

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه امیرکبیر

مقاله:

روشهای مکان یابی شبکه‌های حسگر بی سیم

توسط : علی ثاقب موفق – ۸۳۲۳۱۵۵۷

۱	مقدمه.....
۲	ویژگیهای يك الگوریتم مکان یابی مناسب.....
۱-۲	توزیع شده باشد.....
۲-۲	مصرف انرژی حداقل باشد.....
۳-۲	استحکام کافی داشته باشد.....
۴-۲	انعطاف پذیر باشد.....
۵-۲	الگوریتم های متمرکز و توزیع شده.....
۳	انواع کلی روشهای مکان یابی.....
۱-۳	الگوریتم E-STROBE، روش BEACON فعال و سازگار برای مکان یابی حسگر.....
۲-۳	روش مکان یابی AODV.....
۳-۳	روش مکان یابی مطلق GPS.....
۴-۳	روش مکان یابی RSSI.....
۵-۳	روش مکان یابی تفاوت زمان ورود (TDOA).....
۶-۳	الگوریتم مکان یابی زاویه ورودی (AOA).....
۷-۳	روش مکان یابی TOA.....
۸-۳	خود مکان یابی در شبکه های حسگر با استفاده از ترکیب TOA و DOA.....
۴	نتیجه گیری.....
۱۰	

چکیده

شبکه‌های حسگر، همانطور که از نام آنها نیز پیداست، به کمک حسگرهای خود، محیط فیزیکی را مشاهده^۱ کرده و سپس نتایج مشاهدات خود را بعنوان اطلاعات حاصله از منطقه، به انسان بر می گردانند.

الگوریتم‌های مکان یابی شبکه‌های حسگر به دو نوع توزیع شده و متمرکز تقسیم می شوند (توزیع شده آن معروف تر است). تکنیک‌های مورد استفاده در مکان یابی آنها، سیگنال گرا یا اتصال گرا هستند. در این مقاله برخی روشهای مکان یابی از جمله، E_STROBE، RSSI، TDOA، AOA، TOA و DOA مطرح شده است، که بعضی از آنها از گره‌های تعیین مکان شده قبلی Beacon و برخی از امواج رادیویی برای مکان یابی حسگرها بهره می گیرند و هر یک دارای مزایا و معایبی هستند که در این تحقیق به آن اشاره شده است.

^۱ Sense

شبکه‌های سنتی ارتباط بین انسانها و پایگاه‌های اطلاعاتی را فراهم کرده و همه منظوره اند. در حالیکه شبکه‌های حسگر معمولاً تک منظوره هستند و پس از مشاهده محیط اطراف خود، اطلاعات مربوطه را ارسال می نمایند. به عبارت دیگر اگر در شبکه تلفن همراه ایستگاههای پایه را حذف کرده و هر گواشی را یک گره فرض کنیم به طوریکه ارتباط بین گره‌ها مستقیم یا از طریق یک یا چند گره میانی برقرار شود. نتیجه ظاهری شبکه حسگر بی سیم خواهد بود. [۱] [۲]

شبکه حسگر، شبکه ای است متشکل از تعداد زیادی گره کوچک که ارتباط بین گره‌ها بصورت بی سیم است. هر گره بطور مستقل و بدون دخالت انسان کار میکند و معمولاً از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک است. این شبکه‌ها علیرغم اینکه از پشته پروتکلی شبکه‌های سنتی پیروی می کنند ولی به لحاظ محدودیت ها و تفاوت‌های کاربردی آن، پروتکل ها ی متداول شبکه را باز نویسی می کنند. این محدودیتها شامل، محدودیت در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع تغذیه و ... میباشد. که مشکلات آن منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مطرح در این زمینه است. [۳]

کاربرد های علمی شبکه حسگر اقتضاء دارد که اطلاعات تهیه شده، با موقعیت حسگر همراه بوده و توأماً منطبق بر یک ناحیه جغرافیایی در نقشه باشد. لذا اگر بخواهیم سرویسهایی را در شبکه براساس موقعیت و مکان وقوع آن ارائه دهیم، لزوم مکان یابی گره‌ها آشکار می شود. به عبارت دیگر مکان یابی، برای کاربردهای از شبکه حسگر که مستلزم آگاهی از منطقه و محیط بوده و سرویسهایی متناسب با آن را ارائه می دهد، الزامی است. [۹]

به منظور اینکه تولید نتایج حاصله از شبکه‌های حسگر، رضایت بخش باشد، ضروری است عملیات مکان یابی بسیار کم هزینه باشد. یعنی طراحان باید برای حداقل سازی هزینه انرژی، به طور فعال بر روی سخت افزار و گسترش آن و نیز الگوریتم مکان یابی کار کنند. در اینجا، ضمن معرفی شبکه حسگر و شرح ویژگیها، کاربردها و چالش های آن، به طور خاص به بررسی برخی روشهای مکان یابی می پردازیم.

۲- ویژگیهای یک الگوریتم مکان یابی مناسب

۲-۱ توزیع شده باشد

در شبکه‌های بزرگ که متشکل از گره‌هایی با حافظه و عرض باند محدود بوده و برای عملیات متناوب طراحی شده است، رفت و برگشت کل مسیر توپولوژی تا رسیدن به یک سرور (مثلاً در روش پرش^۱) فشار زیادی را به لحاظ توان مصرفی، بر روی گره‌ها، مخصوصاً گره‌های نزدیک به سرور پایه، وارد می سازد. در شبکه‌هایی که نواحی آن تقسیم بندی شده است، تمرکز غیر ممکن است. همچنین در شبکه‌های نامتقارن، فشار بیشتری روی بعضی گره‌ها وارد می گردد به طوریکه آنها مجبورند ترافیک بیشتری را نسبت به بقیه تحمل نمایند. نتیجه اینکه به لحاظ تغییرات پی در پی توپولوژی، راه حل‌های متمرکز عموماً نامطلوب خواهند بود.

