

یک روش جدید مسیریابی چندمسیری حریصانه برای شبکه های حسگر بی سیم

نستوه طاهری جوان^۱، آرش نصیری اقبالی^۲ و مهدی دهقان^۳

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق، دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر، nastoooh@aut.ac.ir

^۲دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، eghbali@aut.ac.ir

^۳دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، dehghan@aut.ac.ir

چکیده - یکی از مسائل مطرح در شبکه های حسگر، جمع آوری اطلاعات بدست آمده از حسگرها با صرف حداقل میزان انرژی و به صورت کارآمد می باشد، به نحوی که منابع شبکه به صورت مناسبی مورد استفاده قرار گیرند. برای جمع آوری اطلاعات در شبکه های حسگر الگوریتم انتشار هدایت شده به طور گسترده ای استفاده می شود. یکی از مشکلات این الگوریتم، استفاده از یک مسیر جهت انتقال داده های جمع آوری شده است که باعث می شود انرژی گره های مسیر مورد استفاده در مسیریابی تخلیه شده و شبکه به چند بخش مجزا تقسیم شود.

در این مقاله یک الگوریتم جهت مسیریابی چند مسیره آگاه از انرژی برای شبکه های سنسور ارائه شده است که با انتخاب گره های مسیر به صورت حریصانه، می تواند چندین مسیر با کیفیت مناسب از لحاظ انرژی کشف کند. این الگوریتم قابلیت انعطاف بیشتری برای برنامه های کاربردی جهت استفاده از مسیرهایی با ویژگی های مورد نظر، فراهم می کند و در کنار آن باعث افزایش پایداری مسیریابی و توازن بار می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهند الگوریتم پیشنهادی علاوه بر بهبود میانگین مصرف انرژی، بهبودهای قابل توجهی در کاهش تاخیر انتها به انتها و افزایش نرخ تحویل بسته ها به مقصد در مقایسه با روش های موجود ارائه می دهد.

کلید واژه - شبکه های حسگر بی سیم، روش انتشار هدایت شده، مسیریابی چندمسیری، مسیریابی حریصانه، کاهش مصرف انرژی.

مسیر مجاور این مسیر است، انتخاب خواهد شد که این امر به مرور زمان، خصوصاً در هنگامی که فاصله بین گره مبدا و مقصد زیاد باشد، می تواند باعث جدا شدن قسمت های مختلف شبکه گردد. برای مقابله با این مشکل به روشی نیاز است که بتواند ترافیک داده های منتقل شده بین گره های مبدا و مقصد را میان گره های مسیر، به صورت عادلانه تری توزیع کند.

در روش چند مسیره ارائه شده در این مقاله، با عنوان GMR، استفاده از چندین مسیر مختلف، باعث متعادل شدن بار و توازن مصرف انرژی در شبکه می شود، همچنین الگوریتم پیشنهادی با کشف مسیرهای متمایز از نظر تاخیر و تعداد گام باعث می گردد تا قابلیت انعطاف بیشتری در اختیار برنامه کاربردی برای انتخاب مسیر مورد نظر قرار گیرد.

ادامه مقاله به شرح زیر است: در بخش دوم پیشینه کاری این روش و کارهای مرتبط بررسی می شوند، در بخش سوم الگوریتم مسیریابی پیشنهادی و راه کارهای بهبود الگوریتم پیشنهادی ارائه شده اند و در فصل چهارم نتایج حاصل از شبیه سازی و مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های موجود ارائه شده است. در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد کارهای آتی آورده شده است.

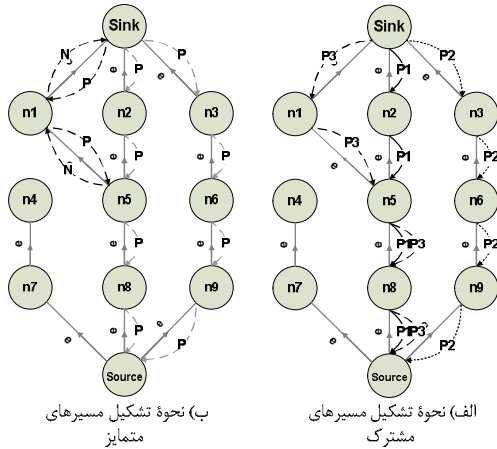
۱- مقدمه

یکی از روش های مناسب مطرح شده، برای مسیریابی داده محور در شبکه های حسگر، روش انتشار هدایت شده است [1] که در آن، گره های شبکه تنها از داده های محلی جهت مسیریابی بسته ها استفاده می کنند. در این روش درخواست ها به صورت بسته های علاقه مندی، توسط گره های اصلی در سطح شبکه پراکنده می شود و به تمام گره های شبکه می رسند. سپس گره هایی که شامل داده های مورد نظر هستند (منابع اطلاعات)، با دریافت بسته علاقه مندی، اطلاعات جمع آوری شده را به سمت گره مقصد هدایت می کنند [2].

