دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

دکتر مهرشاد خسرویانی[1*]، علی صفرپور[2]

۱-مدرس گروه مهندسی کامپیوتر

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات گرایش معماری سازمانی

چکیده

یکی از چالش های مهم طراحی در شبکه های حسگر بی سیم (WSN)، طولانی کردن طول عمر سیستم (گره) است، در حالیکه به کیفیت سرویس قابل قبولی برای کاربردها دست یافت. طولانی کردن عمر گره با کاهش مصرف انرژی ارتباط مستقیم دارد . در WSN، هر گره حسگر با توان باتری کار می کند و در اکثر موارد مخصوصا در محیط های دور و خصمانه امکان شارژ مجدد و جایگزینی آسان نیست. به دلیل قابلیت های محدود گره های حسگر، معمولا مطلوب است که WSN باید با تراکم بالا گسترش یابد و بنابراین افزونگی می تواند برای افزایش و بهینه سازی طول عمر شبکه بکار گرفته شود. هدف از مقاله حاضر بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم زیر آب می‌باشد

کلمات کلیدی : بهینه سازی طول عمر، شبکه های حسگر، الگوریتم قابلیت اطمینان خود تثبیت.

Optimizing energy consumption in underwater wireless sensor networks

Dr. Mehrshad Khosrovani[1*], Ali Safarpour[2]

۱-Teacher of Computer Engineering Department

۲-Master's student in Information Technology Engineering majoring in Organizational Architecture

Abstract

One of the important design challenges in wireless sensor networks (WSN) is to prolong the lifetime of the system (node), while achieving an acceptable quality of service for the applications. Extending the life of the node is directly related to reducing energy consumption. In WSN, each sensor node works with battery power, and in most cases, especially in remote and hostile environments, it is not easy to recharge and replace. Due to the limited capabilities of sensor nodes, it is usually desirable that the WSN should be expanded with high density and therefore redundancy can be used to increase and optimize the network lifetime. The purpose of this article is to optimize energy consumption in underwater wireless sensor networks

Keywords: lifetime optimization, sensor networks, self-stabilizing reliability algorithm.

مقدمه

یک شبکه حسگر بیسیم (WSN)[1] از تعداد زیادی نودهای حسگر تشکیل شده که به صورت متراکمی در اطراف پدیده فیزیکی مورد نظر پخش شده اند . این شبکه ها ، حداقل امکان محاسباتی و برخی ابزارهای حسی را برای حس پارامترهایی نظیر دما ، نور ، لرزش ، صدا ، تابش ، رطوبت و ... دارا می باشند . پارامترهای ارزیابی شبکه های حسگر بیسیم (WSN) عبارتند از :

- ✓ طول عمر
- ✓ محدوده پوشش
- ✓ هزینه و سادگی در استفاده
- ✓ زمان پاسخگویی : کاربردهای بلادرنگ
- ✓ دقت : کاربردهای محیطی
- ✓ امنیت
- ✓ نرخ نمونه گیری موثر[۵-۶-۱۲]

علیرغم قابلیتهای بیشماری که این گره ها دارند ، اما به دلیل اینکه انرژی آنها به وسیله باتری هایی با توان محدود تامین می شود ، طول عمر آنها محدود خواهد بود . در حقیقت *محدودیت انرژی گره ها* و *طول عمر شبکه* یکی از چالشهای مهم بر سر راه این شبکه هاست . در میان عوامل مختلف مصرف انرژی ، مسیریابی داده ها یکی از مهمترین عوامل به حساب می آید . در سالهای اخیر، پیشرفت تکنولوژی مخابرات و صنعت قطعات الکتریکی و الکترونیکی خرد، منجر به ساخت سنسورهایی کوچک و نسبتا ارزان شده که از طریق یک شبکه بی سیم با یکدیگر در ارتباطند . این شبکه ها که شبکه های سنسور بی سیم خوانده می شوند، به ابزار مناسبی برای استخراج داده از محیط اطراف و مانیتورینگ رویدادهای محیطی تبدیل شده اند و کاربردهای آنها در زمینه های خانگی، صنعتی و نظامی، روز به روز در حال افزایش است[۵] . شبکه های حسگر بی سیم مجموعه ای از گره های حسگر کوچک می باشند که توانایی نظارت و حس محیط پیرامون خود و ارسال داده های حس شده را به یک ایستگاه اصلی دارند . محدود بودن انرژی موجود در گره ها، چالش اساسی شبکه های حسگر می باشد که بقای شبکه را تحت تاثیر خود قرار میدهد . از طرفی به خاطر وجود تعداد بسیا ر زیاد سنسور در شبکه و یا عدم امکان دسترسی به آنها، تعویض یا شارژی باتری سنسورها عملی نیست . به همین دلیل ارائه روشهایی جهت مصرف بهینه انرژی که در نهایت باعث افزایش عمر شبکه شود، به شدت احساس می شود . پژوهش های قبل نشان داده است که با سازماندهی گره های شبکه در خوشه هایی، می توان به کارایی بیشتر انرژی به افزایش عمر شبکه منتهی می شود . در اکثر پژوهش ها به مدت زمان طی شده تا موقع مرگ اولین یا آخرین گره شبکه ، عمر شبکه گفته می شود .[۲]

شبکه های حسگر بی سیم که معمولاً حاوی صدها یا حتی هزاران گره حسگر ارزان قیمت هستند، یک راه حل ایده آل برای کاربردهای مختلف نظارتی و تجسس، از جمله کنترل ترافیک، مراقبت بهداشتی، نظارت محیطی، دیده بانی میدان جنگ و ... می باشند با توجه به محدودیت های گره های حسگر از نظر منابع انرژی ، گسترش بدون مراقبت گره های حسگر در محیط

[1] - Wireless Sensor Networks

عملیاتی و همچنین ماهیت کاربردهای شبکه های حسگر بیسیم برقراری امنیت در این شبکه ها امری مهم و در عین حال مشکل می باشد. از آنجا که مراقبت گره های حسگر رابطه تنگاتنگی با طول عمر آنها دارد و عمر شبکه های حسگر، نوعاً کوتاه است و دلیل آن محدودیت انرژی منبع تغذیه می باشد ارائه الگوهای ساختاری مناسب و ارائه روشهای مدیریتی و الگوریتمهای مطلع از توان با هدف افزایش طول عمر شبکه حسگر از جمله مباحث مهم تحقیقاتی است[۱]

شروع پژوهش در این زمینه به حدود سال ۱۹۸۰ بر می گردد که آژانس پروژه های تحقیقات پیشرفته دفاعی موسوم به(DARPA)[۲] مشغول کار روی برنامه شبکه های بی‌سیم توزیع شده (DSN)[۳] بود یعنی زمانی که آرپانت (شبکه قبل از اینترنت) با وسعتی حدود ۲۰۰ هاست در دانشگاهها و مراکز علمی مشغول به کار بود. DSN ها یعنی نودهای حسگری که از لحاظ جغرافیایی پراکنده اما با هم تعامل و همکاری می کنند علاوه بر این هر کدام خود مختار و خود گردان می باشند و این شبکه ها اطلاعات به سمت نودی که بهترین توانایی را در استفاده از این اطلاعات داشت مسیر یابی می شد عموم مولفه هایی که در یکDSN به کار می رفت عبارت بودند از حسگر ها (صوتی و ...) ، ارتباط ، تکنیک های پردازشی و الگوریتم ها و نرم افزار های توزیعی.محققان دانشگاه ملون سیستم عامل ارتباط گرا موسوم به Accent را ارائه کردند که با انعطاف پذیر بودن و دسترسی شفاف به منابع توزیع شده می توانست یک DSN با قابلیت فلورانس خطا را آماده کند. یکی از کاربردهای پیاده سازی شده DSN که توسط دانشگاه صنعتی ماساچوست ایجاد شد سیستم ردیاب بالگرد بود که از تعدادی میکروفن های صوتی و سپس تکنیک های تطبیق و رایش سیگنال استفاده می شد. اما در راستای تحقیقات اولیه روی شبکه های حسگر به خصوص DSN ها ، تکنولوژی هنوز به طور کامل آماده نبود،به طور نمونه حسگر ها نسبتاً بزرگ بودند (بعنوان مثال یک جعبه کفش یا بزرگتر) که این خود دامنه کاربردی این شبکه ها را کم می کرد.بعلاوه DSN های اولیه سازگاری زیادی با اتصالات بی‌سیمی نداشتند اما پیشرفت های اخیر در محاسبات و ارتباطات و تکنولوژی های میکروالکترومکانیک تحول مهمی را در پیدایش شبکه‌های حسگر بی‌سیم بوجود آورد.اولین حرکت در تحقیقات شبکه‌های حسگر بی‌سیم در حدود سال ۱۹۹۸ رقم خورد و از آن به بعد نظر محققان زیادی را در سرتاسر دنیا به خود جلب کرد.در تحقیقات جدیدی که روی شبکه های حسگر انجام می گیرد امکانات و تکنولوژیهای شبکه ای بسیار برای محیط های ادهاک با دینامیکی بالا مناسب می باشند و تمرکز کار روی حسگرهای بی‌سیم بیشتر و بیشتر شد علاوه بر اینکه نود های حسگر سایز کوچکتر و قیمت ارزانتری دارند و در نتیجه کاربرد های زیادتری را می توان از آن ها داشت کاربردهایی همچون نظارت های محیطی ، شبکه های حسگر خودرویی و شبکه های حسگر بدنی و غیره. مجددا DARPA بعنوان یک پیش رو، در تحقیقات شبکه های حسگر کار خود را با تحقیق روی برنامه ای به نام SensIT آغاز نمود که در آن شبکه های حسگر فعلی را مجهز به قابلیت های همچون شبکه های ادهاک، پرس و جوی دینامیک و ایجاد توانایی چند وظیفه گی و دوباره برنامه نویسی در آنها بود. در همان زمان IEEE شبکه هایی با هزینه هایی کمتر و توانایی های بالاتر از شبکه های حسگر را معرفی کرد و به عنوان استاندارد IEEE 802.15.4 برای شبکه های بی‌سیم شخصی با نرخ داده پایین معرفی شد و به دنبال آن اتحادیه ZigBee استانداردهای موسوم به استاندارد های ZigBee را منتشر کرد که در آن تعدادی پروتکل ارتباطی سطح بالا که توسط شبکه‌های حسگر بی‌سیم بکار می رفت را معرفی می کرد و اکنون شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از مهم ترین تکنولوژیهای قرن ۲۱ می باشند کشورهایی همچون چین شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بعنوان یک استراتژی ملی در راس برنامه های تحقیقاتی خود قرار داده است.هم چنین دید تجاری به شبکه‌های حسگر

[2] -Defense Adyanced Researched Projects Agency(DARPA)
[3] -DSN :Diributed Sensor Networkes

بی‌سیم نیز در بسیاری از کمپانی های معروف در حال افزایش است. مشابه اغلب فناوریهای دیگر، کاربردهای نظامی محرک اصلی برای تحقیقات و توسعه درزمینه شبکه های حسگر بوده است .

