

ODCP: یک روش خوشه‌بندی موثر جهت جمع‌آوری منابع مجاور

در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

نستوه طاهری جوان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
آزمایشگاه شبکه‌های سیار Ad-Hoc
nastoooh@aut.ac.ir

آرش نصیری اقبالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
آزمایشگاه شبکه‌های سیار Ad-Hoc
a.eghbali@aut.ac.ir

مهدی دهقان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
آزمایشگاه شبکه‌های سیار Ad-Hoc
dehghan@aut.ac.ir

چکیده: در این مقاله روش ODCP جهت خوشه‌بندی در الگوریتم چندمسیره MDD در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، پیشنهاد و بررسی شده است. در الگوریتم انتشار هدایت شده دو مشکل تجمیع دیر هنگام و انتشار داده‌های اکتشافی اضافی وجود دارند و الگوریتم ODCP سعی دارد این دو مشکل را برطرف کند و برای این کار یک سینک مجازی در نزدیکی گره‌های مبدا ایجاد می‌کند. همچنین روشهایی برای ایجاد کردن توازن بار بین گره‌های مبدا و مقصد، از طریق توزیع ترافیک داده‌های منتقل شده بین گره مبدا و مقصد به صورت غیر یکنواخت، پیشنهاد شده است و در نهایت نتایج بدست آمده را از طریق شبیه‌سازی ارزیابی شده‌اند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که روش ODCP می‌تواند مدت برقراری اتصال در شبکه‌های حسگر را تا دو برابر افزایش دهد؛ در این حالت تعداد بسته‌های از دست رفته بر اثر تصادم نیز کاهش پیدا خواهند کرد. البته در این روش میزان تاخیر رسیدن بسته‌های داده‌های اکتشافی به مقصد به دلیل فاز اولیه انتخاب سینک مجازی، افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، انتشار هدایت شده، خوشه بندی، افزایش کارایی انرژی.

1- مقدمه

گره‌ها در شبکه‌های حسگر، معمولاً فاقد آدرس‌های منحصر بفرد می‌باشند و آنچه بیشتر در این شبکه‌ها حائز اهمیت است، اطلاعات جمع‌آوری شده توسط حسگرهای شبکه است. همچنین به دلیل عدم دسترسی به گره‌ها پس از فرایند پراکندن آنها در محیط، گره‌های شبکه پس از مصرف انرژی موجود، عملاً بدون استفاده شده و خواهند مرد. بنابراین مساله انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن، یکی از چالش‌های مطرح در این شبکه‌هاست و کارهای زیادی هم در سال‌های اخیر در این مورد صورت گرفته است.

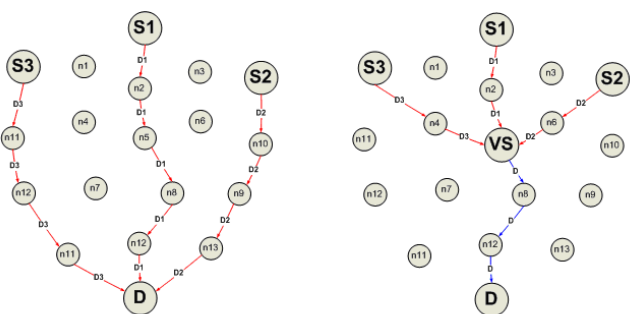
یکی از روش‌های مناسب مطرح شده، برای مسیریابی داده محور در شبکه‌های حسگر، روش انتشار هدایت شده است [1]، در روش DD، برای تشکیل مسیر هر یک از منابع به طور مجزا داده‌های اکتشافی را در کل سطح شبکه منتشر می‌کنند که بخش قابل توجهی از منابع شبکه را به هدر می‌دهد در صورتی که در این شرایط، نیازی به تکرار تمامی مراحل به صورت مجزا نیست.

