


گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی مستوفی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱ از ۱۶

گزارش به کنگره آمریکا در مورد وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی

خلاصه مدیریتی گزارش^۱

در ۶ جولای ۲۰۱۲ رئیس‌جمهور اوباما لایحه قانون دوساله حرکت رو به جلو برای توسعه در قرن ۲۱ (MAP-21) را امضا کرد. گزارش حاضر پاسخی به مسائل مربوط به استقرار سامانه‌های ارتباطی V2I و V2V در این قانون است.


این گزارش به درخواست کنگره برای ارزیابی فناوری ارتباطات برد کوتاه اختصاصی (DSRC) در باند فرکانسی ۵٫۹ گیگاهرتز پاسخ می‌دهد. نسخه پیش‌نویس این گزارش برای مرور و اعلام نظرات تعدادی از کارشناسان موضوع که توسط شورای پژوهش ملی (NRC)^۲ آکادمی ملی علوم، مهندسی و پزشکی فراخوانده شده‌اند، آماده شده است تا با همکاری اشخاص ثالث مستقل، نتایج را تأیید کنند. گزارش نامه NRC در آوریل ۲۰۱۵ به کنگره تحویل گردیده و در ضمیمه ۱ گزارش حاضر آورده است. این گزارش تا حد لازم برای پاسخ به نظرات فنی مذکور در گزارش نامه NRC مورد بازنگری قرار گرفته است.

مقدمه

فناوری DSRC با فرکانس 5.9 GHz، یک فناوری مشتق شده از Wi-Fi است که به منظور رفع نیازهای خاص برای ارتباطات داده‌ای بی‌سیم، امن و با کمترین تاخیر، توسعه یافته است. این فناوری بطور منحصر به فردی جهت پشتیبانی از کاربردهای ایمنی-حیاتی از طریق ارتباطات داده‌ای بی‌سیم قابل اعتماد، مطمئن، سریع و پیوسته میان خودروهای در حال حرکت و بین خودروها با زیرساخت‌های کنار جاده‌ای یا دستگاه‌های متحرک پیکربندی شده است.

^۱ این گزارش در ۵ فصل و ۱۰ پیوست، مجموعاً در ۲۱۴ صفحه منتشر شده است. در اینجا از باب آگاهی کلی، خلاصه مدیریتی گزارش که ۱۱ صفحه اول آن را تشکیل می‌دهد ارائه شده است.

^۲ National Research Council

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جمهوری اسلامی ایران سازمان مخابرات
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۲ از ۱۶

در سال 1999 کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC)^۳، 75 مگاهرتز از طیف فرکانسی بی سیم 5.850 تا 5.925 گیگاهرتز را برای استفاده از DSRC در سامانه‌های حمل و نقل هوشمند (ITS)^۴ اختصاص داد. از این محدوده فرکانسی با عنوان باند 5.9 GHz نام می‌برند. از آن زمان، وزارت حمل و نقل آمریکا (USDOT)^۵ با جدیت و با مشارکت ذی‌نفعان بخش دولتی و صنعتی کار کرده است تا کاربردها، تجهیزات و فناوری‌های جدید مشارکتی موسوم به فناوری‌های ارتباطات خودرویی (CV) شامل ارتباطات خودرو با خودرو (V2V)^۶، خودرو با زیرساخت (V2I)^۷ و خودرو با دستگاه‌ها یا نقاط اتصال دیگر (V2X)^۸ را توسعه و مورد ارزیابی قرار دهند.

در حال حاضر ثابت نشده است که هیچ فناوری بی سیم دیگری توانایی ارائه همه ویژگی‌های حیاتی DSRC و مورد نیاز برای پشتیبانی از کاربردهای ایمنی V2V و V2I را داشته باشد. درحالی‌که هیچیک از فناوری‌های تجاری ارتباطات بی سیم که در حال بهبود تاخیر و امنیت خود هستند، نتوانسته‌اند به قابلیت‌های عملکردی DSRC برسند یا کنترل‌های قابل مقایسه‌ای را برای حریم خصوصی و اصالت‌سنجی پیام‌های کاربران فراهم نمایند.

تحلیل‌های USDOT و ذی‌نفعان به این نتیجه رسیده است که DSRC تنها گزینه مناسب برای کاربردهای ایمنی-حیاتی و سایر کاربردهای مستلزم تاخیر کم در حوزه‌های روان‌سازی ترافیک و حفظ محیط زیست است. ارسال الزامی پیام ایمنی اولیه (BSM) توسط خودروهای مرتبط نیازمند خصوصیات است که توسط DSRC به منظور پشتیبانی از کاربردهای جلوگیری از تصادف و تولید به موقع هشدارهای ایمنی-حیاتی برای راننده در زمان وقوع حادثه تأمین می‌شوند. هرچند تلاش‌های پژوهشی مشابه، فرصت‌هایی را برای بکارگیری فناوری‌های ارتباطی غیر DSRC جهت پشتیبانی از کاربردهای این حوزه نشان می‌دهند که به