در الگوریتم انتشار هدایت شده در روش جذب دو مرحله ای، همیشه کوتاه ترین مسیر بین گره مبدا و مقصد، جهت انتقال ترافیک بین این دو گره انتخاب می شود که این امر باعث می شود، انرژی گره های مسیر انتخاب شده به سرعت تخلیه شوند. این اتفاق در شبکه های با مقیاس بزرگ و در شبکه هایی که نرخ داده های ارسالی از یک ناحیه مشخص نسبتاً بالا باشد تشدید می شود. نکته منفی دیگر که این مشکل را حادتر می کند، اینست که در صورت تخلیه شدن یک مسیر، غالباً کوتاه ترین مسیر بعدی که معمولاً

۲- کارهای مرتبط

می‌کند. لازم به ذکر است نتایج حاصل از پیاده‌سازی این الگوریتم در بخش شبیه‌سازی و با عنوان الگوریتم SMR ارائه شده‌است.



شکل ۱: مسیریابی چندمسیره ساده با مسیرهای مشترک و متمایز

۳- الگوریتم مسیریابی چندمسیری پیشنهادی

همانطور که پیش‌تر ذکر شد، این الگوریتم بر اساس روش انتشار هدایت شده بنا شده است. در این روش تنها از یک نوع داده اکتشافی برای تشکیل مسیر استفاده می‌شود و برای تشکیل مسیرهای چندگانه، بسته‌های تقویت‌کننده مسیر، با شناسه‌های مسیر متفاوت در مسیر برگشت داده‌های اکتشافی ارسال می‌شوند. در این روش اگر بسته‌ای در مسیر برگشت (که هنگام ارسال داده اکتشافی به سمت مقصد، ذخیره شده است) به گره‌ای رسید که قبلاً آن بسته را ارسال کرده بود (البته با شناسه مسیر متفاوت)، به جای صرف نظر کردن از بسته، از بسته، یک پیغام (PS) به گره ارسال‌کننده بسته، می‌فرستد و آن را از مسدود بودن مسیر آگاه می‌کند. در این هنگام این گره می‌تواند بسته را به یکی دیگر از گره‌های همسایه ارسال کند.

برای انتخاب مسیر بعدی، چند ملاک وجود دارد. اولین معیار انتخاب مسیری است که قبلاً انتخاب نشده باشد. برای این منظور، هنگام ارسال یک پیغام تقویت‌کننده مسیر، مسیر در نظر گرفته شده را در لیستی داخل گره ذخیره می‌کنیم که در صورت تداخل مسیر انتخاب شده با مسیر دیگر، این مسیر مجدداً انتخاب نشود. همچنین این مسیر نباید با مسیر قبلی پیغام یکسان باشد. سایر گره‌ها به عنوان مسیر بعدی پیغام، قابل انتخاب هستند ولی این انتخاب نقش تعیین‌کننده‌ای در تعداد و طول مسیرهای تشکیل شده ایفا خواهد کرد. یک روش هوشمندانه برای انتخاب گره بعدی، انتخاب گره‌ای است که به گره منبع نزدیک‌تر باشد یا به عبارت دیگر، دیرتر از سایر گره‌های همسایه، داده اکتشافی را به سمت مقصد ارسال کرده باشد. برای داشتن این اطلاعات، هنگام ارسال داده‌های اکتشافی به

در حالت کلی روشهای گوناگونی جهت بهبود عملکرد الگوریتم انتشار هدایت شده ارائه شده است که می‌توان از میان آنها به روش انتشار بیرون‌دهنده برای کاربردهایی که در آنها تعداد گیرنده‌ها زیاد است و داده‌های تولید شده نیز حجم بالایی ندارد، اشاره کرد یا روش انتشار جذب یک مرحله‌ای (در مقابل روش اصلی که جذب دو مرحله‌ای هم نامیده می‌شود) که در این روش، منابع پس از دریافت علاقه‌مندی منطبق با داده‌هایشان، مستقیماً پیغام‌های داده را به سمت گیرنده ارسال می‌کنند. همچنین روشهایی برای تقسیم کردن شبکه به خوشه‌های کوچکتر پیشنهاد شده است مانند روش LEACH که یک روش سلسله‌مراتبی فعال است ولی از روش انتشار هدایت شده بهره نمی‌برد [3].

