

همگرایی فناوری در الکترونیک خودرو

حمیدرضا عطائیان^۱، حبیب رستمی^۲

۱- گروه پژوهشی فناوری اطلاعات - جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف

۲- گروه پژوهشی فناوری اطلاعات - جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف

ataeian@jdsharif.ac.ir

چکیده

به منظور ایجاد بسترهای ارتباطی و تبادل داده‌های مورد نیاز برای مدیریت تردد خودروها و یکپارچه‌سازی سامانه‌های الکترونیکی داخل خودرو با سامانه‌های نظارت و هدایت ترافیک شهری و جاده‌ای، همگرایی فناوری ردیابی خودروها در حال شکل‌گیری است. طرح‌های موجود در این باره با استفاده از فناوری DSRC که توانمندی‌های خوبی را تاکنون در سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل از خود نشان داده است، در حال اجرای آزمایشی، استانداردسازی و پیاده‌سازی عملیاتی توسط گروه‌های بین‌المللی هستند. پیش‌بینی می‌شود با اجرای کامل این طرح‌ها، تحولات شگرفی را در فرهنگ رانندگی شاهد باشیم و خودروها از یک وسیله نقلیه صرف به اجزایی برای ایجاد یک زیرساخت ارتباطی در سطح جاده‌ها و معابر شهری تبدیل شوند. **واژه‌های کلیدی:** ردیابی رادیویی، الکترونیک خودرو، سامانه هوشمند حمل‌ونقل،

مقدمه

از چند دهه پیش تاکنون، دورانی را در حال تجربه هستیم که در آن فناوری‌های موجود در تعامل با یکدیگر موجب ابداع فناوری‌های نوینی شده‌اند و بر مبنای این فناوری‌ها نیز، محصولات گذشته جای خود را به محصولات با قابلیت‌های جدید داده‌اند. در طی این مدت فناوری‌های متأثر از علوم مهندسی برق، الکترونیک، مخابرات و رایانه، مانند فناوری اطلاعات و ارتباطات و یا فناوری ردیابی رادیویی بیش از سایر فناوری‌ها به رشد و توسعه محصولات جدید انجامیده‌اند و خدمات فراگیرتری را به بازارهای مصرف ارائه کرده‌اند. در بین صنایعی که ظرف دو دهه گذشته تحت تأثیر این مجموعه از فناوری‌ها قرار گرفته‌اند، صنعت خودروسازی، بویژه بخش الکترونیک خودروها از ظرفیت قابل توجهی برای تحول و توسعه برخوردار بوده است. صرفنظر از تاثیرات این فناوری‌ها در فرآیند طراحی و بهینه‌سازی تولید خودرو، مانند آنچه امروزه روبات‌ها در خطوط تولید خودروها انجام می‌دهند، این فناوری‌ها در کاربرد و بهینه‌سازی استفاده از خودرو نیز بسیار تاثیر گذار بوده‌اند. در طی چند سال گذشته به واسطه توسعه روزافزون این فناوری‌ها، کاربردهای متنوعی در افق دید طراحان خودرو و همچنین دست اندرکاران صنعت حمل‌ونقل قرار گرفته است که می‌تواند نگاه موجود به خودرو را در دو دهه آینده کاملاً دگرگون نماید. این نگاه به مدد فناوری‌هایی مانند DSRC^۳ و یا VII^۱ تصویری متفاوت از یک خودرو به دست می‌دهد و آن را به یک عامل ارتباطی قابل اتکا در در سطح بزرگراه‌ها و جاده‌ها تبدیل می‌کند.

^۱ عضو هیئت علمی گروه پژوهشی فناوری اطلاعات.

^۲ عضو هیئت علمی و مدیر گروه پژوهشی فناوری اطلاعات، hrostami@jdsharif.ac.ir

^۳ - Dedicated Short Range Communication

فناوری DSRC با ایجاد بستر ارتباطی میان اجزاء الکترونیکی خودروها و تجهیزات ارتباطی نصب شده در کنار جاده‌ها، امکان تبادل داده میان خودروها بایکدیگر 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 می‌باشند [۱].

تاکنون فناوری‌های مختلفی برای تأمین بستر ارتباطی مورد نیاز سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل (ITS^۱) پیشنهاد و یا ارائه شده‌اند که می‌توانند کاربردهای مختلفی را به اجرا گذارند، اما دامنه کاربرد هیچکدام به وسعت DSRC نبوده است. مجموعه کاربردهای پیش‌بینی شده در فناوری DSRC چنان قابلیت‌هایی را برای مدیریت داده‌های خودرویی و سامانه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای نوید می‌دهد که از آن به عنوان تحولی بزرگ در حوزه ITS نام برده می‌شود.

با توجه به پیچیدگی‌های موجود در بکارگیری فناوری DSRC و همچنین دشواری توسعه دامنه استفاده از آن به دلیل ضرورت تعامل با دیگر فناوری‌های مرتبط، در حال حاضر تنها کاربردهای ابتدایی این فناوری در برخی از کشورها به اجرا گذاشته شده است. این کاربردها بیشتر شامل ردیابی خودرو و پرداخت الکترونیکی عوارض (ETC^۳) می‌باشد که با خرید و نصب تجهیزات مربوط در داخل خودرو صورت می‌گیرد [۲]. تحقق کاربردهای بیشتر این فناوری نیاز به یک بستر مناسب ارتباطی و همچنین استانداردسازی در لایه‌های مختلف، از لایه فیزیکی تا کاربرد در سطح جهان دارد. با توجه به این مهم، دپارتمان‌های حمل‌ونقل خودروسازان بزرگ دنیا مانند دایملر کرایسلر، تویوتا، نیسان، ب ام و، فورد و جنرال موتورز تلاش دارند در یک برنامه مشترک و زمان‌بندی شده، و با بکارگیری فناوری مزبور، محصولات خود را در سال‌های آتی به گونه‌ای طراحی و تولید نمایند که بتوانند نیازهای مدیریت حمل‌ونقل در معابر شهری و جاده‌ای را به نحو کارآتری پاسخ دهند [۳]. در این راستا هم اینک، وزارت حمل‌ونقل امریکا پروژه VII را در دست اجرا دارد که مرحله نخست آن طی چند سال آینده به بهره‌برداری آزمایشی خواهد رسید. این پروژه با کاربرد فناوری DSRC، و ایده تبادل داده بین خودروها به کمک تجهیزات مبتنی بر این فناوری، تلاش دارد به یک بستر ارتباطی برای کنترل و مدیریت تردد خودروها در معابر شهری و مسیرهای برون‌شهری دست یابد.

