برای تولید یک فرزند استفاده می کند. در رویکرد کانونی، افراد در یک جمعیت انتخاب شده و دو نفر از والدین با استفاده از اپراتور متقاطع ترکیب می شوند تا یک جفت فرزند تولید کنند که جایگزین والدین اش خواهد شد. به همین طریق، هیچ تضمینی وجود ندارد که یک فرزند نسبت به پدر و مادرش در رویکرد کانونیک بهتر باشد [28]. به طور خلاصه، اپراتور متقاطع (برش) اکتشافی تنها یک فرزند را از دو یا چند والدین تولید می کند و اطمینان حاصل می کند که فرزندان از کیفیت بالاتری نسبت به والدین برخوردار خواهند بود. همانطور که در الگوریتم 3 نشان داده شده است، برش اکتشافی پیشنهادی یک راه حل واحد با CHs را تولید می کند که به صورت فضایی در میدان سنسور توزیع می شود و گره های با انرژی بیشتری را برای CH شدن انتخاب می کند.

موقعیت ژن CH در هر فرد از جفت والد انتخاب شده محاسبه می شود. آرایه ای که موقعیت ژن را در هر دو والد نگه می دارد، توسط CH1 و CH2 بیان می شود. ما تصمیم گرفتیم فاصله آستانه بین هر دو موقعیت مجاور CH را به

عنوان
$$\frac{\sqrt{(x_{max}-x_{min})^2+(y_{max}-y_{min})^2}}{n \times 0.04}$$
 تعریف کنیم، جایی که مختصات (x_{min}, y_{min}) and (x_{max}, y_{max})

نشان دهنده حداقل و حداکثر امتیاز xy در میدان حس کردن، $(n \times 0.04)$ نشان می دهد 4٪ از تمام گره های حسگر را، مجموعه CHALL از اجتماع CH1 و CH2 (مراجعه به الگوریتم 3) تولید می شود. اولین موقعیت CH در مجموعه اجتماع CHALL به طور پیش فرض به مجموعه جدید CHnew منتقل می شود. همانطور که در الگوریتم 3

نشان داده شده است، تصمیم به حرکت موقعیت CH متوالی از CHall به CHnew مبتنی بر فاصله فضایی بین CHs و انرژی باقی مانده است.

الگوریتم 3. متقاطع هیوریستیک پیشنهادی.

```
Select two individuals from the parent population.
Compute and keep the CH position in each individual in  $CH_1$  and  $CH_2$ .
Compute the threshold distance,  $T$  (refer to Section 4.2.2)
Compute the union set  $CH_{all} = CH_1 \cup CH_2$ 
Obtain the first CH position  $CH_{all}(1)$  in the  $CH_{all}$  set.
Generate a new set  $CH_{new}$  and transfer the  $CH_{all}(1)$  to it.
Compute the distance,  $D$  between CH positions in the sets  $CH_1$  and  $CH_2$ .
while ( $D < T$ ) do
  if ( $CH_{all}$  node energy <  $CH_{new}$  node energy) then
    Discard the CH node. (i.e. do not add to  $CH_{new}$  set)
  end if
  Replace the CH in the  $CH_{new}$  set
end while
Add to the CH in the set  $CH_{all}$  into the  $CH_{new}$  set.
```

4.2.3 اپراتورهای دیگر

کارایی یک الگوریتم ژنتیکی بر پایه تعادل بین مفهوم شناسایی و بهره برداری (exploration and exploitation)

استوار است. شناسایی توسط برش و جهش ارائه می شود در حالی که انتخاب می تواند بهره برداری را انجام دهد

[29,30]. بقیه اپراتورهای مورد استفاده در پروتکل HEECHS پیشنهاد ما در زیر بحث خواهند شد:

-اپراتور انتخاب تورنومنت افراد با بهترین آمادگی را از گروه های افراد به طور تصادفی از جمعیت فعلی انتخاب می

کند. فشار انتخاب به اندازه تورنومنت اپراتور وابسته است. به منظور کاهش فشار انتخاب، اندازه تورنومنت دو برای

الگوریتم ما مورد استفاده قرار گرفت و این روند ادامه می یابد تا این که مخزن کامل پر شود.

-اپراتور جهش، یک فرد (پدر و مادر) را با یک احتمال جهش (PM) تغییر می دهد تا یک فرد (فرزند) با ارزش تناسب

جدید ایجاد کند.

افراد والدین و کودک در مخزن اولیه جمعیت تولید شده در مرحله قبل به ترتیب صعودی بر اساس ارزش سازگاری

خود مرتب شده اند. بعدا افراد با حداقل ارزش تناسب انتخاب می شوند و آنها جمعیت نسل بعدی را تشکیل می دهند.

معیار توقف زمانی حاصل می شود که تغییرات بیشتری در ارزش تناسب جمعیت وجود نداشته باشد.

4.3 عملیات شبکه و محاسبات مصرف انرژی

در این الگوریتم، عملیات شبکه به فاز راه اندازی و پایدار تقسیم می شود. در هر دور مقدار مصرف انرژی با بررسی آنچه که در هر دو مرحله اتفاق می افتد برای هر گره محاسبه می شود.

