

ضرورت کسب دانش فنی طراحی و ساخت سیستم های کنترل و مونیورینگ ملی جهت استفاده در ناوگان ریلی کشور

محور مقاله: نقش فناوری های نوین در ناوگان باری و مسافری (شهری، حومه ای، بین شهری)

مرتضی مقدمی^۱

چکیده:

همانطور که می دانیم امروزه در ناوگان های ریلی مدرن مورد استفاده در سراسر جهان زیر سیستم های مختلفی استفاده می شود که یکی از مهمترین این زیر سیستم ها، سیستم های کنترل و مونیورینگ یا TCMS^۲ می باشد. با توجه به ارزش افزوده بالای این بخش برای سازندگان واگن، کسب دانش فنی طراحی و ساخت این سیستم از اهمیت فوق العاده ای برخوردار می باشد. با توجه به تخصصها و تجربیات موجود در داخل کشور تحقق این موضوع در صورت داشتن برنامه ریزی صحیح و حمایت سیاست گذاران ریلی کشور امری کاملاً امکان پذیر می باشد. کسب دانش فنی طراحی و ساخت این سیستم می تواند نقش بسیار کلیدی در طراحی و ساخت واگن های مدرن روز را در داخل کشور ایفا نماید. چرا که با کسب دانش فنی در این زمینه می توان زیر سیستم های مختلف مورد استفاده در قطار را از سازندگان معتبر تهیه نموده و با مجموعه سازی^۳ نسبت به طراحی و ساخت واگن در داخل کشور اقدام نمود. در صورت تحقق این امر ضمن ارتقاء سطح دانش و توانمندی سازندگان ریلی کشور، از خروج مقادیر قابل توجهی ارز از کشور جلوگیری شده و قدم بزرگی در راه طراحی و ساخت واگن ملی برداشته خواهد شد.

کلمات کلیدی:

TCMS، واگن ملی، ناوگان ریلی، دانش فنی، سیستم های کنترل، مونیورینگ

^۱ مشاور- صنایع ریلی ایران خودرو- کیلومتر ۱۴ اتوبان تهران- کرج، ورودی آزادشهر - ساختمان سریر طبقه ۲ تلفن: ۴۴۱۸۲۱۳۱

