بسم الله الرحمن الرحيم

۱۵۸۲۴۷-۴۰۲۲۷۵۹

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر

گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

بهبود طول عمر شبکه‌هاي حسگر بي‌سيم مبتني بر همزماني گره‌ها

استاد راهنما:

دکتر کمال جمشیدی

پژوهشگر:

الهام حاجیان

شهریور ماه ۱۳۸۹

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
IRANDOC

۱۵۸۲۴۷

۱۳۹۰/۳/۱۶

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

شیوه نگارش پایان نامه
رعایت شده است.
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کامپیوتر گرایش معماری

سیستم خانم الهام حاجیان تحت عنوان

بهبود طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم مبتنی بر همزمانی گره‌ها

در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۳۱ توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱. استاد راهنمای پایان‌نامه دکتر کمال جمشیدی با مرتبه علمی استادیار امضاء

۲. استاد داور داخل گروه دکتر ناصر موجدی نیا با مرتبه علمی استادیار امضاء

۳. استاد داور خارج گروه دکتر مسعودرضا هاشمی با مرتبه علمی استادیار امضاء

امضای مدیر گروه

سپاس خدای یکتا را که هر چه هست از اوست

سپاس او را که بی نام و یادش نمی توان آغاز کرد و نمی توان پایان برد.

سپاس و حمد بیکران او را که به ما طریق عاشقی آموخت.

سپاس تو را ای یگانه عالم، ای حقیقت مطلق، ای منتهای تحقیق، ای همه هستی در یک کلام.

بر خود لازم می دانم تا از تلاش و راهنمایی استاد ارجمندم جناب آقای دکتر جمشیدی و همچنین آقای بهلولی قدردانی کرده و از پروردگار یکتا توفیق روزافزون آنها را خواستارم.

سپاسگزار و قدردان پدر و مادر فداکارم، برادر عزیزم و خواهر مهربانم هستم که در طول این سال ها، دستان مهربانشان، دستان خسته ام را تنها نگذاشتند و نگاه پر مهرشان پیوسته بدرقه راهم بود.

تقدیم به پدر و مادر مهربان و فداکارم که در تمام مراحل زندگی مرا راهنمایی و پشتیبانی کرده اند.

"آنانکه قلم از ستایش مهرشان عاجز است"

چکیده

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم از گره‌هایی با توان و قدرت پردازشی محدود تشکیل شده‌اند. این گره‌ها به حس‌گرهایی مجهز شده‌اند که محیط را حس می‌کنند. توان گره‌ها محدود و غیر قابل شارژ است. از این رو از مهمترین محدودیت‌های این شبکه‌ها انرژی می‌باشد. مهمترین عامل مصرف انرژی در این شبکه‌ها ارتباطات می‌باشد. یکی از راه‌حل‌هایی که برای کاهش مصرف انرژی در این مورد کاربرد دارد، مکانیزم خواب و بیداری است. گره‌ها در زمانی که بیکارند و داده‌ای برای انتقال ندارند به خواب روند تا مصرف انرژی آن‌ها کمتر شود ولی با این کار تأخیر افزایش پیدا می‌کند. یکی از پروتکل‌هایی که در این زمینه کاربرد دارد، پروتکل SMAC می‌باشد و برای کاهش تأخیر نسخه گوش دادن توافقی آن ارائه شده است. در این پایان نامه برای کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر این شبکه‌ها بر اساس پروتکل‌های خواب و بیداری، در نسخه توافقی از مکانیزم مدیریت توان پویا با در نظر گرفتن انرژی باقیمانده گره‌ها استفاده شده است که از چندین حالت خواب استفاده می‌کند. هر حالت خواب با عمق بیشتر انرژی مصرفی کمتری دارد. در گذشته نوع خواب در مدیریت توان پویا تنها توسط مدت زمان بیکاری مشخص می‌شد ولی در این پژوهش با توجه مصرف انرژی کمتر در حالت خواب عمیق و در عین حال نیاز به انرژی بیشتر برای رفتن به بیداری کامل از مدت زمان بیکاری و همچنین انرژی باقی‌مانده گره‌ها بهره گرفته شده است و توسط این دو، نوع خواب مشخص می‌شود. بیشتر پروتکل‌های MAC تا پایان انتقال بسته‌ها، از یک مسیر استفاده می‌کنند که این منجر به اتمام زودهنگام انرژی گره‌های مسیر و در نتیجه کاهش طول عمر شبکه می‌شود. در این پایان نامه برای حل این مسأله و در نظر گرفتن توپولوژی پویای شبکه، با توجه به بازخوردی که توسط گره از شبکه گرفته می‌شود و در نظر گرفتن آستانه‌ای برای انرژی هر گره، با رسیدن به این آستانه مسیر بصورت محلی در همان ناحیه اصلاح می‌شود. این کار با استفاده از اتوماتای یادگیر صورت می‌گیرد. همچنین برای افزایش طول عمر، انتخاب گره گام بعد، با توجه به انرژی باقی‌مانده و محاسبه تأخیر گره همسایه تا چاهک، صورت می‌گیرد.