از دیدگاهی دیگر و به طور اجمال ، تاریخچه پیدایش شبکه های حسگر بی سیم (WSN)[۴] را می توان به صورت چهار فاز و مرحله جدا در نظر گرفت .این چهار فاز به صورت مختصر در زیر آمده اند .[۶]

فاز اول، شبکه های حسگر نظامی دوران جنگ سرد است .در دوران جنگ سرد سیستم ارزیابی صوتی[۵] ، سیستمی متشکل از حسگرهای صوتی در زیر اقیانوسها برای آشکارسازی و ردیابی زیردریایی های کشور شوروی به کار گرفته شد .پس از آن سالها نیز، همچنان شبکه های پیچیده صوتی برای کنترل و ردگیری زیردریایی ها استفاده می شد .سیستم SOSUS هم اکنون نیز برای سازمانهایی که در زمینه اقیانوسشناسی و مدیریت هوایی فعالیت دارند، برای کنترل فعالیتهای زمین لرز های در داخل اقیانوسها و یا بررسی رفتار موجودات داخل آنها به کار گرفته می شوند .همچنین در طول جنگ سرد، شبکه های مربوط به رادارهای دفاع هوایی بهینه سازی شده و برای دفاع از ایالات متحده و کانادا استفاده شدند. شبکه هایی با ساختار سلسله مراتبی[۶] (پردازش در سطوح متوالی و انتقال اطلاعات از عامل به وجود آورنده آن به دست کاربر) رشد کردند و در بیشتر موارد، عامل انسانی نقش اساسی و کلیدی در سیستمها ایفا می کرد (پردازش سیگنالهای صوتی، تغییر اطلاعات و ترکیب آنها [۵]

فاز دوم، ابتکارات مرکز پروژه های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی[۷] (DARPA) بود . انگیزه اصلی برای تحقیق پیشرفته بر روی شبکه های حسگر، در اوائل سال ۱۹۸۰ و به وسیله DARPA ، حمایت شدند، به وجود آمد .در این زمان، آرپانت (نسل اولیه اینترنت فعلی) با دویست میزبان در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی استفاده می شد و آر .کان[۸] (بنیانگذار پروتکل TCP/IP) مدیر سازمان فنون پردازش اطلاعات در DARPA بود . او می خواست بداند که آیا میتوان روش آرپانت را به شبکه های حسگر کشاند .در آن زمان چنین ایده ای با نبودن کامپیوترهای شخصی و ایستگاههای کاری، پردازش ضعیف و انتقال اطلاعات با سرعت پایین یک فکر جاه طلبانه به شمار می آمد .در واقع یکی از برنامه های DARPA ، در آن زمان آن بود که شبکه های حسگر توزیع شده را به صورت گره های حسگر توزیع شده ای که بسیار کم هزینه هستند و می توانند در یک حالت اشتراکی و به صورت خودگردان کار کنند به کار گیرند .در حقیقت این اهداف تقریباً همان چیزهایی بود که امروزه برای شبکه های حسگر بی سیم انتظار داریم.[۱]

مفهوم مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم

مسیریابی روشی است که داده ها و پرسش ها را بین ایستگاه پایه و جایی که پدیده هدف ملاحظه شده است، جا به جا می کند و یک مسئله بسیار مهم برای شبکه های حسگر بیسیم خوانده میشود .

---

۴ - Wireless sensor networks (WSN)

۵ - Sound Surveillance System (SOSUS)

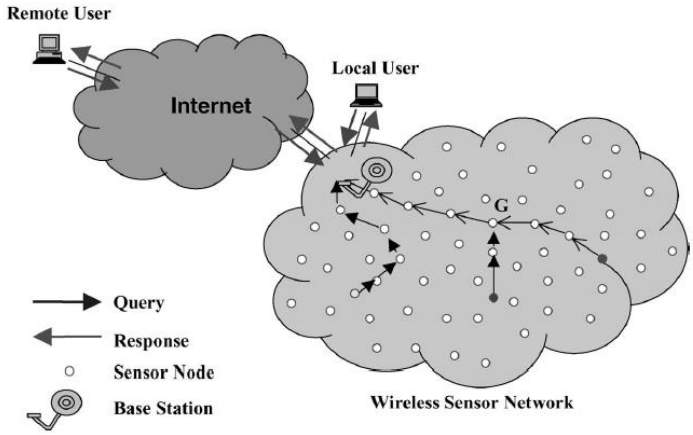
۶ - Hierarchical

۷ - Defense Advanced Researched Projects Agency (DARPA)

۸ - R.Kahn

از یک دیدگاه می توان، مسیریابی را به صورت روش انتقال داده بین گره های حسگر در نظر گرفت و از دیدگاهی دیگر، انتقال اطلاعات بین گره های حسگر داخل شبکه و ایستگاه پایه نهایی را میتوان به عنوان مسیریابی تعریف نمود.

یک روش بسیار ساده برای انجام این وظیفه آن است که هر گره حسگر، داده را به صورت مستقیم با ایستگاه پایه مبادله کند . اما به هرحال یک روش مبتنی بر تک- پرشی[۹] بسیار هزینه بر است به این دلیل که گره هایی که از ایستگاه پایه دور هستند، ممکن است که ذخیره انرژیشان سریعتر تخلیه شود و بنابراین شدیداً طول عمر شبکه را محدود می کنند .این موضوع خصوصاً در مواردی که حسگرهای بیسیم، به منظورپوشش دادن یک منطقه جغرافیایی بزرگ، آرایش یافته اند و یا درمواردی که حسگرهای بیسیم، متحرک هستند و ممکن است که از سمت ایستگاه پایه دور شوند، مهم است . به منظور مقابله با کمبودها و نقصهای ناشی از روش تک- پرشی، تبادل داده بین حسگرها و ایستگاه پایه، معمولاً به وسیله روشهای انتقال بسته چند-پرشی[۱۰] و بر روی شعاع ارتباطی کوچک انجام می شود .چنین روش انتقال داده ای، منجر به **صرفه جوئی مشخص در مصرف انرژی و کاهش چشمگیری در تداخل مخابراتی بین گره های حسگری که در رقابت برای دسترسی** به کانال هستند، می شود . شکل (۲-۱) پیشروی و انتقال داده در بین حسگرهایی که داده در آنها جمع آوری شده و ایستگاه پایه ای که داده به وسیله آن در دسترس کاربر قرار می گیرد را نشان میدهد. [۲]



شکل ۲-۱ : چگونگی انتشار داده در شبکه حسگر بیسیم

همان طور که در شکل(۲-۱) دیده می شود در پاسخ به پرسش هایی که به وسیله کاربر منتشر می شود ویا هنگامی که رویدادی خاص در داخل ناحیه ای که کنترل می شود، اتفاق بیفتد ، داده هایی که به وسیله حسگرها جمع آوری شده اند از طریق مسیرهای چند- پرشی به طرف ایستگاه پایه انتقال می یابند .در شبکه های حسگر بیسیم چندپرشی، گره های واسط، بایستی در به پیش راندن بسته های داده بین منبع و مقصد شرکت کنند .تعیین کردن این که، کدام دسته از گره های واسط بایستی، برای ساختن یک مسیر پیشروی داده بین منبع و مقصد انتخاب شوند، اساسی ترین وظیفه الگوریتم مسیریابی است .

[۹] -Single-hop based

[۱۰] -Multi-hop

به طور کلی مسیریابی در شبکه های با مقیاس بزرگ، اساساً یک مسئله مشکل است که راه حل آن، بایستی چالش های مختلفی مانند صحت و درستی، پایداری و بهینگی با توجه به معیارهای عملیاتی مختلف را جوابگو باشد.[۷]

اگرچه شبکه های حسگر بیسیم، نقاط مشترک زیادی با شبکه های موردی و باسیم دارند، اما به هرحال این نوع از شبکه ها مشخصات منحصر به فردی نیز دارند که آنها را از شبکه های موجود متمایز می کند .این مشخصات منحصر به فرد ، منجر به طراحی مسیریابی جدیدی می شوند که در مقایسه با شبکه های باسیم و موردی متفاوت است .در واقع این نیازمندیهای طراحی منجر به مجموعه ای متمایز و منحصر به فرد از چالشها می شود .این چالشها می توانند شامل فاکتورهای مختلفی مانند **محدودیتهای انرژی بسیار شدید** ، قابلیتهای محاسباتی و مخابراتی محدود، تغییرات پویا و دینامیکی محیطی که حسگرها در آن آرایش یافته اند و مدلهای ترافیک داده منحصر به فرد و همچنین نیازمندیهای کیفیت خدمات مربوط به کاربرد باشند .بنابراین در مسئله مسیریابی، طراح بایستی نیازمندیهای مختلف را مدنظر داشته باشد و بتواند تا حد ممکن از امکانات موجود در این شبکه ها نهایت استفاده را ببرد.[۵]

روش مبتنی بر زنجیر

یکی دیگر از روشهای مفیدی که به منظور کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بیسیم پیشنهاد شد روشی است که بر اساس یک ساختار زنجیری عمل می کند .در این روش در ابتدای عملکرد شبکه، همه گره ها بصورت یک ساختار زنجیری با طول حداقل در نظر گرفته میشوند و سپس یک گره به عنوان رهبر زنجیر انتخاب می شود .این گره، مسئولیت انتقال اطلاعات نهایی شبکه به سمت ایستگاه پایه را بر عهده خواهد داشت .روش مبتنی بر زنجیر PEGASIS[۱۱] از لحاظ مصرف انرژی بهتر از روش LEACH عمل می کند اما یکی از مهمترین عیبهای این روش، تاخیر زیاد در انتقال نهایی داده به سمت ایستگاه پایه است علت این تاخیر آن است که فقط یک گره همه داده ها را بعد از متراکم نمودن به ایستگاه نهایی خواهد فرستاد .[۸]

روش جمع آوری کارامد از لحاظ توان در سیستمهای اطلاعاتی حسگر (PEGASIS) یک روش مسیریابی مبتنی بر ساختار زنجیری در شبکه های حسگر بیسیم هستند اهداف اصلی این پروتکل ، در دو مورد خلاصه می شود:

۱. این پروتکل سعی در افزایش طول عمر شبکه با رسیدن به سطح بالایی از کارایی انرژی و مصرف انرژی یکنواخت در بین همه گره های شبکه دارد .
۲. این پروتکل سعی در کاهش تاخیری که داده در طول مسیرش برای رسیدن به سینک، تحمل می کند دارد .

