



دانشگاه شاهرود

پردیس بین الملل

پایان نامه کارشناسی ارشد

انتخاب سنسور در شبکه های سنسوری بیسیم با هدف کاهش مصرف انرژی

از

رضا نوزاد

استاد راهنما:

دکتر سید مهدی حسینی اندارگلی

شهریور ماه ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشکده پردیس بین الملل
گروه مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه های کامپیوتری

انتخاب سنسور در شبکه های سنسوری بیسیم با

هدف کاهش مصرف انرژی

از

رضا نوزاد

استاد راهنما:

دکتر سید مهدی حسینی اندارگلی

شهریور ماه ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادر و همسر و پسر عزیزم

تشکر و قدردانی:

اکنون که به یاری خداوند متعال موفق به اتمام این مقطع تحصیلی شده‌ام، بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاد بزرگوار آقای دکتر سید مهدی حسینی اندارگلی و خانم نجیمی خالصانه تشکر کنم. راهنمایی‌های ایشان در تمامی مراحل کار، همواره روشنگر و هدایت‌کننده مسیر این تحقیق بوده است.

فهرست مطالب

۱	فصل ۱: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- تعریف مسئله
۴	۳-۱- هدف
۴	۴-۱- ساختار کلی پایان نامه
۵	فصل ۲: مفاهیم پیش زمینه
۶	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- تعریف شبکه های حسگر
۶	۳-۲- ساختار کلی شبکه های حسگر
۸	۴-۲- ساختمان گره
۹	۵-۲- کاربردها و مزایای استفاده از شبکه های حسگر
۱۰	۶-۲- محدودیت های سخت افزاری یک گره حسگر
۱۱	۷-۲- معماری شبکه های حسگر
۱۲	۸-۲- معماری ارتباطی در شبکه های حسگر
۱۳	۹-۲- اجزای سخت افزاری
۱۷	۱۰-۲- اجزای نرم افزاری
۱۸	۱۱-۲- نتیجه گیری
۱۹	فصل ۳: کارهای مرتبط گذشته
۲۰	۱-۳- مقدمه
۲۰	۲-۳- ردیابی هدف در شبکه های حسگر بیسیم
۲۲	۳-۳- روش های ردیابی هدف بر اساس ساختار شبکه
۲۴	۴-۳- طبقه بندی الگوریتم های ردیابی هدف
۲۴	۱-۴-۳- طبقه بندی الگوریتم های ردیابی هدف بر اساس معماری شبکه
۲۸	۲-۴-۳- تکنیک های استفاده شده در ردیابی
۲۹	۳-۴-۳- نوع حسگرها
۳۰	۴-۴-۳- تعداد هدف های استفاده شده
۳۱	۵-۳- معیارهای طراحی الگوریتم های ردیابی هدف
۳۱	۶-۳- الگوریتم های ردیابی هدف