در روش ODCP که در این مقاله پیشنهاد شده، سعی بر آنست تا دو مشکل مطرح شده در الگوریتم DD (تجمیع دیر هنگام و انتشار داده‌های اکتشافی اضافی) برطرف شود. در این روش از یک سینک مجازی در نزدیکی گره‌های منبع استفاده می‌شود که نقش جمع‌آوری اطلاعات و ارسال آنها را به سمت مقصد بر عهده می‌گیرد.

پروتکل ODCP از چهار مرحله تشکیل شده است. در مرحله اول یک گره مناسب در نزدیکی منابع به عنوان سینک مجازی انتخاب می‌شود. در مرحله دوم، سینک مجازی انتخاب شده مسیری به سمت مقصد تشکیل می‌دهد. بعد از گذشت مدتی، در مرحله سوم از میان همسایه‌های سینک مجازی، یک گره دیگر به عنوان سینک مجازی انتخاب می‌شود. نهایتاً در مرحله چهارم در صورتی که گره‌های منبع برای مدتی بسته علاقه‌مندی محلی را دریافت نکنند از سینک مجازی صرف‌نظر می‌کنند و داده‌های جمع‌آوری شده را مستقیماً به سمت مقصد ارسال می‌کنند.

در شکل ۱ نمونه مسیریابی در دو الگوریتم انتشار هدایت شده و ODCP نشان داده شده است. در این حالت انتخاب یک گره به عنوان VS باعث می‌شود که اطلاعات در فاصله نزدیک‌تری به هم برسند و تجمیع شوند.

ادامه این مقاله از بخشهای زیر تشکیل شده است: در بخش ۲ به مرور کارهای گذشته پیرامون این مساله می‌پردازیم. در بخش ۳ جزئیات الگوریتم پیشنهادی با عنوان ODCP را بیان می‌کنیم. در بخش ۴ نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی را تشریح می‌کنیم و در نهایت در بخش ۵ به بیان نتیجه گیری و کارهای آتی می‌پردازیم.



شکل (۱) مقایسه مسیریابی در DD و ODCP

2- کارهای مرتبط

در سالهای اخیر کارهای متعددی پیرامون خوشه بندی در شبکه‌های بی-سیم صورت گرفته است. در این بخش به مرور برخی از آنها می‌پردازیم.

در [6] آقای Heinzelman و همکاران یک پروتکل خوشه بندی با عنوان LEACH ارائه کرده‌اند که پایه و اساس بسیاری از روش‌های خوشه بندی شده است. در این روش گره سرخوشه، اطلاعات را با استفاده از زمانبندی TDMA جمع‌آوری کرده و مستقیماً برای مقصد ارسال می‌کند. ایده آقای Heinzelman در [7]، [8] و [9] بهبود یافته است. در [9] آستانه s در هر گره برای ارسال اطلاعات استفاده می‌شود، به این ترتیب نرخ ارسال اطلاعات افزایش می‌یابد. [8] در واقع یک پروتکل بر اساس زنجیره گره‌ها پیشنهاد شده است. در این حالت جهت بهبود مصرف انرژی، براساس اطلاعات جغرافیایی، یک زنجیره از گره‌ها تا ایستگاه پایه تشکیل می‌شود. در این حالت رهبر زنجیره اطلاعات را جمع‌آوری کرده و برای مقصد ارسال می‌کند. در [6] سرخوشه اطلاعات همسایه‌های محلی خود را جمع‌آوری می‌کند. در این حالت سرخوشه‌ها به جای اینکه اطلاعات را مستقیماً برای مقصد ارسال کنند، با استفاده از دیگر سرخوشه‌ها اطلاعات را برای ایستگاه پایه ارسال می‌کنند.

از طرف دیگر تعدادی الگوریتم جهت افزایش کارایی انرژی در انتشار هدایت شده پیشنهاد شده‌اند. در [5] با استفاده از تشکیل *Spanning tree*، سربار ارسال سیل‌آسای بسته‌ها را کاهش داده‌اند. در این روش برای ارسال بسته‌های علاقه‌مندی از این درخت استفاده می‌شود و در نتیجه ارسال افزونه این بسته‌ها کاهش می‌یابد.