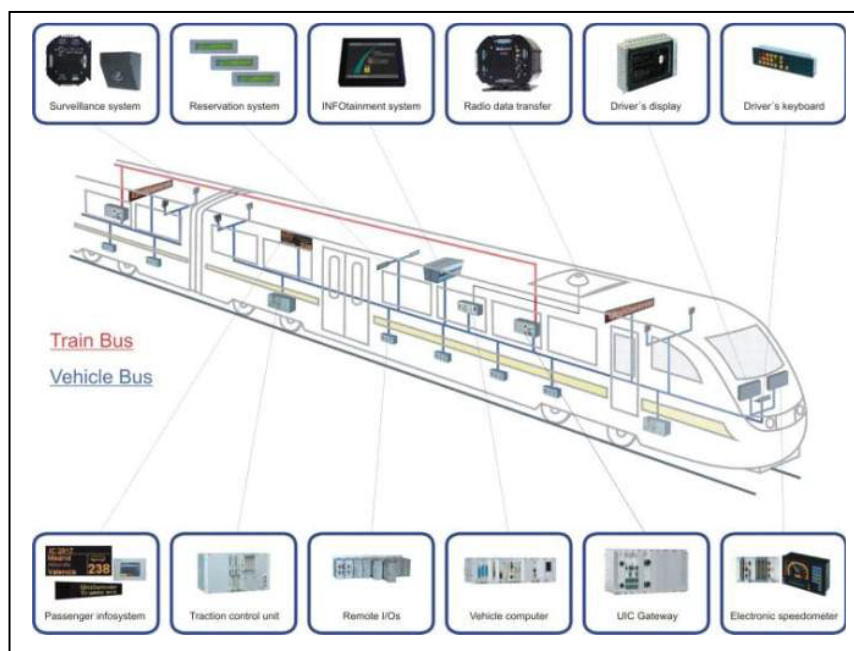
Email: moghadami@iri.co.ir

^۲ Train Control and Monitoring System

^۳ System integration

۱-مقدمه

همانگونه که می دانید با پیشرفت های انجام شده در زمینه ناوگان های ریلی مورد استفاده در دنیا، در ناوگان های ریلی جدید زیر سیستم های مختلفی (از قبیل سیستم های کنترل ترمز، تراکشن، تهویه، کنترل دربها، سیستم های اطلاع رسانی صوتی و تصویری و ...) استفاده می شود(شکل ۱) که برقراری ارتباط با آن ها و نظارت بر عملکرد آنها به روش های قدیمی امکان پذیر نیست چرا که با روشهای قدیمی و سنتی برای برقراری ارتباط بین این مجموعه نیازمند حجم عظیمی از سیم کشی ها در قطار می باشد که ضمن مقرون به صرفه نبودن باعث کاهش قابلیت اطمینان^۴ سیستم نیز خواهد شد .



شکل ۱- زیر سیستمهای مختلف مورد استفاده در واگنها [۱]

در واگن های مدرن امروزی بستر های جدیدی با استفاده از شبکه های صنعتی رایج مورد استفاده در قطارها(از قبیل TCN^۵، Lonwork و...) ایجاد شده است و حجم عظیمی از اطلاعات در طول یک قطار با استفاده از یک زوج سیم در لایه فیزیکی منتقل می شود.

جهت نظارت بر عملکرد زیر سیستم های مختلف قطار و اعمال فرامین کنترلی به صورت مرکزی ، امروزه از سیستم های کنترل و مونیترینگ در قطارها استفاده می شود. در یک دسته بندی کلی این سیستمها را به ۲ دسته سیستمهای مونیترینگ یا TMS^۶ و سیستم های کنترل و مونیترینگ یا TCMS می توان دسته بندی نمود.

در TMS تمام اطلاعات مورد نیاز راننده در روی یک مونیتر نشان داده می شود. همچنین راننده قادر خواهد بود تا برخی از تنظیمات مورد نیاز را از طریق این مونیتر به سیستمهای مختلف مورد استفاده در قطار اعمال نماید. در این سیستم ها هیچگونه فرمان کنترلی از طرف TMS به زیر سیستم های مورد استفاده در قطار صادر نمی شود و فرامین کنترلی قطار به صورت مدارات رله کنتاکتوری پیاده سازی میشود، اما در سیستم های پیشرفته تر که به سیستم های کنترل و مونیترینگ یا TCMS معروف هستند فرامین کنترلی نیز از طریق سیستم TCMS ارسال می شوند.

⁴ Reliability

⁵ Train Communication Network

⁶ Train Monitoring System

با توجه به اینکه سیستم های TMS یا TCMS تقریباً با تمام زیر سیستم های یک قطار در ارتباط می باشد کسب دانش فنی طراحی و ساخت این سیستم میتواند نقش بسیار کلیدی در طراحی و ساخت واگن های مدرن روز را در داخل کشور ایفا نماید. چرا که با کسب دانش فنی در این زمینه می توان زیر سیستم های مختلف مورد استفاده در قطار را از سازندگان معتبر تهیه نموده و با مجموعه سازی^۷ نسبت به طراحی و ساخت واگن در داخل کشور اقدام نمود. در ادامه این مقاله ضمن آشنایی با استانداردهای روز دنیا در زمینه TMS و TCMS، راهکارهای عملی برای کسب دانش فنی طراحی و ساخت سیستم های کنترل و مانیتورینگ در داخل کشور ارائه خواهد شد.

۲- معرفی استانداردهای انتقال اطلاعات در قطارها

۱-۲- مقدمه

برای ایجاد بستر انتقال اطلاعات در سیستمهای کنترل و مانیتورینگ، امروزه دو استاندارد مختلف در دنیا مورد توجه قرار گرفته است و سازندگان معتبر ریلی دنیا و تامین کنندگان تجهیزات از این استاندارد ها پیروی می کنند. اولین استاندارد، استاندارد TCN یا Train Communication Network می باشد که با همکاری IEC و UIC اولین پیش نویس این استاندارد در سال ۱۹۹۹ به تصویب رسید و به یک استاندارد بین المللی^۸ (IS) به شماره IEC61375 تبدیل شد و بسیاری از کارخانجات راه آهن اروپایی آمادگی خود را برای تطبیق با این استاندارد اعلام کردند. (کارخانجاتی از قبیل Adtranz، Alstom، Ansaldo، CAF، Firema، Siemens، Bombardier، MEDCOM، EKE، ... تا سال ۱۹۹۹، TCN در بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه ریلی دنیا پیاده سازی شد و این تعداد در مدت زمان کوتاهی بعد از تصویب استاندارد رشد زیادی کرد [۲ و ۳].

