فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیستم، شماره ۸۲، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۹-۱

تشخیص و کنترل ازدحام در شبکه‌های خودرویی

فاطمه کریمی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بین المللی چابهار، ایران

نیک محمد بلوچزهی (مسئول مکاتبات)، استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

E-mail: balouchzahi@ece.usb.ac.ir

چکیده

افزایش تعداد خودروها یکی از علل اصلی افزایش ترافیک و چگالی خودرویی می‌باشد که سبب‌ساز ایجاد ازدحام خودرویی و مشکلات ناشی از آن که شامل اتلاف زمان کاربران و افزایش آلودگی خواهد شد. شبکه‌های بین خودرویی با استفاده از ارتباطات خودرو با خودرو و خودرو با زیر ساخت و با ارسال و دریافت پیام‌های هشدار دهنده ایمنی و رفاهی کمک زیادی به بهبود ازدحام و کاهش مشکلات ناشی از آن خواهند نمود. بروز ازدحام خودرویی، در واقع سبب ایجاد تراکم در ارسال بسته‌های شبکه و منجر به اشباع کانال و افزایش تصادم بسته‌ها در کانال می‌شود. لذا نیاز هست تا جهت کاهش تاخیر دسترسی به کانال و از دست دادن بسته و بهبود عملکرد شبکه‌های خودرویی، مکانیزمی کارا جهت نظارت بر کانال طراحی و اجرا گردد.

در این مقاله با ترکیب دو استراتژی کنترل ازدحام حلقه باز و حلقه بسته، راه‌کاری به منظور کاهش ازدحام شبکه‌ای در شبکه‌های خودرویی ارائه گردید، این استراتژی از سه بخش کانال کنترل، کانال خدمات و بخش Proactive تشکیل شده است، این راهکار یک روش کنترل ازدحام پویا و توزیع شده است که با اولویت دادن به پیام‌های ایمنی، اورژانسی و خدمات بر اساس محتوای پیام‌ها و وضعیت شبکه عمل می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های خودرویی، تشخیص ازدحام، کنترل ازدحام، اولویت‌بندی و زمان‌بندی پیام

۱. مقدمه

شبکه خودرویی (VANeTs[1]) برای فراهم آوردن ارتباطات خودرویی دارای توزیع قابل‌اطمینان و مقرون به‌صرفه داده‌ها ایجاد شد. ارتباطات خودرویی را می‌توان برای کاهش تصادفات جاده‌ای، ازدحام ترافیک، زمان سفر، مصرف سوخت و غیره مورداستفاده قرار داد. ارتباطات خودرویی به کاربران جاده اجازه می‌دهد از وضعیت‌های بحرانی و خطرناکی که ممکن است در محیط اطراف آن‌ها روی دهد، با تبادل برخی اطلاعات مطلع شوند؛ بنابراین، شبکه‌های خودرویی می‌تواند نقشی حیاتی برای اطمینان از محیط‌های شهری امن‌تر برای کاربران جاده‌ای ایفا کند. در شبکه‌های خودرویی، با توجه به ویژگی‌های خاص خود مانند تحرک بالا، سرعت بالای تغییر توپولوژی، تراکم بالا و بدون محدودیت انرژی ضروری است استراتژی‌های جدید برای کنترل ازدحام پیشنهاد شود هنگامی که تعداد خودروها افزایش می یابد، کانال‌های کنترل و خدمات بیش از حد پر می‌شوند و در نتیجه ازدحام در شبکه اتفاق می‌افتد که منجر به افزایش تاخیر و از بین رفتن بسته می‌شود. ازدحام در کانال کنترل همچنین می‌تواند زمانی که بار پیام‌های کنترلی به دلیل چگالی بالای خودروها افزایش می‌یابد، رخ دهد. در این وضعیت، پیام‌های ایمنی (بخصوص پیام‌های اضطراری) به دلیل کمبود در زمان‌بندی پیام‌ها نمی‌تواند به درستی فرستاده شود. کنترل ازدحام داده یک‌راه مؤثر برای کاهش تأخیر و افت بسته‌ها و افزایش قابلیت اطمینان در شبکه‌های خودرویی است.

