مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

مبانی
ارتباطات راه‌آهن

رضا شریفی – ارشد رستمی

گروه آموزشی ارتباطات و علائم الکتریکی
مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

مبانی ارتباطات راه‌آهن

Introduction of RAILWAY TELECOMMUNICATIONS

The Iranian Railways
Research and Training Center

Introduction of
RAILWAY
TELECOMMUNICATIONS

Arshad Rostami - Reza Sharifi

THE IRANIAN RAILWAYS RESEARCH AND TRAINING CENTER
2013

باسمه تعالی

مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

مبانی ارتباطات راه‌آهن ۶

پدیدآورندگان

رضا شریفی – ارشد رستمی

گروه آموزشی ارتباطات و علائم الکتریکی

مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران

زمستان ۱۳۹۱

سرشناسه	:	**شریفی، رضا، ۱۳۵٦ -**
عنوان و نام پدیدآور	:	**مبانی ارتباطات راه آهن/ پدیدآورندگان رضا شریفی، ارشد رستمی ؛ [برای] گروه آموزش ارتباطات و علائم الکتریکی مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن جمهوری اسلامی ایران، مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران.**
مشخصات نشر	:	**تهران : ۱۳۹۱.**
مشخصات ظاهری	:	**۲۸۰ص.**
فروست	:	**...مجموعه کتابهای آموزش ارتباطات و علائم الکتریکی راه آهن.**
شابک	:	**۹۷۸-۹٦٤-۸۲٤۷-٤۹-۷**
وضعیت فهرست نویسی	:	**فیپا**
موضوع	:	**راه‌آهن -- مخابره علائم**
شناسه افزوده	:	**رستمی، ارشد، ۱۳۳۸ -**
شناسه افزوده	:	**راه آهن جمهوری اسلامی ایران. اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی**
شناسه افزوده	:	**راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران. مرکز تحقیقات و آموزش**
رده بندی کنگره	:	**TF ٦۱۵/ ش٤م۲ ۱۳۹۱**
رده بندی دیویی	:	**٦۲۵/۱۲۵**
شماره کتابشناسی ملی	:	**۳۰۱۳۰۰۷**

مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

میدان راه‌آهن، خیابان دشت آزادگان، درب غربی حوزه‌ی ۶ راه‌آهن، ساختمان مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

- سایت مرکز آموزش : http://www.raitc.rai.ir
- پست الکترونیکی : Rwamaouzesh@rai.ir

انتشارات مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن

عنوان	:	مبانی ارتباطات راه‌آهن
مؤلفین	:	رضا شریفی – ارشد رستمی
ویراستار فنی	:	حسین امین‌صدرآبادی
امور گرافیکی	:	انتشارات جهان‌تاب
پرداخت نهایی	:	ناصر مجیدی‌فرد
نوبت چاپ	:	اول - ۱۳۹۱
شمارگان	:	۱۰۰۰ جلد
قیمت	:	۷۸۰۰ تومان

«کلیه‌ی حقوق برای مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن محفوظ می‌باشد»

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
سخنی با خواننده	۵
فصل اول - نقش ارتباطات در راه‌آهن	۷
فصل دوم - اصول مخابرات	۱۹
فصل سوم - خطوط ارتباطی و کابل‌ها	۳۳
فصل چهارم - سیستم‌های انتقال	۶۷
فصل پنجم - منابع تغذیه	۸۵
فصل ششم - سیستم‌های تلفن اختصاصی راه‌آهن و مراکز تلفن	۱۲۳
فصل هفتم - ارتباطات رادیویی	۱۳۹
فصل هشتم - سیستم‌های نظارت تصویری	۱۶۷
فصل نهم - ارتباطات دیتا	۱۸۳
فصل دهم - سیستم اطلاعات مسافری	۱۹۷
فصل یازدهم - سیستم تشخیص اتوماتیک خروج از خط و انتقال قطار	۲۰۷
فصل دوازدهم - سیستم‌های تعیین موقعیت قطار	۲۱۵
ضمائم	۲۳۷
منابع	
کتابهای منتشر شده در مرکز تحقیقات	

سخنی با خواننده

با توجه به نحوه‌ی عملکرد راه‌آهن و لزوم رعایت ضوابط ایمنی در آن، ارتباطات از آغاز اهمیت زیادی در راه‌آهن داشته است. در بدو احداث راه‌آهن‌ها یک ارتباط ساده و متناسب با رفع نیازهای ارتباطی در رابطه با کنترل و سیر حرکت قطارها ایجاد گردیده که امروزه شاهد تجهیز راه‌آهن‌ها به سیستمهای پیشرفته و پیچیده مخابراتی می‌باشیم. با پیشرفت تکنولوژی و مدرنیزه شدن راه‌آهن، ارتباطات نیز باید متناسب با این پیشرفت‌ها توسعه پیدا نماید تا دستگاههای مدرن با قابلیت اطمینان بیشتری در زمینه علائم و ارتباطات به منظور تأمین ایمنی تردد قطارها به کار گرفته شود. به منظور تحقق اهداف حمل و نقل ریلی، از جمله افزایش ایمنی، بالابردن ظرفیت ترافیک و افزایش سرعت، شبکه‌های ریلی به سیستم‌های نوین الکترونیکی، مخابراتی و کنترلی تجهیز می‌گردند. این سیستم‌ها جهت ارتقاء سطح ایمنی تردد وسایل نقلیه ریلی، بالا بردن سرعت متوسط سیر و حرکت قطارها، افزایش ظرفیت ترافیک، فراهم آوردن زمینه سهولت و روانی سیر و حرکت، تمرکز مراکز تصمیم‌گیری و افزایش دقت گام برداشته و ضمن صرفه‌جویی در هزینه‌ها، زمینه کاهش نیروی انسانی و در نتیجه کاهش خطاهای انسانی را فراهم می‌آورد.

سده‌ی بیست و یکم میلادی با توسعه‌ی فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات (ICT) به سده‌ی انقلاب ارتباطات و اطلاعات معروف شده است. در این مرحله، ارتباطات راه‌آهن نیز تحولات عظیمی به خود دیده که سعی شده ابعاد مختلف آن در این کتاب مطرح گردد.

بر این پایه در این کتاب جنبه‌های مبانی و اصول ارتباطات راه‌آهن به همت آقایان ارشد رستمی و رضا شریفی مورد بحث قرار گرفته که حاصل سالها تجربه و تدریس ایشان و همکارانشان در حوزه‌های مختلف ارتباطات و بکارگیری منابع مختلف داخلی و خارجی می‌باشد.

این کتاب جهت استفاده‌ی مدرسین، کارشناسان، تکنسین‌ها و دانشجویان و دیگر علاقمندان تألیف گردیده و به گونه‌ای است که شما را با اصول سیستم‌ها و نکات فنی دستگاه‌های ارتباطی به صورت کاربردی آشنا می‌سازد، ضمن اینکه بخش‌هایی از این کتاب برای آشنایی مدیران و کارشناسان سایر بخش‌های راه‌آهن با ارتباطات مناسب است.

بر خود لازم می‌دانیم از تلاش‌های مجدّانه آقای حسین امین صدرآبادی در ویرایش فنی، آقای

علی خزائی در ترجمه‌ی بخش‌هایی از فصل اول، آقای ناصر مجیدی فرد در آماده سازی نهایی، آقای هدایت‌اله موسوی‌کیا و همچنین همکاری مدیریت، معاونین و کارکنان اداره‌ی کل ارتباطات و علائم الکتریکی علی‌الخصوص آقای مازیار یزدانی و خانم شیرین السادات حسینی در امر ویرایش مجدد سه فصل اول کتاب، رؤسا و کارکنان ادارات و گروه‌های ارتباطات و علائم الکتریکی نواحی صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

در پایان از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد انتقادات و پیشنهادات خود را جهت بهبود این اثر به این مرکز ارسال نمایند. امید است از مطالعه‌ی این کتاب بهره‌های لازم را ببرید.

رضا شریفی – ارشد رستمی

فصل اول

نقش ارتباطات در راه‌آهن

۱-۱ - مقدمه

داشتن ارتباطی مطمئن و امکان ارسال و دریافت اطلاعات حرکتی و ترافیکی به اشکال مختلف بین ایستگاه‌ها، قطارها و مأمورین نه تنها قدرت کنترل، مدیریت و هماهنگی را زیادتر نموده بلکه موجب سرعت عمل، ایمنی بهره‌برداری و بهره‌برداری اقتصادی (دو ویژگی راه‌آهن‌های کارا) می‌گردد. همچنین با ایجاد ارتباط بین وسایل نقلیه و قطارها توانسته است از بسیاری سوانح جلوگیری کند.

نیازهای ویژه و الویت‌های حرکتی و ترافیکی راه‌آهن نشان از گسترش تکنولوژی ارتباطات ریلی متفاوت از سیستم‌های شبکه عمومی ارتباطی است. داشتن اطلاعات به روز در مورد موقعیت قطارها، تاخیرها و لغو حرکت قطار، فراهم بودن ماشین آلات ریلی، محل استقرار افراد و پرسنل، وقوع عیب و نقص، برای تصمیمات حیاتی بهره‌برداری اجتناب ناپذیر است و میزان تحقق این امر به سطوح مختلف ارتباطات بستگی دارد.

ارتباطات راه‌آهن تقریباً قدمتی به اندازه راه‌آهن دارد و به طور قطع با توسعه راه‌آهن ارتباطات رشد یافته است. امکان بهره‌برداری ریلی بدون داشتن ارتباطات کارآمد میسر نمی‌باشد و جالب‌تر اینکه راه‌آهن گرچه ممکن است بدون سیستم علائم‌الکتریکی قادر به بهره‌برداری باشد ولی بدون ارتباطات این امر مقدور نخواهد بود. فناوری ارسال و دریافت پیام و اطلاعات حرکتی و ترافیکی قطارها هسته پیشرفت ارتباطات ریلی می‌باشد. ابتدا کابل‌های مسی بر روی تیرها نصب می‌شدند و بعدها فناوری دیجیتالی و کابل فیبر نوری امکان نصب هزاران مدار بر روی خطوط اتصال مستقیم به سیستم‌های کامپیوتری را مقدور ساختند. تمام خدمات اطلاعاتی که راه‌آهن بدان نیاز دارد در حال حاضر مبتنی بر فناوری اطلاعات(IT) است که از سیستم‌های محلی گرفته تا استفاده از اینترنت را شامل می‌شود. با اینکه قابلیت‌های استفاده از IT و ارتباطات متفاوت است، ولی بین آنها نقاط مشترک زیادی نیز وجود دارد که باعث همگرایی هر دو رشته گردیده و در نتیجه فناوری ارتباطات و اطلاعات(ICT) را پدید آورده است. متخصصین هر دو رشته باید با الزاماتی به قابلیت‌های یکدیگر شناخت کافی داشته باشند.

راه‌آهن‌ها متناسب با کاربردها و اهداف متفاوت خود از سیستم‌های مختلف ارتباطی بهره می‌گیرند. ارتباطات آنقدر انعطاف‌پذیر می‌باشد که نمی‌توان برنامه و متد درست و یا غلطی را برای آن تعریف کرد. بسیاری ازکاربردهای عملیاتی توسط مقررات و آئین نامه‌ها تعیین و محدود می‌شوند. اما همین امر نیز می‌تواند زمانیکه عوامل اقتصادی اهمیت پیدا کند، دستخوش تغییر شود.

سالهاست که سیستم علائم‌الکتریکی و ارتباطات هر دو در یک بخش مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرند و بسیاری از مکانیزم‌ها و فنون در هر دو رشته مشترک است. امروزه فناوری‌های جدید

رابطه بسیار نزدیکتری را بین علائم‌الکتریکی و ارتباطات ایجاب می‌کنند. علاوه بر فناوری، نقاط مشترک دیگری نیز بین پرسنل فنی هر دو رشته علائم‌الکتریکی و ارتباطات وجود دارد. هیچ متخصص علائم‌الکتریکی در آینده نمی‌تواند بدون داشتن درک کاملی از سیستم‌های ارتباطی و کاربرد آنها در زیر ساخت علائم‌الکتریکی و پروژه‌ها کار خود را بخوبی انجام دهد و از فرصت‌های بدست آمده از یکپارچگی علائم‌الکتریکی و ارتباطات بهره ببرد. علاوه بر این، ارتباطات یک صنعت عظیم جهانی است و سطح فضای رقابتی و تجاری در آن بسیار بالاست و قیمت دستگاه‌ها سال به سال کاهش می یابد. در مقابل فناوری علائم‌الکتریکی بازار مصرف جهانی مشابه با ارتباطات را ندارد و قیمت‌های آن در مقایسه با ارتباطات روند صعودی داشته است.

روش‌های بسیاری برای انتخاب تجهیزات ارتباطی برای راه‌آهن و جود دارد. بهره‌برداری اقتصادی و ایمنی در بهره‌برداری دو عامل اصلی در انتخاب تجهیزات ارتباطی می‌باشد که با ترکیب این دو، امکان انتخاب از میان عرضه کنندگان خصوصی و یا اپراتورهای همگانی وجود دارد. جدول۱-۱ تقسیم بندی شبکه‌های عمومی و خصوصی را نشان می‌دهد:

جدول ۱-۱ تقسیم بندی شبکه های عمومی و خصوصی

شبکه‌های عمومی		شبکه‌های خصوصی
مدارات اختصاصی برای محل‌های فاقد شبکه	شبکه‌های ارتباطی قدیمی ریلی	تلفن‌های بهره‌برداری و اختصاصی راه‌آهن
دیتای استاندارد پکیج‌ها VPN	کابل، انتقال و مبادله	اطلاعات سخت افزار سیستم‌ها اینترانت
شبکه گسترده جهانی اینترنت PSTN شبکه‌های عمومی موبایل		دسترسی محلی شبکه‌های کابلی ارتباط بی‌سیم از کنار خط به قطار

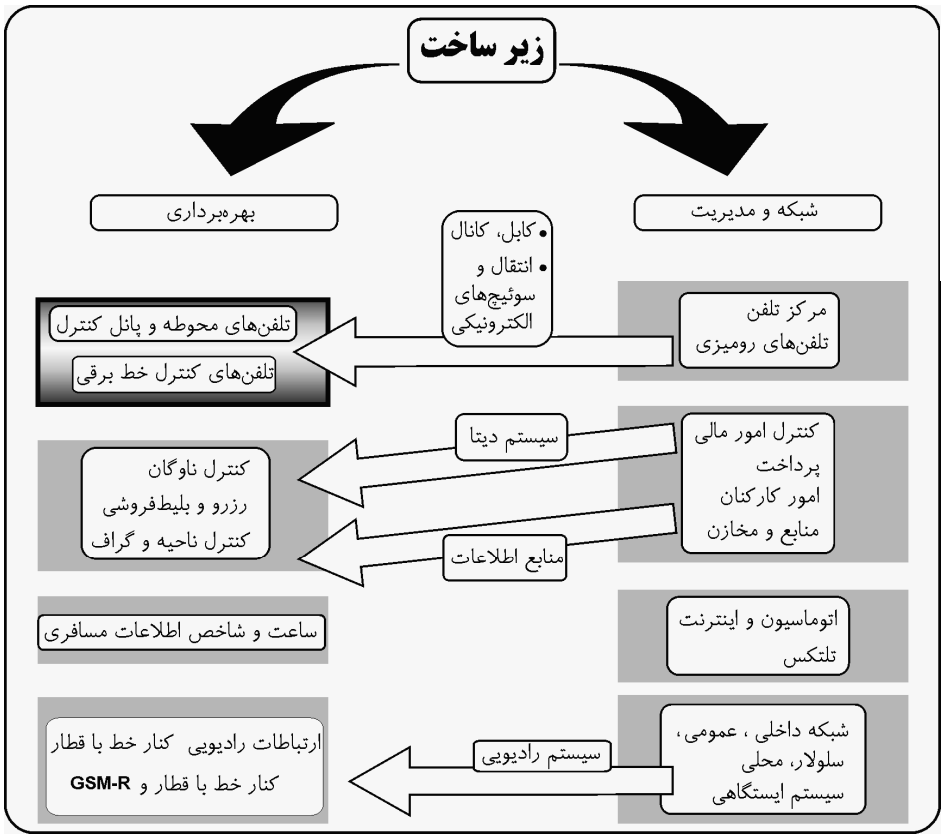
۱-۲ - تهیه سیستم‌های ارتباطی راه‌آهن

در صورتی که تحولات فناوری در سازمانی سرعت بالایی داشته باشد، اجاره کردن یا اجاره دادن تجهیزات و خدمات امکان جایگزینی آسان را بوجود می‌آورد که این موضوع با عنایت به شرایط حاکم بر تجهیزات ارتباطات و علائم‌الکتریکی که با برنامه ریزی طولانی مدت خریداری شده‌اند می‌تواند مورد توجه باشد. از جمله مزایای استفاده از شبکه‌های عمومی، کاهش چشمگیر هزینه‌های

سرمایه‌ای و تعداد متخصصین ارتباطات و تکنیسین‌های راه‌آهن است. از معایب استفاده از شبکه‌های عمومی می‌توان به این نکته اشاره کرد که هنگام بروز شرایط اضطراری امکان دارد سرویس‌گیری ازدست برود. تمامی راه‌آهن‌ها باید این گونه مسائل متأثر از شرایط داخلی خود را در برون‌سپاری لحاظ نمایند.

۱-۳ - کاربردها و نیازهای ارتباطی راه‌آهن

محدوده خدماتی که سیستم‌های ارتباطی در راه‌آهن ارائه می‌دهند در ادامه اشاره شده است. نیازهای ارتباطی و کاربردهای آنها را می‌توانید در شکل ۱-۱ ملاحظه نمایید.



شکل ۱-۱ خدمات ارتباطی راه‌آهن

- **نیازهای ارتباطی مرتبط با بهره‌برداری قطارها**
  - **سیستمهای ارتباطی مرتبط با کنترل علائم‌الکتریکی**
    - سیستم کنترل برای بلاک و هشداردهنده‌ها
    - ارتباطات دیتا برای اینترلاکینگ رایانه‌ای
    - لینک‌های ارتباطی تجهیزات علائم‌الکتریکی
    - ارتباطات بین سیستم‌های انتقال مالتی‌پلکس و شاخص‌های کنارخط
  - **سیستم‌های برقی راه‌آهن**
    - مدارهای کنترل ایستگاه‌ها
    - مرکز کنترل سیستم برق‌رسانی
  - **سیستم‌های رادیویی قطار**
    - بی‌سیم دستی (عملیاتی، مانوری)
    - بی‌سیم قطاری (متحرک)
    - بی‌سیم ایستگاهی
  - **ارتباط تلفنی کنارخط و بهره‌برداری قطار**
    - تلفن محوطه‌ای
    - تلفن گذرگاه هم سطح
    - تلفن اضطراری
  - **تلویزیون مدار بسته**
    - دوربین‌های سکو و مانیتورهای داخل کابین لکوموتیوران
    - دوربین‌های کنترل تقاطع همسطح
    - تدابیر ایمنی مرکز کنترل و بهره‌برداری
- **ارتباطات مرتبط با بازرگانی راه‌آهن**
  - سیستم‌های ردیابی وسایل نقلیه ریلی
  - زمان‌بندی تعمیر و نگهداری وسایل نقلیه ریلی
  - مجموعه اطلاعات سرمایه‌ای و محل جغرافیایی

- **ارتباطات جهت اطلاع‌رسانی به مسافرین**
  - نمایشگرهای اطلاعات مسافری در ایستگاه‌ها
  - بلندگوها و اعلام خبر ضبط شده
  - استعلام حرکت قطارها از طریق سایت‌های اینترنتی
  - اطلاع‌رسانی حرکت قطارها
  - ساعتها و همزمانی آنها با ساعت مرجع
  - دسترسی به اینترنت در ایستگاه‌ها

تحقیقات نشان داده است که سیستم‌های ارتباطی مورد استفاده در راه‌آهن از چارچوب مشابه گسترده‌ای از کاربردها و کاربران پیروی می‌کند، چرا که قوانین بهره‌برداری از راه‌آهن در سراسر جهان تا حدود زیادی مشابه است. نیازهای ارتباطی راه‌آهن بسیار مشابه نیازهای دیگر صنایع است، به ویژه که این نیاز در بخش حمل و نقل باشد. ارتباطات، صنعتی جهانی است و در مقیاس جهانی بهره‌برداری می‌شود. ارتباطات بین المللی امری ناگزیر است و عموم مردم انتظار دارند از طریق یک تلفن و یا پایانه نیاز ارتباطی با همه جای دنیا را رفع کنند. این مسئله اکنون در مورد سیستم‌های تلفن همراه هم صدق می‌کنند.

در استفاده از ارتباطات شبکه عمومی، رویکرد راه‌آهن‌های کشورهای مختلف با یکدیگر متفاوت است. البته از نظر بهره‌برداری، راه‌آهن‌ها نیازهای مشابه به هم دارند. استفاده از تلفن‌های کنارخط به شدت کاهش یافته است و با وجود شبکه‌های ریلی پرسرعت، سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم پیشرفته استفاده می‌شود. استفاده از بی‌سیم در سیستم‌های ردیابی، اعزام قطارها، کنترل پرسنل و تعیین مأموریت رایج است و می‌توان از سیستم‌های ارتباطی بطور موثر و مناسب در بهره‌برداری‌های ریلی بهره گرفت.

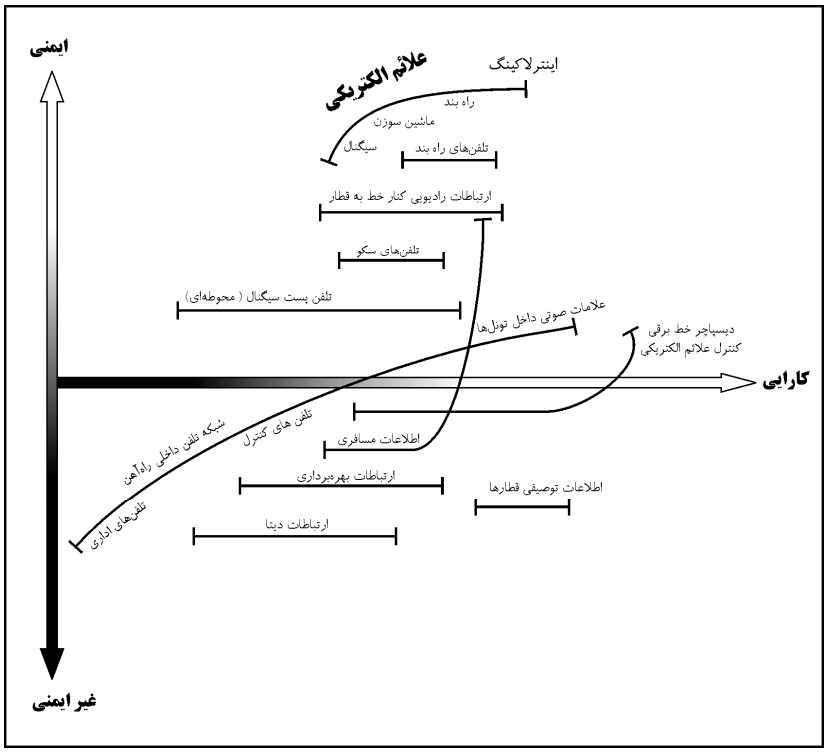
در کشورهای کمتر توسعه یافته در حوزه فناوری ارتباطات فرصت‌های سرمایه‌گذاری محدود می‌باشد. در صورتی که امکان سرمایه‌گذاری بین‌المللی وجود داشته باشد، سرمایه‌گذاری بر روی ارتباطات در اولویت خواهد بود، چرا که ارتباطات، بهره‌برداری از صنعت ریلی را بسیار موثرتر می‌سازد. در کشورهای در حال توسعه تلفیقی از سیستم‌های قدیمی و مدرن ارتباطات وجود دارد و تعامل بین آنها دشوار است. داشتن جدیدترین فناوری مطلوب است اما در صورت عدم درک کاربران از امکانات و قابلیت‌ها و مهم‌تر ازهمه ناتوانی‌های آنان، اغلب سرمایه‌گذاری‌ها به هدر خواهد رفت.

۱-٤- ارتباطات و ایمنی

امروزه بیشتر سیستم‌های مورد استفاده در راه‌آهن به ارتباطات وابسته هستند وکمک شایانی به ایمنی بهره‌برداری می‌کنند. در طراحی، ساخت و انتخاب تکنولوژی مرتبط با ارتباطات راه‌آهن، به ایمنی و یکپارچگی تجهیزات بهره‌برداری، سیستم‌های اضطراری و حفاظت از پرسنل، اهمیت ویژه‌ای داده می‌شود. همچنین سوانح راه‌آهن منجر به کسب تجربه و پیشرفت‌های ایمنی بسیاری شده است و این حوادث بر توسعه ارتباطات ریلی تأثیر گذاشته است. مسئله ایمنی در ارتباطات راه‌آهن در موارد زیر مورد توجه قرارگرفته است:

- ایمنی تجهیزات و دستگاه‌های بهره‌برداری
- ایمنی بهره‌برداری و خدمات شرایط اضطراری
- ایمنی در طراحی و تعمیر و نگهداری تجهیزات

در شکل ۱-۲ ساختار ایمنی در ارتباطات راه‌آهن و ارتباط بین کارایی و ایمنی در سیستمهای مختلف مشاهده می‌شود.



شکل۱-۲ ایمنی در ارتباطات در راه‌آهن

ایمنی همیشه عامل مهمی در طراحی، نصب آزمایشی و تعمیر و نگهداری سیستم‌های علائم راه‌آهن بوده است. گرچه امروزه جوانب ایمنی اهمیت ویژه‌ای دارد اما عوامل دیگری منجر به ایجاد مفهومی به نام RAMS [۱] شده است که اکنون در سراسر جهان شناخته شده می‌باشد. استانداردهای مختلفی جهت لحاظ نمودن عوامل ایمنی در علائم و ارتباطات عرضه شده‌اند.

اصلی‌ترین این استانداردها که مربوط به سیستم‌ها و دستگاه‌های ارتباطی راه‌آهن می‌باشد، استاندارد EN۵۰۱۵۹ است که شامل دو قسمت است، قسمت اول درمورد ارتباطات ایمن در سیستم انتقال بسته و قسمت دوم در مورد ارتباطات ایمن با استفاده از سیستم انتقال غیر قابل اطمینان.

عمده فعالیت‌هایی که ارتباطات می‌تواند بر ایمنی تأثیر داشته باشد شامل موارد زیر است:

- دستگاه‌ها و سیستم‌هایی که بهره‌برداری از آنها مستقیماً روی حرکت ایمن قطارها تأثیر دارد.
- سیستم‌هایی که به قطارها و دیگر بهره بردارهای ریلی این امکان را می‌دهد تا در صورت خرابی سایر سیستم‌ها از قبیل تجهیزات علائم‌الکتریکی به کار خود ادامه دهند.
- سیستم‌هایی که تأثیر سوانح و تصادفات را از طریق آگاه سازی دیگران در شرایط اضطراری به حداقل می‌رسانند.

در هنگام تأسیس راه‌آهن در کشورهای مختلف ایجاد شبکه ارتباطی جهت رفع نیازهای ارتباطی در رابطه با کنترل سیر و حرکت قطارها بوجود آمد که با افزایش تعداد و بالا رفتن سرعت قطارها، بکارگیری آن جهت افزایش سرعت انتقال اطلاعات کنترلی و ترافیکی، تأمین ایمنی بیشتر در تردد قطارها، اقتصادی کردن حمل و نقل و تثبیت و پایداری الگوهای حرکتی و ترافیکی قطارها احساس شد.

امروزه شاهد آن هستیم روزانه هزاران پیام و اطلاعات کنترلی، شاخصی، صوتی و تصویری در شبکه‌های ریلی مبادله می‌شود. لذا با بهره گیری از شبکه‌های ارتباطی و علائم‌الکتریکی مناسب در جهت بالا بردن سرعت، دقت عملیات و ایمنی تردد قطارها اقدام شده است. بکارگیری سیستم‌های کنترل اتوماتیک در صنعت ریلی ویژگی‌های قابل توجهی در مقایسه با کنترل دستی دارد. خصوصاً از آنجایی که اساسی‌ترین پارامتر در کنترل حرکت و ترافیک قطارها ایمنی بالای آن می‌باشد؛ لذا خطاهای انسانی که در کنترل دستی اتفاق می افتد نیز بدین طریق حذف می‌گردد.

بطور کلی می‌توان در مورد بکارگیری سیستم‌های کنترل اتوماتیک به خصوصیات ویژه زیر در اشاره کرد:

۱- Reliability Availability Maintainability Safety

- جلوگیری از خطاهای تصمیم‌گیری و اجرائی که در کنترل دستی مسیر و ترافیک قطارها رخ می‌دهد.
- افزایش ایمنی، سرعت و دقت عملیات پیچیده ایستگاهی و بلاک‌ها
- امکان برنامه‌ریزی در کنترل حرکت و ترافیک قطارها، بر اساس اطلاعات و شرایط بهره‌برداری از خطوط، و بهره‌برداری

با توجه به ویژگی‌های شبکه ریلی تقریباً به منظور برآورده نمودن تمامی نیازهای اساسی از قبیل ایمنی، سرعت، دقت، جمع آوری اطلاعات و برنامه‌ریزی، لزوم استفاده از کنترل اتوماتیک را ایجاب می‌نماید و تجهیز ایستگاه‌ها به سیستم‌های ارتباطی و علائم‌الکتریکی مناسب به منظور بهره وری هرچه بیشتر از شبکه مورد توجه می‌باشد.

کنترل هر ایستگاه شامل عملیات ورود، خروج، سبقت، تلاقی و مانور از طریق دستگاه‌های اینترلاکینگ که از اساسی‌ترین بخشهای علائم‌الکتریکی می‌باشند، انجام می‌گیرد. ارسال و دریافت اطلاعات کنترلی و شاخصی، از پانل فرماندهی به ایستگاه و بالعکس به عهده سیستم ارتباطی می‌باشد. در ساخت این تجهیزات ارتباطی از عناصری با قابلیت اطمینان بالا استفاده می‌گردد تا بدین وسیله تمام موارد ایمنی در کنترل ایستگاه رعایت شده باشد.

در ایستگاه‌های راه‌آهن در صورت نیاز به سیستم‌های شاخص اطلاعات ورود و خروج قطارها می‌توان اطلاعاتی را که توسط سیستم‌های کنترل حرکت و ترافیک قطارها در اختیار است بکار برده و جهت رفع تنگناهای حرکتی و ترافیکی استفاده مطلوب را به عمل آورده و در راه هر چه پایدارکردن برنامه‌های حرکت و ورود قطارهای مسافری گام برداشت.

۱-۵ - نگرشی بر آینده ارتباطات راه‌آهن

بحث اصلی این بخش نیازمندیها و محدودیت‌هایی است که باعث می‌شود ارتباطات در راه‌آهن مسئله ویژه‌ای بوده و تأثیر قابل ملاحظه ای بر فناوری مورد استفاده در راه‌آهن داشته باشد. صنعت ارتباطات بعضاً در پیش بینی آینده بیش از حد بلند پرواز بوده است. ۲ دهه پیش همگرایی صوت و داده طی دو سال پیش بینی شده بود، اما در واقع ۲۰ سال پس از آن هنوز با تحقق کامل آن فاصله داریم. صنعت ارتباطات همچنین بعضی از محصولات خود را از رده خارج کرده و دیگر پشتیبانی نمی‌کند یعنی محصولی جدید ارائه و پس از مدتی محصولی با فناوری نوین جایگزین می‌شود.

امروزه راه‌آهن‌ها فعالیت‌های ویژه‌ای دارند که دستگاه‌های مورد نیاز برای آنها با کمبود عرضه در بازار مواجه است و کاهش تعداد عرضه کنندگان تجهیزات و قطعات، باعث می‌شود فناوری‌های نوین در شبکه مد نظر قرار گیرند.

نقطه ضعف دیگر صنعت گسترده ارتباطات وعده‌های اغراق‌آمیز آن در مورد اینکه فناوریهای نوین آن نیازهای مشتری را به طورقطعی برآورده خواهد ساخت، می‌باشد. اما این فناوری با ارائه محصولاتی که قابلیت اطمینان و کار آمدی لازم را نداشته و یا استفاده از آنها در کار پیچیده است، در برآورده کردن وعده‌های خود باز می‌ماند. در نتیجه هر استراتژی ارتباطات بایستی نوع و چرخه عمر فناوری در دسترس را مد نظر داشته باشد و تأثیر فناوریهای در حال ظهور بر استراتژی، بایستی مورد توجه قرار گیرد.

نیازهای آتی ارتباطی راه‌آهن

پیش از بررسی فناوری مورد نیاز باید نیازمندی‌های ویژه راه‌آهن، برحسب چگونگی تغییر و تأثیر در آینده مورد بررسی قرارگیرد.

نیازمندی‌های مرتبط با چرخه عمر: چرخه عمر و دوام زمانی و استفاده از زیر ساخت راه‌آهن بسیار بیشتر از یک شبکه ارتباطات خصوصی و نیز سازندگان دستگاه‌های فعال در این زمینه است. این مسئله مشکلات مربوط به بازسازی تاسیسأت و تجهیزاتی که با سایر تجهیزات ناهمگن بوده و شرایط اتصال متقابل را ندارند، موجب می‌شود. محرک اصلی تغییرات تکنولوژی در بیشتر شبکه‌های عمومی و خصوصی کارکردی نوین است تا از طریق آن درآمدهای جدید حاصل و مشتریان حفظ شوند. شرکت‌ها به خدمات جدید نیازمند هستند تا قدرت رقابت خود را در بازار حفظ کنند. اما در صنعت راه‌آهن نیازهای ارتباطی یک بخش از شبکه پس از به روز شدن دچار تغییر و تحول آنچنانی نشده و در نتیجه محرک برای این کار خود به خود حذف می‌شود. همچنین هزینه‌های فناوری در پروژه‌های ارتباطات راه‌آهن هزینه غالب نمی‌باشد چرا که هزینه کلی بهره‌برداری، برآوردکردن استانداردها و غیره می‌تواند این هزینه را تا حد چشمگیری افزایش دهد و در نتیجه راه‌آهن نیازمند افزایش چرخه عمر و چرخه نوسازی تا حد امکان است.

استانداردها: دستگاه‌های ارتباطی همیشه با طیفی از استانداردها از جمله ITU و....EN مطابقت داشته اند. این استانداردها با استانداردهایی مثل TSI هم پوشانی دارند. در حال حاضر استانداردهای TSI فقط در مورد مسیرهای پر سرعت اعمال می‌شوند. اما در آینده، بیشتر خطوط به واسطه دستورالعمل خطوط متعارف شامل این دستورالعمل‌ها خواهند شد. GSM-R اولین نیازمندی مهمی است که به واسطه استانداردهای TSI الزامی خواهد شد.