۴۳ ۷-۳- نتیجه گیری

فصل ۴: روش های پیشنهادی

۴۵ ۱-۴- مقدمه

۴۵ ۲-۴- مدل سیستم

۴۸ ۳-۴- تجزیه و تحلیل روش پیشنهادی اول

۵۳ ۴-۴- روش پیشنهادی دوم

۵۸ ۵-۴- نتایج شبیه سازی

۶۲ ۶-۴- نتیجه گیری

فصل ۵: جمع بندی و پیشنهادها

۶۴ ۱-۵- مقدمه

۶۴ ۲-۵- جمع بندی

۶۴ ۳-۵- نوآوری

۶۵ ۴-۵- پیشنهادها

مراجع

۶۶

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۲) ساختار کلی شبکه های حسگر..... ۷
- شکل (۲-۲) ساختمان داخلی گره حسگر..... ۸
- شکل (۳-۲) معماری شبکه های حسگر..... ۱۱
- شکل (۴-۲) معماری ارتباطی شبکه های حسگر بیسیم..... ۱۲
- شکل (۵-۲) معماری سخت افزار هر گره..... ۱۳
- شکل (۱-۳) مثالی از شبکه های حسگر بیسیم..... ۲۱
- شکل (۲-۳) ردیابی هدف در شبکه های حسگر بیسیم..... ۲۳
- شکل (۳-۳) ردیابی هدف متحرک در ساختار خوشه بندی ایستا..... ۲۶
- شکل (۴-۳) ردیابی هدف متحرک در ساختار خوشه بندی پویا..... ۲۷
- شکل (۵-۳) استفاده از روش DELTA برای ردیابی هدف و ارسال اطلاعات مربوطه به ایستگاه پایه..... ۳۳
- شکل (۶-۳) مثالی برای روش IDSQ برای ردیابی هدف در شبکه های حسگر بیسیم..... ۳۵
- شکل (۷-۳) تشکیل خوشه در ADCT..... ۴۰
- شکل (۱-۴) فاصله و زاویه تخمینی بدست آمده سنسور نسبت به هدف توسط FC..... ۴۶
- شکل (۲-۴) تابع عضویت انرژی نرمالیزه شده..... ۵۴
- شکل (۳-۴) تابع عضویت مقدار فاصله افقی..... ۵۵
- شکل (۴-۴) تابع عضویت مقدار فاصله عمودی..... ۵۵
- شکل (۵-۴) درصد موفقیت آمیز برای یافتن راه حل در مقابل تعداد متفاوت گره ها..... ۵۹
- شکل (۶-۴) متوسط مصرف انرژی کل بر حسب تعداد سنسورهای پخش شده..... ۶۰
- شکل (۷-۴) متوسط مصرف انرژی کل بر حسب تعداد سنسورهای پخش شده را در یک فرآیند تعقیب..... ۶۰

شکل (۸-۴) درصد موفقیت بر حسب تعداد سنسورهای پخش شده در کل فرآیند تعقیب..... ۶۱

فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۴) قوانین (اگر-آنگاه) فازی ۵۶

انتخاب سنسور در شبکه های سنسوری بیسیم با هدف کاهش مصرف انرژی

رضا نوزاد

شبکه‌ی حسگر بیسیم ناحیه‌ای تشکیل یافته از تعداد زیادی گره‌ی کوچک است که در هر گره تعدادی حسگر وجود دارد این شبکه به شدت با محیط فیزیکی تعامل دارد بطوری که از طریق حسگر، اطلاعات را از محیط دریافت می‌کند. ارتباط بین این گره‌ها به صورت بی‌سیم است و هر گره به طور مستقل و بدون دخالت انسان کار می‌کند. امروزه کاربرد شبکه‌های حسگر بیسیم بسیار گسترده‌تر شده است. این کاربردها در قشرهای مختلف و مصارف گوناگون از جمله: کاربردهای نظامی، نمایش سلامتی، مکان یاب، کشف حرکت، اتوماسیون خانگی، نمایش‌های محیطی و... قابل مشاهده است. البته در کاربردهای نظامی، خود شامل مصارف گوناگونی از جمله: کشف تجاوز، نمایش محیط، جمع‌آوری اطلاعات و آمادگی در مناطق ناشناخته، ردیابی و... است.

معمولاً در شبکه‌های سنسوری بیسیم محدودیت انرژی سنسورها از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این شبکه‌ها معمولاً برای افزایش قابلیت اطمینان اطلاعات جمع‌آوری شده، از ترکیب اطلاعات چند سنسور استفاده می‌نمایند و اینکه کدام سنسورها انتخاب شوند کاملاً روی کیفیت اطلاعات جمع‌آوری شده و مصرف انرژی موثر است. مسئله مورد نظر انتخاب سنسورهایی است که کیفیت مورد نظر را برای ما برآورده نمایند و در عین حال مصرف انرژی کمینه گردد تا طول عمر شبکه حداکثر شود. برای انتخاب مناسب باید اطلاعاتی از هدف داشته باشیم. ما فرض می‌نماییم موقعیت اولیه‌ی هدفی که می‌خواهیم مانیتور نماییم را می‌دانیم.

