کاربردهای نوین فناوری شبکه‌های هوشمند بین خودرویی در صنعت راه‌آهن: بسترهای جدید جهت ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه حمل‌ونقل ریلی

احمدرضا جعفریان مقدم*
دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
ar.jafarian@trn.ui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۲
تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۷/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

چکیده

پیشرفت‌های تکنولوژی و فناوری، راهکار جامع و کاربردی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS[1]) را به منظور غلبه بر مشکلات حمل‌ونقلی، پیش‌روی مدیران شهری قرار داده است. یکی از مهم‌ترین زیرسیستم‌های ITS که نقش بسزایی در کنترل ترافیک و سوانح دارد، سیستم و یا فناوری شبکه هوشمند بین خودرویی (VANET[2]) می‌باشد. VANET که هدف آن تأمین امنیت و راحتی برای مسافران است، شبکه‌ای متشکل از خودروها می‌باشد که در آن خودروها به‌عنوان گره‌های شبکه با استفاده از فناوری‌های بی‌سیم با یکدیگر در ارتباط هستند. در این مقاله ضمن معرفی فناوری شبکه VANET کاربردهای نوین آن در صنعت ریلی مورد بحث و بررسی قرار گرفته و فناوری شبکه هوشمند بین ناوگان ریلی (RANET[3]) پیشنهاد شده است. در RANET ناوگان ریلی گره‌های شبکه هستند و دارای ارتباط بی‌سیم و پویا با یکدیگر می‌باشند. افزایش درآمد، کاهش هزینه‌ها و سوانح، افزایش کارایی، افزایش رضایت صاحبان کالا و مسافران از مهم‌ترین اهداف صنعت راه‌آهن است که فناوری RANET در تحقق این اهداف می‌تواند نقش بسیار مهمی را ایفا نماید و زمینه توسعه حمل‌ونقل ریلی بدون راننده را فراهم آورد. RANET می‌تواند زمینه‌ساز ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه‌های فناورانه حمل‌ونقل ریلی و بروز خلاقیت و نوآوری‌های کاربردی باشد. نتایج مقاله نشان می‌دهد که شرکت‌های دانش‌بنیان قادر خواهند بود در استفاده‌های نوین از فناوری RANET در زمینه‌هایی همچون برنامه‌ریزی حرکت قطارها، بلاک‌بندی پویا، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل چند وجهی و مدیریت تقاطع‌ها و دستگاه‌های سوزن خطوط ریلی و غیره فعالیت نمایند.

واژگان کلیدی

شبکه هوشمند بین خودرویی (VANET)؛ شبکه هوشمند بین ناوگان ریلی (RANET)؛ راه‌آهن؛ فناوری؛ نوآوری.

۱- مقدمه

حمل‌ونقل به‌عنوان شالوده و اساس توسعه پایدار یک کشور محسوب می‌شود. در کشور پهناور ایران برای جابه‌جایی بار و مسافر از طرق مختلف حمل‌ونقل استفاده می‌شود و بهبود حمل‌ونقل ریلی، جاده‌ای، دریایی و هوایی از جمله نیازهای اصلی کشور می‌باشد. در بین مدهای مختلف حمل‌ونقلی، سیستم راه‌آهن به دلیل توانایی در جابه‌جایی حجم زیاد کالا با صرف کم‌ترین منابع، نه تنها به‌عنوان صنعت حمل‌ونقلی سبز و دوستدار محیط‌زیست شناخته می‌شود، بلکه می‌تواند نقش بسیار مؤثری در شکوفایی و رونق اقتصاد کشور ایفا نماید.

از طرفی آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش منابع انرژی، افزایش خسارت‌های مادی و معنوی ناشی از افزایش تصادفات، مشکلات نظارت و مدیریت در حمل‌ونقل بین شهری، زمان‌های تلف شده به خاطر ترافیک و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های کلان در زمینه حمل‌ونقل از جمله مسایل در حمل‌ونقل شهری و بین شهری هستند.

تجربه استفاده از فناوری اطلاعات در سایر کشورها نشان می‌دهد که استفاده از فناوری اطلاعات علاوه بر کاهش هزینه‌های فوق، منجر به اجرا و توسعه مجموعه‌ای از سیستم‌هایی می‌شود که ما را در استفاده بهینه از امکانات یاری می‌دهند [۱]. بنابراین اگر اطلاعات به صورت آسان و ارزان توسط فناوری مدرن رد و بدل شود، سیستم امکان بیشتری برای بهینه‌شدن و مناسب عمل‌کردن خواهد داشت. برعکس، اگر اطلاعات در دسترس نباشد و یا با تأخیر جریان یابد، عملکرد درست سیستم امکان‌پذیر نیست. در واقع، تبادل اطلاعات تأثیر مستقیمی بر روی کارآمدی سیستم حمل‌ونقل دارد.

یکی از مهم‌ترین ابزارهای پیشرفت و توسعه در دنیای کنونی بهره‌برداری دقیق و مؤثر از فناوری اطلاعات است. از دهه ۱۹۸۰ میلادی به بعد ابزار استفاده از این امکانات در جهان ایجاد شد و مهم‌ترین شاخصه آن بهره‌برداری از فناوری اطلاعات با اینترنت می‌باشد. در سال‌های اخیر،

* نویسنده مسئول

1. Intelligent Transportation System
2. Vehicular Ad-Hoc Network
3. Rolling stock Ad-Hoc Network

Archive of SID
www.SID.ir

جوامع پیشرفته با بهره‌گیری از این امکانات و با ایجاد سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل یک زیرساخت مناسب جهت دستیابی متخصصین ترافیک به فناوری‌های مناسب در برنامه‌ریزی، هدایت و کنترل ترافیک را فراهم آورده‌اند. بنابراین فناوری اطلاعات دستیابی به اهداف برنامه‌ریزان حمل‌ونقل که همواره افزایش ایمنی و آرامش در سفر، کاهش هزینه و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی و تأخیرهای ناخواسته در طول سفر و در نهایت جلب رضایت مسافرین و روان‌سازی جریان ترافیک و حمل‌ونقل می‌باشد را به دنبال خواهد داشت [۲]. شکل (۱) تأثیرات فناوری اطلاعات بر حمل‌ونقل را نشان می‌دهد.

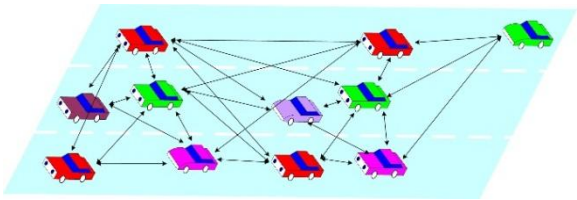
شکل ۱- تأثیر فناوری اطلاعات بر حمل‌ونقل [۲]

بنابراین پیشرفت‌های تکنولوژی و فناوری راهکار جامع و کاربردی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) را به منظور غلبه بر مشکلات حمل‌ونقل پیش‌روی مدیران شهری قرار داده است [۱،۲].

یکی از مهم‌ترین زیرسیستم‌های ITS که نقش بسزایی در کنترل ترافیک و سوانح دارد، سیستم شبکه سیار مبتنی بر خودرو (VANET[1]) و یا شبکه هوشمند بین خودرویی می‌باشد [۳]. این فناوری نقش بسیار مهم و حیاتی در تعیین کارایی و عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقلی خواهد داشت. در این شبکه، خودروها اشیاء پویایی هستند که با یکدیگر در ارتباط می‌باشند. با استفاده از این ارتباط، خودروها می‌توانند از وضعیت یکدیگر مطلع شوند و با ارسال پیام به یکدیگر در کاهش سوانح و در نتیجه افزایش ایمنی نقش بسزایی ایفا نمایند.

در VANET هر خودرو لازم است با تمام خودروهای موجود در محدوده انتقال خود ارتباط برقرار کند. این امر در شکل (۲) نشان داده شده است. همانطور که از شکل (۲) نتیجه می‌شود، از مهم‌ترین شرایط حاکم بر VANET پویایی بسیار بالای خودروها است. این پویایی در مناطق برون شهری به مراتب بیشتر است [۳]. در واقع شبکه VANET قادر است که این پویایی را پوشش دهد و امکان استفاده بهینه از امکانات و کاهش حوادث و تلفات را به ارمغان آورد.

