بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی

گروه الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته برق گرایش مخابرات(سیستم)

بهبود پوشش وطول عمر شبکه‌های حسگر بیسیم با استفاده از مجموعه‌های پوششی

استاد راهنما:

دکتر شاهپور علیرضایی

استادمشاور:

دکتر سیدوهاب الدین مکی

نگارش:

محمدرضا چراغی

مهر ۱۳۹۲

دانشکده فنی مهندسی

گروه الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته برق گرایش مخابرات(سیستم)

توسط:محمد رضا چراغی

تحت عنوان:

بهبود پوشش وطول عمر شبکه‌های حسگر بیسیم با استفاده از مجموعه‌های پوششی

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۲۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه خوب به تصویب نهایی رسید.

۱-استاد راهنما : دکتر شاهپور علیرضایی بامرتبه علمی استادیار امضاء

۲-استاد مشاور: دکترسیدوهاب الدین مکی بامرتبه علمی استادیار امضاء

۳-استاد داور داخل گروه :دکتر آرش احمدی بامرتبه علمی استادیار امضاء

۴-استاد داور خارج از گروه:دکترمحمود احمدی با مرتبه علمی استادیار امضاء

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است

و انوار حکمت او در دل شب تار، درخشان

آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان

بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید

سپاسگذار کسانی هستم که سرآغاز تولد من هستند

از یکی زاده میشوم و از دیگری جاودانه

استادی که سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت

و پدر و مادری که تار مویی از آنها بپای من سیاه نماند

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

به استادانم جناب دکتر علیرضایی و جناب دکتر مکی

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

چکیده:

یک چالش بزرگ برای شبکه‌های حسگر بیسیم ، طراحی الگوریتم‌هایی کارآمد به منظور نظارت بر مجموعه‌ای از اهداف مستقر در یک ناحیه، توسط گره‌های حسگر بیسیم می‌باشد. بدلیل محدودیت عمر باتری گره‌های حسگر، راهکارهایی مدنظر می‌باشد که از عمر باتری آنها حداکثر استفاده گردد. در شبکه‌های پوشش هدفی راهکاری که بیان شده است و بیشترین بازده را برای افزایش طول عمر شبکه‌حسگر داشته است، تقسیم‌بندی گره‌های حسگر به مجموعه‌هایی تحت عنوان مجموعه‌های پوششی می‌باشد. یک مجموعه از گره‌های فعال می‌بایست تمام اهداف را پوشش دهند و در عین حال از طریق گره‌هایی به نام رله، اتصال گره‌های فعال را به ایستگاه پایه برقرار نمایند. در زمانی که یک مجموعه پوشش و حسگرهای عضو آن مجموعه فعال می‌باشند، مجموعه‌های پوشش دیگر وحسگرهای عضو آنها در حالت خواب(صرفه‌جویی انرژی) می‌باشند. با پی در پی فعال کردن تک تک مجموعه‌های پوششی طول عمر شبکه افزایش می‌یابد. یک مجموعه پوشش تا زمانی فعال باقی میماند، که عمر یکی از حسگرهای آن تمام شود، هدف این پایان‌نامه ارائه الگوریتمی کارآمد به منظور پوشش و اتصال اهداف با استفاده از مجموعه‌های پوششی، به منظور افزایش طول‌عمر شبکه حسگربیسیم می‌باشد. اهدافی که با تعداد سنسور کمتری پوشش داده شده‌اند، اهداف ضعیف پوشش داده شده می‌باشند. توجه الگوریتم پیشنهادی به سنسورهایی است که این اهداف را پوشش داده اند، چرا که مجموع عمر این حسگرها محدوده بالای طول‌عمر شبکه را تعیین مینمایند. در الگوریتم ارائه شده با اختصاص وزن‌هایی به این سنسورها ، سعی شده است تا جایی که امکان دارد از انتخاب همزمان آنها به عنوان گره منبع (پوشش دهنده اهداف) وگره رله دریک مجموعه پوششی اجتناب شود. گره‌های همسایه چاهک بدلیل آنکه همواره به عنوان رله انتخاب می‌شوند لذا با اختصاص یک وزن اضافی از انتخاب آنها به عنوان گره منبع تا جایی که امکان دارد جلوگیری شده است. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی ارائه شده در مقایسه با چند الگوریتم ارائه شده در مبحث مجموعه‌های پوششی در سالهای اخیر، عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهد. طول عمر شبکه با الگوریتم ارائه شده بهتر از کارهای مشابه می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:معرفی شبکه‌های حسگربیسیم و ساختار داخلی گره حسگر ۲

