بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

تشکیل تصویر پانوراما با استفاده از اطلاعات شبکه های حسگر دوربین

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

محسن هوشمند

استاد راهنما
دکتر شادرخ سماوی

۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشتهٔ مهندسی کامپیوتر محسن هوشمند

تحت عنوان

تشکیل تصویر پانوراما با استفاده از اطلاعات شبکه های حسگر دوربین

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/۲۹ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر شادرخ سماوی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر نیلوفر قیصری
۳- استاد داور	دکتر رسول امیر فتاحی
۴- استاد داور	دکتر پژمان خدیوی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر سید محمود مدرس

سپاس‌گزاری

پایان این دوره را مدیون استادانم، دوستانم، خانواده ام هستم.

مدیون و سپاس‌گزار استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سماوی که با راهنمایی دانشورانه شان پایان نامه به اتمام رسید. از ایشان برای تمام زحمات متحمل شده و آموزشها و پیگیری‌ها تشکر می نمایم. از استاد مشاورم سرکار خانم دکتر قیصری که راهنمایی‌های ایشان در زمینه بینایی ماشین گره گشای بنده بود سپاس-گزارم. از جناب آقای دکتر خدیوی که در حل مسائل پوشش و مسیریابی راهنمای من بود تشکر می نمایم. از آقایان نادر کریمی و محمدرضا سروش مهر که همیشه راهگشای بنده بودند سپاس گزارم.

از جناب آقای دکتر شیرزاد که در پاره ای مشکلات پیش آمده از ایشان مشاورت گرفتم و در مواقع نگرانی ملجأ بنده بودند بسیار سپاس گزارم.

از کارمندان و مسئولین دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر برای احساس مسئولیت و یاری بنده در انجام روال‌های اداری تشکر می نمایم.

از دوستانم که هر یک به نوعی من را در طول راه کمک و یاری نمودند، بسیار سپاسگزارم.

از خانواده ام مادر، پدر و برادرانم که همیشه پشتیبان و مایه دلگرمیم بوده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

سپاسگزارِ حمیدرضا یزدانی هستم که همیشه یاور و امید دهنده به من بوده است.

در پایان از تمامی کسانی که به هر نحوی مرا یاری نموده اند تشکر و قدردانی می نمایم و امیدوارم که در تمامی مراحل زندگی پیروز و سربلند و تندرست باشند.

محسن هوشمند

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست مطالب ..... هفت

چکیده ۱

فصل اول مقدمه

۱-۱- کلیات ۲

۱-۲- شرح مسئله ۳

۱-۳- روش حل مسئله ۴

۱-۴- روند ارائه مطالب ۴

فصل دوم شبکه های حسگر دوربین

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- شبکه های حسگر معمولی ۷

۲-۲-۱- پارامترهای طراحی شبکه حسگرها ۱۱

۲-۲-۲- ساختار داخلی یک گره حسگر ۱۵

۲-۲-۳- بررسی سخت افزاری چند نوع از گره های حسگر ۱۷

۲-۳- شبکه حسگر دوربین ۲۰

۲-۳-۱- مدل سازی شبکه ۲۲

۲-۳-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه شبکه حسگرهای دوربین ۲۴

۲-۳-۳- کاربردهای شبکه حسگر دوربین ۲۸

۲-۳-۴- پارامترهای مهم طراحی شبکه حسگر دوربین ۲۹

۲-۳-۵- سخت افزار حسگر دوربین ۳۱

۲-۴- تصاویر پانوراما ۳۳

۲-۴-۱- تشکیل تصویر پانوراما ۳۴

۲-۴-۲- فرایند تهیه پانوراما ۳۷

۲-۴-۳- انواع پوشش در شبکه های حسگر دوربین ۴۰

۲-۵ جمع‌بندی ۴۱

فصل سوم تشکیل پوشش حداکثر با تلفیق روشهای مسیریابی و الگوریتم های همسایگی ادراکی و ارتباطی

۳-۱- مقدمه ۴۲

۳-۲- تعاریف و اصطلاحات ۴۳
۳-۳- فرمول بندی ریاضی مسئله ۴۷
۳-۴- الگوی کلی کار شبکه حسگر دوربین و تشکیل تصویر پانوراما ۴۹
۳-۵- مسیریابی در شبکه حسگر دوربین ۵۰
۳-۵- ۱- مسیریابی برای ارسال داده های ادراکی به مرکز ۵۱
۳-۵-۲- مسیریابی توزیعی برای ارسال دادههای ادراکی به مرکز ۵۲
۳-۶- پانوراما سازی در شبکه های حسگر دوربین ۵۳
۳-۷- الگوریتمهای پوشش در شبکه حسگر دوربین و نتایج شبیه سازی ۵۵
۳-۷-۱- افزودن مکاشفه به الگوریتم ها ۵۶
۳-۷-۲- نتایج شبیه سازی ۵۶
۳-۷-۳- الگوریتم های پوشش مبتنی بر همسایگی ادراکی ۵۷
۳-۷-۴- الگوریتم های پوشش مبتنی بر همسایگی ارتباطی ۶۵
۳-۸- جمع‌بندی ۷۳
فصل چهارم تشکیل پوشش حداکثر با استفاده از الگوریتمهای اولویتی و تکاملی
۴-۱- مقدمه ۷۴
۴-۲- الگوریتمهای پوشش در شبکه حسگر دوربین ۷۵
۴-۲-۱- الگوریتم های پوشش اولویتی ۷۵
۴-۲-۲- الگوریتم های پوشش تکاملی ۸۳
۴-۳- شبیه سازی تشکیل تصویر پانوراما ۹۱
۴-۴- جمع‌بندی ۹۲
فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۵-۱- تحقیقات انجام شده ۹۳
۵-۲- پیشنهادات ۹۴
مراجع ۹۶