موضوع سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) محیط‌های مختلف، هر روز پیچیده‌تر می‌شوند و قطارهای جدید در مقایسه با قبل ولتاژهایی را با فرکانس‌های بسیار بالاتری به کابل‌های کنار خط القا می‌کنند. این مسائل با توجه به اینکه سیستم‌های مدرن کامپیوتری در مقایسه با نسل‌های پیشین

به طور بالقوه و ذاتی کمتر مقاوم هستند اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

از سایر نیازمندی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نیازمندی‌های تجاری
- نیازمندی‌های سیستم‌های علائم‌الکتریکی
- مرکز کنترل
- دسترس‌پذیری و قابلیت تعمیرات
- مدیریت‌پذیری

فصل دوم

اصول مخابرات

۲-۱- اجزای سیستم‌های مخابراتی

انتقال پیام یا اطلاعات (صوت، تصویر، دیتا و ...) از یک نقطه به نقطه یا نقاط دیگر را مخابرات می‌گویند. فرستنده و گیرنده‌ی اطلاعات می‌تواند انسان یا ماشین باشد. هر سیستم مخابراتی حداقل دارای اجزایی به شرح ذیل است:

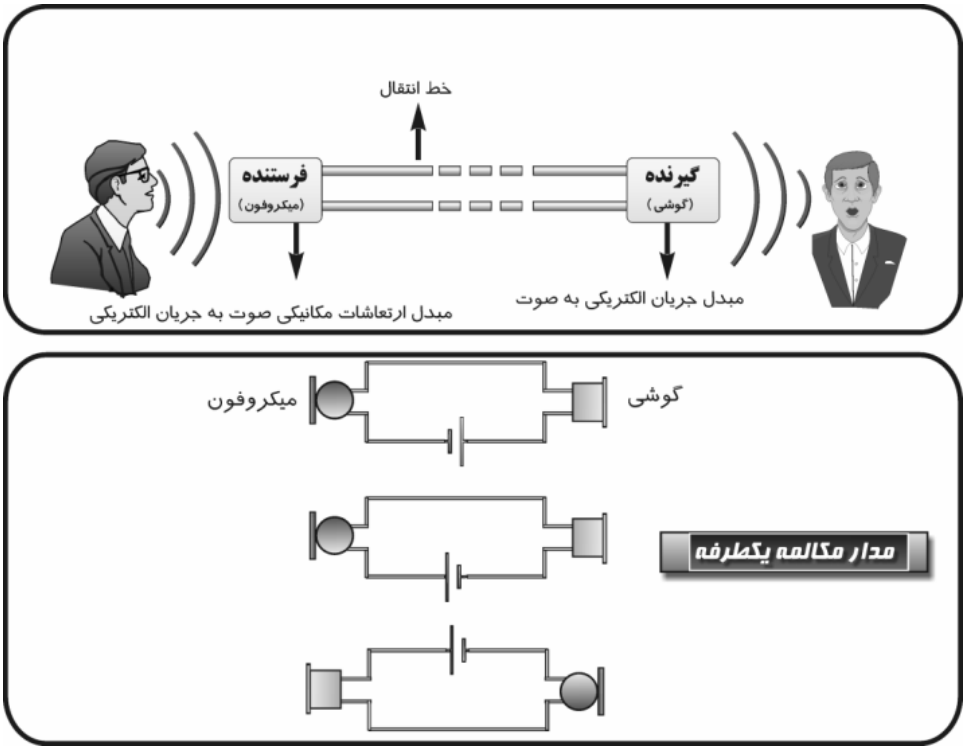
الف- فرستنده

ب- محیط انتقال (کانال ارتباطی)

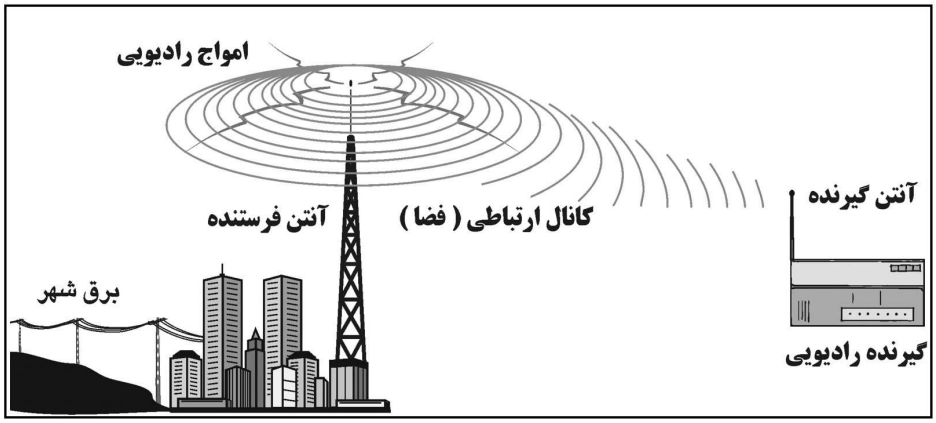
ج- گیرنده

شایان ذکر است که در مخابرات دیجیتال پروتکل ارتباطی به عنوان عامل چهارم مطرح است.

ساده‌ترین سیستم مخابراتی در شکل۲-۱ نشان داده شده است. در این سیستم توسط یک خط انتقال، اطلاعات یا پیام از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر منتقل می‌شود.

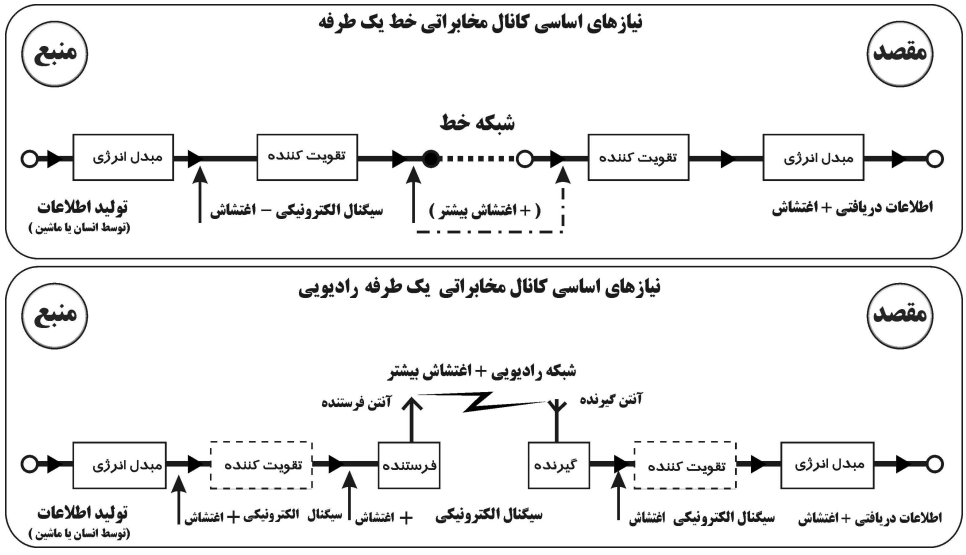


شکل ۲-۱ چگونگی ارتباط بین دونقطه



شکل ۲-۲ اجزای یک سیستم ارتباطات رادیویی

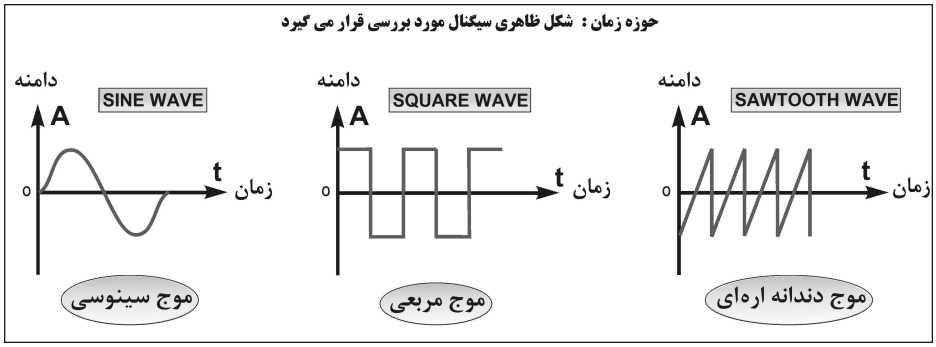
درشکل۲-۲ یک سیستم ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سیستم فرستنده‌ی رادیویی از طریق آنتن، امواج الکترومغناطیسی را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سیستم، فضای بین فرستنده و گیرنده است. یک سیستم ارتباطی با خط انتقال و یک سیستم ارتباطی بی‌سیم در شکل۲-۳ ترسیم شده است. در سیستم باسیم انرژی الکترومغناطیسی از طریق سیم و کابل منتقل می‌شود.



شکل ۲-۳ سیستم ارتباطی (باسیم و بی‌سیم)

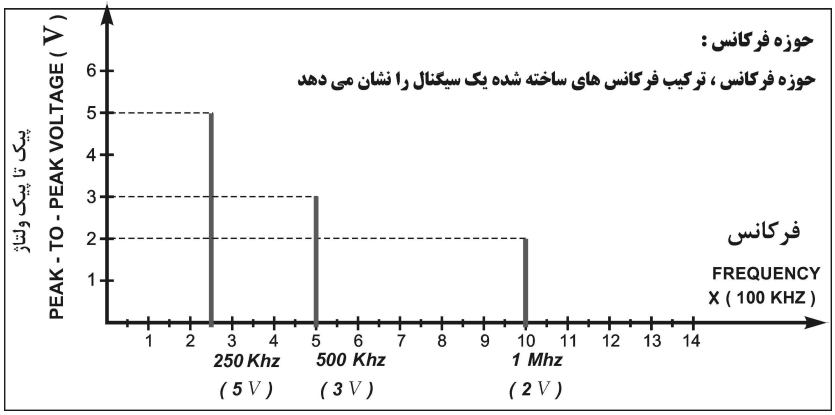
۲-۲- حوزه زمان و حوزه فرکانس

برای بررسی یک سیگنال الکتریکی معمولاً آنرا از دو بعد مورد بررسی قرار می‌دهند؛ حوزه زمان و حوزه فرکانس. در حوزه زمان شکل ظاهری سیگنال مورد بررسی قرار می‌گیرد و در حوزه فرکانس ذات و ترکیب داخلی سیگنال شناسایی می‌شود و برحسب اینکه سیگنال مورد نظر از ترکیب چه فرکانس‌هایی ساخته شده است، تک فرکانس یا چندین فرکانس مختلف دارد. آشنایی با حوزه فرکانس در ارتباطات اهمیت زیادی دارد.



شکل۲-٤ نمایش امواج متناوب در حوزه زمان

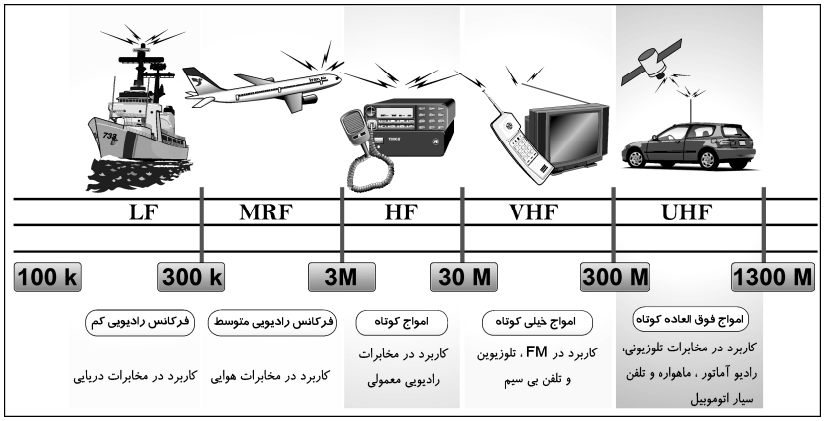
حوزه فرکانس مانند حوزه زمان دارای مختصات نمایشی است. در حوزه زمان سیگنالهای الکتریکی براساس تغییرات دامنه، برحسب زمان ترسیم می‌شود؛ در صورتی که در حوزه فرکانس محور افقی برحسب فرکانس و محور قائم برحسب دامنه درجه بندی می‌شود.



شکل ۲-۵ نمایش چند فرکانس روی دستگاه محورهای مختصات

طیف فرکانسی

برای بررسی سیگنال در حوزه فرکانس معمولاً از واژه طیف فرکانسی استفاده می کنیم و طیف فرکانسی نشان می‌دهد که در یک پیام یا اطلاعات بخصوصی چه فرکانس‌هایی وجود دارد. مجموعه فرکانس‌هایی که تشکیل دهنده یک سیگنال هستند طیف فرکانسی آن سیگنال نامیده می‌شوند. اسیلوسکوپ وسیله‌ای است که سیگنالها را در حوزه زمان نشان می‌دهد و طیف نما (اسپکتروم آنالایزر) وسیله‌ای است که توسط آن می‌توان مجموعه‌ای از طیف فرکانسی را مشاهده و اندازه‌گیری کرد.



شکل ۲-۶ دسته‌بندی فرکانس‌ها

۲-۳- مدولاسیون

برای ارسال و فرستادن مؤثر و مطمئن سیگنال‌های اطلاعات به نقاط دور دست به طریق رادیویی و غیره، سیگنال اطلاعات را باید بر روی سیگنال‌های سینوسی یا مربعی با فرکانس زیاد سوار کرد. سوار کردن سیگنال اطلاعات یا پیام را بر روی سیگنال با فرکانس زیاد مدولاسیون می‌نامند و به سیگنال با فرکانس زیاد سیگنال حامل یا کاریر می‌گویند.

در اثر مدولاسیون، سیگنال اطلاعات و سیگنال کاریر تغییر شکل داده تبدیل به سیگنال جدیدی به نام سیگنال مدوله شده می‌شود. می‌توان گفت مدولاسیون عبارتست از کنترل یکی از مشخصه‌های اصلی سیگنال حامل توسط سیگنال اطلاعات به طوری که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال شده از قبیل مکالمه، موسیقی، تصویر، فایل‌های رایانه ای و ... را مجدداً بازسازی کند. چون سیگنال حامل یک سیگنال سینوسی یا مربعی با فرکانس بالاست، می‌توان سه مشخصه سیگنال سینوسی شامل دامنه، فاز و فرکانس را با سیگنال اطلاعات تحت کنترل در آورد. بنابراین سه نوع

مدولاسیون دامنه، فرکانس و فاز از انواع مدولاسیون آنالوگ در سیگنال سینوسی شکل می‌گیرد و در صورتی که حامل یا اطلاعات سیگنال مربعی باشد مدولاسیون پالس یا دیجیتالی شکل می‌گیرد.

• چرا از مدولاسیون استفاده می‌کنیم؟

به دلایل ذیل نمی‌توانیم سیگنال صحبت یا مکالمه را مستقیماً از طریق خط انتقال یا آنتن ارسال و پخش نماییم.

الف- معمولاً فرکانس سیگنال پیام خیلی کم است و برای انتشار به آنتن‌های به طول چند کیلومتر نیاز دارد. در صورتیکه با سوار کردن سیگنال پیام بر روی سیگنال حامل با فرکانس زیاد از آنتن بسیار کوچکتری می‌توان استفاده کرد.

ب- معمولاً سیگنال پیام از فرکانس‌های مختلفی درست شده است و نمی‌توان از یک آنتن برای انتشار همه آنها استفاده کرد. با استفاده از سیگنال رادیویی وابستگی آنتن به فرکانس‌های صوتی از بین می‌رود.

ج- با استفاده از مدولاسیون سیگنال پیام‌های مختلفی را می‌توان بر روی فرکانس‌های مختلفی سوار کرد. به این ترتیب از مخلوط شدن آنها جلوگیری و می‌توان با چندین کانال مکالمه‌ای و رادیویی ارسال و دریافت کرد.

د- طراح سیستم مخابراتی می‌تواند با استفاده از مدولاسیون، سیگنال را در گستره‌ای از فرکانس قرار دهد تا در حد امکان دچار محدودیتهای سخت افزاری نشود.

ه- با استفاده از مدولاسیون می‌توان تا حد زیادی سیگنال را مقابل اثرات نویز و تداخل مصون نگاه داشت.

برای مشاهده مزایای استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل جدول ۲-۱ را ملاحظه نمایید.

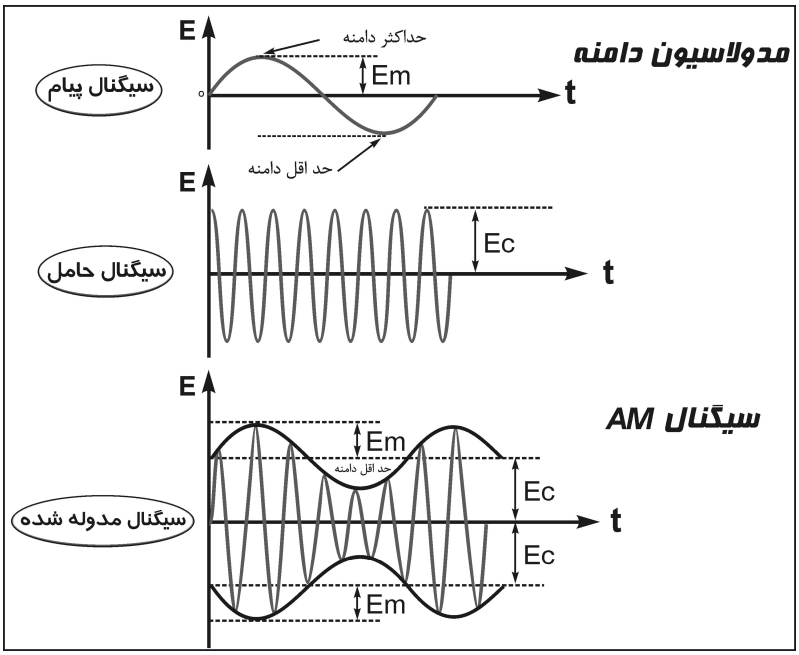
جدول ۲-۱ مزایای استفاده از سیگنال RF به عنوان حامل

انتشار مستقیم	انتشار با استفاده از سیگنال
① به علت کم بودن فرکانس سیگنال صوتی نیاز به آنتن طویل است	① به علت زیاد بودن فرکانس طول آنتن به شدت کاهش می یابد
② به علت تعدد فرکانس های صوتی و وسیع بودن محدوده فرکانسی صوتی نیاز به آنتن های متعدد می‌باشد	② استفاده از سیگنال **RF** به عنوان عامل اصلی انتشار وابستگی طول آنتن به فرکانس های صوتی از بین می رود
③ به علت مشابه بودن باند فرکانس صوتی نمی توان بیش از یک ایستگاه رادیویی در منطقه داشت	③ با استفاده از سیگنال های حامل متفاوت می‌توان چندین ایستگاه رادیویی در منطقه دایر کرد

- **انواع مدولاسیون**

- مدولاسیون دامنه(AM)

هرگاه دامنه سیگنال حامل، به صورت خطی متناسب با مقادیر لحظه ای دامنه اطلاعات یا پیـام تغییر کند مدولاسیون دامنه بوجود می آید. این مدولاسیون در شکل ۲-۷ مشاهده می‌شود.

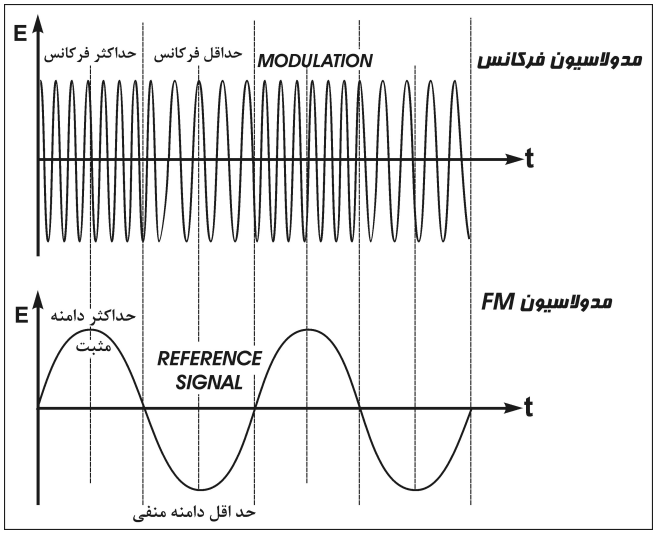


شکل ۲-۷ نمایش شکل موج سیگنال مدوله شده

این روش شدیداً نویزپذیر بوده و از پهنای باند بطور موثر اسـتفاده نمـی‌نمایـد ولـی تجهیـزات فرستنده و گیرنده این مدولاسیون بسیار ساده و ارزان قیمت است.

- **مدولاسیون فرکانس(FM)**

در صورتی که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییـر کنـد، مدولاسـیون فرکانس ایجاد می‌شود.

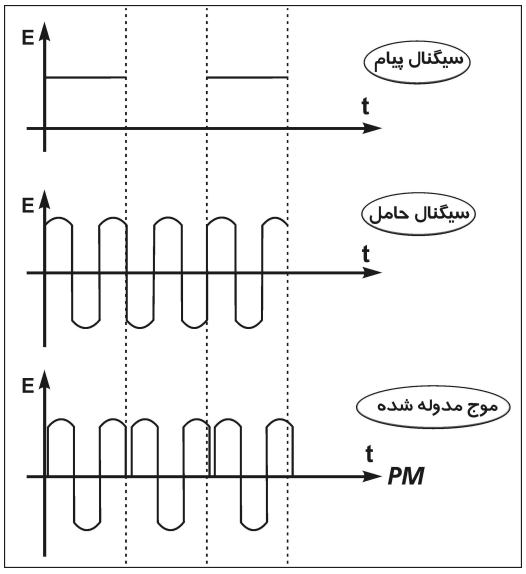


شکل ۲-۸ مدولاسیون فرکانس

این روش در برابر نویز مقاوم‌تر است ولی تجهیزات مورد نیاز گران‌قیمت و پیچیده خواهد بود.

- **مدولاسیون فاز(PM)**

اگر فاز سیگنال حامل متناسب با دامنه سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز بوجود می آید.

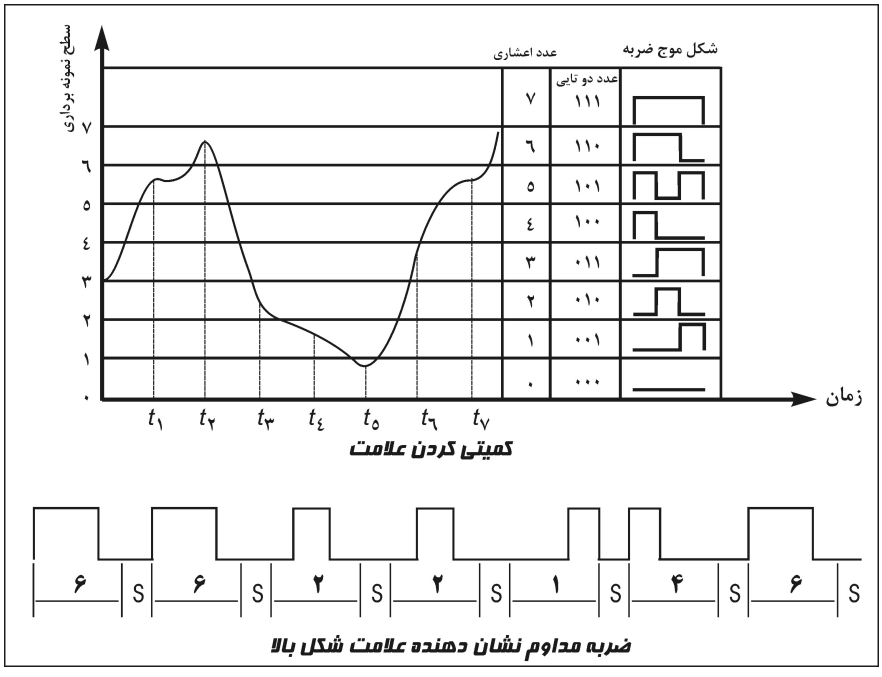


شکل ۲-۹ مدولاسیون فاز

مدولاسیونهای دیجیتال

- **مدولاسیون کد پالس (PCM)**

در سیستم PCM سیگنال اطلاعات یا پیام در فواصل زمانی ثابت نمونه‌برداری می‌شود. در این روش گستره دامنه کلی که سیگنال ممکن است اشغال کند، به تعدادی سطوح تقسیم می‌شود که به هر کدام کدی اختصاص یافته است. در شکل ۲–۱۰ تنها ۸ سطح نمونه‌برداری برای روشنی مطلب نشان داده شده است، ولی در سیستم‌های عملی سطوح خیلی زیادی به کار برده می‌شوند. هر زمان که سطح سیگنال نمونه‌برداری می‌شود، دامنه لحظه‌ای به نزدیک‌ترین سطح نمونه‌برداری تصحیح می‌شود، سپس عدد این سطح نمونه‌برداری به شکل دودوئی معادل تبدیل و بوسیله پالس یا کد مناسب منتقل می‌شود. معمولاً برای نشان دادن رقم دودوئی یک پالس و برای نشان دادن رقم صفر پالسی با دامنه صفر فرستاده می‌شود. حداقل فرکانس نمونه‌برداری، یعنی تعداد نمونه‌های گرفته شده در ثانیه، معادل دو برابر بالاترین فرکانس موجود در سیگنال پیام است بنابراین اگر بالاترین سیگنال پیام به ۳۴۰۰ هرتز محدود شده باشد، حداقل فرکانس نمونه‌برداری برابر ۶۸۰۰ هرتز خواهد بود. در عمل از فرکانس نمونه‌برداری قدری بیش از حداقل لازم استفاده می‌شود.



شکل ۲-۱۰ مدولاسیون کد پالسی (PCM)

از دیگر مدولاسیونهای دیجیتال می‌توان به ASK، FSK، PSK و MSK اشاره کرد.

پهنای باند

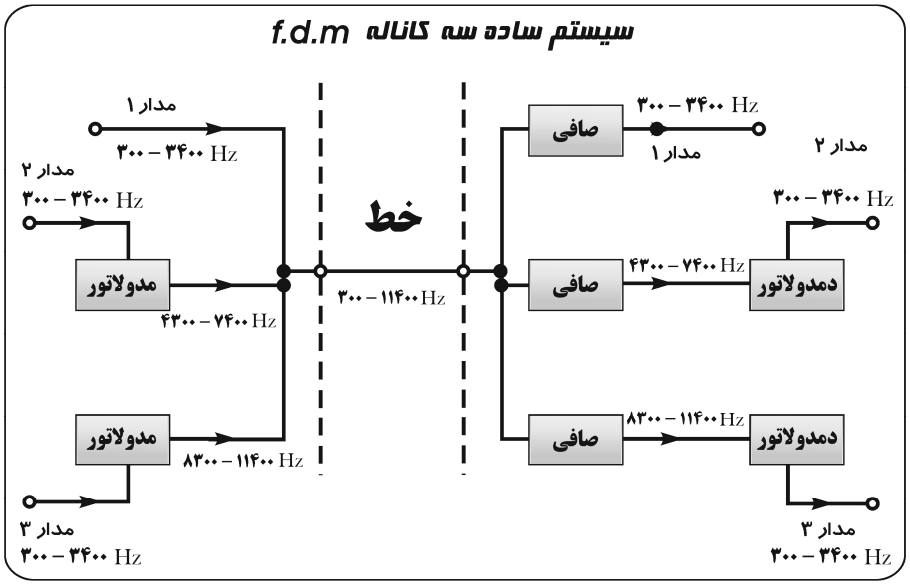
طیف فرکانسی سیگنال‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. پهنای باند هر سیگنال یا اطلاعات برابر با محدوده فرکانسی می‌باشد که آن سیگنال یا اطلاعات اشغال کرده است. برای محاسبه پهنای باند در سیستم‌های آنالوگ اختلاف بین محدوده بالا و پایین طیف فرکانسی را حساب می‌کنند. به عنوان نمونه پهنای باند تجاری مکالمه ۳۱۰۰ هرتز (اختلاف ۳۴۰۰ هرتز با ۳۰۰ هرتز) می‌باشد. در سیستم‌های دیجیتالی ازسرعت انتقال بیت‌ها استفاده می‌شود که برای مکالمه صوتی برابر ۶۴ کیلو بیت بر ثانیه می‌باشد.

۲-٤- مالتی‌پلکس

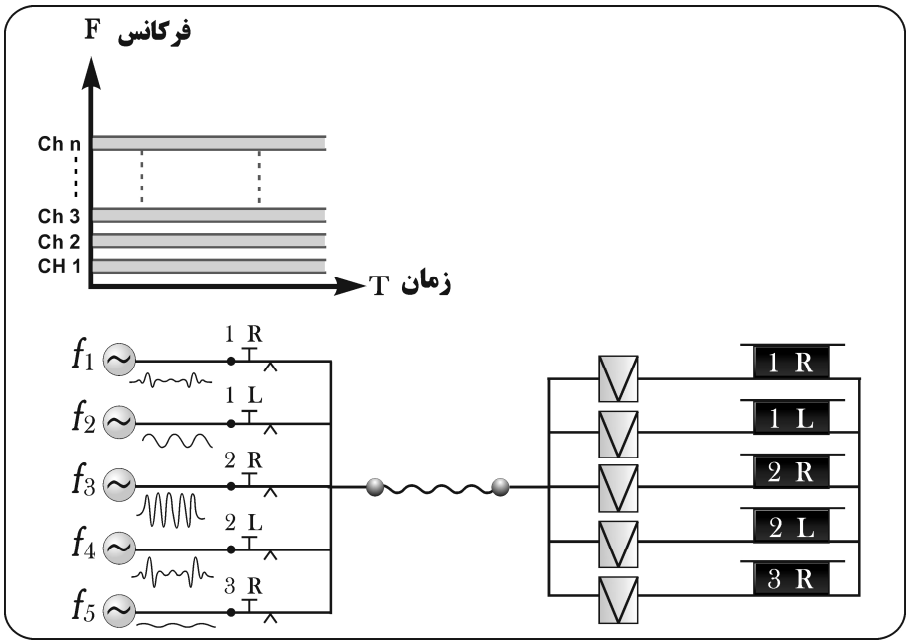
وقتی که تعداد متقاضیان یک شبکه ارتباطی نسبتاً کم و در یک منطقه نزدیک به هم باشند، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است که شبکه ارتباطی به گونه‌ای ایجاد شود که فقط شامل زوج کابل‌های فیزیکی باشد. اصطلاح تقسیم فضا (SDM)[۱] اغلب برای مشخص کردن یک چنین سیستم‌هایی استفاده می‌شود که به زوج کابل مجزایی برای هر مدار نیاز دارند و سیستم‌هایی هستند که به تقسیم زمان و تقسیم فرکانس بستگی ندارند؛ اما اگر تعدادی از مکالمات تلفنی یا سیگنال اطلاعات در یک سر خط با هم ارسال شوند در سر دیگر خط نمی‌توان آنها را از هم جدا کرد. چون هر کدام از مکالمات همان قسمت طیف فرکانسی را که دیگر مکالمات لازم دارند اشغال می‌کنند. لذا این سؤال مطرح می‌شود که چگونه می‌توان چندین مکالمه مختلف را تنها از طریق یک مدار فرستاد و در عین حال آنها را در انتهای دیگر خط از هم جدا کرد.

سه روش اصلی جهت انتقال همزمان چندین سیگنال اطلاعاتی از طریق یک مدار وجود دارد. در یکی از این روش‌ها که بنام مالتی‌پلکس تقسیم فرکانسی(FDM)[۲] معروف است هر سیگنال اطلاعاتی به یک قسمت طیف فرکانسی منتقل یا مدوله می‌شود. در روش دوم بنام مالتی‌پلکس تقسیم زمانی (TDM)[۳] سیگنالهای اطلاعاتی هر کدام همان نوار فرکانس را اشغال می‌کنند ولی به نوبت یا پشت سر هم به خط مشترک فرستاده می‌شود. در روش سوم بنام مالتی‌پلکس کدی (CDM)[۴] به صورت کد ارسال می‌شود. در تصاویری که در ادامه آمده است این روشها مشاهده می‌شود.

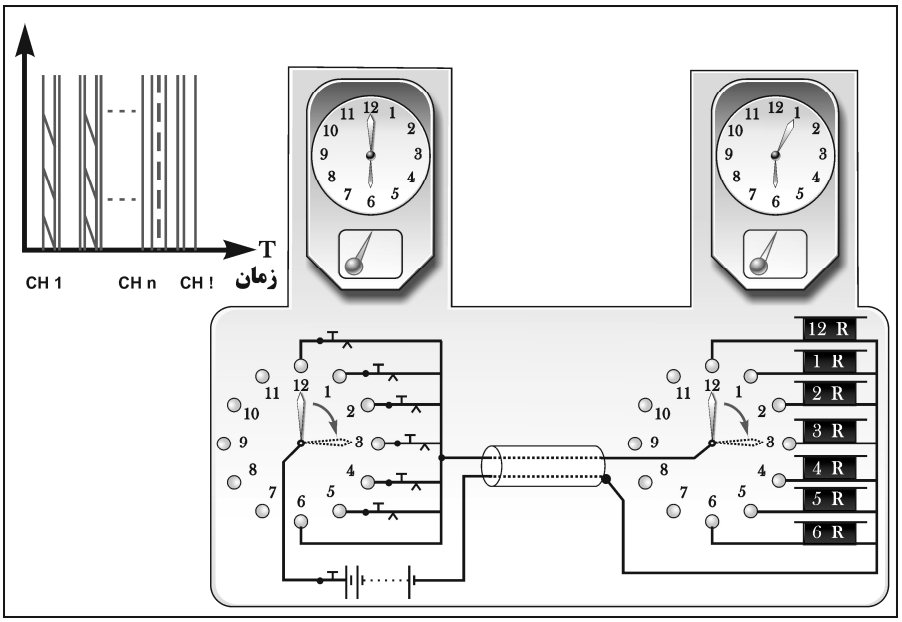
1- Space Division Multiplexing
2- Frequency Division Multiplexing
3- Time Division Multiplexing
4- Code Division Multiplexing



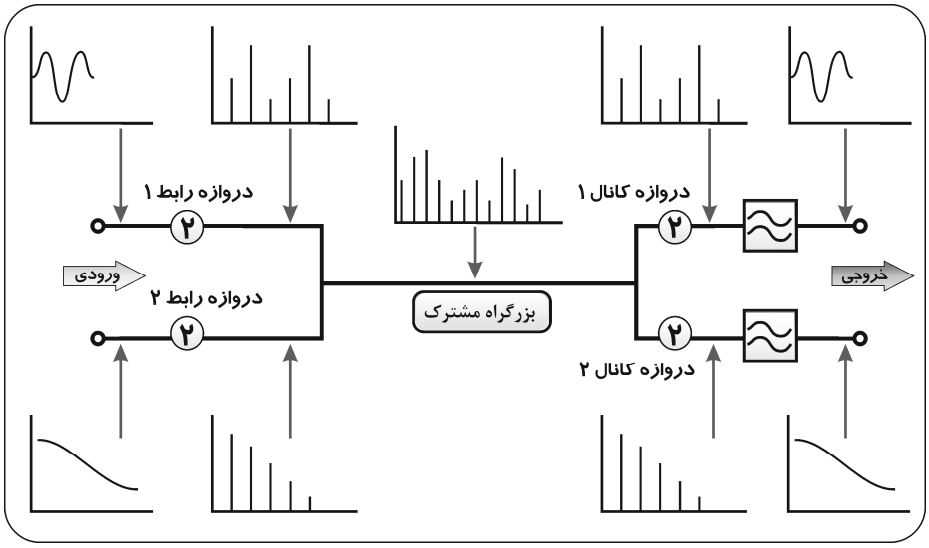
۲-۱۱ مالتی‌پلکس تقسیم فرکانس FDM



۲-۱۲ مالتی‌پلکس تقسیم فرکانس FDM



۲-۱۳ مالتی‌پلکس تقسیم زمان TDM



۲-۱۴ مالتی‌پلکس تقسیم زمان TDM، سیستم ساده TDM دو کاناله

فصل سوم

خطوط ارتباطی و کابل‌ها

(محیط انتقال)

۳-۱- مقدمه

محیط انتقال کابلی شامل تجهیزاتی فیزیکی است که پلی میان مبدا و مقصد بوجود می‌آورد. هر کانال مقداری تلفات یا تضعیف دارد، بنابراین قدرت سیگنال با افزوده شدن فاصله کاهش می‌یابد. انواع محیط انتقال کابلی در ادامه معرفی می‌شود.

۳-۲- خطوط هوایی

خطوط تک سیمی (مدارهای برگشت زمین)

این خط به عنوان اولین مدار در راه‌آهن مورد استفاده قرار گرفت. در این نوع مدارها زمین به عنوان‌هادی برگشت عمل می‌کند. به این خاطر به این نوع مدارها مدار برگشت زمینی نیز می‌گویند. مقاومت زیاد زمین و برخورد جریان برگشتی با جریانهای سرگردان و تداخل با آنها از معایبی بود که باعث شد دیگر از این نوع خط ارتباطی استفاده نشود.

خطوط دوسیمی

ساده‌ترین نوع خط را می‌توان با استفاده از هادی‌های فاقد روکشی ساخت که روی عایق‌هایی در بالای تیر نصب می‌شوند. در راه‌آهن این تیرها به موازی خطوط راه‌آهن کشیده شده و دارای چندین رشته سیم هستند که هر یک از رشته سیم‌های آن نسبت به نواحی مختلف کاربردهای مشخصی دارند. به این نوع سیستم خطوط هوایی گفته می‌شود. البته با گذشت زمان کابل‌های ترکیبی کوالسیال و سیم‌های چند زوجی و کابل‌های ترکیبی فیبر نوری و سیم‌های چند زوجی جایگزین سیم‌های هوایی شده است. از خطوط هوایی برای مکالمات تلفنی ایستگاههای طرفین، ارتباط کنترلی (پارتی‌لاین) و ارتباط کاریری استفاده می‌گردد.