هدف از این پایان‌نامه، انتخاب سنسورهایی جهت مانیتور کردن هدف در هر فاصله زمانی است بگونه‌ای که مصرف انرژی حداقل گردد و خطای تخمین موقعیت از حد مشخصی کمتر باشد. خروجی مسئله الگوریتم‌هایی است که سنسورهای انتخاب شده را معرفی می‌نمایند. سعی خواهد شد در انتخاب سنسورها از روش‌های بهینه‌سازی استفاده شود. ارزیابی انرژی مصرفی و درصد موفقیت الگوریتم‌های پیشنهادی در برآورده کردن کیفیت تخمین مورد نظر تایید می‌نماید که الگوریتم‌های پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های معیار به مراتب بهتر عمل می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: ردیابی هدف، موقعیت یابی، شبکه حسگر بیسیم، بهره‌وری انرژی

Abstract

Energy Efficient Sensor Selection in Wireless Sensor Networks

Reza Nozad

Target tracking is one of the most important applications of wireless sensor networks. In this thesis, we address the problem of sensor selection for energy efficient target tracking in sensor networks. We consider minimizing the energy consumption and decreasing the error variances in target tracking, simultaneously. We formulate the problem of sensor selection such that achieve energy saving in target tracking while reduce the complexity.

Due to the NP-complete nature of the problem, we simplify the problem to more tractable form through mapping assignment indices from integer to the real domain. Based on the standard optimization techniques, the optimal conditions are obtained and a closed-form equation is expressed to determine the priority of nodes for target tracking.

The novelty of the proposed work is to address the selection of the best sensing nodes while minimizes the energy consumption in target tracking. We also considered the fuzzy logic to select sensors in order to achive the purpose of minimizing energy consumption and satisfying standard tracking errors. Simulation results show that significant energy savings is achieved by the proposed schemes in different scenarios.

Keywords: Wireless Sensor Network, Localization, Target Tracking, Energy Efficiency.

فصل ١:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه بحث سیستم های کنترل و نظارت از راه دور یکی از مباحث پر چالش در زمینه علوم الکترونیک و کامپیوتر است. لذا تحقیقات در هر زمانی به دنبال راه حلی است تا شرایط خاص و انتظارات مد نظر را پاسخ دهد، در شرایط و کیفیت کاری یکسان هر چه نسبت هزینه به کارائی پایین تر باشد، همان قدر محبوبیت آن شیوه بالاتر خواهد رفت. برای آگاهی از تغییرات محیط اطراف و یا وضعیت هر مجموعه نیازمند یکسری تجهیزاتی هستیم که بعنوان حسگر شناخته می شوند و آنها تغییرات مد نظر (تغییرات فیزیکی یا شیمیایی) را در قالب یک پاسخ، به منظور اندازه گیری میزان تغییرات و یا وجود آن، ارائه می دهند. پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز می توان سایر عملیات را بر اساس پاسخ ارائه شده انجام داد. پیشرفت های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بیسیم باعث شده که بتوانیم گره های حسگر چند کاره، با توان مصرفی پایین و هزینه کم داشته باشیم که از نظر اندازه خیلی کوچک هستند و برای مسافت های کوتاه می توانند با هم ارتباط برقرار کنند. این گره های حسگر کوچک طبق نظریه شبکه های حسگر، دارای تجهیزاتی حس کردن، پردازش داده ها و مخابره آنها هستند. تفاوت اصلی شبکه های حسگر با سایر شبکه ها در ماهیت داده-محور و همچنین منابع انرژی و همچنین منابع انرژی و پردازشی بسیار محدود در آنهاست که موجب شده تا روش های مطرح شده جهت انتقال داده ها در سایر شبکه ها و حتی شبکه هایی که تا حد زیادی ساختاری مشابه شبکه های حسگر دارند (مانند شبکه های موردی)، در این شبکه ها قابل استفاده نباشند. روند توسعه این شبکه ها در حدی است که مطمئناً این شبکه ها در آینده نزدیک، نقش مهمی را در زندگی روزمره ما ایفا خواهند کرد. از کاربردهایی که در حال حاضر برای شبکه حسگر مطرح می شود و روز به روز بر تعدادشان افزوده می شود، می توان به کاربردهایی نظیر عمل ردیابی در محیط های گسترده جغرافیایی، سیستم های امنیتی، نظارت بر سازه های بزرگ، نظارت بر بیماران دارای وضعیت حساس، نظارت بر پارمترهای محیطی در مناطقی که حضور انسان در آنها خطرناک است و بسیاری کاربردهای دیگر اشاره کرد.

