ارایه بهبود استراتژی ارسال و مسیریابی درالگوی محتوا محور شبکه‌های خودرویی مبتنی بر نقشه جغرافیایی

آسیه شادنیا*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان، ایران

مرتضی رموزی، استادیار، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a.shadnia@gmail.com

دریافت: ۹۶/۰۶/۰۸- پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۵

صفحه ۳۱-۴۷

چکیده

شبکه‌های خودرویی امروزه مورد اقبال بسیاری از محققان قرار گرفته‌اند. چالش اساسی در این شبکه توپولوژی به شدت پویای این شبکه می‌باشد که مانعی جهت برقراری مسیرهای پایا جهت انتقال محتوا می‌باشد. شبکه محتوا محور مبتنی بر معماری مرجع انتشار/اشتراک می‌تواند مدلی متناسب برای ساختار به شدت دینامیک این شبکه‌ها باشد. زیرا این مدل مساله آدرس دهی و برقراری مسیر توسط نودهای شدیدا متحرک را مدیریت می‌کند. شبکه اطلاعات محور مدل ابتکاری متناسب برای محیط بی‌سیم متحرک که با توپولوژی پویا توصیف می‌شود. برای حل تراکم ترافیک در شبکه خودرویی، ناشی از افزایش درخواست دسترسی به اطلاعات می‌توان از این شبکه‌ها بهره برد. چالش مهم در این ساختار انتخاب مسیر بهینه، ارسال و جلوگیری از ارائه محتوای تکراری از یک نود است، این امر موجب افزایش تاخیر انتهابه‌انتها می‌شود. در این مقاله از ساختار تصمیم‌گیر تحلیل سلسله مراتبی جهت انتخاب نود واسط بهینه و اجتناب از ارسال محتوای تکراری به یک نود استفاده می‌شود. نتایج روش کاهش سربار شبکه تا ۳.۲ درصد، افزایش میزان بایت محتوای انتقال داده شده ۴.۷ درصد، کاهش زمان پوشش کامل شبکه ۲.۸ درصد و کاهش تاخیر انتهابه‌انتها تا ۱.۳ درصد را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شبکه محتوا محور، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، شبکه خودرویی محتوا محور

۱-مقدمه

با پرنگ شدن نقش خودرو در زندگی روزمره انسان VANET[1] (Wang، ۲۰۱۲) نقش عمده و اساسی ایفا می‌کند و این امر موجب پرداختن سازندگان خودرو و ارائه دهندگان خدمات به این حوزه می‌باشد، تا بر مشکلات موجود در این حوزه غلبه کنند. برای اینکه که VANET در محیط شبکه و اینترنت پاسخگو باشد از پروتکل‌های TCP/IP[2] (Fall،۲۰۱۱) استفاده می‌شود، اما توپولوژی بشدت پویای VANET با این پروتکل، بسیار چالش برانگیز خواهد بود. TCP/IP برای پشتیبانی از ارتباطات خودروباخودرو[3] و خودروبازیرساخت[4] از پروتکل پیام کوتاه WAVE ،۸۰۲.۱۱p[5] (Fouladi،۲۰۱۳) بهره می‌برد، که برای ایمنی و کنترل طراحی شده است.

برای پوشش خصوصیات VANET و برای توانمندسازی ارسال، بازیابی و تحویل محتوا، نیاز به الگوی مفیدتری

می‌باشد، که راه‌حلی به نام معماری CCN (Jacobson،۲۰۰۹) مفید شناخته می‌شود.

این الگو از یک شناسه منحصر بفرد که نام نامیده می‌شود، استفاده می‌کند و مدل ارتباطی بر اساس نام محتوا به جای فراهم آوردن آدرس فیزیکی، اطلاعات را رد و بدل می‌نماید. در این الگو با برنامه‌های کاربردی وابسته به نام محتوا و همچنین کش کردن محتوا در هر نود و اجتناب از تکرار محتوا درVANET بهره می‌برد و نحوه ذخیره و ارسال در CCN به راه‌حلی مفید در VANET مبدل می‌گردد، که بطور کلی به‌عنوان CCVN (Campolo،۲۰۱۳) شناخته می‌شوند. ساختار این نوع شبکه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. ضرورت استفاده از این معماری بهبود چالش‌های کنترل علاقه‌مندی‌های سیل آسا در شبکه و استراتژی ارسال و مسیریابی در این حوزه می‌باشد و ما در این مقاله بر روی آنها تمرکز نمودیم. روش پیشنهادی ما در راستای بهبود استراتژی ارسال و مسیریابی بنا نهاده شده است. با ارسال یک پیام کوتاه خودروهای تحت پوشش خودرو مورد نظر مشخص می‌شوند، یک خودرو به عنوان واسط مناسب با استفاده از تصمیم‌گیر تحلیل سلسله مراتبی از بین خودروهای تحت پوشش انتخاب می‌گردد، که این امر موجب جلوگیری از طوفان همه پخشی در کل شبکه شده و سپس با استفاده از اتوماتای یادگیر بر عملکرد خودرو واسط نظارت می‌شود در صورتی که عملکرد ارسال محتوا مناسب بود پاداش و درغیر اینصورت خودرو واسط را جریمه می‌کند. با استفاده از این ساختار علاقه‌مندی‌های سیل آسا در شبکه در هنگام ارسال کنترل شده و بطور کلی نتایج حاصل مشخص می‌کند که سربار شبکه کاهش می‌یابد، تاخیر انتها به انتها به دلیل ساختار مناسب به نحو مطلوب کاهش و به تناسب آن نرخ دریافت بسته افزایش می‌یابد. به دلیل عملکرد مطلوب این روش، تعداد بایت محتوا و داده ارسال شده در شبکه افزایش می‌یابد.

در ادامه در بخش دوم به بررسی کارهای انجام شده و در بخش سوم معماری CCVN را مورد بررسی قرار گرفته، در بخش چهارم به ساختار روش پیشنهادی و تشریح ساختار آن می‌پردازیم، در بخش پنجم به ارزیابی روش پیشنهادی پرداخته شده است و در بخش آخر نتیجه گیری و پیشنهاداتی در این زمینه مطرح نموده‌ایم.

۲-پیشینه تحقیق

ایده اولیه الگوهای محتوا محور پایه CCN که از محتوا استفاده می‌کردند درسال ۲۰۰۹ توسط ون جاکوبسون (۲۰۰۹، Jacobson) معرفی گردید و عملا تحول چشم‌گیری را در این نوع شبکه‌ها ایجاد کرد و این موضوع نقش محوری را در معماری آینده شبکه اینترنت و شبکه‌های خودرویی ایفا می کند. در این مقاله ما طبق جدول ۱ به مطالعه، دسته‌بندی و مقایسه مقالاتی پرداختیم که بر روی بهبود چالش ارسال و مسیریابی این الگو در حوزه شبکه‌های خودرویی کار انجام داده‌اند. در مقاله (Li،۲۰۱۵) بر روی ارسال و مسیریابی با استفاده از روش خرده نان کار شده است که نتایج حاصل از آن زمان بازیابی داده‌ها را بین ۳.۲۹٪ تا ۱۶.۱۶٪ کاهش می‌دهد، صرف‌جویی در مصرف انرژی در مقایسه با CCN پایه از ۹.۶۶٪ تا ۱۵.۰۸٪ بهبود می‌یابد. در مقاله (Rossini،۲۰۱۳) بر روی ارسال و مسیریابی با استفاده از روش ارسال کور کار شده است که بصورت تاثیر لایه استراتژی در ارسال بعدی با استراتژی‌های ارسال ساده، بکار گیری سیاست ذخیره‌سازی تصادفی ساده است.