نتایج شبیه سازی حاکی از آن است که این راه‌حل در افزایش طول عمر شبکه مؤثر می‌باشد. این الگوریتم با تغییر مسیر بصورت پویا و توازن مصرف انرژی در گره‌ها به همراه خواب و بیداری دوره‌ای، افزایش طول عمر شبکه را به همراه دارد.

کلمات کلیدی

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، طول عمر، دوره خواب و بیداری، اتوماتای یادگیر، مدیریت توان پویا، همگام بودن، کنترل دستیابی وسیله

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- چرا شبکه‌های حس‌گر؟ ۱

۱-۳- گره حس‌گر ۳

۱-۴- شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم ۴

۱-۵- پشته‌ی پروتکلی ۶

۱-۶- ویژگی‌های شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۸

۱-۷- طول عمر در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۱۲

۱-۸- انگیزه‌ها و اهداف ۱۲

۱-۹- ساختار پایان نامه ۱۴

فصل دوم: انرژی در شبکه‌های بی‌سیم

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- اهمیت انرژی ۱۷

۲-۳- اتلاف انرژی ۱۸

۲-۴- تکنیک‌های حفظ انرژی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۲۰

۲-۵- دیدگاه‌های اصلی از حفظ انرژی ۲۰

۲-۵-۱- سیکل وظیفه ۲۰

۲-۵-۱-۱- همزمان‌سازی ۲۱

۲-۵-۱-۲- مسیریابی ۲۱

۲-۵-۱-۱- پروتکل‌های کنترل توپولوژی ۲۴

عنوان صفحه

۲-۵-۱-۲- پروتکل‌های مدیریت توان ۲۴
۲-۵-۱-۲-۱- پروتکل‌های خواب و بیداری ۲۴
۲-۵-۱-۲-۲- پروتکل‌های MAC با سیکل وظیفه پایین ۲۶
۲-۵ -۲- مبتنی بر داده ۲۹
۲-۵-۳- متحرک بودن ۲۹
۲-۶- MAC ۳۰
۲-۶-۱- علت استفاده نکردن از پروتکل‌های شبکه سیمی و بی‌سیم قدیمی برای شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۳۰
۲-۶-۲- کلاس‌های MAC ۳۱
۲-۶-۲-۱- متد انتساب ثابت ۳۱
۲-۶-۲-۲- متد انتساب بر حسب تقاضا ۳۱
۲-۶-۲-۳- متد دستیابی تصادفی ۳۲
۲-۶-۳- ویژگی‌های پروتکل MAC برای شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم ۳۲
۲-۶-۴- ارزیابی پروتکل‌های MAC ۳۳
۲-۶-۵- مشکلات انرژی روی لایه MAC ۳۴
۲-۷- جمع بندی فصل ۳۴

فصل سوم: مروری بر کارهای گذشته

۳-۱- مقدمه ۳۵
۳-۲- پروتکل‌های مبتنی بر رقابت در برابر مبتنی بر همزمانی ۳۵
۳-۳- الگوریتم‌های مبتنی بر اتوماتا برای شبکه‌های حسگر ۴۰
۳-۴- الگوریتم‌های مبتنی بر مدیریت توان پویا برای شبکه‌های حسگر ۴۲
۳-۵- تشریح کامل پروتکل S-MAC ۴۴
۳-۵-۱- کلیات اساسی در S-MAC ۴۴