شبکه های حسگر در واقع تجمع تعداد زیادی از گره های حسگر می باشند که در محیط پراکنده شده اند و هر کدام بطور خود مختار و با همکاری سایر گره ها هدف خاصی را دنبال می کنند. گره ها به هم نزدیک هستند و هر گره ای با گره دیگری می تواند ارتباط برقرار کند و اطلاعات خود را در اختیار گره دیگر قرار دهد و در نهایت وضعیت محیط تحت نظر، به یک گره مرکزی گزارش می شود. تکنیک ها و شیوه های مورد استفاده در چنین شبکه ها وابستگی شدیدی به ماهیت داده کاربرد شبکه دارد و ساختار توپولوژی شبکه، شرایط جوی و محیطی، محدودیت ها و... عوامل موثری در پارامترهای کارائی و هزینه شبکه هستند. لذا امروزه در سراسر دانشگاه های معتبر و مراکز تحقیقاتی کامپیوتری، الکترونیکی و بخصوص مخابراتی، شبکه های حسگر بیسیم، یک زمینه تحقیقاتی بسیار جذاب و پر طرفدار محسوب می شود. تحقیقات و پیشنهادات زیادی در مباحث مختلف ارائه شده است و همچنان حجم تحقیقات در این زمینه سیر صعودی دارد. هدف اصلی تمامی این تلاش ها و ارائه راهکارها،

داشتن سیستمی با شیوه های کنترلی ساده، آسان و با هزینه پایین است که در نهایت با پاسخگویی به نیازمندی های ما بتواند در مقابل محدودیت ها (پهنای باند، انرژی، دخالت های محیطی، فیدینگ و ...) ایستادگی کند و شرایط کلی را طبق خواسته ها و تمایلات ما (انتقال حجم زیاد اطلاعات پر محتوا، بقا پذیری و طول عمر بالا، هزینه پایین و...) را فراهم سازد.

لذا محققین جنبه های مختلف را تحلیل و بررسی می نمایند و سعی می کنند ایده های بهینه و کارا را استخراج کنند. این ایده ها می توانند از محیط اطرافمان الهام گرفته شده باشد و با استفاده از قوانین ریاضی و نظریات تئوری و آماری می توان آنها را تحلیل نمود. به دلایل ذکر شده، بحث شبکه های حسگر در حال حاضر یکی از مباحث داغ در محافل علمی است و روز به روز بر تعداد مقاله هایی که در این مورد منتشر می شوند افزوده می گردد. در سال های اخیر نیز چند کنفرانس معتبر علمی IEEE نیز در همین زمینه برگزار شده است.

یکی از چالش های مطرح در زمینه شبکه های حسگر، انتخاب سنسورها برای عمل ردیابی است که بتوانند عمل ردیابی را با دقت بالایی انجام دهند و انرژی مصرفی شبکه را به حداقل برسانند. از آنجایی که این شبکه ها از لحاظ میزان انرژی قابل دسترسی و منابع پردازشی موجود، محدودیت دارند، نمی توان از روش های مطرح شده برای سایر شبکه ها، در شبکه های حسگر استفاده کرد. ما در این پایان نامه سعی بر انتخاب سنسورهایی داریم که بتوانند چالش های مورد نظر را برطرف کنند که در ادامه به تعریف مساله و هدف از پایان نامه خود می پردازیم.