علاوه بر IEC و UIC، انجمن مهندسين برق و الکترونیک^۹ (IEEE) نیز در سال ۱۹۹۹ استاندارد IEEE1473 را به عنوان بستر انتقال اطلاعات در واگنها معرفی کرد. [۴] این استاندارد شامل دو استاندارد IEEE1473-L و IEEE1473-T می باشد که به ترتیب پروتکل های Lonwork و TCN را به عنوان استاندارد جمع آوری و انتقال اطلاعات در واگنها معرفی می کنند. تا کنون بیش از ۳۰۰ شرکت اعم از سازندگان و تامین کنندگان قطعات و شرکتهای مسافری ریلی در دنیا به عضویت انجمن LonTalk که معرف پروتکل Lonworks برای استفاده در قطارها می باشند در آمده اند و تبعیت خود را از این استاندارد اعلام نموده اند. تعدادی از این شرکتهای عبارتند از [۵]:

Alstom, Bombardier, Siemens, CAF, AnsaldoBreda, Kawasaki, Bach simpson, EKE Electronic Ltd, Echelon Corporation, Control Network Solutions, Curtis Door Systems,

اولین قدم برای کسب دانش فنی طراحی و ساخت زیر سیستم های TMS یا TCMS انتخاب یکی از استاندارد های فوق برای پیاده سازی در ناوگان ریلی کشور می باشد. در این انتخاب باید پارمترهای مختلفی (از قبیل مسائل فنی، سوابق استفاده از این استاندارد ها در واگن های موجود در ناوگان ریلی کشور، پیش بینی آینده تکنولوژی و در نظر گرفتن مسائلی از قبیل تحریم و ...) مد نظر قرار گیرد.

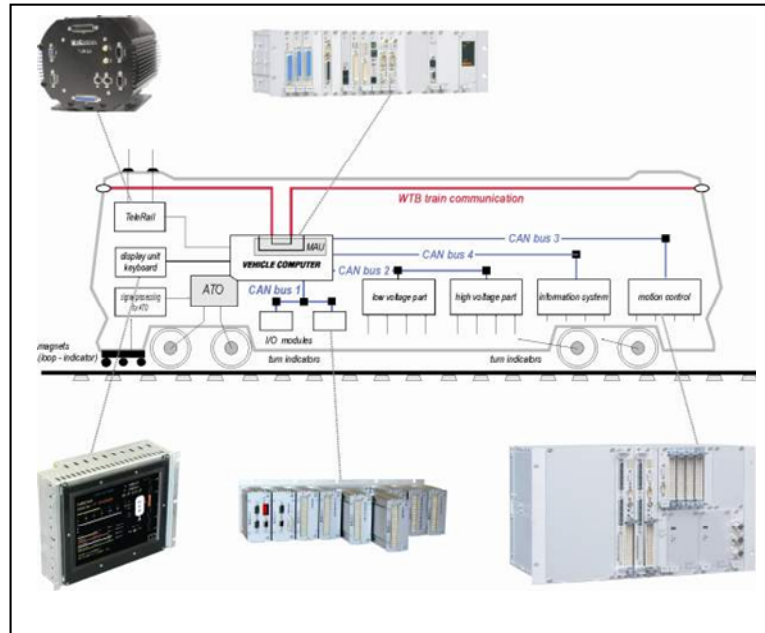
⁷ System integration

⁸ International Standard

⁹ Institute of Electrical & Electronic Engineers

۲-۲- استاندارد TCN

TCN یک شبکه سلسله مراتبی^{۱۰} دو سطحی برای تکمیل شبکه مورد نیاز در قطار می‌باشد. سطح پایین معماری TCN شامل دو باس Vehicle_Bus در سطح واگن و Train_Bus در سطح قطار می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: شبکه انتقال اطلاعات TCN