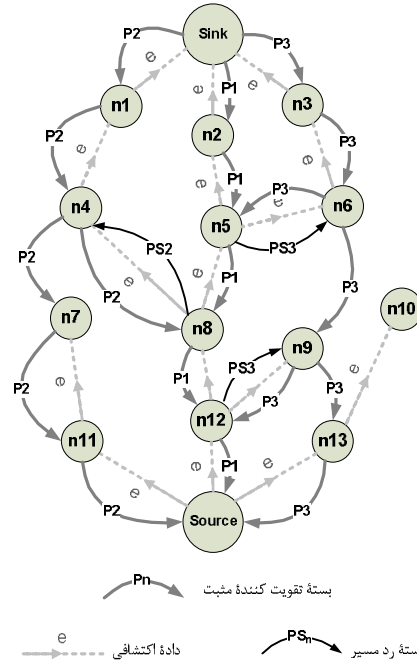
همچنین روشی به نام GEAR [4] جهت بهبود عملکرد روش انتشار هدایت شده پیشنهاد شده است که در این روش، به جای انتشار علاقه‌مندی‌ها به صورت سیل‌آسا، از محتویات آنها جهت انتشارشان استفاده می‌کنیم و علاقه‌مندی‌ها تنها در ناحیه مورد نظر، انتشار می‌یابند. همچنین به کمک این روش، منابع موجود، در مسیریابی تاثیر داده می‌شوند تا استفاده از منابع به صورت بهینه‌تری صورت پذیرد.

در [5] یک الگوریتم مسیریابی چند مسیره بر اساس روش انتشار هدایت شده پیشنهاد شده است. در این روش گره مقصد (سینک) تمامی بسته‌های داده‌های اکتشافی را که از طریق همسایه‌های مختلف به مقصد می‌رسند، تقویت می‌کند (یک بسته تقویت‌کننده مثبت به همسایه‌ای که داده اکتشافی را فرستاده ارسال می‌کند). این روش ساده‌ترین روش ممکن برای تشکیل مسیرهای چندگانه می‌باشد. برای تشکیل مسیرهای متمایز می‌توان در نقطه‌ای که یک بسته تقویت‌کننده به مسیر تکراری رسید، گره دریافت‌کننده بسته، یک بسته تقویت‌کننده منفی را در جهت خلاف حرکت بسته تقویت‌کننده مثبت (به سمت سینک) ارسال کند. البته در مرجع ذکر شده مسیریابی چند مسیره به منظور بهبود حالت ارتجاعی شبکه به کار برده شده است. در شکل ۱ نحوه مسیریابی در دو حالت مسیریابی با گره‌های مشترک (الف) و مسیریابی با گره‌های متمایز (ب) در یک توپولوژی نمونه نشان داده شده است. در این شکل P نشان دهنده بسته تقویت‌کننده مثبت و N نشان دهنده بسته تقویت‌کننده منفی و e نشان دهنده داده اکتشافی است.

همانطور که در شکل ۱ قابل تشخیص است، در حالت الف، سه مسیر P1، P2، و P3 کشف می‌شوند، اما در حالت ب فقط دو مسیر کشف می‌شوند و گره n5 یک بسته تقویت‌کننده منفی برای n1 و n1 برای سینک ارسال می‌کنند که از تشکیل مسیر سوم جلوگیری

سمت گره مقصد، زمان ارسال پیغام را در گرادیان انتخاب شده ذخیره می کنیم تا در صورت نیاز بتوانیم از این اطلاعات استفاده کنیم. نهایتاً در هنگام ارسال کردن یک پیغام تقویت کننده مسیر، در صورتی که نتوانیم راهی به سمت گره منبع پیدا کنیم، یک پیغام تقویت منفی به سمت گره مقصد ارسال می کنیم تا مسیر ناموفق تشکیل شده، مانع مسیریهای بعدی نگردد.

در شکل ۲ نمونه مسیریابی GMR نشان داده شده است.