۲-۲ مصرف انرژی حداقل باشد

برای استفاده از شبکه حسگر برای مدت طولانی ضروری است ارتباط گره با گره و به طبع آن مصرف انرژی حداقل بماند. منابع اصلی هدر دادن انرژی و طول عمر باتری، عملیات مربوط به امواج رادیویی و فعالیتهای پردازشگر است. تغییرات مداوم توپولوژی نیز در کاهش طول عمر مفید گره‌ها، موثر است.

^۱ Hop

۲-۳_ استحکام کافی داشته باشد

سیستم والگوریتم مکان یابی باید حتی در شرایط قطع شبکه نیز کار کند. در این حالت، یک ایستگاه پایه با عملیات پرواز از روی گره‌ها (جمع آوری داده‌ها از تمامی گره‌هایی که قبلاً شناسایی شده اند) داده‌های مربوط به گره‌های باقیمانده و انتهای را جمع آوری می نماید.

۲-۴_ انعطاف پذیر باشد

الگوریتم مکان یابی، به منظور توسعه آتی خود، باید قابل تغییر، موزون و به اندازه کافی ساده باشد. [۷] با توجه به اینکه گره‌های حسگر ممکن است با وزش باد جابجا شوند، لذا این موضوع می تواند بر روی توپولوژی و بالطبع روشهای مکان‌یابی آن تاثیر گذارد. حال در صورت انعطاف پذیری الگوریتم، مشکلات کمتری در خصوص تغییرات توپولوژی خواهیم داشت.

۲-۵_ الگوریتم های متمرکز^۱ و توزیع شده^۲

متمرکزسازی یک الگوریتم مستلزم انجام عملیات ریاضی پیچیده تری نسبت به حالت توزیع شده است و نیاز به مهاجرت اطلاعات بین گره‌ها و اتصال داده‌ها به یک ایستگاه پایه مرکزی دارد. ایستگاه مرکزی بایستی به اندازه کافی قوی باشد تا پس از مهاجرت داده‌ها به آن، نتایج موقعیات آنها را به گره‌های مربوطه برگرداند. تفاوت اصلی در این دو روش نوع پردازشی است که در ایستگاه پایه صورت می گیرد که تحت دو عنوان، برنامه نویسی SDP^۳ نیمه قطعی و چند بعدی مطرح می شوند.

برای اجرای الگوریتم های متمرکز^۴، نیاز به یک ماشین مرکزی با توان بالا است. گره‌های حسگر، داده‌های محیطی را برای تحلیل و بررسی جمع آوری کرده و آنها را به ایستگاه پایه می فرستند. و سپس موقعیت آنها را به شبکه منتقل می نمایند، الگوریتم های مرکزی، مسائل مربوط به هر گره را انجام می دهند، همچنین ضروری است محدودیتهای محاسباتی را با توجه به پذیرش هزینه ارتباطات انتقال داده به ایستگاه پایه، در نظر داشت. این معامله و سودایی که در خصوص استفاده از الگوریتم های متمرکز رخ می دهد با رشد شبکه حسگر زیاد هم مقرون به صرفه و دلپذیر نیست. مخصوصاً وقتی فشارهای بی موقع بر روی گره‌های نزدیک ایستگاه پایه وجود دارد. بعلاوه، برای توسعه الگوریتم متمرکز نیاز به یک ایستگاه پایه با هوش داریم به طوریکه ممکن است این موضوع همیشه موجود نباشد. به هر حال مسائل مرزی شبکه حسگری می تواند با توسعه چند ایستگاه پایه (شبکه چند ردیفه^۵) تا حدودی مرتفع می شود.

برای رفع این نقایص، الگوریتم های توزیع شده ای طراحی شده اند، که قابلیت‌های اجرایی بیشتری نسبت به پیشینیان خود دارند، یعنی با استفاده از تقارن زیاد و ارتباطات بین گره‌ها عدم توان محاسباتی مرکزی را جبران می نمایند. الگوریتم های توزیع شده از الگوریتم مرکزی متناظر با زیر مجموعه داده مستقل برای تعیین تقریبی موقعیت گره استفاده می کنند. دو شیوه مهم در مکان یابی توزیع شده وجود دارد که گروه اول، الگوریتم های توزیع شده بر اساس beacon^۶ که معمولاً با یک تعداد

^۱ Centralized

^۲ Distributed

^۳ Sensor Data Processing

^۴ Centralized Algorithm

^۵ Multi – tier network

^۶ نوعی خاص از گره حسگر با موقعیت معلوم

beacon شروع می شود. و گره‌ها در شبکه، فاصله تا چندین beacon را بدست می آورند، سپس از این اندازه‌ها برای تعیین موقعیت آنها استفاده می شود. در بعضی الگوریتم‌ها، این گره‌های جدید تعیین مکان شده، خوداز نوع beacon می شوند تا به مکان یابی سایر گره‌ها کمک کنند .

