Archive of SID

ارائه روشی ترکیبی به کمک انرژی کلی شبکه و انرژی خاص هر گره جهت مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

سودابه عارفیان گزی[۱]، محمدرضا خیام‌باشی[۲]

[۱]دانشجوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)،ایران، Soudabeh.arefiyan۲۰۱۳@gmail.com

[۲]دانشیار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران M.R.Khayyambashi@eng.ui.ac.ir

چکیده

شبکه‌های حسگر نسل جدیدی از شبکه‌ها هستند که استفاده از آن‌ها در دهه اخیر رشد چشمگیری داشته است. این شبکه‌ها با استفاده از حسگرها، محیط فیزیکی را مشاهده کرده و سپس بر اساس مشاهدات خود تصمیم‌گیری نموده و عملیات مناسب را انجام می‌دهند. انرژی اساسی‌ترین پارامتر شبکه‌های حسگر بی‌سیم به‌دلیل استفاده از باطری به عنوان منبع تغذیه می‌باشد. پروتکل‌های مسیریابی به عنوان ابزار ارسال اطلاعات یکی از مفاهیم اساسی شبکه‌های اقتضائی در امر استفاده از انرژی مصرفی شبکه در تعاملات شبکه می‌باشند. با توجه به اهمیت تبادلات شبکه و انرژی مصرفی شبکه‌های حسگر، تاکنون الگوریتم‌های بسیاری جهت انجام تبادلات و بهبود محدودیت انرژی شبکه‌های حسگر ارائه شده‌اند در این مقاله سعی گردیده با استفاده از مسیریابی آگاه از انرژی عامل اساسی و بسیار مهم انرژی را بهبود داده و بر همین اساس ارسال کارای اطلاعات به همراه افزایش طول عمر شبکه را پشتیبانی نمود. الگوریتم پیشنهادی شامل دو مرحله در جهت تشکیل خوشه‌ها و مدیریت تبادلات و انرژی شبکه می‌باشد. مرحله اول راه اندازی و خوشه‌بندی شبکه می‌باشد و مرحله بعد مسیریابی می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی به همراه معیار مسیریابی، در مفهوم مسیریابی و بهینه کردن انرژی شبکه‌های حسگر مؤثر و کارا بوده و در نهایت کاهش مصرف انرژی افزایش کارایی و افزایش طول عمر شبکه را پشتیبانی نموده است.

واژه‌های کلیدی

الگوریتم مسیریابی، شبکه‌ی حسگر بی‌سیم، انرژی مصرفی شبکه، کارایی.

۱. مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از مهم‌ترین ابزار کسب اطلاعات و درک محیط که حسگرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون داده است شبکه‌های حسگر بی‌سیم جهت جمع آوری اطلاعات در مناطقی که کاربر نمی‌تواند حضور داشته باشدمورد استفاده قرار می‌گیرند. در یک شبکه حسگر، حسگرها به صورت جداگانه مقادیر محلی را نمونه برداری (اندازه گیری) می‌کنند و این اطلاعات را درصورت لزوم برای حسگرهای دیگر و در نهایت برای مشاهده‌گر اصلی ارسال می‌نمایند[۱]. عملکرد شبکه این است که گزارش پدیده‌هایی را که اتفاق می‌افتد به مشاهده‌گری بدهد که لازم نیست از ساختار شبکه و حسگرها به صورت جداگانه و ارتباط آنها چیزی بداند. این شبکه‌ها مستقل و خودگردان بوده وبدون دخالت انسان کار می‌کنند. از کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم می توان به مواردی همانند کنترل محیط، کاربردهای نظامی و امنیتی، کشاورزی و دامپروری، مراقبت پزشکی و مراقبت سلامتی و ... اشاره نمود[۲]. حسگرها در این شبکه‌ها از یک منبع تغذیه محدود استفاده می‌کنند که پس از اتمام آن، بدلیل غیرقابل تجدید بودن این منابع، عمر شبکه به پایان می‌رسد. برای استفاده بیشتر و افزایش عمر این شبکه‌ها، محققان همواره بدنبال روش‌هایی هستند که بتوان بوسیله آنها مصرف انرژی را کاهش داد. بیشتر انرژی مصرفی این شبکه‌ها صرف انتقال داده‌ها می‌شود. . بنابراین به جهت افزایش طول عمر شبکه و استفاده بهینه از انرژی گره‌ها مستلزم ارائه راه‌کاری در راستای کمینه نمودن ارسال و دریافت‌ها در شبکه است. از این‌رو نیازمند روشی بوده تا به واسطه انجام مسیریابی صحیح حتی الامکان از ارسال‌ها و دریافت‌های مجدد کاسته و از مسیرهای توان‌مند شبکه استفاده نمود تا به واسطه آن کم‌ترین هزینه ارسال و دریافت را در شبکه متحمل گردد.

یکی از مفاهیم اساسی و پر چالش این دسته از شبکه‌ها مبحث مسیریابی و ارسال اطلاعات می‌باشد که همواره به عنوان مهم‌ترین مقوله شبکه‌های حسگر بی‌سیم مطرح است. این پژوهش هم در پی راه‌کاری به منظور افزایش توان‌مندی مسیریابی و ارسال اطلاعات گره‌ها با رویکرد افزایش طول عمر شبکه است و روشی ارائه داده شده که دارای حداکثر کارایی در افزایش توان‌مندی شبکه را داشته و معیار اصلی شبکه‌ها حسگر که عامل انرژی می‌باشد را بهبود می‌بخشید.

در ادامه مروری به برخی الگوریتم‌هایی که در رابطه با افزایش کارایی مسیریابی و کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم انجام شده است، می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مروری بر کارهای گذشته

تا به‌حال کارهای بسیاری در راستای افزایش طول عمر شبکه با کار کردن به‌روی پروتکل‌های مسیریابی و ارسال اطلاعات ارائه گردیده است که نشان دهنده اهمیت این موضوع در شبکه‌های حسگر بیسیم می‌باشد. در این قسمت به بررسی و تحلیل برخی از آن‌ها پرداخته شده است.