برنامه‌های توسعه‌یافته برای شبکه‌های موردی خودرویی را می‌توان در سه دسته اصلی طبقه‌بندی نمود: ۱) کاربردهای ایمنی مانند، هشدار رخداد تصادف و هشدار نزدیک شدن خودرو اورژانسی، ۲) برنامه‌های کاربردی راحتی نظیر، اعلان دسترسی به پارکینگ و هشدارهای ترافیکی و ۳) برنامه‌های کاربردی تجاری برای مثال، اعلان‌های خدمات و دانلود محتوای پایگاه داده نقشه. این برنامه‌ها دو نوع پیام برای ارتباطات در شبکه‌های خودرویی تولید می‌کنند که شامل پیام‌های ایمنی و غیر ایمنی می‌باشند. پیام‌های ایمنی شامل بسته‌های کنترلی و پیام‌های اضطراری هستند که در کانال کنترل منتقل می‌شوند. پیام‌های غیر ایمنی ازجمله پیام‌های تولیدشده توسط برنامه‌های کاربردی تجاری و راحتی هستند که در کانال‌های خدمات انتقال می‌یابند. در محیط‌های شهری، تقاطع‌ها مکان‌های بحرانی هستند زیرا آن‌ها محتمل‌ترین مکان‌ها برای تصادفات جاده‌ای هستند. در کانادا، در سال ۲۰۰۵ تقریباً ۸۰۰ نفر کاربر جاده در تصادفات تقاطع‌ها کشته شدند و ۷۲۵۰ نفر به‌شدت آسیب دیدند. داده‌های آماری اخیر از تصادفات جاده‌ای گزارش‌شده توسط دیدگاه ایمنی جاده کانادا ۲۰۱۰ نشان داد از مجموع تصادفات صورت گرفته، حدود ٤٧ درصد کشته‌شده و ۵۷٪ آن مجروح شدند. علاوه بر این، بر اساس داده‌های آماری از تصادفات جاده‌ای در جاده‌های برامپتون، بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۷، ۷۱ درصد از تصادفات با عابران پیاده در تقاطع‌ها رخ داد.

با این حال، ۳۸۲۵۲ نفر آمریکایی در سال ۲۰۰۳ کشته و ۱۲۶۹۷۰۰۰نفر به شدت زخمی شدند. کاهش سرعت مرگ و میر در سال ۲۰۱۵ در Delaware ٢٤٪ بوده است و در شهرها و روستاهای ماساچوست ٤٨٪ کاهش مرگ و میر در سال ۲۰۱۵ داشته است.

به نظر می‌رسد که استفاده از شبکه‌های خودرویی برای ایجاد محیط امن‌تر و قابل‌اطمینان برای کاربران جاده در تقاطع خیابان‌های شهری ضروری است. سطح بالایی از کیفیت خدمات (QoS[2]) در تقاطع‌ها موردنیاز است برای اجتناب از هرگونه برخورد ارتباطی که ممکن است به دلیل بار زیاد ارتباطات رخ دهد. افزایش کیفیت خدمات در شبکه‌های خودرویی، به دلیل برخی از مشخصه‌های خاص شبکه‌های خودرویی نظیر تغییر توپولوژی و شکست‌های مکرر، کاری چالش‌برانگیز است.

۲. تعریف مسأله و اهداف تحقیق

شبکه‌های بین خودرویی توسط سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS ها) برای ارتباطات در محیط‌های خودرویی عمل می‌نماید. شبکه‌های خودرویی برای ارائه یک محیط امن و قابل

اطمینان برای کاربران با کاهش تصادفات جاده‌ای، ترافیک، و مصرف سوخت، و غیره طراحی شده است. کاربران شبکه‌های خودرویی را می‌توان از شرایط خطرناک توسط ارتباطات خودرویی و تبادل اطلاعات در مورد محیط اطراف آگاه کرد. شبکه‌های خودرویی یک نوع از شبکه‌های تلفن همراه هستند. خودروها در شبکه‌های خودرویی مشابه گره‌های تلفن همراه در شبکه‌های متحرک هستند. اگر چه شبکه‌های خودرویی بسیاری از مشخصه‌های شبکه‌های متحرک را به ارث می‌برند، برخی از مشخصه‌های منحصر به فرد شبکه‌های خودرویی، مانند تحرک بالا، سرعت بالا تغییرات توپولوژی، و تراکم بالا در شبکه، و غیره. بنابراین، شبکه‌های خودرویی دارای ویژگی‌های مختلف در مقایسه با شبکه‌های متحرک هستند. شبکه‌های بین خودرویی می‌تواند به کاهش تصادم ترافیک در تقاطع‌ها با ارسال پیام‌های هشدار دهنده به خودروها کمک کند. با این حال عملکرد شبکه‌های خودرویی برای تضمین تحویل پیام به ویژه تحویل پیام‌های ایمنی به مقصد باید ارتقاء یابد،

تنظیم کنترل ازدحام بر اساس محدوده انتقال و یا نرخ انتقال در شبکه‌های خودرویی بسیار رایج است. در شبکه‌های خودرویی به دلیل تحرک بسیار بالای گره‌ها، میزان بالایی از تغییر توپولوژی، و نرخ بالای تراکم گره در شبکه‌های خودرویی، تنظیم نرخ و محدوده انتقال بسیار چالش برانگیز است. علاوه بر این، نرخ و محدوده انتقال در شبکه‌های خودرویی توسط پارامترهای مختلف از قبیل سرعت خودرو، ازدحام خودرو، تعداد خطوط، و غیره تنظیم شده است. با توجه به اینکه تعدادی از پارامترهای موثر در شبکه‌های خودرویی بیشتر از تعداد پارامترهای موثر در شبکه‌های سیار است. تنظیم محدوده انتقال و گذردهی در شبکه‌های با مقیاس بزرگ با چالش‌های بسیاری مواجه است، زیرا با افزایش اندازه شبکه، تعداد پارامترهای واقعی نیز افزایش یافته است.

