

به روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS

با استفاده از فناوری ارتباطات خودرویی

حبیب رستمی^{۱*}، حمیدرضا عطائیان^۲، پیام آدینه^۳، مهدیه رستمیان^۳، محمد الهی^۳، زینب کاموسی^۴

^۱ عضو هیأت علمی جهاد دانشگاهی - واحد صنعتی شریف، تهران، ایران

hrostami@jdsharif.ac.ir

^۲ عضو هیأت علمی جهاد دانشگاهی - واحد صنعتی شریف، تهران، ایران

ataeian@jdsharif.ac.ir

^۳ گروه کارشناسان ارشد مهندسی نرم افزار، جهاد دانشگاهی - واحد صنعتی شریف، تهران، ایران

{elahi, adineh, rostamian}@jdsharif.ac.ir

^۴ کارشناس ارشد فناوری اطلاعات، جهاد دانشگاهی - واحد صنعتی شریف، تهران، ایران

zeinab_kamousi@jdsharif.ac.ir

*مسئول مکاتبات

چکیده

استفاده از تابلوهای پیام‌نمای متغیر یا VMS می‌تواند نقش به‌سزایی در ارائه به‌موقع اطلاعات ترافیکی به رانندگان خودروها و عموم مسافری برای تصمیم‌گیری در سفرهای درون‌شهری و جاده‌ای داشته باشد. به‌روزرسانی و تغذیه این تابلوها بر اساس رویدادهای ترافیکی در مسیرهای پیش‌رو، یکی از مهمترین مسائل در مدیریت و بهره‌برداری بهینه از آنها می‌باشد. در این مقاله به تشریح چگونگی استفاده از فناوری ارتباطات خودرویی و اجرای یک نمونه از کاربردهای این فناوری در بخش ارتباطات خودرو با زیرساخت (V2I) برای به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات تابلوهای VMS پرداخته می‌شود. در طراحی و اجرای این کاربرد از تجهیزات درون‌خودرویی موسوم به OBU و تجهیزات مستقر در کنار مسیر که RSU نامیده می‌شوند، استفاده شده است. این تجهیزات بر مبنای استاندارد IEEE 802.11p و یا DSRC که امکان ارتباطات برد کوتاه اختصاصی در محیط‌های خودرویی را فراهم می‌سازد، با یکدیگر تبادل اطلاعات می‌کنند. با استفاده از این قابلیت، خودروهای گشت راهداری و یا پلیس‌راه می‌توانند در حین حرکت و بر اساس مشاهده شرایط و پدیده‌های ترافیکی، اطلاعات لازم برای آگاهی عموم خودروها را بر روی تابلوهای VMS ارسال نمایند.

کلمات کلیدی:

تابلو پیام‌نمای VMS، فناوری ارتباطات خودرویی، سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی، RSU، OBU، V2V، V2I، DSRC

۱) مقدمه

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مسیر، کاهش زمان سفر، جلوگیری از تصادفات احتمالی، بهبود مدیریت ترافیک و افزایش کارایی کلی سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند را فراهم آوردند (Benson, 1996).

فناوری ارتباطات خودرویی (CVT)^۲، قادر است سازوکار عملیاتی ارزشمندی برای به‌روزسازی و تغذیه اطلاعات قابل نمایش بر روی تابلوهای VMS و افزایش بهره‌وری این تجهیزات را ایجاد نماید. داده‌های بلادرنگی که از خودروهای مرتبط دریافت می‌شوند، در یک واحد کنترل مرکزی قابل مشاهده و یکپارچه‌سازی هستند تا به اطلاعات بامعنایی در مورد شرایط و رویدادهای ویژه ترافیکی در مسیرهای حرکت

تابلوهای پیام‌نمای متغیر (VMS)^۱ تجهیزاتی الکترونیکی هستند که اطلاعات ترافیکی را برای آگاهی خودروهای عبوری و عموم کاربران نمایش نشان می‌دهند. این تجهیزات، یکی از ابزارهای مؤثر برای اطلاع‌رسانی شرایط و پدیده‌های ترافیکی در مسیرهای پیش‌رو محسوب می‌شوند. اطلاعاتی که بر روی این تابلوها قابل نمایش هستند، از منابع مختلفی قابل تأمین می‌باشند و تلاش می‌گردد تا به صورت بلادرنگ نمایش داده شوند. به این ترتیب انتظار می‌رود با عملکرد صحیح تابلوهای VMS در انتقال به‌موقع پیام‌های ترافیکی، موجبات ارتقای

^۲ Connected Vehicle Technology

^۱ Variable Message Sign

خودروها دست یابیم. این اطلاعات به رانندگان کمک می‌کند تا بهترین تصمیم در ادامه مسیر برای رسیدن به مقصد را اتخاذ کنند و از فرارگیری در شرایط راه‌بندان و موقعیت‌های خطرناک اجتناب نمایند.

مفهوم این فناوری بر مبنای استاندارد IEEE 802.11p که ارتباطات برد کوتاه اختصاصی در محیط‌های خودرویی را تعریف می‌کند، شکل گرفته است. این استاندارد با نام $DSRC^1/WAVE^2$ نیز شناخته می‌شود (حبیب رستمی، ۱۳۹۰). ارتباطاتی که بر مبنای این فناوری برقرار می‌شود، تبادل بی‌سیم داده‌ها و پیام‌های ضروری بین خودروها با یکدیگر و بین خودروها با تجهیزات کنار مسیر را در حین حرکت ممکن می‌سازد. ویژگی برجسته و متمایزکننده این فناوری نسبت به سایر فناوری‌های ارتباطات بی‌سیم، تأخیر زمانی اندک آن به اندازه ۰/۲ میلی ثانیه است که امکان تولید و انتشار پیام‌های ایمنی برای جلوگیری از تصادفات خودرویی را فراهم می‌سازد.

