دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق مخابرات گرایش سیستم

موضوع:

بهبود عمل‌کرد شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم با الگوریتم جدید خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا ذهابی

استاد مشاور:

دکتر عطاالله ابراهیم‌زاده

دانشجو:زهرا احمدزاده

شهریور ۹۳

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و همسر مهربانم

بی شک دعای خیر شما با هزاران الطاف آسمانی همنشین شد تا در سایه زحمت بی‌شائبه‌تان توفیق تحصیل یابم. حضورتان را دوست می دارم و هزاران بار به خاطر نگاه دل انگیزتان و کلام پرمهرتان خالق عشق را شاکر می‌باشم.

تشکر و قدردانی :

خداوند بزرگ را سپاس می گویم که در پناه او و خانواده دلسوزم،این مهم نیز به پایان رسید و یک مقطع حساس دیگر زندگی به خوبی پشت سر گذاشته شد.

بر خود لازم می دانم از زحمات جناب **آقای دکتر ذهابی** که پایان نامه حاضر مرهون راهنمایی‌های دلسوزانه و شکیبایی ایشان است، از جناب **آقای دکتر ابراهیم زاده** که زحمت مشاوره‌ی این کار را تقبل نمودند و از اساتید بزرگوار جناب **آقای دکتر آقاگل زاده** و جناب **آقای دکتر حسینی** برای داوری از این پایان نامه، تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم مجموعه‌ای از تعداد زیادی گره حس‌گر با ابعاد بسیار کوچک هستندکه دارای قابلیت‌های حس کردن محیط، پردازش اطلاعات حس شده و انتقال اطلاعات بین یکدیگر به صورت بی‌سیم هستند. علیرغم قابلیت های بیشماری که این گره‌ها دارند، اما به دلیل اینکه انرژی آنها به‌وسیله باطری‌هایی با توان محدود تامین می‌شود، طول عمر آنها محدود خواهد بود. در حقیقت محدودیت انرژی گره‌ها و طول عمر شبکه یکی از چالش‌های مهم بر سر راه این شبکه هاست. در میان عوامل مختلف مصرف انرژی، مسیریابی داده‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل به حساب می‌آید.

الگوریتم‌های بسیاری برای ارسال و دریافت داده‌ها در شبکه‌های حس‌گر ارائه شده‌اند. یک دسته از این الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های سلسله‌مراتبی مبتنی بر خوشه‌بندی می‌باشند که یک استراتژی جهت مدیریت انرژی شبکه و در نتیجه افزایش طول عمر شبکه است.

با این وجود می‌توان به مشکلاتی نظیر عدم آگاهی الگوریتم‌ها از سطح انرژی گره‌ها، عدم آگاهی الگوریتم‌ها از مکان گره‌ها، انتخاب تصادفی سرخوشه‌ها وانتخاب تصادفی تعداد سرخوشه‌ها در هردوره در الگوریتم‌ها اشاره نمود.

در این پایان‌نامه، روش جدید خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی به منظور ارسال داده‌ها پیشنهاد می‌شود که با انتخاب مناسب سرخوشه‌ها باعث افزایش طول عمر شبکه و بهبود کارایی آن می‌شود، همچنین سعی شده مشکلات بالا نیز حل شود.

هدف از این روش، انتخاب تعداد سرخوشه‌ها بر مبنای گره‌های زنده و انتخاب سرخوشه‌های مناسب بر اساس انرژی باقیمانده‌ی گره‌ها می‌باشد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که اعمال روش پیشنهادی انرژی کمتری برای انتقال اطلاعات مصرف می‌کند و همچنین طول عمر شبکه را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی:

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، خوشه‌بندی، طول عمر شبکه، مصرف انرژی.