4.3.1 مرحله راه اندازی

سینک انتقال و دریافت بسته های کنترل از تمام گره ها در طول مرحله نصب به منظور آغاز inter و intracommunication انجام می دهد. این بسته های کنترل kCP حاوی پیام های کوتاه است که از خواب بیدار می شوند و درخواست شناسه ها، موقعیت ها و سطح انرژی از گره های حسگر را می دهد. همانطور که در معادله (2) انرژی (kCP) ERx برای دریافت بسته های کنترل از سینک صرف می شود. همچنین در معادله (1)، تمام گره ها از انرژی ETx(kCP, d) انتقال بسته های کنترل حاوی اطلاعات مربوط به شناسه ها، موقعیت ها و سطح انرژی خود به سینک استفاده می کنند. فرآیندهای سینک بسته ها را کنترل می کنند و تصمیمات خاصی ایجاد می کند، مانند گره هایی که به حالت خواب می روند، کدام گره ها CH شوند و عضویت در تجمع هر CH است. تمام گره ها همچنین از انرژی ERx (kCP) برای دریافت اطلاعات وضعیت خود (چه CH یا اعضای) از سینک استفاده می کنند. انرژی صرف شده توسط تمام CHS برای ارسال برنامه TDMA به اعضای آن به شرح زیر است:

$$E_{Tx(ch_i)}(k_{CP}, d_{i-toMem}) = \sum_{i=1} ch_i * \begin{cases} k_{CP}E_{elect} + \varepsilon_{mp}k_{CP}d_{i-toMem}^4, & \text{if } d < d_0 \\ k_{CP}E_{elect} + \varepsilon_{fs}k_{CP}d_{i-toMem}^2, & \text{if } d > d_0 \end{cases} \quad (9)$$

و اعضا صرف انرژی برای دریافت برنامه های TDMA از CH را با معادله (2) محاسبه می کنند.

4.3.2 فاز ثابت

در حالت پایدار، گره های فعال داده ها را به شکل بسته های k به CH خود ارسال می کنند و بر اساس برنامه TDMA دریافت شده از سینک دریافت می کنند. در یک خوشه، هر CH همیشه آماده پذیرش این داده های حس شده از

اعضای آن است. تمام داده های حسی دریافت شده توسط CH جمع شده و تبدیل به یک جریان داده قبل از فرستادن به سینک برای پردازش می شود. EDA انرژی صرف شده توسط گیرنده حسگر CH برای انجام کار تجمعی با استفاده از معادله (11) محاسبه می شود. انرژی کلی مصرف شده توسط همه اعضا برای انتقال داده های حس شده به CHS خود، محاسبه می شود با استفاده از:

$$E_{Rx(m_i)}(k) = \sum_{i=1} m_i k E_{elec} \quad (10)$$

جایی که m_i نشان دهنده گره های عضو در سری $i = 1, 2, 3, \dots, n - L$ است. n و L تعداد کل گره های حسگر و سرخوشه ها را به ترتیب نشان می دهد. انرژی صرف شده توسط CH برای جمع آوری داده های حس شده از اعضای آن و خودش، محاسبه می شود با استفاده از:

$$E_{DA(m_{i+1})}(k) = k E_{DA} * \left(\sum_{i=1} m_i + 1 \right) \quad (11)$$

در نهایت، CH انرژی را برای ارسال داده های جمع شده خود به سینک از بین می برد و این را می توان با استفاده از:

$$E_{Tx(ch_i)}(k_{CP}, d_{i-toSink}) = \sum_{i=1} ch_i * \begin{cases} k_{CP} E_{elect} + \epsilon_{mp} k_{CP} d_{i-toSink}^4, & \text{if } d > d_0 \\ k_{CP} E_{elect} + \epsilon_{fs} k_{CP} d_{i-toSink}^2, & \text{if } d < d_0 \end{cases} \quad (12)$$

4.3.3 مصرف انرژی کل

انرژی کلی مصرف شده توسط تمام CH ها می تواند محاسبه شود با استفاده از :

$$E_{CHs} = 2 * E_{Rx}(k_{CP}) + E_{Tx}(k_{CP}, d_{i-toSink}) + E_{Tx}(k_{CP}, d_{i-toMem}) + E_{Rx(m_1)}(k) + E_{DA(m_{i+1})}(k) \quad (13)$$

جایی که $2 * E_{Rx}(k_{CP})$ حاصل از این واقعیت است که یک CH دو برابر انرژی را از بین می برد، زمانی که درخواست ها را برای شناسه، موقعیت و سطح انرژی دریافت می کند؛ و در مرحله دوم وقتی که اطلاعات وضعیت کشتی (ship) عضو برای تنظیم خوشه را از طریق سینک از طریق یک بسته کنترل دریافت می کند. انرژی از دست رفته توسط گره عضو محاسبه می شود:

$$E_{Mem} = E_{Tx}(k_{CP}, d_{i-toSink}) + E_{Tx}(k_{CP}, d_{i-toCH}) + 3 * E_{Rx}(k_{CP}) \quad (14)$$

جایی که $ERx(k_{CP}) * 3$ بیان می کند که هنگام دریافت بسته های کنترل، هر گره عضو از بین می رود.

$ERx(k_{CP}) * 2$ همان است که در بالا توضیح داده شده است و تلفات اضافی هنگام دریافت زمانبندی های TDMA

از CH آن اتفاق می افتد. انرژی کل که توسط تمام گره ها تخلیه می شود، محاسبه می شود:

$$E_{TOTAL} = E_{CHs} + E_{Mem} \quad (15)$$

توجه: انرژی باقی مانده انرژی E_{Res} هر گره با تفکیک کل مصرف انرژی از انرژی باقیمانده دور قبلی محاسبه می شود.

جدول 1. تنظیمات پارامتر برای سناریوهای WSN همگن.