دستیابی به دانش فنی مورد نیاز برای اجرای کاربردهای مورد نیاز مبتنی بر فناوری ارتباطات خودرویی، یکی از اهداف پروژه ملی «طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی» تعیین شده است. این پروژه پس از تصویب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شورای عتف و با حمایت سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، توسط جهاددانشگاهی صنعتی شریف به انجام رسیده است. در مرحله اجرای آزمایشی این پروژه که از تابستان سال ۱۳۹۲ در مسیر آزادراه تهران - رشت آغاز شده است، چندین کاربرد نمونه فناوری مزبور پیاده‌سازی شده‌اند که کاربرد «به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS» یکی از آنها می‌باشد.

این کاربرد در گروه کاربردهای $V2I^3$ قرار می‌گیرد که بر اساس قابلیت تبادل داده بین خودروها با تجهیزات کنار مسیر تعریف می‌شوند. در کنار این گروه، کاربردهای گروه $V2V^4$ مانند کاربرد «هشدار ترمز ناگهانی» قرار دارند که بیشتر دارای ماهیت ایمنی هستند. اجرای مؤثر این نوع کاربردها مستلزم آن است که درصد بالایی از خودروها به تجهیزات فناوری مجهز باشند. اما کاربردهای $V2I$ از این ویژگی برخوردار هستند که در صورت ایجاد زیرساخت ارتباطی مورد نیاز، بر روی هر خودرو دارنده تجهیزات فناوری و مستقل از سایر خودروها قابل استفاده می‌باشند.

با نصب تجهیزات درون‌خودرویی (OBU) بر روی خودروهای گشت راهداری یا پلیس‌راه و پیاده‌سازی کاربرد

«به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS» بر روی آن، مأمورین ذی‌ربط می‌توانند بر مبنای مشاهدات خود از شرایط ترافیکی حاکم بر مسیر حرکت خودروها در جاده‌ها و یا معابر شهری، پیام‌هایی را برای انتشار از طریق تابلوهای VMS تعیین و ارسال نمایند. با قرار گرفتن خودروی حامل این مأمورین در محدوده پوشش رادیویی تجهیزات کنار مسیر (RSU)⁵ که به سامانه کنترل تابلوهای VMS متصل هستند، پیام‌های ارسالی به ترتیب و با زمان‌بندی درخواست شده بر روی این تابلوها نمایش داده می‌شوند. به این ترتیب عموم خودروها، خواه به تجهیزات OBU⁶ مجهز باشند یا خیر، خواهند توانست از مزایای این فناوری بهره‌مند شوند.

در این مقاله، پس از اشاره به جایگاه و کلیات فناوری ارتباطات خودرویی به عنوان یک فناوری کارآمد و محوری در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، رویکردهای جهانی برای توسعه کاربردهای آن تشریح می‌شود و بعد از آن، معماری سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی معرفی می‌گردد. در ادامه به تشریح سازوکار به‌کارگرفته شده برای پیاده‌سازی و اجرای کاربرد به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS، آزمون صحت اجرای این کاربرد و اهمیت استفاده از فناوری DSRC⁷ به این منظور پرداخته می‌شود. در انتها نیز بر اساس تجربیات حاصل از اجرای این کاربرد و تحلیل کارآمدی آن، جمع‌بندی مقاله ارائه شده است.

۲) فناوری ارتباطات خودرویی و جایگاه آن در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند

فناوری ارتباطات خودرویی، با هدف اصلی پیاده‌سازی یک زیرساخت ارتباطی مبتنی بر DSRC در محیط‌های خودرویی مطرح شده است تا با تبادل پیام‌های ایمنی بین خودروهای در حال تردد با یکدیگر و بین خودروها با تجهیزات کنار مسیر در معابر شهری و جاده‌های برون‌شهری، از وقوع تصادفات خودرویی جلوگیری نماید (Habib Rostami, 2013).

در ابتدای این بخش به گزارش انجمن جهانی جاده (PIARC)⁸ و فدراسیون بین‌المللی انجمن‌های مهندسی خودرو (FISITA)⁹ در خصوص جایگاه فناوری DSRC اشاره می‌شود. این گزارش با عنوان خودروی مرتبط در سال ۲۰۱۲ منتشر شده است (PIARC, 2012). در صفحه ۲۴ این گزارش می‌خوانیم: سامانه‌های مشارکتی ITS⁹ نیاز به استانداردهای هماهنگ‌سازی شده به‌صورت بین‌المللی و پروتکل‌های مطمئن

⁵ Road Side Unit

⁶ On-Board Unit

⁷ World Road Association

⁸ International Federation of Automotive Engineering Societies

⁹ Intelligent Transportation Systems

¹ Dedicated Short Range Communications

² Wireless Access in Vehicular Environments

³ Vehicle to Infrastructure

⁴ Vehicle to Vehicle

به منظور ارتباطات بین خودروها با یکدیگر و بین خودروها با زیرساخت (تجهیزات کنار مسیر) دارند. سامانه‌های مربوط به ایمنی نیز نیاز به ارتباطات بسیار مطمئن با تأخیر کم و پاسخ‌هایی در حد کسری از ثانیه دارند. تفکر کنونی، پیاده‌سازی DSRC را مطلوب نشان می‌دهد.

در صفحه ۴۰ گزارش یاد شده آمده است: می‌توان گفت در حال حاضر DSRC انتخاب روشنی برای کاربردهای ایمنی V2V به شمار می‌رود، البته با در نظر گرفتن این موضوع که فناوری‌های ارتباطی به سرعت در حال رشد هستند و ممکن است گزینه‌های جدیدی در آینده به وجود آیند. از بین انتخاب‌های محدودی که در حال حاضر برای شبکه‌های امنیتی V2V وجود دارد، زیرساخت DSRC یکی از گزینه‌ها می‌باشد. همچنین DSRC برای کاربردهای V2I می‌تواند با زیرساخت‌های موجود مانند سامانه‌های چراغ راهنمایی ترکیب شود، هرچند همچنان تعداد زیادی معتقدند که نیاز به علائم کنار جاده‌ای هیچ‌گاه قابل حذف نخواهد بود.

