به نام خدا

ارتباطات نوین در راه‌آهن

«معرفی تکنولوژی و استانداردها»

تألیف و تدوین:

شیرین‌السادات حسینی

با همکاری آزیتا نیکزاد

گروه آموزش ارتباطات و علائم الکتریکی
مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران
بهار ۱۳۹٤

سرشناسه :
عنوان و نام پدیدآور :
[به سفارش] مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن.
مشخصات نشر : تهران : ج، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری :
شابک :
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع :
شناسه افزوده : راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران. مرکز آموزش و تحقیقات
رده بندی کنگره : TF----
رده بندی دیویی : ----
شماره کتابشناسی ملی : ----

مرکز آموزش و تحقیقات راه آهن

آدرس: میدان راه آهن، خیابان دشت آزادگان، درب غربی حوزه شش راه‌آهن، ساختمان مرکز آموزش و تحقیقات راه آهن

انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن

ارتباطات نوین در راه‌آهن «معرفی تکنولوژی و استانداردها»

تألیف و تدوین: شیرین‌السادات حسینی - آزیتا نیکزاد

ویراستار علمی: رضا شریفی

ویراستار ادبی و پرداخت نهایی: ناصر مجیدی فرد

تایپ و حروفچینی: الهه ابراهیمی

صفحه‌آرایی، طرح جلد، امور گرافیکی و رایانه‌ای: مهشید جهانتاب

چاپ اول: ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۸۰۰۰ تومان

«کلیه حقوق این اثر برای مرکز آموزش و تحقیقات راه آهن محفوظ می باشد»

○ پست الکترونیکی: Rwamaouzesh @ rai.ir
○ سایت مرکز آموزش: http://www.rahiran.ir
○ شماره تماس: ۵۸۱۴۲۲۲۹-۴۰

فهرست مطالب

پیشگفتار ۷

مقدمه ۹

فصل اول: ارتباطات ریلی

۱-۱- مقدمه ۱۱

۱-۲- ارتباطات چیست؟ ۱۱

۱-۳- ارتباطات در شبکهٔ ریلی ۱۳

۱-۳-۱-نیازهای ارتباطات راه‌آهن ۱۵

۱-۳-۲-نحوهٔ استفاده از ارتباطات در شبکه‌های راه‌آهن کشورها ۱۷

۱-۴- سازمان‌های ملی و بین‌المللی تدوین استاندارد در زمینهٔ ارتباطات صنعت ریلی ۱۸

۱-۴-۱- اتحادیهٔ بین‌المللی مخابرات (ITU) ۱۹

۱-۴-۱-۱- ساختارتشکیلاتی ITU ۲۰

۱-۴-۲- انستیتو استانداردهای مخابراتی (ETSI) ۲۴

۱-۴-۳- اتحادیهٔ مهندسین برق و الکترونیک(IEEE) ۲۴

۱-۴-۴- BS (British standard) ۲۵

۱-۴-۵- اتحادیهٔ بین‌المللی راه‌آهنها(UIC) ۲۶

۱-۴-۶- مجمع منطقه‌ای UIC خاورمیانه (RAME) ۲۶

۱-۴-۷- سازمان همکاری راه‌آهن‌های بلوک شرق (OSJD) ۲۷
۱-۴-۸- سازمان تنظیم مقررات رادیویی ۲۹
۱-۴-۸-۱- وظایف سازمان تنظیم مقررات رادیویی ۳۱
۱-۵- استانداردهای ارتباطی ریلی ۳۲
۱-۵-۱- استانداردهای ارتباطی ریلی UIC ۳۲
۱-۵-۱-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای UIC ۳۴
۱-۵-۲- فهرست فیش‌های OSJD ۳۸
۱-۵-۲-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای OSJD ۴۰
۱-۵-۳- استانداردهای اروپایی(CENELEC و EN) ۴۲
۱-۵-۳-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای ENوCENELEC ۴۶

فصل دوم: تکنولوژی‌های نوین ارتباطی

۲-۱-فیبرهای نوری نسل سوم ۴۹
۲-۲-شبکه‌ی انتقال نوری نسل جدید ۵۰
۲-۲-۱- سیستم OTN ۵۱
۲-۲-۱-۱- استانداردهای OTN ۵۳
۲-۳- ارتباطات رادیویی پیشرفته ۶۳
۲-۳-۱- شبکه‌های رادیویی دیجیتال ۶۴
۲-۳-۱-۱- شبکهٔ رادیویی ترانک دیجیتال GSMR ۶۷
۲-۳-۱-۲- شبکهٔ رادیویی دیجیتال TETRA ۷۹
۲-۳-۱-۳- شبکهٔ رادیویی DMR ۸۶
۲-۳-۱-۴- مقایسهٔ فنی، اقتصادی شبکه‌های رادیویی دیجیتال ۹۲
۲-۳-۲- شبکهٔ بی‌سیم WiFi ۱۰۱
۲-۳-۳- شبکه بی‌سیم WiMAX ۱۰۴
۲-۳-۴- شبکهٔ سیار LTE ۱۱۰
۲-۴- مخابرات ماهواره‌ای ۱۱۵
۲-۵- رادیوهای مایکروویو در شبکه‌های مخابراتی ۱۱۹

۲-۶-مراکز تلفن IP PBX ۱۲۲
۲-۷- شبکه‌های مخابراتی نسل آینده (NGN) ۱۲۵

فصل سوم: معرفی منتخبی از فن‌آوری‌های ارتباطی هوشمند و حمل و نقل ریلی

۳-۱-سیستم‌های حفاظت از قطار ۱۳۳
۳-۲-تشخیص اتوماتیک عیوب واگنها ۱۳۳
۳-۳- دستگاهEOT (دستگاه سنجش فشار هوای انتهای قطار) ۱۳۴
۳-۴- سیستم اعلان خودکار به اکیپ‌های نگهداری خط ۱۳۵
۳-۵-سیستم شناسایی رادیویی خودکار وسایل نقلیه ۱۳۵
۳-۵-۱- سیستم شناسایی ردیابی خودکار با استفاده از فن‌آوری RFID ۱۳۶
۳-۶- AVL (سیستم ره‌گیری آلات ناقله) ۱۳۸
۳-۷- سیستم هوشمند BMS ۱۴۱
۳-۸- سیستم هوشمند تشخیص و آلارم حرکات زمین و حوادث طبیعی ۱۴۴
۳-۹- سیستم راهبند هوشمند ۱۴۵
۳-۱۰- سیستم بلیط هوشمند ۱۴۵
۳-۱۱- سیستم ماهواره‌ای موقعیت یاب ۱۴۶
۳-۱۲-رادار ۱۴۶
۳-۱۳- CCTV ۱۴۷

واژه‌های اختصاری مورد استفاده در متن ۱۴۹
مراجع ۱۵۲
کتاب‌های منتشر شده در مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن ۱۵۴

باسمه تعالی

پیشگفتار

یکی از مشـخصه‌های بارز عصر حاضر سـرعت و شتاب روزافزون و تغییرات سریع در تمامی عرصه‌هـای علمـی، فنی و اجتماعی اسـت به نحوی کـه هرگونه وقفه و سسـتی در همراهی با دانش‌هـای روز عواقب زیان‌باری را در پی خواهد داشـت. اغلب جوامـع امروزی برای همراهی با کاروان پرشتاب پیشرفت و توسعه همواره در تلاشند تا با محوریت علم و معرفت علمی و گسترش دانش‌های عمومی و تخصصی مسیر کم‌هزینه‌تری را در گام توسعه طی نمایند.

مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن با درک این مهم همواره سعی نموده در حوزه‌ی آموزش‌های تخصصی مشـاغل ریلی با بهره‌گیری از بهترین روش‌های ممکن سـطح علمی و مهارتی کارکنان راه‌آهن را مطابق با فن‌آوری‌های نوین به‌روز نماید. حوزهٔ ارتباطات و تغییر و تحولات سـریع آن بـه وضوح در بخش‌های علوم و فنـون مختلف خودنمایی می‌کند و این مهم بر راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران نیز مستتر نیست، لذا به‌جد در پی به‌هنگام‌سازی و بهره‌مندی از شیوه‌های نوین است. کتـاب پیـش‌رو تحت عنـوان "ارتباطـات نویـن در راه‌آهن" با معرفـی آخریـن تکنولوژی‌ها و استانداردهای روز دنیا مخاطب خود را در مسیر رشد و ترقی در این حوزهٔ مهم قرار می‌دهد.

تألیف و گردآوری این اثر ارزشـمند توسـط سـرکار خانم مهندس شیرین‌السـادات حسینی کارشـناس ارشد ادارهٔ ارتباطات و علائم الکتریکی با همکاری سرکار خانم مهندس آزیتا نیک‌زاد صورت پذیرفته که پس از تأییدیهٔ کمیتهٔ تخصصی و مصوبهٔ هیئت تحریریهٔ این مرکز، چاپ و به جامعهٔ بزرگ راه‌آهن هدیه می‌گردد.

در پایان ضمن تشـکر از ایشـان، شایسـته است از سایر عزیزانی که در این مجموعه ایشان را یاری نموده‌اند به‌ویژه آقای مهندس رضا شـریفی کارشـناس ارشـد حوزهٔ ارتباطات این مرکز در ویرایش علمی و آقای ناصر مجیدی‌فرد کارشناس ارشد حوزهٔ مطالعات و برنامه‌ریزی در ویرایش ادبی و رعایت استانداردهای مورد نیاز کیفی چاپ و انتشار کتاب، تشکر و قدردانی گردد.

مرکز آموزش و تحقیقات
راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

باسمه تعالی

مقدمه

طبق تعریف، ابزارها و وسایلی که به هر طریق موجب تولید، انباشت، پردازش و اشاعهٔ اطلاعات شـوند "تکنولوژی‌های اطلاعاتی و ارتباطی" نامیده می‌شوند. در واقع، تکنولوژی اطلاعاتـی و ارتباطـی عبارت اسـت از مجموعه ابزارها، ماشـینها و دانش، روش و مهارت اسـتفاده از آنها در تولید، انتقال و جابه‌جایی، پردازش، آماده‌سـازی و مصرف اطلاعات. بر این مبنا هر رسـانه‌ای که قابلیت انتقـال و جابه‌جایی اطلاعات از یک نقطه به نقطهٔ دیگر را داشته و هدف آن برقراری ارتباط باشد، در قلمروی تکنولوژی ارتباطات قرار می‌گیرد.

عصر حاضر را به واسـطهٔ بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین اطلاعاتی و ارتباطی، عصر اطلاعـات و ارتباطـات نام نهاده‌اند. در واقـع مخابرات عامل زیربنایی توسـعهٔ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تلقی و دسـت راست تمدن نامگذاری شده است؛ از همین روست که میزان توسعهٔ ملی را با معیار توسعهٔ ارتباطات مخابراتی در هر کشور ارزیابی می‌کنند.

از طرفـی بـا توجـه به نحوهٔ عملکرد راه‌آهن و لزوم رعایـت ایمنی در آن، ارتباطات از آغاز اهمیت زیادی در راه‌آهن داشته است. با پیشرفت تکنولوژی و مدرنیزه شدن راه‌آهن، ارتباطات نیز باید متناسـب با این پیشرفت‌ها توسـعه یابد تا دستگاه‌های مدرن با قابلیت اطمینان بیشـتری در زمینهٔ علائم و ارتباطات بـه منظور تأمین ایمنی تردد قطارها به‌کار گرفته شوند.

می‌تـوان گفـت روش مؤثر تطبیق فن‌آوری‌های پیشـرفته، بررسـی و آشـنایی کامل با مشـخصات این فن‌آوری‌هاسـت؛ زیرا با مطالعات و تجربیات متعدد کشـورهای مختلف صنعتی، شـبهه‌ای در خصوص قابلیت‌های ضروری آنها وجود ندارد، ولی می‌توان با اضافه کردن بعضی نیازهای خاص داخلی به استاندارد موجود، گامی جهت تطبیق این تکنولوژی نوین با شرایط راه‌آهن ج.ا.ا برداشت و از بروز مشکلات پیش‌بینی نشده پس از نصب و در حیـن بهره‌برداری جلوگیری نمود. کتاب حاضر با محوریت سیسـتم‌های مخابراتی نوین، استانداردها و سیستم‌هایی که قابلیت جوابگویی به نیازهای ارتباطی صنعت ریلی را دارند،

مورد بحث و بررسی قرار داده است.

فصل اول این کتاب به تعریف ارتباطات در صنعت ریلی و سازمان‌های ملی و بین‌المللی در زمینهٔ ارتباطات این صنعـــت می‌پردازد. در فصل دوم فن‌آوری‌های ارتباطی نوین قابل پیاده‌ســـازی در محیط ریلی به‌صورت کاربردی و با توجه به اســـتانداردهای مربوطه مورد بررســـی قرار می‌گیرند و در نهایت، فصل ســـوم به معرفی اجمالـــی برخی از متداول‌ترین فن‌آوری‌های ارتباطی هوشمند در حمل و نقل ریلی خواهد پرداخت.

۱ ارتباطات ریلی

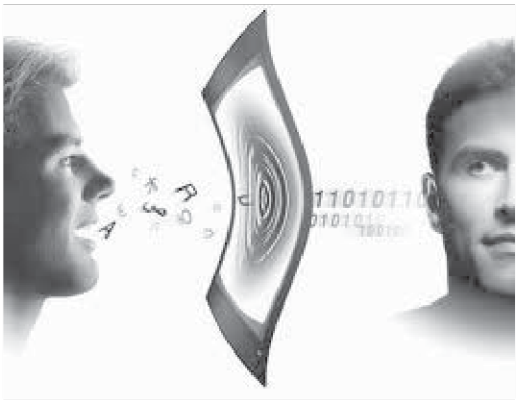
۱-۱- مقدمه

هـدف اصلی سیسـتم‌های ارتباطی، انتقـال اطلاعات از یک نقطه در فضـا و زمان به نام «منبـع» به یک نقطهٔ دیگر به نام «مقصد» یا مصرف کننده می‌باشـد. در دهه‌های اخیر با پیشـرفت تکنولوژی و ابداع سـرویس‌ها و تحولات در ساختار شـبکه‌ها و به‌کارگیری سیستم‌های پیشرفتهٔ مخابراتی، فن‌آوری ارتباطات رشد چشمگیری کرده است.

بـا توجه به وجود مراجـع متعدد در خصوص اصول و مقدمات ارتباطات و سیسـتم‌های مخابراتـی، در ایـن فصل با مرور تاریخچهٔ ارتباطات به مبحث ارتباطات در شـبکهٔ ریلی، نیازهای مخابراتی، نحوهٔ استفاده از مخابرات در شبکه‌های راه‌آهن کشورها و سازمان‌های ملی و بین‌المللی تدوین استاندارد در صنعت ریلی خواهیم پرداخت.

۱-۲- ارتباطات چیست؟

ارتباطات فرآیند انتقال پیام از فرسـتنده به گیرنده به شـرط همسـان بودن معانی بین آنهاسـت و یا فرآیندی اسـت که در آن معنـا بین موجودات زنده تعریف و به اشـتراک گذاشـته می‌شـود. ارتباط به یک فرسـتنده، پیام و گیرندهٔ درنظر گرفته شده، نیاز دارد؛ چراکه گیرنده نیاز ندارد حضور داشته باشد یا از منظور فرستنده برای برقراری ارتباط در زمان ارتباط آگاه باشد؛ بنابراین ارتباطات می‌تواند در سرتاسر مسافت‌های گستردهٔ زمانی و مکانی رخ دهد. در مجموع می‌توان ارتباطات را یک فرآیند سـازمان یافته برای تبادل اطلاعات بین بخش ها، که معمولاً به واسطه یک رشته علائم انجام می‌گیرد، تعریف کرد.



شکل۱-۱- ارتباطات: انتقال پیام از فرستنده به گیرنده

برخی از دانشـــمندان و کارشناســـان در مورد اینکه ارتباطات یک علم است[1] اختلاف نظر دارنـــد. هنوز برخی از اســـاتید این حوزهٔ ماننـــد رابرت کریگ[2] «ارتباطـــات» را یک حوزه مطالعاتی[3] می‌دانند. این دیدگاه می‌خواهد تأکید کند که ارتباطات به لحاظ وسعت، عمق و تنوعی که دارد نمی‌تواند در یک رشـــتهٔ علمی گنجانده شـــود، بلکه فراتر از آن باید به آن به‌عنوان یک حوزهٔ علمی و مطالعاتی نگاه کرد که از آن چندین رشته علمی‌می‌تواند زاییده شود؛ به عبارت دیگر باید به «علوم ارتباطات» قائل بود، نه «علم ارتباطات».

از گذشـــته تا به‌حال ارتباطات همواره به عنوان یکی از موضوعات بســـیار مهم برای بشـــر محســـوب می‌شده است. در گذشـــته‌های دور، دوندگان مسئولیت حمل و انتقال پیام‌های فرمانروایـــان و اشـــخاص مهم را بر عهده داشـــته‌اند. دود، نور و پرچم نیز از دیگر اشـــکال برقـــراری ارتباط و فرســـتادن پیـــام بوده که اغلب از نقاط بلند و مرتفـــع و یا برج‌ها به این منظور اســـتفاده می‌شده است. اســـتفاده از کبوتران نامه‌بر و اسب‌ها نیز از دیگر روش‌های متداول برای ارســـال پیـــام بوده‌اند. تاریخچهٔ ایجاد ارتباط به شـــکل امروزی به اوایل قرن نوزده با کشف الکتریسیته و خاصیت انتقال آن به صورت سیگنال و علامت برمی‌گردد که از طریق آن برای اولین بار یک پیام با ســـرعتی افزونتر از سرعت هر انتقال دهندهٔ دیگری فرســـتاده شـــد. تلگراف، اولین وسیله‌ای است که برای ارسال این شـــیوه از پیام در دنیای

1- Science
2- Robert T. Craig
3- Communication Theory as a Field

مخابرات استفاده شد.

در ۱۷ مـه ۱۸۶۵ میـلادی اتحادیهٔ تلگرافی بین‌المللی در پاریس تشـکیل گردید. از آن تاریخ به بعد نام این اتحادیه دستخوش تحول شد و سرانجام در ۳۰ اکتبر ۱۹۰۶ میلادی در کنفرانـس اتحادیهٔ تلگرافی بین‌الملل تصمیم گرفته شـد کـه اتحادیهٔ رادیو و تلگرافی بین‌الملل نیز تشـکیل شـود. در ۹ دسامبر سال ۱۹۳۲ میلادی به موجب عهدنامهٔ مادرید با وحدت دو اتحادیهٔ یاد شـده، اتحادیهٔ بین‌المللی ارتباطات دور (مخابرات) شـروع به‌کار کرد. سـابقهٔ عضویت ایران در اتحادیهٔ تلگرافی بین‌المللی بیش از یک صد سـال اسـت. نهاد مذکور پس از جنگ جهانی دوم و تشـکیل سـازمان ملل، به‌موجب تصمیم کنفرانس عمومی‌نمایندگان دولتهای عضو، به‌عنوان عضوی از نهاد تخصصی سازمان ملل تبدیل شد و از آن زمان تاکنون، جزو مؤسسات ویژهٔ سازمان ملل متحد بوده است.

در نیم قرن گذشته جهان چنان تحت تأثیر تحولات شتابان فن‌آوری‌های گوناگون، به‌ویژه فن‌آوری‌های اطلاعات و ارتباطات قرار گرفته که صحبت از توسعه یافتگی بدون بهره‌مندی از فن‌آوری امری ناممکن به‌نظر می‌آید. این امر سـبب شـده که فعالان عرصهٔ مخابرات با اجرایی کردن ایده‌های نوین، این عرصه را به رقابت نفس‌گیری تبدیل کنند که در صورت بی‌توجهی به آن، نتیجه چیزی جز عقب‌ماندگی چندین ساله از دنیا نخواهد بود.

تکنولوژی‌های مخابراتی مورد اسـتفاده در صنعت ریلی نیز از این قاعده مسـتثنی نبوده و شـرکت‌های راه‌آهن دارای نیازهای مخابراتی و ارتباطی متفاوتی برای حفظ و نگهـداری شـبکه های خطوط آهن می‌باشند. امروزه این نیازها با توجه به تقاضای کاربران راه‌آهنی برای ارسـال دیتا و یا صوت، به‌وسـیلهٔ سیسـتم‌های مختلفی ایجاد می‌گردند. جایگزینی سیستم‌های قدیمی با تکنولوژی‌های پیشرفته و جدید علاوه بر افزایش قابلیت‌ها و کارایی سیستم، هماهنگی و تقابل بین‌المللی را پیش روی شبکه‌های ریلی قرار می‌دهد.

۱-۳- ارتباطات در شبکهٔ ریلی

توسـعهٔ راه‌آهن به موازات توسعهٔ مخابرات صورت گرفته است. در سال‌های اولیهٔ تاریخچهٔ راه‌آهن، تلفن وجود نداشـت ولی تلگراف موجود بـود و خیلی زود اهمیت آن در برقراری ارتباط بین ایستگاه‌های راه‌آهن تشخیص داده شد.

چهل سال بعد، تلفن اختراع شد که قابلیت ارتباطی آن بسیار بیشتر از تلگراف بود. یکی دو دهه بعد رادیو پا به میدان گذاشت، ولی راه‌آهن در استفاده از رادیو کمی کند عمل کرد. در مقایسه با کشورهایی مانند کشورهای اروپایی، در کشورهایی که مسافتها زیاد بود، استفاده از رادیو بسیار زودتر انجام گرفت.

سیستم‌های تلگراف به سیستم‌های تله‌پرینتر تکامل یافتند و این فن‌آوری دیتای کم سرعت به انواع خدمات دیتا و اطلاعاتی توسعه پیدا کرده و امروزه مورد استفاده است.

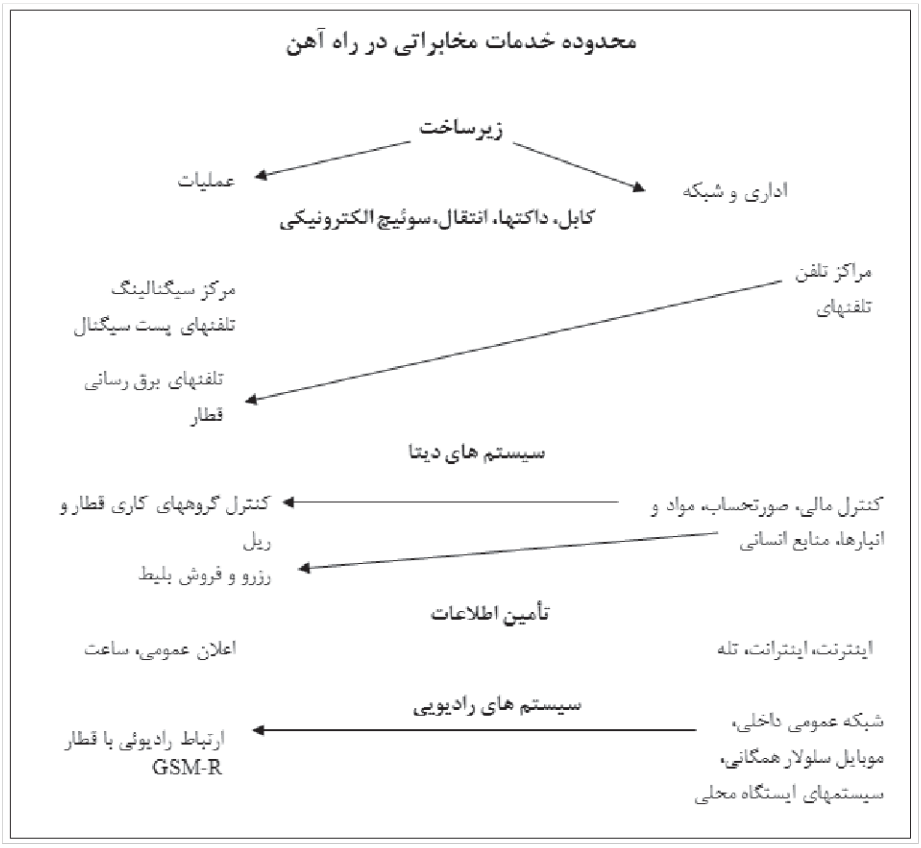
فن‌آوری انتقال در پیشرفت مخابرات راه‌آهن نقش اصلی را به‌عهده دارد. برای این منظور، ابتدا از سیم‌های مسی با وزن زیاد و مقاومت الکتریکی کم استفاده می‌شد که روی تیرهای چوبی نصب می‌گردید.

استفاده از سیم‌های روپوش‌دار و فن‌آوری لامپ‌های ترمیونیک امکان ارسال بیش از یک کانال روی یک زوج سیم مسی را فراهم ساخت. با اختراع ترانزیستور ارسال صدها کانال روی کابل مسی هم محور، عملی شد. فن‌آوری دیجیتال و فیبر نوری، ارسال هزاران کانال روی یک کابل تا مسافت‌های زیاد و قابل اتصال مستقیم به کامپیوتر را امکان پذیر ساخت.

در حال حاضر سیستم مخابراتی در راه‌آهن دارای جنبه‌های مختلف کاربردی می‌باشد. از نظر مسایل برنامه‌ریزی و مدیریتی حمل و نقل ریلی، داشتن اطلاعات در مورد موقعیت و سرعت قطارها، لغو یا تأخیر برنامه‌ها، وقوع خرابی‌ها و موجودی یدکی‌ها از نظر اتخاذ تصمیم‌های عملیاتی حائز نهایت اهمیت است. پس از جمع آوری این اطلاعات، آنها باید به پرسنل مربوطه، مسافرین، سازندگان، خبرگزاری‌ها، صفحات وب و در موارد نادری به خدمات اورژانس اطلاع داده شود. این اطلاع رسانی با استفاده از سیستم مخابراتی انجام می‌گیرد.

همچنین مخابرات در بخش کنترل و علائمی نیز نقش اساسی دارد؛ به‌عنوان مثال ارسال سیگنال‌های حیاتی کنترل از راه دور مانند تنظیم سرعت قطارها و اعمال ترمز نیازمند سیستم مخابراتی است. این سیستم‌ها باید قابلیت دسترسی بالایی داشته باشند که به‌معنی استفاده از قطعات با قابلیت اطمینان بالا در تجهیزات، به‌کارگیری خطوط و تجهیزات اضافی برای بالا بردن قابلیت اطمینان و تجهیز سیستم به تسهیلات پایش و کنترل مرکزی شبکه می‌باشد. از دید کاربران عمومی از قبیل مشترکین خطوط تلفنی، کاربران ارتباطات بی‌سیم، بخش‌های حراستی و ... نیز سیستم مخابراتی نقشی مؤثر در بهبود و تسهیل امور در راستای افزایش بهره‌وری و ارتقای ایمنی در حوزهٔ ریلی ایفا می‌نماید.

در معنای وسیع کلمه، مخابرات راه‌آهن مواردی هم چون مکالمات تلفنی، دیتا و سیستم رادیویی برای عملیات راه‌آهن؛ مکالمات تلفنی، دیتا و محیط اطلاعاتی برای سیستم انتقال اطلاعات و مکالمات تلفنی و دیتا را در ارتباط با امور اداری و تجاری پوشش می‌دهد.
شمایی از خدمات مخابراتی مورد نیاز راه‌آهن در شکل شماره(۱-۲) نشان داده شده است.



شکل۱-۲- خدمات مخابراتی راه‌آهن

۱-۳-۱-نیازهای ارتباطات راه‌آهن

ارتباطات مورد نیاز راه‌آهن را بر اساس کاربرد می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد:

- ارتباطات مرتبط با امور سیر و حرکت راه‌آهن از قبیل اطلاعات و فرآمین سیگنالینگ و کنترل، داده‌های سیستم‌های برق رسانی قطارهای برقی، سیستم‌های ارتباطی

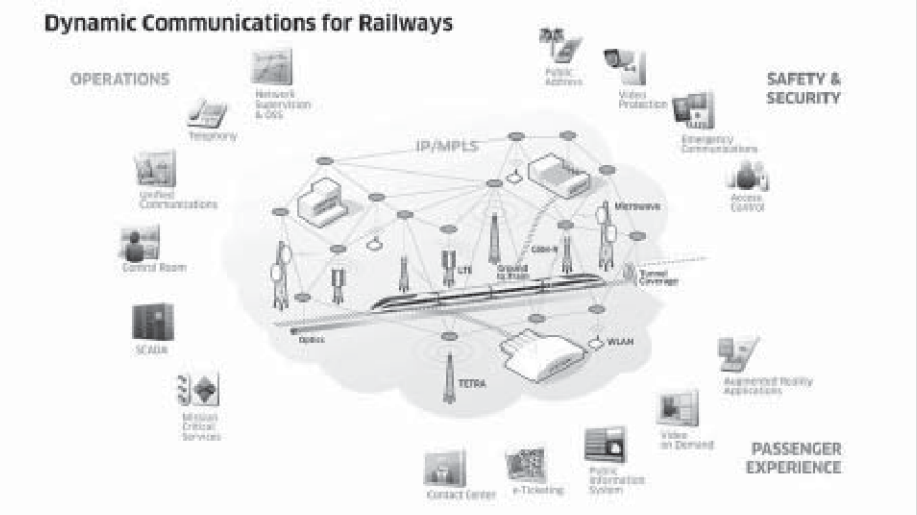
بی‌سیم، تلفن کنار خط و عملیات قطار

- ارتباطـات مرتبط با مدیریت، برنامه‌ریزی و تعمیرات از قبیل برنامهٔ حرکت قطارها، تدارک قطعات یدکی، سیستم تعیین محل قطـار و اطلاعات مرتبط با محموله‌ها، سیستم مدیریت عیب‌یابی و نگهداری قطارها
  - ارتباطات مرتبط با امور اداری و خدمات رسـانی از قبیل سیستم نظارت تصویری مدار بسته، سیستم اتوماسیون، سیستم دیتا سوئیچ، مراکز خودکار
  - ارتباطات مرتبط با خدمات مسافرین از قبیل نمایشگرهای اطلاعات ایستگاه‌ها، ساعت‌ها و همزمانی با منبع زمانی مرجع، اعلان اطلاعات ضبط شده، اینترنت و اینترانت

همچنین ارتباطات در راه‌آهن قابلیت واگذاری و ارایهٔ سرویس‌های مازاد به کاربران غیر راه‌آهنی را داراست برخی از امکانات درآمدزای سیستم‌های ارتباطاتی اختصاصی شبکهٔ راه‌آهن به‌قرار زیر است:

- واگذاری مجوز استفاده از کانال‌های کابل
- اجارهٔ فضای ساختمان
- واگذاری محل نصب آنتن
- واگذاری رشته فیبر
- فروش پهنای باند اضافی
- عرضهٔ خدمات نصب و نگهداری
- شراکت با سایر اپراتورها به ویژه اپراتورهای جدید تلفن سیار

I.T. Institute



شکل۱-۳- نمونه‌ای از کاربرد ارتباطات در راه‌آهن

۱-۳-۲-نحوهٔ استفاده از ارتباطات در شبکه‌های راه‌آهن کشورها

با ورود قطارهای سریع السیر بین‌المللی به صحنه، تدوین استانداردهای سیستم‌های سیگنالینگ[1] ضروری گشت و سیستم ارتباطاتی پیشرفته GSM-R برای پشتیبانی آنها انتخاب گردید. در اروپا معمولاً قطارها مجهز به رادیوی ریل به قطار می‌باشند ولی غالباً استفاده‌ای که از آنها به‌عمل می‌آید مشابه استفاده از تلفن‌های سنتی کنار خط آهن است. در نتیجه، در حال حاضر تعداد این‌گونه تلفن‌ها رو به کاهش می‌باشد. از نقطه نظر ارتباط با مشتریان نیز ارتباطات واجد اهمیت زیادی است. برنامه‌ریزی مسافرت، رزور بلیط، صدور بلیط، اطلاعات در مورد بار قطارهای باری و اطلاعات در مورد قطارهای در حال حرکت مثال‌هایی از این ارتباط می‌باشند.

در امریکای شمالی، استرالیا و افریقای جنوبی، ترافیک مسافرین خطوط طولانی بسیار کم بوده و در نتیجه ارایهٔ خدمات به سمت قطارهای خطوط کوتاه بین منزل و محل کار و نیز قطارهای باری متوجه است. طبیعتاً سیستم‌های ارتباطاتی نیز اکثراً نیازمندی‌های این‌گونه خطوط را تأمین می‌کنند. البته رادیو جهت ردیابی[2]، حمل دیتای سیگنالینگ ،

1- ERTMS/ ETCS
2- Tracking

اعزام قطار، کنترل پرسنل و ابلاغ کار نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.
در کشورهای کمتر پیشـــرفته، فن‌آوری‌های ارتباطاتی مورد استفاده قدیمی بوده و امکانات سرمایه‌گذاری نیز محدود می‌باشد. مناطق بزرگی از آفریقا، آمریکای جنوبی و نقاط دور افتاده آسیا دارای سیستم ارتباطاتی متشکل از سیستم‌های بسیار قدیمی و بسیار مدرن می‌باشند. مســـئله یکپارچگی این نوع سیستم‌ها مسئله دشواری است و عدم یکپارچگی آنها بهره‌وری را کاهش می‌دهد.
نکته مهمی که در اکثر کشورها دیده می‌شود، پیاده سازی پروژه‌های پایلوت فن‌آوری‌های جدید قبل از اجرا در مقیاس کامل اســـت. چین، هند، روســـیه، ترکیه، کره جنوبی، آمریکا و غیـــره در ابتدا پروژه‌های پایلوتی در مقیاس‌های کوچـــک (اکثراً کمتر از ۱۰۰ کیلومتر) را پیاده کرده‌اند تا پس از مشـــاهدهٔ نتایج و اصلاحات، در صورت لزوم پروژه را در مقیاس بزرگتر اجرا نمایند.

۱-٤- سازمان‌های ملی و بین‌المللی تدوین استاندارد در زمینهٔ ارتباطات صنعت ریلی

شاید نتوان تعریف خیلی دقیق و صحیحی از استاندارد ارایهٔ کرد ولی به‌طور کلی می‌توان این‌گونه عنوان کرد که استاندارد آزمایش‌ها و مطالعات گذشته برای نتیجه‌گیری و استفاده در آینده است.
استانداردها اما تنها مربوط به کالا نمی‌شوند، بلکه بسیاری از خدمات را نیز شامل می‌شوند. باید قبول کرد هر کالا و یا هر نوع خدماتی باید در یک چارچوب مشخص ارایهٔ شود و این چارچوب‌ها را می‌توان با اســـتاندارد تعریف کرد. در دنیای امروزی تقریباً تمامی کشـــورها برای خود یک استاندارد ملی دارند.
در واقع اســـتاندارد به مشـــخصات فنی و مدارک قابل دســـترس گفته می‌شود که بر نتایج پذیرفته شـــدهٔ علم، فن و تجربه مبتنی بوده و با هدف ارتقای بهره‌وری جامعه، با همکاری و یا توافق ضمنی همه دست‌اندرکاران تهیه و توسط نهادی معتبر به تصویب رسیده باشد. این ملاک‌های مشـــخص به عنوان معیار و مبنا برای مقایسه و ارزیابی کیفیت و کمیت هر فرآورده، محصول و خدمات استفاده می‌شود. این استانداردها شامل استانداردها و مقررات

ملی و استانداردهای بین‌المللی و جهانی می‌باشد.

۱-٤-۱- اتحادیهٔ بین‌المللی مخابرات (ITU)

اتحادیهٔ بین‌المللی مخابرات در سال ۱۸۶۵ با نام اتحادیهٔ بین‌المللی تلگراف شروع به‌کار نمود. در سال ۱۹۵۶ این اتحادیه متشکل از دو قسمت CCITT (بخش تلگراف و تلفن) و CCIR (بخش رادیو) بود. سرانجام در سال ۱۹۹۲ نام اتحادیه به ITU تغییر یافت. امروزه ITU از سه قسمت ITU-T، ITU-R و ITU-D تشکیل شده است که به ترتیب در رابطه با استانداردسازی مخابرات، مخابرات رادیویی و توسعهٔ مخابرات می‌باشند.

اهداف اصلی این اتحادیه هماهنگی فعالیت‌های سازمان‌های دولتی و خصوصی در زمینهٔ خدمات و شبکه‌های مخابراتی، توسعهٔ فن‌آوری، تدوین مقررات و استانداردسازی و هماهنگی توسعهٔ مخابرات است.

از وظایف اصلی ITU-R تدوین مقررات رادیویی است که قوانین استفاده از طیف فرکانس توسط خدمات مختلف مخابراتی در سراسر جهان را مشخص می‌نماید. همچنین، اطلاعات فرکانسهای استفاده شده در کشورهای مختلف جهان در آنجا ثبت و نگهداری می‌گردد. از دیگر وظایف ITU-R ایجاد هماهنگی بین ماهواره‌های مخابراتی، پخش و هواشناسی است. تدوین استاندارد رادیویی در دیگر بخشها مانند خدمات ثابت، خدمات سیار، انتشار امواج و پخش صدا و تصویر از دیگر وظایف ITU-R می‌باشد.

وظیفهٔ اصلی ITU-T تدوین استاندارد در زمینه ICT است. در این اتحادیه گروه‌های مرکزی، گروه‌های مطالعاتی و بخش‌های کاری مختلف تشکیل شده که موظف به تعریف و بررسی مفاهیم شبکه مثل لایهٔ انتقال، لایهٔ سرویس و کنترل، تکنولوژی‌های متفاوت و تعامل با شبکه‌های پیشین می‌باشند و نتایج استانداردسازی را به صورت توصیه نامه‌هایی منتشر می‌کنند.

وظیفهٔ اصلی ITU-D نیز توسعهٔ مخابرات با هدف انتقال تکنولوژی به کشورهای درحال توسعه و تأمین سهولت دسترسی به اطلاعات مفید جهت اعضای اتحادیه است.

۱-٤-۱-۱- ساختار تشکیلاتی ITU

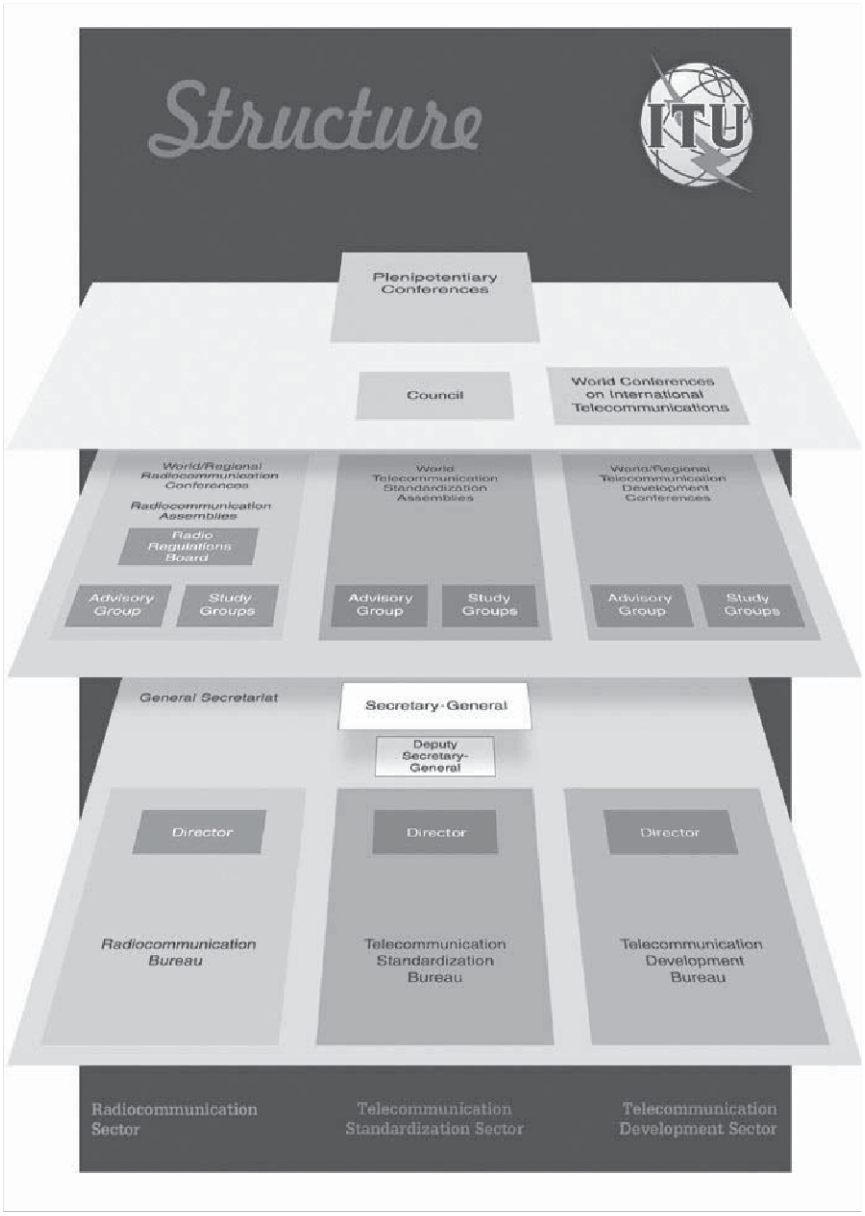
ساختار تشکیلاتی ITU از سه لایه به‌شرح زیرتشکیل گردیده است:

الف- لایهٔ بالایی: مراجع عالی تصمیم‌گیری در اتحادیهٔ بین‌المللی مخابرات شامل کنفرانس‌های سران مختار، شورای ITU و کنفرانس‌های جهانی مخابرات بین‌المللی در این لایه قرار دارند.

ب- لایهٔ میانی: شامل کنفرانس‌های جهانی و منطقه‌ای، مجامع بین‌المللی، گروه‌های مشورتی و گروه‌های مطالعاتی در سه شاخه به‌شرح زیر است:

- شاخهٔ اول:کنفرانس‌های جهانی و منطقه‌ای ارتباطات رادیویی، هیأت مقررات رادیویی، گروه مشورتی ارتباطات رادیویی، گروه‌های مطالعاتی در شاخهٔ ارتباطات رادیویی
- شاخهٔ دوم:مجامع جهانی استانداردسازی مخابرات، گروه مشورتی استانداردسازی مخابرات و گروه‌های مطالعاتی استانداردسازی مخابرات
- شاخهٔ سوم:کنفرانس‌های جهانی و منطقه‌ای توسعهٔ مخابرات، گروه مشورتی توسعهٔ مخابرات و گروه‌های مطالعاتی توسعهٔ مخابرات

ج-لایهٔ پایینی: وظیفهٔ پشتیبانی اتحادیه را به‌عهده دارد و شامل دبیرخانه عمومی است. دبیرخانه عمومی ITU توسط دبیرکل و معاون دبیرکل هدایت می‌شود و وظیفهٔ تنظیم روابط خارجی اتحادیه، مسائل اداری و مالی، سازماندهی برگزاری کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های مخابراتی و همچنین پشتیبانی تجهیزات مختلف اتحادیه را عهده‌دار است. در این لایه دفتر ارتباطات رادیویی، دفتر استانداردسازی مخابرات و دفتر توسعهٔ مخابرات به‌صورت موازی قرار دارند که وظایف اداری خود را زیر نظر دبیرخانه عمومی انجام می‌دهند.



شکل۱-۴- ساختار اتحادیهٔ ITU

۱-٤-۱-۲- نشریات، کتب و مدارک فنی ITU

الف- ITU-R

نشریات، کتب و مدارک فنی ITU-R به‌شرح زیر دسته بندی می‌گردند:

- عمومی
- تنظیم مقررات
- نشریات کنفرانس‌ها
- سؤالات ITU-R
- Resolution ها
- خدمات
- توصیه‌ها
- گزارش‌ها
- Handbookها
- نظریات
- لغت‌نامه

نشریه عمده بخش تنظیم مقررات به نام مقررات رادیویی بوده و شامل تصمیمات اخذ شده در کنفرانس جهانی ارتباطات رادیویی (WRC) می‌باشد.

نشریات کنفرانس‌ها شامل دو نشریه است که در رابطه با کنفرانس‌های منطقه‌ای ارتباطات رادیویی و کنفرانس‌های جهانی ارتباطات رادیویی می‌باشند.

سؤالات ITU-R سؤالات مطرح شده در گروه‌های مطالعاتی را در بر گرفته و معمولاً پاسخ به آنها منجر به تهیه توصیه‌های ITU-R می‌گردد. گروه‌های مذکور در بخش‌های مدیریت طیف فرکانس، انتشار امواج رادیویی، خدمات ثابت ماهواره‌ای، خدمات زمینی، خدمات سیار، خدمات پخش رادیویی و خدمات علمی فعالیت می‌نمایند.

Resolution ها در رابطه با ساختار سازمانی، روش‌ها یا برنامه‌های فعالیت‌های مرتبط با مجمع ارتباطات رادیویی یا گروه‌های مطالعاتی است.

از نشریات مهم ITU-R نشریات مرتبط با توصیه‌ها است که برای اعضای ITU-R به صورت Online نیز قابل تهیه است. این توصیه‌ها ۱۶ بخش مختلف از قبیل خدمات ثابت، سیار، ماهواره‌ای، انتشار امواج، مدیریت طیف و غیره را در بر می‌گیرد.

گزارش‌ها توسط گروه‌های مطالعاتی و در رابطه با سؤالات ITU-R تهیه می‌شوند. این گزارش‌ها در ۱۲ سری مختلف بوده و مواردی تقریباً مشابه با توصیه‌های ITU-R را شامل می‌گردند.

Handbook ها جهت مهندسین رادیو، طراحان سیستم یا پرسنل بهره برداری و با توجهٔ ویژه به کشورهای در حال توسعه تهیه می‌گردند.

نظریات ITU-R عبارت است از پیشنهادات یا درخواستهای ITU-R مرتبط با سایر سازمانها (سایر بخش‌های ITU یا سایر سازمان‌های بین‌المللی) .

ب- ITU-T

مهم‌ترین مدارک فنی که توسط ITU-T منتشر می‌گردد، توصیه‌های آن است. این توصیه‌ها در ۲۵ گروه (بر حسب الفبای انگلیسی، به جز حرف W) دسته‌بندی شده که برای اعضای ITU به‌صورت Online قابل دسترسی می‌باشد.

ج- ITU-D

هدف از این کمیته، انتقال اطلاعات و دانش مخابراتی با زبانی ساده به کشورهای در حال توسعه است که نشریات و مدارک فنی آن (ITU-D) مرتبط با موارد زیر می‌باشد:

- عمومی
- مالی و اقتصادی
- تنظیم مقررات
- گروه‌های مطالعاتی
- کنفرانس‌ها
- اپراتورهای مخابراتی
- کشورهای کمتر توسعه یافته
- Handbook ها
- استراتژی‌های آموزش الکترونیکی (E-strategies)

۱-٤-۲- انستیتو استانداردهای مخابراتی (ETSI)

انستیتو استانداردهای مخابراتی اروپایی در سال ۱۹۸۸ ایجاد شد و رسماً پاسخ‌گوی استانداردسازی تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات در اروپاست. این تکنولوژی شامل ارتباطات از دور، پخش و زمینه‌های وابسته مانند انتقال هوشمند و تکنولوژی مربوط به مجتمع‌سازی دانش پزشکی و الکترونیک است. در حال حاضر ETSI بیش از ۷۰۰ عضو از ۶۰ کشور و ایالت در داخل و خارج اروپا دارد که شامل گروه‌های زیر می‌باشند:

- سازمان‌های مخابراتی کشورها
- سازمان‌های استاندارد ملی کشورها
- اپراتورهای شبکه
- سازندگان تجهیزات
- ارائه دهندگان خدمات مخابراتی، سازمان‌های تحقیقاتی و شرکتهای مشاور
- کاربران
- بدنه‌های پژوهشی

ETSI با سایر سازمان‌های تدوین کنندهٔ استانداردها از جمله CENELEC، ITU، ISO و IEC همکاری دارد.