در این مقاله، یک استراتژی کنترل ازدحام داده کارآمد برای بهبود قابلیت اطمینان و ایمنی در شبکه‌های خودرویی معرفی شده است. کنترل ازدحام داده یک راه موثر برای کاهش Packet loss و delay و افزایش قابلیت اطمینان در شبکه‌های خودرویی است. در این مقاله، طراحی یک کنترل ازدحام ترکیبی به‌وسیله یک استراتژی Proactive و یک استراتژی Reactive با استفاده از این استراتژی کنترل ازدحام ترکیبی، ظرفیت کانال کنترل می‌شود و برای جلوگیری از اشباع کانال، تا زمانی که کانال Overloaded می‌شود بار کانال افزایش می‌یابد. آنگاه با استفاده از استراتژی واکنشی، بار کانال کاهش می‌یابد و ازدحام کنترل می‌شود.

هدف اصلی در شبکه های خودرویی ایجاد امنیت و راحتی بیشتر برای مسافران می باشد. برای این منظور یک وسیله الکترونیکی بنام واحد تعبیه‌شده داخلی، (OBU) در داخل هر خودرو نصب می‌شود و در تقاطع‌ها، واحدهای ارتباط زیرساختی بنام واحد کنارجاده‌ای (RSU) نصب شده‌اند. که اتصال به شبکه خودرویی را برای مسافران فراهم می‌آورد، به این ترتیب هر وسیله نقلیه‌ای که با تجهیزات مجهز شده است. بعنوان یک گره در شبکه‌های خودرویی عمل می‌کند و می‌تواند پیام‌های دیگران را از طریق شبکه بی‌سیم دریافت و یا به گره‌های دیگر پیام ارسال نماید، این پیغام‌ها بیشتر برای اهداف امنیتی و کنترل ترافیک به کار می‌روند.

۳. ساختار کلی مقاله

استراتژی ترکیبی Proactive و Reactive پیشنهادی، این استراتژی پیشنهادی کنترل ازدحام ترکیبی به وسیله دو روش پیشگیرانه[۳] و واکنشی[۴] انجام دادیم، البته راه‌حل‌های کنترل ازدحام را می‌توان به دو گروه تقسیم بندی نمود: ۱) حلقه بسته[۵] و ۲) حلقه باز[۶].

در راه‌حل‌های حلقه بسته، ازدحام پس از تشخیص کنترل می‌شود اما در در راه‌حل‌های حلقه باز، قبل از رخ دادن ازدحام، از آن جلوگیری می‌شود. بنابراین ازدحام را می توان با به‌کارگیری روش‌های اندازه‌گیری در تعدادی از پیام‌های موجود در صف، سطح استفاده از کانال و زمان مشغول بودن کانال، تشخیص داد.

استراتژی پیشنهادی در این کار ترکیبی از دو روش Reactive و Proactive می‌باشد.

۳-۱ روش Reactive

جهت روش Reactive یا واکنشی در این کار که از نوع حلقه بسته هست شامل دو واحد می‌باشد: ۱) واحد تشخیص ازدحام و ۲) واحد کنترل ازدحام

۳-۱-۱ واحد تشخیص ازدحام

در واحد تشخیص ازدحام، از یک استراتژی مبتنی بر سنجش کانال برای شناسایی ازدحام در کانال استفاده می‌شود. در این روش کانال به صورت دوره‌ای برای اندازه‌گیری بعضی از پارامترها مانند سطح استفاده از کانال و زمان مشغول بودن کانال محاسبه می‌شو. اگر پارامتر اندازه‌گیری از یک آستانه از پیش تعریف شده تجاوز کند، واحد تشخیص ازدحام فرض می‌کند که ازدحام رخ داده است و یک سیگنال را به واحد کنترل ازدحام می‌فرستد تا ازدحام را کنترل نماید. سه مقدار برای حدآستانه از کانال فرض شده است که به ترتیب برابر با Threshold1=80%، Threshold2=40% و Threshold3=20% هستند. که در واحد کنترل ازدحام از Threshold3 استفاده کردیم یعنی حد آستانه استفاده از کانال برابر با ۸۰٪ فرض شده است.