³ Federal Communications Commission


⁴ Intelligent Transportation Systems

⁵ United States Department of Transportation

⁶ vehicle-to-vehicle

⁷ vehicle-to-infrastructure

⁸ vehicle-to-devices or other points of connection

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جماران
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۳ از ۱۶

تاخیر کم، قابلیت اطمینان و دسترسی به باند 5.9 گیگاهرتزی یا حفاظت از حریم خصوصی نیازی ندارند. نمونه‌هایی از این کاربردهای اخیر عبارتند از: روان‌سازی ترافیک و جابجایی کالا، بهبود محیط زیست، اطلاع‌رسانی آب‌وهوای جاده‌ای و اطلاعات سفر، مدیریت اعتبارنامه‌های امنیتی، ارتباطات تجهیزات به مرکز یا ارتباطات مراکز عملیاتی پشتیبان و سامانه‌های پشتیبانی از تصمیم.


اهمیت DSRC

فناوری DSRC با طیف فرکانسی ۵,۹ گیگاهرتز برای کشور بسیار اهمیت دارد زیرا می‌تواند سامانه هشدار جلوگیری از تصادفات را به صورت بلادرنگ ایجاد نماید که فرصتی مهم برای رسیدن به یک تحول در ایمنی حمل و نقل است. این فناوری، داده‌های خطرات جاده‌ای را از چندین منبع خارجی (مانند خودروهای دیگر که داده‌های حرکتی خود را منتشر می‌کنند، زیرساخت جاده‌ای یا دستگاه‌های متحرک) جمع‌آوری و آنها را با داده‌های تجهیزات درون خودرویی ترکیب می‌کند. به دلیل ماهیت اختصاصی این پهنای باند و پیکربندی تاخیر پائین در فناوری‌های ارتباطاتی، اعلام خطر و هشدارهای ایمنی-حیاتی می‌توانند به موقع به رانندگان داده شوند تا از بروز تصادفات جلوگیری شود.

اداره ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌های آمریکا (NHTSA) برآورد می‌کند که یک مجموعه اولیه از کاربردهای ایمنی V2V و V2I مبتنی بر DSRC می‌توانند تا 83 درصد از آن دسته تصادفات خودروهای سبک که عامل آنها حواس‌پرتی رانندگان نباشد را کاهش دهند. تحلیل‌های NHTSA و نتایج نمایش‌های میدانی مشخص کرده است که یک مجموعه از کاربردهای V2V توانایی منحصر به فردی را ارائه می‌دهد تا از انواع تصادفاتی جلوگیری کند که به تنهایی از طریق حسگرهای خودرویی موجود یا در حال ظهور و فناوری‌های خودران‌سازی خودروها قابل جلوگیری نیستند. این کاربردها عبارتند از:

- کاربرد دستیار حرکت در تقاطع‌ها (IMA)⁹ که با دادن هشدار به رانندگان در صورت تشخیص ناامنی موقعیت به دلیل نزدیک شدن و عبور خودروها از یک تقاطع، ایمنی عبور از آن را موجب

⁹ Intersection Movement Assist

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جمهوری اسلامی ایران صفحه ۴ از ۱۶
Status of DSRC - USDOT 2015		

می شود.

- کاربرد دستیار گردش به چپ (LTA¹⁰) که خطرات ترافیکی گردش به چپ را به رانندگان اعلام می کند.
- کاربرد هشدار ترمز ناگهانی (EEBL¹¹) که یک خودرو را قادر می سازد تا به راننده اش برای ترمز در موقعیتی که خودرویی در جلو (مجهز به امکانات V2V) ناگهان ترمز کرده است و راننده چراغ ترمز آن را نمی بیند هشدار دهد. این کاربرد زمانی می تواند مفید باشد که جلوی دید رانندگان توسط سایر خودروها یا شرایط آب و هوایی نامناسب مانند مه یا بارندگی شدید گرفته شده باشد.

وضعیت DSRC


فناوری DSRC بقدر کافی توانمند است که بتواند در جهت آماده سازی برای استقرار شرایط خودروهای مرتبط به پیش برود.

در سال 2012، تحقیقات بر روی خودروهای مرتبط به یک مدل پیاده سازی در مقیاس وسیع و ارزیابی ضروری طرح اولیه فناوری های DSRC و کاربردهای ایمنی V2V و V2I¹² منتهی شد. استقرار مدل پایلوت ایمنی با رانندگان بیش از ۲۸۰۰ خودرو (خودروهای سواری، اتوبوس ها، کامیون ها و موتورسیکلت ها) و بر روی انواع تجهیزات که توسط چندین سازنده، طراحی و تولید شده بودند به انجام رسید. نتایج نشان داد که کاربردهای ایمنی با استفاده از فناوری V2V سازگار هستند و می توانند بخش عظیمی از تصادفات بین دو تا چند خودرو را مانع شوند. این نتایج به تصمیم NHTSA در جهت اقدام به منظور قانون گذاری ارتباطات V2V برای خودروهای سبک کمک کرده است. NHTSA تصمیم خود را در اعلامیه نهایی پیشنهاد قانون گذاری (ANPRM¹²) در آگوست ۲۰۱۴ اعلام کرد و همراه با

¹⁰ Left-Turn Assist

¹¹ Emergency Electronic Brake Light

¹² Advanced Notice of Proposed Rulemaking

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی سازمان پژوهش‌های علمی و تخصصی
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۵ از ۱۶

آن، تحلیل‌های اساسی خود را در یک گزارش مستند با عنوان «ارتباطات خودرو با خودرو: آمادگی فناوری V2V برای کاربردها»^{۱۳} منتشر نمود.

