

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی برق و رباتیک

رشته‌ی مهندسی برق مخابرات گرایش سیستم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی و ارائه رویکردی نوین در پیش‌بینی حرکت کاربران شبکه‌های سیار

نگارنده:

سعید سهرابی

استاد راهنما:

دکتر سید مسعود میررضایی

مهر ۱۴۰۰

تقدیم به

ساحت مقدس یوسف زهرا (ع)

که چشمها برای زیارت صبحش

بیدارند.....

سپاسگزاری

اکنون که به یاری پروردگار و یاری و راهنمایی استادان گرانقدر موفق به پایان این پایان نامه شده‌ام، وظیفه خود دانسته که نهایت سپاسگزاری را از تمامی عزیزانی که در این راه بنده را یاری نموده‌اند، به عمل آورم:

در آغاز از استاد عزیزم جناب آقای دکتر سید مسعود میررضایی که راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشته‌اند کمال تشکر را دارم.

از داوران گرامی جناب آقای دکتر امیدرضا معروضی و دکتر محمدرضا جوان که زحمت داوری و تصحیح این پایان نامه را به عهده داشتند کمال سپاس را دارم.

از تمامی استادان، معلمان و مدرسانی که در مقاطع مختلف تحصیلی به من علم آموخته و مرا از سرچشمه دانایی سیراب کرده‌اند کمال تشکر را دارم.

تعهدنامه

اینجانب **سعید سهرابی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق مخابرات گرایش سیستم دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با موضوع « **بررسی و ارائه رویکردی نوین در پیش‌بینی حرکت کاربران شبکه‌های سیار** » تحت راهنمایی دکتر سید مسعود میررضایی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام **دانشگاه صنعتی شاهرود** و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ :

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی وابسته ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در دهه‌های اخیر مشکلات فزاینده ناشی از حمل‌ونقل و ترافیک شهری و جاده‌ای، محققان را بر آن داشته تا در جهت بهبود عملکرد و گسترش «سامانه حمل‌ونقل هوشمند»، فعالیت‌های تحقیقاتی گسترده‌ای را به انجام برسانند. از جمله این مشکلات تغییر شکل شبکه، محدودیت‌هایی مثل تداخل، پهنای باند، کوتاهی محدوده ارتباطی بین وسایل نقلیه و ... می‌باشد که نیاز به یک روش مسیریابی کارآ را ضروری کرده است. در این پایان‌نامه با هدف بهبود در عملکرد روش HSDR، تغییراتی اعمال و یک روش مسیریابی جدید ارائه گردید. در روش جدید به پارامتر «تایمر تنظیم جهت پرتوهای آنتن جهت-دار» بر اساس احتمال ارتباط دوطرفه موفق بین دو گره، زمان تخصیص داده شد. همچنین در این روش محاسبه تایمر به صورت دوره‌ای انجام و برای دوره‌هایی که این محاسبات را نداریم از ترکیب یک روش پیش‌بینی و تخصیص به صورت نسبت وزنی، برای نسبت دادن زمان به تایمرها استفاده شد.

در ادامه بعد از چرخش پرتوهای آنتن طبق الگوی بیان شده و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به گره‌های همسایه در جداول اطلاعاتی، با استفاده از یک الگوریتم و بر اساس محاسبه زمان‌های انتظار و ارسال برای گره‌های همسایه، بهترین مسیر انتقال بسته‌های اطلاعاتی مشخص گردید. و در نهایت نتایج شبیه‌سازی بهبود عملکرد روش پیشنهادی را نسبت به الگوریتم HSDR نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی حرکت کاربران، شبکه ادهاک خودرویی، روش مسیریابی، تایمر تنظیم

جهت پرتوهای آنتن جهت‌دار، الگوریتم HSDR

Contents

۱- فصل اول:	۱
1-1- مقدمه	۲
۱-۲- تاریخچه کارهای انجام شده	۳
۱-۳- اهداف پایاننامه	۴
۱-۴- ساختار پایاننامه	۴
۲- فصل دوم:	۵
۲-۱- مقدمه	۶
۲-۲- انواع روشهای مسیریابی	۶
۲-۲-۱- طبقهبندی ندی براساس ساختار فیزیکی	۶
۲-۲-۲- طبقهبندی شبکه های ادهاک خودرویی بر اساس روش ارسال بسته های	
اطلاعاتی	۸
۲-۲-۳- روش مسیریابی پیشنهادی در پایاننامه در کدام دسته قرار میگیرد؟	۱۰
۲-۳- مدلسازی و فرضهای اولیه	۱۱
۲-۳-۱- مدل آنتن جهتدار	۱۱
۲-۳-۲- مدل ارتباطی	۱۲
۲-۳-۳- مدل حرکتی گرهها	۱۲
۲-۳-۴- ساختار «لیست گرههای همسایه» و پیام «سلام»	۱۳
۳- فصل سوم	۱۷

۱۸	۴-۱-۳-مقدمه
۱۹	۲-۳-تخصیص c_{s_i} ها (تایمر تنظیم توقف پرتوهای آنتن در جهت خاص)
۱۹	۳-۲-۱-روش تخصیص
۲۰	۳-۲-۲-
۲۲	۳-۲-۳-
۲۳	۳-۳-روش محاسبه c_{s_i} (تایمر توقف پرتوهای آنتن در جهت خاص)
۲۳	۳-۳-۱-مقدمه
۲۴	۳-۳-۲-روش محاسبه
۲۵	۴-۳-الگوریتم مسیریابی
۲۸	۵-۳-مقایسه روش پیشنهادی و روش ارائه شده در مقاله پایه
۳۳	فصل چهارم
۳۴	۱-۴-مقدمه
۳۴	۲-۴-فرضیات شبیهسازی
۳۵	۳-۴-نتایج شبیهسازی
۳۹	۴-۴-تحلیل نتایج شبیهسازی
۳۹	۴-۴-۱-
۳۹	۴-۴-۲-
۴۱	- فصل پنجم

۴۲۵-۱- نتیجه‌گیری

۴۲۵-۲- پیشنهادات

۴۲۵-۲-۱- یافتن دوره‌های تناوب بهتر

۴۲۵-۲-۲- به کارگیری این روش برای ترافیک سنگین

۴۳۵-۲-۳- استفاده از چندجمله‌ای‌های با درجه بیشتر از سه برای پیش‌بینی

۴۵۳- منابع

فهرست اشکال :

- شکل (۱-۲) : طبقه‌بندی روشهای مسیریابی بر اساس ساختار فیزیکی ۷
- شکل (۲-۲) : طبقه‌بندی روشهای مسیریابی بر اساس روش ارسال بسته ۸
- شکل (۲-۳) : مدل حرکتی گرهها [15] ۱۳
- شکل (۲-۴) : ساختار پیام «سلام» ۱۴
- شکل (۲-۵) : لیست گرههای همسایه ۱۶
- شکل (۱-۳) ۲۶
- شکل (۲-۳) ۲۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

در شبکه‌های مخابراتی معمولاً کاربران به مقصدهای نامشخص تغییر مکان می‌دهند و اغلب رفتارهای حرکتی آنان تصادفی نبوده و از الگوهای خاصی تبعیت می‌کند و پیش‌بینی مکان بعدی کاربران با اهدافی مثل مدیریت قطع تماس هنگام تغییر سلول در شبکه، مدیریت منابع در شبکه، سرویس‌های مبتنی بر مکان و ...، منافع زیادی در پی خواهد داشت.

یکی از مواردی که پیش‌بینی مکان بعدی کاربران در آن منافع زیادی در پی دارد بحث حمل و نقل وسایل نقلیه است. این منافع در موضوعاتی مثل ترافیک شهری و جاده‌ای، آمار بالای تصادفات و سوانحی مثل واژگونی و انحراف از مسیر، موضوعات زیست محیطی مثل آلودگی ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی و ... مطرح می‌گردد و ما در این پایان‌نامه یک روش جدید برای پیش‌بینی مکان بعدی کاربران در این نوع شبکه‌ها ارائه نموده و بر پایه آن یک الگوریتم مسیریابی را بهبود بخشیده‌ایم.

به‌طور کلی حل یا کاهش اثرات سوء ناشی از ترافیک شهری در دهه‌های اخیر منجر به طراحی یک سامانه کارا در زمینه حمل و نقل شهری و جاده‌ای تحت عنوان «سامانه حمل‌ونقل هوشمند»^۱ شده است. سامانه حمل‌ونقل هوشمند که آن را به صورت مخفف ITS نیز می‌نامند، سامانه‌ای است که با بکارگیری مجموعه‌ای از ابزارهای مخابراتی اقدام به کشف و ثبت رویدادها و حوادث در مسیر حرکت وسایل نقلیه کرده و این اطلاعات را به یک مرکز کنترل ارسال می‌کند. در مرکز کنترل با استفاده از تکنولوژی‌های نرم‌افزاری و مفاهیم مهندسی ترافیک، این اطلاعات پردازش شده و در جهت بهبود کارایی و ایمنی در سیستم حمل‌ونقل به کار گرفته می‌شود [1].

یک سیستم حمل‌ونقل شامل شبکه‌ها، وسایل نقلیه، افراد و کالاهاست. در این بین «شبکه‌ها» خودرویی^۲ نقش هسته مرکزی را در این سیستم ایفا می‌کند و مدیریت آن به صورت مستقیم و غیرمستقیم تأثیرات زیادی روی نهادها و سازمان‌های مرتبط با ترافیک شهری و جاده‌ای و حوادث و

^۱ Intelligent Transporter System

^۲ VANET

رویدادهای مرتبط با آن دارد. شبکه ادهاک خودرویی، شبکه موجود بین وسایل نقلیه‌ای است که با ارتباطات بیسیم با یکدیگر مرتبط شده‌اند و ممکن است در همسایگی ابزارآلات رادیویی همگن و ناهمگن ثابتی قرار داشته باشند که در کنار جاده‌ها نصب شده‌اند و امکان ارتباطات در برد کوتاه و متوسط را برای آنها فراهم می‌سازند.

۱-۲- تاریخچه کارهای انجام شده

در شبکه‌های ادهاک خودرویی، وسایل نقلیه به صورت گره‌هایی فرض می‌شوند که با تعدادی سنسور تجهیز شده‌اند و این گره‌ها می‌توانند با وسایل نقلیه‌ای که در محدوده ارتباطی آنها قرار دارند یک شبکه تشکیل دهند. به طور کلی ادهاک خودرویی یک شبکه هماهنگ متمرکز نیست، گره‌ها در آن متحرک هستند و شکل شبکه تغییر می‌کند. مشکل تغییر شکل شبکه، محدودیت‌های موجود در آن مثل تداخل، پهنای باند و کوتاهی محدوده ارتباطی بین خودروها، نیاز به یک «روش مسیریابی»^۱ که وظیفه انتقال بسته‌های ارتباطی و گسترش شبکه بین خودروها را به بهترین شکل ممکن به انجام برساند، را ضروری می‌کند [2]. از طرفی ویژگی‌های خاصی مثل محدودیت حرکتی گره‌ها در مسیرهای مشخص و تعریف شده جاده‌ای، امکان پیش‌بینی مسیرهای حرکتی کاربران را ممکن کرده که این دستاوردها در بهینه‌تر شدن روش‌های مسیریابی تأثیر زیادی دارد. فارغ از بحث پیش‌بینی مسیر حرکتی کاربران در شبکه‌های ادهاک خودرویی، روش‌های مسیریابی فراوانی در سال‌های اخیر ارائه شده‌اند که از نقطه نظر ویژگی‌ها، تنوع زیادی در طبقه‌بندی دارند و ما فقط تعدادی از این روش‌ها را معرفی خواهیم کرد. [3] جزو اولین و معروف‌ترین روش‌های مسیریابی مبتنی بر مختصات جغرافیایی است که برای محیط‌های شهری طراحی شده بود. [4] روش مسیریابی مبتنی بر فراموشی ارائه داده است. در این روش اطلاعات موجود در جداول اطلاعاتی فقط یک بار مورد استفاده قرار می‌گیرند. [5] و [6] بر روی لایه MAC تمرکز کرده و روشی کارا برای کشف گره‌های همسایه ارائه کرده‌اند. [7] و [8] و [9] روش‌هایی را ارائه

کردند که در آنها به هم‌زمانی تایمر سکتورهای آنتن جهت‌دار نیاز است. [10] و [11] روشی برای مسیریابی ارائه کرده‌اند که تکیه و تمرکز بر روی ساختار شبکه دارد. [12] و [13] روشی ارائه کرده‌اند که در آن برای کاهش ترافیک شبکه یک کپی از بسته‌های اطلاعاتی ارسال می‌گردد. این درحالیست که [14] با به کارگیری منطق فازی تلاش کرده تا حجم داده پاکت‌های اطلاعاتی را کاهش دهد.