شکل ۲: نحوه کشف مسیر در الگوریتم پیشنهادی

در این شکل میسر داده‌های اکتشافی بویسه خط‌های با برچسب e نشان داده شده‌اند. البته در این شکل تنها مسیر گرادیان‌های تشکیل شده نشان داده شده و سایر بسته‌های داده‌های اکتشافی تکراری دریافت شده توسط گره‌ها حذف شده‌اند. در مسیر برگشت بسته‌ها تقویت کننده مثبت (P_n) عکس مسیریهای طی شده توسط بسته‌های داده‌های اکتشافی را طی می کنند تا به گره منبع برسند. همانگونه که در شکل مشاهده می شود، در ابتدا بسته P_1 به سمت گره منبع ارسال شده است. سپس بسته P_2 و در نهایت بسته P_3 به سمت منبع ارسال می شوند. بسته P_2 در گره n_4 به سمت گره n_8 ارسال می شود. گره n_8 با ارسال بسته PS_2 به گره n_4 ، عدم عضویت خود را در مسیر شماره ۲ اعلام می کند. در این هنگام گره n_4 به روش حریصانه مطرح شده در بالا، گره بعدی که همان گره n_7 است را به عنوان گام بعدی مسیر انتخاب می کند. تشکیل مسیر به همین منوال ادامه می یابد تا بسته P_2 به گره منبع برسد. در صورتی که در یک گام n_i نتواند به روش حریصانه، گام بعدی را پیدا کند، یک پیغام تقویت کننده منفی به گام قبلی ارسال می کند تا مسیر نیمه کاره حذف شود و گره‌های این مسیر

برای شرکت در مسیریهای دیگر آزاد شوند.

۳-۱-۱- بهینه سازی ها

برای بهینه سازی روش مسیریابی چندگانه می توان رویکردهای متفاوتی را به کار برد که در اینجا سه رویکرد قابل اعمال معرفی می شوند و نقاط قوت و ضعف هر یک از آنها مورد بررسی قرار خواهد کرد که این سه رویکرد عبارتند از روش آستانه زمانه، روش آستانه انرژی و روش آگاه از انرژی.

۳-۱-۱- روش آستانه زمانی

در این روش به منظور بهبود کیفیت مسیریهای چندگانه تشکیل شده، در هنگام تشکیل مسیریهای چندگانه در صورتی که گرهی در میانه مسیر نسبت به گره قبلی خود فاصله بیشتری از گره منبع داشته باشد در مسیریابی شرکت نخواهد کرد که این رویکرد باعث می شود که مسیر در هر گام به منبع نزدیک تر شود و تعداد گام مسیر تشکیل شده و به تبع آن، میزان تاخیر کاهش پیدا کنند. البته با استفاده از این رویکرد، تعداد مسیریهای چندگانه تشکیل شده کاهش خواهد یافت و توازن بار به علت کاهش تعداد مسیریهای تشکیل شده، کاهش خواهد یافت.

۳-۱-۲- روش آستانه انرژی

در این روش به منظور کاهش احتمال قطع شدن یک مسیر به علت اتمام انرژی یکی از گره‌های میانی، یک میزان انرژی آستانه به عنوان حداقل انرژی گره‌هایی که در عمل مسیریابی شرکت می کنند در نظر گرفته شده است. با استفاده از این رویکرد میزان بسته‌های ازدست رفته در طول مدت برقراری ارتباط بین گره‌های شبکه کاهش می یابد و در این حالت مسیریهای تشکیل شده پایدارتری بیشتری خواهند داشت ولی با این وجود، به علت محدودیت در نظر گرفته شده برای انرژی گره‌های شرکت کننده در مسیریابی، در این حالت طول عمر مفید شبکه کاهش خواهد یافت.

۳-۱-۳- روش آگاه از انرژی

در این روش، یک گره میانی هنگامی که نتواند از گره پیش فرض بعدی برای مسیر استفاده کند، برای انتخاب گره بعدی مسیر، از گرهی استفاده میکند که نسبت به گره‌های همسایه انرژی باقیمانده بیشتری داشته باشد و در عین حال از گره جاری فاصله بیشتری نسبت به منبع نداشته باشد. با استفاده از این روش کارایی مسیریابی از لحاظ میزان مصرف انرژی گره‌های شبکه بهبود می یابد و تعداد بسته‌های رسیده به مقصد برای شبکه‌ی با انرژی اولیه یکسان، افزایش می یابد. این روش نسبت به سایر روش‌های بهینه سازی کارایی بالاتری دارد و در شبیه سازی‌های انجام گرفته از این روش بهبود استفاده شده است.