در خطوط هوایی رشته سیم‌ها روی مقره از ایستگاهی به ایستگاه دیگر کشیده شده و این مقره‌ها روی میله مقره روی پنجه ۱۲۰ سانتیمتری که به پایه جوش داده شده به وسیله‌ی مهره بسته شده است. در استفاده از کابل‌های زیر زمینی عوامل جوی از قبیل باد، رطوبت، رعد و برق و باران تاثیر زیادی در آنها نخواهد داشت؛ به علاوه به علت آن که تغییرات درجه حرارت در عمق یک متری به مراتب کمتر از محیط بیرون است، از این رو کابل تحت تاثیر تغییرات کم درجه حرارت قرار می‌گیرد ؛ به علاوه تاثیر القایی خطوط فشار قوی بر روی آنها کمتر از سیم‌های هوایی است. سیم هوایی در تابستان با ازدیاد طول و افزایش مقاومت و در زمستان با افزایش نیروی کشش همراه

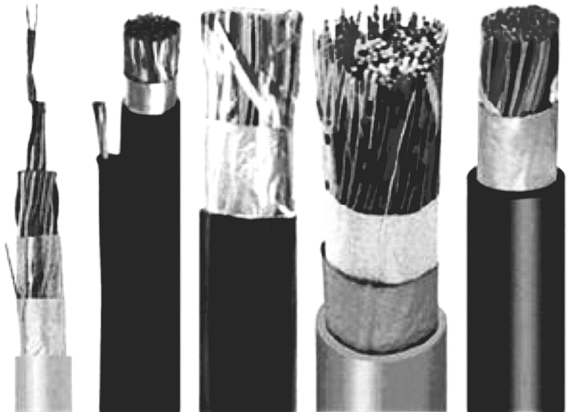
است. شایان ذکر است خطوط هوایی در اکثر مسیرهای راه‌آهن ایران جمع آوری و جای خود را به خطوط جدید ارتباطی داده است.

شکل۳-۱ نمایی از تیر خطوط هوایی

۳-۳- کابل‌های زمینی

کابل‌های چند زوجی

اغلب موارد لازم است بین دو محل چندین خط دو سیمه نصب شود که برای سهولت کار از کابل‌هایی که چندین زوج سیم‌های عایق شده دارند، استفاده می‌شود. گاهی اوقات سیم‌ها به صورت زوج به هم تابیده شده‌اند، ولی بعضی مواقع به صورت چهارتایی تابیده می‌شوند. به منظور مشخص کردن سیم‌های مختلف، پوشش هر کدام از این سیم‌ها بر اساس کد استاندارد رنگها، رنگ شده‌اند.



شکل۳-۲ انواع کابل‌های چند زوجی

زوج‌یابی در کابل

در کابل‌های تلفنی معمولاً از زوج سیم برای ارتباط مشترک با مرکز استفاده می‌شود که این دو سیم را A و B یا TIP و RING نامگذاری کرده‌اند. در این قسمت روش کدگذاری هادی‌ها و چگونگی شماره‌گذاری هادی‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در حال حاضر کابل‌های با روکش پلاستیکی به صورت استاندارد در شبکه مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در گذشته از کابل‌های با ایزوله کاغذی استفاده می‌شده است که به تدریج با پایان یافتن عمر آنها، این کابل‌ها با کابل‌های با روکش پلاستیکی جایگزین می‌گردد. در ادامه شناسایی زوج‌ها در کابل‌های پلاستیکی مورد بحث قرار می‌گیرد.

کد کابل‌های پلاستیکی PIC

به منظور شناسایی زوج‌ها در کابل‌های با روکش پلاستیکی از پنج رنگ برای شناسایی سیم‌های A و پنج رنگ برای مشخص کردن سیم‌های B استفاده می‌شود که به ترتیب به رنگ‌های اصلی و فرعی مرسوم می‌باشند.

جدول۳-۱ رنگبندی سیمها

رنگ‌های اصلی برای سیم A	رنگ‌های فرعی برای سیم B
سفید	آبی
قرمز	نارنجی
مشکی	سبز
زرد	قهوه ای
بنفش	خاکستری

به این ترتیب با استفاده از دو رنگ اشاره شده رنگ‌آمیزی و کدگذاری ۲۵ زوج در کابل عملی می‌گردد. بنابراین اگر یک کابل حداکثر دارای ۲۵ زوج باشد تنها با رنگ‌آمیزی ایزوله‌ها و با استفاده از رنگ‌های ذکر شده می‌توان هر یک از زوج‌ها را به آسانی مشخص کرد.

در مورد کابل‌های بیش از ۲۵ زوج که معمولاً از آرایش دسته‌ای استفاده شده، زوج‌های کابل در چند دسته قرار گرفته‌اند و دور هر یک از دسته‌ها نوارهای رنگی، شماره دسته‌ها را مشخص می‌سازد. باید توجه داشت که رنگ‌آمیزی و کدبندی نوارهای رنگی دور دسته‌ها عیناً مشابه به رنگ‌آمیزی مورد استفاده برای شناسایی سیم‌ها می‌باشد. به عنوان مثال اگر به آرایش زوج‌ها در یک کابل ۱۰۰ زوجی توجه کنیم مشاهده خواهیم کرد که این کابل از ۴ دسته ۲۵ زوجی تشکیل شده

است و اولین دسته با نوار رنگی سفید – آبی مشخص شده است. دسته‌های دوم و سوم و چهارم به ترتیب با نوارهای رنگی سفید – نارنجی، سبز و سفید – قهوه‌ای از یکدیگر تفکیک شده‌اند.

به این ترتیب و با تفکیک دسته‌های داخل کابل از یکدیگر، می‌توان ۲۰ دسته را با استفاده از رنگ‌های ذکر شده مشخص و شماره‌گذاری کرد. در اینجا لازم به تذکر است که در شماره‌گذاری دسته‌ها فقط از ۲۴ ترکیب استفاده می‌شود و آخرین ترکیب (بنفش – خاکستری) مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. با توجه به این که هر یک از دسته‌ها شامل ۲۵ زوج است با داشتن ۲۴ دسته جمعاً ۶۰۰ زوج مختلف را می‌توان شماره‌گذاری کرد.

برای روشن شدن مطلب، به ذکر یک مثال می‌پردازیم.

رنگ سیم‌ها و نوارها دور هر یک از زوج‌های زیر را در کابل ۱۰۰ زوجی پلاستیکی مشخص کنید.

الف) زوج ۱۶ ب) زوج ۳۷ ج) زوج ۷۲ د) زوج ۹۵

الف) زوج شانزدهم این کابل در اولین دسته ۲۵ زوجی قرار می‌گیرد (دسته اول: نوار دور دسته سفید – آبی). این زوج با رنگ زرد – آبی مشخص شده است. بنابراین زوج ۱۶ این کابل در دسته سفید – آبی است و رنگ سیم‌های آن زرد – آبی می‌باشد.

ب) زوج ۳۷ که چون ۳۷ >۲۵ است پس زوج ۳۷ این کابل در دومین دسته ۲۵ زوجی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر این زوج در دسته سفید – نارنجی است. همچنین با کنار گذاشتن ۲۵ زوج دسته اول متوجه می‌شویم در دوازدهمین زوج دسته دوم است (۱۲=۲۵–۳۷). زوج ۳۷ : دسته سفید – نارنجی زوج مشکی – نارنجی.

ج) زوج ۷۲ : بنابر آنچه در مورد قبلی اشاره شد این زوج بیست و دومین زوج از دسته سوم است (۲۲=۵۰–۷۲) و با استفاده از جدول، رنگ سیم‌های آن را می‌توان مشخص کرد. زوج ۷۲: دسته سفید – سبز زوج بنفش – نارنجی.

د) زوج ۹۵ : با همان توضیح زوج ۹۵ این کابل بیستمین زوج از دسته چهارم است (۲۰=۷۵–۹۵). زوج ۹۵ : دسته سفید – قهوه‌ای زوج زرد – خاکستری

تشخیص سیم‌ها در کابل‌های پر زوج (بیش از ۶۰۰ زوج)

در مورد کابل‌های پر زوج (بیش از ۶۰۰ زوج) از دو روش استفاده می‌شود.

روش اول: تشکیل گروه‌های بزرگ ۶۰۰ زوجی

در این روش دور هر ۲۴ دسته ۲۵ زوجی (۶۰۰ زوج سیم)، یک نوار با استفاده از ترکیب

رنگ‌های اصلی پیچیده می‌شود؛ به عبارت دیگر، به دور ۶۰۰ زوج اول کابل یک نوار سفید، دور ۶۰۰ زوج دوم (زوج‌های ۶۰۱ تا ۱۲۰۰) یک نوار قرمز، دور ۶۰۰ زوج سوم (زوج‌های ۱۲۰۱ تا ۱۸۰۰) نوار مشکی و دور ۶۰۰ زوج چهارم (زوج‌های ۱۸۰۱ تا ۲۴۰۰) یک نوار زرد پیچیده می‌شود. بدیهی است در هر یک از دسته‌های بزرگ ۶۰۰ زوجی، ۲۴ دسته ۲۵ زوجی، به ترتیبی که قبلاً ذکر شد، قرار گرفته است. این تقسیم‌بندی بیشتر برای کابل‌هایی استفاده می‌شود که تعداد زوج‌های آن مضرب صحیحی از ۶۰۰ باشد. برای درک بهتر مطلب به ذکر مثال می‌پردازیم.

مثال : رنگ زوج، دسته و گروه اصلی زوج شمارهٔ ۱۵۸۳ را در یک کابل ۱۸۰۰ زوجی مشخص کنید.

این زوج در سومین گروه اصلی این کابل قرار گرفته است و با توجه به مطالب بالا سه گروه اصلی تشکیل‌دهنده این کابل به ترتیب دارای نوارهای سفید، قرمز و مشکی است که زوج مورد نظر ما در گروه اصلی مشکی قرار گرفته است. با توجه به این که ۱۲۰۰ زوج در دو گروه اصلی اول و دوم قرار گرفته‌اند پس زوج مورد نظر سیصد و هشتاد و سومین زوج از گروه اصلی مشکی می‌باشد.

۱۵۸۳ – ۱۲۰۰ = ۳۸۳

حال با استفاده از روشی که قبلاً در مورد کابل‌های ۶۰۰ زوج و کمتر ذکر شد برای پیدا کردن رنگ سیم‌ها و دسته زوج مورد نظر شماره زوج (۳۸۳) را بر عدد ۲۵ تقسیم کرده که خارج‌قسمت آن ۱۵ و باقیمانده این تقسیم عدد ۸ می‌شود. پس این زوج، هشتمین زوج در دسته شانزدهم است (زوج قرمز – سبز در دسته زرد – آبی). بنابراین زوج قرمز – سبز در دسته زرد – آبی در گروه اصلی مشکی زوج شماره ۱۵۸۳ در این کابل می‌باشد.

روش دوم کدگذاری کابل‌های پرزوج : تشکیل دسته‌های بزرگ ۵۰ یا ۱۰۰ زوجی

در این روش هر یک از دسته‌های اصلی با استفاده از دو رنگ (رنگ‌های اصلی و فرعی) مشخص شده‌اند. در داخل این دسته‌ها دو یا چهار گروه ۲۵ زوجی نیز با نوارهای رنگی (با استفاده از رنگ‌های اصلی و فرعی) قابل تشخیص می‌باشند. استفاده از دسته‌های ۵۰ زوجی معمولاً برای کابل‌های ۵۰۰ زوجی صورت می‌گیرد. کابل‌های ۶۰۰ زوجی و بیشتر دارای دسته‌های ۱۰۰ زوجی هستند. بنابراین اگر به آرایش یک کابل ۱۲۰۰ زوجی توجه کنیم درمی‌یابیم این کابل از ۱۲ دسته اصلی ۱۰۰ زوجی تشکیل شده است. هر یک از این دسته‌ها با استفاده از نوارهای رنگی از دیگر دسته‌ها جدا شده است. دسته‌ها به ترتیب با رنگ‌های سفید – آبی، سفید – نارنجی، سفید – سبز، ... و بالاخره مشکی – نارنجی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. در اولین دسته اصلی (سفید– آبی)، چهار گروه ۲۵ زوجی با رنگ‌های سفید – آبی، سفید – نارنجی، سفید– سبز و سفید– قهوه‌ای قرار گرفته است.

در دومین دسته اصلی (سفید – نارنجی) نیز چهار گروه ۲۵ زوجی قرار گرفته است. این گروه‌ها نیز با نوارهای سفید – خاکستری، قرمز – آبی، قرمز– نارنجی و قرمز – سبز مشخص شده‌اند. به این ترتیب رنگ گروه‌های ۲۵ زوجی هر دسته اصلی دنباله آخرین گروه در دسته قبلی می‌باشد. پس از ۶ دسته اصلی (۶۰۰ زوج)، گروه‌های ۲۵ زوجی مجدداً با نوارهای سفید – آبی شروع و این دور مجدداً تکرار می‌شود.

شناسایی زوج‌های کابل‌ها

کابل‌های مورد استفاده از نوع چهار گروهی یا دو گروهی می‌باشند که در نوع اول ۸ زوج و در نوع دوم ۴ زوج قرار گرفته‌اند. گروه‌ها با نوارهای رنگی که به دور هر یک از کوادها به ترتیب زیر تابیده شده، مشخص می‌شود:

- گروه یک با نوار قرمز
- گروه دو با نوار سبز
- گروه سه با نوار سفید
- گروه چهار با نوار زرد

هر یک از سیم‌های داخل گروه‌ها نیز با نوارهای رنگی مشخص شده‌اند.

- زوج ۱ سیم‌های زرد و قرمز
- زوج ۲ سیم‌های آبی و سبز

حال که با روش شناسایی کوادها و هادی‌های کابل آشنا شدیم به تشریح لایه‌های یک کابل ۸ زوج می‌پردازیم که برای سیستم‌های ۱۲ و ۲۴ کاناله کاربر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هادی‌های این کابل را سیم مسی با قطر ۱/۲ میلیمتر تشکیل می‌دهد. هر یک از این‌هادی‌ها را یک لایه نخ کاغذی و دو لایه نوار کاغذی در بر می‌گیرد. نوارهای کاغذی به صورت مارپیچ و خلاف جهت یکدیگر به دور سیم‌ها پیچیده شده‌اند و بر روی آنها خال‌های رنگین چاپ شده است که هادی‌های هر زوج را مشخص می‌کند.

مقاومت یک کیلومتر هر یک از زوج‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد حداکثر ۳۱/۸ اهم است. با توجه به فرکانس کاربر که توسط این زوج‌ها انتقال می‌یابد ظرفیت خازنی متقابل در این کابل حداکثر ۲۹ نانوفاراد در کیلومتر است (ظرفیت خازنی متقابل کابل‌های پلاستیکی ۵۲ نانوفاراد در کیلومتر و کابل‌های کاغذی قدیمی اغلب ۴۰ نانوفاراد در کیلومتر می‌باشد).

همچنین امپدانس مشخصه این کابل‌ها در فرکانس ۶۰ و ۱۲۰ کیلوهرتز به ترتیب (۱۴ j– ۱۷۳) و (۱۹j– ۱۷۰/۵) اهم می‌باشد.

پوشش خارجی این کابل به ترتیب از داخل به خارج عبارتند از:

- سرب با ضخامت ۱/۵ میلیمتر
- آرمه (شامل نوار فولادی با ضخامت ۱/۲ میلیمتر)
- پلی‌اتیلن با ضخامت ۱/۲ میلیمتر
- نوارهای کاغذی قیراندود

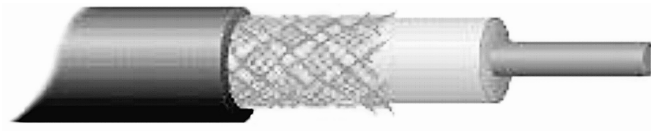
کابل‌های مورد استفاده در مراکز تلفن داخلی

این کابل‌ها که فقط به صورت زوجی (دو سیمه) می‌باشند، حداقل ۲ زوجی و حداکثر ۵۰ زوجی هستند. برای مشخص کردن خط b به ترتیب از همان ۵ رنگ آبی، زرد، سبز، قهوه‌ای و مشکی استفاده شده است و سیم a دارای رنگ ثابت سفید می‌باشد. در این کابل‌ها که زوج‌ها به صورت لایه‌ای آرایش یافته‌اند، شمارش از لایه خارجی آغاز می‌شود و سیم a اولین زوج در هر لایه با رنگ قرمز از بقیه سیم‌ها قابل تشخیص می‌باشد.

شروع شمارش در هر لایه با سیم a که رنگ قرمز دارد و سیم b که دنباله شمارش های قبلی را دارا می‌باشد، مشخص می‌گردد. به این ترتیب آخرین زوج این نوع کابل‌ها که در مغز قرار می‌گیرد با رنگ قرمز و مشکی از بقیه زوج‌ها قابل تمیز می‌باشد.

کابل‌های کواکسیال (هم محور)

باتوجه به محدودیت هایی که در زمینه برقراری ارتباط با سیم هوایی وجود داشت، در بسیاری از نواحی کابل کواکسیال جایگزین آن شد. با افزایش فرکانس جریان متناوب، جریان به طرف سطح خارجی‌هادی کشانده می‌شود که سطح مقطع دایره ای شکل دارد. بدین معنی که قسمت مرکزی هادی جریانی را حمل نکرده است و می‌تواند حذف شود. در این صورت از فضای خالی مرکزی می‌توان برای نصب‌هادی دومی که ازهادی خارجی عایق شده باشد، استفاده کرد. به این نوع کابل کواکسیال (هم محور) می‌گویند. دو هادی را می‌توان توسط یک عایق جامد، در تمام طول کابل یا به وسیله‌ی فاصله گذاری‌های عایق (صفحه‌ی مدور) که در فواصل معینی به عنوان محافظ هادی مرکزی نصب می‌شوند از هم جدا کرد. دراین صورت عایق اصلی، هوای بین دو هادی است .

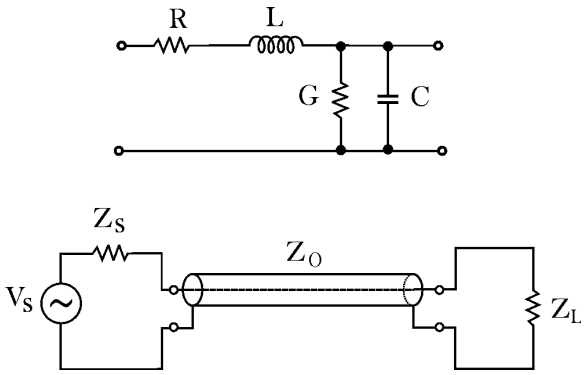


۳-۳ شمایی از کابل کواسیال

کابل کواکسیال در درکانال‌هایی به عمق ۱۲۰حدود سانتیمتری زمین قرار می‌گیرد. کابل فوق نسبت به سیم هوایی دارای ظرفیت بالاتری بوده و ضریب اطمینان سیستم را بالا می برد، اما به دلیل بالا بودن هزینه نگهداری آن و تضعیف زیاد در فواصل طولانی و نصب تقویت کننده‌هایی در فواصل مشخص (برای رفع تضعیف پدید آمده در کابل)، فیبر نوری به عنوان جایگزین مناسب برای آن مطرح شده است.

در طراحی کابل کواکسیال، گزینه‌هایی مانند اندازه فیزیکی، عملکرد فرکانسی، تضعیف، قابلیت انتقال توان، انعطاف‌پذیری، مقاومت و همچنین قیمت در نظر گرفته می‌شوند. هادی داخلی می‌تواند به دو صورت یکپارچه و یا رشته‌ای باشد. نوع رشته‌ای از انعطاف پذیری بیشتری برخوردار است. برای رسیدن به عملکرد بهتر در فرکانس‌های بالا، هادی داخلی را می‌توان با روکش نقره‌ای ساخت و گاهی نیز از سیم آهنی با روکش مس استفاده می‌شود. عایق احاطه کننده هادی داخلی می‌تواند از پلاستیک سخت، فوم و یا فاصله هوایی به همراه نگهدارنده‌هایی برای سیم داخلی باشد. خواص ماده دی‌الکتریک، برخی ویژگی‌های الکتریکی کابل را کنترل می‌کند. یک انتخاب معمول در این زمینه، عایق پلی اتیلن جامد است که در کابل‌های با تلفات پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفلن جامد نیز گاهی به عنوان عایق به کار برده می‌شود. در بعضی از کابل‌های کواکسیال نیز از هوا (یا دیگر گازها) استفاده شده و سپس همانطور که اشاره شد به وسیله نگهدارنده‌هایی از برخورد هادی داخلی به هادی شیلد جلوگیری می‌شود.

بعضی از کابلهای کواکسیال دارای سیم مسی بافته شده ای هستند که به شکل شیلد در آمده است. این ویژگی، امکان انعطاف پذیری بیشتری را به کابل می‌دهد اما از طرفی دارای شکاف‌هایی در لایه شیلد بوده و اندازه داخلی شیلد کمی متغیر است. زیرا این لایه مس بافته شده، نمی‌تواند کاملاً مسطح باشد. گاهی اوقات این لایه بافته شده، از مس پوشیده می‌شود. برخی از کابل‌های به منظور عملکرد بهتر شیلد، دارای دو لایه شیلد هستند. شیلد می‌تواند تنها از دو لایه بافته شده تشکیل شده باشد اما امروزه استفاده از یک فویل نازک پوشیده شده با یک لایه بافت، معمول‌تر است. در برخی از کابل‌ها ممکن است از بیشتر از دو لایه شیلد استفاده شود. دیگر انواع طراحی شیلد، انعطاف پذیری را فدای عملکرد بهتر می‌کنند. برخی شیلدهای به شکل لوله ای فلزی هستند و کابل‌هایی که از این نوع شیلد در آن‌ها استفاده شده، نمی‌توانند خمیدگی‌های تیز را بپذیرند، زیرا این باعث تاب خوردگی شیلد و ایجاد تلفات در کابل خواهد شد. در بسیاری از سیستم‌های توزیع تلویزیون کابلی، از چنین کابل‌هایی استفاده شده که تلفات سیگنال کمتری دارند. کابل کواکسیال یک نوع خاص از خطوط انتقال است. لذا داشتن مدل‌های مداری گسترده برای خطوط انتقال ضروری است. در ادامه دو مدل خازنی و سلفی مشاهده می‌شود:



شکل ۳-٤ مدل خازنی و سلفی

$$C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(D/d)} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\ln(D/d)}$$

فرمول ۳-۱ ظرفیت موازی واحد طول

C: ظرفیت موازی واحد طول (فاراد بر متر)

d : قطر خارجی هادی داخلی

D: قطر داخلی شیلد

ε : ثابت دی‌الکتریک عایق

ε : نفوذ پذیری مغناطیسی عایق

اندوکتانس سری واحد طول (هانری بر متر)

$$L = \frac{\mu}{2\pi}\ln(D/d) = \frac{\mu_0\mu_r}{2\pi}\ln(D/d)$$

فرمول ۳-۲ اندوکتانس

مقاومت سری واحد طول (اهم بر متر): مقاومت واحد طول، تنها مقاومت‌هادی داخلی و شیلد در فرکانس‌های پایین بوده و در فرکانس‌های بالاتر، اثر پوستی با محدودکردن هدایت به یک لایه نازک از هر هادی، مقاومت موثر را افزایش می‌دهد.

هدایت (کندوکتانس) موازی واحد طول (مهو بر متر): هدایت موازی به این دلیل

که عایق‌های مورد استفاده از ویژگی‌های دی‌الکتریک خوبی برخوردارند، بسیار کوچک است.
مقاومت ذاتی با واحد اهم: صرف نظر از مقاومت و هدایت واحد طول برای اکثر کابل‌های کواکسیال، مقاومت ذاتی از روی کاپاسیتانس و اندوکتانس واحد طول تعیین می‌شود. عبارت ساده شده به این صورت می‌باشد:

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

فرمول ۳-۳ مقاومت ذاتی (ساده شده)

این پارامترها از نسبت میان شعاع‌های داخلی d و خارجی D و ثابت دی‌الکتریک بدست آمده اند. مقاومت ذاتی از رابطه زیر به دست می آید:

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}\ln\frac{D}{d} \approx \frac{138\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}}\log_{10}\frac{D}{d}$$

فرمول ۳-٤ مقاومت ذاتی

تضعیف (تلفات) در واحد طول (دسیبل بر متر): این پارامتر به تلفات ماده دی‌الکتریک داخل کابل و تلفات مقاومتی‌هادی داخلی وهادی شیلد بستگی دارد. این تلفات به فرکانس وابسته بوده و با افزایش فرکانس، بالاتر می‌رود. تلفات اثر پوستی درهادی‌ها را می‌توان با افزایش شعاع کابل کاهش داد. یک کابل با شعاع دو برابر، دارای مقاومت اثر پوستی نصف خواهد بود. سرعت انتشار (متر بر ثانیه)، به ثابت دی‌الکتریک و ضریب نفوذپذیری (که معمولاً برابر با ۱ است) بستگی دارد.

زوجهای کابل کواکسیال

یک کابل کواکسیال از چند زوج کواکسیال و چندین کواد تشکیل شده است که مجموع تعداد زوج‌های کواکسیال و زوج‌های قرینه بیانگر تعداد زوج کابل می‌باشد. به عبارت دیگر یک کابل کواکسیال که دارای ۴ زوج کواکسیال و ۱۶ کواد است یک کابل ۳۶ زوجی محسوب می‌گردد. معمولاً در مشخصات یک کابل کواکسیال عددی به صورت کسری به چشم می‌خورد که این کسر

نشان‌دهنده قطرهادی داخلی و قطر داخلی هادی خارجی می‌باشد. مثلاً در زوج کواکسیال $\frac{۱/۲}{۴/۴}$ عدد ۱/۲ نشان‌دهنده قطرهادی داخلی و ۴/۴ بیانگر قطر داخلی‌هادی خارجی این زوج بر حسب میلیمتر می‌باشد. در حال حاضر در پروژه کابل کواکسیال تهران – قم (پروژه مشترک شرکت مخابرات و راه‌آهن) از زوج‌های کواکسیال $\frac{۱/۲}{۴/۴}$ استفاده شده است.که در این بخش، اطلاعاتی در این زمینه ارائه می‌گردد.

این کابل شامل ۴ زوج $\frac{۱/۲}{۴/۴}$ کواکسیال میلیمتر، ۶ کواد ستاره‌ای مسی با قطر ۱/۲ میلیمتر و ۱۰ کواد ستاره‌ای ۰/۹ میلیمتر و ۲ خط پیلوت و ۱/۲ میلیمتر مس می‌باشد. زوج‌های کواکسیال برای فرکانس کاریر مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه از سیستم کاریر استفاده شود امکان انتقال ۳۶۰۰۰ کانال تلفنی وجود دارد. از این سیستم برای انتقال دو کانال تلویزیونی یا یک کانال تلویزیونی و ۱۸۰۰ کانال تلفنی نیز می‌توان استفاده کرد. کوادهای ستاره‌ای با قطر ۱/۲ میلیمتر برای انتقال فرکانس‌های کاریر یا صوتی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. کوادهای ۰/۹ میلیمتر در شرایطی می‌توانند برای مکالمات راه دور مورد استفاده واقع شوند. دو سیم ۱/۲ با ایزوله کاغذی به دور مغز کابل پیچیده شده است که برای انجام آزمایشات مقاومت و عیب‌یابی ضروری می‌باشند.

کمیته بین‌المللی مشورتی در زمینه مخابرات و تلگراف در توصیه G۶۲۲ ابعاد زیر را برای زوج‌های کواکسیال مورد استفاده برای انتقال فرکانس‌های کاریر ارائه می‌دهد:

- قطرهادی داخلی زوج کواکسیال ۱/۲ میلیمتر
- قطر درونی‌هادی خارجی زوج کواکسیال ۴/۴ میلیمتر

هادی استوانه‌ای شکل خارجی با استفاده از نوارهای مس با ضخامت ۰/۱۸ میلیمتر به دست می‌آید. ماده عایقی میان هادی‌های داخلی و خارجی را صفحات (دیسک‌های) پلی‌اتیلن تشکیل می‌دهد. دو لایه نوار فولادی، هادی خارجی را در بر می‌گیرند. این لایه‌ها علاوه بر بالا بردن مقاومت مکانیکی زوج، موجب کاهش تداخل مکالمه در فرکانس‌های کم نیز می‌شوند.

یک لایه فویل پلاستیکی با اورلپ زیاد بر روی نوارهای فولادی پیچیده شده است. قطر خارجی یک زوج کواکسیال به این ترتیب برابر ۶ میلیمتر است.

کوادهای ستاره‌ای ۰/۹ میلیمتر

هر یک از کوادها شامل ۴ سیم مس با قطر ۰/۹ میلیمتر است که این سیم‌ها دارای عایق فوم– اسکین پلی‌اتیلن می‌باشد. قطر هر یک از هادی‌ها با این پوشش ۱/۶ میلیمتر و هر یک از کوادها ۳/۶ میلیمتر است. به دور هر یک از کوادها نوار پلاستیکی رنگی پیچیده شده است.کواد

شروع با نوار قرمز و کواد خاتمه با نوار سبز رنگ مشخص شده است.
رنگ‌بندی سیم‌های هر یک از این کوادها به صورت زیر می‌باشد:

جدول۳-۲ رنگبندی کوادها

زوج اول ۱	سیم	a	زرد
	سیم	b	قرمز
زوج دوم ۱	سیم	a	سبز
	سیم	b	آبی

کوادهای ستاره‌ای ۱/۲ میلیمتر

این کوادها نیز شامل ۴ سیم مسی با قطر ۱/۲ میلیمتر و با عایق فرم – اسکین پلی‌اتیلن می‌باشد. قطر هر یک از سیم‌ها و هر یک از کوادها به ترتیب ۲ میلیمتر و ۴/۶ میلیمتر می‌باشد. به دور این کوادها نیز نوارهای رنگی پیچیده شده است. رنگ‌آمیزی کوادها و سیم‌ها مشابه رنگ‌آمیزی کوادهای ۰/۹ میلیمتر می‌باشد.

مغز کابل

مغز کابل شامل کلیه کوادها، زوج‌های کواکسیال، فیلرها و نوار دور آن می‌باشد. کابل‌های ارتباط اغلب دارای آرایش لایه‌ای می‌باشند که لایه‌ها حول محور کابل تشکیل دوایر متحدالمرکزی را داده‌اند. تعداد سیم‌ها و طول تاب در هر لایه با لایه‌های مجاور تفاوت دارد. پیچش هر یک از لایه‌ها به منظور جلوگیری از القاء میان لایه‌های مختلف ضروری است. علاوه بر این پیچش لایه‌ها موجب انعطاف‌پذیری کابل می‌شود. در غیر این صورت کابل به صورت یک استوانه جامد و سخت درمی‌آید. نواری که به دور هر یک از لایه‌ها پیچیده می‌شود از تداخل سیم‌های لایه‌های مختلف جلوگیری کرده و در مرحله کشیدن غلاف کابل (در کارخانه) به عنوان یک سپر حرارتی نیز محسوب می‌گردد. علاوه بر این موجب افزایش قدرت دی‌الکتریک هادی نیز می‌شود. جنس نوار به نوع کابل بستگی دارد. به عنوان مثال، کابل‌های با ایزوله پلی‌اتیلن دارای نوارهایی از جنس پلی‌اتیلن می‌باشند. کابل‌های با شیلد آلومینیومی دارای نوارهای نسبتاً ضخیم می‌باشند (لایه‌های ایزوله حرارتی).

ساختمان مغز کابل

ساختمان کابل‌های اصلی ۳۶ زوجی به صورت زیر می‌باشد:

- لایه اول : ۲ کواد ستاره‌ای ۰/۹ میلیمتر، ۲ فیلر پلی‌اتیلن به اضافه یک نوار پلاستیکی
- لایه دوم : ۸ کواد ستاره‌ای ۰/۹ میلیمتر و یک نوار پلاستیکی به دور آن
- لایه سوم : ۴ زوج کواکسیال، ۶ کواد ستاره‌ای ۱/۲ میلیمتر، ۲ فیلر پلی‌اتیلن و ۲ سیم پیلوت

یک نوار کاغذی که بر روی آن نام کارخانه سازنده، سال ساخت، تعداد زوج کابل و متراژ کابل چاپ شده است به دور لایه آخر پیچیده شده است.

غلاف کابل

غلاف کابل از انتقال فشارهای مکانیکی وارد بر کابل به‌هادی‌ها جلوگیری کرده و کابل را از نفوذ رطوبت و جریان‌های الکتریکی محافظت می‌کند.ضریب کاهش شیلد آلومینیومی بسیار خوب است. با نوار فولادی استفاده شده ضریب کاهش در فرکانس ۵۰ هرتز به ۰/۱ می‌رسد. هنگامی که آلومینیوم بر روی غلاف کابل پرس می‌شود دمای آن به ۳۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. استفاده از نوارهای دور مغز کابل به عنوان سپر حرارتی به این ترتیب بسیار ضروری است. در کابل‌های اصلی پروژه مشترک راه‌آهن و مخابرات ضخامت شیلد آلومینیومی به ۲ میلیمتر می‌رسد.کابل‌های آرمه‌دار غالبا دارای لایه محافظ داخلی – خارجی می‌باشند. لایه داخلی به عنوان یک تکیه‌گاه هنگام آرمه‌پیچی کابل از آسیب رسیدن به قسمت داخلی کابل جلوگیری می‌کند.لایه خارجی آرمه از تاثیر شیمیایی مواد موجود در حک بر آرمه جلوگیری می‌کند. در این کابل این لایه‌ها به ترتیب ترکیب قیر معدنی با ضخامت ۰/۳ میلیمتر و پوشش پلی‌اتیلن با ضخامت ۱/۲ میلیمتر می‌باشد.

آرمه

آرمه کابل، سیم‌ها را از فشارهای مکانیکی محافظت کرده و موجب کاهش القاء الکتریکی نیز می‌شود.

لوازم و تجهیزات کابل‌کشی خاکی

الف) لوازم ایمنی

لوازم ایمنی شامل دستکش کار، عینک، نرده، چراغ چشمک‌زن، مخروطی ورقه پل، تابلوی اخطار و غیره می‌باشند. در صورت استفاده از این لوازم می‌توان از بسیاری از حوادث ناگوار جلوگیری به عمل آورد.

ب) لوازم مورد نیاز جهت کابل‌کشی

این لوازم عبارتند از:

از لوازم مورد نیاز کابل‌کشی می‌توان به کمپرسور، دژبر، جک و میل، بیل و کلنگ، دیلم، تیشه، فرغون، قرقره کابل، لوله گالوانیزه، پست، سرکابل، جعبه ابزار، گچ، نوار اخطار، دریل و مته، گیوتین، پمپ آب و کمپکتور اشاره کرد.

قبل از شروع حفاری سرپرست منطقه با دقت طرح مورد نظر را مطالعه نموده، مشکلات و مسائلی که در طرح عنوان نشده است را به اطلاع مسئولین امر گذاشته تا بر رفع آن بکوشند. نقشه باید عاری از هر گونه ابهام باشد طوری که سرپرست اکیپ به راحتی قادر به انجام عملیات گردد. بنابراین مطالعه و در نظر گرفتن موقعیت مکانی محل اجرای طرح می‌تواند کمک موثری در اجرای کار باشد، زیرا بر اساس همین مطالعات و بررسی‌ها، وسایل و ابزار آلات مورد نیاز مشخص می‌شوند.

دومین مساله هماهنگ کردن عملیات حفاری با سایر ارگان‌ها از قبیل سازمان برق، سازمان آب، شرکت گاز، شهرداری، راه و ترابری و غیره می‌باشد. این امر به منظور آگاهی از تأسیسات زیرزمینی و جلوگیری از وارد آمدن خسارت به این تاسیسات می‌باشد. در این گونه موارد است که ضرورت استقرار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بیش از پیش نمایان می‌گردد.

اجرای عملیات

مراحل اجرای عملیات به شرح زیر است:

۱- تهیه لوازم و تجهیزات مورد نیاز گروه که بر اساس مسافت حفاری و موقعیت جغرافیایی توسط سرپرست اکیپ معین می‌شود.

۲- تهیه و برش کابل بر اساس نیاز مطابق نقشه،کابل‌هایی که از پست به طرف مفصل هدایت می‌شوند بعد از تعیین دقیق محل در انبار بریده می‌شوند.

نکته مهم: صحیح باز کردن کابل از قرقره و بعد از بریدن حتماً باید سر کابل بر روی قسمت بریده شده زده شود.

۳- حمل به محل اجرا،

در صورت استفاده از نصف طول یک قرقره، قرقره کابل باید به محل آورده شود.

۴- خط‌کشی و تعیین فاصله،

محل مورد نظر باید به طور صحیح بر مبنای طرح خط کشی شده و فواصل کنده‌کاری برای هر فرد معین گردد. قبل از شروع عملیات حفاری توجیه کارگران برای جلوگیری از صدمه به تاسیسات خدماتی دیگر ضروری می‌باشد.

۵- عمق و عرض حفاری خاکی در پیاده‌رو،

عمق حفاری در پیاده‌رو از سطح زمین ۸۰ سانتیمتر می‌باشد. این عمق بر مبنای سطحی از زمین که در آینده مورد خاک‌برداری یا خاک‌ریزی مجدد نباشد تعیین می‌شود.