شایان ذکر است استفاده از خوشه بندی برحسب نیاز جهت افزایش زمان اتصالها در الگوریتم‌های داده محور، مانند انتشار هدایت شده، تا قبل از این مقاله بررسی نشده است.

3- ODCP: الگوریتم پیشنهادی خوشه‌بندی در روش انتشار

هدایت شده

همانطور که در بخش مقدمه ذکر شد، الگوریتم ODCP از چهار فاز اصلی تشکیل شده است، که در ادامه به تشریح آنها می‌پردازیم.

۱-۳ فاز اول: انتخاب سینک مجازی

یکی از مهمترین و دشوارترین مراحل الگوریتم، انتخاب یک گره به عنوان سینک مجازی می‌باشد. این گره باید حداقل دارای دو مشخصه باشد. از لحاظ موقعیت مکانی این گره باید در مکانی در نزدیکی منابع قرار بگیرد تا بتواند داده‌های جمع‌آوری شده را هر چه سریع‌تر تجمیع کند. همچنین از لحاظ منابع انرژی، میزان انرژی باقیمانده این گره نباید از حد معینی (eth) کمتر باشد.

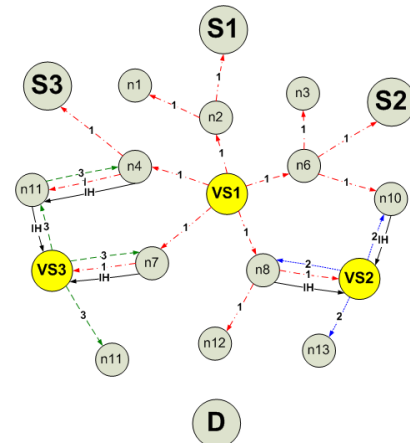
انتخاب گره سینک مجازی که دارای خصوصیت‌های مطرح شده در فوق باشد کار ساده‌ای نیست. شاید انتخاب یکی از منابع به عنوان VS ، اولین

انتخابی باشد که مناسب به نظر برسد. در الگوریتم ODCP، یکی از گره‌های میانی در مسیر بین گره منبع و سینک به عنوان گره VS در نظر گرفته می‌شود. این انتخاب باعث خواهد شد تا شرایط مطرح شده برای VS ، تا حدی برآورده شوند. حداقل فاصله این گره با منبع مقدار $Dsrc$ در نظر گرفته شده است که این پارامتر بر اساس میزان تراکم گره‌ها در داخل شبکه و مشخصات جغرافیایی منابع، انتخاب می‌شود.

روش انتخاب گره VS به این ترتیب است که اولین گره در مسیر بازگشت اولین داده اکتشافی پس از طی حداقل $Dscr$ گام و حداکثر $Dmax$ گام، که دارای میزان انرژی بیشتر از حد eth باشد به عنوان VS انتخاب خواهد شد. هر گره که به عنوان VS انتخاب شود یک بسته علاقه‌مندی با شعاع محدود شده به صورت سیل‌آسا در داخل خوشه منتشر می‌کند. برای محدود کردن انتشار این بسته از برچسب TTL در بسته‌های علاقه‌مندی استفاده می‌کنیم که مقدار این پارامتر در هر گام، یک واحد کم می‌شود تا نهایتاً به مقدار صفر برسد و انتشار بسته متوقف گردد. گره‌هایی که در این مرحله بسته علاقه‌مندی را دریافت کنند، یک مسیر به سمت VS به صورت محلی تشکیل خواهند داد. و داده‌های جمع‌آوری شده را از این پس به سمت VS ارسال خواهند کرد.