۴- شبیه سازی

در این قسمت نحوه پیاده سازی، شرایط شبیه سازی، سناریوهای مورد استفاده و مقدار پارامترهای در نظر گرفته شده در شبیه سازی شرح داده خواهد شد.

جهت مقایسه الگوریتم پیشنهادی، نتایج مربوط به شبیه سازی سه الگوریتم بررسی شده اند، که این سه الگوریتم عبارتند از:

- الگوریتم انتشار هدایت شده، که با عنوان DD در نمودارها و نتایج آورده شده است.
- الگوریتم چندمسیری ساده (توضیح داده شده در بخش کارهای مرتبط) [5] که با عنوان SMR در نمودارها و نتایج آورده شده است.
- الگوریتم پیشنهادی که با عنوان GMR در نمودارها و نتایج آورده شده است.

لازم به ذکر است نتایج ذکر شده مربوط به الگوریتم پیشنهادی با استفاده از بهینه سازی آگاه از انرژی می باشد (رجوع کنید به بخش ۳-۱-۳)، زیرا در خلال فرآیند شبیه سازی مشخص شد این بهینه سازی نسبت به دو روش دیگر بهینه سازی، نتایج بهتری را به دست می دهد.

۴-۱-۱- بستر پیاده سازی

برای پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی از کد diffusion 3.20 که همراه بسته نرم افزاری ns 2.33 عرضه شده، استفاده شده است که پیاده سازی کاملی از این الگوریتم است [6]. همچنین در این الگوریتم از کد فیلتر Two-Phase-Pull به عنوان کد پایه الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است.

۴-۱-۱-۱- مدل انرژی و بار

الگوریتم انتشار هدایت شده در هر ۳۰ ثانیه یکبار بسته های علاقه مندی و در هر ۶۰ ثانیه یکبار داده های اکتشافی را منتشر می کند. در شبیه سازی های انجام گرفته در این پژوهش همین مقادیر پیش فرض مورد استفاده قرار گرفته اند. همچنین در این شبیه سازی، برنامه Ping به عنوان برنامه کاربردی با نرخ ارسال ۵، ۱۰ و ۲۰ بسته در ثانیه برای ارزیابی و مقایسه بین الگوریتم ها مورد استفاده قرار گرفته است. حجم هر یک از بسته ها، ۱۰۴ بایت در نظر گرفته شده است.

در شبیه ساز ns، از پروتکل 802.11 جهت شبیه سازی سناریوهای بیسیم استفاده می گردد. مدل انرژی و پارامترهای 802.11 در شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی مطابق با کد اصلی الگوریتم انتشار هدایت شده در نظر گرفته شده است و میزان انرژی مورد نیاز برای دریافت و ارسال مطابق با [7] به ترتیب برابر با 0.660 وات برای ارسال و 0.395 وات برای دریافت داده ها در نظر

گرفته شده است که مطابق با انرژی مصرفی در کارت PCM-CIA WLAN معرفی شده در ns2 است.

۴-۱-۲- سناریوهای شبیه سازی

در این پژوهش سه سناریوی متفاوت برای ارزیابی سه دسته پارامتر مورد استفاده قرار گرفته اند که سناریوهای مورد استفاده در ذیل شرح داده شده اند:

نحوه محاسبه و ارزیابی مسیرهای چندگانه

برای مقایسه بین تعداد مسیرهای تشکیل شده در این شبیه سازی، الگوریتم ها بر روی یک شبکه گرید 10×10 با یک منبع و یک گره سینک پیاده سازی شده اند. در این سناریو مقادیری که در هر شبیه سازی بدست آمده اند عبارتند از: تعداد مسیرهای تشکیل شده، میانگین، حداقل و حداکثر مقدار گام مسیرهای تشکیل شده.