در[۱۴] روشی جهت اصطلاح کارآمد سازی مصرف انرژی به‌کار رفته است، منظور استفاده صحیح و کامل از انرژی شبکه می‌باشد. به عبارتی در این پژوهش مطرح گردیده که در انتهای کار با حفظ نتایج مطلوب، هر چقدر نسبت انرژی هدر رفته بر کل انرژی موجود در ابتدا، به صفر نزدیک‌تر باشد، به همان میزان سیستم کارآمدتر می‌باشد. برای رسیدن به این امر در پژوهش ذکر شده، E_{total} بیان‌گر مجموع انرژی صرف شده برای انجام کاری مشخص و $E_{effective}$ انرژی مؤثر بر انجام کار محوله در نظر گرفته شده است. به عبارتی دیگر اگر سیستم ایده‌آل داشته باشیم، انرژی صرف شده برای انجام کار برابر با انرژی مؤثر خواهد بود[۴]. هم‌چنین $E_{noneffective}$ بیان‌گر هزینه اضافی صرف شده برای انجام همان کار به دلیل عدم داشتن سیستمی ایده‌آل منظور گردیده است. در کل می‌توان نتیجه گرفت مجموع انرژی مؤثر و انرژی غیر مؤثر یا انرژی هدر رفته برابر با کل انرژی صرف شده می‌باشد که از رابطه (۱) حاصل می‌گردد.

$$E_{total} = E_{effective} + E_{noneffective} \quad (۱)$$

حال طبق تعریفی که از کارآمد بودن ارائه شده است، کارآمد بودن سیستم از رابطه (۲) حاصل می‌گردد:

$$\text{Efficiency} = \frac{E_{effective}}{E_{total}} \times ۱۰۰ = \frac{E_{total} - E_{noneffective}}{E_{total}} \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

در این پژوهش با استفاده از معیار ارائه شده کارآمد بودن سیستم به‌خوبی منظور گردیده است ولی به این نکته توجهی نشده که جهت پیاده‌سازی کارا و بهبود منبع انرژی باید انرژی را در دو سطح مختلف، بهبود انرژی در سطح گره و بهبود انرژی در سطح شبکه مورد بررسی قرار داد. روش ارائه شده در بالا تنها یک سطح، آن هم بهبود انرژی در سطح شبکه را منظور کرده که با در نظر نگرفتن سطح انرژی گره این بهبود ناکارآمد خواهد بود[۱۵] .

در [۳] الگوریتمی مطرح شد که روشی بر پایه‌ی تشکیل درخت پوشا هنگام کشف مسیر استفاده شده است. روش کار به این صورت است که گره‌ای که بیشترین انرژی باقی‌مانده را دارد به‌عنوان ریشه انتخاب می‌گردد و تبادلات با استفاده از این گره در مسیر شبکه انجام می‌گیرد. . در این روش یک مدیریت پویا نیاز است تا انتخاب گره‌ها را به صورت مؤثر در سطح شبکه انجام دهد. یکی از مشکلات این روش پیچیدگی بالا به دلیل آگاهی گره‌ها از میزان انرژی گره‌های شبکه در طول عمر شبکه می‌باشد. همچنین روش پیشنهادی توجهی به انرژی مصرفی کل شبکه نداشته و تنها ارسال قابل اطمینان را پشتیبانی می‌نماید و کاهش انرژی کلی شبکه را به همراه دارد.

در [۵] علاوه بر هدف بهینه کردن توان مصرف شده در گره‌ها، بر روی کیفیت سرویس ارائه شده برای جریان داده‌های مختلف نیز تأکید می‌گردد. در این روش، دو ترافیک مختلف BE[۱] که حساسیت زمانی خاصی ندارد و ترافیک RT[۲] (زمان حقیقی) که به تأخیر زمانی حساس می‌باشد، معرفی می‌گردد و برخورد گره‌های میانی در طول یک مسیر با این دو جریان متفاوت است. گره‌ها در برخورد با جریان‌های BE گره‌های بعدی را از روی گره‌هایی با حداکثر انرژی موجود انتخاب می‌نمایند تا مصرف توان در شبکه را متعادل سازند. ولی در مورد جریان‌های RT، گره‌هایی با حداقل فاصله با مقصد ترجیح داده شده تا تأخیر ناشی از ارسال اطلاعات به حداقل مقدار ممکن برسد. البته در این روش برای هر دو جریان، توازنی میان مصرف متعادل انرژی و حداقل فاصله با مقصد ایجاد گردیده است. چون در BE معیارش انرژی است اما از میان مسیرهای پر انرژی کم تاخیرترین را استفاده می‌کند. هم‌چنین در RT هم معیار تاخیر است ولی سعی می‌شود از میان کم تاخیرترین مسیرها، کاراترین را انتخاب کند. در پژوهش ارائه شده تمرکز روی مسیرهای خاصی به جهت برآورده کردن نیازهای ذکر شده می‌باشد. این تمرکز، توازن بار شبکه را در تعاملات شبکه از بین می‌برد و در نهایت مصرف انرژی زیاد برخی از گره‌ها را به دنبال دارد که با از بین رفتن این گره‌های کلیدی کارایی کل شبکه را تحت شعاع خود قرار می‌دهد.

در [۶] روشی با بهره‌گیری از نحوه عملکرد پروتکل‌های سیل‌آسای مسیریابی به‌منظور افزایش اطمینان در شبکه ارائه شده است .راه‌کار پیشنهادی از چندین مسیرکه فقط قسمتی از آن‌ها مستقل و بقیه مسیر مشترک است در فرایند مسیریابی کشف و به منظور ارسال اطلاعات استفاده می‌کند. این پژوهش سربار بالایی را به منظور مسیریابی عنوان شده ارائه نموده است. همچنین پژوهش ارائه شده بارکاریی شبکه را به در مسیرهای اصلی شبکه منتشر می‌نماید که این امر اتمام انرژی این مسیرها و اتمام طول عمر شبکه را به دنبال دارد.