مدل شبکه ای که به وسیله این پروتکل بررسی می شود، مجموعه ای متجانس از گره ها را فرض می کند که در داخل یک ناحیه جغرافیایی آرایش یافته اند .فرض می شود که گره ها، اطلاعات و دانش کلی درباره موقعیت های سایر حسگرها را داشته باشند .به علاوه گره ها توانایی کنترل توان خودشان به منظور پوشش دادن محدوده های دلخواه را دارند .گره ها ممکن است همچنین به وسیله فرستنده- گیرنده های رادیویی به قابلیت دسترسی چندگانه با تقسیم بندی کد ، مجهز شده باشند . مسئولیت گره ها جمع آوری و تحویل داده به یک سینک مثلا یک ایستگاه پایه بی سیم است .هدف، توسعه و بهبود یک

[۱۱] -Powe Efficient Gathering in Sensor Information Systems (PEGASIS)

ساختار مسیریابی و یک طرح تراکم به منظور کاهش مصرف انرژی و تحویل داده متراکم شده به ایستگاه پایه با کمترین تاخیر است، در حالی که مصرف انرژی بین گره های حسگر متعادل شده است .برخلاف سایر پروتکل ها، که بر روی یک ساختار درختی و یا یک ساختار سلسله مراتبی مبتنی بر خوشه، برای جمع آوری داده و پخش داده تکیه دارند، روش PEGASIS ، یک ساختار زنجیری را به کار می گیرد .بر اساس این ساختار، گره ها، با نزدیک ترین همسایه هایشان ارتباط برقرار می کنند . ساختار زنجیر، با دورترین گره از سینک شروع می شود .گره های شبکه به صورت تصاعدی و با شروع از نزدیکترین همسایه به گره آخری، به زنجیر اضافه می شوند .نزدیک ترین همسایه به گره راس در زنجیر جاری، اول اضافه می شود و به همین ترتیب، تا جایی که همه گره ها در بر گرفته شوند .برای مشخص کردن نزدیک ترین همسایه، یک گره، قدرت سیگنال را به منظور اندازه گیری فاصله، تا همه ی گره های همسایه اش به کار می گیرد .با استفاده از این اطلاعات، گره، قدرت سیگنال را طوری تنظیم می کند فقط داده های نزدیک ترین گره، بتواند شنیده شود .یک گره در داخل زنجیر، به عنوان رهبر زنجیر انتخاب میشود .مسئولیت گره رهبر،انتقال داده متراکم شده به ایستگاه پایه است .در روش PEGASIS[۱۲] به منظور اطمینان از چرخش نقش رهبریت بین گره های مختلف، در هر دوره، گره $I \bmod N$ به عنوان رهبر زنجیر در آن دوره انتخاب می شود . که در این رابطه I به شماره دوره جاری اشاره می کند و N نشان دهنده کل تعداد گره ها در شبکه است. [۵]

با این انتخاب، نقش رهبری زنجیر، در بین مکانهای مختلف زنجیر، بعد از هر راوندی انتقال پیدا می کند.دوره ها می توانند به وسیله سینک داده مدیریت شوند و گذار (انتقال) از یک دوره به دوره دیگر، به وسیله یک موج رادیویی با توان بالا که به وسیله سینک داده منتشر شده است، گردش می یابد .این چرخش نقش رهبریت در بین گره های زنجیر، مصرف انرژی متعادل شده ای را از لحاظ میانگین، در بین گره های شبکه، تضمین می کند .اما به هر حال، گره هایی که به عنوان نقش رهبریت زنجیر در نظر گرفته میشوند، ممکن است به طور دلخواه و یا قراردادی از سینک داده دور در نظر گرفته شوند .چنان گرهی، ممکن است لازم باشد با توان بالایی به منظور رساندن داده هایش به ایستگاه پایه، انتقال دهد .تراکم داده در این روش، در طول زنجیر به دست می آید .در ساده ترین شکل آن، فرآیند تراکم، می تواند به صورت متوالی و طبق روند زیر انجام شود:

ابتدا، رهبر زنجیر، یک نشانه[۱۳] را برای گره های آخری در انتهای سمت راست و چپ زنجیر می فرستد .به محض دریافت نشانه، گره های انتهایی، داده شان را به همسایه های پایین دست خود در زنجیر و به طرف رهبر انتقال می دهند .گره همسایه، داده را متراکم می کند و آن را به همسایه پایین دستش انتقال می دهد .این فرآیند ادامه پیدا می کند تا زمانی که داده متراکم شده،به رهبر برسد .به محض دریافت داده از هر دو طرف زنجیر، رهبر، داده را متراکم می کند و آنها را به سینک داده منتقل می کند .با وجود سادگی این روش، اما طرح متراکم کردن متوالی، قبل از این که داده های متراکم شده به ایستگاه پایه تحویل داده شوند، منجر به تاخیرهای طولانی خواهد شد .در واقع یکی از مهمترین عیبهای روش PEGASIS تاخیر در پاسخگویی است .یک راه بالقوه، برای کاهش تاخیر مورد نیاز برای تحویل داده متراکم شده به سینک، استفاده از متراکم ساختن موازی داده، در طول زنجیر است .یک روش که درجه بالایی از موازی کردن را به دست می دهد، به این ترتیب به دست می آید که گره های حسگر، به فرستنده- گیرنده هایی که قابلیت دسترسی چندگانه با تقسیمبندی کد را دارند، مجهز شده باشند .قابلیت اضافه شده، برای اجرای ارتباطات نزدیک و بدون تداخل میتواند به منظور پوشش دادن یک ساختار سلسله مراتبی بر روی زنجیر استفاده شود و نتیجتاً، از ساختار جاسازی شده موجود برای متراکم نمودن داده استفاده

---

[۱۲] -Powe Efficient Gathering in Sensor Information Systems (PEGASIS)

[۱۳] - Token

شود .در هر دوره ای، گره ها، در یک سطح داده شده از سلسله مراتب، با یک همسایه نزدیکشان در سطحی بالاتر از سلسله مراتب موجود ارتباط برقرار می کنند .این فرآیند، تا زمانی که داده متراکم شده، به رهبر که در سطح راس آن سلسله است، برسد ادامه پیدا می کند .سپس رهبر، داده متراکم شده نهایی را به ایستگاه پایه منتقل می کند. روشهای دیگری با الهام گرفتن از روش مبتنی بر زنجیر و به منظور بهبود عملکرد آن پیشنهاد شده که اغلب به جای ساختار زنجیری از ساختارهای دیگر بهره می گیرد .با این روشها، میزان تاخیر تا حد زیادی کاهش پیدا می کند .این روشها که در مراجع معرفی شده اند عملکرد بهتری از لحاظ میزان تاخیر در تحویل داده نسبت به روش مبتنی بر زنجیر PEGASIS از خود نشان می دهند .

روش های مبتنی بر انرژی باقیمانده هر گره (آگاه از انرژی)[۱۴]

دسته دیگر از روشهایی که به منظور بهبود عملکرد شبکه های حسگر بیسیم معرفی شده اند، از یک فرض منطقی برای پروتکل خود استفاده می کنند .در اغلب این روشها که روشهای آگاه از انرژی خوانده می شود، فرض می شود که هر گره حسگر در هر لحظه بتواند تخمینی از انرژی باقیمانده منبع توانش بزند .این فرض با توجه به اینکه مدل مصرف انرژی کاملاً واضح است و همچنین تعداد پرشهایی که به وسیله هر بسته پیموده می شود نیز تقریباً مشخص است فرضی منطقی است .از جمله روشهایی که بر اساس اطلاع از انرژی باقیمانده گره ها کار می کنند روشهای X-LEACH و ERA و Improved LEACH و HEED است .[۱۲]

توجه شود که روشهایی که بر اساس اطلاع از انرژی باقیمانده گره ها کار میکنند به این دلیل که در انتخاب نقش برای گره ها، مسئله انرژی را مدنظر قرار می دهند می توانند طول عمر شبکه را در مقایسه با روشهای قبلی افزایش بخشند .در همه الگوریتمهای مسیریابی که بر اساس انرژی باقیمانده گره ها به تصمیم گیری می پردازند هر گره با اطلاع از انرژی اولیه اش و دانستن تعداد بسته های انتقالی خود می تواند تخمینی از انرژی باقیمانده اش را در هر لحظه در اختیار داشته باشد.توجه شود که در مورد این الگوریتمها، دو معیار FND[۱۵] و LND[۱۶] برای بررسی عملکرد آنها از لحاظ طول عمر شبکه استفاده خواهد شد . معیار FND ،مدت زمانی را مشخص می کند که طول می کشد تا اولین گره حسگر داخل شبکه انرژیش تمام شده و یا به عبارت دیگر بمیرد .معیار دوم یعنی LND مدت زمانی را مشخص می کند که طول می کشد تا همه گره های داخل شبکه بمیرند . در حقیقت معیار دوم، مقیاسی از طول عمر کلی شبکه خواهد بود.[۱۵]

الگوریتم خوشه بندی مبتنی بر انرژی باقیمانده (آگاه از انرژی باقیمانده)ERA[۱۷]

در ادامه روشهای مبتنی بر خوشه پیشنهاد شده برای این شبکه ها که برای افزایش طول عمر پیشنهاد شد، یک روش مطلع از انرژی دیگر که ما آن را ERA می نامیم برای مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم معرفی شد . همانطور که از نام این روش برمی آید، یکی از مهمترین معیارها برای تصمیم گیری در مورد انتخاب مسیر، انرژی باقیمانده گره های موجود در آن مسیر خواهد بود .در حقیقت بر خلاف اکثر روشهای قبلی که سعی در مینیمم کردن طول مسیر پیموده شده داشتند، این روش با مدنظر قرار دادن انرژی، سعی در ماکزیمم کردن انرژی باقیمانده مسیر به وجود آمده از هر گره تا ایستگاه پایه خواهد نمود.

---

[۱۴] -Energy Aware

[۱۵] -First Node Die-FND

[۱۶] -Last Node Die-LND

[۱۷] -Energy Residue Aware

روش ERA ، دقیقاً مشابه با روش LEACH ، تعدادی از گره ها را در هر دوره به عنوان سرگروه خوشه انتخاب خواهد کرد . اما نحوه تعیین اعضای داخل هر خوشه مانند LEACH نخواهد بود .در این روش ، بعد از آن که سرگروه ها انتخاب شدند، هر سرگروه تخمینی از انرژی باقیمانده اش برای انتقال بسته داده به ایستگاه پایه را با استفاده از رابطه ی (۳-۳) به دست خواهد آورد .[۷]

$$(E_{CH-res})_i = (E_{CH-rem})_i - (E_{to-BS})_i \quad i \in S_c$$

که در این رابطه، SC مجموعه سرگروه خوشه ها است . $(E_{CH-rem})_i$ انرژی باقیمانده سرگروه i ام در دوره جاری و $(E_{to-BS})_i$ انرژی لازم برای انتقال داده از سرگروه iام به ایستگاه پایه را بیان می کند .سپس هرسرگروهی مقدار انرژی باقیمانده تخمینی خود را در داخل بسته، اعلان سرگروهی خود قرار داده و آن را برای بقیه گره های شبکه می فرستد .این فرآیند به وسیله همه گره هایی که بعنوان سرگروه انتخاب شده اند انجام می شود.