فناوری‌های ITS

بنا به یک تعریف متداول، سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل (ITS) مجموعه‌هایی هستند که با استفاده از ابزارهای خودکار و برنامه‌ریزی بر روی آنها، برخی از عملیات کنترلی (کنترل جریان تردد، مقررات ترافیکی، اخذ عوارض و...) و اموری مانند آمارگیری، اطلاع‌رسانی به رانندگان، برداشت اطلاعات و... را برای رفع مشکلات حمل‌ونقل و ترافیک انجام می‌دهند [۴]. بر مبنای این تعریف، فناوری‌های متنوعی می‌توانند در ایجاد سامانه‌های ITS مطرح باشند. در ابتدا بیشتر فناوری‌ها و تجهیزات مبتنی بر حسگرهای متنوع در سطح مسیر عبور خودروها، برای آشکارسازی حجم ترافیک و وضعیت مسیر به منظور کنترل تقاطع‌ها، دوربین‌های نظارت، تابلوهای اطلاع‌رسانی و مسیریاب‌های مبتنی بر GIS^۴ بکار گرفته می‌شدند و از فناوری‌های شناسایی پلاک، ردیابی خودرو و از تجهیزات اضافه شونده مانند گیرنده‌های GPS و برجسب‌های رادیویی نیز استفاده می‌شد. اما در حال حاضر با توسعه و تجمیع فناوری‌های مختلف در حوزه‌های مخابرات، الکترونیک و رایانه، کاربردهای دیگری از جمله شناسایی خودرو به کمک تجهیزات درون‌گذاری شده^۵ در الکترونیک خودرو (با قابلیت عدم امکان جدا نمودن آنها از خودرو)، ثبت و انتقال داده‌های حساس مربوط به عملکرد خودروها، انتقال داده‌های موقعیت مکانی و ردیابی خودروها، ارسال هشدارهای متنوع ایمنی و ترافیکی به صورت محلی و سراسری به خودروها و سامانه‌های خودکار مراقبت، کنترل و ایمنی جاده‌ها مد نظر قرار گرفته‌اند.

^۱ - Vehicle Infrastructure Integration

^۲ - Intelligent Transportation Systems

^۳ - Electronic Toll Collection

^۴ - Geographical Information system

^۵ - Embedded Equipment

این مجموعه از کاربردها به دنبال مطرح شدن ایده یکپارچه‌سازی بستر ارتباطی بین خودروها بوسیله فناوری DSRC بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. فناوری‌هایی که کاربردهای یاد شده را موجب می‌شوند، چه آنها که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند و چه آنهایی که در مرحله طراحی و توسعه قرار دارند، به لحاظ موقعیت نصب تجهیزات و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر، در انواع زیر قابل دسته‌بندی هستند:

• فناوری‌های متکی به تجهیزات درون خودرو

این دسته از فناوری‌ها با استفاده از تجهیزات پیشرفته‌ای مانند رادارهای لیزری و مادون قرمز، سامانه‌های موقعیت یاب ماهواره‌ای همچون¹ GPS، سامانه‌های پردازش تصویر و مانند آن، به همراه سامانه‌های پردازشی مبتنی بر هوش مصنوعی، کاربردهای متنوعی را برای خودرو فراهم می‌آورند که از جمله آنها می‌توان به سامانه‌های هدایتگر خودکار پارک خودرو، سامانه راهنمای مسیر خودرو با استفاده از اطلاعات GIS، سامانه‌های کنترل حرکت میان خطوط و سامانه‌های کنترل فاصله مناسب از خودروی مقابل اشاره کرد. در حال حاضر خودروهای مجهز به این نوع فناوری‌ها را خودروهای هوشمند می‌نامند [۵][۶].

• فناوری‌های متکی به ارتباط تجهیزات الکترونیکی خودروها با یکدیگر

در این نوع از فناوری‌ها با استفاده از تجهیزات الکترونیکی خودروها، امکان تبادل داده و انتقال پیام بین خودروها فراهم می‌شود. در اینجا، داده‌ها و پیام‌های قابل انتقال را می‌توان به شکل ساده‌ای مانند یک فایل MP3 که میان تجهیزات صوتی خودروها مبادله می‌شوند، در نظر گرفت و یا این داده‌ها می‌توانند خروجی حسگرهای عملکردی خودرو باشند که پیام‌های وضعیتی خاص مانند اعلام وضعیت "در حال توقف" و یا "در حال انجام پارک خودرو" را به خودروهای دیگر منتقل می‌کنند^۲.

• فناوری‌های متکی به ارتباط خودرو با تجهیزات کنار مسیر

این نوع از فناوری‌ها امکان تعامل و تبادل داده میان تجهیزات کنار مسیر با تجهیزات نصب شده در درون خودرو را فراهم می‌آورند. تنوع کاربردهایی که برای این نوع فناوری قابل تصور می‌باشد، به مراتب از سایر موارد بیشتر است. از جمله این موارد می‌توان به ردیابی خودرو، دریافت الکترونیکی عوارض گذرگاهی، سامانه‌های انتقال داده، سامانه‌های انتقال پیام‌های ترافیکی محلی، سامانه‌های هشدار نقاط پر حادثه، وقایع ترافیکی و حوادث طبیعی در مسیرهای پیش رو (در کنار سامانه‌های هشدار سراسری)، سامانه‌های مدیریت ترافیک جاده‌ای، سامانه‌های نظارت بر سلامت خودرو، سامانه‌های اعلام موقعیت تصادفات و خرابی خودروها به مراکز امداد و نجات و سامانه‌های ارائه خدمات اینترنتی به خودروهای در حال حرکت اشاره نمود [۸].

• فناوری‌های نظارت و مراقبت ایمنی جاده‌ها

در این نوع از فناوری‌ها با نصب تجهیزات و حسگرهای مختلف، وضعیت مسیرها و حجم تردد خودروهای عبوری مورد مشاهده قرار می‌گیرد. این مجموعه از فناوری‌ها به دلیل پیچیدگی کمتر، تاکنون بیش از سایر فناوری‌های مطرح در حوزه ITS مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از بین کاربردهای این فناوری‌ها می‌توان به موارد شناخته شده‌ای مانند حلقه‌های آشکارساز خودرو، دوربین‌های ثبت سرعت، سامانه‌های تصویری آشکارساز ازدحام و تصادف، سامانه‌های شناسایی خودکار شماره پلاک خودروها یا ANPR^۳ اشاره نمود [۴].

ساختار فناوری نوین DSRC

فناوری DSRC یک بستر ارتباطی یکپارچه از نوع بی‌سیم میان تجهیزات رادیویی پیش‌بینی شده در بخش الکترونیک خودرو با تجهیزات مشابه در خودروهای دیگر و تجهیزات رادیویی نصب شده در کنار مسیرهای عبور خودروها ایجاد می‌نماید که کاربردهای بسیار متنوع در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند را ممکن می‌سازد و از این نظر یک نقطه عطف در یکپارچگی و هوشمندسازی حمل‌ونقل محسوب می‌شود. کاربردهای قابل حصول از طریق ایجاد این بستر، قابلیت‌های ویژه‌ای را برای فناوری

¹ - Global Positioning System

² - Message Forwarding

³ - Automatic Number Plate Recognition

DSRC در حوزه ITS ایجاد کرده و آن را در بین سایر فناوری‌ها منحصر بفرد نموده است. از اینرو برای شناخت DSRC و آشنایی با نحوه عملکرد آن لازم است ابتدا توصیفی از لایه فیزیکی و لایه پیوند داده‌ها در این فناوری، مطابق با مدل مرجع OSI^۱ (در شبکه‌های انتقال داده) ارائه شود.