نحوه محاسبه تعداد بسته های دریافتی

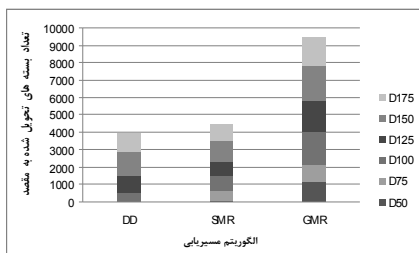
برای محاسبه میزان کارایی الگوریتم های مورد ارزیابی از لحاظ تعداد بسته هایی که قبل از قطع شدن ارتباط بدلیل اتمام منابع انرژی گره ها و قسمت شدن شبکه توسط گره مقصد دریافت می شوند از دو سناریوی متفاوت استفاده شده است. سناریوی اول از نرخ ارسال بسته ۱۰ بسته در ثانیه در یک توپولوژی 15×15 متشکل از ۲۲۵ گره استفاده می کند. در این سناریو تعداد گره های شبکه ثابت در نظر گرفته شده و اثر افزایش تراکم گره ها بر میزان بسته های دریافت شده در مقصد و کارایی الگوریتم مسیریابی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در سناریوی دوم، تراکم متوسط گره ها ثابت در نظر گرفته شده و اثر افزایش یا کاهش تعداد گره ها و میزان گام های بین گره مقصد و مبدا در کارایی الگوریتم های مورد بررسی مورد بررسی قرار گرفته است. در این دو سناریو گره منبع بعد از دریافت بسته علاقه مندی مربوطه، به طور پیوسته و با نرخ ثابت شروع به ارسال بسته به سمت گره مقصد می کند و این کار تا قطع کامل ارتباط با گره مقصد به دلیل اتمام منابع انرژی گره های میانی در شبکه ادامه می یابد. در این شبیه سازی ها میزان بسته های دریافت شده توسط گره مقصد، معیاری برای ارزیابی میزان کارایی الگوریتم ها مورد ارزیابی است. همچنین در شبیه سازی های انجام گرفته میزان انرژی اولیه گره ها برابر ۱۰ ژول در نظر گرفته شده است. (البته برای گره سینک انرژی اولیه ۲۰ ژول در نظر گرفته شده که با توجه به ماهیت این گره، فرض قابل قبولی است.)

نحوه محاسبه تعداد بسته های از دست رفته، تاخیر و

میزان مصرف انرژی

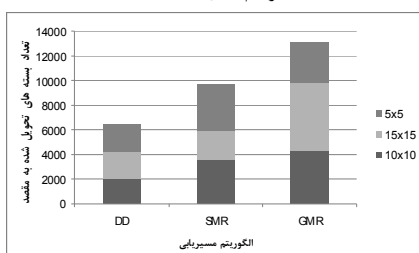
برای مقایسه تاخیر متوسط در ارسال بسته ها از گره منبع به گره سینک و میزان متوسط تاخیر ارسال بسته ها در این سناریو،

بیشتری را در طول مدت زمان عملکرد شبکه و قبل از مرگ گره‌ها به علت اتمام انرژی، به گره مقصد ارسال کند و بنابراین از لحاظ انرژی کارایی بالاتری را داراست.



شکل ۴: میزان بسته‌های دریافتی با استفاده از الگوریتم‌های مطرح شده با

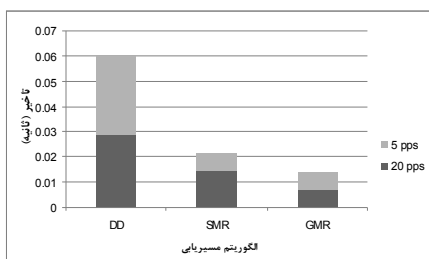
تراکم‌های مختلف



شکل ۵: تعداد بسته‌های دریافتی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف با تعداد گره‌های مختلف

۴-۲-۳- تاخیر ارسال بسته‌ها

در شکل ۶ میزان تاخیر رسیدن بسته‌ها در روش GMR با روش‌های انتشار هدایت شده (DD) و مسیریابی چندگانه ساده (SMR) با نرخ‌های ارسال داده ۵ و ۲۰ بسته در ثانیه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



شکل ۶: تاخیر رسیدن بسته‌ها به مقصد در روش‌های مطرح شده با نرخ‌های ارسال مختلف

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود روش GMR نسبت به سایر روش‌های مورد قیاس، تاخیر کمتری دارد که این کاهش تاخیر در هنگام ارسال بسته‌ها با نرخ‌های بالاتر بیشتر خود را نشان می‌دهد. علت کاهش این تاخیر تشکیل مسیرهای بیشتر و توزیع بار میان مسیرهای تشکیل شده است که باعث می‌شود میزان تصادم در محیط و به تبع آن تاخیر ارسال بسته‌ها کاهش یابد.