در [۷] و [۸]جهت افزایش طول عمر شبکه، از یک‌سری مسیرهای زیر بهینه استفاده می‌گردد. این مسیرها به واسطه یک تابع احتمال انتخاب شده که با توجه به مصرف انرژی در آن مسیرها تعیین می‌گردند. استفاده دائمی از مسیری که کم‌ترین انرژی در آن تلف گردیده، باعث تخلیه انرژی حسگرهای موجود در آن مسیر می‌شود. در این روش به‌جای استفاده از مسیر بهینه، چند مسیر زیربهینه در نظر گرفته شده که با استفاده از یک تابع احتمال فقط یکی از آن‌ها انتخاب و برای مدتی از آن مسیر استفاده می‌شود. این پروتکل از سه مرحله تشکیل شده است:

مرحله اولیه: در این مرحله با استفاده از پروتکل سیل‌آسای محلی، مسیرها تا مقصد شناسایی و جدول‌های مسیریابی ایجاد می‌گردند. در طی این عملیات، تابع هزینه انرژی برای هر حسگر حساب می‌گردد. برای مثال اگر درخواست از حسگر Ni به حسگر Nj ارسال گردد، حسگر Nj تابع هزینه مسیر را مطابق رابطه (۳) حساب می‌کند.

$$C_{Nj,Ni} = Cost(Ni) + Metric(Nj, Ni) \quad (۳)$$

---

۱. Best Effort

۲. Real Time

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش انتخاب حسگرها بر مبنای نزدیکی آن‌ها به مقصد می‌باشد. هر حسگر به هر یک از همسایه‌های خود که در جدول ارسال وجود دارند یک احتمال نسبت می‌دهد. این احتمال که با معکوس هزینه رابطه مستقیم دارد، به‌صورت رابطه (۴) حاصل می‌شود.

$$P_{N_jN_i} = \frac{1/C_{N_jN_i}}{\sum_{K\in FT_i} 1/C_{N_jN_i}} \qquad (۴)$$

نیز هزینه متوسط تا مقصد را با توجه به همسایه‌هایی که در جدول ارسال وجود دارند مطابق رابطه (۵) محاسبه می‌کند. این مقدار به‌دست آمده برای Nj به همسایه‌ها ارسال می‌گردد.

$$Cost(N_J) = \sum_{t\in FT_j} P_{N_jN_i} C_{N_jN_i} \qquad (۵)$$

مرحله دوم، انتقال داده‌ها: هر حسگر داده خود را به یکی از همسایه‌های خود که در جدول ارسال وجود دارد با توجه به احتمال اختصاص داده شده به آن همسایه ارسال می‌نماید.

مرحله سوم، مرحله حفاظت مسیرها: هر چند وقت یک‌بار، یک داده به‌صورت پخش سیل‌آسا محلی فرستاده می‌شود تا از سالم بودن مسیرها اطمینان حاصل گردد.

عملکرد این پروتکل به این‌صورت است که از بین چند مسیر، تنها مسیری انتخاب می‌گردد که نرخ داده بیشتری به‌واسطه آن دریافت می‌شود. اما اگر مسیر انتخاب شده به هر دلیلی از کار افتد، دیگر مشکلی پیش نمی‌آید. زیرا علاوه بر مسیر اصلی، مسیرهای دیگری هم در اختیار است. در این پروتکل معیار ارزیابی کارایی و انتخاب مسیر انتقال داده و کارایی مسیر بر مبنای انرژی می‌باشد. به دلیل معادلات استفاده شده معیار انتخاب مسیر انرژی کل مسیر لحاظ گردیده و به انرژی هر گره در مسیر انتها به انتها توجهی نشده است که در طول عمر شبکه افت کارایی روش پیشنهادی را به دنبال خواهد داشت. هم‌چنین روش پیشنهادی به دلیل انتخاب مسیر مناسب از تأخیر بالا رنج می‌برد.

در [۹] پروتکلی تحت عنوان ECHERP مطرح گردیده است، که بر محوریت خوشه بندی است .این پروتکل شبکه را سطح سطح در نظر گرفته است و هر گره بر اساس موقعیت و فاصله تا ایستگاه پایه به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود.پس از انتخاب گره‌های سرخوشه یک برنامه زمانی TDMA اجرا شده و به گره‌ها داده می‌شود تا هر گره در بازه زمانی مختص خودش داده‌ها را ارسال کند و بعد به خواب فرو می‌رود.وقتی گره‌ها اطلاعاتشان را به سرخوشه ارسال کردند سرخوشه این اطلاعات را با انتشار سطح به سطح به ایستگاه پایه ارسال میکند.در این روش انرژی گره درنظر گرفته نشده است چون در انتخاب سرخوشه موقعیت تا ایستگاه پایه سنجیده می‌شود نه انرژی گره. همچنین برای بهبود انرژی شبکه باید مسیریابی هم مبتنی بر انرژی باشد اما در این‌جا با انتشار فراگیر سطح به سطح اطلاعات سبب افزایش تبادلات و انرژی مصرفی شبکه می‌شود و هیچ عامل مسیریابی برای بهبود انرژی شبکه هم در نظر گرفته نشده است.

در [۱۰] پروتکل MAOMDV معرفی شده است. یک پروتکل مسیریابی چند مسیره مبتنی بر انرژی و کارایی است. این پروتکل شامل چهار فاز است: فازکشف مسیر، فاز کشف از دست دادن بسته، فاز انتخاب مسیر و فاز تعمیر و نگهداری مسیر. روش کار به این صورت است که همانند روش AOMDV مسیریابی انجام می‌شود. سپس برای هر مسیر درصد از دست رفتن بسته را محاسبه شده ومسیرها را با SAW که مبتنی بر انرژی و کارایی است، وزن می‌دهد.سپس بر اساس SAW و از دست دادن بسته مسیری را انتخاب می‌کند.