در این مرحله از الگوریتم تعداد VS های انتخاب شده حداکثر برابر با تعداد منابع خواهد بود. اکنون باید از بین VS های انتخاب شده یکی به عنوان VS نهایی تعیین گردد. برای این منظور ما در ODCP، VS دارای بزرگترین مقدار را به عنوان VS نهایی انتخاب می‌کنیم. این انتخاب موجب می‌شود که از بین VS های انتخاب شده، نزدیکترین VS به سمت سینک به عنوان VS نهایی انتخاب شود. برای دست یافتن به این هدف بسته‌های علاقه‌مندی منتشر شده توسط VS ها، با مقدار زمان انتخاب شدن VS ، برچسب زده می‌شوند. در این حالت اگر گره‌ای بیش از یک بسته علاقه‌مندی دریافت کند، VS با برچسب زمانی کمتر را به عنوان VS نهایی انتخاب خواهد کرد. اگر این گره خود یک VS باشد و یک بسته علاقه‌مندی با برچسب زمانی کمتر دریافت کند، خود را VS در نظر نخواهد گرفت و اگر از TPP استفاده شده باشد، این گره می‌تواند یک بسته تقویت منفی به سمت تمامی گرادیان‌های تقویت شده ارسال کند. البته با در نظر گرفتن یک تاخیر مناسب در منابع، قبل از ارسال بسته اکتشافی دیگر نیازی به این امر نخواهد بود. ما جهت بهبود عملکرد الگوریتم، رویکرد دیگری را در نظر گرفته‌ایم. در این رویکرد بسته‌های تقویت کننده مثبت نیز با زمان تشکیل VS برچسب زمانی زده می‌شوند. در این حالت اگر یک منبع بیش از یک مسیر تقویت شده داشته باشد، از مسیر با زمان کمتر استفاده خواهد کرد. مزیت این رویکرد نسبت به رویکرد قبلی اینست که در شرایطی که گره منبعی در محدوده VS نهایی قرار نگیرد ولی VS متناظر آن در محدوده VS اصلی قرار بگیرد، منبع داده‌های خود را به سمت VS متناظر ارسال خواهد کرد و این VS نیز داده‌های دریافتی را به سمت VS اصلی ارسال خواهد کرد و نقش واسطه را بین VS اصلی و گره منبع خارج از محدوده آن را بازی خواهد کرد. با

این رویکرد می‌توان محدوده انتشار VS ها و متناظر با آن، سربار الگوریتم را کاهش داد.



شکل (۲) نحوه انتخاب VS برای بار اول در خوشه

یک رویکرد دیگر برای بهبود عمل انتخاب VS نهایی این است که هر گره در زمان انتشار بسته‌های علاقه‌مندی محلی، اگر بسته‌ای با برچسب زمانی بزرگتر از بسته دریافتی قبلی دریافت کرد آن را منتشر نکند. این کار تا حد زیادی باعث کاهش سربار الگوریتم خواهد شد.

روش دیگری که در الگوریتم ODCP به کار گرفته شده استفاده از پیام انتشار بسته‌های علاقه‌مندی ناشی از دو VS متفاوت است. در این حالت اگر یک گره بیش از یک بسته علاقه‌مندی دریافت کند، هیچکدام را ارسال نخواهد کرد (حتی بسته با برچسب زمانی کمتر). در عوض این گره در این حالت به سمت تمامی همسایه‌هایی که از آنها بسته علاقه‌مندی با برچسب زمانی بزرگتر را دریافت کرده است، یک بسته IH ارسال می‌کند. بسته IH در خلاف مسیر بسته علاقه‌مندی منتشر می‌شود تا نهایتاً به یک گره VS برسد. این بسته باعث می‌شود تا VS غیر اصلی، غیر فعال شود.

در شکل ۲ نحوه انتخاب گره VS برای بار اول در خوشه نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در این شکل در ابتدا سه گره VS1، VS2 و VS3 به عنوان سینک مجازی انتخاب شده‌اند و در نهایت VS نزدیک‌تر به مقصد به عنوان VS نهایی انتخاب شده است. در این شکل پیام‌های VS_INHIBIT با VS IH نشان داده شده‌اند.