۴-۲-۴- بسته‌های از دست رفته

درصد بسته‌های از دست رفته با استفاده از روش‌های

گره منبع بعد از دریافت بسته علاقه‌مندی برای یک زمان ثابت و مشخص، بسته‌های Ping را به سمت گره سینک ارسال می‌کند و در انتهای ارسال بسته‌ها، میزان انرژی مصرف شده برای مسیریابی و ارسال داده‌ها، میزان متوسط تاخیر بسته‌ها و میزان بسته‌های از دست رفته محاسبه می‌شود.

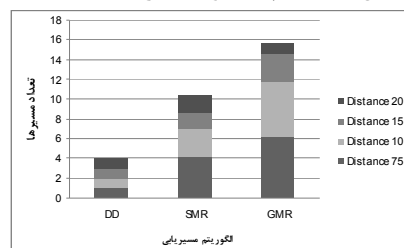
۴-۲- نتایج شبیه‌سازی

در این قسمت نتایج شبیه‌سازی برای هر یک از سناریو‌های مطرح شده در قسمت قبل آورده شده است.

۴-۲-۱- تعداد مسیرهای تشکیل شده

در شکل ۳ میانگین تعداد مسیرهای تشکیل شده در الگوریتم‌های DD، SMR و GMR در چهار سناریوی مختلف در گرید ۱۰*۱۰ با فواصل ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ سانتیمتر آورده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، در بین روش‌های مطرح شده، روش GMR نسبت به سایر روش‌ها عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد و قادر است تعداد مسیرهای بیشتری تشکیل دهد.

همچنین همانطور که واضح است از شکل ۳ در می‌یابیم که تعداد مسیرهای تشکیل شده با افزایش تراکم گره‌ها در شبکه بهبود قابل ملاحظه همچنین همانطور که واضح است از شکل ۳ در می‌یابیم که تعداد مسیرهای تشکیل شده با افزایش تراکم گره‌ها در شبکه بهبود قابل ملاحظه پیدا خواهند کرد.

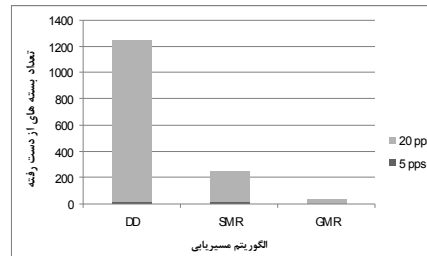


شکل ۳: مقایسه تعداد مسیرهای تشکیل شده با استفاده از الگوریتم‌های مطرح شده

۴-۲-۲- تعداد بسته‌های دریافتی

در شکل ۴ میزان بسته‌های دریافتی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف با تراکم‌های مختلف و در شکل ۵ میزان بسته‌های دریافتی با استفاده از الگوریتم‌های مختلف با تعداد گره‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همانگونه که از این دو شکل متوجه می‌شویم الگوریتم انتشار هدایت شده و روش SMR برای شبکه‌های با تراکم بالا به علت تصادم بالای بسته‌ها در رسانه مشترک، قادر به تشکیل مسیر و رساندن بسته‌ها به مقصد نمی‌باشند. همانطور که از شکل ۵ و شکل ۶ مشخص است الگوریتم GMR نسبت به روش‌های انتشار هدایت شده و مسیریابی چندگانه ساده قادر است تعداد بسته‌های

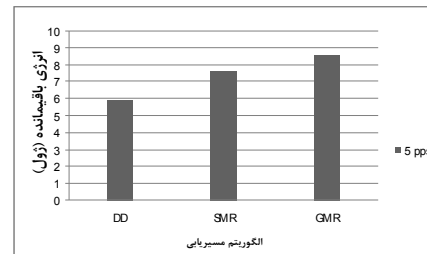
مسیریابی چند مسیره کاهش می‌یابد و این کاهش در روش GMR نسبت به روش SMR بیشتر است. ولی همه روش‌های چند مسیره درصد بسته‌های از دست رفته بسیار کمتری نسبت به روش DD دارند. در شکل ۷، تعداد بسته‌های از دست رفته در روش‌های مختلف مسیریابی با نرخ ارسال داده‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۷: تعداد بسته‌های از دست رفته با استفاده از الگوریتم‌های مطرح شده با نرخ‌های ارسال مختلف

۴-۲-۵- میزان مصرف انرژی

در شکل ۸ میزان انرژی مصرفی جهت مسیریابی و ارسال بسته‌ها در الگوریتم‌های انتشار هدایت شده، مسیریابی چندگانه ساده و روش مسیریابی چندگانه حریمانه با یکدیگر مقایسه شده‌اند و همانطور که از این شکل می‌توان دریافت، روش حریمانه نسبت به دو روش دیگر میزان مصرف انرژی پایین‌تری دارد که علت این کاهش مصرف انرژی، کاهش میزان تصادم‌های صورت گرفته در مسیریابی است.