1. Vehicular Ad-Hoc Network



شکل ۲- ارتباط بین خودروها در VANET [۳]

بنابراین در VANET به منظور دستیابی به بستری مناسب برای ITS، نیازمند ایجاد ارتباط مؤثر و پایدار بین خودروها و همچنین یافتن مسیر ارتباطی بین خودروها در کوتاه‌ترین زمان ممکن خواهد بود. زیرا در صورت وجود این ارتباط مؤثر، VANET قادر است اطلاعات مورد نیاز ITS را به صورت مفید و بلادرنگ فراهم نماید. بر این اساس و با توجه به اهمیت فناوری VANET در سیستم‌های حمل‌ونقل و از طرفی اهمیت راه‌آهن به‌عنوان حمل‌ونقل سبز و دوستدار محیط‌زیست، این مقاله سعی دارد تا کاربرد VANETرا در سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی مورد توجه قرار دهد.

از این رو، در این مقاله ابتدا ITS و شبکه VANET و ارتباط این دو مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس کاربردهای نوین فناوری شبکه VANET در صنعت ریلی معرفی و فناوری پیشنهادی شبکه RANET ارائه شده است. لازم به ذکر است که استفاده از این کاربردها در حوزه حمل‌ونقل ریلی بسیار جدید و نوین است و عمده فعالیت‌های صورت گرفته در این زمینه در صنعت راه‌آهن در مراحل تحقیقات اولیه قرار دارد. بنابراین شرکت‌های دانش‌بنیان می‌توانند زمینه نوآوری کاربردی و فعالیت‌های نوین در حوزه حمل‌ونقل ریلی مبتنی بر فناوری شبکه‌های بی‌سیم را با مطالعه مقاله حاضر تعیین نمایند. پیاده‌سازی و اجرای کاربردهای ارائه شده، بستری مناسب برای هوشمندسازی صنعت راه‌آهن فراهم می‌آورد.

۲- سؤالات پژوهش

مقاله حاضر با هدف استفاده از فناوری VANET در صنعت ریلی تدوین شده است. بنابراین با توجه به کاربرد و اهداف فناوری اطلاعات در استفاده بهینه از منابع موجود، این مقاله نیز مدیریت بهینه ترافیک ریلی و رفع برخی مشکلات و نقص‌های حمل‌ونقل ریلی را دنبال می‌کند. در نتیجه سؤالات پژوهش به شرح ذیل است که مقاله سعی در پاسخگویی به آنها را دارد:

- فناوری VANET چیست؟
- فناوری VANET چه نقش، اهمیت و جایگاهی در سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS) دارد؟
- صنعت ریلی با چه مشکلات و چالش‌هایی روبرو است؟
- فناوری VANET چگونه می‌تواند در بهینه‌سازی و بهبود فعالیت‌های صنعت ریلی و رفع چالش‌های آن مؤثر باشد؟

پاسخ به آخرین سؤال پژوهش حاضر، منجر به معرفی فناوری RANET[2] خواهد شد.

2. Rolling Stock Ad-Hoc Network

Archive of SID
www.SID.ir

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش‌های مختلف اطلاعات مورد نیاز جهت تجزیه و تحلیل را به صورت ۱) روش میدانی: جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از ابزارهایی چون مصاحبه، پرسشنامه و غیره و یا ۲) روش اسنادی: استفاده از اطلاعات موجود تأمین می‌کنند.

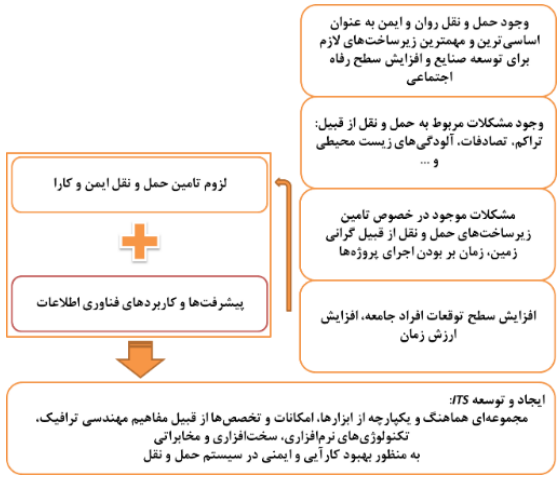
از طرفی، پژوهش حاضر سعی دارد با استفاده از اطلاعات، منابع و مدارک موجود در ابتدا شناخت جامعی از فناوری VANET، ITS و صنعت ریلی فراهم نماید و سپس کاربرد فناوری VANET در صنعت حمل‌ونقل ریلی را مورد بحث و بررسی قرار دهد.

بنابراین روش تحقیق در این مقاله روش اسنادی است. در روش اسنادی منابع و اسناد مطالعاتی به مثابه ابزاری برای پی بردن به معانی، مقاصد و انگیزه‌های کنش‌های عاملان اجتماعی و اطلاع از پدیده‌های اجتماعی تلقی می‌شوند [۴].

همچنین تحقیق‌ها از نظر هدف به سه دسته تحقیق بنیادی، کاربردی و تحقیق و توسعه گروه‌بندی می‌شوند. بنابراین با توجه به اهداف و سؤالات مقاله، هدف پژوهش حاضر تحقیق و توسعه پیرامون فناوری‌های جدید و کاربرد و توسعه آنها در صنعت ریلی می‌باشد.

۴- سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS)، زیرسیستم‌های آن و جایگاه و اهمیت VANET

سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS) به معنی استفاده و به‌کارگیری فناوری‌های نوین از قبیل الکترونیک، ارتباطات، سیستم‌های کنترل و سایر فناوری‌های پیشرفته می‌باشد که جابجائی، ایمنی، امنیت و کارآئی را در بخش حمل‌ونقل ایجاد می‌کند و در رابطه با سایر اقدامات با کاهش مصرف انرژی، شاخص‌های زیست‌محیطی از جمله کیفیت هوا را بهبود بخشیده و بر میزان دسترسی به وسائل حمل‌ونقل می‌افزاید (شکل ۳) [۲].



شکل ۳- دلایل استفاده از فناوری اطلاعات در حمل‌ونقل و توسعه ITS

در واقع، ITS امکان یکپارچه‌سازی سیستم حمل‌ونقل را فراهم می‌آورد. یک سیستم حمل‌ونقل به‌طور کلی، شامل شبکه‌ها، وسایل نقلیه، افراد و کالاهاست. هر کدام از اجزای سیستم حمل‌ونقل مشخصات، ارگان‌ها، و گاهی آژانس‌های جداگانه دولتی دارند. ولی فناوری اطلاعات قادر است تمامی این اجزا را به صورت یک سیستم یکپارچه درآورد. دامنه کاربرد ITS را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد [۲]:

- سیستم‌های مدیریت شریانی
- سیستم‌های مدیریت آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها
- سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل عمومی
- سیستم‌های مدیریت کنترل حوادث
- سیستم‌های مدیریت و پشتیبانی وسائل نقلیه امدادی
- سیستم‌های پرداخت الکترونیک
- سیستم‌های اطلاع‌رسانی مسافرین
- سیستم‌های مدیریت اطلاعات
- سیستم‌های ایمنی و پیشگیری از تصادفات
- سیستم‌های نگهداری و بهره‌برداری از آزادراه‌ها
- سیستم‌های مدیریت جوی
- سیستم‌های کنترل حمل‌ونقل سبک و سنگین

از ابتدای معرفی ITS، این فناوری به دلیل مزایای آن در افزایش کارایی حمل‌ونقل و کاهش هزینه‌ها بسیار مورد توجه محققان و پژوهشگران بوده است. جهت مطالعه بیشتر پیرامون ITS و تحقیقات صورت گرفته در این زمینه به مراجع [۵] و [۶] رجوع شود. تحقیقات جدید عمدتاً بر مدلسازی ITS و استفاده از داده‌های ترافیکی تمرکز دارند. ITS و پیاده‌سازی آن حجم بسیاری زیادی از داده‌های مختلف را ذخیره خواهد کرد. بنابراین مدیریت این داده‌ها یک چالش بزرگ در آینده خواهد بود [۷] از این رو اخیراً مدیریت آن با استفاده از فناوری کلان داده‌ها[1] مورد توجه قرار گرفته است [۸،۹]. ارائه مدل مشارکتی ITS تحت عنوان C-ITS[2] از دیگر تحقیقات جدید پیرامون این فناوری است. در این مدل ارتباط بین خودرو با سایر خودروها که می‌تواند بیانگر نقش فناوری VANET در ITS باشد و همچنین ارتباط خودروها با تجهیزات ثابت و کامپیوترهای مرکز کنترل ترافیک به صورت یکپارچه مدل‌سازی شده است [۱۰]. بسیاری از تحقیقات دیگر پیرامون شیوه پیاده‌سازی ITS و مزایای ناشی از آن انجام شده است. نوع معماری سیستم ITS و طراحی صحیح آن نقش بسزایی در موفقیت پیاده‌سازی ITS و استفاده از مزایای آن از جمله افزایش کارایی خواهد داشت [۱۱]. در فناوری ITS، فناوری‌های شناسایی وسایل نقلیه و تعیین مشخصات دقیق آن از جمله سرعت، موقعیت و جهت حرکت از دیگر مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در موفقیت ITS است که فناوری VANET به خوبی می‌تواند این مهم را محقق سازد [۱۲].