یافته‌های استقرار مدل پایلوت ایمنی و تحقیقات مرتبط با آن به اقدامات انجام شده توسط تامین‌کنندگان صنعتی برای بهبود کاربردها، تجهیزات و فناوری‌های مبتنی بر DSRC منجر شده است. ارزیابی استانداردها به توانایی تعامل بین سازندگان مختلف تجهیزات DSRC اعتبار داده است. نتایج بعدی زمینه‌هایی را برای بهبود نشان دادند و اینکه در بسیاری حالات، استفاده از DSRC عملی است، اما شفاف‌سازی اینکه چگونه استانداردهای مربوطه پیاده‌سازی شوند مورد نیاز است و همین ضرورت فرآیند صدور گواهی تجهیزات را نشان می‌دهد. از زمان انتشار نتایج اولیه در سال 2013، تولیدکنندگان و گروه‌های کاری استانداردها، موضوعاتی را به عنوان ابزارهای تضمین همکاری با یکدیگر مورد توجه قرار داده‌اند. همچنین USDOT با صنعت درگیر بوده است تا فرآیندهای آزمون صدور گواهی و رویه‌های اجرایی لازم برای مشارکت عناصر در این آزمون تعیین شود.


پیش‌بینی مسیر پیاده‌سازی

وزارت حمل و نقل آمریکا با همکاری ذی‌نفعان به تجزیه و تحلیل پرداخته و برنامه اولیه‌ای را در قالب یک نقشه راه برای هدایت تلاش‌های پیاده‌سازی صنایع و نهادهای عمومی ارائه داده است. این نقشه راه، پیشرفت‌های پیاده‌سازی در سه بازه زمانی همپوشان (-2030, 2020-2035, 2015-2025) را پیش‌بینی می‌کند که در آن اکثر قابلیت‌های ارتباطی داخل خودروها به تکامل خواهد رسید. این نقشه راه سه رویداد مهم را برای سال 2040 پیشنهاد می‌کند:

۱- تجهیز نود درصد ناوگان خودروهای سبک در آمریکا به DSRC

۲- تجهیز هشتاد درصد تمام چراغ‌های راهنمایی به DSRC

^{۱۳} در اینجا اشاره به گزارش آمادگی فناوری NHTSA دارد.

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۶ از ۱۶

۳- بکارگیری DSRC در 25000 نقطه حادثه خیز در جاده‌ها


نقشه راه ابتدا بر مبنای سناریوی مبتنی بر بازار پیش‌بینی شده است که در آن کاربردها بوسیله صنعت برای انتخاب مصرف‌کننده و استقرار نهادهای عمومی ارائه شده‌اند. با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های منتخب، انتظار بوده است که نهادهای عمومی یک مشارکت عمومی-خصوصی ایجاد کنند که نتیجه آن به اقدامات در زمینه ارتباطات خودرویی با توجه به اولویت‌های محلی و منطقه‌ای می‌انجامد و به‌علاوه در زمینه خدمات جابجایی و زیست محیطی، فرصت‌های خلاقانه‌ای را برای بازار فراهم سازند.

نقشه‌راه یک محیط بودجه‌بندی کوتاه مدت ساده برای هر دو بخش خصوصی و دولتی در نظر می‌گیرد و شرایط استقرار DSRC موجود و نوظهور را که از طریق محیط‌های آزمون و عملیاتی قبلاً در هفت ایالت پیاده‌سازی شده‌اند و پیش‌بینی می‌شود در ارتباط با پایلوت‌های پیاده‌سازی منطقه‌ای در سایر ایالات توسعه یابند، فراهم می‌سازد.

همچنین نقشه راه پیش‌بینی می‌کند که پیشرفت فناوری‌های خودران‌سازی و جلوگیری از تصادفات مبتنی بر حسگر ادامه یابند، فناوری‌هایی که به جای جایگزینی، محرک قابلیت‌های ارتباطی V2V خواهند بود. کاربردهای DSRC به همین شیوه در اتحادیه اروپا، ژاپن، کره جنوبی، استرالیا و کانادا در حال پیشرفت هستند. USDOT در تلاش است تا سیاست‌های اجرایی و استانداردهای داوطلبانه صنعتی را هماهنگ کند تا بتواند سازگاری جهانی را بدست آورد و دسترسی داخلی به بازارهای بین‌المللی را تسهیل نماید.