در مقاله (Bian،۲۰۱۵) بر روی ارسال و مسیریابی با استفاده از روش ارسال فراهم کننده آگاه کار شده است که نتایج حاصل از آن استراتژی ارسال تا حد زیادی می‌تواند موجب افزایش انتشار داده در VANETs شهری با استفاده از NDN شود، که دستیابی به نرخ موفقیت درخواست بالا در حدود ۲۷٪~۷۵٪ و تاخیر کمتر در مقایسه با استراتژی NDN اصلی در سناریویی با ازدحام خودروهای مختلف حدود ٤٠ ٪~۸۰٪ شده. علاوه بر این استراتژی کش‌کردن می‌تواند نسخه کش‌شده را در حدود۵۰٪ در سناریو ازدحام با تقریبا هیچ مقداری در افت نرخ موفقیت و افزایش ناچیز در تاخیر داشته باشد. در مقاله (Amadeo،۲۰۱۳) بر روی ارسال و مسیریابی با استفاده از روش ارسال کور کار شده است که شامل تعریف عملگرهای مسیریاب، ارسال مخصوص مقابله با کانال‌های غیرقابل اعتماد، اجتناب از طوفان همه‌پخشی، روشهای مقابل با اختلال زمانی به علت تحرک نودها، تعریف تابع انتقال که قابلیت اعتماد را بهبود بخشیده، استقرار کنترل کننده علاقه‌مندی در سمت مصرف‌کننده در تحویل موثر و کارایی بهتر و افزایش عملکرد روش E-CHANET در مقایسه با CCN پایه می‌باشد.

در مقاله (Campolo،۲۰۱۳) بر روی ارسال و مسیریابی با استفاده از روش خرده نان کار شده در روش پیشنهادی CCVN با CCN پایه مقایسه شده است، از روش انتخاب فراهم‌کننده استفاده می‌کند در این مقاله برای انتخاب فراهم کننده از دو روش MRP و NMRP استفاده می‌کند، که باعث کاهش بیشتر ازدحام در انتشار علاقه‌مندی است و محتوای بسته را در حالی که محتوا کارآمد است در زمان کوتاه‌تر و تضمین تحویل را حتمی می‌سازد.

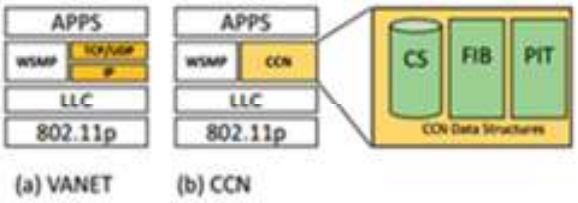
۳-معماری پایه CCVN

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده، معماری CCVN شامل دو بخش اشتراک‌گذارنده و انتشاردهنده می‌باشد. بخش اشتراک‌گذارنده شامل جداول CS، برای کش کردن محتوای دریافتی، FIB، جدول نگهداری مسیر علاقه‌مندی های ارسالی، PIT، جدول نگهداری علاقه‌مندی‌های ارسالی تا زمانی که محتوای درخواستی به درخواست‌کننده بازنگشته را دنبال می‌کند وCPT، جدول نگهداری فراهم‌کنندگان محتوای یافت شده در نود درخواست‌دهنده می‌باشد و همین جداول در انتشاردهنده نیز وجود دارد.

هر دو بخش بر روی لایه فیزیکی و کنترل، ۸۰۲.۱۱P MAC و ۸۰۲.۱۱P PHY قرار می‌گیرند که طبق شکل ۲ نشان داده می‌شود. نحوه اعلام علاقه‌مندی و اشتراک گذاری محتوا در CCVN به اینصورت می‌باشد:

در بخش انتشاردهنده، هر خودرویی که یک علاقه‌مندی دارد ابتدا باید نامگذاری شود، هر بسته محتوا با یک شناسه محتوای منحصر بفرد در CCVN نامگذاری می‌شود، سپس شناسه محتوا، داخل بسته علاقه‌مندی پایه قرار گرفته و به همه همسایگان اطراف خودرو برای پخش محتوا بصورت همه‌پخشی ارسال می‌گردد.

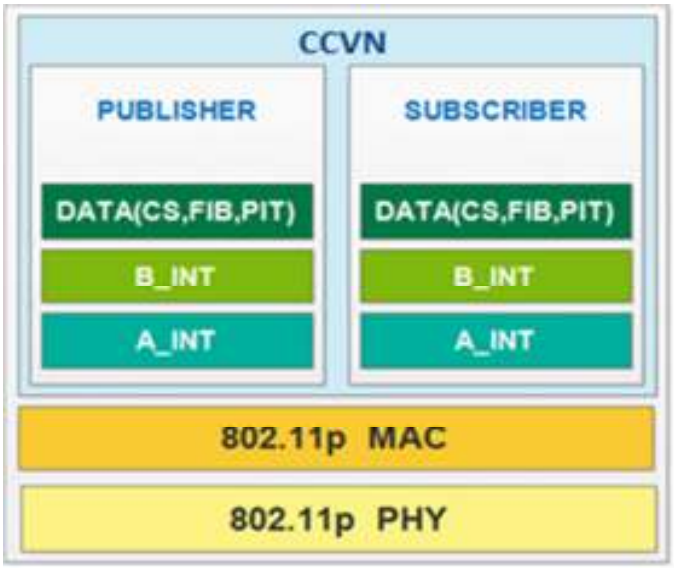
در بخش اشتراک‌گذارنده، خودرویی که آن بسته را دریافت می‌کند بر اساس اینکه محتوای درخواستی را داشته باشد یا نه عمل می‌نماید، شناسه محتوای دریافتی توسط نود در مخزن محتوا جستجو می‌شود، اگر در مخزن محتوای نود، یافت شد که محتوا را توسط بسته داده به درخواست‌کننده علاقه‌مندی ارسال می‌کند، اما اگر نداشته باشد، به سراغ جدول علاقه‌مندی‌های ارسالی (PIT) می‌رود، اگر تطابقی یافت یعنی اینکه نود دیگری هم چنین درخواستی داشته پس برای اجتناب از تکرار، واسط آن را در جدول علاقه‌مندی های ارسالی ثبت و آن علاقه‌مندی حذف می‌شود، در غیر اینصورت به جدول نگهدارنده مسیرهای علاقه‌مندی‌های ارسالی (FIB) مراجعه می‌کند، اگر تطابقی در آن وجود داشته باشد یعنی از فراهم‌کننده محتوا اطلاع دارد که دوباره توسط بخش انتشاردهنده نود، بسته علاقه‌مندی پیشرفته را ساخته و علاقه‌مندی را به سمت فراهم‌کننده‌ای که حاوی محتوا می‌باشد ارسال می‌کند، در این هنگام رابط مربوط به آن علاقه‌مندی در جدول علاقه‌مندی‌های ارسالی بروز می‌شود که فراهم‌کننده علاقه‌مندی یافت شده و مشخصات فراهم‌کننده یافت شده را در جدول فراهم‌کننده (CPT) ثبت می‌کند و محتوای مورد نیاز با دنبال کردن زنجیره‌ای از اطلاعات ثبت شده به مصرف‌کننده بازگردانده می‌شود و در غیر اینصورت در صورتی که هیچ تطابقی برای علاقه‌مندی در جدول نگهدارنده مسیرهای علاقه‌مندی‌های ارسالی یافت نشود یعنی هیچ فراهم‌کننده‌ای محتوای درخواستی را ندارد و بعد از گذشت مدت زمانی آن علاقه‌مندی حذف می‌گردد و مجددا باید پخش گردد. که پروسه بازیابی در شکل ۳ و نحوه عملکرد CCVN در شکل ٤ نمایش داده می‌شود.