۳-۲- فاز دوم: تشکیل مسیر

جهت تشکیل مسیر، سینک مجازی همانند منابع در الگوریتم DD عمل می‌کند. در این حالت گره VS یک داده اکتشافی را به صورت سیل آسا منتشر می‌کند. با رسیدن این بسته به گره سینک، این گره در مسیر اولین داده اکتشافی دریافت شده یک بسته تقویت کننده ارسال می‌کند. به این ترتیب با دریافت بسته تقویت کننده، VS یک مسیر به سمت سینک تشکیل خواهد داد. این مسیر جهت ارسال داده‌های منابع داخل خوشه مورد استفاده قرار خواهد گرفت. همانطور که مشاهده می‌شود، تشکیل

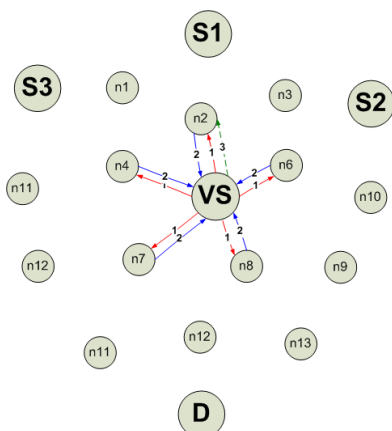
مسیر در این روش مشابه تشکیل مسیر در روش TPP بین منابع و سینک است. همانند الگوریتم TPP، در این روش نیز مسیر با دریافت بسته‌های علاقه‌مندی از طرف گره سینک توسط VS و ارسال مجدد داده‌های اکتشافی توسط این گره، بروز می‌شود.

۳-۳- فاز سوم: انتخاب مجدد سینک مجازی

از آنجایی که گره VS باید حجم زیادی از داده‌ها را دریافت و ارسال کند، بعد از مدتی بر اثر اتمام منابع انرژی، خواهد مرد. برای جلوگیری از مردن گره VS و به تبع آن از دست رفتن داده‌ها، بعد از طی شدن یک بازه زمانی، گره جدیدی به عنوان سینک مجازی انتخاب خواهد شد.

برای انتخاب VS جدید، انتخاب VS جدید بوسیله VS قبلی است. در این حالت VS قبلی یکی از همسایه‌هایش را به عنوان VS جدید انتخاب خواهد کرد. برای این منظور، گره VS پس از طی زمان P_{exp} یک پیام NEIGHBOR_REQUEST به صورت سیل آسا همسایگانش ارسال می‌کند.

گره‌های همسایه با دریافت این پیام یک بسته NEIGHBOT_REPLY به سمت VS ارسال می‌کنند این بسته حاوی انرژی باقیمانده در گره است. گره VS یک تأخیر جهت رسیدن جواب همسایه‌ها در نظر می‌گیرد و بعد از این زمان، از میان همسایه‌هایش، گره با حداکثر انرژی را به عنوان VS بعدی در نظر می‌گیرد و یک پیغام SELECT_NEW_VS به سمت آن ارسال می‌کند. سپس گره انتخاب شده، یک پیغام علاقه‌مندی با دامنه محدود به صورت سیل آسا در داخل خوشه منتشر می‌کند تا مسیرهای قبلی به سمت VS جدید بروز شوند. نهایتاً بعد از مدتی مشخص، گره VS جدید، برای پیدا کردن مسیری به سمت سینک، یک داده اکتشافی را در سطح شبکه به صورت سیل آسا منتشر می‌کند.



شکل (۳) نحوه انتخاب VS در فازهای بعدی

در شکل ۳ پیغام‌های تبادلی بین گره VS و همسایگانش بعد از اتمام دوره فعالیت VS نشان داده شده است. در شکل فوق پیغام‌های شماره ۱ مربوط به NEIGHBOR_REQUEST و پیغام‌های شماره ۲ مربوط به

می‌باشد. برای شبیه‌سازی از یک گره سینک استفاده شده است ولی تعداد منابع در سناریوهای مختلف بین یک تا شش منبع متغیر است. مقدار پارامتر Dexp (بازه معتبر بودن یک VS) معمولاً برابر ۱۵۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. در شبیه‌سازی ODCP از برنامه ping با بازه‌های ارسال داده برابر ۱ بسته در ثانیه بهره برده شده است. همچنین در این حالت از پروتکل 802.11 استفاده می‌گردد. میزان انرژی مورد نیاز برای دریافت و ارسال مطابق با [5] به ترتیب برابر با 0.660 وات برای ارسال و 0.395 وات برای دریافت داده‌ها در نظر گرفته شده است.