با افزایش چگالی حسگرها، دقت مکان یابی مشارکتی نیز زیاد می شود، و داشتن حسگرهای نامتجانس از اهداف مختلف که همگی در یک شبکه مستقر هستند خطاهای مکان یابی را کاهش داده و محدودیتهای غیر قابل اجتناب برای دقت مکان یابی بوجود می آورد.[۱۰]

روش بعدی، کشف موقعیت گره، تعیین مختصات آن از طریق مختصات سایر گره‌ها است، که روشی بهینه برای یک شبکه گسترده متری در یک شیوه توزیعی است . در این الگوریتم، شبکه به زیر ناحیه‌هایی کوچک تقسیم می شود که هر کدام یک نقشه محلی بهینه ایجاد می کنند . زیر ناحیه‌ها به نوبه خود، از فرایند نظیر به نظیر برای ادغام نگاشت محلی به یک نقشه کلی استفاده می کنند. به طوری که نقشه عمومی، نقشه بهینه را تقریب می زند.

ما آرایشی ازمعماری شبکه درنظر میگیریم که یک تعداد گره‌های حسگرکم قیمت که هرکدام که دارای پردازشگر هستند و فرستنده گیرنده ارتباطی کم مصرف که دارای چند قابلیت حس گری هستند و در یک ناحیه مسطح تنظیم میشود. هرگره حسگر، محیط را برای کشف حقایق، می پاید و سپس علائم ویژه و داده‌های حس شده را به طور محلی پردازش کرده و نتیجه آن را به پردازشگر اطلاعات مرکزی^۱ انتقال می دهد. این پردازشگر این کار را ازطریق یک شبکه کم مصرف ارتباطی انجام می شود. پردازشگر داده‌های اخذ شده از حسگر را ترکیب کرده واطلاعات پردازش شده را به مرکز پردازش سطح بالاتر خود منتقل می کند.[۵]

بسیاری از برنامه‌های پردازش سیگنال، موقعیت و جهت یابی گره‌ها را شناخته شده فرض می گیرند. به هر حال اغلب علم دقیقی از محل گره‌ها و جای آنها موجود نیست . گره‌ها معمولاً در یک زمین یا محیط، توسط افراد قرار می گیرند که ممکن است جریان باد آنها را جابجا نماید و یا اینکه توسط یک توپخانه رها شوند. البته با جاگذاری دستی دقیق، محل دقیق وموقعیت گره‌های حسگر مشخص شود، ولی در بسیاری از موارد، محل دقیق ومختصات آنها را نمی دانیم . تجهیز گره‌ها با سیستم مختصات جغرافیایی^۲ هزینه وملزومات توان و انرژی زیادی را بر حسگرها تحمیل می کند که ممکن است مقرون به صرفه نباشد .[۴]

۳_ انواع کلی روشهای مکان یابی

مکان یابی در شبکه‌های حسگر^۳ به معنای توانایی یک گره در تعیین محل خود است .[۹] با این تعریف می توان گفت شیوه‌های محاسبه مکان یابی بر دو است : سیگنال گرا و اتصال گرا^۴. در شیوه سیگنال گرا، اندازه‌ها روی مشخصات فیزیکی هر پیوند^۵ یا زاویه سیگنال دریافتی محاسبه میگردد و در شیوه اتصال گرا، تاکید روی خود موجودیت است .

^۱ CIP, Central Information Processing

^۲ GPS, Geographic Positioning System

^۳ Localization

^۴ Signal Based – Connectivity Based

^۵ Link

در روش سیگنال گرا، مکانیزم هایی وجود دارد که از مشخه های فیزیکی پیوند های بین جفت گره ها برای تخمین فاصله استفاده می شود و اولین گروه از آنها توان سیگنال دریافتی^۱ است. روش مذکور بر این اصل استوار است که سیگنال رادیویی بین ارسال کننده و دریافت کننده با افزایش فاصله بین آنها، تضعیف می شود.

آقای باهلت ال^۲، میانه توان سیگنال دریافتی را برای تخمین فاصله، پیشنهاد می کند. ولی در مقابله با موانع، این شیوه دیگر از مدل تضعیف سیگنال در فضای آزاد پیروی نمی کند. لذا باید عامل تضعیف دیواری و موانع را برای آن بکار برد. حال این فواصل تخمین زده شده برای مکان یابی یک گره به صورت سه جانبه استفاده می شود که با تخمین فواصل سه نقطه از مختصات شناخته شده و حل معادله متناظر آن و با تداخل سه دایره، موقعیت گره های مرتبط حاصل می شود. [۸]

۳-۱ الگوریتم *E-STROBE*، روش *Beacon* فعال و سازگار برای مکان یابی حسگر

در شبکه های متراکم، یک روش مکان یابی موثر می تواند گره های اضافه را تعیین نموده و سپس آنها را بیکار^۳ نماید تا ضمن ذخیره انرژی، طول عمر شبکه را نیز افزایش دهد. نتیجه شبیه سازی این روش نشان داده است که الگوریتم *E-STROBE* توانسته ۳۰٪ تا ۵۰٪ طول عمر زندگی سیستم را افزایش دهد. [۹]

در روش *STROBE* هر *Beacon* دارای سه حالت است: *voting*، *Disignated* و *Sleep*. که در حالت *Voting* هر *Beacon* برای مدت *Tv* ثانیه به *Beacon* های همسایه گوش می دهد و یا داده ای به آنها انتقال می دهد. در پایان دوره *Voting* یک گره تصمیم می گیرد که آیا باید یک *Beacon* فعال باشد و به حالت *Designated* متحول شود و یا به حالت *Sleep* برود.