فن‌آوری‌های GSM-R و TETRA که استانداردهای آنها با همکاری/ توسط ETSI تهیه شده است در شبکهٔ راه‌آهن قابل استفاده هستند.

بسیاری از استانداردها و سایر خروجی‌های ETSI به صورت رایگان قابل download کردن از سایت ETSI است. از جمله معروف‌ترین استانداردهای این انستیتو TETRA، DECT، 4G LTE، 3G UMTS/w-CDMA، 2G GSM و DMR است.

۱-٤-۳- اتحادیهٔ مهندسین برق و الکترونیک(IEEE)

اتحادیهٔ مهندسین برق و الکترونیک در سال ۱۹۶۳ با ادغام دو سازمان اتحادیهٔ آمریکایی مهندسین الکتریک و اتحادیهٔ مهندسین رادیو تأسیس شد. زمینهٔ فعالیت این اتحادیه عمدتاً فن‌آوری‌های جدید است و دارای بیش از ۳۷۰۰۰۰ عضو از ۱۶۰ کشور جهان می‌باشد.

از نظر تدوین استانداردها، IEEE در زمینه‌هایی مانند صنایع مخابرات، فناوری اطلاعات،

فناوری نانو و تولید و انتقال برق فعالیت دارد. استانداردهای شماره 802.11، 802.15 و 802.16 در رابطه با شبکه‌های بی‌سیم LAN/MAN می‌باشندکه در راه‌آهن نیز قابل استفاده است.

نشریات IEEE در شش گروه به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

- مجلات
- مستندات کنفرانس‌ها
- استانداردها
- کتاب‌ها
- جزوه‌های آموزشی
- بررسی فن‌آوری‌ها

۱-٤-٤- BS (British standard)

BS استانداردهای ایمنی برای طیف وسیعی از تولیدات و سرویس‌ها می‌باشد. این استانداردها توسط مؤسسهٔ BSI[1] تدوین شده است. مؤسسه BSI یکی از اعضای انگلیسی انجمن ISO[2] و کمیته CEN[3] می‌باشد. استانداردهای CEN در اتحادیهٔ اروپا دارای اولویت نسبت به استانداردهای ملی می‌باشد. از آنجایی‌که استاندارد BS توسط CEN پشتیبانی می‌شود ممکن است به منظور حفظ یکنواختی از همان شماره CEN استفاده نماید. یک استاندارد می‌تواند دو یا بیشتر شماره داشته باشد؛ به‌طور مثال BS،EN،ISO و یا اگر استاندارد ملی نباشد، BSI می‌تواند از یک شماره مخصوص EN استفاده نماید.

اهداف تدوین استانداردهای BSI شامل موارد ذیل است:

- سهولت بازرگانی و مبادلهٔ کالا، به‌ویژه کاهش موانع فنی و ایجادی در تجارت بین‌الملل
- ارایهٔ یک چهارچوب برای کسب موفقیت اقتصادی، بهره‌وری و کارایی
- افزایش ایمنی و رضایت مصرف‌کننده
- پشتیبانی از اهداف و سیاست‌های عمومی و ارایهٔ پیشنهادات مؤثر در خصوص دستورالعمل‌ها

1- British Standard Institution
2- International Organisation for Standardisation
3- Comite Europeen de Normalisation

۱-٤-٥- اتحادیهٔ بین‌المللی راه‌آهن‌ها (UIC)

اتحادیهٔ بین‌المللی راه‌آهنها(UIC) در سال ۱۹۲۲ پس از برگزاری یک کنفرانس بین‌المللی بـا حضور نماینـدگان دولت‌ها و با هدف یکنواخت نمودن مقررات و شـرایط بهره‌برداری از راه‌آهن تأسیس شد. UIC تنها سازمانی است که برای همکاری بین‌المللی میان شرکت‌های راه‌آهنی و غیردولتی به‌وجود آمده اسـت و به‌عنوان بزرگترین سـازمان همکاری بین‌المللی راه‌آهن‌ها هم از نظر تعداد اعضاء و هم از نظر طیف گسـتردهٔ فعالیت‌ها مطرح می‌باشـد. در طی سـال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ این اتحادیه دستخوش تغییراتی گشته و تجدید ساختار در اتحادیه آغاز گردید. اهداف عمدهٔ این اتحادیه ارتقاء همکاری‌های فنی به‌منظور بهینه‌سازی بهره‌برداری و خدمات قابل ارایهٔ به مشـتریان با رعایت حفظ اسـتقلال مدیریتی و تجاری شرکت‌های راه‌آهنی و حفظ و توسعهٔ پیوستگی و انسجام مجموعهٔ سیستم ریلی به‌ویژه در سـطح کل اروپا با تقویت و تحکیم یکپارچه‌سازی سیسـتم ریلی با افزایش رقابت است که جهت نیل به این اهداف، فعالیت‌ها و اقدامات مهمی چون تهیه و ارایهٔ پیشنهادات به نهادهای مسئول، تدوین اسـتانداردها و یا مشخصه‌ها، ایفای نقش پایگاه‌های فنی برای سازمان‌های تخصصـی حمل و نقل ریلی، اجـرا و مدیریت پروژه‌ها و فعالیت‌هـا در رابطه با تحقیقات و توسعه، بررسی مسـائل اقتصادی ، تدوین دستورالعمل‌های مشـترک و توصیه‌نامه‌ها برای اعضاء، مطلوب‌سـازی سـطح تبادل اطلاعـات و تجارب و عقد موافقت‌نامه با سـازمان‌های بین‌الدول و سایر سازمان‌های تخصصی بر عهده این اتحادیه است.

۱-٤-٦- مجمع منطقه‌ای UIC خاورمیانه (RAME)

مجمع منطقه‌ای خاورمیانه UIC، اولین مجمع منطقه‌ای بود که پس از تجدید سـاختار UIC تأسـیس گردید. براساس اساسنامه UIC شـش منطقه UIC (شامل خاورمیانه) مسـئولیتهای تعیین اسـتراتژی منطقه‌ای خود از جمله طرح عمل و بودجه منطقه‌ای را عهده‌دار خواهند بود و پروژه‌های مربوط به منطقهٔ خاص را تصویب می‌نمایند.

مجامـع منطقه‌ای از نمایندگان همهٔ اعضای UIC آن منطقه تشـکیل می‌شـود. اعضای RAME نمایندگان راه‌آهن‌های ترکیه (TSDD)، جمهوری اسلامی ایران (RAI)، سوریه (CFS)، عربستان سـعودی(SRO)، عراق (IRR)، راه‌آهن مقیه اردن (ARJ)، شرکت حمل و

نقل ریلی نیرو از ایران و شرکت HIZTAE از ترکیه هستند.
ریاســت RAME به‌عهدهٔ راه‌آهن ترکیه بوده و راه‌آهن ایران و سوریه معاونت RAME را عهده‌دار هســتند. براساس اساســنامه UIC منطقه خاورمیانه در هیأت اجرایی UIC دارای سه عضو می‌باشد؛ بنابراین اعضای منتخب در RAME در هیأت اجرایی عبارتند از :

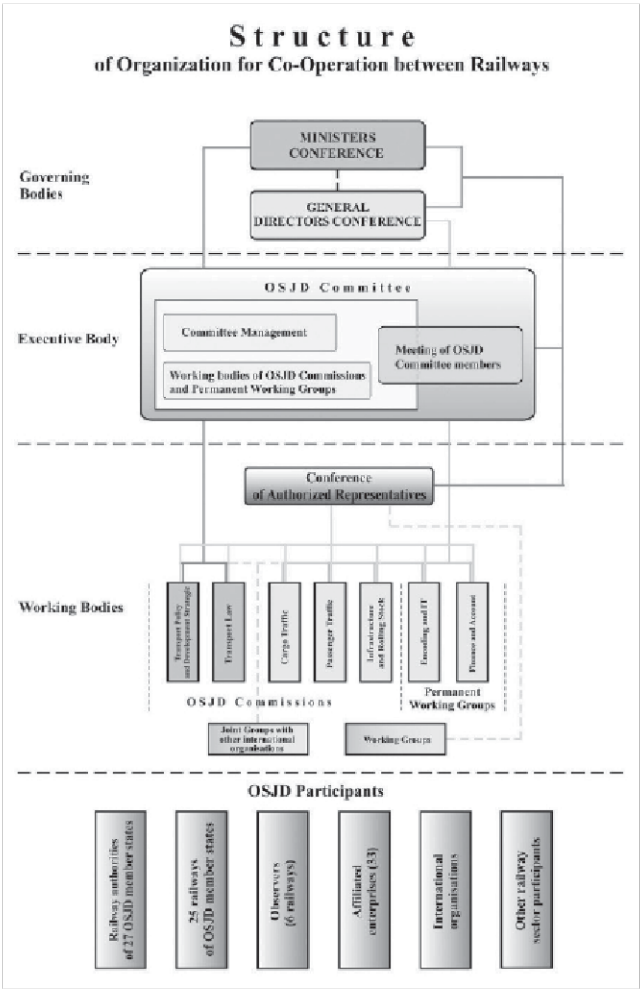
- راه‌آهن ترکیه (TCDD) به نمایندگی مدیرعامل راه‌آهن ترکیه
- راه‌آهن ایران (RAI) به نمایندگی مدیرعامل راه‌آهن ایران
- راه‌آهن سوریه (CFS) به نمایندگی مدیرعامل راه‌آهن سوریه

مجمــع منطقه‌ای خاورمیانــه (RAME) بالاترین نهاد تصمیم‌گیــری در ارتباط با کلیهٔ موضوعات منطقه‌ای می‌باشــد. جلســات آن ســالانه دوبار و با میزبانی اعضایش تشکیل می‌شود.
فعالیت‌هــای RAME که اکثــراً در قالب دســتورالعمل‌های ســالانه تدوین و تصویب می‌گردند محورهایی از حوزه‌های فنی و بهره‌برداری تا فعالیت‌های تجاری محور را شامل می‌شــوند. ایمنــی، امنیت، حفظ و نگهداری امور زیربنایی، قطارســریع الســیر و غیره از جمله فعالیت‌های فنی محســوب شده و در قالب سمینارهای فنی و برگزاری کارگاههای آموزشی با توجه به نیازهای راه‌آهن‌های خاورمیانه و با حمایت فنی UIC برگزار می‌شوند.
"ســند چشم انداز ۲۰۲۵ خاورمیانه" که ســندی اولیه در ارتباط با استراتژی‌های آینده UIC برای راه‌آهن‌های خاورمیانه و همچنین چارچوبی برای اقدامات بیشتر در خاورمیانه است به‌وسیله UIC و با همکاری اعضای RAME تهیه گردیده است که هدف کلی آن ارتقای سیستم حمل و نقل ریلی رقابتی و یکپارچه در خاورمیانه است که به رفاه جمعیت و رشد اقتصادی و توسعهٔ پایدار کمک می‌نماید.

۱-٤-۷- سازمان همکاری راه‌آهن‌های بلوک شرق (OSJD)

سازمان همکاری راه‌آهن‌های بلوک شرق (OSJD) سازمان بین‌المللی تخصصی است که در جریان اجلاس وزیران حمل و نقل در شــهر صوفیه (بلغارســتان) تأسیس شد. اعضای این ســازمان، وزارتخانه‌های حمل و نقل یا ارگانهــای دولتی مجری حمل و نقل ریلی از

۲۵ کشـــور جهان می‌باشـــند. مبنای فعالیت OSJD مقررات سازمان OSJD است. طبق مصوبهٔ بیســـتمین اجلاس وزیران (اولان باتور ، مغولســـتان-۱۹۹۲) و تغییرات ایجاد شده در مقررات ســـازمان همکاری راه‌آهنها (OSJD) در بیست و یکمین دورهٔ اجلاس وزیران (ورشـــو ، لهســـتان -۱۹۹۳) به منظور جلب مشـــارکت راه‌آهن‌هـــا در فعالیت‌های کمیته، ایجاد کنفرانس مدیران (نمایندگان مســـئول) راه‌آهن‌های OSJD به‌تصویب رســـید. این کنفرانس، فعالیت OSJD را در سطح ادارات راه‌آهنی تأمین می‌کند.



شکل۱-۵- ساختار سازمان OSJD

۱-٤-۷-۱- اعضای سازمان همکاری راه‌آهن‌ها

سازمان OSJD دارای ۲۷ عضو فعال، ۷ عضو ناظر و ۳۰ مؤسسه وابسته می‌باشد. در حال حاضر برخی اعضای فعال OSJD به شرح زیر می‌باشند :

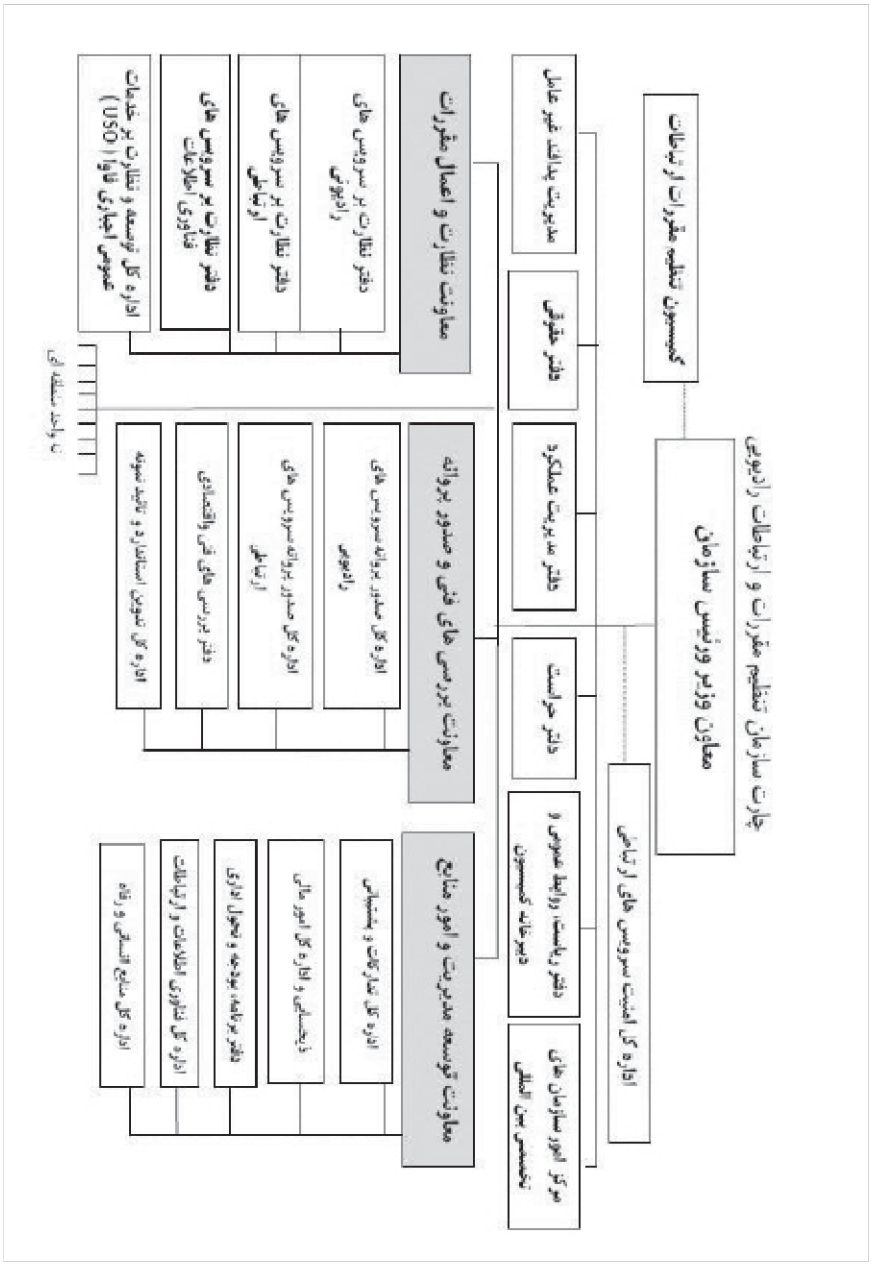
آذربایجان ، روسیه سفید ، بلغارستان ، مجارستان ، ویتنام ، گرجستان ، جمهوری اسلامی ایران، قزاقستان ، چین ، کره شمالی ، قرقیزستان ، لتونی ، لیتوانی ، مولداوی ، مغولستان ، لهستان، روسیه ، رومانی ، اسلواکی ، تاجیکستان ، ترکمنستان ، ازبکستان ، اکراین ، چک و استونی.

اعضای ناظر OSJD عبارتند از راه‌آهن‌های فرانسه ، آلمان ، یونان ، صربستان و مونته نگرو ، فنلاند و راه‌آهن دیرشاپرون- ابنفورت.

۱-٤-۸- سازمان تنظیم مقررات رادیویی

سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی با استناد به ماده ۷ قانون وظایف و اختیارات وزارت ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات مصوب ۱۳۸۲/۹/۱۹ مجلس شورای اسلامی از تجمیع معاونت امور مخابراتی وزارت ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات و ادارهٔ کل ارتباطات رادیویی، به منظور ایفای وظایف و اختیارات حاکمیتی، نظارتی و اجرایی در بخش تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی وابسته به وزارت ارتباطات و فن‌آوری اطلاعات تأسیس شده است. این سازمان یک نهاد مستقل قانون‌گذار و نظارتی است که نقش آن رقابتی کردن بازار ارایهٔ خدمات مخابراتی و بالا رفتن کیفیت خدمات آنهاست. میزان اهمیت و نقش به سزای این نهاد در رونق بخش خصوصی از وظایفی که برمبنای اساسنامه بر عهده آن گذاشته شده است، مشخص می‌باشد. جهت آشنایی بیشتر در شکل (۱-۶) چارت سازمانی آن آورده شده است .

سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی به منظور اجرای مصوبات کمیسیون تنظیم مقررات ارتباطات و تحقق اهداف و ایفای وظایف مورد نظر در بخش ارتباطات رادیویی تأسیس شده و رئیس این سازمان معاون وزیر است.



شکل ۱-۶- چارت سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

۱-٤-۸-۱- وظایف سازمان تنظیم مقررات رادیویی

- صدور پروانه فعالیت و بهره‌برداری برای ارایهٔ هرگونه خدمات مخابراتی و پستی
- اعمال استانداردها، ضوابط و نظام‌های کنترل کیفی و تأیید نمونه تجهیزات[1] در ارایهٔ خدمات و توسعه و بهره‌برداری از شبکه‌های مخابراتی، پستی و فناوری اطلاعات در کشور
- تدوین و ارایهٔ پیشنهاد در خصوص تعیین فعالیت‌ها و بهره‌برداری‌های غیرمجاز پستی و مخابراتی، تعیین جریمه در هر مورد و اعلام اعمال آن در چارچوب قوانین و مقررات پس از طی مراحل قانونی
- تدوین و تنظیم مقررات، آیین‌نامه‌ها، جدول‌های تعرفه و نرخ‌های کلیهٔ خدمات در بخش‌های مختلف ارتباطات وفناوری اطلاعات، تعیین کف یا سقف آن‌ها به منظور حصول اطمینان از رقابت سالم و تداوم ارایهٔ خدمات و رشد کیفی آن‌ها برای تصویب توسط کمیسیون در چارچوب قوانین و مقررات
- وصول مبالغ حق‌الامتیاز صدور پروانه، هزینهٔ استفاده از فرکانس، هزینهٔ جبران خسارت و سایر وجوهی که طبق قوانین و مقررات مربوط به تصویب می‌رسد و واریز آن به حساب‌های خزانه
- نظارت بر عملکرد دارندگان پروانه‌ها در چارچوب مفاد پروانه‌های صادر شده و رسیدگی به تخلفات و ملزم نمودن آنان به انجام تعهدات و وظایف از طریق اخطاریه یا لغو موقت یا دایم امتیازها و پروانه‌های بهره‌برداری
- تدوین و پیشنهاد دستورالعمل‌ها و ضوابط به اتصال متقابل شبکه‌های مخابراتی و رایانه‌ای از نظر امنیت، ایمنی اتصالات و تعرفه‌های آن‌ها به کمیسیون و نظارت بر اعمال آن‌ها
- تدوین و پیشنهاد دستورالعمل‌ها به کمیسیون تنظیم مقررات و اعمال مصوبات در موارد زیر:

الف- چارچوب توافق‌نامه‌های درجه و سطح خدمات به منظور شفاف‌سازی کیفیت خدمات در مقابل هزینهٔ‌آن، در شبکه‌های پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات

ب- نام‌گذاری دامنه‌ها (Domaim Names)، تعیین شماره‌ها و کدها در شبکه‌های پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات

ج- حمایت از حقوق استفاده‌کنندگان خدمات پستی و مخابراتی و نظارت مستمر بر اعمال صحیح آن‌ها

1-Type Approval

د- تدوین و پیشـــنهاد دستورالعمل‌های لازم به منظور تنظیم روابط ارائه‌کنندگان خدمات پستی، مخابراتی

ه- پیشنهادات اصلاح قوانین پستی، مخابراتی و ارتباطی

- کلیـــهٔ وظایـــف وزارت ارتباطـــات و فناوری اطلاعـــات مندرج در قانون اســـتفاده از بی‌ســـیم‌های اختصاصی و غیر حرفه‌ای – مصـــوب ۱۳۴۵- و اصلاحات بعدی آن و کلیهٔ تعهدات بین‌المللی مرتبط که جمهوری اســـلامی ایران بر اساس قانون ملزم به رعایت آن‌ها می‌باشد
- انجام امور تحقیقاتی و ارایهٔ آموزش‌های تخصصی مرتبط و اطلاع‌رســـانی عمومی در زمینه ارتباطات مجاز رادیویی با استفاده از توان‌مندهای بخش‌های دولتی و غیر دولتی
- حمایت از صاحبان صنایع، انجمن‌ها و اتحادیه‌های ارائه‌کنندگان خدمات مخابراتی و ارتباطی و هدایت، راهبری آن در جهت کاهش امور اجرایی سازمان
- تنظیم فضای فرکانسی کشور و نظارت مستمر بر آن
- مدیریت آزادسازی و خصوصی‌سازی بخش‌های پست و مخابرات

۱-۵- استانداردهای ارتباطی ریلی

۱-۵-۱- استانداردهای ارتباطی ریلی UIC

همان‌طور که اشاره شد، در راستای یکنواخت‌سازی مقررات و شرایط بهره‌برداری از راه‌آهن که هدف تشـــکیل اتحادیه بوده، UIC از بدو تأســـیس نسبت به تدوین و انتشار فیش در موضوعـــات مربـــوط به فعالیت حمل و نقـــل ریلی اقدام و میان اعضاء توزیع نموده اســـت. فعالیت‌های UIC در بردارندهٔ دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی در موضوعات مختلف فنی اســـت که از جمله این دســـتورالعملها، فیش‌های ســـری ۷۵۰ در خصوص ارتباطات راه‌آهن می‌باشند. فیش‌ها از بعد الزام‌آوری اجرا به سه طبقه تقسیم می‌شوند:

۱- فیش‌های اجباری با علامت O (Obligatory)

۲- فیش‌های توصیه‌ای با علامت R (Recommendatory)

۳- فیش‌های اطلاعاتی با علامت I (Informatory)

لیست استانداردهای مذکور در جدول (۱-۱) مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۱-لیست استانداردهای UIC در زمینه مخابرات و ارتباطات ریلی

	عنوان فیش	تاریخ فیش	شماره	عنوان فیش	توضیحات	تعداد صفحه
1	ارتباطات مخابراتی راه‌آهنی – پیشرفتهای حاصله از بکارگیری ارتباطات در بهره برداری	1.3.67	750	Railway telecommunications links - Improvements to be expected from the use of telecommunications for operating purposes	I	37
2	تجهیزات رادیویی راه‌آهنی –تجهیزات ثابت و متحرک – مشخصات فنی عمومی	جولای 2002	751-1	Railway radio equipment - Fixed and mobile units - General technical considerations	R	38
3	تجهیزات رادیویی ریلی – مشخصات فنی	1/8/02	751-2	Railway radio equipment - Technical specifications	R	39
4	مقررات فنی سیستمهای رادیویی قطار زمینی بین‌المللی	1.7.84	751-3	Technical regulations for international ground-train radio systems	ORI	40
5	هماهنگی سیستم‌های GSMR و برنامه‌ریزی رادیویی در مرزها	1/12/05	751-4	The co-ordination of GSM-R systems and radio planning at borders		41
6	مقررات کلی در خصوص تأسیس و بهره‌برداری فنی از مدارات تله‌پرینتر بین‌المللی	1.1.82	752	General regulations concerning the establishment and technical operating of international teleprompters circuits	OR	42
7	مقررات فنی مربوط با مدارات بین المللی تلفنی راه‌آهنی	1/1/05	753-1	Technical regulations concerning international railway telephone circuits	OR	43
8	مقررات فنی عمومی برای ایجاد ارتباطات از طریق شبکه تلفن بین المللی	1.1.97	753-2	General technical regulations governing establishment and development of communication capacity over the telecommunications network of UIC member railways	OR	44
9	شیوه‌های مقررات کلی برای معیارهای تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری و راندمان شبکه مخابراتی	1/4/05	753-3	General procedures covering the maintenance, operating and performance criteria for the UIC telecommunications network	OR	45
10	مدارات تلفنی مسافات نزدیک – مقررات ساخت و تهیه تجهیزات	1/12/04	754	Omnibus telephone circuits - Regulations for construction and equipment	I	46
11	نصب کابلهای ارتباطات و علائم و حفاظت از آنها در مقابل آسیبهای مکانیکی	1.7.69	755-1	Laying of telecommunications and signalling cables and their protection against mechanical damage	RI	47
12	محافظت از کارکنان ارتباطات و تاسیسات در مقابل پتانسیل زیاد زمین به خاطر خط کشش برقی مجاور	1.1.70	755-2	Protection of telecommunications staff and plant against a large earth potential due to a neighbouring electric traction line	R	48

ادامهٔ جدول ۱-۱

13	ایستگاه‌های تلفنی ثابت و سیار درکنار خط	جولای 2004	756	Fixed and portable lineside telephones	I	49
14	نصب سیستم‌های صوتی (بلندگو) در ایستگاه‌های مسافری	1.1.67	757	Installation of pubic address systems at passenger stations	RI	50
15	استفاده از رادیوی سیار در راه‌آهنها – آنتن هوایی رادیو	مي 2005	758	Use of mobile radio on the railways - Antennas	I	51
16	شرایط فنی برای کواکسیال ها با قطر کوچک	1.1.66	759	Technical conditions for small-diameter co-axial pairs	ORI	37
17	دستورالعمل‌های استاندارد برای مودم های و خطوط انتقال داده ها به منظور استفاده در شبکه های اطلاعات با ظرفیت باینری تا 9600 بیت در ثانیه	1.1.83	911-4	Standard provisions for modems and transmission lines used in data links with a binary rate of 600 to 9600 bits/s	ORI	-
18	اصول حاکم بر پیام‌های استاندارد در تبادل بین المللی اطلاعات	1.7.94	912	Principles governing standard messages for data exchange at international level	O	600
19	تبادل اطلاعات بین راه‌آهنها از طریق نوار مغناطیسی	1.1.70	912-2	Exchange of information between railways by means of magnetic tape	O	-
20	مقررات فنی مربوط به شبکه های بین‌المللی انتقال داده‌ها بین راه‌آهنها	1.8.2003	917-1	Technical provisions for the international interconnected Railway data transmission networks	OR	-
21	حفظ و نگهداری شبکه بین المللی انتقال داده‌ها در راه آهن	می 2004	917-2	Maintenance of the international railway data transmission network for use by the railways	ORI	-
22	اطلاعات و دستورالعملهایی برای تعمیر و نگهداری خطوط مخابراتی بکار رفته توسط راه‌آهنها برای اتصال داخلی شبکه های انتقال اطلاعات	اکتبر 2004	917-4	Information and instructions for the maintenance of the telecommunication lines used by the railways for the interconnection of data transmission networks	O	-

۱-۵-۱-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای UIC

UIC-750 : ارتباطات مخابراتی راه‌آهنی - پیشرفتهای حاصله از به‌کارگیری ارتباطات در بهره برداری

امروزه راه‌آهن‌های مدرن نیازمند امکان برقراری سریع، مستقیم و دائمی با سطوح مختلف مدیریتی می‌باشند. سطوح مدیریتی باید بر اساس اطلاعات دریافتی در موقعیت‌های مختلف، اقدامات مناسب را انجام داده و دستورات مقتضی را صادر نمایند. این عملکرد تنها در صورتی امکان پذیر است که راه‌آهن دارای قابلیت‌های ارتباطی مناسب باشد.

هدف از تدوین این فیش ارائهٔ اطلاعاتی بر مبنای تجربیات راه‌آهن‌های مورد مطالعه در ارتباط با فلسفهٔ عملکرد و ارتقای روشهایی است که با استفاده از ارتباطات بدست آمده

اســت. در این فیش همچنین به قابلیت‌های سیستم‌های رادیویی به‌عنوان وسیله‌ای برای اتصال قطارهای متحرک با نقاط ثابت و نیز ســایر قطارها و یا ارتباطات داخل قطار اشــاره می‌شود. در انتهای فیش معیارهایی برای برقراری خطوط ارتباطی بین‌المللی قابل مطالعه است.

در این فیش به مشــخصات فنــی تجهیزات ارتباطی‌ای که برای اهداف علائمی اســتفاده می‌گردنــد و نیز تجهیزات خاص ارتباطی‌ای که برای کنتــرل خودکار قطار در خطوط پر سرعت به‌کار می‌روند، اشاره‌ای نمی‌شود.

UIC-751: تجهیزات رادیویی راه‌آهنی – تجهیزات ثابت و متحرک – مشخصات فنی عمومی

در این فیش تعدادی از فرضیات فنی قابل اعمال به ســرویس‌های رادیویی اشــاره شده در فیش UIC 750، به‌جز رادیوی زمین به قطار، عنوان می‌گردد. نکات کلیدی از قبیل مود عملکرد و انتخاب فرکانسی مورد توجه هستند.

این فیش همچنین شــامل نیازمندی‌های فنی برای حداقل ولتاژ دریافتی، توان ارســالی و قوانین ارتباط هوایی برای تجهیزات ثابت و متحرک می‌باشد و ساختارهای مختلف شبکهٔ رادیویی از قبیل تک فرکانســه، چند فرکانسه، ترکیبی و شبکه‌های ثابت مورد استفاده در خطوط مانیتورینگ و رله را تشریح می‌کند. در آخر، راه حل فنی برای برخورد با شبکه‌های مختلفی ارایه می‌گردد که در یک فرکانس رادیویی فعالند.

2 -751 -UIC: تجهیزات رادیویی ریلی – مشخصات فنی

این فیش به تشــریح قوانین و مقررات فنی مربوط به تجهیزات آنالوگ رادیویی در بخش ریلــی می‌پردازد و جزییات مربوط به شــرایط ویژه در زمینــهٔ عملیات رادیوی دیجیتال یا قوانین و مقررات فنی مربوط به GSMR را شامل نمی‌شود.

در این فیش قبل از هر چیز چهارچوب کلی شــرایط تشــریح شــده و به قوانین و مقررات ملی جاری و اســتانداردهای مرتبط ملی و بین‌المللی پرداخته می‌شود. سپس ویژگی‌های متفاوت خطوط ارتباطی رادیویی در فهرست قرار می‌گیرد.

در بخش بعدی قوانین و مقررات مربوط به اســتفاده از تجهیزات رادیویی و کاهش تداخل مدنظر قرار می‌گیرد. به قوانین و مقررات مربوط به حفاظت از کارکنان در برابر جریانهای

خطرناک برق به همراه قوانین و مقررات مربوط به کاربردهای ریلی نیز اشاره می‌شود.
همچنین شـرایط ویژهٔ حاکم بر محیط راه‌آهن مانند تأمین ولتاژ برای ایسـتگاه‌های ثابت، تجهیزات خودرویی و متحرک و دامنهٔ تغییرات مورد نیاز دما، لیست و تشریح می‌شوند. در فصل ۳ این فیش سـایر شرایط محیطی مانند لرزش‌ها، شوک‌های الکتریکی، گرد و غبار، آب و رطوبت تشریح و درجه‌های مناسب حفاظت توصیه می‌گردد.
در فصـل ۶ فیـش مذکور قابلیـت اطمینان تسـت‌های رادیویی، بـرای مثال MTBF، زنگ‌زدگی سریع، تست دما، شوک و تست ویبراسیون و حداقل مقادیر به‌همراه تست دائم دستگاهها و تجهیزات تشریح می‌شوند.
در این فیش به توصیه‌ها و مفاد ذیل نیز اشاره شده است:

- قوانین و مقررت ملی ادارات پست و ارتباطات در زمینهٔ تجهیزات رادیویی غیر ثابت
- IEC (کمیتهٔ بین‌المللی الکتروتکنیک) چاپ‌های ۴۱-۴-۳۶۴، ۵۲۹ و ۵۷۱
- استانداردهای ملی مربوط به این‌گونه انتشارات (IEC)

4- UIC- 751: هماهنگی سیستم‌های GSMR و برنامه‌ریزی رادیویی در مرزها

هدف از این فیش ارایهٔ پیش زمینه‌ای در خصوص موضوعات فرکانسـی و توانمندسـازی راه‌آهنهـا برای هماهنگی در راسـتای معرفی و عملیاتی کردن شـبکهٔ رادیویی GSMR به‌صورت مؤثر می‌باشد. در این فیش موارد ذیل توضیح داده شده است:

- فرکانس‌های اختصاص داده شده به GSMR و مود تماس مستقیم
- روش‌های استفادهٔ هماهنگ این فرکانس‌ها در خطوط مرزی
- استفاده از کدهای شبکه
- اجرای قابلیت‌های جدید و به‌روزسازی نرم‌افزاری
- استفاده از الگوریتم‌ها
- استفاده از اسامی شبکه
- مدیریت پارامترهای شبکه

1- UIC-753: مقررات فنی مرتبط با مدارات بین‌المللی تلفنی راه‌آهنی

در ایـن فیش مقدمـات قابل اسـتفاده برای ارتباطـات تلفنی بین‌المللـی و قوانین قابل

اعمالی تشـریح می‌گردد که برای برقراری مدارات بین‌المللی متصور است. مشخصات فنی سیسـتم‌های انتقال دیجیتال و آنالوگی که این مدارات را تشـکیل می‌دهند نیز مشخص می‌گردد. همچنین مرجعی اسـت برای مشـخصات مربوط به سیسـتم‌های خط از قبیل خطوط بالاسـری، کابلها و خطوط رادیویی جهت‌دار. در انتها پروسه‌های نگهداری اعمالی، عنوان می‌گردد.

2- UIC-753: مقررات فنی عمومی برای ایجاد ارتباطات از طریق شبکه تلفن بین‌المللی

این فیش قسمتی از مجموعه‌هایی را شکل می‌دهد که آن مجموعه‌ها شامل موارد ذیل هستند:

۷۵۰- ارتباط سـرویس‌ها از طریق ارتباطات راه دور و نیز پیشـرفت‌ها و بهبودهای مورد انتظار در استفاده از ارتباطات راه دور؛

- ۱-۷۵۳- مقررات فنی مربوط به اتصالات تلفن بین‌المللی خطوط آهن؛
- ۴-۹۱۷- اطلاعات و آموزش‌های لازم برای نگهداری شبکهٔ بین‌المللی راه‌آهن‌ها؛
- کلیات این فیش شامل شـبکهٔ تلفن بین‌المللی(طرح شبکهٔ تلفن بین‌المللی، نقشهٔ سیسـتم ارتباطات و...)، مسـیر و نوع و مشـخصات علامتهای ارسال شده از طریق مدارهـای بین راه‌آهن‌ها، اعلان‌ها و تن‌های قابل شـنیدن ارسـال شـده از طریق مدارهای بین‌المللی، چگونگی مداخلهٔ اپراتورها و مباحث تعمیر و نگهداری است.
- این فیش اصولاً بر اساس مقررات کمیتهٔ مشورتی تلفن و تلگراف بین‌المللی(CCITT) قرار دارد.

3- UIC-753: شـیوه‌های مقررات کلی برای معیارهای تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری و راندمان شبکهٔ مخابراتی

این فیش توصیه‌هایی را در خصوص تسـت، بازبینی و عیب‌یابی شبکه های تلفن circuit-switched بین‌المللی مشترک بین راه‌آهن‌های اروپایی، ارائه می‌دهد. این فیش همچنین شـامل راهنمایی‌هایی اسـت در جواب به سؤالات مطرح شـده برای مهاجرت نرم به شبکهٔ تلفنی دیجیتال در راه‌آهن‌ها.

در انتهای این فیش سناریویی برای شبکهٔ تلفنی راه‌آهن بین‌المللی (IRTN) داده می‌شود.

این سناریو در برگیرندهٔ ساختار، عملکرد، عیب‌یابی، نگهداری، مدیریت شبکه، کاربری و کیفیت سرویس است.

UIC-755 -1 : نصب کابل‌های ارتباطات و علائم و حفاظت از آنها در مقابل آسیب‌های مکانیکی کابل‌کشی مدارات ارتباطات و علائم مهم‌ترین موضوع برای بهبود کیفیت و قابلیت اعتماد در انتقال اطلاعات است. هدف این فیش ارائهٔ اطلاعاتی در خصوص شرایط نصب و اقدامات احتیاطی برای ضمانت شرایط مناسب کابل‌ها و در نهایت برای عنوان روش‌های اطمینان برای افزایش بازدهٔ خروجی نصب توسط ماشین‌های مختلف است.

UIC-756: ایستگاه‌های تلفنی ثابت و سیار درکنار خط

هدف از این فیش ارایهٔ تعاریفی است برای کلیهٔ خطوطی که به GSMR مجهز نیستند شامل:

- استفاده از تلفن‌های در طول خط (ثابت و متحرک) که برای کارکنان قطار، گروه‌های نگهداری، پرسنل ایستگاه و در برخی مواقع مسافرین بهره‌برداری می‌شود؛
- عملکرد مداراتی که تلفن‌ها به آنها متصل می‌شوند؛
- مشخصات فنی مورد استفاده در تلفن‌ها و مدارات برای تجهیزات تماس، مؤلفه‌های تأمین‌کننده، روش‌های نصب و روش‌های اتصال.

UIC-758 : استفاده از رادیوی سیار در راه‌آهن‌ها – آنتن هوایی رادیو

در سرویس رادیویی متحرک در راه‌آهن باید نیازمندی‌های دقیقی در خصوص انتخاب آنتن مناسب، محل نصب، نحوهٔ نصب مکانیکی، اتصالات الکتریکی و تأثیرات جوی جوابگو باشند تا عملکرد مطلوبی از آنتن نصب شده اخذ گردد. در این فیش به این موارد اشاره شده است.

۱-۵-۲- فهرست فیش‌های OSJD

فیش‌های اتحادیهٔ راه‌آهن‌های بلوک شرق موضوعات مختلفی را در بر می‌گیرد. سری ۸۰۰ این فیش‌ها در خصوص مسائل فنی ارتباطات و علائم الکتریکی راه‌آهن است که عنوان آنها در جدول (۱-۲) مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۲-لیست استانداردهای OSJD در زمینهٔ مخابرات و ارتباطات ریلی

ردیف	شماره فیش	عنوان
1	P 800	مقررات اصلی فنی و بهره برداری تجهیزات علائم و ارتباطات در راه آهنهای عضو OSJD
2	P 801	مقررات عمومی طراحی تجهیزات علائم و ارتباطات
3	P 801 -1	کاتالوگ صدمات و اختلالات احتمالی اجزای اصلی تجهیزات علائم و ارتباطات
4	P 802	گواهی سیستمها و تجهیزات علائم و ارتباطات
5	P 804	مقررات فنی رله خنثی تجهیزات علائم و ارتباطات
6	P 806	دستورالعمل انتخاب پارامترهای قابل کنترل و عیب یابی سیستمهای تجهیزات ریلی اتوماتیک و تله مکانیک
7	P 807	مقررات کمی و ابزارهای کنترل تامین ایمنی سیستمها و تجهیزات علائم و ارتباطات الکتریکی
8	P 809	سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات میکروالکترونیکی سیستمهای علائم و ارتباطات
9	P 853	دستورالعمل اماده سازی تجهیزات علائم و ارتباطات جهت استفاده در زمستان
10	P 855	قواعد اصلی تعیین میزان ایمنی سیستمهای علائم و ارتباطات
11	P 856	اصول اعمال عیب یابی فنی تجهیزات ریلی علائم و ارتباطات
12	P 861	همزمانی سیستم دیجیتالی ارتباطی
13	P 862	ایجاد سیستمهای کامپیوتری ارتباط عملیاتی و تکنولوژیکی با استفاده از تکنولوژی TDM
14	P 868	دستورالعمل ایجاد شبکه بین الملل تلفن خودکار کشورهای عضو OSJD
15	P 871	تامین سازگاری الکترومغناطیسی تجهیزات ارتباطی در مرزهای دولتی
16	P 874	دستورالعمل استفاده و ارت کردن کابلهای ارتباطی در ساختمانهای اداری- فنی
17	P 875	دستورالعمل ارتباط رادیویی قطار برای لکوموتیوهایی که از مرزهای دولتی عبور می کنند
18	P 877	مقررات سیستم تغذیه الکتریکی سیستمهای مخابراتی دیجیتالی
19	P 888	دستورالعمل استفاده از دستگاه ارتباط رادیویی دیجیتال در حمل و نقل ریلی استاندارد GSM-R
20	P 892	بهره برداری فنی خطوط فیبر نوری انتقال در حمل و نقل ریلی، که بر تیرهای تقویتی سیم تماس و خطوط با ولتاژ بالا معلق هستند
21	P 893	دستورالعمل حفاظت روند کار در احداث و بهره برداری فنی خطوط فیبر نوری انتقال در حمل و نقل ریلی
22	P 894	بهره برداری فنی تاسیسات کابل خطی انتقال فیبرهای نوری توسط کابلهای نصب شده در زمین در راه آهنهای عضو OSJD
23	P 895/1	ساخت خطوط فیبر نوری انتقال در حمل و نقل ریلی همراه با نصب کابلها در داخل زمین یا آویزان کردن انها بر ستونهای شبکه تماس و خطوط با ولتاژ بالای سیستمهای بلاک اتوماتیک
24	P 895/2	دستورالعمل سازماندهی اتصال شبکه های ارتباط از راه دور ریلی
25	O + P 941	امنیت پایگاههای اطلاعاتی مشترک و زیرساختهای اطلاعاتی و ارتباط از راه دور
26	P871	مقررات اصلی مربوط به سیستم ارتباط رادیوئی با خروج به شبکه ارتباط سیمی برای کنترل و هدایت با کارهای عملی نگهداری فنی (با کارهای تعمیری – بازسازی)
27	P875	توصیه های مربوط به نحوه ارتباط رادیویی قطار برای لکوموتیوهایی که مرز دولتی را قطع میکنند
28	P885	توصیه های مربوط به سیستم ارتباط مشاوره در راه آهن
29	P888	توصیه های مربوط به برقراری ارتباط رادیویی دیجیتالی در حمل و نقل راه آهن استاندارد GSM-R
30	P897	توصیه های مربوط به تکنولوژی نگهداری دستگاه های رادیویی درحمل ونقل راه آهن

۱-۵-۲-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای OSJD

OSJD-P897: توصیه‌های مربوط به تکنولوژی نگهداری دستگاه‌های رادیویی در حمل‌ونقل راه‌آهن

در این فیش شبکهٔ رادیویی مورد استفاده در راه‌آهن به دو دستهٔ اصلی تقسیم شده است:

۱- کاربران متحرک در طول خط از قبیل قطار، پرسنل نگهبانی، پرسنل نگهداری و تعمیرات در طول خط و سایر آلات ناقلهٔ ریلی

۲- کاربران ثابت در ایستگاه از قبیل کاربران مانور و اپراتورهای شبکه

علاوه بر اینها به کاربردهای حراست، بازرسان و اورژانس نیز اشاره شده است.

در این فیش همچنین مباحث نگهداری فنی تجهیزات رادیویی با تشریح مواردی از قبیل بازدید دوره‌ای، نگهداری پیش‌گیرانه، رفع‌عیب، اندازه‌گیری و تنظیمات دوره‌ای سیستم‌ها و پارامترهای اصلی تجهیزات، مورد بررسی قرار گرفته و توصیه‌هایی ارائه می‌شود.

علاوه بر این اشاره‌ای به ترکیب پرسنل مورد نیاز برای نگهداری فنی تجهیزات شده است.

در انتهای فیش فعالیت‌های لازم سطحی و تکمیلی برای نگهداری تجهیزات رادیویی و تعدادی از تجهیزات تعمیراتی توصیه شده نیز قابل مطالعه است.

OSJD-P875: توصیه‌های مربوط به نحوهٔ ارتباط رادیویی قطار برای لکوموتیوهایی که مرز دولتی را قطع می‌کنند

از لحاظ اصول ایمنی و مقرراتی کلیهٔ لکوموتیوهای در حال حرکت باید دارای ارتباط مطمئن و مستقیم با متصدیان ترافیک باشند.

در این فیش در خصوص چیدمان فرکانس‌های استفاده شده برای حالت‌های مختلف تردد قطارها در مرزهای بین‌المللی و تقسیم مسئولیت سرویس فنی تجهیزات مرتبط توصیه‌هایی ارائه می‌شود.

OSJD-P888: توصیه‌هایی مربوط به برقراری ارتباط رادیویی دیجیتال (استاندارد GSM-R)

شرکت‌های راه‌آهن دارای نیازهای مخابراتی و ارتباطی متفاوتی جهت حفظ و نگهداری شبکه‌های خطوط آهن می‌باشند. امروزه این نیازها با توجه به تقاضای کاربران راه‌آهنی جهت ارسال دیتا و یا صوت، به‌وسیله سیستم‌های مختلفی ایجاد می‌گردند. جایگزینی

سیستم‌های قدیمی‌با تکنولوژی‌های پیشرفته و جدید علاوه بر افزایش قابلیت‌ها و کارایی سیستم، هماهنگی و تقابل بین‌المللی را پیش‌روی شبکه‌های ریلی قرار می‌دهد.