استانداردهای ITS و معماری ITS ملی، DSRC و فناوری‌های دیگر ارتباطات بی‌سیم و باسیم را تطبیق می‌دهند. معماری مرجع پیاده‌سازی خودروهای مرتبط (CVRIA)¹⁴ آماده شده است تا رویکردهای متفاوت برای استقرار کاربردهای ارتباطات خودرویی را نشان دهد. CVRIA انتخاب‌هایی را برای استفاده از فناوری‌های مختلف ارائه می‌دهد و به استفاده از استانداردهای فنی مهم توجه ویژه دارد.

¹⁴ Connected Vehicle Reference Implementation Architecture

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جماردویشگاهی صفتی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۷ از ۱۶

شکاف‌های بالقوه و شناخته شده

بند الف از بخش 53006 سند MAP-21¹⁵ نیاز دارد که گزارش DSRC به طور جزئی به نیازمندی تحلیل شکاف‌های موجود و بالقوه در فناوری ارتباطات برد کوتاه بپردازد. فناوری DSRC به حدی از بلوغ رسیده است که اکثر شکاف‌ها را برطرف کرده است. چیزی که باقی میماند کار بر روی روشن‌تر کردن مواردی مانند کاربری طیف فرکانسی، نیازمندی‌های کارایی و استانداردهای نهایی برای تضمین سازگاری تجهیزات است.


اخیراً دو موضوع مطرح شده است که باعث عدم قطعیت سرمایه‌گذاری و شکل‌دهی بازار شده‌اند.

از نظر فنی، اولین موضوع، پیشنهاد اجازه کار دستگاه‌های Wi-Fi آزاد در پهنای باند DSRC است که نیاز به اخذ مجوز ندارند. از آنجایی که پیاده‌کنندگان فناوری ارتباطات خودرویی تصمیمات سرمایه‌گذاری می‌گیرند، نیاز دارند تا از این موضوع مطمئن شوند که به اشتراک گذاری پهنای باند اختصاصی برای ارتباطات V2V و V2I، قابلیت‌های جلوگیری از تصادف مبتنی بر فناوری DSC را به مخاطره نخواهد انداخت. انتظار می‌رود که تجهیزات بی‌سیم پهن‌بند که به اخذ مجوز نیاز ندارند (موسوم به U-NII¹⁶) در آینده متداول شوند. بسیار مهم است که تضمین شود تغییرات باند ۵,۹ گیگاهرتزی در DSRC، قابلیت‌های جلوگیری از تصادف ایمنی-حیاتی را به مخاطره نمی‌اندازد. بنابراین دستگاه‌های U-NII همچنان باید مورد آزمون قرار بگیرند تا اطمینان حاصل شود که آیا با کاربردهای جلوگیری از تصادف تداخلی ایجاد خواهد شد یا نه و اینکه خطرات غیر قابل قبولی برای ایمنی مسافران به وجود نیورد.

از نظر سازمانی، موضوع بعدی این است که تداخل در باند ۵,۹ گیگاهرتز می‌تواند بر روی ارتباطات که اساس هشدارهای ایمنی-حیاتی به رانندگان را شکل می‌دهد، تاثیر منفی داشته باشد. اگر این اتفاق بیافتد، هماهنگی فعال فرکانسی مورد نیاز خواهد بود تا مشکل برطرف شود.

¹⁵ Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act

¹⁶ Unlicensed-National Information Infrastructure


گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی سازمان پژوهش‌های علمی و تخصصی
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۸ از ۱۶

علاوه بر این دو مسئله موجود که می‌توانند بر روی استقرار مؤفق تأثیر بگذارند، یک مجموعه کوچک از موضوعات باز وجود دارند که نیازمند شفاف‌سازی برای پشتیبانی از اجرا کنندگان فناوری هستند. برخی از این مسائل مانند شفاف‌سازی مسئولیت‌ها یا الزامات واسط ارتباطی خودرو-راننده به عنوان شکاف‌ها توسط شورای تحقیقات ملی (NRC) شناسایی شده‌اند و در گزارش NHTSA که با عنوان آمادگی پذیرش فناوری به همراه طرح نهایی جهت پیشنهاد قانون‌گذاری (ANPRM^{۱۷}) برای V2V منتشر شده است، مورد توجه قرار گرفته‌اند. قسمت 3.V.C جزئیات بیشتری از این موضوعات را شرح می‌دهد.