در ادامه این گزارش و پس از اشاره به فعالیت‌های انجام شده در کشورهایی مانند استرالیا و ژاپن پیرامون استفاده از فناوری DSRC، در صفحات ۴۱ و ۴۲ آن آمده است:

– سایر کشورهای جهان نیز باند ۵/۹ گیگاهرتز را برای کاربردهای ایمنی جاده‌ای در نظر گرفته‌اند که این موضوع می‌تواند باعث هماهنگ‌سازی جهانی بیشتری در زمینه استفاده از این محدوده فرکانسی ویژه برای ITS باشد.

– در اروپا نیز، سیاست بر هماهنگ‌سازی استفاده فناوری DSRC (در این قاره موسوم به ETSI ITS G5) در محدوده فرکانسی ۵/۸۷۵-۵/۹۲۵ گیگاهرتز برای به‌کارگیری در سامانه‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) می‌باشد.

– در آمریکا استانداردهای سامانه‌های مشارکتی به عنوان بخشی از برنامه استانداردسازی ITS توسعه یافته‌اند. استانداردهای جاری برای ارتباطات خودرویی شامل استانداردهای IEEE 802.11p و IEEE 1609.x و همچنین استاندارد SAE J2735 به منظور پشتیبانی واسط‌های مورد نیاز بی‌سیم V2V و V2I بر مبنای فناوری DSRC هستند.

در کنار گزارش PIARC و با هدف آگاهی از رویکردهای جهانی به موضوع بکارگیری فناوری DSRC در سامانه‌های حمل و نقل هوشمند، در اینجا به برخی از تصمیمات اخیر در کشورهای پیشرفته این حوزه اشاره می‌کنیم:

– به‌کارگیری فناوری ارتباطات خودرویی در برنامه تحول و پشتیبانی از معماری سامانه‌های ملی حمل و نقل هوشمند آمریکا، در خبر منتشر شده پیرامون این موضوع آمده است: این برنامه که در آوریل ۲۰۱۲ آغاز می‌شود، دارای یک دوره

مبنای دو ساله و سه دوره اختیاری یک ساله است و تا سال ۲۰۱۷ به طول خواهند انجامید. آقای عباس محدث، رییس و مدیر اجرایی ارشد شرکت آیتریس، مجری این برنامه، با ابراز خوشوقتی از همکاری با اداره پژوهش و فناوری‌های نوین وزارت حمل و نقل آمریکا (RITA) در این برنامه معماری ملی و نیز توسعه فناوری ارتباطات خودرویی، اعلام داشته است که انتظار می‌رود این برنامه مهم و معتبر، نقشی کلیدی در مرحله بعدی تکامل و اجرای سامانه‌های ITS در سراسر ایالات متحده آمریکا ایفا کنند. ارتباطات خودرویی یک اقدام ملی است که بر توسعه و استقرار یک سامانه حمل و نقل کاملاً مجهز به ارتباطات بی‌سیم تمرکز دارد و بیشترین بهره را از زیرساخت فناوری ارتباطی می‌برد. این زیرساخت ترکیبی از فناوری‌ها، واسط‌های کاربری و فرآیندهای خوش‌تعریفی است که در ترکیب با یکدیگر، به حمل و نقلی پایدار توأم با مخاطرات کمتر و فرصت‌های بیشتر می‌انجامد (Iteris, 2012).

– تشکیل کنسرسیوم CAR 2 CAR و امضاء تفاهم‌نامه همکاری بین دوازده خودروساز بزرگ دنیا در اروپا به منظور استقرار سامانه‌ها و خدمات مشارکتی حمل و نقل هوشمند موسوم به ITS-C¹، با تشکیل این کنسرسیوم و امضاء تفاهم‌نامه مزبور، خودروسازان عضو کنسرسیوم متعهد شده‌اند که سامانه‌های ITS-C را تا سال ۲۰۱۵ در سطح جاده‌های کشورهای اروپایی به مرحله اجرا درآورند. این کنسرسیوم از زمان شروع کار خود به نقاط عطف مهمی همچون تخصیص یک باند فرکانسی رایگان در محدوده ۵/۹ گیگاهرتز برای خدمات مرتبط با ایمنی نایل شده است. کنسرسیوم مزبور در سازمان‌های استانداردسازی اروپا بویژه ETSI² مشارکت دارد و در راستای شناسایی، توسعه و استقرار حداقل مجموعه استانداردهای لازم برای پیاده‌سازی کاربردهای ITS-C تلاش می‌کند (CAR 2 CAR, 2012).

– اعلامیه تصویب قانون الزامی ساختن استفاده از فناوری ارتباطات خودرویی در آمریکا، بر مبنای اعلامیه منتشره در این باره از سوی وزارت حمل و نقل آمریکا در سوم فوریه سال ۲۰۱۴، اراده دولت آمریکا برای پیاده‌سازی کاربردهای V2V در این کشور نشان داده شده است. فناوری V2V به خودروهای واقع در یک ناحیه اجازه می‌دهد از طریق یک شبکه بی‌سیم به مبادله بلادرنگ داده‌هایی در مورد سرعت، مکان و جهت حرکت خود با یکدیگر بپردازند. با این اطلاعات، خودروها خواهند توانست احتمال بروز تصادف را محاسبه کرده و به رانندگان هشدارهای لازم برای جلوگیری از وقوع تصادفات احتمالی را بدهند. سامانه‌های V2V پیشرفته‌تر

¹ Cooperative ITS

² European Telecommunications Standards Institute

قادرند حتی در صورت عدم واکنش به موقع راننده، به‌طور خودکار اتومبیل را متوقف کنند. این فناوری نقش مهمی در پیشگیری از تصادفات رانندگی متداول مانند برخورد از عقب، تصادف در اثر تغییر ناگهانی مسیر یا ورود ناگهانی به یک تقاطع ایفا خواهد کرد (NHSTA, 2014).