Experiment	Parameter			
	Number of sensors	Sink coordinates (m)	Deployment area (m ²)	Initial energy (J)
EXP _{ROM100}	100	(50,175)	100 × 100	$\mu=0.5, \sigma_M=0$
EXP _{ROM400}	400	(50,200)	100 × 100	$\mu=0.5, \sigma_M=0$
EXP _{ROM1000}	1000	(50,350)	200 × 200	$\mu=1.0, \sigma_M=0$

جدول 2. تنظیمات پارامتر برای سناریوهای WSN ناهمگن.

Experiments	Parameter				
	Number of heterogeneous nodes (R)	Number of homogeneous nodes (M)	Sink coordinates (m)	Deployment area (m ²)	Initial energy (J)
EXP _{R25M0}	25	0	(50, 175)	100 × 100	$\mu=0.5, \sigma_R=0.05$
EXP _{R50M0}	50				
EXP _{R75M0}	75				
EXP _{R100M0}	100				
EXP _{R25M75}	25	75	(50, 175)	100 × 100	$\mu=0.5, \sigma_R=0.05, \sigma_M=0$
EXP _{R50M50}	50	50			
EXP _{R75M25}	75	25			

5. نتایج شبیه سازی

نتایج عملکرد پروتکل خوشه بندی را می توان با استفاده از انواع معیارهای مختلف ارزیابی کرد [27]. در این کار، یک

مدل شبیه سازی MATLAB برای تست عملکرد الگوریتم پیشنهادی ما در رابطه با ارزیابی طول عمر گره های حسگر

طراحی شده است. شرایط آزمایشی برای تمام آزمایشات مورد بررسی در جداول 1 و 2 ارائه شده است. در هر اجرای

شبیه سازی، سنسورها به طور تصادفی در یک شبکه x, y با مبدأ 0,0 و ناحیه کارایی $100 * 100$ و یا در مورد 1000

گره بیش از 200 متر \times 200 متر هستند. هر آزمایش تنها یک سینک است که در یک محل خارج از منطقه استقرار حسگر با مختصات ارائه شده در جداول 1 و 2 قرار می گیرد؛ تعداد CHها پویا است.

بعد از خوشه بندی، حداکثر فاصله بین گره عضو و CH به ترتیب 39.20 متر، 29.43 متر و 17.16 میلی متر برای 100، 400 و 1000 آزمایش سنسور است. همچنین، حداکثر فاصله بین CH و گره سینک به ترتیب 100، 400 و 1000 آزمایش سنسور به ترتیب 126.55 متر، 141.82 متر و 303.42 متر بوده است. پروتکل HACH پیشنهادی ما، مقیاس پذیر در نظر گرفته شده است که با افزایش اندازه شبکه، کارایی انرژی آن بهبود می یابد برای نشان دادن این واقعیت، عملکرد پروتکل پیشنهادی ما با پروتکل های SEECH، TCAC و SEECH با استفاده از آزمایش ExpROM100، ExpROM400، ExpROM1000 که 100، 400 و 1000 گره حسگر همگن (سطح انرژی مشابه) را به ترتیب نشان می دهند، و گره های ناهمگن (سطوح مختلف انرژی) مقادیر انرژی اولیه (رجوع به جدول 1) مقایسه شده است. همچنین، جدول 2 آزمایش ExpR25M0، ExpR50M0، ExpR75M0، ExpR100M0 را که به ترتیب 25، 50، 75، 100 گره حسگر ناهمگن و بدون گره های همگن انجام می شود، ارائه می دهد. در نهایت، نویسندگان آزمایش های بیشتری را انجام دادند که گره های ناهمگن مخلوط با گره های همگن، یعنی آزمایش های ExpR25M75، ExpR50M50، ExpR75M25 انجام شدند. پارامترهای ارتباطی مورد استفاده برای تمام آزمایشات ارائه شده در جداول 1 و 2 در جدول 3 نشان داده شده است.

علاوه بر پارامترهای شبیه سازی در جدول 3، پارامترهای GA به عنوان اندازه جمعیت، $ps = 100$ و نرخ جهش، $pm = 0.05$ تنظیم می شوند. R و M به ترتیب تعداد گره های حسگر ناهمگن و همگن را نشان می دهند. در جدول 1 و 2، گره های حسگر به معنی انرژی است، Rand نشان دهنده انحراف استاندارد گره های ناهمگن و همگن است. برای تمام آزمایشات در جدول 2، میانگین انرژی اولیه انرژی برابر با $1/5$ J است.

5.1 دوره پایداری و طول عمر شبکه

طول دوره پایداری (SPL) محدوده زمانی است از شروع عملیات شبکه تا زمانی که گره اول می میرد (FND) در حالی که دوره بی ثباتی (IPL) فاصله زمانی از FND تا زمانی که آخرین گره می میرد، است (LND). طول عمر WSN

محدوده زمانی از شروع عملیات شبکه تا زمانی که آخرین گره می میرد، است که انرژی ناپود کننده دستگاه را حذف می کند (به بخش 3 مراجعه کنید). بلافاصله پس از مرگ آخرین حسگر ، WSN ها عملکرد خود را متوقف خواهند کرد، زیرا سینک اتصال خود را از سنسورها از دست داده است. به طور خلاصه، طول عمر WSN ها می تواند به عنوان ترکیبی از ثبات و دوره بی ثباتی تعریف شود. یک فرایند خوشه بندی قابل اعتماد با SPL طولانی و یک IPL کوتاه مشخص می شود. نتایج تجربی نشان داده شده در شکل 7 تعداد گره هایی که بعد از هر دور زنده هستند را نشان می دهد.

