بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

عنوان:

بهبود خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از مدل مارکوف

استاد راهنما:

دکتر شهرام جمالی

پژوهشگر:

سارا زینی‌زاده جدی

زمستان ۹۲

تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب سارا زینی‌زاده جدی دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری
دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۰۴۴۳۷۳۱۰۴ که در تاریخ
از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان بهبود خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم
دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام ونام خانوادگی دانشجو: سارا زینی زاده جدی
امضا
تاریخ

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

عنوان:

بهبود خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از مدل مارکوف

پژوهشگر:

سارا زینی‌زاده جدی

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی بسیار خوب

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
شهرام جمالی	دانشیار	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	
مهدی	نوشیار	داور	
جواد	جاویدان	داور	

بهمن – ۱۳۹۲

تقدیم به پدر و مادرم:

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فـداکار نسـبیم سـاخته تـا در سـایه درخـت پربـار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بـودنم، چـرا کـه ایـن دو وجود، پس از پروردگار ، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند.

سپاسگزاری:

از استاد گرامیم جناب آقای دکتر شهرام جمالی به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم آسان‌تر نمودند بسیار سپاسگزارم چرا که بدون راهنمایی‌های ایشان تامین این پایان نامه بسیار مشکل می‌نمود.

نام خانوادگی دانشجو: زینی زاده‌جدی **نام: سارا**

عنوان پایان‌نامه:

بهبود خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از مدل‌های کارایی

استاد راهنما: دکتر شهرام جمالی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته: مهندسی کامپیوتر**

گرایش: معماری سیستم‌های کامپیوتری **دانشگاه: محقق اردبیلی**

دانشکده: فنی و مهندسی **تاریخ دفاع:۱۳۹۳/۱۲/۱۴** **تعداد صفحات: ۸۰**

چکیده:

شبکه‌های حسگر بی‌سیم متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگر کوچک هستند که این گره‌ها محدودیت‌هایی در سطح انرژی، پهنای باند، توان پردازشی و حافظه دارند. از این رو کاهش مصرف انرژی، افزایش طول عمر شبکه و مقیاس‌پذیری چالش‌های اصلی در شبکه‌های حسگر هستند. الگوریتم‌های بسیاری برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر معرفی شده‌اند؛ یک دسته از این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های خوشه‌بندی هستند که هدف اصلی آن‌ها کاهش مصرف انرژی، توزیع انرژی مصرف شده در کل شبکه و افزایش مقیاس‌پذیری الگوریتم است. در بسیاری از الگوریتم‌های مبتنی بر خوشه‌بندی مشکلاتی وجود دارد که موجب عدم کارایی الگوریتم می‌شوند. یکی از این مشکلات انتخاب احتمالی گره سرخوشه می‌باشد که بدون در نظر گرفتن انرژی باقیمانده گره‌ها است، که در این صورت گره‌های با انرژی کمتر می‌توانند شانس خوبی برای سرخوشه شدن داشته باشند. بنابراین پس از مردن این گره‌ها، خوشه‌هایشان غیر کاربردی می‌شوند. از طرفی این نوع الگوریتم‌ها توزیع شده هستند و نیاز به داشتن اطلاعات سراسری از کل سیستم نیست. در این رساله الگوریتم خوشه‌بندی جدیدی مبتنی بر زنجیره مارکوف ارائه می‌شود که از نزدیکی گره‌های سرخوشه به ایستگاه‌های پایه در احتمال سرخوشه شدن استفاده می‌کند. هدف این الگوریتم تشکیل خوشه‌های متوازن با شکل فیزیکی مناسب و تعادل مصرف انرژی است. نتایج شبیه‌سازی در شبیه‌ساز NS نشان می‌دهد که با استفاده از این الگوریتم می‌توان به طول عمر بیشتری نسبت به الگوریتم‌های LEACH و WCCE دست یافت.