چکیده

شبکه‌های حسگر دوربین، گونه‌ای خاص از شبکه های حسگر هستند که امروزه تحقیقات زیادی در مورد آن در حال اجراست. حسگرهای استفاده شده در این شبکه ها تصویر قسمتی از محیط اطرافشان را دریافت می‌کنند و این مورد موجب تفاوت شبکه‌های حسگر دوربین با شبکه‌های حسگری است که داده‌های تک بعدی را از کل فضای محدود اطرافشان جمع‌آوری می‌کنند. هدف از انجام این تحقیق آن است که با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی و پردازش تصویر و بینایی ماشین بتوان با استفاده بهتر از منابع شبکه، تصویری از ناحیه‌ای تهیه نمود که توسط دوربین های مذکور نظارت می شوند. برای این‌کار ابتدا بایستی در هر زمان تعدادی حسگر به نحوی برای دیده بانی کل ناحیه انتخاب شوند که میزان زنده بودن شبکه به بیشترین حد ممکن برسد. همچنین چون ارتباط بین حسگرها باید برقرار شود نیاز به حل مشکل مسیریابی و ارسال داده ها نیز وجود دارد. سپس، با استفاده از روش‌های بینایی ماشین و تولید تصاویر موزاییکی، تصویری کلی از محیط بدست می‌آید .در این پایان نامه چهار دسته الگوریتم برای انتخاب بهینه حسگرها با در نظر گرفتن مسیریابی معرفی می‌گردد. این چهار دسته الگوریتم‌های اولویتی و همسایگی ادراکی و همسایگی ارتباطی و تکاملی است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم‌های اولویتی و ادراکی و تکاملی برای انتخاب حسگرها به صورت متمرکز و الگوریتم‌های همسایگی ارتباطی برای انتخاب حسگرها به صورت توزیعی کاربرد دارند. همچنین از بین روشهای معرفی شده الگوریتم‌های تکاملی دارای نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها در مصرف بهینه منابع شبکه بودند.

فصل اول
مقدمه

۱-۱- کلیات

شبکه های حسگر بی سیم [1]متشکل از ابزارهای ساده و کوچکی هستند که برای بازبینی رویدادها یا مسیریابی اشیا یا افرادِ در حال حرکت، در یک ناحیه قرار داده شده‌اند[۱]. از جمله انواع شبکه‌های حسگر بی‌سیم شبکه‌هایی هستند که از حسگرهای دوربین دار استفاده می‌نمایند. شبکه‌های دوربین مجموعه‌ای از گره‌های کوچک و ارزان قیمت به هم متصل هستند. حسگرهای مذکور توسط باتری کار می کنند و قابلیت ارسال اطلاعات به صورت بی سیم روی ناحیه انتقال را دارند. این گره‌ها همچنین قادر هستند تا از ناحیه تحت بررسی تصویربرداری کنند. سپس این داده‌ها را پردازش کرده و داده‌های پردازش شده را به گره‌های دیگر یا واحد پردازش مرکزی انتقال دهند[۲]. در شبکه حسگر بی‌سیم، دوربین‌ها و گره‌های پردازشی روی ناحیه وسیعی پخش می شوند و به صورت محدود شده قابلیت انتقال مقدار زیادی از اطلاعات را روی فواصل زیاد دارند. جهت و موقعیت اولیه دوربین ها ناشناخته هستند، بنابراین، نیاز به تکنیکی برای کالیبره کردن شبکه دوربین ها داریم. از جمله مشکلاتی که در این شبکه وجود دارد این است که بیشتر گره‌ها به علت محدودیت توان انرژی قادر نیستند اطلاعات را ماورای فاصله مشخصی انتقال دهند و انتقال اطلاعات باید در محدوده کوچکی انجام شود. همچنین بر اثر این محدودیت دارای عمر کوتاهی هستند و نیاز به استفاده بهینه از حسگرها وجود دارد. در این نوع شبکه ها قسمتی از محیط اطراف ادراک می‌شود. با استفاده از این نوع شبکه‌های حسگر می‌توان به انجام کارهایی مانند نظارت محیط، کنترل و نظارت ترافیک بزرگراه،

[1] Wireless sensor networks (WSNs)

مسیریابی اشیا، پایش و مراقبت[1] منطقه اشاره کرد. در این کاربردها تصاویر محیط از حسگرهای دوربین متعدد دریافت می‌شود و سپس داده‌ها برای شناسایی، مسیریابی و کنترل دوربین ها پردازش می‌شود. بدست آوردن تصاویر و پردازش آن‌ها شامل تراکنش و هماهنگی بین دوربین‌هاست.

روش استفاده از این نوع شبکه های حسگر بدین گونه است که حسگرها به صورت تصادفی در منطقه ی مورد نظر پراکنده می‌شوند و کنترلی روی تنظیم میدان دید آنها وجود ندارد. سپس این دوربین ها کالیبره می گردند. در واقع کالیبره کردن شبکه حسگر دوربین شامل مشخص کردن موقعیت، جهت و محدوده هر حسگر دوربین در فضای سه بعدی است[۳]. بوسیله موقعیت‌یابی دوربین‌ها در شبکه، می‌توان روابط و همپوشانی تصاویر هر دوربین با تصاویر دوربین‌های دیگر را بدست آورد. این اطلاعات می‌تواند برای کاربردهایی چون مسیریابی شئ و تخمین وضعیت شئ و پوشش در محیط استفاده شود.