لایه فیزیکی و پیوند داده

بستر ارتباطی DSRC از این اجزاء تشکیل شده است: ۱- رسانه ارتباطی که در اینجا امواج رادیویی می‌باشد. ۲- برچسب^۲ رادیویی که در داخل خودرو و یا در مسیر حرکت نصب می‌شود و ۳- قرائت‌گر^۳ و آنتن رادیویی که در کنار مسیر عبور خودروها قرار می‌گیرند.

از نظر تجهیزات و عملکرد، DSRC بسیار شبیه به فناوری RFID می‌باشد. از اینرو در طبقه‌بندی فناوری‌ها، گاهی آنرا زیر مجموعه فناوری RFID به حساب می‌آورند. اما تفاوت عمده میان RFID و DSRC این است که تاکنون کاربردهائی بر اساس ارتباط برچسب‌ها در RFID تعریف نشده است، در حالی که برقراری این ارتباط یکی از وظایف بسیار مهم برای برچسب‌های DSRC می‌باشد و کاربردهای خاصی برای آن در حوزه ITS و ایمنی حرکت خودروها وجود دارد. از طرفی چون انتقال رادیویی داده‌ها بین خودروها در برد کوتاه انجام می‌گیرد، گاهی DSRC را زیر مجموعه‌ای از فناوری‌های شبکه محلی بی‌سیم به حساب می‌آورند. دیدگاه اخیر نهایتاً منجر به توسعه قراردادهای ارتباطی DSRC در همین حوزه گردیده است.

در ابتدا محدوده فرکانسی امواج رادیویی برد کوتاه در باند UHF، ردیف ۹۱۵ مگاهرتز قرارداشت و بعد از چندی باند فرکانسی ۵/۸ گیگاهرتز در اروپا و ژاپن و ۵/۹ گیگاهرتز در امریکا برای آن مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه ارتباطات رادیویی برد کوتاه در ابعاد شبکه‌های محلی توسط کمیته IEEE 802.11 استاندارد سازی می‌شود و DSRC نیز در برد کوتاه کار می‌کند، این کمیته مأمور مأمور گردید تا ارتباطات بی‌سیم برای کاربردهای ITS را استاندارد نماید. در ابتدا از قرارداد 802.11a، مورد استفاده برای شبکه‌های بی‌سیم محلی، برای این منظور استفاده گردید و در ادامه در سال ۲۰۰۶، قرارداد 802.11p به عنوان قرارداد اختصاصی برای کاربردهای ITS پیشنهاد گردید. محدوده فرکانسی مورد استفاده در این قرارداد ۵/۹۲۵-۵/۸۵ گیگاهرتز می‌باشد [۹][۱۰].

برچسب رادیویی در DSRC بسته به نوع کاربرد می‌تواند به شکل‌های مختلفی وجود داشته باشد. در ساده‌ترین شکل، این برچسب بدون اتصال به وسیله دیگری به تنهایی در داخل خودرو نصب می‌شود. در این حالت و در زمان عبور برچسب از مقابل قرائت‌گر، شناسه برچسب توسط قرائت‌گر خوانده می‌شود. این شناسه منحصر به فرد است و در سامانه کنترل مرکزی، متناظر با هویت خودروی حامل آن می‌باشد و از این طریق امکان ردیابی و شناسائی خودرو را فراهم می‌سازد.

در کاربردهای پیچیده‌تر، برچسب‌ها دارای حافظه و باتری هستند و می‌توانند با اتصال به تجهیزات داخل خودرو، پیام‌ها، داده‌ها و سایر اشکال اطلاعات را بین تجهیزات داخل خودرو و قرائت‌گر تبادل نمایند. این ارتباط می‌تواند با استفاده از واسطه‌های شبکه محلی اترنت، بی‌سیم و یا انواع اتصالات سریال صورت گیرد. در این شرایط برچسب نقش پل ارتباطی را ایفا خواهد نمود.

در کاربردهای مربوط به ایمنی مسیر، برچسب‌های رادیویی یا واسطه انتقال داده‌های ناشی از عملکرد حسگرهای بکار رفته در مسیرهای حرکت هستند و یا اطلاعات مربوط به علائم رانندگی را به برچسب خودروها گزارش می‌کنند [۱۱]. در این باره به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- جمع‌آوری داده‌های محیطی از مسیر حرکت خودرو، مانند وضعیت یخ زدگی سطح جاده
- آشکارسازی عبور عابر پیاده از تقاطع‌ها
- هشدار دهنده‌های مسیر مانند پیچ تند، ارتفاع تونل، عرض پل و باریک شدن مسیر

^۱ - Open Systems Interconnection Basic Reference Model

^۲ - Tag

^۳ - Reader

وظیفه قرائت گر ایجاد ارتباط با برچسب رادیویی می باشد. حداقل کاری که یک قرائت گر انجام می دهد تشخیص شناسه برچسب DSRC است. قرائت گر داده های دریافتی را از طریق واسطه های مختلف که می توانند از انواع بی سیم و باسیم در ابعاد محلی (LAN) و یا شبکه های گسترده (WAN) باشند، به سامانه های کنترل محلی و یا مرکزی منتقل می کند.

برد تجهیزات DSRC بسته به نوع کاربرد می تواند متفاوت باشد ولی به طور معمول مقدار آن ۱۰۰ متر عنوان می شود [۱۲]. در کاربردهای ردیابی با برد کوتاه و برای جلوگیری از تداخلات احتمالی، برد تجهیزات را بین ۶ تا ۸ متر تنظیم می کنند. البته این قابلیت نیز وجود دارد که برد تجهیزات تا حداکثر ۱ کیلومتر افزایش یابد. لازم به ذکر است که تاکنون از این فناوری بیشتر در مواردی استفاده شده است که نیاز به برد کوتاه داشته اند. سایر مشخصات فنی تجهیزات DSRC بر اساس قرارداد 802.11p و با مقایسه با سایر فناوری های بی سیم متحرک به شرح جدول شماره ۱ می باشد. نکته حائز اهمیت در این مقایسه نرخ مناسب انتقال داده و زمان عکس العمل بسیار مناسب این فناوری می باشد.

جدول ۱- مقایسه برخی از خصوصیات فناوری های بی سیم با DSRC

MBAW	Mobile WiMAX5	Cellular Phone	Wi-Fi	DSRC	
	۱-۳۲ Mbps	< ۲ Mbps	۶-۵۴ Mbps	۳-۲۷ Mbps	نرخ داده
نامعین	نامعین	در حد چند ثانیه	در حد چند ثانیه	< ۵۰ ms	زمان عکس العمل ^۱
< ۲۵۰ Km	< ۱۵ Km	< ۱۰ Km	< ۱۰۰ m	< ۱ Km	برد
	> ۹۰ Km/h	> ۹۰ Km/h	< ۵ Km/h	> ۹۰ Km/h	تحرک
۳/۵GHz	۲/۵GHz	۸۰۰ MHz و ۱/۹GHz	۲/۴GHz و ۵/۲GHz	۵/۸GHz و ۵/۹GHz	باند فرکانسی
802.20	802.16e	ندارد	802.11a	802.11p	استاندارد IEEE