کلید واژه‌ها: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، خوشه‌بندی، مدل مارکوف، افزایش طول عمر شبکه

فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- طبقه‌بندی روش‌های مصرف کاهش انرژی در شبکه‌های حسگر ۶

۱-۲-۱- چرخه‌ی وظایف ۸

۱-۲-۱- ۱-کنترل توپولوژی ۹

۱-۲-۱-۲- مدیریت توان ۱۰

۱-۲-۲- روش‌های داده‌گرا ۱۰

۱-۲-۲-۱- کاهش میزان داده ۱۱

۱-۲-۳- روش‌های مبتنی بر قابلیت تحرک ۱۳

فصل دوم: مبانی نظری پژوهش

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- اهداف اصلی و چالش‌های طراحی خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۱۷

۲-۳- پارامترهای خوشه‌بندی ۲۰

۲-۴- طبقه‌بندی الگوریتم‌های خوشه‌بندی ۲۳

۲-۵- کارهای انجام شده ۲۶

۲-۵-۱- الگوریتم LEACH ۲۷

۲-۵-۲- الگوریتم HEED ۳۰

۲-۵-۳- الگوریتم HEED-NPF ۳۳

۲-۵-۴- الگوریتم PEBECS ۳۴

۲-۵-۵- پروتکل خوشه‌بندی WEEC ۳۵

فصل سوم: مواد و روش پژوهش

۳-۱- تشریح پروتکل LEACH ۴۱

۳-۱-۱- فاز اعلان ۴۲
۳-۱-۲- فاز راه‌اندازی خوشه ۴۳
۳-۱-۳- ساخت برنامه زمانبندی ۴۴
۳-۱-۴- انتقال داده‌ها ۴۴
۳-۱-۵- جزئیات عملکرد LEACH ۴۴
۳-۱-۵-۱- تعیین گره‌های سرخوشه ۴۹
۳-۱-۵-۲- فاز پیکربندی ۵۲
۳-۱-۵-۳- فاز حالت پایدار ۵۵
۳-۱-۵-۴- تجمیع داده حسگر ۵۶
۳-۱-۶- ایده های موجود LEACH ۵۹
۳-۲- زنجیره مارکوف ۶۰
۳-۲-۱-زنجیره مارکوف ایستا ۶۳
۳-۲-۲- ماتریس گذر ۶۴

فصل چهارم: نتایج و یافته‌های پژوهش

۴-۱- الگوریتم پشنهادی ۶۶
۴-۲- شرایط و نتایج شبیه‌سازی ۷۲
۴-۲-۱- آزمایش مقایسه مصرف انرژی شبکه ۷۳
۴-۲-۲- آزمایش توان عملیاتی شبکه (Throughput) ۷۴
۴-۲-۳- آزمایش زمان مرگ اولین و آخرین گره شبکه(First & Last Node Dead) ۷۵
۴-۲-۴- بار نرمال مسیریابی (Normalized Routing Load) ۷۵
۴-۲-۵- آزمایش تعداد بسته‌های مسیریابی شبکه ۷۶
۴-۲-۶- نرخ تحویل بسته¬ها (Packet Delivery Function) ۷۷

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و بحث

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۰
۳-۲- کارهای آینده ۸۰

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱: ساختار کلی شبکه‌های حسگر ۲

شکل ۱-۲: مقایسه میزان مصرف انرژی در قسمت‌های مختلف گره حسگر ۵

شکل ۱-۳: طبقه‌بندی طرح‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۷

شکل ۲-۱: سلسله‌مراتب ارتباط گره و سرخوشه و ایستگاه پایه ۱۷

شکل ۲-۲ : اندازه سرخوشه‌ها بر طبق فاصله تا ایستگاه پایه در الگوریتم WEEC ۳۷

شکل ۲-۳ : تصویری کوچک از حوزه با گره‌های حسگر در الگوریتم WEEC ۳۷

شکل ۲-۴ : گره‌های نزدیکتر به ایستگاه پایه در الگوریتم WEEC احتمال بیشتری برای سرخوشگی دارند ۳۹