۱-۲- شرح مسئله

هدف از انجام پروژه این است که با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی و پردازش تصویر و بینایی ماشین بتوان با کمترین تعداد حسگرهای دوربین تصویری کلی از ناحیه ای که توسط دوربین های مذکور نظارت می شوند تهیه نمود. بدلیل کم بودن زاویه دید هر کدام از دوربین ها تنها قسمتی خاص از فضای مورد نظر را تحت پوشش قرار می‌دهند که می توانند با همدیگر همپوشانی داشته یا نداشته باشند. می‌توان با استفاده از قواعد بینایی ماشین، از کنار هم قرار دادن تصاویر دریافتی از چند دوربین مجزا تصویری پانوراما از سراسر ناحیه مورد کنترل ایجاد کرد. حال بدلیل کمبود منابع هر حسگر و صرفه‌جویی در مصرف انرژی به دنبال تشکیل تصویری با استفاده از کمترین تعداد دوربین ها می باشیم تا بتوان با کمترین هزینه بیشترین میزان پایداری و صرفه جویی را برای شبکه حسگر به ارمغان آورد.

برای بدست آوردن تصویر کامل از محیط نیاز است که تصویرهایی از چندین حسگر دوربین توسط مرکز انتخاب شود. بنابر محدودیت انرژی و همچنین نیاز به بیشینه کردن طول عمر شبکه باید بدنبال روشی بود که به صورت بهینه یا نزدیک به بهینه حسگرهای دوربین را انتخاب کند. همچنین چون دوربین‌ها در قالب شبکه حسگر در محیط توزیع شده‌اند بایستی اطلاعات موقعیت و داده‌های ادراکیشان به سمت مرکز انتقال دهند.

تحقیقات فراوانی در مورد شبکه‌های حسگر معمولی و استفاده بهینه از منابع شبکه برای پوشش کل منطقه صورت گرفته است. این در حالی است که شبکه های حسگر معمولی ناحیه پوشش هر حسگر کل فضای اطرافش است و همچنین منظور پوشش تصویری نبوده است. اخیرا تحقیقات مربوط شبکه های حسگر دوربین رو به افزایش بوده است. که بخشی از این مقالات مربوط به پوشش در اینگونه شبکه‌ها هستند. نکته قابل توجه تفاوت بین شبکه‌های معمولی و شبکه‌های حسگر دوربین است که در بیشتر تحقیقات مطالعه شده به این اختلاف توجه نشده است. در این پروژه منظور حسگرهایی است که تنها قسمتی از منطقه اطرافشان را به اندازه زاویه دید تحت پوشش قرار می‌دهند و نیاز به استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر می‌باشد.

---

1. Surveillance

۱-۳- روش حل مسئله

پایان نامه حاضر پس از مطالعه موارد مشابه و مفاهیم بنیادی در رابطه با مسئله تعریف شده روشهایی برای پوشش کامل و نزدیک بهینه محیط و تشکیل تصویر پانوراما در محیط خارج از شهر با استفاده بهینه از شبکه های حسگر دوربین ارائه می دهد. روشهای پوشش با توجه به دخالت یا عدم دخالت مرکزی برای انتخاب حسگرها به دو دسته توزیعی و متمرکز تقسیم می شوند. برای تبادل اطلاعات بین حسگرها یا بین حسگرها و مرکز اطلاعات نیز روشهای مسیریابی معرفی شده است که بنابر روش پوششی به صورت متمرکز یا توزیعی عمل مینماید.

الگوریتمهای پوشش پیشنهادی به چهار دسته کلی تقسیم میگردند. این دسته‌ها شامل الگوریتمهای اولویتی، ادراکی، ارتباطی و تکاملی است. به کمک الگوریتمهای اولویتی دوربینها بر اساس مقدار پارامتری مانند میزان انرژی باقیمانده هر حسگر یا میزان مساحت دید، به صورت متمرکز انتخاب میشوند. الگوریتمهای ادراکی و ارتباطی بر اساس جستجوی محلی عمل می نمایند و برای هر حسگر، حسگر همسایه‌ای (بستگی به همسایگی ادراکی یا ارتباطی) که دارای پارامترهای مناسبتری است برای پوشش انتخاب میشود. در روشهای تکاملی با استفاده از روش یک پاسخ کلی انتخاب می شود و در طی مراحل پاسخ کلی را بهبود میبخشد تا به پاسخ مناسب برسد.

۱-۴- روند ارائه مطالب

همان‌گونه که اشاره گردید هدف از این پایان‌نامه، تبیین روشی برای پوشش کامل و تشکیل تصویر پانوراما در محیط خارج از شهر با استفاده بهینه از شبکه های حسگر دوربین است.

در فصل دوم، ابتدا به مفاهیم شبکه های حسگر معمولی و کاربردهایش اشاره ای می‌گردد. ساختار حسگرهایشان شرح داده می‌شود. در فصل مذکور به شبکه های حسگر دوربین میپردازیم و تحقیقات انجام گرفته در این زمینه را به اختصار مورد بررسی قرار می‌دهیم و نقاط ضعف و قوتشان را در حد توان توضیح می‌دهیم. سپس مبحث ثبت و تشکیل تصویر پانوراما می پردازیم. در فصل موردنظر ابتدا مفاهیم و تعاریف موردنیاز را شرح می‌دهیم. سپس به روشها و مراحل تشکیل تصویر پانوراما می‌پردازیم و مواد موردنیاز هر یک را توضیح می‌دهیم.