کاربران پهنای باند ۵,۹ گیگاهرتز بدون گواهی

با توجه به اینکه آیا کاربردهای ایمنی DSRC می‌توانند با تجهیزات پهن‌بند بی‌سیم فاقد مجوز همزیستی داشته باشند یا خیر، USDOT با گروه‌های کاری حوزه صنعت درگیر است تا خصوصیات این تجهیزات شناخته شوند. USDOT با متخصصان و ذی‌نفعان به منظور ارائه طرح‌های آزمون و امکانات ارزیابی تداخل مضر بالقوه تجهیزات U-NII با هدف حصول اطمینان از عملیات بدون تداخل سامانه‌های ایمنی جلوگیری از تصادف همکاری می‌کند. USDOT شروع به آزمون کرده است و بطور فعال به دنبال شرکای صنعتی می‌باشد تا تجهیزات مزبور را برای آزمون با تجهیزات DSRC تأمین کنند. اکنون پیش‌بینی می‌شود که نتایج تا دسامبر ۲۰۱۶ قابل دسترس باشند. البته درستی این پیش‌بینی به عوامل مختلفی از جمله زمان تأمین تجهیزات U-NII بستگی دارد. نتایج این آزمون به FCC و اداره اطلاعات و مخابرات ملی (NTIA) در ارتباط با گزارش سال ۲۰۱۳ ایشان منعکس خواهد شد که در آن ارزیابی استفاده مشترک از طیف فرکانسی و مخاطره برای کاربران در صورت اجازه عملیات به تجهیزات U-NII در باند فرکانسی 5.9 گیگاهرتز خاص DSRC مطرح شده بود. بخش 3.V.C این گزارش بحثی را درباره رویکرد USDOT برای ملاحظه موضوع به اشتراک‌گذاری طیف فرکانسی ارائه می‌دهد.

هماهنگی فرکانسی

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۹ از ۱۶

همانطور که فناوری DSRC توسعه می‌یابد و مقرراتی که استفاده از آن را اداره می‌کنند، قوی‌تر می‌شوند، ذینفعان و کارشناسان به یک شکاف سازمانی بالقوه که مرتبط با تمایل به یک شکل فعالتر هماهنگی فرکانسی است اشاره می‌کنند. دو مورد زیربنایی عبارتند از:

- امکان بالقوه تداخل بین واحدهای کنارجاده‌ای (RSUهای) نزدیک به هم غیرمرتبط،
- نیاز بالقوه برای برطرف کردن تداخل ناشی کارکرد تجهیزات U-NII. تجربه اداره هوانوردی فدرال (FAA) در زمینه سامانه‌های TDWR¹⁸، یک نقطه مرجع برای این نیاز بالقوه می‌باشد.

برای کاهش این نگرانی‌ها، درباره روشهای فنی هماهنگی طیف فرکانسی و نقش‌های مدیریت سازمانی بحث‌هایی در جریان است. اگرچه FCC چنین رویکردی را به هنگام درخواست آن در سال ۲۰۰۴ مردود دانست، اکنون نیازهای استفاده از طیف فرکانسی مرتبط با کاربردهای ایمنی-حیاتی بیشتر درک می‌شود.


USDOT مشغول انجام پژوهشی است تا نیازهای مرتبط با مدیریت فرکانس را تعریف کرده و به طور واضح و موجز، هماهنگی مورد نیاز FCC و NTIA را پیشنهاد نماید.

برای توضیح شفاف و موجز مسئله هماهنگی فرکانسی، تاثیر بالقوه آن بر روی ایمنی و تاثیرات ممکن آن بر استقرار DSRC در سراسر کشور، اگر عملاً مورد توجه قرار نگیرد، به کار بیشتری نیاز است. USDOT با ذی‌نفعانی از جمله FCC و NTIA همکاری می‌کند تا مشخصه‌هایی را برای نهادهایی که مدیران طیف فرکانسی می‌شوند مانند پایداری اقتصادی تعیین نماید و همچنین بتوانند نقش‌هایی را پیشنهاد دهد.

فرصت‌هایی برای سایر فناوری‌های ارتباطی

در سند MPA-21 کنگره علاقه خود را به این موضوع نشان داد که بدانند چطور در پیاده‌سازی‌های V2I ترجیحی برای هیچ فناوری ارتباطاتی خاصی بویژه برای عملیات V2I وجود ندارد. در طی این سالها USDOT بررسی‌های مقایسه‌ای گزینه‌های ارتباطی را بطور مرتب انجام داده است تا از دسترسی به

¹⁸ Terminal Doppler Weather Radar

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جماران شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۰ از ۱۶

انتخاب‌های چندگانه برای استفاده در محیط‌های ارتباطات خودرویی اطمینان حاصل شود. در حالیکه بررسی‌ها برای این نتیجه‌گیری که DSRC تنها گزینه ممکن برای کاربردهای ایمنی-حیاتی تا این تاریخ است ادامه دارد، تلاش‌های تحقیقاتی مشابه، فرصت‌هایی برای استفاده از سایر فناوری‌های تجاری قابل دسترس برای تبادلات بی‌سیم داده (مانند ارتباطات سلولی، ماهواره‌ای، رادیویی، فیبر نوری، Wi-Fi و ...) جهت پشتیبانی از کاربردهای فاقد نیاز به تاخیر بسیار کم و زمان دسترسی سریع به شبکه که DSRC از آنها برخوردار است را نشان می‌دهند. از جمله این کاربردها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- جابجایی و لجستیک