حال گره های عادی بایستی یکی از سرگروه ها را برای قرار گرفتن در گروه مربوطه به عنوان سرگروه خودشان انتخاب کنند.در این مرحله، هر گره عادی نیزانرژی باقیمانده اش را برای فرستادن بسته به تک تک سرگروه های موجود طبق رابطه (۳ تخمین می زند .

$$(E_{non-CH-res})_j = (E_{non-CH-rem})_j - (E_{toCH})_{ij} \quad i \in S_N, \forall i \in S_C \qquad -۴$$

که در این رابطه ، S_N مجموعه گره های عادی شبکه است و $(E_{non-CH-rem})_j$ انرژی باقیمانده گره عادی i ام در دوره جاری را بیان می کند و $(E_{toCH})_{ji}$ jام تا سرگروه i ام را بیان می کند.

سرانجام هر گره عادی این مقادیر را برای همه سرگروه های موجود محاسبه کرده و نهایتا گرهی را به عنوان سرگروه خود انتخاب می کند که رابطه (۳-۵) را ماکزیمم کند .

$$\text{Max } \{(E_{CH-res})_i + (E_{non-CH-res})_j | \forall i \in S_C, \}, \quad j \in S_N \qquad -۵$$

به این ترتیب خوشه ها برای ماکزیمم کردن انرژی باقیمانده مسیر به وجود آمده از هر گره عادی تا سرگروه و از سرگروه تا ایستگاه پایه تشکیل خواهد شد.در مرحله بعدی، مشابه با روش LEACH هر گرهی بسته داده اش را مستقیما برای سرگروه فرستاده و سرگروه ها نیز بسته های دریافتی را برای ایستگاه پایه خواهند فرستاد .[۸]

در مورد الگوریتم های غیر گسسته، حسگرها ممکن است در بیش از یک مجموعه پوشش شرکت کنند. در برخی موارد، ممکن است طول عمر شبکه را در مقایسه با الگوریتم های مجموعه پوشش گسسته طولانی سازد ولی طراحی الگوریتم ها برای مجموعه های پوشش غیر گسسته در کل منجر به درجه ی بالاتری از پیچیدگی می شود.

تمام راه حل های متمرکز ارائه شده در فصل سوم برای بیشینه سازی طول عمر شبکه با سازماندهی گره های حسگر در تعداد مناسبی پوشش مجموعه گسسته یا غیرگسسته که بطور دوره ای فعال می شوند، توسعه می یابند. با اینحال، برای تطبیق با شبکه های بزرگتر مقیاس پذیری بهتری ندارند و به تحمل پذیری خرابی دست نمی یابند، یعنی فرض می شود که گره هایی که به مجموعه پوشش یکسان تعلق دارند هرگز خراب نخواهند شد یا در طول نوبت پوشش مجموعه هرگز غیرقابل دستیابی نخواهند بود.

به منظور مخفی سازی وقوع خرابی ها، یا عدم دسترس پذیری ناگهانی گره های حسگر، طبق مطالعات وسیعی توسط دانشمندان ، تعدادی الگوریتم توزیع شده توسعه یافته اند. اطلاعات زمانبندی در کل شبکه منتشر می شود و تنها حسگرهای موجود در حالت فعال مسئول نظارت تمام هدف ها می باشند، در حالیکه بقیه گره ها در مد خواب با انرژی کم قرار دارند. گره ها بطور مشارکتی تصمیم می گیرند که کدام یک در مد خواب به مدت مشخصی باقی بمانند.

محققان ، پیش بینی برای طولانی کردن طول عمر شبکه را با استفاده از همبستگی های زمانی – فضایی میان داده های حس شده توسط گره های حسگر مختلف انجام می دهند. بر اساس فرایند گاوسی، محققان این مسئله را بصورت یک مسئله ی پوشش مجموعه زیرپیمانه ای با مینیمم وزن فرموله کردند و الگوریتم های حریصانه هرس شده ی متمرکز و توزیع شده (ITAG[۱۸] و DTGA[۱۹]) پیشنهاد کردند. ثابت کردند که این الگوریتم ها به مجموعه پوشش یکسان دست می یابند.

بهینه سازی طول عمر با استفاده از دانش مربوط به داینامیک های رویدادهای تصادفی در مقالات گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پایان نامه تعاملات بین زمانبندی دوره ای و خواب هماهنگ برای هر دو شبکه حسگر استاتیک متراکم سنکرون و آسنکرون ارائه شده است و نشان داده شده است که داینامیک های رویداد می توانند برای صرفه جویی های انرژی عمده با قرار دادن حسگرها روی زمانبندی روشن / خاموش دوره ای بکار گرفته شوند. این تحقیق برمبنای این واقعیت است که بدون پوشش قرار دادن ناحیه ای در برخی مواقع می تواند قابل قبول باشد، زیرا رویدادی که زمانی وارد می شود که هیچ حسگر فعال وجود ندارد، ممکن است به مدت طولانی بماند تازمانیکه حسگر فعال گردد.

محققان یک الگوریتم توزیع شده با زمان چندجمله ای برای بیشینه سازی طول عمر شبکه طراحی کرده و ثابت کردند که طول عمر بدست آمده توسط الگوریتم آنها، ماکزیمم طول عمر احتمالی درون فاکتور تقریب لگاریتمی را تقریب می زند. الگوریتم پیشنهادی به دنبال بیشینه سازی طول عمر شبکه های حسگر با فعال سازی حسگرهای مبتنی بر میزان انرژی پسماندشان می باشد. [۹]

بر این اساس الگوریتم پوشش کلی ارائه می شود که اتصال شبکه را نیز در بر می گیرد. پروتکل پیشنهادی که پروتکل پوشش احتمالی[۲۰] (PCP) نیز نامیده می شود برای مدل حس کردن دیسک رایج همانند مدل حس کردن احتمالی کار می کند. برای پشتیبانی از مدل های حس کردن احتمالی، محققان مفهوم پوشش احتمالی ناحیه هدف را با آستانه مشخص θ مطرح می سازند که به این مفهوم است که یک ناحیه در صورتی پوشش یافته در نظر گرفته می شود که احتمال حس کردن رویدادی که در هر نقطه ای در ناحیه روی می دهد، حداقل θ باشد. آنها صحت پروتکل را ثابت می کنند و کران هایی روی زمان همگرایی اش و پیچیدگی پیام فراهم می سازند. [۱۲]

گرچه این الگوریتم ها کاربردها را برای دستیابی به کارایی خیلی خوب فعال می سازند، با مشکل رایجی مواجه می شوند، یعنی وابستگی شان به این فرضیه که انتظار نمی رود که قابلیت های اطمینان گره های حسگر در طول زمان کاهش یابند. بعلاوه، هیچ ضمانتی برای اطمینان از این واقعیت پیشنهاد نشده است که تنها یک گره حسگر باید برای هر منطقه نظارتی در حالت فعال باشد که منجر به شرایطی می شود که در آنها دو گره حسگر همسایه ممکن است در گام همزمان انتخاب شوند و تصمیم

[۱۸] - Intensive Truncated Greedy Algorithms

[۱۹] - Distributed Truncated Greedy Algorithms

[۲۰] - Probabilistic Coverage Protocol

دو گره همسایه ممکن است یکسان باشد. در این پایان نامه ، یک الگوریتم خود تشبیتی موثر برای غلبه بر مشکل بهینه سازی طول عمر در شبکه های حسگر مقیاس بزرگ ارائه می کنیم. این مطالعه به دلایل زیر متفاوت از کارهای قبلی است:

- ✓ از توزیع Weibull[۲۱] برای در نظر گرفتن خرابی های استهلاک و بنابراین افزایش طول عمر شبکه استفاده می کنیم.
- ✓ یک کران بالا از تعداد واقعی پیام های probe/reply مبادله شده در طول بهینه سازی طول عمر شبکه بیان می کنیم.
- ✓ رابطه های جایگزینی بین قابلیت اطمینان شبکه حسگر و تعداد مورد نیاز مجموعه های پوشش را هماهنگ می سازیم، یعنی می خواهیم برای آستانه قابلیت اطمینان ثابت، حداقل تعداد مجموعه های پوشش را مشخص سازیم که می توانند در پوشش سیستم مورد استفاده قرار گیرند، در حالیکه به قابلیت اطمینان از پیش تعیین شده شبکه حسگر دست می یابند.
- ✓ ضمانت های قابل اثباتی برای فرایند انتخاب گره های کاری برای هر منطقه نظارتی فراهم می سازیم.

برخلاف روش های قبلی، از مفهوم جدید خود تشبیتی برای دستیابی به صرفه جویی های انرژی عمده استفاده می کنیم. [۱۳]

اصول پایه و مدل حس کردن

توپولوژی شبکه حسگر را با یک گراف بدون جهت – گراف ارتباطات $G=(V,E)$ مدل سازی می کنیم. فرض کنید V مجموعه گره ها است (مجموعه رئوس) و E لینک های بین گره ها (مجموعه یال ها). گره ها با $i=1,2,\ldots,n$ برچسب گذاری می شوند و لینک بین گره های i و j با (I,j) نمایش داده می شود. مجموعه همسایه های گره i با $N_i = \{j \in V | (i,j) \in E$ نمایش داده می شود و درجه (تعداد همسایه ها) گره i با $\eta_i = |N_i|$ نمایش داده می شود. [۱۶]

با R_s و R_c بترتیب بازه حس کردن و بازه ارسال رادیویی گره حسگر را نشان می دهیم. فرض می کنیم که گره های حسگر بطور اختیاری در ناحیه مورد نظر گسترده می شوند. کل ناحیه به شبکه های مربعی با طول ضلع ω تقسیم می شود و یک گره حسگر بصورت بیدار در هر شبکه انتخاب می شود. ماکزیمم فاصله بین هر دو زوج گره حسگر در شبکه های مجاور درون بازه ی ارسال یکدیگر می باشد. مدل های حس کردن و اتصالی که استفاده می کنیم .اگر $R_c \geq 2.R_s$باشد، در اینصورت پوشش دلالت بر اتصال دارد. چنین استنباط می کنیم که به منظور حفظ پوشش، سایز شبکه ω باید بصورت زیر انتخاب شود:

$$\omega \leq \frac{R_s}{\sqrt{2}} \equiv \omega \leq \frac{R_c}{2.\sqrt{2}}$$

بنابراین برای ناحیه بزرگی با سایز $l \times l$ ، نیاز به $\frac{2l^2}{R_s^2}$ گره حسگر برای عمل کردن در حالت فعال برای تضمین پوشش کامل دارد. بهرحال، در راهکار ما، زیرتقسیم منطقه نظارت شده به شبکه های مربعی تنها برای دستیابی به ارزیابی بهتر کارایی پوشش انجام می گیرد. در واقع، الگوریتم پیشنهادی ما می تواند روی هر توپولوژی شبکه اختیاری عمل کند. [۱۰]

الگوریتم پیشنهادی

[۲۱] - wear-out failures and therefore to increase network's lifetime.