قبل از تصمیم‌گیری در مورد نوع فن‌آوری، اتحادیهٔ UIC[1] در سال های ۱۹۹۳-۱۹۹۲ اقدام به انجام یک مطالعهٔ امکان‌سنجی ۱۸ ماهه نمود. در این مطالعه، از نظریات تهیه‌کنندگان استانداردهای GSM و TETRA در مورد امکان به‌کارگیری این سیستم‌ها برای کاربردهای راه‌آهن استفاده شد. بر اساس این مطالعات، گروه کاری رادیوی (۹/۷B) UIC، صنایع ساخت تجهیزات GSM وETSI اطمینان حاصل کردند که فن‌آوری GSM انتخاب درستی برای استفاده در راه‌آهن است و متعاقب آن استاندارد جدید GSM-R برای شبکه‌های راه‌آهن اروپا بر اساس GSM تهیه گردید. این استاندارد در نوامبر سال ۱۹۹۳ مورد موافقت UIC قرار گرفت و نتیجهٔ تستهای عملیاتی در سال ۱۹۹۸ در کشورهای آلمان، ایتالیا و فرانسه منتشر شد.

در سال ۱۹۹۵، ETSI باند فرکانسی 876-880 MHz (MS,uplink) و 921-925MHz(BS,downlink) را در سطح بین‌المللی برای سیستم‌های EIRENE (که بعداً باند GSM-R نامیده شد) رزرو نمود.

همچنین UIC سرویس‌های جدیدی را برای GSM درخواست نمود که در MSG esahP 2+ استاندارد گردید. انتخاب GSM-R توسط شرکتهای راه‌آهن کشورهای مختلف با توجه به پتانسیل‌های قوی ذیل بوده است:

- پشتیبانی از کاربردهای مختلف به‌علت مشخصه ISDN شبکه
- کارکرد بین شبکه‌های راه‌آهن
- استفاده بهینه از منابع (فرکانسهای رادیویی، کابل‌کشی و . . .)
- کاهش هزینهٔ تأمین تجهیزات
- کاهش هزینهٔ نگهداری (تشکیل سازمان خدماتی و لجستیکی فقط برای یک سیستم)
- استاندارد باز برای ارتقای تکنولوژی

در این فیش به اصول و مقررات شبکه GSMR، ساختار شبکه، معماری شبکه، خدمات شبکه، سیستم شماره‌گذاری، مشخصات فنی ترمینال‌ها و موارد مهم در طراحی شبکه پرداخته شده است.

1-Union International de Chemin de fer

۱-۵-۳- استانداردهای اروپایی(CENELEC و ETSI)

همان‌طور که گفته شـد، استانداردهای مؤسسهٔ ETSI زمینه هایی از قبیل موبایل، تلفن ثابت، رادیو، امنیت، ماهواره، پخش، مخابرات اضطراری و غیره را شامل می‌گردد.

خروجی‌های ETSI به‌صورت مشخصهٔ فنی (TS)[1]، گزارش فنی (TR)[2]، استاندارد(ES)[3] ، رهنمود (EG)[4]،استاندارد یا نرم اروپایی (EN)[5] و گزارش ویژه (SR)[6] دسته‌بندی می‌شود.

قابل ذکر است که ETSI در مواردی مانند مدیریت طیف، EMC(سازگاری الکترومغناطیسی)، سیستم‌های آلارم و سیستم‌های راه‌آهن با CEN/CENELEC هماهنگ است.

در جدول (۱-۳) لیست استانداردهای مؤسسهٔ ETSI در زمینهٔ علائم، مخابرات و ارتباطات ریلی مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۳-لیست استانداردهای ETSI-CENELEC در زمینهٔ مخابرات و ارتباطات ریلی

	شماره استاندارد	عنوان	عنوان انگلیسی	تاریخ فیش
۱	CLC/TR 50459-:2007	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- سیستم اروپایی کنترل ترافیک- اینترفیس ماشین-راننده بخش ۷: ماژولهای انتقال خاص	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - European Rail Traffic Management System - Driver-Machine interface - Part 7: Specific Transmission Modules	2007-05-16
۲	CLC/TR 50501-:2007	ارتباط داخلی بین ناقله و طول خط- بخش ۱: اطلاعات و قوانین برای استانداردسازی عملیاتی	Railway applications - Rolling stock - Intercommunication between vehicles and train/wayside - Part 1: Data dictionary and rules for functional standardization	2007-05-04
۳	CLC/TR 50501-2:2012	ارتباط داخلی بین ناقله و طول خط- بخش ۲: مضامین فنی جهت استانداردسازی در زمینه ارتباط داخلی	Railway applications - Rolling stock - Intercommunication between vehicles and train/wayside - Part 2: Technical contents of standardization work in the field of intercommunication	2012-08-24

1- Technical Specification
2- Tecnical Report
3- European Sandard
4- European Guide
5- European Norm
6- Special Report

ادامه جدول ۱-۳

۴	CLC/TR 50506-1:2007	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- راهنمای کاربردی برای EN ۵۰۱۲۹- بخش ۱: تایید عبور	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Application Guide for EN 50129 - Part 1: Cross-acceptance	2007-05-04
۵	CLC/TR 50506-2:2009	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- راهنمای کاربردی برای EN ۵۰۱۲۹- بخش ۲: تضمین ایمنی	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Application Guide for EN 50129 - Part 2: Safety assurance	2009-12-16
۶	CLC/TS 50459-1:2005	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- سیستم اروپایی کنترل ترافیک- اینترفیس ماشین-راننده بخش ۱: اصول ارگونومیک جهت معرفی اطلاعات ERTMS/ETCS/GSMR	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - European Rail Traffic Management System - Driver-Machine Interface - Part 1: Ergonomic principles for the presentation of ERTMS/ETCS/ GSM-R information	2005-09-16
۷	CLC/TS 50459-3:2005	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- سیستم اروپایی کنترل ترافیک- اینترفیس ماشین-راننده بخش ۳: سازماندهی ارگونومیک برای اطلاعات ERTMS/GSMR	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - European Rail Traffic Management System - Driver-Machine Interface - Part 3: Ergonomic arrangements of ERTMS/GSM-R information	2005-09-16
۸	CLC/TS 50459-4:2005	ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر- سیستم اروپایی کنترل ترافیک- اینترفیس ماشین-راننده بخش ۴: ورود اطلاعات برای سیستم‌های /ERTMS ETCS/GSMR	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - European Rail Traffic Management System - Driver-Machine Interface - Part 4: Data entry for the ERTMS/ ETCS/GSM-R systems	2005-09-16
۹	EN 50121-1:2006	سازگاری مغناطیسی- بخش ۱: عمومی	Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General	2006-07-28
۱۰	EN 50121-3-1:2006	سازگاری مغناطیسی- بخش ۳-۱: آلات ناقله ریلی	Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle	2006-07-28

ادامه جدول ۱-۳

۱۱	EN 50121-4:2006	سازگاری مغناطیسی- بخش ۴: ایمنی و نشر تجهیزات علائم و ارتباطی	Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signaling and telecommunications apparatus	2006-07-28
۱۲	EN 50122-1:2011	تجهیزات کنترلی ثابت (زمین کردن و محافظت جریانهای سر گردان)- بخش ۱: قیود محافظتی در برابر شوک الکتریکی	Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock	2011-01-14
۱۳	EN 50124-1:2001/A2:2005	هماهنگیهای لازم برای عایق بندی- بخش ۱: نیازمندی‌های مبنا	Railway applications - Insulation coordination - Part 1: Basic requirements - Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment	2005-06-09
۱۴	EN 50124-2:2001	هماهنگیهای لازم برای عایق بندی- بخش ۲: افزایش ولتاژ	Railway applications - Insulation coordination - Part 2: Overvoltages and related protection	2001-03-12
۱۵	EN 50125-3:2003	شرایط محیطی تجهیزات- بخش ۳: تجهیزات علائمی و ارتباطی	Railway applications - Environmental conditions for equipment - Part 3: Equipment for signaling and telecommunications	2003-01-31
۱۶	EN 50126-1:1999	قابلیت اطمینان، دسترسی، دوام و ایمنی (RAMS): بخش ۱: عمومی	Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process	1999-09-15
۱۷	EN 50126-1:1999/ corrigendum May 2010	اصلاحیه قابلیت اطمینان، دسترسی، دوام و ایمنی (RAMS): بخش ۱: عمومی	Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Basic requirements and generic process	2010-05-28
۱۸	EN 50128:2001	ارتباطات و علائم- سیستم‌های پردازشگر- نرم افزار سیستم‌های حفاظتی و کنترلی	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Software for railway control and protection systems	2001-03-16

ادامه جدول ۱-۳

۱۹	EN 50128:2011	ارتباطات و علائم- سیستم‌های پردازشگر- نرم افزار سیستم‌های حفاظتی و کنترلی	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Software for railway control and protection systems	2011-06-17
۲۰	EN 50128:2011/AC:2014	ارتباطات و علائم- سیستم‌های پردازشگر- نرم افزار سیستم‌های حفاظتی و کنترلی	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Software for railway control and protection systems	2014-02-28
۲۱	EN 50129:2003	ارتباطات و علائم- سیستم‌های پردازشگر- ایمنی سیستم‌های الکتریکی علائم	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Safety related electronic systems for signaling	2003-02-13
۲۲	EN 50159:2010	ارتباطات و علائم- سیستم‌های پردازشگر- ایمنی سیستم‌های انتقال	Railway applications - Communication, signaling and processing systems - Safety-related communication in transmission systems	2010-09-17
۲۳	EN 61375-1:2012	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۱: ساختار عمومی	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 1: General architecture	2012-08-03
۲۴	EN 61375-2-1:2012	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۲-۱: کابل کشی ترن	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 2-1: Wire Train Bus (WTB)	2012-08-03
۲۵	EN 61375-2-2:2012	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۲-۲: تست کابل کشی ترن	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 2-2: Wire Train Bus conformance testing	2012-08-03
۲۶	EN 61375-3-3:2012	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۳-۳: شبکه CCN	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 3-3: CANopen Consist Network (CCN(	2012-08-03
۲۷	EN 61375-3-4:2014	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش۳-۴: ECN	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 3-4: Ethernet Consist Network (ECN)	2014-05-09

ادامه جدول ۱-۳

۲۸	FprEN 61375-2-5:2014	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۵-۲: پشتیبان شبکه اترنت در ترن	Electronic railway equipment - Train communication network (TCN) - Part 2-5: Ethernet train backbone	Under Approval
۲۹	FprEN 61375-2-3:2013	تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN) بخش ۳-۲: پروفایل ارتباطی	Electronic railway equipment - Train Communication Network (TCN) - Part 2-3: TCN communication profile	Under Approval
۳۰	prEN 16683	درخواست کمک و تجهیز ارتباطی- نیازمندیها	Railway applications - Call for aid and communication device - Requirements	Under Approval

۱-۵-۳-۱- معرفی منتخبی از استانداردهای CENELECوEN

CLC/TS 50459-1:2005: ارتباطات و علائم و سیستم‌های پردازشگر

در این مشخصات فنی چگونگی ترتیب و نمایش اطلاعات سیستم ERTMS از نقطه نظر ارگونومیک و به‌صورت جزیی تشـریح می‌شود و شـامل مشخصات فنی رابط راننده ماشین (DMI) برای سیسـتم کنترل قطار در ETCS/ ERTMS، سیسـتم یکپارچهٔ کنترلی و رادیویی GSMR/ ERTMS و نیز سایر سیستم‌های فنی موجود در آلات ناقله است.

موارد ارگونومیک دربرگیرندهٔ موارد عمومی (ساختار گفت‌وگو، توالی، فلسفهٔ طرح، فلسفهٔ رنگ)، نمادها، اطلاعات قابل شـنیدن و ترتیب ورود اطلاعات خواهد بود. هدف از سیسـتم ETCS GSMR/ERTMS استانداردسازی قابلیت سیستم‌ها به‌منظور تسهیل حرکت سازگار قطار و یکسان‌سازی تدارکات و عملیات است و در این راستا این استاندارد حداقل الزامات را تعریف می‌کند. این مشخصات فنی محدود به ملاحظات ارگونومیک است و تعریفی از تکنولوژی مورد استفاده برای پیاده‌سازی، ارائه نمی‌کند.

EN 50121-1:2006: سازگاری مغناطیسی- بخش ۱: عمومی

سـری ۱ از سـری اسـتانداردهای اروپایی EN 50121 به تشـریح سـاختار و محتوای کل مجموعـه می‌پـردازد و بایـد در کنـار سـایر بخش‌هـا مورد اسـتفاده قـرار گیرد. پیوسـت الف این اسـتاندارد ویژگی‌هایـی از سیسـتم راه‌آهن را توضیـح می‌دهد که بر

سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) اثر می‌گذارند، همچنین به شرایط غیرطبیعی و اثرات القای ناشی از برخورد مستقیم رعد و برق به سیستم‌ها پرداخته است. محدودیت‌های انتشار مرزی تجهیزات که در فیش ذکر شده‌اند به فرستنده‌های بین‌المللی در داخل مرزهای راه‌آهن اعمال نمی‌شود. همچنین ملاحظات ایمنی، اثرات بیولوژیک اشعه غیر یونیزه و دستگاه‌هایی که برای کمکهای پزشکی استفاده می‌شوند توسط این مجموعه از استانداردها پوشش داده نمی‌شوند.

EN 50121 -4:2006: سازگاری مغناطیسی - بخش ۴: ایمنی و نشر تجهیزات علائم و ارتباطی

این استاندارد اروپایی برای تجهیزات سیگنالینگ و دستگاه‌های مخابراتی‌ای به‌کار می‌رود که در محیط راه‌آهن نصب شده است و سیگنالینگ و دستگاه‌های مخابراتی‌ای که در وسایل نقلیه نصب شده توسط EN 2-3-50121 پوشش داده خواهد شد.

این استاندارد محدودیت‌های انتشار و ایمنی و نیز معیارهای عملکردی‌ای را مشخص می‌نماید که برای کاهش تداخلات الکترومغناطیسی تجهیزات علائم و ارتباطی با سایر تجهیزات(داخل و خارج از راه‌آهن) ضروری است.

الزامات ایمنی شخصی اولیه برای دستگاهها مانند محافظت در برابر شوک الکتریکی، عمل ناامن، عایق هماهنگی و تست دی الکتریک در این استاندارد مشخص نمی‌شود. قابل ذکر است که این استاندارد تمام تنظیمات ممکن از تجهیزات را پوشش نمی‌دهد اما روش و اجرای آزمون برای رسیدن به میزان رضایت بخش EMC در اکثر موارد کافی است.

EN 50122-1:2011: تجهیزات کنترلی ثابت (زمین کردن و محافظت جریانهای سرگردان) - بخش ۱: قیود محافظتی در برابر شوک الکتریکی

این استاندارد اروپایی شرایط محافظتی ایمنی الکتریکی‌ای را مشخص می‌کند که در تأسیسات ثابت مرتبط با سیستم‌های ترکشن D.C و A.C و سایر تأسیساتی که امکان به مخاطره افتادن به‌وسیله سیستم تأمین نیروی ترکشن را دارند، لازم است. همچنین توصیه‌ها به تمام جنبه‌های نصب ثابتی اعمال می‌شود که لازم است در مورد اطمینان از ایمنی الکتریکی در طول کار تعمیر و نگهداری در سیستم‌های کشش الکتریکی مورد

توجه قرار گیرد. این اســتاندارد اروپایی شــامل تمام خطوط جدید و خطوط موجود مورد تجدید نظر برای سیستم‌های کشش الکتریکی زیر است:

الف) راه‌آهن

ب) سیستم‌های حمل و نقل هدایت شونده مانند تراموا، راه‌آهن زیرزمینی، راه‌آهن هوایی

این استاندارد اروپایی در موارد ذیل صدق نمی‌کند:

۱) سیستم‌های کشش معدن در معادن زیرزمینی

۲) جرثقیل

۳) ماشینهای معلق کابلی

همچنین این استاندارد اروپایی قوانین کار برای تعمیر و نگهداری را مشخص نمی‌کند.

EN 61375:2012: تجهیزات الکترونیکی راه‌آهن- شبکه ارتباطی ترن (TCN)

این سری از اســتانداردها به ساختار سیستم‌های ارتباطات داده‌ها در قطار اعمال می‌شود و شــامل ساختار سیســتم‌های ارتباطات داده‌ها برای ارتباط داده بین واگنهای یک قطار، ارتباط بین واگنها و ارتباط از قطار به کنار خط است.

EN50126:1999: قابلیت اطمینان دسترسی، دوام و ایمنی (RAMS)

این استاندارد اروپایی تعریفی از RAMS (قابلیت اطمینان، در دسترس بودن،نگهدارپذیر بودن و ایمنی و اثرات متقابل آنها را) ارائه می‌کند. در این استاندارد موارد ذیل عنوان شده است:

- پروسه و وظایف مدیریت RAMS
- اثرات متقابل اجزای RAMS
- پروسهٔ سیستماتیک مشخص‌کردن نیازها برای RAMS
- مشخصات و نیازهای راه‌آهنی

به‌طور خلاصه می‌توان گفت هدف سیســتم راه‌آهن رســیدن به ســطح تعریف شده‌ای از ترافیک ریلی در زمان مشــخص به‌صورت ایمن اســت. RAMS رســیدن به این هدف را ممکن می‌سازد.

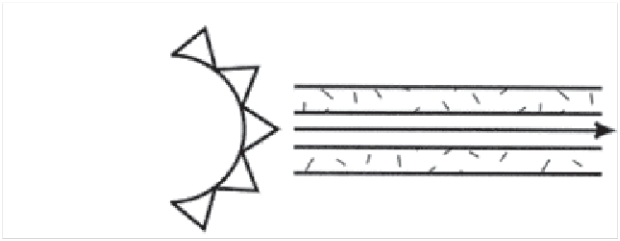
۲ تکنولوژی‌های نوین ارتباطی

۲-۱-فیبرهای نوری نسل سوم

فیبـــر نوری یکی از محیط‌های انتقال داده با ســـرعت بالا اســـت. از فیبر نـــوری در موارد متفاوتی نظیر: شـــبکه‌های تلفن شـــهری و بین‌شهری، شـــبکه‌های کامپیوتری و اینترنت اســـتفاده می‌گردد. فیبرنوری رشـــته‌ای از تارهای شیشه‌ای است که هر یک از تارها دارای ضخامتی معادل تار موی انســـان را داشـــته و از آنان برای انتقال اطلاعات در مسافت‌های طولانی استفاده می‌شود.

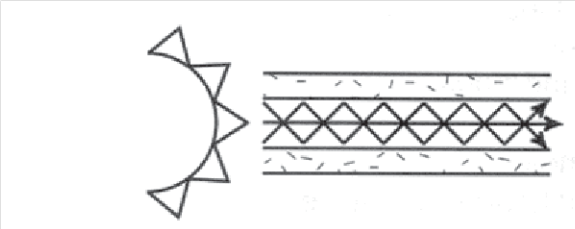
فیبرهای نوری در دو گروه عمده ارایهٔ می‌گردند:

فیبرهای تک حالته (Single-Mode) که به‌منظور ارسال یک سیگنال در هر فیبر استفاده می‌شود.



شکل۲-۱- فیبر نوری تک حالته

فیبرهای چندحالته (Multi-Mode) که به‌منظور ارسال چندین سیگنال در یک فیبر استفاده می‌شود.



شکل۲-۲- فیبر نوری چند حالته

فیبرهای تک حالته دارای یک هستهٔ کوچک (تقریباً ۹ میکرون قطر) بوده و قادر به ارسال نور لیزری مادون قرمز (طول موج از ۱۳۰۰ تا ۱۵۵۰ نانومتر) می‌باشند. فیبرهای چند حالته دارای هســتهٔ بزرگتر (قطر تقریباً ۵ / ۶۲ میکرون) و قادر به ارســال نورمادون قرمز از طریق LED می‌باشند. برخی از سیگنال‌های نوری به‌دلیل عدم خلوص شیشهٔ موجود، ممکن است دچار نوعی تضعیف در طول هســته گردند. میزان تضعیف ســیگنال نوری به درجهٔ خلوص شیشه و طول موج نور انتقالی دارد (مثلاً موج با طول ۸۵۰ نانومتر بین ۶۰ تا ۷۵ درصد در هــر کیلومتر، موج با طــول ۱۳۰۰ نانومتر بین ۵۰ تا ۶۰ درصد در هر کیلومتر، موج با طول ۱۵۵۰ نانومتر بیش از ۵۰ درصد در هر کیلومتر).

طراحان فیبرهای نســل ســوم فیبرهایی را مد نظر داشــتند کــه دارای حداقل تلفات و پاشــندگی باشند. برای دســتیابی به این نوع فیبرها که از نوع single mode می‌باشند، محققین از حداقل تلفات در طول موج ۱/۵۵ میکرون و از حداقل پاشندگی در طول موج ۱/۳ میکرون بهره جســتند و فیبری را طراحی کردند که دارای ســاختار نســبتاً پیچیده-تری بود. در عمل با تغییراتی در پروفایل ضریب شکســت فیبرهای تک مد از نســل دوم، که حداقل پاشــندگی ان در محدوده ۱/۳ میکرون قرار داشــت، به محدوده ۱/۵۵ میکرون انتقال داده شــد و بدین ترتیب فیبر نوری با ماهیت متفاوتی موســوم به فیبر دی.اس.اف ساخته شد.

دی.اس.اف از استاندارد ITU-T G.653 تبعیت می‌نماید.

۲-۲-شبکه‌ی انتقال نوری نسل جدید

هدف سیســتم‌های مخابراتی، انتقال هر چه بیشتر اطلاعات بر روی یک کانال بوده است.

این مسأله مستلزم جمع‌آوری تعدادی از کانال‌های تلفنی مختلف با هم، انتقال آنها با هم و سپس جدا کردن آنها از یکدیگر و انتقال هر کدام از آنها به گیرنده‌های مربوطه می‌باشد. در اواخر ۱۹۸۰ سیستم SONET یا شبکهٔ نوری همزمان معرفی و عرضه شد. این موضوع باعث به وجود آمدن شبکه‌هایی شد که می‌توانست به‌راحتی رشد تقاضاهای کاربردها و سرویس‌های باند وسیع را برآورده نماید. معادل این شبکه در اروپا سیستم SDH و یا سلسله مراتب دیجیتال همزمان می‌باشد که از روی سیستم SONET الگو برداری شده است.

سیستم SDH نسل جدید با قابلیت انتقال همزمان ترافیک دیتا و ترافیک TDM بر روی سیگنال نوری است.

۲-۲-۱- سیستم OTN[1]

علاوه بر سیستم‌های موجود، سیستم‌هایی که مطابق با نیازهای ارتباطی شبکه‌های ریلی و متروها طراحی گردیده است نیز از سوی برخی از شرکتها از جمله زیمنس و RAD ارایه شده است و انتقال انواع سیگنال‌های صوت و دیتا و پروتکل اینترنتی[2] که ممکن است در شبکه‌های ریلی مورد استفاده باشد در آن پیش‌بینی گردیده و برای آنها اینترفیس‌های مخصوص طراحی شده است. راه‌حل ارائه شده توسط زیمنس به OTN معروف می‌باشد.

OTNیک سیستم مخابراتی خصوصی مبتنی بر تکنولوژی فیبر نوری است که از مولتی-پلکسینگ تقسیم طول موج[3] استفاده می‌کند. هر گونه اطلاعات IP ، صوت، داده‌های کنترلی، تصاویر دوربین مدار بسته و اطلاعات شبکه LAN بدون توجه به فاصله، انتقال داده می‌شوند. این سیستم مبتنی بر تکنولوژی TDM است.

از جمله ویژگی‌های OTN عبارتند از:

- امکان انتقال سیگنال‌های تحت استاندارد PDH و SDH و نیز انواع سیگنال‌های استانداردهای جهانی انتقال دیتا با عرض باند کم از طریق کارتهای اینترفیس قابل نصب در سیستم
- نصب، راه اندازی، تعمیر و نگهداری و مدیریت آسان

1- Open transport network
2- IP
3- WDM

- سهولت ارتقای عرض باند با جایگزین کردن یک کارت در node
- امکان ارایهٔ اینترفیس CCTV
- تعدد اینترفیس‌های مجاز مورد استفاده
- پیکربنـــدی مجدد به‌صورت خـــودکار در صورت قطع فیبر نوری: ســـاختار حلقوی دوبل، پشـــتیبانی کامل را در موارد اضطراری تأمین می‌نماید؛ به این معنا که شبکه هرگز قطع نخواهد شد.

از جمله اینترفیس‌های قابل پشتیبانی عبارتند از:

- کارتهای اینترفیس صدا:

- مخابـــرات تلفنی آنالوگ و دیجیتال، کارت‌های ترانک، کارت‌های اطلاع رســـانی صوتـــی، کارت‌هـــای انتقال صوت بـــا کیفیت بالا (۱۵ کیلوهرتـــز) به‌صورت مونو یا استریو

- کارت‌های اینترفیس دیتا:

- RS-232، RS-422، RS-485 و کارتهای دیتا به‌صورت ۶۴ kb/s
- اینترفیس‌های LAN
- کارتهای اترنت (۱۰/۱۰۰ مگابیت) و گیگا بیت
- اینترفیس‌های تصویر
- کارت‌های تصویر با استانداردهای PAL، NTSC

این سیســـتم تا کنون در بیش از ۲۰۰ شـــبکهٔ بزرگ در سراســـر دنیا پیاده‌سازی شده که برخی از آنها عبارتند از:

شـــبکهٔ نیروی هوایی آفریقـــای جنوبی، معادن طلای آفریقای جنوبی، ایســـتگاه قطارهای پرسرعت بلژیک، خطوط ۲ و۳ متروی آتن، سیستم رادیو زیرزمینی پلیس آمریکا و شبکهٔ راه‌آهن سبک (LRT) بالتیمور آمریکا.

سیستم شرکت RAD نیز بسیار مشابهٔ سیستم زیمنس است. این سیستم داده‌های مدار خط و ســـیگنالینگ، کلیهٔ اینترفیس‌های صوتی مانند FXO/FXS, E&M، اینترفیس-های LAN، تصویر و SCADA و سایر اینترفیس‌های مورد استفاده در مترو را پشتیبانی می‌کند.

۲-۲-۱-۱- استانداردهای OTN

توصیه‌های G.709، G872، G874، G871، G798، G692، G664 و G959.1 سازمان ITU-T مربوط به این سیستم می‌باشد. استانداردهای فعلی OTN بر حسب نرخ خط عبارتند از:

- OTU1 نرخ خط تقریبی ۲/۶۶ Gbit/s را داراست و برای انتقال SONET OC-48 و یا STM-16(SDH) طراحی شده است.
- OUT2 نرخ خط تقریبی ۱۰/۷۰ Gbit/s را داراست و برای انتقال SONET OC-192 و یا STM-64(SDH) یا WAN PHY (10GBASE-W) طراحی شده است.
- OTU2e نرخ خط تقریبی ۱۱/۰۹ Gbit/s را داراست و برای انتقال 10 gigabit Ethernet LAN PHY ارسالی از سوئیچ‌های IP/Ethernet با نرخ کامل خط (۱۰/۳ Gbit/s) طراحی شده‌است.
- OTU3 نرخ خط تقریبی ۴۳/۰۱ Gbit/s را داراست و برای انتقال SONET OC-768 و یا STM-256(SDH) یا سیگنال ۴۰ Gigabit Ethernet طراحی شده است.
- OTU3e2 نرخ خط تقریبی ۴۴/۵۸ Gbit/s را داراست و برای انتقال حداکثر چهار برابر ظرفیت سیگنال OTU2e طراحی شده است.
- OTU4 نرخ خط تقریبی ۱۱۲ Gbit/s را داراست و برای انتقال سیگنال ۱۰۰Gigabit Ethernet طراحی شده است.

علاوه بر این استانداردها، استانداردهای ODU نیز که مربوط به سیگنال‌های لایه سرور هستند نیز در توصیه‌های G709 موجود است:

- ODU0 نرخ خط تقریبی ۱/۲۴۴۱۶ Gbit/s را داراست که برای انتقال سیگنال 1000BASE-X و یا پکت‌های دیتا (از قبیل اترنت، MPLS یا IP) با استفاده از Generic Framing Procedure طراحی شده است.
- ODU1 نرخ خط تقریبی ۲/۴۹۸ Gbit/s را داراست و برای انتقال دو برابر ظرفیت سیگنال ODU0 یا STS-48/STM-16 و یا پکت‌های دیتا (از قبیل اترنت، MPLS یا IP) با استفاده از Generic Framing Procedure طراحی شده است.
- ODU2 نرخ خط تقریبی ۱۰/۰۳ Gbit/s را داراست و برای انتقال حداکثر تا هشت برابر ظرفیت سیگنال ODU0 یا چهار برابر ظرفیت سیگنال ODU1 یا سیگنال STS-192/STM-64 یا WAN PHY (۱۰GBASE-W) و یا پکت‌های دیتا (از قبیل اترنت، MPLS یا IP) با استفاده از Generic Framing Procedure طراحی شده است.

- ODU2e نرخ خط تقریبی ۱۰/۳۹۹ Gbit/s را داراست و برای انتقال سیگنال ۱۰ Gigabit Ethernet یا سیگنال کانال نوری۱۰GFC طراحی شده است.
- ODU3 نرخ خط تقریبی ۴۰/۳۱ Gbit/s را داراست و برای انتقال حداکثر سی و دو برابر ظرفیت سیگنال ODU0 یا حداکثر تا شانزده برابر ظرفیت سیگنال ODU1 یا حداکثر تا چهار برابر ظرفیت سیگنال ODU2 یا سیگنال STS-768/STM-256 و یا سیگنال Gigabit Ethernet ۱۰ و یا پکت‌های دیتا (از قبیل اترنت، MPLS یا IP) با استفاده از Generic Framing Procedure طراحی شده است.
- ODU3e2 نرخ خط تقریبی ۴۱/۷۸ Gbit/s را داراست و برای انتقال حداکثر چهار برابر ظرفیت سیگنال ODU2e طراحی شده است.
- ODU4 نرخ خط تقریبی ۱۰۴ Gbit/s را داراست و برای انتقال حداکثر هشتاد برابر ظرفیت سیگنال ODU2 یا حداکثر تا ۴۰ برابر سیگنال ODU3 یا سیگنال ۱۰۰ Gigabit Ethernet طراحی شده است.
- ODUflex (CBR) نرخ خط تقریبی ۲۳۸/۲۳۹ Gbit/s x client را داراست و برای انتقال سیگنال دارای نرخ بیت ثابت از قبل کانال نوری 8GFC InfiniBand یا اینترفیس رادیوی عمومی متداول طراحی شده است.
- ODUflex (CBR) هر نرخ خط پیکربندی شده را داراست و برای انتقال پکت‌های دیتا (از قبیل اترنت، MPLS یا IP) با استفاده از Generic Framing Procedure طراحی شده است.

این سیستم، شبکه‌ای باز است که همه اینترفیس‌های موجود و همه کاربری‌های متفاوت را که می‌توان در یک شبکهٔ باز مورد استفاده قرار داد، پشتیبانی نموده و انواع متفاوت مخابرات امروزی از قبیل مخابرات تلفنی، دیتا، تصویر و اترنت (LAN و اترنت گیگابیت) را با هم و بدون تداخل بر روی یک فیبر انتقال می‌دهد.

اگر نگاهی به مشکلات فعلی صنعت مخابرات، به‌خصوص در زمینهٔ سرویس‌دهی به کاربران بیندازیم، به اهمیت WDM بیشتر پی خواهیم برد. اولین چالش پیش روی صنعت مخابرات، افزایش روزافزون تقاضا برای سرعت‌های بالاتر و در نتیجه پهنای باند بیشتر است؛ به‌طوری که برخی اعتقاد دارند ظرفیت لازم برای شبکه، هر شش ماه، دو برابر می‌شود.

دومین چالش اساسی موجود، تکنولوژی‌های گوناگونی است که برای عملیاتی کردن و

استفاده از انواع شبکه به‌کار می‌روند؛ IP ATM و SONET از جمله این موارد هستند که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند و هر یک مزایای خاص خود را دارا هستند؛ اما هر یک به تجهیزاتی برای تبدیل به یکدیگر نیاز دارند.

با استفاده از شبکه‌های نوری و روش WDM می‌توان تا حد زیادی این مشکلات را برطرف کرد. با استفاده از این روش می‌توان به پهنای باندی تا ۱۶۰۰ گیگابیت در ثانیه دست یافت که با استفاده از این پهنای باند می‌توان بیش از ۳۰ میلیون تماس تلفنی را فقط با استفاده از یک فیبر منتقل کرد و مشکل تکنولوژی‌های متفاوت نیز به راحتی حل می‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات بر روی فیبر با استفاده از روش WDM بر روی طول موج‌های مختلفی ارسال می‌شود که مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند، لذا می‌توان به‌راحتی انواع مختلف تکنولوژی را در این زمینه مورد استفاده قرار داد و خدمات مختلفی نظیر صوت، تصویر، اطلاعات و مولتی مدیا را به کاربران ارایه کرد.

● راه حل‌های افزایش ظرفیت در شبکه‌های نوری

برای افزایش ظرفیت شبکه باید راه‌حلی انتخاب شود که اقتصادی باشد و کاربر را برای استفاده از آن ترغیب کند. اولین راهحلی که به ذهن می‌رسد، استفاده از تعداد بیشتری فیبر برای دسترسی به پهنای باند بالاتر است که این کار اصلاً به صرفه نیست؛ چرا که یک راه‌حل کاملاً سخت‌افزاری است که با صرف هزینه و وقت زیاد همراه است. ضمن آنکه استفاده از تعداد فیبر بیشتر الزاماً امکان ارایهٔ خدمات جدید را برای کاربران فراهم نمی‌آورد. راه حل دوم افزایش سرعت، استفاده از مالتی‌پلکسینگ زمانی TDM است که با تقسیم‌بندی زمانی امکان ارسال اطلاعات بیشتر را بر روی فیبر فراهم می‌آورد.

این روش به‌طور معمول بر روی شبکه‌های فعلی مخابرات استفاده می‌شود؛ اما افزایش ناگهانی سرعت با این روش امکان‌پذیر است. بنابر استانداردی که تعریف شده است گام بعدی، دسترسی به سرعت ۴۰ گیگابیت بر ثانیه پس از ۱۰ گیگابیت بر ثانیه است که دستیابی به آن تنها با روش TDM است که در آیندهٔ نزدیک امکان‌پذیر نخواهد بود و مستلزم پیشرفت تکنولوژی ساخت قطعات الکترونیکی است. روش TDM هم‌اکنون در شبکه‌های انتقال براساس SONET به‌کار می‌رود که استاندارد آمریکای شمالی و

همچنین اســتاندارد SDH که اســتاندارد بین‌المللی است. قابل ذکر است که SONET و SDH استانداردهایی هستند که برای سیگنال های دیجیتالی تعریف شده‌اند و سرعت ارتباطات، ساختار بسته‌ها و رابط‌های نوری را استاندارد می‌کنند.

راه حل سومی نیز برای ارایه دهندهٔ خدمات وجود دارد و آن استفاده از روش WDM است. در این روش، به هر یک از سیگنال‌های نوری ورودی، یک طول موج و یا یک فرکانس خاص داده می‌شود و سپس تمام سیگنال ها بر روی یک فیبر ارسال می‌شوند. از آنجا که هر یک از این طول موج‌ها مســتقل از یکدیگر هســتند و بر روی هم هیچ‌گونه تأثیری ندارند، این امکان را به ISPها می‌دهند تا از امکانات موجود شبکه به‌طور بهینه بهره بگیرند و بتوانند از تکنولوژی‌های مختلف استفاده کنند.

در واقــع، WDM چندین ســیگنال نــوری را ترکیــب می‌کند و آنها را بــه صورت یک مجموعه، تقویت و ارســال می‌کند که این امر موجب افزایش ظرفیت خواهد شــد. هر یک از این ســیگنال‌ها می‌توانند ســرعت‌های مختلف و فرمت‌های گوناگون داشــته باشند؛ اما آنچه که WDM را شاخص و مفید ساخته است، تقویت کننده‌هایی هستند که سیگنال نوری را بدون تبدیل به سیگنال الکتریکی تقویت می‌کنند. این تقویت کننده‌ها پهنای باند مشــخصی دارند و در این پهنای باند می‌توانند تــا ۱۰۰ طول موج را تقویت کنند. تقویت کننده‌های EDFA و DBFA از جمله این تقویت کننده‌ها هســتند که به‌ترتیب در باند طول موجی ۱۵۶۰ ۱۵۳۰ و ۱۶۱۰ ۱۵۲۸ نانومتر استفاده می‌شوند.

به‌طور کلی می‌توان خصوصیات روش WDM را به‌صورت زیر برشمرد:

- فراهم آوردن سرعت‌های بالا بر روی یک فیبر تکی
- امکان استفاده از تجهیزات فعلی شبکه
- امکان اســتفاده از فرمت‌های متفاوت نظیر IP، SONET و ATM با سرعت‌های متفاوت
- ارایهٔ خدمات جدید به کاربران براساس اختصاص طول موج (که روشی کاملاً نرم افزاری است.)

گام بعدی افزایش ظرفیت، استفاده همزمان از دو روش WDM و TDM است. در روش TDM، افزایش ظرفیت با افزایش ســرعت بر روی یک خط ارتباطی انجام می‌شــود؛ در

حالی که در روش WDM، این کار با استفاده از طول موج‌های مختلف و در واقع افزایش خطوط ارتباطی صورت می‌گیرد. بنابراین با ترکیب این دو روش می‌توان به ظرفیت بالاتر بر روی یک فیبر دست یافت و این امکان را همواره فراهم آورد تا با پیشرفت تکنولوژی ساخت قطعات الکترونیکی، آن را به طور مؤثری در افزایش سرعت شبکه‌های نوری به‌کار گرفت.

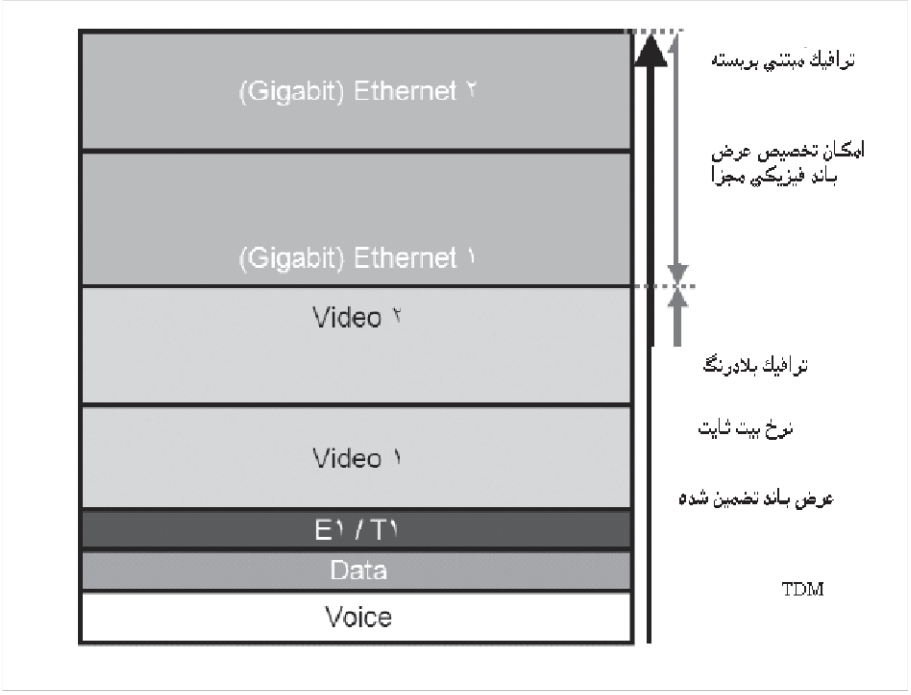
همان‌طور که گفته شد محیط انتقال در شبکه‌های نوری، فیبر نوری است و باند طول موجی که می‌توان برای ارسال اطلاعات استفاده کرد بین ۱۲۶۰ تا ۱۶۲۵ نانومتر، یعنی پنجره‌های دوم و سوم مخابرات نوری است. لازم به ذکر است که پنجرهٔ اول مخابرات نوری در طول موج ۸۵۰ نانومتر و پنجره‌های دوم و سوم به ترتیب در طول موج های ۱۳۰۰ نانومتر با کمترین پاشندگی و ۱۵۵۰ نانومتر با کمترین تلفات هستند. این باند طول موجی که از آن برای انتقال اطلاعات بر روی فیبر استفاده می‌شود، به ۵ باند (جدول ۲-۱)، تقسیم می‌شود که در روش‌های مختلف WDM به‌کار گرفته می‌شوند.

جدول۲-۱- باندهای طول موجی انتقال اطلاعات بر روی فیبر

نام باند	محدوده طول موج برحسب نانومتر
O-Band	1260-1360
E-Band	1360-1460
S-Band	1460-1530
C-Band	1530-1565
L-Band	1565-1625

برای استفاده حداکثری از ظرفیت فیبر در روش WDM باید فاصلهٔ بین طول موج‌هایی را که برای انتقال اطلاعات استفاده می‌شود، کم کرد تا اطلاعات بیشتری را بر روی یک فیبر ارسال نمود.

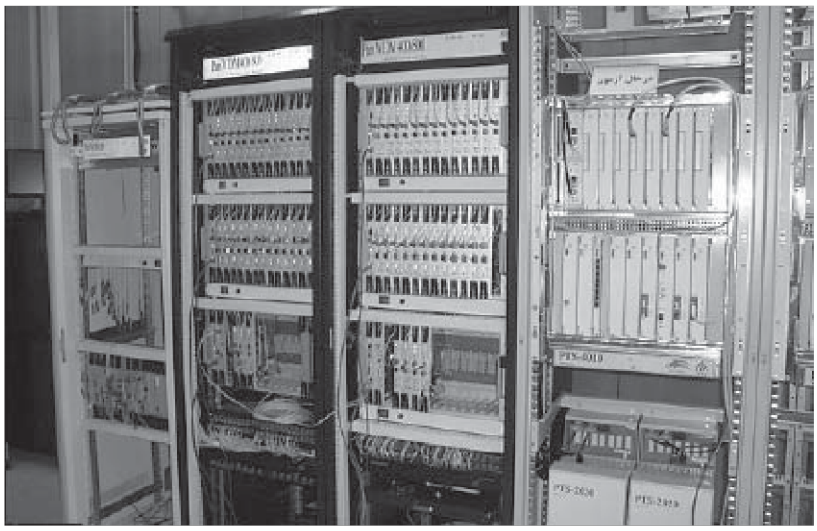
OTN در متروها و خطوط ریلی سبک، پلها، خطوط لوله، مجموعه‌های پتروشیمی، فرودگاهها، تونل‌ها، مکان‌های نظامی، بزرگراه‌ها، نیروگاه‌های برق و بنادر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم در سه عرض باند متفاوت 2500Mb،600Mb و 150Mb موجود است.



شکل ۲-۴- ادغام ترافیک بست‌های و ترافیک TDM در سیستم OTN

● روش مالتی پلکسینگ DWDM و CWDM

روش DWDM در اوایل دهه ۱۹۹۰ مطرح شد تا از فیبر برای انتقال اطلاعات در فواصل دور و شـــبکه‌های گسترده، بهره گرفته شـــود. در روش DWDM فاصلهٔ بین کانال‌ها که برای ارســـال اطلاعات استفاده می‌شـــود، ۰/۲ نانومتر است و هر کانال پهنای باندی تا ۱۰ گیگابیت در ثانیه را برای کاربران فراهم می‌آورد.



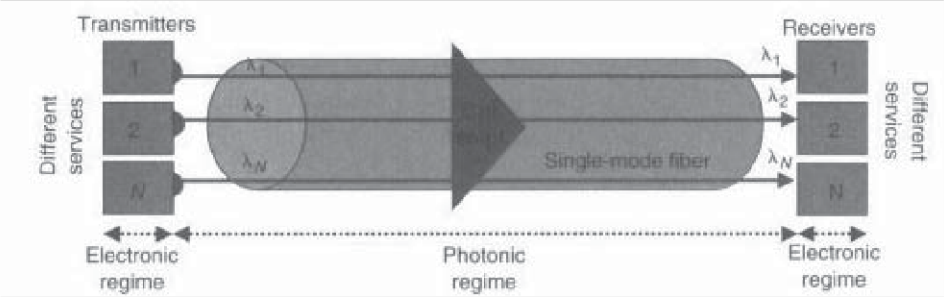
شکل۲-۵- یک نمونه سیستم DWDM

ایـــن روش در بانـــد C و L به کار می رود و بین ۳۲ تـــا ۱۶۰ کانال را ایجاد می‌کند که با این تعداد کانال می‌توان به پهنای باند ۱۶۰۰ گیگابیت در ثانیه دســـت یافت. لازم به ذکر اســـت این روش فقط برای ارســـال اطلاعات برای فواصل دور مناسب است؛ زیرا تجهیزات جانبی این روش مانند نوع فیبر، لیزر، تکرارکننده ها و... از خصوصیاتی برخوردار هســـتند کـــه میزان هزینه را به شـــدت افزایش می‌دهند، به طوری که قیمت تمام شـــده برای هر کانال فقط برای ارسال اطلاعات به فواصل دور و شبکه های WAN به صرفه خواهد بود. اگر بخواهیم این روش را در مناطق شهری و شبکه های Metropolitan و LAN به کار ببریم، هزینهٔ تمام شـــده برای هر کاربر بســـیار زیاد خواهد بود و به تبع آن تقاضای استفاده از آن نیز کاهش می‌یابد. این مشـــکلی بود که در اواخر دهه ۱۹۹۰ و سال ۲۰۰۰ بسیاری از شـــرکت های ارایهٔ دهندهٔ خدمات با آن روبه‌رو بودند. در این زمان روش CWDM که در ابتدای دههٔ ۱۹۸۰ مطرح شده بود، مجدداً مورد توجه قرار گرفت. تفاوت اساسی CWDM با DWDM در فاصلهٔ بین کانال‌هاست.

در روش CWDM فاصلـــهٔ بیـــن کانال‌ها ۲۰ نانومتر اســـت و در باندهـــای C ، S ، E ، O و L بـــه کار گرفتـــه می‌شـــوند. در این محدوده، طـــول موجی با ۸ تا ۱۶ کانـــال فراهم می‌آورد کـــه هـــر یک پهنـــای باندی تـــا ۲/۵ گیگابیـــت در ثانیـــه (مطابـــق بـــا ۱۶STM) دارند و

می‌تـوان بـه پهنای باندی تـا ۴۰ گیگابیـت در ثانیه بـر روی یک فیبر تکی دسـت یافت. اما آنچه که امروزه باعث شده است تا CWDM بسیار مورد توجه قرار گیرد، هزینهٔ بسیار کم آن نسـبت به DWDM است. روش CWDM که به‌طور گسترده در راه‌اندازی شبکه های FTTH و FTTC به‌کار گرفته می‌شود، تا فاصله ۷۰ کیلومتری به هیچ تکرارکننده‌ای برای ارسال اطلاعات با کیفیت مناسب نیاز ندارد و تا فاصله ۲۰۰ کیلومتری که فاصلهٔ مناسب برای اسـتفاده از روش CWDM اسـت، فقط به دو تکرارکننده در فواصل ۷۰ و ۱۴۰ کیلومتری نیاز اسـت که مزیت بیشتری نسبت به DWDM محسوب می‌شـود. می‌توان در این روش از تقویت‌کننده‌هـای EDFA در طول مـوج ۱۶۱۰۱۵۳۰ نانومتر بهره برد. همچنین قیمت فرستندهٔ گیرنده و فیلتر در CWDM به ترتیب حدود ۲۵ درصد و ۵۰ درصد قیمت آنها در DWDM است.