- راهبرد ملی صنعت ITS استرالیا که برای دوره زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ با هدف ارتقای عملکرد ایمنی، اقتصادی و زیست‌محیطی شبکه‌های حمل‌ونقل این کشور ارائه شده است، بر اقدامات مشارکتی ITS برای کاربران جاده، مانند ارتباطات بین خودروها (V2V) و بین خودروها با تجهیزات کنار مسیر (V2I) تمرکز دارد (CVT Project website, 2012).

نمونه‌های فوق‌الذکر از توجهات جهانی نسبت به موضوع فناوری ارتباطات خودرویی و زمینه‌سازی‌های لازم برای توسعه کاربردهای آن در بخش‌های V2V و V2I، اهمیت و جایگاه این فناوری را در طراحی، پیاده‌سازی و به‌کارگیری سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند نشان می‌دهد. اثربخشی کاربردهای مبتنی بر فناوری ارتباطات خودرویی به ضریب نفوذ آن و افزایش تعداد خودروهای مجهز به واحدهای OBU و همچنین سطح پوشش مسیرهای حرکت خودروها به وسیله تجهیزات RSU وابسته است. از این‌رو راهکارها و یا سناریوهایی هم‌اینک مطرح هستند که بر مبنای آنها بتوان به بهترین نتیجه از به‌کارگیری این فناوری در شرایط آغازین توسعه آن دست یافت.

نمونه‌ای از این راهکارها که به صورت یک سناریوی قدم به قدم پس از کنگره جهانی ITS سال ۲۰۱۲ در وین توسط گروه سوارکو^۱ برای استقرار زیرساخت مورد نیاز در نسل اول سامانه‌های رانندگی هوشمند ترسیم شده است، پیشنهاد استقرار واحدهای RSU بر روی تابلوهای VMS می‌باشد (Swarco Group, 2012). از دیدگاه این گروه، نصب RSUها در محل استقرار تابلوهای VMS، امکان ارتقای قابل ملاحظه‌ای در پیام‌های این تابلوها را در نتیجه‌ی ارائه‌ی اطلاعات به‌هنگام‌تر و تخصصی‌تر فراهم می‌سازد. برای اجرای این پیشنهاد، تنها نیاز است تا تعداد محدودی از خودروها مانند خودروهای گشت راهداری و یا خودروهای پلیس راه، به تجهیزات درون خودرویی OBU مجهز باشند.

آنچه در این مقاله تشریح می‌شود، اجرای راهکار نوین استفاده از فناوری ارتباطات خودرویی برای به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS براساس سناریوی فوق‌الذکر با استفاده از تجربیات اجرای پروژه ملی «طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی» و توجه به نیازمندی اعلام شده از سوی کاربران جاده‌ای می‌باشد. سازکار

مورد استفاده برای این منظور پس از بیان معماری سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی، معرفی می‌گردد.

۳) اجزا و معماری سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی

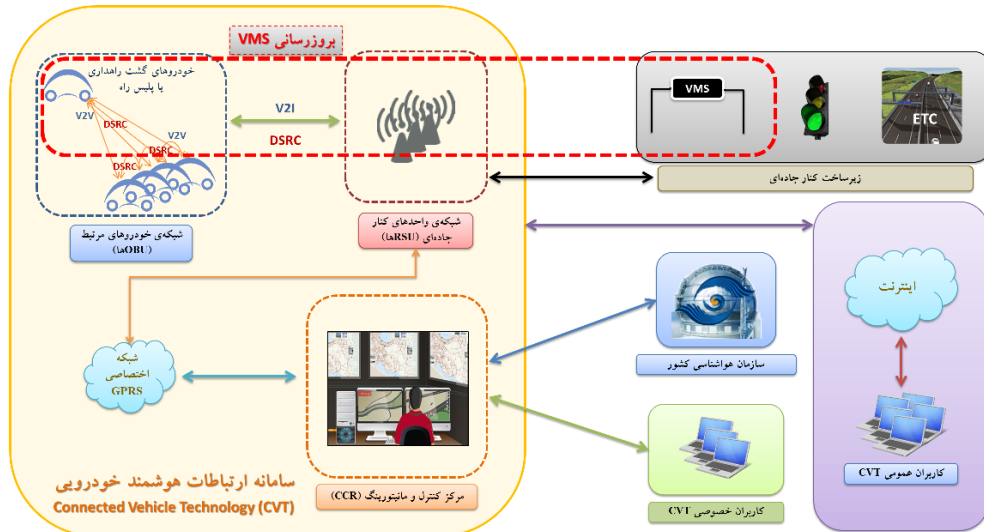
قرارگیری اجزای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای پیاده‌سازی کاربردهای فناوری ارتباطات خودرویی در کنار هم، شامل تجهیزات OBU و RSU و همچنین نرم‌افزارهای دریافت، پردازش و انتشار اطلاعات خودرویی بر روی این تجهیزات و در اتاق مرکزی کنترل و مانیتورینگ (CCR)^۲، در مجموع به شکل‌گیری یک سامانه ارتباطی می‌انجامد که آن را «سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی» می‌نامیم. استقرار این سامانه با معماری خاص آن، شرایط تعریف و اجرای طیف گسترده‌ای از کاربردهای حوزه حمل‌ونقل هوشمند را فراهم می‌سازد که یکی از آنها کاربرد «به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS» می‌باشد.

سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی با این هدف طراحی و پیاده‌سازی شده است که با اجرای کاربردهای نمونه آن در محیط‌های عملیاتی، مقدمات لازم به منظور هماهنگی و جلب مشارکت دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط برای ایجاد شرایط توسعه به‌کارگیری فناوری ارتباطات خودرویی به عنوان یک فناوری محوری در معماری حمل‌ونقل هوشمند را در کشور فراهم نماید. در این راستا، به‌منظور دستیابی به مزایای گسترده فناوری یاد شده در حوزه‌های ایمنی حمل‌ونقل، روان‌سازی ترافیک، کنترل آلاینده‌ی خودروها و حفظ محیط زیست، لازم بوده است که بستر مورد نیاز برای آزمون و ارزیابی عملکرد فناوری در این حوزه‌ها از طریق فراهم‌سازی قابلیت‌های اجرایی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی ایجاد گردد. معماری بکار رفته در طراحی این سامانه و بستر ایجاد شده از طریق پیاده‌سازی آن، امکان اجرا، آزمون و ارزیابی اثربخشی کاربرد معرفی شده در این مقاله را فراهم کرده است. شکل ۱ نمایی کلی از معماری سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی را نشان می‌دهد. در این شکل، اجزاء سامانه و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر مشاهده می‌شوند. ارتباط منابع داده خارجی که داده‌های مورد نیاز مرکز CCR را به منظور اجرای کاربردهای سامانه تأمین می‌کنند، مانند سازمان هواشناسی کشور برای ارسال داده‌های هواشناسی جاده‌ای نیز در این شکل نشان داده شده است. قسمت خط‌چین در این شکل، اجزاء مرتبط با اجرای کاربرد مورد نظر را مشخص می‌کند.

همانطور که در شکل ۱ قابل مشاهده است، این سامانه با حضور و تردد خودروهای مجهز به واحدهای درون خودرویی

² Central Control Room

¹ SWARCO



شکل ۱) معماری کلی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی

اختصاصی و یکپارچه‌سازی پیمانه‌های نرم‌افزاری طراحی شده به این منظور، به عنوان یکی از کاربردهای سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی در بخش V2I، در چهار سطح به شرح زیر پیاده‌سازی شده است:

در سطح اول، از طریق واسط کاربری مورد نیاز که با استفاده از سیستم‌عامل اندروید بر روی یک تبلت پیاده شده است، امکان تعیین پیام‌ها و ارتباط با سایر اجزای سامانه برای کاربر فراهم می‌شود. در شکل ۳، نحوه انتخاب پیام‌های ترافیکی برای انتقال و نمایش بر روی تابلوی VMS نشان داده شده است. پیام‌های انتخاب شده از طریق بلوتوث به واحد OBU که داخل خودرو نصب شده است، انتقال می‌یابند. فرآیند تعیین و انتقال پیام‌های مورد نظر می‌تواند تا قبل از رسیدن به نزدیکی محل استقرار واحد RSU بر روی تابلوی VMS اجرا شود.

برای مثال در مسیر آزادراه کرج به سمت تهران، با مشاهده وضعیت ترافیکی در مسیر تهران به کرج، می‌توان پیام‌های مناسب را برای نمایش از طریق تابلوی مستقر در ابتدای آزادراه تهران - کرج تعیین نمود. در نرم‌افزار تهیه شده برای اجرای این کاربرد، امکان انتخاب فاصله زمانی بین نمایش پیام‌ها و تعیین طول مدت نمایش یک مجموعه پیام فراهم شده است.

تصاویر شکل ۴، چگونگی فاصله‌گذاری زمانی بین پیام‌های انتخاب شده و تعیین کل مدت مورد نظر برای نمایش مجموعه پیام‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

در سطح دوم، پیام‌های تعیین شده از طریق تبلت، با استفاده از نرم‌افزار پیاده‌سازی شده بر روی OBU، توسط این واحد دریافت می‌شوند. تأیید دریافت این پیام‌ها از طریق صفحه مربوطه به اطلاع کاربر رسانده می‌شود.

OBU) که می‌توانند با یکدیگر و با واحدهای کنار جاده‌ای (RSU) در ارتباط باشند، ایجاد می‌گردد. ارتباط این خودروها با یکدیگر و با واحدهای RSU بر مبنای پروتکل DSRC برقرار می‌شود. واحدهای RSU، رابط بین مرکز CCR و خودروها هستند و از طریق یک شبکه اختصاصی امن مبتنی بر GPRS به تبادل داده با این مرکز می‌پردازند.

انتخاب مکان‌های نصب واحدهای RSU از اهمیت خاصی برخوردار است. این مکان‌ها بدون آنکه نیازی به فاصله‌گذاری مشخصی بین RSUها باشد، به نحوی انتخاب می‌شوند که شرایط اجرای کاربردهای مورد نظر سامانه را به بهترین صورت ممکن فراهم آورند.