عرض حفاری خاکی هر چه کمتر باشد فشار وارد بر کابل و هزینه خاک‌برداری کمتر می‌شود. با توجه به این دو مسئله عرض حفاری ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

۶- عمق و عرض حفاری خاکی در سواره‌رو،

عمق حفاری از سطح زمین در سواره‌رو ۱۲۰ سانتیمتر و عرض آن ۳۰ سانتیمتر می‌باشد.

چنانچه در طول مسیر حفاری نتوان به عمق استاندارد رسید، می‌توان از وسایلی که اصطلاحاً به آن حفاظ مکانیکی می‌گویند استفاده کرد. این حفاظها می‌توانند بر حسب موقعیت جغرافیایی کابل انتخاب شوند. از متداول‌ترین این حفاظها می‌توان آجر، بلوک سیمانی، لوله پی وی سی و لوله گالوانیزه را نام برد.

۷- فاصله کانال خاکی از دیوار و جدول،

فاصله کانال خاکی در پیاده‌رو از دیوار ۶۰ سانتیمتر و در سواره‌رو از جدول ۵۰ سانتیمتر تعیین شده است.

۸- زیرسازی – روسازی،

بعد از حفر کانال و رسیدن به عمق مطلوب، ۵۰ سانتیمتر ماسه بادی یا خاک سرند شده در کف کانال ریخته و به وسیله کوبنده دستی کاملاً فشرده می‌شود، سپس کابل بر روی این قشر قرار گرفته و ۱۵ سانتیمتر ماسه یا خاک سرند شده بر روی کابل ریخته می‌شود. در حین اجرای عملیات ممکن است قطعات درشت سنگ از کناره کانال به داخل بریزد که حتماً باید از این امر جلوگیری به عمل آید.هنگام خوابانیدن کابل بر اثر اصطکاک شدید پوسته‌ی خارجی کابل با سطح زمین، کابل زخمی می‌شود و از عمر مفید آن کاسته می‌گردد. برای جلوگیری از این مسئله می‌توان با باز کردن صحیح کابل از روی قرقره و استفاده از قرقره‌های کوچک و رولر در داخل کانال از زخمی شدن پوسته کابل جلوگیری به عمل آورد. در صورتی که مسیر حفاری طولانی باشد باید از وسایلی مانند وینچ و یونیماک استفاده نمود. در مسیرهای کوتاه باید از اصطکاک کابل با زمین جلوگیری به عمل آید. به این منظور کابل به آهستگی در کانال قرار می‌گیرد. بعد از نصب کابل حتماً باید سره‌های کابل به دو انتهای کابل زده شود و نیز محل مفصل‌ها نیز مشخص گردند. زدن سره کابل حائز اهمیت است چرا که ممکن است در فاصله زمانی بین نصب و مفصل‌بندی، کابل رطوبت گرفته و مقاومت عایقی آن پایین آید که تأثیر نامطلوبی در کیفیت مکالمه می‌گذارد.

۹- خوابانیدن کابل،

در این مرحله با استفاده از قرقره‌های لب کانال و کف کانال، کابل بدون صدمه در کانال قرار می‌گیرد. هنگامی که از جک و میل استفاده می‌شود، قرقره کابل باید طوری در کنار مسیر حفاری قرار گیرد که چرخش کابل در جهت خوابانیدن کابل باشد تا به سهولت کابل در مسیر حفر شده هدایت شود. شعاع خمش کابل‌های خاکی نباید کمتر از ۱۰ برابر قطر کابل باشد. با توجه به مطالب پیش گفته شده، بعد از نصب کابل ۱۵ سانتیمتر ماسه بادی یا خاک سرند شده به صورت فشرده باید بر روی کابل ریخته شود.

۱۰- نوار اخطار،

نوار اخطار به منظور اخطار و جلوگیری از صدمه و زخمی شدن کابل، در حفاری‌های مجدد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوار به رنگ زرد می‌باشد و بر روی آن جمله اخطار نوشته شده است. این نوار در تمام طول کابل بر روی ۱۵ سانتیمتر خاک نرم قرار داده می‌شود. استفاده از آجرهای مربع‌شکل بر روی ۱۵ سانتیمتر ماسه بادی در تمام طول کابل، عمر کابل را افزایش می‌دهد.

۱۱-خاک‌ریزی و پر کردن کانال،

بعد از قرار دادن نوار اخطار، خاک‌های حاصل از حفاری به صورت لایه به لایه در کانال ریخته می‌شود. باید توجه داشت که نخاله‌های درشت‌تر از ۱۰ سانتیمتر در کانال ریخته نشود. ضمناً بعد از ریختن یک لایه خاک به عمق تقریبی ۱۵ سانتیمتر توسط کمپکتور فشرده خواهد شد تا از نشست بعدی کانال جلوگیری به عمل آید.

۱۲- حمل و پاک‌سازی محل کار،

بعد از اتمام کار در پایان همان روز، مواد زائد حاصل از حفاری باید پاک‌سازی شود.

فیبر نوری

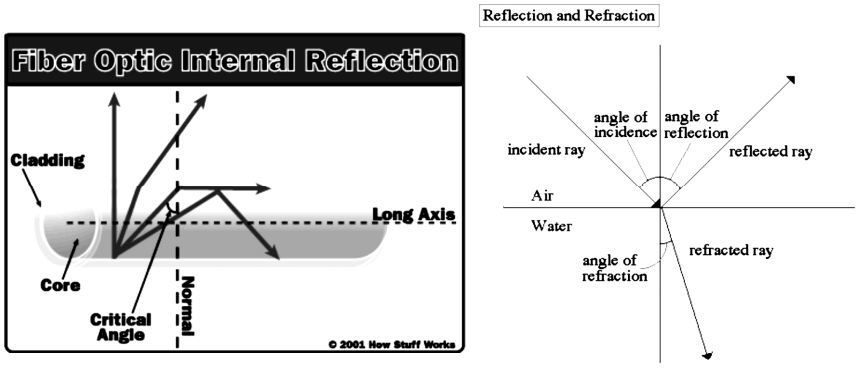
استفاده از نور به عنوان وسیله‌ای برای ارتباط، پدیده جدیدی نیست. بشر اولیه از نور برای ارسال پیام استفاده می‌کرد و با فرستادن علائم به صورت دود که خود نوعی ارتباط نوری بود مقاصد خاصی را به دیگران ابراز می‌نمود. تا مدتها دود تنها وسیله ارتباطی میان افراد قبایل دور از هم بشمار می‌رفت. بشر پس از مدتی دریافت که از نور می‌توان برای فرستادن پیام و رمز از طربق فانوسهای دریایی نیز بهره بگیرد. تجربیات اولیه و ا بتدایی بشر در قرون بعد به صورت پیشرفته‌تری بکار گرفته شد.

برای برقراری ارتباط و انتقال پیام وجود فرستنده و گیرنده و محیط انتشار ضروری است. در سیستمهای مخابراتی کابل به عنوان یکی از محیطهای انتشار و انتقال اطلاعات از فرستنده به

گیرنده بکار می‌رود. بشر از مدتها پیش فکر استفاده از کابلهای دیگر به جای کابل فلزی را در سر می‌پروراند و برای جایگزینی سیستم کم هزینه اما دارای کیفیت بهتر و کاربرد بیشتر "شیشه و نور" را برای ارسال اطلاعات، راه حل منطقی و مناسبی یافت و در نهایت الیاف نوری را مناسب‌تر از کابلهای فلزی تشخیص داد.

انتشار نور در فیبر نوری

برای بازتاب نور در هسته فیبر نوری باید زاویه برخورد پرتوهای نور با فصل مشترک دو محیط (با ضریب شکست‌های متفاوت) بیش از زاویه حد(زاویه بحرانی) باشد.

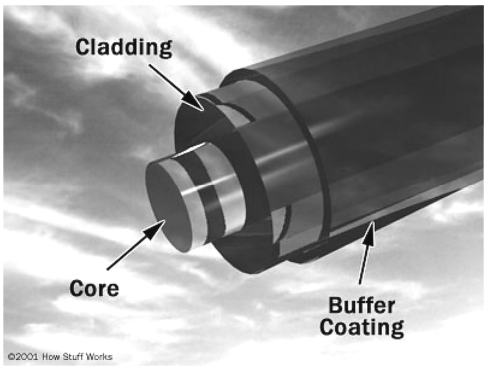


۳-۵ بازتاب و شکست در فیبر نوری

تار نوری

هر تار نوری از سه قسمت زیرتشکیل شده است:

- هسته (Core)
- غلاف (Cladding)
- پوشش (Coating)



۳-۶ قسمتهای تار نوری

انواع تار نوری

بسته به تعداد مُدهای الکترومغناطیسی قابل حمل توسط تار، تار نوری به دو صورت تک‌مُدی و چندمُدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، بسته به نحوهٔ تغییرات ضریب دی‌الکتریک موجبر، دو نوع دیگر تار قابل تشخیص است. در نوع اول (تار پله‌ای)، ضریب شکست در مقطع هستهٔ تار ثابت است ولی در نوع دوم (تار تدریجی)، ضریب شکست از مقدار ماکزیمم خود در مرکز تار، به صورت تدریجی، تا بدنهٔ تار کاهش می‌یابد. تار تک‌مُدی به صورت پله‌ای و تار چندمُدی به دو صورت پله‌ای و تدریجی استفاده می‌شود. بنابراین سه نوع تار نوری داریم؛ تک‌مُدی، چندمُدی تدریجی و چند مُدی پله‌ای؛ نوع اول دارای بیشترین نرخ انتقال اطلاعات و کمترین تضعیف و نوع سوم دارای کمترین نرخ انتقال اطلاعات و بیشترین تضعیف است. تارهای نوری همچنین بسته به مصارف مختلفی که دارند، در اندازه‌ها و با مشخصات متفاوت ساخته می‌شوند؛ طبعاً مشخصات فیزیکی کابل نوری از لحاظ پوشش و محافظ برای کاربردهای کانالی، خاکی، هوایی و دریایی متفاوت خواهد بود.

تلفات تار نوری

به صورت تئوری فرض می‌شود که تار نوری دارای تضعیف صفر و پهنای باند بی‌نهایت است؛ ولی در عمل به دلیل محدودیت‌های فیزیکی، پهنای باند تار محدود و تلفات آن غیر صفر است. تلفات در تار نوری از سه منبع ناشی می‌شود.

- نوع اول تضعیف‌ها در اثر ناخالصی‌های موجود در تار است که باعث اتلاف انرژی می‌شود (تلفات جذب).
- نوع دوم ناشی از غیرهمگن بودن چگالی شیشه در طول تار است که باعث پراکندگی نور و تضعیف آن در طول تار می‌شود (تلفات پراکندگی).
- نوع سوم ناشی از خمش تار یا غیر یکنواختی شعاع تار است که منجر به خروج شعاع نوری از تار می‌شود (تلفات هندسی).

غیر از تلفات، عامل دیگر محدودکنندهٔ عملکرد بهینهٔ تار، پاشندگی است. پاشندگی به زبان ساده عبارت است از پهن‌شدن پالس نوری در اثر انتشار در طول تار. پاشندگی باعث کاهش پهنای باند تار نوری می‌شود. عوامل پاشندگی در تار نوری بسیار متنوع هستند:

- پاشندگی مُدی در تارهای چندمُدی به علت اختلاف در زمان رسیدن مدهای مختلف به انتهای تار رخ می‌دهد.

- پاشندگی ماده‌ای ناشی از اختلاف سرعت بین طول موج‌های مختلف (رنگ‌های مختلف) موجود در نور در اثر عبور از تار نوری است.
- پاشندگی موجبر در تارهای تک‌مُدی که ناشی از اختلاف جزئی بین ضریب‌های دی‌الکتریک هسته و پوستهٔ تار نوری است باعث انتشار نور در دو مسیر هسته و پوسته با سرعت‌های متفاوت می‌شود.
- پاشندگی رنگی در واقع مجموع دو پاشندگی موجبر و ماده است. این پاشندگی به طول موج منبع نوری وابسته است.
- پاشندگی مد پلاریزه، که در ساده‌ترین حالت ناشی از دایرهٔ کامل نبودن مقطع تار است، به دلیل اختلاف بین سرعت انتشار دو مد پلاریزه رخ می‌دهد. این پاشندگی در سرعت‌های بالای ۱۰ گیگابیت بر ثانیه رخ می‌دهد و در سرعت‌های پایین مسألهٔ جدی محسوب نمی‌شود.

انواع کابل فیبر نوری

کابلهای نوری در انواع واندازه‌های مختلف متناسب با نوع کاربرد و نیاز متقاضیان تولید می‌شود. فیبر استفاده شده درکابلهای نوری، یکی ازانواع زیرمی‌باشد

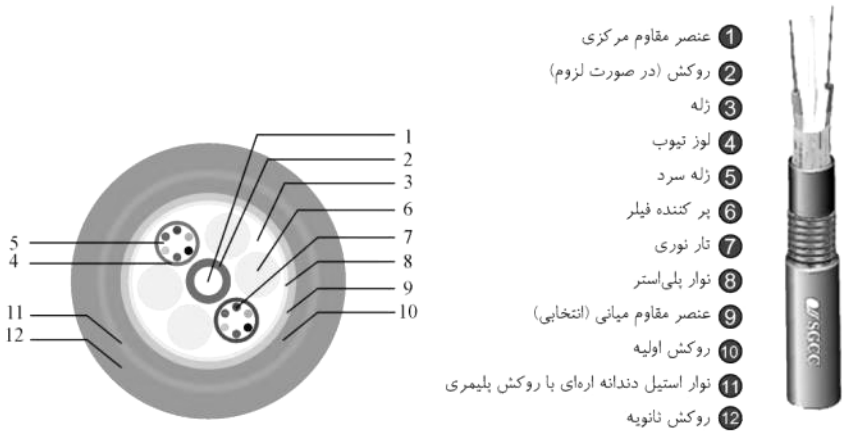
Single Mode (SM-ITU-T G 652 B or D)
Non Zero Dispersion Shifted (NZDSF-ITU-T G 655)
Multi Mode 50/125
Multi Mode 62.5/125 (ITU-T G 651)

کد کابل

کد کابل به صورت XXXX– NYxZ بیان می‌شود که در آن N شناسه، XXXX معرف نوع کابل، Y تعداد تیوب و Z تعداد فیبردر هر تیوب می‌باشد. به عنوان مثال : کابل OBFC- N۲x۶ کابل نوری ژله فیلدخاکی با ۲ تیوب و هرتیوب شامل ۶ فیبر می‌باشد که نشان می‌دهد این کابل ۱۲ فیبر دارد. در ادامه این فصل مشخصات چند نمونه کابل نوری را ملاحظه خواهید نمود.

کابل نوری ژله فیلد خاکی [1] (OBFC)

این نوع کابل عموماً در شبکه‌های زیر ساخت و بین شهری در مسافت‌های طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مستقیماً داخل خاک دفن می‌گردد. این کابل دارای یک محافظ نوار استیل دندانه اره‌ای با روکش پلیمری (کروگیت) می‌باشد.



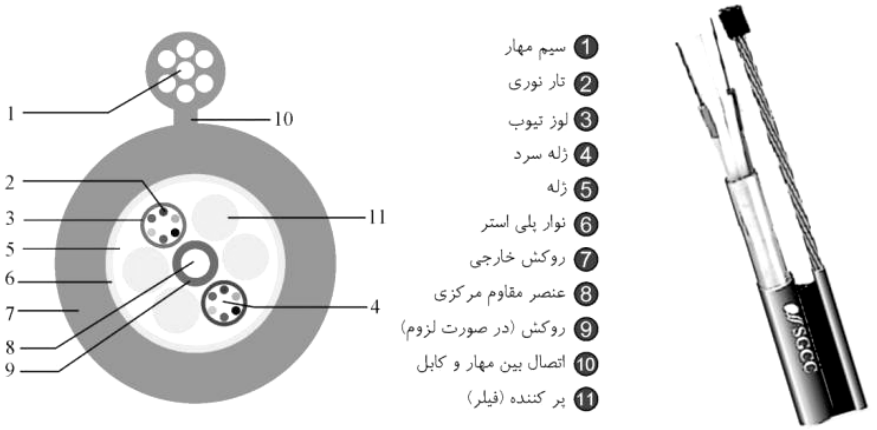
پارامتر		N1×4	N2×4	N2×6	N4×6	N8×6	N12×6
تعداد تیوپ		۱	۲	۲	۴	۸	۱۲
تعداد فیلر		۵	۴	۴	۲	۰	۰
تعداد تار نوری		۴	۸	۱۲	۲۴	۴۸	۷۲
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳	۴
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
	با عنصر کشش میانی	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۸	۲۱
وزن (kg/km)		۲۵۰	۲۵۲	۲۵۲	۲۶۵	۳۲۵	۴۴۵

شکل ۳-۷ کابل نوری ژله فیلد خاکی

1- OPTICAL BURIED FILLED CABLE

کابل نوری مهار دار هوایی [1] (OSSC)

این نوع کابل عموماً در مناطق روستایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیم مهار بکار رفته شامل ۷ رشته فولاد گالوانیزه می‌باشد که به هم تابیده شده و به صورت موازی با هسته کابل قرار می‌گیـرد و بنابراین سطح مقطع این کابل به شکل ۸ لاتین می‌باشد.



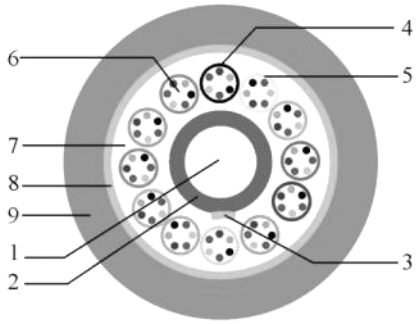
پارامتر	N1×4	N2×4	N4×4	N1×6	N2×6	N 4×6
تعداد تیوپ	۱	۲	۴	۱	۲	۴
تعداد فیلر	۵	۴	۲	۵	۴	۲
تعداد تار نوری	۴	۸	۱۶	۶	۱۲	۲۴
قطر عنصر مقاوم (mm)	۲/۵					
نیروی کشش مجاز (N)	۷۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰					
قطر نهایی (mm)	۱۰/۵ (پهنای کابل)					
وزن (kg/km)	۲۰۰					

شکل ۳-۸ کابل نوری مهاردار هوایی

۱- Optical self supporting cable

کابل نوری خشک کانالی [1] (OCUC)

این نوع کابل دارای ساختار متفاوت و بدون ژله یا خشک می‌باشد. برای محافظت کابل در مقابل نفوذ رطوبت از نوار جاذب رطوبت استفاده می‌شود.



1. عنصر مقاوم مرکزی
2. روکش (در صورت لزوم)
3. جاذب رطوبت
4. تار نوری
5. لوز تیوب
6. ژله سرد
7. نوار جاذب رطوبت
8. عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
9. روکش

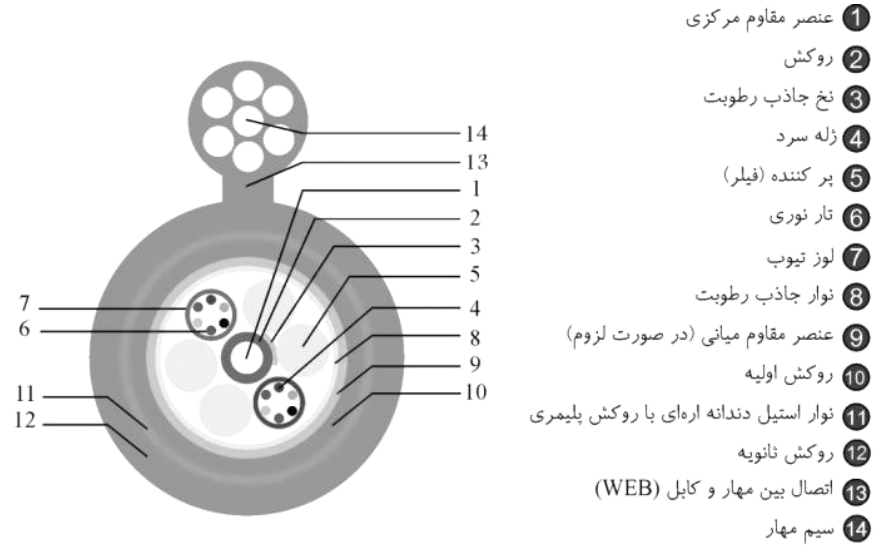
پارامتر		N2×6	N4×6	N8×6	N12×6	N12×12	N24×12
تعداد تیوپ		۲	۴	۸	۱۲	۱۲	۲۴
تعداد فیلر		۴	۲	۰	۰	۰	۰
تعداد تار نوری		۱۲	۲۴	۴۸	۷۲	۱۴۴	۲۸۸
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲	۴	۴
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
	با عنصر کشش میانی	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۳۲۰۰	۳۵۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۲	۱۲	۱۴	۱۷	۱۹	۲۱/۵
وزن (kg/km)		۱۰۰	۱۰۵	۱۴۰	۳۱۵	۲۵۰	۲۹۵

شکل ۳-۹ کابل نوری خشک کانالی

۱- OPTICAL CONDUIT UNFILLED CABLE

کابل نوری مهاردار هوایی با زره (OSSC - Armord[1])

برای حفاظت از کابل نوری مهاردار هوایی در مناطقی که احتمال تیر انـدازی توسـط شـکارچیان وجود داشته باشد. در ساختار کابل از نوار فولادی روکش‌دار به صورت دندان اره‌ای استفاده می‌شـود. این کابل دارای یک محافظ نوار استیل دندانه‌اره‌ای با روکش پلمیری (کروگیـت) مـی‌باشـد کـه بـر اساس نیاز متقاضی، سایر ساختارهای کابل نیز قابل تولید است.



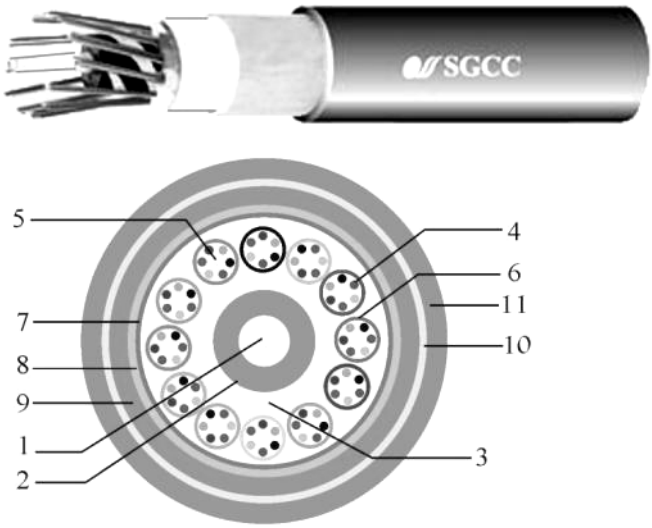
پارامتر	N 1×4	N2×4	N 1×6	N 2×6
تعداد تیوپ	۱	۲	۱	۲
تعداد فیلر	۵	۴	۵	۴
تعداد تار نوری	۴	۶	۸	۱۲
قطر عنصر مقاوم (mm)	۲/۵			
نیروی کشش مجاز (N)	۱۰۰۰۰			
قطر نهایی (mm)	۱۶			
وزن (kg/km)	۳۴۰			

شکل ۳-۱۰ کابل نوری مهاردار هوایی با زره

۱- Optical self supporting cable Armord

کابل نوری ژله فیلد کانالی [1] (OCFC)

این نوع کابل عموماً در شبکه‌های درون شهری و بین مراکز مخابراتی استفاده می‌شود و اطلاعات عمومی این نوع کابل در جدول زیر ارائه شده است.



1. عنصر مقاوم مرکزی
2. روکش (در صورت لزوم)
3. ژله
4. تار نوری
5. ژله سرد
6. لوز تیوب
7. نوار پلی استر
8. عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
9. روکش اولیه
10. نوار
11. روکش ثانویه

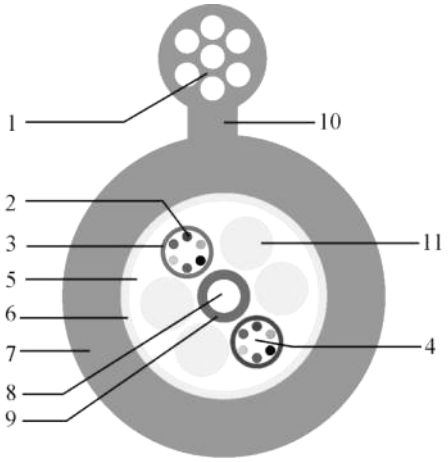
پارامتر		N2×6	N4×6	N8×6	N12×6
تعداد تیوپ		۲	۴	۸	۱۲
تعداد فیلر		۴	۲	۰	۰
تعداد تار نوری		۱۲	۲۴	۴۸	۷۲
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۳	۴
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۴۰۰۰
	با عنصر کشش میانی	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۵۲۰۰	۵۲۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۵	۱۵	۱۷	۲۰
وزن (kg/km)		۱۷۵	۱۸۰	۲۳۰	۳۳۰

شکل ۳-۱۱ کابل نوری ژله فیلد کانالی

۱- OPTICAL CONDUIT UNFILLED CABLE

کابل نوری مهاردار هوایی خشک (OSSC [1] – Dry/SJ)

برای محافظت از کابل نوری مهاردار هوایی در مناطقی که احتمال نفـوذ آب در سـاختمان کابـل وجود داشته باشد، می‌توان در ساختار کابل از نخ و نوار جاذب رطوبت استفاده کـرد. ایـن نـوع کابـل بدون ژله و نسبت به کابل‌های ژله‌فیلد سبک‌تر هستند که بر اساس نیاز سازمان‌ها، سایر ساختارهـای کابل نیز قابل تولید است.



1. سیم مهار
2. تار نوری
3. لوز تیوب
4. ژله سرد
5. نخ جاذب رطوبت
6. نوار جاذب رطوبت
7. روکش خارجی
8. عنصر مقاوم مرکزی
9. روکش
10. اتصال بین مهار و کابل (WEB)
11. پر کننده (فیلر)

پارامتر	N 1×4	N2×4	N 1×6	N 2×6
تعداد تیوپ	۱	۲	۱	۲
تعداد فیلر	۵	۴	۵	۴
تعداد تار نوری	۴	۶	۸	۱۲
قطر عنصر مقاوم (mm)	۲/۵			
نیروی کشش مجاز (N)	۱۰۰۰۰			
قطر نهایی (mm)	۱۶			
وزن (kg/km)	۱۴۰			

شکل ۳-۱۲ کابل نوری مهاردار هوایی خشک

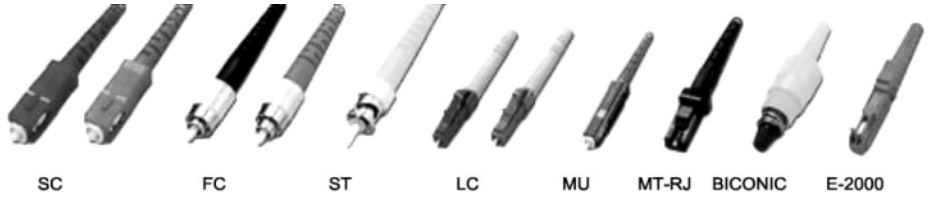
۱- Optical self supporting cable

قطعات وابسته به فیبر نوری

قطعات مختلفی برای بکار گیری از فیبر نوری در سیستمهای ارتباطی مورد نیاز است که در ادامه برخی از آنها را معرفی می‌کنیم. این قطعات با استانداردهای Bellcore, IEC, JIS C۵۹۷۳ تأیید شده است.

کانکتورهای فیبر نوری

برای برقراری ارتباط بین فیبر نوری و دستگاههای مختلف از کانکتورها استفاده می‌شود. این کانکتورها برای انواع کابل با قطرهای متفاوت طراحی شده و در افزایش قابلیت کارکرد فیبرهای نوری موثر است که دارای انواع مختلف شامل SC, FC, ST, LC, MU, MT-RJ, BICONIC, E-۲۰۰۰ می‌باشد.



شکل ۳-۱۳ کانکتورهای فیبر نوری

آداپتورهای فیبر نوری

از آداپتورها جهت تبدیل و اتصال کانکتورهای مختلف به هم استفاده می‌شود. این آداپتورها مناسب برای انواع مختلف کابل و دارای روکش‌های بسیار ظریف (زیرکونیم و برنز) بوده و دارای انواع MU, LC, ST, FC و SC و شامل انواع آداپتورهای تبدیلی مشخص شده در شکل روبرو می‌باشد.

شکل ۳-۱۴ کانکتورهای فیبر نوری

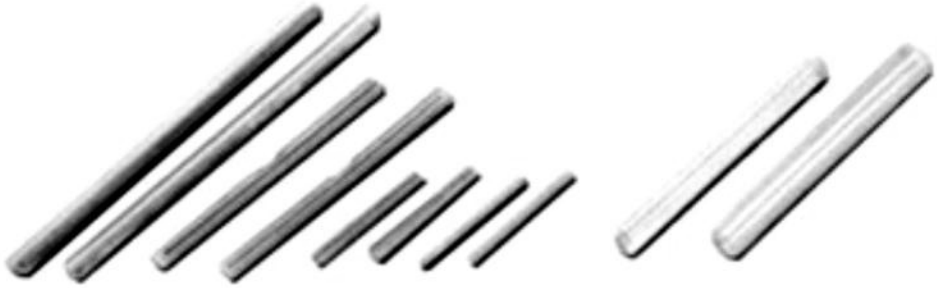
پیکتل و پچ کورد

این قطعات برای کابل‌های متعدد جهت برقراری اتصالات مورد نیاز بـه کـار مـی‌رود و از انـواع مختلف آنها می‌توان به SC, FC, ST, MT-RJ, LC, MU, E-۲۰۰۰, BICONIC اشاره کرد.

شکل ۳-۱۵ پیکتل و پچ کورد

روکش‌های حرارتی فیبر نوری

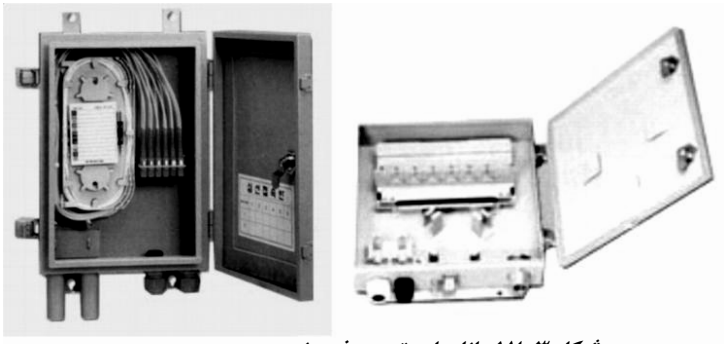
پس از جوش دادن تارها نیاز است محل جوش با روکش پوشیده شود. سایز این روکش‌ها در اثـر حرارت تا سایز مورد نظر کاهش می یابد و در انواع سینی‌های اتصال (tray Splice) قابل اسـتفاده هستند و مقاومت بسیار خوب در برابر رطوبت دارند.



شکل ۳-۱۶ روکشهای حرارتی

پانل‌های توزیع فیبر نوری

این پانلها توانایی توزیع فیبرهای نوری را به بهترین نحو داشته و از کابلها بـه خـوبی محافظـت می‌کنند.

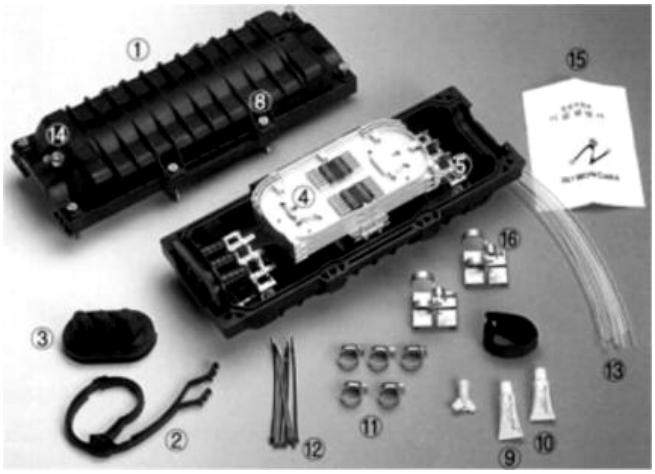


شکل ۳-۱۷ پانل‌های توزیع فیبر نوری

قطعات موجود در مفصل‌ها

پس از جوش دادن تارها نیاز است که در کاستها فرم دهی شده و عملیات مفـصل بنـدی انجـام گیرد. همانطور که در شکل می‌بینید یک مفصل از قطعات مختلفی تشکیل شده است.

۱- بدنه فوقانی
۲- واشر آب بندی
۳- دریچه ورودی
۴- کاست
۵- براکت داخلی
۶- سیم زمین
۷- ترمینال زمین
۸ - پیچ و مهره
۹- گریس
۱۰- مواد آب بندی
۱۱-بست فلزی
۱۲- بست
۱۳- تیوب محافظ
۱۴- شیر هوا
۱۵- دستورالعمل نصب
۱۶- براکت بیرون



شکل ۳-۱۸ قطعات موجود در مفصل‌ها

دستگاه فیوژن اسپلایسر

این دستگاه برای جوش دادن انواع تارهای نوری طراحی شده و در مدلهای مختلف عرضه شده است. تصاویر زیر نمونه‌هایی از این دستگاه است.

شکل ۳-۱۹ دستگاه فیوژن اسپلایسر

دستگاه OTDR

عملکرد انعکاس سنج نوری در حوزه زمان ترکیبی است از تزریق یک پالس نوری به داخل فیبر تحت آزمایش و مشاهده شدت نور منعکس شده در جهت عکس انتشار پالس در نقطه تزریق، که موج برگشتی یک تابع نمایی نزولی برحسب توان است و قله‌ها ناشی از انعکاس نور از محل کانکتورها، مفصلها و یا خرابیهای روی فیبر است. با مطالعه موج برگشتی توانایی تعیین موارد زیر را داریم:

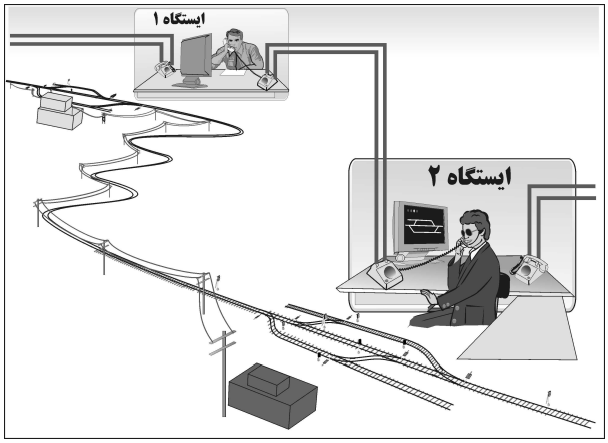
- موقعیت مکانی بخشی از فیبر نوری در طول یک لینک ارتباطی
- طول، تضعیف و شیب فیبر
- موقعیت و مشخصات مفصلها
- اتصالات و دیگر خرابیهای موجود در طول یک لینک ارتباطی

شکل ۳-۲۰ دستگاه OTDR

۳-٤- شناسایی خطوط ارتباطی در راه‌آهن

خط بلاک

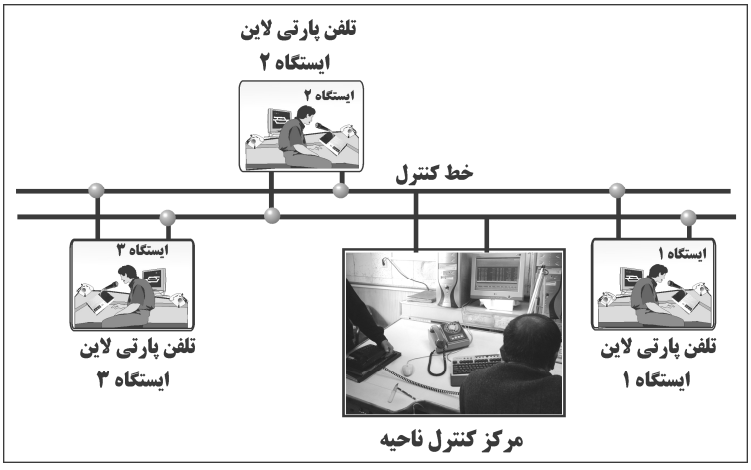
خط بلاک، خطی است که مابین دو ایستگاه برای تردد قطارها و گرفتن راه آزاد از ایستگاههای طرفین به کار برده می‌شود.