۴-۲- نتایج شبیه سازی

در این بخش به تشریح نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی می‌پردازیم.

میزان مصرف انرژی

میزان مصرف انرژی کل گره‌های شبکه در شکل ۴.الف نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، مصرف انرژی ODCP نسبت به DD بسیار کمتر است. علت اصلی این کاهش، کاهش تعداد بسته‌های ED و کاهش تعداد مسیرهای انتقال اطلاعات در شبکه است. میانگین انرژی گره‌ها در شکل ۴.ب نشان داده شده است.

طول عمر اتصالها

مدت زمان اتصال بین گره‌های منبع و مقصد با انرژی اولیه ۵ وات به ازای تعداد منابع مختلف در شکل ۴.ج نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، روش ODCP برای تعداد منابع کمتر از ۳، نسبت به روش DD، طول عمر کمتری دارد.

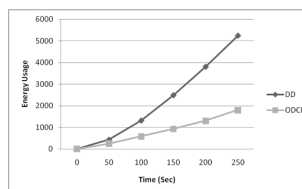
در شکل ۴.د طول عمر زمان اتصال به ازای انرژی اولیه ۱۰ وات برای گره‌های شبکه به ازای ۶ منبع نشان داده شده است. در این شکل سه حالت مختلف پیاده‌سازی ODCP با زمان‌های تازه‌سازی‌های مختلف گره VS، با الگوریتم DD مقایسه شده‌اند. در VS (base) گره VS در طول مدت برقراری اتصال ثابت می‌ماند و در VS (R120) و VS (R60) گره VS به ترتیب بعد از ۱۲۰ و ۶۰ ثانیه بروز می‌شود. همانطور که در شکل مشخص است طول عمر VS (R60) نسبت به روش‌های دیگر بهبود قابل توجهی پیدا کرده است.

نرخ تحویل بسته ها به مقصد و از دست رفتن بسته‌ها

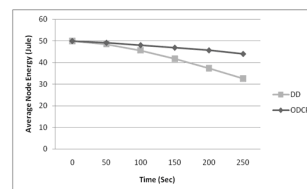
در شکل ۴.د میزان بسته‌های رسیده به مقصد در زمان برقراری اتصال بین گره‌های مبدا و مقصد به ازای تعداد منابع مختلف با یکدیگر مقایسه شده است. در شکل ۴.ه تعداد بسته‌های از دست رفته در زمان برقراری اتصال بین گره‌های مبدا و مقصد به ازای تعداد منابع مختلف با یکدیگر مقایسه شده است.

میانگین تاخیر

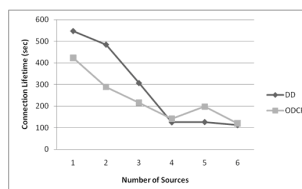
در شکل ۴.ب میزان متوسط تاخیر بسته‌های رسیده به مقصد در زمان برقراری اتصال بین گره‌های مبدا و مقصد به ازای تعداد منابع مختلف با



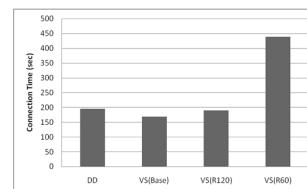
الف) مصرف انرژی در برابر زمان



ب) میانگین انرژی گره‌ها در برابر زمان



ج) طول عمر اتصال ها



د) مقایسه زمان اتصال ها

شکل (۴) مقایسه بین نتایج بدست آمده از شبیه سازی برای الگوریتم ها

NEIGHBOR_REPLY و نهایتاً پیغام شماره ۳ مربوط به انتخاب گره VS بعدی می باشد.