این تصمیم بر اساس احتمالات و همچنین تعداد *Beacon* های مشاهده شده حین دوره *Voting* اتخاذ میگردد، که آنرا با آستانه سالم *Pa* مقایسه می نماید. اگر گره به حالت *Sleep* رفت، برای مدت *Ts* ثانیه در آن حالت باقی می ماند و به طور مشابه اگر به حالت *Designated* رفت برای *Td* ثانیه فعال باقی خواهد ماند. در حالیکه در حالات *Desinated* و *Voting* یک داده خبری *Beacon* با دوره *Tb* منتقل می شود، همچنین *Beacon* بعد از *Td* و *Ts* ثانیه به ترتیب از حالت های *Designated* و *Sleep*، به حالت *Voting* بر می گردد.

روش *STROBE* مزایای بالقوه ای نسبت به سایر الگوریتم های مکان یابی دارد که مهمترین آنها امکان ذخیره توان و انرژی گره های شبکه حسگر است. در صورتی که یک الگوریتم، کنترل و توجه بیشتری به پوشش واقعی نواحی مختلف شبکه دهد، آن الگوریتم دینامیک و سازگار خواهد بود. مقدار پارامترهای *Tb*، *Ts*، *Td*، *Tv* در *Beacon*، در افزایش طول عمر شبکه موثر است. مقدار پارامتر آستانه ای *pa* می تواند بر مبنای نواحی گسترش شبکه حسگر و مشخصات کانال ارتباطی جایگزین شود. که در واقع مسابقه ای بین کیفیت مکان یابی و طول عمر کل سیستم خواهد بود.

علیرغم پویایی و قابلیت خود پیکر بندی، این الگوریتم، دارای محدودیتهایی نیز هست، اول اینکه استفاده از پارامتر *Pa* و فرایند تصمیم احتمالی، با اینکه الگوریتم *STROBE* را قوی، پابرجا و توزیع شده می کند ولی نتیجه اجرای آن، *Beacon* هایی، بیش از نیاز شبکه، خواهد بود که ضمن ایجاد تداخل در شبکه، زمینه ساز بسیاری از نویزهای محیط حسگر بوده و نهایتاً طول عمر سیستم را نیز کاهش می دهند.

¹ RSS ,Recived Signal Strength

² Bahlet.al

³ Idle

دوم اینکه، Beacon های کناری و لبه های شبکه، همسایه های کمتری خواهند داشت، بطوریکه یک دوره زمانی طولانی فعال خواهند بود، از اینرو زودتر مستهلک می شوند. نتیجه اینکه شبکه Beacon، علیرغم چگالی بیشتر اولیه خود، طول زمان زندگی شبکه را کاهش می دهد. در اکثر روشهای مکان یابی تعیین موقعیت گره های مستقر در محدوده ها و مرزهای ناحیه حسگری نسبت به سایر گره ها پیچیده تر می باشد. و این موضوع ناشی از عدم وجود تعداد کافی گره های Beacon و یا حتی گره های معمولی در آن ناحیه، برای کمک به مکان یابی موثر می باشد.

محدودیت های فوق، مقدمه ای برای مطالعه و تحقیق روی پارامترهای مربوط به انرژی در شبکه های حسگر است. لذا یک الگوریتم آگاه از انرژی، یک سیستم مناسب Load-Balance را از کاهش گره های اضافی مطمئن می سازد.[۹]

۳-۲_ روش مکان یابی AODV

موضوع اصلی که در این عنوان مطرح می شود، موقعیت یابی یک سری گره های مراقبت نشده ایست که در یک محوطه و زمین رها شده اند. بدون اینکه مکان و زاویه استقرار آنها را بدانیم.

آنچه ابتدا به نظر می رسد، مسئله خود سنجشی گره ها است که با انتشار یک سیگنال سنجشی به سایر گره های شبکه قابل تحقق است. چرا که گره های دیگر زمان و جهت دریافت را با ملحوظ نظر قرار دادن مختصات زاویه ای گره، اندازه گیری می کنند. و با توجه به اعداد بدست آمده از این اندازه گیری ها، نحوه قرار گیری گره حسگر و مختصات آنرا بدست می آورند.

این روش را AODV نامیده اند. نکته اینجاست که هر گره، پاکت های درخواستی را حتی اگر بعضی گره های همسایه آنرا قبلاً به طریق، دریافت کرده باشند، منتشر می کند. در اینجا میانگین تعداد برخورد پاکت ها اندازه گیری شده و مکان گره ها بدست می آید. البته موضوع به همین سادگی پایان نمی یابد و ما بایستی شرایط لازم را جهت برآورد دقیق تر و خطای کمتر جهت خود سنجشی گره ها فراهم کنیم.

همچنین می توان فشار کار جدی که در مکان یابی بوجود می آید را تا حدودی تقسیم بندی نمود، یعنی هر منطقه به طور جداگانه گره ها و پیام ها را مسیر یابی نموده و این مناطق با هم در ارتباط باشند. این روش که Zone-Based_Routing نامیده می شود به آسانی با اطلاعات GPS از هر گره قابل پیاده سازی است و الگوریتم Dijkstra برای یافتن نزدیکترین مسیر در آن استفاده می شود.