شکل ۳-۲۱ تلفن و خط بلاک

خط کنترل محلی

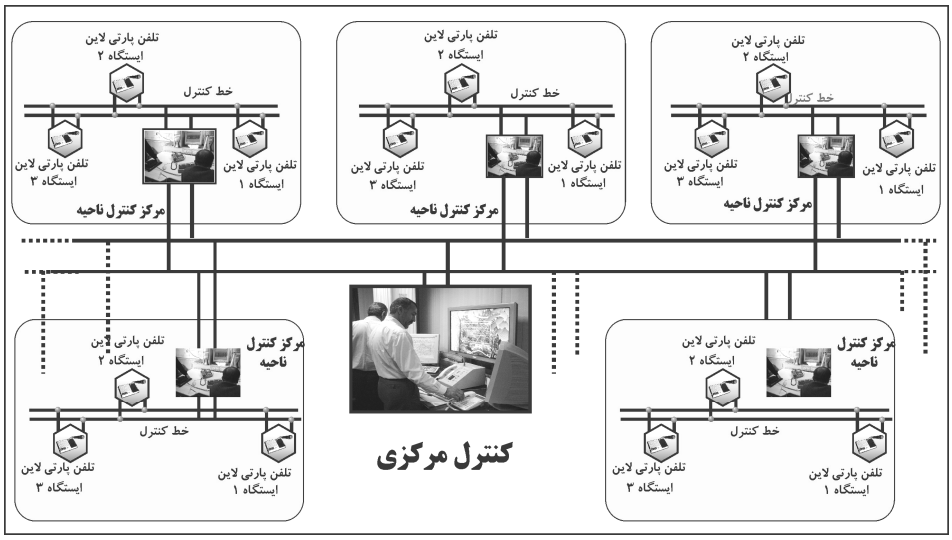
این خط از مرکز کنترل یک ناحیه کشیده و به انتهای همان ناحیه ختم می‌شود و به ایستگاههای تحت پوشش آن ناحیه ارتباط می‌دهد. این خط در راه‌آهن به نام پارتی لاین محلی معروف است. در حال حاضر از پارتی لاین تصویری در بیشتر نواحی استفاده می‌شود.



شکل ۳-۲۲ تلفن و پارتی‌لاین محلی (کنترل ناحیه)

خط کنترل سراسری

این خط از کنترل مرکزی به تمام نواحی کشیده می‌شود و تمام کنترلهای نواحی را پوشش می‌دهد. این خط در راه‌آهن به نام پارتی سراسری معروف است.



شکل ۳-۲۳ تلفن و پارتی‌لاین سراسری (کنترل مرکزی)

خط حوزه

خطوطی است که رییس قطعه خط در نقطه‌ای از خط راه‌آهن که عملیات زیر سازی و یا هر نوع عملیات دیگر انجام می‌گیرد، تماس تلفنی برقرار می‌نماید.

خطوط علایم

خطوطی است که برای جذب و دفع رله‌های علایم الکتریکی و یا ارسال اطلاعات کنترل و شاخص مربوط به سیستم‌های کنترل و ایمنی بین دو ایستگاه کشیده شده است.

خطوط کاریری

خطوطی است که به واسطه دارا بودن دستگاه کاریر مجموع پیام چند مشترک را از ایستگاهی به ایستگاه دیگر بدون تداخل انتقال می‌دهد. با توجه به توسعه سیستمهای انتقال علی الخصوص کاریرهای نوری نیازهای ارتباطی راه‌آهن از این خطوط تأمین می‌شود.

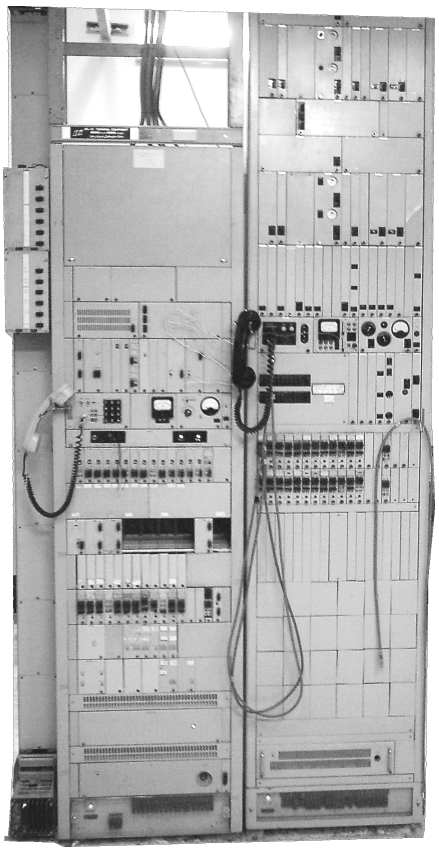
فصل چهارم

سیستم‌های انتقال

٤-١- مقدمه

سیستم انتقال شامل تجهیزات مالتی‌پلکس دیجیتال یا آنالوگ و خطوط انتقال مثل خط هوایی، کابل کواکسیال، فیبر نوری و محیط انتقال رادیویی می‌باشد. با توجه به اینکه خطوط انتقال کابلی را در فصل سوم و همچنین ارتباطات رادیویی را درفصل هفتم مورد بررسی قرار داده‌ایم، لذا در این فصل به سیستمهای کاریری یا به عبارتی ماکس خواهیم پرداخت.

با افزایش نیاز به برقراری ارتباط و با توجه به اینکه برقراری ارتباط بین دو نقطه نیازمند دو دستگاه تلفن و خطوط ارتباطی ما بین آنها به طول چندین کیلومتر می‌باشد، این کار مستلزم هزینه و وقت زیادی است و به دلیل اینکه افزایش ظرفیت انتقال اطلاعات نیاز به افزایش تعداد خطوط انتقال دارد، طرح استفاده از سیستمی که بتواند با صرف هزینه کمتر ظرفیت بالاتری از اطلاعات را انتقال دهد، مطرح گردید. این موضوع منجر به ساخت سیستمهای ماکس امروزی گردید. این سیستمها با بالا بردن سطح فرکانس مکالمه و قرار دادن چندین باند مکالمه در کنار یکدیگر و ارسال و دریافت همزمان تمام مکالمات در یک باند وسیع و بر روی یک لاین، ارتباط بین دو نقطه را با هزینه‌ای کمتر از قبل برقرار می‌نمایند.



شکل ٤-١ کاریر ۱۲ کاناله NEC

کاریر ۳ و ۱۲ کاناله

برای انتقال سه کانال صوتی مشابه از فرکانسهای کاریر ۱۲و۱۶ و ۲۰ کیلو هرتز استفاده می کنیم .کاریر ۱۲ کاناله بر اساس استاندارد CCITT شامل ۱۲ کانال صوتی است که باند فرکانسی ۶۰-۱۰۸ کیلوهرتز را اشغال می‌نماید.

فرکانسهای کاریر که که ۱۲ عدد است به فاصله ۴ کیلو هرتز در پهنای باند فوق قرار دارند.

٤-۲- سیستم‌های انتقال نوری

گسترش ارتباطات و راحتی انتقال اطلاعات از طریق سیستم‌های انتقال و مخابرات فیبر نوری یکی از پر اهمیت ترین موارد مورد بحث در جهان امروز است. سرعت، دقت و تسهیل از مهمترین ویژگی‌های مخابرات فیبر نوری می‌باشد. یکی از پر اهمیت ترین موارد استفاده از مخابرات فیبر نوری آسانی انتقال در فرستادن سیگنال‌های حامل اطلاعات دیجیتالی است که قابلیت تقسیم بندی در حوزه زمانی را دارا می‌باشد و به این معنی است که مخابرات دیجیتال تامین‌کننده پتانسیل کافی برای استفاده از امکانات مخابره اطلاعات در پکیجهای کوچک انتقال در حوزه زمانی است. برای مثال عملکرد مخابرات فیبر نوری با توانایی ۲۰ مگا هرتز با داشتن پهنای باد ۲۰ کیلو هرتز دارای ظرفیت اطلاعاتی ۰,۱٪ می‌باشد. امروزه انتقال سیگنالها به وسیله امواج نوری به همراه تکنیکهای وابسته به انتقال، آوازه سیستم‌های انتقال ماهواره‌ای را به شدت مورد تهدید قرار داده است. از گذشته این مطلب که نور می‌تواند برای انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار گیرد به اثبات رسیده است و بشر امروزه توانسته است که از سرعت فوق العاده آن به بهترین وجه استفاده کند.

در سال ۱۸۸۰ میلادی الکساندر گراهام بل ۴ سال بعد از اختراع تلفن موفق به اخذ امتیاز نامه خود در زمینه مخابرات امواج نوری برای دستگاه خود با عنوان فوتو تلفن گردید. در سالهای اخیر با پیشرفت لیزر به عنوان یک منبع نور بسیار قدرتمند و خطوط انتقال فیبرهای نوری فاکتورهای جدیدی از تکنولوژی و تجارت بهتر را برای انسان به ارمغان آورده است.

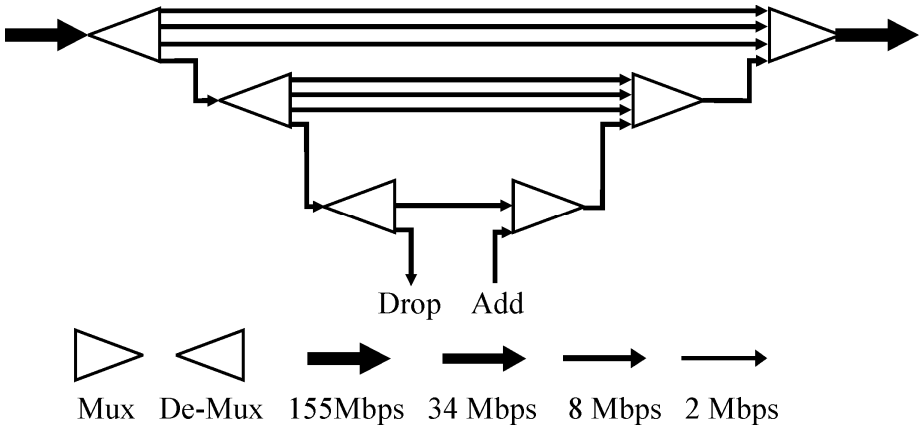
در ادامه به معرفی سیستم‌های انتقال بر بستر فیبر نوری خواهیم پرداخت.

PDH

سلسلهٔ مراتب ادغام دیجیتالی شبه همزمان[۱] یا چنانکه بیشتر شهرت دارد PDH عبارت است ازروشی برای انتقال مقادیر زیاد داده در شبکه‌های مخابراتی. ویژگی اصلی که در نامش هم بر آن تاکید شده است، شبه همزمان بودن آن است. یعنی اینکه بخش‌های مختلف شبکه اگرچه تقریباً هم‌زمان هستند، اما لزوماً دقیقاً هم‌زمان نیستند.

این فن‌آوری که آن را می‌توان پیشینه SDH دانست، در سیستم‌های مخابرات نوری، ادغامگرهای رادیویی، ATM و غیره به کار می‌آید. به دلیل ناهم‌زمانی، برای جدا کردن یک تکه از سیگنال، باید جریان داده را تا حد آن ادغام‌گشایی و بازادغام کرد که پیچیدگی زیادی به تجهیزات شبکه می‌افزود. امروزه PDH به تدریج در حال جایگزینی با SDH است.

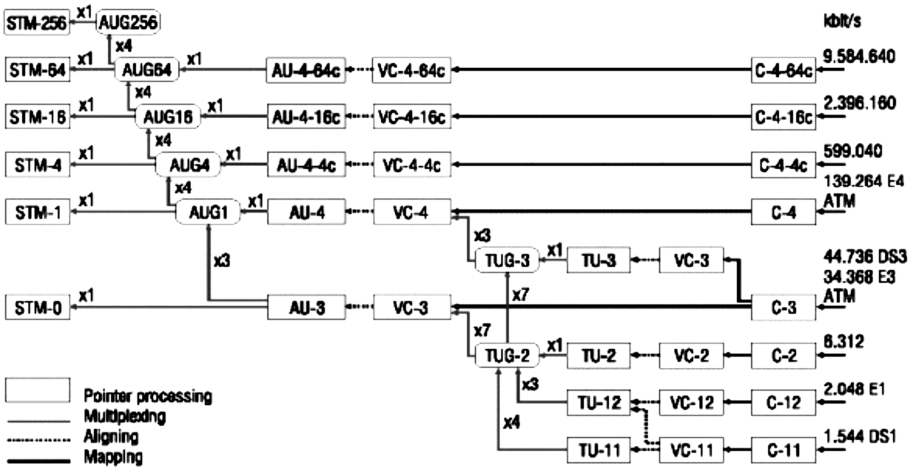
۱- Plesiochronous Digital Hierarchy



شکل ٤-۲ سلسلهٔ مراتب ادغام دیجیتالی شبه همزمان

SDH

سلسله مراتب ادغام دیجیتال همزمان[۱] یا چنانچه بیشتر مشهور است SDH استانداردی برای ارتباطات سرعت بالا بر روی فیبر نوری یا لینک رادیویی است. این استاندارد که از استاندارد قدیمی‌تر PDH نشات گرفته را برخی به نام سانِت [۲](SONET) نیز می‌شناسند.



شکل ٤-۳ سلسلهٔ مراتب ادغام دیجیتالی همزمان

۱- SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY

۲- SYNCHTRONOUS OPTICAL NETWORK

SDH نام استانداردی است که توسط ITU در استاندارد ITU-T G.۷۰۷ طراحی شده‌است. استاندارد SONET متعلق به انسی بوده و به صورت مجزا طراحی شده‌است. هر دو استاندارد شباهت زیادی به یکدیگر دارند. هر چند SDH اندکی گسترده‌تر از سانت است اما بیشتر تفاوت‌های دو استاندارد به نامگذاری بخش‌بندی‌های داده‌ای باز می‌گردد.

در سیستم SDH برخلاف PDH برای جدا کردن یک بار شامل داده‌های اصلی[۱] سطح پایین‌تر مثلاً (E۱) نیازی به بازگشایی سیگنال سطح بالا نخواهد بود، که این باعث کاهش زمان دستیابی، پیچیدگی و به طبع آن قیمت تجهیزات خواهد شد.

در SDH سیگنال ادغام شده[۲] همزمان، به صورت جریان نوری در فیبر و یا سیگنال رادیویی با لینک‌های رله رادیویی یا لینک ماهواره‌ای یا به صورت الکتریکی در کابل هم‌محور مخابره و منتقل می‌شود.

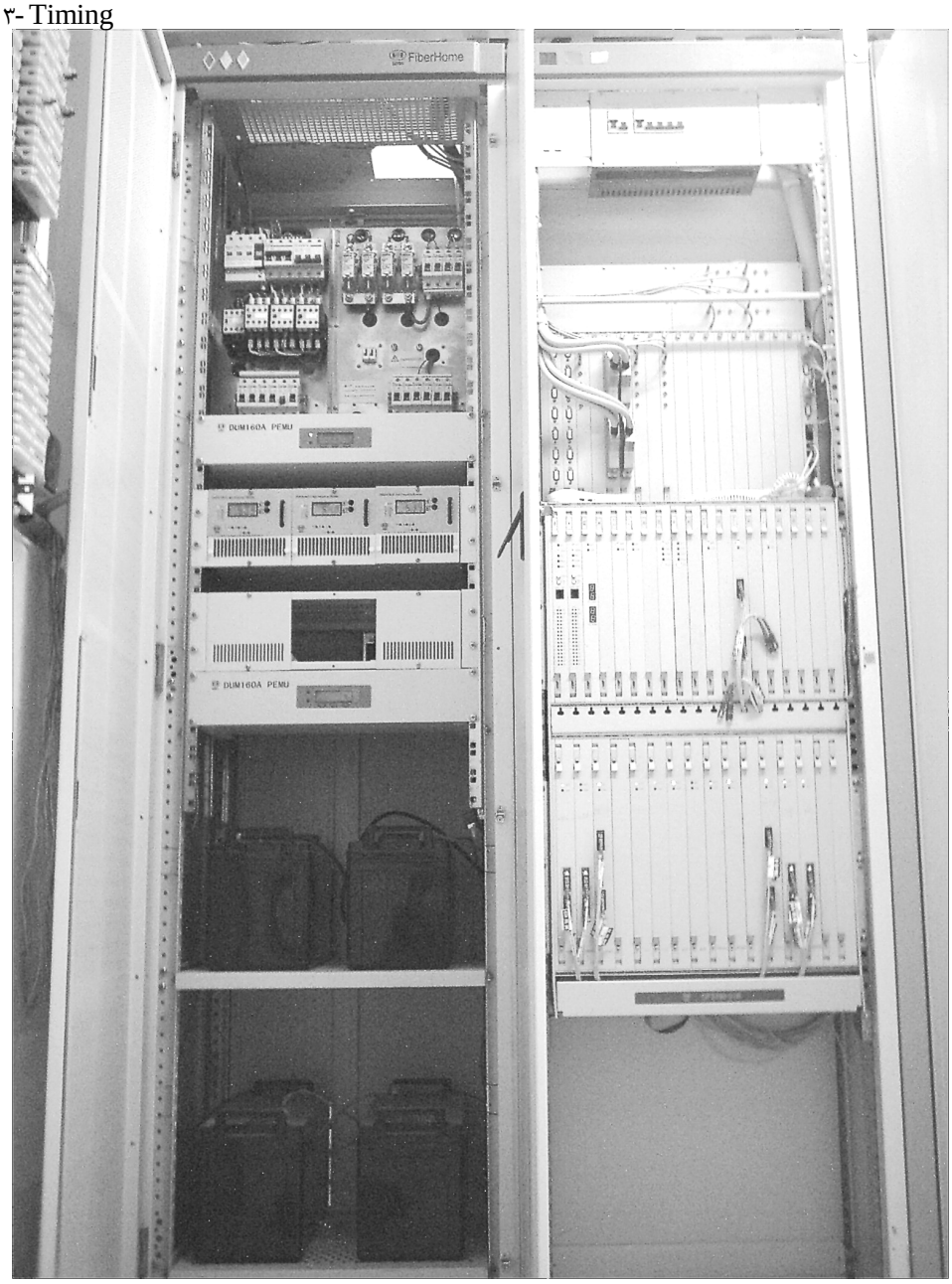
SDH در سال ۱۹۹۲ به شبکه مخابرات معرفی شد و از آن پس با رشدی سریع در تمام سطوح ساختار شبکه مخابرات به کار گرفته شده‌است، از جمله شبکه دسترسی شهری و مخابرات راه دور. این سیستم همانطور که گفته شد بر اساس سیستم قدیمی PDH و با بهبود دادن آن، به خصوص از نظر بحث زمان‌بندی [۳] ایجاد شد. بر خلاف PDH سیگنالهای SDH همزمان هستند و استاندارد سیستم پیچیده‌ای برای استخراج و هم‌زمان کردن کلاک‌های مختلف در خود دارد. قوانین و استانداردهای SDH توسط ITU یا CCITT سابق تدوین شده‌اند.

نمونه‌ای از کاریر نوری که در راه‌آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد را می‌توانید در شکل ۴-۴ مشاهده کنید.

۱- Payload

۲- Multiplex

۳- Timing



شکل ٤-٤ تجهیزات SDH

سیستمهای WDM

در سال ۱۹۸۰ امکان انتقال ۱۴۰ Mb/s در سیستم های PDH به طور نوری ممکن بود و با تولد فناوری SDH در سال ۱۹۹۰ این ظرفیت تا ۴۰ Gb/s ارتقاء یافت. هر دو این فناوری‌ها یعنی PDH و SDH سیستم های انتقال نوری سنتی و یا کلاسیک می‌باشند ولی با وجود ظرفیت ۴۰Gb/s باز این ظرفیت نیازهای امروزه را تأمین و برآورده نمی‌کند، زیرا شدت فزاینده ترافیک دیتا خصوصاً در شبکه های اینترنتی نشان می‌دهد که این ظرفیت کافی نیست. زیرا در بعضی از نواحی پهنای باند مورد نیاز نسبت به سال های اخیر صدها برابر افزایش داشته است. حتی می‌توان گفت که تقریباً کل ترافیک در هر نه ماه دو برابر می‌گردد. برای رسیدن به این هدف باید فناوری جدیدی متولد و توسعه داده می شد.

بدین ترتیب فناوری مالتی‌پلکس تقسیم طول موج یا Wavelength Division Multiplexing مطرح و معرفی شد. این فناوری در واقع افق و تحول جدیدی در ظرفیت انتقال ایجاد کرد به طوری که فناوری Dence Wavelength Division Multiplexing (DWDM) متولد گردید. امروزه با استفاده از سیستم های DWDM ظرفیت انتقال در فواصل طولانی و بسیار طولانی از ۳۲ تا ۱۶۰ کانال امکان پذیر است. بدین مفهوم که ظرفیت کل قابل انتقال برابر ۱٫۶ Tb/s می‌باشد. البته امروزه در جهان ارتباطات و انتقال داده‌ها کانال‌هایی با سرعت انتقال ۱۰Gb/s ممکن و میسر می‌باشد.

همانطور که می‌دانید جهشی از سیستم های الکتریکی به نوری در دهه‌های اخیر انجام شده است، به این معنی که از نقطه نظر تئوری، پهنای باند قابل دسترس تا چندین ترا هرتز افزایش یافته است. سیستم‌هایی که فناوری TDM را بکار می‌برند به دلیل محدویت پهنای باند نیازهای ما را برآورده و تأمین نمی‌کنند. زیرا ماکزیمم ظرفیت قابل دسترس در آنها برابر ۴۰Gb/s است که به واسطه محدودیتی که به طور فیزیکی از نقطه نظر عملی و اقتصادی وجود دارد به آن رسیده‌ایم. به طور مشابه هم در فناوری FDM مشکلاتی وجود دارد که امکان استفاده مالتی‌پلکس فرکانسی در آن سطوح یا ظرفیت ها امکان پذیر نمی‌باشد. به عنوان مثال با استفاده از FDM حداکثر ظرفیت قابل دسترس در سطح STM-۱ است که به طور مطلوب و مناسب ممکن می‌باشد. راه حل پیشنهادی این است که FDM را در سطح نوری یعنی OFDM به کار گرفت که این همان WDM است. این انتقال سیگنال های مختلف در کاربردهای نوری مختلف یا طول موج های مختلف (رنگها) درون یک رشته فیبر نوری است.

البته امروزه انواع مختلفی از سیستم های چند طول موجی به شرح ذیل وجود دارد:

- WDM: Wavelength Division Multiplexing
- DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing
- CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing

انواع فوق الذکر دارای تفاوت‌هایی نسبت به یکدیگر هستند که این تفاوت ها در تعداد کانال‌ها، مقدار فضای بین کانالی، نحوه Add/Drop کردن و روش مالتی‌پلکسینگ است.

به عنوان مثال در سیستم های WDM تعداد کانال‌ها ۱۶،۸،۴ - فضای بین کانالی ۱۰nm و روش مالتی‌پلکس OFDM است؛ در حالی که در سیستم های DWDM تعداد کانال‌ها ۱۲۸،۶۴،۳۲ و ۱۶۰ است، فضای بین کانالی تا ۰,۲nm (۲۵ GHz) کاهش یافته و روش مالتی‌پلکسینگ OTDM است.

دلایل روی آوردن به روش TDM نوری در سیستم های DWDM نسبت به روش OFDM در WDM، محدودیت های فنی و تکنیکی است:

- چون فاز لیزر خروجی را به طور مستقیم نمی‌توان کنترل نمود، لذا استفاده از روش‌های PSK و PCM نوری غیر ممکن است اما یک سیگنال نوری را می‌توان مدولاسیون فاز کرد. این عمل توسط یک مدولاتور نوری که بین منبع نوری و محیط انتقال قرار داده می‌شود، انجام می‌گیرد.
- مدولاسیون FM نوری هم به دلیل دشواری ساخت قطعات نوری در این طول موج یا فرکانس‌ها هنوز متداول و رایج نشده‌اند.
- مدولاسیون AM نوری هم به دلیل پاسخ غیرخطی لیزر ممکن نیست.
- مدولاسیون با تغییر پلاریزاسیون هم دشوار است زیرا خود پلاریزاسیون در المان‌ها و محیط انتقال این سیستم ها ثابت نمی‌باشد.

تشریح بعضی از پارامترها در سیستم DWDM

مفهوم کانال در سیستم های DWDM

اصولاً در سیستم های DWDM هر کانال را با یک طول موج نشان داده که به آن طول موج رنگی (Fixed Wavelength) می‌گویند که می‌تواند بیت ریت مشخص و معینی از قبیل۲,۵Gb/s یا ۱۰Gb/s داشته باشد (البته به سیگنال های نوری وابسته به سیستم های PDH و SDH طول موج هایی نسبت داده می‌شود که به آنها طول موج های پیوسته می‌گویند).

دو پنجره‌ی رایج در سیستم های نوری، پنجره‌های دوم و سوم می‌باشند. بین دو طول موج ۱۳۱۰nm و ۱۵۵۰nm پهنای باند فرکانسی قابل دسترس برابر ۵۰۰۰GHz می‌باشد. با بیت ریت ۱۰Gb/s عدم قطعیتی برابر ۱۰GHz وجود دارد که حد و محدودیتی برای فضای بین کانالی ایجاد می‌کند. معنا و مفهوم آن، این است که می‌توان تعداد ۱۵۰۰ کانال در این محدوده تعریف نمود. ولی اثرات غیر خطی تعداد این کانال‌ها را محدود می‌کند. با تمام این گفته ها در محدوده ی C-Band و L-Band عملاً سیستم های DWDM با ۱۶۰ کانال در دسترس می‌باشند.

همشنوایی نوری

می‌دانید که در سیستم های DWDM هر کانال با یک طول موج مشخص می‌شود. هر طول موج دارای یک طیف است که این طیف دارای یک پهنا یا عرض می‌باشد که به آن پهنای طیفی می‌گویند. پهنای طیفی دارای مؤلفه‌هایی از طول موج های مختلفی می‌باشد که به هر کدام از این مؤلفه ها می‌توان دامنه یا توانی نسبت داد. پس توان نوری یک کانال برآیند توان این مؤلفه ها است. سیستم های DWDM هنگامی که کانال‌ها درون فیبر منتشر می‌گردند روی همدیگر تأثیر می‌گذارند، به طوریکه در خروجی فیبر بعد از عمل دی‌مالتی‌پلکسینگ نوری در طیف هر کانال توان‌هایی از کانال‌های دیگر وجود دارد که به آن همشنوایی نوری یا Optical Crosstalk می‌گویند.

توجه: لازم به ذکر است که همشنوایی نوری فقط به این دلیل ایجاد می‌شود که پهنای طیفی منابع نوری (طول موج هر کانال) نسبت به باندهای گذر مالتی‌پلکسر کوچکتر است.

کانال سوپروایزری نوری

به این نکته باید توجه داشت که یک شبکه DWDM همانند شبکه SDH باید توانایی مدیریت و سرپرستی را به طور متمرکز و نرم افزاری داشته باشد. این مسأله در شبکه های SDH توسط بایت‌های Overhead حل شده است. از طرف دیگر در شبکه DWDM به این بایت‌ها دسترسی وجود ندارد، پس باید به گونه‌ای این قابلیت مدیریتی را ایجاد نمود؛ یعنی باید یک Overhead نوری را برای سیگنال های DWDM ایجاد کرد. این Overhead نوری را کانال سوپروایزری نوری (OSC) می نامند.

پس اطلاعات مدیریتی و سرپرستی شبکه DWDM در قالب یک سیگنال نوری با بیت ریت معینی (به عنوان مثال ۲Mb/s) در طول موج ۱۵۱۰nm یا ۱۴۸۹nm توسط کوپلر نوری به سیگنال خط اضافه می‌شود و با استفاده از یک توری پراش (Grating) می‌توان این اطلاعات را از سیگنال

خط استخراج نمود. این کانال باید در ابتدا و انتهای لینک DWDM بعد از تقویت کننده نوری تـوان (BA) به سیگنال خط اضافه و قبل از پیش تقویت کننـده نـوری (PA) از سـیگنال اسـتخراج شـود. همچنین در طول خط انتقال این کانال قبل از تقویت کننده خـط اسـتخراج و بعـد از تقویـت کننـده نوری خط به سیگنال خط اضافه شود.

کاربردهای سیستم DWDM

مزایای DWDM

شبکه های نوری افق جدیدی را برای تأمین کنندگان سرویس های مخابراتی باز کرده اسـت. فناوری هایی مانند WDM و تقویت‌کننده‌های نوری راه‌های نوینی را برای تأمین ظرفیت مورد نیـاز اراده کرده‌اند؛ به طوری که طراحان شبکه های نوری توانسته اند قابلیت های شبکه را افزایش دهنـد و هزینه های ایجاد فواصل طولانی و سرعت های بالا را کاهش دهند. بنابراین شبکه های نـوری از نظر اقتصادی بهبود یافته‌اند. با توجه به شبکه های زیر ساخت فیبر نـوری موجـود، اندیـشه و تفکـر شبکه های تمام نوری و شبکه های نوری سوئیچینگ خودکار می‌توانند انقـلاب و تحـول بزرگـی در امر ارتباطات و اطلاع‌رسانی ایجاد کنند.

مهمترین مزایای شبکه های DWDM را می‌توان به صورت ذیل فهرست کرد:

- در مواردی که طول مسیرها و فیبرها کوتاه باشد یک خاصیت چنـد منظـوره‌ای بـرای فیبرها ایجاد شود.
- با بکارگیری تقویت‌کننده‌های نوری هزینه های سـرمایه گـذاری و نگهـداری کـاهش یافته، انتقال ظرفیت های بالا با فواصل بسیار طولانی با هزینـه کمتـر امکـان پـذیر می‌گردد.
- امکان انتقال انواع سیگنال های مختلف از قبیل SDH، PDH، IP و ATM باعـث شده که شبکه های DWDM به پروتکل خاصی نیاز نداشته و انتقال سیگنال به طور شفاف با فرمت های گوناگون امکان پذیر باشد.

در اولین مورد مساله بسیار روشن است زیرا انتقال تعداد بسیاری کانـال از دو رشـته فیبـر و یـا حتی یک رشته فیبر نیاز استفاده از تعداد بیشتری فیبرهای نوری را بر طرف می‌سـازد. بـدین ترتیـب نیاز به عملیات و نصب کابل های نوری جدید نبوده و هزینه بسیاری به ایـن صـورت صـرفه جـویی می‌گردد. این مزیت استفاده از یک رشته فیبر برای ارسال و دریافت در مسیرهای کوتاه، خود را بهتـر

نمایان کرده به طوری که راه حل مناسب برای شبکه های Access نوری، همان DWDM است.

دومین مورد که همان ظرفیت انتقال بسیار بسیار بالا با هزینه های کمتر می‌باشد، این مزیت را می‌توان بدین صورت تشریح نمود که اگر فرض شود یک لینک STM-۶۴ نصب و در حال کار باشد و چنانچه بخواهند ظرفیت انتقال را چندین برابر کنند، باید چندین نوع مختلف تجهیزات SDH از قبیل NE هایی مانند TM و Reg با تعداد فراوان استفاده کرده، همچنین کابل های نوری جدیدی را باید نصب و راه‌اندازی کنند. در حالی که با استفاده از DWDM فقط تجهیزات گفته شده بدون اضافه کردن کابل‌های نوری، می‌توان این ظرفیت را برآورده نمود و به مقدار قابل توجهی هزینه را کاهش داد.

در سومین مورد کاربرد انواع مختلف سیگنال ها در DWDM می‌باشد زیرا فقط مالتی‌پلکسینگ نوری انجام می‌شود. پس به راحتی هر سیگنالی را می‌توان به طول موج های DWDM تبدیل کرد.

با توجه به مزایای گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که سیستم های DWDM نیازهای فعلی را برآورده کرده و نیازی به یک پروتکل خاص هم ندارند. می‌توان اذعان داشت که زندگی از نقطه نظر مبادله‌ی اطلاعات و ارتباطات آسان و شیرین می‌شود. با تمام این محاسن باز در این سیستم ها مسائلی وجود دارد که باید مد نظر قرار داده شوند. به عنوان مثال در سیستم های SDH دو طول موج ۱۳۱۰ و ۱۵۵۰ نانومتر به کار گرفته می‌شود اما در سیستم های DWDM طول موج های متعددی با فواصل کم استفاده می‌شود که باعث می‌گردد ساخت منابع نوری هزینه بالایی را در برگیرد؛ زیرا هر طول موج باید دقیقاً توسط یک لیزر تولید شود. فرض کنید در یک لینک DWDM تعداد ۱۶۰ کانال وجود دارد پس باید برای این تعداد کانال،۱۶۰ ماژول لیزر در انبار نگهداری شود تا در موقع لزوم استفاده گردد و این مسأله خود هزینه‌ی بالایی را طلب می‌کند. البته امروزه با به کارگیری لیزرهای قابل تنظیم توانسته‌اند هزینه‌ها را به مقدار قابل توجهی کاهش دهند.

اساس مسیرهای DWDM

ساده‌ترین شکل کاربرد تجهیزات DWDM به صورت نقطه به نقطه می‌باشد که این تجهیزات بین تجهیزات SDH قرار می‌گیرد و بر همین اساس ITU تعاریفی را برای این وضعیت ارائه کرده است.

کاربرد DWDM در مسیرهای کوتاه

در مسیرهای کوتاه به تقویت‌کننده‌های نوری نیازی نبوده؛ بنابراین طول فاصله انتقال بین فرستنده و گیرنده بر اساس تلفات موجود در سیستم های DWDM محدود می‌شود. این گونه

مسیرها در شبکه های شهری یعنی MAN استفاده می‌شود. بدین ترتیب با حذف تقویت‌کننده‌های نوری هزینه مربوطه در شبکه های MAN صرفه جویی می‌گردد.

کاربرد DWDM در مسیرهای متوسط

در این کاربرد ترمینال‌های DWDM با به کارگیری تقویت‌کننده‌های نوری BA و PA می‌توانند فاصله بین فرستنده و گیرنده را بدون استفاده از LA (تقویت کننده نوری خط) پوشش دهند. با این روش تا ۴۰۰Km را می‌توان حمایت و پشتیبانی نمود. این مورد می‌تواند کاربرد DWDM در سیستم های زیردریایی را نشان دهد.

کاربرد DWDM در مسیرهای طولانی

در سیستم DWDM در مسیرهای طولانی بدون بازسازی الکتریکی (Reg) با بکارگیری تقویت‌کننده نوری LA به طور متوالی با فاصله های معین می‌توان فاصله هزاران کیلومتر را پوشش داد. البته در این کاربرد باید به این نکته توجه داشت تا زمانی از LA می‌توان استفاده کرد که OSNR از حد مجازش کمتر نگردد.

ترانس‌پاندر نوری

یک ترانس‌پاندر نوری طول موج انتقال را برای انواع مختلف سیگنال های دریافت شده از تجهیزات مختلف که طول موج های پیوسته دارند تولید می‌کند؛ به عبارت دیگر طول موج های پیوسته را به طول موج های رنگی تبدیل می‌کند. این سیگنال ها شامل IP، SDH، PDH و ATM می‌باشند. به بیان ساده‌تر ترانس‌پاندر نوری طول موج‌های پیوسته سیگنال های مختلف را به کانال‌های DWDM تبدیل کرده و به OMUX تزریق می‌کند و در جهت عکس یعنی دریافت طول موج های رنگی دریافت شده از ODX را به طول موج های پیوسته اولیه‌شان تبدیل می‌کند.

در سیستم های DWDM چندین نوع ترانس‌پاندر نوری وجود دارد که استفاده می‌شود. بعضی از آنها برای یک سرعت انتقال خاص با پروتکل ویژه‌ای طراحی و ساخته می‌گردند؛به عنوان مثال برای سیگنال های STM-۱۶ و یا STM-۶۴ طراحی و ساخته شده‌اند. انواع ترانس‌پاندر نوری دیگری هم یافت می‌شوند که برای سرعت های انتقال مختلف دریافت شده از سیگنال های نوری سازگار شده با سیستم DWDM طراحی و ساخته می‌شوند. معمولاً سرعت های انتقال پایین‌تر را در بر می‌گیرد و حداکثر بیت ریتی برابر ۲٫۵ Gb/s می‌توانند داشته باشند. بعضی از اوقات ترانس‌پاندر نوری را شفاف یا نیم شفاف می‌گویند. شفافیت ترانس‌پاندر نوری کاربردهای سیستم های DWDM را افزایش

می‌دهد. در نتیجه تأمین‌کنندگان سرویس‌های مخابراتی می‌توانند منابع شبکه را به صورت قابل انعطافی در اختیار داشته و به کار ببرند. یک اثر مثبت ترانس‌پاندر نوری شفاف این است که در همان لحظه که سیگنال را تولید می‌کند، می‌تواند آن را هم منتقل نماید. پس فاصله معینی بین تجهیزات الکتریکی و OMUX DWDM وجود دارد. با توجه به گفته های بالا می‌توان نتیجه گرفت که دو نوع سیستم DWDM به شرح ذیل وجود دارد:

سیستم های DWDM باز

در این نوع سیستم ها لزوماً باید ترانس‌پاندرهای نوری شفاف به کار گرفته شده تا طول موج‌های رنگی یا کانال‌های DWDM ساخته شوند. به بیان دیگر ترانس‌پاندرهای نوری به کار گرفته شده شفاف باشند. امروزه این نوع سیستم ها متداول‌تر هستند. زیرا در این مورد سیستم های DWDM همانند یک واسط یا اینترفیس بین تجهیزات SDH و غیره می‌توانند قرار گیرند.