پیشگفتار ۱

۱- فصل اول: شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۵

۱-۱-مقدمه..... ۵

۱-۲-ویژگی‌های شبکه های حس‌گر بی‌سیم در مقابل شبکه‌های دیگر..... ۶

۱-۳-مزایای شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۶

۱-۴-معماری شبکه‌های حس‌گر..... ۸

۱-۴-۱-معماری ارتباطی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۸

۱-۴-۲-ساختار گره حس‌گر..... ۹

۱-۴-۲-۱-اجزای سخت‌افزاری گره حس‌گر..... ۱۰

۱-۴-۲-۲-محدودیت‌های سخت افزاری گره حس‌گر..... ۱۰

۱-۴-۲-۳-اجزای نرم‌افزاری گره حس‌گر..... ۱۱

۱-۵-کاربردهای شبکه‌های حس‌گر بی سیم..... ۱۲

۱-۶-مسیریابی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۱۴

۱-۶-۱-عوامل موثر در طراحی الگوریتم‌های مسیریابی..... ۱۵

۱-۶-۱-۱-نحوه آرایش و چیدمان گره‌ها..... ۱۵

۱-۶-۱-۲-مصرف انرژی بدون از دست دادن دقت..... ۱۶

۱-۶-۱-۳-مدل‌سازی گزارش‌دهی داده..... ۱۶

۱-۶-۱-۴-نامتجانس بودن گره‌ها و اتصالات..... ۱۷

۱-۶-۱-۵-تحمل نقص‌ها..... ۱۸

۱-۶-۱-۶-مقیاس‌پذیری..... ۱۸

۱-۶-۱-۷-پویایی شبکه ۱۸
۱-۶-۱-۸-واسط انتقال ۱۹
۱-۶-۱-۹-اتصالات ۱۹
۱-۶-۱-۱۰-پوشش ۲۰
۱-۶-۱-۱۱-تراکم داده‌ها ۲۰
۱-۶-۱-۱۲-کیفیت خدمات ۲۱
۱-۶-۲-دسته‌بندی الگوریتم‌های مسیریابی ۲۱
۱-۶-۲-۱-دسته‌بندی الگوریتم‌های مسیریابی از دیدگاه ساختار شبکه ۲۲
۱-۶-۲-۱-۱-الگوریتم‌های تخت ۲۲
۱-۶-۲-۱-۲-الگوریتم‌های مبتنی بر موقعیت ۲۷
۱-۶-۲-۱-۳-الگوریتم‌های خوشه‌بندی ۳۰
۱-۷-جمع‌بندی ۳۱
۲-مفاهیم مورد نیاز و کارهای مرتبط ۳۲
۲-۱-مقدمه ۳۲
۲-۲-الگوریتم مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی ۳۳
۲-۳-مزیت‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۳۴
۲-۴-چالش‌های طراحی خوشه‌بندی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۳۷
۲-۴-۱-شکل‌دهی خوشه ۳۷
۲-۴-۲-وابستگی به کاربرد ۳۷
۲-۴-۳-ارتباط امن ۳۷
۲-۴-۴-همگام سازی ۳۸
۲-۴-۵-تجمیع داده‌ها ۳۸
۲-۵-دسته‌بندی الگوریتم‌های خوشه‌بندی ۳۸

۲-۵-۱-پارامترهای خوشه‌بندی..... ۳۸
۲-۵-۱-۱-تعداد خوشه‌ها..... ۳۸
۲-۵-۱-۲-ارتباط درون خوشه‌ای ۳۹
۲-۵-۱-۳-سیاری گره‌ها و سرخوشه‌ها..... ۳۹
۲-۵-۱-۴-انواع گره‌ها و نقش آن‌ها..... ۳۹
۲-۵-۱-۵-متدلوژی شکل‌دهی خوشه..... ۴۰
۲-۵-۱-۶-انتخاب سرخوشه‌ها..... ۴۰
۲-۵-۱-۷-پیچیدگی الگوریتم..... ۴۰
۲-۵-۱-۸-چندلایه‌گی..... ۴۱
۲-۵-۱-۹-همپوشانی..... ۴۱
۲-۵-۲-الگوریتم‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۴۱
۲-۶-جمع‌بندی..... ۵۰
۳- فصل سوم :روش پیشنهادی و نتایج شبیه‌سازی..... ۵۱
۳-۱-مقدمه..... ۵۱
۳-۲-پروتکل خوشه‌بندی LEACH..... ۵۲
۳-۳-مدل شبکه..... ۵۶
۳-۴-مدل مصرف انرژی در ارسال و دریافت داده‌ها..... ۵۷
۳-۵-معیارهای استفاده شده در روش پیشنهادی..... ۵۸
۳-۵-۱-تعداد سرخوشه‌ها..... ۵۹
۳-۵-۲-معیار انتخاب سرخوشه..... ۵۹
۳-۶-تشریح روش خوشه بندی مبتنی بر انرژی و مکان (ESBC)..... ۶۱
۳-۶-۱-انتخاب سرخوشه‌ها و سازماندهی خوشه‌ها..... ۶۱
۳-۶-۲-ارسال داده‌ها درون خوشه‌ها و سپس ارسال داده‌ها از سرخوشه‌ها به سینک..... ۶۲