شکل ۳-۱: الگوریتم شکل دهی خوشه در الگوریتم LEACH ۵۳

شکل۳-۲: خط زمانی الگوریتم LEACH..... ۵۵

شکل۳-۳: یک مثال از تشکیل خوشه در طی دو دور مختلف از LEACH ۵۶

شکل۳-۴: میزان انرژی مصرفی تراکنش اطلاعات بین سرخوشه‌ها و ایستگاه پایه ۵۸

شکل ۴-۱: زنجیره مارکوف مدل پیشنهادی ۶۷

شکل ۴-۲: افزایش مسیر طی شده در ارسال داده‌ها زمانیکه سرخوشه در فاصله دورتری قرار دارد..... ۶۸

شکل۴-۳: فلوچارت الگوریتم پیشنهادی ۷۱

شکل ۴-۴: نمودار مقایسه انرژی با تعداد ۱۰۰ گره در زمان شبیه‌سازی ۵۰۰ ثانیه ۷۳

شکل ۴-۵ : نرخ گذردهی شبکه با تعداد گره ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گره حسگر ۷۴

شکل ۴-۶ : نمودار مرگ اولین و آخرین گره شبکه ۷۵

شکل۴-۷ : مقایسه بار مسیریابی نرمال ۷۶

شکل ۴-۸: تعداد بسته‌های مسیریابی شبکه ۷۷

شکل ۴-۹ : درصد میزان موفقیت در ارسال بسته ۷۸

فهرست علائم اختصاری

علامت اختصاری	مفهوم یا توضیح
BS	Base Station
CH	Cluster Head
LEACH	Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy
MAC	Multiple Access Control
WSN	Wireless Sensor Network
WEEC	Weighted Energy Efficient Clustering
ADV	advertisement
TDMA	Time division multiple access
CDMA	Code division multiple access

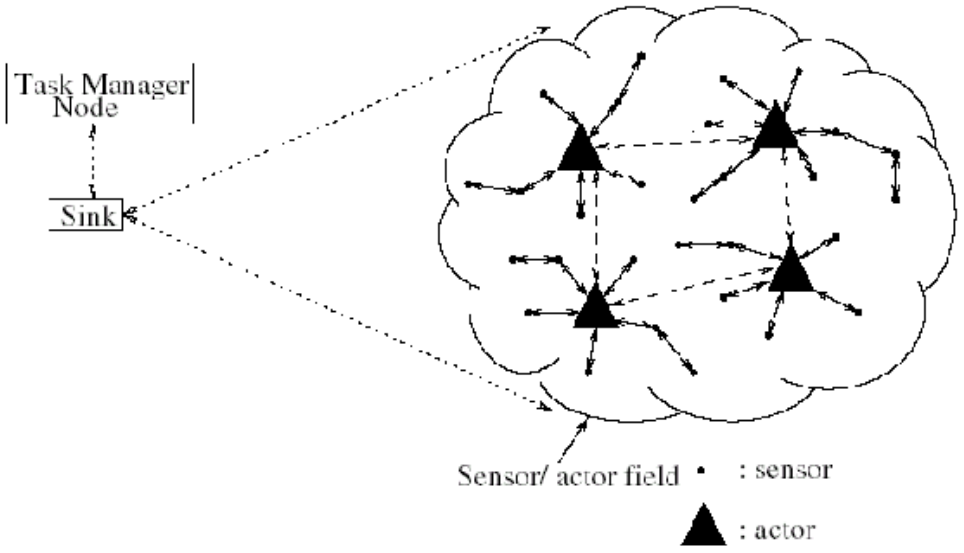
فصل اول:

مقدمه

در این فصل از رساله، مروری بر شبکه‌های حسگر بی‌سیم و کارکرد آن‌ها خواهیم داشت. همچنین چالش‌های موجود در این شبکه‌ها بیان شده است.

۱-۱- مقدمه

یک شبکه حسگر بی‌سیم[1]، شبکه‌ای بی‌سیم متشکل از تعداد زیادی از دستگاه‌های بسیار کوچک است که گره‌های حسگر[2] نامیده می‌شوند. گره‌های حسگر عموماً مجهز به قابلیت‌های حسگری، پردازشی و ارتباطی هستند (الیاس و همکاران، ۲۰۰۵). گره‌های حسگر از نظر مکانی توزیع شده بوده و شرایط مربوط به محیط اطراف خود را اندازه‌گیری می‌کنند (لانگ و زو، ۲۰۱۲). وظیفه‌ی اصلی گره حسگر، جمع‌آوری داده در فواصل زمانی منظم و تبدیل آن به یک سیگنال الکترونیکی و انتشار سیگنال به گره سینک یا ایستگاه مبنا[3] از طریق رسانه‌های ارتباطی بی‌سیم قابل اطمینان است (آکیلدیز و همکاران، ۲۰۰۲).