از دیگـر مزیت‌هـای روش CWDM می‌توان بـه قیمت کم لیزر تا یک سـوم لیزرهای DWDM و قابلیت مجتمع سـازی تجهیزات آن اشـاره کرد. با توجه به خصوصیاتی که ذکر شـد، هزینهٔ تمام شـده برای هر کانال در CWDM بین ۴۰ تا ۵۰ درصد ارزانتر از هزینهٔ تمام شـده برای هر کانال در روش DWDM اسـت؛ ضمن اینکه راه حل مناسبی برای کاربردهایی با تعداد کانال کم اسـت و برای تبدیل آن از یک سیسـتم تک کانال به چند کانال، هزینهٔ کمی را دربرمی‌گیرد.



شکل۲-۶- سیستم DWDM با تعداد زیادی کانال طول موج در یک فیبر

▪ استانداردهای تکنولوژی DWDM

مهم‌ترین استانداردهای بین‌المللی اصلی در تکنولوژی DWDM توسط مؤسسات مختلفی

تدوین شـــده است؛ مؤسســـاتی همچون: ITU-T و ITU-R، مؤسسه Bellcore (یک مؤسســـه آمریکایی است که یکسری اســـتانداردها و توصیه‌ها را تدوین می‌نماید)، مؤسسهٔ استانداردهای ملی آمریکا(ANSI)، مؤسسه استانداردسازی فرانسه(AFNOR)، مؤسسه اســـتاندارد انگلستان(BSI)، مؤسســـهٔ اســـتاندارد آلمان (DIN)، انجمن استانداردسازی سیســـتم‌های اطلاعات و مخابرات (ECMA)، انستیتیو استانداردسازی مخابرات راه دور اروپا (ETSI)، انجمن مهندســـین الکترونیک (IEEE)، مؤسسهٔ استانداردهای بین‌المللی (ISO) و CENELEC.

۲-۲-۲- سیستم‌های مبتنی بر IP [1]

پروتـــکل IP معروف‌ترین و متداول‌ترین پروتکل ســـوئیچینگ بســـته‌ای اســـت. در زمینهٔ انتخاب سیســـتم انتقال - هنگامی که بحث انتخاب IP مطرح می‌شود- دو گزینه به ذهن می‌رســـد؛ اول IP به عنوان بســـتر کلی انتقال و یا اســـتفاده از IP به صورت محدودتر در بخش‌هایی از شبکهٔ مخابراتی.

۲-۲-۲-۱- IP به عنوان حامل انتقال

اســـتفاده از IP به‌عنوان یک گزینه در شـــبکه‌های مخابراتی خصوصی برای انتقال گسترهٔ گوناگونـــی از اطلاعات نظیر صـــوت ، تصویر و دیتا نیز امروزه گزینـــه‌ای پر طرفدار بوده و بـــا راه‌حلهای مبتنی بر ســـوئیچینگ مداری رقابت می‌کند. در این راســـتا پروتکل IPv6 به گونه‌ای تنظیم گردیده که با اعمال تغییرات وســـیع در IPv4 قبلی، بســـیاری از نقاط ضعف پروتکل سابق را برطرف نموده و می‌تواند گزینهٔ مناسبی برای جایگزنی سیستم‌های سوئیچینگ مداری در شبکه‌های خصوصی محسوب شود.

در صورت استفاده از سیستم‌های مبتنی بر IP، بهترین گزینه تکنولوژی RPR[2] است. این سیستم در حقیقت یک شبکهٔ حلقوی اترنت مطابق استاندارد IEEE 802.17 مبتنی بر تکنولوژی حفاظت MSP [3](حفاظت مورد اســـتفاده در حلقه SDH[4]) می‌باشد و در واقع از SDH اقتباس شـــده اســـت تا انعطاف پذیری حلقهٔ اترنت را در تصحیح مسیر اطلاعات

1- Internet Protocol (IP)
2-Resilient Protocol Ring (RPR)
3- Multiplex Sectiex Protection (MSP)
4- Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

در صورت قطع فیبر تأمین نماید؛ ضمن اینکه از مزایای سیستم اترنت در استفادهٔ بهینه از کل پهنای باند موجود برخوردار است و ایرادات اترنت را نیز در رابطه با مشکل انسداد[1] و نیز توزیع مناسب پهنای باند[2] را تا حد زیادی برطرف می‌کند. این سیستم قادر است تا ۱۰Gbps را پشتیبانی نماید.

اما IP برای انتقال داده‌های بلادرنگ از جمله صوت و تصویر، در زمینهٔ تضمین QoS با محدودیت‌هایی روبروست و در صورت استفاده از IP در شبکه‌های مخابرات ریلی، نیاز است که برای انتقال اطلاعات بلادرنگ، از تجهیزات VOIP [3] و برای انتقال بلادرنگ خطوط TDM قدیمی مانند ترانک‌های PBX و یا اینتگره شدن با سیستم‌های انتقال موجود به ناچار از اینترفیس‌های Circuit Emulation استفاده شود که این روش، انتقال دیتای TDM را با QoS قابل قبول بر بستر IP تأمین می‌نماید و امکان لینک شدن با سیستم‌های انتقال قبلی را نیز مهیا می‌سازد. این روش با توجه به حجم و پراکندگی اطلاعات بلادرنگ گزینهٔ پرهزینه‌ای محسوب می‌گردد.

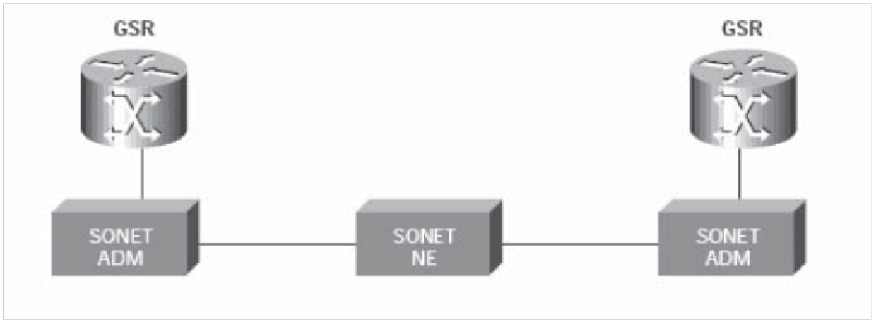
۲-۲-۲-۲- ارسال بسته‌ای از طریق SDH [4]

به طور کلی با توجه به ماهیت حیاتی بودن اطلاعات سیگنالینگ در شبکه‌های ارتباطی خطوط ریلی و به دلیل حجم زیاد اطلاعات بلادرنگ (مانند اطلاعات تصویری دوربین‌های ایستگاه‌ها و سایر اماکن)، استفاده از IP به‌صورت مطلق بهترین گزینه نیست، اما استفاده از IP در قسمتهای لبهٔ شبکه، گزینهٔ مناسبی محسوب می‌شود و در این موارد می‌توان از راه حل ترکیبی packet-over-SDH استفاده کرد. در واقع در لبه‌های شبکه که در اینجا ایستگاه‌ها، پستهای برق و سایر اماکن مترو هستند شبکه‌های کوچک محلی تعریف می‌شوند که از طریق یک روتر که اینترفیس PoS را پشتیبانی می‌نماید به حلقه SDH متصل می‌گردد.

رایج‌ترین کاربرد اینترفیس‌های PoS، اتصال شبکه‌های WAN به شبکه‌های SDH است. این استاندارد بخشی از استاندارد IEEE 802.17 است و در استاندارد RFC 2615 نیز تعریف شده است. این روش علاوه بر ارائهٔ بستر انتقال بلادرنگ برای اطلاعات

1- congession
2- Fairness
3- Voice Over IP
4- Packet Over SDH (pos)

حیاتی مانند اطلاعات سیگنالینگ، امکان استفاده از خدمات و مزیت‌های فراوان IP را در لبه‌های شبکه (ایستگاه‌ها، پست‌ها، مراکز فرمان و کنترل) فراهم ساخته و نیز امکان بهره‌گیری از برتری‌های مدیریتی این پروتکل را نیز در سطح کل شبکه و به‌صورت مرکزی در دسترس قرار می‌دهد.



شکل ۲-۷- هم‌شبکه شدن روترهای مجهز به PoS از طریق خطوط SDH

بنابراین در صورت استفاده از IP، برای پشتیبانی سرویس‌های TDM از طریق بستر انتقال IP می‌توان با بهره‌گیری از مسیریاب های برخوردار از قابلیت PoS و اتصال شبکه‌های کوچک حاصله به حلقهٔ SDH، از قابلیت‌های هر دو نوع سوئیچینگ مداری و بسته‌ای به‌صورت بهینه استفاده کرد. این روش در حقیقت می‌تواند نوعی استفادهٔ خاص از سیستم انتقال SDH محسوب شود.

۲-۳- ارتباطات رادیویی پیشرفته

طراحان و سازندگان شبکه‌های مخابراتی همواره سعی می‌کنند تا از کلیهٔ فن‌آوری‌های روز دنیا در ایجاد شبکه‌های ارتباطی بهره ببرند تا ضمن کاهش هزینه‌ها، مشخصه‌های کیفیت، سرعت، دقت و قابلیت اطمینان را افزایش دهند. در طول سالیان اخیر همواره طراحان برای توسعهٔ هر چه سریع‌تر و بهتر شبکهٔ مخابرات سعی نموده‌اند تا به‌نحو احسن از دو فن‌آوری فیبر نوری و رادیو استفاده نمایند. شبکهٔ فیبر نوری به‌دلیل اینکه قادر است پهنای باند فوق‌العاده زیادی را منتقل کند به عنوان گزینه‌ای مناسب برای شاه‌راه‌های ارتباطی مورد استفاده قرار گیرد، از طرفی قابلیت‌ها و امکانات بسیار زیاد تجهیزات

رادیویی باعث شـــده تا این تجهیزات در شبکه‌های زیر ساخت به عنوان مکمل شبکهٔ فیبر نوری استفاده گردد.

۲-۳-۱- شبکه‌های رادیویی دیجیتال

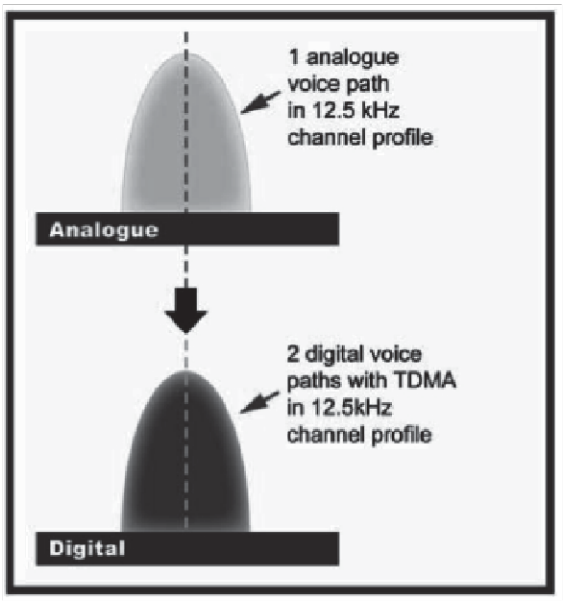
شـــرکت‌های راه‌آهن دارای نیازهای مخابراتی و ارتباطی متفاوتی برای حفظ و نگهـــداری شبکه‌های خود هستند. امروزه این نیازها با توجه به تقاضای کاربران راه‌آهنی جهت ارسال دیتا و یا صوت، به‌وســـیله سیســـتم‌های مختلفی ایجاد می‌گردند. جایگزینی سیستم‌های قدیمی با تکنولوژی‌های پیشـــرفته و جدید علاوه بر افزایش قابلیت‌ها و کارایی سیســـتم، هماهنگی و تقابل بین‌المللی را پیش‌روی شبکه‌های ریلی قرار می‌دهد.

شـــروع کاربرد مخابرات رادیویی در راه‌آهن بر اساس سیستم‌های موبایل اختصاصی مانند سیســـتم‌های مورد اســـتفادهٔ نظامی و خدمات اضطراری بوده اســـت و شـــاید با شروع کار حمـــل و نقل ریلی که تنها ارتباطات بین ایســـتگاهی از طریق تلگـــراف برقرار می‌گردید، تصور نمی‌شد زمانی مخابرات ریلی به عنوان رکن اساسی ایجاد ایمنی، حفظ و نگهداری شـــبکه‌های خط آهن و سرویس‌دهی به پرسنل و مسافرین، نقش مهمی در توسعهٔ صنعت ریلی ایفا نماید.

با گذشت زمان و پیشرفت فن‌آوری‌های مخابراتی، شبکه‌های رادیویی آنالوگ برای برقراری ارتباط صوتی بین پرسنل نگهداری، مانور، حراستی و سیر و حرکت به صنعت ریلی معرفی شـــد اما ضعف سیستم‌های آنالوگ در انتقال دیتا و عدم اســـتفادهٔ بهینهٔ این سیستم‌ها از فضای فرکانسی، موجب رویکرد شرکتهای راه‌آهن به شبکه‌های رادیویی دیجیتال گردید. در شـــبکه‌های سلولار ترانک، ســـطوح پوشش کوچکتری به‌نام ســـلول به‌جای یک سطح پوشش بزرگ ایجاد می‌شـــود. در این شبکه‌ها به‌دلیل اینکه کانال‌ها برای استفادهٔ شخص خاصی تعریف نشـــده‌اند، می‌توان به‌طور مســـاوی و مداوم از آنها استفاده نمود و امکان به اشتراک گذاشته شدن منابع فرکانسی مهیا شده است؛ در نتیجه تعداد بیشتری از کاربران خواهند توانســـت از خدمات شـــبکهٔ رادیویی استفاده کنند و به‌علت ساختار سلولار شبکهٔ ترانک محدودیت شعاع پوشش برطرف می‌گردد.

در سیستم‌های ترانک، هنگام شروع مکالمهٔ هر گروه، قسمت کنترل مرکزی سیستم کانال

رادیویی در دسترس را به‌طور دینامیکی معین می‌کند. بدین‌ترتیب سیستم‌های ترانک، در مقایسه با سیستم‌های سنتی، استفادهٔ بهینه‌تری از طیف فرکانس به‌عمل می‌آورند.
در این سیستم، کنترل و عیب‌یابی توسط سیستم مدیریت انجام می‌پذیرد. مزیت اصلی سیستم‌های ترانک، کارایی بیشتر در استفاده از کانال‌های رادیویی است. این امر باعث کاهش حساسیت سیستم به بار ترافیکی زیاد شده و باعث بهبود کیفیت سرویس[1] می‌گردد. به‌علاوه، سیستم ترانک دارای لایهٔ مدیریتی است که در ادارهٔ سیستم رادیویی مورد استفادهٔ مشترک توسط سازمان‌های مختلف بسیار مفید است.
از لحاظ چگونگی ارسال صوت و دیتا، شبکه‌های ترانک به دو دستهٔ آنالوگ و دیجیتال تقسیم می‌شوند. در شبکه‌های آنالوگ، صوت به‌صورت آنالوگ ارسال می‌شود و قابلیت اصلی این شبکه‌ها ارایهٔ سرویس‌های صوتی می‌باشد. البته سیستم‌های آنالوگ به‌صورت محدود قابلیت ارسال دیتا را نیز دارند. در حالی‌که در فن‌آوری دیجیتال، صوت و دیتا به‌صورت دیجیتال ارسال می‌گردند. فن‌آوری دیجیتال امکان اجرای الگوریتم‌های تصحیح خطا را می‌دهند که موجب می‌شود کیفیت مکالمات بر خلاف سیستم‌های آنالوگ با زیاد شدن فاصله کاهش نیابد.



شکل ۲-۸- مقایسه سطح پوشش شبکه‌های آنالوگ و دیجیتال

1- QoS

در سال‌های اخیر شبکه‌های رادیویی دیجیتال مختلفی به بازار معرفی شده است. اهم این فن‌آوری‌ها عبارتند از:

● GSM-R

این شبکه با توجه به موفقیت گستردهٔ شبکهٔ مخابراتی بی‌سیم GSM در کشورهای مختلف بر مبنای استاندارد GSM طراحی شده است و علاوه بر ارائهٔ محدودهٔ وسیعی از سرویس‌ها و توانایی هماهنگی بین‌المللی، دارای ویژگی‌های اضافی مانند مکالمات گروهی، سرعت نسبتاً زیاد برقراری مکالمات اضطراری، پخش همگانی مکالمات و قابلیت اولویت بندی مکالمات می‌باشد. وجود این ویژگی‌ها در شبکهٔ مخابراتی راه‌آهن ضرورت دارد. این شبکه در تعامل مستقیم با سیستم اروپایی کنترل قطارETCS می‌باشد. ETCSبر اساس ارسال سیگنال‌های کنترل از مرکز کنترل رادیویی قطار به قطار توسط GSM-R کار می‌کند.

● TETRA

استاندارد TETRA از نوع باز[1] و برای رادیوی ترانک دیجیتال زمینی تهیه شده است. وجود ویژگی‌هایی مانند برقراری سریع مکالمات، امکان ارسال همزمان صوت و دیتا، مکالمه گروهی و امنیت زیاد انتقال دیتا، این فن‌آوری را در شبکهٔ مخابراتی راه‌آهن قابل استفاده ساخته است.

● APCO25

این فن‌آوری امکان ایجاد شبکه با قابلیت حمل صوت و دیتا را برای کاربران رادیوی سیار زمینی فراهم می‌سازد. APCO25 در آمریکا ایجاد شده و در سال ۲۰۰۲، اتحادیهٔ راه‌آهن آمریکا بر اساس توصیهٔ ادارهٔ حمل و نقل آن کشور استفاده از آن را در ارتباطات راه دور شبکه‌های راه‌آهن خود پذیرفته است. این سیستم در حقیقت مجموعه‌ای از استانداردهای ارتباطی را ارایهٔ می‌دهد که بخشی از آنها اجباری و بخشی اختیاری می‌باشند. بر این اساس هر طراح سیستم بر اساس نیازهای خود بخش‌هایی را به‌کار می‌برد و از آن استفاده می‌کند. از این‌رو تمامی سیستم‌های APCO25 در مواردی با یکدیگر مشترک هستند؛ برای مثال همهٔ آنها از پروتکلی به‌نام CAI استفاده می‌کنند. هدف از تهیه استانداردهای

1- Open standard

APCO 25 توسط آژانس‌های محلی، دولتی و فدرال آمریکا تأمین نیازهای سازمان‌های ایمنی عمومی است و بیش از ۹۰ درصد استفاده‌کنندگان از این سیستم در آمریکای شمالی هستند و به‌صورت بین‌المللی مطرح نشده است.

● DMR

مشخصات استاندارد DMR توسط مؤسسه استانداردسازی اروپایی ETSI تهیه شده و بر مبنای تجهیزات PMR می‌باشد. این استاندارد امکان اضافه کردن قابلیت‌های سیستم دیجیتال به سیستم آنالوگ را تعریف می‌کند، به‌طوری‌که گذر نرم و مطمئنی بین دو شبکه ایجاد می‌نماید. برای این منظور تکرارکننده‌های DMR با فن‌آوری دو استاندارد طراحی می‌شود که قابلیت کار خودکار در هر دو حالت آنالوگ و دیجیتال را داراست. این شبکه از روش دسترسی TDMA استفاده می‌نماید.

۲-۳-۱-۱- شبکهٔ رادیویی ترانک دیجیتال GSMR

در سال ۱۹۹۳ راه‌آهن‌های اروپایی تحت نظر اتحادیهٔ UIC توافق نمودند که یک سیستم ارتباطی برای صوت و دیتا بر مبنای استاندارد GSM ارایه نمایند. بنابراین سیستم GSM-R بر مبنای شبکه سلولار موبایل و برای راه‌آهن سراسری اروپا طراحی شده است. UIC در مراحل اولیه متوجه شد که وجود باند فرکانسی مشترک برای کارکرد موثر سیستم ارتباطی راه‌آهن در موقع عبور از مرزها ضروری است. با توجه به‌این‌که باند ۴۵۰ و ۴۶۰ مگاهرتز مورد استفادهٔ بیشتر سیستم‌های ارتباطی راه‌آهن قرار گرفته بود و فرکانس آزاد برای تخصیص در این باند با هدف گسترش کاربردهای رادیویی وجود نداشت، بنابراین باند ۹۰۰ مگاهرتز به‌دلیل انتشار امواج رادیویی و سیستم‌های در دسترس، مناسب‌ترین باند برای شبکهٔ ارتباطی جدید تعریف شد.

به‌منظور ادامهٔ بررسی‌های تخصصی و تهیهٔ مشخصات لازم و پیشنهادی شبکه، از طرف UIC یک گروه کاری به‌نام EIRENE ایجاد گردید. مشخصات تهیه شده توسط EIRENE، تعریف استاندارد رادیوی دیجیتال برای راه‌آهن اروپا بر مبنای استاندارد GSM از مؤسسهٔ ETSI است.

MORENE نیز کنسرسیومی بود متشکل از اپراتورهای راه‌آهن، سازندگان GSM و

سازمان‌های تحقیقاتی که برای تعیین، ساخت، آزمایش و تأییدیه نمونه‌های یک شبکهٔ GSM-R بر اساس مشخصات EIRENE تشکیل شد.

EIRENE و MORENE هر کدام یک سری مشخصات را تهیه نمودند تا راه‌آهن‌ها بتوانند محصولات GSM-R مورد تأیید و هماهنگ با نیازهای تقابل بین‌المللی را خریداری نمایند. قابل ذکر است که افزودن نیازهای ملی هر راه‌آهن در خصوص سیستم‌ها و عملکرد آنها مورد توجهٔ این گروه‌ها نیست. در مشخصات ارایه شده توسط هر دو گروه سرفصل‌های مشترکی وجود دارد با این تفاوت که MORANE در بعضی قسمتها بیشتر به جزئیات پرداخته و نتایج تست عملی انجام شده در فرانسه، ایتالیا و آلمان را نیز ارایه کرده‌است.

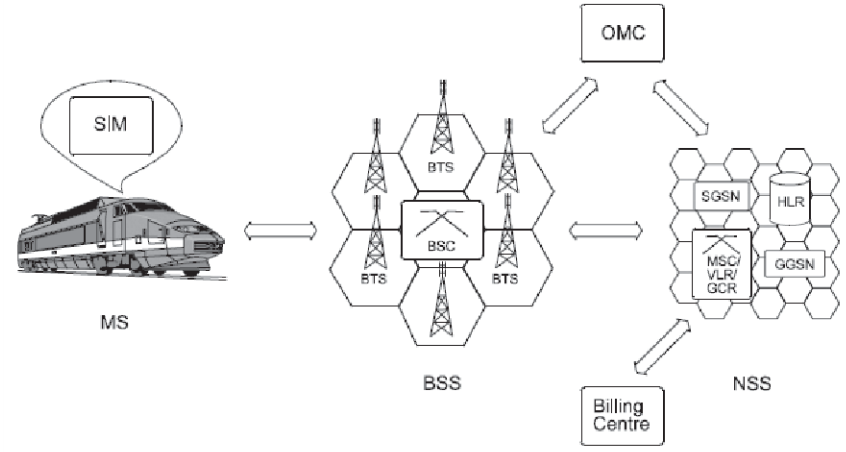
بر اساس مشخصات EIRENE عناصر اصلی سیستم ارتباط رادیویی جهت کاربردهای راه‌آهن با ساختار GSM (شکل۲-۹) شامل موارد ذیل می‌باشد:

- زیر سیستم ایستگاه تکرارکننده[1] که شامل تعدادی دستگاه فرستنده و گیرنده[2] و کنترل کننده[3] است.
- زیر سیستم شبکه[4] که از طریق واسط GSM با تکرارکننده در تماس است. این قسمت شامل مرکز سوئیچینگ موبایل[5] با وظیفهٔ اولیهٔ کنترل تماس می‌باشد. مرکز سوئیچینگ موبایل[6] نیز شامل مرکز تعیین اعتبار(AUC)، مرکز ثبت مکان کاربران مهمان (VLR) دربردارندهٔ اطلاعات موقت کاربران فعال در محوطهٔ مرکز سوئیچینگ موبایل، مرکز ثبت تماس‌های گروهی(GCR) در بردارندهٔ ویژگی گروه‌های صوتی و ساختار تماس‌های پخشی در محوطه مرکز سوئیچینگ موبایل و مرکز ثبت مکان دائم(HLR) در بردارندهٔ جزئیات کاربران به‌صورت دائمی است.
- تجهیزات موبایل (ME) که از طریق واسط هوایی با تکرارکننده‌ها در ارتباط هستند.
- ماژول شناسایی کاربر(SIM) که اطلاعات مشخصهٔ هر کاربر را در بردارد. مجموعهٔ تجهیز موبایل و ماژول شناسایی کاربر را ایستگاه موبایل (MS) می‌نامند.

1- base station
2- transceivers
3- BSCs
4- NSS
5- MSC
6- MSC

- مرکز عملکردی و پشتیبان (OMC) برای مدیریت شبکه
- مرکز صدور صورتحساب (billing)
- GPRS
- واسطهای تجهیزات راه‌آهن (مثل سیستم سیگنالینگ) و سایر تجهیزات

سیگنالینگ داخل زیر سیستم شبکه (NSS) و بین سایر NSS ها از پروتکل MAP، استاندارد SS7 استفاده ویژه می‌کند. همچنین شبکه می‌تواند شامل مرکز سرویس پیام کوتاه نیز باشد.



شکل۲-۹-ساختار یک نمونه شبکهٔ GSMR

● استاندارد EIRENE

مشخصات تعریف شده توسط گروه کاری EIRENE، همان‌طوری‌که در ابتدای این بخش گفته شد برای تأمین نیازهای ارتباطی راه‌آهن‌های اروپا ارایه شده است. این مشخصات، ارتباطات صوت و دیتای ایستگاه‌های ثابت به قطار و نیازهای ارتباطی متحرک زمینی کارکنان کنار ریل‌ها، ایستگاه‌ها و کارمندان دپو و دفتر راه‌آهن را تبیین نموده است. کاربرد این مشخصات ارتباط بین قطارها و کارکنانی را تضمین می‌نماید که از مرزهای کشوری و سایر مرزهای بین سیستم‌ها عبور می‌کنند. همچنین این مشخصات تا حد ممکن مسائل اقتصادی در رابطه با سازندگان تجهیزات را نیز در نظر گرفته است.

مشخصات EIRENE شامل موارد ذیل است:

- مشـــخصات مربوط به نیازهای عملکردی که با مشخصهٔ E-FRS شناخته می‌شود یک سری نیازهای عملکردی ســطح بالا برای سیستم رادیویی راه‌آهن سراسری را همراه با تضمین عملکرد هستهٔ مرکزی شبکهٔ راه‌آهن عنوان می‌کند.
- مشخصات مربوط به نیازهای سیستم که با مشخصهٔ E-SRS شناخته می‌شود یک سری نیازهای فنی و محدودیت‌هایی جهت تضمین ارتباط بین شبکه‌های سراسری راه‌آهن اســت. این مشخصات شامل معماری سیستم‌های داخل قطار و کنار ریل‌ها با در نظر گرفتن مشــخصات مشروحی است که واسط‌های استاندارد شده را تعریف نموده اســت. E-SRS شامل بیشینهٔ اطلاعات و مشــخصات کلیدی برای کارکرد بین‌المللی بین شبکه‌هاست.

موضوعاتی که برای هر بخش در E-SRS در نظر گرفته شده به‌طور خلاصه عبارتند از:

● سرویس‌های شبکه

طراحی شبکه: در این بخش مشخصات و اطلاعات مربوط به طراحی یک شبکهٔ GSM-R آمده که دســتورالعمل‌هایی در رابطه با ســطوح کارایی شــبکه در مورد پوشش GSM، hand-over و انتخــاب ســلول، مدت زمان مورد نیاز برای برقــراری مکالمه و ارتباطات گروهی و پخش همگانی ارائه می‌کند.

مشــخصات تجهیزات متحرک: در EIRENE سه نوع بی‌سیم متحرک مشخص گردیده که نیازمندی‌های آنها توسط چهار بخش مجزا در مشخصات فنی سیستم به‌شرح زیر آمده است:

- مشخصات اصلی شامل: سرویس‌های اولیه، تسهیلات و ویژگی‌هایی که یک بی‌سیم سازگار با مشخصات EIRENE باید برای ارتباط بین شبکه‌ها دارا باشد.
- مشــخصات بی‌ســیم داخل لوکوموتیو که مشــخصات جزئی نیازهای یک بی‌سیم داخل لوکوموتیو را تعیین می‌کند. این امکانات نیازهای سیســتم را برای بی‌سیم و اینترفیس مربوطه تعیین کرده و چگونگی عملکرد را ارایه می‌کند.
- بی‌ســیم مربوط به اســتفادهٔ عام کــه عملکردها و مشــخصات فیزیکی ســازگار با EIRENE را برای استفاده عام تعیین می‌نماید.

- بی‌سیم عملیاتی، که عملکردها و مشخصات فیزیکی سازگار با EIRENE را برای استفادهٔ عام و همچنین استفاده جهت عملیات مربوط به راه‌آهن ارائه می‌دهد.

شکل۲-۱۰- یک نمونه بی‌سیم دستی GSMR در بلژیک

- طرح شماره‌گذاری و مسیریابی مکالمه که موارد زیر را شامل می‌شود:
  - نیازهای شماره‌گذاری
  - محدودیت‌های طرح شماره‌گذاری
  - ساختار شماره‌های عملکردی
  - طرح شماره‌گذاری EIRENE

مدیریت کاربران: در این قسمت نیازهای مربوط به زیر نظر داشتن جزئیات اشتراک و سایر اطلاعات مربوط به کاربران در شبکه مشخص می‌گردد؛ به‌ویژه نیازهای مربوط به جزئیات اولویت ارتباطات، رمزگذاری و شناسایی، گروه‌های پخش همگانی و مکالمات گروهی در این مشخصات تعیین می‌شود.

مودهای عملیاتی: علاوه بر مود عملیاتی استاندارد، مودهای دیگری برای سیستم GSM-R به‌شرح زیر تعریف شده است:

- ارتباطات اضطراری راه‌آهن: این بخش در رابطهٔ با نحوهٔ برخورد با ارتباطات صوتی دارای اولویت بالای عملیاتی در راه‌آهن می‌باشد.
- مود تغییر مسیر ریل[1]: این بخش در مرورهای بعدی E-SRS توضیح داده شده است.

1- Shunting Mode

- مود مستقیم: پیاده‌سازی این مود به‌صورت اختیاری است، ولی اگر توسط یک شرکت راه‌آهن اجرا شود باید نیازهای اجباری تعریف شده در این مشخصات اعمال گردد. این مود امکان ارتباط مستقیم کاربران متحرک در مسافت‌های کوتاه را بدون استفاده از زیر ساخت شبکه تأمین می‌نماید. این مود برای تأمین ارتباط بین لوکوموتیورانان و کارکنان کنار ریل در موقع قطع ارتباط تلفنی معمول به‌کار می‌رود.

از طرفی مشخصات MORANE، یک سری مشخصات فنی شامل مدارک زیر است:

- مشخصات نیازهای زیر سیستم که با مشخصهٔ SSRS شناخته می‌شود و کلیهٔ عملیاتی را مشخص می‌کند که در تجهیزات GSM تعبیه شده تا نیازهای تعیین شده در E-FRS و E-SRS را برآورده نماید.
- مشخصات عملکردی مناسب که با مشخصهٔFFFS شناخته می‌شود و جزئیات پیاده کردن عملکردهای مورد نیاز عناصر مختلف شبکه را جهت برآورده کردن نیازهای فنی سیستم (تعریف شده در مشخصات سطح بالاتر سیستم) ارایه می‌دهد.
- مشخصات واسط عملکردی که با مشخصهٔ FIS شناخته می‌شود و واسط‌های بین عناصر شبکهٔ مورد نیاز را جهت برآورده کردن نیازهای سیستم (تعریف شده در مشخصات سطح بالاتر سیستم) تعیین می‌کند.
- این مشخصات به استانداردهای اروپایی و همچنین مشخصات فنی GSM و مشخصات 3GPP نیز ارجاع نموده است. توصیهٔ فنی در مورد محتوای این مشخصات در منابعی مثل CEPT ، 3GPP ، ETSI ، ERIG ، UIC و GSM وجود دارد.

● موارد مطرح شده در مشخصات EIRENE

در این بخش به‌طور خلاصه، مواردی‌که در رابطه با سیستم ارتباط رادیویی یکپارچه در مشخصات فنی EIRENE در نظر گرفته شده، ارائه خواهد شد.

باید توجه داشت که هدف از تهیهٔ مشخصات EIRENE و MORANE ارایهٔ حداقل نیازها برای تضمین ارتباط بین شبکه‌ای GSM-R در سطح بین‌المللی بوده است. بنابراین، استفاده‌کننده باید یک‌سری نیازها و مشخصات اضافی محلی را در سطح

سیستم‌ها و روش‌ها مد نظر قراردهند.
مشـــخصات GSM-R سراسری، پایه‌ای جهت تهیهٔ مدارک مناقصه برای خرید تجهیزات شـــبکهٔ راه‌آهن سراسری هر کشور خواهد شـــد. راه‌آهن‌ها باید مطمئن شوند که نیازهای اجبـــاری مشـــخصات EIRENE و MORANE بـــرای تهیـــهٔ مشـــخصات GSM-R خودشان در نظر گرفته شده است.

● موارد مطرح نشده در مشخصات EIRENE

بعضی از عناصری که جهت عملکرد یک سیستم ارتباط رادیویی یکپارچه اساسی هستند (اگرچه مستقیماً در عملکرد بین شبکه‌ها در سطح بین‌المللی مؤثر نیستند) در مشخصات EIRENE دیده نشده‌اند، که عبارتند از:

- عناصر شبکه ثابت: سیستم ارتباطی کاملاً یکپارچه نه تنها شامل یک شبکهٔ موبایل اســـت بلکه دارای شبکهٔ ثابت شـــامل لینک‌ها، سوئیچ‌ها و تجهیزات پایانه نیز است. این قســـمت از شبکه نیاز به مشـــخصاتی با توجه ویژه به نیازمندی‌های RAMS، رابط‌های بین شبکه و ظرفیت دارد.
- سرویس‌های شـــبکه: مشخصات EIRENE جزئیات سرویس‌های مورد نیاز جهت پشتیبانی توسط قسمت متحرک شبکه را تعیین می‌کند تا عملکرد بین شبکه‌ها در ســـطح بین‌المللی تحقق یابد. به‌علاوه، جهت عملکرد انتها به انتها، شبکهٔ ثابت باید یک سری سرویس‌های خاص را پشتیبانی کند. کارکرد بین قسمت متحرک و ثابت شبکه باید دقیقاً بررسی گردد.
- سیستم سیگنالینگ: فرض بر این است که عناصر شبکه متحرک، سیستم سیگنالینگ شـــماره۷ را همان‌طور که در ITU-T تعریف شـــده، پشتیبانی می‌کند. مشخصات EIRENE هیچ‌گونه نیازمندی در رابطه با نوع سیگنالینگ مورد استفاده در داخل شـــبکهٔ ثابت ارائه ننموده اســـت. این موضوع بستگی به هر راه‌آهن دارد که سیستم ســـیگنالینگ را با توجه به نیازمندی‌های ســـرویس‌های شبکه، سرویس‌های شبکه پشـــتیبانی شده توسط سیستم‌های سیگنالینگ مختلف و کارکرد بین سیستم‌های سیگنالیگ مورد استفاده در قسمتهای مختلف شبکه، مشخص نماید.
- پیاده‌ســـازی شـــبکه: اگرچه مشـــخصات EIRENE نیازمندی‌هایی را برای شـــبکهٔ

متحرک تعریف می‌کند، ولی نحوهٔ پیاده‌سازی شبکه را عنوان نمی‌کند و هرکدام از راه‌آهن‌ها باید استراتژی تأمین تجهیزات و همچنین تمهیدات مربوط به عملکرد مورد نیاز را خودشان انتخاب کنند.

- پیاده‌سازی طرح شماره‌گذاری[1] و مسیریابی ارتباطات: مشخصات EIRENE جزئیات مربوط به طرح شماره‌گذاری و اصول مسیریابی ارتباطات را ارائه می‌دهد، ولی در مورد پیاده‌سازی آن هر یک از راه‌آهن‌ها خودشان باید تصمیم‌گیری کنند.
- تجهیزات کنترل‌کننده: اگرچه E-FRS در مورد مشخصات تجهیزات کنترل‌کننده توضیح می‌دهد، ولی هیچ نیازمندی اجباری را برای آن مشخص نمی‌کند. در عوض، جزئیات مربوط به مشخصات تجهیزات و واسط بین تجهیزات و شبکه GSM-R را به‌عهده اپراتور راه‌آهن گذاشته است.
- سیستم مدیریت: قسمت عمدهٔ هر شبکهٔ ارتباطی، مشخصات عملکرد مورد نیاز سیستم مدیریت آن است که شامل مشخصات مدیریت خطا، ساختاربندی، حسابداری، کارایی و امنیت شبکه و همچنین تعریف پایگاه‌های مدیریت سیستم می‌باشد.
- نیازمندی‌های RAM[2] : این موضوع مربوط به طراحی و مشخص کردن ابعاد شبکهٔ ارتباطی و همچنین عملیات شبکهٔ در حال کار است که باید با طراحی شبکه و مدیریت سیستم در نظر گرفته شود.
- تائید نمونه[3]: جهت صدور مجوز اتصال تجهیزات به شبکه، تأییدیهٔ نمونه‌های مختلفی مورد نیاز است. به‌علاوه، چنانچه سیستم‌های ارتباطی در رابطه با امنیت باشد، هرکدام از راه‌آهن‌ها تأییدیه‌های امنیتی مورد نیاز خودشان را ضروری خواهند دانست.
- پیام‌های متنی: راه‌آهن‌ها نیازمندی‌های متفاوتی برای ارسال پیام‌های متنی بین کاربران شبکهٔ خود را دارند، پس هر راه‌آهن مشخصات مربوط به خود را برای خرید تجهیزات شبکهٔ سراسری خواهد داشت. قابل ذکر است سرویس پیام کوتاه GSM

1- Numbering plan
2- Reliability, Availability, Maintainability
3- Type Approval

داخل لوکوموتیو به‌عنوان روشی برای سرویس پیام متنی GSM-R اجباری است و کلیهٔ تجهیزات رادیویی شبکه باید قادر به دریافت چنین پیام‌هایی باشند.

- هر شـرکت راه‌آهنی باید موارد فوق را برای شـبکه GSMR خود در نظر داشـته باشد.

● کاربردهای GSM-R تعریف شده توسط EIRENE

نیازهای ارتباطی مطالعه و تعریف شـده توسط نمایندگان اپراتورهای راه‌آهن اروپا به‌شرح زیر است:

● نیازمندی‌های سیگنالینگ:

- کنترل خودکار قطار (ATC)

دیتـای دو طرفه بین مرکز ATC ثابت و کامپیوترهای ATC روی قطارها با اسـتفاده از کانال دیتا

لینک‌هـای دیتای پیوسـته برای سـطوح ۱ و ۲ ETCS با انتقال دیتای حفاظت شـده (توضیحات سطوح سیستم کنترل اروپایی ETCS در سایر کتب منتشر شده در دسترس است و در این کتاب به آن پرداخته نمی‌شود.)

- انتقال دیتای ناپیوسته برای سطح سه ETCS

سرعت متحرک تا ۵۰۰ کیلومتر در ساعت و فاصله جابجایی مکالمه[1] کمینه و تأخیر انتقال دیتای انتها به انتها.

لازم به یادآوری است که در سطوح ۱ و ۲ ETCS، کامپیوتر ATC داخل قطار، موقعیت، سـرعت، تعداد واگنها و اطلاعات دیگر مربوط به قطار را برای مرکز کنترل رادیویی شبکهٔ GSMR ارسال می‌نماید. مرکز کنترل رادیویی اطلاعات مربوط به همهٔ قطارها در منطقه را مقایسـه و محاسبه نموده و پروفایل سـرعت مورد نیاز را برای هرکدام از قطارها ارسال می‌نماید. در نتیجه قطارها در نبود سـیگنال‌های ارسالی توسط کابل که در طول خطوط برای انتقال اطلاعات سـیگنالینگ نصب شـده‌اند، به‌جای اسـتفاده از ساختار بلوک ثابت

1- Handover

سنتی، از ساختار بلوک متحرک استفاده خواهند نمود. این امر باعث کاهش فاصلهٔ متوسط مورد نیاز بین قطارها در یک مسیر خواهد شد، در نتیجه از ریل‌ها استفادهٔ بهینه شده و تأخیرات حرکتی را به حداقل می‌رساند.

-کنترل از راه دور

کاربردهای کنترل از راه دور با یکدیگر متفاوت هستند (از قبیل کنترل از راه دور مانور لوکوموتیوها، کنترل از راه دور جرثقیل‌ها و آماده کردن قطارها از راه دور). بنابر این نیازها بسته به کاربردها متفاوت هستند.

- ارتباطات صوتی عملیاتی

➢ ارتباطات عملیاتی متصدی ترافیک با لکوموتیوران؛

یکی از عملکردهای رادیو(بی‌سیم) قطار، ارتباطات بین یک متصدی ترافیک در ایستگاه با لکوموتیورانان و بالعکس است که در این رابطه نیازمندی‌های زیر وجود دارد:

الف- لینک‌های دو طرفه برای انتقال دیتا و صوت بین متصدیان ترافیک متصل به شبکهٔ ارتباطی ثابت راه‌آهن و پرسنل داخل قطارها

ب- باید برقراری ارتباط با/از بی‌سیم متحرک داخل لکوموتیو امکان‌پذیر باشد.

ج- برای برقراری ارتباط با/از بی‌سیم متحرک داخل لکوموتیو، مودهای آدرس‌دهی متفاوت مورد نیاز است:

- برقراری ارتباط با بی‌سیم متحرک داخل لکوموتیو: برقراری ارتباط باید از طریق شماره‌گیری شمارهٔ بی‌سیم منصوب در یک قطار در حال حرکت و یک کد عملیاتی، که مشخص کنندهٔ کاربر مخاطب است، امکان‌پذیر باشد.
- برقراری ارتباط از بی‌سیم متحرک داخل لکوموتیو: در حین سیر قطار امکان دارد که متصدی ترافیک تغییر یابد؛ لذا برقراری ارتباط با متصدیان ترافیک باید از طریق فشار دادن یک دکمهٔ عملیاتی یا گرفتن یک شمارهٔ کوتاه شده در بی‌سیم متحرک داخل قطار و بر اساس موقعیت قطار انجام شود.

د- لینک‌های چند طرفه برای ارسال صوت از یک قطار به چندین کاربر متحرک یا ثابت و یا از یک متصدی ترافیک به چندین قطار.

این نیازمندی به‌معنای پخش همگانی (یک نقطه به چند نقطه) برای ارسال اطلاعات؛ مثلاً به چندین قطار در یک منطقه تعریف شـده یا تمام قطارهایی می‌باشـد که در یک مسیر حرکت می‌کنند. این ارتباطات می‌تواند به‌صورت اسـتاندارد و یا در موارد اضطراری انجام گردد. در موارد اضطراری مدت زمان مورد نیاز برای برقراری مکالمه باید حدود یک ثانیه باشد و حتی اگر مخاطب اشغال باشد ارتباط باید سریعاً برقرار شود.

- پخش همگانی در منطقه برای مواقع اضطراری

سـازمان‌های راه‌آهن باید در مواقع اضطراری به کلیهٔ قطارها، عملکردهای مشـخص شده در داخل قطار و عملکردهای اختصاص داده شـده در یک منطقه دسترسی داشته باشند. امروزه ارتباط اضطراری در برخی از شـبکه‌ها به‌صورت پخش همگانی از طریق سیسـتم رادیو ترانک با استفاده از ترمینال‌های دستی انجام می‌پذیرد.

به‌طور کلی ارتباط اضطراری به‌وسـیلهٔ پرسـنل عملیاتی قطار و یا متصدی ترافیک انجام می‌پذیرد. این اخطار همیشـه به‌صورت پیام صوتی در تعدادی از سلولها، در یک منطقهٔ از پیش تعریف شده، پخش می‌شود. کاربرانی که به منطقه وارد می‌شوند باید به این ارتباط بپیوندند و آنهایی که از منطقه خارج می‌شوند باید ارتباط خود را با این کانال قطع کنند. در صورتی‌کـه هر یک از افـراد درگیر در ارتباط بخواهند صحبت کنند باید دکمهٔ صحبت روی بی‌سیم دستی را فشار دهند و صحبت‌کنندگان بعدی باید در نوبت بمانند؛ ضمناً فقط هر یک از افراد یک‌دقیقه برای صحبت کردن وقت دارند.

- ارتباطات مانوری

هنوز در برخی از راه‌آهن‌ها، گروه‌های مسئول مانور از بی‌سیم‌های دستی سیستم رادیویی آنالـوگ در محدوده‌هـای فرکانسـی ۸۰ مگاهرتز و ۴۵۰ مگاهرتز جهـت برقراری ارتباط اسـتفاده می‌کنند. معمولاً گروه‌های مانور گروه‌های حداکثر ۱۰ نفره هسـتند. اعضای این گروهها باید بتوانند با فشـار دادن دکمهٔ تعریف شـده بر روی بی‌سـیم دسـتی با یکدیگر ارتبـاط برقـرار کنند (مثل واکی تاکی). هـر یک از اعضاء باید در هر زمـان بتوانند عضو گروه‌هـای مختلف شـوند (در هر زمان ارتباط فقط از طریق یـک گروه امکان‌پذیر خواهد بود). زمان مکالمه برای هر تماس گیرنده بسیار کوتاه و فقط در حد چند کلمه خواهد بود.

- ارتباطات عملیاتی پرسنل نگهداری در طول خط

افراد نگهداری‌کنندهٔ ریل‌ها از واکی تاکی و یا از تلفن ثابت روی خطوط کابلی مسیر ریل‌ها برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنند. این موضوع باعث افزایش تعداد زیادی از ترمینال‌های مختلف شده که هزینهٔ تعمیر و نگهداری را افزایش داده است. امروزه با استفاده از ترمینال‌های GSM-R و یا GSM که با شرایط محیطی مطابقت داشته باشند، می‌توان نگهداری ریل‌ها را با هزینهٔ کمتری انجام داد. با توجه به اینکه تلفن‌های در امتداد خط هنوز مورد نیاز هستند، بنابراین می‌توان به‌جای آنها از تلفن‌هایGSM-R با استفاده از باطری خورشیدی استفاده نمود تا از صرف هزینه‌های اضافی جلوگیری شود. تلفن‌های دستی و ثابت امتداد خطوط می‌توانند GSM-R و یا GSM همگانی باشند.