عنوان صفحه

۳-۵-۲- انتخاب زمانبندی ۴۶

۳-۵-۳- نگهداری همزمانی ۴۷

۳-۵-۴- اجتناب از تصادم ۴۹

۳-۵-۵- اجتناب از استماع ۵۰

۳-۵-۶- انتقال با پیام ۵۱

۳-۵-۷- تأخیرها در S-MAC ۵۲

۳-۵-۸- آنالیز تأخیر در پروتکل S-MAC با گوش کردن توافقی ۵۳

۳-۶- جمع بندی فصل ۵۶

فصل چهارم: الگوریتم پیشنهادی

۴-۱- مقدمه ۵۷

۴-۲- مدل انرژی ۵۸

۴-۳- مدل ارسال اطلاعات ۵۹

۴-۴- اصطلاحات ۶۰

۴-۵- اتوماتای یادگیر ۶۰

۴-۶- مدیریت توان پویا ۶۱

۴-۶-۱- سیاست انتقال حالت خواب ۶۳

۴-۷- الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب بهترین حالت خواب در مدیریت توان پویا ۶۵

۴-۸- الگوریتم پیشنهادی برای انتخاب مسیر بهینه برای افزایش طول عمر ۶۶

۴-۹- الگوریتم پیشنهادی برای بروز کردن مسیر ۶۷

۴-۱۰- پروتکلSMAC به همراه مدیریت توان پویای ارائه شده با مسیر پیشنهادی ۷۱

۴-۱۱- جمع بندی فصل ۷۲

عنوان صفحه

فصل پنجم: ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

۵-۱- مقدمه ۷۳

۵-۲- بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی ۷۵

۵-۳- بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی به همراه مسیریابی پیشنهادی ۷۹

۵-۴- بررسی عملکرد الگوریتم مسیریابی پیشنهادی ۸۲

۵-۵- جمع بندی فصل ۸۷

فصل ششم: نتیجه‌گیری و کارهای آینده

منابع و مآخذ ۹۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

شکل ۱-۱- اجزای یک گره حس‌گر ۴

شکل ۱-۲- ساختار شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم ۵

شکل ۱-۳- نمودار میزان مصرف انرژی اجزای گره حس‌گر ۶

شکل ۱-۴- پشته پروتکلی ۸

شکل ۱-۵- ارسال ترافیک به چاهک ۹

فصل دوم: انرژی در شبکه‌های بی‌سیم

شکل ۲-۱- استانداردهای بی‌سیم ۱۶

شکل ۲-۲- نمودار مصرف توان درشبکه‌هایی برپایه IEEE۸۰۲ ..... ۱۷

شکل ۲-۳- طبقه‌بندی دیدگاه‌های حفظ انرژی در شبکه‌های حس‌گر ۲۳

فصل سوم: مروری بر کارهای گذشته

شکل ۳-۱- نشان دادن تفاوت همزمانی در همسایه‌ها ۴۵

شکل ۳- ۲- (a) نمای کلی ازسیکل‌های پروتکل S-MAC (b)نمایی جزئی‌تر از سیکل وظیفه در S-MAC ۴۶

شکل ۳-۳- ارسال و دریافت داده‌ها در S-MAC ۴۶

شکل ۳-۴- انجام عملیات همزمانی در S-MAC ۴۸

شکل ۳-۵- انجام عملیات همزمانی در S-MAC ۴۹

شکل ۳-۶- تشخیص خواب یا بیداری گره‌ها در توپولوژی مشخص ۵۰

شکل ۳-۷- نشان دادن تأخیرها در گوش کردن توافقی در توپولوژی مشخص ۵۴

عنوان صفحه

فصل چهارم: الگوریتم پیشنهادی

شکل۴-۱- اتوماتای یادگیری..... ۶۰
شکل ۴-۲- حالت‌های خواب در مدل حسگر آگاه از توان..... ۶۳
شکل ۴-۳- انتقال حالت‌های خواب در مدیریت توان پویا..... ۶۴
شکل ۴-۴- a) نمونه‌ای از شبکه حس‌گر b) اعمال الگوریتم پیشنهادی برای تعیین مسیر روی آن..... ۶۷