۱-۱تاریخچه شبکه حسگربیسیم ۲

۱-۲ساختار هر گره حسگر ۵

۱-۲-۱اجزاء داخلی گره حسگر ۶

۱-۲-۲محدودیتهای سخت افزاری یک گره حسگر ۹

۱-۳پشته پروتکلی ۱۰

۱-۴مزایای شبکه حسگربیسیم ۱۲

۱-۵کاربردهای شبکه حسگربیسیم ۱۳

۱-۶سناریوهای شبکه حسگر ۱۵

۱-۶-۱شبکه های همگن وناهمگن ۱۵

۱-۶-۲شبکه های متحرک وثابت ۱۵

۱-۶-۳شبکه های تک هاپ ومولتی هاپ ۱۵

۱-۷موضوعات مطرح در شبکه های حسگر بیسیم ۱۶

۱-۸کیفیت سرویس در شبکه های حسگر بیسیم ۱۸

۱-۸-۱کیفیت سرویس در شبکه های سنتی ۲۰

۱-۸-۲کیفیت سرویس درشبکه های حسگربیسیم ۲۱

فصل دوم: معرفی مدل های پوشش وکنترل پوشش شبکه ۲۴

۲-۱مقدمه.. ..... ۲۵

۲-۲مدل پوشش سنسورها ۲۵

۲-۲-۱مدل پوشش بخشی بولین ۲۶

۲-۲-۲مدل دیسک پوشش بولین ۲۷

۲-۲-۳مدل دیسک در حال تضعیف بولین ۲۸
۲-۳مسائل مربوط به کنترل پوشش شبکه ۲۸
۲-۳-۱انواع روش های پوشش ۲۹
۲-۳-۲روش استقرار گره حسگر ۳۰
۲-۳-۳زمانبندی فعالیت ۳۰
۲-۳-۴اتصال شبکه ۳۱
۲-۳-۵عملکرد متریک ۳۱
۲-۴طبقه بندی انواع روش های پوشش ۳۱
۲-۵پوشش هدفی ۳۳
۲-۵-۱استقرار بهینه گره ها ۳۳
۲-۵-۲ماکزیمم سازی طول عمر پوشش ۳۴
۲-۵-۳مجموعه های پوشش جدا ازهم ۳۶
۲-۵-۴مجموعه های پوششی غیر جدا از هم(متلاشی نشده) ۳۷
۲-۵-۵ماکزیمم کردن طول عمر پوشش شبکه با در نظر گرفتن اتصال شبکه ۴۰
۲-۵-۶حداکثر درخت پوشش(MCT) ۴۱
۲-۶پوشش ناحیه ای ۴۳
۲-۶-۱چگالی بحرانی سنسورها ۴۴
۲-۷برنامه ریزی فعالیت سنسور ۴۷
۲-۷-۱مفروضات واهداف ۴۷
۲-۷-۲حفظ پوشش کامل ۴۸
۲-۷-۳روش زمانبندی فعالیت ۵۲
۲-۷-۴حفظ پوشش واتصال به شبکه ۵۵
۲-۷-۵ستراتژی جنبش گره ۵۸
۲-۸پوشش مرزی ۶۱
۲-۹نتیجه گیری. ۶۲

فصل سوم :چهارچوب کلی مجموعه های پوششی ۶۴
۳-۱مقدمه ۶۴
۳-۲مروری بر الگوریتم های پوشش ۶۴
۳-۲-۱الگوریتم های پوشش متمرکز ۶۷
۳-۲-۲الگوریتم های پوشش توزیع شده ۶۸
۳-۳مدل مصرف انرژی گره های حسگردر مجموعه های پوششی ۷۰
۳-۴طرح کلی الگوریتم ساخت مجموعه های پوششی ۷۳
۳-۵ماکزیمم خروجی الگوریتم ۷۶
۳-۵-۱حد بالای طول عمر ۷۶
۳-۶سوال های تحقیق ۷۸
فصل چهارم: الگوریتم پوشش پیشنهادی ۸۱
۴-۱مقدمه.. ..... ۸۱
۴-۲تعریف وبیان پارامترها ۸۱
۴-۳روند کلی الگوریتم پیشنهادی ۸۴
۴-۳-۱شرح الگوریتم پیشنهادی ۸۸
۴-۴ماکزیمم سازی طول عمر شبکه پوشش هدفی ۹۰
فصل پنجم :نتایج شبیه سازی ونتیجه گیری ۹۶
۵-۱مقدمه. ۹۶
۵-۲فرضیات شبیه سازی ۹۸
۵-۳نتایج شبیه سازی ها ۹۹
۵-۴نتیجه گیری. ۱۰۵
۶پیوست ۱.... ..... ۱۰۶
۶-۱روش های موقعیت یابی ۱۰۶
۶-۱-۱Proximity ۱۰۷
۶-۱-۲Triangulation, Trilateration ۱۰۷