هدف اصلی این پروتکل‌های بررسی شده افزایش کارایی و کاهش انرژی مصرفی است. در اغلب این الگوریتم‌ها به منظور بهبود انرژی تنها بر پایه یک معیار؛ که غالباً بر پایه کارایی مسیر و استفاده از مسیری شامل گره‌های پر انرژی یا انتخاب گره بعدی با پارامتر انرژی باقی‌مانده گره استوار می‌باشند. این امر کارایی روش‌های ارائه شده در طول عمر شبکه را کاهش داده و از قابلیت‌های آن‌ها می‌کاهد. در این پژوهش سعی بر فائق آمدن بر این مسئله با ارائه روشی که انرژی هر گره به صورت مستقل، انرژی کلی شبکه و کارایی مسیر را به صورت همروند در نظر گرفته و پیاده‌سازی شده است. با ارائه چنین راه‌کاری انرژی شبکه در طول عمر شبکه توزیع شده، انرژی برخی از گره‌های میانی تحت تأثیر منفی قرار نگرفته و طول عمرشان به اتمام نرسیده، بهترین مسیر ارسال اطلاعات استفاده شده و انرژی کلی شبکه نیز بهبود می‌یابد. ازاین‌رو راه‌کار ارائه شده بسیار توان‌مند به منظور حفظ و استفاده بهینه از انرژی با ملاحضه نمودن پارامترهای مختلف، در طول عمر شبکه می‌باشد.

۳. روش پیشنهادی

افزایش کارایی و طول عمر در این شبکه‌ها از منظر این پژوهش به دو عامل بستگی دارد. اولین عامل به مسیریابی مبتنی بر انرژی و آگاه از انرژی برمی‌گردد. دومین عامل به مسیریابی کارا و توانمند در این شبکه‌ها مربوط می‌شود. گره‌ها از یک مسیر برای انتقال داده استفاده می‌نمایند و انرژی گره‌ها در این مسیر به اتمام می‌رسد، در صورتی‌که انرژی کل شبکه بسیار زیاد است ولی به دلیل دو قسمت شدن شبکه، طول عمر شبکه پایان می‌پذیرد. بنابراین برای افزایش طول عمر در این شبکه‌ها از دیدگاه پژوهش جاری دو راه‌حل کلی وجود دارد. اولین راه‌حل به مصرف انرژی در هر گره مربوط می‌شود و دومین راه‌حل که بسیار اساسی و مهم می‌باشد متوازن کردن انرژی و مسیریابی کارا می‌باشد. افزایش کارایی عملکرد پروتکل‌های مسیریابی می‌تواند در هنگام کشف و پشتیبانی از مسیرها، دستیابی به هدف مذکور را حاصل نماید. پژوهش جاری نیز بر همین اساس مطرح و در پی راه‌کاری به منظور افزایش توان‌مندی مسیریابی و ارسال اطلاعات گره‌ها با رویکرد افزایش طول عمر شبکه بوده است تا روشی ارائه گردد که دارای حداکثر کارایی در افزایش توان‌مندی شبکه را داشته و معیار اصلی شبکه‌های حسگر که عامل انرژی می‌باشد را بهبود دهد (بزرگ‌ترین محدودیت‌های این دسته از شبکه‌ها مقوله انرژی و استفاده از منبع انرژی محدود می‌باشد).

برخی از مهم ترین معیارها که تاثیر زیادی در امر مسیریابی دارند عبارتند از: انرژی گره های شبکه، تاخیر شبکه، پهنای باند شبکه، نرخ از دست رفتن بسته ها. چهار پارمتر و معیار بیان شده به عنوان پارامترهای اساسی در راه‌کار پیشنهادی به منظور بهبود طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم

www.SID.ir

Archive of SID

به واسطه عملیات مسیریابی می‌باشد که اساس راه‌کار پیشنهادی بر پایه عملکرد این میعارها استوار و توسعه یافته است.

در راه‌کاری پیشنهادی الگوریتمی با ایده گرفتن از مرجع (نیکلیداکیس و همکاران۲۰۱۳) جهت انجام تبادلات شبکه و مدیریت انرژی کلی شبکه ارائه گردیده و در بخش بعد معیار مسیریابی الگوریتم پیشنهادی بیان شده و ذکر خواهد شد که چگونه الگوریتم پیشنهادی به همراه معیار مسیریابی، در مفهوم مسیریابی و بهنیه کردن انرژی شبکه‌های حسگر مؤثر و کارا خواهد بود و در نهایت افزایش طول عمر شبکه را پشتیبانی خواهد نمود. در ادامه چگونگی الگوریتم خوشه‌بندی به همراه جزئیاتش که شامل دو مرحله در جهت تشکیل خوشه‌ها و مدیریت تبادلات و انرژی شبکه می‌باشد. بیان شده است.

۳-۱ مرحله خوشه بندی

در این مرحله از روش پیشنهادی ایستگاه پایه، در سطح اول یک پیام با قدرت سیگنال پایین در شبکه منتشر می‌نماید (به عنوان سیگنال سطح اول). همه گره‌هایی که پیام ارسالی را دریافت می‌نمایند خود را به عنوان سطح اول شبکه در نظر می‌گیرند. در مرحله بعد ایستگاه پایه قدرت سیگنال خود را افزایش داده و پیام را مجدداً در شبکه منتشر می‌نماید (به عنوان سطح دوم). همه گره‌هایی که پیام را دریافت می‌نمایند به جز گره‌هایی که به عنوان سطح اول تنظیم شده‌اند، خود را به عنوان سطح دوم شبکه در نظر می‌گیرند. این روال ادامه می‌یابد تا زمانی که ایستگاه پایه به همه سطوح شبکه پیام‌های متناظر را ارسال نماید. پیام‌های ارسالی ایستگاه پایه را پیام سطح نامیده می‌شود.

هر سطح به خوشه‌ها تقسیم می‌گردد. برای هر سطح iام، گره‌های آن سطح تصمیم گرفته که آیا در دور جاری سرخوشه شوند یا خیر. برای این منظور گره یک عدد تصادفی x بین صفر و یک انتخاب می‌نماید. اگر عدد تصادفی انتخاب شده کمتر از مقدار آستانه $T(n)$ باشد گره به عنوان سرخوشه انتخاب می‌گردد. عملیات مربوط به محاسبه $T(n)$ در رابطه (۶) ارائه گردیده است.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1-P*(r \bmod \frac{1}{p})} * \frac{E_{cur}(n)}{E_{init}(n)} * \frac{1}{density} & , if n \in G \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (۶)$$

به طوری‌که:

P: احتمال سرخوشه شدن گره n

r: دور جاری

G: مجموعه‌ای از گره‌هایی که در $\frac{1}{p}$ دور گذشته به عنوان سرخوشه انتخاب نشده‌اند.