عملکرد پروتکل ما با پروتکل های دیگر با توجه به اندازه گیری های FND، LND و IPL در نمودارهای 7 نشان داده شده است. جدول 4 نشان می دهد که پروتکل HACH ما طول عمر شبکه 338، 131 و 36 را بیشتر از LEACH، TCAC و SEECH برای آزمایش ExprROM100 نگه می دارد. برای سناریوی WSN متوسط ExprROM400، HACH ما طول عمر بیشتر 1235 دور را در مقایسه با LEACH، TCAC و SEECH نشان می دهد که به ترتیب کمتر از 685، 948 و 1016 می باشد. نتیجه ی جذاب تر این است که در زیر WSN های متراکم (ExprROM1000) حاوی 1000 سنسور، الگوریتم ما مقدار بسیار بالایی از 1789 دور را در مقایسه با 672، 725 و 1587 دور LEACH، TCAC و SEECH به ترتیب می دهد. این نشان می دهد که هرگاه اندازه شبکه افزایش می یابد، عملکرد الگوریتم HACH همچنان بهبود می یابد.

همچنین برای ExprROM400 Experiments و ExprROM1000as نشان داده شده در شکل 4، این نتیجه گیری شد که HACH دارای مقادیر IPL بسیار پایین برای اندازه های شبکه های بزرگتر به غیر از آزمایش ExprROM100 است که دارای 30 دور بیشتر از پروتکل TCAC است. این بدان معنی است که HACH در اندازه بزرگتر و متراکم تر شبکه کار می کند. همچنین قابل توجه است که FND به دست آمده در پروتکل HACH ما برای Expr25M0 (نگاه کنید به جدول 6) 54 دورتر از پروتکل LEACH است (به جدول Expr100M0in مراجعه کنید)؛ به این معنی که پروتکل هنوز می تواند با گره های کمتر از پروتکل LEACH انجام شود.

جدول 3. پارامترهای ارتباط با مقادیر مشخص شده.

پارامتر	مقدار
انرژی الکترونیک و Eelect	50 نانومتر / بیت
ضرر چند لایه، ϵ_{mp}	0.0013 پوند / بیت / مترمربع
از دست دادن فضای آزاد، ϵ_{fs}	10 pJ / bit / m ²
انرژی همگرا، EDA	5 نانومتر / بیت / سیگنال
فاصله آستانه، d_0	87 متر
اندازه بسته کنترل، kCP	50
اندازه بسته، k	400

جدول 4. مقایسه عملکرد LEACH، TCAC و SEECH با HACH.

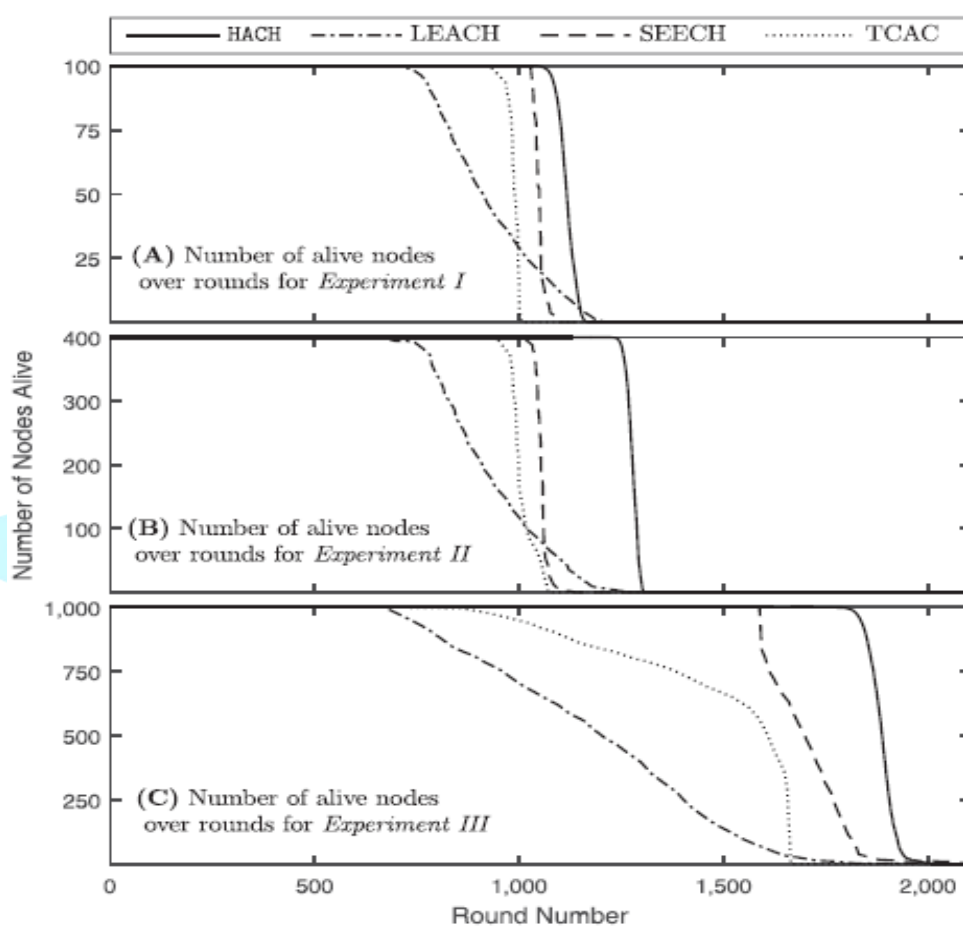
Experiment	Protocol	Performance measure (round)		
		FND	LND	IPL
<i>Exp_{PROM100}</i> (100 nodes)	LEACH	726	1209	483
	TCAC	933	1006	73
	SEECH	1028	1099	71
	HACH	1064	1167	103
<i>Exp_{PROM400}</i> (400 nodes)	LEACH	685	1274	589
	TCAC	948	1071	123
	SEECH	1016	1140	124
	HACH	1235	1307	72
<i>Exp_{PROM1000}</i> (1000 nodes)	LEACH	672	2014	1342
	TCAC	725	1664	939
	SEECH	1587	2202	615
	HACH	1789	2010	221