نباید این نکته را نادیده گرفت که استفاده از GPS (دریافت کنند) برای هر گره الزاماً مطلوب نیست. چرا که اگر ما دارای میلیون ها گره باشیم، هزینه کل شبکه حسگر برای ما بسیار زیاد خواهد شد، بعلاوه توان و شرایط آب و هوایی می تواند بعنوان محدودیت در استفاده از آن محسوب شود، عدم دقت کافی و خطای ۱۰ تا ۲۰ متری نیز از دیگر مسائل قابل توجه آن است.[۶]

۳-۳_ روش مکان یابی مطلق GPS

سیستم مکان یابی مطلق، همانطور که از نام آن پیداست، روشی ماهواره محور است، شبیه GPS. یعنی هر گره مجهز به دریافت کنند ماهواره ایست که البته این روش نه عملی و نه همیشه مفید است. همچنین هزینه، اندازه، وزن و توان مصرفی را اضافه می نماید که با فلسفه وجودی گره های حسگر تا حدودی مغایرت دارد. برای رفع مشکل، یک زیر مجموعه از گره ها را به دریافت کننده ماهواره مجهز نموده و از این گره ها بعنوان مرجع^۲ یا (نشان) سایر گره های شبکه استفاده می کنند. البته اگر

^۱ Ad Hoc On Demand Distance Vector

^۲ LandMark

شبکه‌های حسگر برای سازمان یا کشوری به لحاظ نوع کاربرد، دارای اهمیت ویژه باشد، سرمایه گذاری بر روی آن دارای توجیه اقتصادی خواهد بود.

مجهز کردن GPS به هر دستگاه برای بسیاری از کاربردهای شبکه، بسیار انرژی بر و هزینه بر است و برای شبکه‌های با تراکم حسگری بالا و کاربری نظامی مناسب نیست. [۱۰] متأسفانه این سناریو صرفاً برای محیط‌های بیرونی و خارجی مناسب است و برای محیط‌های زیر زمینی و یا درونی (مسقف) به اندازه کافی کارا، موثر و حتی عملی نخواهد بود. سیستم‌های مکان یابی محلی (LPS) روی ایستگاه‌های پایه ظرفیت بالا قرار می‌گیرد و در هر ناحیه حالت پوششی دارد.

این شیوه عموماً، در فضاهای باز و گسترده استفاده می‌شود بطوریکه بتوانند امواج را از ماهواره دریافت نمایند. به هر حال همه کاربردهای شبکه حسگر در مناطق روباز نیستند. و روش مکان یابی برای سایر محیط‌ها نیز باید در نظر گرفته شود.

۳-۴_ روش مکان یابی RSSI

روش RSSI یک راه حل سخت افزاری مناسب برای حل مسئله تعیین فاصله مطرح می‌نماید، در این شیوه به این نکته توجه می‌شود که همه گره‌های حسگر احتمالاً دارای امواج رادیو هستند. پس چرا از آنها برای مکان یابی گره‌ها استفاده نکنیم.

با توجه به قانون انتشار رادیو، میزان قدرت سیگنال متناسب با فاصله تقریبی آنها از منبع نشر کاهش می‌یابد، و این راز تعیین مکان توسط این گره‌های نشان یا LandMark ها است. روش SSI در استاندارد لایه فیزیکی 802.15.4 اندازه گیری می‌شود و مشخصه کیفیت پیوند، توان سیگنال و پاکت دریافتی را به لایه بالاتر گزارش می‌دهد. [۱۰]

در عمل محاسبات مربوط به تعیین اندازه ای روش RSSI دارای خطا و نویز چند متری است، این نویزها به خاطر ماهیت انتشار امواج رادیویی است که در محیط‌های واقعی، ناهمگون و ناهم‌هنگ می‌شوند. برای مثال پخش امواج رادیویی در سطح آسفالت نسبت به زمین چمن متفاوت است.

روش RSS برای سیگنال صوتی یا RF را در نظر می‌گیریم، به طوریکه حسگرهای بی سیم با حسگرهای مجاور ارتباط برقرار می‌کنند. اندازه گیری RSS می‌تواند توسط هر دریافت کننده در حین ارتباط داده بدون نیاز به پهنای باند و یا انرژی زیاد انجام پذیرد. از آنجائیکه، اندازه گیری با استفاده از روش RSS گران نمی‌باشند، لذا موضوع مهمی برای تحقیق و مکان یابی به شمار می‌روند.

متأسفانه هنوز اندازه‌های RSS غیر قابل پیش بینی بوده و برای بهره گیری آنها در یک سیستم مکان یابی قوی باید منابع خطای آنها نیز به خوبی شناخته شوند. [۱۰] ولی پیشرفت‌های خوبی در این زمینه صورت گرفته است که به تدریج خطاهای آن کمتر و لذا دقت مکان‌یابی بیشتر خواهد گردید.

۳-۵_ روش مکان یابی تفاوت زمان ورود (TDOA)

در این روش، فاصله زمانی از ورودی انتشار، مورد بحث قرار می‌گیرد. در طرح TDOA، از مکانیزم کالیبراسیون سخت افزاری استفاده میکند، و هر گره حسگر به پخش کننده^۲ و میکروفن^۳ مجهز شده است. بعضی از سیستم‌ها از مایورای صوت استفاده می‌کنند، در حالیکه بعضی از آنها از فرکانس‌های شنیدنی استفاده می‌کنند. بهر حال، تکنیک‌های عمومی ریاضی و