- کارآیی زیست محیطی


- اطلاعات مسافر و وضعیت آب و هوای جاده‌ها

- مدیریت اعتبارنامه امنیتی

- ارتباطات تجهیزات به مرکز

- ارتباطات داری و سامانه‌های پشتیبانی از تصمیم

محیط‌های ارتباطی از این دست می‌توانند برای پیاده‌سازی‌های امروز بکار آیند و انتظار می‌رود که در سایت‌های پایلوت ارتباطات خودرویی آینده بطور کامل ورد شوند. به علاوه فناوری‌های جدید ارتباطی از جمله 5G یا LTE Direct در حال توسعه هستند که می‌توانند مزیت‌هایی را برای دسته‌های مختلفی از کاربردهای متفاوت V2I داشته باشند. USDOT و تشکل مربوط به استانداردهای ITS به این توسعه‌ها نظارت و توجه دارند تا تعیین کنند که این فناوری‌ها چطور می‌توانند برای کاربردهای ارتباطات خودرویی بطور موثر و کارآمد بکار گرفته شوند. از همه مهمتر اینکه ترکیب انواع دیگر ارتباطات نیازمند پیشرفت‌های بیشتر برای پشتیبانی از تبادل بدون وقفه داده‌ها و اتصال آنها با DSRC می‌باشد. USDOT توسعه

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۱ از ۱۶


پروتکل های جدید پیام و راهکارهای مدیریت اعتبارنامه امنیتی را آغاز کرده است که تبادل یکپارچه و بی-وقفه بین یک محدوده از فناوری های انتقال بی سیم داده را ممکن خواهد ساخت.

نیازمندی های جدیدی نیز می تواند در زمینه های زیر برای این فناوری ها مطرح باشند تا در یک فضای مشارکتی مورد استفاده قرار گیرند:

امنیت: ارتباطات غیر DSRC به روش مشابه یا یک روش هماهنگ با امنیت خودروهای مرتبط نیاز به تأمین اعتبارنامه امنیتی خواهند داشت تا تضمین کنند که پیام ها معتبر و قابل اعتماد هستند. در خدمات ارتباطی امروز، طیفی از رویه ها، از رویه های بدون امنیت تا رویه های کاملاً امن وجود دارند. مصرف کنندگان می-توانند کاربردهایی را انتخاب کنند که بسته به شکل و سطح امنیت پذیرفته شده از سوی ایشان، تبادل داده را انجام دهند. کاربردهای ایمنی ارتباطات خودرویی بطور خاص، نسبت به تجهیزات و کاربردهای معمول تجاری که در آنها پای ایمنی زندگی در میان نیست، به سطح بالاتری از امنیت و به یک فرآیند دقیق تری برای صدور گواهی احتیاج دارند.

قابلیت اطمینان: تأمین کنندگان ارتباطات غیر DSRC باید نشان دهند که چطور می توانند پیام های داده ای را به موقع و قابل اعتماد، به خصوص در شرایط پر ازدحام مبادله کنند. برای مثال کاربردهای روان سازی ترافیک که به کاهش انتشار آلاینده ها و کاهش مصرف سوخت خودروها مربوطند، نیازمند برقراری ارتباط مداوم با چراغ های راهنمایی هستند تا بتوانند به رانندگان در مورد تنظیم زمان نزدیک شدن و عبور از تقاطع ها اطلاع رسانی کنند. تاخیر ارتباطات چندثانیه ای یا در دسترس نبودن لحظه ای که ممکن است در شرایط پر ازدحام برای ارتباطات مبتنی بر تلفن های همراه اتفاق بیافتد، باعث اختلال یا غیر عملی بودن چنین کاربردهایی خواهد شد.

حریم خصوصی: فناوری های اجباری شده DSRC کنترل های فنی را بکار می گیرند تا بطور مناسبی از میزان مخاطرات بالقوه حریم خصوصی مصرف کننده بکاهند. در مقابل، انتظار می رود در اکثر کاربردهای V2V و V2X که از ارتباطات غیر DSRC استفاده می کنند این موضوع اختیاری باشد و مصرف کنندگان می توانند در

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۲ از ۱۶

مورد سطح حریم خصوصی و داده‌های شخصی قابل پذیرش که دریافت و استفاده می‌شوند تصمیم بگیرند. برای فناوری‌های DSRC، وزارت حمل و نقل آمریکا با متخصصان صنعت کار کرده است تا یک راهکار امنیتی با سطوح بالای حفاظت از حریم خصوصی توسعه داده شود به طوری که تبادل مؤثر داده‌ها صورت گیرد، اما اطلاعاتی در باره کاربر داده نشود.