کاربردها

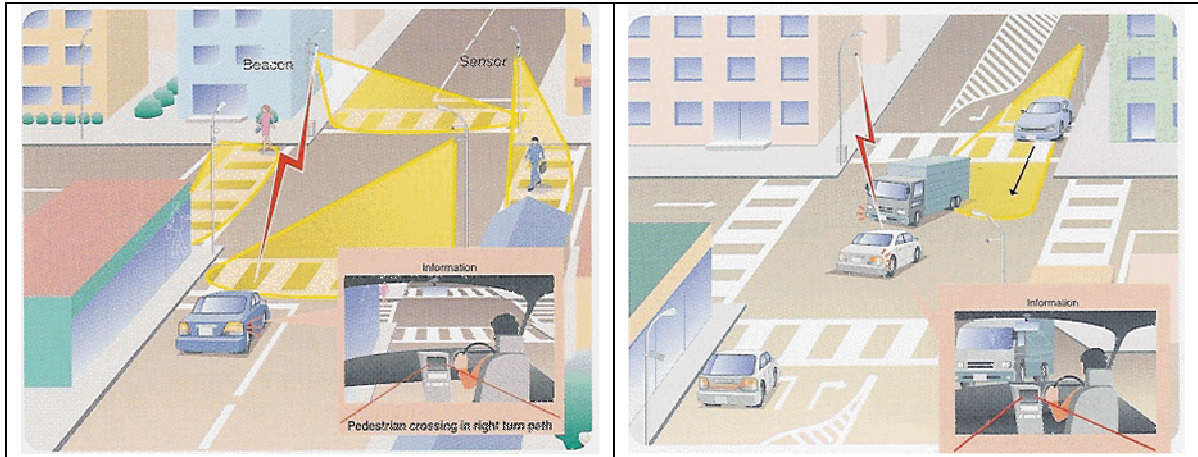
کاربردهای DSRC به طور معمول از دو منظر: ۱- بر اساس نوع کاربرد و ۲- بر اساس برد لازم برای کاربرد معین، قابل طبقه بندی هستند. در اینجا از طبقه بندی اول که متداول تر است استفاده می کنیم [۱۳][۱۴]. این طبقه بندی هر چند ممکن است بعضی از کاربردها را شامل نشود، ولی زمینه های کاربردی فناوری DSRC را به لحاظ کلی نشان می دهد. بر این مبنا کاربردهای DSRC را می توان به ۴ بخش عمده ایمنی عمومی، مدیریت ترافیک، مدیریت حمل و نقل و خدمات اختصاصی تقسیم نمود. در ادامه، به مرور اجمالی این بخش ها می پردازیم.

ایمنی عمومی

هدف از بخش ایمنی عمومی کاهش سوانح رانندگی و ترافیکی می باشد. برای انجام این موضوع، DSRC کاربردهای متنوعی را ارائه می دهد. این کاربردها علاوه بر ارتباط میان برچسب نصب شده در خودرو با قرائت گر کنار مسیر، متکی بر ارتباط میان برچسب های نصب شده در خودروها با یکدیگر، و ارتباط برچسب های نصب شده در مسیر با سایر تجهیزات DSRC می باشد. وظیفه تجهیزات DSRC در این بخش آشکارسازی سوانح و تولید و ارسال هشدارهای متناسب با وقایع پیش آمده و همچنین انتقال اطلاعات مسیر (علائم راهنمایی و رانندگی) به صورت خودکار به تجهیزات نصب شده در خودروها می باشد [۱۱]. در اینجا به نمونه هایی از کاربردهای این بخش اشاره خواهیم داشت.

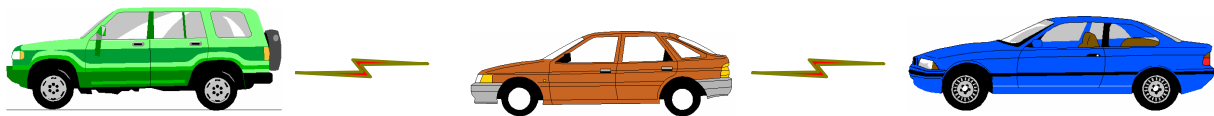
^۱ -Latency

- **هشدار تصادف:** در این کاربرد، برخورد خودروها با یکدیگر و یا برخورد یک خودرو با عابر پیاده در مسیرها و یا تقاطع‌های تحت پوشش تجهیزات DSRC تشخیص داده می‌شود و سپس هشدار ناشی از این نوع رویدادها به خودروهای نزدیک محل برخورد اعلام می‌گردد. در پیش‌بینی وقوع تصادف با خودروی دیگر در تقاطع‌ها، با شناسایی عبور دو خودرو از مقابل یکدیگر، همانند تصویر سمت راست در شکل ۱، پیام‌های هشدار لازم برای آنها ارسال می‌شود. به طور مشابه در مواقع احتمال وقوع برخورد با عابر پیاده، همانند تصویر سمت چپ در شکل ۱، عبور عابرین از طریق حسگرهای متصل به برچسب‌های DSRC تشخیص داده می‌شود و سپس قرائت‌گرهای مستقر در محل، خودروهای در حال عبور را از این موضوع مطلع می‌کنند [۸][۱۱].



شکل ۱- (راست): تشخیص برخورد در محل تقاطع، (چپ): آشکارسازی عبور عابر از روی خط عابر پیاده [۱۴]

- **هشدارهای مربوط به علائم راهنمایی و رانندگی:** در این کاربرد برچسب‌های رادیویی در موقعیت‌های علائم هشدار دهنده رانندگی در مسیر عبور خودروها نصب شده و به ارسال پیام‌های هشدار مرتبط با رویدادهای احتمالی می‌پردازند. این پیام‌ها از تنوعی به میزان انواع علائم هشدار برخوردار بوده و می‌توانند به طور خودکار به برچسب خودروهای عبوری ارسال شوند [۸][۱۱].
- **ارسال پیام و هشدار و انتقال آن میان خودروهای درون مسیر:** در این کاربرد، به طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، علاوه بر ارسال پیام و هشدار از یک خودرو به خودروی دیگر، پیام‌های مبادله شده بین دو خودرو برای سایر خودروهای واقع در مسیر نیز ارسال می‌شود. این انتقال هشدارها می‌تواند کاربردهای متعددی داشته باشد که از جمله آنها می‌توان به کنترل سرعت خودکار، اجتناب از سوانح و تصادفات رانندگی اشاره کرد [۸][۱۱].