شکل ۸: مقایسه متوسط میزان انرژی باقی‌مانده برای گره‌ها در الگوریتم‌های مطرح شده

۵- نتیجه‌گیری و کارهای آتی

یکی از مشکلات موجود در الگوریتم انتشار هدایت شده، اینست که در این الگوریتم همیشه کوتاه‌ترین مسیر بین گره مبدا و مقصد، جهت انتقال ترافیک بین این دو گره انتخاب می‌شود که این امر باعث می‌شود انرژی گره‌های مسیر انتخاب شده به سرعت تخلیه شوند. نکته منفی دیگر که این مشکل را تشدید می‌کند، اینست که در صورت تخلیه شدن یک مسیر، غالباً کوتاه‌ترین مسیر بعدی که معمولاً مسیر مجاور این مسیر است، انتخاب خواهد شد که این امر به مرور زمان، خصوصاً در هنگامی که فاصله بین گره مبدا و مقصد زیاد باشد، می‌تواند باعث جدا شدن قسمت‌های مختلف شبکه گردد.

در الگوریتم مسیریابی پیشنهادی (GMR) روش‌هایی جهت تشکیل مسیرها پیشنهاد شده است تا از این طریق بتوانیم ترافیک داده‌های انتقالی از گره منبع به سینک را بین گره‌های بین این دو گره در مسیرهای متفاوت توزیع کنیم و با روش‌های توزیع بار مطرح شده، طول عمر زمان اتصال را افزایش دهیم. در این مقاله سه الگوریتم انتشار هدایت شده، مسیریابی چندگانه ساده و مسیریابی چندگانه حریمانه برای تشکیل مسیر استفاده شده و عملکرد هر یک مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر این، چندین راهکار جهت بهبود عملکرد روش پیشنهادی ارائه شده است که عبارتند از روش آستانه زمانی، روش آستانه انرژی و روش آگاه از انرژی که تا حد زیادی کارایی الگوریتم GMR را بهبود می‌بخشند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که از بین روش‌های بهبودی مطرح شده، روش آگاه از انرژی نسبت به سایر روش‌های مطرح شده عملکرد بهتری دارد و در شبیه‌سازی‌ها از این بهینه‌سازی استفاده شده است. مزیت روش GMR نسبت به روش‌های پیشدستانه و ساده در این است که این روش علاوه بر کارایی بالاتر، به راحتی برای الگوریتم کشش یک مرحله‌ای قابل تعمیم است.

بر اساس نتایج شبیه‌سازی با استفاده از مسیریابی چند مسیره بین گره منبع و مقصد و اعمال روش‌های توازن بار در شبکه، مدت زمان ارتباط بین گره‌های منبع و سینک تا دو برابر افزایش می‌یابد و علاوه بر این میزان تاخیر و تعداد بسته‌های از دست رفته نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کنند.

مراجع

- [1] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, F. Silva, "Directed diffusion for wireless sensor networking," ACM/IEEE Transactions on Networking, vol. 11, no. 1, pp. 2-16, 2002.
- [2] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, and D. Ganesan, "Building Efficient Wireless Sensor Networks with Low-Level Naming," In Proceedings of the Symposium on Operating Systems Principles, p 146-159, October 2001.
- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks (LEACH)," Proceedings of 33rd hawaii international conference systems science - vol.8, pp 3005-3014, January 2004.
- [4] Y. Yu, D. Estrin, and R. Govindan, "Geographical and Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks," UCLA Computer Science Department Technical Report, UCLA-CSD TR-01-0023, May 2001.
- [5] D. Ganesan, R. Govindan, S. Shenker, D. Estrin. "Highly Resilient Energy-efficient Multipath Routing in Wireless Sensor Networks," Proceedings of ACM MOBIHOC, pp 251--253, 2001.
- [6] ns-2.33 network simulator.
- [7] Handziski, A. K"opke, H. Karl, C. Frank, W. Drytkiewicz, "Improving the Energy Efficiency of Directed Diffusion Using Passive Clustering," European Workshop on Wireless Sensor Networks 2004 (EWSN 2004), pp. 172-187, 2004.