دو سطح معماری TCN از طریق گره^{۱۱} های واقع در Train-bus به یکدیگر متصل می‌شوند. این گره‌ها نقش یک دروازه^{۱۲} برای انتقال اطلاعات بین دو واگن را ایفا می‌کنند. شبکه TCN از مدل ۷ لایه‌ای OSI پیروی می‌کند. تنها تفاوت Train-bus و Vehicle-bus در لایه فیزیکی^{۱۳} و لایه پیوند داده^{۱۴} می‌باشد و در لایه‌های بالاتر تفاوتی با هم ندارند [۷ و ۸]. در شبکه TCN در لایه پائین تر برای اتصال تجهیزات داخلی یک واگن از یک Vehicle_Bus استفاده می‌شود. در استاندارد IEC61375-1، MVB^{۱۵} به عنوان Vehicle bus استاندارد برای استفاده در این سطح معرفی شده است [۷]. اما از باس‌های دیگر از قبیل CAN، CAN Open و... نیز می‌توان در این سطح استفاده کرد. MVB یک باس ارتباط سریال با سرعت ۱ Mbit/Sec می‌باشد که در لایه فیزیکی خود از زوج سیم بهم تابیده یا فیبر نوری استفاده می‌کند.

سطح بالاتر در شبکه سلسله مراتبی TCN، سطح Train_bus می‌باشد که برای اتصال واگن‌های یک قطار به یکدیگر استفاده می‌شود، باس استاندارد معرفی شده در IEC61375-1، در سطح قطار WTB^{۱۶} می‌باشد [۸]. WTB یک باس با سرعت ۱ Mbit/S می‌باشد و در لایه فیزیکی خود از یک زوج سیم بهم تابیده شیلد دار، استفاده می‌کند. با توجه به اینکه

¹⁰ hierarchical architectur

¹¹ Node

¹² Gate

¹³ Physical layer

¹⁴ Data Link layer

¹⁵ Multifunction Vehicle Bus

¹⁶ Wire Train Bus

حداکثر تعداد گره های قابل اتصال به شبکه ۳۲ گره می باشد، با استفاده از این شبکه می توان حداکثر ۳۲ واگن را بهم وصل کرد.

موقعی که در قطار، واگنی جابجا می شود و یا واگنی به قطار متصل و یا از آن منفصل می شود، WTB به طور خودکار مجدداً همه واگنها را متناسب با جایگاهشان در قطار آدرس دهی می کند به طوریکه همه واگنها دارای آدرس می شوند و همچنین هر واگنی از آدرس سایر واگنهای قطار مطلع می شود و جایگاه خود را در قطار می شناسد. در شکل ۳ یک نمونه از سخت افزار TCN را ملاحظه می کنید.



شکل ۳: یک نمونه سخت افزار TCN [۹]

۳-۲- معرفی استاندارد Lonworks

همانگونه که ذکر شد پروتکل Lonworks در سال ۱۹۹۹ تبدیل به استاندارد IEEE1473-L گردید. اما پیش از آن نیز شرکتی از قبیل Bombardier, Kinki-Sharyo, Breda و ... محصولاتی را تحت پروتکل Lonworks طراحی کرده بودند. اما پس از این تاریخ استفاده از این استاندارد در طراحی محصولات ریلی در آمریکای شمالی و تمام نقاط دنیا گسترش یافت [۱۰]. این استاندارد نه تنها توسط سازندگان ریلی، بلکه توسط تامین کنندگان قطعات ریلی نیز به سرعت مورد پذیرش قرار گرفت و در حال حاضر بسیاری از تامین کنندگان قطعات، سیستمهایی نظیر: کنترل دربها، کنترل اتوماتیک پیشرفته قطار^{۱۷}، کنترل ترمز، کنترل Propulsion و کنترل تهویه و ... را با این استاندارد تولید می کنند. در شبکه Lonworks در لایه فیزیکی امکان استفاده از ۴ روش وجود دارد که عبارتند از [۱۱]: استفاده از زوج سیم بهم تابیده، استفاده از خطوط انتقال قدرت AC/DC، فیبر نوری و ارتباط بی سیم.