فصل پنجم: ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

شکل ۵-۱ مقایسه طول عمر الگوریتم پیشنهادی، SMAC و AdaptiveSMAC..... ۷۵
شکل ۵-۲ مقایسه انرژی باقی‌مانده در الگوریتم پیشنهادی نسبت به SMAC و Adaptive SMAC..... ۷۶
شکل ۵-۳ مقایسه تعداد گره‌های فعال در الگوریتم پیشنهادی، SMAC و Adaptive SMAC..... ۷۷
شکل ۵-۴ مقایسه تعداد گام‌های سپری شده تا چاهک برای الگوریتم پیشنهادی،SMAC و AdaptiveSMAC. ۷۸
شکل ۵-۵ مقایسه الگوریتم پیشنهادی با استفاده از اتوماتا و بدون آن..... ۷۹
شکل ۵-۶ مقایسه میزان انرژی باقی‌مانده در الگوریتم پیشنهادی به همراه اتوماتا و بدون آن..... ۸۰
شکل ۵-۷ مقایسه تعداد گره‌های فعال در الگوریتم پیشنهادی با اتوماتا و بدون آن..... ۸۱
شکل ۵-۸ مقایسه تعداد گام‌های سپری شده الگوریتم پیشنهادی با استفاده از اتوماتا و بدون آن..... ۸۲
شکل ۵-۹ مقایسه طول عمر الگوریتم پیشنهادی به همراه اتوماتا با SMAC و AdaptiveSMAC..... ۸۳
شکل ۵-۱۰ مقایسه‌ای بین انرژی باقی‌مانده الگوریتم پیشنهادی با اتوماتا و SMAC و AdaptiveSMAC..... ۸۴
شکل ۵-۱۱ مقایسه تعداد گره‌های فعال در الگوریتم پیشنهادی به همراه اتوماتا،SMAC و AdaptiveSMAC. ۸۵
شکل ۵-۱۲ مقایسه تعداد گام سپری شده تا چاهک برای الگوریتم پیشنهادی، SMAC و AdaptiveSMAC.... ۸۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

فصل پنجم: ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

جدول ۵-۱ ویژگی‌های شبیه‌سازی..... ۷۴

جدول ۵-۲ انرژی‌های مورد استفاده در پایان‌نامه برای شبیه‌سازی..... ۷۵

مخفف‌ها یا کوتاه نوشت‌ها

MEMS: Micro Electro Mechanical System
WSN: Wireless Sensor Network
SQLT: Sensor Query and Tasking Language
MAC: Medium Access Control
SMAC: Sensor MAC
T MAC: Timeout MAC
WWAN: Wireless Wide Area Network
WMAN: Wireless Metropolitan Area Network
WLAN: Wireless Local Area Network
WPAN: Wireless Personal Area Network
WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
RTS: Request To Send
CTS: Clear To Send
TREC: Tree of Cluster
TDMA: Time Division Multiple Access
CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CD: Collision Detection
FDMA: Frequency Division Multiple Access
CDMA: Code Division Multiple Access
SDMA: Space Division Multiple Access
PMAC: Pattern MAC
TEEM: Traffic Aware, Energy Efficient MAC
TA MAC: Task Aware MAC
PS MAC: Probability Sensor MAC
SEA MAC: Simple Energy Aware MAC
R MAC: Routing Enhanced MAC
O MAC: Organized Energy Aware MAC
OTS: Order To Sleep
NTS: Node To Sleep
DW MAC: Demand Wakeup MAC

LL MAC: Low Latency MAC
D MAC: Data Gathering MAC
ER MAC: Energy and Rate MAC
RT MAC: Real Time MAC
MT MAC: Modified TMAC
A MAC: Adaptive MAC
DPM: Dynamic Power Management
EPSM: Extended Power State Machine
BEASM: Balancing Energy Aware Sensor Management
NAV: Network Allocation Vector

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

پیشرفت اخیر در ساخت MEMS[1] چشم‌انداز جدیدی از کاهش هزینه، قابلیت اطمینان، صحت، توان کم و اندازه‌ی کوچک را ایجاد کرد. محققان از تکنیک‌های تولید نیمه‌هادی که زمینه‌ی این کوچک‌سازی بود، برای ساخت ساختارهای مکانیکی کوچک رادیویی که دنیای فیزیکی را حس کنند، استفاده کردند. این وسایل کم‌توان و ارزان در محیط قرار گرفته و به صورت دسته‌جمعی وقوع رویدادی را حس کرده، داده‌های مربوط به رویداد را پردازش و با همکاری سایر گره‌ها اطلاعات را به چاهک ارسال کنند. این وسایل از لحاظ سرعت پردازشی، ظرفیت ذخیره‌سازی و پهنای باند محدودند ولیکن با قرارگرفتن در کنار هم، به صورت جمعی-شبکه-قدرت پردازش یک رویداد را دارند. به این وسایل کوچک، حس‌گر و به مجموعه ای از این حس‌گرها، شبکه حس‌گر گویند[۱].