۳-۷-شبیه‌سازی ۶۶
۳-۷-۱-معرفی الگوریتم‌های مقایسه شونده ۶۶
۳-۷-۱-۱-الگوریتم LEACH ۶۶
۳-۷-۱-۲-الگوریتم EBC ۶۷
۳-۷-۲-نتایج شبیه‌سازی ۶۷
۳-۸-جمع‌بندی ۷۴
۴-فصل چهارم : جمع‌بندی و پیشنهادات کارهای آتی ۷۵
۴-۱-جمع‌بندی ۷۵
۴-۲-پیشنهادات کارهای آتی ۷۷

شکل ۱-۱- نمونه‌ای از معماری ارتباطی شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم..... ۹
شکل ۱ -۲- نمونه‌ای از گره حس‌گر ۱۰
شکل ۱-۳- اجزای سخت افزاری یک گره‌ی حس‌گر..... ۱۰
شکل ۱- ۴- دسته‌بندی الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های حس‌گر ۲۲
شکل ۱-۵- مراحل مسیریابی در الگوریتم SPIN ۲۵
شکل۱-۶- عملکرد الگوریتم انتشار مستقیم..... ۲۶
شکل۱-۷- توری مجازی در GAF ۲۸
شکل ۱-۸- نمونه تغییر حالت گره‌ها در GAF ۲۸
شکل۱-۹- روش فرستادن بازگشتی پیش برنده جغرافیایی ۳۰
شکل ۳-۱- خوشه‌بندی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم..... ۵۶
شکل ۳-۲- مدل رادیویی مصرف انرژی ۵۷
شکل ۳-۳- شبه کد روش پیشنهادی..... ۶۴
شکل ۳-۴- بلوک دیاگرام روش پیشنهادی..... ۶۵
شکل ۳-۵- تعداد سرخوشه‌ها در هر دوره..... ۶۹
شکل ۳-۶- تعداد بسته‌های داده ارسالی به سرخوشه‌ها در هر دوره..... ۷۰
شکل ۳-۷- تعداد بسته‌های داده ارسالی به سینک در هر دوره..... ۷۰
شکل ۳-۸- تعداد گره های مرده در هر دوره..... ۷۲
شکل۳-۹- مقدار انرژی باقیمانده‌ی شبکه در هر دوره..... ۷۲
شکل۳-۱۰- مقدار انرژی باقیمانده‌ی شبکه بر حسب تعداد انتقالات..... ۷۳

جدول ۳-۱- پارامترهای مدل رادیویی برای شبیه سازی..... ۶۸

علائم اختصاری

WSN	Wireless Sensor Network
ESBC	Energy and space Based Clustering
EBC	Energy Based Clustering
LEACH	Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy
CH	Cluster Head
SN	Sensor Node

پیشگفتار

پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم، توانایی طراحی و ساخت حس‌گرهایی با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک و قیمت مناسب را به‌وجود آورده است. این حس‌گرهای کوچک که توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات محیطی، پردازش و ارسال آن را دارند، موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های موسوم به شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم[1] شده‌اند. این شبکه‌ها که کنترل مطمئن از راه دور را فراهم می‌کنند، اساسا شبکه‌های جمع‌آوری داده هستند و کاربر نهایی باید بر مبنای داده‌های جمع آوری شده، مشخصه‌ی مورد نظر محیطی که حس‌گرها در آن قرار دارند را تعیین کند [۱] .

کاربردهای شبکه‌های حس‌گر بی سیم شامل نظارت و جاسوسی در میادین جنگ، عملیات نظارت بر محیط، نظارت بر سلامت جسمی، عملیات نجات، کاربردهای امنیتی و غیره است [۲-۳-۴] .

