فناوری ارتباطات خودرویی: مروری بر مفاهیم و بررسی کاربردها

زینب کاموسی[*+]، بهنام رفیعی‌مهر[1]، اصغر ناصری[2] و صدیقه اولین چهارسوقی[3]
تهران، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف، گروه پژوهشی فناوری اطلاعات، صندوق پستی 686-13445

چکیده

فناوری ارتباطات خودرویی (CVT[4]) گام بزرگی در عرصه سامانه‌های حمل ونقل هوشمند(ITS[5]) به حساب می‌آید. در این فناوری تجهیزاتی بر روی خودروها و محل‌هایی خاص در کنار جاده نصب می‌شود که امکان برقراری ارتباط بی‌سیم خودروها با یکدیگر و نیز بین خودروها و تجهیزات کنار جاده را فراهم می‌سازد. با استفاده از فناوری‌هایی مانند ارتباطات اختصاصی برد کوتاه (DSRC[6]) و با مبادله اطلاعات حساسی مانند موقعیت، سرعت و جهت حرکت خودروها تا بردی معین، رانندگان خودروهای مجهز به این فناوری از سطح آگاهی بالاتری در رابطه با حضور سایر خودروها در نزدیکی خود برخوردار می‌شوند و می‌توانند با دریافت اطلاعات به‌موقع، برای مقابله با شرایط خطرناک و پرهیز از ورود به موقعیت‌های حادثه‌آفرین، تصمیماتی آگاهانه اتخاذ نمایند. علاوه بر کاربردهای حیاتی ایمنی، این فناوری می‌تواند تحول مهمی در تحرک‌پذیری و روان‌سازی ترافیک نیز بوجود آورد. هم‌چنین رانندگان با داشتن اطلاعات کافی خواهند توانست نسبت به انتخاب بهتر مسیرها و اصلاح الگوی رانندگی خود اقدام نمایند که نتیجه‌ی آن کاهش مصرف سوخت و رانندگی سازگارتر با محیط زیست خواهد بود.

در این مقاله مفاهیم فناوری ارتباطات خودرویی و کاربردهای ایمنی، تحرک‌پذیری[7]، مسایل زیست‌محیطی و سایر خدمات آن بررسی شده است.

واژگان کلیدی: فناوری ارتباطات خودرویی، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، DSRC، کاربردهای ایمنی، تحرک‌پذیری.

---

* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: 66024626-021 و آدرس پست الکترونیکی: Zeinab_kamousi@jdsharif.ac.ir
1 شماره نمابر: 66024626-021 و آدرس پست الکترونیکی: Rafiey@jdsharif.ac.ir
2 شماره نمابر: 66024626-021 و آدرس پست الکترونیکی: Naseri@jdsharif.ac.ir
3 شماره نمابر: 66024626-021 و آدرس پست الکترونیکی: Charsooghi@jdsharif.ac.ir

4 Connected Vehicle Technology
5 Intelligent Transportation Systems
6 Dedicated Short Range Communications
7 Mobility

1- مقدمه

با ظهور شبکه جهانی اینترنت در دو دهه گذشته، انقلابی عظیم در عرصه ارتباطات و تعاملات بشری رخ داده است. همچنین فناوری‌های ارتباطاتی سیار مانند تلفن‌های همراه نیز باعث تحول شگرفی در عرصه ارتباطات اجتماعی و مدل‌های کسب و کاری شده‌اند. اما با این همه، آینده فناوری‌های ارتباطی به منزل و محل کار محدود نخواهد شد. با قرار داشتن در عصر ارتباطات، دورانی در حال تجربه شدن است که در آن فناوری‌های موجود در تعامل با یکدیگر موجب ابداع فناوری‌های نوین شده‌اند و بر مبنای این فناوری‌ها نیز، محصولات گذشته جای خود را به محصولاتی با قابلیت‌های جدید داده‌اند. سامانه‌های ارتباطات هوشمند خودرویی نمونه‌ای از این فناوری‌ها و حاصل تلفیق دستاوردهای صنعت ارتباطات با صنعت حمل‌ونقل است. ظرف چند سال گذشته با توجه به توسعه فناوری‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطی، کاربردهای متنوعی در افق دید طراحان خودرو و همچنین دست‌اندرکاران صنعت حمل‌ونقل قرار گرفته است که می‌تواند نگاه موجود به خودرو را در آینده کاملا دگرگون نماید. این نگاه به مدد استفاده از فناوری‌هایی مانند DSRC و یا فناوری ارتباطات مبتنی بر شبکه‌های موردی خودرویی (VANET[8]) تصویری متفاوت از یک خودرو به دست می‌دهد و آن را تبدیل به یک عامل ارتباطی قابل اتکا در سطح معابر و جاده‌ها می‌کند[1]. در این مقاله در ابتدا مفاهیم ارتباطات خودرویی معرفی شده‌اند، همچنین معماری سامانه‌های هوشمند این فناوری و DSRC به‌عنوان مهمترین فناوری مورد استفاده مورد بررسی قرار گرفته‌اند و سپس به معرفی کاربردهای مطرح این فناوری پرداخته شده است.

2- مروری بر فناوری ارتباطات خودرویی

فناوری CVT، مجموعه‌ای از قابلیت‌ها و فناوری‌های الکترونیکی و اطلاعاتی با محوریت فناوری DSRC است که بستری برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین خودروها و تجهیزات کنترل ترافیک را بوجود می‌آورد. سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی که بر مبنای بکارگیری این فناوری طراحی و اجرا می‌شود، خدمات متنوعی را در زمینه ایمنی، مدیریت ترافیک و خدمات تجاری ارائه می‌دهد.

فناوری DSRC با ایجاد یک بستر ارتباطی میان اجزاء الکترونیکی خودروها و تجهیزات ارتباطی نصب شده در کنار جاده‌ها، امکان تبادل داده میان خودروها با یکدیگر و همچنین خودروها با تجهیزات نصب شده در امتداد مسیرهای عبوری را فراهم می‌کند. تجهیزات کنار جاده‌ها نیز علاوه بر امکان ارتباط و تبادل داده با یکدیگر، در نهایت به یک سامانه مرکزی مرتبط می‌شوند[2].