۴-۳- فاز چهارم: انقضای سینک مجازی

در شرایطی ممکن است گره سینک مجازی از کار بیفتد. این امر می‌تواند به دلایلی از قبیل اشکالات سخت‌افزاری، گذشتن بازه کاری یا مصرف کردن منابع انرژی و نیافتن گره‌ای با انرژی مناسب در میان همسایه‌ها یا سایر عوامل خارجی اتفاق بیفتد. در این حالت اگر VS هنوز از کار نیفتاده باشد یک پیغام CLUSTER_INHIBIT را به صورت سیل آسا در سطح شبکه منتشر می‌کند. این پیغام موجب می‌شد تا گره‌های منبع از گره VS صرف‌نظر کنند و برای یافتن مسیر به سمت گره مقصد، هر یک به صورت جداگانه (مانند الگوریتم TPP) یک بسته داده اکتشافی در شبکه به صورت سیل آسا منتشر کنند. در شرایطی که گره VS به هر دلیلی از کار بیفتد، با سپری شدن زمان انقضای خوشه یا Texp، گره‌های منبع همانطور که در بالا شرح داده شد به صورت جداگانه اقدام به تشکیل مسیر می‌کنند.

4- شبیه سازی

در بخش ۵-۱ به بررسی راهکارهای خود برای برخورد با این مشکلات و آماده سازی محیط شبیه سازی می‌پردازیم و در بخش ۵-۲ نتایج حاصل از شبیه سازی را تشریح می‌کنیم.

۴-۱- جزئیات شبیه سازی

برای پیاده‌سازی الگوریتم از کد 3.20 diffusion که همراه بسته نرم‌افزاری 2.30 ns عرضه شده، استفاده شده است.

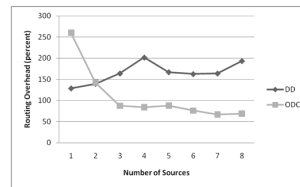
جهت بررسی عملکرد این الگوریتم از یک شبکه توری ۱۰*۲۰ استفاده شده است که فاصله بین گره‌های مجاور را در آن برابر ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته‌ایم. همچنین دامنه ارسال هر گره برابر دو متر

بسته‌های اطلاعات در این روش به دلیل زمان صرف شده برای انتخاب سینک مجازی و مسیریابی محلی در داخل خوشه، نسبت به روش DD افزایش می‌یابد.

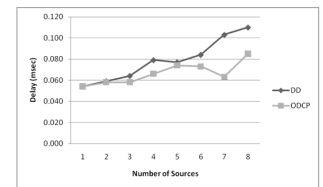
هر چه میزان حجم خوشه نسبت به کل شبکه کوچکتر و تعداد منابع نزدیک به هم بیشتر باشد، برتری روش ODCP نسبت به DD بیشتر خود را نشان می‌دهد.

مراجع

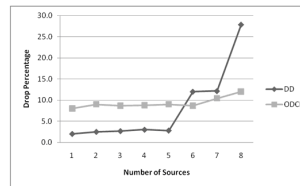
- [1] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, F. Silva, "Directed diffusion for wireless sensor networking," ACM/IEEE Transactions on Networking, vol. 11, no. 1, pp. 2-16, 2002.
- [2] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, and D. Ganesan, "Building Efficient Wireless Sensor Networks with Low-Level Naming," In Proceedings of the Symposium on Operating Systems Principles, p 146-159, October 2001. "Directed Diffusion: A Scalable and Robust communication Paradigm for Sensor Networks"
- [3] J. Heidemann, F. Silva, Y. Yu, D. Estrin, P. Haldar, "Diffusion filters as a flexible architecture for event notification in wireless sensor networks," Technical Report ISI-TR-556, USC/Information Sciences Institute, April 2002.
- [4] J. Heidemann, F. Silva, and D. Estrin, "Matching Data Dissemination Algorithms to Application Requirements," The First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (Sensys'03), p 218-229, November 2003.
- [5] V. Handziski, A. Köpke, H. Karl, C. Frank, W. Drytkiewicz, "Improving the Energy Efficiency of Directed Diffusion Using Passive Clustering," Wireless Sensor Networks, First European Workshop, pp 172-187, January 2004.
- [6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks (LEACH)," Proc of 33rd hawaii international conference systems science-vol.8, pp 3005-3014, January 2004.
- [7] R.S. Chang, C. J. Kuo, "An Energy Efficient Routing Mechanism for Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'06) - Vol 2 pp 308-312, 2006.
- [8] S. Lindesy, C. Raghavendra, "PEGASIS: Power Efficient Gathering in Sensor Information System," Proc. of 2002 IEEE aerospace conference, pp 1-6, march 2002.
- [9] Manjeshwar, D. Agrawal, "TEEN: a Routing Protocol for Enhanced Efficient in wireless sensor networks," Proc of the 15th international parallel and distributed processing symposium, pp 2009-2015, 2001.
- [10] M. Chen, T. Kwon, Y. Choi "Energy-efficient differentiated directed diffusion (EDDD) in wireless sensor networks," Computer Communications, Volume 29, No. 2, pp 231-245, January 2006.
- [11] D. Ganesan, A. Cerpa, W. Ye, Y. Yu, J. Zhao, and D. Estrin, "Networking Issues in Wireless Sensor Networks," Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC), Special issue on Frontiers in Distributed Sens., p 799-814, July 2004.