پروتکل‌های ارتباطی نقشی اساسی در کارایی و افزایش طول عمر[2] شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارند، لذا طراحی پروتکل‌های کارا در مصرف انرژی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم یک ضرورت است [۵] . تا با استفاده از آنها نه تنها انرژی کل مصرفی در شبکه کاهش یابد، بلکه بار مصرف انرژی نیز به‌طور متعادل و یکنواخت در میان گره‌های شبکه توزیع شود و در نتیجه طول عمر شبکه افزایش یابد. در بین پروتکل‌های ارائه شده، پروتکل‌های سلسله‌مراتبی مبتنی بر خوشه‌بندی، به‌طور قابل توجهی در انرژی مصرفی توسط شبکه صرفه‌جویی می‌کنند[۶] . در این پروتکل‌ها کل شبکه به چندین خوشه تقسیم می‌شود و درهر کدام از خوشه‌ها یک گره به عنوان سرخوشه[3] انتخاب می‌شود. وظیفه سرخوشه جمع‌آوری داده‌های ارسالی از گره‌های آن خوشه، حذف داده‌های تکراری، ترکیب[4] داده‌ها و ارسال این داده‌ها به ایستگاه پایه[5] می‌باشد. در این پروتکل‌ها انتخاب یک گره به عنوان سرخوشه و ترکیب داده‌ها به میزان زیادی در افزایش مقیاس‌پذیری[6]

[1] *Wireless Sensor Networks(WSN)*
[2] *lifetime*
[3] *Cluster head*
[4] *Fusion*
[5] *Base Station*
[6] *Scalability*

و طول عمر شبکه موثر است. استفاده از خوشه‌ها سربار اضافی را کاهش داده و در نتیجه مصرف انرژی و تداخل امواج بین گره‌ها را کاهش می‌دهد.

چون اطلاعات جمع‌آوری شده در گره‌های مجاور به‌طور بالایی همبسته است، وجود اطلاعات اضافی بسیار محتمل است [۷] . تکنیک‌های تراکم اطلاعات می‌تواند برای کاهش مقدار زیادی از اطلاعات مشابه و استخراج اطلاعاتی با حجم کمتر موسوم به اطلاعات موثر به‌کار برده شود، اینکار مقدار اطلاعات مورد نیازی که باید انتقال داده شود را کاهش می‌دهد [۸] . بنابراین در بسیاری از کاربردها، ساماندهی خوشه یک راه طبیعی برای گروه‌بندی گره‌های نزدیک به هم به منظور استفاده از داده‌های مرتبط و حذف داده‌های افزونه است. از طریق تجمیع و ترکیب داده‌های گره‌ها در سرخوشه، حجم کلی داده‌های ارسالی به ایستگاه پایه کاهش یافته و در مصرف انرژی و منابع شبکه صرفه جویی می‌شود[۲] .

مکانیزم چرخش متناوب سرخوشه‌ها اولین بار در پروتکلی به‌نام LEACH[1] [۹] . ارائه شده که در آن چرخش ها تصادفی و توزیع شده انجام می‌شد. این پروتکل، خوشه‌ها را با استفاده از یک الگوریتم توزیع شده تشکیل می‌دهد که در آن، گره‌ها بدون هیچ کنترل متمرکزی و به‌طور مستقل برای سرخوشه شدن تصمیم می‌گیرند. بنابراین، با چرخش تصادفی مکان سرخوشه‌ها بار انرژی سرخوشه بودن بین گره‌ها تقسیم می‌شود و در نتیجه طول عمر شبکه افزایش می‌یابد. در ابتدا هر گره بر اساس درصد سرخوشه‌های پیشنهادی شبکه (که از قبل تعیین شده است) و شماره آخرین دوره‌ای که آن گره سرخوشه شده است، تصمیم می‌گیرد که آیا برای دوره جاری سرخوشه بشود یا نه. این تصمیم گیری برای هر گره به این صورت است که یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ انتخاب می‌کند، اگر آن عدد از مقدار آستانه‌ای کمتر باشد گره برای دوره‌ی جاری سرخوشه می‌شود.

مزایای پروتکل LEACH به شرح ذیل می‌باشد :

- گره‌ها به‌صورت تصادفی و با نرخ ثابت می‌میرند.
- LEACH طول عمر شبکه را نسبت به پروتکل‌های پیشین افزایش می‌دهد.