- ارتباطات پشتیبانی قطارها

داخل قطارها به عملیات پشتیبانی نیاز دارد که باید امکان ارتباط با لکوموتیوران اصلی و یا سایر لکوموتیورانان باشد. به‌علاوه شبکهٔ ثابت منصوبه جهت سیستم پشتیبانی مسافرین هم نیاز به ارتباط با لکوموتیوران اصلی، سایر لکوموتیورانان و پشتیبانی عملیات دارد. این نوع ارتباطات معمولاً بین GSM-R و سیستم‌های شبکه ثابت کابلی توزیع می‌شود و بر حسب کاربرد می‌تواند به‌صورت چند طرفه نیز باشد.

● ارتباطات دیتا و صوتی غیرعملیاتی به‌صورت محلی و منطقه وسیع

- ارتباطات محلی در ایستگاه‌ها و دپوها

امروزه معمولاً ارتباطات محلی در ایستگاه‌ها و دپوها از طریق مراکز تلفن PABX برقرار می‌شود. برای بهبود عملکرد و در دسترس بودن، این مراکز می‌توانند مستقیماً و یا از راه دور بهGSM-R متصل شوند.

- ارتباطات منطقه وسیع

ارتباطات منطقهٔ وسیع در یک سازمان مدرن راه‌آهن معمولاً ارتباط بین افراد سازمان است. امروزه نیاز به تحرک در این نوع ارتباطات فقط تا حدودی وجود دارد. بنابراین ارتباطات منطقه وسیع به‌عنوان یک ارتباط کم تحرک و یا ثابت تلقی می‌شود که از

GSM-R به‌علت صرفه‌جویی در ظرفیت استفاده نمی‌کنند. به‌هرحال این نوع مشترکین می‌توانند بر اســاس تعاریف هر یک از سازمان‌های راه‌آهن به‌صورت یک شبکهٔ اختصاصی مجازی مشتق شده از شبکهٔ GSM-R ارتباط داشته باشند.

-ارتباطات مسافرین

امروزه هنوز در برخی از قطارها سرویس‌های اطلاع‌رسانی به مسافرین وجود ندارد، ولی در آینده اطلاعات مربوط به رزرو قطارهای بعدی در طول مسافرت از طریق ارتباطات بی‌سیم در دســترس خواهــد بود، همچنین می‌تــوان رزرو جا، تغییر رزرو و یــا باطل کردن بلیط هواپیما را انجام داد. از دیگر ســرویس‌های مســافرین می‌توان به رزرو تاکسی، برنامه‌ریزی اســتفاده از سایر وسایل نقلیه مثل اتوبوس و سیستم‌های حمل و نقل محلی و رزرو هتل، اشاره نمود. اطلاعات روزانه جهت بازرگانان مثل روزنامه نیز باید از طریق ارتباطات بی‌سیم در دسترس قرار گیرد.

- دیگر کاربردهای تعریف نشدهٔ EIRENE برای GSM-R

از دیگر کاربردهایی که سیســتم‌های مدرن راه‌آهن امروزی می‌توانند از آن استفاده کنند ولی در EIRENE تعریف نشــده اســت عبارتند از: برخی انواع ارتباطات صوتی عملیاتی مثل ارتباطات داخل تونل‌ها، ارتباطات دیتا جهت نگهداری مثل تشخیص وضعیت قطارها و ارتباطات دیتا برای کنترل مثل ردگیری بار. واضح است که این قبیل نیازها که به‌صورت محلی هستند باید توسط هر شرکت راه‌آهنی بر حسب شرایط مورد توجه قرارگیرد.

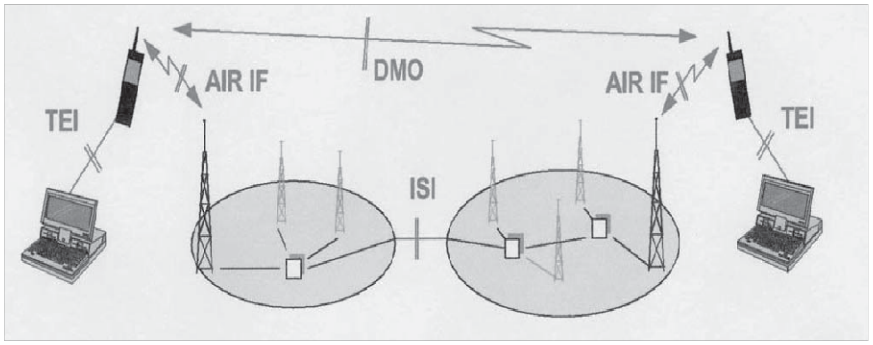
۲-۳-۱-۲- شبکهٔ رادیویی دیجیتال TETRA

با رشــد تقاضا برای ســرویس‌های داده و صوت و برای استفادهٔ بهینه از طیف فرکانسی، TETRA به عنوان یک اســتاندارد مخابراتی برای شــبکهٔ رادیویــی اختصاصی از طرف مؤسسهٔ استانداردسازی اروپایی ETSI در سال ۱۹۹۵ معرفی شد.

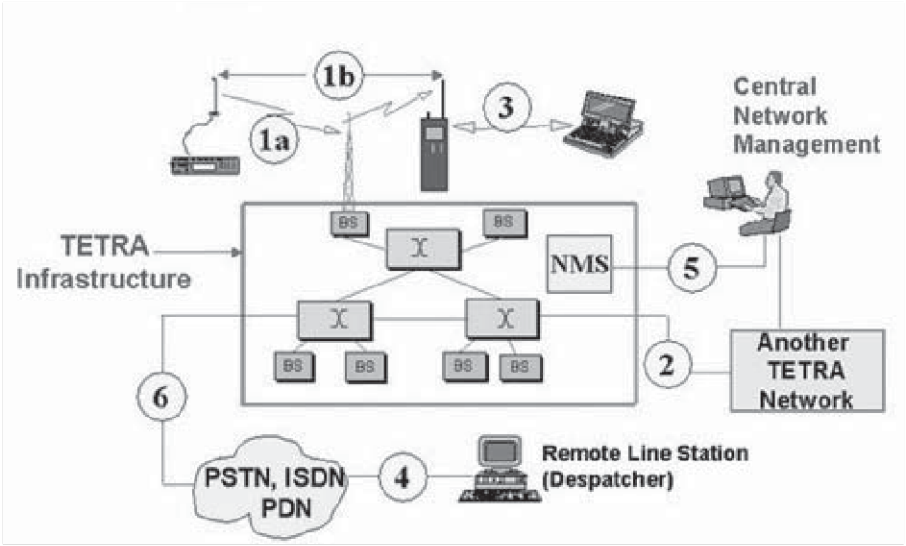
در واقــع TETRA یک اســتاندارد دیجیتال اســت کــه برای رقابت بــا MPT1327 (استاندارد آنالوگ اروپایی) از سال ۱۹۹۵ و به منظور ارایهٔ یک سرویس مخابراتی متحرک انعطاف‌پذیــر، مقاوم و اختصاصی بــرای کاربران حرفه‌ای تقاضاکننده مانند ســازمان‌های

تجاری با نیروهای انسانی متحرک یا ناوگان‌های بزرگ وسایل نقلیه، تعریف شده است. از اهداف اصلی عرضهٔ این اســتاندارد تهیهٔ سخت‌افزار قابل رقابت از طرف سازندگان مختلف (موردی که MPT1327 فقط به قســمتی از آن دســت یافت) و همچنین دو برابر کردن راندمان طیف فرکانســی (نسبت به ۱۲/۵ کیلوهرتز پهنای باند آنالوگ) بوده است. در این استاندارد سعی قابل توجهی برای تضمین سازگاری رابط‌ها در تمام سطوح با هدف امکان کارکرد بین شــبکه‌ای انجام شده است. در این استاندارد همچنین وضعیت شبکهٔ رادیویی در موقع عبور قطارها از مرزهای کشورهای اروپایی پیش‌بینی شده است.

ســاختار شــبکه TETRA همانند ترانک آنالوگ بوده و از تعدادی تکرارکننده تشــکیل شده است که توسط خطوط E1 به سوئیچ یا Nodeمرکزی متصل می‌شوند. در کنار آن تجهیزات دیگری وظیفهٔ مدیریت و نگهداری شبکه را به‌عهده دارند.



شکل ۲-۱۱- ساختار شبکهٔ Tetra



شکل ۲-۱۲- شبکه نمونه‌ای تترا

در TETRA روش مالتی‌پلکسینگ TDMA بر مبنای کاریر ۲۵ کیلوهرتز است که می‌تواند چهار بازهٔ زمانی[1] با حداکثر نرخ خروجی ۲۸/۸ کیلو بیت بر ثانیه را داشته باشد. این چهار کانال توسط یک فرستنده ایجاد می‌شود، بدون آنکه نیازی به ترکیب کننده و یا تقسیم کننده باشد. همچنین تجهیزات گیرندهٔ متحرک و بی‌سیم‌های دستی هر دو می‌توانند به‌صورت ارتباط دو طرفهٔ همزمان عمل کنند. مدولاسیون انتخابی DQPSK [2] دارای چهار سیمبل (فازهای $\pi/4$ و $\pi/2$ و $\pi/4\pi$ و 2π) است که در پریود هر سیمبل دو بیت هر کدام با سرعت ۱۸KBaud (نرخ ناخالص ۳۶ کیلوبیت بر ثانیه) ارسال می‌گردد. در این مدولاسیون، دکودر[3] به‌دنبال تغییرات فاز است و در نتیجه دکودر ساده‌ای می تواند مورد استفاده قرار گیرد. سرعت انتقال دیتا در این شبکه بین ۹۶۰۰ تا ۲۸۸۰۰ بیت در ثانیه قابل انتخاب است و به سطح حفاظتی اطلاعات بستگی دارد.

باند فرکانس اختصاص داده شده برای TETRA، ۳۰۰ تا ۴۰۰ مگا هرتز جهت خدمات اضطراری، قسمت‌هایی از باند ۴۱۰ تا ۴۳۰ مگاهرتز و ۴۵۰ تا ۴۷۰ مگا هرتز و قسمتهایی از باند ۸۷۰ تا ۹۳۳ مگا هرتز جهت کاربردهای عمومی است. فاصلهٔ فرستنده و گیرنده

1- Time Slot
2- Digital Quadrature Phase Shift Keying
3- DECODER

بـرای کلیهٔ باندها ۱۰ مگاهرتز اسـت؛ به‌اسـتثنای باند ۸۰۰ مگا هرتز کـه ۴۵ مگا هرتز می‌باشد.

● سرویس‌های سیستم

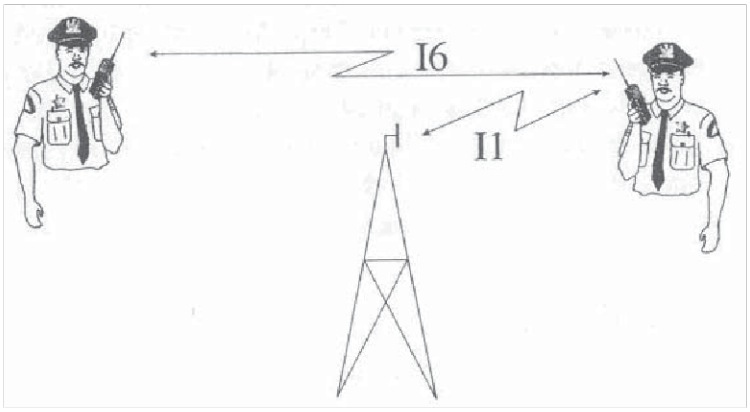
تترا، سـرویس‌های یک سیسـتم ترانک معمولی را ارائه می‌دهد. از جمله این سـرویس‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ارتباط به‌صورت پخش همگانی
- ارتباط مستقیم کاربران با هم
- استفاده از یک بی‌سیم ثابت به‌عنوان تکرارکننده
- ارتباط گروهی
- ارتباط اولویت دار در هشت سطح مختلف
- رمز گذاری
- سرویس‌های دیتا
- مکالمات کنفرانسی
- انتقال مکالمه از یک کاربر به کاربر دیگر
- صندوق صوتی
- وارد کردن طرف سوم در حین مکالمه
- شنود مکالمات توسط مدیریت سیستم
- تبادل مکالمات با شبکهٔ تلفن عمومی
- امکان دست‌به‌دسـت کردن مکالمات[1] بین شـبکه‌های های مختلف با اسـتفاده از واسط‌ها
- امکان دست‌به‌دست کردن مکالمات[2] بین سلول‌ها
- مدیریت کاربران به‌صورت پیشرفته

* در اینجا از همان تعریف مود تماس مستقیم در GSMR استفاده می‌شود. لازم به ذکر اسـت که اسـتاندارد TETRA به گونه‌ای نوشته شـده که یک بی‌سیم متحرک در حال

1- Roaming
2- Handover

مکالمه در مود ترانک، قابل تماس با یک بی‌سیم متحرک دیگر در مود مستقیم می‌باشد که در محدودهٔ تماس مستقیم قرار دارد و برعکس موبایلی که در مود مستقیم کار می‌کند توسط سیستم TETRA قابل تماس می‌باشد (اگر در منطقه پوشش باشد). به این مود از کارکرد مود Dual Watch گفته می‌شود که عملکرد آن در شکل شماره (۲-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۳- رابط I1 به همراه Dual Watch

● **مشخصات فرکانس رادیویی**

الف- کلاس‌های مختلف توان در TETRA

استاندارد TETRA کلاس‌های مختلفی را برای توان بی‌سیم‌ها و تکرارکننده‌ها تعریف کرده است. کلاس‌های مختلف و درجات مختلف توان به نقل از استاندارد TETRA در جدول شماره (۲-۱) آورده شده است.

جدول شماره ۲-۲- کلاس‌ها و درجات مختلف توان در بی‌سیم‌های متحرک و تکرارکننده TETRA

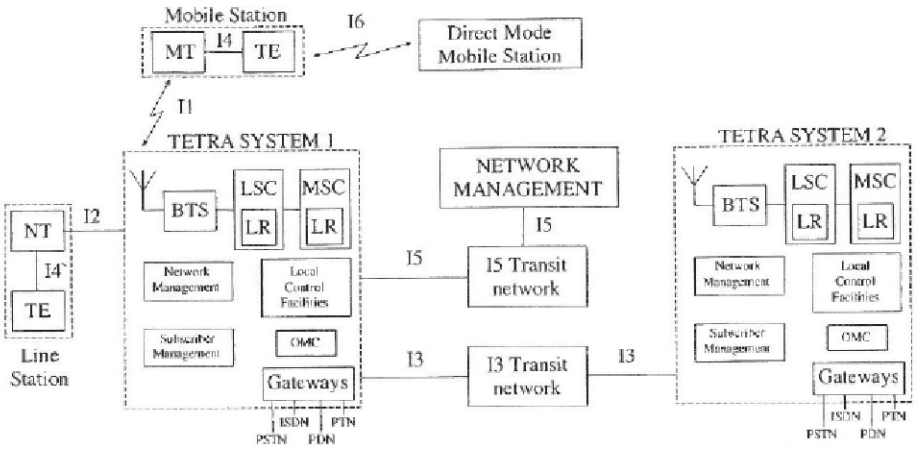
Base stations		Mobile stations			
Power class	Nominal power	Power class	Nominal power	Applies to V+D Mode	Applies to Direct Mode
1 (40W)	46 dBm	1 (30W)	45 dBm	✓	
2 (25W)	44 dBm	2 (10W)	40 dBm	✓	✓
3 (15W)	42 dBm	3 (3W)	35 dBm	✓	✓
4 (10W)	40 dBm	4 (1W)	30 dBm	✓	✓
5 (6.3W)	38 dBm	5 (0.3W)	25 dBm		✓
6 (4W)	36 dBm				
7 (2.5W)	34 dBm				
8 (1.6W)	32 dBm				
9 (1W)	30 dBm				
10 (0.6W)	28 dBm				

در خصوص جدول (۲-۲) ذکر نکته‌های زیر ضروری است:

- کلاس توان ۵ تنها در مد تماس مستقیم اعمال می‌شود.
- کلاس توان ۱ در مد تماس مستقیم وجود ندارد.
- کلاس‌های توان متحرک ۱ و ۲ مربوط به دستگاه‌های نصب شده بر روی خودروها می‌باشد.
- کلاس‌های توان متحرک ۳ ، ۴ و ۵ در مورد بی‌سیمهای دستی کاربرد دارد.

● ساختار شبکه TETRA

ساختار شبکه TETRA در شکل شماره (۲-۱۴)آورده شده است. بر خلاف شبکه GSM این شبکه شامل ۶ رابط (اینترفیس) استاندارد می‌باشد. این رابط‌ها باعث به‌وجودآمدن سازگاری، کارکرد متقابل و مدیریت شبکه خواهند شد.



BTS=Base Tranceiver Station, LSC=Local Switching Center. MSC= Main Switching Centre
,LR= Location Register, OMC= Operations & Maintenance Centre, PDN=Packet Data Network,
PSTN=Public Switched Telephone Network, PTN=Private Telephone Network,
ISDN=Integrated Services Digital Network

شکل ۲-۱۴- ساختار شبکهٔ TETRA

رابط‌های تعریف شده درشکل(۲-۱۴) به شرح زیر می‌باشند:

- I1: رابط رادیویی هوایی[1]
- I2: رابط ایستگاه خط[2]
- I3: رابط بین سیستمی
- I4: رابط تجهیرات ترمینال برای دستگاه موبایل
- I4': رابط تجهیرات ترمینال برای Line Station
- I5: رابط مدیریت شبکه
- I6: رابط مود مستقیم[3]

لازم به ذکر اســت که رابط بین زیرسیستم‌هایی مانند تکرارکننده و مرکز سوئیچینگ در

1- Radio Air Interface
2- Line Station
3- Direct Mode Interface

اســتاندارد TETRA تعریف نشده است و توسط شرکت‌های سازندهٔ مختلف قابل تعریف است.

● **عرضهٔ دوم تترا (TETRA Release2)**

عرضهٔ اول تترا (TETRA Release1) تا کنون مجموعهٔ جامعی از خدمات و تسهیلات را فراهم آورده است ولی با گذشت زمان نیاز به رشد و ارتقای کلیهٔ فن‌آوری‌ها برای تأمین بهتر نیازمندی‌های کاربران، سرمایه‌گذاری مطمئن و تضمین عمر طولانی آنها به‌وجود آمده است. همان‌طوری‌که سیســتم GSM به‌ســوی GPRS، EDGE و نهایتاً ۳G/UMTS روی آورده، تترا نیز برای تأمین تقاضای رو به افزایش کاربران جهت خدمات و تســهیلات جدید و همچنین استفاده از مزایای فن‌آوری‌های جدید، نیاز به رشدو تکامل دارد. در سال ۲۰۰۵ عرضــه دو تتــرا (2TETRA Release) با هدف افزایش محدودهٔ کارکرد در مود ترانک تا ۸۳ کیلومتر، ارایهٔ خدمات دیتای ارتقاء یافته و پشتیبانی از کدگذاری نظامی به بازار عرضه گردید.

۲-۳-۱-۳- شبکهٔ رادیویی DMR

DMR نیز آخرین اســتاندارد اروپایی برای ارتقای مستقیم شبکهٔ رادیویی آنالوگ PMR به دیجیتال می‌باشد که در سال ۲۰۰۵ تدوین شده است. این شبکه سطح پوشش رادیویی مشــابهٔ شــبکهٔ آنالوگ دارد که در حدود ۳ تا ۵ برابر بیش از سایر فن‌آوری‌های دیجیتال می‌باشــد. این اســتاندارد در سه ســطح تعریف و قابل پیاده‌ســازی خواهد بود؛ سطح (۱) فــن‌آوری DMR بــدون نیاز به مجــوز با توان و قیمت کم، ســطح (۲) با عنوان DMR متعارف که مشابهٔ شبکهٔ متعارف و بدون وجود مدیریت شبکه و سطح (۳) با عنوان شبکهٔ ترانک DMR .

شکل ۲-۱۵- شبکهٔ DMR

همان‌طور که تأکید شـد این شـبکه با هدف ارتقاء و گذر نرم از شبکهٔ رادیویی ترانک آنالوگ MPT1327 به دیجیتال طراحی گردیده اسـت. مزایای اصلی این طراحی نسبت به شبکهٔ آنالوگ عبارت است از:

- افزایش ایمنی و کنترل ارتباطات
- افزایش سرعت بیت دیتای قابل ارسال (۹۶۰۰ بیت در ثانیه)
- قابلیت رمز نگاری بدون کاهش کیفیت سیگنال
- افزایش کیفیت صوت در محدودهٔ پوشش
- قابلیت پشتیبانی از ترافیک بیشتر
- امکان بهره‌مندی از نوآوری‌های جدید شبکهٔ‌های رادیویی
- بهره‌گیری از امکانات شبکهٔ دیجیتال در باند فرکانسی موجود

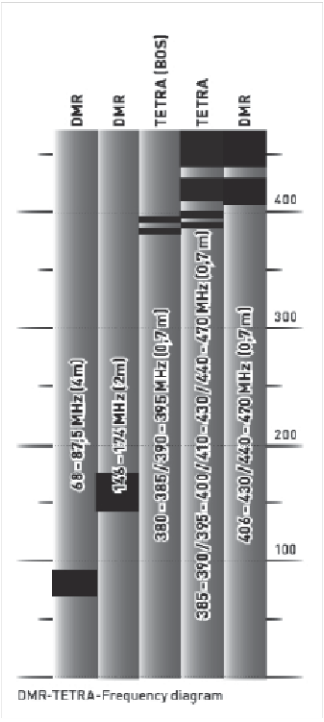
در سیستم دیجیتال DMR، انتقال دیتا می‌تواند به‌صورت پیوسته و دائمی صورت بگیرد و نیازی نیسـت که قبل از ارسال دیتا اقدام به برقراری ارتباط شود. در نتیجه، ارسال دیتا به‌صـورت بلادرنگ عملی می‌باشـد. بدین ترتیب، موقعیت مکانـی و عملکرد قطار از نظر سـرعت می‌تواند پایش شـده و از نظر مجاز بودن سـرعت به‌صورت تقریباً بلادرنگ مورد بررسـی قرار بگیرد. همچنین سیستم دیجیتال DMR به‌دلیل مدولاسیون مورد استفاده قابلیت بیشتری برای کار در محیط‌های نویز و تداخل رادیویی از جمله تداخل هم‌فرکانس دارند که از نظر اسـتفاده در مناطقی که سیسـتم‌های سـیار زمینی زیادی وجود داشته

باشند، حائز اهمیت می‌باشد.

بنابراین مزیت این سیســـتم امکان عملکرد همزمان و تطبیق با شبکهٔ ترانک آنالوگ است که به کاربران فعلی شبکهٔ آنالوگ امکان می‌دهد بدون صرف هزینهٔ ابتدایی زیاد نسبت به ارتقای شبکهٔ خود اقدام نمایند و نیز فرکانس‌های مشابه‌ای را مورد استفاده قرار می‌دهد. باند فرکانس ویژه‌ای برای MPT1327 در نظر گرفته نشـــده است و عموماً سخت‌افزارها در کلیهٔ فرکانس‌های رادیویی موبایل اســـتاندارد امروزی در باندهای ۶۶ تا ۸۸ مگاهرتز و ۱۳۶ تا ۵۲۰ مگاهرتز عرضه می‌گردند.

از جمله سرویس‌های شبکه DMR به‌طور خلاصه عبارتند از:

- انواع تماس صوتی
- تماس اولویتی در ۴ سطح
- برقراری تماس با شبکه تلفن عمومی
- تماس IP

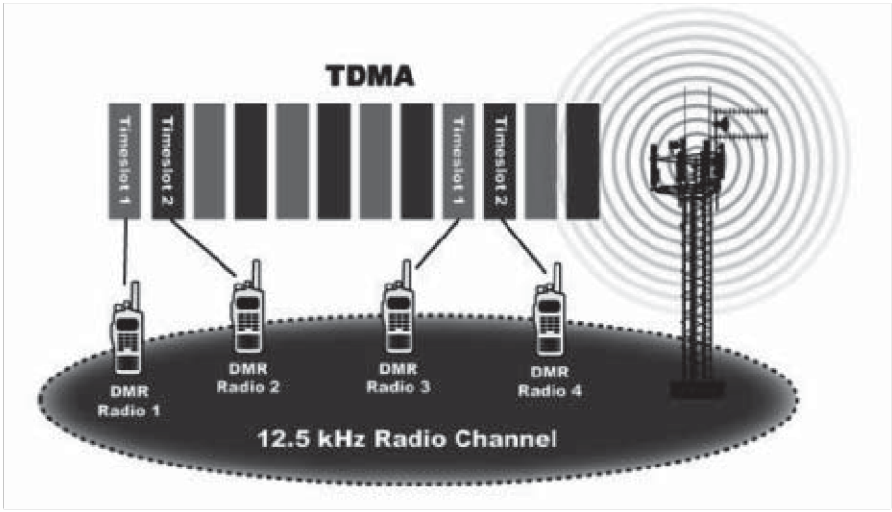


شکل۲-۱۶- فرکانس‌های DMRوTETRA

سطح پوشش شبکه DMR مشابهٔ شبکهٔ آنالوگ می‌باشد و بسته به شرایط محیطی حتی تا ۱۰۰ کیلومتر را نیز پوشش خواهد داد.

در DMR تعـداد ۲ بازهٔ زمانی در پهنای باند ۱۲/۵ kHz موجود اسـت که یکی از آنها به سـیگنالینگ اختصاص دارد. بنابراین از نظر راندمان فرکانسـی، تترا و DMR مشـابه می‌باشند (۶/۲۵ Khz برای هر کانال)، اما حداقل فرکانس لازم برای یک سیگنال حامل تترا ۲۵Khz می‌باشـد؛ در حالی‌که حداقل فرکانس برای یک سـیگنال حامل DMR، ۱۲/۵ کیلو هرتز است. در شبکه‌های پرترافیک این موضوع اهمیتی ندارد، اما در شبکهٔ‌های با ترافیک کمتر،DMR طیف فرکانسی کمتری نیاز دارد.

DMR سـطح (۳)، از پروتـکل packet data بـرای ارسـال دیتا اسـتفاده می‌کند و ترانکینگ سـرویس‌های پیام کوتـاه را از طریق کانال کنترلی ارسـال می‌نماید. با عنایت به سـرعت دیتای پایین شبکهٔ DMR، این شـبکه جهت تبادل دیتای حیاتی و کنترلی مناسب نخواهد بود.



شکل ۲-۱۷- مدولاسیون TDMA

● سطوح استانداردDMR

اسـتانداردهایی کهDMR را تعریف می‌کنند شـامل چهار استاندارد ETSI زیر است که

به‌صورت رایگان در وب‌سایت ETSI در دسترس هستند:

- TS 102 361-1: استاندارد اینترفیس هوایی DMR
- TS 102 361-2: سرویس‌ها و امکانات عمومی DMR
- TS 102 361-3: استاندارد داده DMR
- TS 102 361-4: استاندارد ترانک DMR

همچنین یک راهنمای جامع طراحی عناصر از تمام قسمتهای استاندارد نیز وجود دارد که مطالعهٔ آن‌را آسانتر می‌سازد:

- TR 102 398 : طراحی سیستم کلی DMR

● استاندارد DMR

سه سطح دراستاندارد DMR وجود دارد:

- سطح اول DMR: بدون مجوز

محصولات سطح اول DMR برای استفاده درباند ۴۴۶MHz نیاز به مجوز ندارند.
سطح اول برای برنامه‌های کاربردی مصرف کننده و برنامه‌های کاربردی تجاری با توان کم، حداکثر تا ۰/۵ وات توان رادیویی با آنتن کامل و کار درحالت مستقیم (ارتباط بدون استفاده از تجهیزات زیرساخت) در نظر گرفته شده است. با استفاده از تعداد محدودی از کانال‌ها و بدون استفاده از تکرارکننده، بدون استفاده از اتصال به تلفن و آنتن‌های ثابت/ یکپارچه، دستگاه‌های سطح اول DMR بهترین راه حل برای استفادهٔ شخصی، تفریح و سرگرمی، تجارت کوچک و دیگر مواردی است که به پوشش منطقهٔ وسیع و یا ویژگی‌های پیشرفته نیاز ندارد.

- سطح دوم DMR: کانونشنال

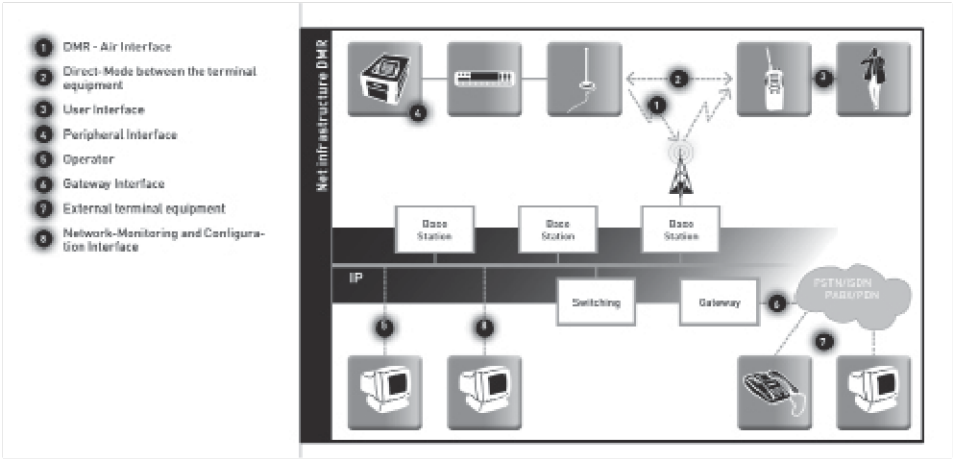
سطح دوم سیستم‌های رادیویی کانونشنال، بی‌سیم‌های دستی و متحرک کانونشنال دارای مجوز در باندهای فرکانسی از ۶۶ تا ۹۶۰ مگاهرتز درحالت مستقیم یا با استفاده از تکرارکننده را پوشش می‌دهد. سطح دوم استاندارد ETSI DMR برای کاربران حرفه‌ای ایجاد شده است که نیاز به کارایی طیف، ویژگی صوتی پیشرفته و سرویس‌های داده IP یکپارچه در باند مجاز برای ارتباطات با توان بالا دارند. سطح دوم ETSI DMR دواسلات

TDMA درکانال‌های ۱۲/۵ کیلوهرتزی را مشخص می‌کند.

- سطح سومDMR: ترانک

سطح سوم DMR عملیات ترانک در باندهای فرکانسی MHz ۹۶۰-۶۶ را برای کاربران حرفه‌ای پوشش می‌دهد. مزیت ترانک این است که کانال‌های رادیویی برای کاربران به اشتراک گذاشته می‌شود، در حالی‌که در یک سیستم غیرترانک هر کاربر باید برای یک کانال خاص صبر کند تا آزاد شود. بنابراین در ترانک کانال‌های کمتری برای ارائهٔ درجهٔ خاصی از کیفیت خدمات مورد نیاز است، اما از نظر هزینه، یک سیستم پیچیده‌تر نیاز دارد.

استاندارد سطح سوم دواسلات TDMA در کانال‌های ۱۲/۵ کیلوهرتزی را مشخص می‌کند. سطح سوم صدا و دیتا را مشابهٔ استاندارد MPT-1327 پشتیبانی می‌کند. سطح سوم ۱۲۸ نوع پیام وضعیتی و پیام کوتاه تا حداکثر ۲۸۸ کاراکتر را در فرمت‌های متنوع پشتیبانی می‌کند. همچنین از سرویس‌های داده در فرمت‌های مختلف، ازجمله IPv4 وIPv6 پشتیبانی می‌کند.



شکل ۲-۱۸- ساختار شبکهٔ DMR

۲-۳-۱-٤- مقایسهٔ فنی، اقتصادی شبکه‌های رادیویی دیجیتال TETRAو DMR در راستای ارتقای شبکهٔ رادیویی راه‌آهن ج.ا.ا

● باند فرکانسی

باند فرکانس اختصاص داده شـده برای TETRA، ۳۰۰ تا ۴۰۰ مگا هرتز جهت خدمات اضطراری، قسمت‌هایی از باند ۴۱۰ تا ۴۳۰ مگاهرتز و ۴۵۰ تا ۴۷۰ مگا هرتز و قسمت‌هایی از باند ۸۷۰ تا ۹۳۳ مگاهرتز جهت کاربردهای عمومی است. فاصلهٔ فرستنده و گیرنده برای کلیهٔ باندها ۱۰ مگاهرتز است به استثنای باند ۸۰۰ مگاهرتز که ۴۵ مگاهرتز می‌باشد.

در DMR به‌دلیل اینکه مبنای طراحی ارتقای شبکهٔ رادیویی آنالوگ MPT-1327 بوده است، باند فرکانسی همان باند فرکانسی شبکه آنالوگ می‌باشد.

مجـوز فعلـی رادیویی راه‌آهن در بانـد فرکانسـی UHF (۴۷۰-۴۵۶ مگاهرتز) با فاصلهٔ کانالی ۱۲/۵ کیلوهرتز جهت تبادل اطلاعات و پوشش در سطح کشوری تعریف شده است. بنابراین در شـبکه DMR نیازی به اخذ مجوز جدید فرکانسی جهت فرکانس نمی‌باشد، ولی در TETRA که از کاریر ۲۵ کیلوهرتز استفاده می‌نماید هماهنگی و تصحیح مجوز الزامی خواهد بود.

● سطح پوشش

در شبکه TETRA به‌عنوان یک سیستم ترانکینگ یک کانال کنترلی مداوم تعریف شده اسـت که به متحرک اجازه می‌دهد بر اساس آسـتانهٔ مجاز، سیگنال را از بهترین سلول و تکرارکننده دریافت نماید. این آسـتانه در TETRA به‌طور معمول ۱۸dB می‌باشـد. با توجـه به این موضوع محدودهٔ پوشـش TETRA تقریبـاً ۲۰ کیلومتر در محیط‌های باز تعیین شده است.

سطح پوشش شبکه DMR مشابهٔ شبکهٔ آنالوگ می‌باشد و بسته به شرایط محیطی حتی تا ۱۰۰ کیلومتر را نیز پوشش خواهد داد.

قابـل ذکر اسـت که توان تشعشـعی تجهیـزات تکرارکنندهٔ DMR برابـر ۵۰ وات و در TETRA معادل ۲۵ وات می‌باشد.

بـا عنایـت به فاصلهٔ متوسـط ۲۰ کیلومتـر بین ایسـتگاه‌های ریلی ایران هر دو شـبکه

جوابگو خواهند بود. این درحالی است که پیش‌بینی می‌شود به‌دلیل مسائل عملی تعداد تکرارکننده‌های مورد نیاز TETRA جهت ایجاد پوشش مطلوب، چندین برابر DMR باشد.

● ظرفیت شبکه

ظرفیت شبکه، حداکثر تعداد کاربران قابل پوشش در یک منطقهٔ جغرافیایی تعریف می‌شود. این پارامتر بستگی به تعداد کانال‌های سیستم و مشخصات عملکردی مورد انتظار از شبکه دارد. کل تعداد کانال‌ها در سیستم DMR مشابهٔ آنالوگ و می‌تواند تا ۱۰۲۴ باشد.

در سیستم‌های رادیویی TETRA، پهنای باند هر کانال kHz ۲۵ است. هر تکرارکنندهٔ TETRA در این پهنای باند تعداد ۴ تایم اسلات ارائه می‌کند که یکی از آنها به سیگنالینگ اختصاص داشته و ۳ تایم اسلات باقیمانده به‌عنوان کانال مخابراتی همزمان استفاده می‌شود. در DMR تعداد ۲ تایم اسلات در پهنای باند kHz ۱۲/۵ موجود است که یکی از آنها به سیگنالینگ اختصاص دارد. بنابراین از نظر راندمان فرکانسی، تترا و DMR مشابه می‌باشند (Khz ۶/۲۵ برای هر کانال)، اما حداقل فرکانس لازم برای یک کریر تترا Khz۲۵می‌باشد؛ درحالی‌که حداقل فرکانس برای یک کریر DMR، ۱۲/۵کیلوهرتز است. در شبکه‌های پرترافیک این موضوع اهمیتی ندارد، اما در شبکه‌های با ترافیک کمتر،DMR طیف فرکانسی کمتری نیاز دارد.

همچنین سرعت متحرک قابل پشتیبانی در شبکهٔ TETRA حداقل ۴۵۰ کیلومتر بر ساعت اعلام شده است؛ درحالی‌که در شبکهٔ DMR هنوز هیچ گزارشی در این خصوص وجود ندارد.

● امنیت شبکه

شبکه‌های ایمن مانع دسترسی غیر مجاز افراد به سیستم یا ارتباطات حمل شده توسط آن می‌گردد. شبکه‌های دیجیتال به‌طور ذاتی امنیت شبکه را پشتیبانی می‌نمایند. رمزنگاری، هم در سیستم‌های آنالوگ و هم در سیستم‌های دیجیتال باعث افزایش زمان برقراری مکالمه می‌گردد. همچنین، کیفیت صدا نیز ممکن است کاهش یابد. از عوامل مؤثر در

قدرت رمزنگاری می‌توان به محافظت از کلید رمز، نوع الگوریتم و طول کلید اشاره کرد. در اســتاندارد شــبکهٔ TETRA یک بخش به‌طور مشروح به مبحث امنیت پرداخته شده اســت. این شبکه قابلیت پشتیبانی از ســطوح مختلف امنیت بر مبنای نیاز کاربران شبکه را داراســت البته افزایش ســطح رمزنگاری باعث کاهش ظرفیت دیتای شــبکه می‌گردد. این سیســتم بیشتر برای ســرویس‌های ایمنی مثل نیروهای پلیس شهرها و سرویس‌های اضطراری به‌کار گرفته شده است. امنیت شبکهٔ TETRA شامل موارد ذیل می‌باشد:

- شبکه سئوال می‌کند و اعلام هویت را از موبایل می‌خواهد(اعلام هویت و تصدی از طرف شبکه).
- مشترک از شبکه سئوال می‌کند و شبکه اعلام هویت می‌کند (اعلام هویت و تصدیق از طرف شبکه).
- مشترک از شبکه سئوال می‌کند و شبکه اعلام هویت می‌نماید (اعلام هویت و تصدیق از طرف موبایل).
- رمز کدگذاری ذاتی سیستم TETRA در فرمت ACELP و اینترفیس هوایی
- قابلیت اضافه کردن مدول رمزکننده (End-to-End)
- کدگذاری و رمزگذاری در حالت مد مستقیم

در اســتاندارد ETSI جهت امنیت شــبکه DMR از الگوریتم اســتاندارد RC4 استفاده شده است. در این حالت یک کلید ۵۶ بیتی در هر ترمینال برنامه‌ریزی می‌شود که به‌کمک آن ترمینال به شمارهٔ تصادفی تولیدی توسط کانال کنترلی شبکه جواب می‌دهد.

با توجه به اینکه شــبکهٔ رادیویی راه‌آهن ج.ا.ا شــبکه‌ای عمومی می‌باشد و نه امنیتی، سطوح امنیتی ســاده که تنها به کاربران ریلی اجازهٔ استفاده از امکانات شبکهٔ رادیویی را بدهد، کافی است و نیازی به برنامه‌ریزی برای سطوح پیشرفتهٔ امنیتی نخواهد بود، بنابراین در اینجا شبکه DMR مناسب‌تر می‌باشد.

● استحکام شبکه

اگر شــبکه بتواند در صورت بروز اشــکال در زیرساخت، قطع نشــده و سطوح پایین‌تری از خدمات را در اختیار کاربران قرار دهد، یک شبکهٔ مستحکم به‌حساب آورده می‌شود. هر دو شبکه، قابلیت پشتیبانی از وضعیت direct mode و fall back mode را دارا می‌باشند.

● سیستم باز و غیراختصاصی

به‌معنی وجود استانداردهای بین‌المللی برای مشخصات سیستم و واسط‌های آن است. شبکهٔ TETRA دربرگیرندهٔ مرکز سوئیچینگ محلی، gateway ، BTS ، MSC ها، سوئیچ‌ها، OMC و تجهیزات وابسته به مدیریت و کنترل می‌باشد. مشخصات بخش‌های ذکر شده در استاندارد TETRA آورده نشده است و تنها Gateway ها و در هنگامی‌که با شبکهٔ دیگری در ارتباط باشند، در استاندارد آورده شده‌اند. شبکهٔ DMR نیز هنوز در بسیاری از جزئیات دارای تعاریف استاندارد نیست و شرکت‌های فعال از پروتکل‌ها و واسط‌های متفاوتی استفاده می‌نمایند. با این حال انجمن DMR درصدد است اعضای خود را موظف نماید تا به‌صورت هماهنگ با یکدیگر تجهیزات خود را به بازار ارائه نمایند.

● Handover

Handover عبارت است از فرآیندی که توسط آن، ارتباط بین ترمینال متحرک و شبکه هنگام جابجایی متحرک از محدودهٔ تحت پوشش یک سایت به سایت دیگر حفظ می‌شود. در این جابجایی کانال کنترل از یک BTS به BTS دیگر دست‌به‌دست می‌گردد. جابجایی مکالمه در استاندارد DMR دیده نشده است، البته برخی شرکتها ادعای ارائهٔ این قابلیت را در تجهیزات تولیدی خود دارند. در شبکهٔ TETRA علاوه بر امکان جابجایی مکالمهٔ بین سلولی، امکان Roaming بین سیستم‌های مختلف با استفاده از واسط‌ها نیز وجود دارد.

● مدت زمان برقراری تماس

زمان برقراری تماس در شبکهٔ TETRA معادل ۳۰۰ میلی‌ثانیه و در DMR مدت زمان برقراری تماس فردی در بهترین حالت ۱۲۰ میلی‌ثانیه و تماس گروهی در بهترین حالت ۹۰ میلی‌ثانیه ذکر شده است. مقادیر عنوان شده مشابهٔ مقادیر شبکهٔ رادیویی آنالوگ فعلی می‌باشد.

● انعطاف‌پذیری و سادگی کاربرد

شبکهٔ ترانک TETRA در مقایسه با سیستم رادیویی سنتی شبکه‌ای سلولار مشابه GSM است که نیازمند مراکز سوئیچینگ قوی، زیرساخت انتقال پهن باند، طراحی

پوشـــش دقیق و طراحی فرکانسی می‌باشـــد. این موارد از نظر مدیریت و طراحی پیچیده خواهد بود.

شـــبکهٔ DMR برای ارتقای شبکهٔ رادیویی آنالوگ به دیجیتال طراحی شده است. بنابراین نیازی به طراحی‌های مجدد پوشـــش و فرکانس نداشته و می‌تواند ترکیب‌بندی‌های متفاوت شـــبکه‌ای را از تک ســـایته تا تعداد زیادی تکرارکننده پشـــتیبانی نمایـــد. در DMR اکثر ســـاختارهای متداول از قبیل اتصال داخلـــی تکرارکننده‌هـــا، simulcast، multicast و سیســـتم‌های ترانکینگ و multi-access امکان‌پذیر است. با عنایت به زیرساخت IP این شـــبکه، توسعهٔ شـــبکه ســـریع و راحت خواهد بود؛ البته شـــبکهٔ TETRA نیز می‌تواند از تکنولوژی IP based استفاده نماید.

● روش دسترسی(مالتی‌پلکسینگ)

روش دسترســـی عبارت اســـت از روش اســـتفادهٔ اشـــتراکی چند کاربر از یک منبع واحد مخابراتی. CDMA،TDMA و FDMA مثال‌هایی از روشـــهای دسترســـی می‌باشند. هر دو شـــبکه از روش دسترسی TDMA استفاده می‌نمایند. در این روش دسترسی اگر در حالت به‌خصوصی یک کاربر نیاز به ســـرعت بیشـــتری جهت انتقال و تبادل داده داشته باشد و محدودهٔ زمانی تعیین شده برای سایر کاربران نیز آزاد و بدون استفاده باشد، مرکز کنتـــرل قـــادر خواهد بود تا کل بخش‌های زمانی را به یـــک کاربر اختصاص دهد تا وی به سرعت بتواند اطلاعات مورد نیاز را مورد تبادل قرار دهد.

● شاخص‌های خدمات دیتا

برخی از شاخص‌ها عبارتند از:

- سرویس دیتای کاربران
- کنترل قطار
- خدمات اطلاع رسانی مسافرین
- مدیریت قدرت الکتریکی (قطارهای برقی)
- خدمات ارزش افزوده از قبیل پی‌گیری بار

در واقع استاندارد TETRA دو نوع اتصال تبادل داده را پشتیبانی می‌نماید که عبارتند از: مدار

پیوسته(مانند یک مودم تلفنی) و پروتکل اینترنتی (IP). این‌ها روش‌هایی برای انتقال پیام‌های کوتاه، تصاویر و نقشه‌ها، تصاویر ویدیویی فشرده و دیگر داده‌ها هستند. در هر دوره نرخ سرعت انتقال داده برای هر کاربر چیزی در حدود ۷/۲۰۰ بیت در هر ثانیه است که به‌طور همزمان برای ۴ کاربر ۲۸/۸۰۰ بیت بر ثانیه خواهد شد، یعنی چیزی معادل سرعت اتصال به اینترنت به‌وسیله‌ی یک مودم دایل آپ معمولی.

DMR سطح ۳ از پروتکل packet data برای ارسال دیتا استفاده می‌کند و ترانکینگ سرویس‌های پیام کوتاه را از طریق کانال کنترلی ارسال می‌نماید. با عنایت به سرعت دیتای پایین شبکهٔ DMR این شبکه جهت تبادل دیتای حیاتی و کنترلی مناسب نخواهد بود، ضمن اینکه این درحالی است که شبکهٔ TETRA با سرعت دیتای قابل قبول می‌تواند جهت رد و بدل کردن دستورات کنترلی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

● رشد فن‌آوری

به‌معنی میزان سابقهٔ فن‌آوری و آزمایش شدن آن در سیستم‌های واقعی است. در حال حاضر استاندارد TETRA در راه‌آهن‌های جهان (چین، روسیه، اسپانیا، تایوان و ...) متداول است به‌جز آمریکای شمالی؛ درحالی‌که سیستم DMR در مراحل اولیهٔ تولید و بهره‌برداری قرار داشته و تا کنون هیچ سابقه‌ای از اجراء در محیط ریلی را ندارد.

● سیر تکاملی آینده

منظور مسیر تکاملی فن‌آوری مورد بحث است. عرضهٔ اول شبکهTETRA (TETRA Release 1) تا کنون مجموعهٔ جامعی از خدمات و تسهیلات را فراهم آورده است، ولی با گذشت زمان نیاز به رشد و ارتقای کلیهٔ فن‌آوری‌ها برای تأمین بهتر نیازمندی‌های کاربران، سرمایه‌گذاری مطمئن و تضمین عمر طولانی آنها به وجود آمده است. همان‌طوری‌که سیستم GSM به‌سوی GPRS، EDGE و UMTS/3G روی آورده، TETRAنیز برای تأمین تقاضای رو به افزایش کاربران جهت خدمات و تسهیلات جدید و همچنین استفاده از مزایای فن‌آوری‌های جدید، نیاز به رشد و تکامل دارد.