۱-۲- تعریف مسئله

معمولاً در شبکه های سنسوری بیسیم محدودیت انرژی سنسورها از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این شبکه ها معمولاً برای افزایش قابلیت اطمینان اطلاعات جمع آوری شده، از ترکیب اطلاعات چند سنسور استفاده می نمایند و اینکه کدام سنسورها انتخاب شوند کاملاً روی کیفیت اطلاعات جمع آوری شده و مصرف انرژی موثر است. مسئله مورد نظر ما انتخاب سنسورهایی است که کیفیت مورد نظر را برای ما برآورده نمایند و در عین حال مصرف انرژی کمینه گردد تا طول عمر شبکه حداکثر شود. در واقع ما یک ناحیه 100×100 را در نظر می گیریم که در آن n سنسور توزیع شده اند و هدفی در آن ناحیه شروع به حرکت می کند و گره FC در مرکز این ناحیه قرار دارد، ما فرض می کنیم سنسورهای ما شناساگرهای تخمین زندهی فاصله هستند بطوری که هر سنسور در هر لحظه از زمان می تواند فاصله خود تا هدف را اندازه گیری کند، ما می خواهیم سنسورهایی را برای عمل ردیابی هدف انتخاب کنیم که عمل ردیابی با دقت بالایی انجام شود بطوری که خطای ردیابی از حد مطلوب بیشتر نشود و در عین حال انرژی مصرف شده در شبکه به حداقل برسد، برای انتخاب مناسب باید اطلاعاتی از هدف داشته باشیم. ما فرض می نماییم موقعیت اولیهی هدفی که می خواهیم مانیتور نماییم را می دانیم.

۱-۳- هدف

هدف از این پایان نامه، انتخاب سنسورهایی جهت مانیتور کردن هدف در هر فاصله زمانی است بگونه‌ای که مصرف انرژی حداقل گردد و خطای تخمین موقعیت از حد مشخصی کمتر باشد. خروجی مسئله الگوریتم‌هایی است که سنسورهای انتخاب شده را معرفی می‌نمایند. سعی خواهد شد درانتخاب سنسورها از روش‌های بهینه سازی استفاده شود. ارزیابی انرژی مصرفی و درصد موفقیت الگوریتم‌های پیشنهادی در برآورده کردن کیفیت تخمین مورد نظر تایید می‌نماید که الگوریتم‌های پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های معیار به مراتب بهتر عمل می‌نمایند.

۱-۴- ساختار کلی پایان نامه

پایان نامه پیش رو حاوی ۵ فصل است. در ادامه در فصل دوم، تعاریف پایه ای نظیر شبکه حسگر بیسیم^۱، مزایا، محدودیت‌ها، معماری ارتباطی، اجزای سخت افزاری و اجزای نرم افزاری بیان می‌گردد. از آنجا که تمرکز پایان نامه بر روی روش‌های ردیابی هدف است؛ فصل سوم به معرفی، تشریح ردیابی هدف و طبقه بندی روش‌های ردیابی و مطالعه موردی بر روی تعدادی از این روش‌ها اختصاص می‌یابد. فصل چهارم حاوی تشریح روش پیشنهادی اعم از ساختار کلی، جزئیات سیستم، بررسی و پیاده سازی می‌باشد. در این فصل روش پیشنهادی با چند الگوریتم دیگر در این زمینه مقایسه می‌گردد. فصل پنجم یا فصل پایانی شامل خلاصه ای از اهداف پایان نامه و یافته‌های آن می‌باشد. جمع بندی، نوآوری و پیشنهادات آتی در حیطه موضوع این پایان نامه در این فصل گنجانده شده است.

فصل ۲:

مفاهیم پیش زمینه

۲-۱- مقدمه

در این بخش ابتدا شبکه حسگر بیسیم معرفی خواهد شد و مفصل، به تشریح ساختار کلی شبکه های حسگر، ساختمان گره، کاربردها و مزایا از قبیل میدان های جنگی، شناسایی محیط های آلوده، مانیتور کردن محیط زیست، بررسی و تحلیل وضعیت بناهای ساختمانی، جاده ها و بزرگراه های هوشمند و کاربردهای مختلف در زمینه پزشکی پرداخته می شود، سپس به چند نمونه از محدودیت های این نوع شبکه ها از قبیل هزینه، حجم کوچک، توان مصرفی، نرخ بیت پایین، خود مختار بودن و تطبیق پذیری اشاره خواهد شد، و در پایان هم به تشریح معماری ارتباطی شبکه های حسگر بیسیم، اجزای سخت افزاری و نرم افزاری آن می پردازیم.