هدف الگوریتمی که در این پایان نامه پیشنهاد می کنیم، حفظ سطح بحرانی کارایی همزمان با استهلاک و نزول گره ها با نگه داشتن حداقل تعداد گره های حسگر در مد فعال در WSN می باشد. فرض می کنیم که در وضعیت شبکه هایی با تراکم بالا هستیم و تمام گره ها در عملکرد شبکه شرکت ندارند. برخی گره ها در حالت بیکاری قرار دارند زیرا منطقه های پوشش شان واقعا توسط گره های فعال پوشش می یابند. چنین در نظر می گیریم که این حسگر های بیکار بطور دوره ای برای بررسی خرابی های نهایی گره و بنابراین تضمین پوشش منطقه هایشان بیدار می شوند. در مورد خرابی ها، برای گذر از مد فعال و شرکت در سرویس شبکه تصمیم می گیرند. با اینحال، دو سوال در اینجا مطرح می شود:

۱. تشخیص خرابی چگونه انجام می گیرد؟
۲. حسگرهای خراب چگونه جایگزین می شوند؟

معمولا، زمانیکه گرهی که در مد خواب است، بیدار می شود، یک پیام درخواست آزمایش برای بررسی اینکه آیا گره در حال کاری در مجاورت اش وجود دارد، ارسال می کند. اگر هیچ گره در حال کار وجود نداشته باشد، شروع به عمل کردن در مد فعال می کند؛ در غیراینصورت مجددا می خوابد، ولی سوالات ۱ و ۲ در بالا مطرح شده هنوز منجر به مسائل زیر می شوند:

مسئله ۱: از آنجاییکه گره های حسگر از همسایه هایشان، مخصوصا تعداد گره های در حال خواب/غیرفعال آگاه نمی باشند، چگونه بازه ی بیداری این حسگرها تنظیم می شود؟

مسئله ۲: در طول سرویس شبکه، چگونه کنترل حالتی که دو یا چند گره در حال خواب وجود دارد، همزمان تحقق خواهد یافت که گره در حال کار/فعال خاموش شود؟

مسئله ۱ –حل

برای محاسبه نرخ بیداری گره، از توزیع Weibull برای کاهش رابی های استهلاک و بنابراین افزایش طول عمر شبکه استفاده می کنیم.

در ادامه شرح و آنالیز اجمالی توزیع Weibull ای را که برای دستیابی به طرح قابل اطمینان برای بهینه سازی طول عمر در WSN استفاده می کنیم، ارائه می کنیم.

آنالیز توزیع طول عمرهای آتی

توزیع Weibull یک توزیع پیوسته است. که بطور گسترده برای مدل سازی تابع خطا برای انواع زیاد تجهیزات/شی ها مخصوصا در زمینه قابلیت اطمینان مورد استفاده قرار گرفته است. محبوبیت توزیع Weibull از انعطاف پذیری اش و توانایی اش برای فراهم سازی آنالیز خرابی صحیح و پیش بینی های خرابی ناشی می شود. تابع تراکم احتمال Weibull برابر است با:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}} & t, \alpha, \beta, \gamma > 0 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

که در آن $\alpha > 0$ پارامتر مقیاس است، $\beta > 0$ پارامتر شکل است (رفتار تابع نرخ خرابی را نشان می دهد) و γ پارامتر مکان است. توجه داشته باشید که زمانیکه توزیع در t=0 شروع می شود، داریم $\gamma = 0$ بنابراین، تابع تراکم احتمال Weibull برای $t, \alpha, \beta > 0$ به $f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$ کاهش می یابد و تابع توزیع تجمعی اش (CDF)[۲۲] برابر $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$ است. [۱۷] $\int_0^t f(t)$

اکنون فرض کنید که طول عمرهای دسترس پذیری گره های حسگر بصورت متغیر تصادفی X با توزیع احتمال F نمایش داده می شوند و فرض کنید t یک عدد حقیقی غیرمنفی است. این احتمال که گره در x واحد زمان بعدی با در نظر گرفتن اینکه به مدت t واحد زمانی دردسترس بوده، خراب خواهد شد بصورت زیر تعریف می شود:

$$F_t(\chi) = F_{X \geq t}(t + \chi) = \frac{F(t+\chi) - F(t)}{1 - F(t)}, t \geq 0$$

طبق این تابع که توزیع طول عمرهای آتی گره فراتر از t را بیان می کند، مشخص است که طول عمرهای دسترس پذیری گره ها از توزیع نمایی تبعیت می کنند، میزان زمانی که گره دردسترس بوده است، هیچ تاثیری روی مدتی که احتمال دارد دردسترس بماند، ندارد. در حالت رسمی داریم:

$$F_t(\chi) = F[X > t + \chi | X > t] = \frac{F[\{X > t+\chi\} \cap \{X > t\}]}{F[X > t]}$$
$$= \frac{F[X > t+\chi]}{F[X > t]} = \frac{e^{-\lambda(t+\chi)}}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda \chi} = F[X > \chi]$$

بهمین علت، توزیع نمایی، بدون حافظه نامیده می شود. بنابراین، توزیع نمایی برای مدل سازی استهلاک مناسب نیست، زیرا استهلاک یک پدیده ی بدون حافظه نمی باشد. [۱۱]

توزیع طول عمر آتی برای Weibull به مقدار زیر کاهش می یابد:

$$F_t(\chi) = e^{-\left(\left(\frac{t+\chi}{\alpha}\right)^{\beta} - \left(\frac{\chi}{\alpha}\right)^{\beta}\right)}$$

این تابع بطور واضح همانند x به t بستگی دارد زمانیکه $\beta \neq 1$ است. زمانیکه $0 < \beta < 1$ است، این احتمال که گره حسگر یک واحد زمانی دیگر باقی خواهد ماند، با افزایش t افزایش می یابد. برای $\beta > 1$ ، این احتمال کاهش می یابد و زمانیکه $\beta = 1$ است، توزیع به حالت نمایی و بنابراین بدون حافظه کاهش می یابد. بنابراین، توزیع Weibull قادر به مدل سازی تاثیرات سالخوردگی مختلف بسته به پارامتر شکلش می باشد. [۱۲

نرخ بیداری گره

[۲۲] - Cumulative Distribution Function

معمولا، گره ها در ابتدا در مد خواب می باشند. هر گره به مدت زمان تصادفی تولید شده با توجه به تابع تراکم احتمال Weibull $(PDF): f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)\beta}$می خوابد، جاییکه $\frac{1}{\alpha} = \lambda$ نرخ آزمایش گره حسگر می باشد و t نشان دهنده مدت زمان خواب اش می باشد.

پارامتر α^0 را تعریف می کنیم که در آن مقدار $\frac{1}{\alpha^0}$ برای تعریف میانگین مدت خواب اولیه برای هر حسگر غیرفعال و بنابراین نرخ تراکم پیام های probe مورد نظر کاربرد استفاده می شود. هرچه فرکانس بالاتر باشد، خرابی های نهایی بیشتری بسرعت تشخیص داده شده و کنترل خواهند شد، ولی این حالت منجر به افزایش تعداد پیام های موجود می شود. برای تنظیم بهتر نرخ آزمایش، باید ماهیت کاربرد را در نظر گیریم. بعنوان مثال، اگر کاربردی داشته باشیم که مسئول اندازه گیری های دما در هر ساعت باشد، مشخص است که تنظیم α^0 برای کاربردی که عملکردش، تشخیص آتش است، یکسان نخواهد بود. از آنجاییکه تعداد گره های در حال خواب توسط سایر گره های در حال کار مشخص نیست، مقدار اولیه α برای هر گره غیرفعال برابر α^0 تنظیم می شود. [۱۸]

برای تنظیم دقیق نرخ بیداری گره، پارامتر $\lambda = \frac{1}{\alpha}$ با توجه به قضیه زیر تنظیم می شود:

قضیه ۱: نرخ بیداری گره بطور یکنواخت افزایش می یابد.

اثبات: نرخ آزمایش برابر احتمال بیداری شرطی گره در طول بازه t و $t + \Delta t$ با فرض در حالت خواب بودنش در زمان t است. که آن را با $\lambda(t)$، تابعی از زمان t با نام تابع نرخ آزمایش نشان می دهیم:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} P(t < T \leq t + \Delta t | T > t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$$

$$\frac{f(t)}{F(t)} = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

که در آن f(t) تابع تراکم احتمال است و F(t) تابع توزیع تجمعی است. برای گره حسگر مشخص i، در زمان t و t^*، $t^* > t$ ، نرخ های آزمایش اش بترتیب برابر $\lambda(t)$ و $\lambda(t^*)$ می باشند. واضح است که با توجه به فرمول ۱ و $\beta > 1$ می توانیم به نتیجه $\lambda(t^*) > \lambda(t)$ دست یابیم، یعنی نرخ آزمایش گره با زمان افزایش می یابد.

مزیت خود تنظیمی نرخ آزمایش هر گره حسگر در حال خواب این است که از دو مسئله مهم جلوگیری می کند:

گره حسگر در حال خواب نیازی با دانستن تعداد همسایه های مستقیمش برای تنظیم زمان آزمایش اش ندارد؛ که از نگهداری حالت فعلی همسایه جلوگیری می کند که مخصوصا در محیط خشن جاییکه گره های حسگر ممکن است بطور ناگهانی خراب شوند، حائز اهمیت است.

هیچ مکانیزم هماهنگ سازی پیچیده ای برای اجرای ارسال پیام ها بین گره ها مورد نیاز نیست.