در فصل سوم روشهای مسیریابی ابداعی معرفی می‌شوند. در ابتدا مفاهیم مورد نیاز را برای اینگونه شبکه ها تعریف می‌شوند. در ادامه الگوی کلی برای تشکیل تصویر پانوراما معرفی می‌گردد و مراحل آن شرح داده می‌شود. سپس به مبحث مسیریابی در این گونه شبکه ها می‌پردازیم. مسیریابی در دو حالت متمرکز و توزیعی بررسی می‌شود. در ادامه بحث پوشش و روشهای پیشنهادی را شرح می‌دهیم. این روش‌ها به چهار دسته اولویتی و ادراکی و ارتباطی و تکاملی تقسیم می‌شوند. همچنین مکاشفه‌ای نیز برای کاهش حسگرهای دوربین دارای افزونگی انجام خواهیم داد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد تاثیر قابل ملاحظه ای بر بهینه تر استفاده از منابع شبکه می‌گذارد. در این فصل الگوریتم‌های ادراکی و ارتباطی توضیح داده می‌شوند و نتایج شبیه سازی هر کدم از الگوریتم‌ها نشان داده می‌شود. در ابتدا نتایج اجرای الگوریتم بدون افزودن مکاشفه بررسی می‌شود و سپس نتایجِ شبیه سازی با اعمال مکاشفه نشان داده می‌شود. نتایج برای روش‌های مذکور بر اساس مقایسه نمودارهای پوشش و پارامترهای پوشش و تعداد بسته های ارسالی مقایسه گردیده‌اند.

در فصل چهارم پایان نامه الگوریتم‌های اولویتی و تکاملی توضیح داده می‌شوند و نتایج شبیه سازی برای پوشش بهینه و تشکیل تصویر پانوراما ارائه می‌شوند. الگوریتم‌های ارتباطی بهترین حالت برای انتخاب حسگرها به صورت توزیعی هستند. الگوریتم‌های تکاملی نیز بیشترین پوشش را در طول زمان دارند.

در فصل پنجم ، از تحقیقات انجام‌شده و نوآوری‌های ارائه شده در این پایان‌نامه نتیجه‌گیری به عمل خواهد آمد و پیشنهاداتی جهت ادامه کار ارائه می‌گردد.

فصل دوم
شبکه های حسگر دوربین

۲-۱- مقدمه

امروزه مبحث شبکه های حسگر یکی از مباحثی است که تحقیقات زیادی در مورد آن انجام گرفته و می پذیرد. این گونه شبکه را می توان در موقعیت هایی به کار برد که برای انسان خطرناک است یا دارای دشواری های جانی و مالی است و یا نمیتواند به درستی و دقت از پس آن برآید. حسگرها در محیط براساس الگوی تصادفی یا قطعی توزیع می شوند و تا موقعی که بتوانند کار کنند از محیط داده جمع آوری می نمایند. داده های جمع آوری شده یا به مرکزی برای تصمیم گیری ارسال می گردد یا به صورت توزیعی بین حسگرها پخش می شود و بر آن اساس تصمیم گیری می نمایند یا عملی را انجام می‌دهند.

دسته ای از این گونه شبکه ها، شبکه های حسگر جهت‌دار هستند. شبکه های حسگر دوربین از این دسته شبکه-ها هستند. این دسته از شبکه های حسگر تنها بخشی از ناحیه اطرافشان را ادراک می‌کنند و مانند حسگرهای معمولی (حسگرهای دما یا فشار) نمی‌توانند کل محیط اطرافشان را زیر نظر داشته باشند. شبکه‌های حسگر معمولی به تعبیری در واحد زمان داده های تک بعدی را جمع آوری می‌نمایند در حالی که شبکه حسگر جهت دار در واحد زمان داده های دو-بعدی مانند تصویر یا فیلم محیط را جمع‌آوری می‌نمایند. همچنین بر خلاف شبکه حسگر معمولی، حسگر در شبکه حسگر جهتدار ممکن است نقاطی را ادراک نماید که در همسایگیش قرار نداشته باشد. به همین جهت نیاز به تعاریف جدیدی برای برخورد با این گونه مسائل وجود دارد. همچنین بحث مسیریابی برای ارسال داده ها نیز تحت الشعاع این مسئله است.

در این فصل ابتدا به بحث شبکه های حسگر معمولی میپردازیم. در این بخش به مباحث مربوط و کاربردهای مختلف این گونه شبکه ها پرداخته می‌شود. در ادامه پارامترهای مرتبط با طراحی شبکه حسگرها را شرح می‌دهیم. سپس ساختار سخت افزاری حسگرها را توضیح داده و در نهایت چند پیاده سازی سخت افزاری را شرح می‌دهیم.

در بخش بعد تعاریف و مسئله های مرتبط با شبکه های حسگر جهتدار یا دوربین را شرح می دهیم. در این بخش تعاریف و اصطلاحات موردنیاز را شرح می‌دهیم. سپس تحقیقات و انجام شده در مورد مسائل اینگونه شبکه ها بررسی می‌شود. کاربردهای مختلف اینگونه شبکه ها شرح داده می شود و پارامترهای مهم برای طراحی شبکه های حسگر دوربین بر شمرده می شود. در ادامه یکی از پلاتفرمهای سخت افزاری حسگر دوربین را معرفی می نماییم.