در سال ۱۹۹۹، گروه‌های ذینفع شامل کاربران و تولیدکنندگان در قالب کمیتهٔ فنی و انجمن TETRA نیاز به ارتقای TETRA در چند حوزه را شناسایی نمودند. اگر چه

چند حوزهٔ اولیه‌ای که شناسایی گردید، بسیار جامع بود، اما اتفاقات قابل ملاحظه‌ای که در صنعت ارتباطات به‌وجود آمد همراه با تغییر نیازهای بازار موجب شد تا خدمات و تسهیلات جهت ارائهٔ سطح پوشش بیشتر و خدمات دیتای ارتقاء یافته در پایان ۲۰۰۵ به‌عنوان قسمتی از عرضه دو TETRA (TETRA Release 2) استاندارد گردد.

شبکهٔ DMR با شروع از سطح (۱) که برای پاسخگویی به نیازهای محدود کاربران تعریف شده بود، فعالیت خود را آغاز و در نهایت سطح (۳) آن با پایهٔ ترانکینگ به بازار ارایه شده است. این سطح در ابتدای کار خود قرار دارد و نیازمند گذر زمان جهت مشخص شدن نقاط ضعف و قوت می‌باشد. در حال حاضر برنامه‌ای از طرف گروه‌ها و مراجع مربوط به این تکنولوژی جهت ارتقا سطح (۳) این فن‌آوری در دست نمی‌باشد.

● هزینه

هزینهٔ تمام شدهٔ یک شبکهٔ رادیویی یکی از اصلی‌ترین پارامترها در انتخاب شبکه است. هزینهٔ فن‌آوری‌ها بستگی به عواملی از قبیل مقیاس تولید، رقابت، رشد فن‌آوری، هزینهٔ نگهداری و غیره دارد.

پارامترهایی که در هزینهٔ تمام شده تأثیر می‌گذارند و در ادامه به آنها می‌پردازیم عبارتند از :

- قیمت تجهیزات شبکه (سوئیچ، ایستگاه‌های رادیویی و ....)
- قیمت ترمینالها
- هزینهٔ نصب، راه‌اندازی و نگهداری سایتها و ...

■ ترمینالها

با توجه به استفاده از آمپلی‌فایرهای خطی در فن‌آوری TETRA به‌نظر می‌رسد قیمت ترمینالهای آن گرانتر از DMR باشد، ولی به‌دلیل سابقهٔ بیش از ۱۰ سال TETRA در مقایسهٔ سابقهٔ چند سال اخیر DMR و تعدد تولیدکنندگانش، قیمت ترمینالهای دو شبکه تقریباً یکسان می‌باشد.

■ ایستگاه‌های رادیویی و سوئیچ

با توجه به سطح پوشش بیشتر شبکهٔ DMR برای ایجاد سطح پوشش مساوی از طریق

شـبکهٔ TETRA نیاز به ۳ تا ۵ برابر تعداد سایت بیشـتر خواهد بود. قیمت تکرارکننده در هر دو شـبکه به نوع پیکربندی شـبکه وابسته است. به‌طور خلاصه در حالت ترانکینگ می‌توان گفت قیمت تکرارکنندهٔ TETRA در حدود ۷ برابر تکرارکنندهٔ DMR می‌باشد. همچنین به‌علت سادگی ارتباط IP در DMR و نیاز به پهنای باند کم (کمتر از ۳۳ کیلوبیت بر ثانیه) بین ایستگاه‌های آن علاوه بر اینکه تجهیزات زیرساخت شبکهٔ انتقال این شبکه ساده و ارزان قیمت است، نیازی به تجهیزات سوئیچ پیچیده‌ای نیز نخواهد داشت. این در مقایسه با سوئیچ‌های TETRA که باید تعداد بیشتری تکرارکننده را تحت کنترل داشته باشند، منجر به کاهش قیمت می‌گردد.

● آموزش مورد نیاز

با توجه به قدمت شبکهٔ TETRA، این شبکه در ایران نیز شناخته شده و توسط شرکت‌های مختلف در حوزهٔ نفت و گاز نصب و راه‌اندازی گردیده است، که این آشنایی داخلی با تکنولوژی در زمینهٔ آموزش مؤثر خواهد بود. این درحالی است که شبکهٔ DMR اخیراً در دنیا معرفی شده و در داخل کشور هنوز ناشناخته و نیازمند سرمایه‌گذاری بیشتر است.

● انرژی مصرفی

بـا توجه به نیاز خطی‌سـازی در فرسـتندهٔ TETRA و فعالیت پیوسـتهٔ کانال کنترلی، تکرارکننـدهٔ TETRA حـدود ۸ تا ۱۵ برابر توان بیشـتری از سیسـتم DMR مصرف می‌نماید.

● دورهٔ گذر(نصب، راه‌اندازی و نگهداری)

با توجه به هماهنگ بودن شـبکهٔ فعلی با شبکهٔ DMR، بخش قابل توجهی از هزینه‌های نصب و راه‌اندازی شـبکه انجام شـده و قابل بهره‌گیری مجدد اسـت، که منجر به کاهش هزینهٔ اجرای شبکه نسبت به سایر تکنولوژی‌ها می‌گردد. از طرفی با توجه به مشابه بودن این شـبکه با شـبکهٔ آنالوگ فعلی، می‌توان به نکتهٔ مثبت امکان کار همزمان دو شبکه در دورهٔ گذر اشاره کرد و نهایتاً کل تجهیزات پایانه و زیربنا شامل تکرارکننده و مراکز کنترل در حالت دیجیتال فعال خواهند بود.

از دیگر قابلیت‌های شبکهٔ DMR نحوهٔ گسترش شبکهٔ DMR می‌باشد. در مناطقی که ترافیک بسیار پایینی وجود دارد می‌توان به‌جای استفاده از شبکهٔ DMR سطح (۳) از تجهیزات شبکهٔ DMR سطح (۲) استفاده نمود و ارتباط این دو سطح را برقرار نمود؛ به این ترتیب هزینهٔ پوشش مناطق دوردست ۷۰ درصد کاهش می‌یابد.

در مقابل در دورهٔ گذر شبکهٔ TETRA به‌دلیل متفاوت بودن زیر ساختی و تجهیزاتی، امکان استفادهٔ مجدد از امکانات موجود محدود خواهد شد؛ لذا ایجاد تغییرات لازم می‌گردد. این شبکه با سیستم‌های قبلی قابل رقابت نیست و طرحهای بین شبکه‌ای برای ایجاد gateway مورد نیاز است که بتواند سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال را به‌یکدیگر متصل کند. این درحالی است که به‌علت تعدد تولیدکنندگان و ارائه‌دهندگان خدمات فنی و پشتیبانی، هزینهٔ کمتری جهت تعمیر و نگهداری شبکه پیش‌بینی می‌شود. در این شبکه می‌توان دورهٔ گذر را به دو صورت تعریف نمود:

در حالت اول نصب سایت‌های[۱] TETRA به‌صورت مسیری انجام و بعد از اتمام هر مسیر شبکهٔ رادیویی آنالوگ جمع‌آوری و شبکهٔ TETRA فعال می‌شود؛ در این حالت کلیهٔ تجهیزات ناقله باید به هر دو ترمینال آنالوگ و TETRA مجهز شده باشند و سوئیچ مرکزی TETRA نیز همزمان با سوئیچ آنالوگ فعال باشد.

در حالت دوم کل شبکهٔ رادیویی (مسیر و تجهیزات ناقله) مجهز به تجهیزات TETRA شده و در نهایت به‌طور یکپارچه، شبکهٔ آنالوگ خاموش و TETRA فعال می‌گردد.

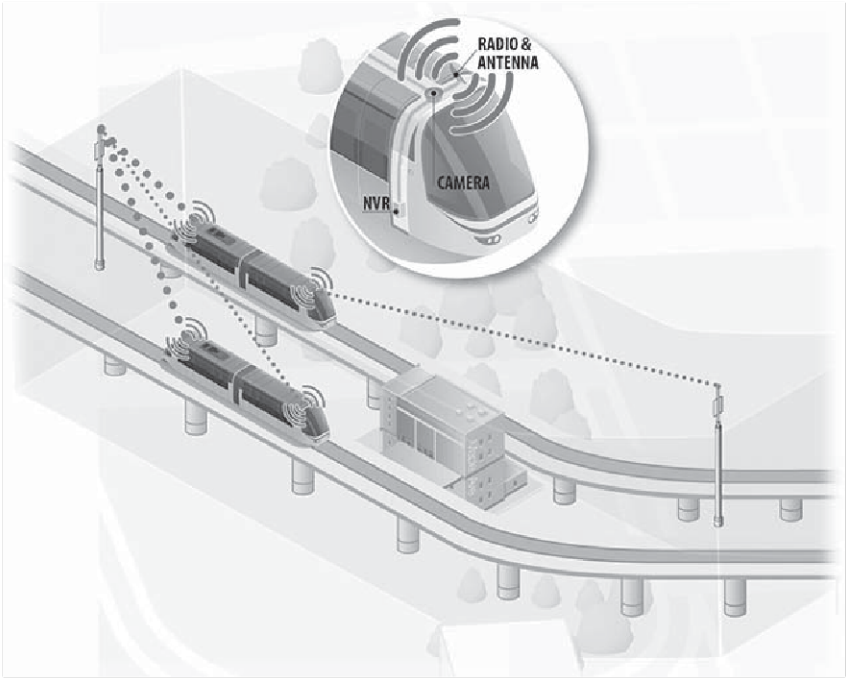
در نهایت می‌توان گفت تعداد ایستگاه‌های رادیویی و تعداد ترمینال، نقش تعیین‌کننده‌ای در هزینه دارند. اگر شبکه، شبکه‌ای کوچک با تعداد کمی ایستگاه رادیویی و تعداد نسبتاً زیادی کاربر باشد، مقرون به صرفه‌ترین شبکه، TETRA است، ولی اگر مورد عکس باشد، یعنی اگر بخواهیم ناحیه‌ای وسیع با تعداد کاربر کم را پوشش دهیم، DMR مقرون به صرفه‌تر است.

۱- تکرارکننده

۲-۳-۲- شبکهٔ بی‌سیم WiFi

WiFi مخفف کلمات Wireless Fidelity می‌باشد و درحقیقت یک شبکهٔ بی‌سیم است که مانند رادیو و تلویزیون و سیستم‌های تلفن همراه از امواج رادیویی استفاده می‌کند. این نوع شبکه‌ها بسته به نوع استانداردی که از آن پیروی می‌کنند بردی تا ۴۰۰ متر دارند. محدودهٔ فرکانسی امواج این شبکه در محدودهٔ امواج مایکرویو قرار دارد و به‌علت فرکانس بالا امکان حمل اطلاعات بیشتری را می‌دهد. نکتهٔ جالب این است که بر خلاف شبکه‌های کابلی، این نوع شبکه‌ها از هیچ‌گونه توپولوژی خاصی پیروی نمی‌کنند و تمام سخت‌افزارهای موجود در شبکه می‌توانند به راحتی و بدون هیچ‌گونه مشکلی مانند تداخل، با هم در ارتباط باشند. این استاندارد از زیرمجموعه Bluetooth است و تحت آن، ارتباطی با قدرتی بیشتر از خود Bluetooth ایجاد خواهد شد. قیمت اینترنت در این سیستم بسیار مناسب است؛ مثلاً در کشور آمریکا یک Account نامحدود یک ماهه با این سرویس به مبلغ ۲۰ تا ۳۰ دلار در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. از نظر برد مؤثر هم حداکثر تا ۱۵۰ متر اطراف Access Point مورد پوشش قرار می‌گیرد. در این حالت سرعت انتقال ارتباط ۱مگابیت بر ثانیه است. البته هر چقدر فاصلهٔ کاربر با ایستگاه اصلی کمتر از ۱۵۰ متر باشد سرعت انتقال اطلاعات بیشتر خواهد شد؛ مثلاً سرعت انتقال اطلاعات در فاصلهٔ ۱۰۰ متری، ۵/۵ مگابیت بر ثانیه ، در فاصله ۸۰ متری، ۸ مگابیت بر ثانیه و در فاصلهٔ ۵۰ متری و کمتر از آن ۱۱ مگابیت بر ثانیه است.

برای استفاده از این سیستم ایستگاه‌هایی به‌نام Access point در مناطق مختلف و به فواصل چند صد متری قرار می‌گیرد. این ایستگاه‌ها امواج رادیویی را درهوا منتشر می‌کنند و هر پایانه‌ای که به Wi-Fi مجهز باشد و در محدودهٔ این ایستگاه‌ها قرار داشته باشد قادر به استفاده از اطلاعات ارسالی است و کاربران با قرار دادن یک کارت سخت‌افزاری و یا وصل کردن یک دستگاه Wi-Fi خارجی از طریق USB به کامپیوتر خود قادر به استفاده از این سیستم هستند.



شکل ۲-۱۹- شبکهٔ WiFi در راه‌آهن

عملکرد این سیستم را می‌توان به‌صورت ذیل خلاصه نمود:

یک مبدل بی‌سیم، اطلاعات را به سیگنال‌های رادیویی ترجمه و آنها را ارسال می‌کند.

یک روتر[1]، سیگنال‌ها را دریافت، رمزگشایی و تبدیل به اطلاعات می‌کند. حال این اطلاعات با استفاده از یک اتصال دیگر به ایستگاه فرستنده فرستاده می‌شود.

این فرآیند در جهت معکوس هم کار می‌کند (آنچه بیشتر کاربران معمولی آن‌را احساس می‌کنند)، یعنی روتر اطلاعات را از منبع اطلاعاتی دریافت می‌کند؛ تبدیل به سیگنال‌های رادیویی کرده و برای کامپیوترهایی که مجهز به سیستم بی‌سیم هستند، ارسال می‌کند.

استاندارد تعریف شدهٔ این شبکه، استاندارد IEEE 802.11 است که در دسته‌های اصلی ذیل تقسیم‌بندی می‌شود:

802.11a: اطلاعات را با فرکانس ۵ گیگاهرتز انتقال داده و می‌تواند اطلاعات را حداکثر تا سرعت ۵۴ مگابایت در ثانیه ارسال کند و اثر اعوجاج و تداخل امواج در آن بسیار

1- router

کم اســت. به دلیل بالا بودن فرکانس، قیمت تجهیزات این اســتاندارد نیز گرانتر از ســایر استانداردهاست.

802.11b : ارزان‌ترین و کندترین اســتاندارد اســت و قیمت پایین سبب عمومی‌شدن آن شده اســت. اما امروزه با کاهش قیمت استانداردهای سرعت بالا، کمتر استفاده می‌شود و از فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز استفاده می‌کند که می‌تواند با سرعت حداکثر تا ۱۱ مگابایت در ثانیه به انتقال اطلاعات بپردازد. قیمت تجهیزات این استاندارد نیز ارزان‌تر است.

802.11g : این اســتاندارد نیز از فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز استفاده می‌کند، اما سرعت انتقال اطلاعات آن به مراتب از 802.11b بیشــتر اســت و تا ۵۴ مگابایت بر ثانیه می‌رســد. این اســتاندارد در واقع تلفیقی از دو اســتاندارد بالاســت که هم از فرکانس پایینی اســتفاده می‌کند(و در نتیجه هزینهٔ کمتری خواهد داشت) و هم اینکه سرعت بالای 54Mbps را پشــتیبانی می‌کند. این استاندارد با هر دو استاندارد بالا، مطابق است و همین ویژگی‌های منحصر به فرد اســت که باعث محبوبیت این اســتاندارد شده است. در اینجا امکان ارتباط آداپتورهای 802.11b با یک نقطهٔ دسترسی که از فن‌آوری 802.11g استفاده می‌کند، وجود دارد.

قابل ذکر است امواج رادیویی WiFi می‌توانند در سه باند فرکانسی منتقل شوند؛ به عبارت دیگر می‌توانند به سرعت بین باندهای مختلف «پرش فرکانسی» انجام دهند. پرش فرکانسی ســبب کاهش تداخل می‌شود و امکان برقراری ارتباط بی‌سیم همزمان با چند ایستگاه را به کاربر خواهد داد.

همهٔ دســتگاهها و کامپیوترهایی که مجهز به آداپتور بی‌سیم WiFi هستند می‌توانند از یک روتر استفاده کنند و به اینترنت متصل شوند؛ این اتصال راحت و نامرئی است و نسبتاً ارتباط امنی است. اگر چه در صورت خرابی روتر یا استفاده همزمان افراد زیادی از حداکثر پهنای باند ممکن است قطع ارتباط رخ دهد.

۲-۳-۳- شبکه بی‌سیم WiMAX

امروزه WiMAX یکی از متداول‌ترین فن‌آوری‌های بی‌سیم پهن‌باند می‌باشد که هدفش فراهم‌سازی دسترسی بی‌سیم باند وسیع با سرعت بالا در فضاهای شهری[1] است. استاندارد هوایی IEEE 802.16 به WiMAX باز می‌گردد که این استاندارد برای WMAN گسترش یافت و تمامی دسترسی‌ها اعم از ثابت، متحرک و ... را پشتیبانی کرده و قابلیت در کنار هم قرار گرفتن سیستم‌های بی‌سیم پهن‌باند از سازندگان مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد.

از آنجایی که WiMAX دارای دو بخش یعنی ایستگاه پایه و ایستگاه مشتری است، لذا ساخت آن با هزینهٔ کم انجام می‌شود؛ به‌علاوه با توجه به مزایایی که WiMAX دارد محققین به دنبال آنند که در فن‌آوری موبایل به WiMAX توجه ویژه‌ای شود و از ادغام فن‌آوری WiMAX و CDMA در موبایل به نسل چهارم موبایل برسند.

در مقایسه با سیستم‌های سیمی باند وسیع، WiMAX مزایای زیر را داراست:

۱- هزینه‌های پیاده‌سازی آن ارزانتر است؛

۲- هزینه‌های نگهداری آن به صورت ماهانه کمتر است؛

۳- نصب، به‌کارگیری، پیکربندی دوباره و جداسازی قطعات آن سریع‌تر و آسانتر است؛

۴- اثرات کمتری روی محیط پیرامون خود دارد؛

۵- مقیاس‌پذیری آن برای بسط و گسترش در آینده بسیار مناسب است؛

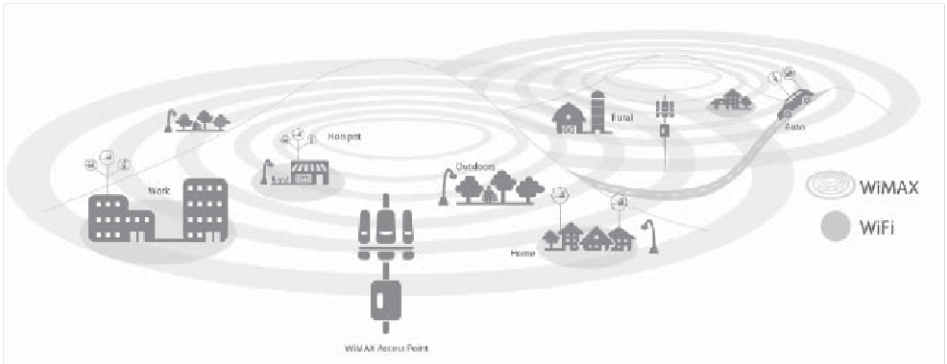
۶- انعطاف‌پذیری بالایی دارد.

WiMAX می‌تواند تا مسافت ۳۰ مایل (۵۰ کیلومتر) را با سرعت ۷۵ مگابیت برثانیه، با استفاده از هر دو طیف مجاز و غیرمجاز، پوشش دهد.

1- WMAN

جدول ۲-۳- مقایسهٔ دو استاندارد WiMAX و WiFi

	802.11	802.16	تفاوت های فنی
برد سیستم	کمتر از ۱۰۰ متر	تا ۵۰ کیلومتر	مقاومت بیشتر در مقابل چندمسیرگی سیگنالها در استاندارد 802.16
محدوده تحت پوشش و نوع ارتباط	در محدوده داخلی یک ساختمان در بهترین شرایط	محیط های خارجی و به صورتNLOS	سیگنال‌های سیستم‌های 802.16 با داشتن ضریب تقویت سراسری بالا از موانع برسر راه خود نیزعبور می‌کند
نرخ تبادل اطلاعات	۲/۷ bps/Hz الی ۵۴ Mbps	۵ bps/Hz الی ۷۰ Mbps	مدولاسیون پیشرفته‌تر و توانایی تصحیح خطای بهترکارایی 802.16 را افزایش داده است.
پهنای باند	۲۰ MHz	۱/۵ MHz الی ۲۰ MHz	به دلیل انعطاف پذیری درپهنای باند از سیستم‌های مختلف چند کاناله پشتیبانی می کند
QoS	ندارد	برای صوت و ویدئو درسطوح مختلف	----------



شکل۲-۲۰-مقایسهٔ سطح پوشش شبکه‌های WiFi و WiMAX

● **استانداردهای شبکهٔ رادیویی WiMAX**

امروزه WiMAX دارای دو استاندارد می‌باشد؛ یکی از آنها برای برنامه‌های بی‌سیم ثابت طراحی شده است که استاندارد IEEE 802.16-2004 آن را پوشش می‌دهد و دیگری برای سرویس‌های بی‌سیم موبایل طراحی شده که استاندارد IEEE 802.16e آن را پوشش می‌دهد.

هر دوی این استانداردها از 802.16 و 802.16a ناشی می‌شوند. 802.16a نسبت به 802.16 دیرتر عرضه شد و مانند 802.16 استانداردی برای WMAN می‌باشد.

استانداردهای 802.16 فقط لایهٔ فیزیکی و لایه MAC دارند و لایه‌های بالاتر در این استاندارد مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

■ **استاندارد 802.16**

این استاندارد که به‌عنوان استاندارد هوایی برای سیستم‌های دسترسی بی‌سیم باند وسیع ثابت (FBWA) یا WMAN شناخته شده اولین نسخه از خانواده 802.16 بود که در آوریل ۲۰۰۲ به وجود آمد.

طیف مجاز آن GHz ۶۶-۱۰ می‌باشد که گران است، اما با باند فرکانس بالا به علت کوتاهی طول موج، تداخل کمتری دارد. این استاندارد فقط برای ارتباطات نقطه به نقطه استفاده می‌شود. لینک‌های ارتباطات نقطه به نقطه خیلی انعطاف‌پذیر نیستند، اما در مقابل خطاهای انتقال قویتر و پایدارترند. این استاندارد با دیگر استانداردهای شبکه‌های بی‌سیم مثل سیستم‌های سلولی و WLAN نیز کار می‌کند.

■ **استاندارد 802.16a**

این استادارد که در سال ۲۰۰۳ به ظهور رسید، نسخهٔ توسعه یافتهٔ 802.16 می‌باشد و در آن پهنای باند به بازهٔ پایین‌تری تبدیل شده است و فرکانس در بازهٔ ۲ تا ۱۱ گیگاهرتز می‌باشد. در این استاندارد برای ارسال اطلاعات نیاز به دید مستقیم نیست؛ زیرا در این باند فرکانسی امکان انعکاس، نفوذ و خم شدن در اطراف ساختمان‌ها برای امواج وجود دارد، واضح است که کارایی تجهیزات عدم نیاز به دید مستقیم نسبت به تجهیزات نیازمند دید

مستقیم، به دلیل تضعیف، کمتر است. از جمله ویژگی‌های دیگری که در این استاندارد وجود دارد، این است که می‌توان از باندهای مجاز یا غیرمجاز استفاده کرد که همین امر امکان تداخل در این روش را بالا می‌برد و برای رفع آن باید از مکانیزم انتخاب فرکانس به صورت پویا[1] استفاده کرد. در این استاندارد می‌توان به نرخ ارسال ۷۵ مگابیت برثانیه در مسافت ۵۰ کیلومتر رسید.

حال به معرفی برخی دیگر از ویژگی‌های این استاندارد و مزایای آن نسبت به 802.16 می‌پردازیم:

یکی از مشکلاتی که در استاندارد اولیهٔ 802.16 وجود داشت، این بود که برای وسایل کم توان مثل رایانهٔ قابل حمل یا وسایل دستی، ارسال موج به فرستنده در مسافت‌های طولانی و با وجود پهنای باند وسیع خیلی سخت بود که این مشکل در 802.16a حل شد.

این‌کار با استفاده از پهنای باند انعطاف‌پذیر انجام شد. با اعمال این راه حل می‌توان در باندهای فرکانسی مختلف و انعطاف‌پذیر کار کرد که البته احتیاجات و نیازمندی‌های این کانال‌ها نیز متناسب با تغییرات خود باند تغییر می‌کند. به دلیل مسئله تداخل در باندهای ۲ الی ۱۱ گیگاهرتز استفاده از سیستم‌های 802.16a در فضاهای روستایی و باز بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

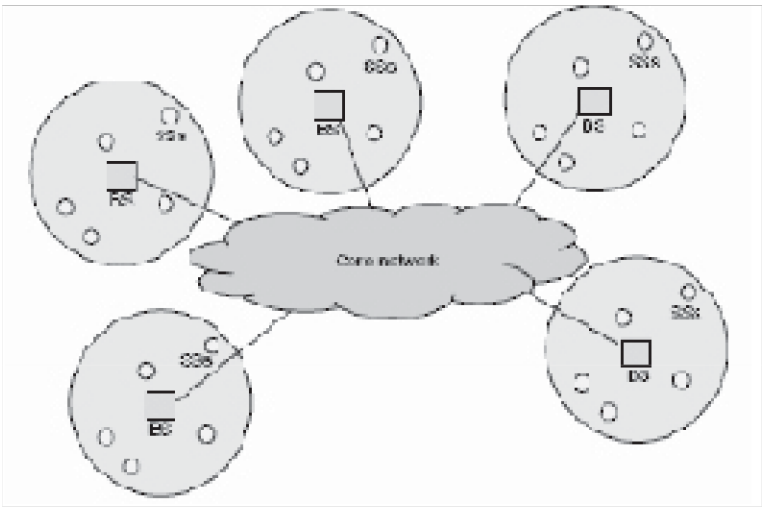
یکی دیگر از مزایای 802.16a نسبت به 802.16 این است که در این روش از فن‌آوری OFDM[2] استفاده شده است. که ارسال داده به صورت بی‌سیم و دو طرفه را در محیطی که کاربران در حال حرکت هستند ممکن می‌سازد.

- **معماری شبکه در WiMax**

مدل معماری این شبکه شبیه به شبکه‌های تلفنی می‌باشد. هر شبکه فضایی را یک ایستگاه پایه (BS) و یک یا تعداد بیشتری ایستگاه مشتری (SS) در بر می‌گیرد. BSها اتصال به شبکه‌های هسته‌ای را فراهم می‌کنند؛ در حالی‌که SS دسترسی کاربر انتهایی را به شبکهٔ بی‌سیم باند وسیع فراهم می‌نماید.

1- Dynamic Frequency Selection
2- Orthogonal Frequency Division Multiplex

در شـــکل زیر یک سلول منفرد مشاهده می‌شـــود. برای تشکیل شبکهٔ بزرگتر، این سلولها گرد هم می‌آیند. همان‌گونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود، BSها از طریق یک شبکهٔ هســـته‌ای به هم متصل می‌شـــوند. در مدل 802.16 دسترســـی به کانـــال، تحت کنترل مرکزی می‌باشـــد؛ یعنی BS به‌طور دقیق روی چگونگی و زمان دسترسی SSها به شبکهٔ بی‌سیم نظارت دارد.



شکل ۲-۲۱- معماری شبکه در استاندارد 802.16

ارتباطات ممکن است به‌صورت PTMP[1]، PTP[2] یا PTCP[3] باشد.

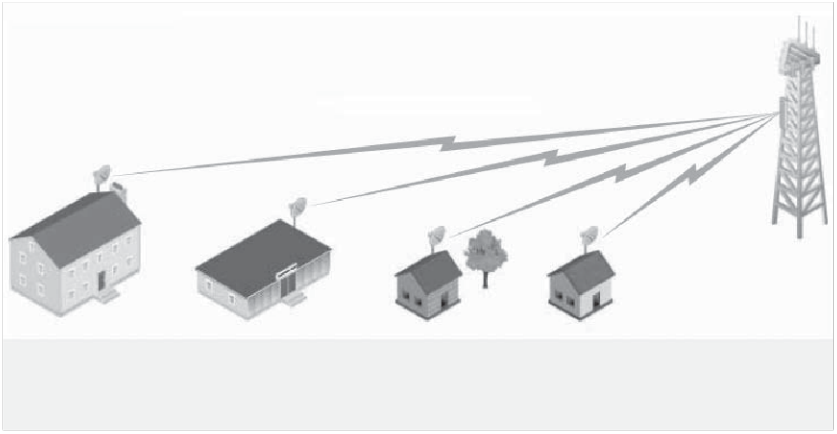
لینـــک PTP یـــک لینک اختصاصی اســـت، کـــه دو نقطه را به‌هم متصـــل می‌کند؛ یعنی فرســـتنده و مشـــتری. به همین دلیل بازدهی در اینجا پایین اســـت و هزینهٔ زیادی صرف می‌شـــود و معمولاً مکان‌هایی از این لینک اســـتفاده می‌کنند که نیاز به پهنای باند زیادی داشته باشند؛ مثل مراکز تحقیقاتی. همچنین در این روش برای به حداقل رساندن تداخل و افزایش ضریب ایمنی به یک آنتن با توان زیاد و فوق‌العاده جهتی نیاز است.

در حالی‌کـــه در توپولوژی PMP (شـــکل ۲-۲۲) گروهی از مشـــتریان به یک BS وصل

1-Point to Multipoint
2-Point to Point
3-Point Consecutive Point

می‌شـــوند و ایـــن روش برای مشـــتریانی که نیاز به پهنای باند زیـــادی ندارند روش بهتر و مؤثرتری اســـت. در اینجا پهنای باند به صورت اشـــتراکی میان گروهـــی از کاربران توزیع می‌شود و هزینه کاهش می‌یابد. همچنین از آنتهای سکتوری با روش‌های سهموی استفاده می‌شود تا بتوان از فرکانس استفاده مجدد کرد.

انتقال به‌صورت PTCP مستلزم داشتن یک حلقهٔ بسته از طریق اتصالات PTP می‌باشد و توپولـــوژی آن mesh اســـت کـــه در آن SSها نقش روتر را دارند و داده‌ها را به ســـمت گره‌هایی که دید مستقیم ندارند، هدایت می‌کنند.



شکل ۲-۲۲- توپولوژی PMP

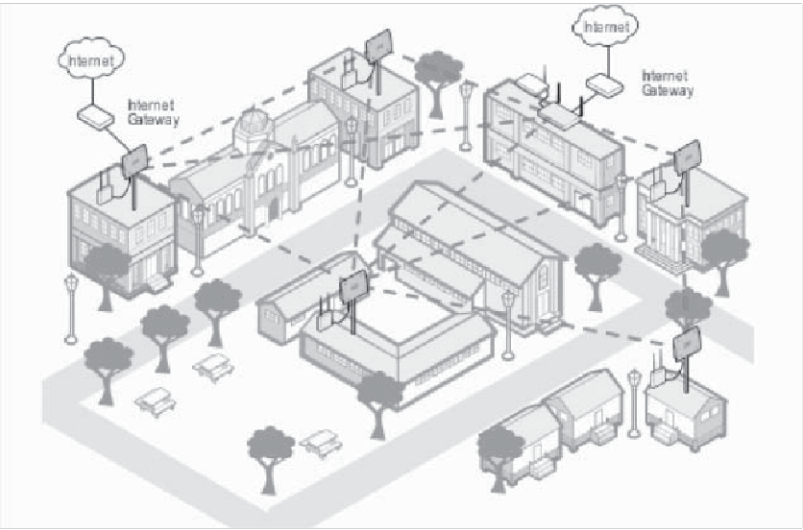
این مســـیریابی می‌تواند به صورت proactive (با اســـتفاده از جداول مسیریابی از پیش تعیین شده) یا reactive (تولید مسیر برحسب تقاضا) باشد.

توپولوژی مش به دو دسته routed mesh و switched mesh تقسیم می‌شود.

در روش Switched mesh یک روتر ثابت میان مبدأ و مقصد تعریف می‌شود و تمامی پاکتها همین مسیر را طی می‌نمایند؛ اگر اتصال قطع شود یا QoS کاهش یابد، روتر جدیدی جایگزین قبلی می‌شود.

در روش Routed mesh مســـیر ثابتی وجود ندارد و تمامی پاکتها با استفاده از نودهای هوشمند و بر اساس ارزیابی شرایط لینک مسیریابی می‌شوند که با استفاده از پارامترهای خاصی مثل گذردهی، چگالی ترافیک و افت پاکت، سطح تداخل، تأخیر و جیتر اندازه‌گیری

می‌شود. بنابراین پاکتهایی که از یک مبدأ به سمت یک مقصد حرکت می‌کنند مسیرهای متفاوتی را طی می‌کنند و با تأخیرها و جیترهای متفاوتی به مقصد می‌رسند. در شکل زیر توپولوژی مش مشاهده می‌شود.



شکل۲-۲۳- توپولوژی مش

۲-۳-٤- شبکهٔ سیار LTE

در دسامبر ۲۰۰۸ سازمان مشارکت نسل سوم موبایل[1]، فن‌آوری LTE (که نتیجهٔ چهار سال کار بود) را با استاندارد HSPA+ ارائه کرد؛ اگرچه LTE تمامی گزینه‌های تکنولوژی نسل چهارم شبکهٔ سلولار عمومی را پوشش نمی‌دهد، ولی هر دو در بازار با یک اسم شناخته می‌شوند.

نسل چهارم[2] واژه‌ای است که برای توصیف شبکه‌های بی‌سیم تکامل‌یافته یا ماورای نسل سوم استفاده می‌شود و شاید بتوان گفت نام تجاری آن در سازمان مشارکت نسل سوم موبایل به‌صورت LTE است.

نسل چهارم، از یک راه‌حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده

1- 3GPP
2- 4G

می‌کند و بر پایهٔ اصل "هرجا و هر زمان" داده‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل‌های قبل در اختیار کاربر قرار می‌دهد؛ البته علیرغم نرخ دادهٔ بالا، تأخیر کمتری در ارسال بسته‌ها ایجاد می‌کند که منجر به کیفیت فوق‌العادهٔ صوت، ویدیو کنفرانس و سرویس‌های همزمان می‌شود. در شبکهٔ نسل سوم پیشرفته، تأخیر در حدود ۴۰ تا ۵۰ میلی‌ثانیه است که در LTE به حدود ۱۰ میلی‌ثانیه کاهش می‌یابد.

شبکهٔ مخابراتی نسل چهارم در واقع چهارمین نسل از فن‌آوری‌های باند پهن بی‌سیم محسوب می‌شود. نسل دوم به مبادلهٔ خدمات تلفن همراه به طریق دیجیتال مربوط می‌شد و نسل سوم نیز به ادغام صدا و خدمات اطلاعاتی جهت ارائهٔ اینترنت در تلفن‌های همراه هوشمند، کارت‌های باندپهن تلفن همراه و نیز نوت‌بوک‌ها و صفحه‌خوان‌های الکترونیک اختصاص داشت که البته در مقایسه با وایمکس کنونی بسیار کند و ابتدایی به نظر می‌رسد. فن‌آوری نسل چهارم را می‌توان از بسیاری جهات یک جهش عظیم دانست؛ سرعت بسیار بالای این فن‌آوری در ارسال داده‌ها از طریق فرکانس‌های چندگانه، آن را از نسل سوم که ارسال اطلاعات در آن به صورت تک فرکانس صورت می‌گرفت، متمایز می‌سازد.

نسل چهارم که در خدمات‌رسانی اینترنتی برای تلفن همراه شناخته می‌شود، قادر است حجم بسیار زیادی از اطلاعات را با سرعتی فوق سریع به هر مقصدی که شما اراده کنید، ارسال نماید. افزایش پهنای باند و سرعت انتقال از طریق تلفیق خطوط رادیویی و بهبود هستهٔ شبکه، مزیت نسل چهارم نسبت به نسل سوم محسوب می‌شود.

با این حال نسل چهارم منحصراً به تلفن همراه اختصاص ندارد. این فن‌آوری می‌تواند جایگزین مناسبی برای خدمات اینترنتی کابلی و خطوط پرسرعت اینترنتی خانگی باشد؛ برای مثال ایستگاه مبدأ نسل چهارم به صورت بی‌سیم با فراهم‌آورندهٔ خدمات اینترنتی ارتباط برقرار می‌کند و از این طریق رایانه‌ها، کنسول‌های بازی و دیگر ابزارهای مجهز به Wi-Fi در منزل شما امکان بهره‌گیری از آن را خواهند داشت.

مهم‌ترین ویژگی برجستهٔ LTE این است که تمامی زیرساخت آن بر اساس IP است؛ به عبارت بهتر بخش هستهٔ شبکه کاملاً همگام با پروتکل‌های TCP/IP است و از سیگنالینگ معمولی که در شبکه‌های قدیمی‌تر به خصوص GSM استفاده می‌شد، خبری نیست.

در تئـوری، نـرخ انتقال داده در ایـن فن‌آوری ۳۲۶ مگابیت بر ثانیه بـرای بارگیری و ۸۶ مگابیت بر ثانیه برای بارگذاری در طیف فرکانسـی ۲۰ مگاهرتز اسـت که در این شرایط حدود ۴۰۰ کاربر به صورت همزمان در یک سلول می‌توانند فعال و در عین حال متحرک باشند.

در حال حاضر بیشـتر شـبکه‌های LTE دارای سـرعت دانلود ۵ تـا ۲۵ مگابیت بر ثانیه می‌باشـند، اما با گسترش بیشتر این شبکه و استفاده از سطح پیشرفتهٔ LTE، این میزان انتقال اطلاعات می‌تواند حتی بیشـتر از سـرعت سـرویس‌دهنده‌های خطوط پرسـرعت اینترنتی (DSL) نیز شود.

شکل ۲-۲۴- شبکه LTE

- **اهداف LTE**

اهداف اصلی تعریف شده برای فن‌آوری LTE عبارتند از:

- افزایش بیشینهٔ نرخ بارگذاری و بارگیری
- پهنای باند افزایش یافتنی
- بهبود راندمان طیفی
- شبکهٔ تمام IP
- یک رابط استاندارد که می‌تواند انواع مختلفی از کاربران را پشتیبانی نماید.

- شـبکه‌های LTE در صددنـد تا خـلاء تبادل داده‌هـای کاربردی بیـن داده‌های شـبکه‌های محلی[1] ثابت بی‌سیم با نرخ انتقال داده‌های بسیار بالا و شبکه‌های سیار را برطرف نمایند.

- **معماری LTE**

شـکل(۲-۲۵) نمای سـطح بالایی از معماری LTE را به نمایش درمی‌آورد. این تصویر، بخشـی اسـت که نزدیکترین تعامل را با وسیله سـیار دارد و معماری کامل آن به مراتب پیچیده‌تر اسـت. سیستم E-UTRAN نمایندهٔ کل شـبکه است که یک نام استاندارد رسمی برای LTE می‌باشد.

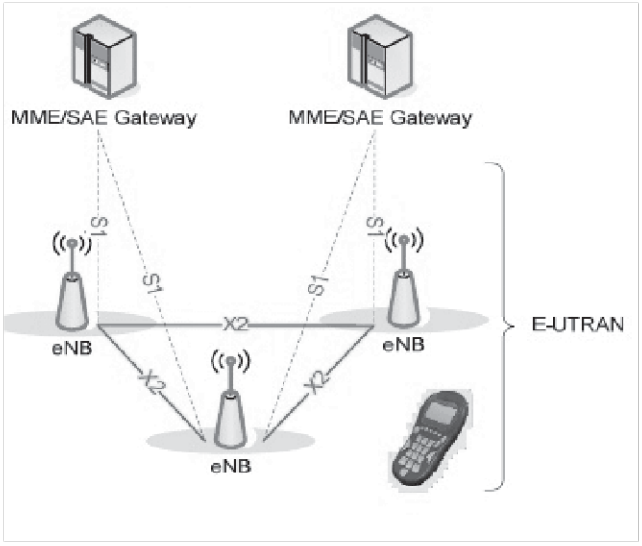
eNB: ایستگاه پایه

UE: تجهیزات کاربر

MME: نهاد مدیریت قابلیت سیاربودن(سطح کنترل)

SAE: معماری تغییریافته سیستم (سطح کاربر)

E-UTRAN: شبکه دست‌یابی رادیویی زمینی جهانی تغییریافته



شکل۲-۲۵- معماری LTE

1- LAN

● **تناسب وایمکس و LTE**

در حال حاضر نسل چهارم به دو فن‌آوری متفاوت تقسیم‌بندی می‌شود که هر یک از آنها با پشتیبان‌های قدرتمند خود، برای صدرنشینی در بازار رقابت می‌کنند. فرمت‌های خدمات نسل چهارم، محلی برای رویارویی وایمکس و LTE است. تشخیص این موضوع که شما کدامیک از این فرمت‌ها را باید استفاده کنید، توسط فراهم‌آورنده خدمات تعیین می‌گردد. برخی از فراهم‌آورندگان خدمات اینترنتی در ایالات متحده مانند Sprint و Clearwire، وایمکس را برای ارائهٔ فن‌آوری نسل چهارم برگزیده‌اند (البته Clearwire اخیراً اعلام کرده است که در حال بررسی و آزمایش LTE می‌باشد). در حال حاضر وایمکس جهت ارائهٔ خدمات فن‌آوری نسل چهارم در ۵۵ بازار ایالات متحده روزهای پرکاری را سپری می‌کند.

در پایان سال ۲۰۱۰ بازارهای عمدهٔ ایالات متحده در نظر داشتند ۱۲۰ میلیون نفر را تحت پوشش این‌گونه خدمات قرار دهند. البته انتظار می‌رود از آنجا که بسیاری از فراهم‌آورندگان بزرگ خدمات اینترنتی مانند AT، T&Verizon و T-Mobile روی LTE دست گذاشته‌اند، در آینده شاهد سیطرهٔ این فرمت بر فن‌آوری نسل چهارم باشیم.

البته ذکر این نکته مهم است که وایمکس و LTE، هیچ یک تا به حال موفق نشده‌اند به لحاظ سرعت با آنچه که اتحادیهٔ مخابرات بین‌الملل برای نسل چهارم معین کرده است، مطابق آیند. در حالی که شرکت Clearwire مدعی است سرعت‌ها به‌طور کلی با مودم‌های کابلی برابری می‌کنند، اما آنها تنها ۳ تا ۶ درصد از انتظارات را برآورده می‌سازند. شرکت Verizon نیز بر مبنای آزمایش‌های صورت گرفته بر این عقیده است که LTE از سرعت بیشتری نسبت به وایمکس برخوردار است که این ادعا را باید در عالم واقعیت دید و سنجید. در هر صورت می‌توان گفت وایمکس و LTE چندین برابر سریع‌تر از سریع‌ترین ارتباط‌های اینترنتی حال حاضر می‌باشند.

رقابت وایمکس و LTE تا جایی بالا گرفته که هر یک در پی خارج کردن دیگری از صحنه است. در واقع این دو فن‌آوری رقیب، شرایطی را به وجود آورده‌اند که مانند نبرد فرمت‌های Blu-ray Disc و HD-DVD که سرانجام به پیروزی Blul-ray منجر شد، این احتمال وجود دارد که مردم باز هم تا زمان اطمینان از پیروزی بلامنازع یکی بر دیگری

انتخاب خود را به تعویق اندازند.

البتــه به دلایل زیادی ممکن اســت این نمایشــنامه به گونه‌ای دیگر رقــم بخورد و مانند هم‌زیســتی مســالمت‌آمیز PCها و MACها که هــر کدام راه خــود را می‌روند، این دو فن‌آوری نیز به چنین شرایطی دست یابند.

حتی اگر یکی از فن‌آوری‌های نسل چهارم در مقابل دیگری سر فرود آورد و میدان را ترک کند، باز هم احتمال بروز چالش دیگری در میان خواهد بود. هیچ‌یک از شما مایل نیستید که دائم به یک نوع ابزار چسبیده باشید.

البتــه وایمکــس و LTE از نظر ســخت‌افزاری تا ۸۵ درصد شــبیه به یکدیگر هســتند و زیرساخت فن‌آوری آنها به لحاظ مدیریت داده‌ها یکسان است. تفاوت اصلی بین این دو را باید در نحوهٔ کارایی و اجرای آنها جست‌وجو کرد.

۲-٤- مخابرات ماهواره‌ای

یکی از پرکاربردترین شاخه‌های مخابرات بی‌سیم، مخابرات ماهواره‌ای است که مزیت‌های مختلفــی از جمله امکان برقــراری مخابرات راه دور را فراهم می‌کنــد. در چند دههٔ اخیر پیشرفت سیستم‌های ماهواره‌ای سریع‌تر شده و لزوم مطالعهٔ این سیستم‌ها بیشتر احساس می‌شود.

ماهواره‌ها دارای ویژگی‌هایی هســتند که در سیســتم‌های مخابراتی دیگر وجود ندارد. به دلیل اینکه ســطح بسیار وســیعی از زمین توســط یک ماهواره قابل رویت است، ماهواره می‌تواند به عنوان گرهٔ اصلی یک شبکهٔ مخابراتی مورد استفاده قرار گرفته و تعداد زیادی از کاربران را که فاصلهٔ جغرافیایی نسبتاً دوری دارند، به‌هم متصل کند. همین‌طور این ویژگی امــکان ارائهٔ لینک مخابرات ماهواره‌ای به مناطق دورافتاده‌ای را می‌دهد که دسترســی به سیســتم‌های مخابراتی دیگر را ندارند. از طرف دیگر در سیستم‌های ماهواره‌ای حد و مرز سیاســی و جغرافیایی در نظر گرفته نمی‌شــود که این مطلــب از ویژگی‌های مطلوب این سیستم‌ها محسوب نمی‌شود.

یک ویژگی هر سیستم ماهواره‌ای این است که هزینه به فاصله وابسته نیست؛ یعنی هزینهٔ برقراری لینک مخابرات ماهواره‌ای برای فواصل کم و زیاد با هم برابر است. بنابراین استفاده

از سیســـتم مخابرات ماهواره‌ای زمانی از لحاظ اقتصادی به‌صرفه اســـت که بتوان به‌صورت پیوسته برای تعداد زیادی از کاربران از آن استفاده کرد تا بتوان هزینه را بین این کاربران تقسیم کرد.

همچنین ماهواره‌ها برای ســـنجش از راه دور مورد اســـتفاده واقع می‌شوند؛ به عنوان مثال این کاربرد می‌توان به تشخیص آلودگی آب اقیانوسها و دریاها و نمایش و گزارش وضعیت آب و هوایی توسط ماهواره‌ها اشاره کرد.

از جمله سیســـتم‌های ماهواره‌ای معروف می‌توان به سیستم بین‌المللی اینتل‌ست، سیستم ماهـــواره‌ای بومی در ایالات متحده، دامســـت و ماهواره‌های با مدار قطبی مربوط به ایالات متحده که برای نمایش شـــرایط جوی و همچنین جســـتجو و نجات مورد اســـتفاده واقع می‌شود، اشاره کرد.