مسئله ۲ –حل

تا جاییکه می دانیم، هیچ راه حل واقعی در مقالات برای تضمین این واقعیت پیشنهاد نشده است که تنها یک گره حسگر باید برای هر منطقه در حال نظارت در حالت فعال باشد. علت اینکه چرا هیچ الگوریتم راه حل واقعی وجود ندارد، این است که دو گره حسگر همسایه ممکن است در گام همزمان انتخاب شوند و تصمیم دو گره همسایه ممکن است یکسان باشد. هدف این پایان نامه ، پر کردن این شکاف با پیشنهاد یک طرح خود تثبیتی موثر برای بهبود طول عمر شبکه است. در واقع، استفاده از چنین طرح، به شبکه حسگر این امکان را می دهد تا بجای خرابی غیرقابل پیش بینی، کارایی اش به آرامی تنزل کند.

فرمولاسیون مسئله

فرض کنید $G=(V;E)$ گراف مدل سازی شبکه حسگر باشد. فرض کنید $Z=(z_1,z_2,\ldots,z_k\}$ مجموعه منطقه های در حالت نظارتی است که قرار است پوشش داده شوند و $S=\{1,2,\ldots,n\}$ مجموعه گره های حسگر است. هر منطقه در Z باید توسط حداقل یک گره حسگر موجود در S پوشش داده شود. ℓ_u را مجموعه حسگرهای همسایه منطقه $z_u, 1 \le u \le k$ می نامیم. هر حسگر همسایه $j \in \ell_u$ قادر به نظارت منطقه z_u است: [۶]

$$\forall q \in z_u,\ \forall j \in \ell_u : d(q,i) \le R_{s,}\quad \ell_u \subseteq S,\ Z_u \in Z \tag{۷-۴}$$

که در آن $d(q,i)$ نشان دهنده فاصله بین نقطه $q \in z_u$ و حسگر j است.

با توجه به مسئله ۱، حالت قانونی شبکه بصورت زیر بیان می شود:

$$\forall z_u \in Z: \exists i,j \in \ell_u | S(i) = S(j) = \text{active} \rightarrow i = j \tag{۸-۴}$$

بعبارت دیگر، هر منطقه در حالت نظارت توسط حداکثر یک گره حسگر پوشش داده می شود.

۴-۷ الگوریتم خود تثبیتی

در ادامه الگوریتم را ارائه می کنیم. زمانبندی توزیع شده/ آسنکرون را تحت یکپارچگی مرکب خواندن/نوشتن فرض می کنیم. همچنین شناسه گره حسگر را بصورت منحصربفرد در نظر می گیریم.

علامت گذاری های زیر نیز برای مسندهای گره i ارائه می شوند:

$$\begin{aligned}
&-\ A(i): \text{Active neighbor} : \exists j \in \ell_u(i), S(j) = \text{active} \\
&-\ A(i): \text{Active neighbor with lower Id}: \exists j \in \ell_u(i), \\
&\qquad S(j) = \text{active} \wedge \text{Id}(i) > Id(j). \\
&-W^*(i): \text{Wakeup neighbor with lower Id}: \exists j \in \ell_u(i), \\
&\qquad S(j) = \text{wakeup} \wedge \text{Id}(i) > Id(j).
\end{aligned} \tag{۹-۴}$$

الگوریتم خود تثبیتی از دو قاعده زیر استفاده می کند:

$$r_1: \text{If}\big(S(i) = \text{wakeup} \wedge A(i)\big) \vee \big(S(i) = \text{active} \wedge A^*(i)\big)$$
$$\text{then } S(i) \leftarrow \text{sleeping} \qquad (۱۰-۴)$$
$$r_2: \text{If}\big(S(i) = \text{wakeup} \wedge\!\rightarrow A(i)\big) \wedge\!\rightarrow W^*(i) \text{then } S(i) \leftarrow \text{active}$$

اثبات های خود تثبیتی

قضیه ۲: هر منطقه در حالت نظارت z_u در نهایت توسط حداکثر یک گره حسگر پوشش داده می شود.

اثبات: توسط قاعده r_1 تضمین می شود، یعنی اگر دو یا چند گره فعال در منطقه یکسان وجود داشته باشد، تنها یکی با کوچکترین Id فعال باقی خواهد ماند.

قضیه ۳: اگر گرهی r_2 را اجرا کرده باشد، در اینصورت آن گره و هر یک از همسایه هایش حداکثر یک قاعده بیشتر را تا زمان بیداری بعدی اجرا خواهند کرد و این قاعده r_1 خواهد بود.

اثبات: فرض کنید i گرهی است که r_2 را اجرا کرده است. زمانیکه گره i وارد حالت فعال می شود، تمام همسایه هایش یا در حالت خواب می باشند یا در حالت بیداری. بنابراین دو سناریو ممکن داریم:

(۱) همسایه ها در حالت خواب: هیچ برخوردی در این مورد وجود ندارد.

(۲) همسایه ها با حالت بیداری: این همسایه ها دارای Id بزرگتر از i می باشند.

قضیه ۴: زمانیکه گره در حالت خواب نیست، می تواند حداکثر ۲ حرکت داشته باشد.

اثبات: براحتی مشاهده می شود که هر قاعده می تواند حداکثر یک بار توسط گره اجرا شود. بنابراین، تنها مورد زمانیکه گرهی دو حرکت انجام می دهد زمانی است که r_2 سپس r_1 را با حالت فعال اجرا می کند.

فرضیه ۱. الگوریتم پیشنهادی با توجه به Λ در $2n$ حرکت خود تثبیت است.

اثبات: که طبق قضیه ۲ تا ۴ است.

استنباط ۱. برای شبکه های حسگر با شناسه گره اتفاقی، الگوریتم پیشنهاد با توجه به Λ خود تثبیت است.

اثبات: زمانیکه گره در حال خواب بیدار می شود، یک پیام درخواست آزمایش برای بررسی اینکه آیا گره همسایه در حال کار در مجاورتش وجود دارد ارسال می کند. اگر بیش از یک حسگر برای فعال بودن بطور همزمان کاندید باشد، تصمیم های گره ها برای حل شکست گره با مقایسه شناسه اش تنها با شناسه های همسایه هایش گرفته می شوند، حتی اگر دو یا چند همسایه گره شناسه یکسان داشته باشند. بنابراین به نتیجه می رسیم. [۱۲]

آنالیز تئوری : آنالیز پیچیدگی پیام

زمانیکه به ارتباطات غیرقابل اطمینان رسیدگی می کنیم، مد آسنکرون الگوریتم پیشنهادی، مزایای عمده ی اجازه دادن به طرح های ارتباطاتی انعطاف پذیرتر را ارائه می کند که کمتر به تاخیرهای ارتباطات و انواع آنها حساس می باشند.

از آنجاییکه طرح ما به هیچ همزمان سازی گره وابسته نمی باشد و با توجه به قواعد r_1 و r_2 ، خسارت ها مانع پیشرفت فرایند خود تثبیتی روی هر دو گره فرستنده (بیدار) و گیرنده (در حال کار) نمی شوند، یعنی خسارت پیام های آزمایش/پاسخ توسط دو قاعده الگوریتم جذب/پشتیبانی می شود. [۲۰]

در ادامه، کران بالای تعداد واقعی پیام های آزمایش/پاسخ مبادله شده در طول بهینه سازی طول عمر شبکه را ارائه می کنیم.

فرضیه ۲: تعداد پیام های آزمایش/پاسخ موجود در الگوریتم حداکثر برابر است با:

$$O\left(nm \times \frac{max_i t_i^{R_i}}{min_i min_j \Delta_{ij}}\right) \text{و} 1 \le i \le n\,, 1\ \le j \le k \qquad (۱۱-۴)$$

که در آن n تعداد گره ها است، m تعداد لینک های ارتباطاتی مجازی است، $t_i^{R_i}$ عمر قابل اطمینان گره iاست و Δ_{ij} ، j امین بازه ی زمانی خواب گره i است.[۲۱]

اثبات: عمر قابل اطمینان، $t_i^{R_i}$ ، گره i، $1 \le i \le n$ برای قابلیت اطمینان مشخص R_i با شروع ماموریت در لحظه صفر بصورت زیر محاسبه می شود:

$$R_i = 1 - F(t_i^{R_i}) = e^{-\left(\frac{t_i^{R_i}}{\alpha}\right)^{\beta}} \rightarrow LnR_i = -\left(\frac{t_i^{R_i}}{\alpha}\right)^{\beta} \rightarrow Ln\frac{1}{R_i}$$
$$= \left(\frac{t_i^{R_i}}{\alpha}\right)^{\beta} \rightarrow \left(Ln\frac{1}{R_i}\right)^{\frac{1}{\beta}} = t_i^{R_i} = \alpha\left(Ln\frac{1}{R_i}\right)^{\frac{1}{\beta}}$$

عمری است که در این مدت گره حسگر i با موفقیت با قابلیت اطمینان R_i عمل خواهد کرد.

با توجه به زیرتقسیم های بازه های زمان خواب گره، داریم:

$$0= t_0< t_1 <t_2 < \ldots < t_k=t$$

فرض کنید $1 \le p \le k$,$\Delta_p= [t_{p-1},t_p]$ نشان دهنده ی p امین بازه زمانی خواب است. طبق قضیه ۱، نرخ بیداری گره بطور یکنواخت افزایش می یابد، یعنی بازه زمان خواب با زمان کاهش می یابد. که دلالت دارد بر اینکه فرایند آزمایش گره i دارای هزینه حداکثر $O\left(\frac{t_i^{R_i}}{min_j \Delta_{ij}}\right), 1 \le i \le n, 1 \le j \le k$

می باشد. بعلاوه، برای هر پیام آزمایش صادر شده از گره i ممکن است پیام های پاسخ متناظر از همسایه های در حال کارش داشته باشیم. این هزینه حداکثر $O(|N_i|)$ است. بنابراین، از دیدگاه گره i، تعداد پیام آزمایش/پاسخ برابر است با:

$$O\left(|N_i| \times \frac{t_i^{R_i}}{min_j \Delta_{ij}}\right)$$

در نهایت، با جمع کردن برای کل n گره حسگر، هزینه پیام الگوریتم حداکثر برابر است با:

$$O\left(\sum_{i=1}^{n}|N_i| \times \frac{t_i^{R_i}}{min_j \Delta_{ji}}\right) \leq 0\left(nm \times \frac{max_i t_i^{R_i}}{min_i min_j \Delta_{ij}}\right), 1 \leq i \quad \leq n,\ 1 \leq j \leq k$$

فرضیه ۳: کران بالای $0\left(nm \times \frac{max_i t_i^{R_i}}{min_i min_j \Delta_{ij}}\right)$ قابل دستیابی است. [۲۲]

اثبات: برای مشاهده اینکه این کران واقعا قابل دستیابی است، گراف زنجیره خطی تنها دو گره حسگر s_1 و s_2(n=2) را در نظر گیرید. نیاز به هماهنگ سازی ارتباطات موجود بین این گره ها در طول زمان داریم. با فرض $\beta = 1$ و فرض اینکه s_1 در حال کار کردن است و s_2 در حالت غیرفعال است.