¹ Time Diffence Of Arrival

² Speaker

³ Microphone

محاسبات آن مستقل از سخت افزار خاص مورد استفاده است. در روش TDOA، انتقال دهنده ابتدا یک پیام رادیویی ارسال می کند، و سپس یک دوره زمانی ثابت به نام زمان تاخیر^۱ (که ممکن است صفر باشد) منتظر می ماند و بعد از آن یک الگوی ثابت از صدای "جیرجیر" را بر روی پخش کننده تولید می کند. وقتی گره های حسگر، به سیگنال رادیو گوش می دهند، زمان فعلی را (زمان دریافت امواج رادیویی)^۲ متوجه شده و سپس میکروفن خود را روشن می کنند. وقتی میکروفن آنها الگوی "جیرجیر" را نیز شناسایی کرد، مجدداً زمان را یادداشت می کنند (زمان دریافت صوت)^۳. وقتی گره های حسگر متغیرهای tdelay, tradio, tsound، را داشته باشند، براحتی می توانند فاصله d بین خودشان و انتقال دهنده امواج را با استفاده از این حقیقت که امواج رادیویی اساساً سریعتر از صوت در هوا حرکت می کند، را محاسبه نمایند.[۱]

که البته با فرمول زیر انجام می شود:

$$d = (S_{radio} - S_{sound}) * (t_{sound} - t_{radio} - T_{delay})$$

روشهای TDOA، به طور موثری برای کاربردهایی از شبکه های حسگر، مناسب و دقیق هستند و تحت شرایط "خط دید مستقیم"^۴ و همچنین در نواحی بدون پژواک^۵ عملکرد بهتری دارند. مخصوصاً وقتی پخش کننده و میکروفن برای همدیگر درجه بندی شده اند.

بر روی این موضوع، گروه های متعددی مطالعه کرده اند و دقت بهتری را جهت مکان یابی ارائه نموده اند. با وجود این، حتی در شرایطی پایین تر، نیز نتایج خوبی بدست آمده است. سیستم محدوده ماورای صورت circket می تواند تا دقت سانتیمتر نزدیک شود. نقطه ضعف سیستمهای TDOA این است که آنها ضرورتاً به سخت افزارهایی (مخصوصاً یک پخش کننده و میکروفن) نیاز دارند که بایستی در گره های حسگر ساخته شوند.

بنابراین می بینیم که سیستمهای TDOA، در حالتی که به طور مناسب کالیبره شده و پخش کننده ها و میکروفن ها نیز دارای ویژگیهای انتقال و دریافت یکسانی نباشند. عملکرد بهتری را خواهند داشت. این موضوع به خاطر این است که ویژگیهای متمایز آنها، گره های حسگر را از هم تمیز می دهد. بعلاوه، سرعت صوت در هوا با دمای هوا و رطوبت فرق می کند، بنابراین می تواند باعث کاهش دقت در معادله شود. همچنین نیل به خط دید مستقیم، بعنوان عامل ضروری در بعضی محیط ها مشکل ایجاد می کند.

بسیاری از الگوریتم های مکان یابی از تفاوت زمان ورودی محدوده TDOA استفاده می کنند. زیرا حداقل به طور ظاهری دقیق تر از روشهای صرفاً رادیویی هستند.[۶] آنچه اهمیت دارد این است که بهره گیری از دو پارامتر برای تخمین مکان یابی موثر تر خواهد بود و منجر به افزایش دقت در اندازه های مکان یابی خواهد گردید.

¹ Tdelay

² Tradio

³ Tsound

⁴ Line- Of – Sight

⁵ echoes

۳-۶_ الگوریتم مکان یابی زاویه ورودی (AOA)

موضوع مورد نظر در این الگوریتم تعیین زاویه قرارگیری گره حسگر است. بعضی از الگوریتم های مکان یابی به زاویه داده ورودی حساس هستند. این داده ها معمولاً با استفاده از امواج رادیویی یا آرایه ای از میکروفن ها جمع آوری شده و سپس یک گره با گوش دادن و حس کردن آنها، جهت انتقال گره را تعیین می کند. همچنین جمع آوری داده ها ی مورد نیاز در الگوریتم AOA از طریق شیوه های ارتباطی نوری میسر است. [۱] [۶]

در این روشها، چندین میکروفن به طور مجزا و به شکل فضایی به یک سیگنال انتقال یافته گوش می دهند، با تحلیل فاز یا تفاوت زمان بین ورود سیگنال در میکروفن های مختلف، تعیین و کشف زاویه ورود سیگنال نیز امکان پذیر می شود.

این روشها دقت را در حد چند درجه بوجود می آورد. متأسفانه، تعداد سخت افزار های مورد نیاز برای تعیین زاویه ورودی، از میزان سخت افزار های مربوط به روش TDOA بیشتر است. به طوریکه هر گره باید دارای یک پخش کننده و چندین میکروفن باشد. با توجه به کوچکی حسگرها، جداسازی فضایی پخش کننده ها مشکل خواهد بود.

در این الگوریتم، در واقع یک قطب نمای دیجیتالی مختصات عمومی گره را به طور ساده مشخص می نماید و این نکته، در الگوریتم AOA کاملاً مفید است. در کاربردهای واقعی، بعضی از الگوریتم مکان یابی به اطلاعات زاویه ورودی نیاز مبرم دارند. بهر حال، وقتی این شیوه های مؤثرانه می شوند. موضوعات و مواردی کاربردی قادر و متمایل به استفاده از آن خواهند شد. [۶] برخی از کاربردهای شبکه های حسگری به زاویه قرارگیری گره ها و آگاهی از آن نیاز دارند. مخصوصاً در مناطقی که دقت مکان یابی و حساسیت موضوع زیاد است. لذا تعیین و برآورد آن می تواند در بعضی موارد به کمک ما بیاید.

۳-۷_ روش مکان یابی TOA

در این روش زمان ورود یک سیگنال اندازه گیری می شود، یک سیگنال رادیویی و یا صوتی ابتدا به رسیور می رسد و TOA آن اندازه گیری شده و نتیجه آن زمان انتقال و تاخیر زمانی انتشار است. تاخیر زمانی بین حسگرها در فواصل جداگانه وجود دارد.