نتیجه گیری:

DSRC مقرون به صرفه‌ترین رویکرد را به منظور تحقق مزایای بسیار زیاد ایمنی ترافیک نشان می‌دهد و توانایی بهبود جریان ترافیک و اجرای کاربردهای زیست‌محیطی خودرویی را فراهم می‌سازد. بطور خلاصه، این گزارش به نتایج زیر منتهی می‌شود:

- فناوری DSRC در باند فرکانسی 5.9 گیگاهرتز، یک نیاز بنیادی برای اجرای کاربردهای ایمنی-حیاتی V2V و V2I به حساب می‌آید. ویژگی‌های اساسی آن عبارتند از:
 - سرعت انتقال بالا، تاخیر کم، پایداری و در دسترس بودن اختصاصی، DSRC را رسانه ارتباطی مطلوبی ساخته است که هم‌اینک برای کاربردهای ایمنی-حیاتی بویژه کاربردهایی که بر جلوگیری از تصادفات تأکید دارند، در دسترس می‌باشد.
 - DSRC بالاترین سطوح حفاظت از حریم خصوصی را ارائه می‌دهد زیرا وزارت حمل-ونقل آمریکا تضمین کرده است که پیام‌های ایمنی پایه (BSM¹⁹) اجباری که توسط تجهیزات کنار مسیر (RSEها) از خودروهای مجهز به دستگاه‌های V2V دریافت می‌شوند، هویت خودروها را از طریق شماره شناسایی خودرو (VIN²⁰) یا شماره ثبت آنها و یا هویت رانندگان و مالکین خودروها را مشخص نمی‌کنند.
- عملیاتی که از DSRC استفاده می‌کنند (بسترهای آزمون، سایت‌های عملیاتی و سایت‌های پایلوتی که شکل خواهند گرفت)، چگونگی استفاده از طیف فرکانسی را نشان می‌دهند. به خصوص اینکه:

¹⁹ Basic Safety Message

²⁰ Vehicle Identification Number

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جمادالاولیٰ سنه ۱۳۸۷
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۳ از ۱۶

- قواعد خدمات و برنامه پهنای باند فرکانسی موجود FCC برای DSRC ماندنی است.
- استفاده از انواع دیگر فناوری‌های ارتباطی (سلولی، Wi-Fi، ماهواره، فیبر نوری و ...) برای کاربردهای روان‌سازی ترافیک، زیست‌محیطی و دیگر کاربردهای غیر ایمنی-حیاتی ممکن می‌باشد.

● DSRC برای پیاده‌سازی در سطح گسترده آماده است:

- USDOT برنامه‌های استقرار ذی‌نفعان را در قالب یک نقشه راه ترکیب کرده است تا یک مسیر قابل انتخاب برای پیاده‌سازی را نشان دهد.
- فروشندگان و گروه‌های تدوین استانداردها از نتایج بدست آمده در آزمون‌های استقرار مدل پایلوت ایمنی به منظور بهبود و اصلاح محصولاتشان استفاده کرده‌اند تا در آینده نزدیک برای پیاده‌سازی آماده تولید و در دسترس باشند.
- USDOT مبانی سیاست‌گذاری را آماده می‌کند:


▪ NHTSA اعلام کرده است که هدفش کامل کردن اعلامیه قانون‌گذاری (NPRM^{۲۱}) خاص V2V تا اوایل 2016 با توجه به فناوری‌های مبتنی بر DSRC برای خودروهای سبک است.

▪ اداره بزرگراه‌های فدرال (FHWA) راهنمای V2I را برای ادارات محلی و ایالتی با ابزارها و دستورالعمل‌های مرجع منتشر می‌کند.

▪ اداره برنامه‌های مشترک سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند (JPO) بر روی برنامه جامع استانداردها کار می‌کند، در حال آماده‌سازی برای ادغام معماری مرجع پیاده‌سازی خودروهای مرتبط (CVRIA^{۲۲}) با معماری ITS ملی است، یک ابزار معماری برای اجرا کنندگان محلی و ایالتی تولید کرده است و در تلاش می‌باشد

²¹ Notice of Proposed Rulemaking (NPRM)

²² Connected Vehicle Reference Implementation Architecture (CVRIA)

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۴ از ۱۶

تا فرصت‌هایی را برای هماهنگ‌سازی معماری و استانداردهای خود در یک سطح بین‌المللی پیگیری کند.


- یک سامانه اولیه مدیریت اعتبارنامه امنیتی (SCMS²³) در سال 2016 در دسترس خواهد بود تا از استقراریهای زود هنگام پشتیبانی نماید.
- با استقبالی که از اولین موج استقراریهای پایلوت CV در سال 2015 صورت گرفت، USDOT به دنبال استقرار عملیاتی کاربردهای V2V، V2I و V2X است تا شکل‌های جدید داده‌های خودروهای مرتبط و دستگاه‌های متحرک را به صورت هم‌افزا دریافت کرده و بکار بندد و کارایی سامانه چند وجهی حمل و نقل سطحی را بهبود بخشد و اینکه مدیریت پیشرفته سامانه‌های مبتنی بر کارایی را به یک روش قابل مشاهده و اندازه‌گیری در کوتاه مدت فعال سازد.

- با توجه به درخواست‌های به‌اشتراک‌گذاری طیف فرکانسی، طی سالهای ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ اقدامات مربوط به تکمیل آنالیز، آزمون و ارائه مدل شبیه‌سازی، جزئیات لازم را جهت آگاهی دادن بیشتر به FCC برای بررسی تأثیر به‌اشتراک‌گذاری فناوری‌ها و درستی موارد زیر ارائه خواهند داد:

- امکانپذیری همزیستی فناوری‌های خودروهای مرتبط با دستگاه‌های بدون مجوز ثابت شده است.
- برنامه‌های پیشنهادی به اشتراک‌گذاری طیف فرکانسی یا فناوری‌ها می‌توانند بطور قطعی و عملی توانایی جلوگیری از تداخل‌های مضر با سامانه‌های ایمنی جلوگیری از برخورد را اثبات کنند.