اگر $t_1^{R_1} = t_2^{R_2}$ باشد، در اینصورت کل تعداد پیام های آزمایش صادر شده از s_2 برابر $\frac{t_2^{R_2}}{\Delta_2}$ است، که در آن Δ_2 بازه زمان خواب ثابتs_2 است. از آنجاییکه هر دو s_1 و s_2 دارای عمر یکسان می باشند که در این مدت گره ها با موفقیت عمل خواهند کرد، گره s_1 برای هر پیام آزمایش صادر شده از s_2 پاسخ خواهد داد. در نتیجه، کل تعداد پیام های آزمایش – درخواست/ پاسخ موجود قبل از خرابی s_1 و s_2 برابر است با:

$$nm \times \frac{max_i t_i^{R_i}}{min_i min_j \Delta_{ij}} = 2 \times \frac{t_2^{R_2}}{\Delta_2}$$

استنباط ۲: اگر $\beta = 1$ باشد، در اینصورت تعداد پیام های آزمایش/پاسخ موجود در الگوریتم برابر است با حداکثر:

$$O\left(nm \times \max_i \frac{t_i^{R_i}}{\Delta_i}\right), 1 \leq i \leq n$$

اثبات: اثبات ساده است زیرا بازه زمان خواب Δ_i گره حسگر i در طول زمان ثابت است. [۲۲]

آنالیز قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان سیستم شبکه حسگر (R_{SN}) ، تحملش را در مقابل خرابی های گره حسگر بازتاب می کند. که فاکتور غالب کیفیت سرویس های شبکه های حسگر است، زیرا اطلاعاتی در مورد بقای سیستم در طول زمان می دهد.

در ادامه، مورد مجموعه های انحصار متقابل گره های حسگر را در نظر می گیریم، جاییکه اعضای هر یک از این مجموعه ها با هم منطقه های تحت نظارت را بطور کامل پوشش می دهند.

بازه های فعالیت برای تمام مجموعه ها یکسان می باشند و تنها یکی از این مجموعه ها در هر زمان برای فراهم سازی سرویس پیوسته فعال است، در حالیکه مجموعه های باقیمانده برای خواب زمانبندی می شوند.

نیاز به هماهنگ سازی روابط جایگزینی بین قابلیت اطمینان شبکه حسگر و تعداد مورد نیاز مجموعه های پوشش داریم، یعنی می خواهیم تعیین کنیم که برای آستانه قابلیت اطمینان ثابت، حداقل تعداد مجموعه های پوششی که می توانند در پوشش سیستم هنگام دستیابی به قابلیت اطمینان از پیش تعیین شده شبکه حسگر مورد استفاده قرار گیرند، چند است. [۲۶]

فرضیه ۴. فرض کنید f_s احتمال خرابی گره $s \in S$ است. حداقل تعداد مجموعه های پوشش برای تامین آستانه قابلیت اطمینان از پیش تعیین شده R^*_{SN} سیستم شبکه حسگر برابر است با:

$$\eta^* = \left\lceil \frac{\log(R^*_{SN})}{\log\left(\min_{i=1..\eta} \prod j(1-f_j)\right)} \right\rceil, 1 \le j \le |C_i|$$

که در آن η ماکزیمم تعداد مجموعه های پوشش با انحصار متقابل C_i است.

اثبات: مجموعه پوشش کامل در نظر گرفته می شود اگر و تنها اگر حاوی گره های حسگر لازم برای پوشش تمام منطقه ها باشد که از نظر منطقی معادل با اتصال سریال مولفه هایی است که در اکثر سیستم های مختلف وجود دارند. بنابراین، قابلیت اطمینان مجموعه پوشش مشخص C_i می تواند بصورت احتمال تمام گره ها با اجرای موفق محاسبه شود. بعبارت دیگر، حاصل قابلیت های اطمینان انحصاری است:

$$\prod_{1\le j\le|C_j|} R_j = \prod_{1\le j\le|C_i|}(1-f_j)$$

بطور مشابه، پوشش الگوریتم موفق است اگر و تنها اگر هر مجموعه پوشش اجرایی باشد، در حالیکه مناطق تحت نظارت اش را پوشش می دهد.

مشخص است که ماکزیمم تعداد مجموعه های پوشش با انحصاری متقابل η توسط سایز کوچک ترین مجموعه حسگرهایی که منطقه تحت نظارت را پوشش می دهند، تعریف می شود:

$$\eta = \min_{u=1\cdots k} |\ell_u|$$

در نتیجه، قابلیت اطمینان شبکه های حسگر (R_{SN}) احتمالی است که پوشش الگوریتم می تواند در طول ماموریت موفق اجرا شود:

$$R_{SN} = \prod_i \prod_j R_j = \prod_i \prod_j (1-f_j), 1 \le i \le \eta, 1 \le j \le |C_i|$$

محاسبه تعداد مجموعه های پوشش برمبنای شرط زیر است:

$$R_{SN} \ge R^*_{SN}$$

داریم:

$$R_{SN} = \prod_i \prod_j (1-f_j) \ge \prod_i \min_{i=1\ldots\eta} \prod_j (1-f_j)$$

طبق فرمول (۲)، داریم:

$$R^*_{SN} \le \prod_i \min_{i=1\ldots\eta} \prod_j (1-f_j) = \left(\min_{i=1\ldots\eta} \prod_j (1-f_j)\right)^{\eta} \to log(R^*_{SN}) \le \eta \times \log\left(\min_{i=1\ldots\eta} \prod_j (1-f_j)\right) \quad (۲۲-۴)$$

داریم:

$$\eta \geq \frac{log(R_{SN}^{*})}{\log(\min_{i=1\dots\eta}\prod_{j}(1-f_j))}$$

در نهایت، به حداقل تعداد η^{*} مجموعه های پوشش دست می یابیم:

$$\eta^{*} = \left\lceil \frac{log(R_{SN}^{*})}{\log(\min_{i=1\dots\eta}\prod_{j}(1-f_j))} \right\rceil, 1 \leq j \leq |C_i| \quad (۲۴-۴)$$

به منظور مقایسه الگوریتم مان با پروتکل های PEAS و PCP، که به روش پیشنهادی نزدیک می باشند، بطور اجمالی به شرح ویژگی های اصلی این الگوریتم ها می پردازیم:

الگوریتم PEAS

در ابتدا، گره ها در مد خواب قرار دارند. هر گره به مدت زمان توزیع شده ی نمایی تولید شده با توجه به تابع تراکم احتمال $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ می خوابد، جاییکه λ نرخ آزمایش گره حسگر می باشد و t مدت زمان خوابش را نشان می دهد.

زمان بیداری هر گره در حال خواب i، $1 \leq i \leq n$ با قانون نمایی با پارامتر λ_i در ارتباط است و آزمایش ها از همسایه های مختلف در حال خواب، فرایند پواسون با پارامتر λ، مجموع نرخ تمام گره های در حال خواب $\lambda_i : \lambda = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i$ را می سازند. زمانیکه گره در حال خوابی بیدار می شود، یک پیام ping-req ارسال/منتشر می کند. بنابراین، گره حسگر در حال کار می تواند شمارش کل پیام های ping-req دریافتی از حسگرهای غیرفعال و بنابراین کل تعداد پیام های در حال آزمایش را انجام دهد. [۲۷]

هر گره حسگر در حال کار دو پارامتر نگه می دارد: (۱) κ شمارنده ای که تعداد پیام های ping-req دریافتی را ثبت می کند و (۲) t_0 آخرین زمانی که κ برابر ۰ تنظیم می شود. زمانیکه گره در حال کار اولین پیام ping-req را می شنود، شمارنده κ را برابر ۰ تنظیم می کند و t_0 را برابر زمان فعلی T تنظیم می کند. بعد از آن، هر بار که پیام ping-req جدیدی دریافت می کند، شمارنده یک واحد افزایش می یابد تازمانیکه مقدار آستانه بدست آید. آستانه κ صحت ارزیابی را مشخص می سازد. نشان داده شده است که مقدار $\kappa > 16$ امکان تقریب با خطای ۱٪ را می دهد. زمانیکه κ بدست می آید، اندازه گیری $\lambda_{Estimated}$ نرخ آزمایش واقعی λ بصورت زیر محاسبه می شود[۲۴]:

$\lambda_{Estimated} = \frac{\kappa}{t-t_0}$ جاییکه t زمان جاری است. فرایند بالا بعد از تنظیم t_0 به t و تنظیم مجدد شمارنده به ۰ تکرار می شود.

هنگام دریافت پیام پاسخ ping-req از گره در حال کار، گره در حال آزمایش i، نرخ آزمایش واقعی اش λ_i را با در نظر گرفتن $\lambda_{Estimated}$ دریافتی آپدیت می کند. سپس، بازه خواب جدیدی با استفاده از پارامتر محاسبه شده جدید $\lambda_i^{new} : \lambda_i^{new} \leftarrow \lambda_i . \frac{\lambda_D}{\lambda_{Estimated}}$ با توجه به تابع PDF : $f(t) = \lambda^{new} e^{-\lambda new} t$ تولید می شود. [۹]

برخلاف پروتکل PEAS، مزیت اصلی استفاده از توزیع Weibull بجای مدل نمایی این است که قانون Weibull استهلاک حسگرها را در نظر می گیرد، بنابراین بطور تصاعدی نرخ بیداری ها را در طول زمان به روش ضمنی افزایش می دهد. مدل نمایی

از طرف دیگر میانگین ثابت بیداری ها را در طول زمان فراهم می سازد و آپدیت این نرخ تنها می تواند بطور صریح با مبادله پیام ها بین گره ها و بنابراین صرفه جویی بیشتر در انرژی که می خواهیم انجام گیرد.

نتایج شبیه سازی

در این بخش، به بررسی برخی نتایج شبیه سازی ها می پردازیم. یک توپولوژی شبکه مسطح ۱۰ در ۱۰ یعنی منطقه تحت نظارت ۱۰۰ در نظر می گیریم. تعداد حسگرها را بین ۲۰۰ و ۱۶۰۰ گره تغییر می دهیم. از آنجاییکه حسگرها توزیع یکنواختی روی ناحیه تحت نظارت دارند، تراکم حسگرها در هر منطقه بین ۲ و ۱۶ تغییر می کند.