1 Low-energy adaptive clustering hierarchy

- LEACH کاملا توزیع شده است و نیازی به داشتن اطلاعات سراسری از سیستم ندارد.

محدودیت پروتکل LEACH به شرح ذیل می‌باشد :

- LEACH درباره‌ی توزیع یکنواخت سرخوشه‌ها در شبکه ضمانتی ندارد.
- در یک زمان یکسان تعدادی خوشه‌های خیلی بزرگ و تعدادی خیلی کوچک در شبکه وجود دارند.
- در بعضی از دوره‌ها ممکن است هیچ سرخوشه‌ای وجود نداشته باشد و به همین دلیل تبادل اطلاعات در شبکه صورت نمی گیرد و هیچ اطلاعاتی به ایستگاه پایه ارسال نمی‌شود و به اصطلاح شبکه در خواب بسر می‌برد.
- تابع احتمال برای سرخوشه شدن مبتنی بر فرضی است که تمام خوشه‌ها دارای اعضای برابر باشند، در صورتیکه اعضای هر خوشه براساس فاصله‌شان با سرخوشه‌ها تعیین می‌شوند.
- انرژی باقیمانده گره‌ها در طی انتخاب سرخوشه در نظر گرفته نمی‌شود.

علی‌رغم محدودیت‌های گفته شده در بالا، کماکان روش LEACH در کارهای جدید به کار برده می‌شود[۱۰] [۱۱] .

در این پایان نامه با بررسی الگوریتم LEACH، روش جدید خوشه‌بندی مبتنی بر انرژی به منظور ارسال داده‌ها پیشنهاد می‌شود که با انتخاب مناسب سرخوشه‌ها باعث افزایش طول عمر شبکه و بهبود کارایی آن می‌شود، همچنین سعی دارد مشکلات گفته شده در LEACH را حل و یا تاثیر منفی آن را کاهش دهد.

در این روش از کارهای پیشین عبارتند از خوشه‌بندی[۱۲]، تجمیع[1] و ترکیب داده‌های گره‌ها در سرخوشه[۲] و الگوریتم LEACH [۹] استفاده می‌کنیم. این الگوریتم، الگوریتمی آگاه به مکان و سطح انرژی گره‌است که در آن خوشه‌ها بر اساس اطلاعات مکانی گره‌ها تشکیل می‌شوند و انتخاب سرخوشه در هر دوره بر اساس سطح انرژی گره‌ها می‌باشد. معیار انتخاب سرخوشه به جای مبنای انتخاب تصادفی سرخوشه‌ها [۱۳]، بر اساس نسبت انرژی باقیمانده به انرژی مصرف شده در ارسال یک بیت داده به گره مقصد،

[1] *Aggregation*

می‌باشد. از آنجا که مصرف انرژی سرخوشه‌ها در مقایسه با گره‌های معمولی شبکه بسیار بیشتر می‌باشد، این معیار به ما کمک می‌کند تا گره‌های با انرژی باقیمانده‌ی بیشتر و انرژی مصرفی کمتر در هر مرحله سرخوشه شوند.

بعد از انتخاب سرخوشه‌ها نوبت به آرایش خوشه‌ها می‌رسد. چون اساس خوشه‌بندی بر این است که از انتقال اطلاعات با فاصله‌ی زیاد جلوگیری شود، ما در این روش فرض کرده‌ایم که گره‌هایی که فاصله‌شان نسبت به سینک نزدیکتر از فاصله‌شان نسبت به سرخوشه‌ها می‌باشد، اطلاعات خود را بطور مستقل به سینک ارسال کنند. در این صورت ما از مصرف انرژی انتقال اضافی توسط گره‌ی مورد نظر و مصرف انرژی دریافت اطلاعات توسط سرخوشه جلوگیری کرده‌ایم. بعد از این مراحل سرخوشه‌ها اطلاعات دریافتی از گره-های مربوط به خود را متراکم کرده و به سینک ارسال می‌کنند.

نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که مصرف انرژی شبکه کاهش و همچنین طول عمر شبکه نسبت به پروتکل LEACH افزایش یافته است. همچنین گره‌های شبکه خیلی دیرتر از LEACH شروع به مردن خواهند کرد، در نتیجه شبکه تا مدت زیادی با کل گره‌ها کار خواهد کرد.