$E_{cur}(n)$: انرژی باقیمانده گره

$E_{init}(n)$: انرژی اولیه گره

density: چگالی اتصال گره

با توجه به رابطه ارائه شده در ادامه هر گره با محاسبات ذکر شده اگر خودش را به عنوان سرخوشه در دور جاری انتخاب نماید، یک پیام آگاهی[۳] جهت اطلاع بقیه گره‌ها با استفاده از پروتکل CSMA[۴] منتشر می‌نماید. همه گره‌های سرخوشه پیام آگاهی را با قدرت انتقال یکسان در شبکه منتشر می‌نمایند. گره‌های معمولی، پیام‌های آگاهی ارسالی از گره‌های سرخوشه را دریافت نموده و در ادامه با توجه به قدرت سیگنال دریافتی تصمیم می‌گیرند که به کدام سرخوشه در دور جاری اعلام عضویت نمایند. در ادامه انتخاب سرخوشه، گره اعلام عضویت خود را به سرخوشه منتخب اطلاع می‌دهد. گره سرخوشه با توجه به گره‌های عضو خوشه خود، یک برنامه زمانی TDMA[۵]تنظیم و در اختیار گره‌ها قرار می‌دهد. گره‌ها در بازه‌های زمانی مخصوص به خود داده‌های خود را برای سرخوشه ارسال نموده و در ادامه به منظور کمینه کردن انرژی مصرفی به حالت غیرفعال (خواب) می‌روند. همچنین گره‌های عضو قادرند با کم‌ترین قدرت سیگنال، داده‌های خود را برای گره سرخوشه ارسال نموده که منجر به کاهش انرژی مصرفی و افزایش طول عمر شبکه می‌گردد. قدرت سیگنال ارسال به واسطه قدرت پیام آگاهی ارسالی از سمت گره سرخوشه تعیین و مشخص می‌گردد. پس از سازمان‌دهی خوشه‌ها و تشکیل خوشه‌ها، انتخاب سرخوشه پس از بازه زمانی T مجدداً انجام می‌شود. دلیل این امر متوازن ساختن انرژی مصرفی گره‌ها می‌باشد. زیرا که گره‌های سرخوشه میزان انرژی بیشتری در مقایسه با دیگر گره‌ها صرف نموده که این امر مستلزم این است تا انتخاب سرخوشه‌ها پس از یک بازه زمانی مجدد انجام شود.

۳-۲ مرحله مسیریابی

پس از سازمان‌دهی شبکه در غالب سرخوشه‌ها، گره‌های عضو داده‌های خود را در اختیار سرخوشه‌ها قرار داده و سرخوشه به جهت ارسال داده‌های دریافتی با توجه به اهداف پژوهش جاری در جهت کارآمدسازی تبادلات و بهینه نمودن انرژی مصرفی و افزایش طول عمر شبکه، از معیار مسیریابی استفاده می‌نمایند.

در مسیریابی و انرژی مصرفی شبکه‌های حسگر بی‌سیم نرخ پذیرش بسته‌ها در شبکه می‌باشد. با توجه به رسانه انتقال بی‌سیم شبکه‌های حسگر، پارامتر نرخ دریافت بسته‌ها رابطه مستقیمی با فاصله بین گره‌ها دارد با توجه به مرجع[۱۱] نرخ دریافت از رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

$$PRR = \begin{cases} 1 & d < D_1 \\ \left[\frac{D_2 - d}{D_2 - D_1} + X\right] & D_1 < d < D_2 \\ 0 & d > D_2 \end{cases} \quad (۷)$$

همچنین با اساس مرجع [۱۲] انرژی مصرفی به جهت ارسال بسته به ایستگاه پایه با استفاده از رابطه۸ حاصل می‌گردد.

$$E_e = \frac{(prr_{i,i+1}(E_e^i + b) + ab)(1 - a^{R+1})}{1 - a} \quad (۸)$$

۳. Advertisement

۴. Carrier Sense Multiple Access

۵. Time Division Multiple Access

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه ۹ به عنوان معیار مسیریابی در مرجع[۱۳] پیشنهاد شده است.

$$E = \frac{\prod_{k\neq destinaionn} pr_{i,i+1}}{delay\left(prr_{i,i+1}\left(E_e^i + b\right) + ab\right)\left(1 - a^{R+1}\right)}(1-a) * e_i \qquad (9)$$

در رابطه بالا $pr_{i,i+1}$ برابر نرخ پذیرش بسته بین گره i و گره همسایه i+۱ است در این رابطه E_e^i، انرژی مصرفی از گره مبدأ تا گره i+۱ می‌باشد.b، برابر با مقدار انرژی لازم به منظور پردازش بسته می‌باشد.مقدار a برابر با $1 - prr_{i,i+1}$ می‌باشد. دراین رابطه انرژی باقیمانده گره e_i نامیده شده است. در هر گره یک پارامتر مستقل به نام e_i لحاظ می‌شود که انرژی باقمیانده گره می‌باشد. محاسبه‌ی این پارامتر و به‌روزرسانی آن توسط خود گره در دوره‌ها و بازه‌های زمانی به صورت متناوب انجام می‌شود. میزان این پارامتر برابر با ظرفیت انرژی منیع تغدیه گره در شبکه است. با گذشت زمان و فرایندهای شبکه، انرژی باقیمانده گره کاهش می‌یابد، بنابراین در هنگام اتمام انرژی مقدار این پارامتر نزدیک به صفر خواهد بود.