1. Big Data
2. Cooperative ITS

Archive of SID
www.SID.ir

بنابراین ITS مجموعه‌ای جامع از زیرسیستم‌های حمل‌ونقل می‌باشد که در صورت پیاده‌سازی صحیح آن می‌تواند نقش بسزایی در کنترل ترافیک و کاهش هزینه‌های آشکار و پنهان مرتبط با حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری داشته باشد. همانطور که در مقدمه اشاره شد، VANET به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیربخش‌های ITS محسوب می‌شود. در VANET خودروها به‌عنوان گره‌های شبکه قادر خواهند بود اطلاعات مرتبط با وضعیت خود همچون سرعت، موقعیت، شتاب، جهت حرکت و همچنین وضعیت راننده و خودرو را با سایر خودروها به اشتراک بگذارند [۳].

با معرفی مختصر VANET، می‌توان به این نتیجه رسید که در واقع فناوری VANET به‌عنوان بخشی از یک زیرسیستم نیست، بلکه به‌عنوان بستر چندین زیرسیستم از ITS شناخته می‌شود. به عبارتی زیرسیستم‌های ITS به منظور اجرای وظایف خود، نیازمند استفاده از اطلاعات موجود در بستر VANET می‌باشند. به‌عنوان مثال VANET می‌تواند در زیرسیستم‌های اطلاع‌رسانی به مسافرین، ایمنی و پیشگیری از تصادفات، سیستم‌های مدیریت کنترل حوادث، سیستم‌های کمک به راننده و غیره کاربرد داشته باشد. این موضوع اهمیت و جایگاه ویژه VANET در ITS را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به اهمیت VANET، در ادامه تحقیق حاضر به مبحث VANET می‌پردازد.

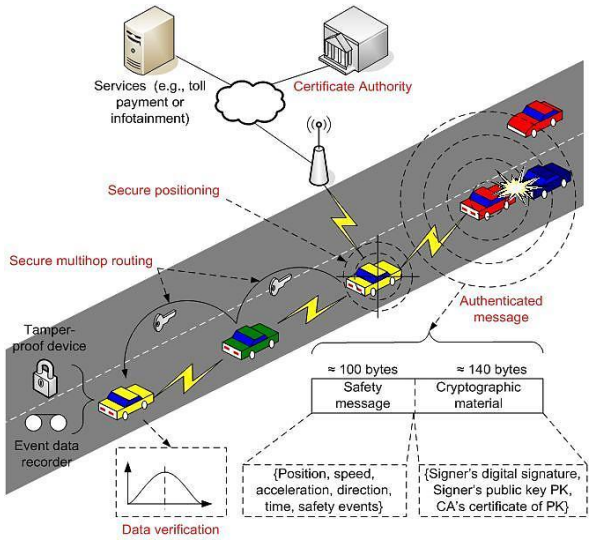
۵- شبکه هوشمند بین خودرویی (VANET)

VANET شبکه‌ای از خودروها است که در آن خودروها به‌عنوان گره‌های شبکه با استفاده از فناوری‌های بدون سیم[1] با یکدیگر در ارتباط هستند و اطلاعات خود را مبادله می‌کنند [۱۳]. شکل (۴) شمای کلی از این شبکه را نشان داده است. هر خودرو (گره) اطلاعات خود را در یک فضای محدود که به شعاع ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از گره است [۱۴]، می‌تواند اطلاعات خود را منتقل کند. این محدوده را محدوده انتقال می‌نامند و آن را با TR[2] نشان می‌دهند.

شبکه بی‌سیم غیرمتمرکز[3]، شبکه‌ای است که هر گره شبکه (عضو شبکه)، داده را برای گره‌های دیگر ارسال می‌کند. تصمیم‌گیری در مورد ارسال داده برای گره بعد به صورت کاملاً پویا و براساس کیفیت اتصال به شبکه برای آن گره، توسط خود گره صورت می‌گیرد [۱۶،۱۵].

از مهم‌ترین کاربردهای شبکه غیر متمرکز استفاده از آن در جهت ایجاد ارتباط بین خودروها است که به فناوری شبکه VANET مشهور شده است [۱۷]. در این شبکه گره‌ها می‌توانند مشابه و یا غیرمشابه باشند. به‌عنوان مثال شبکه‌ای را فرض کنید که در آن گره‌ها متشکل از خودروها و هواپیماها باشد. شکل‌های (۵) و (۶) نمونه‌ای از شبکه‌های فوق می‌باشند.

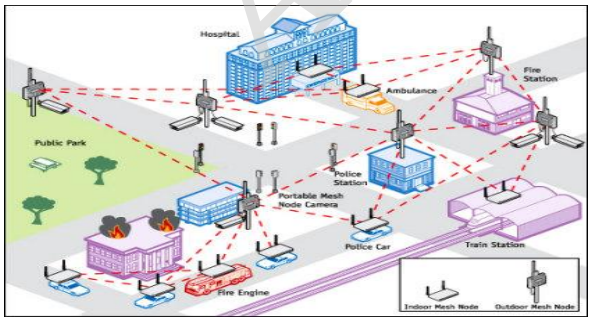
1. Wireless Equipment
2. Transmission Rate
3. Ad Hoc Network



شکل ۴- شبکه VANET [۱۳]

بر این اساس VANET یک نمونه شبکه سیار غیر متمرکز است که برای برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه (IVC[4]) و همچنین وسایل نقلیه با تجهیزات ثابت مجاور جاده / خیابان (RVC[5]) که معمولاً تجهیزات کنار جاده‌ای هستند، ایجاد شده است [۱۸]. هدف اصلی از شبکه VANET فراهم‌آوری امنیت و راحتی برای مسافران است.

شکل ۵- شبکه غیر متمرکز [۱۴]



شکل ۶- شبکه بی‌سیم غیرمتمرکز چندگانه [۱۴]

4. Inter-Vehicle Communication
5. Roadside-to-Vehicle Communication

Archive of SID
www.SID.ir

خودروها به هنگام ارتباط با یکدیگر پیام «سلام[1]» که شامل مشخصات خودرو، سرعت، شتاب، موقعیت و غیره است را ارسال می‌کنند و خودرو دریافت‌کننده پیام سلام در صورتیکه در محدوده انتقال خودرو اول باشد به آن پاسخ[2] خواهد داد [۱۹و۲۰]. هشدارهای ترافیکی، علائم جاده‌ای و مشاهده ترافیک به صورت لحظه‌ای که از طریق چنین شبکه‌ای می‌تواند منتقل شود، ابزارهای لازم را برای تصمیم‌گیری در مورد بهترین مسیر به راننده می‌دهد. همچنین ارتباط چند رسانه‌ای و اینترنت در محدوده انتقال هر وسیله نقلیه فراهم می‌شود. پرداخت خودکار هزینه‌های پارکینگ و عوارض جاده‌ای از دیگر کاربردهای شبکه VANET است.