شکل ۲- انتقال پیام میان خودروها [۱۴]

مدیریت ترافیک

- هدف از این بخش مدیریت تردد خودروها در جاده‌ها و معابر شهری می‌باشد. برای دستیابی به این هدف DSRC کاربردهای متنوعی را ارائه می‌دهد. کاربردهای ارائه شده در این بخش مبتنی بر ردیابی خودروها، شناسایی نوع خودروها، شمارش و یا تخمین حجم خودروها، کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی و همچنین ارسال پیام برای هدایت خودروها می‌باشد. در اینجا به برخی از کاربردهای DSRC در این بخش اشاره خواهیم داشت.
- **جمع‌آوری الکترونیکی عوارض^۱:** در این کاربرد هر خودرو حامل برچسبی است که شناسه آن متناظر با هویت خودرو یا به

^۱ - Electronic Toll Collection

عبارتی پلاک آن می‌باشد. هر برچسب در بدو خریداری و استفاده دارای یک اعتبار اولیه می‌باشد که در زمان عبور از مقابل قرائت‌گرهای نصب شده در موقعیت‌های اخذ عوارض، مانند ورودی بزرگراه‌ها، تونل‌ها و پل‌ها، مورد شناسائی قرار می‌گیرد و مبلغ عوارض متعلقه از اعتبار موجود آن کسر می‌شود. کسر عوارض به طور معمول از طریق انتقال شناسه برچسب شناسائی شده به سامانه مرکزی کنترل کننده تجهیزات DSRC انجام می‌گیرد. در حال حاضر با توجه به عدم نصب این برچسب‌ها در تمام خودروها، به منظور شناسائی خودروهای فاقد برچسب، قرائت‌گرهای DSRC را معمولاً به همراه یک سامانه تشخیص خودکار پلاک خودرو (ANPR) بکار می‌برند. با توجه به کارایی بهتر و هزینه پایین‌تر این فناوری نسبت به ANPR و GPS که برای ردیابی خودروها بکار می‌روند، روش‌هایی مانند تخفیف در میزان عوارض پرداختی برای تشویق بیشتر رانندگان به استفاده از این تجهیزات بکار گرفته می‌شود. البته با توجه به پیش‌بینی توسعه این فناوری و برخی طرح‌های موجود برای درون‌گذاری برچسب DSRC در داخل پلاک خودروها که به پلاک الکترونیکی^۱ موسوم است، به نظر می‌رسد در آینده نه چندان دور تمامی خودروها به این نوع برچسب مجهز شوند [۱۵].

- **راهنمای انتخاب مسیر:** سامانه‌های کنترل مرکزی تردد خودروها در سطح جاده‌ها و معابر شهری هم اینک از ابزارهای مختلف مانند دوربین‌ها برای مشاهده حجم ترافیک استفاده می‌کنند و در آینده نیز می‌توانند از تجهیزات DSRC و GPS برای شناسائی نقاط پر ازدحام بهره‌برداری نمایند. داده‌های حاصل از بکارگیری این تجهیزات برای هدایت رانندگان خودروها در انتخاب مسیرهای جایگزین، به طوری که با گره‌های ترافیکی مواجه نشوند، قابل استفاده خواهد بود. فناوری DSRC هم امکان مشاهده جریان ترافیک را به این سامانه‌ها می‌دهد و هم امکان ارسال پیام‌های سراسری و پیام‌های محلی را فراهم می‌نماید. ارسال پیام‌های محلی یک ویژگی خاص برای این فناوری محسوب می‌شود.

مدیریت حمل‌ونقل

هدف اصلی از این بخش بهبود حمل‌ونقل بویژه در حوزه خدمات عمومی حمل بار و مسافر می‌باشد. با استفاده از قابلیت نظارت و ردیابی خودروهای عمومی مانند اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و خودروهای اورژانس و آتش‌نشانی و امکان شناسائی موقعیت آنها در نزدیکی تقاطع‌ها و نقاط پر ازدحام، موجبات اعمال مدیریت صحیح و هدایت این خودروها به سمت مسیرهای مناسب فراهم می‌شود. در اینجا با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در مسیرهای مختلف می‌توان به اعمال کنترل بهتر تردد خودروها در دو سطح محلی و کلان پرداخت و با مدیریت چراغ‌های راهنمایی به لحاظ زمانبندی بهینه، بهره‌وری حمل‌ونقل عمومی را افزایش داد. همچنین از طریق مشاهده و پایش جریان تردد خودروها در معابر شهری و جاده‌ای و هوشمندسازی شبکه چراغ‌های راهنمایی با استفاده از داده‌های شبکه قرائت‌گرها و تجهیزات DSRC، امکان پیاده‌سازی سامانه اولویت‌دهی به عبور خودروهای خاص مانند خودروهای اورژانس، آتش‌نشانی و خودروهای حمل‌ونقل عمومی در تقاطع‌ها فراهم می‌باشد که این مهم در تشویق شهروندان به استفاده از وسایل نقلیه عمومی و کاهش تقاضای سفرهای درون‌شهری با استفاده از خودروهای شخصی بسیار تأثیرگذار خواهد بود.

خدمات اختصاصی

یکی از کاربردهائی که می‌تواند تحول بسیار زیادی در رفتار رانندگان و فضای حاکم بر استفاده از خودروهای کنونی ایجاد نماید، امکان انتقال و تبادل داده بین تجهیزات الکترونیکی خودروها می‌باشد. در شرایط تحقق این کاربرد، برچسب‌های رادیویی کاملاً مشابه واسط‌های شبکه عمل خواهند کرد. انتقال داده و اطلاعات بین تجهیزات الکترونیکی خودروها می‌تواند به شکل‌های مختلفی مطرح باشد. از طرفی انتقال داده از تجهیزات مستقر در کنار مسیرهای عبور به برچسب داخل خودرو و بر عکس، در حال ثابت و متحرک^۲، قابل انجام است و از طرف دیگر، این انتقال می‌تواند بین خودروها انجام شود. در اینجا به بیان نمونه‌هایی از این دست می‌پردازیم.

^۱ - E-Plate

^۲ - Mobile

- **دسترسی به اینترنت:** قرائت‌گرهای رادیویی در صورت پشتیبانی از قرارداد TCP/IP می‌توانند امکان اتصال به شبکه اینترنت را فراهم نمایند. در این صورت، قرارداد 802.11p این امکان را ایجاد می‌کند که رایانه درون خودرو از طریق برچسب DSRC به شبکه اینترنت متصل شود. نرخ انتقال داده همانطور که در جدول ۱ ارائه شده است، با توجه به متحرک بودن خودرو، به مراتب بهتر از شبکه‌های محلی بی‌سیم خواهد بود. البته در صورت ثابت بودن خودرو در نواحی تحت پوشش شبکه‌های محلی بی‌سیم Wi-Fi، این نوع شبکه‌ها می‌توانند کارکرد بهتری داشته باشند. علاوه بر این، توسعه شبکه‌های بی‌سیم شهری با قرارداد IEEE 802.20 که برای کاربردهای رایانه‌ای متحرک در حال طراحی است (نه با قرارداد 802.16e که در جدول ۱ محدودیت‌های آن تا حدودی قابل مشاهده است) و توجه به قابلیت‌های نسل سوم و چهارم تلفن همراه، نشان می‌دهند که در آینده برای این کاربرد گزینه‌های عملیاتی دیگری نیز مطرح خواهند بود. برای مثال قرارداد 802.20 می‌تواند ایستگاه متحرک را (در سطح شهر به شعاع تا ۱۰ کیلومتر و با سرعت تا ۲۵۰ کیلومتر در ساعت) در یک شبکه بی‌سیم با حداقل سرعت ۱ مگابیت در ثانیه پشتیبانی نماید. این موضوع برای نسل سوم و چهارم تلفن همراه نیز تا حدودی صدق می‌کند. این در حالی است که DSRC محدوده‌های کوچکتری را برای متحرک‌هایی با سرعت کمتر و نرخ انتقال داده کمتر می‌تواند پشتیبانی نماید که با کاربردهای خاص خود همراه است. البته در شرایط فعلی نمی‌توان راجع به آینده این رقابت به طور دقیق اظهار نظر نمود.
- **ارسال اطلاعات مفید برای خودروها:** مجموعه‌ای از اطلاعات مفید مانند اطلاعات هواشناسی می‌توانند برای کلیه خودروهای تحت پوشش تجهیزات DSRC ارسال شوند. همچنین ارسال اطلاعات خاص مانند اعلام شرایط ویژه ترافیکی برای خودروهای در حال حرکت نیز با استفاده از این فناوری میسر خواهد بود. در این باره می‌توان به ارسال اطلاعات مربوط به فواصل مراکز امداد و نجات جاده‌ای و یا پمپ بنزین‌های واقع در مسیرهای پیش رو اشاره کرد.
- **انتقال داده و فایل میان خودروها:** یکی از کاربردهایی که برای DSRC در نظر گرفته شده است، انتقال داده و بسته‌های صوتی و تصویری بین تجهیزات سمعی و بصری خودروها می‌باشد. در این حوزه البته فناوری‌های دیگری مانند Bluetooth و Wi-Fi^۱ نیز مطرح هستند. البته از دیدگاه فنی می‌توان DSRC و Wi-Fi را در یک خانواده منظور نمود و با وجود تجهیزات DSRC برای سایر کاربردها، به نظر نمی‌رسد نیازی به استفاده از فناوری Wi-Fi برای این منظور وجود داشته باشد. در مورد Bluetooth نیز می‌توان به برد کم و سرعت پائین آن را در مقابل DSRC اشاره نمود.