۱-۳- اهداف پایان‌نامه

اما راهکاری که در پایان‌نامه برای مسیریابی ارائه شده بر پایه تغییر در روش محاسبه و تخصیص پارامتر C_{s_i} (تایمر جهت پرتو آنتن جهت‌دار) در [15] است. در این روش تایمر مذکور بر پایه تجزیه و تحلیل مقدار احتمال ارتباط موفقیت‌آمیز دوطرفه بین گره‌ها و پیش‌بینی و تخصیص این مقادیر، پایه‌گذاری شده است. این روش جدید محاسبه C_{s_i} موجب کاهش تاخیر و پیچیدگی محاسبات در فرآیند مسیریابی خواهد شد.

۱-۴- ساختار پایان‌نامه

در این پایان‌نامه به منظور بیان روش مسیریابی در فصل دوم ابتدا مبانی نظری و مدل‌سازی‌های لازم ارائه می‌گردد، در فصل سوم روش مسیریابی، الگوریتم‌ها و محاسبات ریاضی انجام شده و در نهایت در فصل چهارم نتایج شبیه‌سازی ارائه و تحلیل خواهد گردید.

فصل دوم:

مبانی نظری

۲-۱- مقدمه

قبل از بیان مبسوط تئوری‌های مرتبط با موضوع پایان‌نامه و روش انجام کار ذکر این موضوع لازم است که روش پیشنهادی پایان‌نامه بر مبنای تغییر در روش محاسبه و تخصیص پارامتر c_{s_i} (تایمر تنظیم زمان توقف پرتوی آنتن جهت‌دار در زاویه خاص) در [15] بنا نهاده شده است. بر این اساس برای بیان مطالب این فصل زیربخش‌های زیر را داریم. در بخش دوم ابتدا انواع روش‌های مسیریابی را طبقه‌بندی کرده و بعد بیان خواهیم کرد که روش پایان‌نامه در کدام گروه قرار می‌گیرد. در بخش سوم مدل‌سازی و فرض‌های اولیه بیان خواهد گردید.

۲-۲- انواع روش‌های مسیریابی

به طور کلی روش‌های متنوعی برای مسیریابی در شبکه‌های ادهاک خودرویی وجود دارد و ما برای این که بدانیم روش مسیریابی ما در کدام دسته قرار می‌گیرد، طبقه‌بندی‌های مختلف آن را بیان خواهیم کرد.

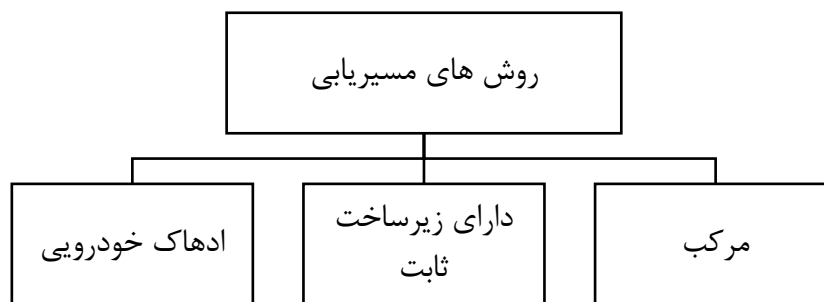
۲-۲-۱ طبقه‌بندی براساس ساختار فیزیکی

یکی از اصلی‌ترین طبقه‌بندی‌ها در منابع علمی، طبقه‌بندی براساس ساختار فیزیکی شبکه است. از این نظر سه نوع معماری متفاوت برای شبکه ادهاک خودرویی وجود دارد که عبارت‌اند از شبکه‌های بیسیم موردی^۱، دارای زیرساخت ثابت^۲ و مرکب^۳.

^۱ Ad Hoc

^۲ Infrastructured

^۳ Hybrid



شکل (۱-۲) : طبقه‌بندی روش‌های مسیریابی بر اساس ساختار فیزیکی

شبکه نوع «دارای زیرساخت ثابت»

این نوع پیکربندی شبکه که در منابع علمی از آن به V2I نیز یاد می‌شود، نوعی از معماری شبکه است که در آن هیچ ارتباط رادیویی بین وسایل نقلیه وجود ندارد. در این نوع معماری ایستگاه‌های ثابتی وجود دارد و ارتباط رادیویی فقط بین وسیله نقلیه و این ایستگاه‌ها برقرار است و وسایل نقلیه اطلاعات مربوط به ترافیک، مسیریابی و ... را از طریق این ارتباطات و در بستر شبکه اینترنت دریافت می‌کنند.

شبکه نوع «بیسیم موردی»

این نوع معماری شبکه که در منابع علمی از آن به V2V (خودرو به خودرو) هم یاد می‌شود، نوعی از پیکربندی شبکه است که در آن ارتباط رادیویی فقط بین وسایل نقلیه برقرار بوده و هیچ نوع ارتباط دیگری بین آنها وجود ندارد و وسایل نقلیه در غالب یک شبکه، اطلاعات مربوط به ترافیک، مسیریابی و ... را با یکدیگر مبادله می‌کنند. در این ساختار وسایل نقلیه می‌توانند نقش رله را برای برقراری ارتباط بین دو خودرو ایفا کنند.

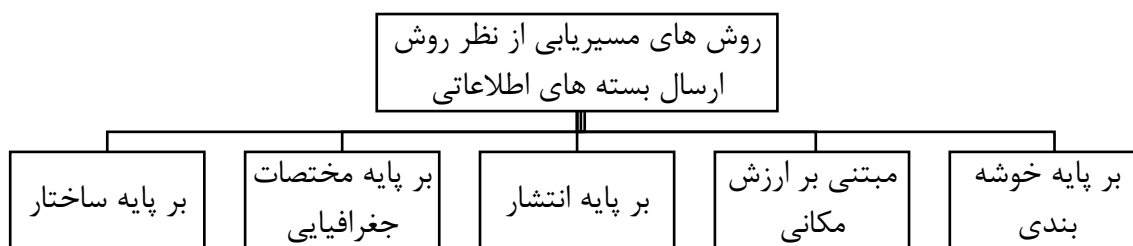
شبکه نوع «مرکب»

این ساختار ترکیبی از ساختارهای «دارای زیرساخت ثابت» و «بیسیم موردی» است، یعنی هم امکان برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه وجود دارد و هم بین وسایل نقلیه و ایستگاه‌های ثابت.

۲-۲-۲- طبقه‌بندی شبکه‌های ادهاک خودرویی بر اساس روش ارسال

بسته‌های اطلاعاتی

از دیدگاهی دیگر روش‌های مسیریابی را بر اساس نوع و روش ارسال بسته‌های اطلاعاتی می‌توان به پنج گروه طبقه‌بندی کرد.



شکل (۲-۱) : طبقه‌بندی روش‌های مسیریابی بر اساس روش ارسال بسته

روش مسیریابی «بر پایه ساختار»^۱

روش پیشنهادی پایان‌نامه در این رده قرار می‌گیرد و به همین دلیل بعداً به‌طور مفصل توضیح داده خواهد شد ولی به‌طور مختصر می‌توان گفت که در این روش اطلاعات راجع به مختصات گره‌ها در جداولی نگهداری شده و بعد برپایه پردازش این اطلاعات، برای ارسال پیام‌های جدید برنامه‌ریزی خواهد شد.

روش مسیریابی «بر پایه مختصات جغرافیایی»^۲

این روش که در برخی از موارد از آن به geographic نیز یاد می‌شود، روشی است که در آن موقعیت وسایل نقلیه توسط مختصات جغرافیایی آن‌ها تعیین شده و در قالب بسته‌های داده ارسال می‌گردد. بدیهی است که برای داشتن مختصات جغرافیایی، نیاز به یک سامانه تعیین مختصات مثل GPS ضروری می‌نماید.

^۱ Topology
^۲ Position based

از معروف‌ترین روش‌های مسیریابی در این خانواده می‌توان به روش GSR که مخفف Geographic Source Routing [16] و روش A-STAR که مخفف Aware Anchor-Based Street and Traffic Routing [17] است، اشاره کرد.

روش مسیریابی «بر پایه انتشار»^۱

این روش که در برخی موارد از آن به Dissemination Routing نیز یاد می‌شود، روشی است که در آن یک گره به صورت سیل‌آسا در تمام شبکه اقدام به ارسال پیام می‌کند. این روش در مواردی کاربرد دارد که نیاز به انتشار اخباری مثل تصادفات و خطرات بالقوه در مسیر، احساس شود. این روش بیشتر در ساختار «دارای زیرساخت ثابت» مورد استفاده قرار می‌گیرد. از معروف‌ترین روش‌های مسیریابی از این نوع می‌توان به UMB که مخفف Urban Multihop Broadcast [18] و ODAM که مخفف Optimized Dissemination of Alarm Messag [19] است، اشاره کرد.

روش مسیریابی «مبتنی بر ارزش مکانی»^۲

روشی است برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی در یک ناحیه مشخص، به طوری که می‌توان این روش را به عنوان روش مسیریابی Multicast در یک ناحیه خاص در نظر گرفت. از معروف‌ترین روش‌های مسیریابی در این رده می‌توان به روش‌های ROWER که مخفف Robust Vehicular Routing و IVG که مخفف Inter-Vehicular Geo cast است، اشاره کرد.

روش مسیریابی «بر پایه خوشه‌بندی»^۳

روش است که در آن رفتار حرکتی وسایل نقلیه در قالب گروه‌ها یا خوشه‌هایی تجزیه تحلیل شده و روش مسیریابی بر اساس رفتار گروهی وسایل نقلیه طراحی می‌شود. معروف‌ترین روش‌های مسیریابی در این رده عبارتند از روش‌های مسیریابی COIN که مخفف Clustering for Open Ivc Network و

^۱ Broadcast Base

^۲ Geo cast base

^۳ Cluster base

HCB که مخفف Hierarchial Cluster Base است.

۲-۲-۳- روش مسیریابی پیشنهادی در پایان نامه در کدام دسته قرار

می گیرد؟

روش پیشنهادی پایان نامه از نظر ساختار فیزیکی شبکه جزو رده «بسییم موردی» قرار می گیرد و همانطور که بیان گردید از نظر روش ارسال در گروه «بر پایه ساختار» طبقه بندی می شود. در این روش مسیریابی همان طور که بعدها مفصل تر بیان خواهد گردید، با جمع آوری اطلاعات مربوط به موقعیت گره ها و نگهداری آنها در جداول اطلاعاتی خاص، اقدام به مسیریابی می شود. لازم به ذکر است که روش های مسیریابی از نظر برخط بودن جمع آوری اطلاعات به دو نوع «فعال»^۱ و «انفعالی»^۲ طبقه بندی می شوند. تفاوت این دو روش در این است که در روش فعال وسایل نقلیه اطلاعات مربوط به گره های همسایه را به صورت برخط حفظ نمی کنند و اطلاعات زمانی که نیاز باشد، به روز می شود. این کار معمولاً به صورت ارسال سیل آسای بسته های اطلاعاتی انجام می شود. این در حالی است که در حالت انفعالی گره ها به صورت لحظه ای اطلاعات خود را به روز می کنند.

از معروف ترین روش های مسیریابی نوع فعال می توان به روش DSDV که مخفف عبارت Destination-Sequenced Distance Vector [20] است، اشاره کرد و از معروف ترین روش های مسیریابی نوع انفعالی می توان روش AODV که مخفف عبارت Ad Hoc On-Demand Distance Vector [21] است، را نام برد. لازم به توضیح است که روش پیشنهادی پایان نامه در رده روش های انفعالی قرار می گیرد.

از نکات دیگری که در مورد روش پیشنهادی پایان نامه باید به آن اشاره کرد این است که در این روش از آنتن های جهت دار برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می شود. از آنتن های جهت دار در

^۱ Proactive

^۲ Reactive

شبکه‌های ادهاک خودرویی به دو صورت «قطعی»^۱ و «تصادفی»^۲ استفاده می‌شود. در روش قطعی جهت حرکت پرتو آنتن از پیش تنظیم شده ولی در روش تصادفی برنامه‌ای برای نحوه چرخش پرتو آنتن وجود ندارد. همان‌طور که در ادامه بیان خواهد گردید در روش پیشنهادی، از آنتن در حالت قطعی استفاده خواهد شد.

۳-۲- مدل سازی و فرض‌های اولیه

پیش از آنکه بخواهیم مدل سازی و فرض‌های روش پیشنهادی را بیان کنیم، ذکر این نکته ضروری است که روش پیشنهادی ما در واقع براساس تغییر روش محاسبه و تخصیص یک پارامتر یعنی c_{s_i} (تایمر توقف پرتو آنتن در هر زاویه خاص) در [15]، بنا نهاده شده است.

۳-۲-۱- مدل آنتن جهت‌دار

آنتن جهت‌داری که در این روش استفاده شده از نوع آرایه دایره‌ای است. مشخصات این نوع آنتن برای هر گره $i \in \tilde{N}$ ، با بیان زاویه هر سکتور آرایه یعنی θ مشخص می‌گردد. به طوریکه اگر زاویه سکتور آنتن جهت‌دار برابر θ_i باشد، آنگاه تعداد سکتورها برای این آرایه از رابطه $N_i = \frac{2\pi}{\theta_i}$ محاسبه خواهد شد و آن را به صورت ساعت گرد از ۰ تا $N_i - 1$ اندیس‌گذاری خواهیم کرد. این مجموعه سکتورهای گره i را با $\hat{S}_i$ نمایش داده و برای هر سکتور $s_i \in \hat{S}_i$ ، یک تایمر c_{s_i} تعریف خواهیم کرد. زمانی که یک دوره مونیتورینگ برای تایمرهای c_{s_i} به پایان رسیده باشد. حالت بعدی آنتن جهت‌دار توسط حالت کاری گره مشخص می‌گردد که به صورت زیر خواهد بود.

۱- حالت «آماده برای ارسال اطلاعات»

اطلاعاتی از جدول اطلاعاتی و پروسه مسیریابی موجود بوده و آنتن می‌تواند برای تنظیم تایمرهای c_{s_i} برنامه خاصی ارائه دهد.

^۱ Deterministic

^۲ Random

۲- حالت «خالی از گره‌های کشف شده»

برنامه خاصی برای ارسال اطلاعات به گره‌ها وجود ندارد و جهت آنتن به صورت تصادفی تعیین می شود.

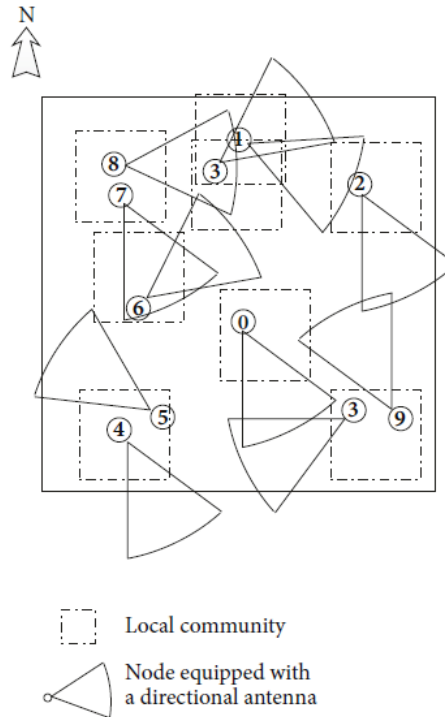
۲-۳-۲- مدل ارتباطی

فرض بر این است که اگر گره‌ها جهت انتشار پرتوشان در خلاف هم باشد و در محدوده پوششی هم قرار بگیرند، آنگاه امکان ارسال و دریافت پیام «سلام»^۱ که ساختار آن بعداً تشریح خواهد شد، برایشان فراهم است. همچنین حداکثر زمان لازم برای ارسال پیام توسط یک گره تا دریافت آن توسط گره دیگر را واحد زمانی فرض کرده و با τ نمایش می‌دهیم. روال کار هم به این صورت است که گره i بعد از ارسال پیام سلام به مدت $c_{s_i} - \tau$ در حالت انتظار برای دریافت قرار می‌گیرد و بعد از آن جهت آنتن را در جهت ساعت‌گرد به سمت سکتور بعدی تغییر می‌دهد. هرگاه پیام ارسالی از گره i توسط گره j دریافت شود، آنگاه این گره یک گره شناخته شده برای گره j خواهد بود و در لیست همسایگان آن گره قرار می‌گیرد و بسته به شرایطی که بعداً بیان خواهد شد ممکن است گره j بتواند یک پیام سلام به سمت گره i ارسال نماید.

۲-۳-۳- مدل حرکتی گره‌ها

مدل حرکتی گره‌ها به این صورت فرض شده که تعدادی گره تحت طبقه‌بندی سه گانه‌ای (از نظر تراکم) به صورت ترافیک سنگین، سبک و فوق سبک، در یک فضای مستطیل شکل به صورت تصادفی پراکنده شده‌اند و در این فضای مستطیل شکل به صورت زیر گروه‌هایی در نظر گرفته می‌شوند که ناحیه کوچکتري را اشغال می‌کنند (شکل شماره 2-3)). احتمال جابجایی هر گره بین نواحی کوچکتري، مقدار کوچکی برابر $P = 0.1$ دارد. لازم به توضیح است که این مقدار احتمال مبنای ارائه روش پیشنهادی

ماست که درباره آن بعداً به طور مفصل توضیح داده خواهد شد. ضمن این که در روش پیشنهادی پایان نامه، ترافیک سبک و خیلی سبک مدنظر قرار داده شده و از ترافیک سنگین صرف نظر شده است.



شکل (۲-۲): مدل حرکتی گره‌ها [15]

۲-۳-۴- ساختار «لیست گره‌های همسایه^۱» و پیام «سلام»

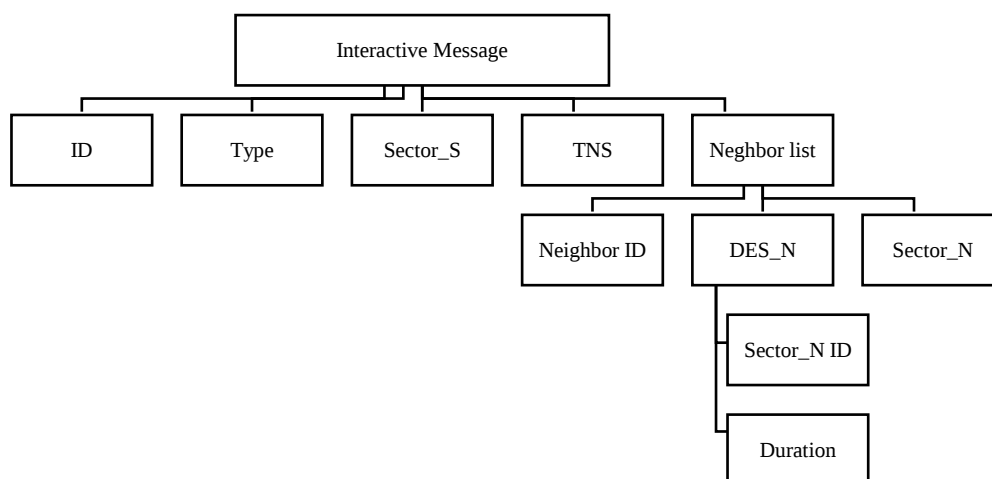
«لیست گره همسایه» که در منابع علمی-پژوهشی از آن به عنوان «لیست^۲» هم یاد می‌شود، محور اصلی بحث‌های ما خواهد بود و مسیریابی‌ها براساس اطلاعات موجود در این لیست انجام خواهد شد. اگر امکان دریافت یک پیام «سلام» برای یک گره فراهم شود، آنگاه «لیست گره همسایه» گره دریافت کننده پیام، براساس اطلاعات موجود در این پیام، به روز شده و ممکن است بسته به شرایطی که بعداً بیان خواهد گردید، این گره هم اقدام به ارسال یک پیام «سلام» به سمت گره اولیه بکند.

^۱ Neighbor node list

^۲ Table

اجزای سازنده پیام «سلام»

- ۱- ID : مشخص کننده هویت گره i است.
 - ۲- Type : بیان کننده نوع پیام ارسالی که از نوع «سلام» است یا پاسخ آن.
 - ۳- Sctor_s : بیان کننده سکتوری از آنتن فرستنده است که هنگام ارسال این پیام، آنتن در جهت آن بوده است و با s_i نمایش داده می شود. ($s_i \in \hat{S}_i$)
 - ۴- TNS : بیان گر مقدار c_{s_i} برای گره ارسال کننده در زمان ارسال پیام است.
 - ۵- Neighbor List : قسمتی از پیام است که مسئولیت ثبت گره های همسایه گره ارسال کننده پیام را در خود دارد. و خود از اجزای زیر تشکیل شده است.
- الف- Neighbour ID : کد مشخص کننده گره همسایه گره ارسال کننده پیام.
- ب- DES_N : همه سکتورهایی که تاکنون گره i از طریق آن، گره همسایه مفروضی را کشف کرده است.
- ج- Sector_N : بیان گر سکتوری است که گره i برای آخرین بار از طریق آن پیامی از گره همسایه دریافت کرده است و با s_{ij} نمایش داده می شود (ز نمایشگر گره همسایه است).



شکل (۲-۳) : ساختار پیام «سلام»

اجزای سازنده «لیست گره همسایه»

- ۱- Neighbor ID : کد مشخص کننده گره همسایه موجود در لیست است.

۲- Sector_S : بیان گر سکتوری از آنتن فرستنده است که هنگام ارسال پیام، آنتن در جهت آن بوده است.

۳- DES_N : بیان گر همه سکتورهایی است که تاکنون گره مرجع از طریق آن ها گره همسایه مورد نظر را کشف کرده است.

۴- Sector_N : بیان گر سکتوری است که گره مرجع برای آخرین بار یک پیام از آن دریافت کرده است.

۵- TNS_N : بیانگر مقدار c_{s_i} برای گره همسایه هنگام ارسال پیام به گره مرجع است.

۶- p_{Recieve} : احتمال دریافت موفقیت آمیز پیام ارسالی از طرف گره مرکزی i به سمت گره همسایه j که از طریق سکتور k انجام شده است. و از رابطه زیر محاسبه می شود (پارامترهای موجود در روابط زیر در فصل 3 تعریف و محاسبه خواهند شد).

$$p_{\text{Recieve}} = 1 - e^{-\lambda_{\text{suc}} t_k} \quad (1-2)$$

$$\lambda_{\text{suc}} = 2n \cdot e^{-4nt_k} \quad (2-2)$$

$$t_k = \sum_{i=0}^k c_{s_k} \quad (3-2)$$

7- Two_Hop Node List : بیانگر لیست و مشخصات گره های همسایه، گره همسایه ای است

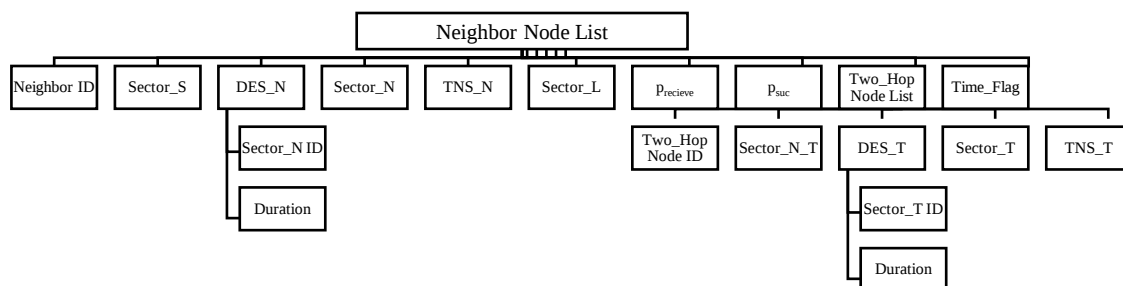
که پیام از طرف آن ارسال شده است.

8- p_{suc} : بیانگر احتمال ارسال موفقیت آمیز پیام دو طرفه بین گره مرکزی و گره همسایه است

به طوری که ارسال از گره مرکزی انجام شود.

9- Sector_L : لیست گره های همسایه را بر مبنای سکتوری که از آن دیده شده اند، افراز

می کند.



شکل (۴-۲): لیست گره‌های همسایه

فصل سوم

روش انجام کار

۳-۱- مقدمه

به‌طور خلاصه سازوکار روش مسیریابی [15] مبنای پژوهش ما قرار گرفته و روش پیشنهادی پایان-نامه بر این اساس بنا نهاده شده است که گره‌ها در شبکه با ارسال و دریافت پیام‌های «سلام»، اطلاعات خود از شبکه را به اشتراک گذاشته و آنها را در قالب «لیست گره‌های همسایه» خود ثبت می‌کنند. و بعد با تجزیه و تحلیل این اطلاعات در دوره‌های بعدی اقدام به ارسال پیام‌های هدفمندتر و برنامه‌ریزی شده‌تر خواهند کرد که این موجب بهره‌وری بیشتر در کشف گره‌های جدید و جمع‌آوری اطلاعات بیشتر از شبکه خواهد شد.

پیاده‌سازی این روش دو مرحله دارد، در شروع کار پرتوهای آنتن جهت‌دار گره‌ها به طور تصادفی چرخیده و با ارسال و دریافت پیام و کسب اطلاعات شروع به ثبت آنها در «لیست گره‌های همسایه» خود خواهند کرد (یعنی در دوره‌های اولیه مقدار c_{s_i} برای همه سکتورها مساوی است). حال با بدست آمدن این اطلاعات اولیه دو گام اصلی کار شروع می‌شود. اول این که با اطلاعات موجود در «لیست گره‌های همسایه» ایده‌آل‌ترین الگوی چرخش پرتوهای آنتن جهت‌دار که در غالب تنظیم c_{s_i} ها صورت می‌گیرد، طراحی خواهد شد که این خود منجر به کشف گره‌های بیشتر در دوره‌های بعد خواهد گردید. گام دوم بهره‌برداری از اطلاعات موجود در «لیست گره‌های همسایه» است بدین صورت که با تجزیه تحلیل و ارائه یک الگوریتم، بهترین مسیرها برای ارسال اطلاعات دو مرحله‌ای (ارسال اطلاعات از طریق یک گره رله به گره سوم) مشخص خواهد گردید. بدیهی است با اجرای این الگوریتم مسیریابی از طریق رله، امکان کشف گره‌هایی که در فواصل دورتر قرار داشته و اطلاعاتی از آنها در «لیست گره‌های همسایه» وجود ندارد، فراهم خواهد گردید و بدین صورت هدف اصلی یعنی شناخت بیشتر شبکه که در غالب کشف گره‌های بیشتر صورت می‌گیرد، عملی خواهد شد.

در این فصل ابتدا روش تخصیص c_{s_i} ها بیان گردیده و در ادامه روش محاسبه این پارامتر توضیح داده خواهد شد و در پایان هم الگوریتم مسیریابی معرفی خواهد گردید.

۳-۲- تخصیص c_{s_i} ها (تایمر تنظیم توقف پرتوهای آنتن در جهت خاص)

۳-۲-۱- روش تخصیص

این روش تخصیص c_{s_i} جزء تفاوت‌های روش ارائه شده در پایان‌نامه و روش ارائه شده در [15] است که مبنای پژوهش ما قرار گرفته است. در این بخش با فرض دانستن روش محاسبه c_{s_i} ها فقط نحوه تخصیص آنها را بیان خواهیم کرد و نحوه محاسبه c_{s_i} ها از روی اطلاعات موجود در «لیست گره‌های همسایه» موضوع بخش بعدی خواهد بود. به طور کلی ما در تخصیص c_{s_i} به هر سکتور، برای هر دوره مونیتورینگ آنها را محاسبه نمی‌کنیم بلکه به صورت دوره‌ای یعنی در زمان‌های خاصی محاسبه خواهند شد، این در حالیکه نیاز است c_{s_i} برای هر دور چرخش پرتو آنتن مشخص باشد. برای مشخص شدن این مقادیر با استفاده از مقادیر دوره‌ای محاسبه شده اخیر، مقدار c_{s_i} برای مقدار دوره آینده پیش‌بینی و با استفاده از این عدد پیش‌بینی شده و آخرین مقدار محاسبه شده واقعی، برای دوره‌های میانی به صورت نسبت وزنی مقدار تخصیص داده خواهد شد. مقدار این دوره‌های محاسبه در ترافیک فوق سبک هر ده دوره مونیتورینگ یک بار و در ترافیک سبک هر شش دوره مونیتورینگ یک بار در نظر گرفته شده است.

اما قبل از بیان جزئی‌تر این روش، دلیل اینکه چرا در ترافیک فوق سبک هر ده دوره مونیتورینگ یک بار و در ترافیک سبک هر شش دوره مونیتورینگ یک بار c_{s_i} را محاسبه می‌کنیم، را بیان خواهیم کرد. علت انجام این کار این است که در [15] فرض شده که بعد از هر دوره مونیتورینگ احتمال خروج یک گره از یک گروه و ورود به یک گروه دیگر حدوداً برابر $p = 0.1$ است. (علت آن هم به‌طور خلاصه براساس سرعت حرکت گره‌ها در مقایسه با ابعاد فضای شبیه‌سازی و زمان فرض شده برای دوره‌های مونیتورینگ گره‌ها است). از طرفی در [15] و اکثر پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده، در ترافیک فوق سبک تعداد گره‌ها را حدود ۱۰ عدد و در ترافیک سبک تعداد گره‌ها را حدود ۵ عدد فرض کرده‌اند و تعداد سکتورهای آنتن جهت‌دار هم ۶ عدد فرض شده، به این ترتیب در هر سکتور در ترافیک‌های

فوق سبک و سبک به ترتیب به طور متوسط یک و دو گره وجود دارد. حال اگر احتمال خروج گره از یک سکتور به سکتور دیگر را برابر احتمال خروج گره از یک زیرفضا به زیرفضای دیگر فرض کنیم که برابر 0.1 فرض شده، (این فرض تقریباً درست است چون برد آنتن معمولاً حدود ده کیلومتر فرض می شود، پراکندگی گره ها یکنواخت فرض شده و می توان نقطه برخورد سه عمود منصف یک مثلث متساوی الاضلاع را به عنوان مکان متوسط احتمال خروج گره از قطاع سکتور فرض کرد و گره در این نقطه باید فاصله 2.5 کیلومتر بین نقاط تقاطع عمود منصف تا ضلع را بپیماید که تقریباً برابر فاصله مرکز زیرفضاهای مربعی کوچک به طول ضلع 4 کیلومتر، از اضلاع مربع می باشد که مقدار آن برابر 2 کیلومتر است) آنگاه می توان گفت که در ترافیک های فوق سبک و سبک به ترتیب حدوداً بعد از هر ۱۰ و ۶ بار دوره مونیتورینگ توپولوژی شبکه تغییر خواهد کرد (البته توجه شود که مقدار واقعی اعداد بیشتر از ۶ و ۱۰ است چون همیشه پیام ها به مقصد نمی رسند و ممکن است گره ای که تغییر مکان داده، موفق به دریافت و یا ارسال پیام نشود و ما کلاً به دنبال بدست آوردن اعداد تقریبی برای استفاده به عنوان دوره مونیتورینگ هستیم). در ادامه نحوه تخصیص c_s ها را در چهار حالت مختلف بیان خواهیم کرد.

۳-۲-۲- تخصیص c_s در ترافیک فوق سبک با روش «تخمین با چند جمله ای

درجه دوم»

در این حالت c_s ها را در دوره مونیتور ۳، ۱۳، ۲۳ و ... محاسبه می کنیم (بصورت دوره ای با دوره ۱۰ و پیش بینی از دور سوم به بعد انجام می شود علت آن هم این است که ابتدا چون آنتن هنوز شروع به کار نکرده است اطلاعاتی در جدول اطلاعاتی گره ها وجود ندارد). پس اجازه می دهیم ابتدا سه دوره مونیتورینگ با تخصیص c_s مساوی به هر سکتور طی شود.

بعد از آن هم به دلیل کم بودن جملات دنباله یعنی c_s ها در دوره های $10k+3$ ، به دوره های میانی اولیه یعنی دوره های ۳ تا ۱۳ و ۱۳ تا ۲۳ همان مقدار محاسبه شده به ترتیب در دوره های ۳ و ۱۳ را

نسبت می‌دهیم. بعد از محاسبه c_{s_i} در دوره مونیتورینگ ۲۳ حال مقدار آن در دوره ۳۳ را با مقدار آن در دوره‌های ۳، ۱۳ و ۲۳ و روش «تخمین با چند جمله‌ای درجه دوم» پیش‌بینی کرده و به صورت نسبت وزنی به دوره‌های میانی ۲۴ تا ۳۳ نسبت می‌دهیم و این روند را به همین صورت ادامه خواهیم داد یعنی در پایان دوره 33 دوباره c_{s_i} محاسبه شده و با استفاده از این عدد و دو عدد محاسبه شده قبلی یعنی c_{s_i} در دوره‌های ۲۳ و ۱۳ مقدار آن در دوره ۴۳ را تخمین زده و به صورت نسبت وزنی به دوره‌های میانی ۳۴ تا ۴۳ تخصیص می‌دهیم.

بیان ریاضی مطالب بالا به صورت زیر است :

فرض کنید می‌خواهیم با استفاده از چندجمله‌ای درجه دوم $f(n) = n^2x_2 + nx_1 + x_0$ عملیات تخمین را انجام دهیم، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} n = 1 &\rightarrow (1)^2 x_2 + (1)x_1 + x_0 = R_{s_i}^3 \\ n = 2 &\rightarrow (2)^2 x_2 + (2)x_1 + x_0 = R_{s_i}^{13} \\ n = 3 &\rightarrow (3)^2 x_2 + (3)x_1 + x_0 = R_{s_i}^{23} \end{aligned} \quad (4-3)$$

شکل ماتریسی دستگاه بالا به صورت زیر خواهد بود :

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \\ 9 & 3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_2 \\ x_1 \\ x_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{s_i}^3 \\ R_{s_i}^{13} \\ R_{s_i}^{23} \end{pmatrix} \quad (5-3)$$

در این صورت جواب دستگاه از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ x_1 \\ x_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \\ 9 & 3 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} R_{s_i}^3 \\ R_{s_i}^{13} \\ R_{s_i}^{23} \end{pmatrix} \quad (6-3)$$

حال از ترکیب $R_{s_i}^{23}$ و $R_{s_i, \text{predict}}^{33}$ به صورت نسبت وزنی برای تخصیص مقدار c_{s_i} به دوره‌های ۲۴ تا ۳۳ استفاده کنیم.

$$R_{s_i, \text{predict}}^{23+k} = \frac{k.R_{s_i, \text{predict}}^{33} + (10-k)R_{s_i}^{23}}{10} \quad 1 \leq k \leq 10 \quad (7-3)$$

ماتریس ضرایب همیشه ثابت خواهد ماند و این روند ادامه پیدا خواهد کرد.

۳-۲-۳- تخصیص c_{s_i} در ترافیک فوق سبک با روش «تخمین با چند جمله ای

درجه سوم»

فرض کنید می‌خواهیم تخمین را با چندجمله‌ای درجه سوم $f(n) = n^3x_3 + n^2x_2 + nx_1 + x_0$ انجام دهیم، اگر طبق روال قبل پیش برویم دستگاه ماتریسی زیر را خواهیم داشت.

$$\begin{pmatrix} x_3 \\ x_2 \\ x_1 \\ x_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8 & 4 & 2 & 1 \\ 27 & 9 & 3 & 1 \\ 64 & 16 & 4 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} R_{s_i}^3 \\ R_{s_i}^{13} \\ R_{s_i}^{23} \\ R_{s_i}^{33} \end{pmatrix} \quad (8-3)$$

حال از ترکیب $R_{s_i}^{33}$ و $R_{s_i, \text{predict}}^{43}$ به صورت نسبت وزنی برای تخصیص مقدار c_{s_i} به دوره های 34 تا 43 استفاده می‌کنیم.

$$R_{s_i, \text{predict}}^{33+k} = \frac{k.R_{s_i, \text{predict}}^{43} + (10-k)R_{s_i}^{33}}{10} \quad 1 \leq k \leq 10 \quad (9-3)$$

ماتریس ضرایب همیشه ثابت خواهد ماند و این روند ادامه پیدا خواهد کرد.

۳-۲-۴- تخصیص c_{s_i} در ترافیک سبک با روش «تخمین با چند جمله ای درجه

دوم»

فرض کنید می‌خواهیم تخمین را با چندجمله‌ای درجه دوم $f(n) = n^2x_2 + nx_1 + x_0$ انجام دهیم، در این حالت هر شش دور یک بار c_{s_i} محاسبه می‌گردد. اگر طبق روال قبل پیش برویم دستگاه ماتریسی زیر را خواهیم داشت.

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ x_1 \\ x_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \\ 9 & 3 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} R_{s_i}^3 \\ R_{s_i}^9 \\ R_{s_i}^{15} \end{pmatrix} \quad (10-3)$$

حال از ترکیب $R_{s_i}^{15}$ و $R_{s_i, \text{predict}}^{21}$ به صورت نسبت وزنی برای تخصیص مقدار c_{s_i} به دوره های 16 تا 21 استفاده می‌کنیم.

$$R_{s_i, \text{predict}}^{15+k} = \frac{k.R_{s_i, \text{predict}}^{21} + (6-k)R_{s_i}^{15}}{6} \quad 1 \leq k \leq 6 \quad (11-3)$$

ماتریس ضرایب همیشه ثابت خواهد ماند و این روند ادامه پیدا خواهد کرد.

3-2-5- تخصیص c_{s_i} در ترافیک سبک با روش «تخمین با چند جمله ای درجه

سوم»

فرض کنید می‌خواهیم تخمین را با چندجمله‌ای درجه سوم $f(n) = n^3x_3 + n^2x_2 + nx_1 + x_0$ انجام دهیم، اگر طبق روال قبل پیش برویم دستگاه ماتریسی زیر را خواهیم داشت.

$$\begin{pmatrix} x_3 \\ x_2 \\ x_1 \\ x_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8 & 4 & 2 & 1 \\ 27 & 9 & 3 & 1 \\ 64 & 16 & 4 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} R_{s_i}^3 \\ R_{s_i}^9 \\ R_{s_i}^{15} \\ R_{s_i}^{21} \end{pmatrix} \quad (12-3)$$

حال از ترکیب $R_{s_i, \text{predict}}^{27}$ و $R_{s_i}^{21}$ به صورت نسبت وزنی برای تخصیص مقدار c_{s_i} به دوره های 22

تا 27 استفاده می‌کنیم.

$$R_{s_i, \text{predict}}^{21+k} = \frac{k.R_{s_i, \text{predict}}^{27} + (6-k)R_{s_i}^{21}}{6} \quad 1 \leq k \leq 6 \quad (13-3)$$

ماتریس ضرایب همیشه ثابت خواهد ماند و این روند ادامه پیدا خواهد کرد.

۳-۳- روش محاسبه c_{s_i} (تایمر توقف پرتوهای آنتن در جهت خاص)

۳-۳-۱- مقدمه

این روش محاسبه c_{s_i} جزء تفاوت‌های روش ارائه شده در پایان‌نامه و روش ارائه شده در [15] است که مبنای پژوهش ما قرار گرفته است. روش کار ما بر اساس یک سری تجزیه و تحلیل‌های احتمالاتی بر روی هر سکتور است به طوریکه به هر سکتور به نسبت احتمال موفقیت آن در برقراری ارتباط دو طرفه موفق (بین گره مرکزی و گره‌های همسایه آن)، c_{s_i} تخصیص داده خواهد شد (البته در دوره‌هایی

که محاسبه نیاز است).

۳-۳-۲- روش محاسبه

برای پیاده‌سازی روش محاسبه‌مان در «لیست گره‌های همسایه» در قسمت Sector_List، مجموعه لیست گره‌های همسایه را به زیر مجموعه‌هایی افراز کرده‌ایم که هر زیر مجموعه، گره‌هایی از لیست گره‌های همسایه گره مرکزی را در خود دارد که متعلق به یک سکتور خاص از آنتن است. یعنی ما گره‌های همسایه گره مرکزی را براساس سکتوری که برای آخرین بار از آن دیده شده‌اند، دسته‌بندی می‌کنیم و زیر مجموعه‌های حاصل را با $s_{k,list,i}$ نمایش می‌دهیم که به معنی مجموعه گره‌هایی از لیست گره همسایه گره مرکزی i است که از سکتور k دیده می‌شود. اگر تعداد سکتورهای گره مرکزی i برابر N_i و L_i مجموعه تمام گره‌های همسایه گره i باشد آنگاه روابط زیر را برای آن داریم.

$$\bigcup_{k=0}^{N_i-1} s_{k,list,i} = L_i \quad 0 \leq k \leq N_i - 1 \quad (14-3)$$

حال با توجه به رابطه بیان شده و تعاریف زیر فرمول محاسبه c_{s_i} برای گره i بدست خواهد آمد.

$A_{suc_i_j}$: پیشامد ارسال موفقیت‌آمیز پیام رفت و برگشت است به طوری که ارسال از گره i به سمت گره j شروع و با برگشت از گره j به گره i به پایان برسد.

$p_{suc_i_j}$: احتمال پیشامد $A_{suc_i_j}$ است.

$$c_{s_k} = \frac{\max_{j \in S_{k,list,i}} (p_{suc_i_j})}{\sum_{z=0}^{N_i-1} \max_{j \in S_{z,list,i}} (p_{suc_i_j})} \times (T) \quad (15-3)$$

مفهوم فرمول بالا این است که اگر فرض کنیم گره مرکزی i از طریق مثلاً سکتور k خود چند گره همسایه را کشف کرده باشد و اکنون از طریق $s_{k,list,i}$ اقدام به ارسال پیام کرده باشد، اگر بیش از یک گره همسایه از طریق این سکتور پاسخ پیام را بدهند به دلیل تداخل، این پیام به گره مبدا نخواهد رسید و به این دلیل می‌توان ملاک قدرت برقراری ارتباط در یک سکتور را بر مبنای بالاترین احتمال رفت و برگشت موفق پیام قرار داد و به این دلیل مقدار c_{s_i} را برای هر سکتور از نسبت بالاترین احتمال برقراری

ارتباط دو طرفه به مجموع بالاترین احتمال‌های برقراری ارتباط دو طرفه از همه سکتورها ، ضرب در زمان یک دور چرخش T محاسبه کرد.

اما برای محاسبه $p_{suc_i_j}$ از [22] داریم :

$$p_{suc_i_j} = 1 - e^{-\lambda_{2way} \cdot t_k} \quad (16-3)$$

$$\lambda_{2way} = \lambda_{suc} \cdot p_{1st} \cdot p_{2nd} \quad (17-3)$$

$$\lambda_{suc} = 2n \cdot e^{-4nt_k} \quad (18-3)$$

$$p_{1st} = 1 - \frac{\theta}{2\pi} \left(1 - \frac{\theta^2}{N\theta^2 + 4\pi^2}\right)^{2^{M-1}} \quad (19-3)$$

$$p_{2nd} = e^{(M-1)\left(\frac{\theta}{2\pi}\right)(2n)} \quad (20-3)$$

که در آن $2n$ تعداد کل پاکت‌های ارسالی هر گره در یک دور چرخش است. L_i تعداد کل همسایه-های کشف شده توسط گره i است. t_k زمان سپری شده از شروع چرخش تا رسیدن به سکتور k است. θ زاویه هر سکتور آنتن جهت‌دار است. N تعداد متوسط گره‌های همسایه همه گره‌های همسایه است. β_m نشان دهنده «two hop node list» گره‌های همسایه گره مرکزی i هستند به طوری که $m \in L_i$ است.

$$M = \frac{\|L_i\|}{\frac{2\pi}{\theta}} \quad (21-3)$$

$$t_k = \sum_{i=0}^{N_i-1} c_{s_i} \quad (22-3)$$

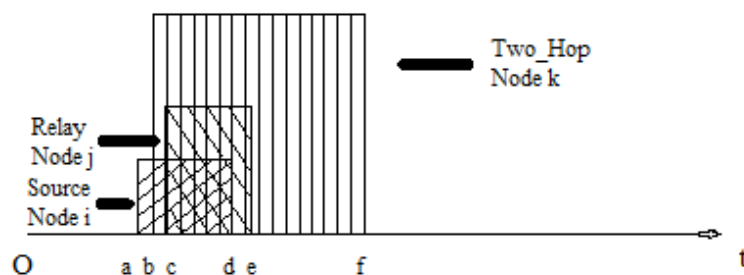
$$\lambda = 2n \quad (23-3)$$

$$N = \frac{\sum_{m \in L_i} \beta_m}{\|L_i\|} \quad (24-3)$$

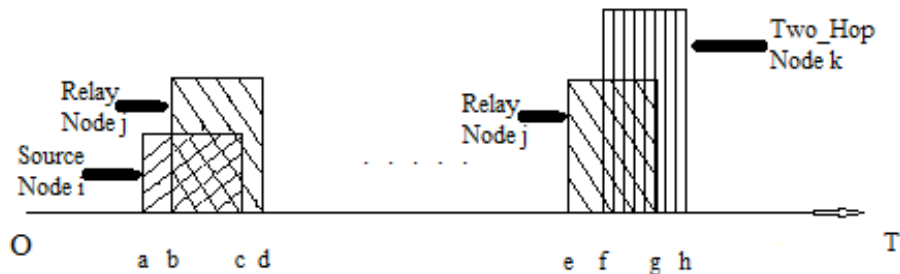
۳-۴- الگوریتم مسیریابی

الگوریتمی که در این بخش برای مسیریابی ارائه می شود تقریباً الگوریتم‌های ارائه شده در [15] است که مبنای پژوهش‌های ما قرار گرفته است. اصول عملکرد این الگوریتم بر این اساس پایه‌گذاری

شده است که هرگاه قصد ارسال پیام به گره سوومی از طریق یک گره رله را داشته باشیم، همه مسیرهای ارتباطی موجود بین گره مبدا، گره رله و گره مقصد، توانایی ارسال موفقیت‌آمیز پیام را ندارند و حتی ارسال از بعضی از مسیرها احتمال موفقیت بیشتری به نسبت بقیه مسیرها دارد و الگوریتم بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در جداول اطلاعاتی و در نظر گرفتن زمان برقراری ارتباط بین دو آنتن و نرخ ارسال موفقیت‌آمیز پیام، اقدام به تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مسیر خواهد کرد.



شکل (3-1)



شکل (3-2)

برای روشن‌تر شدن اهمیت زمان‌بندی سکتورها شکل‌های (3-6) و (3-7) را در نظر بگیرید. در شکل (3-6) وضعیتی نشان داده شده که آنتن جهت‌دار هر سه گره در فاصله زمانی cd در راستای هم قرار گرفته‌اند و $(s_{ij} = s_{ji} = s_{kj})$ و امکان ارسال پکت‌های داده برای آنها فراهم است و گره مبدا i می‌تواند در هر نقطه‌ای در فاصله cd اقدام به ارسال اطلاعات کند.

در شکل (3-7) ابتدا در فاصله زمانی bc امکان برقراری ارتباط برای گره‌های i و j فراهم می‌شود ولی بعد از آن گره j بلافاصله توانایی ارسال اطلاعات را به گره k ندارد و باید کمی زمان سپری شود تا در

فاصله زمانی fg که سکتورهای گره z و k در خلاف جهت هم قرار می گیرند یعنی $s_{jk} = s_{kj}$ ، این ارسال انجام شود.

قبل از بیان ادامه بحث ابتدا در مورد دو مفهوم صحبت خواهیم کرد. برای بیان الگوریتم، ما نیازمند پارامتری هستیم که احتمال ارسال اطلاعات به یک گره دیگر را بیان کند. اولین انتخابی که به ذهن می رسد همان احتمال $p_{receive}$ موجود در جدول اطلاعات گره های همسایه است. ولی از آنجا که این پارامتر بدون حافظه است و همسایگی دو گره را برای لحظات بعدتر تضمین نمی کند، پارامتر دیگری به نام σ_{ij} (پایداری همسایگی) را با فرمول زیر تعریف می کنیم.

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{s \in \hat{s}_i} A_{ij}^s}{E_i} \quad (25-3)$$

که در آن A_{ij}^s بیانگر کل پیامهای ارسال از گره i به گره j از طریق تمام سکتورها به کل پیامهای ارسالی از گره i به کل گره های همسایه از طریق همه سکتورهاست که از طریق جدول اطلاعات گره قابل محاسبه است.

برای بیان الگوریتم ابتدا بر اساس شکل (7-3) چند پارامتر را محاسبه می کنیم.

s_{ji} :

$$T_{end}^{ji} = T_{Flag}^j + c_{ji} \quad (26-3)$$

$$T_{begin}^{ji} = T_{end}^{ji} - R_{s_{ji}} T \quad (27-3)$$

s_{jk} :

$$T_{end}^{jk} = \begin{cases} T_{end}^{ji} & s_{ji} = s_{jk} \\ T_{end}^{ji} + \sum_{m=1+s_{ji}}^{s_{jk}} R_m T, & s_{ji} \neq s_{jk} \end{cases} \quad (28-3)$$

$$T_{begin}^{jk} = T_{end}^{jk} - R_{s_{jk}} T \quad (29-3)$$

s_{kj} :

$$T_{end}^{kj} = T_{Flag}^k + C_{s_{jk}} \quad (30-3)$$

$$T_{begin}^{kj} = T_{end}^{kj} - R_{s_{kj}} T \quad (31-3)$$

حال براساس این زمان‌ها و جدول اطلاعات گره، می‌توان زمان انتظار و ارسال را برای هر مسیر محاسبه کرد. برای این کار فرض می‌کنیم گره i قصد ارسال پیام به گره k را دارد. مجموعه گره‌های همسایه کشف شده توسط گره مبدا i را با L_i نمایش می‌دهیم و به ازای هر گره همسایه تعداد β_m گره در «two hop node list» داریم به طوری که $m \in L_i$ است. بنابراین تعداد کل مسیرهای دارای گره رله برای گره مرکزی i برابر خواهد بود با $\sum_{m \in L_i} \beta_m$. همانطور که در الگوریتم ۱ مشاهده می‌شود این الگوریتم زمان ارسال T_{trans} و زمان انتظار T_{wait} (زمان لازم برای یک ارسال را تشکیل می‌دهند) را محاسبه می‌کند. الگوریتم شماره ۲ براساس نامساوی $\min\{p_{ij}^{s_{ij}} T_{trans1}^h, p_{jk}^{s_{jk}} T_{trans2}^h\} > H$ مسیرهای مناسب برای انتقال را از مجموعه $\tilde{U}$ (مسیرهای ممکن) انتخاب کرده و در قالب مجموعه $\tilde{V}$ نمایش می‌دهد.

در نامساوی قبل عبارت‌های $p_{ij}^{s_{ij}} T_{trans1}^h$ و $p_{jk}^{s_{jk}} T_{trans2}^h$ بیانگر بازه زمانی قابل پیش‌بینی برای رساندن پیام ارسال شده است و H بیانگر مجموع حداکثر تأخیرهای ارسال و انتشار مجاز برای ارسال است و مقدار آن برای همه گره‌ها ثابت فرض شده است.

الگوریتم ۳ برای گره‌هایی تعیین مسیر می‌کند که در لیست گره‌های همسایه گره مرجع i وجود ندارند، در این وضعیت الگوریتم، گره‌هایی را در لیست گره‌های همسایه خود بیشتر مورد توجه قرار می‌دهد که دارای لیست گره‌های همسایه بزرگتر یا به عبارت دیگر β_i بزرگتری باشند و بسته‌هایی را به سمت آن گره‌ها ارسال می‌کند، اگر بعد از انجام این کار هنوز گره جدیدی کشف نشده باشد این بار گره‌های همسایه‌ای را در لیست خود مورد توجه قرار می‌دهد که تنوع گره‌ای بیشتری دارند و علت آن هم این است که با در پیش گرفتن همچین رویه ای اطلاعات بیشتر پراکنده شده و احتمال کشف گره جدید بیشتر خواهد شد.

۳-۵- مقایسه روش پیشنهادی و روش ارائه شده در مقاله پایه

در روش پیشنهادی پایان‌نامه c_{s_i} ها براساس احتمال تبادل موفقیت‌آمیز دوطرفه پیام بین دو گره محاسبه می‌شوند. همانطور که بیان شد هرگاه بیش از یک گره از طریق یک سکتور پیامی به سمت

گره‌ای خاص ارسال نمایند، در اثر تداخل، پیام‌های ارسالی در مقصد دریافت نمی‌شوند. به همین دلیل تعداد گره‌های همسایه گره مقصد که در همان سکتور گره مبدا قرار دارند، بر احتمال موفقیت آمیز بودن ارسال، تاثیرگذار هستند. این تاثیرگذاری هنگام ارسال پاسخ پیام از طرف گره مقصد به سمت گره مبدا نیز وجود دارد و این احتمالات می‌تواند معیار ارزش دهی به سکتورها و محاسبه c_{s_i} قرار بگیرد.

تفاوت دیگری که بین دو روش وجود دارد این است که برای کاهش پیچیدگی محاسبات نیاز نیست که c_{s_i} را برای همه دوره‌ها بر اساس اطلاعات موجود در جدول اطلاعاتی محاسبه کرد بلکه کافی است این پارامتر در دوره‌های خاصی محاسبه گردد و در دوره‌هایی که مقدار محاسبه شده‌ای وجود ندارد از مقادیر پیش‌بینی شده و دارای نسبت وزنی خاص که توضیح داده شد، استفاده گردد. و این رویه بر این اساس مورد استفاده قرار گرفته که تغییرات شبکه تصادفی نیست و حوادث گذشته شبکه رفتار آینده آن را نیز تا حد زیادی تبیین می‌کند.

این در حالیست که در روش مقاله پایه c_{s_i} ها بر اساس فراوانی تبادل اطلاعات از طریق سکتورها که از جدول گره‌های همسایه آن گره قابل محاسبه است، تعیین می‌شوند و این محاسبات بعد از تشخیص تغییر توپولوژی شبکه (براساس روش خاصی که در مقاله ارائه شده)، به‌روز می‌شوند.

Input: $T_O, T_{begin}^{ij}, T_{end}^{ij}, T_{Flag}^j, T_{Flag}^k$

Output: $T_{waiting}^h, T_{trans1}^h, T_{trans2}^h$

for every row of the neighbor node table **do**

Calculate the beginning and ending time points for s_{ji}, s_{jk}

for every row of the Two-hop Node List **do**

Calculate the beginning and ending time points for s_{kj}

if $s_{ji} = s_{jk}, T_{end}^{ij} \succ T_{begin}^{kj}$ **then**

if $T_O \prec \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}, T_{begin}^{kj}\}$ **then**

set $T_{waiting}^h = \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}, T_{begin}^{kj}\} - T_O$

set $T_{trans1}^h = T_{trans2}^h = \min\{T_{end}^{ij}, T_{end}^{ji}, T_{end}^{kj}\} - \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}, T_{begin}^{kj}\}$

else then

set $T_{waiting}^h = 0$

set $T_{trans1}^h = T_{trans2}^h = \min\{T_{end}^{ij}, T_{end}^{ji}, T_{end}^{kj}\} - T_O$

end if

else then

Identify $T_{waiting}^{rh}$ as the waiting time for the first hop of path h

Identify $T_{waiting}^{rh}$ as the waiting time for the second hop of path h

if $T_O \prec \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}\}$ **then**

$T_{waiting}^{rh} = \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}\} - T_O$

set $T_{trans1}^h = \min\{T_{end}^{ij}, T_{end}^{ji}\} - \max\{T_{begin}^{ij}, T_{begin}^{ji}\}$

else then

$T_{waiting}^{rh} = 0$

set $T_{trans1}^h = \min\{T_{end}^{ij}, T_{end}^{ji}\} - T_O$

end if

set $T_{waiting}^{rh} = \max\{T_{begin}^{jk}, T_{begin}^{kj}\} - \min\{T_{end}^{ij}, T_{end}^{ji}\}$

set $T_{waiting}^h = T_{waiting}^{rh} + T_{waiting}^{rh}$

set $T_{trans2}^h = \min\{T_{end}^{jk}, T_{end}^{kj}\} - \max\{T_{begin}^{jk}, T_{begin}^{kj}\}$

End if

End if

End if

الگوریتم (۳-۱): محاسبه زمان انتظار و ارسال [15]

Input: $\tilde{U}$, s_{ij} , k

Output: $\tilde{V}$

for every neighbor node $j \in L_i$

Identify Sector_S in $\tilde{u}$ as S_s

Identify $\omega^h = \min \left\{ P_{ij}^{s_{ij}} T_{trans1}^h, P_{jk}^{s_{jk}} T_{trans2}^h \right\}$

if $S_i = S_s$ $\omega^h \succ H$

$\tilde{V} \leftarrow \tilde{V} + \{\tilde{u}\}$

end if

end for

if $\tilde{V}$ is null

The source node holds its data packets and continue the neighbor

Discover process until it find qualified paths.

end if

Sort $\tilde{V}$ in descending order according to $\sigma_{ij} \sigma_{jk} \omega^h$

الگوریتم (۳-۲): انتخاب مسیر [15]

Input: x

Output: $\tilde{N}$

```
for every neighbor node  $j \in L_i$ 
    if  $\beta_j \succ x$  then
         $\tilde{N} \leftarrow \tilde{N} + \{j\}$ 
    end if
end for
if  $\tilde{N}$  is null then
    for every neighbor node  $j \in L_i$ 
        if  $j$  has different neighbor nodes compared to  $L_i$ 
             $\tilde{N} \leftarrow \tilde{N} + \{j\}$ 
        end if
    end if
end if
```

الگوریتم (۳-۳): شناسایی گره‌های ناموجود در جدول اطلاعات گره [15]

فصل چهارم

شبه‌سازی و تحلیل نتایج

۴-۱- مقدمه

در این فصل نتایج شبیه‌سازی ارائه، تحلیل و نکات مربوط به آن بیان خواهد گردید. در رابطه با مطالب این فصل ذکر سه نکته ضروری است. اولاً همان‌طور که قبلاً بیان شد روش پیشنهادی برای ترافیک نوع سبک و فوق‌سبک طراحی شده و در ترافیک سنگین کاربردی ندارد و بنابراین شبیه‌سازی هم برای همین دو نوع ترافیک انجام شده است.

نکته دوم این است که همان‌طور که قبلاً بیان شد پیش‌بینی مقدار برای تایمرها به دو صورت «تخمین با چندجمله‌ای درجه دوم» و «تخمین با چندجمله‌ای درجه سوم» انجام می‌شود که در این صورت براساس مطالب بیان شده در پاراگراف قبل برای هر دو نوع ترافیک سبک و فوق‌سبک که بحث شد، دو نمودار خواهیم داشت یعنی ما در مجموع برای هر پارامتر چهار نمودار ارائه خواهیم داد.

و نکته آخر این که خروجی‌های نمایش داده شده شامل دو پارامتر «متوسط تأخیر در ارسال» و «متوسط نسبت ارسال‌های موفق» است و با توجه به این موضوع و نکات بیان شده در پاراگراف‌های قبلی ما در نهایت هشت نمودار برای نمایش ارائه خواهیم داد.

در ادامه مطالب این فصل در شش بخش پیگیری خواهد شد. در بخش دوم فرضیات شبیه‌سازی ارائه شده، در بخش سوم نمودارهای خروجی شبیه‌سازی، نمایش داده شده، در بخش چهارم یافته‌های شبیه‌سازی تحلیل، در بخش پنجم نتیجه‌گیری و در بخش پایانی پیشنهادات پژوهشگر ارائه خواهد شد.

۴-۲- فرضیات شبیه‌سازی

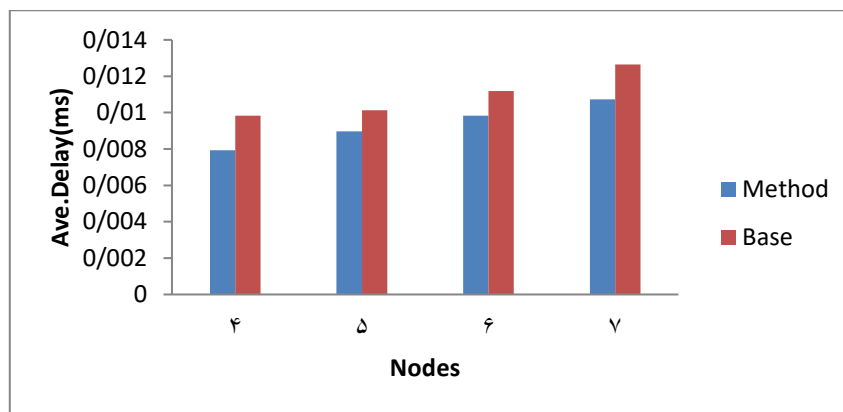
نکته مهمی که در رابطه با فرضیات شبیه‌سازی وجود دارد این است که به منظور مقایسه دقیق‌تر نتایج، فرضیات اصلی در شبیه‌سازی روش پیشنهادی پایان‌نامه کاملاً مشابه مقاله پایه بوده و فرضیات کم‌اهمیت‌تر هم تقریباً مشابه آن در نظر گرفته شده.

در کدنویسی روش پیشنهادی، ابعاد فضای شبیه‌سازی یک مربع با ضلع 25 کیلومتر و زیرفضاهای داخلی به صورت بلوک‌های مربعی با ضلع 4 کیلومتر فرض شده است.

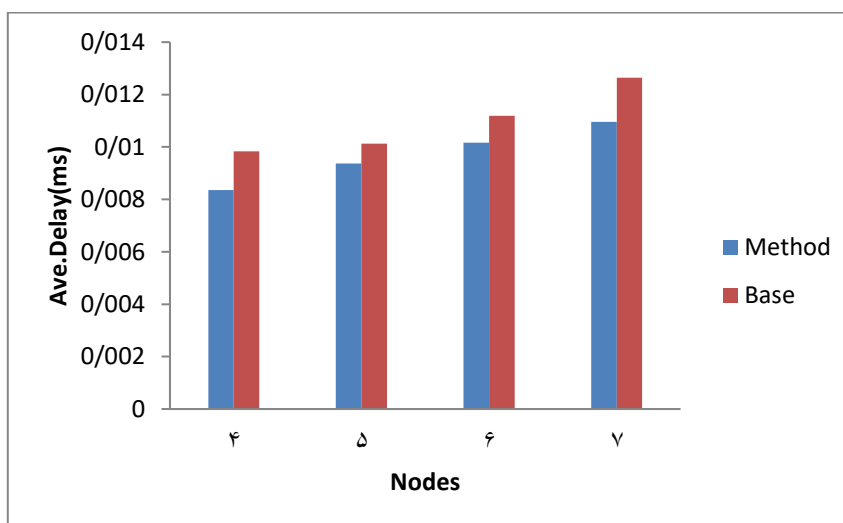
تعداد گره‌ها برای شرایط ترافیک سبک و فوق‌سبک به ترتیب به صورت یک بازه به مرکزیت اعداد 10 و 6 فرض شده است. تعداد سکتورهای آنتن جهت‌دار 6 در نظر گرفته شده و در هر دور چرخش 18 بار ارسال پیام خواهیم داشت. حجم بسته‌های داده 512 بایت و سرعت وسیله‌نقلیه 50 کیلومتر در ساعت فرض شده است.

۴-۳- نتایج شبیه سازی

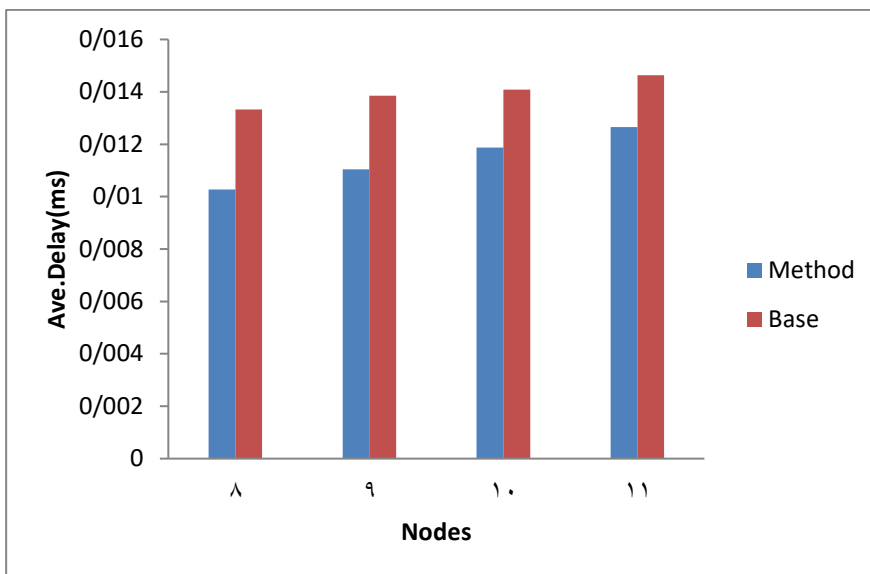
همان طور که در مقدمه فصل بیان شد ما روش پیشنهادی خود را در دو شرایط ترافیکی سبک و فوق سبک اعمال کرده و در قسمت پیش بینی تایمرها از دو روش تخمین با چندجمله ای درجه دو و سه استفاده می کنیم که با در نظر گرفتن این موضوع که ما خروجی های روش مان را در قالب دو متریک ارائه کرده ایم بنابراین هشت نمودار برای نمایش خواهیم داشت که در متریک اول متوسط تأخیر در ارسال برحسب میلی ثانیه و در متریک دوم متوسط نرخ ارسال موفقیت آمیز پیام ها با نتایج مقاله پایه مقایسه شده که می توان این نتایج را در ادامه مشاهده کرد.



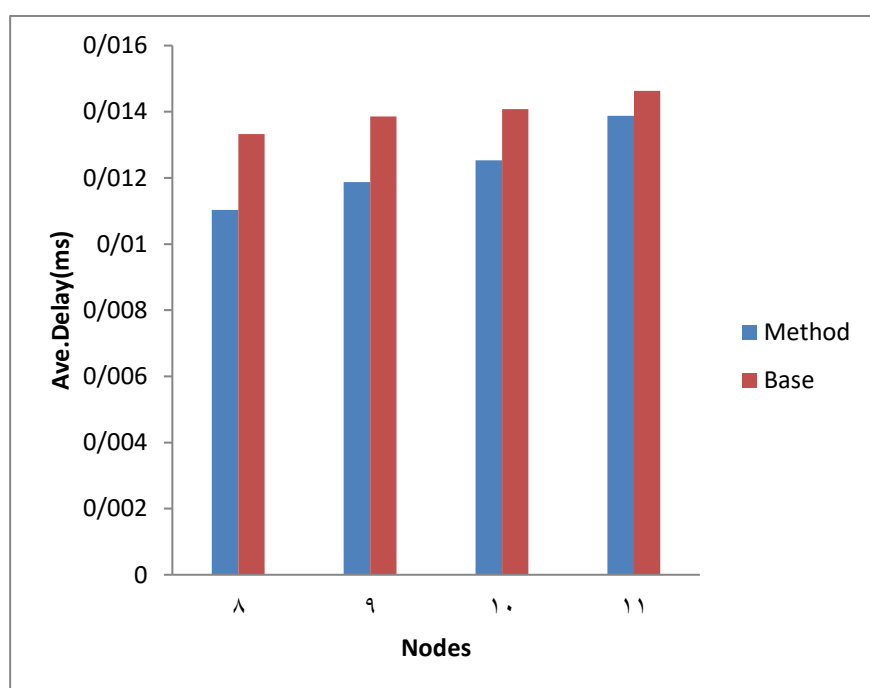
شکل (4-1): نمودار متوسط تأخیر در ارسال بسته برای ترافیک فوق سبک و تخمین درجه دوم



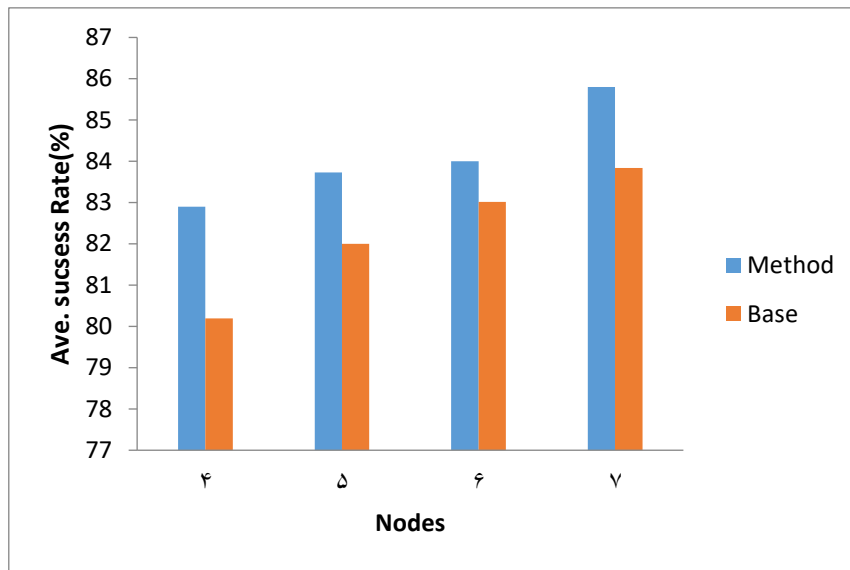
شکل (4-2): نمودار متوسط تأخیر در ارسال بسته برای ترافیک فوق سبک و تخمین درجه سوم



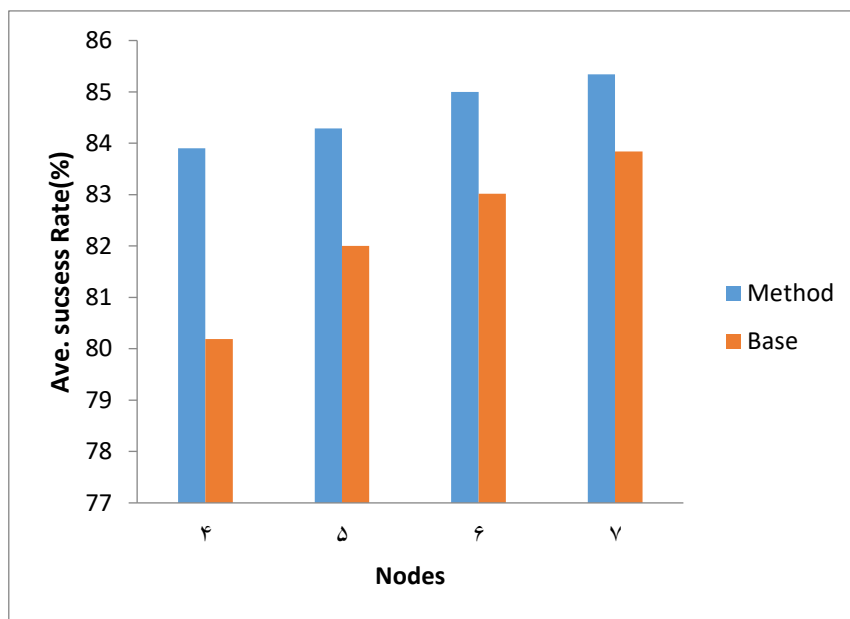
شکل (3-4): نمودار متوسط تأخیر در ارسال بسته برای ترافیک سبک و تخمین درجه دوم



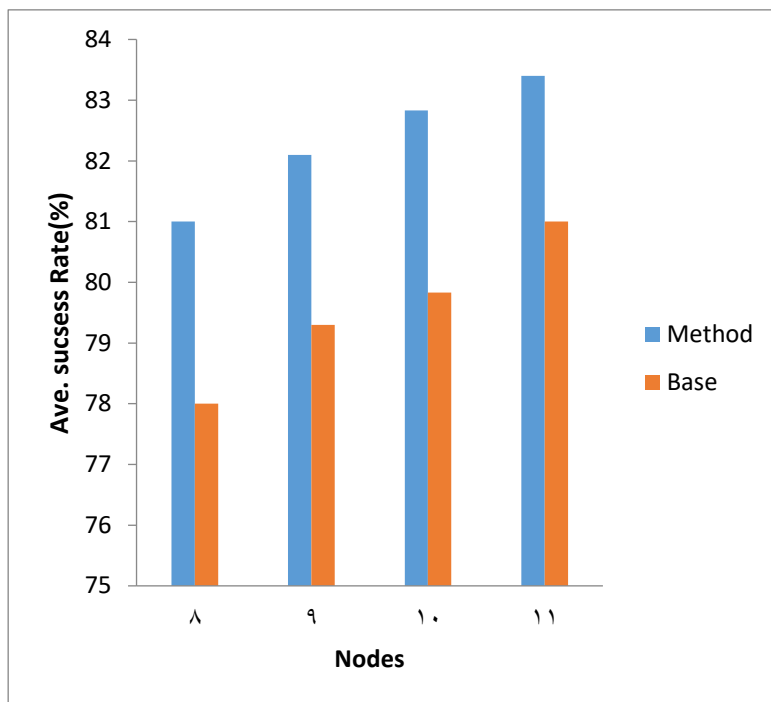
شکل (4-4): نمودار متوسط تأخیر در ارسال بسته برای ترافیک سبک و تخمین درجه سوم



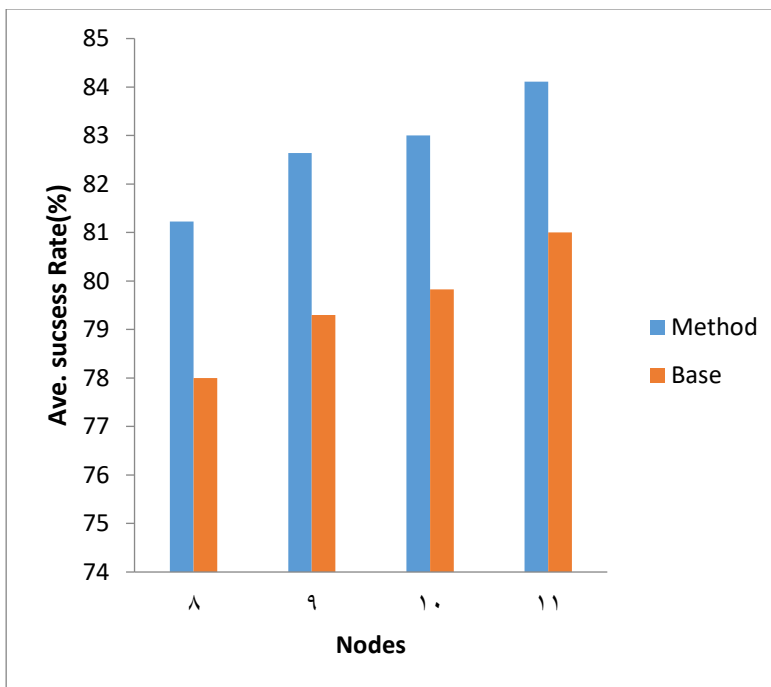
شکل (۴-۵): نمودار متوسط نرخ ارسال‌های موفق در ترافیک فوق‌سبک با تخمین درجه دوم



شکل (۴-۶): نمودار متوسط نرخ ارسال‌های موفق در ترافیک فوق‌سبک با تخمین درجه سوم



شکل (۷-۴): نمودار متوسط نرخ ارسال‌های موفق در ترافیک سبک با تخمین درجه دوم



شکل (۸-۴): نمودار متوسط نرخ ارسال‌های موفق در ترافیک سبک با تخمین درجه سوم

۴-۴- تحلیل نتایج شبیه‌سازی

۴-۴-۱- تحلیل پارامتر «متوسط تأخیر در ارسال»

همان‌طور که در نمودارهای (1-4) تا (4-4) مشاهده می‌شود در هر چهار موقعیت یعنی دو نوع ترافیک و دو نوع روش پیش‌بینی، روش پیشنهادی نتایج بهتری در مقایسه با روش پایه را نشان می‌دهد. از طرفی مشاهده می‌شود که در پارامتر متوسط تأخیر هنگام پیش‌بینی با استفاده از چندجمله‌ای درجه دوم در مقایسه با استفاده از چندجمله‌ای درجه سوم، نتایج بهتری حاصل شده که دلیل آن پیچیدگی بیشتر در محاسبات هنگام استفاده از جملات بیشتر در فرآیند پیش‌بینی است.

همچنین همان‌طور که در این چهار شکل مشاهده می‌شود با افزایش تعداد گره‌ها، متوسط تأخیر در ارسال بیشتر شده که دلیل آن افزایش اطلاعات موجود در لیست گره‌های همسایه و افزایش زمان تحلیل این جداول است.

۴-۴-۲- تحلیل پارامتر «متوسط نرخ ارسال‌های موفق»

همان‌طور که در نمودارهای (5-4) تا (8-4) مشاهده می‌شود، در هر چهار موقعیت یعنی دو نوع ترافیک و دو نوع روش پیش‌بینی، روش پیشنهادی نتایج بهتری در مقایسه با روش پایه را نشان می‌دهد. از طرفی با تمرکز بر روی یک نوع ترافیک خاص و بازه‌ای که برای تعداد گره‌های آن در نظر گرفته شده است، مشاهده می‌شود که هنگامی که تعداد گره‌ها بیشتر است، پیش‌بینی با چندجمله‌ای درجه بالاتر نتایج بهتری در مقایسه با پیش‌بینی با چندجمله‌ای درجه پایین‌تر خواهد داشت این در حالی است که با تعداد کمتر گره، استفاده از چندجمله‌ای درجه پایین‌تر مفیدتر خواهد بود و دلیل آن این است که هنگامی که تعداد گره‌ها کم باشد، جابه‌جایی گره‌ها بین سکتورها کمتر بوده و پیش‌بینی تغییر شکل شبکه سخت‌تر خواهد بود.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری

همان‌طور که حدس زده می‌شد استفاده از محاسبات دوره‌ای برای تخصیص زمان به «تایمر توقف جهت پرتوهای آنتن» به جای تحلیل دائم اطلاعات موجود در جداول اطلاعاتی که به منظور تشخیص تغییر در شکل شبکه انجام می‌شد، از نظر کاهش تأخیر در ارسال بسته‌های اطلاعاتی، باعث دستیابی به نتایج بهتری شد که در نمودارهای (4-1) تا (4-4) قابل مشاهده است.

از طرفی نتایج شبیه‌سازی نشان داد که انتخاب گره‌ها برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی به‌صورت اولویت‌بندی آنها بر اساس احتمال ارسال دوطرفه موفق پیام، منجر به ارسال‌های دقیق‌تر شد و در نتیجه آن اطلاعات موثق‌تری در جداول جمع‌آوری گردید که این موفقیت به نوبه خود مقدمه‌ای برای انجام ارسال‌های دقیق‌تر در دوره‌های بعدی گردید و به تبع آن نرخ موفقیت در ارسال گره‌ها افزایش پیدا کرد که نتایج آن در نمودارهای (4-5) تا (4-8) ارائه گردید. همچنین دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر در جداول اطلاعاتی پارامتر تأخیر در ارسال بسته‌های اطلاعاتی را دستخوش تغییر کرده و نتایج بهتری را حاصل نمود.

۵-۲- پیشنهادات

۵-۲-۱- یافتن دوره‌های تناوب بهتر

در این پژوهش برای ترافیک سبک و فوق سبک، پیش‌بینی با دوره‌های 6 و 10 انجام و به پارامتر «تایمر جهت پرتوهای آنتن جهت‌دار» زمان تخصیص داده شد. از آنجایی که این اعداد برای دوره‌های تناوب، حدودی بوده و بر مبنای یک فرض تقریبی انتخاب شده، ممکن است از دقت کافی برخوردار نبوده و دوره‌های تناوب بهتر هم موجود باشد. این احتمال از آنجا ناشی می‌شود که ما در فرض‌های اولیه تأثیر یک عامل را در نظر گرفته‌ایم این در حالی است که عوامل بسیار زیادی در شکل‌گیری زنجیره حرکتی وسایل نقلیه دخیل است که تعدادی از آنها در فصل‌های گذشته بین گردید. بر این اساس به نظر می‌رسد که اگر برای هر نوع تراکم ترافیکی خاص، دوره‌های زمانی متفاوت و به‌صورت بازه‌ای در اطراف اعداد 6 و 10 در نظر گرفته شده و برای آنها پیش‌بینی و تخصیص زمان برای تایمرها انجام شود، ممکن است در پایان شبیه‌سازی اعداد مناسب‌تری برای استفاده به عنوان دوره تناوب حاصل گردد که منتهی به نتایج بهتری شود.

۵-۲-۲- به کارگیری این روش برای ترافیک سنگین

همان‌طور که در فصول قبل بیان گردید روش ارائه شده برای ترافیک سبک و فوق سبک کاربرد داشته و برای استفاده از آن در ترافیک سنگین محدودیت وجود دارد که دلیل آن کاهش دوره تناوب

پیش‌بینی مکان بعدی کاربران به یک دوره تناوب است که از افزایش تعداد گره‌ها در هر قطاع از آنتن جهت‌دار ناشی می‌شود. اگرچه استفاده از محاسبات تناوبی در این نوع ترافیک امکان‌پذیر نیست ولی می‌توان با به‌کارگیری قسمت دوم نوآوری پایان‌نامه یعنی ارزش‌دهی به زمان سکتورها بر اساس تجزیه و تحلیل احتمالاتی امکان ارسال موفق پیام رفت و برگشت بین دو گره، برای این نوع ترافیک، نتایج بهتری نسبت به مقاله پایه کسب کرد. از طرفی ممکن است که دوره تناوب یک برای این ترافیک الزاماً انتخاب درستی نبوده و با به‌کارگیری روشی که در قسمت قبلی بیان گردید یعنی محاسبه با چند دوره تناوب مختلف و انتخاب بهترین نتیجه، به دوره تناوب‌های بهتر از یک دوره دست پیدا کرد.

۵-۲-۳- استفاده از چندجمله‌ای‌های با درجه بیشتر از سه برای پیش‌بینی

همان‌طور که در فصل‌های گذشته بیان و شرح داده شد، برای پیش‌بینی مکان بعدی کاربران از چندجمله‌ای درجه دوم و سوم استفاده گردید. با این وجود ممکن است استفاده از چندجمله‌ای‌های درجه بالاتر که منجر به پیش‌بینی دقیق‌تری می‌گردد در مصالحه با افزایش پیچیدگی و به طبع آن تأخیر ناشی از آن، ترجیح داده شود و به نتایج بهتری منتج گردد یا حداقل در کاربردها و مقاصد خاص که به دقت در پیش‌بینی نیاز هست، یک روش کارگشا باشد.

۵-۲-۴- تغییر روش پیش‌بینی

در روش ارائه شده در پایان‌نامه از چندجمله‌ای‌های درجه دوم و سوم برای پیش‌بینی مکان گره‌ها در دوره‌های مورد نیاز استفاده شده است که ممکن است الزاماً بهترین روش برای استفاده در این الگوریتم‌ها نباشد و با بررسی‌های بیشتر بتوان روش‌های پیش‌بینی دقیق‌تر و سریع‌تری را به کار گرفت که به نتایج بهتری منجر گردد.

۵-۲-۵- خصوصی‌سازی الگوریتم برای هر منطقه

اگر قرار باشد اصلاحات بیان شده در پاراگراف‌های قبل را روی روش مسیریابی پایان‌نامه اعمال کنیم، ممکن است ویژگی‌های توپولوژیکی و ساختاری هر منطقه تأثیر زیادی روی الگوریتم‌های جدید داشته

باشد، مخصوصاً زمانی که جست‌جو برای یافتن دوره‌های تناوب بهتر مد نظر است. به‌طور کلی هر شهر و منطقه‌ای دارای ویژگی‌های خاصی است که الگوی حرکت وسایل نقلیه را تعیین می‌کند از جمله این ویژگی‌ها می‌توان توپولوژی خیابان‌ها و شهرها، ساختار و شکل پراکندگی ادارات، سازمان‌ها، مراکز تجاری و ... را نام برد. از این نقطه نظر اگر الگوریتم‌های آینده به‌طور مثال فرآیند یافتن دوره تناوب بهینه را روی نقشه منحصر به فرد هر شهر و منطقه اعمال کنند می‌توانند به اعداد دقیقتری برای دوره تناوب دست یابند.

- [1]. Perallos, A.; Hernandez-Jayo, U.; Onieva, E.; Zuazola, I.J.G. (Eds.) (2016) **"Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications"**; Wiley: Chichester, UK.
- [2]. Li, F.; Wang, Y. (2007) "Routing in vehicular ad hoc networks: A survey" *IEEE Veh. Technol. Mag.*, 2, 12–22.
- [3]. L. Liu, Z. Wang, and W. Jehng, (2008) "A geographic source routing protocol for traffic sensing in urban environment" in IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, Washington, DC, USA, August.
- [4]. L. Chen, Y. Li, and A. V. Vasilakos, (2016) "Oblivious neighbor discovery for wireless devices with directional antennas," in Proceedings of the 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications, IEEE INFOCOM 2016, pp. 1–9, April.
- [5]. H. Cai and T. Wolf, (2015) "On 2-way neighbor discovery in wireless networks with directional antennas," in Proceedings of the 34th IEEE Annual Conference on Computer Communications and Networks, IEEE INFOCOM2015, pp. 702–710, Hong Kong, May.
- [6]. H. Cai, B. Liu, L. Gui, and M.-Y. Wu, (2012) "Neighbor discovery algorithms in wireless networks using directional antennas," in Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Communications, ICC 2012, pp. 767–772, Canada, June.
- [7]. S. Huang, M. Li, and L. Zhao, (2013) "An intelligent neighbor discovery algorithm for ad hoc networks with directional antennas," in Proceedings of the 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer, MEC2013, pp. 302–305, China, December.
- [8]. Z. Zhang and B. Li, (2008) "Neighbor discovery in mobile ad hoc selfconfiguring networks with directional antennas: Algorithms and comparisons," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, no. 5, pp. 1540–1549.
- [9]. Z. H. Mir, W.-S. Jung, and Y.-B. Ko, (2015) "Continuous neighbor discovery protocol in wireless ad hoc networks with sectored antennas," in Proceedings of the 29th IEEE International Conference AINA 2015, pp. 54–61, Republic of Korea, March.
- [10]. E. Gelai, G. Jakllari, S. V. Krishnamurthy, and N. E. Young, (2006) "An integrated scheme for fully-directional neighbor discovery and topology management in mobile ad hoc networks," in Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mobile AdHoc and Sensor Systems, MASS, pp. 139–149, Canada, October.
- [11]. Z. Huang, C.-C. Shen, C. Srisathapornphat, and C. Jaikaeo, (2002) "Topology control for ad hoc networks with directional antennas," in Proceedings of the 11th International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN 2002, pp. 16–21, USA, October.
- [12]. T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra, (2008) "Efficient routing in intermittently connected mobile networks: the single-copy case," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 16, no. 1, pp. 63–76.
- [13]. V. Conan, J. Leguay, and T. Friedman, (2008) "Fixed point opportunistic routing in delay tolerant networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 26, no. 5, pp. 773–782.
- [14]. C. Wu, X. Chen, Y. Ji et al. (2015) "Packet size-aware broadcasting in VANETs with fuzzy logic and RL-based parameter adaptation," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 2481–2491.
- [15]. Li, H., & Xu, Z. (2018). "Routing protocol in VANETs equipped with directional antennas: Topology based neighbor discovery and routing analysis". **Wireless Communications and Mobile Computing**, 1–13.
- [16]. L. Liu, Z. Wang, and W. Jehng, (2008) "A geographic source routing protocol for traffic sensing in urban environment," in IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, Washington, DC, USA, August.
- [17]. G. Liu, B. Lee, B. Seet, C. Fohe, K. Wong, and K. Lee, (2004) **"A routing strategy for metropolis vehicular communications"** in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3093.
- [18]. G. Korkmaz, E. Ekici, F. Ozguner, and U. Ozguner, (2004) "Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems," in Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, Philadelphia, PA, USA, October.
- [19]. A. Benslimane, (2004) **"Optimized dissemination of alarm messages in vehicular ad hoc networks (VANET)"** in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3079.
- [20]. C. Perkins and P. Bhagwat, (1994) "Highly dynamic destination sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers," in Proceedings of the ACM SIGCOMM 94 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, New York, NY, USA.

- [21]. C. Perkins and E. M. Royer, (1999) “Ad-hoc on-demand distance vector (AODV) routing,” in Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), New Orleans, LA, USA, February.
- [22]. F. Tian, R. Q. Hu, Y. Qian, B. Rong, B. Liu, and L. Gui, (2013) “Pure asynchronous neighbor discovery algorithms in ad hoc networks using directional antennas,” in Proceedings of the 2013 IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM 2013, pp. 498–503, USA, December.

Abstract

In recent decades the increasing problems caused by urban and road transport and traffic have forced researchers to conduct extensive research activities to improve “ intelligent transportation system ” performance.

Some of these problems are network deformation, interference, lack of bandwidth and shortness of communication range. These problems necessitate an efficient routing protocol.

In this thesis a new method for predicting the next location of users in vanets is presented. based on it and in order to improve the performance of the HSDR routing protocol, changes were made and a new routing porotocol was introduced. In the new protocol time was assigned to directional antenna beam adjustment timer based on the probability of successful two_way communication between the two nodes.

Also in this protocol the timers were calculated periodically and for periods for which we don't have these calculations, a combination of a method of forecasting and allocation as weight ratio was used to assign time to the timers.

Then after rotation of antenna beams according to the explained pattern and gather information about neighboring nodes in information table, by using an algorithm and based on waiting and translating times for neighbor nodes, the best path of data packet transmission was determined.

In the end, the simulation results improved the performance of the proposed routing protocol compared to the HSDR algorithm.

Keywords: Mobility prediction, VANET, Routing protocols, Directional antenna beam adjustment timer, HSDR algorithm.



Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical & Robotic Engineering

**Analyzing and presenting of novel approach for predicting
the movement of mobile network users**

By:

Saeed Sohrabi

Supervisor:

Doctor Seyed Masud Mirrezaii

June 2021