۳-۱-۲ واحد کنترل ازدحام

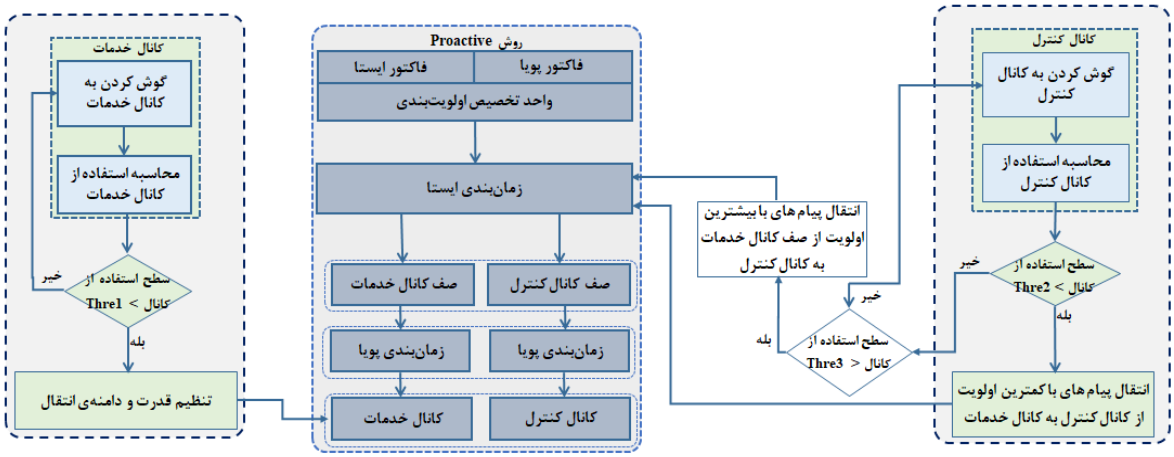
در واحد کنترل ازدحام، پارامترهای ارتباطی برای پیام‌ها محاسبه و تنظیم می‌کند. پارامترهای ارتباطی در این واحد عبارت‌اند از نرخ انتقال، دامنه انتقال و قدرت انتقال، عملکرد شبکه‌های خودرویی به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر دامنه و قدرت انتقال قرار می‌گیرد. پیام‌ها به‌ویژه پیام‌های ایمنی، معمولا با دامنه‌ی انتقال بالا ارسال می‌شود تا تعداد خودروهای بیشتری بتوانند این نوع پیام‌ها را دریافت کنند. با این حال، هنگامی که دامنه انتقال پیام‌ها بالا اسست تعداد برخوردها افزایش می‌یابد، نرخ انتقال نیز بر اشباع کانال تاثیر می‌گذارد.

۳-۲ روش Proactive

WAVE اولویت بندی و زمان‌بندی پیام‌های مختلف، ارتباطات چند کاناله در شبکه‌های بین خودرویی را فراهم می‌کند. برای تعیین اولویت به پیام‌ها و زمان‌بندی آن‌ها در صف‌های کانال کنترل (CCh[۷]) و کانال سرویس (SCh[۸])، بسیاری از عوامل مربوط به محتوای پیام و وضعیت خودرو مانند اندازه و نوع پیام، سرعت فرستنده‌ها و گیرنده‌های پیام، اعتبار پیام و غیره در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۳ روش پیاده سازی استراتژی کنترل ازدحام ترکیبی CCC[۹]

استراتژی پیشنهادی کنترل ازدحام یک استراتژی ترکیبی و حلقه بسته / حلقه باز می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی در این مقاله از سه واحد ۱) کانال کنترل، ۲) روش Proactive و ۳) کانال خدمات، تشکیل شده است. که شکل۱ عملکرد استراتژی پیشنهادی کنترل ازدحام ترکیبی (CCC) را به تصویر می‌کشد.



شکل ۱. فلوچارت استراتژی پیشنهادی برای کنترل ازدحام

در واحد تخصیص اولویت دو تا عامل وجود دارد: عامل ایستا و عامل پویا، که اولویت هر پیام را محاسبه می‌کنند، بعد پیام‌های اولویت داده شده را به سمت واحد زمان‌بندی ارسال می‌شوند. واحد زمان‌بندی پیام‌ها را به پنج کلاس مختلف تقسیم می‌کنند. سه تا کلاس از پیام‌ها که شامل اولویت اضطراری، اولویت ایمنی-بالا، اولویت ایمنی-پایین، هستند را به صف کانال کنترل منتقل می‌کنند و پیام‌های اولویت خدمات-بالا و اولویت خدمات-پایین را به صف کانال خدمات ارسال می‌شوند و پیام‌ها از صف کانال کنترل و خدمات به واحد زمان‌بندی پویا منتقل می‌شوند.