شکل ۱-۱: ساختار کلی شبکه‌های حسگر

[1] Wireless sensor network
[2] Sensor node
[3] Base station

بـا ظهور و تکـامـل فنـاوری میکروالکترونیـک در دهه‌ی ۷۰ میلادی، حســـگرهای جدید مورد توجه قرارگرفتند. با اسـتفاده از فناوری میکروالکترونیک، حسـگرهای ارزان قیمت با ابعاد کوچک و وزن کم تولید شـدند. مواد اولیه جدید برای سـاخت حسـگر، کشف شده و متعاقب آن اصول جدیدی برای مقاصد عملی جمع‌آوری اطلاعات مطرح گردید. یکپارچگی حسـگر و مدارات الکترونیکی تغییر شـکل‌دهنده‌ی سـیگنال، فرصت‌های قابل‌توجهی را برای بخش عمده‌ای از کاربردها پدید آورد. امروزه کاهش حجم و وزن حسگرها و افزایش میزان حسـاسـیت آن‌ها، هدف اصـلی بسـیاری از آزمایشـگاه‌های تحقیقاتی و شرکت‌های مختلف می‌باشد. اما کوچک شدن حجم گره‌های حسگر به معنای کوچک‌تر شدن باتری‌های مولد انرژی آنان بود.

مهمترین دلیل پیدایش و توسـعه شـبکه‌های حسـگر بی‌سـیم، کاربردهای پایش مداوم محیط‌هایی بوده اسـت که دسـتیابی و حضور دائمی انسان در آن‌ها، سخت یا ناممکن می‌باشد. کاربردهایی نظیر پایش فوران یک کوه آتشفشان فعال، پایش مناطق مرزی صعب‌العبور، پایش استحکام سدها، پل‌ها و جاده‌ها، پایش میدان جنگ یا مناطق حسـاس نظامی و غیره.(لاندکوئیست و همکاران،۲۰۰۳)، (مارسی و همکاران، ۱۹۹۹)، (ری و همکاران،۲۰۰٤). این نوع سـنسـورها معمولا ۱ژول باتری دارند.(خان و همکاران، ۱۹۹۹) در نتیجه معمولاً شـارژ مجـدد یا تعویض گره‌های مرده(از کار افتاده به دلیل اتمام منبع انرژی) امکان‌پذیر نمی‌باشـد، زیرا همان‌طور که گفته شد این گره‌ها معمولاً در محیط‌ها و شرایط سخت، خشن و غیرقابل دسترس قرار گرفته و اغلب بصـورت تصـادفی و اقتضـایی در محیط پراکنده می‌شـوند(بجابر و اوان، ۲۰۱۱). بنابراین دو نکته در کارایی شبکه‌های حسگر از اهمیت خاصی برخوردار است: یکی طول عمر[4] و دیگری میزان پوشش شبکه‌ای این شـبکه‌ها. از آن جایی که کاربردهای پایشـی اصولاً کارهای زمان‌بری هستند، انتظار می‌رود که طول عمر

[4] lifetime

شـبکه‌های حسـگر به حد کافی طولانی باشـد. لیکن اگر فضـای کل شبکه را به نواحی مجازی تقسیم کنیم، معمولاً در هر ناحیه چندین گره حسگر قرار گرفته‌اند. بنابراین در صورت مرگ برخی از گره‌های یک ناحیه، گره‌های دیگر می‌توانند پوشـش شبکه‌ای را تا حدی حفظ کنند. لیکن در صورتی که کل گره‌های قرار گرفته در ناحیه‌ای از شبکه بمیرند، عملاً پایش آن منطقه غیرممکن شده و اصطلاحاً پوشش شبکه‌ای از بین می‌رود. بنابراین مرگ تصادفی و پراکنده گره‌های حسگر، بهتر از تجمع گره‌های مرده در یک منطقه است. از این رو، راه‌حلی که برای رسیدن به دو هدف ذکر شده یعنی افزایش طول عمر و حفظ پوشش شبکه‌ای در شبکه‌های حسـگر به ذهن می‌رسـد، کاهش مصرف انرژی گره‌ها، همزمان با مصرف یکنواخت انرژی در همه گره‌های شبکه است.

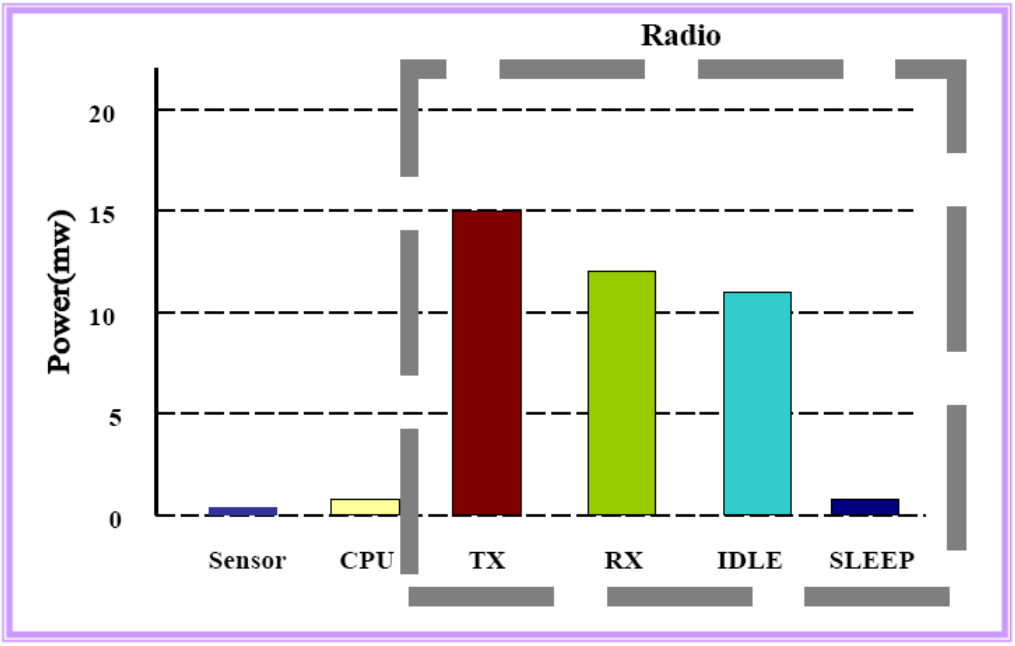
با توجه به دلایل ذکر شـده، مهمترین هدف شـبکه‌های حسـگر، مدیریت عاقلانه و منطقی منابع انرژی اسـت. بنابراین ابتدا لازم اسـت منابع مصـرف انرژی را به خوبی بشـناسـیم. برخی از مصارف انرژی در گره حسـگر ممکن است سودمند باشند، مانند ۱- ارسال یا دریافت داده ۲- پردازش پرس‌وجوهای درخواستی و ۳- ارسال پرس و جوها و داده‌ها به گره‌های همسایه.

لیکن مصـرف پراتلاف و بیهوده‌ی انرژی در گره حسـگر مربوط می‌شود به : ۱- گوش کردن غیرفعال؛ یعنی گوش دادن به کانال غیرفعال برای دریافت ترافیک احتمالی. ۲- تصـــادم(برخورد)؛ یعنی وقتی یک گره بیش از یک بسـته در زمان واحد دریافت کند، حتی در صـورتی که دریافت دو بسـته تنها تا اندازه‌ای با هم همزمان باشـند. همه بسته‌هایی که باعث برخورد می‌شوند، باید دور انداخته شوند و مجدداً ارسال گردند که ارسـال مجدد، مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. ۳- استراق‌سمع کردن؛ یعنی یک گره، بسته‌هایی را دریافت کند که برای سایر گره‌ها فرستاده شده‌اند. ٤- سربار بسته‌های کنترلی؛ بنابراین، حداقل تعداد بسته‌های کنترلی

باید برای ارسـال داده استفاده شوند. ۵- ارسال پیغام در حالی‌که گره مقصد آماده دریافت نیست (اناستازی و همکاران، ۲۰۰۸).

همچنین به منظور مدیریت مصرف انرژی لازم است از میزان مصرف انرژی بخش‌های مختلف یک گره حسگر اطلاع داشته باشیم. نکات زیر در مورد مصرف انرژی قسمت‌های مختلف یک گره حسگر قابل توجه هستند و نقش مهمی در به کارگیری روش‌های کاهش مصرف انرژی دارند:

زیرسیستم ارتباطی دارای مصرف انرژی بسیار بالاتری نسبت به زیرسیستم محاسباتی است. اثبات شده اسـت که ارسـال یک بیت اطلاعات ممکن است به اندازه‌ی اجرای هزاران دستورالعمل، انرژی مصرف کند. بنابراین بین ارتباطات و پردازش باید مصالحه‌ای برقرار شود.



شکل ۱-۲: مقایسه میزان مصرف انرژی در قسمت‌های مختلف گره حسگر

مصرف انرژی رادیویی در حالت‌های پذیرش، انتقال و بیکاری تقریباً به یک اندازه است(شکل۱-۱). در عین حال مصرف انرژی رادیویی حداقل یک مرتبه بزرگی در حالت خواب پایین می‌افتد. بنابراین رادیو باید تا هر وقت که ممکن باشد به حالت خواب (غیرفعال) برود.

بر طبق کاربرد خاص، زیرسیستم حسگری، ممکن است منبع قابل توجه دیگر مصرف انرژی باشد. بنابراین مصرف انرژی آن نیز باید کاهش یابد. مهمترین مساله این است که مصرف انرژی گره‌های حسگر را به حداقل برسانیم. در عین اینکه نیازهای کاربرد را برآورده سازیم.