سیستم های DWDM مجتمع

در این نوع سیستم ها که در شبکه های تمام نوری کاربرد دارند ترمینال های DWDM به طور مستقیم کانال DWDM را می‌سازند و فاصله‌ای بین تجهیزات الکتریکی و DWDM وجود ندارد. به بیان دیگر لزومی به ترانس‌پاندر نوری شفاف نیست. در عوض از ترانس‌پاندرهای نوری نیمه شفاف استفاده می‌شود و باید این نکته را گفت که آینده به این نوع سیستم‌های DWDM تعلق دارد.

انواع ایستگاه یا NE

به طور کلی در شبکه های DWDM بر حسب نیاز نودها یا ایستگاه ها (NE)ی مختلفی وجود داشته و به کار گرفته می‌شوند که انواع آن به شرح ذیل است:

ترمینال مالتی‌پلکسر یا دی مالتی‌پلکسر

در این نوع ایستگاه یا NE که می‌توان آن را ایستگاه ابتدایی یا انتهایی دانست کلیه اطلاعات یا ماکزیمم ظرفیت ایستگاه سوار و پیاده می‌شود. به عبارت دیگر دارای N پورت TU و یک پورت خط است. در شبکه های DWDM منظور از TU کانال‌های DWDM یا طول موج های رنگی است.

ایستگاه تقویت کننده نوری

این المان یا ایستگاه از نظر معماری شبکه می‌تواند NE تلقی شود ولی از نظر عملکرد می‌تواند

یک المان یا مولفه فعال نوری در شبکه DWDM تلقی گـردد و فقـط دارای دو پـورت خـط نـوری است. به بیان دیگر در OA فقط تابع ۱R(ReAmp) به صورت نوری انجـام مـی‌شـود. هـیچ گونـه اطلاعاتی در این المان پیاده یا سوار نمی‌شود.

ایستگاه بازسازی کننده

این نوع ایستگاه یا NE از نظر تعداد پورت ها همانند OA است؛ ولـی تفـاوت هـای اساسـی در عملکرد این دستگاه وجود دارد و آن این است که تابع ۳R[۱] انجام می‌شود. اصولاً زمانی کـه هـدف افزایش فاصله انتقال باشد از OA استفاده می‌گردد؛ ولی هنگامی که احتمال دارد OSNR پایین‌تر از حد مجاز شود از .Reg استفاده می‌گردد که هزینه بسیار بالایی در بر می‌گیرد. می‌توان اذعان داشـت زمانی که OA امکان پذیر نباشد باید .Reg به کار گرفته شود. در اصل ایستگاه .Reg از دو ترمینال مالتی‌پلکسر که پشت به پشت ارتباط دارند ساخته می‌شود. بـر اسـاس تعـداد کانـال‌هـای DWDM حداکثر تا Reg.x۱۶۰ می‌تواند در ایستگاه نصب شود. به دلیل هزینه گزاف .Reg تا سرحد امکـان از آن استفاده نمی‌شود.

NE یا ایستگاه OADM

به طور مقایسه ای همانطور که عملکـرد Add/Drop در سیـستم هـای SDH وجـود دارد، در سیستم های DWDM هم عملکرد Optical Add/Drop یعنی پیاده کـردن و سـوار نمـودن یـک طول موج DWDM یا چند طول موج وجود دارد. این نوع NE در شبکه هـای حلقـوی و زنجیـری بسیار فراوان به کار گرفته می‌شود به طوریکه در یک شـبکه حلقـوی کلیـه NEهـا همگـی از نـوع OADM هستند. اگر تمـامی کانـال‌هـا در یـک NE از نـوع OADM پیـاده و سـوار شـوند آنگـاه OADM به TM تبدیل می‌گردد. هر ایستگاه یـا نـود OADM دارای دو پـورت خـط W، E، N پورت TU می‌باشد.

NE یا ایستگاه کراس - کانکت نوری

برای تأمین و ارائه مقادیر بزرگی دیتا در شبکه های نوری لازم است که عمل سـوئیچینگ روی سیگنال های DWDM انجام شود، به عبارت دیگر عمل کراس - کانکت نوری در ایـن شـبکه‌هـا اجتناب ناپذیر است. عمل کراس کانکت نوری به توسط فرآیندهای نوری و به طـور فیزیکـی توسـط سوئیچ های نوری انجام می‌شـود. در واقـع در یـک شـبکه بـسیار بـزرگ کـه از چنـدین شـبکه بـا

۱- Re-Amplifing , Reshaping , Retiming

توپولوژی‌های مختلف ساخته شده است. مرکز ثقل شبکه ایستگاه OXC می‌باشد که می‌تواند فرآیند تقسیم ظرفیت یا پهنای باند را برای شبکه های کوچکتر انجام دهد. در اصل ایستگاه OXC یک ماتریس بزرگ می‌باشد که دارای پورت های ورودی و خروجی متعددی در جهات مختلف باشد؛ به عنوان مثال با استفاده از یک OXC می‌توان یک شبکه زنجیری را به شبکه حلقوی متصل کرد. کلیه پورت های OXC در سطح کانال می‌باشد به طوری که تعداد کانال‌های تأمین شده از طرف OXC به سمت هر شبکه ظرفیت کل آن شبکه را مشخص می‌کند.

انواع توپولوژی

به طور کلی ساختار هندسی یا نحوه اتصال NE ها به همدیگر در یک شبکه را توپولوژی آن شبکه می‌گویند. بر حسب نیاز، توپولوژی‌های مختلفی می‌تواند استفاده شود که انواع آن ها به شرح ذیل است:

۱- توپولوژی زنجیری (Chain Topology)

در این توپولوژی کلیه NE های موجود به همانند حلقه های یک زنجیر به همدیگر متصل می‌شوند و هیچ گونه ارتباطی به طور مستقیم بین NE های ابتدایی و انتهایی وجود نداشته و آنها از نوع TM بوده و تمامی NEهای بین راهی از نوع OADM هستند. از ویژگی های عمده این توپولوژی توسعه آسان و نگهداری راحت می‌باشد. ولی این توپولوژی فاقد مکانیسم پروتکشن است. این نوع توپولوژی کاربرد مناسبی در خطور انتقال نیرو، خطوط راه‌آهن و بزرگراهها دارد.

۲- توپولوژی ستاره‌ای (Star Topology)

در توپولوژی ستاره‌ای یک NE از اهمیت بالایی برخوردار است و کلیه NE های دیگر به این NE متصل می‌گردند و ضمناً NEهای غیر مرکزی هیچگونه ارتباطی با همدیگر به طور مستقیم ندارند. از مزایای عمده این توپولوژی تقسیم پهنای باند بین NEهای مختلف است. ایراد اصلی شبکه ستاره‌ای این است که اگر NE مرکزی از کار بیافتد کل شبکه یا توپولوژی ستاره‌ای از بین خواهد رفت. این نوع توپولوژی یا ساختار شبکه ای کاربرد بسیار مناسبی در شبکه‌های Access دارد.

۳- توپولوژی درختی (Tree Topology)

این توپولوژی ترکیبی از توپولوژی های زنجیری و ستاره‌ای است. کلیه مزایا و معایب این دو نوع

توپولوژی را دارد. کاربرد مناسبی در شبکه های Broadcast و Access دارد.

٤- توپولوژی حلقوی (Ring Topology)

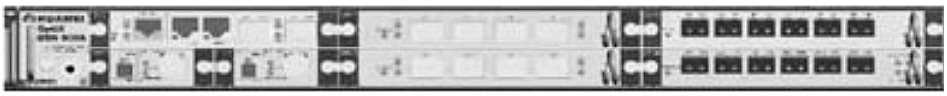
توپولوژی حلقوی همانند یک شبکه زنجیری است که NEهای ابتدایی و انتهایی به طور مستقیم به همدیگر متصل می‌شوند و تمام NE های موجود در این نوع توپولوژی از نوع OADM می‌باشند. از نکات مهم در ارتباط با توپولوژی حلقوی وجود مکانیسم پروتکشن خوب می‌باشد. البته ترکیب‌بندی و تعریف شبکه دشوار و به همان نسبت هم نگهداری چنین توپولوژی دشوار است. این نوع توپولوژی در حال حاضر متداول‌ترین نوع توپولوژی در شبکه‌های انتقال می‌باشد.

٥- توپولوژی مش (Mesh Topology)

در این نوع توپولوژی کلیه NEهای موجود می‌توانند با همدیگر ارتباط مستقیم داشته باشند. مهمترین ویژگی این نوع توپولوژی این است که هیچگاه ارتباط یا ترافیک بین دو NE قطع نخواهد گردید. اما این شبکه از نظر تعریف ترافیک‌ها و نگهداری بسیار پیچیده بوده و هزینه بسیار بالایی دارد. این نوع توپولوژی کاربرد مناسب و خوبی در شبکه های NG و ASON و SDH دارد، زیرا این گونه تجهیزات دارای مهندسی ترافیک بوده و قادر است پروتکل هایی همانند MPLS در شبکه‌های Packet Switching را حمایت و پشتیبانی کند. با توجه به پیشرفت های تکنیکی و فنی می‌توان اذعان داشت که آینده‌ی شبکه های انتقال در دست این نوع توپولوژی است.

در پایان به چند نمونه از سیستمهایWDM اشاره می‌کنیم:

۹۰۰OSN : این دستگاه یک سیستم WDM است که قابلیت بهره گیری از تکنولوژی DWDM چهل کانال و CWDM هشت کانال را دارد. این سیستم می‌تواند هر سرویس بین ۱۰۰M تا ۲٫۶۷G را به صورت شفاف عبور دهد. از مزایای این دستگاه ابعاد کوچک و توان مصرفی کم است.



شکل ٤-٥ سیستم WDM

BWS ١٦٠٠G : این دستگاه با بهره گیری از تکنولوژی DWDM با ظرفیت بالا برای انتقال در مسافت طولانی و پهنای باند بسیار بالا می‌باشد. این تجهیز می‌تواند تا ۱۹۲ کانال را در یک فیبر

مالتی‌پلکس کند. هر کدام از این کانال‌ها می‌توانند تا ۱۰Gbps باشند. وقتی فقط ۸۰ کانال باند C استفاده می‌شوند، هر کانال می‌تواند تا ۴۰Gbps باشد.

سیستمهای(OTN (NG-WDM

OSN ۳۸۰۰/۶۸۰۰ : تجهیزات مالتی سرویس WDM و مبتنی بر OTN/ASON می‌باشند که زمینه را برای گذر از شبکه‌های سنتی مبتنی بر صدا و رسیدن به شبکه‌های نسل نوین مبتنی بر دیتا مهیا کرده است. در این تجهیزات مبتنی بر OTN، در واقع راحتی و انعطاف‌پذیری کار با SDH، گنجایش بالای تکنولوژی WDM و امکانات سرویس‌های اترنت با هم جمع شده‌اند. وجود امکان ROADMباعث می‌شود که این تجهیزات از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار باشند. OSN۶۸۰۰ توانایی پشتیبانی ۴۰ کانال DWDM/ROADM و ۱۸ کانالCWDM را دارد. OSN۳۸۰۰ توانایی پشتیبانی ۱۲ کانال DWDM و ۸ کانال CDWM را دارد. هر کدام از کانال‌ها می‌توانند تا ۴۰Gbps باشند.

فصل پنجم

منابع تغذیه

۵-۱- مقدمه

یک منبع تغذیه، دستگاهی برای تأمین انرژی الکتریکی برای یک یا چند بار مصرفی است. این عبارت به صورت معمول در رابطه با دستگاه‌هایی که حالتی از انرژی الکتریکی را به حالتی دیگر تبدیل می‌کند، به‌کار می‌رود. منابع تغذیه DC دستگاهایی هستند که ولتاژ متناوب AC را به ولتاژ DC جهت مصارف مختلف تبدیل می‌کنند.

برخی از منابع تغذیه بر اساس استانداردهای مخابراتی طراحی و تولید می‌گردند. این گروه از دستگاهها جهت تغذیه سیستم‌های مخابراتی از قبیل انتقال، ارتباطات رادیویی، مراکز سوئیچ، مراکز ماکروویو و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند.

عدم آگاهی از نقش کلیدی منبع تغذیه سبب می‌گردد که بسیاری از افراد در هنگام ساخت و توسعه‌ی امکانات و تولیدات خود، بودجه بسیار ناچیزی را نسبت به سایر قطعات الکترونیکی صرف تهیه آن کنند. این مسأله در دراز مدت، ساعات خروج از سرویس تجهیزات را بیشتر کرده و مشکلات فراوانی از قبیل بیکاری نیروی انسانی ایجاد می‌کند.

برخی شرکتهای تولید کننده در زمینه منابع تغذیه، سرعت بخشی به استفاده از منابع تغذیه سوئیچینگ بجای ترانس‌های حجیم و نابود کننده انرژی را به عنوان هدف اول در دستور کار خود قرار داده اند. در مرحله بعد، تهیه مناسب‌ترین منابع تغذیه سوئیچینگ در بازار و آگاهی دادن به مصرف کننده درباره اهمیت و توجه به انتخاب صحیح منبع تغذیه در هنگام طراحی و ساخت، از اهداف زیربنایی این شرکت‌ها می‌باشد.

در نهایت، مصرف کننده ضمن توجه به استفاده از تکنولوژی سوئیچینگ در هنگام خرید منبع تغذیه، نه تنها بر مبنای مقادیر ولت و آمپر، بلکه بر اساس شرایط مطلوب کاری، توان مصرفی و بودجه، مناسب‌ترین منبع تغذیه را جهت کاربرد خود انتخاب می‌کند.

۵-۲- تعریف منبع تغذیه

انرژی الکتریکی معمولاً به صورتی که در نیروگاه تولید و توزیع شده، مورد استفاده واقع نمی‌شود. عملاً تمامی تجهیزات الکترونیکی جهت استفاده از انرژی الکتریکی به نوعی تبدیل نیازمندند. منبع تغذیه یا پاور ساپلای وسیله‌ای است که با استفاده از مدارات الکترونیکی، انرژی الکتریکی منبع ورودی را به شکل مناسب به بار (مصرف کننده) انتقال داده و یا تبدیل می‌کند.

در تمامی مصارف، مدارات الکترونیک بنا به طراحی خاص خود، جهت راه‌اندازی به ولتاژ و جریان در سطوح معین نیاز دارند. در نگاه محدودتر، منبع تغذیه دستگاهی است که قادر است از یک ورودی

ولتاژ متناوب یا مستقیم در محدوده معین، ولتاژهای مستقیم مختلف (قابل تنظیم) با سطوح جریان مختلفی تولید نماید.

منبع تغذیه سوئیچینگ (Switched-Mode Power Supply) یا SMPS یک واحد تغذیه توان (PSU)[1] است که به روش سوئیچینگ عمل رگولاسیون را انجام می‌دهد. برای ثابت نگه داشتن ولتاژ در خروجی یک منبع تغذیه، دو روش رگولاسیون خطی و رگولاسیون به روش سوئیچینگ رایج می‌باشد.

۵-۳- انواع منبع تغذیه

در عمل، دو نوع منبع تغذیه از نظر طراحی وجود دارد:

الف- خطی (Linear)

ب- سوئیچینگ (Switching)

تفاوت منبع تغذیه خطی و سوئیچینگ

برای ثابت نگه داشتن ولتاژ مستقیم در خروجی یک منبع تغذیه، دو روش رگولاسیون خطی و رگولاسیون به روش سوئیچینگ رایج می‌باشد. منبع تغذیه سوئیچینگ یک واحد تغذیه توان است که به روش سوئیچینگ عمل رگولاسیون را انجام می‌دهد. در روش رگولاتور خطی از ترانس و المانهای یکسوکننده جریان و فیلتر استفاده می‌شود. تلفات بالا و بازدهی پایین و عدم دسترسی به رگولاسیون دقیق و کیفیت دلخواه در خروجی، مشکلات منبع تغذیه خطی می‌باشند.

سه عامل اصلی در تفاوت این دو روش عبارتند از :

- فرکانس کار ترانسها در روش خطی ۵۰ تا ۶۰ هرتز است. ترانسهای فرکانس پایین، اندازه و حجم بزرگی دارند. در روش سوئیچینگ به دلیل استفاده از فرکانس بالای ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوهرتز، حجم و وزن ترانسها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و درنتیجه اندازه منبع تغذیه سوئیچینگ کوچکتر است.
- راندمان یا بازده توان در روش سوئیچینگ بسیار بیشتر از روش خطی است. یک منبع خطی با تلف کردن توان، خروجی را رگوله یا یکسو می‌کند ولی در روش سوئیچینگ با تغییر میزان دوره سیکل سوئیچ، ولتاژ و جریان خروجی کنترل می‌شود. با یک طراحی خوب در روش سوئیچینگ می‌توان به حدود ۹۰ درصد بازدهی دست یافت.

1- Power Suply Unit

- در طراحی منابع تغذیه سوئیچنگ، به دلیل وجود فرکانس بالا، بحث نویز و اثرهای ناخواسته الکترومغناطیسی بسیار مهم بوده و برای حذف آنها از فیلتر و اتصالات RF استفاده می‌شود. طراحی منبع تغذیه خطی بسیار ساده بوده و اثرات نویز در خروجی بسیار کمتر است.

منابع تغذیه سوئیچینگ

در طراحی منبع تغذیه سوئیچینگ اگر ورودی اصلی ولتاژ متناوب باشد، ابتدا از یک طبقه یکسوکننده عبور کرده و یک ولتاژ مستقیم رگوله نشده ایجاد می‌شود. این ولتاژ مستقیم به خازنهای فیلترینگ بزرگ متصل می‌شود. جریان کشیده شده توسط این یکسوکننده از ورودی ولتاژ متناوب باعث ایجاد پالسهای جریان در اطراف پیک ولتاژ متناوب می‌شود. این پالسهای کوچک مولد فرکانسهای بالا بوده و کاهش فاکتور توان را به همراه دارند که تکنیک تصحیح فاکتور توان برای مقابله با آن ایجاد شده است. مدار تصحیح فاکتور توان جریان مصرفی یکسوکننده را شبیه به شکل موج سینوسی نگاه داشته و در نتیجه فاکتور توان در برق ورودی متناوب اصلاح و نزدیک به ۱ باقی می‌ماند.

محدوده ولتاژ متناوب ورودی توسط یک سوئیچ در دو حالت ۱۱۵ و ۲۳۰ ولت انتخاب می‌شود. در حالت ۱۱۵ ولت یک مدار دو برابر کننده ولتاژ در طبقه ورودی اضافه می‌شود. در برخی مدلها محدوده ولتاژ متناوب ورودی یونیورسال بوده و حداقل۱۰۰ تا ۲۴۰ ولت را پشتیبانی می‌کنند. در یک منبع تغذیه با ورودی ولتاژ مستقیم به مرحله یکسو کننده احتیاجی نیست.

در مرحله اینورتر، مقدار ولتاژ مستقیم تولید شده در مرحله قبل، دوباره به ولتاژ متناوب تبدیل می‌شود. فرکانس خروجی اینورتر بیش از ۲۰ کیلوهرتز (خارج از محدوده شنوایی) انتخاب می‌شود. عمل سوئیچ معمولاً به کمک چند طبقه MOSFET جهت رسیدن به بهره بالا انجام می‌شود. در مرحله بعد ترانس با تعداد دورهای پیچشی کم قرار دارد. به دلیل فرکانس بالا دور سیم پیچ ترانس کم می‌شود و بسته به نیاز ترانس افزاینده یا کاهنده است. در مرحله نهایی هم یک طبقه یکسوکننده و فیلتر وجود دارد که وظیفه‌ی آن ساختن خروجی ولتاژ مستقیم در محدوده معین و مشخصات مناسب است.

شکل ۵-۱ یک نمونه منبع تغذیه سوئیچینگ

۵-٤- آشنایی با اجزاء فیزیکی منبع تغذیه

در اینجا به صورت مختصر و با زبان ساده، اجزاء داخلی منبع تغذیه سوئیچینگ شرح داده شده است. بدیهی است که این ساختار عمومی نبوده و در حدود ۷۵ درصد از ساختارهای داخلی منابع تغذیه استاندارد کنونی را در بر می‌گیرد.

فیلتر

این بخش از عناصر سلف و خازن تشکیل شده و وظیفه ی آن ممانعت از خروج فرکانس‌های اضافی (درمحدودهی کاری نویز حاصل از مدار سوئیچینگ) منبع تغذیه به بیرون و همچنین ممانعت از ورود فرکانس‌های اضافی (حاصل ازدوران موتورهای الکتریکی و سیستمهای مولد حرارت و غیره) به داخل منبع تغذیه می‌باشد.

Input Capacitor

این قسمت از دو خازن الکترولیت با ظرفیت متناسب توان منبع تغذیه تشکیل شده و وظیفه آن کنترل سطح ولتاژ ورودی در هنگام کارکرد و همچنین ذخیره انرژی مورد نیاز مدار سوئیچینگ به هنگام وقفه‌های کوتاه انرژی می‌باشد.

Power Switching

این بخش معمولاً از دو ترانزیستور قدرت تشکیل شده و وظیفه ی آن کنترل سطح ولتاژ خروجی از طریق زمان روشن و خاموش شدن (سوئیچ) است.

Transformer

این بخش بنا به نوع طراحی، از دو تا سه ترانس، تشکیل شده که علاوه بر ایزولاسیون ولتاژ مستقیم، وظیفه تغییر سطح ولتاژ را بر عهده دارند. طراحی این قسمت بسیار حساس است، زیرا اگر تعداد دورهای اولیه و ثانویه متناسب با طراحی مدار نباشد، پایداری مدار و ضریب اطمینان نیمه‌هادی و در نهایت کارکرد منبع تغذیه با مشکل اساسی مواجه خواهد شد.

Output Diodes

این قسمت از دیودهای شاتکی، زنر و... تشکیل شده و وظیفه آن یکسو سازی ولتاژ خروجی در حالات عادی و قطع کامل جریان خروجی در حالات خاص می‌باشد.

Heat Sink

این قسمت از آلیاژهای مختلف آلومینیوم و مس ساخته می‌شود و به واسطه تعبیه شیارهایی بر روی آن جهت عبور جریان هوا، وظیفه انتقال دما از ترانزیستورهای سوئیچینگ و همچنین دیودهای شاتکی و فست به محیط اطراف را بر عهده دارد.

Output Filter

این قسمت از چند خازن الکترولیت و سلف‌های چند لایه تشکیل شده است که وظیفه ذخیره انرژی در زمان روشن و ارائه آن در زمان خاموشی ترانزیستور را بر عهده دارد.

FAN

با وجود اینکه معمولاً مصرف کنندگان برای این قسمت اهمیتی قائل نمی‌شوند، انتقال حرارت در منابع تغذیه بسیار مهم و حیاتی بوده و رابطه مستقیمی با راندمان و طول عمر آن دارد. تهویه بهتر هوای گرم ازمحیط داخلی منبع تغذیه به فضای بیرون، کارکرد بهتر و عملکرد دراز مدت‌تر منبع تغذیه را در پی دارد.

PCB

برد اصلی منبع تغذیه می‌باشد که کلیه قطعات بر روی آن نصب می‌شوند. رعایت استانداردهای مختلف درساخت برد، از جمله تحمل حرارت بالا و عدم استفاده از مواد خطرناک برای محیط زیست، باعث افزایش ضریب ایمنی کاربر می‌گردد.

IC Controller

این قسمت پیچیده ترین بخش مدار می‌باشد و درسال‌های اخیر تغییرات چشمگیری در طراحی آن به وجود آمده است. آی سی‌های جدید چند نوع وظیفه مختلف بر عهده دارند و کارکرد منابع تغذیه جدید را بهتر کرده‌اند. در زیر بطور خلاصه به وظایف آی سی‌هایی که در بعضی از پاورهای جدید به کار رفته اشاره شده است.

- کنترل خروجی، که با تولید پالس‌های ویدث ماجولار، فرآیند تغییر پنهانی یک رشته پالس بر اساس تغییرات سیگنال‌های دیگر و اعمال بازخورد ولتاژ و جریان و راه‌اندازی نرم در کلیه خروجیها را بر عهده دارد.
- مونیتورینگ، که ازطریق یک شبکه تقسیم مقاومتی، کسری از ولتاژ خروجی به آی سی جهت مقایسه با یک ولتاژ مبنا، منتقل می‌شود و در صورت بروز هرگونه تغییر در خروجی دستور وقفه از طریق آی سی صادر می‌شود.
- نوسان ساز، که در فرکانس پایه کار می‌کند و موج مثلثی جهت استفاده در پالس ویدث ماجولار را تولید می‌کند.
- راه اندازخروجی، که توان کافی را جهت بکارگیری در بارهای کم و میانه، تولید می‌کند.
- ولتاژ مبنا، که ولتاژ پایه را جهت مقایسه خروجیها و همچنین یک ولتاژ پایدار برای سایر بخشها تولید می‌کند.
- مبدل خطا، که عرض پالس ولتاژ خروجی را متناسب با سطح ولتاژ، تنظیم می‌نماید.
- تصحیح فاکتور توان، که وظیفه آن تصحیح‌هارمونیک‌های فرکانس خروجی و هدایت و کنترل آنها به مدار پالس است.

مهمترین عامل در انتخاب منبع تغذیه بر مبنای توان مصرفی

هر یک از قطعات بکار رفته در مدارات الکترونیک، مقدار توان مصرفی مشخصی دارند و می‌توان با جمع کردن مقدار توانها، توان مصرفی کل را محاسبه نمود. تولیدکنندگان منبع تغذیه در سراسر جهان توصیه می‌کنند پاوری را انتخاب نمایید که حداقل ۱۰درصد بالاتر از توان حداکثر مصرفی

قدرت داشته باشد. با رعایت این نکته در دراز مدت راندمان و کارآیی یک پاور در مصرف کمتر از حداکثر ۹۰درصد توان واقعی آن، به طور چشمگیری افزایش یافته و از بروز مشکلات جلوگیری می‌کند.

مشخصات فنی یک منبع تغذیه با کیفیت مطلوب

شاید برای شما این مسئله به وجود آمده باشد که آیا صرفاً میزان ولتاژ و جریان خروجی یک منبع تغذیه ملاک مناسبی جهت کارآیی آن می‌باشد؟ جواب منفی است. در واقع نکات مهم دیگری نیز در تعیین کارآیی منبع تغذیه وجود دارند. به طور مثال اگر توان خروجی متناسب با توان مصرفی باشد ولی مقدار نویز و ریپل خروجی از منبع تغذیه بالاتر از حد استاندارد باشد، ممکن است در سیستم‌های کامپیوتری سرعت پردازش اطلاعات به طور چشمگیری کاهش داده و تجهیزات در حال کار را بارها دچار وقفه کند. در ادامه نکات فنی یک منبع تغذیه با کیفیت مناسب به صورت مختصر لیست شده‌اند.

- در صورت به وجود آمدن اتصال کوتاه در هر یک از شاخه‌های خروجی، منبع تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- مطابق با استاندارد طراحی مدار، کیفیت قطعات داخلی و دور فن به گونه‌ای باشد که باعث بالا رفتن عمر مفید منبع تغذیه گردد.
- مطابق با استاندارد، منبع تغذیه دارای ضربه گیر ورودی و لاین فیلتر به همراه خازن‌های X,Y با علامت درج شده استاندارد باشد.
- حرارت قطعات داخلی از محدوده مجاز تعیین شده در استاندارد تجاوز نکرده و در صورت از کار افتادن فن، منبع تغذیه به طور خودکار خاموش شود.
- نویز به وجود آمده، از محدوده مجاز تعیین شده دراستاندارد تجاوز ننماید، که این مورد در کارایی رایانه و همچنین بالا رفتن عمر مفید قطعات متصل به منبع تغذیه تأثیر بسیار زیادی دارد.
- طراحی مدار به گونه‌ای باشدکه دوران فن‌ها متناسب با حرارت داخلی تغییر یابد. این مورد باعث پایین آمدن نویز صوتی و بالا رفتن عمر مفید فن می‌گردد.
- در حدود تعیین شده در استاندارد، در صورت افزایش ناگهانی ولتاژ در ورودی، منبع تغذیه دچار آسیب جدی نشود.
- مطابق با استاندارد، منبع تغذیه دارای ترمینال تخلیه بار الکتریکی و همچنین درج علامت مربوطه بر روی بدنه داخلی باشد.

- مطابق استاندارد آتش سوزی، برد اصلی منبع تغذیه دارای کلیه موارد و نکات ایمنی لحاظ شده در استاندارد آتش‌سوزی باشد.
- مدت زمانی که به طول می انجامد تا ولتاژ +V پس از وقفه انرژی در ورودی، از مرز ۹۰٪ مقدار اولیه خود پایین‌تر بیاید، مطابق با استاندارد باشد.
- مدت زمانی که به طول می‌انجامد تا ولتاژ +V پس از روشن شدن منبع تغذیه، از مرز ۹۵٪ مقدار اولیه خود عبور کند، مطابق استاندارد باشد.
- در صورت به وجود آمدن اتصال کوتاه در هر یک از شاخه‌های خروجی، منبع تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- در حدود تعیین شده در استاندارد، در صورت افزایش بار مصرفی خارج ازتوان حداکثر، منبع تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- در حدود تعیین شده استاندارد، در صورت افزایش ولتاژ در هر یک از شاخه‌های خروجی، منبع تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- در حدود تعیین شده استاندارد، در صورت کاهش ولتاژ در هر یک از شاخه‌های خروجی، منبغ تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- در حدود تعیین شده در استاندارد، در صورت اضافه بار خارج از توان بر روی هر یک از شاخه‌های خروجی، منبع تغذیه به صورت خودکار خاموش شود.
- در حدود تعیین شده دراستاندارد، هارمونیک‌های فرکانس خروجی توسط مدار PWM تصحیح شود، که این امر باعث افزایش راندمان منبع تغذیه و کاهش مصرف انرژی می‌گردد.
- مطابق استاندارد، با اعمال بار متقابل بر روی هر یک از خروجی‌ها، تغییر ولتاژ سایر خطوط در گستره معین و هماهنگ با سخت افزار به کاربرده شده باشد. این مورد در سال‌های اخیر با توجه به تغییرات مکرر تکنولوژی به طور مرتب رو به تغییر بوده و عدم رعایت آن باعث بروز مشکلات اساسی گردیده است.
- در صورتی که منبع تغذیه به فیلترهای مناسب ورودی و خروجی مجهز باشد، تداخل فرکانس‌های رادیویی بر روی پایانه‌های ورودی و خروجی باید در محدوده مجاز تعیین شده در استاندارد باشد.
- مطابق با استاندارد، تشعشعات مغناطیسی که از داخل منبع تغذیه به بیرون و بالعکس در جریان است، باعث بروز مشکل درکارکرد منبع تغذیه و نیز سایر وسایل الکترونیکی مجاور آن نگردد.

- مطابق استاندارد، در صورت باردار شدن بدن کاربر به الکتریسیته ساکن و تماس کاربر با منبع تغذیه، مشکلی در کارکرد منبع تغذیه به وجود نیاید.

مشخصات ظاهری یک منبع تغذیه با کیفیت مطلوب

از آنجاییکه برای مصرف کننده نهایی امکان انجام تست‌های فنی وجود ندارد، این سوال مطرح است که چگونه می‌توان یک پاور مناسب را از نظر ظاهری شناخت؟ در اینجا تعدادی از موارد ظاهری در یک منبع تغذیه مناسب و استاندارد ذکر می‌گردد. در صورت رعایت موارد زیر توسط تولید کننده، این اطمینان پیدا می‌شود که منبع تغذیه مورد اشاره مناسب و در محدودهای که استاندارد مشخص نموده تولید شده و در آینده مشکلاتی ایجاد نمی‌کند.

- دارای استانداردهای بین المللی باشد و علامت آن برروی برچسب نصب شده، درج شده باشد.
- دارای گارانتی معتبر شرکت تولیدکننده باشد.
- علاوه بر مقدار توان حداکثر که بر روی برچسب ذکر شده است، حتماً مقدار توان واقعی آن در قسمتی از برچسب و یا مدل ذکر شده باشد. چرا که برای کاربر فقط و فقط مقدار توان واقعی پاور اهمیت دارد. حداکثر تفاوت میان توان واقعی و توان حداکثر درج شده بر روی برچسب از ۳۰ درصد تجاوز نکند.
- برچسب نصب شده بر روی جعبه پاور، خوانا و شامل موارد زیر باشد: محدوده ولتاژ ورودی، جریان ورودی و فرکانس کاری. علاوه بر مقدار توان خروجی حداکثر، مقدار توان خروجی واقعی نیز بر روی آن درج شده باشد. نام کارخانه تولید کننده به همراه علامت تجاری آن، بر روی برچسب درج شده باشد. نام آزمایشگاههای تاییدکننده و همچنین کلیه علامات استانداردهای کسب شده، بر روی آن درج شده باشد. مشخصات ولتاژ خروجیها و همچنین مقدار آمپر عبوری هر یک به طور مجزا برروی آن درج شده باشد.

۵-۵- استانداردهای مربوط به منبع تغذیه

بحث در مورد استانداردهای مربوط به منبع تغذیه بسیار گسترده می‌باشد که نمی‌توان به طور کامل به آنها اشاره نمود. هر یک از کشورهای صنعتی برای خود استانداردهایی به منظور کسب اطمینان از ایمنی کامل در هنگام کارکرد منبع تغذیه دارند. واژه ایمنی برای تجهیزات الکترونیکی به معنای آن است که محصولات تولید شده، ایجاد شوک نکند، آتش نگیرد و یا حالات ناخواسته را به

کاربر تحمیل ننماید. در مورد منبع تغذیه موارد ایمنی مضاعفی در نظر گرفته شده است، چرا که منبع تغذیه نه تنها نیازهای ایمنی خود، بلکه نیازهای ایمنی کلیه قطعاتی که از آن تغذیه می‌شوند را نیز تامین می‌نماید. تعدادی از این استانداردها عبارتند از:

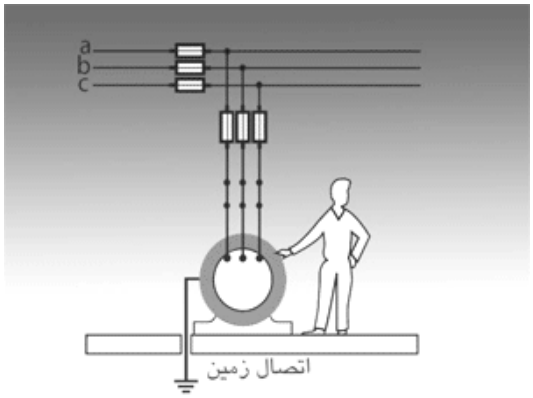
CUL ,D ,N ,S, FI,VDE ,NKO ,EMI ,BSI ,CSA ,FCC ,TUV ,CB ,UL ,CE

شرکتهای معتبر دارای آزمایشگاههای بسیار پیشرفته ای می‌باشند که قادرند شرایط بسیار دشواری را جهت تست کیفیت کارکرد و راندمان یک پاور به وجود آورند و در صورت احراز این شرایط، تاییدیه خاص خود را صادر نمایند. به طور مثال نویز و ریپل خروجی پاور تاثیر مستقیم بر روی بازدهی و سرعت پردازشگرهای کامپیوتری دارد. همچنین مسئله تخلیه حرارت داخلی پاور بسیار مهم است، چرا که بعضی از دستگاهها حرارت بسیار بالایی تولید می‌نمایند و تخلیه این حرارت به جهت افزایش راندمان کلی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۵-٦- زمینش[1] (ارتینگ)

در تمام تأسیسات الکتریکی زمینش یکی از مهمترین و اساسی ترین اقداماتی است که برای جلوگیری از آسیب دیدن دستگاه‌های الکتریکی و تضمین سلامتی اشخاصی که به نحوی با این تجهیزات سر و کار دارند انجام می‌گیرد. بررسی آمارهای قطعی سیستم‌های مخابراتی در سالهای اخیر نشان می‌دهد که قسمتی از این قطعی‌ها مربوط به غیر استاندارد بودن سیستم گراندینگ در بعضی از ایستگاه‌ها بوده که این موضوع باعث خسارات فراوانی به سیستم‌های مخابراتی گردیده است. در شبکه‌های مخابراتی بویژه سیستم‌های ارتباطی مایکروویو، سیستم گراندینگ از اهمیت خاصی برخوردار است از این رو طراحی دقیق، نصب صحیح و نگهداری اصولی سیستم گراندینگ یا زمینش با در نظر گرفتن شرایط محیطی و جغرافیایی هر منطقه امری مهم و ضروری است.