واحد زمان‌بندی پویا ترتیب بسته‌ها در هر سطح را برنامه‌ریزی می‌کند و به کانال کنترل و کانال خدمات ارسال می‌شوند. در کانال‌های کنترل و خدمات، بعداز اولویت دادن به پیام‌ها و زمان‌بندی آنها برای تشخیص ازدحام و کنترل کردن ازدحام در کانال کنترل به کانال گوش[10] می‌دهیم و سطح استفاده از کانال و زمان مشغول بودن کانال را چک می‌کنیم، که ما در این کار سه مقدار Thre[11] که عبارتند از Thre1=80%، Thre2=40% و Thre3=20% تعریف کردیم، اگر سطح استفاده از کانال از Thre2 بیشتر باشد پیام‌های که کمترین اولویت را دارند از سه نوع کلاس مختلف اولویت اضطراری، اولویت ایمنی-بالا و اولویت ایمنی-پایین را به کانال خدمات منتقل می‌کنیم چون گفتیم که کانال کنترل اولویت بیشتری نسبت به کانال خدمات دارند به همین دلیل اگر کانال کنترل در حالت ازدحام باشد بعضی از پیام‌ها را با اولویت پایین به کانال خدمات منتقل می‌کنیم که ازدحام در کانال کنترل کم شود برای بهبود ایمنی در شبکه‌های خودرویی این بارهای اضافی را به کانال دیگری منتقل کردیم، سپس پیام‌ها را به واحد زمان‌بندی پویا می‌فرستیم تا مجددا برنامه‌ریزی شوند زیرا بسته‌ها در هر صف، زمانی که یک پیام جدید وارد صف می‌شوند، مجددا تنظیم می‌شود. اگر سطح استفاده از کانال کنترل بیشتر از Thre2 نباشد یعنی کوچکتر باشد، دوباره به کانال گوش می‌دهیم و سطح استفاده از کانال و زمان مشغول بودن کانال را چک می‌کنیم اگر سطح استفاده از کانال کنترل کوچکتر از Thre3 باشد، یعنی کانال کنترلی خالی است به همین دلیل بعضی از پیام‌ها از کانال خدمات با بالاترین اولویت به کانال کنترل منتقل می‌کنیم، در این مرحله عکس حالت قبل عمل می‌کنیم یعنی اگر محاسبه کردیم که سطح مشغول بودن کانال کنترلی خیلی پایین است بعضی از پیام‌ها را از کانال خدمات به کانال کنترل ارسال می‌کنیم، با این حال، اگر سطح استفاده از کانال کنترل از Thre2 کمتر و از Thre3 بیشتر باشد، بعد از یک بازه زمانی دوباره کانال کنترل رو چک می‌کنیم.

برای تشخیص دادن ازدحام در کانال خدمات و کنترل کردن آن، واحد زمان‌بندی پویا پیام‌های اولویت خدمات-بالا و اولویت خدمات-پایین را به صف کانال خدمات ارسال می‌کند . در کانال خدمات، به کانال گوش می‌دهیم و سطح استفاده از کانال و زمان

مشغول بودن کانال را محاسبه می‌کنیم، اگر سطح استفاده از کانال از Thre1 بیشتر باشد یعنی کانال خدمات اشغال و دارای ازدحام است و پارامترهای ارتباطی را کم می‌کنیم، که چگونگی انجام کار را در بخش Reactive به تفصیل بیان شده است که با محاسبه پارامترهای ارتباطی و تنظیم قدرت و دامنه انتقال، پارامتر را تغییر می‌دهیم، اگر کانال خدمات اشغال و متراکم باشد پیام‌ها را به سمت کانال کنترل نمی‌فرستیم چون کانال کنترل اولویت بیشتری دارد، بنابراین پارامترها را تغییر می‌دهیم، مثلا دامنه انتقال را کم می‌کنیم، یعنی تعداد تبادل پیام‌های غیر ایمنی کم می‌شود و باعث پایین آمدن ازدحام می‌شود. پس اگر سطح استفاده از کانال از Thre1 کمتر باشد به مرحله سنجش و گوش کردن کانال خدمات برمی‌گردد.

٤. ارزیابی و شبیه‌سازی استراتژی پیشنهادی کنترل ازدحام

برای ارزیابی و تست استراتژی ترکیبی کنترل ازدحام پیشنهادی از یک محیط شبیه‌سازی که امکان تبادل ارتباطات بین خودرویی را داشته باشد، استفاده شده است. برای شبیه سازی ترافیک از SUMO و برای شبیه سازی شبکه بین خودروها از برنامه OMNET++استفاده شده است و ارتباط دهنده این دو شبیه ساز فریم‌ورک Veins می‌باشد. در این شبیه‌سازی از شبکه شهری ارلانگن جهت تست و ارزیابی استراتژی کنترل ازدحام ترکیبی استفاده شده است. پروتکل ارتباطی و استراتژی انتقال لایه Mac به ترتیب IEEE802.11p و CSMA/CA در نظر گرفته شدند.

در این بخش، عملکرد استراتژی پیشنهاد شده CCC با استراتژی Pro-Active در به منظور نشان دادن پیشرفت‌های حاصل از طرح پیشنهادی ارزیابی و مقایسه شده است. این دو طرح تحت شرایط و پارامترهای مشابه با توجه به ۳ معیار زیر ارزیابی شده است.