۶-۱-۳Scense Analysis ۱۱۱
۶-۲اصول ریاضی روش Multilateration ۱۱۱
۶-۲-۱تحلیل ریاضی با استفاده از ۳ مرجع با مقادیر فاصله صحیح ۱۱۱
۶-۳ارتباط در شبکه های چند گامی ۱۱۲
۶-۴تخمین فاصله چندگامی ۱۱۳
مراجع ۱۱۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: معماری ارتباطات شبکه های حسگر بیسیم ۳
شکل ۱-۲ میزان مصرف انرژی برای مصارف مختلف گره حسگر ۵
شکل ۱-۳:معماری داخلی گره حسگر ۶
شکل ۱-۴: گره میکا و اجزای آن ۸
شکل ۱-۵: پشته پروتکلی شبکه های حسگر ۱۱
شکل ۱-۶:کاربردهای شبکه حسگر ۱۴
شکل ۱-۷:کاربردهای عملی شبکه حسگر ۱۴
شکل ۱-۸ سناریو شبکه های حسگر (A) تک هاپ، ناهمگن، شبکه ثابت (B) چند هاپ، همگن، شبکه ثابت (C) چند هاپ، ناهمگن، شبکه ثابت (D) تک هاپ، همگن، شبکه ثابت با چاهک متحرک ۱۶
شکل ۱-۹:یک مدل ازQOS ۱۹
شکل ۲-۱: (A) یک مدل جهت پوشش بخش بولین (B) مدل بولین با دو بخش پوشش (C) پوشش چند تایی ۲۶
شکل ۲-۲:(A)مدل دیسک بولین .(B) سنسور با دو رنج حسی .(C)پوشش هدف با ۳ سنسور ۲۸
شکل ۲-۳: (A)پوشش هدفی وارتباط تک هاپ(B)پوشش هدفی و ارتباط(اتصال به چاهک)مولتی هاپ ۲۹
شکل ۲-۴:(A)پوشش ناحیه ای(B)پوشش مرزی (سدی) ۳۰
شکل ۲-۵ :طبقه بندی پوشش نقطه ای ۳۱
شکل ۲-۶:طبقه بندی پوشش ناحیه ای ۳۲

شکل ۲-۷:طبقه بندی پوشش سدی(مانعی) ۳۲
شکل ۲-۸:شبکه ای با۹سایت (گره)و۱۵ هدف ۳۳
شکل ۲-۹: (A) یک شبکه سنسور به صورت تصادفی برای پوشش اهداف مستقر (B)گراف دو قسمتی مربوط به سنسور هدف ۳۴
شکل ۲-۱۰ : (A)شبکه ای با ۴سنسورو۳هدف(B)گراف اتصال سنسورها واهداف ۳۸
شکل ۲-۱۱:دو شبکه پوشش هدفی متشکل از گره های منبع،رله،منبع+رله،اهداف وچاهک ۴۱
شکل ۲-۱۲:پوشش ناحیه ای گره های حسگر ۴۴
شکل ۲-۱۳: پوشش محیط توسط مثلث ،مربع و شش گوش بااستقرار حسگر در راس چند ضلعی ها ۴۵
شکل ۲-۱۴:گرافیک لوزی ۴۶
شکل ۲-۱۵:شکل های چند وجهیه فضا پر کن ۴۷
شکل ۲-۱۶:روش شبکه برای چک افزونه بودن ۴۹
شکل ۲-۱۷: بخش پشتیبانی پوشش برای بررسی افزونگی ۵۰
شکل ۲-۱۸:محیط پوشش برای بررسی افزونگی ۵۱
شکل ۲-۱۹: عبور از پوشش برای بررسی افزونگی ۵۱
شکل ۲-۲۰: راس ورونی برای بررسی افزونگی ۵۲
شکل ۲-۲۱: تصویرحفره پوشش ناشی ازغیر فعال شدن دو افزونگی وابسته به سنسور ۵۳
شکل ۲-۲۲: نمودار VORONOI از گره های حسگر به طور کامل پوشش یک رشته محدب ۵۷
شکل ۲-۲۳: تصویر به ترتیب انتخاب گره های متصل شده برای منطقه پوشش ۵۸
شکل ۲-۲۴: . تصویر با استفاده از نمودار VORONOI برای شناسایی وتصمیم گیری پوشش سوراخ ۶۰
شکل ۲-۲۵: تعیین مقصد گره های تلفن همراه ۶۱
شکل ۳-۱: فلوچارت تولید مجموعه های پوششی توسط یک روش اکتشافی حریص ۷۶
شکل ۳-۲:چهار کلاس برای سنسورهای کاندید درمجموعه های پوششی ۷۷
شکل ۴-۱:اجتناب از انتخاب حسگر بحرانی به عنوان رله ۸۳
شکل ۵-۱:شبکه با اندازه ۴ هکتارو ۱۰۰ سنسورو ۲۰ هدف وچاهک در مبدا ۹۷

شکل ۵-۲: شبکه با اندازه ۴ هکتارو ۱۰۰ سنسورو ۲۰ هدف وچاهک در مبداوگراف اتصال سنسورها ۹۷
شکل ۵-۳:شبکه حسگر با ۲۰۰سنسور،۲۰ هدف واندازه محیط متغیر،بدون تجمیع داده ۱۰۰
شکل ۵-۴:شبکه حسگر با ۲۰۰ سنسور،اندازه ۴ هکتاروتعداد اهداف متغیر،بدون تجمیع داده ۱۰۱
شکل ۵-۵:شبکه حسگر با اندازه ۴ هکتار و ۲۰ هدف وتعداد حسگر متفاوت ،بدون تجمیع داده ۱۰۱
شکل ۵-۶:شبکه ای با ۳۰۰سنسور، ۲۰ هدف واندازه محیط متغیر،بااستفاده از تجمیع داده ۱۰۲
شکل ۵-۷:شبکه با ۲۰۰سنسور،اندازه۴هکتاروتعداد اهداف متغیر،با استفاده از تجمیع داده ۱۰۲
شکل ۵-۸:شبکه با تعداد سنسور متغیر واندازه ۴ هکتار.تعداد۲۰ هدف وتجمیع داده ۱۰۳
شکل ۵-۹:شبیه سازی ۲۰۰سنسور، ۲۰ هدف،اندازه متغیر محیط،چاهک در موقعیت (0,Y) ۱۰۴
شکل ۵-۱۰: شبیه سازی ۲۰۰سنسور،۲۰ هدف،اندازه متغیر محیط،چاهک در موقعیت (X,0) ۱۰۴
شکل ۵-۱۱: شبیه سازی ۲۰۰سنسور،۲۰ هدف،اندازه متغیر محیط،چاهک در موقعیت(X/2,Y/2) ۱۰۴
شکل ۵-۱۲: شبیه سازی ۲۰۰سنسور،۲۰ هدف،اندازه متغیر محیط،یا دوچاهک در موقعیت های (0,0),(X,Y) ۱۰۵
شکل ۶-۱:TRILATERATION با استفاده از ۳ مرجع ۱۰۸
شکل ۶-۲: تابع چگالی احتمال فاصله با فرض دانستن مقدار RSSI ۱۰۹
شکل ۶-۳: اندازه گیری فاصله با استفاده از روش TDOA ۱۱۰
شکل ۶-۴:ANGULATION با استفاده از 2 مرجع(ANCHOR)..... ۱۱۱
شکل ۶-۵:A) . شرط شعاعی مثلاً برای ارتباط رادیوییB). شرط مثلثی برای داده های دریافتی از طریق AAA. C).
تخمین موقعیت با استفاده از تلاقی دو شرط CONVEX ۱۱۲
شکل ۶-۶: نمونه ای از روش DV-HOP ۱۱۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱:نمادهای بکار گرفته شده ۳۵
جدول ۴-۱:پارامتر های مورد استفاده در الگوریتم پیشنهادی ۸۵
جدول ۴-۲:شبه کد الگوریتم پیشنهادی ۸۷

پیشگفتار:

در این پایان نامه به موضوع پوشش و مجموعه‌های پوششی در شبکه های حسگر بیسیم پرداخته شده است . هدف از کلیه تحقیقات در زمینه شبکه های حسگر بیسیم ، افزایش طول عمر شبکه حسگر بیسیم می‌باشد. راهکارهایی باید ارائه شود،که به انرژی گره‌های حسگر بیشترین توجه گردد. روال کلی این پایان‌نامه که در پنج فصل اصلی تهیه شده است بدینگونه می‌باشد که، در فصل اول به معرفی ساختار داخلی گره حسگر بیسیم و همچنین تاریخچه شبکه‌های حسگر وکاربرد آنها در صنعت می‌پردازیم ،چالشهای مطرح در زمینه شبکه‌های حسگر معرفی و بیان می شوند. در فصل دوم پایان نامه، مدل پوشش در شبکه‌های حسگر بیسیم بیان شده است. دراین فصل علی‌رغم گستردگی مطالب در این زمینه سعی شده است که درک کلی از پارامترها و اصطلاحات مدل‌های پوشش در شبکه‌های حسگر بیسیم بیان شود. پارامترهایی به صورت کلی تعریف شده است که تقریباً در اکثر کارهای انجام گرفته در زمینه پوشش در شبکه‌های حسگر بیسیم از آنها استفاده می‌شود. از فصل سوم به بعد مطالب بیان شده بسیار به کار وتحقیق اصلی پایان نامه مرتبط می‌باشد. در ابتدای فصل سوم مروری بر کارهای انجام شده در زمینه پوشش و مجموعه های پوششی شده است که در چند سال گذشته انجام گرفته اند. در ادامه فصل سوم الگوریتم کلی مجموعه های پوششی که تقریباً در همه کارها مشابه می‌باشد، ارائه شده است و مراحل این فلوچارت مرحله به مرحله شرح داده می‌شود. در ادامه فصل سوم مدل انرژی مصرفی گره‌های حسگر بیان شده است که از همین مدل انرژی در الگوریتم پوشش پیشنهادی استفاده می‌گردد. فلوچارت ارائه شده در فصل سوم فلوچارت مورد استفاده در فصل الگوریتم پیشنهادی(فصل ۴)نیز می‌باشد. در ادامه فصل سوم چند سوال مطرح می‌شود که سعی کرده‌ایم در فصل ۴ و۵ پاسخ آنها را بیان نمائیم. در فصل ۴ پیشنهادهایی به منظور اختصاص وزن به سنسورها ولبه های تشکیل دهنده گراف با توجه به هدف‌های مطرح شده در ابتدای فصل می‌شود. فلوچارت الگوریتم پیشنهادی مانند فلوچارت ارائه شده در فصل سوم می‌باشد ودر مراحل اجرای الگوریتم وزن‌های اختصاصی به لبه‌های گراف اختصاص می‌یابد. تاکید مهم در اختصاص وزنها، سنسورهای منبع عضو در مجموعه‌های پوششی هستند که به عنوان رله استفاده نشوند و سنسورهای همسایه چاهک هستند که به عنوان منبع استفاده نشوند. در فصل پنجم شبیه سازی هایی انجام شده است که الگوریتم پیشنهادی با چند الگوریتم دیگر مقایسه شده است و نشان از بهینه شدن طول عمر شبکه در مقایسه با الگوریتم های دیگر دارد. در پیوست ۱ مطالبی بیان شده است که در شبکه‌های حسگر واقعی و استقرار یافته در محیط تحت نظارت،چگونه حسگرها بدون GPS موقعیت خود را بدست می آورند و به گره‌های دیگر ارسال می‌کنند.

فصل اول

مقدمه‌ای بر شبکه حسگر بیسیم

وساختار داخلی گره حسگر

شبکه‌های حسگربیسیم[1]

در این فصل راجع به تاریخچه، ساختار، مزایا و کاربرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم مطالبی ارائه می‌گردد.

۱-۱ تاریخچه ومعرفی شبکه حسگربیسیم

اولین نمونه‌های شبکه‌های حسگر برای کاربردهای نظامی طراحی و اجرا شدند تا نیروهای ارتشی بتوانند در یک منطقه جدید، بدون نیاز به برپا کردن تجهیزات خاص مرتبط با زیر ساخت شبکه با هم ارتباط داشته‌باشند. طبیعت پویا و متغیر محیط فعالیت ارتش‌ها باعث می‌شود استفاده از تجهیزات شبکه‌های ثابت چندان مناسب به نظر نرسد. از سوی دیگر روش‌های دیگر ارتباطات بی‌سیم در فرکانس‌های بالای ۱۰۰ مگاهرتز کار می‌کنند، پس تنها هنگامی که دید مستقیم وجود داشته باشد ارتباط برقرار است. این مشکلات به خوبی با استفاده از شبکه‌های حسگر برطرف می‌شود. زیرا ارتباط در این شبکه‌ها چندگامه[2] است یعنی بین مبدا و مقصد لازم نیست دید مستقیم وجود داشته باشد و یا حتی این دو در محدوده امواج یکدیگر باشند، بلکه با استفاده از تعدادی گره میانجی، ارتباط مبدا و مقصد برقرار می‌شود. لازم به یادآوری است که اجزای تشکیل دهنده شبکه‌های حسگر تنها همان گره‌ها هستند و نیازی به تجهیزات از پیش تعیین شده ندارند.

تاریخچه شبکه‌های حسگر به دوران جنگ سرد (اواسط دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی) و سیستم نظارت صوتی SOSUS[3] باز می‌گردد[3]. این سیستم توسط ایالات متحده و به منظور شناسائی و ردیابی زیردریائی‌های اتحاد جماهیر شوروی در بستر اقیانوس آرام شمالی تعبیه شده بود. این شبکه یک توری گسترده از هیدروفون[4]ها می‌باشد که توسط کابل به یکدیگر متصل شده و محیط اقیانوس را تحت پوشش قرار داده‌اند. این سیستم در حال حاضر توسط مؤسسه‌ی ملی NOAA[5] به منظور نظارت بر پدیده‌های جاری در بستر اقیانوس مورد استفاده قرار می‌گیرد[4].

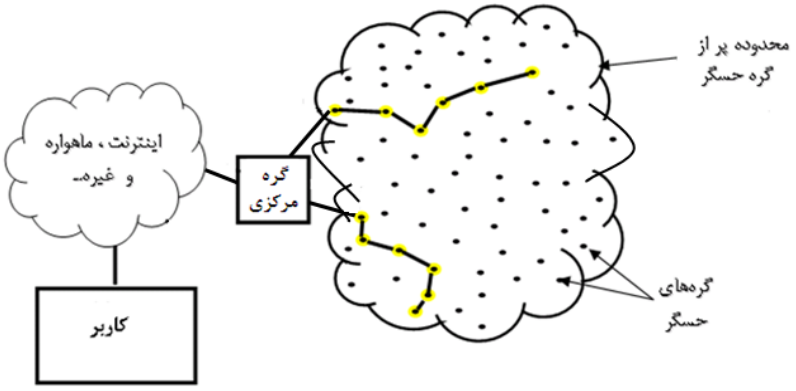
روند استفاده از شبکه‌های حسگر در سال‌های پایانی دهه ۸۰ و سال‌های آغازین ۹۰ توسط وزارت دفاع آمریکا، DARPA[6] و چند کشور دیگر ادامه داشت و نوآوری‌هایی هم توسط گروه‌های تحقیقاتی در دانشگاه‌ها انجام می‌شد. در اواسط دهه ۹۰ با تعریف برخی استانداردها از جمله IEEE1999[7] فناوری‌های تجاری هم پا به عرصه وجود گذاشتند و گروه‌های مختلف تحقیقاتی فعال در زمینه ارتباطات بی‌سیم وارد بازار وسیع بالقوه غیرنظامی شدند. در حقیقت نمونه‌هایی هم که اکنون کاربرد تجاری پیدا کرده‌اند حاصل تلاش‌های انجام شده در محیط‌های تحقیقاتی سال‌های نخستین بوده است.

یک شبکه حسگر بی‌سیم، متشکل از تعداد زیادی از دستگاه‌های بسیار کوچک است که گره‌های حسگر

---

[1] Wireless sensor network
[2] Multi Hop
[3] Sound Surveillance System
[4] Hydrophone
[5] National Oceanographic and Atmospheric Administration
[6] Defense Advanced Research Projects Agency
[7] Institute Engineers of Electrical and Electronics

نامیده می‌شوند. گره‌های حسگر عموماً مجهز به قابلیت‌های حسگری، پردازشی و ارتباطی هستند. گره‌های حسگر از نظر مکانی توزیع شده بوده و شرایط مربوط به محیط اطراف خود را اندازه‌گیری می‌کنند. وظیفه اصلی گره حسگر، جمع آوری نقاط داده در فواصل زمانی منظم و تبدیل آن به یک سیگنال الکترونیکی و انتشار سیگنال به گره سینک[1] یا ایستگاه مبنا از طریق رسانه‌های ارتباطی بی‌سیم قابل اطمینان است. با ظهور و تکامل فناوری میکروالکترونیک[2] در دهه ۷۰ میلادی، حسگرهای جدید مورد توجه قرارگرفتند. با استفاده از فناوری میکروالکترونیک، حسگرهای ارزان قیمت با ابعاد کوچک و وزن کم تولید شدند. مواد اولیه جدید برای ساخت حسگر، کشف و شناخته شده و متعاقب آن اصول جدیدی برای مقاصد عملی جمع‌آوری اطلاعات مطرح گردید. یکپارچگی حسگر و مدارات الکترونیکی تغییر شکل‌دهنده سیگنال، فرصت‌های قابل‌توجهی را برای بخش عمده‌ای از کاربردها پدید آورد. امروزه کاهش حجم و وزن حسگرها و افزایش میزان حساسیت آن‌ها، هدف اصلی بسیاری از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و شرکت‌های مختلف می‌باشد. اما کوچک شدن حجم گره‌های حسگر به معنای کوچک‌تر شدن باتری‌های مولد انرژی آنان نیز بوده است. شکل ۱-۱ طرحی کلی از یک شبکه حسگر بیسیم رانشان می‌دهد[**1**].



شکل ۱-۱: معماری ارتباطات شبکه‌های حسگر بی‌سیم[1]

مهمترین دلیل پیدایش و توسعه شبکه‌های حسگر بی‌سیم، پایش مداوم محیط‌هایی بوده، که دستیابی 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 حساس نظامی و از این قبیل مورد توجه بوده است. معمولاً شارژ مجدد یا تعویض گره‌های مرده[3] (از کار افتاده به دلیل اتمام منبع انرژی) امکان‌پذیر نمی باشد، چرا که این گره‌ها معمولاً در محیط‌ها و شرایط سخت، خشن و غیرقابل دسترس قرار گرفته و اغلب بصورت تصادفی و اقتضایی در محیط پراکنده می‌شوند. بنابراین در کارایی شبکه‌های حسگر دو نکته طول عمر و میزان پوشش این شبکه‌ها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. ازآن جایی که کاربردهای پایشی اصولاً کارهای زمان‌بری هستند، انتظار می‌رود که طول

[1] sink
[2] MEMS
[3] Dead node

عمرشبکه‌های حسگر به حدکافی طولانی باشد. اگر فضای کل شبکه را به نـواحی مجـازی تقسـیم کنـیم، معمولاً در هر ناحیه چندین گره حسگر قرار گرفته‌اند، بنابراین در صورت مـرگ برخـی از گـره‌هـای یـک ناحیه، گره‌های دیگر می‌توانند پوشش شبکه‌ای را تا حدی حفظ کنند. در صورتی که کل گـره‌هـای قـرار 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 حسگر به ذهن می‌رسد، کاهش مصرف انرژی گره‌ها، همزمان با مصرف یکنواخت انرژی در همه گره‌های شبکه است. با توجه به دلایل ذکر شده، مهمترین هدف شبکه‌های حسگر، مدیریت عاقلانه و منطقی منابع انرژی است. بنابراین ابتدا لازم است مصارف انرژی را در گره حسگر به خوبی بشناسیم.

برخی از مصارف انرژی در گره حسگرعبارتند از:

۱. سنجش وحس رخداد ها

۲. پردازش پرس‌وجوهای درخواستی

۳. ارسال ودریافت داده های حس شده به گره های دیگر ویا ایستگاه پایه[1](چاهک)

مصرف پراتلاف و بیهوده انرژی در گره حسگر مربوط می‌شود به :

۱. گوش کردن غیرفعال: یعنی گوش دادن به کانال غیرفعال برای دریافت ترافیک احتمالی

۲. تصادم(برخورد): یعنی وقتی یک گره بیش از یک بسته در زمان واحد دریافت کند، حتی در صورتی که دریافت دو بسته تنها تا اندازه‌ای با هم همزمان باشند. همه بسته‌هایی که باعث برخورد می‌شوند، باید دور انداخته شوند و مجدداً ارسال گردند که ارسال مجدد، مصرف انرژی را افزایش می‌دهد.

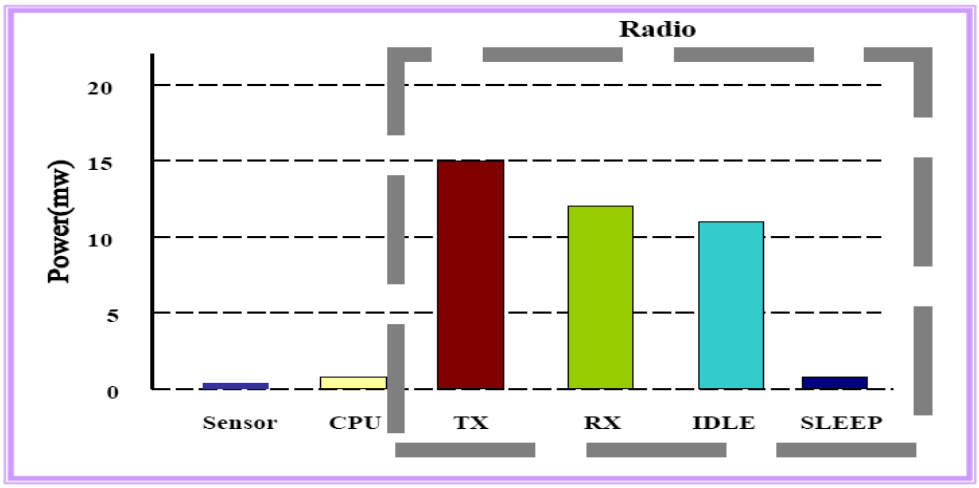
۳. استراق‌سمع کردن: یعنی یک گره، بسته‌هایی را دریافت کند که برای سایر گره‌ها فرستاده شده‌اند.

۴. سربار بسته‌های کنترلی: بنابراین، حداقل تعداد بسته‌های کنترلی باید برای ارسال داده استفاده شوند.

۵. ارسال پیغام در حالی‌که گره مقصد آماده دریافت نیست[2].

هرکدام از موردهای بالا به نوبه خود در یک گره حسگر انرژی مصرف می‌کنند. در شـکل ۱-۲ میـزان مصرف انرژی برای هرکدام از بخش ها به وضوح نشان داده شده است.

[1] Base station



شکل ۱-۲ میزان مصرف انرژی برای مصارف مختلف گره حسگر[2]

با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه شبکه‌های حسگر بیسیم ،گره های حسگر برای تأمین انرژی خود از باتری هایی با توان اندک استفاده می‌کنند و با توجه به دلایل ذکر شده مانند محیط استقرار خشن و غیرقابل دسترس و امکان نداشتن شارژمجدد باتری ها، بنابراین یکی از مهمترین مسائل درشبکه‌های حسگر بیسیم، مسئله محدودیت انرژی است و ازآنجا که کارایی شبکه های حسگر به شدت به طول عمر و پوشش شبکه‌ای آن وابسته است،بنابراین لحاظ نمودن الگوریتم‌های ذخیره انرژی در طراحی شبکه‌های حسگر با عمر طولانی و رسیدن به پوشش مطلوب یک امر حیاتی می‌باشد.

یک گره حسگر شامل میکروکنترلر[1]، واحد ارتباطات[2] ،واحد ذخیره سازی[3] ،منبع تغذیه[4] برای تولید، ذخیره سازی ،پردازش وارائه داده های حسی است . با پیشرفت فناوری سیستم های میکروالکترومکانیکی[5] اندازه و هزینه یک سنسور کاهش قابل توجهی یافته است.

سنسورها در انواع مختلفی وجود دارند ازجمله حسگرهای صوتی ،فشار، ارتعاش،لرزه،دما، رطوبت و...در ادامه به معرفی بخش های سنسور و شبکه حسگر پرداخته می‌شود.

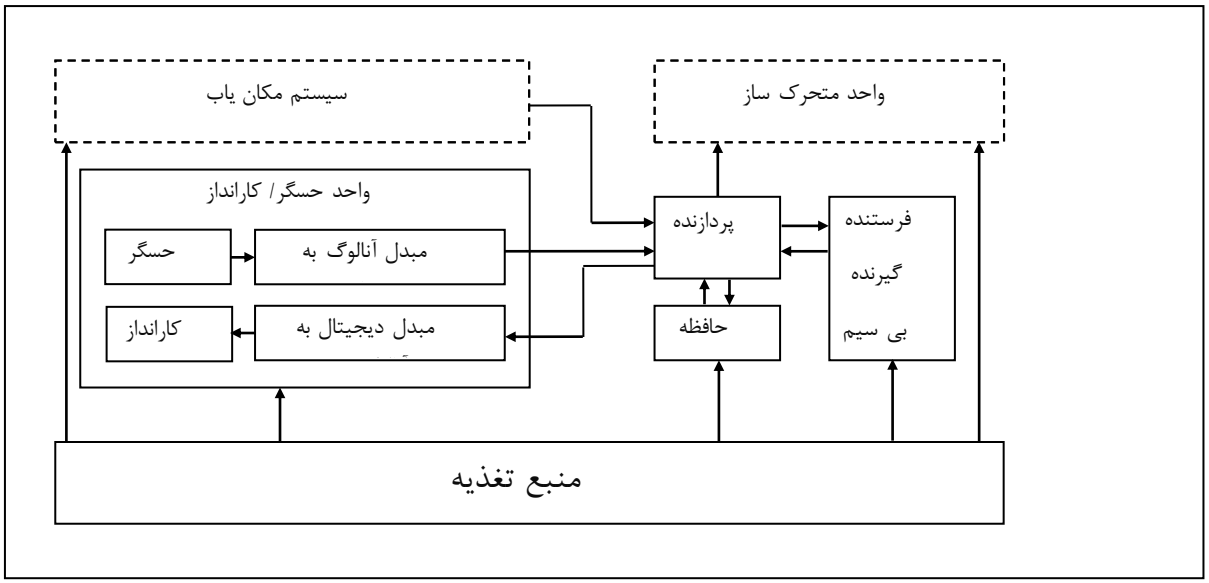
۱-۲ ساختار هر گره حسگر

از آنجا که گره حسگر بعنوان کوچکترین عنصر خودمختار یک شبکه حسگر شناخته می‌شود، برای طراحی الگوریتم‌ها و پروتکل‌های مناسب برای این شبکه‌ها لازم است که اجزاء و تجهیزات یک گره و محدودیت‌های سخت‌افزاری آن شناخته شود. در این بخش پس از معرفی اجزاء یک گره حسگر، مشخصات یک نمونه گره واقعی بیان می‌شود.

[1] Microcontroller
[2] Communication unit
[3] memory
[4] Power supply
[5] Micro electro mechanical systems(Mems)

۱-۲-۱ اجزاءداخلی گره حسگر

هر گره حسگر به یکسری تجهیزات درونی مجهز است که وجود هر کدام، طبق وظیفه و شرایط احتمالی هر گره، ضروری می‌باشد. نحوه ارتباط اجزاء درونی یک گره حسگر درشکل ۱-۳ مشخص شده است. وظایف هر یک از این اجزاء به شرح زیرمی‌باشد[1] . قسمت های که با خط چین نشان داده شده اند در بعضی از گره‌های حسگر موجود می‌باشند. ولی قسمت‌های دیگر از ملزومات هر گره حسگر می‌باشند.



شکل ۱-۳:معماری داخلی گره حسگر[1]

حسگر: حسگر با حس محیط، میزان تغییرات پارامتر خاصی از محدوده حس خود در محیط را در قالب یک سیگنال الکتریکی ارائه می‌دهد. این بخش می‌تواند ترکیبی از چندین نوع حسگر باشد که می‌توانند تغییرات چندین پارامتر مختلف از محیط را پشتیبانی کنند.

مبدل آنالوگ به دیجیتال[1]: ممکن است سیگنال دریافتی از بخش حسگر ماهیت آنالوگ داشته باشد. لذا این بخش سیگنال مربوطه را به دیجیتال تبدیل می‌کند تا در بخش‌های بعدی پردازش براحتی صورت گیرد.

پردازنده: پردازنده مرکزی گره می‌باشد. تمام کنترل روال کاری گره و همچنین عملیات محاسباتی و پردازشی بر روی اطلاعات گره در این بخش صورت می‌گیرد. واحد میکروکنترلر هسته گره حسگر است. کار این واحد جمع آوری وپردازش اطلاعات ،سنجش واحد حسگر ، تصمیم گیری در آن زمان برای ارسال داده ها وکنترل دریافت داده ها از گره های حسگر دیگر است. کار میکروکنترلر شبیه کار واحد CPU دریک کامپیوتر و با مصرف برق بسیار کمتر است. یک میکروکنترلر را میتوان برای یک برنامه خاص مدار مجتمع[2] در کاربردی خاص برنامه ریزی کرد . معمولاً یک میکروکنترلر میتواند در حالت‌های مختلفی جهت

[1](Analog-to-Digital Converter)ADC
[2] ASIC