در بخش بعد به مباحث بینایی ماشین و تشکیل تصاویر پانوراما می‌پردازیم. در بخش مذکور ابتدا به بحث در مورد مفاهیم مورد نیاز برای تشکیل تصویر پانوراما می‌پردازیم. سپس به روشی را برای تشکیل پانوراما را توضیح می‌دهیم. در ادامه به انواع پوشش در شبکه های حسگر دوربین می پردازیم. در این بخش انواع پوشش در اینگونه شبکه ها توضیح می‌دهیم و سپس به نوع پوشش موردنظر در تصاویر پانوراما و مسئله ما اشاره می گردد.

۲-۲- شبکه های حسگر معمولی

پیشرفت های اخیر در زمینه سیستم های میکروالکترونیکی – مکانیکی ، ارتباطات بی سیم و الکترونیک دیجیتال موجب شده تا حسگرهایی چند منظوره با هزینه ساخت کم، مصرف انرژی پایین و در اندازه های کوچک ساخته شوند. این حسگرها بوسیله ارتباط بی‌سیم می توانند در محدوده کم با همدیگر ارتباط برقرار نمایند. مجموعه این حسگرهای کوچک که عمدتا از سه بخش حس‌کننده (حس کننده های صوتی، دما، مادون قرمز، لرزش و تشعشع) پردازشگر داده ها و بخش ارتباطی تشکیل شده است، می توانند در تعداد بالا به شبکه ای از حسگرها تبدیل گردند که با همکاری[1] هم، فعالیت می کنند.

شبکه حسگرها، فناوری است که به ما امکان نظارت[2] دقیق و نامحسوس، بر یک فضای فیزیکی را می‌دهد. این فضا می‌تواند مربوط به منطقه‌ای از محیط زیست، ساختمان، سطح زیر دریاها و یا منطقه جنگی باشد. از تعریف فوق می توان برخی خصوصیات و قابلیت های مورد نیاز این شبکه را استخراج کرد. یکی از این خصوصیات، مربوط به محل قرارگیری حسگر در محیط است. به دلایلی که در ادامه مطرح خواهد شد، عملا تعیین موقعیت قرارگیری تک تک گره‌ها و یا به عبارت دیگر انجام محاسبات و کارهای مهندسی امکان پذیر نمی‌باشد. این خصوصیت موجب می‌شود تا استقرار گره های حسگر بصورت تصادفی انجام گردد. از طرف دیگر، این خاصیت به آن معناست که پروتکل ها و الگوریتم‌هایی که مورد استفاده قرار می گیرد، باید قابلیت های خودسازماندهی[3] داشته باشند. یکی دیگر از خصوصیات شبکه حسگرها این است که گره ها باید قابلیت همکاری[4] با یکدیگر را داشته باشند. نکته دیگر

[1] Collaboratively
[2] Monitor
[3] Self-Organizing
[4] Cooperation

این است که با توجه به توان محاسباتی موجود در هر گره، دیگر نیازی به ارسال داده های خامِ حس شده نیست. در نتیجه هر حسگر، با توجه به توان پردازشی خود می‌تواند، پردازش های مقدماتی را روی داده ها انجام دهد و داده‌های درخواست شده و یا داده هایی را که پردازش اولیه روی آنها انجام شده را به یک مرکز که به آن Sink گفته می-شود، ارسال کند. [٤، ٥]. در شکل ۲-۱ چند نمونه از حسگرهای مختلف نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است برای کاربردهای مختلف حسگرهایی با ابعاد و خصوصیات متفاوت طراحی شده است.

شکل ۲-۱ - چند نمونه از گره های حسگر[۵]

کاربردهای شبکه حسگرها: کار بر روی شبکه حسگرها در ابتدا با اهداف و کاربردهای نظامی و دفاعی آغاز شد ولی به سرعت کاربردهای بسیار دیگری نیز پیدا کرد. در ادامه سعی شده به برخی از کاربردهای این فناوری به طور خلاصه اشاره شود[۱، ۳]. کاربردهای شبکه حسگرها را می توان به بخش های کاربردهای نظامی، کاربردهای محیط زیست، کاربردهای پزشکی- سلامت و کاربردهای خانگی دسته بندی کرد. در ادامه به شرح اجمالی هر بخش می پردازیم.

کاربردهای نظامی: امکان پیاده سازی سریع، خود سازماندهی تحمل پذیری خطا، از جمله خصوصیاتی است که شبکه حسگرها را به عنوان یکی از تکنیک های حسگری در C4ISRT[1] مطرح کرده است. با توجه به اینکه در شبکه حسگرها، حسگرهای ارزان قیمت بصورت متراکم پخش می‌شوند، از دست دادن آنها و یا از بین رفتن آنها تاثیر زیادی روی عملیات نظامی نمی‌گذارد. بر خلاف حسگرهای متداول که چنین خصوصیاتی ندارند. این امر سبب می شود که بجای استفاده از حسگرهای متداول، از شبکه ای از حسگرها (که ارزان قیمت‌تر، کوچکتر و قابلیت تحمل پذیری خطای بیشتری دارند) استفاده گردد. برخی از کاربردهای نظامی عبارتند از:

نظارت و پایش نیروهای خودی، تجهیزات و مهمات: فرماندهان می توانند بصورت مستمر وضعیت نیروهای خودی و میزان تجهیزات و تسلیحات موجود را با استفاده از شبکه حسگرها نظارت کنند. به این ترتیب که به هر یک از تجهیزات و ادوات یک حسگر که بطور مداوم موقعیت خود را گزارش می دهد، متصل نمایند. این داده ها می توانند با تجمیع شدن[2] به سطوح بالای فرماندهی نیز انتقال یابند.