تحقیقات انجام‌شده در زمینه VANET عمدتاً در زمینه‌های تئوری و نظری این فناوری صورت گرفته است و اجرای عملی آن به ندرت مشاهده می‌شود. این موضوع بیانگر این نکته است که فناوری VANET یک فناوری جدید و نوظهور است و دارای زمینه‌های نوآور و جدید برای پژوهشگران می‌باشد. بر این اساس پژوهش‌های صورت گرفته تاکنون، به بررسی سیاست‌های پیاده‌سازی VANET و یا نقش سایر ابزارها و تکنیک‌ها در رفع موانع و چالش‌های فناوری VANET تمرکز دارد. به منظور مطالعه پیرامون استانداردهای پیاده‌سازی VANET و سیاست‌ها و الزامات پیرامون آن می‌توان به مراجع [۲۱-۲۴] رجوع نمود.

مسیریابی بین خودروها جهت تبادل اطلاعات و همچنین شیوه اجرای انتقال و تبادل داده‌ها از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی فناوری VAENT است. به منظور مسیریابی بین خودروها از فناوری‌های اطلاعات جغرافیایی و تجهیزات ماهواره‌ای همچون GPS پیشنهاد شده است [۲۵]. در این زمینه استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و فناوری‌هایی چون رایانش ابری نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲۶، ۲۷] تا امکان مسیریابی سریع‌تر بین خودروها میسر گردد. خوشه‌بندی و گروه‌بندی خودروها از مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده در جهت انتقال و تبادل بهتر و سریع‌تر داده‌ها بین خودروها می‌باشد. با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی، خودروها با ویژگی‌های مشابه درون یک گروه و خوشه قرار می‌گیرند و برای هر خوشه سرخوشه‌ای تعیین می‌شود. سپس ارتباط بین خودروها از طریق ارتباط با سرخوشه‌ها صورت می‌گیرد. این امر منجر به کاهش حجم ترافیک تبادل داده‌ای بین خودروها و همچنین افزایش سرعت انتقال داده‌ها خواهد شد [۲۸-۳۰].

تکنیک‌های پیشنهاد شده نقش بسزایی در رفع چالش‌های فناوری VANET داشته‌اند. از طرفی این دو موضوع مهم در فناوری VANET، مسیر شناسایی کاربرد این فناوری را در صنعت راه‌آهن هموار می‌سازد. به عبارتی شناخت ابزارهای معرفی شده می‌تواند پژوهشگر را در زمینه شناخت و شناسایی راهکاری رفع موانع و مشکلات صنعت ریلی یاری نماید. در بخش آتی این موضوع با جزئیات بیشتر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۶- استفاده از فناوری VANET در راه آهن (فناوری RANET[3])

همانطور که قبلاً اشاره شد، شبکه VANET شبکه‌ای از خودروها است که در آن خودروها می‌توانند اطلاعات وضعیت خود را منتقل کنند و شرایط خود را متناسب با وضعیت سایر خودروها اصلاح نمایند. درصورتیکه بتوان از این شبکه در بین وسایل نقلیه ریلی استفاده کرد، شبکه VANET خواهد توانست نقش بسزایی در هوشمندسازی سیستم‌های ریلی ایفا نماید. زیرا VANET همانند عملکردش در سیستم‌های ITS، می‌توانند زیرساخت لازم برای تبادل اطلاعات وسایل نقلیه ریلی در شبکه راه‌آهن را تأمین نماید. هرگونه وسیله‌ای که امکان حرکت بر روی ریل‌ها را داشته باشد، وسیله نقلیه ریلی[4] می‌نامند. تبادل اطلاعات دقیق بین وسایل ریلی مهم‌ترین بخش از هوشمندسازی یک سیستم است که فناوری VANET می‌تواند این مهم را تحقق بخشد. ارتباط در این شبکه می‌تواند به صورت ارتباط بین وسیله با وسیله (V2V[5]) و وسیله با زیرساخت‌ها (V2I[6]) باشد [۲۰].

شبکه VANET مابین وسایل نقلیه ریلی را می‌توان شبکه RANET نامید که شبکه‌ای متشکل از وسایل نقلیه ریلی از جمله لکوموتیوها، واگن‌ها، درزین، جرثقیل‌ها، وسایل امداد ریلی و غیره می‌باشد.

بنابراین از مهم‌ترین کاربرد فناوری VANET در صنعت ریلی را می‌توان هوشمندسازی سیستم‌های حمل‌ونقل ریلی خواهد بود. در نتیجه RANET با هوشمندسازی صنعت راه‌آهن، زمینه‌ساز ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی (RITS[7]) خواهد بود. RITS یک سیستم حمل‌ونقل ریلی عصر جدید است که فناوری الکترونیک، فناوری کامپیوتر، فناوری ارتباطات مدرن، فناوری پردازش اطلاعات موجود، فناوری کنترل و سیستم، فناوری پشتیبانی مدیریت و سیاستگذاری، فناوری اتوماسیون هوشمند و غیره را ادغام می‌کند. این ادغام بر پایه اجرای جمع‌آوری، انتقال، پردازش و به اشتراک‌گذاری اطلاعات به منظور بهره‌گیری کارآمد از تمام منابع انسانی، زمان، فضا و منابع ثابت و سیار حمل‌ونقل ریلی صورت می‌گیرد، تا نسبت به ایمنی، افزایش کارایی حمل‌ونقل، بهبود مدیریت و بهبود کیفیت خدمات با کمترین هزینه اطمینان حاصل شود [۳۱].

بنابراین با توجه به افزایش ارزش زمان مسافران و از طرفی افزایش نیاز به جابه‌جایی سریع و ایمن، حرکت به سمت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ریلی (RITS) در راه‌آهن کشورمان ایران، امری حتمی و اجتناب‌ناپذیر است.

1. Hello Message
2. Response
3. Rolling Stock Ad-Hoc Network
4. Rolling Stock
5. Vehicle to Vehicle
6. Vehicle to Infrastructure
7. Railway Intelligent Transportation System

Archive of SID
www.SID.ir

در سیستم RITS، مفهوم هوشمندسازی وجود دارد. به منظور بیان بهتر نقش RANET در هوشمندسازی راه‌آهن و ایجاد سیستم RITS، لازم است تا مفهوم هوشمندسازی تشریح گردد. سطوح مختلف هوشمندسازی RITS به شرح ذیل است [۳۲]:

- RITS اولیه

سیستم با استفاده از فناوری کامپیوتر، فناوری پردازش اطلاعات، فناوری اطلاعات جغرافیایی، فناوری ارتباطات داده‌ای و غیره، همه انواع اطلاعات مرتبط با محیط حمل ونقل ریلی را جمع‌آوری و منتقل می‌کند و به اشتراک می‌گذارد، و در تطابق با این اطلاعات و با استفاده از سیستم‌های PMIS، ATIS، DMIS، TMIS و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی راه‌آهن، تصمیمات اولیه و کنترل‌های اولیه را اتخاذ می‌کند.

- RITS میانی

سیستم با استفاده از فناوری شناسایی سیستم و فناوری تشخیص الگو، مدل ریاضی برای شناسایی محیط و ارائه برنامه‌ریزی و استدلال برای آینده ایجاد می‌کند. از جمله می‌توان به آماده‌سازی زمان‌بندی‌های قطار مبتنی بر مدل تحقیق در عملیات (OR)، سیستم‌های خودکار عملیات مانور در محوطه مانور، کنترل هوشمند سرعت قطار و غیره اشاره کرد.

- RITS ارشد

سیستم علاوه بر استفاده از مدل‌های ریاضی برای مدل‌سازی محیط تعیین شده، از مدل دانش برای مدل‌سازی اشیاء ناشناس جهت شبیه سازی توانایی یادگیری انسان و اجرای تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده استفاده می‌کند. از آن جمله می‌توان به سیستم یکپارچه زمان‌بندی، سیستم جامع مدیریت عملیات، سیستم عملیات خودکار قطار و غیره اشاره کرد.

بنابراین RANET می‌تواند در سطوح مختلف هوشمندسازی نقش مؤثری داشته باشد و این خود بیانگر اهمیت و جایگاه فناوری RANET در آینده صنعت حمل‌ونقل ریلی است.