در ادامه سایر بخش‌های پایان نامه به شرح زیر ارائه می‌گردد. در فصل اول به بررسی کلی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، مزایا و ویژگی‌های آن می‌پردازیم و در ادامه انواع الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم را بررسی خواهیم کرد. در فصل دوم مفاهیم مربوط به خوشه‌بندی را بیان کرده و کارهای انجام گرفته در زمینه‌ی خوشه‌بندی شبکه از نظر معیار انتخاب سرخوشه را مرور می‌کنیم. در فصل سوم جزئیات روش LEACH را که ایده اصلی را از آن گرفته ایم به طور مفصل توضیح می‌دهیم و در ادامه روش جدیدی را برای کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه پیشنهاد خواهیم کرد و با نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهیم که روش جدید، مصرف انرژی و عمر شبکه را بهبود بخشیده است. در فصل چهارم به جمع‌بندی پایان‌نامه و ارائه پیشنهادات می‌پردازیم.

فصل اول
شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

۱-۱-مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در ساخت مدارات مجتمع در اندازه‌های کوچک، از یک سو و توسعه‌ی فناوری ارتباطات بی‌سیم از سوی دیگر زمینه‌ساز طراحی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم شده است. شبکه حسگر بی‌سیم، شبکه‌ای متشکل از تعداد زیادی گره‌ی کوچک است که در هر گره تعدادی حسگر وجود دارد.

شبکه‌ی حس‌گر به شدت با محیط فیزیکی اطراف خود تعامل دارد و از طریق حس‌گرها اطلاعات محیط را گرفته و در صورت نیاز پس از اعمال پردازشی ساده، آن‌ها را ارسال می‌کند. پژوهش‌های زیادی در جهت کاهش هزینه و اندازه این حس‌گرها صورت گرفته است. کاهش هزینه و اندازه گره‌ها منجر به استفاده‌ی تعداد زیادی از این حس‌گرها در یک منطقه وسیع شده است [۱۴]. در این فصل به معرفی کلی شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم می‌پردازیم.

۱-۲-ویژگی‌های شبکه های حس‌گر بی‌سیم در مقابل شبکه‌های دیگر

وجود برخی ویژگی‌ها در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، آن را از سایر شبکه‌های سنتی و بی‌سیم متمایز می‌کند که عبارتند از :

- تنگناهای سخت افزاری شامل محدودیت‌های اندازه فیزیکی، منبع انرژی، قدرت پردازش، ظرفیت حافظه
- تعداد بسیار زیاد گره‌ها
- چگالی بالا در توزیع گره‌ها در ناحیه عملیاتی
- وجود استعداد خرابی در گره‌ها
- تغییرات توپولوژی بصورت پویا و احیاناً متناوب
- استفاده از روش پخش همگانی در ارتباط بین گره‌ها در مقابل ارتباط نقطه به نقطه
- داده محور بودن شبکه به این معنی که گره‌ها کد شناسایی ندارند.

۱-۳-مزایای شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

هر سیستم طراحی شده، با توجه به ویژگی‌های ذاتی خودش یک سری شرایط و موقعیت‌های خاص را می‌طلبد و در مواقع استفاده در آن شرایط و موقعیت‌ها، نسبت به سیستم‌های مشابه خود دارای یک سری مزیت‌ها و معایب می‌باشد که بایستی در نهایت با یک برآورد ضمنی و با توجه به تمام شرایط موجود، سیستمی که بهترین کارایی نسبت به هزینه را دارد، انتخاب کرد.

طبق ساختار گره‌ها و شبکه و نحوه‌ی معماری ارتباطات می‌توان مزیت‌های شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم نسبت به سایر سیستم‌ها برای انجام کارهای مشابه را به ترتیب زیر نام برد[۲-۱۵-۱۶] :

- **برپایی سریع در مواقع اضطراری و فوری**

در برخی موارد مثل هنگام بروز حوادث ناگهانی طبیعی و سایر مواقع اضطراری که باید برپایی تجهیزات در فاصله زمانی کوتاه و به سرعت انجام گردد، می‌توان از سیستم شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

استفاده کرد. چرا که در چنین سیستمی ما نیازمند به برپایی تجهیزات آنچنانی حجیم و وقت‌گیر نداریم و صرفاً کافیست چندین گره را در سطح محدوده مدنظر پراکنده کنیم که گره‌ها از قبل آماده هستند و حجم کوچکی هم دارند و از طرفی در هنگام برپایی شبکه نیاز به انجام عملیات وقت‌گیر نیست و خود گره‌ها نیز می‌توانند معماری توپولوژی شبکه خود را تشکیل دهند.