۲-۲- تعریف شبکه های حسگر

شبکه حسگر ناحیه ای تشکیل یافته از تعداد زیادی گره کوچک است که در هر گره تعدادی حسگر وجود دارد این شبکه به شدت با محیط فیزیکی تعامل دارد بطوری که از طریق حسگر اطلاعات را از محیط دریافت می کند. ارتباط بین این گره ها به صورت بیسیم است هر گره به طور مستقل و بدون دخالت انسان کار می کند. در واقع تفاوت اساسی این شبکه ها، ارتباط آن با محیط پیرامون و پدیده های فیزیکی است. با این تفسیر که شبکه های سنتی ارتباط بین انسان ها و پایگاه های اطلاعاتی را فراهم می کند در حالی که یک شبکه حسگر مستقیماً با جهان فیزیکی در ارتباط است، و با استفاده از حسگرها محیط فیزیکی را مشاهده نموده و بر اساس این مشاهدات تصمیم گیری نموده و عملیات مناسب را انجام می دهد.

۲-۳- ساختار کلی شبکه های حسگر

قبل از ارائه ساختار کلی ابتدا لازم است تعدادی از تعاریف کلیدی را در اینجا ذکر کنیم :

حسگر: وسیله ای که وجود شی، رخداد یک وضعیت یا مقدار یک کمیت فیزیکی را تشخیص داده و به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند. حسگرها انواع مختلفی دارند مانند حسگرهای دما، فشار، رطوبت، نور، شتاب سنج، مغناطیس سنج و ...

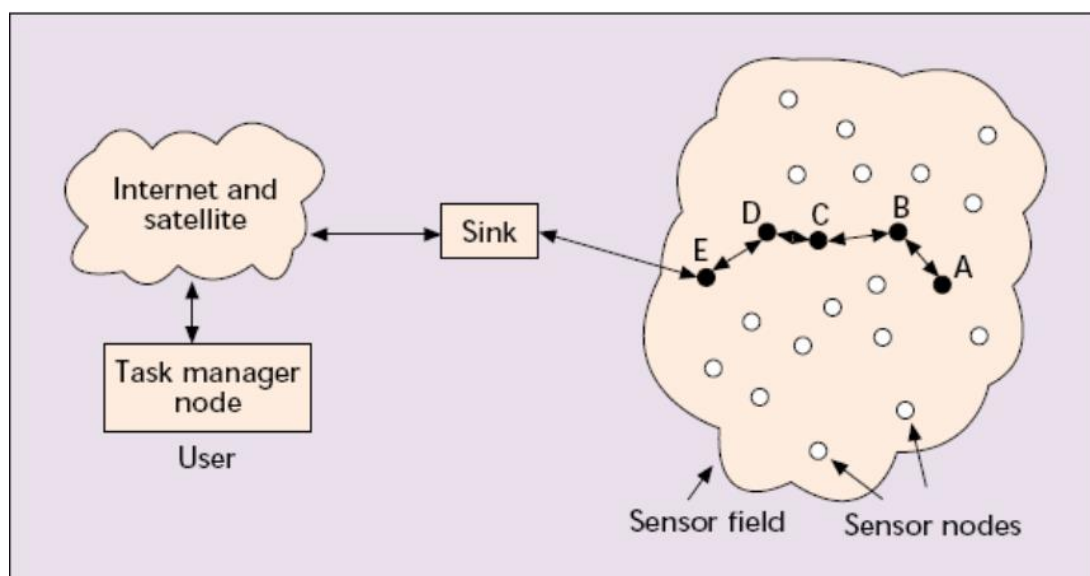
گره حسگر: به گره ای گفته می شود که شامل یک یا چند حسگر است.

شبکه حسگر: شبکه ای است که شامل گره های حسگر است و در کاربردهایی که هدف، جمع آوری اطلاعات و تحقیق در مورد یک پدیده می باشد کاربرد دارد.

میدان حسگر: ناحیه کاری که گره های شبکه حسگر در آن توزیع می شوند.

چاهک^۱: گرهی که جمع آوری داده ها را به عهده دارد و ارتباط بین گره های حسگر و گره مدیر وظیفه را برقرار می کند.