سرعت امواج رادیویی تقریباً ۱۰۰۰۰۰۰ بار سریعتر از صوت است. اساس تکنیکهای زمانی، توانایی و قابلیت رسیورها، تخمین دقیق زمان ورود سیگنال مربوط به یک خط نور^۲ است، بدیهی است برآورد نهایی متأثر از نویزهای اضافی و سیگنالهای چند مسیر خواهد بود. ولی آنچه مشخص است این است که با آگاهی از زمان ورودی، می توان فاصله ها را براحتی تخمین زد.

منابع اصلی خطا، نویز اضافی محدوده مرزی: حتی در فقدان سیگنالهای چند مسیری^۳، دقت زمان ورودی سیگنال توسط نویزهای اضافی کاهش می یابد. تاخیر زمانی مربوطه به نویزها و تخمین آن، یک زمینه نسبتاً جدید است. معمولاً تخمین TOA زمانی است که رابطه موثر و مرتبط بین سیگنالهای دریافتی و سیگنال انتقال یافته از منبع انتشار، شناسایی شود.

در روش TOA، تاثیر محدوده ها و نقاط مرزی منطقه حسگری، به مراتب، بیشتر از تاثیر نویزهای اضافی است. سیگنالهای چند مسیری که با تاخیر می رسند از نوع خود تداخلی هستند. با توجه به اینکه تضمینی وجود ندارد که سیگنال LOS، قوی ترین سیگنالهای ورودی به رسیور باشد، لذا رسیور بجای یافتن نقطه بالایی ارتباط در کانال چند مسیر، اولین نقطه ای را که

¹ Angle Of Arrival

² Light Of Sight

³ MultiPath

ابتدا به او وارد می شود را پیدا می نماید. این کار با اندازه گیری زمانی که ابتدا یک Threshold را قطع می کند انجام می شود.

در شبکه های حسگر با چگالی بالا، هر جفت حسگر می تواند Toa را اندازه گیری کنند. به طوریکه دارای مزیت متفاوتی در خصوص توانایی اندازه گیری Toa بین همسایه های نزدیک حسگر هستیم. همانطور که طول مسیر کاهش می یابد توان سیگنال los (نسبت به توان اجزاء چند مسیری) افزایش می یابد. بنابراین مسئله los تضعیف شده، تنها در شبکه های تهی مشکل سازاست.

اجزاء چند مسیره با تعجیل ورودی، خطاهای کمتری را باعث می شوند و نمی توان آنها را براحتی متوقف ساخت. به طور کلی عرض باند سیگنال بیشتری برای حصول دقت واقعی لازم است. سیگنالهای با عریض باند پهن یا $ds-ss^1$ روشهای مشهود برای اندازه گیری زمان ورودی عرض باند بالا هستند. به هر حال عرض باند عریض تر نیازمند پردازش سیگنال سریعتر، و احتمالاً هزینه انرژی بیشتری است.

در این زمینه استانداردهای IEEE 802.15.3 پیشنهاد شده اند. توجه به مصرف توان رسیور روی ترتیبی از 200 mw است و اگر چه مدار سرعت بالا به معنای مصرف انرژی بالاتر است، عرض باند اضافی می تواند برای مصرف توان با میانگین زمانی کمتر استفاده گردد. انتقال پакتهای داده در زمان کمتر به معنی صرف زمان بیشتر در مد آماده 2 است.

۳-۸_ خود مکان یابی در شبکه های حسگر با استفاده از ترکیب DOA و TOA ^۳

خود مکان یابی در شبکه های حسگر، موضوع پویا در تحقیقات جاری است. در این زمینه روشهای چندبعدی مطرح هستند شیوه هایی که عموماً فرض را بر قابلیت دسترسی به سیگنالهای beacon می گیرد. [۱]

ترکیب TOA (time of arrival) و DOA (Direction of arrival) و اندازه گیری موثر آنها برای تخمین موقعیت گره های حسگر به کار می رود. به طور کلی، به فرض اینکه نه موقعیت منبع و نه زمانهای انتشار سیگنال را بدانیم و زمانهای انتشار سیگنال از مبدا نیز ناشناخته باشد، آنگاه زمان ورود سیگنال به هر گره حسگر نیز نمی تواند اطلاعاتی را برای، خود مکان یابی، فراهم سازد. بلکه تفاوت زمانی ورودی ها بین گره های حسگر، اطلاعاتی را برای مکان یابی مهیا می کند. [۵]

آگاهی از زمان و جهت دریافت امواج رادیویی بعنوان دو پارامتر واقعی، منجر به کسب اطلاعات دقیق تر در خصوص مکان یابی خواهد گردید. که در شیوه های مذکور این موضوع پیگیری می شود. ما نشان خواهیم داد که اگر نه محل منبع و نه زمانهای پخش سیگنال مشخص باشند و اگر حداقل ۳ گره و ۲ منبع به کار گرفته شوند، موقعیت نسبی و مختصات تمام گره های حسگر، به همان خوبی موقعیت و زمانهای پخش سیگنال های منابع تخمین زده می شود. درجه بندی 4 بجز برای محاسبه برگردان ها و چرخش های کل صحنه، سیگنال منبع را محاسبه کرده و در این حالت نمی توان تخمین زد مگر اینکه اطلاعات بیشتری در اختیار باشد. ولی با موقعیت و محل های اضافی اطلاعات یک یا ۲ منبع، مختصات مطلق حاصل می گردد. [۵]

کارایی مکان یابی واقعی، بستگی به پارامترهای زیادی خواهد داشت، مثل الگوریتم مکان یابی مورد استفاده، اندازه و چگالی شبکه، مقدار اطلاعات مختصات قبلی، روش اندازه گیری انتخاب شده و دقت ممکن اندازه ها در محیط مورد علاقه.