۱- اصطلاح زمینش به جای ارتینگ یا گراندینگ که در محیطهای فنی، "زمین کردن" عنوان می‌شود، در این کتاب معرفی می‌گردد.



شکل ۵-۲ زمینش

هدف از ایجاد زمینش

هدف از ایجاد زمینش و به کارگیری این سیستم، حفاظت ایستگاههای مخابراتی در مقابل جریان‌های ناگهانی ناشی از تخلیه بار الکتریکی یا القایی است و با اطمینان از اینکه جریان‌های تخلیه شده یا القایی در قسمت‌های هدایت کننده شبکه زمین به نحوی توزیع شود که جریان حاصله در هر شاخه به حداقل مقدار ممکن تنزل یابد، یکی از عوامل مهم و مخربی که باعث خراب شدن ایستگاههای مخابراتی می‌شود صاعقه و رعد و برق است.

صدمات عمده صاعقه

صدمات عمده صاعقه به چهار دسته به شرح زیر تقسیم می‌شود:

- برخورد مستقیم به شخص که باعث توقف قلب یا عوارض و جراحات دیگر می‌شود.
- برخورد به ساختمان‌ها و دکل‌ها که منجر به آتش سوزی و سوختن دستگاه‌های رادیویی و در نهایت تخریب می‌گردد.
- ایجاد جرقه، اگر در مسیر تخلیه بار الکتریکی به مقاومت بزرگی برخورد کند هنگام عبور در آن نقطه ایجاد جرقه می‌کند که آن را جرقه گوشه ای می‌گویند.

بعضی از عوامل ایجاد جرقه گوشه‌ای عبارتند از :

الف) نقص در سیستم حفاظت صاعقه

ب) مسیر غیر صحیح هادی‌ها

ج) امپدانس زیاد سیستم حفاظت صاعقه

- ایجاد ولتاژ گامی یا قدمی، اختلاف ولتاژ ایجاد شده در فاصله بین قدم انسان می‌تواند

مرگ آور باشد. جریان در بدن انسان از پاها عبور می‌کند. ولتاژ تماسی مشابه گامی یا قدمی است اما گرادیان ولتاژ بین عمل اتصال به الکترود و محل خروج جریان از بدن شخص وجود دارد.

اصولاً صاعقه از مسیری که امپدانس کمتری دارد به زمین می رسد که معمولاً سیم‌های الکتریکی یا لوله‌های آب می‌باشند. بنابراین فلزاتی که کاملاً زمین شده باشند تخلیه الکتریکی صاعقه را با ضرر و زیان کمتری انتقال می‌دهند و بالعکس در مواد عایق یا نیمه عایق‌ها ضربه دریافتی در اثر تخلیه، ایجاد انفجار می‌کند که معمولاً درختان از این نوع هستند.

اجزاء اصلی و عمده ای که در سیستم‌های حفاظتی جهت تخلیه بار الکتریکی باید در نظر گرفت:

شبکه ترمینال هوایی

شبکه ترمینال زمینی

هادی‌های میانی

خم برای جلوگیری از جرقه گوشه‌ای

دلایل زمینش یا گراندینگ و انواع آن

الف- محافظت افراد و حیوانات

ب - محافظت وسایل و تجهیزات

ج - فراهم کردن شرایط کار صحیح

د - اطمینان از قابلیت کار الکتریکی

ه - جلوگیری از ولتاژ تماسی

و - حذف ولتاژ اضافی

ز - جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و رعد و برق

انواع زمینش

زمینش (گراندینگ) در تأسیسات الکتریکی بر سه قسم می‌باشد :

۱- زمینش حفاظتی ۲- زمینش الکتریکی ۳- زمینش مصنوعی

زمینش حفاظتی

زمینش حفاظتی عبارت است از زمینش کلیهٔ قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در تماس مستقیم (فلز به فلز) با مدار الکتریکی قرار ندارد. این نوع زمینش به خصوص برای حفاظت اشخاص در مقابل اختلاف سطح تماس زیاد به کار برده می‌شود. بدین جهت ساختمان‌ها و

دستگاههای مخابراتی را که امکان تماس عمدی یا سهوی با آن وجود دارد را به تأسیسات زمینی که برای این منظور احداث شده است مرتبط می‌سازند، مانند اتصال پوسته ژنراتورها به زمین.

اطلاعات و نکات ضروری برای داشتن یک سیستم حفاظتی مطمئن

- داشتن اطلاعات لازم جهت ایجاد زمین در هر نقطه ایستگاه
- رعایت ترتیب کاربردی فیوزها در مدارات الکتریکی با توجه به آمپرهای مصرفی و رعایت نکات ایمنی
- ایجاد پوشش‌های حفاظتی لازم برای هر قسمت
- توان ایجاد زمین‌های مختلف به منظورهای گوناگون

مشخصات یک زمین ایده آل

الف – داشتن مقاومت الکتریکی
ب – داشتن استقامت خوب در برابر اکسیده شدن سیستم‌های زمین (زمین غیرآهکی)
ج – داشتن قابلیت انتقال جریان زیاد به طور مکرر
د – داشتن قابلیت برای کار در مدت بیش از ۲۰ سال

روش‌های مختلف زمینش حفاظتی

۱. کوبیدن میله زمین
۲. موازی کردن میله زمین
۳. دفن کردن‌هادی‌ها، ورقه‌ها و صفحات
۴. استفاده از سیستم فلزی در زمین
۵. استفاده از میله و سیمهای فوندانسیون

شرایطی که برای اجرای یک زمین مناسب بایستی بکار رود

۱. در نظر گرفتن رطوبت خاک
۲. در نظر گرفتن مقاومت الکتریکی کم خاک
۳. توان ایجاد زمین‌های مختلف احتمالی
۴. عدم وجود مقاومت مکانیکی خاک

وسایل برقی معمولاً با برق ۲۲۰ ولت سه فاز کار می‌کنند و بدن انسان مقاومتی بین

۳۰۰۰ ~ ۱۵۰۰ اهم دارد؛ اگر مقاومت گسترده زمین را بین ۱۰۰۰ ~ ۵۰۰ اهم در نظر بگیریم و شرط مهم و اصلی برای حفاظت انسان و جانداران که باید اختلاف ولتاژ سطح زمین از ۱۲۵ ولت تجاوز نکند.

$$R_{eq} = R_h + R_e \qquad ۳۰۰۰ + ۱۰۰۰ = ۴۰۰۰ \text{ اهم}$$

مقاومت زمین + مقاومت انسان = مقاومت کل

$$V = RI$$

$$I = \frac{125}{4000} = ۰/۰۳ \text{ آمپر}$$

این جریانی است که می‌تواند از بدن انسان عبور کند و انسان صدمه نبیند. همچنین اختلاف سطح تماس، در خارج از محدوده پست‌های فشار قوی نبایستی از ۶۵ ولت تجاوز کند.

زمینش الکتریکی

زمینش الکتریکی یعنی زمینش نقطه‌ای از دستگاه‌های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می‌باشند، مثل زمینش مرکز ستاره، سه فاز ترانسفورماتورها و یا ژنراتورها و یا زمینش سیم وسط یا سیم مشترک در ژنراتور جریان دائم سری شده. باید دقت کرد که کلیهٔ وسایل مصرفی فلزی به یکدیگر کاملاً متصل و به سیستم زمین وصل گردند. به طور کلی میله‌های برق گیر و قطعات فلزی ساختمان باید به صورت یکپارچه سیستم حفاظتی ایستگاه را بوجود آورند تا احتمال بروز خطر برای دستگاههای رادیو و مالتی پلکس و منابع تغذیه کاهش یابد، همچنین اتصال و بست‌های فلزی کابل کواکسیال و کابل‌های تغذیه نیرو به سیستم زمین احتمال خطر ناشی از صاعقه را کاهش می‌دهد.

نکات مورد توجه در زمینش الکتریکی

۱. ماکزیمم جریانی که در موقع اتصال زمین شبکه از آن می‌گذرد و منبع قرار داده شود.
۲. در شبکه و تأسیساتی که دارای ولتاژهای مختلف می‌باشند معمولاً از یک زمین مشترک الکتریکی استفاده نمی‌شود (ولی در ایستگاههای مایکروویو که عملاً تابلو

برق دارای ولتاژهای ورودی متفاوت با ولتاژ مصرفی تأسیسات مخابراتی می‌باشند را طبق آئین نامه CCITT از سیستم یکپارچه استفاده می‌شود).

۳. در صورتیکه در تأسیسات زمین الکتریکی در موقع اتصال زمین شدن شبکه، ولتاژ زمین بزرگتر از ۱۲۵ ولت شود، باید سیم‌های رابط به زمین الکتریکی را عایق و در مقابل تماس سهوی و عمدی محافظت کرد.

تجهیزات سیستم ارتینگ

میله ارت کاپر باند

میله‌های ارت کاپر باند، برای سیستم‌های ارت، ایده‌آل به شمار می‌آیند چرا که یک سیستم ارتینگ با میله‌های ارت اقتصادی‌تر و موثرتر می‌باشد. در یک میله ارت استاندارد بایستی مولکول‌های خالص مس به صورت یکنواخت روی یک مغز فولادی با حداقل قطر ۲۵۴ میکرومتر پیوند تشکیل دهند. در این خصوص استاندارد UL467 می‌گوید: قطر غلاف مسی در هیچ نقطه‌ای نباید کمتر از ۰/۱ اینچ (۲/۵ میلی متر) باشد و شرایط و پارامترهای چسبندگی و خمشی باید در آن رعایت شده باشند، به این ترتیب در برابر خوردگی مقاومت بسیار خوبی حاصل می‌شود که مانع از فعالیت‌های الکترولیتی می‌گردد.

میله بدون رزوه

این نوع میله‌ها فاقد رزوه هستند و می‌توان آنها را به کمک چکش در زمین فرو کرد یا درون حفره ای که با PetInfill پر شده است قرار داد. نمونه ای از آن در شکل ۵-۳ مشاهده می‌گردد.

شکل ۵-۳ میله بدون رزوه

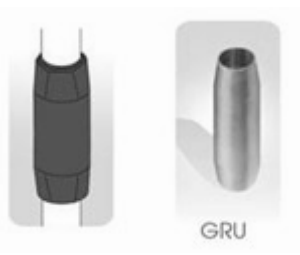
میله رزوه دار

رزوه‌های میله ارت طبق استاندارد از طریق یک پروسه نورد ساخته می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که شیار از توان کافی برای حفظ یکپارچگی مولکولی مس پیوند خورده برخوردار باشد.

شکل ۵-٤ میله رزوه دار

کوپلینگ

کوپلینگها از آلیاژ مس هستند تا بتوانند مقاومت خوبی در برابر خوردگی داشته باشند. آن‌ها امکان فرو رفتن به اعماق زمین را فراهم می‌کنند و همچنین از رزوه‌های میله ارت ضمن استفاده از ضربه خور محافظت می‌کنند. از کوپلرهای GRUN در میله‌های غیر شیاردار و از کوپلرهای GRU در میله‌های شیاردار استفاده می‌شود. نمونه ای از آن در شکل ۵–۵ مشاهده می‌گردد.



شکل ۵-۵ کوپلینگ

نوک فولادی مخصوص

نوک فولادی، از میله‌ها در زمان فرو بردن در خاک محافظت می‌کنند و به اپراتور اجازه می‌دهند تا میله‌ها را هنگام کوبیدن به آسانی درون زمین فرو ببرد. نمونه ای از آن در شکل ۵–۶ مشاهده می‌گردد.

شکل ۵-۶ نوک فولادی

ضربه خور

ضربه خور از فولاد مقاوم با امکان چند بار مصرف برای کوبیدن میله‌های ارت با کمک چکش استفاده می‌شوند. از ضربه خور مخصوص در میله‌های ارت رزوه دار یا بدون رزوه می‌توان استفاده کرد، اما ضربه خورهای معمولی فقط درون کوپلینگ پیچ می‌شوند و امکان استفاده روی میله‌های رزوه دار را دارند. نمونه ای از آن در شکل ۵–۷ مشاهده می‌گردد.

شکل ۵-۷ ضربه خور

میله ارت مس سخت

این نوع میله‌ها برای استفاده در شرایطی طراحی شده‌اند که در آن به مقاومت زیاد در برابر

خوردگی و طول عمر بسیار زیاد نیاز می‌باشد. هنگامی که باید حتماً از میله‌های سخت استفاده نمـود، باید آن‌ها را در یک سوراخ گمانه یا حفره خاکریز یا دیوار قرار داد.این میله‌هـا از مـس کـشیده شـده سخت با درجه خلـوص و مشخـصات مکـانیکی مطـابق بـا اسـتاندارد BS 2874 ، درجـه کـشیدگی سختی C101 و C102 ساخته می‌شوند. نمونه ای از آن در شکل ۵-۸ مشاهده می‌گردد.

شکل ۵-۸ میله ارت مس سخت

نحوه نصب میله‌های الکتروشیمیایی راست

الف – مناسب‌ترین محل را با در نظر گرفتن شرایط خاک، راحتی نصب، نگهداری و نزدیکی بـه دستگاهی که باید زمین شود انتخاب نمائید.

ب – سوراخی به عمق حدود ۳۰۰۰ و قطر ۷۵ mm تعبیه می‌کنیم.

ج – میله را طوری که کلمپ آن بالا باشد داخل سوراخ قرار می دهیم چال کردن میله در عمقی که نوار قرمز کمی بالای سطح زمین قرار گیرد معرف نصب صحیح میله می‌باشد. برای اینکـه میلـه خوب عمل نماید باید مجاری تنفسی سر میله حداقل ۳۰ mm بالای سطح زمین باشد.

د – وقتی که یک میله مستقر شد سیم یا کابل زمین را به پـیچ U شـکل سـر میلـه بـا کلمـپ می‌بندیم بعد سیستم مانند یک الکترود زمین عمل می‌کند.

ه – دو سطل آب و نمک با ترکیب یک کیلوگرم نمک نرم در هر سطل آماده نمایید.

و – میله را در محل خود قرار داده و برای ایجاد رطوبت کافی و فعال کردن مواد شیمیایی داخـل میله یک یا دو سطل آب در سوراخ اطراف میله می‌ریزیم.

ز – باید مطمئن شویم که مجاری تنفسی مسدود نشده و بالای سطح زمین قرار گرفته باشـد در این حال میله مستقر شده و آماده پر کردن می‌باشد لذا فضای اطراف میله را با خاک پر می‌کنیم.

نصب میله‌های الکتروشیمیایی L شکل

در محل‌هایی که شرایط طبیعی مانع از به کاربردن میله‌های الکتروشیمیایی راست باشد به جای آن میله‌های L شکل انتخاب می‌شوند. میله‌های L شکل باید حتی الامکان در عمق زمین طوری نصب شوند که انتهای آن حداقل ۸۰ mm از زانو پایین‌تر باشد.

الف- پس از انتخاب بهترین عمل برای نصب میله، کانالی به عرض یک متر و طول ۳ متر با شیب به سمت محل انتهای میله حفر نمائید.

ب- مخلوطی از خاک نرم و دانه‌های نمک تهیه می‌کنیم.

ج- حدود ۳ سطل از مخلوط خاک و نمک را برای ساختن بستر لوله کف کانال پهن نموده، برای مرطوب کردن روی آن به آرامی آب می‌ریزیم.

د- میله را روی مخلوط خاک و نمک طوری می‌خوابانیم که انتهای میله حداقل ۸۰ mm پایین‌تر از زانو بوده و مجاری تنفسی حداقل ۳۰ mm بالای سطح زمین باشد.

ه - قسمت افقی میله را با باقیمانده خاک و نمک طوری می پوشانیم که به شکل یک تاج در طول نهایی میله باشد.

ز- مخلوط را با آب مرطوب نموده و برای جلوگیری ازتبخیر آب روی آن را با ورق پلاستیک و یا کاغذ قیراندود می‌پوشانیم .

ط- پس از اطمینان از اینکه مجاری تنفسی سر میله بالای سطح زمین باقیمانده است تمام کانال را با خاک پر کرده و محکم می‌کوبیم.

مشخصات فنی الکترود شیمیایی زمین

- جنس دیواره خارجی میله از مس نوع K می‌باشد.
- قطر خارجی میله ۵۴ mm می‌باشد.
- طول میله ۳/۰۵ m می‌باشد (میله راست).
- مقاومت گسترده پس از شش ماه از تاریخ نصب در شرایط نرمال کمتر از ۵ اهم می‌باشد.
- مادهٔ داخل میله از جنس الکترولیت شیمیایی فعال شوند، با رطوبت می‌باشند.
- سیم زمین مورد نیاز سیم مسی طنابی نمره ۳ تا ۸ واحد آمریکایی یا معادل آنها می‌باشند.
- عمر مفید میله‌های موجود در شرایط نرمال بیش از ۲۰ سال پیش بینی شده است.

ضربه خور فولادی

ضربه خور فولادی از فولاد بسیار سخت (BS 970) و برای حفـظ میلـه ارت در برابـر صـدمات استفاده می‌شوند.

شکل ۵-۹ ضربه خور فولادی

نوک فولادی

نوک فولادی از فولاد بسیار سخت طبق استاندارد BS970 ساخته می‌شوند و از نوک میله‌ها محافظت می‌کنند.

شکل ۵-۱۰ نوک فولادی

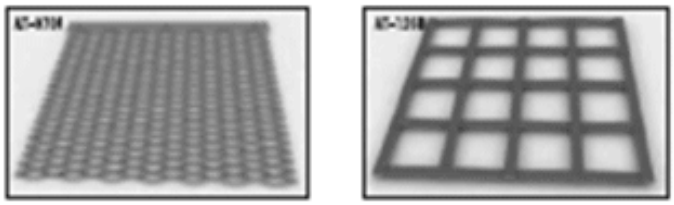
داول

داول‌ها از فولاد ضد زنگ سخت شده ساخته می‌شوند.

شکل ۵-۱۱ داول

میله ارت فولادی ضد زنگ و لوازم جانبی

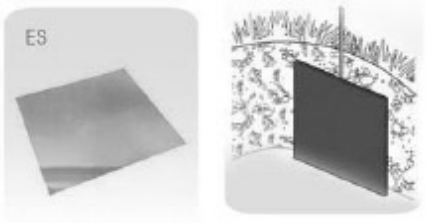
این میله‌ها برای مواقعی طراحی شده‌اند که ممکن است خوردگی گالوانیکی ناشی از مدفون شدن فلزات غیر همسان در فاصله نزدیک به یکدیگر، مشکل زا شود. در این شرایط، یک میله مسی می‌تواند با فلز مدفون شده واکنش دهد، به این ترتیب خوردگی رخ می‌دهد. راه حل این معضل، استفاده از میله‌های ضد زنگ سخت شده با درجه BS 970 Grade 316S12 می‌باشد.



شکل ۵-۱۲ صفحات مشبک

صفحات ارت

از این صفحات می‌توان به عنوان بخشی از سیستم ارتینگ استفاده کرد. طبق استاندارد BS این صفحات بایستی از مس الکترولیتیکی خالص باشند. برای ایجاد شبکه‌های مسی و میله‌های ارت از این صفحات می‌توان به عنوان بخشی از سیستم ارتینگ استفاده کرد. طبق استاندارد BS این صفحات بایستی از مس الکترولیتیکی خالص باشند.



شکل ۵-۱۳ صفحات ارت

در ادامه تصاویرسایر تجهیزات سیستم ارتینگ را مشاهده می نمایید.

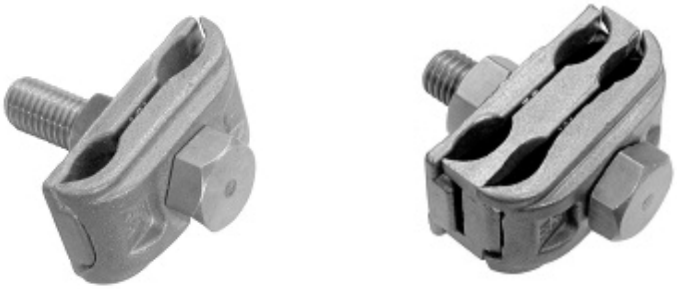
کلمپ سیم به میله

شکل ۵-۱٤ کلمپ سیم به میله

کلمپ تسمه به میله ارت

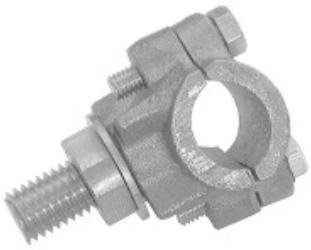
شکل ۵-۱۵ کلمپ تسمه به میله ارت

کلمپ‌های سیم به استراکچر



شکل ۵-۱٦ کلمپ سیم به استراکچر

کلمپ نگهدارنده سیم CSN



شکل ۵-۱۷ کلمپ نگهدارنده CSN

کلمپ نگهدارنده سیمCSU

شکل ۵-۱۸ کلمپ نگهدارنده CSU

کلمپ اتصال سیم به استراکچر مدلTEC

شکل ۵-۱۹ کلمپ اتصال سیم به استراکچر

کانکتور

شکل ۵-۲۰ کانکتور

اتصالات تی شکل

شکل ۵-۲۱ انصالات T شکل

کانکتور سبک

شکل ۵-۲۲ کانکتور سبک

اتصالات مستقیم

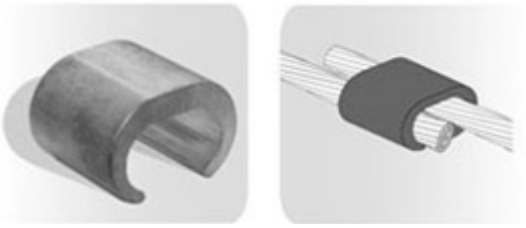
شکل ۵-۲۳ اتصالات مستقیم

کلمپTCIWF

شکل ۵-۲٤ کلمپ TCIWF

سی کلمپ

تمام کلمپ‌های C برای اتصال موازی دو هادی بکار می روند و از جنس مس خالص بوده که برای عبور جریان‌های الکتریکی مناسب می‌باشند.



شکل ۵-۲۵ اتصالات مستقیم

اتصالات موازی

شکل ۵-۲٦ اتصالات موازی

اتصالات مستقیم ساده

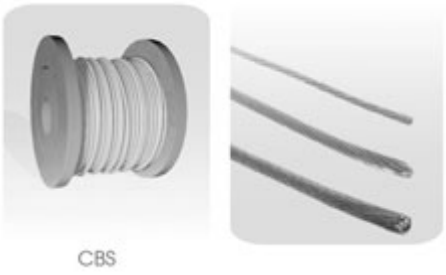
شکل ۵-۲۷ اتصالات مستقیم ساده

پر کننده

یکی از روش‌های کاهش مقاومت بستر زمین، احاطه کردن‌هادی‌های زمین با خاک دارای مقاومت کم می‌باشد. این کار محیط یکنواختی را به وجود می‌آورد که در آن بازدهی هادی و میله‌های ارت ضمن افزایش، ثابت و قابل پیش بینی می‌شوند.

شکل ۵-۲۸ یک نمونه کیسه پرکننده

هادی مسی رشته ای لخت



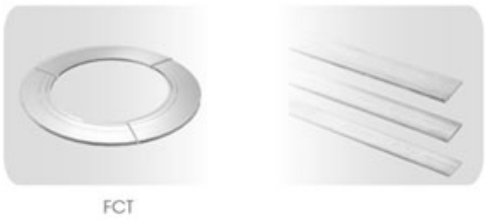
شکل ۵-۲۹ هادی مسی رشته ای لخت

هادی مسی رشته ای روکش‌دار

شکل ۵-۳۰ هادی مسی رشته ای روکش دار

تسمه مسی

از تسمه‌های مسی علاوه بر استفاده در سیستم‌های ارتینگ، در سیستم‌های حفاظت در برابر صاعقه نیز استفاده می‌شود. تسمه‌ها بر اساس استاندارد BS 1432 C101/ 103 تولید می‌شوند.



شکل ۵-۳۱ تسمه مسی

نوار مسی تخت قلع اندود

برای جلوگیری از اکسیداسیون تسمه‌های مسی در شرایطی که محیط برای آن مستعد است، بایستی از تسمه‌های مسی قلع اندود استفاده گردد.

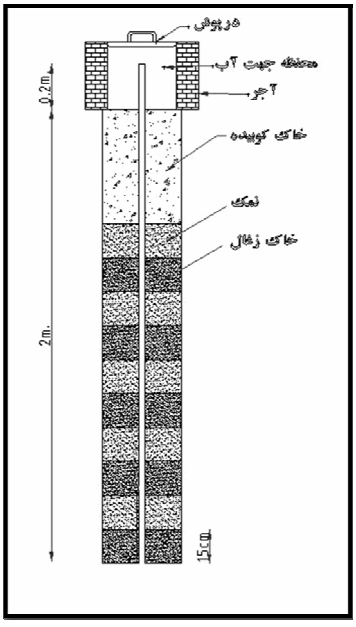
شکل ۵-۳۲ نوار مسی تخت قلع اندود

از بهبود یا تعویض خاک به منظور بهینه نمودن مقاومت تماسی الکترود زمین می‌توان در موقعیت‌های خاص یا دشوار استفاده نمود. قبل از اقدام به اینکار، ملاحظات اکولوژیکی باید در نظر گرفته شوند و هر اثر زیان آوری بر ماده الکترودی نیز باید در نظر گرفته شود. از این نوع می‌توان در اراضی سنگی استفاده نمود. به این منظور بعد از حفر گودال برای فرو کردن الکترودهای ارتی

عمودی، یا بعد از پهن کردن الکترودهای نواری به صورت شعاعی در زیر بکفیل دارای مقاومت کم که روی لایه‌های سنگی قرار می‌گیرند، یک بهبود عملکرد خوبی را از مقاومت تماسی ایجاد می‌کند. بکفیل یک ماده دارای مقاومت کم و غیر خورنده است که کارایی و بهره وری سیستم زمین را به ویژه در مناطق دارای رسانش کم ارتقا می‌دهد و حاوی مواد مناسبی است که به هنگام استفاده در سیستم ارتینگ دائمی، سخت می‌شود تا از پراکنده شدن و نشت آن در زیر زمین و یا شسته شدن جلوگیری شود. بکفیل فاقد اسیدهای آلی و باکتری‌های بی‌هوازی می‌باشد، بنابراین از نرخ خوردگی در مجاورت میله‌ها می‌کاهد.

شکل ۵-۳۳ پرکردن چاه با بکفیل

با وجود بکفیل، عملکرد میله‌های ارت در شن‌ها و سنگریزه‌ها همانند خاک کشاورزی می‌باشد. در شکل زیر یک نمونه چاه ارت مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۳٤ چاه ارت

روش‌های اندازه‌گیری مقدار مقاومت زمین

در شبکه‌های مخابراتی بویژه سیستمهای ارتباطی مایکروویو زمینش از اهمیت خاصی برخوردار است. از این جهت طراحی دقیق، نصب صحیح و نگهداری اصولی سیستم گرانـدینگ امـری مهـم و ضروری است. اگر نتایج اندازه‌گیری شده خارج از مقادیر استاندارد باشد می باید در اسرع وقت نسبت به اصلاح آن اقدام شود.

مقادیر استاندارد مقاومت زمین

- برای سیستمهای ۳۰ کانالی و بالاتر زیر دو اهم باشد.
- برای سیستمهای کمتر از ۳۰ کانال در صورتیکه ایستگاه در قله کوه نباشد زیر پنج اهم باشد.
- برای سیستمهای دیجیتالی $2^{MB/S}$ و بالاتر زیر دو اهم می‌باشد.

برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت زمین باید استفاده صحیح از دستگاه اندازه‌گیری مربوطـه و روش اجرای کار آموزش داده شود.

دستگاههای اندازه‌گیری مقاومت گسترده زمین

دستگاه Megger : این دستگاه از دو قسمت دستگاه و متعلقات آن تشکیل شده که متعلقـات آن جدا از دستگاه می‌باشند و حتماً بایستی آنها هنگام کار همراه دستگاه باشند.

متعلقات دستگاه اندازه‌گیری Megger عبارتند از :

الف- چهار عدد میله تست (Rod)

ب - یک جفت سیم رابط به طول‌های ۲۵ و ۵۰ متری به همراه قرقره‌های مخصوص

ج - یک جفت سیم رابط به طول ۳ متر

د - چهار عدد فیش اتصال سیمهای رابط به دستگاه

ه - یک عدد چکش

شرح مدار Megger و روش کار آن

مدار داخلی دستگاه Megger از دینام، دسته دینـام، ترانـسفورماتور (۱:۱)، رئوسـتا، کلیـد سـاز، گالوانومتر و کلید تبدیل تشکیل شده است.

با چرخاندن دسته اندوکتور یا دسته دینام جریان متناوبی توسط دینام در مدار ایجاد می‌شود که مدار از طریق سیم پیچی اولیه ترانسفورماتور و میل زمین E و زمین کمکی H بسته می‌شود. سیم پیچی ثانویه ترانسفورماتور به رئوستا متصل است و همیشه جریانی برابر جریان اولیه خواهد داشت (چون نسبت تبدیل ۱:۱ می‌باشد) طرف ثانویه از طریق کلید تبدیل به میل زمین وصل است. بین رئوستا S کلیدکننده قرار دارد که همزمان با گرداندن دسته اندوکتور جریان کلید شده‌ای را به گالوانومتر می رساند.

با گرداندن دسته دینام رئوستا تغییر کرده چنانچه عقربه به گالوانومتر روی صفر ثابت باشد، مقاومت رئوستا مقدار گسترده زمین خواهد بود.

روش عملی کار

حالت اول: کلید دو وضعیتی سمت چپ دستگاه را در حالت اتصال باز قرار می دهیم. یکی از میله‌های تست را در فاصله بیست متری دکل در زمین می‌کوبیم و آن را توسط رابط بیست و پنج متری و فیش مربوطه از طریق ترمینال (S) به دستگاه وصل می‌کنیم. میله تست دیگری در فاصله چهل متری و در همان امتداد میله اول در زمین کوبیده و آن را توسط سیم رابط پنجاه متری و فیش مربوطه توسط ترمینال به دستگاه وصل می‌کنیم. توسط دو عدد سیم‌های رابط سه متری، سیم گراند دکل را به ترمینال‌های C1, C2 دستگاه متصل می‌نماییم.

حالت دوم: کلید دو وضعیتی سمت چپ دستگاه را در حالت اتصال کوتاه قرار می‌دهیم؛ این حالت مانند روش اول می‌باشد، با این تفاوت که فقط یکی از سیم‌های رابط سه متری به دستگاه متصل می‌گردد (چون دو ترمینال C1, P1 از داخل بهم متصل شده است). در این حالت سیم سه متری را فقط به ترمینال C اتصال می‌دهیم.

نکاتی مهم در رابطه با دستگاه Megger و اندازه‌گیری مقاومت گسترده زمین

۱- اندازه‌گیری مقاومت گسترده زمین ایستگاه‌ها باید زمانی انجام شود که زمین بدترین حالت خود را داشته باشد. این زمان می‌تواند از اوائل خرداد تا اوائل مهرماه باشد.
۲- به منظور دقت در اندازه‌گیری بهتر است که اندازه‌گیری چند نقطه مختلف انجام شود.
۳- روش اندازه‌گیری برای مدل‌های مختلف دستگاه یکسان باشد.
۴- ضمن مرطوب بودن زمین بهتر است هر سال اندازه‌گیری مقاومت گسترده زمین انجام شود.
۵- میله‌های تست اول و دوم (بیست متری و چهل متری) پای دکل حتی‌الامکان باید در یک امتداد باشد.

۶- باید دقت کرد که سیم‌های ۲۵ m و ۵۰ m روی‌هم نباشد.
۷- باید دقت کرد که در زمان اتصال میله‌های تست (Rod) توسط سیم‌های رابط به ترمینال‌ها، دستگاه خاموش باشد (سکتور در وضعیت OFF باشد).
۸- در زمان انجام تست از قطع کردن اتصالات خودداری شود.

دستگاه دیگری به نام Digital Earth Tester وجود دارد که تقریباً همانند دستگاه Megger است.

۵-۷- مشخصات یک منبع تغذیه خوب

در نظر بسیاری از مصرف‌کنندگان اکثر منابع تغذیه شبیه هم می‌باشند که البته این مسأله درست نیز می‌باشد، چون که طبیعت بازار بر این است که اکثر تولیدکنندگان تمام هم و غم خود را بر روی عملکرد منبع تغذیه (تولید ولتاژ خروجی) می‌گذارند نه بر روی طراحی. بنابراین هنگامی که می‌خواهید منبع تغذیه‌ای بخرید به نکات زیر توجه کنید: در منبع تغذیه ای که تهیه می کنید به مسایل حرارتی آن توجه کنید. اگر منبع تغذیه‌ای که تهیه می‌کنید در هنگام کار کردن از لحاظ حرارتی دمای قابل قبولی نداشته باشد در این صورت برای خنک کردن منبع نیاز به فن خواهید داشت و باید به نوبه خود هزینه‌ای برای تهیه فن، سیم کشیهای مورد نیاز و مدارات خاص آن صرف کنید.

امروزه مواد جدیدی به بازار آمده که حرارت را بهتر انتقال می‌دهند و در کنار استفاده از قطعات با کیفیت بهتر و همچنین رعایت نکات طراحی باعث بهبود قابل توجه در مسایل حرارتی می‌شود. بعضی منابع ساخته شده از دمای ۰ درجه سلسیوس تا دمای ۵۰ درجه سلسیوس و با حداکثر توان خروجی به صورت هوا خنک (Natural air convection cooling) کار می‌کنند. نکته بسیار مهم دیگری که درهنگام خرید منبع تغذیه باید به آن توجه کنید پایداری حرارتی منبع تغذیه می‌باشد، این بدان معناست که منبع تغذیه در بازه دمایی که کار می‌کند باید ولتاژ خروجی را تا میزان خطایی که قابل قبول است و جزء استانداردهای منبع تغذیه می‌باشد ثابت نگه دارد. این مسأله به خاطر آن است که سیستمی که شما طراحی می کنید، امکان دارد در مکانهای متفاوتی در کشور نصب گردد که بازه دمایی زیادی را در بر می‌گیرد. از آنجایی که سیستم برای کارکرد در تمامی فصول سال می‌باشد در نتیجه باز هم از این نظر منبع تغذیه شما باید قابلیت کار کردن در بازه دمایی زیادی را داشته باشد. امکان دارد سیستمی که شما طراحی می کنید در کنار دیگر دستگاه‌ها نصب شود که آنها هم به نوبه خود به دلیل توان مصرفی که دارند باعث می‌شود که تا حدودی دمای سیستم افزایش یابد که در

این صورت باز هم منبع تغذیه باید بتواند ولتاژ مورد نیاز دستگاههای شما را تا خطای قابل قبولی ثابت نگه دارد. مثالی که برای این مساله می‌توان آورد سیستمهای مخابراتی می‌باشد که هم باید در مکانهای شهری در دسترس نصب شوند و هم در مکانهای دورافتاده. بنابراین دستگاهها باید بتوانند در بازه دمایی زیادی کار کنند. حتی ممکن است در مکانهایی با آب و هوای خشک دمای داخل اتاق یا مکانی که سیستم در آن نصب می‌شود تا ۷۰ درجه سلسیوس نیز برسد.

بنابراین امروزه مهندسی کنترل دما در طراحی منابع تغذیه سوییچینگ یک مسأله حیاتی می‌باشد. پایداری حرارتی در منابع تغذیه با یک عدد مشخص می‌شود که اصطلاحاً به آن OTC (Output Temperature Coefficient) می‌گویند. برای رنج کارکرد دمایی با پایداری حرارتی بسیار خوب، این میزان خطا کمتر از ۰/۰۲ ± درصد به ازای هر درجه سلسیوس تغییرات دمای سیستم می‌باشد.