- **مناسب بودن در محیط‌هایی که نباید پارازیت و اختلال باشد**

استفاده از هرگونه سیستمی در محیط مدنظر طبق شرایط کاری خودش، تاثیرات منفی متقابل بر روی محیط دارد و هرچه بر روی معیارات ما تاثیرات کمتری داشته باشد، به همان اندازه محبوبیت سیستم به‌کار گرفته شده، بالاتر می‌رود. مثلا محیط زیست حیوانات را در نظر بگیرید. تاثیرات تشعشعات امواج مخابراتی در دکل‌های بزرگ به مراتب بالا می‌باشد و می‌تواند بر روی سلامتی محیط اثر منفی بگذارد و یا برای برپایی نیاز است که مدتی نیروهای انسانی در محیط حضور مستقیم داشته باشند و از دستگاه‌های مختلف استفاده کنند که می‌تواند ظاهر طبیعت را دست خورده کند و یا موجب فرار هدف گردد و به‌عبارتی از ظرافت کار کاسته شود. در صورتی که در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، گره‌ها به‌قدری کوچک هستند که سایر موجودات حتی متوجه حضور گره‌ها نمی‌شوند و از طرفی به‌خاطر حجم خیلی کوچک، گره‌ها می‌توانند در هر گوشه کناری جایگذاری شوند بدون اینکه از نظر ظاهری خللی در محیط ایجاد کنند. از جهت دیگر گره‌ها نزدیک هم می‌باشند و به‌طور حتم فاصله برد ارتباطی کوتاه می‌باشد و به طبع آن سطح انرژی پایینتری مصرف می‌شود و دیگر تشعشعات مضر برای محیط‌زیست و حتی پارازیت خاصی بر روی سایر سیستم‌ها نخواهد داشت.

- **اجتناب از قرار گرفتن در محیط‌های خطرناک و غیر عاقلانه برای مطالعات مکرر**

استفاده از شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم جهت بررسی وضعیت محیط‌های آلوده، که انسان قادر به فعالیت در آن‌ها نیست، بسیار مناسب می‌باشد. پخش گره‌ها و برپایی شبکه حسگر در این‌گونه محیط‌ها می‌تواند توسط هواپیما صورت پذیرد. گره‌ها پس از استقرار در سطح زمین و با توجه به توانایی‌های خود، می‌توانند به

صورت خودکار توپولوژی شبکه‌ای خاصی را تشکیل دهند، به بررسی آلودگی محیط بپردازند و اطلاعات مشاهده شده از محیط را به یک گره مرکزی گزارش کنند.

- **شیوه اقتصادی مقرون به صرفه برای جمع‌آوری اطلاعات در طولانی مدت**

هزینه برآورد شده در امر جمع‌آوری اطلاعات یکی از معیارهای انتخاب یک سیستم خاص می‌باشد. خود هزینه نیز متشکل از چندین بخش شامل هزینه مربوط به تجهیزات، هزینه برپایی سیستم، هزینه نگهداری و ... می باشد. در برآورد هزینه باید بازه زمانی مورد استفاده نیز مدنظر باشد. در شبکه‌های حس‌گر در مقایسه با سایر سیستم‌های مشابه، حجم بالایی از هزینه مربوط به گره‌ها و برپایی سیستم می‌باشد و هزینه نگهداری چندانی وجود ندارد. به‌عبارتی، استفاده از چنین سیستمی برای یک هفته در مقایسه با چند ماه دارای هزینه تقریباً یکسانی می‌باشد. بنابراین برای جمع‌آوری اطلاعات از وضعیت محیط در طولانی مدت، هزینه استفاده از شبکه‌های حسگر به اندازه قابل توجهی نسبت به روش‌های دیگر کمتر خواهد بود.