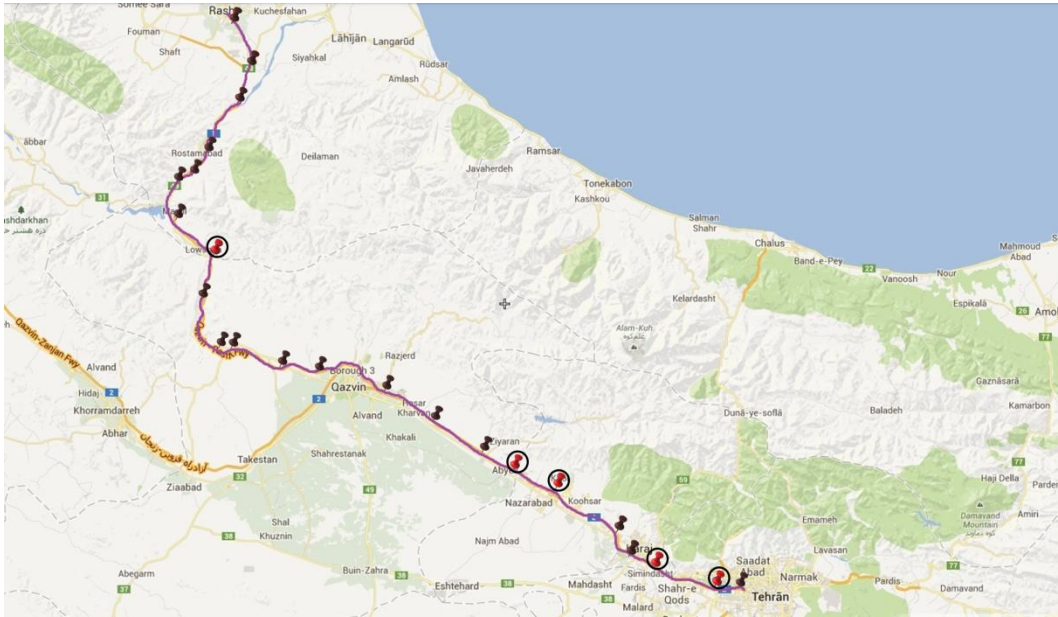
شکل ۲ مسیر اجرای آزمایشی (پایلوت) سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی را در آزادراه تهران - رشت و محل‌های نصب تجهیزات RSU را در این مسیر نشان می‌دهد. در این شکل، نقاط نصب واحدهای RSU بر روی تابلوهای VMS با دایره مشخص شده‌اند.

به دلیل مسائل امنیتی و لزوم جلوگیری از هرگونه اختلال و نفوذ احتمالی برای نمایش پیام‌های ناخواسته، ارتباط بین واحد RSU و بخش کنترل تابلو VMS از طریق کابل شبکه برقرار شده است که به صورت محافظت شده در محدوده داخلی تابلو قرار دارد و برای افراد غیرمجاز قابل دسترس نمی‌باشد.

۴) به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS با استفاده

از قابلیت‌های فناوری DSRC

کاربرد به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS با استفاده از اجزای فناوری ارتباطات برد کوتاه



شکل ۲) مکان نصب و استقرار واحدهای RSU در مسیر اجرای آزمایشی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی (دایره‌های قرمز، پنج واحد از RSU های نصب شده بر روی تابلوهای VMS را نشان می‌دهند).



شکل ۳) نحوه انتخاب پیام‌های ترافیکی برای انتقال و نمایش بر روی تابلوی VMS



شکل ۴) نحوه زمان‌بندی نمایش پیام‌های ترافیکی بر روی تابلوی VMS

شکل ۵ نحوه این اطلاع‌رسانی را نشان می‌دهد. با این اطلاع، کاربر اطمینان می‌یابد که پیام‌های ارسالی وی به واحد OBU رسیده است و این پیام‌ها به محض ورود خودرو به محدوده پوشش آنتن RSU، توسط این واحد دریافت شده و جهت نمایش به تابلوی VMS ارسال خواهند شد.

با انجام هر یک از این مراحل، یعنی ارسال به RSU و بعد ارسال به VMS، نشانگرهای مقابل این واحدها در شکل ۵ به رنگ سبز درخواهند آمد و به کاربر اطلاع‌رسانی می‌شود.

در سطح سوم، پیام‌های ارسال شده از سوی OBU، منجر به اجرای نرم‌افزار خاص دریافت این پیام‌ها در سمت RSU شده و این واحد، پیام‌های دریافتی را بر مبنای پروتکل توافق شده با سازنده تابلوی VMS، از طریق کابل شبکه به کنترلر این تابلو منتقل می‌کند. پس از انجام موفق این انتقال، نشانگرهای مربوطه به ترتیب نشان داده شده در شکل ۶ به رنگ سبز در می‌آیند.



شکل ۵) تأیید OBU مبنی بر دریافت پیام‌های ترافیکی ارسال شده از سوی کاربر



شکل ۶) تأیید سامانه مبنی بر ارسال پیام‌های ترافیکی به تابلوی VMS

انجام رسیده و صحت عملکرد آن مورد مشاهده و تأیید قرار گرفته است. در تصاویر شکل ۷ نمایی از پیام‌های نمایش داده شده بر روی تابلو VMS که از طریق اجرای این کاربرد تعیین و ارسال شده‌اند، قابل مشاهده می‌باشد. نمایش پیام‌هایی که به این ترتیب ارسال می‌شوند، به محض ورود خودروی ارسال‌کننده آنها به محدوده پوشش رادیویی RSU و با قطع پیام‌های در حال نمایش تابلو، آغاز خواهد شد.

۶ اهمیت و جایگاه فناوری DSRC در اجرای کاربرد

با توجه به اینکه به‌روزرسانی اطلاعات تابلوهای VMS از راه دور و از طریق شبکه ارتباطات سلولی و GPRS نیز امکان‌پذیر می‌باشد، ممکن است این سؤال مطرح شود که برای انجام این کار چه نیازی به استفاده از فناوری DSRC و ارتباطات خودرویی وجود دارد؟ پاسخ این سؤال با عبارات زیر قابل ارائه است که اهمیت و جایگاه فناوری DSRC در اجرای عملیاتی و مؤثر کاربرد معرفی شده در این مقاله را به اختصار نشان می‌دهند:

- ضرورت به‌روزرسانی اطلاعات تابلوهای VMS در شرایط بارندگی و ناپایداری هوا و همچنین در ایام تعطیلات عمومی و حضور حجم بالای مسافران در سطح جاده‌ها بیشتر می‌باشد. در این شرایط شبکه ارتباطات سلولی با محدودیت‌های خاصی از ناحیه شرایط جوی و اشغال کانال‌های موجود به دلیل استفاده مشترکین مواجه است.