سایر کاربردها

در حال حاضر کاربردهای فراوان دیگری نیز برای فناوری DSRC در نظر گرفته شده است که ابعاد استفاده از آن را بسیار وسیع و متنوع نشان می‌دهد. برای مثال، سامانه‌های محاسبه و دریافت خدمات خودرویی مانند هزینه پارکینگ، سامانه‌های هوشمند مسیریابی بهینه، سامانه‌های امنیت خودرو و سامانه‌های تشخیص تخلقات رانندگی و دریافت خودکار جرایم را می‌توان نام برد. بعضی از کاربردهای آینده DSRC که فعلاً در حد ایده مطرح هستند و جزئیات آنها هنوز بطور کامل تعریف نشده‌اند، در بخش "گام‌های بعدی و افق پیش رو" مورد اشاره قرار خواهند گرفت.

تفاوت‌های DSRC با فناوری‌های نوین ردیابی در حوزه ITS

در حال حاضر چشمگیرترین استفاده از فناوری DSRC در حوزه ITS، کاربردهای آن به منظور ردیابی خودرو در زمان عبور از مرز نواحی شهری^۲ و جمع‌آوری الکترونیکی عوارض می‌باشد. از اینرو در بسیاری از موارد، این کاربرد خاص DSRC را با فناوری‌های GPS، ANPR، و خدمات LBS^۳ تلفن‌های همراه در حوزه ITS مورد مقایسه قرار می‌دهند [۱۵]. با توجه به این موضوع، در این بخش به مقایسه کلی این فناوری‌ها با DSRC خواهیم پرداخت. لازم به ذکر است فناوری دیگری که به لحاظ

^۱ - Wireless Fidelity

^۲ - Cordon Zone

^۳ - Location Base System

سازوکار با DSRC مشابه باشد در حوزه ITS وجود ندارد. بنابراین فناوری DSRC را صرفاً با فناوری‌های ذکر شده که دارای کاربرد مشترک و مهم ردیابی خودرو هستند، از دو منظر قابلیت ردیابی و زمینه‌های کاربرد مورد مقایسه قرار می‌دهیم.

مقایسه در ردیابی خودرو

به منظور بررسی و مقایسه قابلیت ردیابی فناوری‌های یاد شده تاکنون پروژه‌هایی در سطح دنیا به اجرا درآمده است که بترتیب اهمیت می‌توان از پروژه^۱ PRoGRESS و پروژه ارزیابی این فناوری‌ها در شهر لندن نام برد [۱۵][۱۶]. پروژه PRoGRESS از طرف اتحادیه اروپا در ۸ شهر اروپائی از جمله کپنهاگ، هلسینکی، جنوا، گوتنبرگ و... در سال ۲۰۰۱ به اجرا گذاشته شده است و هدف آن بررسی توانائی‌های فناوری‌های ANPR، GPS و DSRC در ردیابی خودروها و دریافت الکترونیکی عوارض ورود به مناطق پر ازدحام شهری^۲ بوده است. پروژه لندن از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ در سه مرحله به اجرا رسیده و به لحاظ نوع نگرش و ارزیابی، نتایج دقیقتری را به همراه داشته است. در پروژه لندن علاوه بر سه فناوری فوق که به عنوان بهترین گزینه‌های ممکن مورد بررسی واقع شده‌اند، فناوری‌های Wi-Fi، تلفن همراه و Bluetooth نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۷]. نتایج بدست آمده در هر دو پروژه، و حتی ارزیابی مجدد نتایج پروژه PRoGRESS که توسط دانشکده حمل‌ونقل در دانشگاه تگزاس انجام شده است، نشان دهنده عملکرد بسیار مناسب DSRC در مقابل دو فناوری دیگر می‌باشد [۷].

مقایسه سایر قابلیت‌ها

هر سه فناوری فوق‌الذکر دارای ویژگی‌هایی هستند که آنها را در حوزه کاربرد از یکدیگر متمایز می‌سازند. در اینجا به چند نمونه از تمایز این فناوری‌ها اشاره می‌کنیم.

تعامل: برخلاف ANPR، فناوری DSRC یک فناوری ذاتاً تعاملی است. خصوصیت تعاملی بودن، امکان ارتباط متقابل بین تجهیزات مستقر در کنار مسیر با برچسب رادیویی داخل خودرو و ارتباط میان خودروها را در این فناوری فراهم می‌کند. این خصوصیت منشاء بسیاری از کاربردهای DSRC است. در حالی که در ANPR و GPS این خصوصیت وجود ندارد و به این دلیل در کنار این فناوری‌ها به طور معمول از خدمات پیام کوتاه و یا GPRS^۳ تلفن همراه برای انتقال داده استفاده می‌شود. در اینجا امکان انتقال پیام و داده و دسترسی به اینترنت از طریق فناوری تلفن همراه فراهم می‌شود، اما هزینه‌های آن بسیار بیشتر از DSRC خواهد بود.

ارتباطات محلی: منظور از ارتباطات محلی در اینجا ارتباط میان تجهیزات داخل خودرو با تجهیزات کنار مسیر و یا تجهیزات سایر خودروهای اطراف می‌باشد. در این کاربرد مجموعه‌ای از داده‌های عمومی (مانند داده‌های مربوط به حجم ترافیک و هشدار وقوع تصادفات در مسیرهای پیش‌رو) و داده‌های اختصاصی (مانند انتقال فایل داده‌های شخصی) بین خودروها و تجهیزات کنار مسیر قابل تبادل می‌باشد. همچنین می‌توان پیام‌هائی را توسط سامانه مرکزی برای خودروهای در حال حرکت به سمت موقعیت‌های خاص، مثلاً نقاطی که تغییرات هندسی جدید داشته‌اند و یا با وقایع ترافیکی مواجه بوده‌اند، ارسال نمود.