در راه‌کار پیشنهادی به منظور افزایش طول عمر شبکه، کاهش هزینه‌های تحمیلی بر شبکه به علت عدم کارایی ارسال‌ها و دریافت‌ها و بهبود استفاده از منابع شبکه، دو معیار فعالیت گره مسیرهای میانی و پهنای باند به معیار مسیریابی افزوده شده است. . برای این منظور انتخاب گره‌ای که دارای حجم بار کمتر یا تهی باشد، موجب به‌کارگیری ظرفیت خالی شبکه می‌شود و عملاً حجم بار در سطح گره‌های همسایه یکنواخت‌تر می‌شود. از طرفی استفاده از مسیرهایی با پهنای باند بهتر منجر به انتقال داده‌ها به نحو مطلوب و کارا خواهد شد. هم‌چنین به کار بردن مسیرهایی با پهنای باند کاراتر، کاهش از دست رفتن بسته‌ها در اثر برخورد، انتقال ناکارآمد و پهنای باند محدود را بشدت کاهش داده و هزینه‌های تحمیلی انرژی و منابع شبکه را می‌توان بهینه نمود. از طرفی دو مؤلفه پهنای باند و آنالیز فعالیت گره مبنای توزیع بار ترافیکی در سطح شبکه و متوازن ساختن انرژی مصرفی در گره‌های میانی و در نهایت افزایش کلی طول عمر شبکه می‌گردد. آنالیز اعتبار گره‌ها در زمینه فعالیت گره بر اساس درصد ظرفیت خالی بافر گره نسبت به ظرفیت کل بافر می‌باشد. محاسبه اعتبار هر گره توسط خود آن گره و به واسطه رابطه ۱۰ انجام می‌گیرد:

$$Vi = \frac{FreeSpaceofQueue}{AllSpaceofQueue} \qquad (10)$$

بدین ترتیب گره جاری از وضعیت حجم کاری و فعالیت گره‌های همسایه خود آگاهی می‌یابد و در جدول مربوط به اعتباردهی همسایه ذخیره می‌نماید. هم‌چنین پارامتر پهنای باند بر معیار مسیریابی افزوده شده و در نهایت مقدار حاصله در جدوال مسیریابی گره ذخیره و مسیری با کاراترین معیار به عنوان مسیر اصلی ارسال داده‌ها در سطح شبکه انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بنابراین در راه‌کار پیشنهادی، میزان Vi و BW بیان‌گر حجم کاری گره و پهنای باند مسیرهای موجود است را در معیار مسیریابی لحاظ کرده تا کارایی روش پیشنهادی افزایش یابد. در نهایت معیار مسیریابی روش پیشنهادی با رابطه ۱۱ محاسبه و حاصل می‌گردد.

$$E = \frac{\prod_{k\neq destinaionn} pr_{i,i+1}}{delay\left(prr_{i,i+1}\left(E_e^i + b\right) + ab\right)\left(1 - a^{R+1}\right)}(1-a) * \mathrm{BW} * Vi * e_i \qquad (11)$$

در نهایت مسیری با کاراترین معیار به عنوان مسیر اصلی ارسال داده‌ها در سطح شبکه انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴. ارزیابی

برای تعیین آثار مسیریابی پروتکل پیشنهادی از شبیه‌سازی و مقایسه آن با دیگر پروتکل‌ها استفاده شده است. در این بخش با استفاده از ابزار شبیه‌سازی OPNET اقدام به شبیه‌سازی پروتکل پیشنهادی و مقایسه آن با دو پروتکل MAOMDV [۱۰] و ECHERP [۹] شده است. در این تحقیق از هیچ ماژول جانبی استفاده نشده و از همان متدها و ماژول های OPNET استفاده شده است. در ادامه بخش به تشریح جزئیات شبیه‌سازی پرداخته شده است. جهت ارزیابی پروتکل پیشنهادی با دو پروتکل بالا از پارامترهای زمان ارسال ترافیک، شکست مسیر، بارگیری شبکه، بازدهی(کارایی)، نرخ از دست رفتن بسته‌ها و انرژی مصرفی شبکه استفاده شده است. پارامترهای مربوط به سناریوهای شبیه‌سازی انجام شده در جدول(۱) ذکر گردیده است.

جدول(۱) پارامترهای مربوط به شبیه‌سازی

پارامتر	معیار
شبیه‌ساز	ورژن ۱۴,۵
ابعاد محیط	۲۰۰۰ m * ۲۰۰۰m
پروتکل لایه انتقال	UDP
توزیع گره‌ها	Random
نوع ترافیک	Constant Bit Rate (CBR)
تعداد حسگرها	۸۰ گره
انرژی ارسال	۰،۰۰۱ J
زمان شروع شبیه سازی	۱۰۰ ثانیه
نوع کانال	Channel/Wireless Channel
نرخ انتقال	۱۱Mbps
مدل انتشار	Propagation/ Two Ray

۴-۱ نتایج شبیه‌سازی

برای ارزیابی عملکرد و کارایی پروتکل مسیریابی جدید، پروتکل پیشنهادی در شرایط یکسان با توجه به پارامترهای بیان شده در جدول (۱)، با پروتکل MAOMDV[۱۰] و پروتکل ECHERP[۱۱] مورد مقایسه قرار گرفته است. انتخاب پروتکل MAOMDV در مقایسه نتایج شبیه سازی، به دلیل استفاده این پروتکل از پارامترهای تاخیر و از دست رفتن بسته می‌باشد و با استفاده از SAW مسیرها را ارزش‌گذاری می‌کند همانند الگوریتم

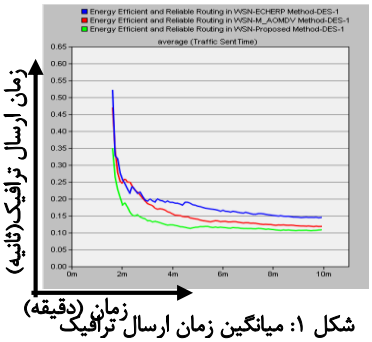
www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهادی که از پارامترهای تاخیر و نرخ از دست دادن بسته و یکسری پارامتر دیگر استفاده شده تا در نهایت مسیرها با نرخ کارایی ارزش گذاری شود. پروتکل ECHERP هم استفاده از سطح بندی کردن شبکه و خوشه بندی کردن گره‌ها همانند الگوریتم پیشنهادی، باعث انتخاب آن به عنوان یکی از پروتکل‌های مورد مقایسه در نتایج شبیه سازی شده است. در این شبیه سازی عملکرد پروتکل ارائه شده در مقابل پروتکل ECHERP و پروتکل MAOMDV از جنبه‌های مختلف سنجیده شده و با توجه به آن‌چه در شکل‌های زیر نمایش داده شده، نشان داده شده که الگوریتم پیشنهادی در زمان ارسال ترافیک، شکست مسیر، بارگیری شبکه، بازدهی(کارایی)، نرخ از دست رفتن بسته‌ها و انرژی شبکه بهبود حاصل کرده است.