۱-۲- چرا شبکه‌های حس‌گر؟

امروزه زندگی بدون ارتباطات بی‌سیم قابل تصور نیست. پیشرفت تکنولوژی و ایجاد مدارات کوچک و کوچک‌تر باعث شده است تا استفاده از مدارات بی‌سیم در اغلب وسایل الکترونیکی امروز ممکن شود. این پیشرفت همچنین

[1] Micro Electro Mechanical System

باعث توسعه ریز حس‌گرها شده است. این ریز حس‌گرها کارایی بی‌شماری مانند شناسایی صدا برای حس‌کردن زلزله را دارا می‌باشند. همچنین جمع‌آوری اطلاعات در مناطق دورافتاده و مکان‌هایی که برای اکتشافات انسانی مناسب نیستند را فراهم کرده است. اتومبیل‌ها می توانند از حس‌گرهای بی‌سیم برای کنترل وضعیت موتور، فشار تایرها، تراز روغن و غیره و خطوط مونتاژ می‌توانند از این حس‌گرها برای کنترل فرآیند مراحل طول تولید استفاده کنند.

در موقعیت استراتژیک حس‌گرها می‌توانند توسط هواپیما بر روی خطوط دشمن ریخته شوند و سپس برای ردگیری هدف(مانند ماشین یا انسان) استفاده شوند. در واقع تفاوت اساسی این شبکه‌ها ارتباط آن با محیط و پدیده‌های فیزیکی است. شبکه‌های سنتی ارتباط بین انسان‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی را فراهم می‌کند، در حالی که شبکه‌های حس‌گر مستقیما با جهان فیزیکی در ارتباط است. این شبکه‌ها با استفاده از حس‌گرها، محیط فیزیکی را مشاهده کرده، براساس مشاهدات خود تصمیم‌گیری نموده و عملیات مناسب را انجام می‌دهند.

ویژگی مثبت شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، توسعه[1]ی آسان آن در محیط‌های باز[2] از قبیل جنگل و محیط‌های خشن و غیره می‌باشد. دومین ویژگی مثبت این شبکه‌ها، تحرک[3] گره‌ها می‌باشد[۲]. کاربردهای این شبکه‌ها متنوع است و بازه‌ی کاربردهای نظامی تا کاربردهای خانگی را حمایت می‌کنند. مثال‌هایی از این کاربردها عبارتند از: نظارت محیط[۳،۴]، خانه‌ی هوشمند، کاربردهای پزشکی[۵،۶]، کنترل کشاورزی و آتش‌سوزی [۷]می باشد.

برخی از این کاربردها به صورت فهرست‌وار آورده شده است:

- ☐ نظامی(برای مثال ردگیری اشیاء)
- ☐ بهداشت(برای مثال کنترل علائم حیاتی)
- ☐ محیط(برای مثال آنالیز زیستگاه های طبیعی)
- ☐ صنعتی(برای مثال عیب‌یابی خط تولید)
- ☐ سرگرمی(برای مثال بازی مجازی)

---

[1] Deployment
[2] Outdoor
[3] Mobility

- زندگی دیجیتالی(برای مثال ردگیری مکان پارک ماشین)

۱-۳- گره حس‌گر

در این قسمت به صورت اجمالی مهم‌ترین اجزای سخت‌افزاری گره حس‌گر بررسی می‌شود، این اجزا در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است:

سخت افزار گره حس‌گر، شامل واحد ارتباطات، واحد حس و واحد پردازش می‌باشد و همگی این اجزاء به منبع انرژی مرتبطند. بخش‌های اضافی واحد متحرک‌ساز، سیستم مکان‌یاب و تولید توان نیز ممکن است بنا به کاربرد، در گره‌ها وجود داشته باشد.