5.2 میانگین انرژی در اولین گره از بین رونده (AEFND)

AEFND به عنوان مجموع تمام مقادیر انرژی فعلی یا باقی مانده از گره های حس کننده، تقسیم بر تعداد گره ها در زمانی که گره اول می میرد، تعریف می شود. بسیاری از گره ها زمانی که گره اول می میرد در طول دوره های بی ثباتی به علت عرضه انرژی ضعیف، می میرند. در پروتکل HACH انرژی برخی گره ها تا زمان FND تعادل دارد و این در نمودارهای شکل 7 با کاهش شدید تعداد گره هایی که برای پروتکل HACH، SEECH و TCAC زنده هستند، روبروست. یکی از اهداف عملکرد یک پروتکل کارآمد انرژی، نگه داشتن AEFND به مقدار بسیار کم است و پروتکل HACH ما AEFND را به مقدار بسیار کم تقریباً صفر برای تمام آزمایشها که در جداول 5 و 6 نشان داده شده است

نگهداری کرده است. به عنوان مثال در آزمایش ExprOM100 یک AEFND از 0.0232 J در زمان FND 1064 ، همانطور که در شکل 8 نشان داده شده، است.

این ثابت می کند که ما توانستیم انرژی انرژی را تا زمان FND مدیریت کنیم. مقادیر AEFND کم در جدول 6 نشان می دهد که پروتکل ما می تواند به طور موثر مدیریت مصرف انرژی تحت محیط های WSN ناهمگن را مدیریت کند. بنابراین، HACH پیشنهاد شده ما انرژی مصرف شده را کاهش می دهد و گره های انرژی را در میدان حسگر افزایش می دهد و بنابراین طول عمر شبکه را افزایش می دهد.



شکل 7. ارزیابی طول عمر HACH، LEACH، SEECH و TCAC.

5.3 ناهمگونی WSN ها

بعد از چندین دوره زمانی که عمر شبکه سنسورها از بین رفته است، گره های جدید برای بازنشستگی شبکه های حسگر معرفی می شوند. این گره های جدید مجهز به مقدار انرژی پایدارتری هستند و گره هایی که در حال استفاده

هستند، دارای انرژی کمتری هستند که منجر به ناهمگونی انرژی می شود [31]. همانطور که در شکل 9 نشان داده شده، مقدار FND از 1064 برای Expr0M100 (به جدول 4) به FND از 780 در Expr25M0 کاهش می یابد (به جدول 6 مراجعه شود). علیرغم افزایش نسبت ناهمگن به همگن از 25 تا 100، که با توجه به عدم تعادل انرژی، پیچیدگی بیشتری را نشان می دهد، پروتکل ما هنوز هم می تواند مصرف انرژی را حفظ کرده و مقدار ثابت FND را حفظ کند.

این پدیده شروع یک استفاده از شبکه با توزیع نامتعادل انرژی در یک شبکه حسگر WSN نامتقارن است. در این مقاله، آزمایش هایی که در سه سطح ناهمگن انرژی قرار می گیرند، به شرح زیر است:

* سطح یک چهارم: آزمایش Expr25M0 و Expr25M75.

* نیمه سطح: آزمایش Expr50M0 و Expr50M50.

* سه چهارم سطح: آزمایش Expr75M0 و Expr75M25.

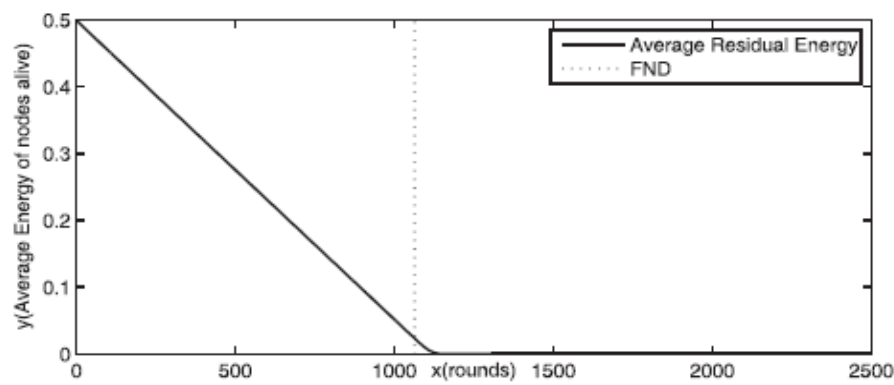
هر سطح آزمایشات ناهمگونی کامل و جزئی دارد. همچنین در جدول 6 مشاهده می شود که اضافه کردن برخی از گره های سنسور همگن انرژی به مجموعه ای از سنسورهای ناپایدار انرژی ناهمگن انرژی، طول عمر را به مقدار قابل توجهی افزایش می دهد، به عنوان مثال آزمایش MR25M75، Expr50M50 و Expr75M25 یک دور FND از 195، 113 و 52 بیشتر از آزمایش Expr25M0، Expr50M0 و Expr75M0 است. عملکرد هر آزمایش با Expr100M0 مقایسه می شود و درصد آنها در بالای هر نوار در شکل 10 نشان داده شده است.