در حین پژوهش‌هایی که انجام داده‌اند، USDOT و شرکای آن ارزیابی کرده‌اند که طیف فرکانسی اختصاص داده شده به DSRC چگونه اعمال خواهد شد. به طوری که از اواسط 2015، حدود ۲۰ واحد

²³ Security Credential Management System (SCMS)

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی جماران شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۵ از ۱۶

اجرای و تعدادی سازمان‌های دانشگاهی و بخش خصوصی برای استفاده از DSRC، مجوز نصب و راه‌اندازی آزمایشی دریافت کرده‌اند. این سایت‌های دارای مجوز، اساس عملیات اولیه را در مناطق خود شکل خواهند داد. معرفی این سایت‌ها در ضمیمه C این گزارش آمده است. ادارات و نهادهای مربوط به این سایتها در آریزونا، کالیفرنیا (شامل چندین سایت از جمله یک سایت عملیاتی حمل و نقل در سانفرانسیسکو)، فلوریدا، میشیگان (شامل چندین سایت)، نیویورک، ویرجینیا (شامل چندین سایت)، واشنگتن و مرز کانادا (آلبرتا و بیریتیش کلمبیا) اشتیاق خود را نسبت به این نسل جدید ITS اعلام کرده‌اند و موضوع هماهنگ‌سازی معماری را در دست بحث و بررسی دارند.


ارزیابی برای کنگره

USDOT اطمینان دارد که DSRC برای استقرار آماده است و اینکه فناوری‌ها و کاربردهای مبتنی بر DSRC یک مسیر اساسی و ضروری را به منظور ایجاد یک سامانه ایمن‌تر و کارآمدتر حمل و نقل سطحی برای آمریکا تعیین می‌کنند.

USDOT دریافته است که شکاف مهمی در فناوری‌ها یا کاربردهای DSRC وجود ندارد. بحث پیش آمده اخیر با عنوان «مباحث ناشناخته» شامل درخواست‌هایی برای همزیستی با استفاده گسترده از باندهای پهن توسط دستگاه‌های بدون گواهی است و متمایل به مدیریت طیف فرکانسی می‌باشد تا یک پاسخ فعال برای حل مشکلات به وجود آمده ارائه دهد.

یک فرض مهم در توسعه فناوری‌ها و کاربردهای مبتنی بر DSRC به لحاظ ماهیت آنها این بوده است که طیف فرکانسی مورد نیاز به اشتراک گذاشته نمی‌شود. برای اطمینان از اینکه تغییرات در پهنای باند 5.9 گیگاهرتز DSRC مخاطره‌ای برای توانایی‌های جلوگیری از تصادف به همراه ندارد، USDOT با شرکای خود در صنعت و از طریق همکاری با FCC و NTIA²⁴ در حال کار هستند تا تداخل‌های خطرناک را تعریف و آزمایش می‌کنند.

²⁴ National Telecommunications and Information Administration (NTIA)

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات	وضعیت فناوری و کاربردهای ارتباطات برد کوتاه اختصاصی گزارش وزارت حمل و نقل آمریکا به کنگره این کشور	 جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
Status of DSRC - USDOT 2015		صفحه ۱۶ از ۱۶

با ارزیابی اینکه DSRC برای استفاده آماده است، USDOT، شرکای صنعتی، ادارات محلی و ایالتی و ذی‌نفعان مهم در حال تعریف مسیرهای پیاده‌سازی هستند. USDOT یک نقشه راه به عنوان گزینه‌ای برای انتخاب تهیه کرده است که از مبانی زیر استفاده می‌کند:

- تجزیه و تحلیل ذی‌نفعان که شرایط محلی را برای پیاده‌سازی بررسی می‌کنند.
- دیدگاه‌های معماری پیشنهادی برای انتخاب در CVRIA (معماری مرجع برای پیاده‌سازی ارتباطات خودرویی)،
- تجزیه و تحلیل استانداردهای مورد نیاز برای پشتیبانی از عملیات DSRC و همچنین نیازهای جامع‌تر برای پایدارسازی محیط‌های ارتباطات خودرویی،

USDOT با تلاش‌های پژوهشی خود اقدام کرده است تا با نشان ندادن مرجع در استفاده از هر فرکانس خاص برای عملیات غیر ایمنی V2I، رقابت را تضمین کند. به منظور حمایت از توانایی اجراکنندگان برای بکارگیری یک محدوده وسیع از گونه‌های ارتباطات، USDOT اقدامات بخش صنعت برای مدیریت اعتبارنامه امنیتی و پروتکل‌های پیام، توزیع داده و در اختیار داشتن متدولوژی‌ها و انبار کردن داده‌ها را به پیش می‌برد.