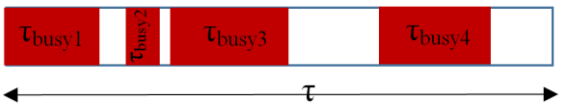
۱. سطح استفاده از کانال

۲. تعداد بسته‌های گم شده

۳. میانگین تاخیر

٤-١ سطح استفاده از کانال

سطح استفاده از کانال با توجه به زمان، به شرح زیر محاسبه شده است. برای دوره زمانی τ ، اگر مجموع دوره‌های مشغول بودن کانال τ_{busy} باشد، سطح استفاده از کانال در طول زمان τ به‌صورت $\frac{\tau_{busy}}{\tau}$ محاسبه می‌شود. برای مثال شکل۲ را در نظر بگیرید، بخش‌های قرمز نشان دهنده زمان مشغول بودن هستند، در حالی که بخش‌های سفید دوره‌های بیکار هستند. در اینجا استفاده از کانال در دوره زمانی τ، $\frac{\tau_{busy1}+\tau_{busy2}+\tau_{busy3}+\tau_{busy4}}{\tau}$ است. در ارزیابی عددی ما τ=1 در نظر می‌گیریم. توجه داشته باشید که در بازه‌های زمانی که کانال مشغول است ممکن است تصادم رخ دهد، بنابراین با کاهش دوره‌های مشغولی احتمال تصادم بین بسته‌ها کم می‌شود. از این جهت، ما با هدف به حداقل رساندن بازه‌های مشغول بودن نسبت به نرخ استفاده از کانال، استراتژی کنترل ازدحام ترکیبی را پیشنهاد می‌کنیم.



شکل۲. دیاگرام محاسبه استفاده از کانال

شکل۳ سطح استفاده از کانال در کانال‌های کنترل و خدمات را برای استراتژی کنترل ازدحام پیشنهاد شده در را نشان می‌دهد. می‌توان اشاره کرد که کانال کنترل برای برخی از دوره‌ها بسیار شلوغ (حدود ٦٠ درصد) است. واضح است که در این دوره‌ها میزان تصادم بین بسته‌ها بالا می‌رود و بسته‌های بیشتری از دست می‌روند. شکل ٥ سطح استفاده از کانال در کانال‌های کنترل و خدمات برای استراتژی پیشنهادی ما را نشان می‌دهد. با مقایسه شکل‌های ۳ و ٤ می‌توان مشاهده کرد که:

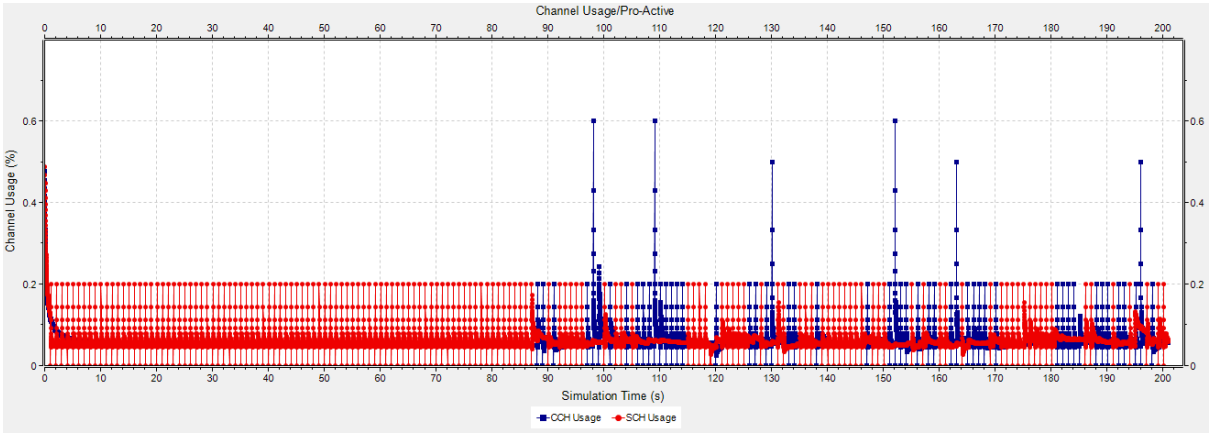
۱- تعادل استفاده بیشتر از کانال در طرح پیشنهادی ما حاصل شد، در حالی‌که در طرح پیشنهادی سنجش کانال را به‌صورت دوره‌ای انجام می‌دهد و بسته‌ها را بین کانال‌های

CCh و SCh ردوبدل می‌کند(حرکت می‌دهد) که سبب می‌شود بیشتر از حد متعادل از کانال‌ها استفاده شود.

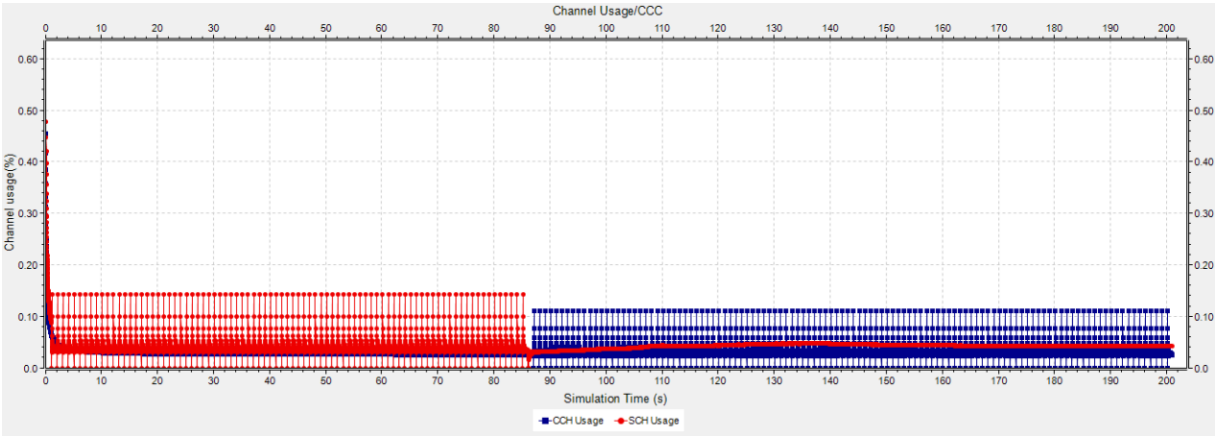
۲- جهش‌های بیشتری در طرح پیشنهادی دیده نمی‌شود، وقتی که طرح پیشنهادی اعمال شده است چون هنگامی که سطح استفاده از کانال کنترل بیشتر از Thr1 می‌شود عملیات فرستادن برخی از بسته‌های با اولویت پایین به کانال خدمات منتقل شده است.

۳- استفاده در کانال خدمات تقریبا از ۰,۲ در به ۰,۱٤ در طرح پیشنهادی کاهش می‌یابد در حالیکه استفاده از کانال کنترلی از حدود ۰,۲ (با چندین جهش) به حدود ۰,۱ بدون هیچ جهشی کاهش می‌یابد.

از بحث قبلی، میزان بسته‌های از دست رفته برای طرح پیشنهادی در مقایسه با طرح پیشنهاد شده، در زیر ارائه شده است.



شکل۳. سطح استفاده از کانال برای CCh و SCh در Pro-Active

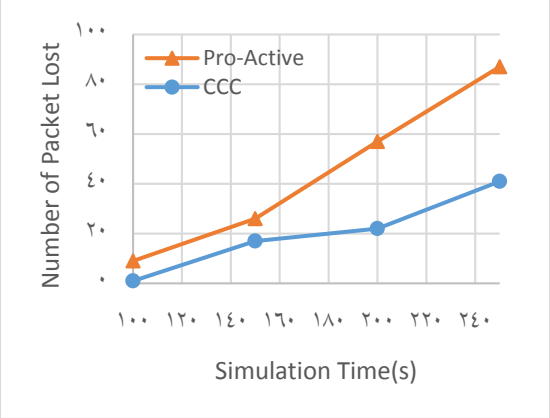


شکل٤. سطح استفاده از کانال برای CCh و SCh در طرح پیشنهادی(CCC)

٤-۲ تعداد بسته‌های از دست رفته

در این، بخش استراتژی‌ها نسبت به بسته‌های گم شده مقایسه می‌شوند. در OMNeT++ اگر یک بسته توسط بسته‌های دیگر در گیرنده قطع گردد، به‌عنوان بسته گم شده در نظر گرفته می‌شود، در برخی از سناریوهای شبیه‌سازی، از آنجا که Veins و Sumo به‌عنوان چارچوبی برای شبیه‌سازی وسایل نقلیه و استفاده از نقشه‌های واقعی خیابان‌ها، در نظر گرفته می‌شوند، خودروهای بیشتری با گذر زمان وارد خیابان‌ها می‌شوند. بنابراین، بسته‌های بیشتری تولید می‌شوند و تعداد بسته‌های از

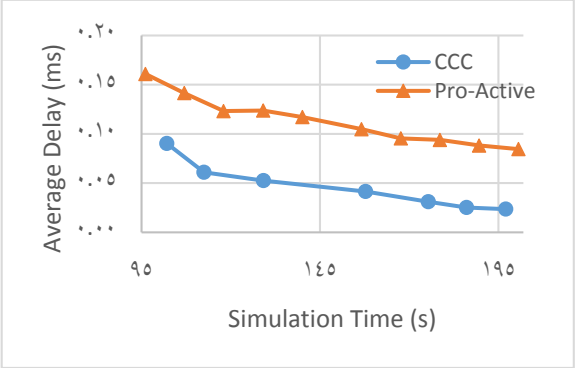
دست رفته بر این اساس افزایش می‌یابد، همانطور که در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱. تعداد بسته‌های از دست رفته با توجه به زمان شبیه‌سازی

٤-٣ میانگین زمان تاخیر

زمان تاخیر مدت زمانی از تولید یک بسته در لایه کاربرد فرستنده تا آن که توسط لایه کاربرد در گیرنده دریافت شود. زمان تاخیر شامل زمان انتظار در صف در لایه MAC فرستنده، تاخیر انتشار سیگنال از فرستنده به گیرنده و زمان انتظار از دریافت یک بسته توسط لایه MAC در گیرنده تا زمانی که آن را به سمت لایه کاربرد انتقال دهد. نمودار ۲ نشان می‌دهد که میانگین تاخیر در هر دو استراتژی با زمان شبیه‌سازی کاهش می‌یابد. درهرحال، در استراتژی پیشنهادی CCC بسته‌ها با تاخیر کمتری نسبت به استراتژی Pro-Active تحویل داده می‌شوند. به‌عنوان مثال، در زمان شبیه‌سازی 100s، زمان تاخیر استراتژی پیشنهادی حدود 0.09s است، در حالیکه درPro-Active بیشتر از 0.16s است. تاخیرها در زمان شبیه‌سازی حدود 0.4s در استراتژی پیشنهادی CCC و به 0.105s در Pro-Active کاهش می‌یابد.



نمودار ۲. میانگین تاخیر در شبکه

۵. نتیجه‌گیری

استراتژی از وقوع ازدحام در کانال ها بواسطه اولویت و زمانبندی پیام‌ها جلوگیری می‌کند. این استراتژی از ترکیب شدن دو روش از جمله روش Proactive که از نوع حلقه باز است و قبل از رخ دادن ازدحام از آن جلوگیری می‌کند و روش Reactive که از نوع حلقه بسته است با تشخیص ازدحام و کنترل کردن ازدحام بار کانال‌ها را کم می‌کند، تشکیل شده است. در واحد تخصیص اولویت، همه نوع از پیام‌ها بر اساس عامل ایستا، عامل پویا، و سایز پیام اولویت‌بندی شده‌اند. اولویت‌ها برای پیام‌های ایمنی و پیام‌های غیرایمنی تعریف شده است به طوری که اولویت بالا به پیام‌های ایمنی برای کاهش تاخیر در بدست آوردن کانال اختصاص داده شده است. عامل ایستا بر اساس محتوای پیام به دست آمده، در حالی که عامل پویا بر اساس وضعیت شبکه محاسبه شده است. سپس، در واحد زمانبندی پیام، پیام‌های اولویت دارند که در صف‌های کنترل یا خدمات زمانبندی شده باشند. این استراتژی، استراتژی توزیع شده است به این معنی که پیام های اولویت بندی و زمانبندی در هر خودرو به صورت مستقل انجام می‌شود. عملکرد این استراتژی‌ها در بزرگراه‌ها و سناریوهای شهری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه سازی نشان داد که استراتژی پیشنهادی در مقایسه با دیگر استراتژی‌های کنترل ازدحام بهتر انجام شده است. شبیه‌سازی از بزرگراه و سناریوهای شهری نشان می‌دهد که این استراتژی باعث بهبود عملکرد در شبکه‌های خودرویی می‌شود. بنابراین نرخ از دست

دادن بسته ومیانگین تاخیر کاهش، ومیانگین گذردهی افزایش می یابد. در نتیجه، این استراتژی به کنترل ازدحام و ایجاد یک محیط قابل اطمینان‌تر در محیط‌های خودرویی کمک می‌کند.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Vehicular Ad-hoc Network
2. Quality of Services
3. Proactive
4. Reactive
5. Closed-Loop
6. Open-Loop
7. Control Channel
8. Service Channel
9. Combined Congestion Control
10. Sensing Channel
11. Threshold

۷. مراجع

- Taherkhani, N. and S. Pierre, Prioritizing and scheduling messages for congestion control in vehicular ad hoc networks. Computer Networks, 2016. 108: p. 15-28.

- Taherkhani, N. and S. Pierre, Centralized and Localized Data Congestion Control Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks Using a Machine Learning Clustering Algorithm. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2016. 17(11): p. 3275-3285.

- Golestan, K., et al., Vehicular ad-hoc networks (VANETs): capabilities, challenges in information gathering and data fusion, in Autonomous and Intelligent Systems. 2012, Springer. p. 34-41.

- Guerrero-Ibáñez, J., C. Flores-Cortés, and S. Zeadally, Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETS): architecture, protocols and applications, in Next-generation wireless technologies. 2013, Springer. p. 49-70.

- http://www.nhtsa.dot.gov, National Highway Traffic Safety Administration, . 2017.

- Taherkhani, N. and S. Pierre, Improving dynamic and distributed congestion control in vehicular ad hoc networks. Ad Hoc Networks, 2015. 33: p. 112-125.

- Torrent-Moreno, M., et al., Vehicle-to-vehicle communication: fair transmit power control for safety-critical information. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009. 58(7): p. 3684-3703.

- Sharma, A. and S. Preetsingh, Node Selection Algorithm for Routing Protocols in VANET. International Journal of Advanced Science and Technology, 2016. 96: p. 43-54.

- Hadded, M., et al. TDMA-aware Routing Protocol for Multi-hop Communications in Vehicular Ad Hoc Networks. in Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2017 IEEE. 2017. IEEE.