جدول 5. AEFND پروتکل پیشنهاد HACH

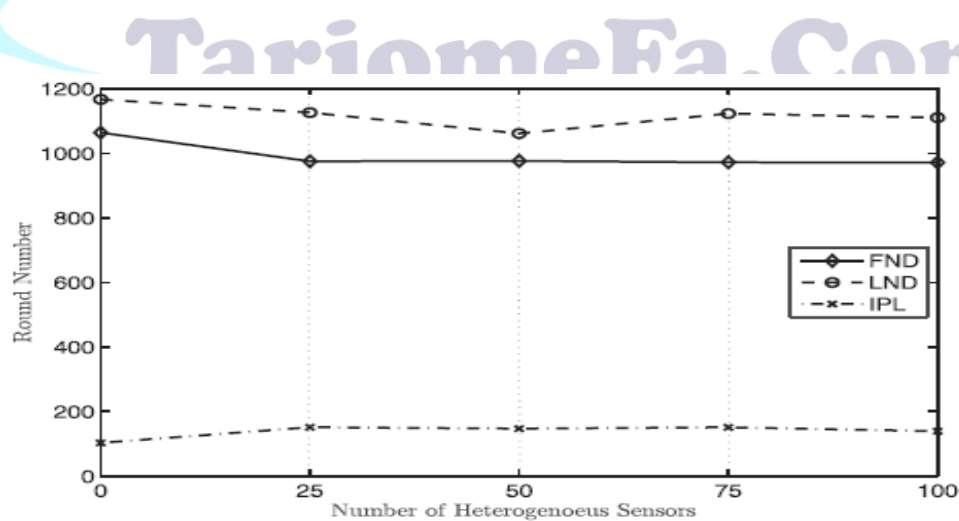
	Experiments		
	Expr _{ROM100}	Expr _{ROM400}	Expr _{ROM1000}
AEFND	0.0232	0.0164	0.0650

جدول 6. مقیاس عملکرد برای سناریوهای مختلف ناسازگاری WSN.

Experiment	Performance measures			
	FND	LND	IPL	AEFND
<i>Exp_{R25M0}</i>	780	937	157	0.040608
<i>Exp_{R25M75}</i>	975	1126	151	0.033479
<i>Exp_{R50M0}</i>	863	1010	147	0.033479
<i>Exp_{R50M50}</i>	976	1061	147	0.030858
<i>Exp_{R75M0}</i>	920	1059	139	0.033468
<i>Exp_{R75M25}</i>	972	1123	151	0.030196
<i>Exp_{R100M0}</i>	971	1110	139	0.033168



شکل 8. میانگین انرژی باقی مانده از گره های زنده در برابر دور (به ExpROM100 مراجعه کنید).



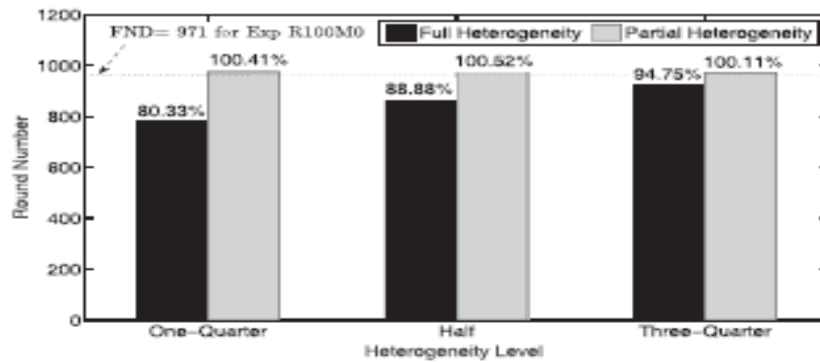
شکل 9. تعداد گرد در مقایسه با تعداد حسگرهای ناهمگن.

5.3.1 ناهمگونی کامل

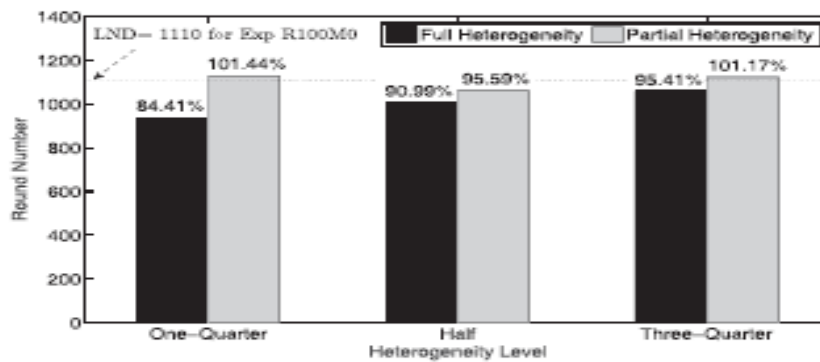
ناهمگنی کامل به یک سناریو اشاره دارد که در آن تمام گره های حسگر در یک میدان حساس دارای مقادیر انرژی تصادفی و مقدار صفر انرژی ثابت می باشند. به عنوان مثال در جدول 2، آزمایش $ExpR50M0$ ، $ExpR25M0$ ، $ExpR75M0$ و $ExpR100M0$ با استفاده از 25، 50، 75 و 100 تعداد گره های حسگر با مقادیر انرژی تصادفی و 0 مقدار انرژی ثابت برای تمام آزمایش ها انجام می شود. شکل 10 نشان می دهد که عملکرد از یک چهارم به سطح ناهمگنی کامل سه چهارم در مقایسه با $ExpR100M0$ بهبود می یابد. در شکل 10a، درصد FND به ترتیب با افزایش 80.33٪، 84.41٪ و 94.75٪ بدست آمده است. همچنین، درصد LND به ترتیب صعودی ب 84.41٪، 90.99٪، 95.41٪ به ترتیب در شکل 10b نشان داده شده است. علاوه بر این، درصد IPL به ترتیب به 112.95٪، 105.76٪، 100.0٪ کاهش می یابد؛ به این معنی که عملکرد افزایش یافته و تعداد گره های ناهمگن افزایش یافته است. همچنین، در شکل 10c، $ExpR50M0$ قادر به به دست آوردن 105.76٪ بوده که همان مقدار از نیمه سطح $ExpR50M50$ می باشد.