با توجه به مطالب ذکر شده و با استفاده از شبکه RANET می‌توان برخی دیگر کاربردهای نوین این فناوری در صنعت ریلی را به صورت ذیل تشریح نمود:

- برنامه‌ریزی حرکت قطارها

امروزه با توجه به مزایای سیستم حمل‌ونقل ریلی، توجه و استفاده از سیستم ریلی در حوزه مسافر و بار بسیار مورد توجه افراد جامعه و شرکت‌های مختلف قرار گرفته است. این امر منجر به تحقیقات و تلاش‌های علمی زیادی توسط محققان جهت ارائه یک برنامه‌ریزی جامع برای قطارها شده است. زمان‌بندی/ برنامه‌ریزی حرکت قطارها که در واقع تعیین‌کننده زمان سفر هر قطار در شبکه ریلی است، تأثیر بسزایی در کارایی سیستم حمل‌ونقل ریلی و رضایت مشتریان دارد. مدل‌هایی که تاکنون در زمینه زمانبندی حرکت قطارها ارائه شده است را می‌توان در دو گروه مدل‌های دوره‌ای/ چرخه‌ای[1] و مدل‌های غیر دوره‌ای[2] تقسیم نمود [۳۳].

در مدل‌های دوره‌ای، قطارها به گروه‌هایی با تعداد یکسان از قطارها تقسیم می‌شوند. سپس عملیات زمان‌بندی حرکت قطارها تنها برای یکی از گروه‌ها، بهینه‌سازی می‌شود و سپس این زمان‌بندی برای سایر گروه‌ها در یک بازه زمانی ثابت تکرار می‌شود [۳۳-۳۸]. از سال ۱۹۸۹ که اولین مدل دوره‌ای زمان‌بندی حرکت قطارها تحت عنوان PESP[3] ارائه شد، تاکنون محققان زیادی جهت توسعه اینگونه مدل‌های فعالیت نموده‌اند. جهت مطالعه بیشتر به منابع [۳۹-۴۲] مراجعه شود. سپس در [۴۰] مدل PESP با در نظر گرفتن زمان‌های سفر متغیر توسعه یافت.

در [۴۱] یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح برای زمان‌بندی دوره‌ای حرکت قطارها ارائه شد. هدف محققان در این مقاله بهینه‌سازی هزینه زمان‌بندی قطارها با در نظر گرفتن قطارهای مختلف با سرعت و هزینه متفاوت بود. در [۴۳] یک مدل احتمالی توسعه‌یافته از PESP ارائه دادند که در آن به منظور تولید یک جدول زمان‌بندی پایدار از مکمل‌های زمان و زمان بافر[4] استفاده شد.

در [۴۴و۴۵،۳۸] ادعا شده است که زمان‌بندی دوره‌ای برای برنامه‌ریزی حرکت قطارها بسیار هزینه‌بر است. زیرا در صورتیکه در ساعاتی از روز، تعداد قطار بسیار کمی برای برنامه‌ریزی وجود داشته باشد، لازم است مدل یکسانی با مدل ساعت پیک اجرا شده و زمان‌بندی ارائه شود. به عبارتی تعداد قطارها تأثیری بر هزینه اجرا مدل دوره‌ای ندارند.

به همین خاطر توجه محققان بسیاری به ارائه مدل‌های غیر دوره‌ای جلب شده است. این مدل‌ها عملکرد رضایت‌بخشی در زمینه برنامه‌ریزی تقاضاهای مختلف مسافران و دیگر برنامه‌ریزی‌ها پیچیده در زمینه حرکت قطارها داشته است. در [۴۵] اولین مدل برنامه‌ریزی غیر دوره‌ای عدد صحیح ارائه شد و سپس مدل فوق بر روی نمونه کوچکی از شبکه ریلی پیاده‌سازی گردید و با استفاده از الگوریتم شاخه و حد حل شد.

مدل هیگینز [۴۶] نیز یک مدل غیر دوره‌ای است که دارای دو هدف است و سعی دارد میزان تأخیرها و هزینه سوخت را در یک مسیر یک خطه به حداقل برساند. در [۴۷] نیز مدل مشابهی برای مسیرهای ریلی یک خطه ارائه شد و با استفاده از الگوریتم شاخه و حد برای رسیدن به یک زمان‌بندی امکان‌پذیر، مدل اجرا شد. در [۴۸] مدل غیر دوره‌ای چند هدفه با هدف کاهش هزینه سوخت و کوتاه‌نمودن زمان سفر مسافران در شبکه ریلی ارائه شد. این مدل با استفاده از یک الگوریتم دو مرحله‌ای، اجرا و پیاده‌سازی گردید. در این الگوریتم، مرز پارتو و روش فاصله‌محور مورد توجه قرار گرفت. در [۴۹] روش دو معیاره برنامه‌ریزی حرکت قطارها

1. Cyclic/Periodic Timetabling
2. Noncyclic/Nonperiodic Timetabling
3. Periodic Event Scheduling Problem
4. Buffer Time

Archive of SID
www.SID.ir

در سیستم ریلی شهری به منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت و بهبود کیفیت خدمات ارائه شد.

در مدل‌های غیر دوره‌ای لازم است یک بازه زمانی طولانی در شبکه ریلی مورد توجه قرار گیرد. به همین منظور در اینگونه مدل‌ها با افزایش تعداد قطارها مدل پیچیده‌تر و بزرگ‌تر خواهد شد. همچنین مدل‌های برنامه‌ریزی حرکت قطارها، مدل‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح هستند که به‌عنوان مدل‌های NP-hard شناخته می‌شوند [۵۰].

همانطور که ملاحظه شد در هر دو نوع مدل برنامه‌ریزی حرکت قطارها مشکل زمان‌برشدن اجرای مدل و همچنین پیچیده‌شدن مدل با افزایش تعداد قطارها وجود دارد. از طرفی در این مدل‌ها به قطار به‌عنوان یک متغیر نگاه می‌شود که نقش تصمیم‌گیری ندارد. به همین منظور در مدل‌هایی که تاکنون در زمینه برنامه‌ریزی حرکت قطارها ارائه شده است، با افزایش تعداد قطار، تعداد متغیرها و در نتیجه پیچیدگی مدل افزایش می‌یابد.

در صورت استفاده از شبکه RANET، قطار به‌عنوان یک عامل تصمیم‌گیرنده خواهد بود و با استفاده از تبادل اطلاعات مابین تمام قطارها، قطارها خواهند توانست به صورت کاملاً پویا حرکت خود را برنامه‌ریزی کنند. در واقع در شبکه RANET تنها یکبار اجرای مدل وجود خواهد داشت و تمام قطارها متناسب با اجرای آن مدل عمل خواهند کرد و براساس اطلاعاتی که از سایر قطارها بدست می‌آورند، خود بهترین شرایط را برنامه‌ریزی می‌کنند تا تأخیرها به حداقل ممکن برسد.

از طرفی در مدل‌های برنامه‌ریزی حرکت قطارها عمدتاً به بحث خرابی‌ها ناوگان و خطوط ریلی اشاره نمی‌شود، زیرا در صورتیکه این شرایط در مدل اعمال گردد، پیچیدگی مسأله دو چندان خواهد شد. اما استفاده از شبکه RANET، خرابی‌ها در ناوگان و خطوط ریلی نه تنها پیچیدگی را افزایش نمی‌دهد، بلکه این خود عامل جدید برای تصمیم‌گیری است و قطارها با ارتباط بی‌سیمی که با یکدیگر دارند، سعی می‌کنند شرایط خود را با شرایط جدید و فعلی وفق دهند.

- بلاک‌بندی پویا

در سیستم ریلی به منظور افزایش ظرفیت خطوط ریلی از بلاک‌بندی خطوط استفاده می‌شود. هر بلاک قطعه‌ای است که تنها یک قطار می‌تواند در آن قرار گیرد و این قطعه به دو صورت ثابت و متحرک (جابه‌جاشدن به همراه قطار) می‌تواند تعریف شود.

در بلاک ثابت، فاصله بین دو ایستگاه به قطعاتی تقسیم می‌شود. طول بلاک در بلاک ثابت به عوامل مختلفی مانند طول و سرعت قطار، فاصله ترمز قطار و زمان عکس‌العمل لکوموتیوران بستگی دارد. بلاک متحرک، بلاک و قطعه‌ای است که به همراه قطار جابه‌جا می‌شود و سایر قطارها مجوز ورود به این بلاک را ندارند. طول بلاک متحرک متناسب با طول قطار و فاصله اطمینان در جلو و انتهای قطار تعیین می‌شود [۵۱].