تاکنون فناوری‌های مختلفی برای تأمین بستر ارتباطی مورد نیاز سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل پیشنهاد و یا ارائه شده‌اند که می‌توانند کاربردهای مختلفی را به اجرا گذارند، اما دامنه کاربرد هیچکدام به وسعت DSRC نبوده است. [3].

به طور کلی کاربردهای مبتنی بر فناوری ارتباطات خودرویی در دو بخش دسته‌بندی می‌شوند.

- ارتباطات خودرو با خودرو(V2V[9]): خودروها با تجهیزات الکترونیکی موسوم به واحد وضعیت‌نمای خودرو (OBU[10]) از طریق امواج بی‌سیم به مبادله پیام با یکدیگر می‌پردازند. این پیام‌ها بر مبنای اطلاعات قابل دریافت از حسگرهای درون خودرو (از جمله سرعت‌سنج، شتاب‌سنج، مکان‌یاب ماهواره‌ای، حسگر ترمز سامانه ABS و...)، طبق استاندارد مشخص تولید می‌شوند.
- ارتباطات خودرو با زیرساخت(V2I[11]): تبادل پیام بین خودروها و شبکه ارتباطات زیرساخت با استفاده از تجهیزات موسوم به واحدهای کنار جاده‌ای (RSU[12]) صورت می‌پذیرد. در این بخش داده‌های ردیابی خودروها و اطلاعاتی مانند زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، داده‌های آب و هوایی و شرایط ترافیکی جاده‌ها توسط واحدهای کنار جاده‌ای گردآوری و متناسب آن پیام‌های لازم به خودروهای عبوری از محدوده تحت پوشش RSUها ارسال می‌شوند. پیام‌های ارسالی به خودروها براساس تحلیل اطلاعات گردآوری شده در مرکز کنترل و پایش RSUها تولید شده و با هدف ارتقاء سطح ایمنی، افزایش تحرک‌پذیری و بهبود کارآیی سوخت خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

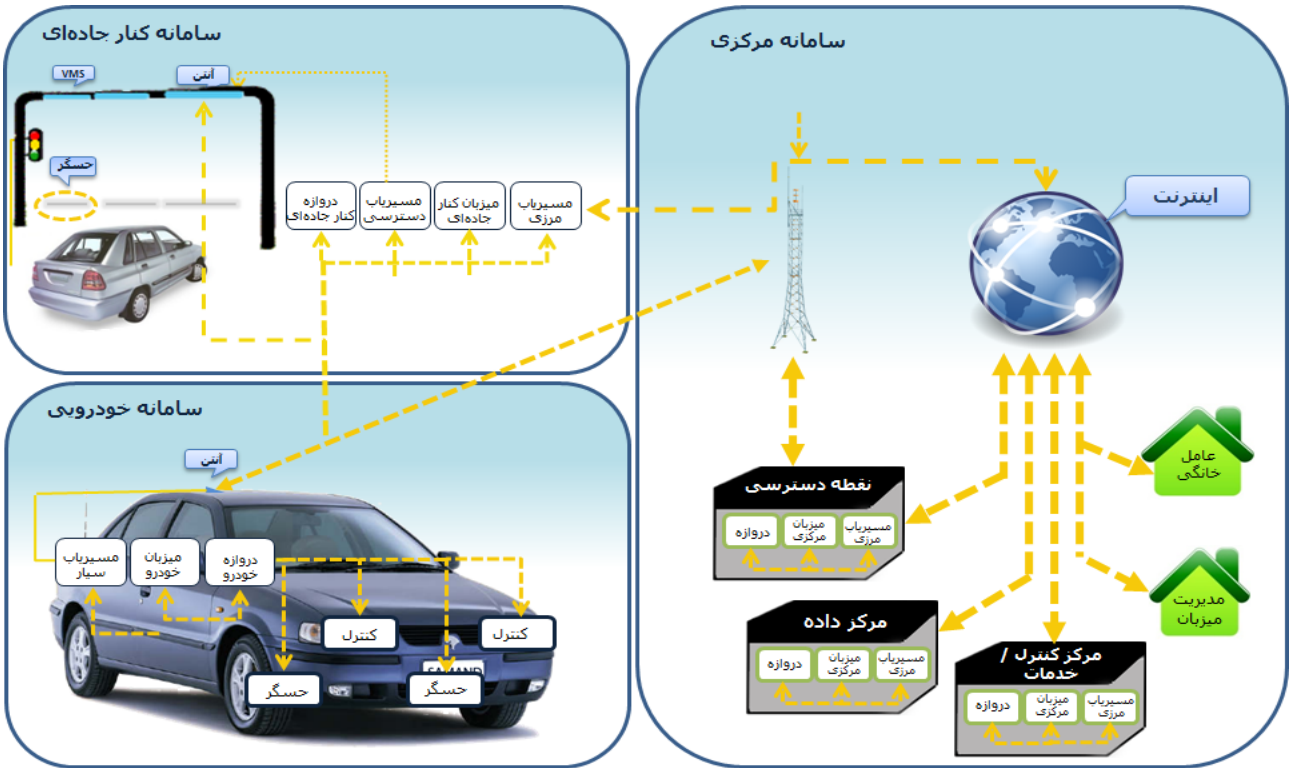
3- معماری سامانه

شکل شماره 1 معماری کلی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی را به تصویر می‌کشد. این تصویر بیان می‌کند که در صورت به‌کارگیری تجهیزات CVT، اطلاعات ترافیکی خودروها

8 Vehicular Ad-hoc Networks

9 Vehicle-to-Vehicle
10 On-Board Unit
11 Vehicle-to-Infrastructure
12 Road-side Unit

به صورت محلی به یکدیگر و به تجهیزات کنار مسیر منتقل شده و در نهایت به مرکز کنترل و مراقبت ترافیـــــک انتقال می‌یابد تا امکان بهبود مدیریت تردد خودروها فراهم آید.