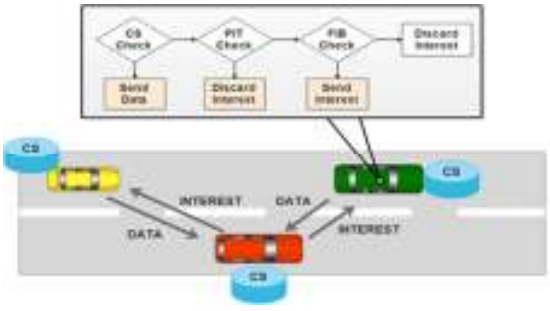
شکل۱. دید کلی ساختارهای VAVET و CCN (Bouk،۲۰۱۵)، (Amadeo،۲۰۱۲)

جدول ۱. دسته‌بندی مقالات براساس بهبود چالش ارسال و مسیریابی

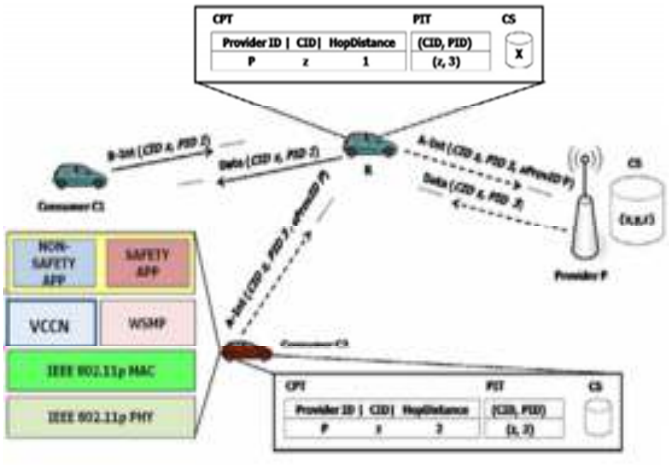
Transport	Routing and forwarding			CCVN
	PAF	BF	bread-crumb	انواع
			√	(Amadeo,2013)
			√	(Amadeo,2012)
			√	(Yu,2015)
		√		(Ruggeri,2013)
		√		(Rossini,2013)
√			√	(Wang,2012)
	√	√		(Wang,2010)
			√	(Li,2015)
	√			(Amadeo,2015)
√				(Amadeo,2014)



شکل ۲. دید کلی ساختار CCVN



شکل ۳. پروسه بازیابی و مدل ارتباطی CCVN (Bouk،۲۰۱۵)



شکل٤. نمای کلی از عملکرد و معماری CCVN (Campolo،۲۰۱۳)

این نکته قابل ذکر است که امنیت داده در این نوع الگو با امضاء محتوا از طرف تولیدکنندگان محتوا تضمین و مبدأ محتوا را قابل اعتماد می‌کند.

٤-روش پیشنهادی

روش‌های پیشین مورد مطالعه عموما از روش ارسال و مسیریابی bread-crumb و حریصانه استفاده نموده‌اند که مشکل این نوع روش، ارسال سیل آسای علاقه‌مندی‌ها می باشد که منجر به طوفان همه‌پخشی و افزایش سربار شبکه می‌گردد. با توجه به چالش ذکر شده ما در روش پیشنهادی طوفان همه‌پخشی را با کنترل پخش بسته‌های علاقه‌مندی و انتخاب خودروهای مناسب توانسته‌ایم کنترل کنیم و سربار شبکه را کاهش دهیم.

٤-١- معماری روش پیشنهادی

هر خودرو تواما نقش اشتراک‌گذارنده و انتشاردهنده را ایفا می‌کند، که این ساختار محتوا محور بر روی پروتکل p ۸۰۲.۱۱ بنا نهاده شده است، شکل ٥ دید کلی ساختار پیشنهادی را نمایش می‌دهد.

در این معماری بخشی به نام انتشاردهنده پیام وجود دارد که تولید علاقه‌مندی خودرو توسط بخش Interest Composer را به عهده دارد، سپس علاقه‌مندی پایه تولید شده به بخش Interest Forwarder جهت ارسال به خودروهای دیگر تحویل داده می‌شود.

در این بین برای اینکه از همه‌پخشی علاقه‌مندها اجتناب کنیم؛ خودروهای تحت پوشش خودرو علاقه‌مند را شناسایی کرده و سپس از میان آنها واسط مناسب توسط ساختار سلسله مراتبی AHP (Saaty،۲۰۰۸) و با توجه به جدول VCT انتخاب می‌کند، و بخش Interest Forwarder علاقه مندی تولید شده را به آن واسط منتخب ارسال می‌کند.

علاقه‌مندی ارسال شده توسط بخش Interest Receiver در بخش انتشاردهنده، خودرو واسط تحویل گرفته می‌شود اگر محتوای درخواستی در جدول CS یافت شود توسط بخش Data Originator محتوا تایید و آماده شده و توسط بخش Data Forwarder به درخواست‌کننده علاقه‌مندی ارسال می‌گردد، در غیر اینصورت اگر طبق محتویات جداول FIB، PIT و CPT از آن اطلاع داشته باشند پیام علاقه‌مندی پیشرفته‌ای تولید شده و طبق قبل که توضیح داده شد به خودرو مورد نظر ارسال می‌گردد.

شکل ۵. دید کلی ساختار I-CCVN

تکنیک دیگری نیز در معماری گنجانده‌ایم، استفاده از اتوماتای یادگیر جهت تعیین امتیاز ناظر برای انتخاب نود واسط مناسب بعدی که در ساختار سلسله مراتبی از آن استفاده می‌شود.

٤-١-١- بخش‌های انتشاردهنده، تولیدکننده و ارسال کننده علاقه‌مندی

در این بخش سه حالت وجود دارد:

حالت اول اینکه خودرو برای اولین بار به شناسایی خودروهای تحت پوشش خود بپردازد، پس ابتدا خودرو برای انتخاب خودروهای تحت پوشش خود، در بخش انتشار دهنده پیامی با قالب علاقه‌مندی پایه با قالب جدول ۲ توسط Interest Composer تولید و با شناسه محتوای تهی و تعداد گام صفر توسط Interest Forwarder به خودروهای اطراف خود قرار گرفته‌اند ارسال می‌کند، شناسه خودرو علاقه‌مند در جدول ۹، جدول علاقه‌مندی‌های در حال انتظار ثبت می‌شود.