بنابراین بلاک‌بندی و طول بلاک نقش بسزایی در افزایش ظرفیت خطوط ریلی دارد. زیرا با بلاک‌بندی مسیر چه به صورت ثابت و چه به صورت متحرک، امکان حرکت چند قطار متوالی و پشت سرهم در فاصله بین دو ایستگاه فراهم می‌شود. در صورتیکه بدون بلاک‌بندی مسیر در فاصله بین دو ایستگاه تنها یک قطار می‌بایست سیر نماید.

با استفاده از شبکه RANET می‌توان بلاک‌بندی جدید و پویایی را تعریف کرد که در آن طول بلاک‌ها متناظر با وضعیت قطارها تنظیم شود. بنابراین با استفاده از فناوری RANET و ارائه روش بلاک‌بندی پویا، می‌توان طول بلاک را متغیر و متناسب با شرایط قطارها تعیین نمود. به بیان دیگر با استفاده از فناوری RANET امکان استفاده از مزایای هر دو بلاک ثابت و متحرک میسر می‌شود. می‌توان بلاک را برای قطاری مسافری که دارای سرعت بیشتری هستند متفاوت از قطارهای باری در نظر گرفت. قطارهای باری با توجه به وزن بسیار زیادشان، سرعت کمتری دارند و این سرعت پایین در کاهش میزان ظرفیت خطوط بسیار تأثیرگذار است.

بنابراین با ارائه بلاک‌بندی پویا با استفاده از RANET، ظرفیت خطوط ریلی افزایش قابل توجهی خواهد داشت. بدیهی است که بلاک‌بندی پویا با استفاده از RANET می‌تواند رابطه بسیار خوب و مثبتی با ماژول برنامه‌ریزی حرکت قطارها ایجاد نماید و از این طریق علاوه بر استفاده بهینه از منابع ریلی، ارائه خدمات منظم و دقیق را نیز فراهم آورد.

- تنظیم برنامه‌ریزی حرکت قطارها با سایر مدها حمل‌ونقلی و ارائه خدمات درب به درب

یکی از مهم‌ترین مباحث برنامه‌ریزی حرکت قطارها به خصوص در سیستم‌های ریلی درون‌شهری، تنظیم زمان‌بندی حرکت قطارها با سایر سیستم‌های حمل‌ونقلی است. به‌عنوان مثال با توقف قطار مترو در ایستگاه، سیستم حمل‌ونقل عمومی نیز به ایستگاه برسد و به منظور جابه‌جایی مسافران مترو به مقصد نهایی آماده به کار باشد. از طرفی با توقف قطار باری در ایستگاه، سایر وسایل برای جابه‌جایی بارها آماده به‌کار باشند.

یکی از مهم‌ترین اینگونه خدمات، خدمات درب به درب[1] کالا است. در صنعت راه‌آهن جهت حمل کالا، لازم است کالا در مکانی مشخص تحت عنوان ایستگاه تحویل راه‌آهن گردد و راه‌آهن نیز در مقصد کالا را در ایستگاه راه‌آهن به مشتری ارائه می‌دهد. به عبارتی حمل کالا از مبدأ اصلی تا ایستگاه و از ایستگاه مقصد تا مکان نهایی می‌بایست توسط سایر سیستم‌های حمل‌ونقلی صورت پذیرد. ترکیب سیستم‌های حمل‌ونقل مختلف که به حمل‌ونقل چند وجهی شناخته می‌شود، جهت ارائه خدمات درب به درب صورت می‌گیرد تا امکان استفاده از مزایای مدهای حمل‌ونقلی مختلف فراهم گردد. به عنوان مثال راه‌آهن مزیت‌های فراوانی در حمل کالاها به صورت انبوه و در فواصل زیاد دارد. از طرفی حمل‌ونقل جاده‌ای برای مسافت‌های کوتاه اقتصادی و سریع عمل می‌کند. بنابراین حمل‌ونقل ترکیبی ریل و جاده می‌تواند زمینه حمل ایمن، سریع و اقتصادی کالا و خدمات درب به درب ایمن را برای صاحبان کالا فراهم نمایند.

1. Door to Door Service

Archive of SID
www.SID.ir

این امر در رضایت مسافران و صاحبان کالاها و کاهش زمان بسیار مؤثر است. بنابراین با استفاده از شبکه VANET می‌توان سیستم حمل‌ونقل ترکیبی کارایی ایجاد نمود. شبکه RANET می‌تواند نقش بسیار مهمی در موفقیت سیستم‌های حمل‌ونقل چند وجهی و حمل‌ونقل درب به درب ایفا نماید. زیرا با استفاده از شبکه RANET امکان برنامه‌ریزی و تنظیم حرکت قطارها با سایر مدهای حمل‌ونقلی میسر می‌گردد. قطارها به موقع از کالا را تحویل گرفته و مطابق زمانبندی، کالاها را در مقصد به سایر مدهای حمل‌ونقلی ارائه می‌دهند، تا خدمات درب به درب سریع و به موقع به صاحب کالا ارائه شود.

- کنترل تقاطع‌های همسطح

تقاطع‌های همسطح و همتراز خطوط ریلی با سایر سیستم‌های حمل‌ونقلی منجر به تصادفات و سوانح بسیار شدید و پر هزینه می‌شود. از مهم‌ترین این تقاطع‌ها، تقاطع همسطح و همتراز خطوط ریلی با مسیر جاده‌ای است که همه ساله حوادث ناگواری در این تقاطع‌ها رخ داده است.

ناگواری این حوادث و سنگینی هزینه‌های جبران آن به نحوی است که بسیاری از مسئولین را بر آن داشته است تا بر صرف هزینه‌های هنگفت نسبت به حذف این تقاطع‌ها اقدام و تقاطع همسطح را به تقاطع غیرهمسطح تبدیل نمایند.

تحلیل حوادث تقاطع‌های همسطح نشان می‌دهد که عمده دلیل این سوانح خطاهای انسانی است. بنابراین در صورت استفاده از شبکه RANET می‌توان دخالت انسان را در تقاطع‌ها بسیار کاهش داد. در شبکه RANET وسایل نقلیه ریلی و جاده‌ای می‌توانند اطلاعات و وضعیت خود را به یکدیگر منتقل کنند. در این حالت تقاطع نیز اطلاعات وضعیت خود را از طریق فناوری RANET به سایر وسایل نقلیه ارسال می‌کند و از وسایل نقلیه می‌خواهد که بهترین تصمیم را اتخاذ کنند. بنابراین قطارها قبل از وقوع حادثه، نسبت به تصمیم‌گیری صحیح و جلوگیری از برخورد اقدام می‌کنند. در نتیجه استفاده از فناوری RANET علاوه بر کاهش هزینه‌هایی چون هزینه حوادث و هزینه‌های عمرانی جهت تغییر تقاطع به غیرهمسطح، با هوشمندسازی تقاطع‌ها، امکان عبوری ایمن از تقاطع‌ها را برای قطارها فراهم می‌آورد.

- کاهش تصادفات و برخورد قطارها

حادثه ریلی سال گذشته که در شبکه راه‌آهن کشورمان برای دو قطار سمنان- مشهد و تبریز- مشهد رخ داد و منجر به فوت، زخمی‌شدن و داغدارشدن بسیاری از هموطنانمان شد، به دلیل عدم اطلاع از وجود قطاری متوقف در طول مسیر به وقوع پیوست. در این حادثه خطای انسانی نیز نقش داشته است.

تصور کنید که در صورت مجهز بودن قطارها به شبکه RANET، این شبکه می‌توانست به خوبی از وقوع چنین حادثه‌ای جلوگیری نماید. زیرا در شبکه RANET قطارها با یکدیگر در ارتباط هستند و اطلاعات وضعیت خود را به سایر قطارها و همچنین مراکز کنترل ترافیک در ایستگاه‌ها منتقل می‌نمایند. بنابراین قطارهای تصمیم‌گیرنده در شبکه RANET می‌توانند وضعیت حرکت خود را مدیریت و از برخورد با یکدیگر ممانعت به عمل آورند. در نتیجه فناوری RANET با هوشمندسازی سیر و حرکت قطارها و کاهش چشم‌گیر دخالت‌های انسانی، نقش بسزایی در کاهش تصادفات و برخورد قطارها خواهد داشت.