در شبکه Lonworks بنا به تشخیص طراح سیستم، هر کدام از رسانه های فوق و یا ترکیبی از آنها می تواند در سطح لایه فیزیکی مورد استفاده قرار گیرد و لزومی به استفاده از یک لایه فیزیکی یکسان در کل قطار نمی باشد. شرکت Echelon محصولات متنوعی از قبیل کارتهای شبکه، کارتهای دیجیتال ورودی و خروجی، کارتهای آنالوگ ورودی و خروجی و ... جهت استفاده در شبکه Lonworks ارائه می کند [۱۲].

¹⁷ Advance Automatic Train Control (AATC)

۲-۴- مقایسه استاندارد TCN و Lonworks

هر دو استاندارد TCN و Lonworks به منظور استاندارد سازی انتقال اطلاعات در واگنها تدوین شده اند اما استاندارد TCN صرفاً جهت استفاده در قطارها کاربرد دارد ولی استاندارد Lonworks یک استاندارد عمومی می باشد که یکی از کاربردهای آن کاربرد در صنایع ریلی می باشد و به همین دلیل و با توجه به بازار مصرف محدودتر پروتکل TCN، و عدم وجود توجیه اقتصادی، هنوز شرکتهای سازنده تراشه ها به فکر طراحی تراشه خاص پروتکل TCN نیافتاده اند. اما در مقابل با توجه به عمومی بودن پروتکل Lonworks و کاربرد آن در صنایع گوناگون، شرکتهایی از قبیل توشیبا، موتورولا و Cypress آمریکا تراشه های خاصی را که تمام ویژگیهای Lonworks را پشتیبانی کند ساخته و در اختیار عموم قرار داده اند. تا کنون بیش از دهها میلیون از تراشه های Lonworks معروف به Neurons تولید شده و توسط بیش از ۴۰۰۰ شرکت سازنده قطعات مورد استفاده قرار گرفته است [۱۳].

همچنین با توجه به اینکه پروتکل Lonworks در مدرکی تحت عنوان "LonTalk Protocol Specification" در اختیار همگان قرار دارد و تراشه های خاص آن نیز در دسترس همگان می باشد، می توان این پروتکل را در هر پرسوسوری پیاده سازی کرد و به همین دلیل بسیاری از سازندگان بر این اعتقادند که بر خلاف پروتکل TCN که پروتکل باز^{۱۸} نیست اما پروتکل Lonworks یک پروتکل باز و قابل دسترسی برای همگان می باشد.

از جمله ویژگیهای منحصر بفرد TCN آن است که با توجه به اینکه این استاندارد به طور خاص برای استفاده در واگنها طراحی گردیده است تمام نیازمندیها در یک واگن را تحت پوشش قرار می دهد. به طور مثال تمام واگنهایی که با این استاندارد تولید شده باشند مستقل از سازنده آن می توانند به یکدیگر کوپل شده و تشکیل یک رام قطار دهند. با توجه به اینکه در اروپا هر قطار مسافری در بیش از یک کشور تردد دارد و داشتن این قابلیت سبب می شود تا واگنهای مختلف از سازندگان مختلف یا لوکوموتیوهای مختلف بتوانند در یک رام قطار قرار گیرند بنابراین این ویژگی بیشتر در اروپا مورد توجه قرار گرفت. اما مشکل عمده ای که وجود دارد با توجه به مطالب قبلی ذکر شده این است که این پروتکل به عنوان پروتکل باز از سوی سازندگان شناخته نمی شود و پیاده سازی این استاندارد برای همه سازندگان کار ساده ایی نیست. اما همانگونه که ذکر شد در سالهای اخیر برخی از شرکتهای همانند EKE فنلاند سخت افزار مناسب برای پیاده سازی TCN در قطار را به همراه زبان برنامه نویسی استاندارد به بازار ارائه کرده اند.

۳- اجزای مختلف سیستم های کنترل و مونیورینگ

اولین قدم در راه کسب دانش فنی ساخت سیستمهای کنترل و مونیورینگ پس از انتخاب استاندارد انتقال اطلاعات شناخت اجزای مختلف سیستم در دو بخش سخت افزار و نرم افزار می باشد. به طور کلی در بخش سخت افزار یک سیستم کنترل و مونیورینگ باید شامل ویژگی های زیر باشد.