در حالت دوم اگر شناسه محتوا تهی نباشد و وخودرو دریافت‌کننده علاقه‌مندی پایه از فراهم کننده اطلاع نداشته باشد، زمانی که هر خودرویی که علاقه‌مند محتوایی باشد، در بخش اشتراک‌گذارنده، محتوای درخواستی را نامگذاری می کند و طبق جدول ۱۳ در انباره CS ذخیره می‌گردد.

خودرویی که علاقه‌مند محتواست با بسته B-Int توسط Interest Composer پیام علاقه‌مندی پایه را تولید کرده، شناسه محتوا را در آن قرار داده و تعداد گام را نیز توسط ساختار سلسله مراتبی AHP که در معماری قرار داده شده است در پیام قرار می‌دهد و به جای اینکه بصورت همه پخشی ارسال کند به نود واسط انتخابی ارسال می‌کند.

حالت سوم اینکه شناسه محتوا تهی نباشد و خودرو دریافت کننده علاقه‌مندی پایه از فراهم‌کننده محتوا اطلاع دارد، خودرویی که از فراهم‌کننده محتوا از طریق جدول FIB خود مطلع می‌باشد بسته علاقه‌مندی پیشرفته را ساخته و از طریق بخش Interest Composer علاقه‌مندی را ایجاد و سپس توسط بخش Interest Forwarder علاقه‌مندی را به سمت فراهم‌کننده‌ای که حاوی محتوا می‌باشد ارسال می کند.

٤-١-٢- بخش دریافت‌کننده علاقه‌مندی

در این بخش نیز دو حالت وجود دارد:

حالت اول اینکه اگر در بسته علاقه‌مندی، شناسه محتوا تهی باشد، توسط Interest Receiver در بخش انتشاردهنده، علاقه مندی پایه دریافت می‌شود، خودروهای دریافت‌کننده پیام به دلیل این که شناسه محتوای پیام تهی است، آن را به عنوان پیام شناسایی تلقی کرده، طبق جدول ٤ پیام علاقه‌مندی پیشرفته تولید کرده، تعداد دفعات فراهم‌کننده بودن، تعداد دفعات واسط بودن و شناسه خود را در آن قرار داده و یک واحد به تعداد گام اضافه می‌کنند، فاصله خود تا درخواست دهنده را توسط رابطه ۱ محاسبه کرده، در قسمت فاصله جغرافیایی قرار داده و مجددا آن را به عنوان پاسخ به خودرو با شناسه مبدا بازپس می‌فرستند. بدلیل این که شناسه محتوا تهی است، در جدول ۵، جدول فراهم‌کننده اتفاقی نمی‌افتد، بدین ترتیب در هر خودرو طبق جدول ۱۲ جدولی به نام

خودروهای تحت پوشش (VCT) تشکیل می‌شود، در این جدول علاوه بر نگهداری شناسه خودرو و فاصله جغرافیایی آن، تعداد دفعات واسط بودن و تعداد دفعات فراهم‌کننده بودن این خودرو نیز نگهداری می‌شود و امتیاز ناظر در ابتدا یک در نظر گرفته می‌شود. انتخاب خودروهای تحت پوشش که انجام شد، و دلیل نگهداری شاخص‌ها در جدول خودروهای تحت پوشش، ویژگی‌هایی است که در مراحل بعد و برای انتخاب خودرو واسط مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالت دوم اگر شناسه محتوا تهی نباشد، خودرو دریافت کننده پیام در بخش اشتراک‌گذارنده، به محض دریافت علاقه مندی، شناسه محتوای دریافتی را توسط نود در مخزن محتوا جستجو می‌کند در صورت وجود به بخش ارسال‌کننده محتوا در بخش اشتراک‌گذارنده ارجاع می‌کند، و در صورت عدم وجود، به جدول علاقه‌مندی‌های ارسالی مراجعه می‌کند، اگر تطابقی یافت، درخواست موجود است پس برای اجتناب از تکرار، شناسه آن را ثبت و علاقه‌مندی را حذف می‌نماید، در غیر اینصورت به جدول نگهدارنده مسیرهای علاقه‌مندی‌های ارسالی رجوع می‌کند، در صورت تطابق، از فراهم‌کننده محتوا اطلاع دارد که به بخش تولیدکننده علاقه‌مندی در بخش انتشاردهنده ارجاع می‌دهد، در غیر اینصورت در صورتی که هیچ تطابقی برای علاقه‌مندی در جدول نگهدارنده مسیرهای علاقه‌مندی‌های ارسالی یافت نشود یعنی هیچ فراهم‌کننده‌ای محتوای درخواستی را ندارد و بعد از گذشت مدت زمانی آن علاقه‌مندی حذف می‌گردد و دوباره در صورت نیاز به علاقه مندی مورد نظر که در معماری استفاده کردیم از پخش علاقه مندی مجدد اجتناب می‌شود.

٤-١-٣ بخش اشتراک‌گذارنده، تولید کننده و ارسال کننده محتوا

در صورت یافت شدن محتوا در مخزن محتوا، وظیفه بخش اشتراک‌گذارنده توسط بخش Data Originator این است که محتوای درخواستی را تایید و آماده ارسال می‌کند و تحویل بخش Data Forwarder می‌دهد، تا به درخواست‌کننده علاقه‌مندی ارسال کند. حال برای توضیح پس‌زمینه معماری بیان شده و توضیح ساختارهای بکار رفته در آن به معرفی متغیرها و فرمول‌های بکار رفته در آن می‌پردازیم.

٤-١-٤ معرفی متغیرها و فرمول‌های مهم

جدول ٢ متغیرهای مورد استفاده در ساختار روش را معرفی می‌کند.

متغیر N معرف تعداد خودروهای محیط است که به صورت یک آرایه به ترتیب V={V1,V2,…,VN} شناخته می‌شود. هر خودرو دارای طول و عرض جغرافیایی است که با Vi.X و Vi.Y شناخته می‌شود.

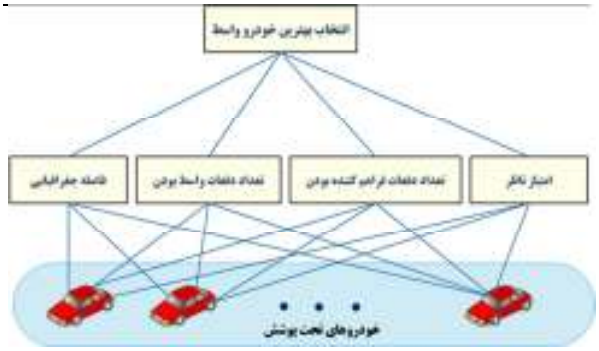
وزن نهایی شاخص‌های به دست آمده در بردار W نگهداری و به صورت W={W1,W2,…,WT} شناخته می‌شود و ارزش هر خودرو برای انتخاب به عنوان سرخوشه در آرایه‌ای به نام Value ذخیره می‌شود، ساختار آن به صورت Value={ Value 1, Value 2,…, Value n} است.