- جابه‌جایی خودکار مسیر حرکت قطارها

یکی دیگر از چالش‌های مهم ترافیکی صنعت ریلی در کنترل حرکت قطارها، جابه‌جایی قطارها در خطوط مختلف ریلی و حرکت از یک مسیر ریلی به مسیر ریلی دیگر است. این امر با استفاده از دستگاهی تحت عنوان 'سوزن' صورت می‌گیرد. بنابراین دستگاه سوزن از حساس‌ترین نقاط در مسیر حرکت قطارها محسوب می‌شود که فعالیت آن تحت شرایط و احتیاط‌های خاص امکان‌پذیر است. نوع وظیفه و عملکرد دستگاه سوزن، سوانح بسیار زیادی را رقم زده است. از جمله این سوانح می‌توان به عدم تعیین صحیح خطوط حرکت قطارها و در نتیجه برخورد قطارها با یکدیگر، و یا تغییر ناقص مسیر و عدم تغییر کامل مسیر قبلی به مسیر جدید و در نتیجه خروج ناوگان از خطوط ریلی اشاره نمود.

قطارهایی که در شبکه RANET با یکدیگر در ارتباط هستند و حتی این ارتباط با مراکز کنترل ترافیکی نیز برقرار است، بنابراین قطارها می‌توانند خود در زمینه خطوط انتخابی جهت توقف و یا حرکت تصمیم‌گیری نمایند و دستگاه سوزن تحت فرمان و درخواست قطارها، مسیر مناسب قطارها را ایجاد نمایند. بنابراین این فناوری در به حد صفر رساندن سوانح ناشی از عملکرد سوزن‌ها در تغییر مسیر خطوط ریلی بسیار مؤثر خواهد بود.

۷- نتیجه‌گیری

فناوری شبکه VANET به مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل با استفاده از ایجاد ارتباط بین خودروها می‌پردازد. در واقع در این شبکه، خودروها تشکیل‌دهنده گره‌های شبکه هستند و اطلاعات وضعیت خود را در اختیار سایر خودروها قرار می‌دهند، تا خودروها بتوانند در یک فرایند پویا نسبت به وضعیت مناسب و بهینه تصمیم‌گیری نمایند. بنابراین این فناوری می‌تواند به‌عنوان پایه و اساس فناوری خودروهای بدون سرنشین محسوب شود. در مقاله حاضر نیز با توجه به اهمیت فناوری VANET در آینده سیستم‌های مختلف حمل‌ونقلی و همچنین اهمیت صنعت راه‌آهن در حمل‌ونقلی سبز، کارا، ایمن و راحت، کاربردهای نوین VANET در سیستم حمل‌ونقل ریلی مورد توجه قرار گرفت. این مقاله سعی نمود با شناخت و کسب اطلاعات از مزایا و ویژگی‌های فناوری VANET و از طرفی شناخت چالش‌ها و مشکلات موجود در صنعت حمل‌ونقل ریلی، و در قالب 'روش‌شناختی اسنادی' امکان رفع و برطرف نمودن نواقص و چالش‌های ترافیکی حمل‌ونقل ریلی توسط فناوری VANET را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

بر این اساس فناوری شبکه هوشمند بین ناوگان ریلی (RANET) پیشنهاد شد که در آن ناوگان ریلی از جمله واگن‌ها، لکوموتیوها، درزینها و غیره، دارای ارتباط بی‌سیم و پویا با یکدیگر هستند. در فناوری RANET ناوگان ریلی وضعیت خود را از جمله سرعت، موقعیت، شرایط مسیر و وضعیت آب و هوایی را به سایر ناوگان و تجهیزات ثابت کنار خطوط ریلی مانند تجهیزات تقاطع‌ها گزارش می‌دهند و در نتیجه ناوگان ریلی به‌عنوان یک عنصر تصمیم‌گیرنده، در مورد بهترین شرایط و وضعیت حرکتی خود تصمیم‌گیری می‌کنند. مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی مقاله حاضر جهت رفع نواقص صنعت راه‌آهن و کاراتر و سبزتر نمودن حمل‌ونقل ریلی با استفاده از فناوری RANET به قرار ذیل است:

- تحقق حمل‌ونقل هوشمند ریلی (RITS) و در نهایت تصمیم‌گیری خودکار و هوشمند در تمام فعالیت‌های ریلی
- برنامه‌ریزی دقیق و منظم حرکت قطارها و در نتیجه کاهش تأخیرات و کسب رضایت مسافران و صاحبان کالا
- ارائه سیستم بلاک‌بندی پویا و هوشمند و در نتیجه افزایش ظرفیت جابه‌جایی قطارها بین دو ایستگاه و در نهایت کسب درآمد بیشتر راه‌آهن
- ارائه خدمات درب به درب ایمن و کارا با تنظیم حرکت قطارها با سایر مدهای حمل‌ونقلی مختلف و در نتیجه کسب رضایت صاحبان کالا جهت حملی ایمن و اقتصادی
- کاهش و به حد صفر رساندن سوانح و حوادث ناگوار ریلی با هوشمندسازی کنترل تقاطع‌ها، کنترل هوشمند و پویای دستگاه سوزن متناسب با مسیر حرکت قطارها و اطلاع به هنگام قطارها از وضعیت یکدیگر

بنابراین فناوری RANET در تحقق اهداف صنعت راه‌آهن از جمله کاهش هزینه‌ها و سوانح، افزایش کارایی، افزایش رضایت صاحبان کالا و مسافران، و توسعه سیستم حمل‌ونقل ریلی هوشمند (RITS) و در نتیجه موفقیت بیشتر صنعت راه‌آهن نقش بسزایی خواهد داشت. RANET می‌تواند مسیری جدید در حوزه فعالیت‌های فناورانه و نوآورانه را تعیین نماید و زمینه ظهور شرکت‌های دانش‌بنیان جدید در حوزه حمل‌ونقل ریلی را فراهم آورد. این مقاله نیز به بیان برخی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری VANET و RANET در صنعت راه‌آهن پرداخت. نتایج مقاله نشان داد که شرکت‌های دانش‌بنیان قادر خواهند بود با استفاده از فناوری RANET در زمینه‌هایی همچون برنامه‌ریزی حرکت قطارها، بلاک‌بندی پویا، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل چند وجهی و مدیریت تقاطع‌ها و دستگاه‌های سوزن خطوط ریلی و غیره استفاده نموده و نوآوری جدید و کاربردی در صنعت راه‌آهن ارائه نمایند، و در نهایت زمینه هوشمندسازی راه‌آهن را فراهم آورند.

۸- مراجع

۱- راهنمای سیستم‌های حمل ونقل هوشمند، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل ونقل، ۱۳۸۶.

۲- مقدمه ای بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، وزارت راه و ترابری، کمیته فناوری اطلاعات، ۱۳۸۱.

۳- احمدرضا. جعفریان مقدم، بهبود خوشه‌بندی در شبکه‌های هوشمند بین خودرویی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۴.

۴- سهیلا. صادقی فسایی، و ایمان. عرفان‌منش، "مبانی روش‌شناختی پژوهش اسنادی در علوم اجتماعی"، فصلنامه راهبرد فرهنگ، شماره ۸ (۲۹)، ۱۳۹۴، صفحات ۶۱-۹۱.

5- R. Kala, "On-Road Intelligent Vehicles, Chapter 13: Basics of Intelligent Transportation Systems", Robotics and Artificial Intelligence Laboratory, Indian Institute of Information Technology, Allahabad, India, 2016.

6- A. Paul, N. Chilamkurti, A. Daniel, and S. Rho, "Intelligent Vehicular Networks and Communications: Fundamentals, Architectures and Solutions (Chapter 2)", Elsevier, 2017.

7- C. Gosman, T. Cornea, C. Dobre, F. Pop, and A. Castiglione, "Castiglione, Controlling and filtering users data in Intelligent Transportation System", Future Generation Computer Systems, Vol. 78, 2018, pp. 807-816.

8- C. Wang, X. Li, X. Zhou, A. Wang, and N. Nedjah, "Soft computing in big data intelligent transportation systems", Applied Soft Computing, Vol. 38, 2016, pp. 1099-1108.

9- J. Zeyu, Y. Shuiping, Z. Mingduan, C. Yongqiang, and L. Yi, "Model Study for Intelligent Transportation System with Big Data", Procedia Computer Science, Vol. 107, 2017, pp. 418-426.

10- T. Petrov, M. Dado, and K.E. Ambrosch, "Computer Modelling of Cooperative Intelligent Transportation Systems", Procedia Engineering, Vol. 192, 2017, pp. 683-688.