تخصیص فرکانس به سرویس‌های ماهواره‌ای، فرآیند پیچیده‌ای است که نیاز به هماهنگی‌هـــا و برنامه‌ریزی‌هـــای بین‌المللی دارد. این وظیفه بر عهدهٔ اتحادیـــهٔ بین‌المللی مخابرات، بخش ITU-R است. در این برنامه‌ریزی فرکانسی، زمین به سه ناحیه تقسیم شده است:

- ناحیهٔ ۱: اروپا، آفریقا، مناطق مربوط به اتحادیه جماهیر شوروی سابق و مغولستان
- ناحیهٔ ۲: آمریکای شمالی و جنوبی و گرینلند
- ناحیهٔ ۳: آسیا، استرالیا و مناطق اقیانوس آرام جنوب غربی

در این نواحی، باندهای فرکانسی به سرویس‌های مخابراتی مختلف تخصیص داده شده‌اند.

● سرویس‌های متحرک و خاص ماهواره‌ای

این ایده که می‌توان با استفاده از سه ماهوارهٔ قرار گرفته روی مدار زمین ساکن (GEO) ، پوشـــش مخابراتی کل ســـطح زمین، به غیر از مناطق نزدیک به قطب شمال و جنوب را فراهم کرد، توسط چارلز کلارک[1] بیان شده است. این ایده در حالت تئوری ساده و بدون عیب اســـت، ولی در عمل سیســـتم پیاده‌سازی شده، بســـیار پیچیده‌تر از چیزی است که در نگاه اول به نظر می‌رســـید. برای غلبه بر مشـــکلات پیدا شـــده، راه‌حل هایی پیدا شدند و نتیجه این بوده اســـت که سرویس‌های ماهواره‌ای در حوزه‌های جدید بسیاری گسترش یابد. امروزه بیشترین ماهواره‌ها از نوع زمین ساکن هستند و البته تعداد آنها از سه بیشتر

1-Charles Clarke

اســت. اگر فاصلهٔ زاویه‌ای میانگین ۲ درجه بین ماهواره‌ها در نظر گرفته شــود، مدار زمین ســاکن دارای ۱۸۰ موقعیت مداری خواهد بود و در عمل ماهواره‌ها به‌صورت خوشه‌ای در مدار قرار داده می‌شــوند؛ یعنی در هر موقعیت مــداری بیش از یک ماهواره قرار می‌گیرد. ۱۸۰ موقعیت مداری به طور یکنواخت اشغال نمی‌شوند، بلکه مناطقی که نیاز به سرویس بیشــتری دارند، ماهواره‌های بیشــتری را به خود اختصاص می‌دهند. علاوه بر ماهواره‌های زمین ســاکن از مدارهای غیر زمین ســاکن، مخصوصاً مدار کم ارتفــاع (LEO) و ارتفاع متوســط (MEO) هم اســتفاده‌های زیادی می‌شود. یک ســرویس می‌تواند از ترکیبی از ماهواره‌های زمین ساکن و غیرزمین ساکن استفاده کند.

● **VSAT**[1]

VSAT به مفهوم پایانهٔ زمینی بســیار کوچک است که برای ارسال و دریافت اطلاغات از طریق ماهواره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌طورکلــی بهره‌برداری از ارتباطات ماهواره‌ای به دو عنوان کلی ارتباطات Broadband (باند پهن) و Narrowband (باند باریک) تقسیم بندی می‌شود:

- ارتباطات باند پهن

سرویس‌های باند پهن عمدتاً برای کاربردهایی که مصرف پهنای باند بالایی داشته و یا در مواردی به‌منظور استفاده در بسترهای ثابت توصیه می‌شوند.

- ارتباطات باند باریک

ســرویس‌های باند باریک عمدتاً برای کاربردهایی که مصرف پهنای باند پایین داشــته و یا در مواردی به‌منظور استفاده در بسترهای متحرک توصیه می‌شوند.

VSAT واژه‌ای اســت که عمدتاً برای ارتباطات باند پهن از آن اســتفاده می‌شود. در این نوع ارتباط عملاً محدودیتی در میزان نرخ داده و سرعت ارتباط وجود نداشته و محصولات گســترده‌ای برای پوشــش نیازهای مشــتریان در این زمینه قابل ارائه می‌باشــد. یکی از روشهای دسته‌بندی این محصولات، طبقه‌بندی آنها بر اساس امکان جابجایی و قابل حمل بودن می‌باشد که عبارتند از:

1- Very-small-aperture terminal

Fixed

آنتن ماهواره‌ای در این رده از محصولات به صورت ثابت و در مکان مشخصی نصب می‌گردد. بخش وسیعی از کاربردهای VSAT از این تجهیزات استفاده می‌کنند. طی سال‌های اخیر کاهش چشم‌گیر هزینهٔ تمام شده و به تبع آن قیمت رقابتی تجهیزات Fixed (ثابت) برای مصرف کننده، گسترهٔ استفاده از این محصول را دوچندان نموده است.

Mobile

به‌طور کلی تجهیزات موبایل به سه گروه: تجهیزات زمینی، تجهیزات دریایی و تجهیزات هوایی تقسیم می‌شود.

با استفاده از تجهیزات فوق، گسترهٔ وسیعی از سرویس‌ها را می‌توان ارائه نمود که بخش مهمی از آنها عبارتند از:

- ایجاد بسترهای امن و مستقل از مخابرات زمینی برای انتقال اطلاعات کنترلی، اسکادا، مانیتورینگ از راه دور، شبکه های انتقال و توزیع برق، آب، گاز، نفت و پتروشیمی، ارتباطات در سایت‌ها و سکوهای نفتی ، راه‌آهن، مترو، راه و ترابری، کنترل جاده‌ها و مرزها و ...
- ایجاد ارتباطات، انتقال صوت، تصویر و داده‌ها بر روی کشتی‌ها، سکوهای نفتی، قطارها، هواپیماها و هلیکوپترها
- ایجاد بستر مناسب برای انتقال مالتی‌مدیا شامل: انتقال دیتا، فیلم، عکس، صدا به صورت Unicast & Multicast & Broadcast،

آموزش از راه دور و ایجاد ویدیو کنفرانس، گسترش شبکه‌های تلفنی سازمانها به نقاط دور دست، کنفرانس از راه دور و تجارت الکترونیک، ارائهٔ خدمات پهنای باند و پشتیبانی شبکهٔ ماهواره‌ای موجود.

- ارائهٔ راه‌حل‌های جامع امنیتی و شبکه‌های اختصاصی برای بانکها و مؤسسات مالی، دولت الکترونیک، فروشگاهها و سازمان‌های زنجیرهای، شرکت‌های صنعتی و اقتصادی، کارخانجات، مراکز آموزشی و دانشگاهی، مؤسسات فرهنگی، مراکز خدماتی، مراکز رفاهی و درمانی، جایگاه‌های عرضه سوخت و گمرکات.

شکل ۲-۲۶-خدمات ماهواره ای

- **ماهواره در راه‌آهن**

به‌طـــور کلـــی در راه‌آهن می‌توان به دو صورت کاملاً متحرک و نیمه‌ثابت از ســـرویس‌های ماهواره‌ای استفاده نمود. در رابطه با سرویس‌های متحرک می‌توان ترمینال‌های ماهواره‌ای را روی قطار نصب کرده و به این ترتیب قطار می‌تواند با هر ایستگاه و از جمله ایستگاه‌های کنـــاری و مرکـــزی ارتباط برقرار کند. همچنین با نصب ترمینالهـــا روی واگنها می‌توان به مســـافرین هم ســـرویس ارایه کرده و مســـافرین می‌توانند در حال حرکت با نقاط مختلف تماس برقرار نمایند. با استفاده از این ترمینالها قطار می‌تواند هم ارتباط صوتی داشته باشد و هم دیتا منتقل کند. در رابطه با سرویس‌های نیمه ثابت در راه‌آهن موارد استفاده فراوانی وجود دارند که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ارائهٔ سرویس‌های موقت برای ایستگاه‌هایی که به دلایل مختلف از جمله تعمیرات، تعویض خطوط ارتباطی و یا هرگونه خرابی دیگر مشکل ارتباطی دارند؛
- ارائهٔ ســـرویس به بازرســـان طول خط جهت گزارش سریع هر گونه مشکل در طول خطوط راه‌آهن؛
- ارائهٔ سرویس برای محورهای در دست ساخت که هنوز هیچ‌گونه امکان مخابراتی ندارند؛
- ارائهٔ سرویس به گروه‌های تعمیراتی در طول خط.

۲-۵- رادیوهای مایکروویو در شبکه‌های مخابراتی

طراحان و سازندگان شبکه‌های مخابراتی همواره سعی می‌کنند تا از کلیهٔ فن‌آوری‌های روز دنیا در ایجاد شبکه‌های ارتباطی بهره ببرند وضمن کاهش هزینه‌ها، مشخصه‌های کیفیت،

سرعت، دقت و قابلیت اطمینان را افزایش دهند. شبکهٔ فیبر نوری به دلیل اینکه قادر است پهنـــای باند فوق‌العاده زیادی را منتقل کند به عنوان گزینه‌ای مناســـب برای شـــاه‌راه‌های ارتباطی مورد اســـتفاده قرار می‌گیرد. از طرفی قابلیت‌ها و امکانات بســـیار زیاد تجهیزات رادیویی باعث شـــده تا این تجهیزات در شبکه‌های زیر ساخت به عنوان مکمل شبکهٔ فیبر نوری مورد استفاده قرار گیرد.

● مزایای لینک رادیویی

لینک‌های رادیویی در مقایســـه با شـــبکهٔ فیبـــر نوری دارای مزایایی هســـتند که اهم آنها عبارتند از:

■ بر پایی سریع

لینک‌های رادیویی در مقایســـه با شـــبکهٔ فیبر نوری به زمان کمتری برای برقراری ارتباط نیاز دارند؛ این زمان حتی می‌تواند به کمتر از ۲۴ ساعت تقلیل یابد. لذا در شرایط موجود که ســـرعت حائز اهمیت اســـت تجهیزات رادیویی می‌توانند گزینهٔ مناســـبی برای توسعه وتجهیز شبکه در بخش‌های زیر ساخت باشد.

■ انعطاف پذیری

شـــبکه‌های رادیویی در زمان اصلاح، تغییر و یا توسعهٔ شـــبکه دارای انعطاف‌پذیری بسیار زیادی است و هرگونه تغییر در محل ایستگاه و ظرفیت به‌راحتی قابل اعمال است.

■ عدم نیاز به حفر کانال

یکـــی از پر هزینه‌ترین و زمان‌برترین بخش‌های ایجاد شـــبکهٔ فیبر نوری حفر کانال و قرار دادن کابل در عمق زمین است.

■ قابلیت اطمینان بسیار بالا

بنا بر استانداردهای مؤسسه ITU-R میزان در اختیار بودن شبکه‌های رادیویی ۹۹/۹۵٪ تا ۹۹/۹۹٪ است و این مقدار با به‌کارگیری ترکیب‌های مناسب در ساختار برنچینگ رادیو

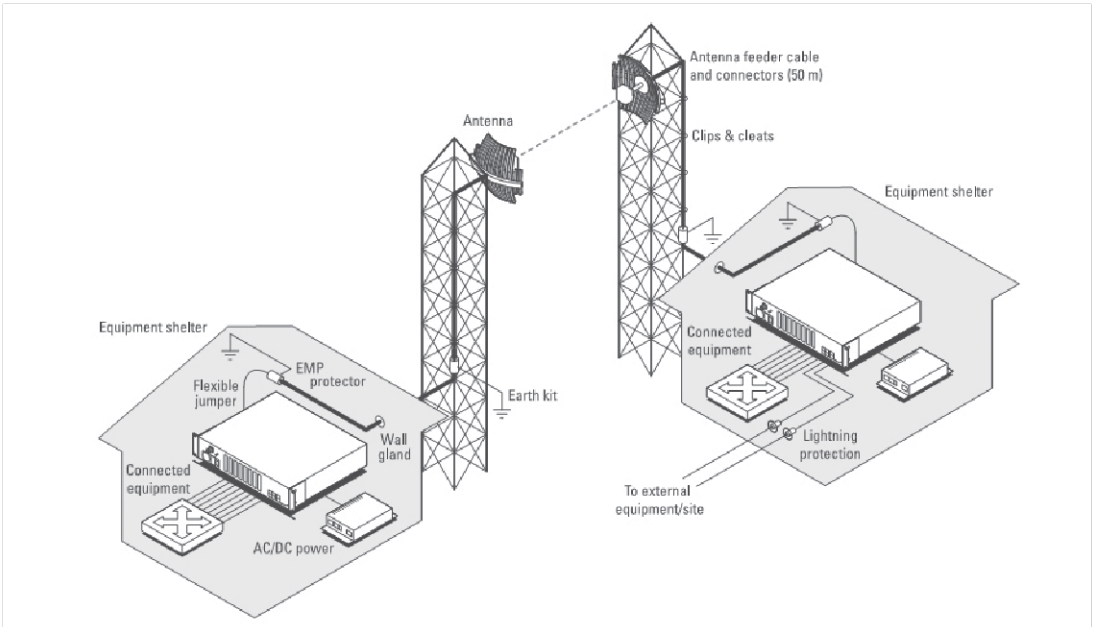
می‌تواند به‌طور مجازی تا ۱۰۰٪ نیز افزایش یابد.

■ صرفهٔ اقتصادی

هزینهٔ ایجاد شـــبکه‌های رادیویی به‌دلیل عدم نیاز به حفر کانال نســـبتاً کم است و به طول مســـیر نیز بســـتگی ندارد. هزینهٔ ایجاد هر مایل خط فیبر نوری برای مناطق برون شهری معادل ۲۵۰۰۰دلار اســـت؛ علاوه بر اینکه اســـتفاده از بعضی فرکانسهای مایکروویو نیاز به اخذ مجوز ندارد.

■ مقاومت بهتردر برابر حوادث و بلایای طبیعی و خرابکاری

شـــبکه‌های رادیویی در مقابل حوادث طبیعی مانند سیل و زلزله مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و پس از وقوع این حوادث در صورت بروز آسیب با سرعت بیشتری می‌توان چنین شبکه‌هایی را بازسازی، مرمت و عملیاتی نمود.



شکل ۲-۲۷- شماتیک ارتباطات رادیویی با استفاده از لینک رادیویی

۲-٦-مراکز تلفن IP PBX

اســتفاده از مراکز تلفن در تمامی ســازمان‌های دولتی و شــرکت‌ها و مؤسسات خصوصی جزء لاینفک ارتباطات درون‌ســازمانی و برون‌ســازمانی آنان محسوب می‌شود. مراکز تلفن مرســومی که در این اماکن اســتفاده می‌شــود، علیرغم امکانات فراوانی که در اختیار قرار می‌دهند، به نسبت نیازهای سازمان‌های امروزی بسیار محدودند.

مراکز تلفن عمدتاً دارای تعداد مشخص داخلی بوده و افزودن داخلی به تعداد زیاد با صرف هزینه‌های گزاف همراه اســت. برای هر داخلی باید سیم‌کشــی مجزا صورت گیرد، که این امر برای تعداد داخلی بالا همیشه دردسرساز است. امکاناتی که این گونه مراکز در اختیار قرار می‌دهند، بسیار محدود است و خود کاربر در انتخاب و به‌کارگیری آن‌ها نقش چندانی ندارد. اســتفاده از فاکس در این سیســتم ها به صورت متمرکز بــوده و هرکاربر نمی‌تواند فاکس خود را مســتقیماً و بدون دخالت منشی روی کامپیوتر یا موبایل خود دریافت کند؛ به‌عــلاوه امکاناتی چون صندوق صوتی، ویدیو کنفرانــس، اتصال مراکز تلفن بدون دخالت شبکهٔ مخابرات، امکان برقراری مکالمات بین‌الملل از طریق شبکهٔ اینترنت، به‌هیچ‌وجه در مراکز تلفن معمولی که این روزها در ســازمانها اســتفاده می‌گردد، دیده نمی‌شود. توسعهٔ پرشتاب و شدید فن‌آوری IP که از سالها پیش آغاز شده است و همچنان ادامه دارد، منجر به کاربرد وسیع آن در ابعاد گوناگون جامعه شده است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که این فن‌آوری به رشد سریع خود و کاربرد همه جانبه در ابعاد گوناگون سیستم‌های ارتباطی و اطلاعاتی سازمانها در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داد.

امروزه داشتن امکان ارتباط اعم از صوتی، تصویری و متنی در یک سازمان به‌صورت امری بدیهی، قابل توجه است. برای ایجاد چنین ارتباطاتی از بسترهای مختلفی استفاده می‌شود که رایج‌ترین آنها در شــبکه‌های داخل ســازمانی، شبکه‌های LAN بوده و در شبکه‌های برون سازمانی، استفاده از بستر تلفن شهری، خطوط E1 و شبکهٔ اینترنت می‌باشد.

مراکز تلفن شــبکه‌ای، نســل جدید PBX ها هســتند که به‌دلیل تنوع خدمات و راحتی اســتفاده از آنها بســیار مورد توجه قرار گرفته‌اند؛ امکاناتی از جمله عدم وابستگی کاربر به محل و امکان اســتفاده از ســرویس‌های تلفن داخلی در هر نقطه از دنیا، خدمات صندوق صوتی، انتقال مکالمه، کنفرانس، پاسخگوی خودکار، منشی هوشمند، قرائت خودکار متن

بـــرای مخاطبین، خدمات فکس بر روی شـــبکه، خدمات Messenger، خدمات پســـت الکترونیک محلی، امکانات متنوع گزارشـــی از نحوه و میزان تماســـها در سیســـتم، امکان اتصال به ســـرویس‌دهندگان خارجی بـــرای برقراری مکالمات خارجـــی از طریق اینترنت بـــا هزینه‌ای اندک، ضبط خودکار مکالمات و ده‌ها امـــکان دیگر با رابط کاربری تحت وب می‌تواند تمامی نیازهای تلفنی یک مجموعهٔ کوچک، متوسط و بزرگ را پوشش دهد.

این سیســـتم با قابلیت‌های متعدد می‌تواند ارتباطات چند رسانه‌ای را میان همهٔ کاربران یک ســـازمان تســـهیل نماید. با ادغام عملکرد چندین ســـخت‌افزار مجزا در یک سیســـتم پیشـــرفته و کارآمد و نیز به‌کارگیری فن‌آوری VOIP ، این سیســـتم گزینهٔ مناســـبی را برای تســـهیل مناســـبات اداری، اقتصادی و اجتماعی پیش رو قرار می‌دهد؛ علاوه بر این مزایا راه‌اندازی، اســـتفاده و نگهداری این سیستم بسیار آسان است. به‌علاوه برای استفاده از تلفن‌خانه به کابل‌کشی مجزا نیازی نیست و از بستر شبکه برای ارتباطات فکس و تلفن و ویدیو نیز اســـتفاده می‌شود. با استفاده از امکانات منحصر به‌فرد تلفن‌خانه، همهٔ کاربران، در هر مکانی که باشـــند، تنها با متصل شـــدن به اینترنت، در شبکهٔ تلفن مرکزی سازمان در دســـترس خواهند بود؛ به عبارت دیگر ارتباط مســـتقیم میـــان همهٔ کاربران، صرف‌نظر از موقعیت آنها در ســـاختمان، شـــهر و یا در هرجای دیگر به سادگی میسر است. کاربران این سیســـتم می‌توانند از اداره، منزل، شـــعب دیگر ســـازمان و یا حتی در حال سفر، وارد این سیســـتم شـــده و از همهٔ قابلیت‌های آن بهره‌مند شوند. همهٔ کاربران، صرف‌نظر از ردهٔ ســـازمانی، در مکالمات تلفنی از کیفیت بالای صدا و ابزارهای کارآمدی برخوردار هســـتند که در حداقل زمان، بهینه‌ســـازی فعالیت‌های آنان را در پی دارد. این سیستم قابلیت‌های کارآمدی را مانند ارســـال پیام‌های فوری، کنفرانس تلفنی، تهیهٔ لیســـت مکالمات و تماس و پاســـخ‌گویی اتوماتیک، برای کاربران به همراه دارد. برای اســـتفاده از تلفنخانه نیازی به صرف هزینه برای گوشی تلفن نیست و می‌توان از تلفن‌های نرم‌افزاری بهره برد. روش‌های قدیمی استفاده از شبکه‌های کابلی دارای محدودیت‌هایی هستند که به قرار زیر است:

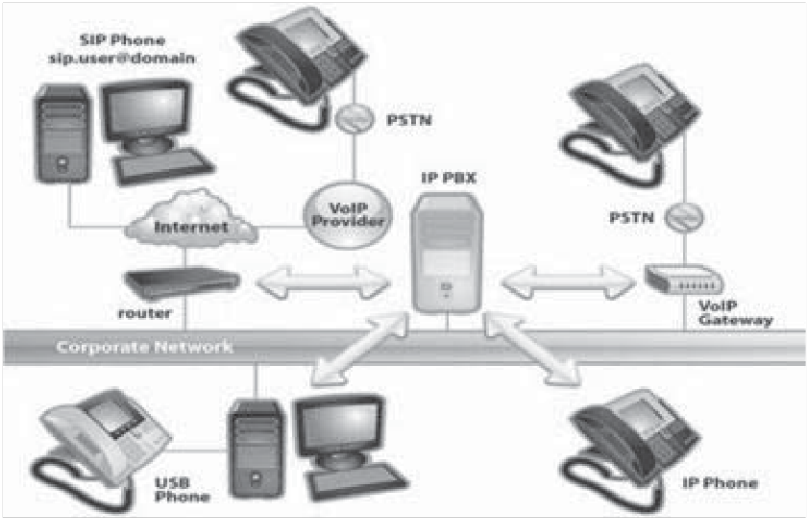
۱- هزینه‌بر بودن استفاده از بستر مخابرات شهری (PSTN)
۲- پرداخت هزینه‌های جداگانه برای دریافت سرویس‌های مختلف
۳- نداشتن ضریب امنیت مناسب برای ایجاد یک ارتباط امن

۴- عدم امکان گزارش‌گیری کامل
۵- وابسته بودن هزینهٔ ارتباط به فاصلهٔ مکانی (درون شهری و برون شهری)
۶- عدم امکان ایجاد ارتباط متنی
۷- عدم امکان ایجاد ارتباط تصویری

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، در سال‌های اخیر با بهره‌گیری بهینه از فن‌آوری اطلاعات در بستر ارتباطات به ویژه در صنعت بهره‌وری و عملکرد، این حوزه نمود پیدا کرده و بازار جدیدی به نام VOIP[1] که با نام IP تلفنی نیز از آن یاد می‌شود و امکان استفاده از بستر شبکه به منظور مکالمات تلفنی را فراهم می‌نماید، ایجاد گردید که هدف آن جبران محدودیت‌های روش‌های سنتی بود و در این راه گامهای مؤثری برداشت که می‌توان به نکات زیر اشاره کرد:

۱- تماس و ارتباط با سرویس‌های VoIP رایگان است؛
۲- امکان ارسال تصاویر هم زمان با صوت وجود دارد؛
۳- امکان برقراری تماس چندین کاربر با یکدیگر را به‌صورت یک کنفرانس فراهم می‌نماید؛
۴- همهٔ سیستم‌های VOIP نیازمند استفاده از کامپیوتر نمی‌باشند. در برخی از آنها از یک تلفن دیجیتالی VOIP و یا یک آداپتور VOIP که امکان استفاده از آن به همراه یک تلفن معمولی وجود خواهد داشت، استفاده می‌گردد؛
۵- یکی دیگر از مزایای تلفن‌های VOIP، قابلیت حمل آسان آنها می‌باشد. این‌گونه تلفن‌ها دارای یک آدرس منحصر به فرد درون خود می‌باشند. این بدان معنی است که در اکثر موارد می‌توان از تلفن VOIP در مکان‌های مختلفی که دارای یک اتصال Broadband اینترنت می‌باشند، استفاده نمود. امکان ارتباط با هر کاربری که دارای یک دستگاه تلفن می‌باشد، وجود خواهد داشت.

1- Voice ver Ip



شکل ۲-۲۸- مرکز تلفن IPPBX

۲-۷- شبکه‌های مخابراتی نسل آینده (NGN)

امروزه شـــبکه‌های عمومی به دلایل متفاوتی ناهمگن هستند. مشتریان به خدماتی همانند صوت، داده و ویدیو نیاز دارند که در این رابطه از وسایل متفاوتی نظیر نوت بوک‌ها، تلفن‌های سلولار، دوربین‌های ویدیویی و غیره استفاده می‌شود. بنابراین رنج وسیعی از وسایل سیار و ثابت پدیدار می‌شود. درگذشته برای پاسخ به این نیازهای متنوع، شبکه‌های متفاوتی توسط فراهم‌کننده‌های سرویس ساخته شده است که هر یک برای یک نیاز ویژه بهینه شده بودند. برای مثال PSTN برای خدمات صوتی، شـــبکهٔ IP برای خدمات اینترنت (Web) و شبکه داده مبنی بر سوئیچ برای خدمات ATM و Frame relay و هم چنین شبکه‌های ویژه‌ای برای یک کاربرد خاص نظیر کنفرانس ویدیویی طراحی شده بودند .

این بخش برآوردی از شـــبکه‌های نسل آینده، فواید NGN و همچنین نقش مهم تکنولوژی انتقال فیبر نوری را که اخیراً توســـعه داده شـــده اســـت، ارائه می‌کند. تکنولوژی DWDM دسترسی به NGN را میسر می‌سازد. خدمات NGN مبنی بر سوییچینگ پیشرفته با یک سطح کنترل یکپارچه خواهد بود.

در نظر گرفتن یکپارچگی در زیرســـاخت و ماجولاریتی در سیستم، در فرآیندهای طراحی

بلندمدت شـــبکهٔ مخابرات، هزینه‌های ناشی از به‌روز شدن شبکهٔ مخابرات در بلندمدت را کاهش داده و به آن قابلیت تطابق بیشتری با روند تغییرات سریع خواهد داد.

همگرایی در زیرساخت، در واقع به نوعی به معنی همگرایی در شبکه‌های نوری، سیمی و بدون سیم (رادیویی و ماهواره‌ای) است.

از سوی دیگر در حال حاضر از نظر دسترسی به منابع زیرساخت، دو نوع سوئیچینگ مداری و پاکتی در شـــبکه موجود می‌باشـــد. همان‌طور که می‌دانیم شبکه‌های تلفنی برای انتقال ترافیک صوتی از ســـوئیچینگ مداری و برای انتقال ترافیک ســـیگنالینگ از ســـوئیچینگ پاکتی بهره می‌گیرند. شبکهٔ دیتا نیز برای انتقال ترافیک دیتا از سوئیچینگ پاکتی مبتنی بر IP استفاده می‌کند. از آنجا که سوئیچینگ پاکتی در مقایسه با سوئیچینگ مداری دارای قابلیت‌های فراوانی اســـت (به عنوان مثال اســـتفادهٔ بهینه از تمام پهنای باند در دســـترس برای انتقال ترافیک)، جهت‌گیری طراحی شبکه‌های مخابراتی نسل آینده به‌گونه‌ای است کـــه در آن هم برای ارســـال ترافیک مدیا (صـــوت، تصویر، و غیره) و هم ســـیگنالینگ، از سوئیچینگ پاکتی به‌طور مشترک استفاده می‌شود. از این‌رو با استفاده از NGN می‌توان ســـرویس‌های جدید را با همگرایی مخابرت ســـیمی و بدون ســـیم ارائه کرد؛ علاوه بر آن، این ســـرویس‌ها در همه جا و در هر زمانی در دســـترس هســـتند. در حقیقت NGN یک شبکهٔ مجتمع مبتنی بر پروتکل‌های اینترنت (IP) است که نیازهای رسانه‌ای امروز و فردا را بـــرآورده می‌کند. برای رســـیدن به چنین منظوری باید تجهیـــزات جدیدی نصب کرد، تجهیزات فعلی را توســـعه داد و قوانین و مقرراتی را برای بهره‌وری بهینهٔ شبکه‌های آینده وضع کرد. شـــبکهٔ فعلی شامل سه شبکهٔ مجزا به نام‌های PSTN، شبکه بی‌سیم[1]، شبکه دیتا[2] و شبکه هوشمند[3] است.

NGN شـــبکه‌ای مبتنی بر IP و مولتی سرویس است که ساختار مدیریت و کنترل واحد دارد و سه شبکهٔ فوق را در یک ساختار عمومی Packet-base یکپارچه می‌کند.

در NGN ، شـــبکهٔ موجود از یک معماری گســـترده به شـــبکه‌ای با لایهٔ انتقال Packet Base برای صـــوت و دیتا تبدیل می‌گردد. تمام ترافیک مخابراتی و ارتباطی نظیر صوت، سرگرمی، آموزش و سرویس‌های اطلاعاتی از یک شبکه مجزا حمل خواهند شد.

1- Wireless
2- PSDN
3- IN

NGN باعـث ایجاد شـبکه‌ای با معماری سـاده، هزینهٔ کم و قـدرت اجرایی بالا می‌گردد. هوشـمندی و بازدهی بـالای NGN قابلیت ارائهٔ تمام سـرویس‌های موجـود در آینده را به‌صورت Multi Service به شبکه می‌دهد.

در قرن حاضر حرکت به سمت ارتباطات پرسرعت بسیار حائز اهمیت است؛ به‌همین دلیل است که سخن از NGN به میان آمده است. نحوهٔ ارتباط مردم در سال‌های اخیر به‌واسطهٔ وجـود اینترنت تغییر کرده و مردم خواهان ارتباط زمان واقعی هسـتند. با وجود اینترنت این ارتباطات به‌صورت چندگانه در آمده است که همگی باید به‌صورت واحد تبدیل شود. رقابت فشـرده و افزایش حجم ترافیک دیتا، ارائه‌دهندگان سرویس‌های مخابراتی را ناگزیر به بازنگری شـبکهٔ موجود کرده اسـت. راه‌حل این مسئله پیاده‌سـازی NGN در شبکهٔ تلفنی اسـت. در این میان شـبکه‌ای که بتواند با تولیدات نسل جدید هماهنگ شود، یک شبکه پویا نامیده می‌شود. تأکید NGN بر تعیین استراتژی گذر از سیستم فعلی، خصوصاً Circuit Switch، به سمت SoftSwitch می‌باشد.

خصوصیات اصلی NGN عبارتند از:

- جدا کردن لایه‌های انتقال، کنترل، سرویس و دسترسی از یکدیگر
- قابلیت همکاری با لایه‌های مختلف و شبکه‌های دیگر از طریق اینترفیس‌های باز
- کنترل یکپارچهٔ تکنولوژی‌های مختلف انتقال نظیر ATM، IP ، TDM ، Frame Relay و...
- اسـتفاده از عناصر اسـتاندارد شـبکه نظیر Soft Switch ، Gateway و Application Server

لازم به ذکر است ایجاد شبکهٔ NGN برای شبکه‌های مختلف دارای راهکار ثابتی نمی‌باشد و برای هر شـبکه، متناسب با ساختار آن شـبکه، نیاز به پیاده‌سازی یک روش و یا تلفیق چند روش است.

● دلایل پیاده سازی NGN

اصولاً شبکه‌های موجود به دلایل زیادی ملزم به اجرای شبکه NGN می‌باشند.

این دلایل عبارتند از:

■ **کاهش مشکلات شبکه**

مشـــکلات فعلی شبکه نظیر ترافیک بالای شبکه، پهنای باند کم، عدم امکان سرویس‌دهی مناسب به مشترکین جدید و ... با استفاده از شبکهٔ IP-Based به حداقل خواهد رسید.

■ **افزایش تصاعدی ترافیک دیتا نسبت به صوت**

ترافیـــک دیتا و صوت چنـــان افزایش یافته که از حالت نرمال خارج گردیده اســـت. افزایش ترافیک دیتا نســـبت به صوت دارای رشـــد بیشتری است که در این میان شبکهٔ موجود باید قادر به هدایت این بار ترافیکی باشـــد. شـــبکهٔ فعلی بر اساس الگوهای ترافیکی ایستا و قابل پیش‌بینی طراحی شده است که این الگو جهت شبکهٔ صوت مطلوب بوده و با آمدن ترافیک دیتا نیاز به تکنولوژی با انعطاف‌پذیری بیشتر است که به سرعت قابل تغییر و توسعه باشد. از آنجا که تکنولوژی‌های قدیم دارای انعطاف و مقیاس پذیری محدودی هســـتند؛ درنتیجه در محیط جدید دچار مشکل خواهند گردید. این مشکل در NGN حل شده است.

■ **عدم یکپارچگی شبکه**

شبکهٔ فعلی به علت وجود شبکه‌های مختلف مانند موبایل، دیتا، IN و ... متمرکز نمی‌باشد، اما در NGN دارای شبکهٔ یکپارچه و متمرکز خواهیم بود.

■ **مدیریت شبکه**

شبکهٔ موجود دارای تعداد زیادی سوئیچ با ظرفیت‌های پایین است و زیاد بودن عناصر در شبکه، کنترل و مدیریت شبکه را مشکل می‌سازد.

■ **ظرفیت شبکه**

ظرفیت شبکهٔ موجود به‌دلیل محدودیت در سقف ظرفیت سوئیچ‌ها به سرعت رو به اتمام است و شبکهٔ موجود از ارائهٔ سرویس به مشترکین ناتوان گشته است.

■ **افزایش سوددهی شرکتها**

چالشـــهای جدید در شبکه، موقعیت‌ها و راهکارهای جدیدی را می‌طلبد؛ به این معنی که اگر شرکتها بتوانند خود را با تکنولوژی روز هماهنگ کنند، قادر خواهند بود سود سرشاری از سرویس‌ها و Applicationهای جدید نصیب خود کنند.

■ **پیاده‌سازی پروتکل‌های استاندارد**

از آنجایی‌کـــه عناصـــر مختف در شـــبکه از تولیدکننـــدگان مختلف هســـتند، در NGN

پروتکل‌های استاندارد به منظور تبادل اطلاعاتی بین عناصر شبکه پیاده می‌شود.

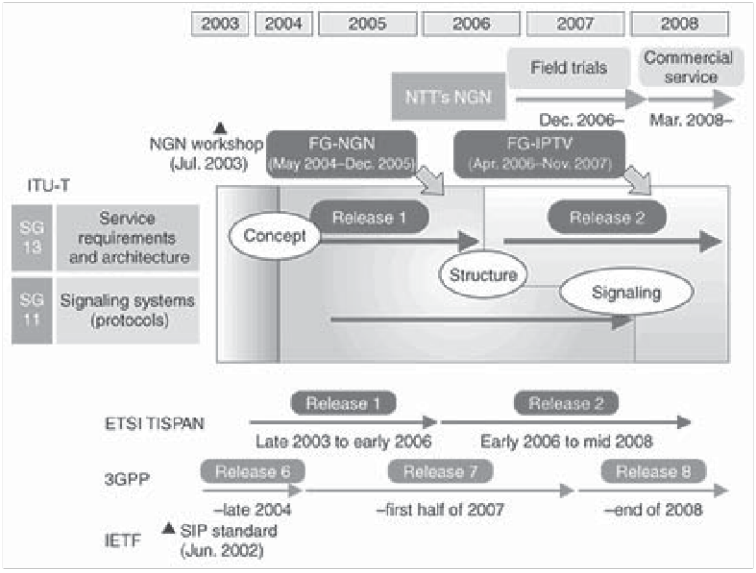
■ **افزایش پهنای باند و ارائهٔ سرویس‌های سریع‌تر**

● **استانداردهای NGN**

FG-NGN ، JRG-NGN و در حال حاضر NGN-GSI زیر پوشش ITU-T مشغول فعالیت هستند. از این میان دو زیر گروه SG15 و SG13 در زمینهٔ NGN و لایه‌های انتقال و سرویس آن به‌طور خاص‌تری کار می‌کنند.

گروه JRG-NGN مسئولیت تعریف یک سری استانداردهای اولیه برای پایه‌گذاری چارچوب NGN و همچنین تعریف NGN در متون ITU-T را بر عهده گرفت. حاصل کارکرد و نتایج فعالیت این گروه که تا ژوئن ۲۰۰۴ به فعالیت خود ادامه داد، توصیه‌های سری Y.2001 و Y.2011 بود که در حال حاضر اساس مطالعات ITU-T در زمینه NGN قرار گرفته است.

همچنین TISPAN به‌عنوان یک انجمن فنی با هشت گروه کاری، مرکز هستهٔ ETSI برای شبکه‌های ثابت و گذر از شبکه‌های سوئیچینگ به شبکه‌های مبتنی بر بستهٔ معماری است که می‌تواند احتیاج های هر دو شبکه را با ایجاد شبکهٔ نسل آینده برطرف کند.



شکل۲-۲۹- برنامهٔ استانداردسازی NGN

تمرکـز TISPAN روی شـبکه‌های نسـل آینده بوده و نتیجهٔ ترکیـب گروه‌های کاری SPAN و TIPHON در سـپتامبر ۲۰۰۳ می‌باشـد. SPAN خود از پیوسـتن SPS (سرویس، پروتکل و سوئیچینگ) و NA (صورت‌های شبکه) شکل گرفته است.

موضوع شـبکه‌های نسل جدید در اواخر سـال ۲۰۰۳ در استانداردهای جهانی مطرح شد و در نهایت گروه مطالعاتی شـمارهٔ سـیزده دفتر استانداردسازی مخابرات اتحادیهٔ جهانی مخابرات یا همان ITU-T SG 13 شبکه‌های نسل جدید را در توصیه‌نامه سری Y.2001 (کـه هدف اصلی آن ارایهٔ یک تعریف عمومی برای NGN بود) این‌گونه تعریف کرد: یک شـبکه مبتنی بر بسته‌های اطلاعاتی که قادر است سرویس‌های مخابراتی، امکان استفاده از باند پهن و فن‌آوری‌های انتقال با قابلیت ارائهٔ کیفیت سـرویس را عرضه کند که در آن کارکردهای وابسـته به سرویس، مستقل از فن‌آوری‌های وابستهٔ انتقال است. این شبکه به کاربران اجازه می‌دهد که به شـبکه‌ها، تأمین‌کنندگان سـرویس و یا سرویس‌های مختلف به صورت آزاد دسترسی داشته باشند و در کنار همه این موارد از تحرک فراگیر و عمومی نیز پشـتیبانی می‌کند تا امکان استفاده از سـرویس‌های یکپارچه را در هر مکان و زمانی برای کاربران فراهم کند. تحرک فراگیر نیز در توصیه‌نامهٔ سری Y.2001 اتحادیهٔ جهانی مخابرات بدین صورت تعریف شـده است: قابلیتی اسـت برای کاربر یا هر وسیلهٔ متحرک دیگر برای برقراری ارتباط و استفاده از سرویس‌های دسترسی بدون در نظر گرفتن تغییر موقعیت مکانی و یا محیط فنی. البته درجهٔ در دسـترس بودن سـرویس ممکن اسـت به فاکتورهای زیادی از جمله توانایی‌های شبکهٔ دسترسی، توافق‌نامه‌های سطح سرویس بین شـبکه‌های خانگی کاربران و سایر شبکه‌ها و... بسـتگی داشته باشد. تحرک، در برگیرنده قابلیت برقراری ارتباط باز و یا بدون پیوستگی سرویس نیز است.

۳ فن‌آوری ارتباطی هوشمند در حمل و نقل ریلی

سیستم حمل و نقل هوشمند به‌معنی استفادهٔ ترکیبی فن‌آوری‌های نوین از قبیل الکترونیک، ارتباطات، سیستم‌های کنترل و سایر تکنولوژی‌های پیشرفته می‌باشد که جابجایی، ایمنی، امنیت و کارآیی را در بخش حمل و نقل اصلاح می‌کند و در رابطه با سایر اقدامات با کاهش مصرف انرژی، شاخص‌های زیست محیطی از جمله کیفیت هوا را بهبود بخشیده و بر میزان دسترسی به وسایل حمل و نقل می‌افزاید. این سیستم‌ها بین رانندگان وسایل نقلیه و زیرساخت‌های حمل و نقل ارتباطی پویا ایجاد کرده تا به تبادل اطلاعات با هم پرداخته و در نتیجه به استراتژی‌های مدیریتی بهتر و استفادهٔ کاراتر از منابع در دسترس منجر شود.

سیستم حمل و نقل هوشمند برای شیوه‌های مختلف حمل و نقل قابل تعمیم است که با استفاده از ابزارهای خودکار و برنامه‌ریزی‌های مربوطه انواع مختلفی از عملیات دریافت و پردازش اطلاعات و نیز مدیریت کنترل ترافیک و حمل و نقل انجام می‌پذیرد. در این سیستم با محدود شدن عوامل انسانی در پردازش اطلاعات یا فرآیندهای کنترل و مدیریت بهبود کیفیت در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت ایجاد می‌گردد.

دامنهٔ کاربردی سیستم حمل و نقل هوشمند را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

- سیستم‌های مدیریت شریانی
- سیستم‌های مدیریت حمل و نقل عمومی
- سیستم‌های مدیریت کنترل حوادث

- سیستم‌های مدیریت و پشتیبانی وسایل نقلیه امدادی
- سیستم‌های پرداخت الکترونیک
- سیستم‌های اطلاع رسانی مسافرین
- سیستم‌های مدیریت اطلاعات
- سیستم‌های ایمنی و پیشگیری از تصادفات
- سیستم‌های نگهداری و بهره برداری
- سیستم‌های مدیریت جوی
- سیستم‌های مانیتورینگ و کنترل حمل و نقل سبک و سنگین
- امکانات درون خودرویی
- مدیریت پارکینگ و ...

در مواجهه با روند افزایش سریع تقاضای سرعت و ظرفیت در حمل و نقل ریلی، صنعت حمل و نقل ریلی ناچار است به سمت هوشمندسازی سیستم‌های ریلی گام بردارد؛ زیرا در طول دهه‌های اخیر با توسعه و گسترش زیرساخت‌های ریلی و مراحل پایه‌ای به‌کارگیری انفورماتیک، حداکثر بهره‌برداری ممکن با استفاده از روش‌های سنتی حاصل شده است. در کشورهای توسعه یافته، فرآیند اطلاع‌رسانی و نظارت در حمل و نقل ریلی به‌طور کامل پایان یافته است. بر این اساس، فرآیند هوشمندسازی در حال حاضر با هدف افزایش سرعت و کارایی بالا رو به پیشرفت است. تبدیل حمل و نقل ریلی به سیستم حمل و نقل هوشمند ریلی از طریق هوشمندسازی صنایع ریلی، استراتژی هسته‌ای و اصلی جهت بهبود رقابت‌پذیری حمل و نقل ریلی با سایر وسایل عمومی حمل و نقل در قرن بیست و یکم خواهد بود. یافته‌های فراوان و پیشرفت سریع فن‌آوری‌های پدیدار شونده نظیر سیستم‌های هوشمند، ارتباطات و نرم‌افزارها یا سخت‌افزارهای محاسباتی در زمینه‌های مربوطه و توسعهٔ فن‌آوری صنایع راه‌آهن، این امکان را فراهم آورده که توسعهٔ حمل و نقل ریلی با سرعت بالاتر و عملکرد بهتر، احتیاجات جامعه برای حمل و نقل ریلی مدرن را برآورده سازد. متداول‌ترین زیر سیستم‌های هوشمند ارتباطی حمل و نقل ریلی شامل موارد ذیل است (از آنجایی‌که اطلاعات کامل‌تر برخی از این سیستم‌ها در سایر منابع موجود است، در این فصل به‌طور اجمالی به‌معرفی آنها خواهیم پرداخت):

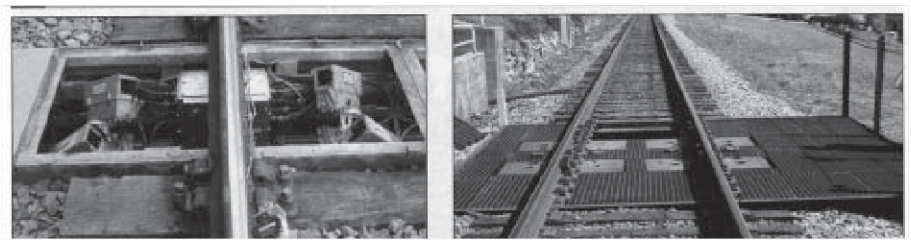
۳-۱-سیستم‌های حفاظت از قطار

استفاده از سیستم‌های حفاظتی قطار دارای ابعاد مختلفی می‌باشد که مهم‌ترین آن ایمنی مسیر، حرکت مسافرین و بارهای آنها می‌باشد. علاوه بر این، نگهداری و حفظ تأسیسات زیربنایی و آلات ناقله در درجه بعدی اهمیت قرار دارند.

۳-۲-تشخیص اتوماتیک عیوب واگنها

سیستم شناسایی اتوماتیک قادر است که اطلاعات را روی برچسبهای مخصوص نوشته یا از آن دریافت نماید. چنانچه بتوان توسط تجهیزاتی عیوب مختلف مرتبط با یک واگن نظیر داغی محور و بریدگی چرخ، تیزی چرخ، خوردگی لنت‌ها و ... را تشخیص داد، می‌توان این اطلاعات را با فرمت‌های مناسب در داخل برچسب‌ها ریخت و اگر عیوب ایجاد شده در حد بحرانی نباشد در ادامهٔ مسیر و در نقاطی که به همین منظور تعبیه شده، واگن معیوب جدا و به تعمیرگاه ارسال می‌گردد. برخی از این سیستم‌ها عبارتند از:

- اندازه‌گیری تیز شدن لبهٔ چرخ (پردازش تصویر)
- سیستم داغی چرخ و محور
- سیستم تشخیص بریدگی چرخ
- سیستم اندازه‌گیری وزن واگن در حال حرکت



شکل ۳-۱-سیستم تشخیص بریدگی و تیزی چرخ

شکل ۳-۲-تجهیزات توزین وزن

۳-۳- دستگاه EOT[1] (دستگاه سنجش فشار هوای انتهای قطار)

افزایش ایمنی قطار،حصول اطمینان از برقراری هوا در لولهٔ اصلی ترمز و انجام صحیح عملیات آزمایش ترمز ، جلوگیری از فرار قطار،کنترل دائم یکپارچگی دائم قطار در هنگام سیر، تکمیل و ارتقای سیستم‌های حفاظت گسیختگی مورد استفاده در لکوموتیوها و امکان مونیتورینگ وضعیت سیستم ترمز از مزایای اصلی استفاده از دستگاه EOT است.

دستگاه EOT یا سنجش فشار هوای انتهای قطار از دو قسمت ابتدایی[2] و انتهایی[3] تشکیل شده است. قسمت ابتدایی در لوکوموتیو به صورت ثابت و قسمت انتهایی بر روی واگن آخر قطار در مکان علامت انتهایی نصب می‌شود. ارتباط بین این دو قسمت دو طرفه است و به‌وسیلهٔ امواج رادیویی UHF بر قرار می‌شود. قسمت انتهایی اطلاعات اضطراری انتهای قطار را از طریق قسمت ابتدایی به لکوموتیوران اعلام می‌نماید.

قسمت انتهایی از باتری داخلی خود تغذیه می‌کند و به‌وسیلهٔ یک شلنگ مخصوص به لولهٔ هوای ترمز واگن آخر متصل شده و فشار هوای آن را اندازه‌گیری می‌کند. این فشار اندازه‌گیری شده سپس به‌همراه اطلاعات دیگر با امواج رادیویی UHFبه قسمت ابتدایی ارسال می‌شود.