- قابلیت تبادل اطلاعات در سراسر یک قطار و بین واگنها با استفاده از استاندارد های انتقال اطلاعات در قطار را دارا باشد.
- قابلیت تبادل اطلاعات بین اجزای مختلف یک واگن را از طریق شبکه های صنعتی رایج را داشته باشد.
- قابلیت تبادل اطلاعات بین اجزای مختلف یک واگن را که قابلیت شبکه شدن را ندارد داشته باشد.
- شامل یک واحد پردازش مرکزی یا CPU باشد.
- شامل منبع تغذیه برای سخت افزار سیستم باشد
- استاندارد های مختلف مربوط به تجهیزات الکترونیکی داخل قطار(از قبیل: EN50155, EN61373, EN50128, EN50121 و ...) را پاس کرده باشد.
- امکان اتصال به صورت remote جهت عیب یابی را داشته باشد.

¹⁸ Open Protocol

همچنین در بخش نرم افزار یک سیستم کنترل و مونیتورینگ باید شامل ویژگی های زیر باشد:

- دارای نرم افزار برنامه ریزی^{۱۹} استاندارد بوده و به سهولت قابل تهیه باشد.
- دارای نرم افزار Online Monitoring به منظور عیب یابی باشد.
- دارای نرم افزار Simulation به منظور شبیه سازی سیستم کنترل پس از طراحی و قبل از پیاده سازی در قطار باشد.
- دارای نرم افزار انتقال اطلاعات ذخیره شده در حافظه سیستم به سیستم بیرونی باشد.

برای تحقق اهداف فوق در بخش سخت افزار یک سیستم کنترل و مونیتورینگ باید شامل اجزای زیر باشد:

- رک یا Back plain جهت قرارگیری کارت های مختلف در داخل آن
- کارت تغذیه
- کارت CPU
- کارت WTB جهت انتقال اطلاعات با استفاده از شبکه های صنعتی در طول قطار
- کارت MVB جهت تبادل اطلاعات با زیر سیستم های مختلف موجود در داخل قطار
- کارتهای IO شامل ورودی ها و خروجی های دیجیتال و آنالوگ جهت تبادل اطلاعات با زیر سیستم های واگن که امکان قرار گرفتن در شبکه را ندارد.
- کارت مودم جهت ارتباط remote با سیستم عیب یابی
- ماژولهای remote I/O جهت تبادل اطلاعات با زیر سیستم هایی از واگن که امکان قرار گرفتن در شبکه ندارند.

۴- مراحل کسب دانش فنی طراحی سیستم های کنترل و مونیتورینگ

به منظور کسب دانش فنی طراحی و ساخت سیستمهای کنترل و مونیتورینگ با توجه به موارد ذکر شده در بالا رویکردهای مختلفی را می توان داشت که عبارتند از:

۱. استفاده از سخت افزارهای ارائه شده توسط سازندگان معتبر و طراحی نرم افزار در داخل کشور با استفاده از نرم افزارهای برنامه ریزی ارائه شده به همراه محصول
۲. طراحی و ساخت سخت افزار و نرم افزار سیستم کنترل و مونیتورینگ به صورت کامل در داخل کشور

با توجه به اینکه در حال حاضر سخت افزارهای مورد نیاز برای طراحی و پیاده سازی سیستم کنترل و مونیتورینگ توسط سازندگان مختلفی ارائه می شود به نظر میرسد با توجه به اینکه تاکنون هیچگونه اقدامی در جهت طراحی در داخل صورت نگرفته است بهتر است هر ۲ رویکرد به طور همزمان مد نظر قرار گیرد و در گام نخست از سخت افزار های شرکت های سازنده معتبر که استاندارد های انتقال اطلاعات را رعایت کرده اند استفاده کرده و با استفاده از نرم افزارهای برنامه ریزی ارائه شده در کنار این محصولات که از استانداردهای برنامه نویسی از قبیل IEC 61131 پیروی می کنند اقدام به طراحی سیستم های کنترل و مونیتورینگ نمود. با توجه به اینکه ارائه کنندگان سخت افزار معمولاً نرم افزار های برنامه ریزی استاندارد را برای برنامه نویسی ارائه می کنند (به عنوان مثال EKE نرم افزار Isagraf را که مطابق با استاندارد IEC 61131 جهت برنامه ریزی PLC ها می باشد را در کنار سخت افزار خود جهت برنامه ریزی ارائه می کند[۹]).