ارتباط چند نقطه‌ای: هر چند فناوری تلفن همراه در حال حاضر از پوشش نسبتاً گسترده‌ای در اکثر مسیرهای ارتباطی برخوردار است، اما این فناوری تنها می‌تواند یک ارتباط نقطه به نقطه را در هر لحظه ایجاد نماید. این در حالی است که در DSRC امکان ایجاد چند ارتباط نقطه به نقطه در هر لحظه وجود دارد و این فناوری می‌تواند علاوه بر ارتباط با سامانه مرکزی، از ارتباطات محلی نیز بطور همزمان استفاده نماید [۱۱].

^۱ - Pricing ROad use for Greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in cities

^۲ - Congestion Charging

^۳ - General Packet Radio Service

پشتیبان‌ها و استانداردهای جهانی

فناوری DSRC ناشی از ایده‌ای بر مبنای توسعه و پیشرفت فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و میکرو الکترونیک است که توسط مجموعه‌ای از عوامل بازار خودرو، تولیدکنندگان تجهیزات ارتباطی و الکترونیکی و سازمان‌های دولتی در چند کشور پیشرفته دنیا پشتیبانی می‌شود. شرکت‌های خودروساز مانند جنرال موتورز، تویوتا، دایملر-کرایسلر و نیسان و شرکت‌هایی مانند هیتاچی، موتورولا و توشیبا و وزارت حمل‌ونقل آمریکا، به همراه بیش از ۳۰ شرکت و سازمان دیگر، از جمله پشتیبانان این فناوری می‌باشند. بخشی از این عوامل، کنسرسیومی را در سال ۲۰۰۲ بنام "کنسرسیوم ارتباطات ایمنی خودرو"^۱ تاسیس نمودند که هدف آن توسعه ارتباطات مرتبط با ایمنی خودرو می‌باشد. شرکت‌های خودروسازی نیسان، فولکس واگن، ب ام و، تویوتا، دایملر-کرایسلر، فورد، جنرال موتورز و دپارتمان حمل و نقل دولت آمریکا اعضاء اصلی این کنسرسیوم هستند [۱۱]. همانطور که پیشتر گفته شد عملکرد DSRC در ارتباط بین تجهیزات رادیویی بسیار شبیه عملکرد شبکه‌های بی‌سیم محلی می‌باشد. پیشنهاد اولیه برای قرارداد ارتباطی DSRC به دلیل وجود استانداردهایی برای شبکه‌های بی‌سیم محلی مانند Wi-Fi، منجر به انتخاب قرارداد ارتباطی IEEE 802.11a (یکی از سه قرارداد Wi-Fi) در طیف فرکانسی اختصاص یافته برای کاربردهای صنعتی، علمی و پزشکی^۲ ISM گردید. اما به دلیل رشد سریع کاربرد فناوری DSRC طی چند سال گذشته در سطح جهان و پیش‌بینی محدودیت‌های آتی در زمینه باند فرکانسی و کاربردهای آن، کمیته 802 موسسه IEEE تصمیم به تشکیل کمیته‌ای خاص برای کاربردهای شبکه‌های محلی در حوزه خودرو موسوم به "دسترسی بی‌سیم محیط‌های خودرویی"^۳ گرفت. این کمیته مسئول تدوین قرارداد ارتباطی برای DSRC با نام IEEE 802.11p، در باند فرکانسی ۵/۹ گیگا هرتز با مجوز اختصاصی کمیسیون ارتباطات آمریکا^۴ و همچنین سازمان‌های مشابه در اروپا گردید. هر چند هم اینک کمیسیون اروپا باند ۵/۹ گیگا هرتز را به صورت رسمی به این موضوع تخصیص داده است، لیکن به نظر نمی‌رسد کمیسیون ارتباطات آمریکا همین باند را بطور دقیق استفاده نماید. با این وجود، مشخصات فنی تجهیزات رادیویی مورد استفاده در این فناوری مورد پذیرش هر دو کمیسیون قرار گرفته است. براساس اطلاعات موجود، این قرارداد بطور رسمی در آوریل ۲۰۰۹ میلادی منتشر خواهد شد [۱۸][۱۹][۲۰].

گام‌های بعدی و افق پیش‌رو

همانطور که پیشتر اشاره گردید کاربردهای بسیار متنوعی از فناوری DSRC قابل تعریف و ارائه طرح می‌باشد. تا این زمان نزدیک به ۱۰۰۰ کاربرد مختلف بر روی این فناوری پیشنهاد شده‌اند که در نوع خود، چه در مقایسه با کاربردهای شناخته شده از فناوری‌های دیگر و چه به لحاظ موارد استفاده اختصاصی در حوزه ITS قابل تأمل هستند. با تحلیل شرایط موجود به نظر می‌رسد این فناوری در آینده با ایده‌های نو و پیشرفت‌های گسترده‌ای در حوزه ITS و موضوعاتی مانند خودروهای هوشمند و بزرگراه‌ها (و یا جاده‌های) هوشمند مواجه باشد. یکی از ایده‌های بسیار جالب که در مورد پیاده‌سازی آن بحث‌های مختلفی در جریان است، یکپارچگی سامانه‌های الکترونیک خودرو با DSRC می‌باشد. موضوعی که می‌توان آن را به همگرایی فناوری‌های ردیابی در طراحی و ساخت تجهیزات الکترونیک خودروهای جدید تعبیر نمود. بخشی از این ایده هم اینک توسط گروهی از خودروسازان بزرگ دنیا به مرحله اجرا نزدیک شده است و این گروه با حمایت وزارت حمل‌ونقل آمریکا تلاش می‌کنند پروژه VII را منطبق بر نیازهای مدیریت حمل‌ونقل در معابر شهری و جاده‌ای در سال ۲۰۱۱ به بهره‌برداری برسانند [۳]. با توجه به هدف‌گذاری محوری که در چارچوب کنسرسیوم ارتباطات ایمنی خودرو مورد توجه قرار گرفته است، این ایده مطرح می‌باشد که با توسعه سامانه الکترونیک خودرو بتوان سازوکاری مانند جعبه سیاه هواپیما برای ثبت پارامترهای فنی خودروها ایجاد نمود. با برقراری ارتباط الکترونیک بین چنین جعبه‌های و برچسب DSRC داخل خودرو، داده‌های ثبت شده

¹ - Vehicle Safety Communications

² - Industrial, Scientific and Medical

³ - Wireless Access for the Vehicular Environment

⁴ - Federal Communications Commission

قابل انتقال به یک سامانه مرکزی کنترل ترافیک بوده و یا از طریق تجهیزات قابل حمل مانند PDA و Handheld های مجهز به تجهیزات DSRC، قابلیت بازخوانی این داده‌ها توسط مامورین انتظامی فراهم خواهد بود. بدیهی است در شرایط تصادفات خاص، بازخوانی داده‌های جعبه سیاه خودرو که CER¹ نیز نامیده می‌شود، می‌تواند اطلاعات مفیدی را از وجوه مختلف در اختیار مامورین انتظامی قرار داده و به شناسایی عوامل وقوع تصادفات کمک نماید [۲۱].