این قسمت از دستگاه با آنالیز اطلاعات دریافتی، وضعیت فشار هوای واگن آخر را تشخیص داده و علاوه بر نمایش آن در صفحهٔ مونیتور خود با ارسال علائمی از طریق چراغ، سیگنال آژیر و... پرسنل داخل لوکوموتیو را با خبر می‌کند.

دستگاه EOT از درون لکوموتیو کنترل می‌شود .

1- END OF TRAIN
2-CAB UNIT
3-SBU

شکل۳-۳- EOT

۳-٤- سیستم اعلان خودکار به اکیپ‌های نگهداری خط

این سیستم به‌منظور هشدار نزدیک‌شدن وسیلهٔ نقلیهٔ ریلی به پرسنل مشغول به کار در خطوط مجاور استفاده می‌شود. دارای دو بخش شناسایی وسیلهٔ نقلیه و هشدار می‌باشد. سنسورهای تشخیص می‌توانند آلتراسونیک، نوری و ... باشند.

۳-۵-سیستم شناسایی رادیویی خودکار وسایل نقلیه

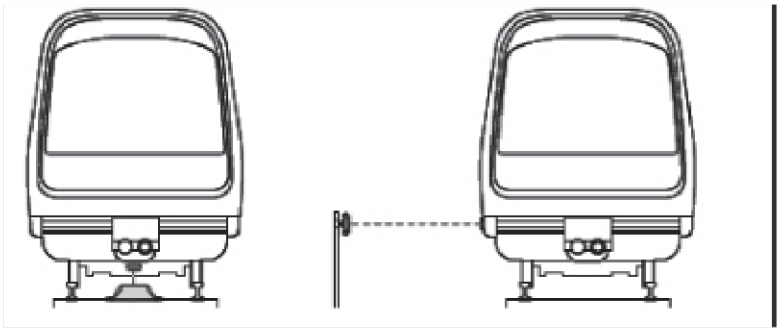
نگاهی گذرا به سیر تکاملی توسعه و استفاده از فن‌آوری شناسایی رادیویی خودکار نشان می‌دهد که از دههٔ ۱۹۴۰ میلادی که رادار در جنگ جهانی دوم به‌کار گرفته شد، شش دهه طول کشید تا این فن‌آوری به یک بخش از زندگی روزمرهٔ بشر تبدیل شود. کاربردهای این فن‌آوری عمدتاً از دههٔ ۱۹۸۰ جنبهٔ تجاری به خود گرفت و امروزه، مدیریت بسیاری از صنایع به‌ویژه حمل و نقل مرهون کاربرد صحیح این فن‌آوری است.

تحول در کمیت و کیفیت ارائهٔ خدمات حمل و نقل ریلی ایران نیز با استفادهٔ مناسب از این فن‌آوری سرعت خواهد گرفت. گسترش شبکهٔ ریلی ایران و تغییر شکل ستاره‌ای آن به شبکه‌ای حلقوی از یک سو و افزایش ناوگان ریلی خصوصاً در بخش حمل بار از سوی دیگر، استفادهٔ بهینه از ظرفیت‌های موجود را بیش از پیش پیچیده ساخته است. برای مدیریت هوشمند ناوگان لازم است که اطلاعات صحیح و به نگام از وضعیت ناوگان (موقعیت مکانی واگن‌ها در شبکهٔ ریلی، پر و یا خالی بودن آنها، نوع و مقدار بار هر واگن و ...) در اختیار باشد.

در حال حاضر اطلاعات مربوط به ظرفیت و تردد یا توقف ناوگان به‌صورت دستی جمع‌آوری می‌گردد که به علت وجود خطاهای انسانی و گسسته بودن اطلاعات، از جامعیت و دقت لازم برخوردار نبوده و لذا نمی‌تواند مبنای مناسبی برای یک برنامه‌ریزی دقیق و منسجم به‌حساب آید. جهت رفع این نقیصه و منطبق با تجربیات موفق جهانی، استفاده از این فن‌آوری می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر و سامانهٔ عملیاتی مطمئن در سطح شبکهٔ ریلی کشور مطرح باشد. برای بهره‌گیری مطلوب از این سامانه لازم است که پس از شناسایی کامل قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن، مسائل اجرایی، مدیریتی و نیازهای عملیاتی موجود در امور مدیریت و بهره‌برداری ناوگان ریلی کشور به دقت مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

۳-۵-۱- سیستم شناسایی ردیابی خودکار با استفاده از فن‌آوری RFID

فن‌آوری شناسایی از طریق امواج رادیویی[1] به سرعت به یک فن‌آوری کلیدی و مؤثر در عرصهٔ صنعت و خدمات امروزی بدل شده است تا آنجا که این فن‌آوری به عنوان انقلابی در عرصهٔ شناسایی اجسام شناخته می‌شود. پایه و اساس این تکنولوژی مانند تکنولوژی شناخته شدهٔ بارکد می‌باشد با تفاوت اینکه برخلاف بارکد بدون نیاز به دید مستقیم بین برچسب بارکد و دستگاه بارکد خوان، عمل شناسایی تنها از طریق امواج رادیویی صورت می‌پذیرد؛ این بدان معنی است که دیگر لازم نیست برای بررسی محتویات درون جعبه، آن‌را باز کرد.



شکل ۳-۴- نصب تگ و ریدردر سیستم ریلی

1- RFID

فـن‌آوری RFID امکان برچسـب‌گذاری الکترونیکی و تعیین هویت اشـیاء را به‌وسـیله ارتباطـات رادیویـی از راه دور فراهم می‌سـازد. این فن‌آوری همچنین بخش وسـیعی از سـامانه‌های تشـخیص خودکار و گردآوری داده[1] مانند تشـخیص علائم میله‌ای (بارکد)، تشخیص نوری حروف[2] و تشخیص مادون قرمز را شامل می‌شود.

به تلفیق تراشـهٔ نیمه هادی و آنتن، تگ RFID و یا فرسـتنده خودکار RFID گفته می‌شود. تراشه به کمک آنتن تعبیه شده، اطلاعات لازم جهت شناسایی آیتم مورد نظر را برای یک کدخوان که شـامل یک آنتن، یـک ماژول الکترونیک RF و یک ماژول کنترلی است، ارسال می‌نماید. کدخوان، امواج رادیویی برگردانده شده از تگ RFID را به اطلاعات دیجیتال تبدیل می‌نماید تا در ادامه، امکان ارسـال داده برای کنترل کننده (هاسـت) که اغلب یک کامپیوتر شـخصی و یا ایسـتگاه کاری است که بر روی آن بانک اطلاعاتی و نرم افزار کنترلی اجرا شده، پردازش آن فراهم گردد.

تگ های RFID با اسـتفاده از یک فرکانس و بر اسـاس نیاز سیستم (محدودهٔ خواندن و محیط)، پیاده‌سـازی می‌گردند. تگها به صورت فعال (به همراه یک باتری) و یا غیرفعال (بدون باتری) پیاده‌سـازی می‌شـوند. تگهای غیرفعال، توان لازم جهت انجام عملیات را از میدان تولید شـده توسـط کدخوان می‌گیرند. کدخوان RFID معمـولاً به یک کامپیوتر متصل می‌شـود و دارای نقشی مشابه با یک اسـکنر کد میله‌ای است. مسئولیت برقراری ارتباط لازم بین سیستم اطلاعاتی و تگهای RFID برعهدهٔ کدخوان RFID است.

شکل ۳-۵- دست‌یابی به مدیریت متمرکز با استفاده از سیستم RFID

1- AIDC
2- OCR

● **مزایای استفاده از فن‌آوری RFID در سیستم حمل و نقل ریلی**

بهره مندی از فن‌آوری RFID در سیستم‌های حمل و نقل ریلی مزایای زیر را در بر خواهد داشت :

- گراف اتوماتیک
- ارائهٔ واسطهای گرافیکی از مکان و یا وضعیت ترافیک خطوط و ایستگاه‌ها
- تعیین موقعیت لحظه‌ای تمامی آلات ناقله(در مقیاس ایستگاه)
- تعیین دقیق موجودی ایستگاه
- آگاهی از نوع، تعداد، مشخصات بار واگنها
- آلارم‌های ضروری
- توقف بیش از حد واگنها حاوی مواد خطرناک
- واگنهای حاوی مواد خطرناک (پیشگیری از سوانح)
- آرایش نامناسب قطارها
- عدم رعایت استانداردهای ایمنی
- محاسبه و ارائهٔ آمار و عملکرد واگنها و آلات ناقله
- محاسبه و ارائهٔ آمار و عملکرد دیزل‌ها در بازه‌های زمانی معین
- محاسبه و ارائهٔ آمار مربوط به کارکرد خط
- محاسبه و ارائهٔ اطلاعات حمل بار بر اساس پارامترهای گوناگون برای سازمان و یا شرکت‌های خصوصی

۳-۶- AVL (سیستم ره‌گیری آلات ناقله)

سیستم ره‌گیری آلات ناقلهٔ ریلی راه‌آهن ج.ا.ا ترکیبی از سخت افزارها و نرم افزارهاست که با استفاده از فن‌آوری ماهواره‌ای(جهت تعیین موقعیت)، زیر ساخت شبکهٔ رادیویی(جهت ارسال اطلاعات)، بانک اطلاعاتی(جهت ذخیره و بازیابی اطلاعات) و نرم‌افزارهای WEB base (جهت دسترسی کاربران به اطلاعات)، امکان ردیابی همزمان[1] و ناهمزمان[2] متحرک‌ها را با هدف اطلاع یافتن از موقعیت آنها در هر لحظه از زمان به همراه تاریخ و زمان قرارگیری

1- online
2- offline

در آن موقعیت فراهم می‌سازد.

با در دست داشتن این اطلاعات در مورد موقعیت متحرک و با ارسال این اطلاعات به مرکز از طریق یک بستر مخابراتی مناسب مانند GSM یا رادیو می‌توان متحرک را در تمام مدت ره‌گیری و مسیر حرکت متحرک را از ابتدا تا انتهای مسیر روی نقشهٔ جغرافیایی مشاهده و به‌صورت بهینه مدیریت نمود. در این حالت کاربران تعریف شده می‌توانند با تخصیص نام و رمز کاربری، مکان و الگوی توزیع متحرک‌ها را بروی نقشه مشاهده کرده و آخرین اطلاعات حرکتی متحرک‌ها نظیر جهت حرکت، میزان توقف و سرعت و مسافت طی شده را در اختیار داشته باشند. همچنین برنامه‌ریزان سازمانی با دسترسی به گزارشات تحلیلی بر روی این اطلاعات می‌توانند در خصوص برنامه‌ریزی مناسب و کارای منابع حمل و توزیع سازمان اقدام نموده و با اطلاع از وضعیت موجود و سابقهٔ حرکت متحرک، تهیهٔ گزارشات مربوط به سیر ناقله و نیز اعمال برنامهٔ تقلیل سرعت‌ها و ارسال هشدار تقلیل سرعت به متحرک‌های در موقعیت برنامهٔ تقلیل سرعت، باعث افزایش ایمنی سیر و حرکت گردند.

به‌طور معمول حرکت متحرک به سه روش قابل ارزیابی و بررسی است:

الف) از لحاظ تئوری می‌توان موقعیت متحرک استفاده کنندهٔ از شبکهٔ رادیویی را با پردازش قدرت سیگنال دریافتی از کاربر توسط سه دریافت‌کنندهٔ رادیویی محاسبه نمود(Cell Location). این روش از لحاظ اقتصادی به‌صرفه نبوده و با توجه به وجود تنها یک دریافت‌کنندهٔ رادیویی در بسیاری از نقاط دور از دسترس شبکه‌های رادیویی چندان متداول نمی‌باشد.

ب) با برقراری تماس و ارسال اطلاعات مربوط به سلولی که کاربر شبکهٔ رادیویی در آن رجیستر شده (Cell ID) می‌توان از موقعیت متحرک اطلاع پیدا کرد.

ج) سیستمGPS[1] با دریافت اطلاعات زمانی از حداقل سه ماهواره، موقعیت متحرک را محاسبه می‌نماید. با توجه به خطای مربوط به هر ماهواره، موقعیت محاسبه شده نیز دارای خطا خواهد بود.

1- Global Positioning System

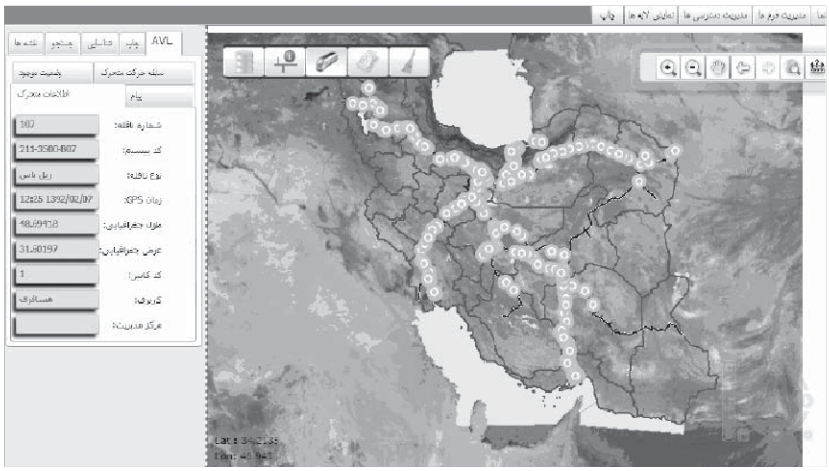
جدول۳-۱- مقایسهٔ دقت انواع روشهای موقعیت یابی

خطای تشخیص موقعیت	سرویس
۵۰ متر	Cell location
۵۰ متر(شهری)، ۱ کیلومتر(حومه شهر)،۲۵ کیلومتر(روستایی)	Cell ID
۱۰-۱۵ متر (کاربری عمومی)	GPS

انواع متداول سیستم AVL را از لحاظ چگونگی ارسال اطلاعات متحرک به مرکز کنترل می‌توان به روشهای ارسال اطلاعات در بازه‌های زمانی مشخص (time interval)، ارسال اطلاعات با درخواست از مرکز (polling)، اعلام موقعیت متحرک توسط راننده و ارسال اطلاعات با عبور از نقاط از پیش تعریف شده (Geofencing) دسته‌بندی نمود.

قابلیت‌های سیستم اتوماتیک ره‌گیری آلات ناقله عبارتند از:

- مدیریت بهینهٔ ناوگان ناقله‌های مجهز بر اساس سیستم موقعیت‌یاب هوشمند
- امکان مشاهده و بازسازی سابقهٔ حرکت متحرک
- تعیین زمان و سرعت دقیق ورود و خروج ناقله از ایستگاه
- قابلیت ارسال پیام اضطراری/عادی به گروه‌های ناوگان، کشش و خط
- گزارش‌گیری از محل و زمان توقف ناقله
- امکان تهیهٔ گزارش از تخطی از سرعت مجاز ناقله و ارسال پیام هشدار به ناقله‌ها در صورت تخطی از سرعت مجاز
- قابلیت ارسال پیام اضطراری/عادی از مراکز کنترل ایستگاه‌ها به متحرک



شکل ۳-۶-سیستم رهگیری آلات ناقله ریلی

۳-۷- سیستم هوشمند BMS [1]

BMS در اصطلاح به ساختمان و مکان‌هایی اطلاق می‌شود که کلیهٔ تجهیزات الکتریکی آنها توسط یک سیستم هوشمند مرکزی کنترل می‌شود. در واقع به مجموعهٔ سخت‌افزارها و نرم‌افزارهایی که به منظور مانیتورینگ و کنترل یکپارچهٔ قسمتهای مهم و حیاتی درساختمان نصب می‌شوند «بی ام اس» می‌گویند.

وظیفهٔ این مجموعه، پایش مداوم بخش‌های مختلف ساختمان و اعمال فرامین به آنها به نحوی است که عملکرد اجزای مختلف ساختمان متعادل با یکدیگر و در شرایط بهینه و با هدف کاهش مصارف ناخواسته و تخصیص منابع انرژی فقط به فضاهای در حین بهره‌برداری باشد.

BMS می‌تواند در برگیرندهٔ تمام سرویس‌های الکتریکی، مکانیکی و حفاظتی ساختمان اضطراری، پلهٔ برقی، کنترل روشنایی، دوربین مدار بسته، اعلام و اطفای حریق، کنترل تردد و ... هستند . سیستم‌های هوشمند کنترلی را که در بالا به آن اشاره گردید می‌توان در موارد ذیل خلاصه نمود:

1- Building Management System

۱- HVAC: گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
۲- Lighting: روشنایی
۳- CCTV: دوربین مدار بسته
۴- SACS: سیستم کنترل دسترس و امنیت
۵- FAS: سیستم اعلام حریق آدرس پذیر
۶- FFS: سیستم اطفای حریق
۷- DDS: سیستم توزیع دیتا
۸- TEL: توزیع تلفن
۹- SMART TV و IF, FM: سیستم آنتن مرکزی و توزیع سیگنال
۱۰- MIS: سیستم مدیریت یکپارچه اطلاعات
۱۱- WAN: سیستم شبکهٔ گستردهٔ اطلاعات
۱۲- UPS،CPS: سیستم توزیع برق اضطراری
۱۳- Earthquake: سیستم‌های اخباری خطرات احتمالی (زلزله)
۱۴- IBS:یکپارچه سازی سیستم‌های ذکر شده بالا

در این سیستم کلیهٔ سیستم‌ها و تأسیسات داخل و خارج ساختمان را می‌توان از طریق سنسورهای مربوطه کنترل و مانیتور کرد. این سیستم قابلیت بهره‌برداری در اتاق تجهیزات، داخل واگنها و .. را با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و استفاده بهینه از تجهیزات داراست.

هدف اصلی به‌کارگیری BMS در ساختمانها بهره‌گیری از مزایای اقتصادی و کاهش مصرف انرژی و ایجاد فضای امن و آرام در آنهاست. عموم مزایا و نتایج بهره‌برداری از BMS عبارتند از:

۱- ایجاد محیطی مطلوب برای افراد حاضر در ساختمان
۲- استفادهٔ بهینه از تجهیزات و افزایش عمر مفید آنها
۳- ارائهٔ سیستم کنترلی با قابلیت برنامه‌ریزی زمانی عملکرد
۴- کاهش چشم‌گیر هزینه‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات
۵- بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی

۶- عدم نیاز به پیمانکار دائمی ساختمان
۷- امـکان مانیتورینگ و کنترل تمامی نقاط تحت کنترل از طریق یک PC ، موبایل یا اینترنت
۸- با توجه به یکپارچه‌سازی مدیریت تأسیسات و سیستم‌های مختلف در ساختمان، تمام تجهیـزات به‌صورت هماهنگ کارکرده و امکان تداخل و بروز مشـکلات ناشـی از عدم هماهنگی از بین می‌رود.
۹- امـکان گرفتن گزارش‌های آمـاری از تمامی تجهیزات و عملکرد آنها به‌منظور بهینه سازی مصرف و عملکرد

● استراتژی‌های مناسب سیستم BMS در کاهش مصرف انرژی

سیستم معمولاً در سه سطح دسته‌بندی می‌شود. در سطح (۱) وسایل و تجهیزات، حسگرها و اجـزای نهایی کنترل قرار می‌گیرند. سیسـتم‌های M&E (ایسـتگاه‌های مهندسـی و اپراتوری سیستم) در این بخش قرار دارند و از طریق ورودی و خروجی‌هایی به کنترلرهای یکپارچه منتقل می‌شـوند. این انتقال ممکن اسـت به طور مستقیم و یا از طریق تابلوهای طراحی شده صورت گیرد.

اجزاء پس از خاموش شـدن سیسـتم وجود داشته و شامل سیستم‌های I/O ، کنترلرها و نرمافزارهای ارتباطی با سطح (۲) می‌باشد و تمامی الگوریتم‌های کنترلی و منطقی در این سطح انجام می‌شود.

در سطح (۲) یا سطح کنترل نظارتی، سطحی است که در آن ابزارهای نظارتی و مدیریت اطلاعات شامل HMI ها، سرورها، تجهیزات ذخیره‌سازی و ایستگاه‌های کاری اپراتورها و مهندسـان که باید با سیسـتم BMS در ارتباط باشند، قرار دارد. ارتباط بین سطح یک و دو از طریق پروتکل‌های استاندارد صنعتی انجام می‌پذیرد.

نرم‌افزار کنترلی سیستم‌های BMS دارای قابلیت‌های بسیاری هستند. این نرم افزارها در سطح (۳) قرار گرفته و روی سرورهای مناسب نصب می‌شوند.

● توانمندی‌های سیستمBMS

- قابلیت نمایش لحظه‌ای آمار با امکان ذخیره‌سازی در فواصل زمانی دلخواه

- قابلیت تعریف نامحدود نقاط برای دریافت اطلاعات
- سرعت پردازش و اسکن سریع نقاط و نمایش آن در هر نقطه دلخواه
- امکان به اشتراک‌گذاری اطلاعات در شبکهٔ داخلی راه‌آهن و اینترنت
- امکان ورود اطلاعات توسط کاربر
- قابل اتصال به انواع سنسورها و حسگرها
- امکان تعریف کاربران تحت شبکه با تعیین حدود دسترسی

۳-۸- سیستم هوشمند تشخیص و آلارم حرکات زمین و حوادث طبیعی

در دهه‌های اخیر اقدامات پیشگیرانه مورد توجه می‌باشد. افزایش قابلیت اطمینان سیستم‌های بررسی‌کننده از راه دور، سنسورهای جدید و پیشرفت سیستم‌هایی که از تخمین خطرات طبیعی پشتیبانی می‌نمایند امکان کاهش زمان جهت کاهش ریسک خطرات احتمالی را ایجاد می‌نماید.

سیستم اخطار باید به‌طور خودکار مسیر دچار حادثه شده را به‌منظور جلوگیری از خطرات بعدی مسدود نماید. این حادثه ممکن است هرگونه ریزش اجسام خارجی از قبیل بهمن، سنگ ، آوار و... در مسیر تحت نظر باشد.

به‌طور معمول سیستم‌های آلارم حداقل سه قسمت دارند:

- سیستم تشخیص
- سیستم سیگنالینگ
- سیستم کنترل

در صنعت ریلی، در سال ۲۰۰۲ یک کارگروه در خصوص حوادث زمینی در Kananaslis Alberta تشکیل شد که انجمنی برای صنعت، دولت و محققان برای بررسی تجربیات و مشخص کردن نیازها و انجام تحقیقات ایجاد نمود. مدتی بعد در سال ۲۰۰۳ ، انجمن Railway Ground Hazard Research ایجاد شد.

پروژه‌های جداگانه‌ای شامل تصویرنگاری با دوربین‌های دیجیتال، استفاده از تشخیص-دهندهٔ نوری زمینی و رادار (LiDAR)[1]، استفاده از LiDAR هوابرد ارتفاع پایین و

1- Light Detection and Ranging

اســتفاده از InSAR[1] از مدار زمین برای بررســی تغییرات سطحی زمین، در این انجمن مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۳-۷- وجود موانع طبیعی روی ریل

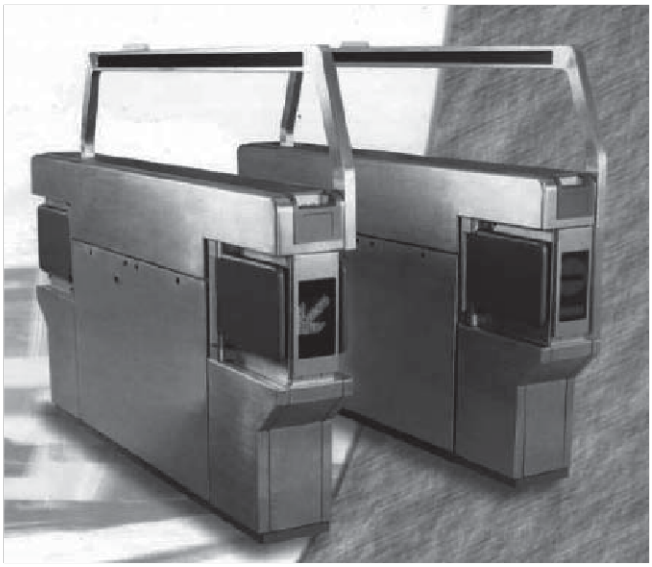
۳-۹- سیستم راهبند هوشمند

در ســاخت خطوط ریلی محلهایی وجود دارد که مســیر وســایل نقلیهٔریلی با سایر معابر تلاقی می‌نماید. این سیســتم وجود قطار یا ماشــین را تشخیص داده و عملکرد مناسب از خود نشــان می‌دهد. سیستم راهبند هوشمند معمولاً در تقاطع‌هایی استفاده می‌شود که حجم ترافیک جاده‌ای در آنها بالا نباشد.

۳-۱۰- سیستم بلیط هوشمند

امروزه با تولید بلیط به‌صورت کارتهای هوشــمند می‌توان به‌راحتی و با هزینه‌ای کمتر از خدمات ریلی استفاده کرد. کارتها در انواع تماسی و غیرتماسی می‌باشد.

1- Interferometric Synthetic



شکل ۳-۸- نمونه‌ای از گیت‌های عبور

۳-۱۱- سیستم ماهواره‌ای موقعیت یاب

این سیستم از GPS جهت ارسال اطلاعات لازم استفاده می‌کند. در این دسته سیستم‌ها مجموعه‌ای از ۲۴ ماهواره روی مدارهای متمایل تقریباً دایروی به دور زمین می‌چرخند و با دریافت سیگنال از حداقل ۴ ماهواره، موقعیت گیرنده می‌تواند به دقت تعیین گردد. در سیستم GPS یک نشانگر زمان نیز مورد نیاز است تا زمان ارسال سیگنال‌های هر کدام از چهار ماهواره را نشان دهد. این سیستم فقط از انتقال یک طرفه، از ماهواره به کاربران استفاده می‌کند؛ بنابراین کاربران نیازی به فرستنده نداشته و فقط مجهز به گیرنده هستند و تنها کمیتی که گیرنده باید قادر به اندازه‌گیری آن باشد، زمان است.

۳-۱۲- رادار

رادار یک سیستم الکترومغناطیسی است که کاربردهای مختلف می‌تواند داشته باشد، اما مهم‌ترین مزیت رادار توانایی آن در محاسبهٔ مسافت می‌باشد.

رادار تقریباً قدمتی برابر با قدمت بحث الکترو مغناطیسی دارد. فارا و ماکسول در سال های ۱۸۶۰-۱۸۴۵ پی بردند که جریان‌های متغیر با زمان باعث ایجاد میدان‌های

الکترومغناطیسی متغیر با زمان در فضای آزاد می‌شوند؛ ضمن اینکه میدان‌های متغیر با زمان، جریان الکتریکی متغیر با زمان تولید می‌کند و میدان الکترومغناطیسی به وجود آمده در فضای آزاد با سرعت نور یعنی $۳\times۱۰^{۸}\left(\frac{m}{s}\right)$ حرکت می‌کند.

بنابراین رادار سیستمی است که بر اساس خاصیت امواج الکترومغناطیس عمل می‌نماید و با ارسال امواج و دریافت سیگنال منعکس شده از هدف، مشخصات و مختصات هدف را ارائه می‌دهد.

با توجه به محدودیت‌های استخراج اطلاعات کافی موقعیت از رادارهای موج پیوسته، پژوهشگران اولین تجربه را در سال ۱۹۳۴ با رادار پالسی در فرکانس ۶ مگا هرتز به دست آوردند و با انجام آزمایش‌های متعدد دریافتند که فرکانسهای راداری بالا برای این کار مطلوب می‌باشد و با ساخت لامپ‌های پرقدرت باعث تکامل طراحی رادار پالسی در فرکانس ۲۰۰ مگاهرتزی شدند.

پیشرفت‌های اولیهٔ رادار پالسی در رابطه با کاربردهای نظامی بود و در بریتانیا توسعهٔ رادار بعد از آمریکا شروع شد، اما به خاطر اینکه پیشرفت فن‌آوری رادار مصادف با جنگ جهانی دوم بود و برتانیا نزدیکتر به جبههٔ جنگ بود، این کشور کوشش‌های فراوان و بیشتری را صرف توسعهٔ رادار نمود. توجهٔ بریتانیا به رادار از سال ۱۹۳۵ شروع شد و تا اوایل ۱۹۴۰ توسعهٔ رادار در بریتانیا و آمریکا مستقلاً انجام می‌شد؛ علاوه بر این دو رادار در آلمان، فرانسه، روسیه و ایتالیا و ژاپن نیز به طور مستقل در خلال ۳۰ سال بعد مورد تحقیق و توسعه قرار گرفت، لیکن حدود توسعه و کاربردهای نظامی آنها متفاوت بود.

CCTV –۱۳–۳

ویدیو تلویزیون مدار بسته عمدتاً به‌عنوان عامل بازدارندهٔ امنیتی در مقابله با رفتارهای جنایی و خطرناک و تجاوز به حریم شخصی به‌کار می‌رود. این سیستم امنیتی حافظ ایمنی و امنیت مسافرین و پرسنل راه‌آهن، اموال، سیستم‌های عملیاتی و زیرساخت راه‌آهن می‌باشد. از این فن‌آوری برای کنترل ازدحام و کمک به تخلیهٔ کامل ایستگاه‌ها در موارد اضطراری نیز استفاده می‌گردد؛ علاوه بر موارد فوق الذکر از CCTV در تقاطع جاده و خط آهن (دارای مانع کنترل شده) نیز استفاده می‌شود.

شکل ۳-۹- دوربین مدار بسته

با وجود CCTV می‌توان با مشـاهدهٔ کامل جـاده، مانع را از راه دور کنترل نمود؛ ضمن اینکه در برخی از کشـورها، در قطارهایی که پرسـنلی غیر از یک رانندهٔ لوکوموتیو ندارد، بـرای کنترل بسـته بودن دربهـا و نیز کنترل گیر نکردن مسـافرین در دربهـا از ویدیو تلویزیون مدار بسته استفاده می‌گردد.

ویدیو تلویزیون مدار بسته معمولاً در مکان‌های زیر نصب می‌گردد:

- ایستگاه
- درب‌های امنیتی و نقاط ورودی و خروجی
- محل‌های مهم امنیتی
- سکوها
- سالن قطار
- انبار
- پارکینگ

با این سیسـتم می‌تـوان اطلاعات تصاویر مرتبط با نقاط حسـاس یـا بحران‌خیز، داخل ایستگاه و وضعیت خطوط و .. را در مرکز مشاهده نمود.

واژه‌های اختصاری مورد استفاده در متن:

AFNOR	مؤسسه استانداردسازی فرانسه
ATC	سیستم کنترل خودکار قطار
ATM	حالت انتقال غیرهمزمان
ANSI	مؤسسهٔ استانداردهای ملی آمریکا
AUC	مرکز تعیین اعتبار در جی اس ام
AVL	سیستم ردیاب خودکار وسایل نقلیه
BMS	سیستم مدیریت ساختمان
BSI	انستیتو استانداردهای انگلیس
BS	استاندارد انگلیس- ایستگاه پایه
BSS	زیر سیستم ایستگاه ثابت
CCITT	بخش تلگراف و تلفن اتحادیه بین المللی مخابرات
CCIR	بخش رادیو اتحادیه بین المللی مخابرات
CCTV	سیستم نظارت تصویری مدار بسته
CDMA	دسترسی چندگانه تقسیم کد
CENELEC	اتحادیه اروپایی استانداردسازی الکتروتکنیکال
CEN	اتحادیه استانداردسازی اروپایی
Circuit-Switching	سوئیچینگ مدار
DECT	سیستم تلفن بی سیم
DFS	مکانیزم انتخاب فرکانس به صورت پویا
DIN	مؤسسه استاندارد آلمان
DMR	شبکه رادیویی دیجیتال دی ام آر
DMI	رابط راننده ماشین
DMO	مود ارتباط مستقیم
ECMA	انجمن استانداردسازی سیستم های اطلاعات و مخابرات
EIRENE	گروه کاری مطالعاتی UIC در زمینه GSMR
EMC	سازگاری الکترومغناطیسی

EN	نرم اروپایی
ERTMS/ ETCS	سیستم کنترل ترافیک اروپایی
EOT	دستگاه سنجش فشار هوای انتهای قطار
ES	استاندارد اروپایی
ETSI	انستیتو استانداردهای مخابراتی اروپایی
Gateway	دروازه
GSM	شبکه رادیویی متحرک سلولار عمومی
GSM-R	شبکه رادیویی دیجیتال GSM راه‌آهنی
HLR	مرکز ثبت مکان دائم
ICT	فن آوری اطلاعات و ارتباطات
IEC	کمیسیون فنی بین المللی الکترونیک
IEEE	اتحادیه مهندسین برق و الکترونیک
ITU	اتحادیه بین المللی مخابرات
IN	شبکه هوشمند
IRTN	شبکه تلفنی راه‌آهن بین المللی
ISO	اتحادیه بین المللی استانداردسازی
LAN	شبکه محلی
LTE	نسل چهارم شبکه های بی سیم تکامل یافته
MAN	شبکه نیمه گسترده
MORANE	گروه کاری اجرایی UIC در زمینه GSMR
MPT-1327	استاندارد شبکه رادیویی آنالوگ
MSC	مرکز سوئیچینگ موبایل
NGN	شبکه مخابراتی نسل آینده
NSS	زیر سیستم شبکه
OMC	مرکز عملکردی و پشتیبان
OSJD	اتحادیه راه‌آهنهای بلوک شرق

OTN	شبکه انتقال باز
Packet-Switched	سوئیچ بسته
PDO	داده بسته‌ای بهینه شده
PMP	نقطه به چند نقطه
PMR	سرویس متحرک رادیوی عمومی
PoS	ارسال بسته دیتا از طریق SDH
PSTN	شبکه تلفن عمومی
PSDN	شبکه دیتا عمومی
PTP	نقطه به نقطه
QoS	کیفیت سرویس دهی
RAME	مجمع راه‌آهنهای منطقه خاورمیانه عضو UIC
RAMS	قابلیت اطمینان، دسترسی، دوام و ایمنی
RBC	مرکز کنترل رادیویی
RFID	سیستم شناسایی خودکار رادیویی
SDH	سیستم انتقال سلسله مراتب دیجیتال همزمان
Shunting	عملیات مانور
TCN	شبکه ارتباطی ترن
TDM	مالتی پلکسینگ زمانی
TDMA	مالتی پلکسینگ تسهیم زمانی
TETRA	شبکه رادیویی دیجیتال تترا
TEDS	سرویس دیتای ارتقاء یافته
TSI	مشخصات فنی کارکرد بین شبکه ای
UIC	اتحادیه بین المللی راه‌آهنها
VLR	مرکز ثبت مکان کاربران مهمان
WDM	مالتی پلکسینگ تقسیم طول موج
WRC	کنفرانس جهانی ارتباطات رادیویی

مراجع

- Railway Telecommunications, IRSE, 2004.
- Hans – Peter A. Ketterling, "Introduction to Digital Professional Mobile Radio", 2004.
- Dunlop, J. et al., "Digital Mobile Communications and the TETRA System", 1999.
- Boucher, N.,"The Trunked Radio and Enhanced PMR Radio Handbook", 2000.
- Mishra, A.R., "Advanced Cellular Network Planning and Optimisation", 2007.
- Hernando J.M. and Perez-Fanton F., "Introduction to Mobile Communications Engineering", 1999.
- TETRA Technology Advanteges and Benefits, TETRA MoU Association, 2006.
- Neel A.F. and Wooton S.T.G., "GSM-R System Procurement guide", 2007.
- UIC Project EIRENE, System Requirements Specification, 2006.
- Hillenbrand, W."GSM-R: The Railways Integrated Mobile Communication System", Siemens communication on air, May 1999
- UIC Project EIRENE Functional Requirements Specification, GSM-R Operators Group, 2006.
- UIC Project EIRENE System Requirements Specification, GSM-R Operators Group, 2006.
- Jarasuniene A., "General Description of European Railway Traffic Management System (ERTMS) and Strategy of ERTMS Implementation in Various Railway Managmements", Transport and Telecommunication, VoL.6, No.5, 2005.
- OTN offers transparent service delivery, Retrieved June 2, 2007
- ODU0 and ODUflex — A Future-Proof Solution for OTN Client Mapping». TPACK A/S. February 2010. Retrieved 25 March 2011.
- www.iec.org, Jun 2005
- V.Alwayn, Optical Network Design and implementation, Cisco Press, Mar. 2004
- Introduction to DWDM technology, Data in a Rainbow, Stamatios V.Kartalopolos, Lucent Technologiesm Inc.
- Loutfi Nuaymi, "WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access", Wiley, 2007
- K.R.Santhi, G. Senthil Kumaran, "Migration to 4 G: Mobile IP based Solutions" Proceedings of the Advanced Intenational Conference on Telecommunications

and International Conference on Internet and Web Applications and Services (AICT/ICIW 2006)
- Liangshan Ma, Dongyan Jia, "THE COMPETITION AND COOPERATION OF WiMAX, WLAN AND 3 G"
- Fawzi Behmann, Impact of Wireless (Wi-Fi, WiMAX) on 3G abd Next Generation
- Sandro Grech, Pasi Eronen, "Implications of Unlicensed Mobile Access (UMA) for GSM security", Proceedings of the First International Conference on Security and Privacy for Emerging Areas in Communications Networks (SECURECOMM'05), 2005
- Kejie Lu and Yi Qian, University of Puerto Rico, A Secure and Service-Oriented Network Control Framework for WiMAX Networks, IEEE Communications Magazine, May 2007.
- آشـــنایی با OSJD (ســـازمان همکاری بین راه‌آهن‌ها) - دکتر احسان ارفع- ناصر مجیدی‌فرد- مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن- چاپ اول ۱۳۸۷
- مجله اینترنتی گویا آی‌تی http://www.gooyait.com
- "An Introduction to LTE". 3GPP LTE Encyclopedia. Retrieved December 3, 2010.
- "Long Term Evolution (LTE): A Technical Overview". Motorola. Retrieved July 3, 2010.
- "Newsroom • Press Release". Itu.int. Retrieved 2012-10-28
- LTE Protocol Overview
- www.itu.int
- www.etsi.org
- www.ieee.org
- دفتر امور بین‌الملل راه‌آهن
- http://www.ava-telecom.ir
- http://www.senatelecom.com
- مخابرات ماهواره‌ای، تالیف: دنیس رادی، ترجمه:امیر مهدی رضایی، سید امیر اصغری، ناشر: نیاز دانش، ویراست چهارم، ۱۳۹۲
- شـــبکه های نسل جدید، تالیف و گردآوری: علی اصغر عمیدیان، سید علی علویان، حسن جند، ناشر: انتشارات دانشگاهی کیان: چاپ دوم، ۱۳۹۲
- مطالعه و بررسی شبکه های رادیوئی راه‌آهن،مرکز تحقیقات،۸۶

http://standards.cen.eu
- مبانی ارتباطات راه‌آهن، رضا شریفی-ارشد رستمی، مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن، ۱۳۹۱

مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن کتاب های زیر را منتشر کرده است:

۱- راهنمای عیوب ریل ها - ۱۳۶۸

۲- فرهنگ شش زبانه عمومی واژگان و اصطلاحات راه‌آهن - ۱۳۷۲

۳- عیوب پل های راه‌آهن و اقدامات اصلاحی آنها - ۱۳۷۶

۴- اطلاعات جامع ترمز راه‌آهن با شرح آحاد و مختصات سیستم کنور - ۱۳۷۹

۵- فرهنک توصیفی اصطلاحات علایم الکتریکی راه‌آهن - ۱۳۸۱

۶- شناسایی و طریقه بهره برداری از تجهیزات مکانیکی لکوموتیوهای دیزل الکتریک - ۱۳۸۲

۷- نگهداری و تعمیرات زیر سازی و روسازی خطوط ریلی - ۱۳۸۳

۸- شناسایی و طریقه بهره برداری از تجهیزات الکتریکی لکوموتیوهای دیزل الکتریک - ۱۳۸۳

۹- واژه نامه سه زبانه ماشین آلات روسازی ریلی - ۱۳۸۴

۱۰- بازدید قطار در ایستگاه - ۱۳۸۴

۱۱- آموزش سوزنبان - ۱۳۸۴

۱۲- مقدمه ای برمدیریت نگهداری و تعمیرات خطوط راه‌آهن - ۱۳۸۴

۱۳- اصول مهندسی روسازی خط اهن - ۱۳۸۵

۱۴ - الفبای چرخ واگن و لکوموتیو - ۱۳۸۵

۱۵- اصول مهندسی خط راه‌آهن - ۱۳۸۵

۱۶- ترمز لکوموتیو و قطار - ۱۳۸۶

۱۷- آموزش مانورچی - ۱۳۸۶

۱۸- ایمنی علائم الکتریکی راه‌آهن - ۱۳۸۶

۱۹- مجموعه پرسش و پاسخ مشاغل سیر و حرکت راه‌آهن - ۱۳۸۶

۲۰- مجموعه پرسش و پاسخ شغل لکوموتیورانی - ۱۳۸۶

۲۱- مجموعه پرسش و پاسخ شغل بازدید کننده قطار - ۱۳۸۶

۲۲- الکترونیک قطار - ۱۳۸۶

۲۳- مجموعه پرسش و پاسخ مشاغل سیر و حرکت راه‌آهن (چاپ دوم - همراه با اصلاحات) - ۱۳۸۶

۲۴- راهنمای کاربردی مهندسی راه‌آهن - ۱۳۸۶

۲۵- دستور العمل تعمیر موتور روستون - ۱۳۸۷

۲۶- آشنایی با سازمان بین المللی راه‌آهن ها (OSJD) - ۱۳۸۷

۲۷- مبانی علائم الکتریکی راه‌آهن - ۱۳۸۷

۲۹- آشنایی با جرثقیل های راه‌آهن ایران - ۱۳۸۷

۳۰- آموزش سرمانورچی - ۱۳۸۷

۳۱- آشنایی با واگن های باری راه‌آهن - ۱۳۸۷

۳۲- ایمنی و ریل (جلد اول و دوم) - ۱۳۸۸

۳۳- راهنمایی علامات اختصاری کاربردی در لکوموتیو آلستوم - ۱۳۸۸

۳۴ - ترمز لکوموتیو و قطار (چاپ دوم - همراه با اصلاحات) - ۱۳۸۸

۳۵- آموزش رییس قطار باری - ۱۳۸۸

۳۶- آشنایی و طریقه بهره برداری از لکوموتیوهای برقی RC4 - ۱۳۸۹

۳۷- آشنایی با لکوموتیوهای برقی-۱۳۸۹

۳۸- تجهیزات شبکه تماس خطوط برقی راه‌آهن- ۱۳۸۹

۳۹- مجموعه پرسش و پاسخ شغل بازدید کننده قطار (ویرایش دوم)- ۱۳۸۹

۴۰- سیستم ترمز لکوموتیوهای آلستوم-۱۳۸۹

۴۱- مجموعه پرسش و پاسخ شغل لکوموتیورانی (ویرایش دوم) - ۱۳۹۰

۴۲- بررسی خروج از خط - ۱۳۹۰

۴۳- ابنیه فنی و حفاظتی- ۱۳۹۰

۴۴- توصیه های ایمنی برای راهبران درزین - ۱۳۹۰

۴۵- آشنایی با واگن‌های باری راه‌آهن (ویرایش دوم)-۱۳۹۰

۴۶- پرسش و پاسخ شغل سوزنبانی-۱۳۹۱

۴۷- پرسش و پاسخ شغل مانورچی و سرمانورچی - ۱۳۹۱

۴۸- پرسش و پاسخ شغل رییس قطار باری - ۱۳۹۱

۴۹- پرسش و پاسخ شغل مسئول و متصدی ترافیک، رییس و معاون ایستگاه - ۱۳۹۱

۵۰- پرسش و پاسخ شغل مسئول و متصدی کنترل و کنترلر - ۱۳۹۱

۵۱- شناسایی و طریقه بهره برداری از تجهیزات الکتریکی لکوموتیوهای GM ۰ویرایش دوم) - ۱۳۹۱

۵۲- مبانی ارتباطات راه‌آهن-۱۳۹۱

۵۳- آشنایی با راه‌آهن پرسرعت -۱۳۹۱

۵۴- راهنمای کاربری لکوموتیو زیمنس مدل ER۳۴PC - ۱۳۹۱

۵۵- آشنایی با تجهیزات ارتباطات و علائم الکتریکی راه‌آهن - ۱۳۹۱

۵۶- آشنایی با سیستم های علائم الکتریکی -۱۳۹۱

۵۷- مدارات الکتریکی لکوموتیوهای GM - ۱۳۹۲

۵۸- ارتباطات در لوکوموتیو-۱۳۹۲

۵۹- توصیه‌های ایمنی برای متصدیان ترافیک-۱۳۹۲

۶۰- ترمز هوا و بهره‌برداری از آن در راهبری قطار - ۱۳۹۲

۶۱- آشنایی با واگن‌ها و سیستم‌های ترمز راه‌آهن - ۱۳۹۲

۶۲- ارتباطات و علائم در راه‌آهن از دیروز تا فردا - ۱۳۹۳

۶۳- راهنمای راهبری لکوموتیو زیمنس (ویرایش دوم) - ۱۳۹۳

۶۴- آشنایی با راه‌آهن برقی - ۱۳۹۳

۶۵- مدل‌بندی رگرسیون در راه‌آهن - ۱۳۹۳

۶۶- ارتباطات نوین در راه‌آهن-۱۳۹۴

کتب ارتقای ایمنی (آموزش سیار)

۶۷- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه سوزنبان - ۱۳۸۰

۶۸- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه رؤسا و معاونین ایستگاه های غیر تشکیلاتی - ۱۳۸۰

۶۹- شناسایی عیوب خط و پارامترهای نگهداری و ایمنی - ویژه رؤسا، معاونین قطعات و متصدیان تعمیرات خط -۱۳۸۱

۷۰- ماشین آلات مکانیزه در نگهداری، بهسازی و نوسازی خطوط راه‌آهن - ویژه رؤسا، معاونین قطعات ومتصدیان تعمیرات خط - ۱۳۸۱

۷۱- آموزش نکات ایمنی و حفاظتی در امور ناوگان و سیر و حرکت و دپو - ویژه لکوموتیورانان- ۱۳۸۱

۷۲- نکات ایمنی در کنترل و بازرسی فنی قطارها - ۱۳۸۱

۷۳- دستورالعمل های تشخیص خرابی و نکات ایمنی در اینترلاکینگ رله ای - ۱۳۸۱

۷۴- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه رؤسای قطار - ۱۳۸۲

۷۵- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت - ویژه سرمانورچی و مانورچی -۱۳۸۳

۷۶- آموزش نکات ایمنی و حفاظتی لکوموتیوهای GM - ویژه لکوموتیورانان - جلد دوم - ۱۳۸۳

۷۷- شناسایی و بازرسی فنی واگن های باری اکراینی - ۱۳۸۴

۷۸- راهنمای بی سیم - ۱۳۸۵

۷۹- استفاده از جرثقیل های ریلی در جمع آوری سوانح - ۱۳۸۶

۸۰- شناسایی و بازرسی فنی واگن های باری با سیستم روسی (چاپ دوم) - ۱۳۸۶

کتاب های در مرحله آماده سازی و چاپ

۱- آشنایی با اصول مهندسی راه‌آهن برقی

۲- اصول سرپرستی در مشاغل راه‌آهن

۳- جوش درز ریل