مراقبت از منطقه جنگی: مناطق حیاتی، راه های دسترسی و تنگه‌ها می‌تواند با شبکه حسگرها مورد پوشش قرار گیرد تا تحرکات و فعالیت‌های نیروهای دشمن به دقت زیرنظر باشد. با پیشرفت عملیات و برنامه ریزی برای عملیات جدید، به سرعت می‌توان شبکه حسگرهای جدیدی را اضافه نمود.

---

[1] Command, Control, Communications, Computing, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance and Targeting

[2] Aggregate

شناسایی و اکتشاف نیروهای دشمن: مشابه مورد فوق، شبکه حسگرها می تواند در مکانهای سوق الجیشی و حساس که مورد تردد نیروهای دشمن می‌باشد، پیاده سازی شود تا تحرکاتشان شناسایی گردد.

تخمین خسارت جنگ: کمی قبل یا بلافاصله بعد از حمله، می توان شبکه حسگرها را در منطقه ایجاد کرد تا داده‌های مربوط به میزان خسارت را ارسال کنند.

شناسایی حملات بیولوژیکی، شمیایی و هسته‌ای: در هنگام وقوع جنگ های بیولوژیکی، شیمیایی و هسته ای نزدیک بودن به نقطه صفر حمله جهت شناسایی عامل ها مانند عامل‌های شیمیایی و بیولوژیکی اهمیت ویژه ای دارد. لذا شبکه حسگرها می‌توانند در این مورد کمک شایانی کنند.

کاربردهای محیط زیست

برخی از کاربردهای شبکه حسگرها عبارتند از:

- ردیابی حرکت پرندگان و جانوران کوچک
- نظارت و پایش شرایط محیط زیست تاثر گذار روی محصولات کشاورزی و دامها
- شناسایی مواد شیمیایی و یا بیولوژیکی
- نظارت روی محیط زیست دریایی، جو و خاک
- شناسایی آتش سوزی جنگلها
- شناسایی سیل
- مطالعات مربوط به آلودگی محیط زیست

در ادامه به معرفی دو مورد از موارد فوق خواهیم پرداخت.

شناسایی آتش سوزی جنگل ها: با توجه به اینکه حسگرها بصورت تصادفی و متراکم در یک منطقه پخش می گردند، می توان از آنها برای اعلام اولیه شروع آتش سوزی و تعیین مبدا آتش سوزی استفاده نمود. این هشدار قبل از زمانی خواهد بود که آتش به صورت غیر قابل کنترلی منتشر گردد. میلیون ها حسگر با استفاده از امواج رادیویی می توانند یک منطقه جنگلی را پوشش دهند.

شناسایی سیل: یکی از نمونه های کاربردی شبکه حسگرها در زمینه شناسایی سیل، سیستم ALTER می باشد که در آمریکا بکار گرفته شده است. در این سیستم چندین نوع حسگر بکار گرفته شده است که عبارتند از: حسگرهای مربوط به میزان بارندگی، حسگرهای مربوط به سطح آب و حسگرهای مربوط به وضع آب و هوا. این حسگرها اطلاعات را به یک پایگاه داده مرکزی که از پیش برای آنها تعریف شده است، ارسال می کنند.

کاربردهای پزشکی و سلامت: برخی از کاربردهای شبکه حسگرها در این زمینه عبارتند از : ایجاد واسط[1] ها برای معلولین، نظارت یکپارچه روی بیماران[2]، تشخیص بیماری، مدیریت مصرف دارو در بیمارستان، نظارت از راه دورِ داده‌های روانشناسی و در نهایت ردیابی پزشکان و بیماران در بیمارستان‌ها. در ادامه به شرح کوتاه سه مورد، از موارد زیر می‌پردازیم.

---

[1] Interface
[2] Integrated Patient Monitoring

نظارت از راه دورِ داده های روانشناسی: داده های روانشناسی که توسط شبکه حسگرها جمع آوری شده است، می تواند برای مدت طولانی ذخیره گردد. این داده ها می تواند در بررسی ها وتشخیص های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این شبکه قادر است رفتار افراد سالمند را نیز مورد نظارت قرار دهد.(مثلا تشخیص افتادن) بکارگیری شبکه حسگرها موجب می شود تا بیماران آزادی عمل بیشتری داشته باشند و در مقابل به پزشکان این امکان را می دهند که در مراحل اولیه بروز بیماری، آن را تشخیص دهند. همچنین موجب افزایش کیفیت زندگی بیماران در مقایسه با بستری شدن در مراکز درمان می‌گردد. [۶]

ردیابی پزشکان و بیماران در بیمارستان‌ها: در این کاربرد هر بیمار یک حسگر که گره کوچک و سبکی از شبکه حسگرها می باشد را با خود دارد. هر حسگر وظیفه خاص خود رادارد. به عنوان مثال وظیفه کنترل ضربان قلب و یا وظیفه کنترل فشار خون. از طرف دیگر پزشکان نیز حسگرهای کوچکی با خود دارند. این حسگرها این امکان را به سایر پزشکان می دهد که به سرعت بتوانند موقعیت و محل پزشک دیگر را شناسایی کنند.