شکل 1: معماری کلی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی

1-3- اجزاء سامانه

همانطور که در شکل شماره 1 مشاهده می‌شود، اجزاء اصلی این سامانه عبارتند از:

1) تجهیزات درون خودرو یا OBU که شامل اجزاء زیر است:

- تجهیزات پردازشی خودرو[13]؛
- تجهیزات ارتباطی در محیط خودرویی بر اساس قرارداد ارتباطی IEEE 802.11p؛
- تجهیزات جمع‌آوری داده حسگرها و تجهیزات الکترونیک خودرو.

این تجهیزات با دریافت اطلاعات مختلف از محیط خودرویی و تجهیزات الکترونیکی درون خودرو و پردازش آنها، کاربردهای مختلفی از جمله اعلام هشدارهای ایمنی و ارائه اطلاعات ترافیکی را به اجرا می‌گذارند.

2) تجهیزات کنار مسیر یا RSUها که شامل اجزاء زیر است:

- تجهیزات پردازشی؛
- تجهیزات ارتباطی در محیط خودرویی بر اساس قرارداد ارتباطی IEEE 802.11p؛
- تجهیزات جمع‌آوری داده ITS و اطلاعات محیطی (مانند هواشناسی)؛
- تجهیزات ارتباطی راه دور.

این تجهیزات از طریق ارتباط با تجهیزات درون خودرو و تجهیزات ITS و اطلاعات محیطی، اطلاعات محیطی و ترافیکی را جمع‌آوری کرده، هشدارهای ایمنی، اطلاعات ترافیکی و سایر خدمات ارتباطی را در اختیار خودروها قرار می‌دهد. همچنین اطلاعات جمع‌آوری شده توسط این تجهیزات به مرکز کنترل ارسال می‌شود.

3) بستر مخابراتی WAN(مانند فناوری‌های تلفن همراه، WIMAX یا ADSL)

به منظور انتقال اطلاعات جمع‌آوری شده در تجهیزات کنار مسیر و همچنین ارسال پیام‌های ترافیکی از مرکز به خودروها، پایش و کنترل تجهیزات از راه دور، از بستر مخابراتی راه دور استفاده می‌شود.

4) مرکز کنترل

شامل تجهیزات ارتباطی، پردازشی و ذخیره‌سازی بوده و ابعاد

13 Vehicle Host

آن متناسب با کاربردهای مورد انتظار و شبکه‌ای است که تحت پوشش خود قرار می‌دهد. این مرکز نیز وظیفه کنترل و پایش تجهیزات، جمع‌آوری و مدیریت اطلاعات ترافیکی در شبکه بین خودرویی را بر عهده دارد.

4- فناوری DSRC

فناوری‌های ارتباطات از اصول و مبانی پیاده‌سازی و استقرار سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی است. در دهه 1990 موضوع اصلی مورد بحث، انتخاب میان فناوری مادون قرمز و فناوری ارتباطات اختصاصی بردکوتاه در فرکانس 5/8 تا 5/9 گیگاهرتز(DSRC) بود. فناوری مادون قرمز در محیطهای شهری و DSRC در محیطهای بین‌شهری موفق عملکردند. طی دهه اول قرن بیست و یکم، بحث مزیت‌های نسبی سامانه جهانی ارتباطات بی‌سیم (GSM[14]) و DSRC مطرح شد و در طی دهه دوم، فناوری تکامل بلند مدت(LTE)[15] علاوه بر GSM به عنوان یک جایگزین برای DSRC، پدیدار شد. اما با وجود پیدایش و رقابت فناوری‌های جایگزین، هنوز DSRC به‌عنوان مهمترین گزینه برای کاربردهای ایمنی V2V و V2I مطرح است.

در سال 1999 کمیسیون مخابرات فدرال ایالات متحده، 75 مگاهرتز از طیف ارتباطات برد کوتاه اختصاصی در باند 5/9 مگاهرتز را به طور انحصاری به ارتباطات خودرویی (V2V) و ارتباطات خودرو و زیرساخت(V2I) اختصاص داد. به منظور تشویق توسعه و پذیرش DSRC امکان ارائه خدماتی خصوصی در این باند فرکانسی نیز فراهم شده است[1]. دلایل انتخاب DSRC به عنوان فناوری مرجع ارتباطات بی‌سیم در ارتباطات V2V و V2I عبارتند از:

- در یک باند فرکانسی مجاز عمل می‌کند؛
- یک واسطه بی‌سیم با امنیت کافی ارائه می‌کند که از الزامات اصلی کاربردهای ایمنی فعال به‌شمار می‌رود؛
- فراهم کننده ارتباطات بردکوتاه تا متوسط با سرعت بالا و تأخیر کم است؛
- در سرعت های بالای خودرو نیز به خوبی عمل می‌کند؛
- در برابر شرایط آب و هوایی نامساعد (مانند باران، مه و برف) عملکرد خود را از دست نمی‌دهد؛
- با انتقال داده چندمسیره که امری معمول در شرایط جاده‌ای به‌شمار می‌رود، سازگاری دارد؛
- از هر دو نوع ارتباطات خودرو با خودرو و خودرو با زیرساخت پشتیبانی می‌کند.

به منظور نیل به حداکثر قابلیت اعتماد در سامانه‌های ارتباطات خودرویی، طیف اختصاصی به ارتباطات DSRC به طور دقیق کنترل می‌شود.

علت ترجیح DSRC به ارتباطات Wi-Fi مرسوم در شبکه تلفن همراه این است که با تولید و استفاده انبوه از گوشی‌های تلفن همراه که باندهای 2/4 و 5 گیگاهرتز را اشغال می‌کنند، سطحی غیرقابل کنترل از تداخلات ارتباطی پیش می‌آید که ممکن است قابلیت اعتماد و اثربخشی کاربردهای ایمنی فعال را به مخاطره افکند. در فناوری Wi-Fi برای برقراری ارتباط، ابتدا باید وسیله ارتباطی (مانند گوشی همراه) یک ایستگاه نزدیک به خود را شناسایی کرده و با آن مرتبط شود. این عمل ممکن است چندین ثانیه به‌طول انجامد، درحالی‌که کاربردهای ایمنی خودرویی نیاز به برقراری آنی ارتباط دارند. برای نیل به این هدف نمونه‌ای از نیازمندی‌ها در فناوری پایه Wi-Fi لحاظ گردید. برای مثال، زمان برقراری ارتباط جهت شناسایی و ارسال پیام بین وسایل ارتباطی به میزان قابل توجهی کاهش یافت؛ چرا که بسیاری از کاربردهای فعال ایمنی نیاز به واکنشی در حد چند هزارم ثانیه دارند. بدین منظور، پیام‌های ایمنی به طور متناوب ارسال می شوند تا خودروهای مخاطب پیام بتوانند به سرعت به آن پاسخ گویند.

فناوریDSRC به طور خاص برای کاربردهای ایمنی خودرو ابداع شده و تنها جایگزین ارتباطات بردکوتاه است که امکانات زیر را فراهم می‌کند:

- تحصیل سریع شبکه: کاربردهای ایمنی فعال نیاز به برقراری آنی ارتباط دارند؛
- تأخیر اندک: کاربردهای ایمنی فعال باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن اجرا شوند؛
- قابلیت اعتماد بالا: کاربردهای ایمنی فعال نیاز به قابلیت اعتماد بالا دارند؛
- سازگاری: DSRC، قابلیت ایجاد کاربردهای سازگار با یکدیگر را فراهم می‌سازد.
- امنیت و محرمانگی: در فناوری DSRC قابلیت احراز هویت پیام‌های ایمنی و حفظ محرمانگی آنها وجود دارد.

5- کاربردهای فناوری ارتباطات خودرویی

کاربردهای سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی در پاسخ به نیازهای دنیای واقعی پیرامون ما طرح و به اجرا گذارده می‌شوند.

14 Global System for Mobile Communications
15 Long Term Evolution

با گسترش مفهوم ارتباطات خودرویی در بخش‌های مختلف دولتی و خصوصی کشورهای جهان، کارخانجات سازنده خودرو، صنایع مخابراتی، اپراتورهای تلفن همراه و در نهایت کاربران خودرویی، تعداد کاربردهای متصور برای این فناوری نیز، روز به روز و بسته به نیازهای مختلف در حال گسترش است. با وجود ثابت بودن نسبی معماری و زیرساخت‌های این فناوری، به علت مناسب بودن بستر ارتباطات خودرویی می‌توان با ترکیب مناسب اجزای آن کاربردهای بسیار متنوعی ابداع کرد که هرکدام در خدمت یکی از نیازهای واقعی جامعه بشری باشند.

این کاربردها را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

- کاربردهای ایمنی؛
- کاربردهای تحرک پذیری و روان‌سازی ترافیک؛
- کاربردهای زیست محیطی؛
- کاربردهای راحتی[16] و سرگرمی‌های مرتبط با فناوری اطلاعات[17].

البته باید خاطر نشان کرد که این دسته‌بندی برای بررسی راحت‌تر صورت می‌گیرد و به‌خاطر ماهیت این فناوری، بسیاری از کاربردها، ممکن است در دو یا چند دسته قرار گیرند.

5-1- کاربردهای ایمنی

کاربردهای ایمنی با ایجاد هشدارها و توصیه‌هایی برای راننده، آگاهی 360 درجه‌ای نسبت به خطرها و موقعیت‌های اطراف برای وی ایجاد می‌کنند که باعث تشخیص زودهنگام خطر توسط او خواهد شد. این کاربردها خود به دو دسته تقسیم می‌شوند:

5-1-1- کاربرد ایمنی V2V

این دسته از کاربردها با مبادله پویای اطلاعات از طریق ارتباطات بی‌سیم مابین خودروهای نزدیک به هم، ایمنی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهند. با مبادله داده‌هایی شامل مکان، موقعیت و سرعت سایر خودروها، یک خودرو قادر خواهد بود تهدیدات و خطرات اطراف را دریافت، مخاطره را محاسبه و توصیه یا هشدار لازم را به راننده اعلام نماید. بر اساس آمار وزارت حمل‌ونقل آمریکا (USDOT)[18] ارتباطات خودرو با خودرو قادر به ایجاد سیستم‌های ایمنی خواهد بود که باعث اجتناب از 74 درصد تصادفات در مسیرهای جاده‌ای خواهد شد و از این طریق طیف وسیعی از تصادفات و صدمات رانندگی هر ساله کاهش خواهد یافت[4]. مثال‌هایی از این کاربردها عبارتند از:

- هشدار نقطه کور و هشدار تغییر خط (BSW[19] و LCW[20]):

هدف آن، اعلام هشدار به راننده خودرویی است که تلاش به تغییر مسیر می‌نماید؛ به این ترتیب که، به راننده خودرو هشدار می‌دهد که منطقه‌ی دور از دیدی (نقطه کور) که خودرو می‌خواهد به آن تغییر مکان دهد، به زودی توسط خودروی دیگری در همان جهت اشغال خواهد شد. در چنین شرایطی به راننده هشدار داده می‌شود که به علت احتمال برخورد، اقدام به تغییر مسیر ننماید[5].

- هشدار ترمز ناگهانی (EEBL[21]):

کاربرد هشدار ترمز ناگهانی، یک کاربرد خودرو با خودرو (V2V) است که در صورت کاهش سرعت یا ترمز ناگهانی یک خودرو، با ارسال هشدار مناسب، سایر خودروها را مطلع می‌سازد. در این صورت وسایل نقلیه‌ای که خودروی ترمز کننده از دید آنها پنهان است، از این وضعیت خطرآفرین به‌موقع مطلع شده و فرصت تنظیم سرعت خود را خواهد داشت.

- هشدار رخداد تصادف (PCW[22]):

با پیاده‌سازی این کاربردها، وقوع یک تصادف از طریق OBU خودروهای حادثه‌دیده به صورت هشدار به اطلاع خودروهای پشت سر رسیده و به رانندگان کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری را پیش از رسیدن به این نقطه اتخاذ نمایند.

- هشدار نزدیک شدن خودرو اورژانسی (AEV[23]):

هشدار عبور خودرو اورژانسی یکی از کاربردهای V2V محسوب می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در ارتقای سرعت امدادرسانی و نجات جان مصدومین ناشی از تصادفات داشته باشد. در این کاربرد، عبور خودرو اورژانسی (آمبولانس، پلیس یا مأموران امدادی) توسط ابزارهای ارتباطی نصب شده در این خودرو به اطلاع راننده خودروهای مرتبط واقع در مسیر می‌رسد. بدین ترتیب خودروهای واقع در مسیر با دریافت این هشدار، خط حرکتی خود را تغییر داده و مسیر را برای عبور خودروی اورژانسی باز می‌نمایند.

- اعلام ورود خودرو از مسیر فرعی به اصلی

پیاده‌سازی این کاربرد، این امکان را فراهم می‌سازد که پیش

16 Convenience
17 Infotainments
18 United States Department of Transportation

19 Blind Spot Warning
20 Lane Change Warning
21 Emergency Electronic Brake Light
22 Post-Crash Warning
23 Approaching Emergency Vehicle Warning

از رسیدن به موقعیت‌های اتصال یک مسیر فرعی به جاده اصلی، با اطلاع رسانی حضور و سرعت خودروهای واقع در این مسیرها، موجبات تلاقی امن و جلوگیری از تصادف فراهم گردد.

2-1-5- کاربردهای ایمنی V2I

در این دسته از کاربردها، با استفاده از مبادله داده بین خودرو و تجهیزات زیرساخت کنار جاده‌ای و استفاده از الگوریتم‌هایی در این تجهیزات، موقعیت‌های خطرناک به‌موقع تشخیص داده شده و در قالب هشدارها و توصیه‌های ایمنی به راننده داده می‌شوند. این نوع از ارتباطات قابلیت کاهش 12 درصد از تصادفاتی را دارند که توسط کاربردهای ایمنی V2V پوشش داده نمی‌شوند[6]. در ادامه، چند نمونه از این کاربردها به اختصار ذکر شده است:

- هشدار سرعت هنگام نزدیک شدن به پیچ(CSW[24]):

با پیاده‌سازی این کاربرد، زمانی که راننده با سرعتی نامناسب به پیچ نزدیک می‌شود، توسط زیرساخت‌های موجود به وی هشدار داده می‌شود.

- هشدار نزدیک شدن به محوطه کارگاهی (RWW[25]):

در این دسته از کاربردها، تجهیزات کنار جاده، در زمان نزدیک شدن خودرو به محوطه‌های کارگاهی، به راننده هشدار می‌دهد تا او را از وجود خطر احتمالی آگاه گرداند. این کاربرد در اتوبان‌های شهری و بین شهری، باعث افزایش چشمگیر ایمنی می‌شود.

- هشدار خطر و احتمال تصادم در جاده(HIW[26]):

هدف از پیاده‌سازی این کاربردها، هشداردهی به راننده خودرو در مورد امکان بالقوه رویدادهای خطرناک و یا شرایطی است که مسیر پیش‌رو را تحت تأثیر قرار می‌دهد. موقعیت‌ها یا شرایط خطرناک مورد نظر این کاربرد عبارتند از:

- موانع موجود در جاده: شامل خودروهای ساکن، تصادفات، افراد پیاده یا حیوانات در جاده؛
- خودروی در حال حرکت در خلاف مسیر: که می‌تواند ناشی از سبقت خطرناک یک خودروی وارد شده به مسیر طرف مقابل در جاده‌های دوطرفه و یا رانندگی خودرویی در خلاف جریان حرکت خودروها در یک اتوبان باشد؛
- دید کم یا لغزندگی جاده: وجود شرایط خاص آب و هوایی مانند باران، برف و یخ و مه که باعث دید کم جاده و یا لغزندگی آن می‌شود [7].

2-5- کاربردهای تحرک‌پذیری پویا (DMA[27]) و روان‌سازی ترافیک

یکی از مزایای فناوری ارتباطات خودرویی، امکان دریافت و مدیریت داده‌هایی با کیفیت بالا و به صورت بلادرنگ است که از طریق خودروهای مرتبط (اتومبیل‌ها، اتوبوس‌ها،کامیون‌ها و سایر خودروهای ترانزیتی و باری)، زیرساخت‌های کنار جاده‌ای و تجهیزات الکترونیکی سیار از جاده‌ها قابل دریافت است. از این داده‌ها در دو زمینه استفاده می‌شود:

- این داده‌ها پس از جمع‌آوری توسط راهداری‌ها و یا مراکز کنترل ترافیک، مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد و در جهت تحلیل شرایط راه‌ها و کارآمدی آن، کمک شایانی می‌کند.
- علاوه بر این از آنها به عنوان ورودی دسته دوم کاربردها یعنی کاربردهای تحرک پذیری پویا استفاده می‌شود.

برنامه‌های کاربردی تحرک‌پذیری پویا سعی در استفاده از پتانسیل‌های موجود در ارتباطات خودرویی، مسافران و زیرساخت به منظور افزایش سهولت در حمل‌ونقل، روان‌سازی ترافیک و کاهش زمان سفر دارند.

می‌توان گفت مجموعه کاربردهای DMA فوایدی بیش از بهبود تحرک پذیری خودروها را به همراه دارند. همچنین این دسته از کاربردها می‌توانند موجب کاهش مصرف سوخت، کاهش آلودگی هوا و افزایش ایمنی شوند. درادامه چند نمونه از تأثیر کاربردهای DMA بر تحرک‌پذیری و کاهش ترافیک و ازدحام مورد بررسی قرار گرفته است [8].

- مسیریابی پویا (DRG[28]):

وسایل نقلیه مختلف نظیر خودروهای شخصی، وسایل نقلیه حمل بار و مسافربری و نیز خودروهای اورژانسی همیشه از بهترین مسیر ممکن برای رسیدن به مقصد خود اطلاع ندارند و این امر می‌تواند منجر به افزایش زمان سفر و ایجاد ازدحام شود. به‌ویژه در حالت‌های اورژانسی، انتخاب مسیر اشتباه می‌تواند به از دست رفتن جان انسان‌ها منتهی شود.

این برنامه کاربردی از اطلاعات مکانی خودرو در زمان حال و شرایط آینده مسیر استفاده کرده و از طریق سیستم تعبیه شده

24 Curve Speed Warning
25 Road Works Warning
26 Hazard and Incident Warning

27 Dynamic Mobility Applications
28 Dynamic Routing Guidance

در آن بهترین مسیر برای رسیدن به مقصد را به رانندگان پیشنهاد می‌دهد.

- هشدار ازدحام (Q-WARN[29]):

این کاربرد وجود و یا پتانسیل به وجود آمدن ازدحام در مسیر پیشِ‌رو را به رانندگان هشدار خواهد داد. به‌علاوه این هشدار می‌تواند با آگاه‌سازی رانندگان از کاهش سرعت سایر خودروها، ایمنی رانندگی را نیز افزایش دهد. این کاربرد همچنین در کاهش زمان سفر نیز مؤثر است و رانندگان در صورت وجود مسیرهای جایگزین می‌توانند قبل از رسیدن به منطقه پر ازدحام مسیر جایگزینی برای خود انتخاب کنند. این کار نه تنها باعث افزایش زمان سفر وسایل نقلیه‌ای می‌شود که از وارد شدن به منطقه پر ازدحام پرهیز کرده است، بلکه می‌تواند در کاهش ازدحام مسیر پیشِ‌رو برای سایر خودروها نیز مؤثر باشد. در این کاربرد حرکت خودروها در مسیر به طور مداوم پویش می‌شود و در صورتی که خودروها به سرعت آهسته پیشروی کنند و یا در مقطعی کاملا متوقف شوند، بروز ازدحام و یا قابلیت بروز ازدحام تشخیص داده خواهد شد.

- سیستم علائم ترافیکی مبتنی بر داده‌های پویا (IVS[30]):

این کاربرد از پیام‌های ارسالی توسط وسایل نقلیه عبوری برای تخمین دقیق علائم راهنمایی استفاده می‌کند. برنامه ارائه شده با توجه به در اختیار داشتن داده‌های بلادرنگ، قابلیت تغییر در نحوه طراحی، پیاده‌سازی و نظارت بر سیستم‌های علائم راهنمایی و رانندگی را دارد. همچنین این سیستم می‌تواند تأثیر بسزایی بر سیستم حمل‌ونقل عمومی و بازده آن داشته باشد.

5-3- کاربردهای زیست محیطی

بر اساس آمارهای منتشر شده در اتحادیه اروپا[9] و ایالات متحده[10]، بخش حمل‌ونقل یکی از بزرگترین منابع تولید آلاینده‌های گازی گلخانه‌ای و دی اکسید کربن است. فناوری ارتباطات خودرویی به عنوان بخشی از سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی هوا و مصرف سوخت داشته باشد. این کاربردها را بر اساس حوزه پیاده‌سازی آنها می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد [10]:

5-3-1- کاربردهای رانندگی سازگار با محیط زیست[31]

با استفاده از اطلاعات گردآوری شده از سایر خودروها و زیرساخت حمل‌ونقل (از جمله چراغ‌های راهنمایی)، خودروها می‌توانند رانندگی سازگار با محیط زیست را تجربه کنند. این کاربردها شامل ارسال توصیه‌های شخصی‌سازی شده (مانند سرعت پیشنهادی، کاهش و افزایش سرعت به صورت بهینه بر اساس شرایط ترافیکی و تعامل با خودروهای اطراف) به رانندگان خودروهای مرتبط برای بهبود عملکرد رانندگی آنان است که باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلایندگی محیط زیست می‌شوند[11]. کاربردهای مفید در این زمینه عبارتند از:

- کاربردهایی از فناوری ارتباطات خودرویی که توصیه‌های بلادرنگ وابسته به وضعیت جاری برای رانندگان فراهم می‌کنند تا آنها بتوانند بر حسب وضعیت پیشِ‌رو به اصلاح روش رانندگی خود بپردازند.
- کاربردهایی که سامانه سوخت‌رسانی، گاز، ترمز و فرمان خودرو را به صورت خودکار و بدون نیاز به اطلاع راننده کنترل می‌کنند تا با استفاده از اطلاعات گردآمده از ارتباطات خودرویی، رانندگی بهتری تجربه شود.

5-3-2- کاربردهای زیست‌محیطی ناشی از مدیریت و کنترل ترافیک

- بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی به منظور کاهش مصرف سوخت

هدف این دسته از رویکردها کاهش معطلی در پشت چراغ قرمز، پایین آوردن تعداد دفعات توقف، پایین آوردن تعداد دفعات کاهش و افزایش غیرضروری سرعت و بهبود جریان ترافیک در چهارراه‌های مجهز به فناوری است. این رویکردها عبارتند از:

- ارسال توصیه‌هایی برای راننده خودرو جهت تنظیم سرعت، هنگام نزدیک شدن به یک تقاطع به‌طوری‌که در زمان رسیدن به تقاطع، چراغ راهنمایی سبز باشد.
- بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی چهارراه‌های مجهز به فناوری، با استفاده از اطلاعات دریافت شده از خودروهای مرتبط مانند موقعیت خودرو، سرعت، میزان تولید آلایندگی خودرو و...

- کاربردهای شمارش ورودی سازگار با محیط زیست[32]:

این کاربردها از کارآمدی خاصی برای مدیریت نرخ ورود خودروها از مسیر فرعی به بزرگراه برخوردار هستند و از طریق ارائه اطلاعات جریان ترافیک و توصیه سرعت مناسب به رانندگان، موجبات ایمنی و پرهیز از اختلالات حرکتی در

29 Queue-Warning
30 In-Vehicle Signage
31 Eco-driving
32 Eco Ramp Metering

محدوده اتصال مسیر فرعی به بزرگراه را فراهم می‌کنند که به صرفه‌جویی سوخت می‌انجامد.