ایده دیگری که احتمال زیادی برای اجرایی شدن آن وجود دارد، استفاده از برچسب DSRC در ساخت پلاک الکترونیکی خودروها می‌باشد. با توجه به مشکلات متعدد کنونی در ثبت و شناسایی خودروهای متخلف توسط مامورین انتظامی، ایده استفاده از شناسه منحصر بفرد برچسب‌های رادیویی به جای شماره شناسایی یا پلاک خودرو مطرح شده است. این ایده هم‌اکنون به مرحله اجرای آزمایشی وارد شده است و در حال حاضر نمونه‌هایی از پلاک الکترونیکی در شهر لندن مورد استفاده قرار می‌گیرد^۲. در صورت اجرای عملیاتی و فراگیر این ایده، مامورین انتظامی می‌توانند برای ثبت اطلاعات خودروهای متخلف از قرائت‌گرهای قابل حمل DSRC استفاده نمایند. نکته حائز اهمیت در این کاربرد آن است که تجهیزات DSRC باید به نحوی در خودروها جاسازی شوند که امکان دستکاری و از کاراندازی آنها وجود نداشته باشد. برای این منظور لازم است سامانه الکترونیکی خودرو با تجهیزات DSRC یکپارچه شود. در واقع در این شرایط باید روشن شدن و حرکت خودرو منوط به فعال بودن و کارکرد صحیح تجهیزات DSRC در خودرو باشد.

نتیجه گیری

در آینده نه چندان دور شاهد کاربردهایی از فناوری DSRC به عنوان یک بستر ارتباطی یکپارچه برای تبادل داده‌های مورد نیاز در مدیریت حمل‌ونقل خواهیم بود. DSRC با ایجاد شبکه ارتباطی بین تجهیزات الکترونیکی خودروها، موجبات انتقال و توزیع اطلاعات مربوط به مسیرهای پیش رو را بین رانندگان فراهم می‌کند و از این طریق سطح ایمنی حرکت در جاده‌ها و معابر شهری را ارتقا می‌بخشد. هم‌اکنون با توجه به نگرش حاکم بر مدیریت حمل‌ونقل زمینی در بیشتر کشورها و تعامل برقرار شده با صنایع خودروسازی در مورد ساخت خودروهایی که ایجاد سامانه‌های ITS را تسهیل نمایند، استانداردهای لازم به منظور همگرایی فناوری در بخش الکترونیک خودروها در حال تدوین می‌باشد و از این طریق به زودی شاهد تولید گسترده خودروهای هوشمند و پیاده‌سازی سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل در غالب کشورها خواهیم بود. برنامه‌ریزی خودروسازان معروف دنیا و اهتمام کشورهای توسعه یافته در این باره، لزوم توجه به فناوری DSRC و کاربردهای آن در صنعت خودرو و مدیریت حمل‌ونقل کشور را نشان می‌دهد. نظر به توانایی‌های بالقوه و دانش متخصصین کشور برای طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز این فناوری، دور از انتظار نخواهد بود که با یک برنامه معین بتوان گام‌های موثری برای هم‌ترازی با کشورهای پیشرفته در این حوزه برداشت و از این طریق امکان برخورداری از فناوری یاد شده برای افزایش ایمنی، نظارت و بهبود مدیریت تردد خودروها را فراهم نمود.

مراجع

۱. حبیب رستمی، حمیدرضا عطائیان، "کنترل مکانیزه محدوده طرح ترافیک"، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک/ایران، تهران اسفند ۱۳۸۵.
2. Booz and Allen and Hamilton. "VEHICLE INFRASTRUCTURE INTEGRATION (VII) CONCEPT OF OPERATIONS", US Department of Transportation, Federal Highway Administration, McLean, VA, Version 1.2, September 2006
3. PB Farradyne, "VEHICLE INFRASTRUCTURE INTEGRATION (VII), VII Architecture and Functional Requirements" US Department of Transportation, ITS Joint Program Office, Version 1.1, July 2005

¹ - Collision Event Recorder

² - برای اطلاعات بیشتر به نشانی اینترنتی <http://www.e-plate.com> مراجعه شود.

۴. دکتر محمد تقی عیسائی، "سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل (درون شهری و برون شهری)"، انتشارات آذر، تیر ماه ۱۳۸۶.

5. "Intelligent Car", http://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_car
6. "Advanced Parking Guidance system" http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Parking_Guidance_System
7. Satish V. Ukkusuri, Ampol Karoonsoontawong, S. Travis Waller and Kara M. Kockelman, "CONGESTION PRICING TECHNOLOGIES: A COMPARATIVE EVALUATION" New Transportation Research Progress, chapter 4, Nova Science Publishers, Inc. 2007, ISBN: 978-1-60456-032-9, http://www.ce.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB05CPtecheval.pdf
8. Qing Xu, Tony Mak & Jeff Ko, ({tonykm,jko}@path.berkeley.edu), Raja Sengupta, "Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC", <http://path.berkeley.edu/~raja/my-writing/conferences/vanet2004.pdf>
9. Lothar Stibor, Yunpeng Zang, Hans-Jürgen Reumerman, "Neighborhood evaluation of vehicular ad-hoc network using IEEE 802.11p", <http://www.ew2007.org/papers/1569014956.pdf>
10. "Trial Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Architecture" IEEE Standards Activities Department, Standards Licensing and Contracts, February 2007,
11. Author(s): The CAMP Vehicle Safety Communications Consortium consisting of BMW, DaimlerChrysler, Ford, GM, Nissan, Toyota, and VW. "Vehicle Safety Communications Project Task 3, Final Report, Identify Intelligent Vehicle Safety Applications Enabled by DSRC" Report No: DOT HS 809 859, March 2005, <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-12/1665CAMP3web/images/CAMP3scr.pdf>
12. "DSRC Summary", <http://www.learnstrong.com>
13. John A. Volpe "Vehicle-Infrastructure Integration: Applications for Public Transit" Report for: Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, United States Department of Transportation, October 2006.
14. www.learnstrong.com
15. Transport for London, "London Congestion Charging Technology Trials" Stage 1 Report February 2005, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/technology-trials.pdf>
16. <http://www.progress-project.org>
17. Transport for London, "London Congestion Charging Technology Trials", Stage 3 Final Report, 31st July 2008, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/stage-3-final-report.pdf>
18. "Wireless Access for the Vehicular Environment", http://www.ieee802.org/11/Reports/tgp_update.htm
19. Dr. Michele Weigle, "Standards: WAVE / DSRC / 802.11p", CS 795/895, Vehicular Networks, Spring 2008, <http://www.cs.odu.edu/~mweigle/courses/cs795-s08/lectures/5c-DSRC.pdf>
20. Jiang, D.; Delgrossi, L., "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments", Volume, Issue, 11-14 May 2008 Page(s): 2036 – 2040, Vehicular Technology Conference, 2008.
21. Sumair Ur Rahman, Hossein Falaki, "Security & Privacy for DSRC-based Automotive Collision Reporting", DRC School of Computer Science, University of Waterloo, Ontario, Canada, 2006. <http://www.cs.ucla.edu/~falaki/courses/securityproject.pdf>