مدیریت مصرف دارو در بیمارستان: در صورتی که بتوان به جعبه داروها حسگرهایی را متصل کرد، احتمال اینکه به یک بیمار دارو اشتباه داده شود به حداقل می رسد. زیرا با توجه به اینکه هر مریض نیز دارای حسگر می باشد. حسگر مریض، داروهایی را که مریض به آنها حساسیت ندارد و یا مورد نیاز مریض است را تشخیص خواهد داد. [۷]

کاربردهای خانگی: با پیشرفت تکنولوژی گره های حسگر هوشمند می توانند در لوازم خانگی بکار گرفته شوند و روند بکار انداختن و خاموش کردن لوازم منزل را بطور نیمه خودکار بر عهده گیرند. این حسگرها نه تنها می توانند با هم ارتباط داشته باشند بلکه می توانند از طریق اینترنت نیز قابل دسترسی باشند. به این ترتیب آنها می‌توانند امکان مدیریت و کنترل را بصورت محلی و از راه دور برای صاحبان خود فراهم نمایند. حالت پیشرفته این ایده، به مفهوم محیط هوشمند[1] می رسد که در آن یک سرویس دهنده مرکزی وظیفه هماهنگی و لوازم داخل خانه با بیرون از خانه را بر عهده دارد. علاوه بر این سرویس دهنده مرکزی هر خانه می تواند با سرویس دهنده های سایر خانه ها نیز در ارتباط باشد. [۸]

سایر کاربردها: برخی دیگر از کاربردهای شبکه حسگرها عبارتند از مدیریت انبار، مدیریت کنترل کیفیت، کنترل محیط‌های اداری، کنترل ربات و راهنمایی آن در محیطهای تولید اتوماتیک، موزه های محاوره ای[2]، سازه های هوشمند از طریق قرار دادن حسگرها در درون آنها، ردیابی و شناسایی وسایل نقلیه.

در ادامه به شرح کوتاه برخی از موارد فوق می پردازیم.

کنترل های محیطی در ساختمان های اداری: سیستم های حرارتی و برودتی در اغلب ساختمان های اداری بصورت مرکزی عمل می کنند، در نتیجه دمای اتاق ها می توانند تا چند درجه با هم تفاوت داشته باشند. به عبارت دیگر، به دلیل اینکه فقط یک کنترل کننده در سالن وجود دارد و یا عدم توضیع یکنواخت جریان هوا، یک طرف سالن ممکن است گرمتر از طرف دیگر باشد. استفاده از یک شبکه توزیع شده از حسگرهای بی‌سیم می تواند جهت

[1] Smart environment
[2] Interactive Museum

کنترل دما و جریان هوا در بخش های مختلف یک سالن می تواند بکار رود. استفاده از این روش موجب صرفه جویی قابل توجهی در میزان مصرف انرژی می گردد. [۹]

موزه‌های محاوره‌ای: در آینده کودکان قادر خواهند بود تا اشیاء درون موزه ها ارتباط برقرار کنند تا بدین وسیله بتوانند مطالب جدیدی بیاموزند. این اشیاء قادر خواهند بود تا به صحبت یا تماس بازدیدکنندگان پاسخ دهند. علاوه بر این شبکه حسگرهای بی سیم می تواند جهت فراخوانی و موقعیت یابی افراد مورد استفاده قرار گیرد. [۹]

شناسایی و نظارت بر سرقت اتومبیل: در این سیستم تهدیدات امنیتی که برای خودروها در یک منطقه اتفاق می افتد، توسط حسگرهایی که در آن منطقه نصب شده جمع آوری و مراکز مربوطه (پلیس) گزارش داده می شود. در نتیجه این مراکز می توانند با دریافت این اطلاعات (مثلا از طریق اینترنت) آنها را تحلیل نموده و مناطقی که در آنها بیشترین تهدیدات امنیتی اتفاق می افتد را شناسایی نمایند[۱۱]

مدیریت کنترل انبار: در این سیستم به تمام کالاهای داخل انبار یک حسگر کوچک وصل می شود. در نتیجه انباردار به راحتی می توان موقعیت دقیق آن کالا را مشخص نماید. علاوه بر این پیدا کردن تعداد کالاهای مشابه آن کالا نیز به راحتی امکان پذیر است.

۲-۲-۱- پارامترهای طراحی شبکه حسگرها

در طراحی شبکه حسگرها پارامترهای مختلفی دخالت دارند. شناخت این پارامترها نقش موثری در طراحی الگوریتم ها و پروتکل های مورد نیاز در شبکه حسگر ها دارند. همچنین با استفاده از این پارامترها می توان بصورت دقیق تری الگوریتم ها و پروتکل های جدید را با هم مقایسه نمود. بر این اساس در ادامه به شرح این پارامترها خواهیم پرداخت.

تحمل پذیری خطا[1]**:** برخی از گره های شبکه ممکن است دچار خرابی گردند. دلایل مختلفی از کمبود توان مورد نیاز و یا خرابی فیزیکی ممکن است باعث شود که یک گره نتواند وظایف خود را به درستی انجام دهد. اما نکته مهم این است که خرابی و یا از کارافتادن برخی گره های شبکه نباید منجر به عدم توانایی شبکه در انجام وظایف اش شود. در حقیقت اگر بخواهیم تعریف دقیق تری از تحمل پذیری خطا ارائه دهیم باید گفت تحمل پذیری خطا، قابلیت اطمینان[2] سیستم به انجام کارکرد[3]ها، بدون ایجاد وقفه به علت خرابی برخی گره های شبکه است. قابلیت اطمینان که با $R_k(t)$ نمایش داده می‌شود، بر اساس توزیع پواسون مدل سازی می شود. بر این اساس احتمال عدم بروز خرابی در بازه t ثانیه، از رابطه $R_k(t)=\exp(-\lambda_k t)$ بدست می آید.