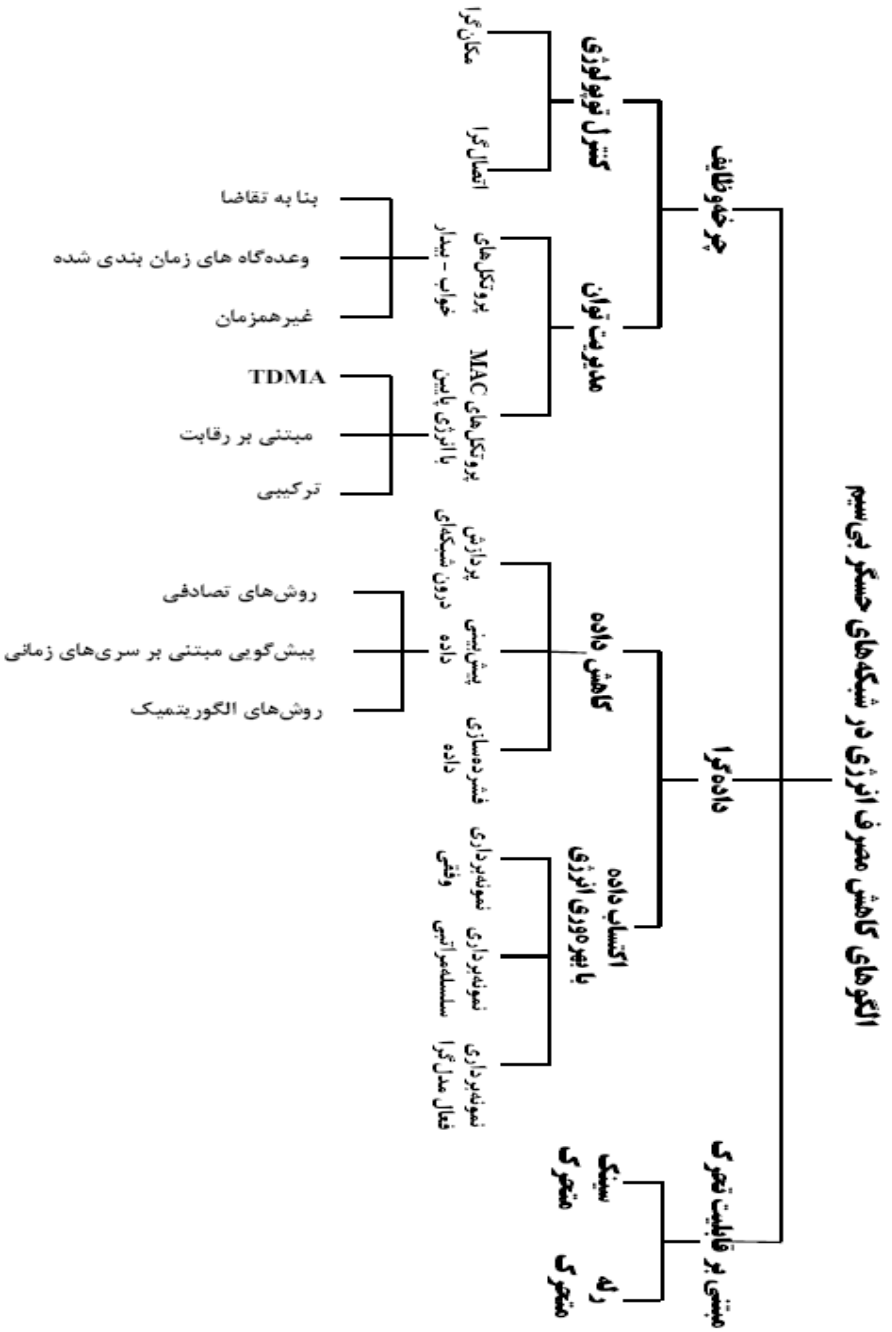
امروزه روش‌های مدیریت پویای توان که به کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بعد از طراحی و قرارگیری آن‌ها می‌پردازند از بالاترین توجه برخوردار بوده و مطالعات تحقیقاتی بسیاری را در سراسر جهان به خود معطوف نموده‌اند.

۱-۲- طبقه‌بندی روش‌های مصرف کاهش انرژی در شبکه‌های حسگر

تاکنون روش‌های بسیار متنوعی به منظور کاهش مصرف انرژی گره‌های حسگر و در حالت کلی شبکه حسگر بی‌سیم به کار گرفته شده‌اند. در مواردی این روش‌ها بر اساس اینکه در کدام یک از لایه‌های پشته پروتکل طراحی شده‌اند، طبقه‌بندی می‌شوند. برای مثال در (لانگندون۲۰۰۸ ؛ دمیرکولو همکاران، ۲۰۰٦) مطالعات مروری جامعی بر پروتکل‌های کاهش مصرف انرژی در لایه MAC[5] ، انجام گرفته است. همچنین روش‌های بسیاری به کاهش ارتباطات در لایه شبکه پرداخته‌اند که به آن‌ها پروتکل‌های مسیریابی اطلاق

[5] Multiple Access Control

می‌گردد. در(الکراکی و همکـاران ۲۰۰٤؛ آکـایـا و یونیس، ۲۰۰۵) مطـالعـات مروری جامعی بر پروتکل‌های مختلف مسیریابی و دسته‌بندی آن‌ها انجام گرفته است.



شکل ۱-۳: طبقه‌بندی طرح‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

اما بهترین و کامل‌ترین طبقه‌بندی در این خصـوص در(آناسـتازی و همکاران، ۲۰۰۸)، کلیه روش‌ها را صرف‌نظر از لایه‌ای که در آن کار می‌کنند، به سه دسته طرح کلی تقسیم می‌کند(انعامی، ۱۳۸۹).

۱- طرح‌های چرخه‌ی وظایف

۲- طرح‌های داده‌گرا

۳- طرح‌های مبتنی بر قابلیت تحرک

۱-۲-۱- چرخه وظایف

طرح‌های مبتنی بر چرخه‌ی وظایف[6] عمدتاً بر زیرسـیستم شبکه‌ای تمرکز دارند. بطور ایده‌آل، رادیو باید به محض اینکه دیگر داده‌ای برای ارسـال یا دریافت وجود ندارد، خاموش شـده و به محض اینکه بسته‌ی داده‌ی جدیدی شـروع به آماده شـدن کرد، فعال شـود. بدین روش، گره‌ها بر اسـاس فعالیت شـبکه، بین دوره‌های فعال و غیرفعال بطور متناوب در گذر هسـتند. به این رفتار اصطلاحاً *چرخه‌ی وظایف* می‌گویند. در واقع چرخه وظایف، کسری از زمان است که گره‌ها در طی طول عمر خود فعال هستند. وقتی گره‌های حسـگر یک عمل اشـتراکی را انجام می‌دهند، نیاز به هماهنگی زمان‌های خواب و بیداری دارند. بنابراین همراه هر طرح چرخـه‌ی وظـایف، یـک الگوریتم زمـان‌بنـدی خواب و بیـداری وجود دارد. معمولاً این الگوریتم یک الگوریتم توزیع شده بوده و مبتنی بر آن است که کدام یک از گره‌های حسگر تصمیم بگیرند که چه وقت از حالت فعال(بیدار) به غیرفعال(خواب) تغییر وضـعیت پیدا کنند. این الگوریتم به گره‌های همسـایه امکان می‌دهد تا در آنِ واحد فعال شـوند. بنابراین مبادله بسـته‌ها را حتی وقتی گره‌ها با چرخه‌ی

[6] Duty Cycling

وظایف پایینی کار می‌کنند، امکان‌پذیر می‌سازد. طرح‌های چرخه‌ی وظایف خود به دو طرح فرعی تقسیم می‌شوند: کنترل توپولوژی و مدیریت توان.

۱-۲-۱-۱- کنترل توپولوژی

کنترل توپولوژی[۷]، انتخاب زیرمجموعه کمینه‌ای از گره‌های شبکه است که برای نگه داشتن اتصال باید فعال باقی بمانند. بقیه‌ی گره‌ها می‌توانند به حالت خواب فرو رفته و انرژی خود را ذخیره کنند. به عبارت دیگر، کنترل توپولوژی، یافتن زیرمجموعه بهینه‌ای از گره‌ها است که اتصال را تضمین کند. در واقع ایده‌ی اصلی آن استخراج افزونگی، به منظور افزایش طول عمر شبکه است. در بسیاری از موارد، آرایش شبکه‌ی حسگر بصورت تصادفی انجام می‌شود. برای مثال، با پرتاب کردن تعداد زیادی از گره‌های حسگر از هواپیما. بنابراین، قراردادن گره‌های حسگر به تعداد بیش از حد لازم از جهت مواجهه با خرابی‌های احتمالی گره‌ها که در هنگام قرارگیری گره‌ها یا بعد از آن ممکن است رخ دهد، کار عاقلانه‌ای است. در بسیاری از موارد، قراردادن تعداد بیشتری از گره‌ها در همان ابتدا بسیار آسان‌تر از اضافه کردن گره‌های بیشتر بعد از قرارگیری است. بنابراین، آرایش افزونه، حتی وقتی گره‌ها بصورت دستی کار گذاشته می‌شوند، کار عاقلانه‌ای است. از این رو، پروتکل‌های کنترل توپولوژی، توپولوژی شبکه‌ای را بطور پویا با نیازهای کاربرد انطباق می‌دهند تا ضمن انجام عملیات شبکه‌ای، تعداد گره‌های فعال را کمینه کنند و در نتیجه طول عمر شبکه را افزایش دهند.

معیارهای مختلفی برای تعیین گره‌هایی که باید فعال یا غیرفعال شوند و زمان انجام آن وجود دارد. در این خصوص، پروتکل‌های کنترل توپولوژی، به دو دسته تقسیم می‌شوند. پروتکل‌های مکان‌گرا و پروتکل‌های اتصال‌گرا. پروتکل‌های مکان‌گرا، تعیین می‌کنند که براساس محل گره‌های حسگر که دانسته

[7] topology control