۱-۴-معماری شبکه‌های حس‌گر

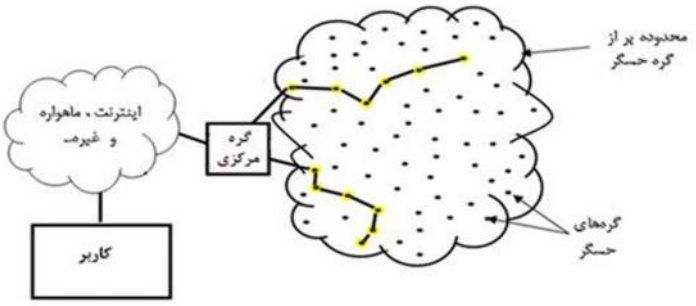
هر شبکه حس‌گر از تعداد زیادی گره ارزانقیمت با اندازه کوچک، تشکیل شده است و هر گره نیز از مجموعه‌ای از اجزای سخت افزاری تشکیل شده است که در کنار یکدیگر وظایف هر گره را به انجام می‌رسانند. در حال حاضر هر گره حس‌گر از به‌هم پیوستن تعدادی قطعات از پیش طراحی شده حاصل می‌شود ولی در آینده می‌توان کلیه مدارهای موردنیاز یک حسگر را در یک مدار مجتمع فشرده و در اندازه بسیار کوچکتری پیاده‌سازی کرد که کاهش قابل ملاحظه‌ای در اندازه و توان مصرفی هر گره را در برخواهد داشت.

۱-۴-۱-معماری ارتباطی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم

شبکه‌های حس‌گر در حالت کلی ماهیت داده-محور دارند و بنابراین، ساختار ارتباطی بین گره‌های حسگر باید طوری طراحی شوند که با ماهیت این شبکه‌ها، هماهنگی داشته باشند. چون اکثر کاربردهای

شبکه‌های حسگر در مواردی است که عملا امکان اتصال گره‌ها به یکدیگر عملی یا مقرون به‌صرفه نیست، در این‌گونه شبکه‌ها عموما از ارتباط بی‌سیم استفاده می‌شود و ساختار کلی این شبکه‌ها به‌این صورت است که تعداد زیادی گره همسان در محیط پراکنده می‌شوند و پس از جمع آوری اطلاعات مورد نظر، آن‌را به یک گیرنده‌ی مرکزی (sink) ارسال می‌کنند. گیرنده‌ی مرکزی، گرهی با میزان انرژی بالا و تجهیزات مورد نیاز می‌باشد و در واقع واسط بین شبکه حس‌گر و محیط اطراف می‌باشد. در شبکه‌های با وسعت جغرافیایی زیاد، می‌توان از چندین گیرنده مرکزی استفاده کرد تا مسیر ارسال داده‌ها به گیرنده‌ها، بیش از حد طولانی نگردد.

از آنجایی‌که ارسال مستقیم رادیویی در فواصل زیاد، به انرژی بسیار زیادی نیاز دارد، در شبکه‌های حس‌گر از روش‌های انتقال اطلاعات به صورت گام به گام استفاده می‌شود. علاوه بر این، در اکثر موارد بین بسیاری از گره‌ها و گیرنده‌های مرکزی، به علت مسایلی مانند فاصله زیاد یا موانع جغرافیایی، ممکن است دید مستقیمی بین گره و گیرنده مرکزی وجود نداشته باشد. در شکل ۱-۱ نمونه‌ای از معماری ارتباطی شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱- نمونه‌ای از معماری ارتباطی شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم [۲]

۱-۴-۲-ساختار گره حس‌گر

از آنجا که گره حس‌گر به‌عنوان کوچکترین عنصر خودمختار یک شبکه حس‌گر شناخته می‌شود، برای طراحی الگوریتم‌ها و پروتکل‌های مناسب برای این شبکه‌ها لازم است که اجزا و تجهیزات یک گره و محدودیت‌های سخت افزاری آن شناخته شود. در اینجا پس از معرفی اجزای یک گره حس‌گر، مشخصات یک نمونه گره‌ی واقعی بیان می‌شود. در شکل ۱-۲ نمونه‌ای از یک گره‌ی حس‌گر نمایش داده می‌شود.