ارزیابی کارایی چهار جنبه را در نظر می گیرد:

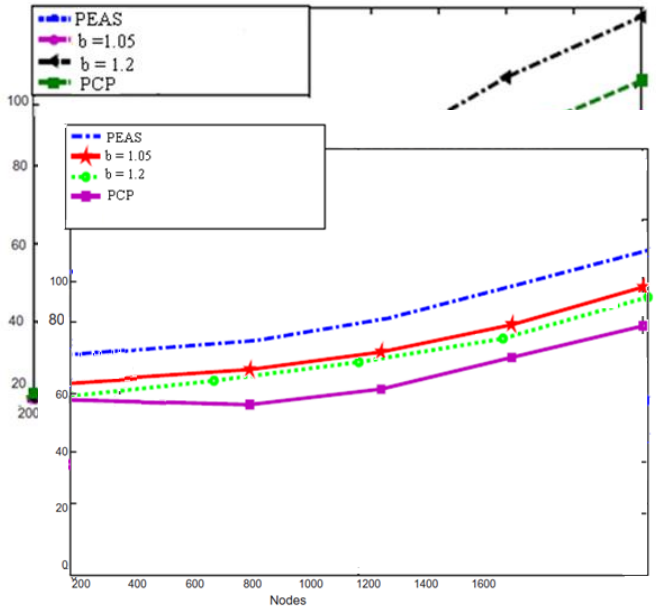
(۱) تکامل طول عمر شبکه (شکل ۱)؛

(۲) زمان نظارت موثر (شکل ۲)؛ این اندازه گیری با زمان بین مرگ گره فعال در منطقه تحت نظارت و جایگزینی اش در ارتباط است؛ برحسب (٪) بیان می شود؛

(۳) کل تعداد پیام ها (شکل ۳)؛

(۴) تعداد گره های بیدار به ازای حسگرهای غیرفعال (شکل ۴). نتایج بدست آمده با پروتکل PEAS و پروتکل PCP مقایسه می شوند. در اینجا، از پیکربندی پیاده سازی خوش بینانه برای هر دو PEAS و PCP استفاده می کنیم، یعنی فرض می کنیم که لینک ها قابل اطمینان/بدون خرابی می باشند.

شکل ۱:تکامل طول عمر.



تمام چهار جنبه با توجه به سایزهای مختلف شبکه و فاکتورβ که بترتیب برابر 1.05، 1.2 و 1.5 می باشد، مطالعه می شوند. بعلاوه، پارامترα با میانگین طول عمر حسگر تطبیق می یابد (که با توجه به ظرفیت باتری محاسبه می شود). در تست های ما، برابر ۱۰ واحد زمانی است. مورد ارجاعی زمانی است که هیچ حسگر غیرفعال در مقداردهی اولیه وجود ندارد. بنابراین، هر گره در حال نظارت حاوی دقیقا ۱ حسگر می باشد (۱۰۰ حسگر در شبکه). در این مورد، طول عمر شبکه بدست آمده برابر ۱۰ است، تعداد بیداری ها ۰ و زمان نظارت موثر برابر ۱۰۰٪ است. [۲۱]

اولا، با PEAS مقایسه می کنیم. می توان مشاهده کرد که برای زمان نظارت موثر، انتخاب مقدارβ مهم است. در واقع، اگر $\beta = 1.05$ باشد، رفتار مشابه PEAS است ولی با کمی بهبود. بعلاوه، با توجه به مقادیر مختلف تراکم شبکه، پارامتر متفاوت رفتار می کند. از منحنی های بدست آمده می توان مشاهده کرد که برای مقادیر بین ۲۰۰ و ۵۰۰ گره، $\beta = 1.05$ بهترین انتخاب است، از ۵۰۰ تا ۸۰۰ گره، $\beta = 1.2$ بهترین کارایی را می دهد و در نهایت از ۸۰۰ تا ۱۶۰۰، $\beta = 1.5$ است که بهتر از بقیه عمل می کند. طول عمر شبکه سراسری بطور مشابه برای تمام پیکربندی های در نظر گرفته شده تا ۸۰۰ گره تکامل می یابد، بنابراین، می توان مشاهده کرد که پروتکل PEAS طولانی ترین طول عمر را می دهد. به دلیل این واقعیت است که شکاف های بیشتری در زمان نظارت موثر وجود دارد، بنابراین زمان سراسری بهبود خواهد یافت ولی با زمان نظارتی با تاثیر کمتر. بعلاوه، اختلاف تقریبا حدود ۵٪ است. پروتکل ما از مکانیزم خودتثبیتی اش برای بهینه سازی تعداد پیام های مبادله شده بهره مند می گردد. بنابراین، پروتکلی که پیشنهاد کردیم پیام های کمتری نسبت به PEAS مصرف می کند. بعلاوه، تعداد بیداری ها برای تمام پیکربندی ها کاملا مشابه است. [۲۲]

نتیجه گیری

به بررسی مسئله ی بهینه سازی طول عمر در شبکه های حسگر بی سیم پرداختیم که یک مسئله ی طبیعی و مهمی است، زیرا خرابی های گره غیرمنتظره متعددی ممکن است در طول سرویس شبکه روی دهند. برای رسیدگی به این مسئله، الگوریتم خودتثبیتی و آگاه از استهلاک توزیع شده ارائه شد و از نظر تئوری و آزمایشی تجزیه و تحلیل شد. الگوریتم ما به دنبال ایجاد مقاومت با نگهداری مجموعه ی لازم از گره های در حال کار و جایگزینی گره های خراب در صورت نیاز است. الگوریتم پیشنهادی قادر به افزایش طول عمر شبکه های حسگر بی سیم است، مخصوصا زمانیکه قابلیت های اطمینان گره های حسگر انتظار می رود که به دلیل تاثیرات مصرف و استهلاک کاهش یابند. بنابراین، نتیجه می گیریم که استفاده از چنین طرحی پتانسیلی برای بسط عمر سیستم عرضه می کند.

منابع

۱. ***شبکه های کامپیوتری*** **، اندرواس تنن باوم، ترجمه دکتر پدرام.**
۲. **نشریه فناوری اطلاعات ، صنعت هوشمند، سال ۱۶/ شماره ۲ و ۳ پیاپی ۱۴۳ و۱۴۴ / اردیبهشت و خرداد ۹۲.**
۳. **نشریه بزرگراه رایانه، شماره ۱۳۲.**

منابع خارجی

[1] C. Y. Chong, S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities,

and Challenges," Proceedings of the IEEE Transaction on Computers, Vol.

91, pp.23-27, May, 2003.

[2] G. J. Pottie, W. J. Kaiser, "Wireless Integrated Sensor Networks,"

Communications of the ACM, May 2000. An overview with more of a

signal processing viewpoint.

[3] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications, Aug. 2002, pp.102-114.

[4] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarsabramaniam and E. Cayirci, "Wireless

Sensor Networks: A Survey," Computer Networks, Vol. 38, pp. 393-422,

March 2002.

[5] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister, "Systemarchitecture directions for networked sensors," In Proceedings of the 9 thInternational Conference on Architectural Support for Programming

Languages and Operating Systems, November 2000.

[6] J. N. Alkaraki and A.E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Journal of Wireless Communications, vol. 11,No. 6, Dec. 2004, pp. 6-28.

[7] D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, and Satish Kumar, "Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks," In Proceedings of Mobicom'99, 1999.132

[8] J. M. Kahn, R. H. Katz and K. S. J. Pister, "Next Century Challenges:

Mobile Networking for Smart Dust," in the 5 th Annual ACM/IEEE

International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 99), Aug. 1999, pp. 271-278.

[9] D. Estrin, L.Girod, G. Pottie, and M. Srivastava, "Instrumenting the Worldwith Wireless Sensor Networks," in International Conference on Acoustics,Speech, and Signal Processing (ICASSP 2001), Salt Lake city, Utah, May 2001.

[10] K. Akkaya, and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks. Elsevier Adhoc Network Journal, 2005, 325-349.

[11] J. N. Alkaraki, A. E. Kamal, "On the Correlated Data Gathering Problem in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 9th IEEE Symposium on Computers and Communications, Alexandria, Egypt, July 2004.

[12] K. Sohraby, D. Minoli, T. Znati, "Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols and Applications, " Published by WILEY INTERSCIENCE- 2007.

[13] C. Schurgers, M. B. Srivastava, "Energy Efficient Routing in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the IEEE Military Communications Conference (MilCom'01): Communications for Network-Centric

Operations-Creating the Information Force, McLean, VA, Oct. 2001.

[14] S. Hedetniemi, A. Liestman, "A Survey of Gossiping and Broadcasting in Communication Networks," IEEE Networks, Vol. 18, No. 4, 1988, pp. 319-349.

[15] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceeding of the 33 rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'00), Maui, HI, Jan. 2000.

[16] W. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 5 th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), Seattle, WA, Aug. 1999, pp. 174-185.

[17] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application- Specific protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, October 2002.

[18] M. Handy, M. Hasse, D. Timmermann, "Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic ClusterHead Selection," IEEE MWCN, Stockholm, Sweden, Sep. 2002.

[19] F. Xiangning, S. Yulin, "Improvemnet on LEACH protocol of Wireless Sensor Network," In Proceedings of IEEE International Conference on Sensor Technologies and Applications, pp. 260-264,October 2007.

[20] S. Lindsey, C. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems," IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2002, Vol. 3, No. 9-16, pp. 1125-1130.

[21] D. Kofman Ravi Mazumdar, N. Shrof Vivek, P. Mhatre, Catherine Rosenberg, "A minimum cost heterogeneous sensor network with a lifetime constraint," IEEE Transactions on Mobile Computing, 04(1):4-15, Jan/Feb

2005.

[22] B. Banerjee, and S. Khuller, "A Clustering Scheme for Hierarchical Control in Multi-Hop Wireless Networks," Proc of INFOCOM, April 2001.

[23] W. Heinzelman, A. Sinha, A. Wang, A. Chandrakasan, "Energy-Scalable algorithms and protocols for wireless microsensor networks," Proc, International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing

(ICASSP'00), June 2000.

[24] O. Younis, M. Krunz and S. Ramasubramanian, "Node Clustering in Wireless Sensor Networks: Recent Development Challenges," IEEE Network, Vol. 20, issue 3, May 2006, pp.20-25.

[25] J. Chang and L. Tassiuals, "Maximum lifetime routing in WSNs," In Proceedings of the Advanced Telecommunications and Information Distribution Research Program (ATRIP'00), College Park, MD, USA, March 2000.

[26] C. Ma and Y. Yang, "Battery-Aware for Streaming Data Transmissions in Wireless Sensor Networks," Mobile Networks and Applications Journal,Springer, Vol. 11, Issue 5 (2006), pp. 757-767.

[27] S. Park and M. Srivastava, "Power aware routing in sensor networks using dynamic source routing," ACM MONET Special Issue on Energy Conserving Protocols in Wireless Networks, 1999.

[28] J. H. Chang and L. Tassiulas, "Energy conserving routing in wireless adhoc networks," In Proceeding of IEEE INFOCOM, Tel Aviv, Israe Mar. 2000.