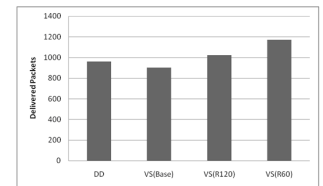
الف) سربار مسیریابی



ب) تاخیر



ج) درصد از بین رفتن



د) تعداد بسته های تحویل شده

شکل (۵) مقایسه بین نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی الگوریتم‌ها

یکدیگر مقایسه شده است. همانطور که در شکل مشخص است، تعداد بسته‌های رسیده در روش ODCP در تمامی حالات، نسبت به روش DD کمتر است. علت این کاهش را می‌توان در کاهش ترافیک مسیریابی در ODCP نسبت به DD دانست.

سربار مسیریابی

میزان سربار مسیریابی در شکل ۵ الف نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، سربار مسیریابی در ODCP به ازای تعداد منابع بزرگتر از ۳ نسبت به روش DD کمتر است.

۵- نتیجه گیری و کارهای آتی

در شبکه‌های حسگر، معمولاً یک رویداد محیطی بیش از یک گره حسگر را تحت تاثیر قرار می‌دهد زیر برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه و کاهش خطای تشخیص، معمولاً تراکم شبکه را در حدی در نظر می‌گیرند که اطلاعات رویداد مورد نظر توسط چندین گره جمع‌آوری شود و نهایتاً اطلاعات بدست آمده را با هم ادغام می‌کنیم. در الگوریتم انتشار هدایت شده مسیریابی در گره‌های منبع به صورت جداگانه صورت می‌گیرد و هر منبع مقدار زیادی از منابع شبکه را برای ارسال بسته‌های داده اکتشافی که در تشکیل مسیر دو طرفه بین منبع و سینک استفاده می‌شوند، به هدر می‌دهد در صورتی که این امر خصوصاً در شرایطی که منابع از لحاظ جغرافیایی در کنار هم باشند ضرورتی ندارد. روش خوشه‌بندی بر اساس نیاز (ODCP) به منظور برطرف کردن این مشکل طراحی شده است. در این روش عمل مسیریابی برای گره‌های منبع نزدیک به یکدیگر تنها یک بار انجام می‌پذیرد. برای دست یافتن به این هدف یک سینک مجازی در نزدیکی منابع انتخاب شده است که در فاز اول ODCP، این گره انتخاب می‌شود و مسیری از گره‌های منابع داخل خوشه به سمت آن شکل می‌گیرد. در فاز بعدی این گره با انتشار داده‌های اکتشافی، یک مسیر به سمت سینک تشکیل می‌دهد. با این کار، سربار ناشی از انتشار داده‌های اکتشافی کاهش قابل توجهی پیدا می‌کند و زمان اتصال با وجود در نظر گرفتن اثر تجمیع زود هنگام، در این روش نسبت به روش DD تا دو برابر افزایش می‌یابد. البته تاخیر بین ارسال بسته‌های علاقه‌مندی و دریافت