گره مدیر وظیفه: گرهی که یک شخصی به عنوان کاربر یا مدیر شبکه از طریق آن با شبکه ارتباط برقرار می کند، فرامین کنترلی و پرس و جو ها از این گره به شبکه ارسال شده و داده های جمع آوری شده به آن بر می گردد.



شکل (۱-۲) ساختار کلی شبکه های حسگر [۱]

۲-۴- ساختمان گره

هر گره شامل واحد حسگر، واحد پردازش داده ها، فرستنده و گیرنده بیسیم و منبع تغذیه است. بخش های اضافی که شامل واحد متحرک ساز، سیستم مکان یاب و تولید توان نیز ممکن است بسته به کاربرد گره ها وجود داشته باشد.

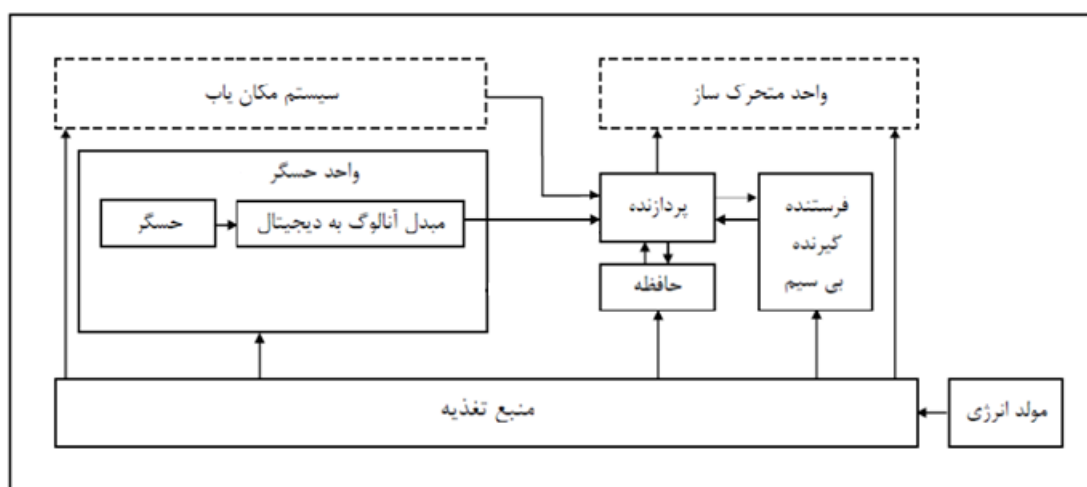
واحد پردازش داده: شامل یک پردازنده کوچک، حافظه و یک باتری با ظرفیت محدود است، داده ها را از حسگر گرفته و بسته به کاربرد آن، پردازش محدودی روی آنها انجام داده و از طریق فرستنده ارسال می کنند، همچنین مدیریت هماهنگی و مشارکت با سایر گره ها را در شبکه انجام می دهند.

واحد فرستنده-گیرنده: ارتباط با شبکه را برقرار می کنند.

واحد حسگر: شامل یک سری حسگر و مبدل آنالوگ به دیجیتال است، که اطلاعات آنالوگ را از حسگر گرفته و به صورت دیجیتال به پردازنده تحویل می دهد.

واحد تامین انرژی: توان مصرفی تمام بخش ها را تامین می کند که اغلب یک باتری با انرژی محدود است.

محدودیت منبع انرژی یکی از تنگناهای اساسی است که در طراحی شبکه های حسگر همه چیز را تحت تاثیر قرار می دهد. در کنار این بخش ممکن است واحدی برای تولید انرژی مثل سلول های خورشیدی وجود داشته باشد. در گره های متحرک واحدی برای متحرک سازی وجود دارد مکان یاب، موقعیت فیزیکی گره را تشخیص می دهد. تکنیک های مسیر دهی و وظایف حسگری به اطلاعات مکان با دقت بالا نیاز دارند. یکی از مزایای شبکه های حسگر توانایی مدیریت ارتباط بین گره های در حال حرکت است.



شکل (۲-۲) ساختمان داخلی گره حسگر [۱]