11- S. Sousa, A. Santos, A. Costa, B. Dias, B. Ribeiro, F. Gonçalves, J. Macedo, M.J. Nicolau, and Ó. Gama, "A New Approach on Communications Architectures for Intelligent Transportation Systems", Procedia Computer Science, Vol. 110, 2017, pp. 320-327.

12- Z. Yang, and L.S.C. Pun-Cheng, Vehicle detection in intelligent transportation systems and its applications under varying environments: A review, Image and Vision Computing, Vol. 69, 2018, pp. 143-154.

13- R. Baumann, "Vehicular Ad hoc Networks: Engineering and simulation of mobile ad hoc routing protocols for VANET on highways and in cities", Master's Thesis in Computer Science, ETH Zurich, 2004.

14- H. Rahbar, "Dynamic Time-stable Geocast Routing in Vehicular Ad Hoc Networks", Master's Thesis in Electrical and Computer Engineering, University of Waterloo, 2009.

15- L. Fan, and Y. Wang, "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey", IEEE Vehicular Technology Magazine, 2007.

16- M. Fathian, and A.R. Jafarian Moghaddam, "New Clustering Algorithms for Vehicular Ad-Hoc Network in a Highway Communication Environment", Wireless Networks, 2015, DOI: 10.1007_s11276-015-0949-5.

17- M. Fathian, G.R. Shiran, and A.R. Jafarian Moghaddam, "Two New Clustering algorithms for Vehicular Ad-Hoc Network based on Ant Colony System", Wireless Personal Communications, 2015, 10.1007_s11277-015-2404-4.

18- M. Fathian, M. Yaghini, and A.R. Jafarian Moghaddam, "Improving Vehicular Ad-Hoc Network Stability Using Meta-Heuristic Algorithms", International Journal of Automotive Engineering, Vol. 4, 2014, pp. 891-901.

19- Y. Liu, J. Bi, and J. Yang, "Research on Vehicular Ad Hoc Networks", IEEE Xplore: Chinese Control and Decision Conference, 2009.

20- M. Fahad, F. Aadil, S. Ejaz, and A. Ali, "Implementation of evolutionary algorithms in vehicular ad-hoc network for cluster optimization", Intelligent Systems Conference (IntelliSys), 2017.

Archive of SID
www.SID.ir

21- R. Kitsis, and S. Datta, "Layer 3 Enhancements for Vehicular Ad Hoc Networks", Procedia Computer Science, Vol. 130, 2018, pp. 628-635.
22- R. Akalu, "Privacy, consent and vehicular ad hoc networks (VANETs)", Computer Law & Security Review, Vol. 34, 2018, pp. 37-46.
23- A. Alrawais, A. Alhothaily, B. Mei, T. Song, and X. Cheng, "An Efficient Revocation Scheme for Vehicular Ad-Hoc Networks", Procedia Computer Science, Vol. 129, 2018, pp. 312-318.
24- B. Mokhtar, and M. Azab, "Survey on Security Issues in Vehicular Ad Hoc Networks", Alexandria Engineering Journal, Vol. 54, 2015, pp. 1115-1126.
25- S. Boussoufa-Lahlah, F. Semchedine, and L. Bouallouche-Medjkoune, "Geographic routing protocols for Vehicular Ad hoc NETworks (VANETs): A survey", Vehicular Communications, Vol. 11, 2018, pp. 20-31.
26- A.I. Saleh, S.A. Gamel, and K.M. Abo-Al-Ez, "A Reliable Routing Protocol for Vehicular Ad hoc Networks", Computers & Electrical Engineering, Vol. 64, 2017, pp. 473-495.
27- Y. Agarwal, K. Jain, and O. Karabasoglu, "Smart vehicle monitoring and assistance using cloud computing in vehicular Ad Hoc networks", International Journal of Transportation Science and Technology, Vol. 7, 2018, pp. 60-73.
28- J. Cui, J. Zhang, H. Zhong, R. Shi, and Y. Xu, "An efficient certificateless aggregate signature without pairings for vehicular ad hoc networks", Information Sciences, Vol. 451–452, 2018, pp. 1-15.
29- S. Khakpour, R.W. Pazzi, and K. El-Khatib, "Using clustering for target tracking in vehicular ad hoc networks", Vehicular Communications, Vol. 9, 2017, pp. 83-96.
30- R. Ghebleh, "A comparative classification of information dissemination approaches in vehicular ad hoc networks from distinctive viewpoints: A survey", Computer Networks, Vol. 131, 2018, pp. 15-37.
31- W. Zhou, and J. Li-Min, "The Theory and Method of Design and Optimization for Railway Intelligent Transportation Systems (RITS)", Bentham Science Publishers, 2011.
32- A. Sładkowski, "Rail Transport — Systems Approach", Springer, 2017.
33- J. Qi, L. Yang, Y. Gao, S. Li, and Z. Gao, "Integrated multi-track station layout design and train scheduling models on railway corridors", Transport. Res. C-Emer, Vol. 69, 2016, pp. 91–119.
34- E. Barrena, D. Canca, L.C. Coelho, and G Laporte, "Exact formulations and algorithm for the train timetabling problem with dynamic demand", Computers & Operations Research, Vol. 44, 2014, 66–74.
35- V. Cacchiani, A. Caprara, and C. Melchiorri, "Models and Algorithms for Combinatorial Optimization Problems Arising in Railway Applications", Dottoratodi Ricerca in Automatica Ricerca Operative. Universitá degli Studi di Bologna, 2006.
36- V. Cacchiani, A. Caprara, and M. Fischetti, "A Lagrangian heuristic for robustness, with an application to train timetabling", Transportation Science, Vol. 46 (1), 2012, pp. 124–133.
37- V. Cacchiani, A. Caprara, and P. Toth, "A column generation approach to train timetabling on a corridor", Quarterly Journal of Operations Research, Vol. 6, 2008, pp. 125–142.
38- L. Peeters, "Cyclic Railway Timetable Optimization", Ph.D. Thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam, 2003.
39- M. Odijk, "A constraint generation algorithm for the construction of periodic railway timetables", Transportation Research Part B, Vol. 30 (6), 1996, pp. 455–464.
40- L. Kroon, and L. Peeters, "A variable trip time model for cyclic railway timetabling", Transportation Science, Vol. 37(2), 2003, pp. 198–212.
41- T. Lindner, and U.T. Zimmermann, "Cost optimal periodic train scheduling", Mathematical Methods of Operations Research, Vol. 62, 2005, pp. 281–295.
42- C. Liebchen, "The first optimized railway timetable in practice", Transportation Science, Vol. 42(4), 2008, 420–435.
43- L. Kroon, G. Maróti, M.R. Helmrich, M. Vromansd, and R. Dekker, "Stochastic improvement of cyclic railway timetables", Transportation Research Part B, Vol. 42, 2008, pp. 553–570.
44- A. Caprara, L. Kroon, M. Monaci, and P. Toth, "Passenger railway optimization", In: Barnhart, C., Laporte, G. (Eds.), 2007.
45- B. Szpigel, "Optimal train scheduling on a single track railway", Operational Research, Vol. 72, 1973, pp. 343–352.
46- A. Higgins, E. Kozan, and L. Ferreira, "Optimal scheduling of trains on a single line track", Transportation Research Part B, Vol. 30(2), 1996, 147–161.
47- X. Zhou, and M. Zhong, "Single-track train timetabling with guaranteed optimality: branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds", Transportation Research Part B, Vol. 41, 2007, pp. 320–341.
48- K. Ghoseiri, F. Szidarovszky, and M.J. Asgharpour, "A multi-objective train scheduling model and solution", Transportation Research Part B, Vol. 38, 2004, pp. 927–952.
49- Y. Huang, L. Yang, T. Tang, F. Cao, and Z. Gao, "Saving energy and improving service quality: bicriteria train scheduling in urban rail transit systems", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 99, 2016, pp. 1-16.
50- X. Cai, C.J. Goh, "A fast heuristic for the train scheduling problem", Computers & Operations Research, Vol. 21 (5), 1994, pp. 499–510.
51- B. Djordjević, and K. Evelin, "Application of Multicriteria Decision-Making Methods in Railway Engineering: A Case Study of Train Control Information Systems (TCIS)", Modern Railway Engineering, 2018.

Archive of SID

www.SID.ir