٤-١-٥ انتخاب خودرو واسط توسط ساختار سلسله مراتبی AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبیAHP نیازمند شکستن یک مساله به سلسله مراتبی از سطوح است، سطح اول هدف می باشد که انتخاب بهترین خودرو واسط است، سطح دوم شاخص‌های مهم در رسیدن به این هدف، فاصله جغرافیایی، تعداد دفعات واسط بودن، تعداد دفعات فراهم‌کننده بودن و امتیاز ناظر است، در سطح سوم هم شناسه خودروهای تحت پوشش به عنوان گزینه‌های تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد که در شکل ٦ نشان داده شده است. در روش پیشنهادی یکی از مهمترین مسائل انتخاب شاخص‌ها و تعیین اولویت آنها نسبت به یکدیگر است، در این ساختار ابتدا با انجام مقایسات دوبه‌دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) از مقایسه شاخص‌های iام نسبت به شاخص‌های jام استفاده می‌شود که خروجی جدول ٣ ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم را نشان می‌دهد.

جدول۲. متغیرها و تعاریف آنها

تعریف	نام
تعدا خودروها	N
بردار خودروها	V
خودرو i ام	V_i
تعداد خودروهای تحت پوشش	M
طول جغرافیایی خودرو i ام	V_i.X
عرض جغرافیایی خودرو i ام	V_i.Y
فاصله جغرافیایی بین خودرو i و j	$Distance_{i,j}$
تعداد دفعات فراهم کننده بودن خودرو i ام	$V_i.C_Provide$
تعداد دفعات واسطه بودن خودرو i ام	$V_i.C_Relay$
امتیاز ناظر برای خودرو i ام	$V_i.M_Score$
بردار ارزش ترجیحی	$Priority$
تعداد شاخص‌ها	T
بردار شاخص‌ها	P={P1,P2,...PT}
اولویت شاخص iام نسبت به شاخص jام	$P_Index_{i,j}$
اولویت خودروهای i ام و j ام در شاخص وزنیk	$P_Index_k.V_{i,j}$
وزن اتومبیل i نسبت به میانگین شاخصk	$V_i.P_Index_k$
ارزش خودروها	$Value$



شکل ٦. ساختار مدل سلسله مراتبی را برای انتخاب بهترین خودرو

جدول ۳. ارزش گذاری ترجیحی شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسهi نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به jاهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به jمهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.

سپس طبق جدول ٤ وزن شاخص‌هـا را نسـبت بـه یکـدیگر مشخص می کنیم، تلاقی شاخص در یک سطر با شاخص در یک ستون یک مقدار برحسب جدول ۳ مانند X خواهـد داد، که در ستون و سطر این شاخص مقدار 1/X قـرار مـی‌گیـرد،

قطر جدول که اولویت هر عنصر را نسبت به خودش تعیین می‌کند، یک است.

در ساختار سلسله مراتبی وزن خودروها نسبت به یکدیگر محاسبه می‌گردد، میانگین هندسی برای داده‌های هر سطر طبق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد.

$$S_i = \prod_{k=1}^{T} P_Index_{iT} = \sqrt[T]{P_Index_{i1} \times P_Index_{i2} \times \dots \times P_Index_{iT}} \quad (۲)$$

اما چون وزن‌ها نرمال نیستند، با استفاده از رابطه ۳ میانگین هندسی بدست آمده در هر سطر بر مجموع عناصر ستون میانگین هندسی تقسیم می‌شود، وزن نهائی هر ماتریس که همان ستون بردار ویژه است، در جدول ۵ نمایش داده می‌شود.

$$Egien_i = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{T} S_j} \quad (۳)$$

عمل بعدی که صورت می‌گیرد محاسبه وزن هر خودرو نسبت به تک تک شاخص‌های موجود می‌باشد که در جدول ٦ به آن اشاره نموده‌ایم.

تمامی خودروهای شرکت‌کننده در انتخاب واسط باید نسبت به هم در هر یک از شاخص‌های موجود اولویت‌بندی شوند، پس برای تولید اولویت خودرو iام نسبت به خودرو jام نسبت به شاخص K از رابطه ٤ استفاده می‌شود که در جدول ۷ آورده شده است، در این جدول نیز قطر مقدار ۱ خواهد داشت.

$$P_Index_k.V_{i,j} = \frac{V_i.P_k}{V_j.P_k} \quad (٤)$$

جدول ٤. ارزش گذاری ترجیحی شاخص‌ها

	P1	P2	. . .	PT
P1	P_INDEX1,1	P_INDEX1,2	. . .	P_INDEX1,T
P2	P_INDEX2,1	P_INDEX2,1	. . .	P_INDEX2,T
. . .	. . .	. . .	. . . . .	. . .
PT	P_INDEXT,1	P_INDEXT,2	. . .	P_INDEXT,T

جدول ۵. وزن نهایی شاخص‌ها با توجه اولویت در نظر گرفته شده

نام شاخص	مقدار ویژه
P1	E1
P2	E2
. . .	. . .
PT	ET

جدول ٦. وزن خودروها برای هر شاخص

	شاخص اول	شاخص دوم	. . .	شاخص T ام
خودرو ۱	$V_1.P_Index_1$	$V_1.P_Index_2$	. . .	$V_1.P_Index_T$
خودرو ۲	$V_2.P_Index_1$	$V_2.P_Index_2$	. . .	$V_2.P_Index_T$
. . .	. . .	. . .	. . . . .	. . .
خودرو N	$V_N.P_Index_1$	$V_N.P_Index_2$	. . .	$V_N.P_Index_T$

جدول ۷. تعیین اولویت خودروها نسبت به یکدیگردر شاخص Kام

شاخص K ام	خودرو ۱	خودرو ۲	. . .	خودرو N
خودرو ۱	$P_Index_k.V_{1,1}$	$P_Index_k.V_{1,2}$	. . .	$P_Index_k.V_{1,N}$
خودرو ۲	$P_Index_k.V_{2,1}$	$P_Index_k.V_{2,2}$	. . .	$P_Index_k.V_{2,N}$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
خودرو N	$P_Index_k.V_{N,1}$	$P_Index_k.V_{N,2}$	. . .	$P_Index_k.V_{N,N}$

برای محاسبه وزن نهایی خودرو نسبت به هر شاخص، خودرویی که دارای بالاترین ارزش است به عنوان خودرو واسط معرفی می‌شود، طبق رابطه ۵ برای ارزش‌گذاری هر خودرو، وزن هر خودرو برای شاخص در ارزش وزنی آن شاخص ضرب می‌شود و مجموع آنها محاسبه می‌گردد، که در این مرحله خودرو واسط مناسب انتخاب می‌گردد.

$$Value_i = \sum_{j=1}^{T} V_i.P_Index_j \times E_j \qquad (۵)$$

٤-١-٦ اتوماتای یادگیر

در ساختار پیشنهادی برای هر خودرو یک اتوماتای یادگیر (Safavi،۲۰۱٤) قرار می‌گیرد، که برای محاسبه امتیاز ناظر در ساختار سلسله مراتبی مورد استفاده است.

اگر ساختار هر لایه را به عنوان محیط عملکرد اتوماتا در نظر بگیریم، این محیط را می‌توان توسط سه‌تایی $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن ورودی محیط اتوماتا $\alpha = \{Select, NoSelect\}$، خروجی محیط β و C احتمال جریمه می‌باشند.