- نمایش آنی پیام‌های هشداردهنده متناسب با شرایط جاری و پدیده‌های ترافیکی واقع شده در سطح جاده‌ها و معابر شهری با استفاده از شبکه ارتباطات سلولی، GPRS و یا حتی LTE به دلیل تأخیرات ذاتی این شبکه‌ها تقریباً غیرممکن است.

- استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری DSRC بر روی خودروهای گشت راهداری و یا پلیس‌راه و استقرار واحدهای RSU بر روی تابلوهای VMS، یک شبکه یکپارچه و مستقل از سایر شبکه‌ها را ایجاد می‌کند که متولیان آنها بخش خصوصی هستند و ممکن است به هر دلیل در شرایط اضطراری امکان استفاده از خدمات آنها فراهم نباشد. استقلال که به این ترتیب برای متولیان امور راه در حوزه اطلاع‌رسانی به مسافران ایجاد می‌شود، تداوم و کیفیت خدمات این حوزه را تضمین خواهد کرد.

به طور کلی استفاده از فناوری DSRC برای تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS و افزایش کارایی عملیاتی این تجهیزات، بیشتر در شرایط خاص و اثرگذار که سایر فناوری‌ها قادر به عملکرد مؤثر نیستند، مطرح می‌باشد تا از این طریق

در سطح چهارم، اطلاعات ارسالی به کنترلر تابلو VMS موجب نمایش زمان‌بندی‌شده‌ی پیام‌های مورد نظر بر روی آن خواهد شد. در این سطح، علاوه بر نمایش پیام‌های تعیین‌شده، امکان اجرای پیام‌های کنترلی مانند روشن و یا خاموش کردن تابلو نیز وجود دارد که در شرایط عملیاتی، دارای کاربری خاص خود می‌باشد. در آزمون این کاربرد پیام‌های مندرج در جدول ۱ به عنوان پیام‌های پیش‌فرض در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱- پیام‌های پیش‌فرض برای آزمون اجرای کاربرد به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS

| شماره پیام | متن پیام |
|------------|--|
| ۱ | بستن زنجیر چرخ الزامی است |
| ۲ | کولاک و بارش برف، با احتیاط برانید |
| ۳ | مه غلیظ، با احتیاط برانید |
| ۴ | جاده لغزنده است، با احتیاط برانید |
| ۵ | عملیات عمرانی، احتیاط |
| ۶ | جاده در دست تعمیرات است، با احتیاط برانید |
| ۷ | از حرکات مارپیچ خودداری کنید |
| ۸ | بین دو خط برانید |
| ۹ | فاصله طولی را رعایت کنید |
| ۱۰ | با رانندگی صحیح، فرشته نجات خود و همراهانتان باشید |
| ۱۱ | ترافیک سنگین در ادامه مسیر |
| ۱۲ | ترافیک روان در ادامه مسیر |
| ۱۳ | وقوع تصادف در ادامه مسیر |

هرچند که در این سطح و در شرایط تعریف شده برای اجرای کاربرد، به لحاظ مسائل امنیتی، فقط امکان انتخاب از بین پیام‌های پیش‌فرض برای کاربران فراهم شده است، اما این موضوع هیچ خدشه‌ای به نتایج عملیاتی و کارایی کاربرد وارد نمی‌سازد، چرا که محدودیتی برای تعداد پیام‌های پیش‌فرض وجود ندارد و هر نوع پیام معتبر می‌تواند به سادگی به فهرست پیام‌های پیش‌فرض اضافه شود. البته هر نوع تغییر در فهرست پیام‌های پیش‌فرض باید از طریق سازنده تابلوی VMS اعمال گردد.

۵ آزمون صحت اجرای کاربرد

صحت اجرای کاربرد «به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS» که نحوه پیاده‌سازی و اجرای آن در بخش قبل توصیف گردید، با آزمون در شرایط عملیاتی و بررسی نحوه نمایش پیام‌های مورد نظر بر روی تابلو VMS، قابل ارزیابی می‌باشد. این آزمون در شرایط مختلف عملیاتی با حضور نمایندگان و مسئولین دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط مانند سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و پلیس‌راه به



شکل ۷) مشاهده نمایش پیام‌های تعیین شده که صحت اجرای کاربرد را نشان می‌دهد.

خودرویی، تولید و به صورت انبوه به بازار مصرف ارائه خواهند شد (NHTSA, 2014).

توسعه کاربردهای این فناوری همانند سایر فناوری‌های نوین دیگر با چالش‌هایی همراه است. اثربخشی کاربردهای بخش V2V نیازمند آن است که یک درصد حداقلی از خودروها به این فناوری مجهز باشند. بدیهی است با افزایش تولید و تجهیز این نوع خودروها، آثار اجرای کاربردهای V2V به نحو کاملاً محسوسی بر ایمنی سفرهای جاده‌ای و بهبود ترافیک شهرها پدیدار خواهد شد. گزارش یکی از پروژه‌های اتحادیه اروپایی (به نام DIAMANT) نشان می‌دهد که اگر تنها ۰/۵ درصد خودروها دارای تجهیزات ارتباطات خودرویی برای تبادل داده باشند، برای دستیابی به تصویری جهت ترسیم جریان واقعی ترافیک به منظور مدیریت آن و جلوگیری از راه‌بند‌های پرهزینه کافی خواهند بود (Opel, 2011).

کاربردهای بخش V2I نیز به دلیل نیازمندی به ایجاد زیرساخت متشکل از شبکه RSUها با هزینه‌های استقرار و نگهداری با هزینه‌های خاص خود و همچنین ضرورت تصویب قوانین و مقررات لازم برای رعایت حدود استفاده از محدوده فرکانس رادیویی مورد نیاز فناوری همراه است.