5.3.2 ناهمگونی جزئی

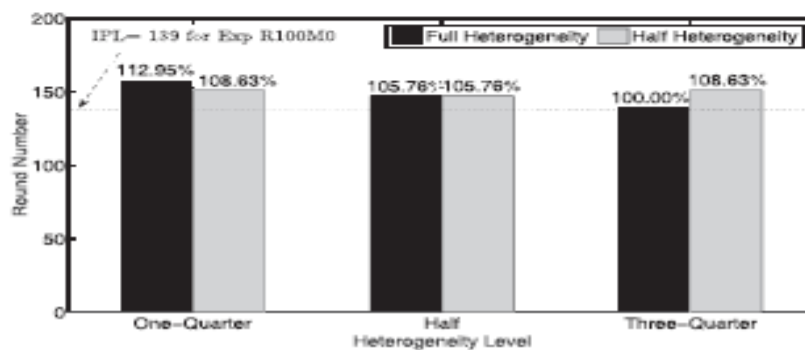
این سناریو WSN ای است که ترکیبی نسبت گره های حسگر با مقادیر انرژی تصادفی و ثابت را توصیف می کند. در جدول 6، $ExpR25M75$ ، $ExpR50M50$ و $ExpR75M25$ از 25، 50، 75 گره حسگر با انرژی تصادفی و 75، 50، 25 گره حسگر با انرژی ثابت استفاده می کنند. در شکل 10a، زمان FND برای $ExpR25M75$ ، $ExpR50M50$ و $ExpR75M25$ به ترتیب 100.41٪، 100.52٪ و 100.11٪ در مقایسه با $ExpR100M0$ ؛ نشان می دهد که بهبود نسبتا زیاد است. زیرا نسبت ناهمگن به گره های همگن افزایش می یابد. در شکل 10، $ExpR50M50$ بهبود یافته ترین FND را 0.52٪ بیشتر از $ExpR100M0$ تولید می کند و درصد کاهش LND را با 41.4٪ افزایش می دهد.



(a) FND



(b) LND



(c) IPL

شکل 10: مقایسه عملکرد سطح ناهمگن مختلف WSN ها برای (a) FND، (b) LND و (c) اقدامات IPL.

نتیجه گیری

در این مقاله، ما یک الگوریتم جدید HACH را پیشنهاد کرده ایم. الگوریتم مصرف انرژی را با انتخاب گره های توزیع شده با انرژی بالا به عنوان خوشه ها برای طول عمر شبکه طولانی تر می کند. به طور متوالی، این دو عملیات عمده مانند زمانبندی خواب و انتخاب سرخوشه ها به دست می آید. مکانیسم زمانبندی خواب SSIN که توسط فرایند

انتخاب بولتزمان الهام گرفته شده است، پیشنهاد می شود که کدام گره ها برای ارسال به حالت خواب با اثر ناچیز بر روی پوشش قرار گیرند. در ادامه، ما یک روش مبتنی بر الگوریتم ژنتیکی به نام پروتکل HEECHS که کلاستر را به طور یکنواخت در یک میدان سنسور توزیع می کنیم تا اطمینان حاصل کنیم که مصرف انرژی در شبکه ها متعادل است. برای تضمین یک فرآیند انتخاب سر کارآمد، یک تابع هدف برای ارزیابی کیفیت راه حل های ما طراحی کردیم. نتایج شبیه سازی از این سه آزمایش اول نشان می دهد که الگوریتم HACH پیشنهادی ما بهتر از SEECH ، TCAC و LEACH . همچنین آزمایش های بیشتر نشان داد که پروتکل های ما می توانند حتی در شرایط مختلف ناهمگونی شبکه های سنسور بی سیم حتی بهتر عمل کنند و همچنان عملکرد قابل قبول را حفظ کنند.