¹ direct sequence spread spectrum

² standby

³ Direction Of Arrival

⁴ Calibration

ماتریس‌های TOA را برای شبکه‌های حسگر با چگالی پایین مفید می‌دانیم. روشهای AOA و TOA عموماً قادر به انجام دقت بالاتر نسبت به شیوه RSS هستند.

اندازه‌های RSS، دقت مکان یابی در شبکه‌های خیلی فشرده را به همراه می‌آورند که برای طراحان سیستم بسیار جذاب است و این موضوع ناشی از هزینه‌های پایین آنها است. موضوع قابل توجهی که مطالعه می‌شود مکان یابی مشارکتی با تأکید بر روی الگوریتم‌ها است و تحقیقات کمی بر روی تخمین مکان یابی انجام شده است. شبیه‌سازی بسیار با ارزش خواهد بود، گام بعدی در تحقیقات مکان یابی شراکتی، تست الگوریتم‌هایی است که از داده‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌کنند.

به هر حال اندازه‌های RSS، TOA، AOA در شبکه‌های حسگر بی‌سیم تنها آغازی برای گزارش است. برای هدایت اندازه‌گیری در یک شبکه حسگر با N حسگر نیازمند $O(N^2)$ اندازه‌گیری است و شبکه‌های حسگر چند گانه باید اندازه‌گیری شود به منظور توسعه و تست مدل‌های آماری، برخلاف پیچیدگی آنها، داده‌ها، کلید مهمی برای تحقیقات شبکه حسگر خواهند بود.

۴_ نتیجه‌گیری

اگر در یک تقسیم‌بندی، روشهای مکان یابی را به نامهای نسبی و مطلق تقسیم کنیم. آنگاه مکان یابی نسبی در خصوص تغییرات توپولوژی، هزینه‌های سیگنالینگ بیشتری را تحمیل می‌کند. در حالیکه مکان یابی مطلق یک فضای نام منحصر به فرد را از طریق مختصات GPS ایجاد می‌کند. مسئله مکان یابی دو نکته سخت افزاری مهم دارد که عبارتند از تعریف یک سیستم مختصات و محاسبه فاصله بین حسگرها است.

ردیابی حسگر متحرک، موضوعی است که، قابلیت حرکت حسگر را بحث می‌کند. قابلیت حرکت، مسئله مکان یابی و ردیابی حسگرهای متحرک را در زمان واقعی را به عنوان یک میحث جدید مطرح می‌سازد و فرصتی برای بهبود مکان یابی شبکه حسگر است. کشف حرکت یک حسگر در شبکه ارتباطی مسئله‌ای است که کشف شده است.

به هر حال می‌بینیم که موضوع مکان یابی در شبکه‌های حسگر هنوز یک موضوع جدید و جالبی است و همچنان گامهای اولیه‌ای توأم با سعی و خطا در خصوص روشهای جدید، سخت افزارها و برنامه‌های کاربردی برداشته می‌شود. که این موضوع، ضرورت مطالعه و بررسی شبکه‌های حسگری را مشخص می‌نماید.

- [1] Xiang ji Hongyuan Zha " Sensor Positioning in Wireless Ad Hoc Sensor Networks using Multidimensional Scaling" INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies Vol: 4, PP: 2652- 2661 , March 2004
- [2] Prof. Bhaskar Krishnamachari(director) , "A Wireless Sensor Networks BiblioGraphy," University of Southern California , December 2005.
- [۳] Jamal N.Al_Karaki Ahmed E. Kamal " Routing Technique in Wireless Sensor networks" Wireless Communications, IEEE , Vol: 11 , pp: 6- 28 Dec. 2004
- [۴] Nissanka B.Priyantha , Hari Balakrishnan, Erik Demaine and Seth " Anchor_Free Distributed Localization In sensor networks" MIT Laboratory for computer science – tech report #892, april15, 2003.
- [۵] Randolph L.Moses, Dushyanth Krishnamurthy Robert M. Patterson "A Self-Localization Method for Wireless Sensor Networks" Euracip Journal on Applied signal processing 2003:4, 348-358 Hindawi Publishing Corporation.
- [۶] Jonathan Bachrach and Christopher Taylor " Localization In Sensor Networks" MIT (Massachusetts Institute Of Technology) Cambridge, MA 02139
- [۷] Dragos Niculescu Badri Nath " Ad Hoc Positioning System(APS) Using AOA" Dataman Lab, Rutgers University
- [۸] Farid Benbadis, Jean-Jacques Puig, Marcelo Dias de Amorim, Claude Chaudet, Timur Friedman, David Simplot-Ryl " Jumps: Enhancing hop-count positioning in sensor networks using multiple coordinates" Page 1. arXiv:cs.NI/0604105 v1 26 Apr 2006
- [۹] Tarnacha, A. La Porta, T.F. " E-STROBE: an adaptive beacon activation algorithm for sensor localization" Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th Publication Date: 6-9 Volume: 5, On page(s): 2951- 2955 Vol.5 Oct. 2003
- [۱۰] Neal Patwari, Alfred O. Hero III . "It Takes a Network: Cooperative Geolocation of Wireless Sensors" Ohio State University: Josh Ash, Randolph L. Moses , January 27, 2005