با این وصف، کاربرد «به‌روزرسانی و تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS»، به طوری که در سناریوی پیشنهادی در اروپا مطرح شده است، یک کاربرد بهینه برای بکارگیری فناوری ارتباطات خودرویی و رسانیدن منافع آن به عموم مردم و خودروهایی است که فاقد تجهیزات این فناوری هستند. ضمن آنکه در سازوکار پیشنهادی برای پیاده‌سازی این کاربرد، نیازی به استقرار شبکه سراسری بین RSUها وجود ندارد و هر زوج RSU و VMS به تنهایی می‌تواند به صورت محلی از قابلیت ارائه خدمات مورد نظر برخوردار باشند. این کاربرد می‌تواند با پیاده‌سازی بر روی تابلوهای VMS و

طریق اطلاعات مورد نیاز برای راحتی و ایمنی سفر شهروندان در اختیار ایشان گذاشته شود. از اینرو در اینجا مسئله اقتصادی و مقایسه هزینه‌های استفاده از فناوری‌های مختلف برای تغذیه اطلاعات ترافیکی تابلوهای VMS، به عنوان یک سؤال احتمالی، چندان قابل طرح نیست. با این وجود می‌توان به یک مقایسه اجمالی بین هزینه‌های استفاده از DSRC و فناوری LTE^۱ اشاره نمود که نشان می‌دهد با افزایش ضریب نفوذ این فناوری‌ها (بالاتر از ۲ درصد خودروها)، هزینه‌های استفاده از LTE به صورت نمایی رشد خواهد کرد و هزینه‌های DSRC ثابت می‌ماند (Justin McNew, 2010).

۷ نتیجه‌گیری

توافقات جهانی بین نهادهای مرتبط با حوزه حمل‌ونقل هوشمند برای به‌کارگیری فناوری‌های نوین به منظور افزایش ایمنی خودروها و کاهش تصادفات رانندگی و همچنین تشکیل کنسرسیوم‌های ایجاد شده بین خودروسازان بزرگ دنیا به صورت هماهنگ در این مسیر قرار گرفته است که شرایط استفاده تجاری از فناوری ارتباطات خودرویی و توسعه کاربردهای این فناوری فراهم گردد. به این منظور استانداردهای مورد نیاز از جمله استاندارد IEEE 802.11p موسوم به DSRC/WAVE یا ETSI ITS G5^۲ مورد توافق کشورهای پیشرفته قرار گرفته است. این حرکت و اعلامیه‌های رسمی صادر شده از سوی مراجع رسمی در آمریکا، اروپا، ژاپن و برخی کشورهای دیگر حاکی از آن است که در آینده بسیار نزدیک، خودروهای مجهز به قابلیت‌های فناوری ارتباطات

^۱ مخفف Long Term Evolution می‌باشد که اصطلاحاً برای معرفی نسل چهارم فناوری ارتباطات سلولی به صورت 4G LTE بکار برده می‌شود.

^۲ European Telecommunications Standards Institute

Rostami, H. et.al. (2013).
Connected Vehicle Technology in I.R.IRAN.
20th ITS World Tokyo.

Swarco Group (November/December 2012). A vision of
Infrastructure side of V2X - ITS international,
Advanced Technology for Traffic Management and
Urban Mobility, [http:// www. itsinternational.com/](http://www.itsinternational.com/).

تجهیز تعداد لازم از خودروهای گشت‌راهداری و پلیس‌راه به واحدهای OBU، موجبات بهره‌مندی عموم شهروندان و خودروها از خدمات فناوری ارتباطات خودرویی را در جاده‌ها و معابر شهری فراهم نماید.

سیاسگذاری

انجام پروژه «طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی» که با استفاده از نتایج آن، امکان اجرای کاربرد معرفی شده در این مقاله فراهم شده است، مرهون حمایت‌ها و پشتیبانی همه‌جانبه سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران می‌باشد. هماهنگی و ایجاد شرایط مناسب برای اجرای آزمایشی این پروژه نیز در سایه مساعدت‌های سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی و ادارات کل تابعه وزارت راه و شهرسازی در استان‌های تهران، البرز، قزوین و گیلان صورت گرفته است. ضمن سپاس و قدردانی از این سازمان‌ها و ادارات، از شرکت صنایع الکترونیک سامع نیز که با همکاری‌های فنی و اجرایی خود، شرایط آزمون، پیاده‌سازی و تداوم ارائه خدمات این کاربرد را ایجاد کرده‌اند، کمال تشکر و امتنان را داریم.

مراجع

حبیب رستمی، حمیدرضا عطائیان و مهدی شریف‌پور (۱۳۹۰). سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی و چشم انداز توسعه آن. یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.

Benson, B.G. (1996). Motorist attitude about content of variable message signs. *Transportation Research Record*, (1550), 48-57.

CAR 2 CAR Communication Consortium (Oct 2012).
MOU, 10.

CVT project Website, <http://cvt-project.ir/NewsDetail.aspx?SubjectType=82&InfoID=1166>,
March 2012.

Iteris(Apr2012). <https://www.iteris.com/about/news/2012/04/04/iteris-awarded-124-million-contract-for-national-its-architecture-evolution-and-support>.

Justin McNew (2010). 5.9 GHz DSRC and LTE Comparison for ITS Applications, Kapsch Group.

NHSTA, National Highway Traffic Safety Administration, USA. (February 3, 2014).
<http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2014/USDOT+to+Move+Forward+with+Vehicle-to-Vehicle+Communication+Technology+for+Light+Vehicles>

Opel (June 2011). http://media.opel.com/media/intl/en/opel/news.detail.html/content/Pages/news/intl/en/2011/OPEL/06_22_opel_Traffic_Jam_Free_Future.html

PIARC-FISITA (2012). *The Connected Vehicle* report.