توضیح اینکه در رابطه فوق λ نرخ بروز خطا و t دوره زمانی است. شایان ذکر است برخی الگوریتم‌ها و یا پروتکل ها ممکن است به گونه ای طراحی شوند که سطوح مختلف تحمل پذیری خطا که مورد نیاز شبکه حسگرها می باشد را فراهم کنند.

---

[1] Fault Tolerance
[2] Reliability
[3] Functionality

قابلیت گسترش[1]: تعداد گره‌های شبکه حسگر که برای مطالعه یک پدیده بکار رود ممکن است از چند صد گره تا چندهزار گره را شامل شود. حتی با توجه به مورد کاربرد این تعداد ممکن است به چندین میلیون گره برسد. یکی دیگر از مواردی که به بحث قابلیت گسترش مربوط می شود، چگالی یا فشردگی گره ها در کنار هم می باشد. به طبع موارد فوق از نکات اساسی است که در طراحی شبکه حسگرها و پروتکل ها و الگوریتم های مورد استفاده از اهمیت خاصی برخوردار است.

هزینه ساخت[2]: با توجه به اینکه شبکه حسگرها از تعداد قابل توجهی گره تشکیل شده است، قیمت هر گره نقش مهمی جهت برآورد هزینه شبکه دارد. در صورتیکه هزینه ایجاد شبکه حسگر بیشتر از هزینه استفاده از حسگرهای متداول باشد، راه حل مربوط به شبکه حسگرها به راحتی کنار گذاشته می شود. به این نکته نیز باید توجه داشت که با توجه به کاربردهای متفاوت شبکه حسگرها، ممکن است ادوات دیگری جهت نصب روی یک گره الزامی باشد. به عنوان مثال استفاده از دستگاه های موقعیت یاب[3]، Mobilizer، ادوات تولید توان[4].

محدودیت های سخت افزاری[5]: با توجه به اندازه نسبتا کوچک هر گره حسگر و محدودیت روی مصرف انرژی عملا هر گره حافظه و توان پردازشی کمی خواهد داشت. علاوه بر این فرستنده/گیرنده بکار گرفته شده در هر گره نیز باید توان مصرفی پایینی داشته باشد و موجب افزایش قابل توجه هزینه تولید نیز نگردد. به عنوان جمع بندی، علاوه بر محدودیت اندازه، برخی دیگر از محدودیت هایی که هر گره با آن مواجه است عبارتند از:

- مصرف فوق العاده پایین توان
- فعالیت در حجم و فشردگی زیاد
- هزینه تولید پایین و مقرون به صرفه بودن
- خودمختار بودن
- کارکردن بدون نیاز به اتصال فیزیکی به دستگاه خاص
- سازگار بودن با محیطی که در آن فعالیت خواهند کرد

پیکربندی شبکه حسگر[6]: گره هایی که قابل دسترسی فیزیکی نیستند و به طبع امکان مراقبت از آنها وجود ندارد، بی شک به کرات دچار خرابی خواهند شد. این امر یکی از دلایل پیچیدگی و مشکل شدن پشتیبانی پیکربندی است. باید توجه داشت که فشردگی گره ها ممکن است تا ۲۰ گره در هر مترمربع نیز برسد. روش های مختلفی جهت نصب گره ها در میدان حسگر[7] می تواند بکار گرفته شود که در ادامه به چند مورد آن اشاره می کنیم.

- توزیع حسگرها از طریق پخش کردن از هواپیما روی محل مورد نظر

---

[1] Scalability
[2] Production Cost
[3] Location Finding System
[4] Power Generator
[5] Hardware Constraint
[6] Sensor Network Topology
[7] Sensor Field

- نصب تک تک گره ها بوسیله انسان یا ربات
- پرتاب دسته جمعی از روی کشتی

با توجه به تعداد بالای گره ها، در نصب شبکه حسگرها باید به موارد زیر توجه داشت.

- کاهش هزینه نصب
- حذف هر گونه نیاز به سازماندهی یا برنامه ریزی قبلی
- افزایش انعطاف پذیری چینش[1]
- ترویج خودسازماندهی و تحمل پذیری خطا

پس از نصب شبکه نیز به دلایل مختلفی پیکربندی شبکه ممکن است تغییر کند. برخی از این دلایل به قرار زیر است.

- تغییر موقعیت گره (با توجه به نوع کاربرد، ممکن است گره‌ها در حرکت باشند)
- در دسترس نبودن (به علت اعوجاج و یا سایر موانع)
- نبودن انرژی کافی در یک گره
- خرابی یا از کارافتادگی

در برخی موارد با توجه به تغییرات پیکربندی، ممکن است تصمیم به اضافه کردن گره های جدید گرفته شود. که منجر به سازماندهی مجدد شبکه خواهد شد.

محیط[2]: محیط کاری شبکه حسگرهاو خصوصیات این محیط یکی دیگر از پارمترهای طراحی می باشد. تنوع محیط هایی که شبکه حسگرها در آن فعالیت می کنند زیاد است. به عنوان نمونه ای از این محیط ها، به برخی از آنها اشاره می کنیم.

- در کارخانجات بزرگ
- در کف اقیانوس
- در میان گردباد
- شناور در اقیانوس، هنگام تندبادهای دریایی
- در زمینی که به بصورت بیولوژیکی و یا شیمیایی آلوده شده است
- در منطقه جنگی و پشت خطوط دشمن
- داخل خانه ها یا ساختمان های بزرگ
- در انبارهای بزرگ
- متصل به بدن جانوران
- متصل به خودروهایی که با سرعت حرکت می کنند
- درون رودخانه ای که در جریان است

---

[1] Arrangement
[2] Environment