۴-۱-۱ زمان ارسال ترافیک

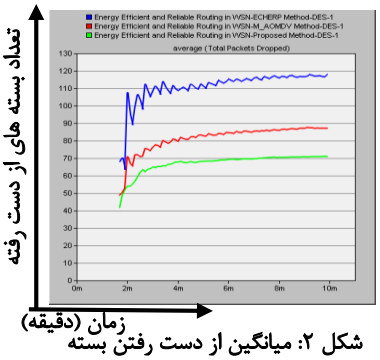
زمانی طول می‌کشد تا بسته از مبدا به مقصد برسد به آن زمان ارسال ترافیک گویند. زمان ارسال ترافیک بستگی به نحوه‌ی عملکرد پروتکل در ارتباطات دارد. زمان ارسال ترافیک در الگوریتم پیشنهادی نسبت به پروتکل ECHERPو پروتکل MAOMDV بهبود داده شده که این بهبود به دلیل افزایش قدرت مسیریابی است که حاصل عملکرد پروتکل پیشنهادی است که سعی می‌کند کم تاخیرترین مسیر را استفاده کند.



شکل ۱: میانگین زمان ارسال ترافیک

۴-۱-۲ نرخ از دست رفتن بسته

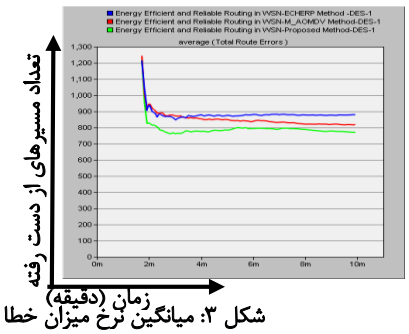
ماهیت شبکه‌های حسگر بی‌سیم این‌گونه است که در این شبکه‌ها همیشه از دست رفتن بسته و ارسال مجدد وجود دارد ولی کاهش و یا افزایش آن به عملکرد پروتکل مسیریابی بستگی دارد. الگوریتم پیشنهادی از نظر از دست رفتن بسته توان‌مند است چون نرخ دور ریز بسته و پهنای باند را در نظر می‌گیرد و سعی می‌کند از بهترین‌ها بهترین را انتخاب کند.



شکل ۲: میانگین از دست رفتن بسته

۴-۱-۳ نرخ میزان خطا

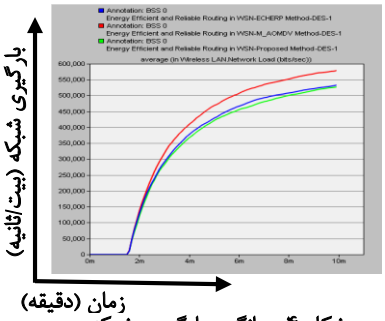
مسیرهایی در شبکه وجود دارد که از آن‌ها داده ارسال می‌شود منظور از شکست مسیر این است که این مسیرها به خاطر خطاهایی که حین تبادلات در مسیر انجام می‌شود مانند اغتشاشات و نویز، از دست می‌رود. این خطاها را می‌توان کاهش داد اما نمی‌توان به صفر رساند. حال وقتی سعی شود کاراترین مسیر انتخاب شود احتمال شکست آن کم‌تر است.در پروتکل پیشنهادی چون مسیرهایی که برای ارسال انتخاب می‌شود مسیرهای کار آمدی است منجر به کاهش شکست مسیر می‌شود.



شکل ۳: میانگین نرخ میزان خطا

۴-۱-۴بارگیری شبکه

به میزان ترافیک ارسالی و حجم ترافیکی که در یک شبکه وارد می‌شود بارگیری شبکه گفته می‌شود. هم‌چنین با توجه به این نکته که خوشه بندی سبب کاهش ترافیک می‌شود در روش پیشنهادی چون از خوشه بندی استفاده می‌کند بهتر است.



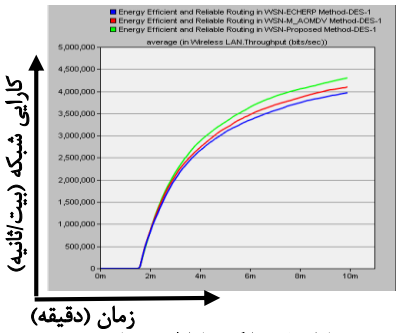
شکل ۴: میانگین بارگیری شبکه

۴-۱-۵ کارایی و بازدهی شبکه

میزان کارایی شبکه در ارسال و دریافت واقعی اطلاعات، تعیین کننده بازدهی شبکه است. در واقع بازدهی شبکه به نرخ ارسال واقعی داده‌ها در شبکه گفته می‌شود. نرخ واقعی شبکه همیشه از نرخ انتقال شبکه به‌دلیل اتفاقاتی مانند برخورد و خطاهای غیر قابل پیش‌بینی پایین‌تر است که این نرخ انتقال را بازدهی شبکه می‌نامند. به‌طور کل کارایی به کلیه عملیات در شبکه، که نهایتاً داده اصلی به مقصد می‌رسد گفته می‌شود. چون کارایی بیشتر از تبادلات تاثیر می‌پذیرد و الگوریتم پیشنهادی هم روی کاهش تبادلات از طریق کاهش از دست دادن بسته کار کرده است. هم‌چنین در امر مسیریابی با دخالت دادن پارامترهای مؤثرتر برای انتخاب مسیر سعی در انتخاب کاراترین مسیر دارد تا سبب کاهش ارسال و دریافت‌ها شود به همین دلایل نسبت به دو روش دیگر بهبود داشته است.

www.SID.ir

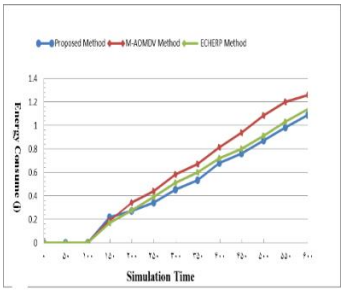
Archive of SID



شکل ۵: میانگین کارایی شبکه

۴-۱-۶ انرژی مصرفی شبکه

همان‌گونه که در شکل نمایش داده شده الگوریتم پیشنهادی در اوایل شبکه کمی بیشتر انرژی مصرف کرده است و این هم به دلیل خوشه بندی و پردازش‌های سنگین است که در مسیریابی انجام می‌شود تا ساختار روش پیشنهادی ایجاد شود ولی در ادامه چون الگوریتم پیشنهادی توان‌مند شده و معیارهای شبکه را محاسبه کرده و تبادلات آنها را در نظر گرفته است و این باعث شده که انرژی مصرفی آن نسبت به پروتکل دیگر بهبود یابد.