5-3-3- کاربردهای زیست محیطی ناشی از مدیریت دسترسی و تقاضا

هدف پیاده‌سازی این کاربردها، کاهش تقاضای سفر با بکارگیری سیاست‌ها و راهبردهایی برای کنترل دسترسی به اتوبان‌ها، بزرگراه‌های اصلی و سایر مسیرهای درون شهری و جاده‌ای است. در نتیجه‌ی پیاده‌سازی این کاربردها و به علت روان‌سازی ترافیک، کاهش ازدحامات و تصادفات و همچنین کاهش مصرف سوخت، تولید آلاینده‌های گازی به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. نمونه‌هایی از این کاربردها عبارتند از:

- سامانه پرداخت عوارض الکترونیکی (ETC[33]):

وزارت حمل‌و نقل آمریکا، سامانه‌های پرداخت الکترونیکی را به‌عنوان وسیله‌ای برای "بکارگیری فناوری‌های الکترونیکی و مخابراتی تعریف می‌کنند که روابط مالی" بین مسافران و مسئولین حمل‌و نقل را به‌طور خاص در مورد پرداخت عوارض و مالیات بر حمل‌و نقل تسهیل می‌کنند. قیمت‌گذاری در این سامانه‌ها، به معنای دریافت مبالغی از وسایل نقلیه موتوری بر اساس سطح تقاضا یا ساعت استفاده در روز است.

نمونه‌ای از این کاربردها، یک جایگاه پرداخت عوارض است که از چند خط ویژه تشکیل می‌شود. در بالای هر خط تجهیزات RSU قرار می‌گیرد که می‌تواند با OBUها ارتباط برقرار کرده و بدین ترتیب به صورت الکترونیکی امکان پرداخت عوارض میسر می‌شود. برای این منظور، RSU، خودروی عبوری را شناسایی کرده و اطلاعات آن را با اطلاعات ثبت شده در پایگاه داده مرکزی مطابقت می‌دهد. سپس عوارض مدنظر را از حساب مرتبط با آن کاربر برداشت می‌کند. بدین ترتیب با وجود سامانه‌های الکترونیکی پرداخت عوارض، عبور و مرور خودروها سریع‌تر خواهد شد و تسهیلات مؤثری برای کنترل ازدحام جاده‌ها ایجاد می‌گردد. همچنین هزینه‌های ناشی از تراکنش‌ها به علت خودکارسازی و کاهش نیروی انسانی تعدیل می‌شود.

- قیمت‌گذاری بر اساس ازدحام[34]:

اخذ عوارض رانندگی در ساعات پرترافیک و سامانه اطلاعات پیشرفته[35] سفر می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری در مورد عدم انجام یک سفر یا ترکیب چند سفر با یکدیگر شود و در نتیجه کاهش تقاضای سفر را به دنبال داشته باشد. با پیاده‌سازی این کاربردها از طریق RSUها یا تجهیزات ETC، امکان اعمال محدودیت‌های زمانی و مکانی وجود دارد. اکثریت سفرهای قابل حذف متعلق به خودروهای شخصی هستند. همچنین این نوع کاربردها می‌تواند باعث تشویق مسافرین به استفاده از خودروهای عمومی به جای خودروهای شخصی و یا حتی سفر با دوچرخه و یا به صورت پیاده شود.

5-3-4- کاربردهای زیست‌محیطی ناشی از مدیریت ناوگان حمل‌ونقل عمومی، مسافربری و باری

برای هر یک از این سامانه‌های حمل ونقل، به‌طور اختصاصی، کاربردهایی قابل پیاده‌سازی است؛ همچنین تعدادی از این کاربردها به طور مشترک قابل پیاده‌سازی هستند. تعدادی از کاربردهای قابل پیاده‌سازی در این سامانه‌ها عبارتند از:

- درخواست اولویت عبور از چراغ راهنمایی توسط خودروهای سنگین مسافربری، باری یا اتوبوس‌های شهری که آلایندگی بیشتری نسبت به خودروهای شخصی دارند.
- قطار خودرویی[36] برای خودروهای سنگین: قطار خودرویی، حرکت گروهی خودروها به پیش‌قراولی یک خودروی بزرگ جهت کاهش اصطکاک هوا برای خودروهای پشت‌سر و با رفتار حرکتی سازگار با محیط زیست است. پیاده‌سازی این کاربرد در خودروهای سنگین سامانه‌های حمل‌ونقل بار می‌تواند تأثیر چشمگیری بر تعداد توقف‌ها، کاهش و افزایش سرعت و در نتیجه میزان آلایندگی بالای این خودروها داشته باشد.
- مدیریت یافتن جای پارک، بارگذاری و تخلیه بار: کاربردهایی نظیر یافتن پارکینگ به صورت هوشمند، دریافت اطلاعات به صورت لحظه‌ای در مورد مکان، ظرفیت خالی، نوع (پارکینگ خیابانی یا طبقاتی) و قیمت پارکینگ را در اختیار رانندگان قرار می‌دهند. این کاربردها، زمان و سوخت تلف شده برای یافتن جای پارک در خیابان را کاهش می‌دهند. در مورد خودروهای باری یا تجاری، این کاربردها می‌توانند برای یافتن جای پارک و محل بارگذاری یا تخلیه در محل‌های مورد نظر سفارشی‌سازی شوند.

33 Electronic Toll Collection
34 Congestion Pricing
35 Advanced Traveler Information

36 Platooning

5-4- کاربردهای راحتی، سرگرمی و اطلاع‌رسانی بلادرنگ درون خودرویی

با بوجود آمدن امکان ارتباط بین خودروها، قابلیت پیاده‌سازی طیف وسیعی از کاربردهای راحتی، سرگرمی و اطلاع‌رسانی درون‌خودرویی نیز فراهم می‌شود. در حال حاضر، شرکت‌های مخابراتی و شرکت‌های خودروساز مطرح در جهان، در حال تحقیق روی این کاربردها و گسترش آنها هستند. نمونه‌هایی از این کاربردها عبارتند از[12و13]:

- خدمات اطلاع‌رسانی برخط درون خودرویی مانند:
  - اطلاعات مربوط به جاهای پارک و مکان‌های سوخت‌گیری؛
  - جداول زمانی مربوط به حرکت وسایل نقلیه عمومی، قطارها، هواپیماها و ...؛
  - اطلاعات محلی مربوط به نزدیک‌ترین رستوران‌ها، هتل‌ها، مراکز تفریحی و ...؛
  - اطلاعات توریستی منطقه.
- خدمات راحتی:
  - سیستم‌های بلادرنگ هدایت به سمت پارکینگ؛
  - سیستم قفل از راه دور، روشن و خاموش کردن از راه دور سیستم خنک‌کننده و گرم‌کننده خودرو در شرایط حدی آب و هوایی؛
  - امکان یافتن خودرو در پارکینگ‌های شلوغ («خودروی من کجاست؟»).
- خدمات بیمه‌ای و پرداخت برخط:
  - اعلام هشدار به شرکت‌های بیمه‌ای بلافاصله پس از وقوع تصادف یا سرقت خودرو؛
  - امکان تعیین حق بیمه بر اساس عواملی مانند مسافت طی شده، عملکرد و رفتارهای رانندگی.
- سرگرمی‌های مرتبط با فناوری اطلاعات مانند:
  - امکان دسترسی و جستجوی اینترنتی، دسترسی به شبکه‌های اجتماعی و پست الکترونیکی؛
  - ایجاد بستر تبادل فایل و بازی‌های برخط بین خودرویی؛
  - دریافت و پخش بلادرنگ فایل‌های چندرسانه‌ای بین خودروها.

6- معرفی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی(CVT) در ایران

پروژه طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی یک پروژه تحقیقاتی- عملیاتی است که توسط جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف و با حمایت سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران آغاز شده است. هدف از انجام این پروژه کسب دانش فنی به منظور بکارگیری و توسعه فناوری ارتباطات خودرویی در صنعت حمل‌ونقل برای ارتقاء ایمنی رانندگی در معابر شهری و جاده‌های بین شهری، بهبود جریان ترافیک و حفظ محیط زیست است. در پروژه CVT، تعداد 7 کاربرد در بخش V2I و 3 کاربرد در بخش V2V، پیاده‌سازی و در مقیاس پایلوت مورد آزمون قرار می‌گیرند. منطقه مورد نظر برای پایلوت این کاربردها، آزادراه‌های تهران-قزوین و قزوین-رشت است. کاربردهای V2I شامل پرداخت الکترونیکی عوارض تردد خودروها، ردیابی خودروهای عبوری و جمع‌آوری داده‌های ترافیکی، هشداردهی ورود خودرو از مسیر فرعی به جاده اصلی، اعلام وضعیت ترافیکی جاده در نقاط خارج از دید راننده، بروزرسانی تابلوهای الکترونیکی اطلاع‌رسانی ترافیک (VMS[37]) و نهایتاً اعلام وضعیت جاده به لحاظ محدودیت‌های ترافیکی و پدیده‌های هواشناسی می‌باشند. در بخش V2V به کاربردهای اعلام توقف ناگهانی خودروی جلویی، هشداردهی عبور خودروی اورژانسی به خودروهای واقع درمسیر و اعلام رخداد تصادف از طریق حسگرهای موجود در خودروهای جلویی پرداخته شده است.

در این پروژه، DSRC، فناوری منتخب برای ارتباطات بی‌سیم مابین خودروها و خودروها با زیرساخت است که مجوز استفاده موقت از باند فرکانسی مورد نظر آن از سازمان تنظیم مقررات رادیویی دریافت شده است.

7- نتیجه

کاهش معضلات حمل‌ونقل در خصوص ایمنی، ترافیک و محیط زیست و به تبع آن تأثیرات انسانی، اجتماعی و اقتصادی یکی از چالش‌های اصلی جوامع بشری محسوب می‌شود. سهم فناوری‌های نوین در این رابطه، بیشتر با کاربرد سامانه‌های هوشمند نوین حمل‌ونقل تعریف می‌شود که در این میان، فناوری نوظهور ارتباطات خودرویی در کانون اصلی توجه کارشناسان و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. در این فناوری، وسیله نقلیه دیگر یک موجودیت فیزیکی خنثی نیست؛ بلکه به منبع گردآوری و اشتراک‌گذاری اطلاعات مفید در رابطه با وضعیت ترافیکی تبدیل می‌شود و از این طریق ضمن اصلاح الگو و رفتار رانندگی افراد، اطلاعات بسیار مفیدی در اختیار تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران مسایل ترافیکی قرار می‌دهد.

تاریخ دریافت: 1392/4/1 و تاریخ پذیرش: 92/7/9

37 Variable Message Sign

فهرست منابع

[1] رستمی، حبیب؛ عطائیان، حمیدرضا؛ شریف‌پور، مهدی؛ **"سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی و چشم‌انداز توسعه آن"**، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، 1390.

[2] Xu, Qing; Mak, Tony; Ko, Jeff; Raja Sengupta; "*Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC*", 2004.

[3] *ITS Research Fact Sheets: What is DSRC?*, available at: http://www.its.dot.gov/factsheets/dsrc_factsheet.htm, 2012.

[4] *US Department of Transportation, Research and Innovation Technology Administration*. http://www.its.dot.gov/research/v2v.htm, 2013.

[5] *US Department of Transportation & University of Michigan Research Institute.* http://www.safetypilot.us/how-it-works.html, 2013.

[6] http://www.its.dot.gov/research/v2i.htm.

[7] Brignolo, R.; Vivo, G.; Visintainer, F.;"*Use cases, functional specifications and safety margin Applications for the SAFESPOT Project*", Deliverable N. D8.4.4, 2008.

[8] Research and Innovation Technology Administration, U.S. Department of Transportation; *Benefits of Dynamic Mobility Applications*, Final Report, Dec 2012.

[9] Ertico (ITS Europe) emagazine; April 2013, Available in http://www.ertico.com/.

[10] Miller, Kathryn; Goodwin Drumwrite, Lynette; et al., *AERIS Applications State of the Practice Assessment Report*, technical report, US Department Of Transportation, Research and Innovation Technology Administration, Aug. 2011.

[11] Pincus, Marcia; *Applications for the Environment: Real-Time Information Synthesis*, ITS Joint Program Office, Research and Innovative Technology Administration Washington, D.C., January, 2013.

[12] Lienkamp, Markus; *The Fully Networked Car, Intelligent Connected Cars-Volkswagen's vision of the future*, 2013.

[13] SBD report for the GSMA;*2025 Every Car Connected: Forecasting the Growth and Opportunity*, Feb2012.