¹⁹ Programming software

به موازات در نظر گرفتن رویکرد اول باید رویکرد دوم نیز با تشکیل یک تیم تحقیقاتی مد نظر قرار گرفته تا سیستم کنترل و مونیورینگ با برند ملی طراحی و پیاده سازی گردد و نهایتاً همانند بسیاری از سازندگان معتبر ریلی دنیا، سازندگان کشور ما نیز در لیست شرکتهای ارائه کننده سیستمهای TMS و TCMS قرار گیرند.

با توجه به تجربیات و تخصص های موجود در داخل کشور در صنایع مشابه و بعضاً پیچیده تر این موضوع کاملاً امکان پذیر بوده و در صورت تحقق آن گام مهمی در جهت طراحی و ساخت در داخل کشور برداشته می شود.

۶- نتیجه گیری

سیستمهای کنترل و مونیورینگ یکی از مهمترین زیر سیستمهای مورد استفاده در واگنهای مدرن می باشد و کسب دانش فنی طراحی و ساخت سیستمهای کنترل و مونیورینگ می تواند اولین قدم در راه افزایش سهم ساخت داخل در زمینه تامین ناوگان ریلی کشور باشد. از آنجائیکه تمام زیر سیستمهای مورد استفاده در واگنها به نوعی با سیستم کنترل و مونیورینگ در ارتباط می باشند در صورت کسب دانش فنی در این زمینه می توان ضمن انتخاب سایر اجزاء از سازندگان معتبر در دنیا که قطعات خود را طبق استانداردهای جهانی تولید می کنند با استفاده از یکپارچه سازی ارتباط بین اجزاء را از طریق سیستم کنترل و مونیورینگ برقرار نموده و گام بزرگی در راه طراحی و ساخت واگن ملی برداشت.

جهت تحقق این امر لازم است که ۲ موضوع به صورت همزمان پی گیری گردد. در ابتدا سخت افزارهای ارائه شده توسط سازندگان سیستمهای کنترل و مونیورینگ که قطعات خود را با استفاده از استانداردهای TCN و Lonwork تولید می کنند استفاده گردیده و طراحی نرم افزار با استفاده از نرم افزارهای برنامه نویسی استاندارد ارائه شده به همراه محصول، در داخل کشور انجام شود. با این کار ضمن حصول نتیجه سریعتر به خاطر استفاده از سخت افزار آماده، همچنین تجربه های لازم در زمینه طراحی سخت افزار سیستمهای کنترل و مونیورینگ کسب می شود و به موازات می توان با تشکیل تیمهای تحقیقاتی نسبت به طراحی کامل (سخت افزار و نرم افزار) اقدام نموده و در پایان به عنوان یکی از ارائه کنندگان سیستمهای کنترل و مونیورینگ در دنیا شناخته شویم.

۷- مراجع:

- [۱] <http://www.Unicontrols.com>
- [۲] Andres Fabri, Txomin Nieva, Paolo Umilacchi "Use of the internet for remote train monitoring and control: the ROSIN project" proceedings of rail technology '99, london, 1999
- [۳] G.Fadin, Hubert Kirman, P.Umiliacchi "Rosin, Railway Open System Interconnection Network . WEB Thechnology for railways"
- [۴] Tom Sullivan "A Revolution in Serial Trainline Communications" <http://www.echelon.com>
- [۵] 'The IEEE 1473-L Train Network Protocol', see www.tsd.org/ieee1473/index.html
- [۶] "Train Communication Network part1 : General Architecture" IEC standard Nov.1995
- [۷] "Train Communication Network part3 :Multifunction Vehicle Bus" IEC standard Nov.1995
- [۸] "Train Communication Network part4 : Wire Train Bus" IEC standard Nov.1995
- [۹] <http://www.eke.com>, EKE-Trainnet
- [۱۰] Tom Sullivan, Transportation system design, Inc. Oakland,CA 'The IEEE 1473-L Communication Protocol:Experience in rail transit "
- [۱۱] Echelon, "Interoperable Networked Control for Rail Transit Systems with LonWorks Networks", Echelon Corporation.
- [۱۲] "Product Catalog 2006 edition-Version A" see <http://www.Echelon.com>
- [۱۳] مرتضی مقدمی، " بررسی تکنولوژی انتقال اطلاعات در وسایل نقلیه ریلی " دهمین همایش حمل و نقل ریلی، آبان