References

- [1] M.O. Oladimeji, M. Turkey, S. Dudley, A heuristic crossover enhanced evolutionary algorithm for clustering wireless sensor network, in: Applications of Evolutionary Computation – 19th European Conference, EvoApplications 2016, Porto, Portugal, March 30-April 1, 2016, Proceedings, Part 1, 2016, pp. 251–266.
- [2] S. Naeimi, H. Ghafghazi, C.-O. Chow, H. Ishii, A survey on the taxonomy of cluster-based routing protocols for homogeneous wireless sensor networks, *Sensors* 12 (6) (2012) 7350–7409.
- [3] A. Chakraborty, S.K. Mitra, M.K. Naskar, Energy efficient routing in wireless sensor networks: a genetic approach, *CoRR* abs/1105.2090.
- [4] A.A. Abbasi, M. Younis, A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks, *Comput. Commun.* 30 (14) (2007) 2826–2841.
- [5] W.B. Heinzelman, A.P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks, *IEEE Trans. Wireless Commun.* 1 (4) (2002) 660–670.
- [6] W.E. Hart, N. Krasnogor, J.E. Smith, *Recent Advances in Memetic Algorithms*, vol. 166, Springer Science & Business Media, 2005.
- [7] C. Danratchadakorn, C. Pornavalai, Coverage maximization with sleep scheduling for wireless sensor networks, in: IEEE 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2015, pp. 1–6.
- [8] B. Singh, D. Lobiyal, Energy preserving sleep scheduling for cluster-based wireless sensor networks, in: IEEE Sixth International Conference on Contemporary Computing (IC3), 2013, 2013.
- [9] E. Bulut, I. Korpeoglu, Sleep scheduling with expected common coverage in wireless sensor networks, *Wireless Netw.* 17 (1) (2011) 19–40.
- [10] S.H. Kang, T. Nguyen, Distance based thresholds for cluster head selection in wireless sensor networks, *IEEE Commun. Lett.* 16 (9) (2012) 1396–1399.
- [11] M. Ye, C. Li, G. Chen, J. Wu, Eecs: an energy efficient clustering scheme in wireless sensor networks, in: Performance, Computing, and Communications Conference, 2005. IPCCC 2005. 24th IEEE International, IEEE, 2005, pp. 535–540.
- [12] N. Dimokas, D. Katsaros, Y. Manolopoulos, Energy-efficient distributed clustering in wireless sensor networks, *J. Parallel Distrib. Comput.* 70 (4) (2010) 371–383.



- [13] S. Lin, J. Zhang, G. Zhou, L. Gu, J.A. Stankovic, T. He, ATPC: adaptive transmission power control for wireless sensor networks, in: Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2006, pp. 223–236.
- [14] V. Loscri, G. Morabito, S. Marano, A two-levels hierarchy for low-energy adaptive clustering hierarchy (TL-LEACH), in: IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 62, IEEE; 1999, 2005, p. 1809.
- [15] O. Younis, S. Fahmy, HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks, IEEE Trans. Mobile Comput. 3 (4) (2004) 366–379.
- [16] D.P. Dahnil, Y.P. Singh, C.K. Ho, Topology-controlled adaptive clustering for uniformity and increased lifetime in wireless sensor networks, IET Wireless Sens. Syst. 2 (4) (2012) 318–327.
- [17] M. Tarhani, Y.S. Kavian, S. Slavoshi, SEECH: Scalable energy efficient clustering hierarchy protocol in wireless sensor networks, IEEE Sensors J. 14 (11) (2014) 3944–3954.
- [18] S. Bayrakli, S.Z. Erdogan, Genetic algorithm based energy efficient clusters (GABEEC) in wireless sensor networks, Procedia Comput. Sci. 10 (2012) 247–254.
- [19] N. Latiff, C.C. Tsimenidis, B.S. Sharif, Energy-aware clustering for wireless sensor networks using particle swarm optimization, in: IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007. PIMRC 2007, IEEE, 2007, pp. 1–5.
- [20] J.-L. Liu, C.V. Ravishankar, et al., LEACH-GA: Genetic algorithm-based energy-efficient adaptive clustering protocol for wireless sensor networks, Int. J. Machine Learn. Comput. 1 (1) (2011) 79–85.
- [21] K.G. Vijayvargiya, V. Shrivastava, An amend implementation on leach protocol based on energy hierarchy, Int. J. Curr. Eng. Technol. 2 (4) (2012) 427–431.
- [22] W. Charfi, M. Masmoudi, F. Derbel, A layered model for wireless sensor networks, in: IEEE 6th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, 2009. SSD'09, 2009, pp. 1–5.
- [23] D. Dumitrescu, B. Lazerini, L. Jain, A. Dumitrescu, Evolutionary Computation, International Series on Computational Intelligence, Taylor & Francis, 2000.
- [24] D.E. Goldberg, A note on Boltzmann tournament selection for genetic algorithms and population-oriented simulated annealing, Complex Syst. 4 (4) (1990) 445–460.
- [25] Q. Mamun, A qualitative comparison of different logical topologies for wireless sensor networks, Sensors 12 (11) (2012) 14887–14913.
- [26] V. Pal, G. Singh, R. Yadav, Analyzing the effect of variable round time for clustering approach in wireless sensor networks, Lect. Notes Softw. Eng. 1 (1) (2013) 31.
- [27] T. Lixin, Improved genetic algorithms for TSP, J. Northeastern Univ. (Natural Science) (1999) 01.
- [28] B.S. Hasan, M. Khamees, A.S.H. Mahmoud, et al., A heuristic genetic algorithm for the single source shortest path problem, in: IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, 2007. AICCSA'07, 2007, pp. 187–194.
- [29] R. Halke, V. Kulkarni, En - LEACH routing protocol for wireless sensor network, Int. J. Eng. Res. Appl. 2 (4) (2012) 2099–2102.
- [30] J. Brunda, B. Manjunath, B. Savitha, P. Ullas, Energy aware threshold based efficient clustering (EATEC) for wireless sensor networks, Energy 2 (4) (2012).
- [31] H. Kour, A.K. Sharma, Hybrid energy efficient distributed protocol for heterogeneous wireless sensor network, Int. J. Comput. Appl. 4 (6) (2010) 1–5.



برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی