بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق- مخابرات آقای کریم رستم زاده

تحت عنوان

یک پروتکل مسیریابی انرژی آگاه جدید بهمراه ارائه کیفیت سرویس در شبکه های حسگر بی سیم

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- اساتید راهنمای پایان نامه دکتر مسعود رضا هاشمی

دکتر فرامرز هندسی

۲- استاد داور دکتر پژمان خدیوی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر علیمحمد دوست حسینی

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را شاکر و سپاسگزارم که مرا یاری کرد تا این دوره تحصیلی را به پایان برسانم. بی شک گذراندن این دوره بدون همکاری، همراهی، تشویق و کمک های بی شائبه خانواده عزیزم به خصوص پدر و مادر بزرگوارم و امکان‌پذیر نبود، لذا از خداوند متعال موفقیت، سلامتی و شادکامی این عزیزان را خواستارم.

لازم میدانم از زحمات دوستان ارجمندم که در دوران تحصیل یار و مشوق بنده بوده اند تشکر و قدردانی کنم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر مسعود رضا هاشمی که با رهنمودهای دلسوزانه خود هم در طول انجام پایان نامه و هم در طی این دوره همراه بنده بوده اند قدردانی می‌نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر فرامرز هندسی که از راهنمایی های ایشان نیز بهره فراوان برده‌ام و از آقایان دکتر سید جمال الدین گلستانی، دکتر مهدی مهدوی و دکتر پژمان خدیوی که زحمت داوری پایان نامه را پذیرفتند نهایت تشکر را دارم.

در پایان از جناب آقای دکتر علیمحمد دوست حسینی سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده و نیز از سرکار خانم نکویی مسوول دفتر تحصیلات تکمیلی دانشکده تشکر و قدردانی می‌نمایم.

کریم رستم زاده

مهر ماه ۱۳۸۷

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. این پایان نامه با حمایت مادی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران به انجام رسیده است.

تقدیم به خانواده مهربانم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- ویژگی‌های شبکه‌های حسگر بی سیم ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۳-کاربردهای شبکه‌های حسگر بی سیم ۶

۱-۳-۱-کاربرد در محیط زیست ۶

۱-۳-۲-کاربرد در مانیتور کردن زیستگاه های حیوانات ۸

۱-۳-۳-کاربرد در پزشکی و سلامت ۹

۱-۳-۴-کاربرد در کاربری های نظامی ۱۰

۱-۳-۵-کاربرد در ساختن محیط های هوشمند ۱۱

۱-۳-۶-کاربردهای شبکه حسگرهای زیرزمینی ۱۳

۱-۳-۷-کاربردهای شبکه حسگرهای زیرآبی ۱۳

۱-۴- چالش‌های پیشِ رو در شبکه‌های حسگر بی سیم ..... Error! Bookmark not defined.

۱-۵- هدف پایان نامه ۱۵

۱-۶- ساختار پایان‌نامه ..... Error! Bookmark not defined.

فصل دوم: معرفی و مرور کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۲- پروتکل های داده محور ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۲-۱- الگوریتم سیل و شایعه ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۲-۲- پروتکل های حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره ۲۰

۲-۲-۳- پروتکل انتشار جهت دار ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۲-۴- مسیریابی انرژی آگاه ..... Error! Bookmark not defined.

۲-۲-۵- مسیریابی شایعه ۲۴

۲-۲-۶- مسیریابی مبتنی بر گرادیان ۲۵

۲-۲-۷- الگوریتم مسیریابی انتشار شرطی غیرایزوتروپیک ۲۶

۲-۲-۸- الگوریتم COUGAR ۲۷

۲-۲-۹- الگوریتم ارسال درخواست فعال در شبکه های حسگر ۲۸

۲-۳- پروتکل های سلسله مراتبی ۱۶
۲-۳-۱- پروتکل LEACH ۳۰
۲-۳-۲- الگوریتم های PEGASIS و Hierarchical PEGASIS ۳۱
۲-۳-۳- مسیریابی انرژی آگاه مبتنی بر ناحیه بندی برای شبکه های حسگر ۳۲
۲-۳-۴- مسیریابی انرژی آگاه مبتنی بر انتخاب راس ناحیه ۳۳
۲-۳-۵- پروتکل درخت حداقل مبتنی بر ناحیه بندی با شرط درجه ۳۴
۲-۴- پروتکل های مبتنی بر مکان ۳۴
۲-۴-۱- الگوریتم های MECN و SMECN ۳۵
۲-۵- پروتکل های مبتنی بر کیفیت سرویس و جریان شبکه ۳۶
۲-۵-۱- مسیریابی مبتنی بر انرژی با حداکثر طول عمر ۳۷
۲-۵-۲- مسیریابی تخصیص متوالی ۳۷
۲-۵-۳- پروتکل مسیریابی انرژی آگاه با کیفیت سرویس ۳۸
۲-۵-۴- الگوریتم های SPEED و MMSPEED ۳۹
۲-۵-۵- الگوریتم RPAR ..... Error! Bookmark not defined.
۲-۶ نتیجه گیری ۴۱

فصل سوم: تبیین مساله و پیشنهاد الگوریتم

۳-۱- مقدمه ۴۳
۳-۲- تبیین مساله ۴۷
۳-۳- شبکه مورد استفاده در الگوریتم پیشنهادی و خصوصیات آن ۵۰
۳-۴- الگوریتم مسیریابی پیشنهادی ۵۵
۳-۴-۱- فاز اول، راه اندازی ۵۶
۳-۴-۲- فاز دوم، انتقال داده ۵۹
۳-۵ نتیجه گیری ..... Error! Bookmark not defined.

فصل چهارم: شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی و نتایج آن

۴-۱ مقدمه ..... Error! Bookmark not defined.
۴-۲ معیارهای شبیه سازی ۷۰
۴-۳ نتایج شبیه سازی ۷۱
۴-۴ نتیجه گیری ۸۰

فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ..... **Error! Bookmark not defined.**

مراجع **۸۵**

چکیده

مساله مسیریابی به عنوان یک مساله بنیادین در همه شبکه ها چه بی سیم و چه سیمی مطرح است. شبکه‌های حسگر بی سیم به نمونه ای از شبکه های بی سیم است که از برترین تکنولوژی های قرن بیست و یکم محسوب می شود. این شبکه ها تقریبا در همه زمینه ها قابل استفاده می باشند. مسیریابی در این شبکه ها به علت خواص و محدودیت های منحصر بفرد آنها، مثل محدودیت انرژی، حافظه و ظرفیت پردازش دارای چالش های مخصوص به خود است. در این زمینه، الگوریتم های بسیاری ارائه شده که بیشتر تمرکزشان بر سادگی و مصرف انرژی پایین بوده است و تاخیر، نقش چندانی در این الگوریتم ها ندارد. با پیشرفت علم الکترونیک و تولید حسگرهای صدا و تصویر ارزان و کوچک، کاربرد های بلادرنگ، مثل نظارت یا شناسایی نفوذ، به دیگر کابردهای شبکه های حسگر بی سیم اضافه شده است. در نتیجه، موضوع تاخیر و ارائه کیفیت سرویس را هم باید علاوه بر انرژی در مسیریابی دخالت داد. در این پایان نامه ضمن معرفی مختصر شبکه های حسگر بی سیم، به بررسی و طبقه بندی الگوریتم های مسیریابی ارائه شده برای این شبکه ها پرداخته می شود. سپس با معرفی گذرای شبکه حسگرهای مالتی مدیای بی سیم یک الگوریتم مسیریابی ارائه می گردد که هم توانایی ارائه کیفیت سرویس دارد و هم انرژی مصرفی را در نظر می گیرد. این الگوریتم علاوه بر سادگی و داشتن سربار بسیار کم می تواند در یک شبکه ناهمگون به بسته های بلادرنگ و غیر بلادرنگ سرویس مناسب را ارائه دهد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی هم در زمینه مصرف انرژی و هم در زمینه تاخیر متوسط از عملکرد قابل قبول و کارایی بالا برخوردار است و قادر است کیفیت سرویس را برای بسته های بلادرنگ تضمین کند.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

امروزه، شبکه‌های حسگر بی سیم[1] به عنوان یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های قرن بیست و یکم شناخته می‌شوند. یک شبکه‌ی حسگر بی سیم در واقع یک شبکه‌ی بی سیم است که گره های تشکیل دهنده‌ی آن حسگرهای کوچک و ارزان قیمت هستند. هر گره در شبکه‌ی حسگر بی سیم از قسمت‌های متعددی مانند حسگر، پردازش‌گر، مخابره کننده‌ی اطلاعات و منبع انرژی تشکیل شده است. پیشرفت‌های سالیان اخیر در زمینه تکنولوژی‌های مخابرات بی سیم و الکترونیک دیجیتال امکان ساخت گره های کوچک، کم‌مصرف و ارزان قیمت را فراهم آورده است. بنابراین تعداد بسیار زیادی از این گره ها می‌توانند در ارتباط با یکدیگر تشکیل شبکه‌ی حسگر بی سیم بدهند[۱].

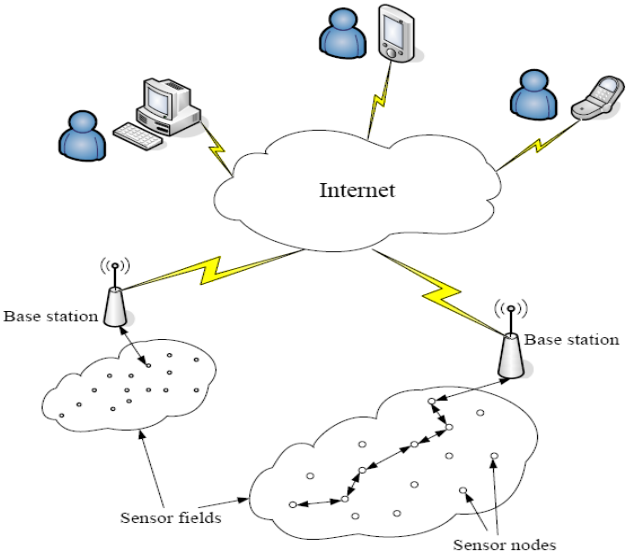
گره های یک شبکه‌ی حسگر بی سیم معمولاً به تعداد بسیار زیاد و به صورت تصادفی در یک ناحیه و یا در نزدیکی یک پدیده فیزیکی خاص، برای جمع‌آوری اطلاعات توزیع می‌شوند. از آن‌جا که این توزیع معمولاً بدون ساختار از پیش تعیین شده‌ای صورت می‌گیرد، می‌توان شبکه‌های حسگر بی سیم را گونه‌ای از شبکه‌های اقتضائی[2] برشمرد. پس از توزیع در ناحیه‌ی مورد نظر، گره ها مسؤول انجام عمل خود پیکربندی[3] شبکه هستند. نحوه‌ی ارتباط

---

[1] Wireless Sensor Networks
[2] Ad hoc networks
[3] Self configuration

گره ها با یکدیگر همانند شبکه‌های اقتضائی از یک الگوریتم چندگامی[1] پیروی می‌کند. پس از آن، هر گره به جمع-آوری اطلاعات محیط پیرامونش می‌پردازد. بسته به نوع حسگر مورد استفاده، هر گره می‌تواند اطلاعات مختلفی همانند اطلاعات صوتی، لرزشی، مادون قرمز و ... را جمع‌آوری کند[۲].

از آن‌جا که معمولاً دسترسی به هر گره پس از توزیع آن در محیط کاری غیرممکن است، منبع انرژی هر گره – که غالباً از یک باتری تأمین می‌شود و بسیار محدود می‌باشد – قابل بازیابی نمی باشد. بنابراین، گرایش اصلی در طراحی الگوریتم‌های مربوط به شبکه‌های حسگر بی سیم، در جهت کاهش هر چه بیشتر مصرف انرژی، از طریق کاهش حجم محاسبات در بخش پردازش‌گر و کاهش میزان اطلاعات ارسالی توسط بخش فرستنده می‌باشد. از این رو، استفاده از تکنیک‌هایی هم‌چون فشرده‌سازی اطلاعات، ترکیب اطلاعات و حذف اطلاعات مازاد توسط پردازش‌گر موجود بر روی هر گره، امری معمول و مفید در شبکه‌های حسگر بی سیم است. هر چند، انجام این‌گونه پردازش‌ها خود نیازمند مصرف انرژی است. اطلاعات جمع‌آوری شده، پردازش شده و فشرده شده توسط گره های مختلف، طبق یک الگوریتم مسیریابی مناسب، به یک گره خاص(گره مقصد)، که آن را گره مرکزی[2] یا سینک می-نامیم، فرستاده می‌شود. گره مرکزی در واقع واسط ارتباط شبکه‌ی حسگر است. به‌این ترتیب، یک شبکه‌ی حسگر بی سیم، عملاً مشابه یک پایگاه داده گسترده است. گره مرکزی معمولاً گره ای با قابلیت پردازش و منبع انرژی نامحدود فرض می‌شود که می‌تواند با اتصال به شبکه‌ی جهانی اینترنت، اطلاعات این پایگاه اطلاعاتی گسترده را به هر نقطه‌ی دلخواه دیگر ارسال نماید[۳]. این موضوع در شکل ۱-۱ نشان داده شده است [۴].



شکل ۱-۱- دسترسی به شبکه‌ی حسگر بی سیم از طریق اینترنت[۳]

[1] Multi hop
[2] Base node

با توجه به ویژگی‌هایی که برای شبکه‌های حسگر بی سیم ذکر شد، این شبکه‌ها کاربردهای زیادی در زمینه‌های مختلف پیدا کرده‌اند. به عنوان مثال، می‌توان به کاربردهای پزشکی، نظامی، نظارت محیطی و کاربردهای خانگی اشاره نمود. به عنوان مثال، یک پزشک می‌تواند از راه دور اطلاعات مربوط به بیمار خود را دریافت کند. یعنی با به کار بردن حسگرهایی در بدن بیمار، بیمار تحت معاینه‌ای همیشگی خواهد بود[۱]. شبکه‌های حسگر هم‌چنین می-توانند برای اندازه‌گیری میزان مواد شیمیایی موجود در هوا (مثلاً آلودگی هوا) در یک منطقه‌ی خاص به کار روند. به عبارت دیگر با استفاده از شبکه‌های حسگر بی سیم می‌توان اطلاعات دقیق‌تر و کامل‌تری از محیط به دست آورد[۱]. زمینه‌های کاربرد شبکه‌های حسگر بی سیم روز به روز وسیع‌تر می‌شود به طوری که می‌توان گفت در آینده‌ای نزدیک، چنین شبکه‌هایی جزئی جدایی ناپذیر از زندگی ما خواهند بود. در سپتامبر۱۹۹۹، هفته نامهBusiness Week شبکه‌های حسگر بی سیم را به عنوان یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین تکنولوژی‌های قرن بیست و یکم معرفی کرد. هم‌چنین، در ژانویه ۲۰۰۳، MIT's Tech. Review، شبکه‌های حسگر بی سیم را یکی از ده تکنولوژی برتر جهان دانست[۳]. با این که درآمد ناشی از شبکه‌های حسگر بی سیم در سال ۲۰۰۴ کمتر از۱۵۰میلیون دلار بوده است، پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۱۰ به بیش از ۷ میلیارد دلار برسد [۳ و۴]. هم اکنون قیمت یک گره بسته به نوعش بین ۵ سنت (برچسب های RFID) و ۱۰ دلار می باشد.

۱-۲ ویژگی های شبکه های حسگر بی سیم

هر چند معماری شبکه‌های حسگر بی سیم بسیار شبیه معماری شبکه‌های اقتضائی است، بسیاری از الگوریتم‌ها و پروتکل‌های ارائه شده برای شبکه‌های بی سیم اقتضائی مناسب برای پیاده‌سازی در یک شبکه‌ی حسگر بی سیم نیست. زیرا شبکه‌های حسگر بی سیم ویژگی‌ها و نیازمندی‌های خاصی دارند که آن‌ها را از دیگر شبکه‌های معمول کامپیوتری متمایز می‌کند. مهمترین ویژگی های شبکه حسگرهای بی سیم از این قرارند [۱]:

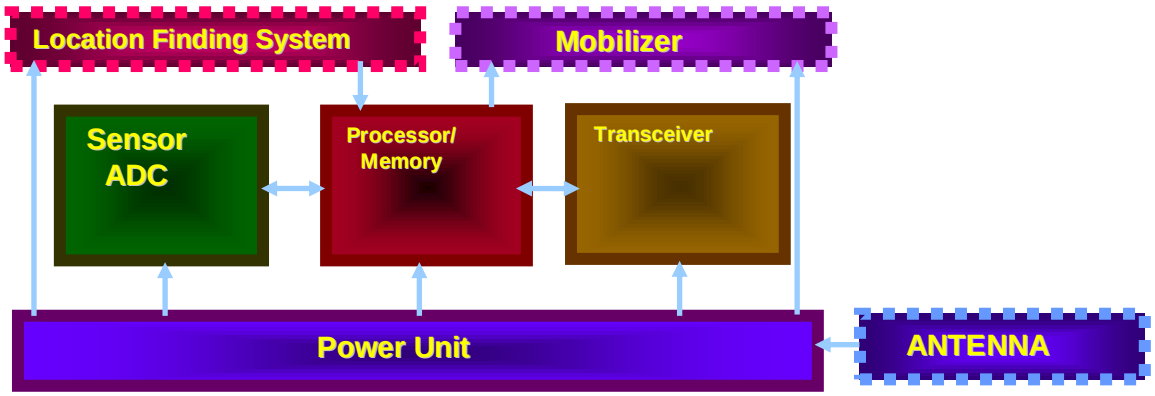
- تعداد بسیار بالای حسگرهای موجود در شبکه
- لزوم نزدیکی حسگرها به هم برای امکان برقراری ارتباط
- جریان غیر متقارن اطلاعات از حسگرها به سمت سینک
- محدودیت شدید انرژی (امکان شارژ مجدد معمولا وجود ندارد)
- احتمال خراب شدن و یا اتمام انرژی حسگرها[1] و در نتیجه تغییر توپولوژی
- آدرس دهی گره ها بصورت محلی و نه عمومی[2]

---

[1] Prone to fail
[2] global

- محدودیت اعمال امنیت، هم در لایه فیزیکی و هم در لایه کاربرد

شکل ۱-۲ ساختار سخت افزاری یک گره حسگر و جدول ۱-۱ ویژگی های معمول یک گره نمونه را نشان می دهد [۵]. در مورد پیاده سازی حسگرها یک نکته قابل توجه است. ما معمولا حسگرها را در ناحیه مورد نظر بصورت تصادفی پخش می کنیم (مثلا از یک هواپیما آنها را بیرون می ریزیم)، در نتیجه جایگیری هر حسگر کاملا تصادفی می باشد. پس ممکن است حالتی پیش بیاید که حسگرها در چند ناحیه غیرمتصل قرار بگیرند. در این حالت لازم است از یک سری حسگر متحرک استفاده کنیم تا اتصال بین نواحی را تامین کنند.



شکل ۱-۲- ساختار سخت افزاری یک گره حسگر [۵]

جدول ۱-۱- ویژگی های یک گره نمونه [۵]

Processor/Radio Board	MPR300CB
Speed	4 MHz
Flash	128 Kbytes
SRAM	4 Kbytes
EEPROM	4 Kbytes
Radio Frequency	913 MHz or 433 MHz (ISM Bands)
Data Rate	40 Kbits/sec
Power	0.75 mW
Radio Range	100 feet
Battery	2 x AA batteries; Solar Energy

۱-۳ کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم

گره های موجود در یک شبکه‌ی حسگر بی سیم می‌توانند مجهز به حسگرهای متنوعی باشند که قادرند پارامترهای مختلفی از محیط پیرامون خود را حس کنند. حسگرها انواع مختلفی دارند، از جمله حسگرهای حرارت سنج، رطوبت سنج، حرکت سنج، نورسنج، تشخیص وجود یا عدم وجود یک شیء، تعیین سطح استرس مکانیکی، سرعت سنج و... در نتیجه کاربردهای بسیار متنوعی برای آنها می توان متصور بود [۱].

در ابتدا لازم است انواع مدل های جمع آوری اطلاعات در شبکه های حسگر را توضیح دهیم. بطور کلی سه مدل انتقال داده تعریف می شود [۶]:

۱ -الگوی تحریک توسط اتفاق[1]: در این روش شبکه حسگر طوری برنامه ریزی می شود که بدون فعالیت منتظر بماند تا یک پدیده خاص واقع شود. به محض وقوع آن پدیده، مثلا دیده شدن یک حیوان، حسگرها روشن شده و شروع به مبادله داده درباره آن پدیده می کنند.

۲ -الگوی تحریک توسط درخواست[2]: در این روش، از طریق سینک یک فرمان به شبکه حسگر داده می شود، مثلا اندازه گیری دمای یک اتاق، و بعد انتظار می رود که شبکه حسگر اطلاعات مورد نیاز را به سرعت فراهم کند.

۳ -الگوی متناوب[3]: در این روش هم مثل روش دوم، شبکه با یک فرمان شروع به کار می کند ولی فرقش آنست که اطلاعاتش را به صورت متناوب از طریق سینک می فرستد.

شبکه های حسگر می توانند در سناریوهای مختلف مورد استفاده قرار گیرند. این سناریوها شامل موارد زیر است:

مانیتور کردن محیط زیست و زیستگاه های حیوانات،کاربردهای پزشکی و سلامت،کاربردهای نظامی، ساختن محیط های هوشمند،کاربردهای فضایی، پردازش های شیمیایی، مطالعه آتشفشان ها و معادن،کمک به عملیات نجات در حوادث طبیعی(آتش سوزی، سیل، زمین لرزه،...)،کاربردهای کنترلی و ...

در ادامه به نحوه استفاده از شبکه های حسگر در برخی از سناریوهای مهم و ذکر مثال های عملی می پردازیم.

۱-۳-۱ کاربرد در محیط زیست

مهمترین این کاربردها در موارد زیر می باشند [۱]:

- دنبال کردن جابجایی پرندگان، حیوانات کوچک و حشرات

---

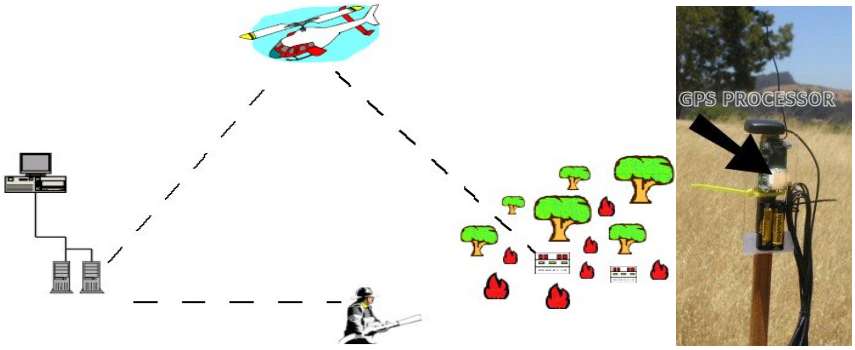
[1] Event-driven pattern
[2] Query-driven pattern
[3] Periodic pattern

- مانیتور کردن شرایط محیط زیست که روی محصولات کشاورزی و حیوانات اهلی اثر می گذارند
- آبیاری بهینه
- مانیتور کردن زمین و محیط زیست بر روی خاک، زیر آب و در اتمسفر، و بررسی آنها
- آشکارسازی مواد شیمیایی و بیولوژیکی
- تحقیقات زمین شناسی یا هواشناسی
- مطالعه آلودگی در محیط های مختلف
- کشاورزی دقیق (با اندازه گیری مقدار آفت کش موجود در آب و مانیتور کردن فرسایش خاک و آلودگی هوا)
- تشخیص وقوع سیل و وقوع آتش سوزی

حال به ذکر دو مثال عملا پیاده سازی شده می پردازیم.

تشخیص آتش سوزی در جنگل

شبکه ای از حسگرهای مجهز به GPS که می توانند دما، رطوبت، شدت نور و فشار هوا را اندازه بگیرند را در سرتاسر جنگل مستقر می کنیم (شکل ۱-۳). این شبکه می تواند نشانه های آتش سوزی را خیلی زود تشخیص داده و مرکز آتش نشانی را مطلع کند. درضمن می تواند به آتش نشانان کمک کند تا جهت گسترش آتش را حدس بزنند و در دام آتش نیفتند [۵].



شکل ۱-۳- معماری شبکه شناسایی آتش سوزی و تصویر یکی از گره های مورد استفاده [۵].

تشخیص سیل

یک مثال از استفاده برای تشخیص سیل، سیستم ALERT می باشد که در آمریکا پیاده سازی شده است [۷]. حسگرهای پیاده سازی شده در سیستم ALERT از نوع حسگرهای آب و هوایی و تشخیص سطح آب هستند. این حسگرها اطلاعات لازم را برای یک دیتابیس مرکزی و با استفاده از یک روش از قبل تعیین شده فراهم می کنند.

پروژه های تحقیقاتی مثل پروژه دیتابیس COUGAR در دانشگاه کرنل [۸] و پروژه DataSpace در دانشگاه Rutgers [۹]، درحال تحقیق بر روی روش های توزیع شده برای تعامل با حسگرها می باشند تا بتوانند فرمان های ناگهانی یا طولانی مدت را اجرا کنند.

۱-۳-۲ کاربرد در مانیتور کردن زیستگاه های حیوانات

شبکه حسگر در یک پارک ملی اقدامات زیر را می تواند انجام دهد [۱]:

- مانیتور کردن رفتار حیوانات در یک ناحیه وسیع و برای یک مدت طولانی
- تشخیص تغییرات در زیستگاه
- گزارش کردن اتفاقات غیر معمول یا فصلی (مثل مهاجرت فصلی پرندگان)
- تشخیص اتفاقات اورژانسی مثل آتش گرفتن آشیانه، و مطلع کردن مسئولان و نیز بکار انداختن آبپاش ها برای جلوگیری از گسترش آتش
- دادن راهنمایی به مراجعه کنندگان به زیستگاه

در اینجا مثالی از این کاربرد که پیاده سازی شده را می آوریم.

جزیره Great Duck در ایالت مین در آمریکا

این پروژه مشترکا توسط دانشگاه برکلی،کالج آتلانتیک و آزمایشگاه تحقیقاتی شرکت اینتل در سالهای ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ انجام شد. هدف از این پروژه مانیتور کردن آشیانه های حفره ای مرغ طوفان بود (شکل ۱-۴). اینکار برای تعداد زیادی از آشیانه ها و در یک مدت طولانی انجام شد. در این آزمایش در حدود ۲۰۰ حسگر که قابلیت اندازه گیری نور، دما، رطوبت و فشار هوا را داشتند، در آشیانه ها قرار گرفتند.

شکل ۱-۴- پروژه مرغ طوفان در ایالت مین آمریکا [۱۰]

همانطور که در شکل ۱-۴ مشخص است، حسگرهای داخل آشیانه اطلاعات خود را به یک سینک که در سطح زمین است می فرستند و سینک نیز به نوبه خود داده ها را به یک laptop می فرستد و از آنجا از طریق ماهواره روی شبکه اینترنت ارسال می شود [۱۰].

۱-۳-۳ کاربرد در پزشکی وسلامت

ابتدا به ذکر نمونه هایی از این کاربردها می پردازیم و سپس به بررسی مهمترین مثال در این زمینه خواهیم پرداخت.

بعضی از مهمترین کاربردهای شبکه حسگر در کاربردهای سلامت عبارتند از [۱]:

- کمک کردن به افراد معلول
- تشخیص بیماری ها
- مانیتور کردن از راه دور اطلاعات فیزیولوژی انسان (این اطلاعات می تواند برای یک مدت طولانی ذخیره شده و برای تحقیقات پزشکی مورد استفاده قرار بگیرد. درضمن این شبکه حسگر می تواند وقوع بیماری ها را حدس بزند)
- دنبال کردن پزشکان و بیماران داخل بیمارستان (به هر بیمار یک سری حسگر سبک متصل است که وضعیت جسمانی آنها را گزارش می دهد. به پزشکان هم می تواند یک حسگر متصل شود تا مکان آنها را به بقیه پزشکان نشان دهد)
- کنترل داروهای تجویزی (اگر بتوان به داروها حسگر متصل کرد، می توان احتمال تجویز داروی اشتباه را حداقل نمود. چون هر بیمار حسگرهایی دارد که داروهای مورد نیاز و حساسیت های دارووییش را نشان می دهد)
- کمک به امدادگران در امدادرسانی به نواحی آسیب دیده

حال به بررسی مهمترین مثال در این زمینه می پردازیم.

پروژه CodeBlue

این پروژه به صورت مشترک توسط NSF، NIH، ارتش آمریکا، شرکت سان مایکروسیستم و شرکت مایکروسافت از سال ۲۰۰۴ انجام شد [۱۱]. هدف از این پروژه آن بود که بتوانند بیماران را بصورت خودکار و در منزلشان کنترل کنند. در این روش حسگرهای سبکی که به دور مچ بیماران بسته می شود، علایم حیاتی آنها، از قبیل ضربان قلب، مقدار اکسیژن خون، اطلاعات EKG، مقدار سرم بیمار در خونش و ...، را اندازه گرفته و برای

نزدیکترین PDA یا laptop مرکز ارسال می کند. در صورتی که این علایم حالت بحرانی را نشان می داد، فورا و بصورت خودکار به نزدیک ترین آمبولانس اطلاع داده می شود تا در محل حاضر شود و بیمار را به بیمارستان منتقل کند (شکل ۱-۵).

شکل ۱-۵- نحوه عملکرد پروژه CodeBlue و حسگرهای نمونه [۱۱].

۱-۳-۴ کاربرد در کاربری های نظامی

شبکه حسگرهای بی سیم می تواند جزئی از مجموعه سیستم های نظامی فرمان،کنترل، محاسبه، جاسوسی، مراقبت، شناسایی و هدف گیری قرار گیرد. ویژگی هایی از قبیل پیاده سازی سریع، قابلیت خود سازمان دهی[1] و مقاوم بودن در برابر خطا باعث شده تا شبکه‌های حسگر در سیستم های نظامی،آینده‌ای روشن داشته باشند. به علت تعداد بسیار بالای حسگرها در یک شبکه حسگر، خراب شدن تعدادی از گره ها توسط دشمن تاثیر چندانی بر عملکرد شبکه نمیگذارد.

برخی از مهمترین کاربردهای شبکه حسگر در کاربری های نظامی عبارتند از[۱]:

- مانیتور کردن نیروهای خودی و تجهیزات و تسلیحات آنها: فرماندهان نظامی می توانند بطور مستمر وضعیت نیروهای خودی، شرایط و میزان تجهیزات و تسلیحات در منطقه جنگی را به کمک شبکه حسگر مانیتور کنند. همه ادوات جنگی، خودروها و سایر تجهیزات و تسلیحات به حسگرهای کوچکی مجهز می شوند که وضعیت آنها را بطور مداوم گزارش می دهند. این گزارش ها در گره های سینک جمع آوری شده و به فرماندهی ارسال می شود.

[1] Self-organization

- مراقبت از منطقه جنگی: زمین ها، راه‌های دسترسی و پلهای حساس و حیاتی در یک عملیات می توانند به سرعت توسط حسگرها پوشیده شوند تا بتوان فعالیت نیروهای دشمن را از نزدیک زیر نظر گرفت. اگر نقشه تغییر کرد می توان از حسگرهای جدید استفاده کرد.
- شناسایی نیروهای دشمن و زمین های تحت تصرفشان: شبکه حسگر می تواند برای جاسوسی در زمین دشمن مستقر شود و اطلاعات حساسی را قبل از آنکه دشمن متوجه شود و اقدام به نابودیشان کند مخابره نماید.
- رهگیری و دنبال کردن نیروهای دشمن
- کمک به تعیین سریع خسارات وارده به نیروهای خودی
- شناسایی حملات شیمیایی، میکروبی و هسته‌ای (NBC[1]): شبکه های حسگر که در زمین های خودی گسترده می شوند می توانند به عنوان سیستم هشدار دهنده در جنگ های شیمیایی و میکروبی مورد استفاده قرار گیرند تا نیروهای خودی بتوانند در سریعترین زمان ممکن عکس‌العمل نشان داده، و در نتیجه بطور چشمگیری از مقدار تلفات کاسته شود. درضمن می توان از شبکه حسگر برای شناسایی محلی که در آن حمله NBC شده استفاده کرد و به این ترتیب دیگر نیازی به اعزام گروه های شناسایی و به خطر افتادن جانشان نخواهیم داشت.
- شناسایی نفوذ دشمن به زمین های خودی
- سیستم های ناوبری پیشرفته و توانمند
- سیستم های ضد تک تیرانداز: وجود تک تیراندازها،که از چشم ما مخفی هستند و از نظر مکانی برتری دارند، باعث به خطر افتادن جان نیروها و سختتر شدن عملیات نظامی می‌شود. شبکه حسگر می تواند به محض تیراندازی آنها مکانشان را شناسایی و گزارش کند.

۱-۳-۵ کاربرد در ساختن محیط های هوشمند

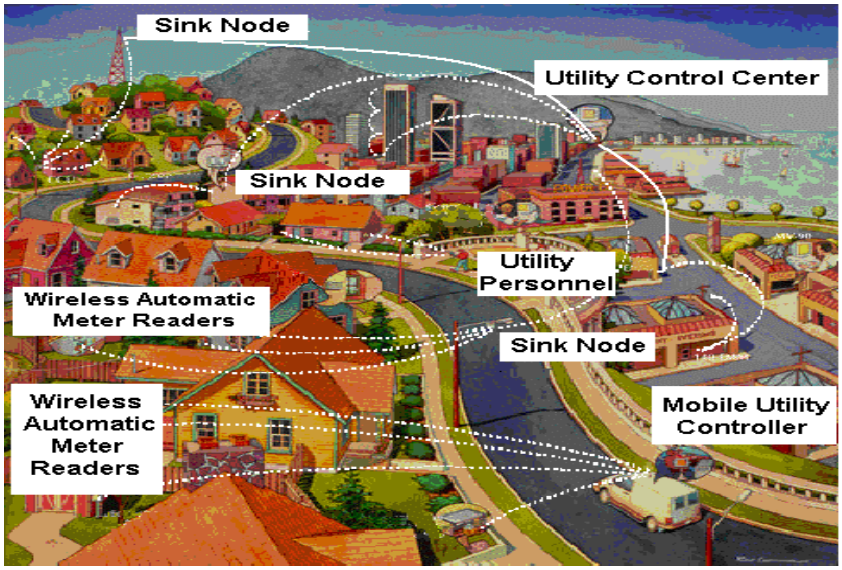
طراحی محیط های هوشمند را از دو زاویه می‌توان نگاه کرد: یکی انسان محور و دیگری تکنولوژی محور. از زاویه انسان محور، یک محیط هوشمند باید به نیازهای استفاده کننده ها با تواناییهای ورودی/خروجی خود پاسخ دهد. یعنی یک ورودی می گیرد و خروجی دلخواه را می دهد، صرف نظر از ساختار داخلی. از زاویه تکنولوژی محور، باید تکنولوژی های سخت افزازی جدید، راه‌حل های شبکه‌ای و سرویس های میانی توسعه یابند. در یک

[1] Nuclear, Biological, & Chemical Attacks

محیط هوشمند حسگرها در همه جای محیط گسترده می شوند و باهم به مبادله داده می پردازند. هر اتاق یک سرور دارد که علاوه بر هماهنگ کردن حسگرهای اتاق، با سرورهای بقیه اتاق ها هم ارتباط برقرار می کند. چنین شبکه‌ای می تواند وظایفی مثل چاپ یا اسکن کردن را برعهده گیرد.

در زیر به بررسی چند نمونه از کاربرد شبکه حسگر در محیط های هوشمند می پردازیم [۵ و ۱۲].

- جاده های هوشمند و کنترل ترافیک: اگر همه جاده‌ها و خودروها را با شبکه ای از حسگرها،که قابلیت صدابرداری و فیلم برداری دارند مجهز کنیم، می توان کارهای زیادی انجام داد. از جمله مانیتور کردن ترافیک و ساماندهی آن به کمک زمانبندی چراغ های راهنمایی، شناسایی محل تصادف، مدیریت پارکینگ ها و پیدا کردن جای پارک خالی بدون نیاز به پرسیدن از سرور، شناسایی و مانیتور کردی سارقان خودرو، پیدا کردن خودرو مورد نظر، مانیتور کردن دایمی شرایط جاده ها و...
- سیستم خواندن کنتور برق به صورت خودکار و بی سیم: در این سیستم اطلاعات کنتورهای برق موجود در شهر توسط حسگرهای نصب شده روی آنها خوانده شده و به یکسری سینک ارسال می شود. این اطلاعات در سینک ها ذخیره می شود تا زمانی که کنترل کننده های سیار برسند و سینک اطلاعات خود را برای آن ارسال کند. (شکل ۱-۶)
- خانه های هوشمند و اتوماتیک: با پیشرفت تکنولوژی حسگرها، می توان از آنها در اتاق ها و داخل وسایل خانه مثل یخچال، مایکروفر، دستگاه پخش DVD، سیستم خنک کننده یا گرمایشی و بطور کلی سیستم تهویه، سیستم تنظیم شدت نور و...استفاده کرد. این حسگرها باهم یک شبکه تشکیل می‌دهند که علاوه بر خودشان با اینترنت هم می توانند تعامل داشته باشند. در نتیجه کنترل و مانیتور کردن همه چیز در خانه حتی از راه دور به سادگی انجام می پذیرد.



شکل ۱-۶- نحوه عملکرد سیستم خودکار خواند کنتور برق [۵].

- ساختمان ها یا پلها: شبکه حسگر در یک آپارتمان یا ساختمان می تواند مسایلی از قبیل دمای ساختمان، رطوبت و تهویه مطبوع را کنترل کند. درضمن می تواند بعد از زلزله، استرس مکانیکی در اتصال های موجود در پلها و ساختمان ها را مانیتور کند.

۱-۳-۶ کاربردهای شبکه حسگرهای زیرزمینی

با توسعه کاربردهای شبکه‌های حسگر در عرصه‌های مختلف، شبکه حسگرهای زیرزمینی نیز از اهمیت خاصی برخوردار شده‌اند [۱۳]. این شبکه‌ها می‌توانند در کاربردهای زیادی مورد استفاده قرار گیرند. مثل مانیتور کردن شرایط خاک از قبیل مقدار نمک یا سستی یا رطوبت، مانیتور کردن شرایط چشمه ها و سفره های آب زیرزمینی، ارتباط صوتی در محیط های زیرزمینی (مثل غارها و معادن)، مانیتور کردن لایه های زمین و پیش بینی وقوع زلزله، نجات انسان هایی که در زیر آوار مدفون شده‌اند و....

۱-۳-۷ کاربردهای شبکه حسگرهای زیرآبی

شبکه ای از حسگرها و AUV[1]ها می توانند باهم کارهای زیادی در زیر آب انجام دهند [۱۴]. برای اینکار نیاز است که بنحوی انتقال اطلاعات در زیر آب را میسر نمود. حسگرها و وسایل متحرک زیرآب باید برای هماهنگی باهم از توانایی خودشکل دهی برخوردار باشند و درضمن اطلاعات خود را با ایستگاه های ساحلی مبادله کنند. از این شبکه برای مانیتور کردن محیط های زیست زیرآبی، نمونه برداری از اقیانوس ها، اکتشاف های زیرآبی، کمک به ناوبری دریایی از طریق نشان دادن صخره ها ومناطق خطرناک دریایی و .. می توان استفاده کرد.

۱-۴ چالش‌های پیشِ رو در شبکه‌های حسگر بی سیم

از آن‌جا که شبکه‌های حسگر بی سیم، اغلب در شرایط محیطی ناملایم، متغیر و غیر قابل پیش‌بینی به کار گرفته می‌شوند، این شبکه‌ها باید بتوانند کارهایی از قبیل پیکربندی شبکه، مسیریابی و ناحیه بندی[2] را خود به خود و بدون دخالت انسان انجام دهند. این امر باعث به وجود آمدن چالش‌های جدیدی مثل نحوه‌ی شکل‌گیری معماری شبکه، توپولوژی شبکه، زمان‌بندی ارسال‌ها، کنترل مسیریابی و چگونگی پردازش سیگنال در شبکه‌های حسگر شده است. علاوه بر این، محدودیت بسیار زیاد در منبع انرژی هر حسگر، طراح شبکه را مجبور به طراحی الگوریتم‌ها و پروتکل-های انرژی-بهینه[3] می‌نماید.

---

[1] Autonomous Underwater Vehicle
[2] Clustering
[3] Energy-efficient