در این محیط $\beta = 1$ به‌عنوان پاسخ نامطلوب یا شکست و $\beta = 0$ به‌عنوان پاسخ مطلوب یا موفقیت در نظر گرفته می‌شوند، C احتمالات جریمه (شکست) پاسخ‌های محیط را مشخص می‌کند و بصورت رابطه ٦ تعریف می‌شود.

$$c = Prob\{\beta = 1\} \qquad (٦)$$

برای پاداش یا جریمه عمل انتخاب شده از روابط ۷ و ۸ استفاده می‌گردد، که a ضریب پاداش و b ضریب جریمه می‌باشد، $P_i(n)$ احتمال رخداد عمل i ام در مرحله n است و به‌طور مشخص $P_i(n+1)$ احتمال رخداد آتی این عمل می‌باشد.

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \\ p_j(n+1) &= 1 - p_i(n+1) \end{aligned} \qquad (۷)$$

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1-b)p_i(n) \\ p_j(n+1) &= 1 - p_i(n-1) \end{aligned} \qquad (۸)$$

در هر دور پس از انتخاب یک عمل، در صورتی که عمل Select انتخاب شده باشد، براساس رابطه ۹، در صورتی که عمل NoSelect نتخاب شده باشد بر اساس روابط ۹ و ۱۰ سیگنال تقویتی β محاسبه می‌گردد. مقدار t به عنوان حد آستانه تاخیر انتها به انتها در نظر گرفته شده است. اگر β برابر با یک شود عمل انتخابی با استفاده از رابطه ۷ جریمه می‌گردد. و اگر برابر با صفر شود طبق رابطه ۸ پاداش دریافت می‌کند.

$$\beta = \begin{cases} 1 & End\ to\ End\ Delay \geq t \\ 0 & Otherwise \end{cases} \qquad (۹)$$

$$\beta = \begin{cases} 1 & End\ to\ End\ Delay \geq t \\ 0 & 0 \leq End\ to\ End\ Delay < t \end{cases} \qquad (۱۰)$$

با هر بار یک شدن سیگنال β یک واحد از امتیاز ناظر برای خودرو کاهش می‌یابد و با هر بار صفر شدن آن یک واحد به امتیاز ناظر اضافه می‌شود که این امتیازات در انتخاب نود واسط بهینه و مطلوب به ما کمک می‌کند.

٤-١-٧ ساختار جداول اطلاعاتی

جدول۸ قالب پیام B_Int

شناسه خودرو مبدا	شناسه محتوا	تعداد گام تا پاسخگو	فاصله جغرافیایی

جدول۹. ساختار جدول PIT

شناسه خودرو مبدا	شناسه محتوا

فاصله جغرافیایی از طریق رابطه ۱۱ محاسبه می‌گردد.

$$Distance_{i,j} = \sqrt{(V_i.X - V_j.X)^2 + (V_i.Y - V_j.Y)^2} \quad (11)$$

جدول۱۰. قالب پیام A_Int

شناسه خودرو مبدا	شناسه محتوا	تعداد گام تا پاسخگو	شناسه خودرو فراهم کننده	فاصله جغرافیایی

جدول ۱۱. ساختار جدول CPT

شناسه خودرو فراهم‌کننده	شناسه محتوا	تعداد گام تا پاسخگو	فاصله جغرافیایی

جدول ۱۲. ساختار جدول VCT

شناسه خودرو	فاصله جغرافیایی	تعداد دفعات واسط بودن	تعداد دفعات فراهم‌کننده بودن	امتیاز ناظر

جدول ۱۳. ساختار انباره هر خودرو

شناسه محتوا	محتوا

ارزیابی روش پیشنهادی

برای ارزیابی عملکرد چارچوب پیشنهادی، از شبیه ساز OMNET++ (Varga،۲۰۰۱) با استفاده از Veins که یک مولد حرکتی، بین رفتار خودرو و مدل حرکتی است و شبیه ساز ترافیکی SUMO (Behrisch،۲۰۱۱) بر روی لایه‌های فیزیکی و کنترل ۸۰۲.۱۱p (Fouladi،۲۰۱۳) ستفاده نموده‌ایم.

در روش پیشنهادی ۳ سناریو با ساختار جدول ١٤ در نظر گرفته‌ایم، در هر سناریو شبیه‌سازی شده، معیارهای ارزیابی با روش پیشنهادی، الگوریتم حریصانه و الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

طبق پارامترهای جدول ۱۵ این سناریوها براساس ۱۰ آزمایش انجام شده، در هر آزمایش نرخ تحویل، میزان توزیع داده، حجم داده‌ها، تأخیر انتها به انتها و سربار شبکه در سه الگوریتم ذکر شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ١٤. سناریوی مورد ارزیابی

تنظیمات	تعداد خودروها	اندازه پیام شامل محتوا	هدف
اول	۱۰۰ تا ۵۵۰ با فاصله ۵۰	٤٠ کیلو بایت	درهر آزمایش، نرخ تحویل، میزان توزیع داده، حجم داده‌ها، تاخیر انتها به انتها، سربار شبکه در سه الگوریتم مورد بررسی قرار می‌گیرد.
دوم	۲۰۰	٤٠ تا ۱۳۰ کیلوبایت	

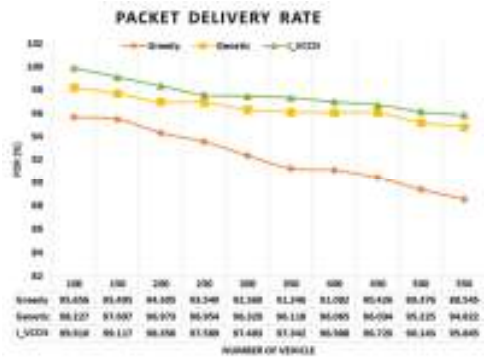
جدول ۱۵. ۸۰۲.۱۱p پارامترهای شبیه‌سازی

اندازه نقشه	۲۱٤۰×۲۸۵۰ مترمربع
میانگین زمان حیات خودرو	۸۵ ثانیه
تعداد لبه‌ها در محدوده	۷۸ لبه
پروتکل MAC	۸۰۲.۱۱P
محدوده انتقال اطلاعات	۱۲۰ متر
زمان شبیه سازی	۱۰۰۰ ثانیه
اندازه معمول هر پیام	٤٠ کیلو بایت
تعداد RSU	۱۵

RSUها علاوه بر قرار گرفتن در کنار جاده، در چهار راه‌هـا و میادین نیز قرار داده شد.

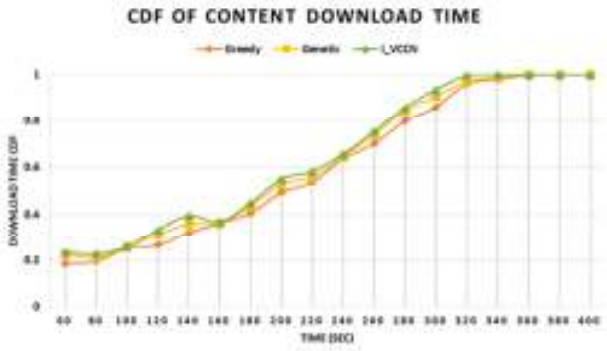
در شبیه‌سازی از محدوده شهر کاشان و به طور مشخص از خیابان غیاث الدین جمشید کاشانی استفاده شده است که در شکل ۷ نشان داده شده است، برای درک بهتر استفاده از منابع شبکه، مطالعه رفتار پروتکل‌های مسیریابی بر اساس معیار عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار است. معیار عملکرد این مقاله به صورت نرخ تحویل بسته، میزان توزیع داده، حجم داده‌ها، تاخیر انتها به انتها، سربار شبکه تعریف شده‌اند.

شکل۷. محدوده خیابان غیاث الدین جمشید کاشان



شکل ۸ میزان نرخ تحویل پیام در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر

شکل ۹. میزان نرخ تحویل پیام در سه الگوریتم با اندازه متغیر پیام



شکل ۱۰ : میزان درصد توزیع پیام در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر

۵-۱-۱- نرخ تحویل

همانطور که در شکل‌های ۸ و ۹ نشان می‌دهد، روش پیشنهادی نسبت به دو روش دیگر نرخ تحویل بالاتری دارد. بطور مشخص به دلیل انتخاب بهینه خودرو شاخص در روش پیشنهادی ارسال بسته‌ها به سمت مقصد بدون مشکل و دور از تجمع پیام ناشی از همه‌پخشی انجام می‌شود، یعنی بسته فقط به سمت مقصد که نود واسط است انتشار می‌یابد و از انتشارات هرز و بی‌مورد جلوگیری می‌شود.

۵-۱-۲- میزان توزیع داده

در این آزمایش از زمان ارسال درخواست‌ها، و درصد توزیع پیام اندازه‌گیری می‌شود، فرآیند انتخاب خودرو واسط و جلوگیری از ارسال پیام‌های تکراری موجب می شود کیفیت ارسال محتوا در حد مطلوب افزایش یابد، بطور مشخص توزیع اطلاعات با سرعت بالاتری صورت می‌گیرد و شاخص درصد توزیع بر زمان را افزایش می‌دهد.

نکته مهم دیگر این است که ممکن است توزیع پیام سریعتر انجام شود اما صحت دریافت پیام هم یکی از معیارهای بسیار مهم در ارزیابی روش پیشنهادی است. با توجه به شکل ۱۰ مشخص است کیفیت روش پیشنهادی نسبت به دو روش دیگر بالاتر است. این مطلب برای سناریو دوم قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد به علت اینکه اگر به نمودار قبلی دقت کنید معیار افقی آن زمان است تعداد خودروها با درصد بایت توزیع شده در واحد زمان مرتبط نمی باشد. نمودار با تعداد خودرو ثابت تولید شده مشابه با همان نمودار فوق می‌باشد وتغییر نمی‌کند.

۵-۱-۳- حجم داده انتقالی

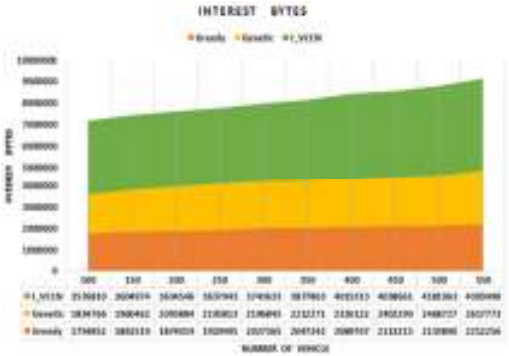
در این آزمایش بطور مشخص شبکه کمتر از پیام‌های همه پخشی استفاده کرده و بیشتر داده و محتوا منتقل کرده است. استفاده از تحلیل سلسله مراتبی دقت انتخاب خودرو واسط را افزایش می‌دهد، شکل‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱٤ محتوای انتقالی را نمایش می‌دهد.

۵-۱-٤- سربار شبکه

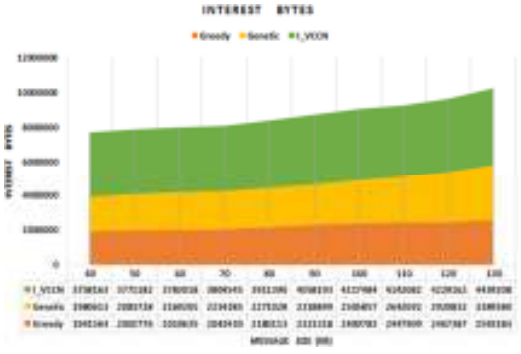
یکی از اصلی‌ترین مشکلات روش سربار اولیه برای شناسایی خودروهای تحت پوشش است ارسال پیام به خودروهای دیگر معماری را دچار سربار اضافه ای میکرد، این امر موجب می‌شود که پیام‌های بیشتری در شبکه رد و بدل شود و به نسبت سربار شبکه بالا برود. با توجه به شکل ۱۵ و شکل ۱٦ سربار شبکه در تعداد پایین در روش پیشنهادی بیشتر از دو روش دیگر است که نشان دهنده سربار بالا در محیط با تعداد پایین است، اما با افزایش تعداد خودروها سربار شبکه در روش پیشنهادی نسبت به روش های دیگر کاهش می‌یابد، نظارت اتوماتای یادگیر هم موجب سربار در شبکه می‌گردد، چون برای تعیین سیگنال β به عنوان تصمیم‌گیر جریمه و تشویق، نیاز به تاخیر انتها به انتها می‌باشد، با این حال روش پیشنهادی در شبکه‌های معمول خودرویی که بالا تر از ۲۰۰ خودرو دارد سربار قابل قبولی دارد و به راحتی قابل استفاده است.

٤-٤-۵- تأخیر انتها به انتها

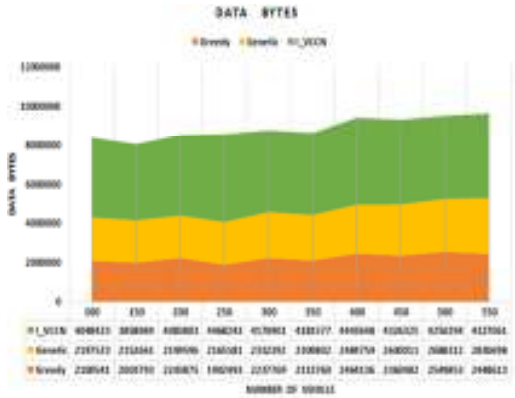
در روش پیشنهادی ٤ مرحله طی می‌شود و هر مرحله به نسبت کند است، استفاده از اتوماتای یادگیر برای نظارت نیز یکی از عوامل موثر در کند بودن روش پیشنهادی است، به دلیل این که شبکه را مانیتور می‌کند و به واسطه خروجی محیط تصمیم‌گیری و تشویق و تنبیه می‌کند. نتایج شکل ۱۷ و شکل ۱۸، نشان دهنده کند بودن روش پیشنهادی است اما نسبت به روش‌های دیگر بهتر عمل می‌کند.



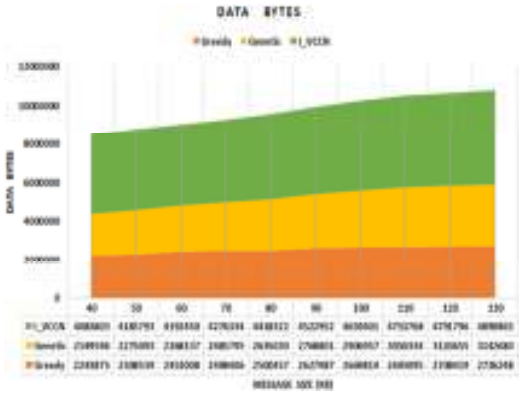
شکل ۱۱. میزان حجم انتقالی محتوا در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر



شکل۱۲. میزان حجم انتقالی محتوا در سه الگوریتم با اندازه متغیر پیام



شکل ۱۳. میزان حجم انتقالی محتوا در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر



شکل۱٤. میزان حجم انتقالی محتوا در سه الگوریتم با اندازه متغیر پیام

شکل ۱۵. سربار شبکه در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر

شکل ۱۶. سربار شبکه در سه الگوریتم با اندازه متغیر پیام

شکل ۱۷. تاخیر انتها به انتها در سه الگوریتم با تعداد خودرو متغیر

شکل ۱۸. تاخیر انتها به انتها در سه الگوریتم با اندازه متغیر پیام

۵-نتیجه‌گیری

شبکه محتوا محور یک الگوی ارتباطی جدید محبوبی است که به بازیابی اطلاعات و توزیع با استفاده از نام داده به جای ارتباطات پایان به پایان میزبان محور دست یافته است. این مدل ابتکاری به ویژه متناسب محیط بی‌سیم متحرک است که با توپولوژی پویا توصیف می‌شود. کانال‌های پخش غیرقابل اعتماد، ارتباطات کوتاه مدت و مکرر، به عنوان کارهای اولیه در پیشینه آن آمده است. ساختار روش پیشنهادی ابتدا خودروهای تحت پوشش را با ارسال یک پیام کوتاه مشخص می‌کند، سپس با استفاده از تصمیم‌گیرتحلیل سلسله مراتبی خودرو مناسب به عنوان واسط انتخاب را انتخاب می کند، در این ساختار از مساله ارسال مجدد اطلاعات و وجود تداخل جلوگیری کرده، و باعث کنترل علاقه‌مندی‌های سیل آسا می‌گردد، در نهایت در این ساختار با استفاده از اتوماتای یادگیر بر عملکرد خودرو واسط نظارت می‌شود، در صورتی که عملکرد ارسال محتوا مناسب بود این عمل (انتخاب این خودرو به عنوان واسط) تقویت خواهد شد، درغیر اینصورت عمل انجام شده جریمه می‌شود.

نتایج روش پیشنهادی باعث کاهش سربار شبکه در حد ۳.۲ درصد می‌شود، همچنین باعث افزایش میزان بایت محتوای انتقال داده شده به میزان ٤.٧ درصد شده است، در این روش کاهش زمان پوشش کامل شبکه به مقدار ۲.۸ درصد میابد و کاهش تاخیر انتها به انتها در حد ۱.۳ درصد را داریم.

به عنوان پیشنهادات آتی توصیه می کنم که از روش‌های تصمیم‌گیر جدید برای انتخاب خودرو واسط استفاده نمایید، در واقع استفاده از الگوریتم‌های جدید تصمیم‌گیری مانند درخت تصمیم فازی و شبکه عصبی فازی خودسازمانده موجب انتخاب بهینه خودروهای واسط می‌شود، همچنین به کار گیری ساختار MAPE، که ساختار MAPE به عنوان یک سیستم خودسازمان ده برای نظرات و پیش بینی رفتارهای خودرو و در نهایت تصمیم‌گیری بسیار مفید خواهد بود.

٦-مراجع

-Bouk, S. H., Ahmed, S. H., & Kim, D. (2015), "Vehicular content centric network (VCCN): a survey and research challenges". In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing pp. 695-700. ACM.

-Jacobson, V., Smetters, D.K., Thornton, J.D., Plass, M.F., Briggs, N.H. and Braynard, R.L., (2009), "Networking named content In Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies". pp. 1-12. ACM.

-Wang, J., Wakikawa, R., & Zhang, L. (2010), "DMND: Collecting data from mobiles using named data". In Vehicular Networking Conference (VNC), IEEE, pp. 49-56. IEEE.

-Rossini, G., & Rossi, D. (2013), "Evaluating CCN multi-path interest forwarding strategies. Computer Communications, 36(7), pp.771-778.

-Bian, C., Zhao, T., Li, X., & Yan, W. (2015), "Boosting named data networking for data dissemination in urban VANET scenarios". Vehicular Communications, 2(4), pp.195-207.

-Li, C., Liu, W., Wang, L., Li, M., & Okamura, K. (2015), "Energy-efficient quality of service aware forwarding scheme for Content-Centric Networking". Journal of Network and Computer Applications, 58, pp.241-254.

-Amadeo, M., Campolo, C., & Molinaro, A. (2013), Design and analysis of a transport-level solution for content-centric VANETs. In 2013 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), pp. 532-537. IEEE.

-Amadeo, M., Campolo, C., & Molinaro, A. (2012), CRoWN: content-centric networking in vehicular ad hoc networks. IEEE Communications Letters, 16 (9), pp.1380-1383.

-Wang, L., Wakikawa, R., Kuntz, R., Vuyyuru, R., & Zhang, L. (2012), "Data naming in vehicle-to-vehicle communications". In Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2012 IEEE Conference on pp. 328-333, IEEE.

-Amadeo, M., Molinaro, A., & Ruggeri, G. (2013), "E-CHANET: Routing, forwarding and transport in Information-Centric multichip wireless networks. Computer communications, 36(7), pp.792-803.

-Campolo, C., Amadeo, M., & Molinaro, A. (2013), "Enhancing content-centric networking for vehicular environments". Computer Networks, 57(16), pp.3222-3234.

-Yu, Y. T., Gerla, M., & Sanadidi, M. Y. (2015), "Scalable VANET content routing using hierarchical bloom filters". Wireless Communications and Mobile Computing, 15(6), pp.1001-1014.

-Fall, K. R., & Stevens, W. R. (2011), "TCP/IP illustrated, volume 1: The protocols". addison-Wesley.

-Fouladi, B., & Ghanoun, S. (2013), "Security evaluation of the Z-Wave wireless protocol". Black hat USA, 24.

-Wang, L., Afanasyev, A., Kuntz, R., Vuyyuru, R., Wakikawa, R., & Zhang, L. (2012), "Rapid traffic information dissemination using named data". In Proceedings of the 1st ACM workshop on emerging name-oriented mobile networking design-architecture, algorithms, and applications, pp. 7-12. ACM.

-Bari, M. F., Chowdhury, S. R., Ahmed, R., Boutaba, R., & Mathieu, B. (2012), "A survey of naming and routing in information-

of urban mobility: an overview. In Proceedings of SIMUL the Third International Conference on Advances in System Simulation. ThinkMind.

-Safavi, S. M., Meybodi, M. R., & Esnaashari, M. (2014), "Learning automata based face-aware Mobicast". Wireless Personal Communications, 77(3), pp.1923-1933.

centric networks". IEEE Communications Magazine, 50(12), pp.44-53.

-Varga, A. (2001), "The OMNeT++ discrete event simulation system". In Proceedings of the European simulation multiconference (ESM'2001) Vol. 9, No. S 185, pp. 65-66.

-Saaty, T. L. (2008),"Decision making with the analytic hierarchy process". International journal of services sciences, 1(1), pp.83-98.

-Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J., & Krajzewicz, D. (2011), "SUMO–simulation