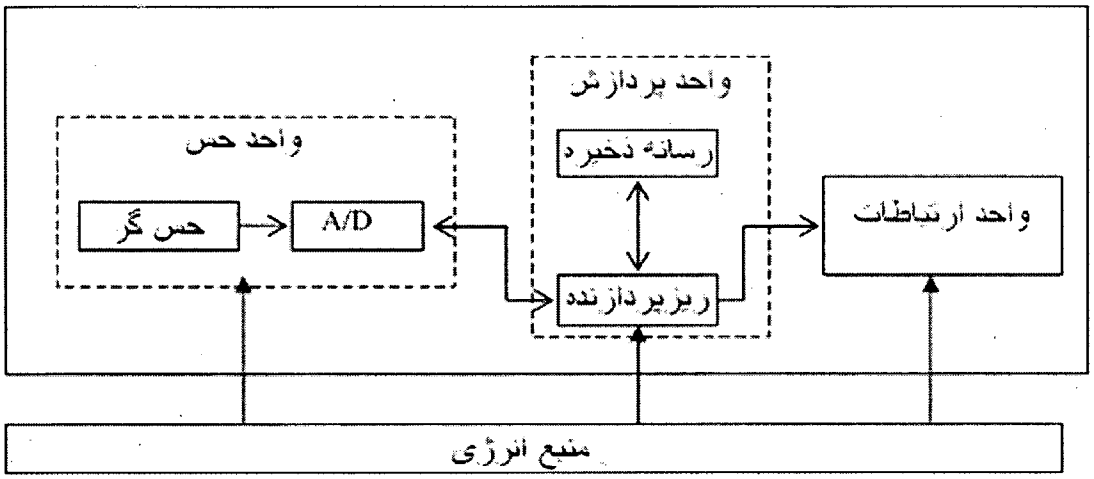
واحد پردازش شامل پردازنده‌ی کوچک و رسانه ی ذخیره‌سازی با ظرفیت محدود است، که داده‌ها را از حس‌گرها گرفته و بنا به کاربرد، پردازش محدودی انجام داده و از طریق واحد ارتباطات ارسال می‌کند. واحد ارتباطات، ارتباط گره با شبکه را برقرار می‌کند. واحد حس، شامل مجموعه‌ای از حس‌گرها و مبدل آنالوگ به دیجیتال است که اطلاعات آنالوگ را از حس‌گر گرفته و بصورت دیجیتال به پردازنده تحویل می‌دهد. منبع انرژی، توان مصرفی تمام بخش‌ها را تامین می‌کند که اغلب یک باتری با انرژی محدود است.

محدودیت انرژی یکی از تنگناهای اساسی است که در طراحی این شبکه‌ها، همه چیز را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای ذخیره‌ی انرژی باید حالت خواب[1] در گره برای همه‌ی اجزای سخت افزاری مطرح شود. همچنین در بعضی حالات می‌توان برای غلبه بر مشکل محدودیت انرژی از باتری‌های قابل شارژ استفاده کرد[۸].

علاوه بر این بخش‌ها، ممکن است واحدی برای تولید انرژی مثل سلول‌های خورشیدی وجود داشته باشد. سیستم مکان‌یاب، موقعیت فیزیکی گره را تشخیص می‌دهد. الگوریتم‌های مسیریابی به اطلاعاتی در رابطه با مکان جغرافیایی گره‌ها با دقت بالا نیاز دارند. یکی از مهم‌ترین مزایای شبکه حس‌گر توانایی مدیریت ارتباط بین گره‌های در حال حرکت می‌باشد. با کوچکتر شدن مدارات نیمه‌هادی، اندازه‌ی گره کاهش می‌یابد. برای حفظ اندازه این گره‌ها، بایستی منبع توان کوچک انتخاب شود و این یعنی محدودیت توان.

---

[1] Stand by



شکل ۱-۱- اجزای یک گره حس‌گر[۸]

۱-٤- شبکه‌ی حس‌گر بی‌سیم

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم[1] از گره‌های حس‌گری که به صورت تصادفی در محیط رها شده‌اند، تشکیل شده‌اند. گره‌های حس‌گر با وقوع رویدادی در محیط از قبیل رویدادهای حرارتی، لرزشی، صوتی، نوری و غیره، داده‌ی مربوط به رویداد را از محیط حس کرده و سپس داده‌ی خام را تحلیل کرده و اطلاعاتی متناسب با سؤال کاربران[2] را به چاهک برمی‌گردانند. چاهک به عنوان دروازه[3] مطرح است و در ارتباط با کاربر است و پرسش‌هایی که توسط کاربر سؤال می‌شود، در شبکه پخش می‌کند. ساختار این شبکه‌ها در شکل ۱-۲ نمایش داده شده است.

[1] Wireless Sensor Networks (WSN)
[2] Query
[3] Gateway