شکل ۶: میانگین انرژی مصرفی شبکه

۵. نتیجه گیری

تمرکز این پژوهش در زمینه مسیریابی و ارسال اطلاعات و سیاست انتخاب گره‌های میانی در جهت مصرف کمتر انرژی گره‌ها و ایجاد بستری مطمئن برای انتقال بسته‌های داده می‌باشد. در این مقاله سعی گردیده با استفاده از مسیریابی آگاه از انرژی عامل اساسی و بسیار مهم انرژی را بهبود داده و بر همین اساس ارسال کارای اطلاعات به همراه افزایش طول عمر شبکه را پشتیبانی و مؤثر نمود. هدف این پژوهش متوازن کردن انرژی و مسیریابی کارا می‌باشد. مشاهده گردید که چگونه روش پیشنهادی با تکیه بر دو جزء خود بهبود عملکرد شبکه و میزان انرژی مصرفی شبکه را حاصل نمود. روش پیشنهادی کمترین زمان ارسال ترافیک (شکل ۱) ، کمترین از دست دادن بسته (شکل۲) ، کمترین نرخ خطا (شکل ۳) و بارگیری شبکه را داشته به دلیل اینکه تمام پارامترهای موثر در مسیریابی از جمله تاخیر، پهنای باند و نرخ از دست رفتن بسته را در تصمیمات مسیریابی خود در نظر گرفته و کاراترین مسیرها را انتخاب می‌کند. با توجه به ارزیابی‌های انجام شده پروتکل پیشنهادی بیشترین کارایی و کاهش مصرف انرژی را نسبت به دو روش مورد مقایسه داشته است و آن هم به دلیل استفاده از خوشه بندی توانمند و مسیریابی کارا مصرف انرژی را بهبود داده است.

منابع

[۱]. Akyildiz F, Wang X, and Wang W. ۲۰۰۵. Wireless mesh networks. Computer Networks and ISDN Systems Elsevier Science Publishers, ٤٧(٤): ٤٤٥-٤٨٧.

[۲]. Yoon M, and Kim YK. ۲۰۱۳. An Energy-efficient routing protocol using message success rate in wireless sensor networks, Journal of Convergence, ۳: ۱۵-۲۲.

[۳]. Lee M, and Wong VW. ۲۰۰۵. An Energy-aware spanning tree algorithm for data aggregation in wireless sensor networks. Communications, Computers and signal Processing, ۲۰۰۵. PACRIM. ۲۰۰۵ IEEE Pacific Rim Conference on IEEE, pp: ۳۰۰-۳۰۳.

[٤]. Torregozal J, and Joo HW. ۲۰۰٦. Quality of service aware route discovery for wireless sensor networks. ICE-ICASE International Join Conference, PP: ۲۱۵۳-۲۱۵۷.

[٥]. Chen M, Kwon T, and Choi Y. ۲۰۰٦. Energy-efficient differentiated directed diffusion (EDDD) for real-time traffic in wireless sensor networks. Computer Communications, ۲۹(۲): ۲۳۱-۲٤٥.

[٦]. Muhammad S, Ullah I, Khayam A, and Farooq M. ۲۰۱۱. On the reliability of ad hoc routing protocols for loss-and-delay sensitive applications. *Ad Hoc Networks*, ۳: ۲۸٥-۲۹۹.

[۷]. Feng D, et al. ۲۰۱۳. A Survey of energy-efficient wireless communications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, ۱٥(۱): ۱٦۷-۱۷۸.

[۸]. Shah RC, and Rabaey JM. ۲۰۰۲. Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks. Wireless Communications and Networking Conference, ۲۰۰۲. *WCNC* ۲۰۰۲. ۲۰۰۲ *IEEE*, ۱: ۳٥۰-۳٥٥.

[۹]. Nikolidakis SA, et al. ۲۰۱۳. Energy efficient routing in wireless sensor networks through balanced clustering. journal Algorithms, ٦(۱): ۲۹-٤۲.

[۱۰]. Khan K, Goodridge W. ۲۰۱٥. Fault tolerant multi-criteria multi-path routing in wireless sensor networks. I.J. Intelligent Systems and Applications, ٦: ٥٥-٦۳.

[۱۱]. Busse M, Haenselmann T, and Effelsberg W. ۲۰۰٥. An Energy-efficient Forwarding Scheme for Wireless Sensor Networks. International Workshop on Wireless Mobile Multimedia. IEEE Computer Society Washington, pp: ۱۲٥-۱۳۳.

[۱۲]. Chipara O et al. ۲۰۰۷. Real time power-aware routing in sensor networks. Fourteenth IEEE International Workshop on Quality of Service (IWQoS ۲۰۰٦), pp: ۸۳-۹۲.

[۱۳]. Boughanm N, and Song Y. ۲۰۰۸. A New routing metric for satisfying both energy and delay constraints in wireless sensor networks. The Journal of VLSI Signal Processing. Springer New York, ٥۱: ۱۳۷-۱٤۳.

[۱٤]. Heinzelman W, Chandrakasan A and Balakrishnan H. ۲۰۰۲. An Application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, ۱(٤): ٦٦۰-٦۷۰.

[۱٥]. Jindal P, and Gupta V. ۲۰۱۳. Study of energy efficient routing protocols of wireless sensor networks and their further researches: a survey. International Journal of Computer Science and Communication Engineering, ۱: ٥۷-٦۲.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir