یک طرح خوشه‌بندی دولایه‌ای پویا و پایدار از خودروها در شبکه‌های خودرویی اقتضایی

حمیدرضا ارکیان[۱]، رضا ابراهیمی آتانی[۲]*، عاطفه پورخلیلی[۳]

[۱]کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشگاه گیلان، arkian@msc.guilan.ac.ir

[۲]استادیار دانشکده فنی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه گیلان، rebrahimi@guilan.ac.ir

[۳]کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشگاه گیلان، aatefe.pourkhalili@gmail.com

چکیده

VANETها در حقیقت کلاس خاصی از شبکه‌های اقتضایی متحرک (MANETs) می‌باشند که چالش‌های منحصر به فردی مثل سرعت بالا و تغییرات مکرر توپولوژی، این نوع شبکه را متمایز می‌کند. تحقیقات صورت گرفته در مورد روش‌های خوشه‌بندی در VANET نشان می‌دهد که یک الگوریتم خوشه‌بندی با گروه‌بندی مناسب خودروها بسیاری از مشکلات موجود در شبکه‌های VANET را مرتفع می‌سازد. ما در این مقاله یک طرح جدید خوشه‌بندی دولایه‌ای پویا و پایدار ارائه کرده‌ایم که با تشکیل خوشه‌های ثابت در لایه بالایی و خوشه‌های پویا در لایه پایینی از مزایای هر دو روش خوشه‌بندی بهره می‌برد. الگوریتم پیشنهاد شده در فرایند شناسایی اعضا، انتخاب سرخوشه و همچنین نگهداری از خوشه، از هوشمندی و انعطاف‌پذیری فناوری عامل‌های نرم‌افزاری استفاده می‌کند. ما در فرایند انتخاب سرخوشه، با استفاده از پارامترهای مختلف تعداد همسایه‌ها، زمان ترک خوشه، سرعت نسبی مناسب و همچنین کیفیت اتصال به سرخوشه‌ی ثابت، یک معیار ترکیبی جدید تعریف کرده‌ایم که موجب افزایش ثبات خوشه می‌گردد. همچنین با معرفی دو روش مجزا در نگهداری از خوشه، الگوریتم خود را برای هر دو سناریوی شهری و بزرگراه مناسب ساختیم. ما کارایی طرح پیشنهادی را نیز در مقایسه با دو روش خوشه‌بندی موجود ارزیابی کرده و براساس نتایج نشان می‌دهیم که الگوریتم ما در زمینه مدت زمان سرخوشه بودن خودروها، طول عمر خوشه، تعداد تغییرات خوشه و همچنین سربارهای خوشه‌بندی، بهتر از دو روش موجود عمل می‌کند.

کلید واژه

شبکه‌های خودرویی اقتضایی، VANET، خوشه‌بندی، عامل‌های نرم‌افزاری

مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های بی‌سیم، شبکه مستقلی در بین خودروهای متحرک ایجاد کرده است، که شبکه خودرویی اقتضایی[۱] (VANET) نامیده می‌شود [۱]. در حال حاضر VANET به یک معماری مناسب جهت انتشار پیام‌های هشدار، انتشار اطلاعات ترافیکی و دسترسی به اینترنت در طول جاده، تبدیل شده است. علاوه بر این، با توسعه‌ی هرچه بیشتر این نوع شبکه‌ها، کاربردهای متنوع‌تری نیز برای این فناوری نوین ارائه می‌گردد؛ کاربردهایی همچون تصمیم‌گیری مسیر بهینه، تجارت الکترونیکی، سرگرمی، دستیاری راننده، تعاملات کاربران، سرویس‌های اطلاع‌رسانی و مانند آن [۲]. گره‌های شبکه در VANET، خودروهای متحرک می‌باشند که مجهز به دستگاه‌های ارتباط بی‌سیم بوده و توانایی برقراری ارتباط با دیگر خودروها را دارند. ویژگی منحصر به فرد شبکه‌های VANET یعنی توپولوژی پویا و متراکم آن که از تحرک زیاد و تراکم بالای گره‌ها در این نوع شبکه حاصل می‌شود و همچنین محیط خشک آن، چالش‌های بسیاری را برای برقراری ارتباط طولانی مدت، مسیریابی پایدار و شبکه‌بندی باثبات ایجاد کرده و همچنین ازدحام‌های حاصل از بازپخش و پخش‌های سیل-آسا[۲] را به همراه دارد [۳].

با توجه به مراجع متعددی که به این چالش‌ها پرداخته‌اند، خوشه‌بندی خودروها را می‌توان بهترین راه‌حل ارائه شده در برابر این توپولوژی پویا دانست. خوشه‌بندی[۳] در VANET به معنای تقسیم کردن شبکه به گروه‌های کوچکتر از خودروهای در حال حرکت است. این تکنیک مزایای زیادی از جمله استفاده بهینه از پهنای باند، توزیع بهینه منابع، مقیاس‌پذیری مناسب و تامین کیفیت سرویس[۴] (QoS) را داراست [۴].

تعریف اولیه‌ی خوشه‌بندی در VANET به این صورت بود که هر ایستگاه پایه‌ی[۵] ثابت، واقع در نقطه‌ی استراتژیکی در امتداد

---

[۱] Vehicular Ad-hoc NETwork

[۲] Flooding

[۳] Clustering

[۴] Quality of Service

[۵] Base Station

جاده، خوشه‌ای را تعریف کرده و خودروها با توجه به نزدیکی‌شان به ایستگاه پایه، عضو خوشه می‌شوند. اما تعریف جدید آن یعنی خوشه‌بندی پویا، مفهوم پایگاه ثابت را به طور کامل حذف می‌کند. در حقیقت خوشه‌بندی پویا تکنیکی است جهت تشکیل گروهی از خودروهای در حال حرکت که هیچ‌گونه ارتباط و اتصال فیزیکی ندارند. یک خوشه پویا به صورت فیزیکی در طول جاده حرکت کرده و خودروها بر اساس سرعت و نزدیکی‌شان به سردسته خوشه، عضو خوشه شده و یا خوشه را ترک می‌کنند [۵].

در مورد خوشه‌بندی پویا که مفهوم زیرساخت کنارجاده‌ای[۶] یا همان ایستگاه پایه، حذف می‌شود می‌توان مزایایی همچون انعطاف بیشتر، وابسته نبودن به شرایط کنار جاده و همچنین امکان استفاده در کشورهای در حال توسعه و نواحی فاقد زیرساخت، را در نظر گرفت [۶]. علاوه بر آن، این نوع خوشه‌بندی می‌تواند جلوی محوشدگی سریع[۷]، زمان اتصال کوتاه، دستدادهای مکرر[۸] و هرگونه مشکلی که در برقراری ارتباط بین زیرساخت و خودروهای در حال حرکت با سرعت بالا، پیش می‌آید را بگیرد. با این وجود کیفیت اتصال در خوشه‌بندی پویا، بدون بکارگیری زیرساخت کنار جاده‌ای، می‌تواند به خاطر محوشدگی چندمسیره[۹]، پدیده سایه[۱۰] و پدیده شیفت داپلر[۱۱] که به دلیل همان سرعت بالا و تحرک زیاد خودروها ایجاد می‌شود، بسیار کاهش یابد [۷].

به طور کلی خوشه‌بندی در VANET دارای مراحل و گام‌های مختلفی است که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی هر یک از این مراحل صورت گرفته است. گام‌های عمومی یک الگوریتم خوشه‌بندی را می‌توان به طور کلی، تشکیل خوشه، انتخاب سرخوشه و در نهایت حفظ و نگهداری خوشه، در نظر گرفت [۸]. در مورد نحوه‌ی تشکیل خوشه و پارامترهای مناسب جهت ایجاد اشتراک بین مجموعه‌ای از خودروها، تحقیقات قابل توجهی صورت گرفته است؛ اما همچنان ارائه‌ی یک روش استاندارد و قابل قبول در کاربردهای مختلف و شرایط مختلف محیط شبکه، به عنوان یک مساله‌ی باز تلقی می‌گردد.

علاوه بر این، انتخاب سرخوشه‌ی مناسب جهت رهبری خوشه و در نظر گرفتن معیارهای بهینه در انتخاب سرخوشه، چالش بعدی روش‌های خوشه‌بندی است که علی‌رغم ارائه‌ی روش‌های مختلف در مراجع علمی، همچنان مسئله‌ی افزایش پایداری خوشه با انتخاب سرخوشه‌ی مناسب حل نشده است.

حفظ و نگهداری خوشه نیز یک فرایند بسیار مهم در هر الگوریتم خوشه‌بندی است. بر اساس ماهیت پویایی خودروها در VANET و تغییرات در توپولوژی شبکه، خوشه‌ها باید به طور مرتب به‌روزرسانی شوند تا ثبات و پایداری شبکه را حفظ کنند. بنابراین، فرایند نگهداری از خوشه غالباً بیشتر از فرایند تشکیل خوشه انجام می‌شود. نگهداری خوشه‌ها باید به گونه‌ای انجام شود که سربار ارتباطی زیادی به شبکه اضافه نکند [۹].

نوآوری‌ها

ما در این مقاله با توجه به ضعف‌های مشاهده شده در الگوریتم‌های خوشه‌بندی موجود و همچنین عدم وجود یک طرح جامع و بهینه، یک روش جدید خوشه‌بندی دولایه‌ای پویا و پایدار معرفی کرده‌ایم که با ترکیب مزایای دو روش خوشه‌بندی ثابت و پویا و همچنین تعریف معیارهای بهینه جهت انتخاب سرخوشه و البته استفاده از ویژگی‌های فناوری عامل، موجبات افزایش پویایی و در عین حال ثبات خوشه، در هر دو سناریوی شهری و بزرگراه و در شرایط کم تراکم و پرتراکم، را فراهم کرده است. در ادامه، نوآوری‌های انجام شده در این تحقیق را بیان می‌کنیم:

- استفاده همزمان از مزایای خوشه‌بندی پویا و ثابت با استفاده از طرح دولایه‌ای و رسیدن به نرخ خروجی بهتر در شرایط کم تراکم و نرخ تحویل داده بالاتر در شرایط تحرک زیاد.
- کاهش زمان و سربار تشکیل خوشه و انتخاب سرخوشه، با استفاده از فناوری عامل‌های نرم‌افزاری.
- تعریف معیار ترکیبی جدید جهت انتخاب سرخوشه، که باعث افزایش ثبات خوشه در هر دو شرایط کم تراکم و پرتراکم می‌گردد.
- معرفی یک روش پویای جدید جهت تعیین ضریب تاثیر اتصال به سرخوشه ثابت در فرایند انتخاب سرخوشه متحرک.
- پیشنهاد دو روش جدید حفظ و نگهداری خوشه برای دو سناریوی شهری و بزرگراه، مبتنی بر الگوی حرکتی خودروها.

ادامه‌ی این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش بعد ما به بررسی پیشینه‌ی تحقیقات صورت گرفته در زمینه خوشه‌بندی VANET می‌پردازیم. سپس محیط شبکه و فرضیاتی که در طراحی طرح پیشنهادی در نظر گرفته‌ایم، تشریح شده و سناریوی دولایه‌ای پیشنهادی به طور کامل معرفی می‌گردد. در بخش چهارم مقاله، توضیحات کاملی در مورد المان‌های مختلف طرح خوشه‌بندی پویای پیشنهادی و مراحل مختلف آن ارائه می‌کنیم. همچنین ما کارکرد طرح پیشنهادی را در کاربردهای مختلف بررسی کرده و با استفاده از

---

۶ Road Side Unit
۷ Fast fading
۸ High frequent hand-offs
۹ Multipath fading
۱۰ Shadowing
۱۱ Doppler shifts

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های مهمترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی

نام الگوریتم	نحوه تشکیل خوشه	معیارهای انتخاب سرخوشه	نحوه نگهداری از خوشه	گستردگی	موقعیت‌یابی
Lowest-ID [۱۱]	همسایگی	کوچکترین شناسه	در نظر گرفته نشده	۱-جهش	GPS
MOBIC [۱۳]	همسایگی	سطح توان رادیویی	در نظر گرفته نشده	۱-جهش	GPS
APROVE [۱۶]	جهت حرکت	سرعت، فاصله	وابسته به انتخاب سرخوشه	۱-جهش	GPS
ALM [۱۷]	ذکر نشده است	واریانس سرعت نسبی	تجمیع تحرک محلی	۱-جهش	GPS
VWCA [۲۰]	قابل تنظیم	جهت، میزان اعتماد، تعداد همسایه	در نظر گرفته نشده	۱-جهش	موقعیت مشخص
Threshold-Based [۹]	وابسته به سرعت	جهت، موقعیت، سرعت	به تعویق انداختن ترکیب خوشه‌ها	۱-جهش	موقعیت مشخص
DYNAMIC [۵]	منحنی سرعت	درجه همسایگی، زمان ترک، سرعت	انتشار الگوی حرکتی خوشه	K-جهش	GPS, INS
CCA [۲۲]	همسایگی	از پیش تعیین شده (اتوبوس‌ها)	ذکر نشده است	K-جهش	موقعیت مشخص
DBA-MAC [۲۳]	سرعت و جهت حرکت	فاصله، قدرت انتشار سیگنال	تشکیل ستون فقرات	K-جهش	GPS
MCMF [۲۴]	در فاصله ۱ کیلومتر	موقعیت در خوشه	ذکر نشده است	K-جهش	GPS

شبیه‌سازی، ارزیابی جامعی از فازهای مختلف آن نشان می‌دهیم. در انتها، نتیجه‌گیری و کارهای قابل انجام در آینده را نیز در بخش آخر بیان می‌کنیم.

پیشینه تحقیق

کارهای تحقیقاتی مختلفی در زمینه تشکیل خوشه و نگهداری از آن در VANET صورت گرفته است که نشان دهنده‌ی اهمیت و تاثیر بسزای آن در هرچه بهینه‌تر شدن ارتباطات خودرویی می‌باشد. ما در این بخش به بررسی طرح‌های مختلف خوشه‌بندی ارائه شده در مقالات، پرداخته و نتایج مقایسه‌ی ویژگی‌های اصلی آن‌ها را در جدول۱ می‌آوریم.

در زمینه خصوصیات، الگوهای حرکتی و انواع ارتباطات VANET بررسی جامعی در [۱۰] صورت گرفته است. در [۱۱] الگوریتم خوشه‌بندی Lowest-ID ارائه شده که در آن هر گره دارای یک شناسه است و این شناسه در یک انتقال چندپخشی[۱۲] بین تمام همسایگانش توزیع می‌شود. ضعف این الگوریتم این است که در آن امکان ایجاد شبکه‌ای وجود دارد که تمام گره‌ها در خوشه سازماندهی نشده باشند. در [۱۲] نیز الگوریتم بالاترین اتصال معرفی شده است که مبتنی بر تعداد گره‌های مجاور یک گره که با آن می‌توانند ارتباط برقرار کنند، می‌باشد. گره با بالاترین اتصال، سرخوشه می‌شود و گره‌های دیگر به خوشه‌ی در همسایگی خود می‌پیوندند. مشکل این روش نیز این است که در مورد برخی گره‌ها، که دارای تعداد اتصال برابر هستند، نمی‌توان تصمیم گرفت که کدام گره می‌تواند سرخوشه شود. خوشه‌بندی مبتنی بر معیار تحرک (MOBIC) نیز که در [۱۳] ارائه شده است، برای گره‌هایی با رفتار تحرک گروهی موثر است. سرخوشه می‌تواند، تحرک کمی را نسبت به اعضای خوشه داشته باشد. اگرچه زمانیکه گره‌ها به صورت تصادفی حرکت کنند و به سرعت موقعیت خود را تغییر دهند، عملکرد MOBIC ممکن است تا حد زیادی از بین برود.

در [۱۴] نیز یک روش خوشه‌بندی جهت بهبود کارایی پخش همگانی[۱۳] برای ارتباطات بین خودرویی مطرح شده است. هر گره با قرار دادن آدرس و شناسه خود در یک بیکن[۱۴] و پخش همگانی آن، خود را به عنوان سرخوشه معرفی می‌کند. بعد از دریافت بیکن‌ها از همسایه‌ها، یک گره دانش کاملی در مورد همسایه‌های فعلی خود پیدا کرده و تصمیم می‌گیرد که وضعیت خوشه را تغییر دهد یا خیر. تغییر وضعیت به صورت دوطرفه می‌باشد: از سرخوشه به اعضا یا از اعضا به سرخوشه. تصمیم به تغییر وضعیت بر اساس سه فاکتور اصلی: شناسه خودرو، مسیر فعلی و مدت زمان رهبری، صورت می‌گیرد. همچنین یک الگوریتم خوشه‌بندی و یک پروتکل مسیریابی سلسله‌مراتبی جهت کسب ثبات شبکه در [۱۵] پیشنهاد شده است. سه معیار سنجش ثبات در شبکه نیز ارائه شده است: طول عمر خوشه، طول عمر اتصال بین خوشه‌ای و طول عمر مسیر انتها به انتها. یک طرح خوشه‌بندی پایدار مبتنی بر تحرک در [۱۶] پیشنهاد شده است که از الگوریتم انتشار همسایگی با حالت توزیع‌شده استفاده می‌کند. حرکت خودرو در حین تشکیل خوشه در الگوریتم انتشار همسایگی مورد توجه قرار گرفته است. هر گره در شبکه پیام‌های وابسته به مسئولیت و دسترس‌پذیری را به همسایگانش انتقال داده و سپس تصمیم مستقلی در تشکیل خوشه می‌گیرد.

یک الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر بیکن با هدف طولانی‌تر کردن طول عمر خوشه در VANET در [۱۷] پیشنهاد شده است. یک روش مناظره نیز جهت جلوگیری از رهاسازی مکرّر، در هنگام مواجهه‌ی دو سرخوشه (در یک بازه زمانی کوتاه)، استفاده می‌شود. یکی از روش‌های نادر خوشه‌بندی

[۱۲] Multicast

[۱۳] Broadcast

[۱۴] Beacon

چندجهشی[15] در [۱۸] معرفی شده است که از تحرک نسبی بین خودروهای با فاصله چندجهشی به عنوان یک معیار استفاده می‌کند. این معیار از محاسبه تاخیر انتشار به روش بیکن در هر گره محاسبه شده، تجمیع شده و به گره‌های دیگر بازپخش می‌گردد. گره‌ای که کوچکترین مقدار تحرک تجمیع-شده را داراست، سرخوشه می‌شود. ثبات و پایداری خوشه نیز با به تعویق انداختن فرآیند خوشه‌بندی مجدد به زمان‌هایی که دو سرخوشه در محدوده یکدیگر قرار دارند، افزایش می‌یابد. به این ترتیب از خوشه‌بندی‌های مجدد غیرضروری چشم‌پوشی می-گردد.

در [۱۹] نویسندگان یک الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر جهت حرکت پیشنهاد داده‌اند که برای محیط‌های شهری مناسب است. خوشه‌ها قبل از ورود به زیربخش‌های جاده، تشکیل شده و مبتنی بر مسیر از پیش تعیین شده سفر می‌کنند. خودروهایی که مسیر مشابهی در زیربخش جاده انتخاب می-کنند با یکدیگر تشکیل خوشه می‌دهند. در این الگوریتم موقعیت، مقصد و مسیر خودرو برای اجرا شدن الگوریتم باید از پیش شناخته شده باشند.

روش VWCA یا الگوریتم خوشه‌بندی وزن‌دار[16] که در [۲۰] معرفی شده است، مدلی است که از یک معیار مرکب برای افزایش پایداری و اتصال خوشه استفاده می‌کند. این معیار از مقدار بی‌اعتمادی[17]، آنتروپی و تعداد همسایه‌ها مبتنی بر محدوده انتقال پویا و مسیر حرکت خودرو، محاسبه می‌گردد. یک تکنیک تخصیص محدوده انتقال نیز بحث شده است که محدوده انتقال بین خودروها را تنظیم می‌کند. در اکثر روش-های خوشه‌بندی موجود به طور خاص از الگوی حرکتی یا جهت حرکت به عنوان پارامتر طراحی استفاده شده است. یک روش خوشه‌بندی پویای چندعاملی[18] در [۲۱] پیشنهاد شده است که پارامترهایی نظیر سرعت خودرو و جهت حرکت را نیز در نظر می‌گیرد. این مقاله همچنین روشی برای تشکیل مجدد خوشه در زیربخش بعدی جاده بر اساس الگوی حرکتی ارائه داده است.

در [۲۲] یک مدل کامل سلسله مراتبی[19] پیشنهاد شده است که از ترکیب یک روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی جدید، یک مدل حرکتی ترکیبی و یک روش مسیریابی و ارسال داده سیل‌آسای چندپخشی مبتنی بر موقعیت، حاصل شده است. در الگوریتم خوشه‌بندی معرفی شده از سرخوشه‌های ثابت دارای موقعیت‌های ثابت از پیش تعیین شده و همچنین اتوبوس‌های دارای مسیر از پیش تعیین شده به عنوان سرخوشه‌های متحرک استفاده شده است.

یک پروتکل MAC بنام DBA-MAC در [۲۳] ارائه شده که روشی برای پشتیبانی از ارتباطات پخش جغرافیای[20] در سناریوی بزرگراه جهت کاربردهای مختلف است. DBA-MAC شامل یک طرح خوشه‌بندی توزیع شده و یک مکانیزم انتشار سریع اطلاعات است. در این طرح سه پارامتر مهم برای انتخاب اعضا در نظر گرفته شده است که در نرخ و میزان تاخیر تحویل‌دهی پیام تاثیر دارد.

یک معماری جدید خوشه‌بندی متحرک با جلورانی چندگانه[21](MCMF) نیز در [۲۴] پیشنهاد شده است و به مسئله ارتباط داده‌ی زمان واقعی بهینه، در شبکه‌های خودرویی سرعت بالا، پرداخته است. MCMF، ایده‌های جدیدی در تشکیل خوشه‌ها و مدیریت ارتباطات بین گروه‌های خودروها ارائه داده و همچنین یک مکانیسم جلورانی چندگانه‌ی سلسله-مراتبی که ارتباط بین هر خودرو با RSU را از طریق دیگر خودروها فراهم می‌سازد، معرفی کرده است. براساس ادعای نویسندگان، میانگین تاخیر در انتقال‌های مبتنی بر MCMF از خودرو به RSU تقریباً ۵۰٪ مکانیسم ارتباط چندجهشی نظیر-به-نظیر[22] می‌باشد.

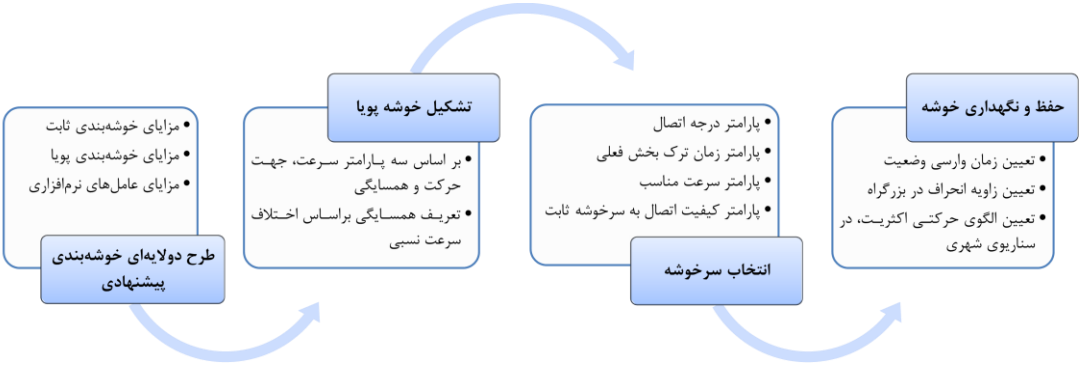
مطالعه‌ی تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی خوشه‌بندی شبکه‌های VANET و همچنین بررسی جدول۱ نشان می‌دهد که با وجود ارائه‌ی طرح‌های مختلف در این زمینه، اما همچنان طرحی جامع ارائه نشده است که به صورت بهینه به همه‌ی چالش‌های خوشه‌بندی پرداخته و راه‌حل کاملی برای تمام مراحل یک الگوریتم خوشه‌بندی ارائه داده باشد. علاوه بر این، هیچ یک از این طرح‌ها برای هر دو شرایط محیطی شبکه (سناریوهای شهری و بزرگراه)، به طور مشترک، قابل استفاده نیست.

لذا ما در طرح پیشنهادی به چالش‌های بیان شده به صورت زیر می‌پردازیم:

- ما در فرایند تشکیل خوشه سه پارامتر سرعت، جهت حرکت و همسایگی را در نظر گرفته و با استفاده از فناوری عامل‌ها و ارسال بسته‌های مربوط به اطلاعات خودروها به صورت بهینه، از پخش همگانی اطلاعات جلوگیری کرده و به این ترتیب سربار ناشی از ارتباطات مربوط به فرایند تشکیل خوشه را تا حد زیادی کاهش می‌دهیم.
- با تمرکز بر روی انتخاب سرخوشه بر اساس مقادیر معیارهای پیشنهادی در یک بازه‌ی زمانی (و نه در لحظه)، و همچنین تعریف ضرایب تاثیر بهینه برای هر یک از معیارها، تلاش می-

---

[15] Multi-hop
[16] Vehicular Clustering based on Weighted Clustering Algorithm
[17] Distrust
[18] Multi Agent
[19] Hierarchical
[20] Geocast
[21] Moving Cluster Multiple Forward
[22] Peer-to-peer



شکل ۱. مجموعه ایده‌های مطرح شده در طرح پیشنهادی

کنیم تا ثبات و پایداری خوشه را افزایش و تعداد تغییرات خوشه را کاهش دهیم.

- در انتها نیز، با بکارگیری عامل‌های نرم‌افزاری در زمان مناسب و جمع‌آوری اطلاعات حرکتی خودروها، موجبات حفظ خوشه در بخش‌های بعدی جاده را فراهم می‌کنیم.

شکل ۱ مجموعه ایده‌های مطرح شده در طرح پیشنهادی را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

مدل سیستم

ما در طرح پیشنهادی، ویژگی‌هایی را برای شبکه و همچنین خودروها در نظر می‌گیریم. در مورد محیط شبکه، فرض ما بر این است که خودروها در هر دو سناریوی شهری و بزرگراه در حال حرکت هستند و جاده به بخش‌های از پیش تعیین شده‌ای تقسیم شده که هر بخش با رسیدن به یک تقاطع اصلی به پایان می‌رسد و خودروها با در اختیار داشتن یک نقشه دیجیتالی نسبت به اطلاعات جاده، مسیرهای موجود، طول بخش و فاصله خود تا ابتدا و انتهای بخش آگاه هستند. علاوه‌براین هر خودرو با سیستم موقعیت‌یابی(GPS) و سیستم ناوبری ساکن (INS) تجهیز شده است، که با استفاده از آن می‌توان اطلاعات مکان خودرو را به طور دقیق در هر لحظه بدست آورد. همچنین یک فرستنده/گیرنده سازگار با ۸۰۲,۱۱p برای ارتباط با شبکه VANET در هر خودرو جاسازی شده است.

در این VANET هر دو ارتباطات خودرو به خودرو (V2V) و خودرو به زیرساخت (V2I) در نظر گرفته شده و فرض می‌شود که در ارتباطات V2V هر خودرو می‌تواند یک پیام را در محدوده فاصله فضایی مشخص از خود، به خودروهای دیگر منتشر کرده و یا پیامی را از آن‌ها دریافت کند؛ در مورد ارتباطات V2I نیز زیرساخت‌های کنارجاده‌ای در نقاط مشخص و از پیش تعیین شده‌ای تعبیه شده و هر خودرویی که در محدوده انتشار آن‌ها قرار گیرد، می‌تواند با آن‌ها ارتباط برقرار کند.

ما فرض می‌کنیم که تجهیزات نصب شده بر روی خودرو بستر پشتیبانی از فناوری عامل[۲۳] را فراهم می‌کند. همچنین عامل‌ها و میزبان‌ها در برابر تهدیدات و مخاطراتی چون استراق سمع، نسبت به هم محافظت شده هستند. همچنین در صورتی‌که عامل‌ها (خصوصاً عوامل متحرک) به هر دلیل قادر به انتقال اطلاعات نباشند، پاس دادن پیام[۲۴] ساده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از عامل‌های نرم‌افزاری

خودروها برای اینکه بتوانند یک تصمیم مناسب در شرایط مختلف داشته باشند، باید دارای یک مکانیزم هوشمند داخلی باشند تا با شرایط شبکه خودشان را وفق داده و براساس داده‌های در دسترس بهترین انتخاب را داشته باشند(به طور مثال: انتخاب بهترین مسیر). تصمیمات مربوط به خوشه‌بندی خودروها در بخش مشخص از جاده نیز نیازمند روشی مناسب جهت کاهش تاخیر این فرایند می‌باشد. در این زمینه عامل‌ها نقش بسیار مهمی را ایفا کرده و می‌توانند هوشمندی لازم جهت گرفتن تصمیمات مناسب را برای خودروهای در حال حرکت فراهم کنند [۲۵].

فناوری عامل انعطاف‌پذیر و مقیاس‌پذیر بوده و نیازمندی‌های مهندسی نرم‌افزار مبتنی بر مولفه[۲۵] را پوشش می‌دهد. عامل‌ها بر روی خودروهای در حال حرکت گسترش یافته و دارای توانمندی‌های حس کردن[۲۶] محیط هستند. دلیل دیگر انتخاب فناوری عامل این است که آن‌ها تا حدود زیادی در گرفتن تصمیمات خودمختار عمل می‌کنند و با استفاده از دانش خود از محیط، اهدافشان را عملی می‌کنند [۲۶]. محیط عامل عموماً یک سیستم میزبان، شبکه، یک کاربر با واسط کاربری، مجموعه‌ای از عامل‌ها و یا شاید ترکیبی از این‌ها در نظر گرفته می‌شود.

---

[۲۳] Agent
[۲۴] Message Passing
[۲۵] Component-based
[۲۶] Sense

عامل‌ها در دو دسته تک عاملی و چند عاملی تقسیم‌بندی می‌شوند. سیستم‌های تک عاملی از یک عامل ساده تشکیل شده که با منابع انسانی و پردازش‌های دیگر در تعامل بوده و یک وظیفه[۲۷] خاص را انجام می‌دهند. سیستم‌های چندعاملی (MAS[۲۸]) از مجموعه‌ای از عامل‌ها تشکیل شده است که با یکدیگر تعامل و همکاری داشته و مجموعه‌ای از وظایف و یا یک وظیفه خاص را انجام می‌دهند.

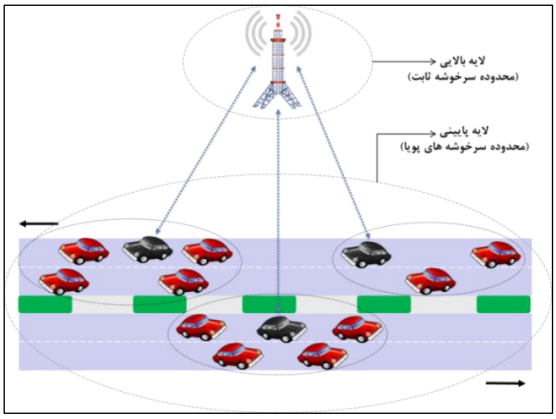
پاس دادن پیام، یکی از روش‌های ارتباطات است که در محاسبات موازی، برنامه‌نویسی شی‌گرا و انتقالات بین فرایندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عامل متحرک[۲۹]، به فرایند اجازه می‌دهد که از یک کامپیوتر (گره) به کامپیوتر دیگر مهاجرت کرده، به چند قسمت تقسیم شده و بر روی گره‌های مختلف اجرا شود و در نهایت به مبدأ خود بازگردد [۲۱]. عامل متحرک یک مدل خاص از پاس دادن پیام می‌باشد که با انتقال محاسبات، استفاده از پهنای باند را بهینه کرده و تعداد پیام‌های رد و بدل شده را کاهش می‌دهد.

مبتنی بر مزایای مطرح شده، ما در الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی خود از فناوری عامل بهره می‌بریم که موجبات بهینه‌سازی‌های فراوانی را فراهم می‌کند.

طرح دولایه‌ای پیشنهادی

در طرح خوشه‌بندی دولایه‌ای پیشنهادی، سعی شده است با ترکیب ویژگی‌های خوشه‌بندی پویا و ثابت با یکدیگر، از مزایای هر دو روش استفاده شود. در حقیقت این طرح با ایجاد یک ساختار دو لایه‌ای مشارکتی موجب افزایش سرعت، کاهش سربارها و بهینه‌سازی انتقال داده در محیط VANET می‌گردد. ساختار دو لایه‌ای پیشنهادی، به این صورت طراحی شده است که در لایه‌ی بالایی واحدهای کنارجاده‌ای[۳۰] یا RSUها قرار دارند. RSUها نقش سرخوشه‌های ثابت را ایفا کرده و خوشه‌های ثابت در اطراف این واحدها تشکیل می‌شود. محل قرارگیری RSUها و همچنین تعداد مورد استفاده از آن‌ها بسیار به محیط شبکه و شرایط مسیر (محیط شهری یا بزرگراه) وابسته است؛ اما به طور کلی RSUها می‌توانند در محل‌های از پیش تعیین شده‌ای مثل چهارراه‌ها، باجه‌های راهنمایی-ورانندگی، بیمارستان‌ها، رستوران‌ها، محل‌های پر ازدحام، نقاط خروجی شهرها و محل‌های پرداخت عوارض جاده‌ای، قرار گیرند [۲۲]. همه‌ی سرخوشه‌های ثابت یا همان RSUها به یک پایگاه مرکزی متصل می‌شوند تا اطلاعات ترافیکی و دستورالعمل‌های تصمیمات انتخاب مسیر خودروها در ساعتهای اوج ترافیک و همچنین شرایط تراکم کم، به آن‌ها منتقل شود.

در لایه پایینی نیز همانطور که در شکل۲ نشان داده شده است، خوشه‌های پویا تشکیل می‌شوند که شامل خودروهای عضو و سرخوشه‌های پویا می‌باشند. لازم به ذکر است که فقط سرخوشه‌های پویا از این لایه عضو خوشه‌های ثابت می‌شوند و به این ترتیب علاوه بر انتقال اطلاعات خوشه‌ی پویا به سرخوشه‌ی ثابت و گرفتن اطلاعات ترافیکی از سرخوشه‌های ثابت، در مسیریابی و انتقال اطلاعات به سرخوشه‌های پویای دیگر نیز از وجود سرخوشه‌های ثابت بهره می‌بریم. بر این اساس یکی از مهمترین معیارهایی که جهت انتخاب سرخوشه-ی پویا تعیین می‌کنیم، کیفیت اتصال به سرخوشه‌ی ثابت است تا به این ترتیب از مزایای طرح دولایه‌ای به طور کامل بهره ببریم.



شکل۲. طرح دولایه‌ای پیشنهادی

نکته قابل ذکر دیگر این است که در مورد شرایطی که هیچ یک از اعضای خوشه‌ی پویا با یک سرخوشه‌ی ثابت اتصال نداشته باشند، همانطور که در بخش‌های بعد تشریح خواهیم کرد، معیار کیفیت اتصال به سرخوشه‌ی ثابت را از فرایند انتخاب سرخوشه‌ی پویا حذف می‌کنیم و در هنگامی که خودروهای لایه‌ی پایینی از کنار نزدیک‌ترین سرخوشه‌ی ثابت عبور می-کنند، تمام اطلاعات به‌روزشده‌ی خودروهای خوشه‌ی پویا به سرخوشه‌ی ثابت منتقل می‌شود؛ البته در مورد اطلاعات ترافیکی با استفاده از مسیریابی بین خوشه‌ای، اطلاعات به سرخوشه‌ی پویایی که با یک سرخوشه‌ی ثابت در ارتباط می-باشد، منتقل شده و به این ترتیب در اختیار پایگاه مرکزی قرار می‌گیرد.

طرح خوشه‌بندی پویا

همانطور که در بخش قبل مطرح شد، در لایه دوم طرح دولایه-ای پیشنهادی، جاده به بخش‌های از پیش تعیین شده‌ای تقسیم شده و در هر بخش یک یا چند خوشه‌ی پویا براساس

---

[۲۷] Task
[۲۸] Multi Agent System
[۲۹] Mobile Agent
[۳۰] Road Side Units

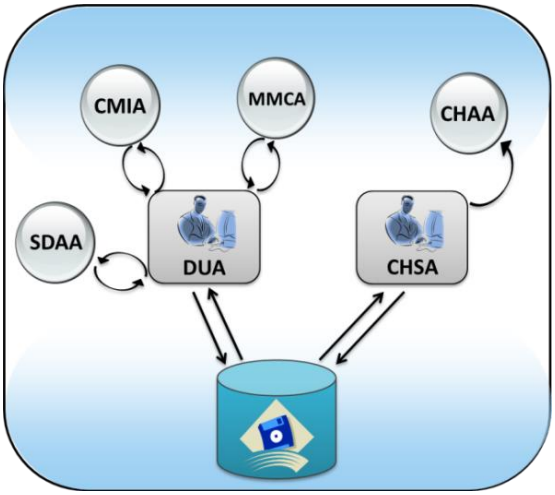
اشتراک سرعت نسبی و اتصال مجموعه‌ی خودروهای آن بخش تشکیل می‌گردد. سناریوی تشکیل خوشه‌ی پویا در طرح پیشنهادی ما دارای سه فاز جداگانه خواهد بود که شامل: ۱) شناسایی اعضا و تشکیل خوشه پویا ۲) انتخاب سرخوشه‌ی پویا ۳) و حفظ و نگهداری از خوشه‌ی پویا می‌باشد که در ادامه این بخش به تشریح آن‌ها می‌پردازیم. اما همانطور که اشاره شد فناوری عامل دارای ویژگی‌های منحصر به فردی بوده و استفاده از آن در خوشه‌بندی در VANET موجبات کاهش سربار و افزایش سرعت تشکیل خوشه و کاهش اتلاف پهنای باند را فراهم می‌کند؛ لذا پیش از بیان الگوریتم مورد استفاده در هر یک از فازها به تشریح ساختار استفاده شده‌ی مبتنی بر عامل‌ها می‌پردازیم.

ساختار مبتنی بر عامل‌ها

بر اساس طرح پیشنهادی ما، در هر یک از فازها نیاز به گرفتن تصمیمات و انجام وظایف مختلفی می‌باشد. به همین منظور عامل‌های ثابت و متحرک مختلفی برای انجام این وظایف پیش‌بینی شده است که مانند آنچه در شکل۳ قابل مشاهده است، با یکدیگر در ارتباط بوده و به صورت تعاملی سناریوی تشکیل خوشه‌ی پویا را عملی می‌کنند.

هر یک از عامل‌ها اهداف خاصی را دنبال می‌کنند که در ادامه تعریف مختصری از آن‌ها بیان شده و در بخش‌های بعد نحوه‌ی عملکرد آن‌ها تشریح می‌گردد:

- CMIA: عامل شناسایی اعضای خوشه[۳۱]؛ یک عامل متحرک بوده که پس از جمع‌آوری اطلاعات اعضای خوشه، این اطلاعات را به سرخوشه‌ی موقت می‌رساند تا در جدول اطلاعات خوشه قرار داده شود.
- CHSA: عامل انتخاب سرخوشه[۳۲]؛ یک عامل ثابت است که در خودرویی که به عنوان سرخوشه موقت انتخاب شده است، فعال می‌گردد و وظیفه‌ی انجام محاسبات مربوط به انتخاب سرخوشه (براساس جدول اطلاعات خوشه) را بر عهده دارد.
- CHAA: عامل اعلام‌کننده‌ی سرخوشه[۳۳]؛ یک عامل متحرک است که توسط سرخوشه‌ی موقت فعال شده و با استفاده از جدول اطلاعات خوشه، همسایگی اعضای خوشه را مشخص کرده و اطلاعات مربوط به سرخوشه‌ی پویا را در اختیار اعضا قرار می‌دهد.
- MMCA: عامل جمع‌آوری الگوی حرکتی[۳۴]؛ یک عامل متحرک بوده که پس از نزدیک شدن به انتهای بخش فعلی، در هر خودرو فعال شده و تصمیمات حرکتی بعدی خودرو را به سرخوشه‌ی فعلی می‌رساند تا در جدول اطلاعات خوشه قرار گیرد.
- SDAA: عامل تحلیل‌کننده‌ی تراکم بخش[۳۵]؛ یک عامل متحرک است که در هر خودرو فعال شده و پس از تشکیل ستون فقرات در بین اعضای خوشه، درجه‌ی اتصال اعضای منتخب خوشه را جمع‌آوری کرده و در اختیار سرخوشه‌ی موقت قرار می‌دهد تا به این ترتیب تراکم بخش مشخص شده‌ی جاده محاسبه شود.



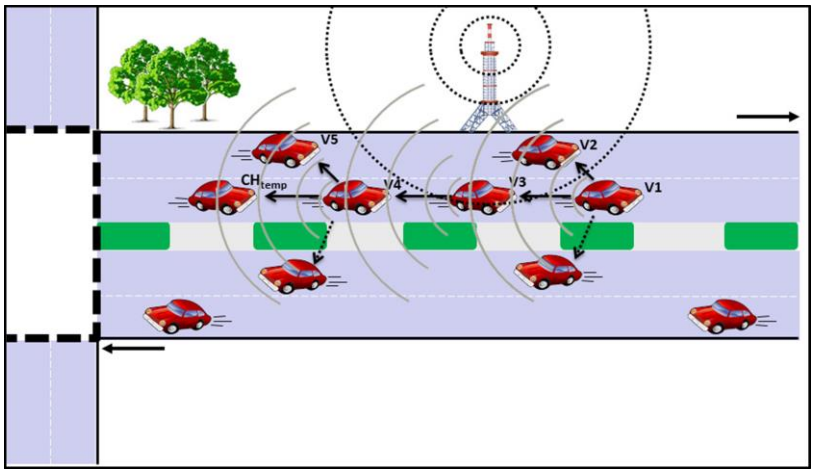
شکل۳. تعامل عامل‌ها در طرح خوشه‌بندی پویای پیشنهادی

نکته قابل ذکر در مورد ساختار پیشنهاد شده، تعداد زیاد عامل‌ها و تک وظیفه‌ای بودن اغلب آن‌ها می‌باشد. تعداد زیاد عامل‌ها دو مزیت عمده را به همراه دارد، اولاً اینکه عامل‌ها باید بین خودروها جابه‌جا شده و اطلاعات مختلفی را بین آن‌ها منتقل کنند؛ لذا کم حجم بودن آن‌ها موجب کاهش مصرف پهنای باند و همچنین کاهش سربار ناشی از انتشار آن‌ها می‌گردد. از طرف دیگر، در صورتی‌که قدرت محاسباتی خودروها محدود باشد، می‌توان با توزیع عامل‌های دارای بار محاسباتی بین خودروها، از تمرکز محاسبات در یک خودرو جلوگیری کرد.

شناسایی اعضا و تشکیل خوشه‌ی پویا

در طرح پیشنهادی ما سناریوی شناسایی اعضا و تشکیل خوشه‌ی پویا به این صورت تعریف می‌شود: اولین خودرویی که وارد یک بخش جدید از جاده می‌گردد، پس از گذراندن زمان T_{wait} مطمئن می‌شود که پیشنهادی جهت عضویت در خوشه دریافت نمی‌کند؛ بنابراین خودش اقدام به تشکیل خوشه می‌کند و این کار را با ارسال عامل شناسایی اعضای خوشه یا CMIA (به صورت پخش سیل‌آسای[۳۶] تک-جهشی[۳۷]) به خودروهایی که در همسایگی‌اش قرار دارند، آغاز می‌کند. برای

[۳۱] Cluster Member Identify Agent
[۳۲] Cluster Head Selection Agent
[۳۳] Cluster Head Announce Agent
[۳۴] Mobility Model Collection Agent
[۳۵] Section Density Analyze Agent
[۳۶] Flooding
[۳۷] One-hop



شکل۴. فرایند شناسایی اعضای خوشه

تعریف همسایگی از اختلاف سرعت نسبی خودروها استفاده می‌کنیم. اختلاف سرعت نسبی بین خودروهای همسایه پارامتر اول برای مشخص کردن اعضای خوشه است. خودروها در محدوده‌های ارتباطی خود (R)، سرعت خود را برای دیگر خودروها ارسال می‌کنند. خودروها در صورتی که فاصله آن‌ها کمتر از R باشد، اعلام همسایگی می‌کنند. اما تمام خودروهای همسایه ممکن است به خاطر جهت حرکت و سرعت نسبی، مناسب عضو شدن در خوشه نباشند.

بنابراین همانطور که در بخش بعد توضیح داده خواهد شد با محاسبه اختلاف سرعت نسبی بین خودروها، خودروهای نامناسب را حذف می‌کنیم. هریک از همسایه‌ها نیز پس از دریافت CMIA، یک کلون[۳۸] از آن ایجاد کرده و در محدوده خود، رو به عقب پخش سیل‌آسای تک-جهشی می‌کنند، تا به آخرین خودرویی که در واحد زمان وارد بخش مشخص شده‌ی جاده شده است، برسد.

در مرحله بعد متصل بودن یا نبودن به سرخوشه‌ی ثابت را با یک پرچم[۳۹] مشخص می‌کنیم به این صورت که با فرض انتشار دوره‌ای پیشنهاد عضویت توسط سرخوشه‌ی ثابت، اگر خودرویی این پیام را دریافت کرد، پرچم اتصال به سرخوشه‌ی ثابت (CF[۴۰]) را مقداردهی می‌کند. لازم به ذکر است که CMIAهایی که از طرف خودروها ارسال می‌شود، حاوی اطلاعات خودروها بوده و این ارسال تا رسیدن تمام اطلاعات خودروها به آخرین خودروی بخش مشخص شده ادامه می‌یابد. آخرین خودرو نقش سرخوشه‌ی موقت (CH_{temp}) را ایفا کرده و جدول اطلاعات خوشه را برای انتخاب سرخوشه تشکیل می‌دهد و تمام اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به خودروها را در آن قرار می‌دهد. CH_{temp} پس از انتخاب سرخوشه اصلی (بر اساس معیارهای انتخاب سرخوشه) تمام اطلاعات این جدول را در اختیار آن قرار می‌دهد. با یک مثال به تشریح بهتر فرایند شناسایی اعضا می‌پردازیم. همانطور که در شکل۴ مشخص است، مجموعه‌ای از خودروها وارد بخش جدید جاده می‌شوند. V1 خودرو پیشرو می‌باشد؛ بنابراین V1 فرایند شناسایی اعضای خوشه را با ارسال عامل CMIA آغاز می‌کند. V2، V3 و خودرویی از مسیر مخالف در بُرد پخش سیل‌آسای V1 قرار دارند.

V1 سرعت خود را برای خودروهای مذکور ارسال می‌کند. V2 وV3 با محاسبه اختلاف سرعت نسبی و مقایسه با مقدار آستانه، با V1 اعلام همسایگی می‌کنند؛ اما خودروی مسیر مخالف به دلیل بیشتر بودن اختلاف سرعت از حد آستانه، پیام V1 را دور می‌اندازد. بعد از آنکه V2 و V3 عضو خوشه شدند، فرایند بالا را برای همسایگان خود تکرار می‌کند. به این ترتیب V4 نیز با V3 اعلام همسایگی می‌کند و این فرایند را مجدداً تکرار می‌کند تا V5 و CH_{temp} که آخرین خودروی بخش فعلی می‌باشد نیز عضو خوشه شوند.

همانطور که مشخص است، همه‌ی خودروهای بخش فعلی که در مسیر مشترک قرار دارند و البته دارای سرعت نسبی کمتر از حد آستانه می‌باشند تا آخرین خودروی بخش (CH_{temp})، عضو خوشه می‌گردند و اطلاعات خود را از طریق کلون‌هایی که از CMIA تولید شده به CH_{temp} می‌رسانند تا در جدول اطلاعات خوشه قرار گیرد.

نکته قابل ذکر دیگر در این مثال، اتصال خودروی V2 و V3 به سرخوشه ثابت (RSU) می‌باشد که چون در بُرد انتشار RSU قرار دارند، بنابراین پرچم اتصال به سرخوشه ثابت (CF) را مقدار دهی می‌کنند.

اطلاعاتی که سرخوشه موقت در مورد اعضا جمع‌آوری می‌کند، مانند آنچه در جدول۲ قابل مشاهده است، شامل موارد زیر می-

---

[۳۸] Clone
[۳۹] Flag
[۴۰] Connectivity Flag

باشد: شناسه خودرو(ID_v)، سرعت جاری (CS_v)، همسایه‌های اصلی منتخب($Neighbors_v$)، خودروی قبلی که خودروی فعلی با او اعلام همسایگی کرده است ($Pre_Neighbor_v$) و زمان ترک بخش فعلی(T_{leave_v}).

علاوه بر اطلاعاتی که در اختیار همسایه‌ها قرار گرفته و در نهایت به جدول اطلاعات خوشه اضافه می‌شود، پارامترهای مربوط به اتصال به سرخوشه ثابت نیز به ازای هر خودرو در جدول اطلاعات خوشه ذخیره می‌گردد. همانطور که در جدول۲ مشخص است، اطلاعات دیگری نیز به ازای هر خودرو در اختیار سرخوشه قرار می‌گیرد که در بخش‌های بعد تشریح می‌شوند.

انتخاب سرخوشه

عامل انتخاب سرخوشه (CHSA) در CH_{temp} با استفاده از معیار ثبات و پایداری یا Π (که تابعی از معیارهای انتخاب سرخوشه می‌باشد) واجد شرایط سرخوشه بودن را برای هریک از اعضای خوشه بررسی می‌کند. انتخاب این معیار با هدف افزایش ثبات ساختار خوشه و افزایش طول عمر آن صورت گرفته است. بنابراین انتظار می‌رود سرخوشه‌ی انتخاب شده برای طولانی‌ترین مدت زمان با اعضای خود متصل باقی بماند. در مورد معیارها و ضرورت تمرکز بر روی محاسبه دقیق آن‌ها ذکر این نکته ضروری است که محاسبه معیارهای مناسب موجب انتخاب سرخوشه‌ای پایدارتر شده و در نتیجه خوشه‌ای باثبات حاصل می‌گردد.

CHSA در CH_{temp} معیار Π همه‌ی اعضای خوشه را محاسبه کرده و عضو خوشه‌ی با بالاترین معیار ثبات (Π) به عنوان سرخوشه در نظر گرفته می‌شود. سپس اطلاعات مربوط به سرخوشه توسط عامل اعلام‌کننده‌ی سرخوشه (CHAA) برای تمام اعضای خوشه ارسال می‌شود. به این ترتیب سرخوشه‌ی جدید مدیریت خوشه‌ی پویا را در بخش فعلی جاده بر عهده می‌گیرد.

معیار ثبات Π تابعی از چهار پارامتر متفاوت می‌باشد که از طریق معادله زیر برای هریک از خودروها به دست می‌آید:

$$\Pi = c1 * (E_d) + c2 * (T_{leave}) + c3 * (\Phi_s) + \lambda * RLQ \quad (۱)$$

در اینجا E_d را درجه اتصال خودروی مورد نظر با دیگر خودروها در نظر می‌گیریم(تعداد همسایگی اعضای خوشه) و T_{leave} را به زمان ترک بخش فعلی جاده توسط خودروی مذکور تعبیر می‌کنیم. علاوه براین، دو معیار دیگر نیز تعریف می‌کنیم که یکی پارامتر سرعت مناسب یا Φ_s و دیگری پارامتر کیفیت اتصال به زیرساخت کنارجاده‌ای یا RLQ می‌باشد. همچنین ضرایبی نیز برای میزان تاثیر هر یک از معیارها در نظر گرفته شده است. در ادامه به تشریح این موارد می‌پردازیم:

محاسبه پارامتر درجه اتصال (E_d)

همانطور که بیان شد، درجه اتصال هر خودرو در حقیقت تعداد همسایگی خودرو با دیگر اعضای خوشه است. ما برای تعیین این همسایگی از اختلاف سرعت نسبی خودروها با یکدیگر استفاده می‌کنیم. برای محاسبه این پارامتر براساس آنچه در [۲۷] پیشنهاد شده، به این صورت عمل می‌کنیم که عامل به‌روزرسانی اطلاعات (DUA) در خودروی v ، سرعت خودرو را یک متغیر تصادفی که از توزیع نرمال پیروی می‌کند، در نظر گرفته و ابتدا میانگین (μ) را برای آن محاسبه می‌کند:

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} s_i \quad (۲)$$

معادله بالا میانگین سرعت‌های مشاهده‌ی یک خودرو (مثل: s1,s2,s3,…) را در بازه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد. DUA سپس واریانس (σ^2) را نیز از معادله زیر بدست می‌آورد:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(s_i - \mu)^2 \quad (۳)$$

توزیع نرمال ویژگی‌های مناسب زیادی دارد، بنابراین متغیرها و حالات تصادفی با توزیع ناشناخته اغلب نرمال فرض می‌شوند. DUA تابع چگالی احتمال[۴۱] (pdf) مربوط به سرعت خودرو v را نیز از معادله زیر بدست می‌آورد:

$$f_s(s) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(s-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (۴)$$

DUA مربوط به خودروی v و همسایه‌اش، به طور جداگانه $f_s(s)$ را از معادله بالا محاسبه می‌کنند، از آنجا که سرعت همسایه‌ی خودروی v از توزیع نرمال پیروی می‌کند، اختلاف سرعت (Δs) بین خودروی v و همسایه‌اش از توزیع نرمال با تابع چگالی احتمالی که از معادله زیر بدست می‌آید، پیروی می‌کند:

$$f_{\Delta s}(\Delta s) = \frac{1}{\sigma_{\Delta s}\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(\Delta s-\mu_{\Delta s})^2}{2\sigma_{\Delta s}^2}} \quad (۵)$$

که در آن:

$$\Delta s = S_v - S_{neighbor}$$
$$\mu_{\Delta s} = \mu_v - \mu_{neighbor}$$
$$\sigma_{\Delta s}^2 = \sigma^2{}_v + \sigma^2{}_{neighbor}$$

DUA مربوط به خودروی v اختلاف سرعت (Δs) همه‌ی همسایه‌ها را با آستانه Δs_{thr} مقایسه می‌کند؛ اگر اختلاف هر همسایه کمتر از حد آستانه باشد ($\Delta s < \Delta s_{thr}$)، آن خودرو به عنوان همسایه اصلی در نظر گرفته شده و پارامتر E_d یک واحد افزایش می‌یابد. این مقایسه در فرض اینکه خودروی در حال حرکت با سرعت بالاتر از حد آستانه و یا پایین‌تر از حد آستانه در مسیر مشابه و یا خودروی در حال حرکت در خلاف مسیر، از فرایند شمارش همسایه‌ها حذف شده است، کمک خواهد

[۴۱] Probability Density Function

جدول۲. جدول اطلاعات خوشه

ID_v	CS_v	$Neighbors_v$	$Pre_Neighbor_v$	T_{leave_v}	Φ_s	$\Psi(RSU,v)$	CF	Θ_v	SF_r	SF_l	SF_s	SF_u
V1	S_1	V2 , V3	-	T_1	Φ_{s1}	Ψ_1	-	Θ_1	۰	۱	۰	۰
V2	S_2	-	V1	T_2	Φ_{s2}	Ψ_2	۱	Θ_2	۱	۰	۰	۰
V3	S_3	V4	V1	T_3	Φ_{s3}	Ψ_3	۱	Θ_3	۰	۱	۰	۰
V4	S_4	$V5,V_{CH_temp}$	V3	T_4	Φ_{s4}	Ψ_4	-	Θ_4	۰	۱	۰	۰
V5	S_5	-	V4	T_5	Φ_{s5}	Ψ_5	-	Θ_5	۰	۰	۰	۱
CH_{temp}	S_6	-	V4	T_6	Φ_{s6}	Ψ_6	-	Θ_6	۰	۱	۰	۰

کرد. این فرایند در طول بخش فعلی جاده برای همه‌ی خودروهای همسایه نیز تکرار می‌شود.

در مورد Δs_{thr} می‌توان به این نکته اشاره کرد که با افزایش $\sigma_{\Delta s}$، $f_{\Delta s}$ کاهش می‌یابد. بنابراین برای اجتناب از پراکندگی زیاد این عدد، مقدار آستانه می‌تواند تابعی از انحراف استاندارد(σ) در نظر گرفته شود(برای مثال: $\Delta s_{thr} = \kappa\sigma$). به این ترتیب مقدار آستانه به یک پارامتر پویا تبدیل می‌گردد که به مشخصه سرعت خودروها در یک همسایگی معلوم، وابسته می‌شود [۹].

محاسبه پارامتر زمان ترک بخش فعلی(T_{leave})

T_{leave} یا زمان ترک بخش فعلی جاده توسط خودروی مورد نظر را اینگونه تعریف می‌کنیم که مبتنی بر مکان فعلی خودرو (فاصله‌ی پوشش داده شده‌ی 'd' توسط خودرویی با سرعت یکنواخت در بخش فعلی با طول 'L')، عامل DUA در خودرو به صورت متناوب زمان ترک (T_{leave}) (زمان باقیمانده برای عبور از بخش فعلی) را از معادله زیر محاسبه می‌کند:

$$T_{leave} = \frac{(L-d)}{d}t \qquad (۶)$$

که در آن t، زمانی است که توسط خودرو برای پوشش فاصله 'd' از طول 'L' بخش فعلی صرف شده است.

محاسبه پارامتر سرعت مناسب (Φ_s)

همانطور که بیان شد یکی از معیارهای مهم انتخاب سرخوشه داشتن سرعت مناسب می‌باشد. برای محاسبه این پارامتر به این صورت عمل می‌کنیم که در بازه‌های زمانی مختلف سرعت خودرو نسبت به حد آستانه سنجیده می‌شود. عامل DUA انجام این بررسی را برعهده دارد. DUA به این ترتیب آموزش می‌بیند که در هر بازه زمانی سرعت خودرو را با آستانه اختلاف سرعت (ΔS_{thr}) مقایسه می‌کند و در صورتیکه اختلاف سرعت فعلی خودرو (CS_v) با سرعت میانگین (S_{avg}) کمتر از مقدار آستانه بود، فاکتور سرعت مناسب (Φ_s) را به مقدار α (فرض ما α = ۰,۱ می‌باشد) افزایش می‌دهد و در غیر این صورت به مقدار α کاهش می‌دهد. در نهایت هنگام جمع‌آوری داده‌های مربوط به سرعت فعلی، مقدار این فاکتور نیز ارسال می‌گردد.

$$\begin{cases}\Phi_s = \Phi_s + \alpha, & |CS_v - S_{avg}| \le \Delta S_{thr} \\ \Phi_s = \Phi_s - \alpha, & |CS_v - S_{avg}| > \Delta S_{thr}\end{cases} \qquad (۷)$$

همانطور که قبلاً هم بیان شد هدف ما انتخاب یک سرخوشه‌ی باثبات برای خوشه است تا به این طریق به ثبات و پایداری خوشه دست یابیم. لذا معیار سرعت مناسب را اینگونه تعریف می‌کنیم که اگر خودرویی در بازه‌های زمانی مختلف در حدود سرعت میانگین خوشه حرکت می‌کرد و افزایش یا کاهش بیش از حد سرعت نداشت، گزینه مناسب‌تری برای سرخوشه شدن خواهد بود. با یک مثال چگونگی محاسبه این معیار را تشریح می‌کنیم:

فرض کنید: ΔS_{thr} = ۲۰ km/h و S_{avg} =۱۰۰km/h و α =۰,۱ در نظر بگیریم. در لحظه وارسی، چهار خودرو با سرعت‌های زیر موجود است:

$$CS_{v1} = ۹۰km/h, \qquad CS_{v2} = ۱۴۰km/h,$$

$$CS_{v3} = ۶۰km/h, \qquad CS_{v4} = ۱۱۰km/h$$

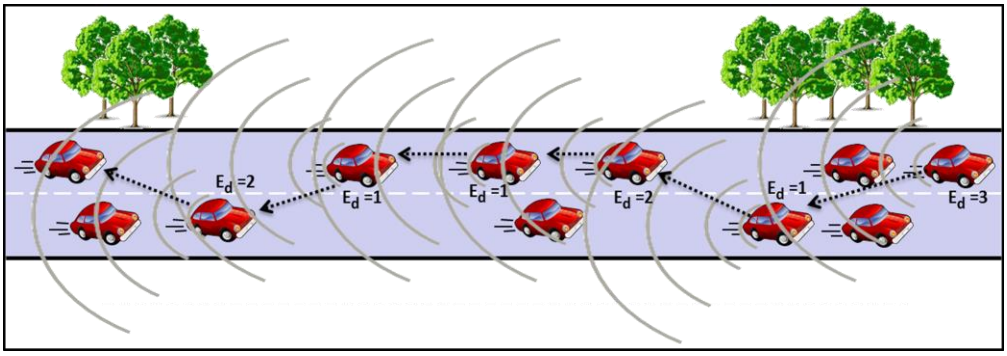
واضح است که دو خودروی v1 و v4 دارای اختلاف سرعتی در محدوده آستانه با سرعت میانگین بوده و دو خودروی v2 و v3 اختلاف سرعتشان بیش از حد آستانه می‌باشد. لذا در این بازه زمانی برای v1 و v4، Φ_s را به میزان ۰,۱ افزایش می‌دهیم و برای خودروهای v2 و v3، Φ_s را ۰,۱ کاهش می‌دهیم. همین کار را در بازه‌های زمانی دیگر نیز انجام داده و به این ترتیب تناسب سرعت هر خودرو را در مجموع زمان طی شده در بخش مشخص جاده بررسی می‌کنیم.

محاسبه پارامتر کیفیت اتصال به سرخوشه ثابت (RLQ)

$\Psi(RSU,v)$ کیفیت اتصال مربوط به اتصال خودروی v به سرخوشه ثابت (RSU) را نشان می‌دهد که توسط خودروی v به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Psi(RSU,v) = P_{rx}^{v} - RS_{thr}^{v} \qquad (۸)$$

که در اینجا، P_{rx}^{v} قدرت پیام پیشنهاد عضویت سرخوشه‌ی ثابت است که توسط خودروی v دریافت شده است و RS_{thr}^{v} حساسیت دریافت‌کننده‌ی واسط بیسیم آن است. اساساً، $\Psi(RSU,v)$ کیفیت اتصال بین RSU و خودروی v را تخمین می‌زند. با در نظر گرفتن این مساله که $\Psi(RSU,v)$ باید بیشتر



شکل۵. تشکیل یک ستون فقرات جهت نمونه‌گیری تراکم

از حد آستانه Ψ_{thr} (به عنوان مثال: ۲۰dBm- فرض می‌شود) باشد، ما تلاش می‌کنیم تا تمام خودروهایی را که به دلیل فاصله زیادشان از RSU و یا به خاطر وضعیت انتشار ضعیفشان اتصال مناسبی با RSU ندارند، را از فرایند مورد نظر حذف کنیم.

اگر شرایط معادله (۸) برقرار نباشد، آنگاه خودروی v پیام را دور انداخته و پرچم اتصال به سرخوشه (CF) را مقداردهی نمی‌کند. در غیر این صورت، خودروی v معیار کیفیت اتصال به RSU[۴۲] (RLQ) را محاسبه می‌کند. در اینجا، $\mathrm{RLQ}(RSU,v)$ مقداری است در بازه [۰،۱] که میزان مناسب بودن اتصال خودروی مورد نظر را با سرخوشه ثابت مشخص می‌کند.

ما ترجیح می‌دهیم سرخوشه پویا، خودرویی باشد که بالاترین مقدار $\Psi(RSU,v)$ را فراهم کند (یعنی بهترین ظرفیت اتصال را با سرخوشه ثابت (RSU) داشته باشد). لذا $\mathrm{RLQ}(RSU,v)$ را براساس روش پیشنهادی [۲۳] به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\mathrm{RLQ}(RSU,v) = min\left\{\frac{\Psi(RSU,v)}{|power^{v}_{thr}|},1\right\} \quad (۹)$$

که در اینجا $\Psi(RSU,v)$ همان ظرفیت اتصال است که از معادله (۸) بدست می‌آید و $power^{v}_{thr}$ نیز اختلاف بین مقادیر آستانه حداقل و حداکثر نرخ داده می‌باشد. (میزان $Rate_{max}$ و $Rate_{min}$ که توسط واسط بیسیم خودروی v پشتیبانی می‌شود. برای مثال: برای یک کارت *wifi* مشخص داریم: اگر P_{Rx} <-۷۵dbm آنگاه $Rate_{max}$ =۵۴Mbps و اگر -۹۳dbm < P_{Rx} آنگاه $Rate_{min}$ =۶Mbps. بنابراین ما داریم: $power_{thr}$ =|-۹۳+۷۵|=۱۸dbm). اگر $\mathrm{RLQ}(RSU,v)$~1، آنگاه خودروی مورد نظر و RSU در نرخ $Rate_{max}$ با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. علاوه‌براین، خودرو یک قدرت دریافتی خوبی را تجربه خواهد کرد و به این ترتیب می‌تواند تاثیرات تحرک خودرو و اثرات محوشدگی[۴۳] را مدیریت کند. لذا ارتباط برقرار شده با سرخوشه ثابت را حفظ می‌کند.

ضرایب تاثیر معیارهای انتخاب سرخوشه

همانطور که مشخص است در معادله (۱) (معیار ثبات انتخاب سرخوشه) به ازای هر یک از پارامترها ضریب تاثیری در نظر گرفته شده است که دارای مقداری در بازه [۰،۱] بوده و وزن (درجه اهمیت) هر یک از پارامترها را تعیین می‌کنند. c1، c2 و c3 مقادیر ثابتی هستند که توسط $\mathrm{CH_{temp}}$ و بر اساس شرایط اعضا و بخش فعلی جاده تعیین می‌شوند. اما λ یک مقدار پویا بوده و به طور جداگانه محاسبه می‌گردد. در مورد این ضریب، در صورتیکه هیچ یک از خودروهایی که اطلاعات آن‌ها در اختیار $\mathrm{CH_{temp}}$ قرار دارد، دارای پرچم CF مقداردهی شده، نباشند، $\mathrm{CH_{temp}}$ نتیجه می‌گیرد که هیچ سرخوشه‌ی ثابتی در محدوده خودروهای عضو خوشه نبوده و لذا می‌تواند معیار کیفیت اتصال به سرخوشه‌ی ثابت را حذف کند. در این حالت $\mathrm{CH_{temp}}$ مجموع ضرایب را به صورت زیر در نظر می‌گیرد:

$$c1 + c2 + c3 = 1$$

اما در صورت وجود سرخوشه ثابت در محدوده خوشه پویا، باید ابتدا ضریب تاثیر معیار کیفیت اتصال به سرخوشه ثابت محاسبه شود.

نکته مهم در مورد این ضریب این است که ابتدا باید تراکم خودرو در مسیر به صورت پویا مشخص شود و در صورتی که تراکم پایین باشد، ضریب تاثیر این معیار بالاتر تعیین می‌شود؛ چراکه سرخوشه‌ی ثابت باید به ارتباط بین خودروهای خوشه‌ی پویا کمک کند. بنابراین سرخوشه‌ی پویا باید اتصال بهتری با سرخوشه‌ی ثابت داشته باشد.

در نقطه مقابل، اگر تراکم خودروها بالا باشد، خودروهای بیشتری می‌توانند با سرخوشه‌ی ثابت و همینطور با یکدیگر در ارتباط باشند؛ لذا ضریب تاثیر این معیار برای انتخاب سرخوشه‌ی پویا کاهش می‌یابد.

برای محاسبه تراکم خودروها در بخش فعلی جاده به این صورت عمل می‌کنیم که در ابتدا اولین خودرویی که وارد بخش فعلی شده است، درجه‌ی اتصال (یا همان تعداد همسایه‌های خود) را محاسبه کرده و همراه با ID خود توسط عامل تحلیل-

---

[۴۲] RSU Link Quality
[۴۳] Fading

کننده تراکم بخش جاده (SDAA) به دورترین همسایه رو به عقب خود که دارای بیشترین مقدار معادله زیر می‌باشد، ارسال می‌کند.

$$P_c(V_v, V_{neighbor}) = \frac{d}{R} \quad (۱۰)$$

آن خودرو نیز به طور مجزا درجه‌ی اتصال خود را محاسبه کرده و همراه با ID خود به دورترین همسایه رو به عقب خود که از همان معادله (۱۰) محاسبه می‌کند، ارسال می‌کند.

این کار تا رسیدن SDAA به آخرین خودروی بخش فعلی یا همان CH_{temp} ادامه پیدا می‌کند. در معادله (۱۰)، d همان فاصله واقعی بین خودروی مورد نظر و خودروی همسایه او می‌باشد؛ که توسط اطلاعات GPS محاسبه می‌شود. R نیز حداکثر بازه ارسال/دریافت خودروی مذکور می‌باشد. برای شبیه‌سازی طرح پیشنهادی، ما یک بازه ارسال/دریافت(R) ثابت را برای تمام خودروها فرض کرده‌ایم. با این وجود، باید توجه داشت که این فرض ممکن است در یک سناریوی شبکه واقعی قابل تضمین نباشد، چراکه در حالت واقعی به خاطر اثرات سایه[۴۴]، تضعیف حاصل از ساختمان‌ها و مانند آن، بازه ارسال/دریافت می‌تواند به صورت پویا تغییر کند. به همین خاطر الگوریتمی جهت محاسبه R مانند آنچه در [۲۸] تشریح شده، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با این کار همانطور که در شکل۵ مشخص است، ما یک ستون فقرات[۴۵] در طول بخش فعلی تشکیل داده و به طور نسبی در قسمت‌های مختلف بخش مشخص شده، نمونه‌گیری تراکم خودرو انجام داده‌ایم.

به این ترتیب CH_{temp} با محاسبه میانگین درجه‌های اتصال جمع‌آوری شده، تراکم نسبی بخش مربوطه را محاسبه می‌کند که این مقدار را با ω نشان می‌دهیم:

$$\omega = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E_d^{Vi} \quad (۱۱)$$

براساس ω، λ یا همان ضریب تاثیر معیار کیفیت اتصال به سرخوشه ثابت از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = max\left\{\lambda_0 - \frac{\omega}{100}, 0\right\} \quad (۱۲)$$

در اینجا فرض ما برای λ_0، ۰٫۵ بوده است که حداکثر مقدار تاثیر معیار کیفیت اتصال می‌باشد و توسط CH_{temp} تعیین می‌شود. پس از محاسبه λ، $(1-\lambda)$ را مجموع ضرایب دیگر معیارهای انتخاب سرخوشه در نظر می‌گیرد:

$$c1 + c2 + c3 = 1 - \lambda$$

حفظ و نگهداری از خوشه

از آنجا که سربار ساخت خوشه در هر بخش از جاده بالا بوده و موجب هدر رفتن منابع سیستم و پهنای باند شبکه می‌گردد، نگهداری از خوشه در بخش‌های بعدی جاده و گرفتن عضوهای جدید با سربار کاهش یافته، از مهمترین اهداف بهینه‌سازی روش‌های خوشه‌بندی می‌باشد. همانطور که بیان شد فرض ما این است که مسیر به بخش‌های از پیش تعیین شده‌ای تقسیم شده است؛ لذا باید به جای برخورد انفعالی در برابر قطعی اتصال اعضا پس از گذشتن از بخش فعلی جاده، به صورت پیش‌گیرانه وضعیت خوشه را پیش از اتمام بخش فعلی بررسی کنیم. برای این کار ما یک T_{max} تعریف می‌کنیم که حداکثر زمان تعامل بین خودروها در تشکیل خوشه و شناسایی سرخوشه می‌باشد؛ سپس زمان شروع به‌روزرسانی شرایط خوشه (T_{check}) را برابر شدن زمان باقیمانده تا ترک بخش فعلی توسط سرخوشه با T_{max} ($T_{Leave_CH} = T_{max}$) در نظر می‌گیریم.

به خاطر شرایط متفاوت در سناریوی بزرگراه و سناریوی شهری ما به دو الگوریتم نگهداری از خوشه‌ی متفاوت برای این دو سناریو نیازمندیم. در ادامه به تشریح این دو الگوریتم می‌پردازیم:

در مورد سناریوی بزرگراه ما به این صورت عمل می‌کنیم که پس از رسیدن به زمان وارسی وضعیت خوشه، سرخوشه عامل جمع‌آوری الگوی حرکتی یا MMCA را به تمام اعضا ارسال می‌کند. هر خودرو در طول مسیر در بازه‌های زمانی مشخص از زمان ورود به بخش فعلی تا زمانی که عامل MMCA را دریافت می‌کند، زاویه‌ی انحراف خود نسبت به امتداد جاده(یعنی زاویه صفر درجه) را اندازه‌گیری کرده و به عنوان θ_i (i شماره توالی نمونه‌گیری است)، ذخیره می‌کند. پس از دریافت عامل MMCA هر عضو خوشه انحراف زاویه خود را از معادله زیر محاسبه کرده و MMCA این مقدار را برای سرخوشه باز می‌گرداند.

$$\Theta_v = \sum_{i=1}^{n} \theta_i \quad (۱۳)$$

سرخوشه نیز به طور جداگانه انحراف زاویه خود را محاسبه کرده و به همراه زاویه‌های دیگر اعضا به جدول اطلاعات اعضای خوشه اضافه می‌کند. سپس میانگین انحراف زاویه را به ازای مجموع انحراف‌های اعضا محاسبه می‌کند:

$$\Theta_{avg} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\Theta_{v_i}\right| \quad (۱۴)$$

حال در یک مقایسه رقابتی بین اعضای فعلی که سرخوشه را نیز شامل می‌شود (با نگاه افزایش ثبات و پایداری خوشه)، عضوی که زمان ترک طولانی‌تری نسبت به سرخوشه داشته ($T_{Leave_CH} < T_{Leave_V}$) و علاوه‌برآن زاویه انحراف کمتری نسبت به میانگین دارد($\Theta_{avg} > \Theta_v$)، به عنوان CH_{temp} برگزیده می‌شود. CH فعلی زاویه انحراف بخش (زاویه انحراف میانگین) و همچنین سرعت مناسب بخش (میانگین سرعت خودروی CH_{temp}) را به عنوان الگوی حرکتی بخش بعدی جاده، به همراه ID خودروی CH_{temp} به دیگر اعضای خوشه ارسال

---

[۴۴] Shadowing

[۴۵] Backbone

کرده و به این ترتیب خودروهایی که از این الگو پیروی کنند، می‌توانند در بخش بعدی جاده نیز خوشه را همراهی کنند.

اما در مورد سناریوی شهری به گونه‌ای دیگر عمل می‌کنیم. در ابتدا فرض ما این است که هر خودرو به GPS و INS مجهز بوده و مسیر هر خودرو از قبل مشخص شده است. علاوه‌براین، با در نظر گرفتن این مساله که تقاطع‌ها جداکننده بخش‌های جاده از یکدیگر هستند، زمان به‌روزرسانی وضعیت خوشه یا T_{check} در حقیقت زمان نزدیک شدن به تقاطع می‌باشد. در این هنگام سرخوشه، عامل جمع‌آوری الگوی حرکتی یا MMCA را برای تمام اعضا ارسال می‌کند. در این سناریو MMCA مسئول جمع‌آوری وضعیت تحرک خودرو پس از عبور از تقاطع می‌باشد؛ که شامل چهار وضعیت گردش به سمت راست، گردش به سمت چپ، حرکت در مسیر مستقیم و دور زدن U شکل است. هر کدام از این تصمیمات دارای یک پرچم مربوطه (به ترتیب SF_u, SF_s, SF_l, SF_r) در هر خودرو است که بنا به تصمیم حرکت ۰ یا ۱ مقداردهی می‌شوند. بنابراین MMCA در هر خودرو با چک کردن پرچم‌های مربوط به وضعیت بعدی حرکت، تصمیم جهت حرکت خودرو در بخش بعدی جاده را دریافت کرده و آن را در اختیار سرخوشه قرار می‌دهد. سرخوشه نیز مجموع تصمیمات آینده را محاسبه کرده و CH_{temp} را خودرویی در نظر می‌گیرد که وضعیت حرکت آینده آن با بیشترین تصمیم مشترک اعضا($max\{N_r, N_l, N_s, N_u\}$) مشابه بوده و همچنین دارای زمان ترک بیشتری نسبت به سرخوشه باشد ($T_{Leave_CH} > T_{Leave_V}$).

$$N_r = \sum_{i=1}^{n} SF_r^{v_i} \quad (۱۵) \qquad N_s = \sum_{i=1}^{n} SF_s^{v_i} \quad (۱۶)$$

$$N_l = \sum_{i=1}^{n} SF_l^{v_i} \quad (۱۷) \qquad N_u = \sum_{i=1}^{n} SF_u^{v_i} \quad (۱۸)$$

سپس ID مربوط به CH_{temp} را به عنوان سرخوشه‌ی موقت در بخش بعدی جاده فقط برای خودروهایی که دارای تصمیم مشابه با بیشترین تصمیم مشترک (و همچنین با CH_{temp}) داشته‌اند، اعلام کرده و به این ترتیب این اعضا می‌توانند در بخش بعدی خوشه را همراهی کنند و خوشه به صورت پایدار به حیات خود در بخش بعدی ادامه می‌دهد.

در مورد عضو شدن اعضای جدید در بخش جدید جاده نیز در هر دو سناریوی شهری و بزرگراه به این صورت عمل می‌کنیم که CH_{temp} پیامی را حاوی پیشنهاد عضویت در خوشه، اطلاعات مربوط به خوشه و سرخوشه موقت آن، پخش همگانی می‌کند. به این ترتیب خودروهایی که عضو هیچ خوشه‌ای در بخش جدید جاده نبوده و تمایل به عضویت در خوشه مذکور دارند، اطلاعات خود را برای سرخوشه‌ی موقت ارسال می‌کنند و این اطلاعات به جدول اعضای خوشه اضافه می‌گردد و مجدداً سناریوی انتخاب سرخوشه‌ی پویا و پایدار آغاز می‌شود.

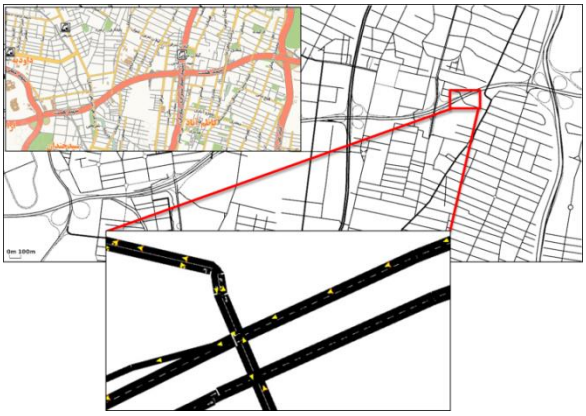
ارزیابی کارایی طرح

در این بخش ما به بررسی و ارائه‌ی نتایج ارزیابی‌های انجام شده بر روی طرح پیشنهادی خود، با استفاده از شبیه‌سازی می‌پردازیم. ما از یک بستر شبیه‌سازی استفاده کرده‌ایم که در آن از ترکیب دو ابزار OMNet++ [۲۹] به عنوان شبیه‌ساز شبکه و همچنین ابزار SUMO [۳۰] به عنوان شبیه‌ساز ترافیک بهره می‌بریم؛ این دو از طریق بستر VEINS [۳۱] با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. به این ترتیب، با استفاده از OMNet++ ارتباطات بیسیم بین خودروها و همچنین ارسال و دریافت بسته‌ها بین خودروها، مدل شده و با استفاده از SUMO مدل حرکتی خودروها، چینش آن‌ها در شبکه و همچنین تراکم آن‌ها، شبیه‌سازی گردید. ما جهت ارزیابی کامل طرح پیشنهادی خود براساس آنچه در[۳۲] پیشنهاد شده است، از مدل حرکتی "Freeway" برای شبیه‌سازی بزرگراه و مدل حرکتی "Manhattan" برای شبیه‌سازی محدوده شهری، استفاده می‌کنیم. علاوه بر این، ما از نقشه حقیقی شهر تهران به عنوان نقشه‌ی هدف بهره می‌بریم. در این رابطه، شکل۶ اجرای سناریوی بزرگراه را نشان می‌دهد، که بخشی از بزرگراه همت شبیه‌سازی شده است.

در شروع شبیه‌سازی خودروها به صورت یکنواخت در خطوط جاده توزیع می‌شوند. نرخ ورود خودروها به جاده از توزیع پواسون با متوسط λ پیروی می‌کند. فرض می‌شود که هر خودرو موقعیت شروع، زمان شروع حرکت، مسیری که انتخاب می‌کند و سرعتش را می‌داند. همچنین فرض می‌شود خودروهایی که یک خودروی پیشرو را دنبال می‌کنند، براساس طرح پیروی خودروی پیشنهادی در [۳۳]، به صورت خودکار منطبق بر رفتار خودروی پیشرو حرکت می‌کنند. هنگام نزدیک شدن به تقاطع‌ها، خودرو به صورت تصادفی یک جهت را برای ادامه حرکت انتخاب می‌کند که شامل حرکت در مسیر مستقیم، گردش به چپ و گردش به راست می‌باشد.

ما ویژگی‌های ترافیکی مختلفی را در شبیه‌سازی خود در نظر می‌گیریم که شامل فضای بین‌خودرویی، تراکم خودروها و نرخ جریان است. فضای بین‌خودرویی، فاصله‌ی بین خودروها تعریف می‌شود [۳۴]؛ تراکم، تعداد خودروهایی است که در یک ناحیه‌ی خاص قرار دارند و معمولاً با خودرو/کیلومتر نشان داده می‌شود؛ نرخ جریان نیز تعداد خودروهایی که از یک نقطه‌ی خاص در یک بازه‌ی زمانی مشخص عبور می‌کنند، در نظر گرفته می‌شود، که معمولاً با خودرو/ساعت نشان داده می‌شود [۳۵]. براساس [۳۶]، فضای بین خودرویی زمانی‌که جاده به بخش‌های مختلف تقسیم شده است، با توزیع نمایی تقریب زده می‌شود. نرخ جریان نیز در تراکم‌های مختلف می‌تواند سه توزیع مختلف

داشته باشد: پواسون، نمایی و یکنواخت [۳۷]. ما به ترتیب ۱۸۰۰، ۳۶۰۰ و ۵۴۰۰ خودرو/ساعت را برای تراکم‌های کم، متوسط و زیاد در نظر می‌گیریم. سرعتی که به خودروها تخصیص داده می‌شود نیز از توزیع نرمال با میانگین μ و انحراف معیار σ، پیروی می‌کند. برای تمام سناریوهای شبیه-سازی $\Delta S_{thr} = \sigma$ در نظر گرفته می‌شود که کارایی ΔS_{thr}های مختلف را می‌توان در [۳۸] یافت.



شکل ۶. شبیه‌سازی بخشی از بزرگراه همت

جهت شبیه‌سازی مدل ترافیکی ما از مدل نرخ بیت ثابت برای انتقال تعداد معینی از بسته‌های با سایز ثابت استفاده می‌کنیم. استاندارد DSRC نرخ داده‌ی در محدوده ۶-۲۷Mbps را پشتیبانی می‌کند [۳۹]. بنابراین ما تصمیم گرفتیم از حداقل نرخ یعنی ۶Mbps استفاده کنیم. پیام‌های دوره‌ای هر ۱۰۰ms ارسال می‌شوند. سایز پیام‌های معمولی ۵۰ بایت و پیام‌هایی که حاوی اطلاعات حرکتی است ۱۰۰ بایت می‌باشد. در شبیه‌سازی عامل‌ها نیز از متدولوژی شی‌گرا پیروی می‌کنیم؛ به این ترتیب که پس از تعریف کلاس عامل‌ها، هر یک از عامل‌ها به عنوان یک شی تعریف شده و اطلاعاتی را به پیام‌ها اضافه می‌کند. علاوه‌براین جهت فراهم کردن شبیه‌سازی دقیق‌تر، با تکرار شبیه‌سازی، سطح اطمینان ۹۵٪ را در نظر گرفتیم، که درصد خطای موجود نیز در نمودارها قابل مشاهده است.

پارامترهای دیگری نیز برای اجرای فرایند شبیه‌سازی مورد نیاز می‌باشد که مبتنی بر سناریوی انتخابی، در جدول۳ آورده شده است.

نتایج شبیه‌سازی

جهت نمایش کارایی طرح پیشنهادی، ما نتایج حاصل از شبیه-سازی طرح جدید (NS[۴۶]) را با دو طرح دیگر مورد مقایسه قرار دادیم: یکی روش مبتنی بر آستانه (TB[۴۷]) که در [۹] پیشنهاد شده است و دیگری الگوریتم خوشه‌بندی پویای (DC[۴۸]) معرفی شده در [۵]. در مورد مقایسه‌ی انجام شده ذکر این نکته ضروری است که الگوریتم‌های TB و DC به ترتیب برای فقط سناریوی بزرگراه و فقط سناریوی شهری پیشنهاد شده‌اند و در نتایج مقایسه‌های خود بهترین نتایج ممکن را بین الگوریتم‌های موجود، در هر یک از این دو سناریو، کسب کرده‌اند؛ اما از آنجا که طرح پیشنهادی جدید برای هر دو سناریوی شهری و بزرگراه طراحی شده است؛ لذا ما مقایسه نتایج را با هریک از آنها به صورت جداگانه انجام داده‌ایم.

همانطور که قبلاً نیز بیان شد، مهمترین هدف ما از ارائه‌ی یک طرح جدید خوشه‌بندی با استفاده از عامل‌های نرم‌افزاری، افزایش ثبات و پایداری خوشه و همچنین کاهش سربارهای شبکه در فرایند خوشه‌بندی بوده است. لذا ما نتایج حاصل از شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی خود را با دو طرح دیگر از منظر معیارهای میانگین مدت زمان سرخوشه بودن، میانگین طول عمر خوشه، میانگین تعداد تغییرات خوشه‌ی یک خودرو و همچنین سربار راه‌اندازی خوشه و حفظ و نگهداری از آن، مورد مقایسه قرار دادیم. در ادامه به تشریح نتایج می‌پردازیم.

میانگین مدت زمان سرخوشه بودن

ثبات و پایداری یک خوشه به طور مستقیم وابسته به مدت زمانی است که خودروی سرخوشه عهده‌دار مسئولیت خود باقی می‌ماند. به این ترتیب، ما بازه‌ی زمانی بین سرخوشه شدن یک خودرو تا زمانی که مسئولیت خود را رها می‌کند به عنوان معیار میانگین مدت زمان سرخوشه بودن در نظر گرفته و به کمک آن پایداری سراسری خوشه را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

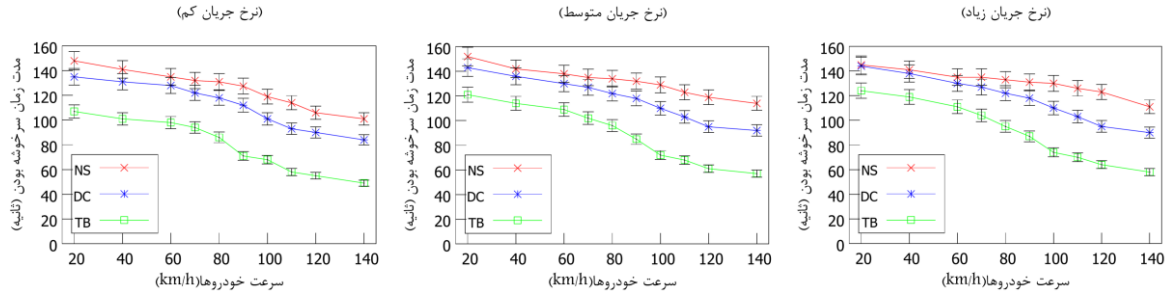
نمودار۱ مقایسه‌ی بین میانگین مدت زمان سرخوشه بودن را در سه طرح TB، DC و الگوریتم پیشنهادی، نشان می‌دهد. از آنجا که افزایش سرعت خودروها موجب افزایش تغییرات توپولوژی شبکه می‌گردد؛ لذا همانطور که در هر سه نمودار قابل مشاهده است، میانگین مدت زمان سرخوشه بودن با افزایش سرعت، کاهش می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی، حداقل این کاهش مدت زمان را ۱۵٪ نشان می‌دهد. علاوه‌براین با افزایش نرخ جریان خودروها، احتمال ادغام خوشه‌ها افزایش می‌یابد که خود موجبات کاهش نسبی مدت زمان سرخوشه بودن را به همراه دارد. نکته‌ی قابل ذکر اینکه، در فرایند شبیه‌سازی این معیار، ما پایان مدت زمان سرخوشه بودن را پایان عمر خوشه تلقی کرده و به این طریق بدون در نظر گرفتن محیط شبکه (سناریوی شهری یا بزرگراه)، موفق به مقایسه‌ی هر سه طرح با یکدیگر شدیم.

---

[۴۶] Novel Scheme

[۴۷] Threshold-based

[۴۸] Dynamic Clustering



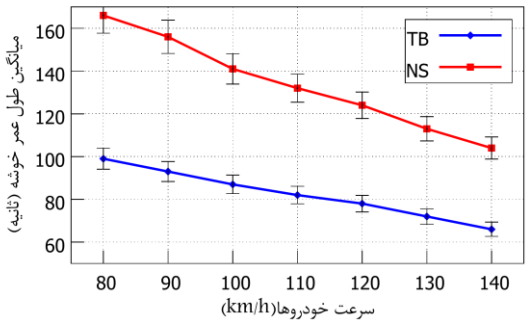
نمودار ۱. میانگین مدت زمان سرخوشه بودن در نرخ‌های مختلف جریان ترافیک

جدول۳. پارامترهای شبیه‌سازی

پارامترها	سناریوی بزرگراه	سناریوی شهری
زمان شبیه‌سازی	۶۰۰ ثانیه	۶۰۰ ثانیه
طول جاده	۱۰ کیلومتر	۲ کیلومتر
تعداد خودروها	۵۰-۴۰۰	۲۰-۱۰۰
محدوده انتقال	۲۵۰ متر	۲۵۰ متر
سرعت (حداقل و حداکثر)	۸۰-۱۴۰ کیلومتر	۲۰-۸۰ کیلومتر
آستانه اختلاف سرعت	۱۰ کیلومتر	۵ کیلومتر
مدل حرکتی	Freeway	Manhattan
زمان انتظار(T_{wait})	۵ ثانیه	۱۰ ثانیه
حداکثر زمان تعامل(T_{max})	۵ثانیه	۵ ثانیه
ضریب تاثیرc1	۰,۳	۰,۳
ضریب تاثیرc2	۰,۲	۰,۵
ضریب تاثیرc3	۰,۵	۰,۲

میانگین طول عمر خوشه

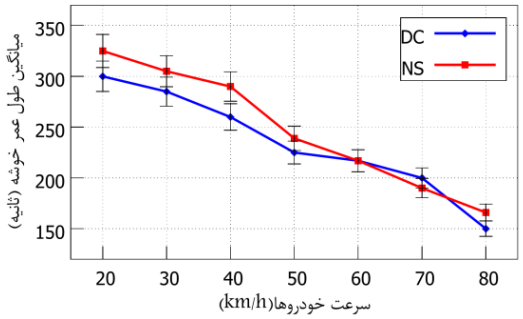
میانگین طول عمر خوشه معیار مهم دیگری است که کارایی یک الگوریتم خوشه‌بندی را نشان می‌دهد. این معیار مجموع زمانی که خوشه‌ی پویا در جاده باقی می‌ماند، در نظر گرفته می‌شود. همانطور که از نمودار۲ و۳ مشخص است، میانگین طول عمر خوشه‌ی تولید شده توسط طرح پیشنهادی ما با روش TB در سناریوی بزرگراه و با روش DC در سناریوی شهری مقایسه شده است.



نمودار۲. میانگین طول عمر خوشه در سناریوی بزرگراه

نمودار۲ نشان می‌دهد که میانگین طول عمر خوشه در طرح پیشنهادی در سرعت‌های مختلف بیشتر از روش TB است. دلیل این برتری، جلوگیری از ادغام خوشه‌ها با یکدیگر با به تعویق انداختن انتخاب سرخوشه‌ی جدید تا آخر هر بخش و همچنین در کنار هم نگه‌داشتن سرخوشه و اعضا با استفاده از معیار سرعت نسبی مناسب، می‌باشد.

نمودار۳ نیز بیان‌کننده‌ی برتری نسبی طرح پیشنهادی نسبت به الگوریتم DC می‌باشد. دلیل نتایج بهتر در این سناریو نیز تعریف معیار ثبات بهینه‌تری نسبت به الگوریتم DC می‌باشد. نکته‌ی قابل ذکر اینکه، خوشه ممکن است به دلیل ادغام دو خوشه با یکدیگر، تحرک غیرعادی سرخوشه و یا سرعت بالای گره‌ها (به خصوص در شرایط تراکم کم) از بین برود.



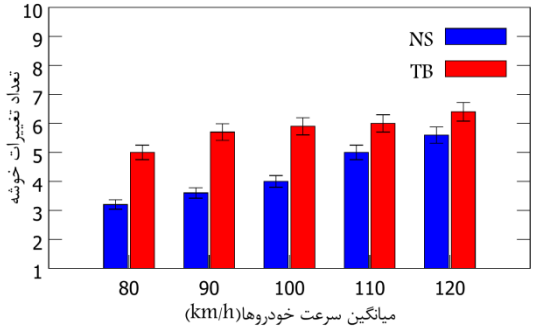
نمودار۳. میانگین طول عمر خوشه در سناریوی شهری

میانگین تعداد تغییرات خوشه‌ی یک خودرو

در محیط پویای VANET، خودروها در طول مسیر حرکتشان عضو خوشه شده و خوشه را ترک می‌کنند و تعداد تغییرات خوشه‌ی یک خودرو بسیار به الگوریتم‌هایی که برای خوشه-بندی استفاده می‌شود، وابسته است. یک الگوریتم خوشه‌بندی خوب باید جهت حداقل کردن تعداد تغییرات خوشه‌ی خودرو با به حداقل رساندن تعداد جابه‌جایی خودرو بین خوشه‌های مختلف، طراحی شود.

در مورد مقایسه میانگین تعداد تغییرات خوشه‌ی یک خودرو، ما مجموع تغییرات ترک یک خوشه و ایجاد خوشه‌ی جدید و همچنین ترک یک خوشه و عضو یک خوشه دیگر شدن را برای هر خودرو در نظر می‌گیریم و میانگین این تعداد تغییرات را در مورد طرح پیشنهادی و روش TB با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. ما این مقایسه را با الگوریتم DC انجام نمی‌دهیم، چراکه در مورد سناریوی شهری با فرض بخش‌بندی جاده براساس

تقاطع‌های اصلی، نتایج مقایسه طرح پیشنهادی و الگوریتم DC به خاطر بخش‌بندی‌های مشابه، تا حدود زیادی یکسان خواهد بود.



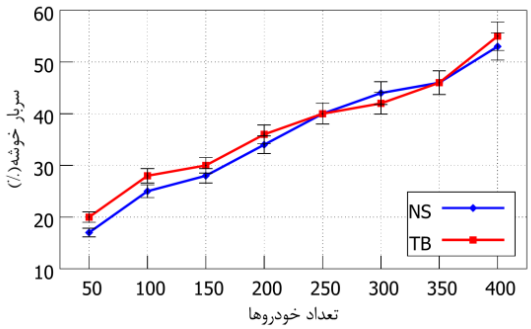
نمودار۴. میانگین تعداد تغییرات خوشه‌ی یک خودرو

همانطور که از نمودار۴ مشخص است طرح پیشنهادی در نمونه‌های مختلف میانگین سرعت، تعداد تغییرات خوشه کمتری را نسبت به روش TB به همراه داشته است. دلیل عمده‌ی این برتری که حتی در سرعت‌های بالا نیز برقرار می‌باشد، در درجه‌ی اول استفاده از پارامترهای ترکیبی در معیار ثبات و دیگری حفظ و نگهداری از خوشه و بررسی عضویت اعضا به صورت پیش‌گیرانه قبل از رسیدن به انتهای بخش فعلی، می‌باشد.

سربار راه‌اندازی خوشه و حفظ و نگهداری از آن

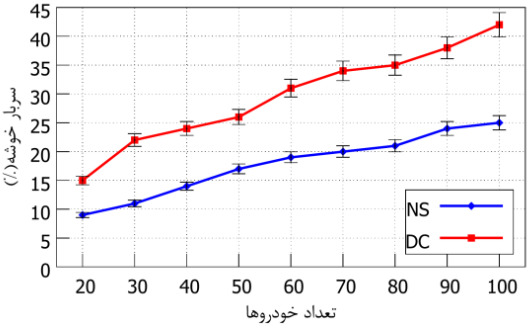
همانطورکه در تشریح طرح پیشنهادی بیان شد، در بازه‌های زمانی مختلف عامل‌های پیش‌بینی شده، به انتقال اطلاعات مختلف بین خودروها می‌پردازند. این اطلاعات شامل وضعیت همسایگی، سرعت نسبی و اطلاعات سرخوشه در زمان راه‌اندازی خوشه و همچنین تصمیمات حرکتی و معرفی سرخوشه موقت در فرایند نگهداری از خوشه می‌باشد. مجموع تمامی این ارسال و دریافت‌ها به سربارهای راه‌اندازی خوشه و حفظ و نگهداری از آن تعبیر می‌شود.

به طور کلی در مورد سربارهای خوشه می‌توان سه سربار متفاوت را برای یک روش خوشه‌بندی در نظر گرفت: سربار عضوگیری، راه‌اندازی خوشه و همچنین سربار نگهداری از خوشه. ما در شبیه‌سازی طرح خود مجموع سربارهای موجود را به ازای افزایش تعداد خودروها محاسبه و در دو سناریوی شهری و بزرگراه با الگوریتم DC و روش TB به طور مجزا مقایسه کردیم.



نمودار۵. سربارهای خوشه در سناریوی بزرگراه

از نتایج نمایش داده شده در نمودار۵ قابل استنباط است که در مورد سربارهای خوشه‌بندی در سناریوی بزرگراه برتری زیادی نسبت به روش TB صورت نگرفته است؛ دلیل عمده‌ی آن را می‌توان در سربار محاسباتی نگهداری پیش‌گیرانه از خوشه، یافت. چرا که الگوریتم TB عملاً دارای یک روش حفظ و نگهداری نبوده و صرفاً به راه‌اندازی یک خوشه‌ی جدید اشاره می‌کند. البته ذکر این نکته نیز ضروری است که در مورد سربار عضوگیری و راه‌اندازی خوشه، از آنجا که روش TB از پخش همگانی استفاده می‌کند، به مراتب دارای سربار بیشتری نسبت به طرح پیشنهادی می‌باشد.



نمودار۶. سربارهای خوشه در سناریوی شهری

اما در مورد مقایسه صورت گرفته بین الگوریتم DC و روش پیشنهادی بر طبق آنچه در نمودار۶ نیز مشاهده می‌شود، کاهش محسوسی در سربارهای طرح ما نسبت به DC وجود دارد؛ که این کاهش مربوط به انتقال یک طرفه‌ی عامل‌ها (از اولین خودرو به سمت آخرین خودرو یا بالعکس) و همچنین استفاده از عامل‌های خاص منظوره می‌باشد که موجبات انتقال بسته‌های داده‌ی کوچکتر را فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری

امروزه کاربردهای بسیاری برای شبکه‌های VANET در حوزه‌ی ارتباطات خودرویی تعریف شده است؛ اما همچنان چالش‌های بسیاری در مسیر عملیاتی کردن این فناوری وجود دارد. لذا این فناوری به یکی از مهمترین مباحث تحقیقاتی حال حاضر تبدیل شده است. ما در این مقاله با ارائه‌ی یک طرح خوشه-

بندی جدید به بهبود مسائل مسیریابی، مقیاس‌پذیری و کیفیت سرویس در شبکه‌های VANET پرداخته‌ایم. طرح پیشنهادی ما شامل دو لایه‌ی مجزا بوده که امکان بهره بردن از مزایای خوشه‌بندی ثابت و پویا را در کنار یکدیگر فراهم می‌کند. در الگوریتم خوشه‌بندی پویای پیشنهادی، ما از فناوری عامل‌ها استفاده کردیم که هوشمندی و انعطاف‌پذیری را برای ما به همراه داشت. همچنین با تعریف یک معیار ترکیبی جدید و ارائه روش‌های جداگانه‌ی نگهداری از خوشه در دو سناریوی شهری و بزرگراه، ثبات و پایداری خوشه‌ی حاصل را تا حد ممکن افزایش دادیم. در انتها نیز با استفاده از شبیه‌سازی و مقایسه‌ی نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی خود با دو روش خوشه‌بندی جدید، ادعاهای مربوط به افزایش ثبات و پویایی الگوریتم جدید را به صورت عملی مشاهده و ارائه کردیم.

مراجع

[1] S. Al-Sultan, M. M. Al-Doori, A. H. Al-Bayatti, H. Zedan. *A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network.* Journal of Network and Computer Applications, Mar 2013.

[2] S Zeadally YSCAI R Hunt, Hassan A. *Vehicular ad hoc networks VANETs: status, results, and challenges.* Telecommunication Systems, vol. 50, Springer US, 217–241, 2010.

[3] Fubler Holger, Torrent Moreno Marc, Transier Matthias ,Kruger Roland, Hartenstein Hannes, Effelsberg Wolfgang. *Studying vehicle movements on highways and their impact on ad-hoc connectivity.* Cologne, Germany : Proceedings of the ACM MobiCom2005, 2005.

[4] Goonewardene R.T., Ali F.H., Stipidis E. *Robust mobility adaptive clustering scheme with support for geographic routing for vehicular adhoc networks.* IET Intelligent Transportation Systems, pp. 148–58. Vol. 3, 2009.

[5] M. S. Kakkasageri, S. S. Manvi. *Multiagent driven dynamic clustering of vehicles in VANETs.* Journal of Network and Computer Applications, Vol. 35, 2012.

[6] Vodopivec S, Bester J, Kos A. *A survey on clustering algorithms for vehicular ad-hoc networks.* 35th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 52–56, 2012.

[7] L. a. Maglaras, D. Katsaros. *Distributed clustering in vehicular networks.* IEEE 8th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, pp. 593–99, 2012.

[8] Wahab OA, Otrok H, Mourad A. *VANET QoS-OLSR: QoS-based clustering protocol for Vehicular Ad hoc Networks.* Computer Communications, 36(13):1422–1435, 2013.

[9] Z. Y. Rawashdeh, S. M. Mahmud. *A novel algorithm to form stable clusters in vehicular ad hoc networks on highways.* Journal on Wireless Communications and Networking, pp. 1–13, 2012.

[10] Schoch E., Kargl Frank, Weber Michael. *Communication patterns in VANETs.* IEEE communications magazine, pp. 119–25, 2008.

[11] Gerla, M., & Tsai, J. T. C. *Multicluster mobile multimedia radio networks.* Journal of Wireless Networks, pp. 255–265. Vol. 1, 1995.

[12] Parekh, A. K. *Selecting routers in ad hoc wireless networks.* Proceedings of SBT/IEEE international telecommunications symposium, 1994.

[13] Djenouri D. S., Nekka W. E. *VANET's mobility models and overtaking: an overview.* IEEE International Conference ICTTA'08, pp. 1-6, 2008.

[14] Peng, F. *Improving broadcasting performance by clustering with stability for inter-vehicle communication.* Dublin : IEEE 65th vehicular technology conference, pp. 2491–5, 2007.

[15] Xu Y., Wang W. *Topology stability analysis and its application in hierarchical mobile adhoc networks.* IEEE Transactions on Vehicular Technology, pp. 1546-60, 2009.

[16] C. Shea, B. Hassanabadi, S. Valaee. *Mobility-based clustering in VANETs using affinity propagation.* IEEE Globecom, 2009.

[17] Souza E., Nikolaidis Ioanis, Gburzynski Pawel. *A new aggregate local mobility (ALM) clustering algorithm for VANETs.* IEEE international communications conference, 2010.

[18] Z. Zhang, A. Boukerche, R.W. Pazzi. *A novel multi-hop clustering scheme for vehicular ad-hoc networks.* Proceedings of the 9th ACM international symposium on Mobility management and wireless access, pp. 19-26, 2011.

[19] N. Maslekar, M. Boussedjra, J. Mouzna. *A stable clustering algorithm for efficiency applications in VANETs.* 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), pp. 1188–93, 2011.

[20] A. Daeinabi, AGP. Rahbar, A. Khademzadeh. *VWCA: An efficient clustering algorithm in vehicular ad hoc networks.* Journal of Network and Computer Applications, pp. 207–22. Vol. 34, 2011.

[21] M. S. Kakkasageri, S. S. Manvi. *Multiagent driven dynamic clustering of vehicles in VANETs.* Journal of Network and Computer Applications, pp. 1771–80. Vol. 35, 2012.

[22] D. Rajini Girinath, S. Selvan. *A novel hierarchical model for vehicular traffic regulation.* Telecommunication Systems, Springer, pp. 32-46, 2011.

[23] M. Di Felice, L. Bedogni, L. Bononi. *Group communication on highways: An evaluation study of geocast protocols and applications.* Journal of Ad Hoc Networks, 2012.

[24] H. Venkataraman, R. Delcelier, G.-M. Muntean. *A moving cluster architecture and an intelligent resource reuse protocol for vehicular networks.* Wireless Networks, Springer, Apr. 2013.

[25] Manvi SS, Kakkasageri MS, Pitt J. *Multiagent based information dissemination in vehicular ad hoc networks.* Mobile Information Systems, pp. 363–389. Vol. 5, 2009.

[33] Krauß, S. *Microscopic modeling of traffic flow: investigation of collision free vehicle dynamics.* PhD thesis, Mathematisches Institute, Universitat zu Koln, 1998.

[34] Yan G, Olariu S, Weigle M. *Cross-layer location verification enhancement in vehicular networks.* IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 95–100, 2010.

[35] Arbabi H, Weigle M. *Monitoring free flow traffic using vehicular networks.* IEEE Consumer Communi-cations and Networking Conference (CCNC), 272–276, 2011.

[36] Wisitpongphan N, Bai F, Mudalige P, Sadekar V, Tonguz O. *Routing in sparse vehicular ad hoc wireless networks.* IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 25(8):1538–1556, 2007.

[37] May A. *Traffic Flow Fundamentals. Prentice Hall*, 1990.

[38] ZY Rawashdeh, SM Mahmud. *Toward strongly connected clustering structure in vehicular ad hoc networks.* IEEE 70th Vehicular Technology Conference(VTC), 2009.

[39] ASTM2213-03. *Standard specification for telecomm-unications and information exchange between roadside and vehicle systems–5 GH band dedicated short range communications (DSRC) medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications.* 2003.

[26] Nehra N, Patel RB, Bhat VK. *MASD: mobile agent based service discovery in ad hoc networks.* Goa, India : Proceeding of 14th international high performance computing conference, pp. 612–624, 2007.

[27] S Yousefi, E Altman, R El-Azouzi, M Fathy. *Analytical model for connectivity ad hoc networks.* IEEE Transaction on Vehicular Technologies, pp. 3341–3356. Vol. 57, 2008.

[28] C.E. Palazzi, M. Roccetti, S. Ferretti. *An inter-vehicular communication architecture for safety and entertainment.* IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, pp. 90–99. Vol. 11, 2010.

[29] Varga, András. *OMNeT++ Discrete Event Simulation System User Manual.* 4.2.2. 2011.

[30] Michael Behrisch, Laura Bieker, Jakob Erdmann, Daniel Krajzewicz. *SUMO - Simulation of Urban MObility: An Overview.* SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation, pp. 63-68, 2011.

[31] Sommer, C. *Vehicles in Network Simulation (VEINS) Project.* Website: http://veins.car2x.org., 2012.

[32] B. Zhou, K. Xu, M. Gerla. *Group and swarm mobility models for ad hoc network scenarios using virtual tracks.* IEEE Military Communications Conference, MILCOM, pp. 289–294, 2004.

A 2-layer Dynamic and Stable Clustering Scheme in Vehicular Ad-hoc Networks

Hamid Reza Arkian, Reza Ebrahimi Atani, Atefe Pourkhalili

Abstract

VANETs are a class of Mobile Ad hoc Networks (MANETs) that characterized by their high mobility and frequent topology changes. According to the previous research, clustering can be used in VANETs to partition the network into smaller groups of moving vehicles. In this paper, we propose a novel 2-layer dynamic and stable clustering technique combining the features of static and dynamic clustering methods. In order to have dissemination and collection of messages, the proposed scheme uses Agents. Agents learn from the environment in which they are deployed, and accordingly, performs its task in collaboration with the other agents. Cluster head is selected among the cluster members based on a new stability metric derived from connectivity degree, relative average speed, time to leave the road intersection and quality of static cluster head connectivity. Cluster head predicts future association of cluster members based on mobility patterns, in two scenarios. Performance of the proposed scheme is evaluated using extensive simulation with respect to the various metrics such as the average cluster head duration, the average number of clusters changed per vehicle, the average cluster lifetime and the clustering overheads. The simulation shows that our technique has better results and provides more stable cluster structure compared to the two existing techniques.

Keywords

Vehicular Ad-hoc Networks, VANET, Clustering, Agents