نکته دیگری که در مورد منبع تغذیه باید به آن توجه کرد، ثابت ماندن ولتاژهای خروجی (به میزان قابل قبول) در رنج کارکرد ولتاژ ورودی منبع تغذیه می‌باشد. بازه ولتاژی که منبع تغذیه، در ورودی با آن کار می‌کند، باعث می‌شود که سیستم با حداکثر توان خروجی در اکثر شبکه‌های موجود در کشور با ولتاژهای مختلف کار کند. مثلاً اگر ولتاژ ورودی منبع تغذیه برق شهر (در مورد منابعی که ورودی آنها ولتاژ AC است) یا باتری (در مورد منابعی که ورودی آنها ولتاژ DC است) باشد به دلیل آن که ولتاژ ورودی دارای خطا می‌باشد و ثابت نیست؛ در این صورت منبع تغذیه باید قابلیت ثابت نگه داشتن ولتاژهای خروجی را (تا میزان خطای قابل قبول) داشته باشد. ثابت ماندن ولتاژهای خروجی منبع تغذیه با تغییرات ولتاژ ورودی را اصطلاحاً Line regulation می‌گویند. برای منابع تغذیه دارای Line regulation خوب در خروجی، این میزان خطا کمتر از ۰/۵± درصد به ازای رنج کارکرد ولتاژ ورودی منبع تغذیه می‌باشد. نکته دیگری که در هنگام خرید منبع تغذیه باید به آن توجه کنید ثابت ماندن ولتاژهای خروجی منبع تغذیه (به میزان قابل قبول) در برابر تغییرات بار خروجی می‌باشد؛ زیرا امکان دارد سیستمی که شما طراحی می‌کنید همواره مقدار جریان ثابتی از خروجی نکشد. ثابت ماندن ولتاژهای خروجی منبع تغذیه با تغییرات جریان خروجی را اصطلاحاً Load regulation می‌گویند. برای منابع تغذیه دارای Load regulation خوب در خروجی، این میزان خطا کمتر از ۰/۵ ± درصد به ازای رنج کارکرد جریان خروجی منبع تغذیه (از ٪ ۱۰ تا % ۱۰۰ جریان خروجی منبع تغذیه) می‌باشد. نکته مهم دیگری که در مورد منبع تغذیه باید به آن توجه کنید مسایل حفاظتی منبع تغذیه می‌باشد.

مثلاً باید به وجود یا عدم وجود حفاظتهای زیر در یک منبع تغذیه توجه کنید:

- حفاظت در برابر اتصال کوتاه شدن خروجی

- حفاظت در برابر افزایش ولتاژخروجی منبع از حدی معین
- حفاظت در برابر کاهش ولتاژخروجی منبع از حدی معین
- حفاظت در برابر افزایش ولتاژ ورودی منبع از حدی معین
- حفاظت در برابر کشیدن توان اضافه تر از توان کلی اسمی دستگاه
- حفاظت در برابر کشیدن توان اضافه تر از توان اسمی هر یک از خروجیها
- حفاظت در برابر اتصال معکوس ولتاژ ورودی در منابعی که به ورودی آنها ولتاژ DC وصل می‌شود.

یکی از مسایل بسیار مهمی که باید به آن توجه کرد مقدار عایق بودن ولتاژ ورودی از ولتاژهای خروجی و همچنین مقدار عایق بودن بدنه دستگاه (که معمولاً آن را به Earth وصل می‌کنند) از ولتاژهای ورودی و خروجی دستگاه می‌باشد؛ یعنی در سیستم خود به چه میزان ولتاژ عایقی نیاز داریم و این که منبعی که تهیه می‌کنیم این میزان عایقی را دارا می‌باشد یا نه؛ زیرا در هر صورت باید این احتمال را داد که اگر در ورودی منبع تغذیه ولتاژ ناگهانی زیادی بر اثر وجود خطا در سیستم انتقال برق بیافتد، در این صورت منبع تغذیه باید توانایی این که خود و سیستم را در برابر این ولتاژ ناگهانی محافظت کند، داشته باشد. در این حالت سیستمهای حفاظتی منبع تغذیه وارد عمل می‌شوند و اجازه عبور این ولتاژ ناگهانی را به خود منبع تغذیه و نهایتاً سیستم نمی‌دهند و یا این که در بدترین حالت اگر خود منبع بسوزد ولی باز هم نباید برای سیستم اتفاقی بیفتد و سیستم باید سالم باقی بماند. در این حالت میزان عایقی ولتاژ ورودی از ولتاژهای خروجی و همچنین میزان عایقی بدنه از ولتاژهای خروجی و یا ورودی مهم می‌باشد. حال با در نظر گرفتن موارد بالا تازه متوجه می شویم که همه منابع موجود در بازار شبیه هم نیستند. بعضی منابع تغذیه دارای ویژگیهای مثبت زیر نیز می‌باشد:

- منابع طراحی شده، در هنگام روشن شدن به آرامی روشن می‌شوند (Soft Start) تا جریان اولیه هجومی (Input Inrush Current Limiting) را محدود کنند.
- قابلیت نصب آسان، برای نصب نیاز به هیچ گونه ابزار خاص یا آموزش ویژه‌ای ندارند که این موضوع زمانی که بخواهیم منابع را در مکانهای مختلف و توسط افراد متفاوت در دستگاههای خود نصب کنیم یک مزیت مهم می‌باشد. فقط کافیست که ولتاژ ورودی منبع را وصل کرده و ولتاژهای خروجی آن را هم به سیستم خود وصل نماییم. همچنین نحوه قرارگیری پیچها برای نصب دستگاه به گونه‌ای است که بتوان به راحتی برای مقاصد تعمیر یا کارهای دیگر، دستگاه را باز کرد.
- وجود LED در ولتاژهای ورودی و خروجی منبع تغذیه اجازه تشخیص زودهنگام خطا در ورودی و خروجیها را می‌دهد.

- حداقل فضا، اندازه و حجم یک سیستم یک مساله مهم می‌باشد. این مساله نه تنها باعث کاهش هزینه‌ها و مدارات به کار رفته در سیستم می‌شود بلکه باعث می‌شود فضا را نیز کوچکتر کنیم و همچنین باعث می‌شود سیستم خود را از مکانهای سربسته بزرگ به فضاهای باز کوچکتر ببریم.

راک

معمولا در حوزه مخابرات و ارتباطات ۳ نوع راک با ظرفیت‌های مختلف جهت مصارف گوناگون تولید می‌شود:

۱. راک کم ظرفیت در۲ اندازه (۶۰×۶۰×۱۶۰)و (۶۰×۶۰×۱۲۰) با حداکثر ۲۰ ماژول(48V/500A)
۲. راک کم ظرفیت با ۲ بانک باطری داخل راک به ابعاد (۶۰×۶۰×۱۸۰) با حداکثر ۸ ماژول(48V/200A)
۳. راک قابل حمل به ابعاد (۴۰×۳۰×۵۰)با حداکثر ۴ ماژول (48V/100A)

راکهای شارژر هم به عنوان منبع تغذیه و هم به عنوان شارژر (با دو سطح شارژ مجدد، شارژ نگهداری) قابل استفاده می‌باشند. از آنجائی که تغذیه سیستمهای مخابراتی در موقع قطع برق باید تداوم داشته باشد، لذا باتریهای ساکن جهت ذخیره سازی انرژی می‌توانند به صورت موازی با این یکسوکننده در مدار قرار گیرند. طراحی این یکسوکننده‌ها به گونه‌ای است که LOAD می‌تواند مستقیماً توسط آن تغذیه شده و باتریها نیز بطور اتوماتیک یا دستی شارژ شوند.

مشخصات شارژرها

- مجهز به کنترل دیجیتال، واحد کنترل کننده مرکزی
- استفاده از تکنیک سوئیچ مد مبتنی بر روش FACH SHIFT RESONANT MOD در فرکانس بالا که موجب راندمان بالاتر از ۹۳ ٪، تلفات ناچیز و کوچک شدن حجم گردیده است.
- کاهش اثرات نویز و تداخل در طراحی دستگاه
- به حداقل رساندن ریپل خروجی دستگاه
- استفاده از قطعات مرغوب با کیفیت مناسب و ضریب اطمینان بالا در قسمتهای مختلف راک
- قابلیت استفاده در سیستمهای سه فاز و تک فاز

- تأمین تغذیه سیستم کنترل مرکزی از برق شهر و باتری
- قابلیت موازی سازی و تقسیم بار مساوی بین یکسوکننده‌ها
- عدم تأثیر بروز اشکال در عملکرد یک ماژول بر روی ماژولهای دیگر
- سیستم بهره‌برداری از دستگاه با استفاده از پانل کنترل جلوی راک
- وجود دو نوع شارژ مجدد و نگهداری
- سهولت در انجام تنظیمات توسط صفحه کلید نمایشگرMCU
- قابلیت تنظیم حدود خطا
- قابلیت تنظیم ولتاژ در رنج مورد نیاز
- پورت سریال جهت ارتباط با کامپیوتر با استفاده از نرم افزار مربوطه و ارسال کلیه خطاها روی PC و همچنین انتقال از طریق مودم
- قابلیت مشاهده و تنظیم جریان باتری، جریان خروجی دستگاه، ولتاژ خروجی دستگاه، وضعیت شارژر، زمان شارژ یا دشارژ باتری و وضعیت باتری، بر روی صفحه نمایشگر LCD راک
- مجهز به مدار PFC که ضریب قدرت شارژرها را بسیار به یک نزدیک کرده است.

UPS [1] –۸–۵

UPS، به معنای منبع تغذیه بدون وقفه است. در حقیقت UPS یک باتری است اما باتری که فقط در زمان‌های خاص یعنی در زمانی که مشکلی برای تغذیه وسایل الکتریکی ایجاد می‌شود و ولتاژ ورودی آنها از حدود معینی بالاتر یا پایین‌تر می‌رود، انرژی الکتریکی مورد نیاز آن وسایل را تامین کرده، بدین وسیله آنها را از شر مشکلات ناشی از افت و افزایش ولتاژ خلاص می‌کند. زمانی که تغییری ناگهانی در منبع تغذیه ایجاد می‌شود UPS خود به خود روشن می‌شود. برق ورودی آن وسیله را قطع کرده، خودش شروع به تغذیه آن از طریق انرژی ذخیره شده در خود می‌کند. این تغییر ناگهانی علاوه بر تغییر ولتاژ، شامل تغییرات فرکانس و نیز به هم خوردن هارمونی ولتاژ هم می‌شود. در واقع UPS یک محافظ برای جلوگیری از دست دادن داده‌ها و نیز خسارات ناشی از این تغییرات است البته واضح است که UPS فقط می‌تواند به عنوان یک منبع موقت عمل کند. امروزه با وجود قطع برق و نوسانات شدید آن می‌توانید از این دستگاه برای حفاظت قطعات کامپیوتر و تجهیزات خود استفاده کنید. زمانی که شما یک سرور یا کامپیوتر گران قیمت دارید اهمیت وجود UPS بیشتر

1- Uninterruptible power supply

می‌شود. UPS برای فیلتر نوسانات ناخواسته برق ورودی و کنترل ولتاژ آن دارای مدارات خاصی است و برای حل مشکل قطع برق یا افت بیش از حد ولتاژ (افت ولتاژ برای بسیاری تجهیزات مضر است یا سبب از کار افتادن موقت آنها می‌شود) از باتری استفاده می‌کند که کل این مجموعه را تغذیه پشتیبان می‌گویند. انتخاب یک UPS به عوامل مختلفی بستگی دارد. مهم‌ترین عامل در این انتخاب میزان هزینه‌ای است که شما حاضرید برای آن صرف کنید. مصرف انرژی برای آنچه محافظت می‌کنید عامل دیگری است که در خرید UPS نقش مهمی ایفا می‌کند. واحدی که به وسیله آن ظرفیت UPS یا مقدار انرژی که به شما می‌دهد بیان می‌شود، عبارت است از آمپرساعت. مثلاً یک UPS ۵۰ آمپر ساعت می‌تواند دستگاه شما را با جریان دو آمپر به مدت ۲۵ ساعت یا با جریان پنج آمپر به مدت ۱۰ ساعت تغذیه کند. توجه داشته باشید که میزان جریان را مصرف دستگاه تعیین می‌کند، پس زمان تغذیه برای یک UPS مشخص به میزان مصرف دستگاه شما دارد. بدیهی است در صورتی که زمان بحرانی که به یک منبع تغذیه احتیاج دارید کوتاه باشد، می‌توانید از UPS با آمپرساعت کمتر و در نتیجه ارزان‌تر استفاده کنید. نکته دیگری که حتماً باید در هنگام استفاده از یک UPS رعایت کنید این است که هیچگاه از یک محافظ لوازم برقی(مانند محافظ یخچال یا کامپیوتر) در خروجی یک UPS استفاده نکنید یا به عبارت دیگر زمانی که از UPS استفاده می‌کنید نباید از این محافظها به طور همزمان برای یک دستگاه استفاده کنید؛ چون باعث صدمه دیدن دستگاه شده و حتی از نظر ایمنی هم می‌تواند خطرناک باشد.

شکل ۵-۳۵ UPS

UPS دستگاهی است که بین منبع برق ورودی و بار وصل شده و از بروز اختلالات برق ورودی از جمله قطع کامل آن جلوگیری می‌کند.

قطع ناگهانی و مشکلات موجود در برق شهر باعث اختلال در اکثر فعالیتهای تجاری شده و در

برخی موارد زیانهای جبران ناپذیری به سیستم‌های مختلف از جمله سیستم‌های ارتباطی وارد می‌کند. از مشکلات موجود در برق شهر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نوسانات شدید لحظه‌ای (Spike)
- نویز الکتریکی
- اضافه ولتاژ لحظه‌ای (Surges)
- افت لحظه‌ای ولتاژ (Sags)
- هارمونیکها
- افت طولانی ولتاژ
- قطع برق شهر

فصل ششم

تلفن‌های اختصاصی راه‌آهن

و مراکز تلفن

٦-١- اصول تلفن

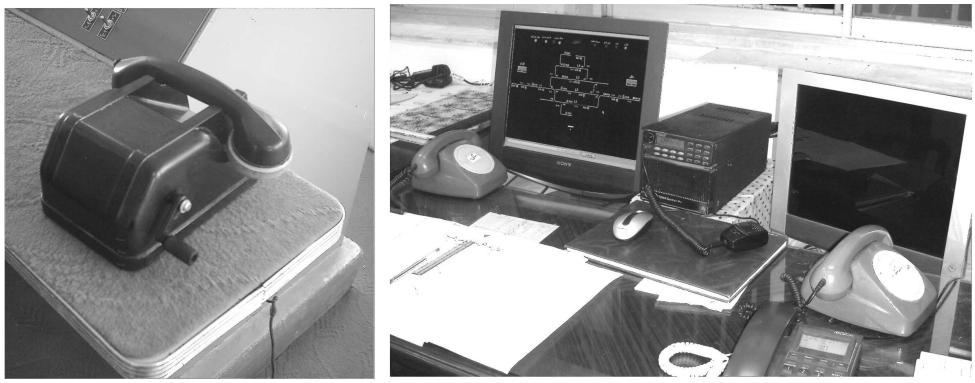
تلفن وسیله ارتباط صوتی دو طرفه است. تلفن بر اساس اصول الکترونیک، صوت را انتقال می‌دهد. امروزه تلفن به تمام سطوح راه‌آهن راه پیدا کرده است و یکی از لوازم ضروری و ابزار اولیه کار محسوب می‌شود. درگذشته تلفن‌های اولیه ارتباط را تنها از طریق سیم برقرار می‌کردند. در حال حاضر ارتباط تلفنی علاوه بر سیم از طریق سیستم‌های رادیویی و ماهواره‌ای نیز برقرار می‌شود.

تلفن‌هایی که در راه‌آهن به عنوان تلفن‌های بلاک و صحرایی توسط مأمورین سیر و حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرد به نام تلفن‌های مغناطیسی مشهورند. با پیشرفت صنعت مخابرات و ابداع تلفن خودکار، عملیات به عهده ماشین گذاشته شد. از این رو لازم گردید تا علائمی برای مکالمه با ماشین به کار برده شود. این علائم همان زبان رمز یا کد است که امروزه به نام بوق آزاد، بوق اشغال، پالس و تن شماره گیری و ... در تلفن خودکار به کار برده می‌شوند.

٦-٢- تلفن‌های اختصاصی

تلفن بلاک

تلفن بلاک، تلفنی مغناطیسی است که در پانل کنترل ایستگاهها نصب و برای تردد قطارها وگرفتن راه از ایستگاه‌های طرفین بکار برده می‌شود. نحوه‌ی ارتباط مأمورین و متصدیان ترافیک تلفن‌های مغناطیسی بدین ترتیب است که ابتدا مأمور ایستگاه، توسط چرخاندن ژنراتور، مخاطب ایستگاه مجاور را خبر می‌کند و سپس با برداشتن گوشی تلفن در ایستگاه‌های طرفین ارتباط برقرار می‌شود. در نوع دیگری از آن، تنها با فشار دادن دکمه‌ها و ارسال سیگنال خبر توسط آن، مأمور ایستگاه متوجه تقاضای مأمور ایستگاه مجاور می‌شود.



٦-١ تلفن بلاک در دفتر ترافیک ایستگاه

تلفن پارتی لاین و کنترل

سیستم پارتی لاین جهت ارتباط بین ایستگاههای راه‌آهن با مرکز کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد و دستگاههای پارتی لاین در طول خطوط راه‌آهن و در ایستگاههای مختلف نصب گردیده و یک دستگاه به صورت مرکزی با این دستگاهها در ارتباط می‌باشد. جهت فراخوانی دستگاههای پارتی لاین می‌توان به صورت انتخابی یا گروهی عمل نمود؛ در حالت انتخاب، دستگاه مرکزی قادر خواهد بود با گرفتن شماره‌ی ایستگاه مورد نظر، با آن ارتباط برقرار کند. در صورت ارتباط بین دو ایستگاه، ایستگاههای دیگر مسیر نمی‌توانند به مکالمات آن دو ایستگاه گوش کنند و اگر نیاز باشد آن ایستگاه‌هایی که می‌خواهند به مکالمه گوش دهند، باید مجوز دریافت کنند و تعریف شوند.

شکل ٦-۲ پارتی لاین قدیمی

شبکه‌ی ارتباطی پارتی لاین راه‌آهن شامل یک مرکز اصلی، در تهران و تعدادی مرکز در نواحی است که در ۵ مسیر مختلف واقع شده است. تلفن پارتی لاین همانطور که در شکل ۳-۲۲ از فصل سوم مشاهده کردید به صورت سلسله مراتبی استفاده می‌شود، یعنی در پایین‌ترین سطح ایستگاههایی را که زیر نظر هر حوزه قرار دارند، به مرکز آن حوزه وصل می‌کند؛ که این ارتباط فقط بین حوزه و ایستگاه تابع برقرار می‌شود. در سطح بعدی مراکز حوزه‌ی یک ناحیه را به هم وصل می‌کند و در نهایت مراکز نواحی را به کنترل مرکزی واقع در تهران متصل می‌نماید. در شکل ۶-۳ پارتی لاین در کنترل یک ناحیه نمایش داده شده است.

شکل ٦-۳ پارتی لاین مرکزی در کنترل نواحی

در سالهای اخیر در بیش از نیمی از نواحی راه‌آهن تلفنهای تصویری تحت شبکه[1] به عنوان پارتی لاین مورد استفاده قرار گرفته است. نمونه ای از این پارتی لاین تصویری را در شکل زیر مشاهده می کنید.

شکل ٦-٤ پارتی لاین تصویری

1- IP Phone

تلفن‌های صحرایی

در زمان جنگ جهانی دوم از این نوع تلفن استفاده می‌شده است. این تلفنها با باطری و انرژی الکتروموتور دستی کار می‌کند و همچنین در زمان صلح از گوشی آن در شبکه تلفن شهری و خدمات ارتباطی سازمانها مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته امروزه با وجود سایر سیستمهای ارتباطی مثل بی‌سیم‌ها کمتر از آنها استفاده می‌شود اما هنوز در بعضی از مسیرهای راه‌آهن مأمورین قطار به عنوان یک وسیله ارتباطی پشتیبان آن را به همراه خود می‌برند.

شکل ٦-٥ تلفن صحرایی

کاربران تلفن صحرایی قبل از تحویل آن از دپوها باید موارد زیر را رعایت نمایند:

- کنترل تلفن صحرایی را از لحاظ ظاهری
- جهت اطمینان از عملکرد قسمت صوتی کلید[1] PTT را فشرده و در قسمت دهنی می دمند باید در قسمت گوشی خود شنوایی داشته باشند.
- جهت اطمینان از سلامت قسمت زنگ ابتدا ترمینال خروجی را اتصال کوتاه کرده سپس دسته را می چرخانیم باید به سفتی بچرخد در غیر این صورت دستگاه ایراد دارد.

نکته: شایان ذکر است در زمانی که دستگاه را به خط وصل می‌کنیم، هندل باید به صورت معمولی بچرخد. اگر سفت چرخید به معنی اتصال کوتاه خط و اگر خیلی راحت بچرخد به معنی قطع بودن خط ارتباطی است.

1- Push to talk

طرز استفاده از تلفن‌های صحرایی در طول خط

برای کار با این دستگاه از خطوط هوایی و یا پریزهای کنار خط (لاین من) استفاده می‌کنیم. برای بکار گیری آن در خطوط هوایی ابتدا دو سر سیم رابط را به ترمینال خروجی تلفن می‌بندیم، این سیم نباید از هفت متر کمتر باشد، سپس از تیر بالا رفته و دو سیم خط بلاک (دو سیم سمت خط آهن) را در نزدیکی مقره کاملاً تمیز نموده و دو سر سیم رابط را به محلهای تمیز شده در روی خط، اتصال می‌دهیم. پس از این کار از تیر پایین آمده، دسته‌ی ژنراتور تلفن را چرخانده و جریان زنگ را به ایستگاههای طرفین، ارسال و ارتباط را برقرار می‌کنیم. در صورت قطع بودن و یا خرابی خط بلاک، چنانچه ارتباط ضروری و لازم باشد از خط کنترل برای مدتی کوتاه، بدون ارسال زنگ استفاده می‌کنیم. پس از مکالمه مجدداً از پایه، بالا رفته و دو سر سیم را از خطوط ارتباطی باز می‌کنیم.

در بعضی از مسیرهای راه‌آهن که ازکابل زمینی استفاده شده، کار استفاده از تلفن را آسان کرده است؛ بدین ترتیب که در فاصله‌های یک کیلومتر، پریزهای نصب شده است که برای استفاده از آن، درب جعبه را که روی پایه‌های یک متری قراردارد، باز کرده و با فشار دادن دو شاسی به رنگ‌های قرمز و مشکی که روی پریز قرار داده شده، دو سر سیم را در دو سوراخ آن قرار داده و با چرخاندن دسته‌ی ژنراتور تلفن، جریان زنگ به ایستگاههای طرفین، ارسال و تماس برقرار می‌کنیم. پس از اتمام مکالمه، مجدداً با فشار دادن دو شاسی دو سر سیم را آزاد کرده و درب جعبه را می‌بندیم. در شکل ۶-۶ لاین من قابل مشاهده است.

شکل ٦- ٦ لاین من (پریزهای کنار خط)

٦-۳- تلفن‌های خودکار

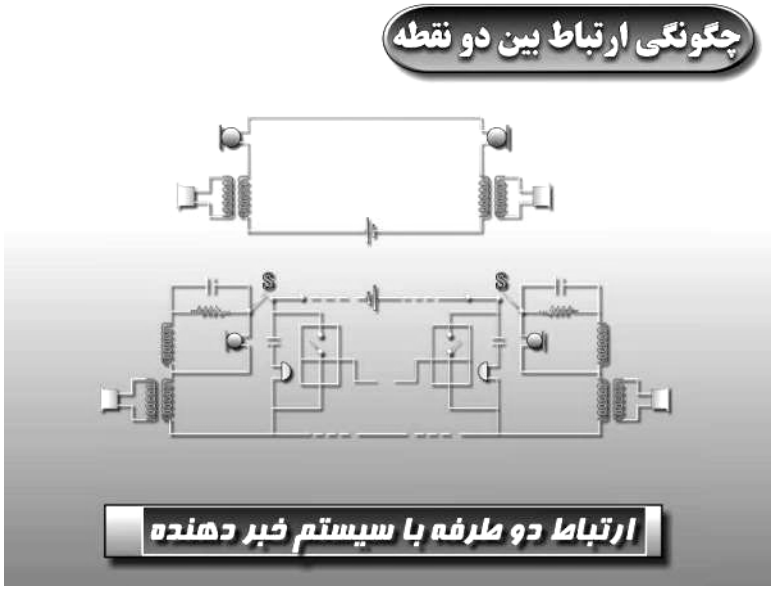
اجزای تشکیل دهنده تلفن

هردستگاه تلفن از اجزای زیر تشکیل شده است:

- میکروفن یا دهنی
- گوشی
- زنگ
- مدار تلفن

شکل ٦-۷ دو نمونه از تلفن‌های خودکار

برای اینکه شماره تلفن مورد نظر را به مرکز تلفن ارسال کنیم به تعداد ارقام، پالس‌هایی را ایجاد و به مرکز تلفن می فرستیم.



شکل ٦-۸ ارتباط دو طرفه با سیستم خبر دهنده

مراکز تلفن (سوئیچ‌ها)

وظیفه یک مرکز تلفن آن است که خطوط چهارسیمه را بین دو مشترک وصل کند تا مکالمه به طرز صحیح انجام شود. اگر شماره گیرنده و کسی که شماره اش گرفته می‌شود هر دو به یک مرکز تلفن وصل باشند، عمل مرکز تنها وصل کردن آن دو است. اگر مشترک دلخواه به مرکز تلفن دیگری وصل باشد شماره گیرنده باید در مسیر صحیحی قرار گیرد تا آنکه شماره گیری اش سرانجام به شماره دلخواه برسد. اساساً سه نسل مرکز تلفن وجود دارد. اولین آن قدم به قدم یا Stroger است که دارای تعداد باورنکردنی رله بود و عمل وصل کردن را پس از دریافت هر رقم انجام می داد. نسل دوم مراکز تلفن *Crossbar* است که تعداد رله‌ها باز هم بیش تر شده بود اما این رله‌ها کوچک بوده و بگونه ای شکل گرفته بودند که پس از دریافت تمام ارقام تا ۲۰ اتصال بطور همزمان با سوئیچ کراس بار را ممکن می ساختند. مراکز تلفن با کمک پردازنده ها، سومین نسل مراکز تلفن هستند. در اینجا اتصالات بوسیله پردازنده یا رایانه مرکز تلفن انجام می‌شود و در نتیجه فضای اشغال شده بسیار کوچکتر است. باید ذکر کرد که یک مرکز تلفن (یا تلکس) یک دستگاه بسیار پیچیده است. یک مرکز تلفن کراس بار با ۲۰۰۰ خط ممکن است یک طبقه یک ساختمان نسبتاً بزرگ را اشغال کند. اگر شماره گیرنده و مشترک شماره گیری شده به مرکز تلفن مشترکی متصل نباشند مرکز تلفن شماره گیرنده در مسیریابی صحیح شماره باید شرکت کند. این عمل با بررسی شماره گرفته شده و آزمایش مسیرهای در دسترس از درون یا خارج مرکز تلفن برای مسیر دادن به شماره انجام می‌شود. مرکز تلفن محلی باید گروه ترانک‌های اولین انتخاب را که مکالمه باید به آن مسیر برود و اینکه کدامیک آزاد است را تعیین کند. اگر تمام این ترانک‌ها مشغول باشد مکالمه به ترانک‌های انتخاب دوم و به همین ترتیب راه داده می‌شود. اگر هیچ ترانکی در دسترس نباشد سیگنال مقتضی باید به مشترک شماره گیرنده فرستاده شود که در این مورد این سیگنال، سیگنال " اشغال دستگاه " است. همین روش در هر مرکز تلفن در سلسله مراتب مراکز تلفن، که عبارتند از اداره محلی، مرکز نرخ گذاری، مرکز اولیه یا محلی، مرکز بین المللی و سپس همین زنجیره به ترتیب عکس انجام می‌شود.

تعریف سوئیچ: دستگاهی است که کار مسیر یابی و مسیر دهی را انجام مـی‌دهـد و در ضـمن وظیفه ثبت charging که همان مـدت زمـان و نـرخ مکالمـه اسـت را برعهـده دارد. ضـمناً ارائـه سرویسهای مختلف اعم از انتظار مکالمه، انتقال مکالمه، نمایشگر شماره تلفن و غیره به عهده سوییچ می‌باشد.

شکل ٦-٩ یک نمونه سوئیچ دیجیتال

سیر تکامل سوئیچ‌های مخابراتی

۱. سوئیچ اپراتوری: اولین سوئیچ، سوئیچ اپراتوری بوده است که کنترل و سوئیچ آن توسط انـسان انجام می گرفت.

۲. سوئیچ Stroger: کنترل این سوئیچها اتوماتیک بوده و این سوئیچ به صورت میله ای یا دارای بازوی اهرمی است که با دو موتور کنترل می‌شود. مثلاً برای گرفتن عدد۳۲ موتور از پایین بـه بالا حرکت می‌کرد تا به سطر مربوط به شماره‌های۳ برسد آنگاه با توجه به شماره ۲ در ستون حرکت می‌کرد تا به محل مربوطه می رسید ومشترک مبدا به مقصد وصل می شد.

۳. سوئیچEMD: کنترل این سوئیچ‌ها اتوماتیک بوده و برای اینکه در یک جهت حرکت داشته باشیم از یک سلکتور با دو بازو استفاده می‌کنیم. یک بازو روی شماره مشترک مبدا بوده و با توجه به شماره گرفته شده بازوی دوم می‌چرخید تا روی شماره مشترک مقصد قرار گیرد و ارتباط برقرار شود.

۴. سوئیچ *Crossbar* (تقاطع میله‌ای): کنترل این سوئیچ‌ها اتوماتیک بوده و شبیه به استروجر عمل می‌کند. این سوئیچ دستور کار را از یک کنترل مرکزی می‌گیرد. شماره یک مشترک از تقاطع میله‌ها حاصل می‌شود.

۵. سوئیچ *Crosspoint* (تقاطع نقطه ای): در اینجا از تعدادی رله استفاده می‌شود. با گرفتن شماره، رله مربوط به مشترک مقصد از پشت به رله مشترک مبدا وصل می‌شود. این نوع سوئیچ حجم زیادی را اشغال می‌کند.

۶. سوئیچ الکترونیک (کنترلSPC): قسمت سوئیچ آن از دیود وترانزیستور تشکیل شده است. این نوع سوئیچ‌ها پیش درآمدی بر سوئیچ‌های جدید بودند. قسمت کنترل آن هوشمند است و با برنامه‌هایی که به کامپیوتر داده می‌شود کار می‌کند.

۷. سوئیچ دیجیتال: قسمت سوئیچ آن از IC تشکیل شده است. کنترل آنSPC می‌باشد و آخرین تکنیک در سوئیچ‌های مداری است. در حال حاضر از این سوئیچ‌ها استفاده می‌شود.

۸. سوئیچ نسل جدید: این سوئیچ‌ها با استفاده از دیتا ارتباط برقرار می‌کنند.

سخت افزارسوئیچ

۱. **مدارات مربوط به سیگنالینگ:** دو سیستم سوئیچ برای برقراری ارتباط به این مدارات احتیاج دارند.

۲. مدارات مربوط به کنترل: پردازش اطلاعات ورودی وکنترل اتصالات به مدارات کنترل نیاز دارد. مدارات کنترل وظیفه پردازش اطلاعات و سیگنالینگ ورودی به سیستم جهت بر قراری یا قطع ارتباط را برعهده دارند.

۳. مدارات مربوط به سوئیچینگ: برای برقراری و رها ماندن اتصالات بین کانالهای شبکه، این مدارات مورد نیاز است.

شکل زیر نمونه راک یک مرکز خودکار و شلفهای مختلف آن را نمایش می‌دهد.

شکل ٦-١٠ یک نمونه مرکز خودکار

روش‌های سوئیچینگ

Circuit switching: در این روش، بین دو مشترکA و B مسیری بسته می‌شود و این مسیر تا آخر مکالمه ثابت می‌ماند حتی اگر بین دو مشترک، سکوت باشد.

Store & Forward switching: دراین روش اطلاعات ذخیره و ارسال می‌شود. بنابر این در سکوت بین دو مشترک هم از امکانات استفاده می‌شود. این روش صوت را به تکه‌هایی تقسیم کرده و شماره گیرنده، مخاطب، شماره بسته و موارد کنترل را به هر تکه اضافه می‌کند و بسته‌هایی را تشکیل می‌دهند.

نحوه ارسال بسته به دو صورت انجام می‌گیرد:

Massage switching: به این معنی که هرnode در شبکه باید کلیه بسته‌های مربوط به یک ارتباط را دریافت کند و بعد کل فایل را ارسال کند. بنابر این در هرnode باید یک حافظه باشد. در نتیجه حجم حافظه‌های موجود در مراکز بسیار بزرگ خواهد بود و این روش تجاری نیست.

Packet switching : به این معنی که هر node در شبکه هر بسته ای راکه در یافت می‌کند، بلافاصله ارسال می‌کند و شماره بسته‌ها را نگاه می‌کند و اگر یک بسته نرسد، یک پیغام به مبدأ می‌دهد. بیش‌تر برای ارتباطات کامپیوتری استفاده می‌شود. با توجه به مسیر ارتباطی بین مبدأ و مقصد دو روش برای فرستادن بسته‌ها وجود دارد.

۱- Connection oriented: در این روش یک مسیر ثابت برای ارسال بسته‌ها وجود دارد.

۲- Connection less: در این روش هیچ مسیر ثابتی بین مبدا ومقصد وجود ندارد و هر node باید مسیر یابی انجام دهد.

آشنایی با نحوه‌ی ارتباط در مراکز تلفن

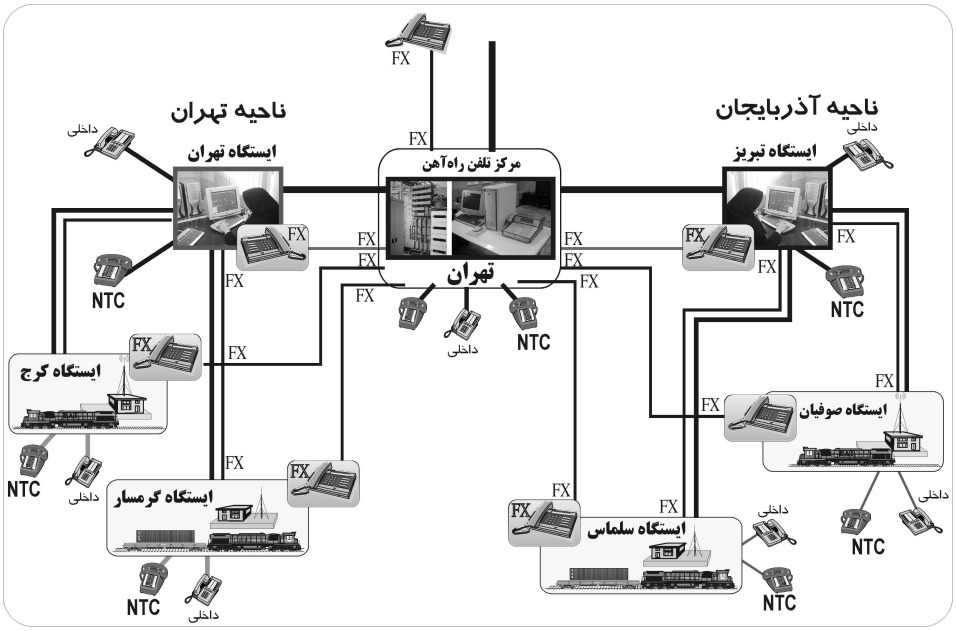
در سیستم ساده‌ای که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است تنها دو تلفن با یک خط مستقیم با هم در ارتباط هستند. درچنین سیستمی تنها دو نفر می‌توانند با هم صحبت کنند. روشن است که این نوع ارتباط خیلی محدود است و شاید افراد بیشتری مایل باشند که در هر زمان معین با هم تماس حاصل کنند. در چنین حالتی این سیستم جوابگو نخواهد بود. با استفاده از این سیستم ارتباط مستقیم، برای آن که شش نفر با هم در ارتباط باشند به پانزده خط تلفن و برای ارتباط ده هزار نفر به پنجاه میلیون خط ارتباطی نیاز است. بنابراین کاملاً واضح است که سیستم منظم و قابل استفاده‌ای لازم است تا بتوان با بهره گیری از آن امکان انجام تعداد زیادی مکالمه‌ی تلفنی را به طور همزمان فراهم آورد. به طور کلی در ارتباط مستقیم بین n تلفن به تعداد:

$$n(n-1)/2$$

سیم ارتباطی احتیاج داریم اما در صورت استفاده از یک مرکز تلفن تعداد سیم‌های مورد نیاز برای n مشترک به n عدد سیم ارتباطی کاهش می یابد. پس راه حل این مسئله ایجاد مراکز تلفن است که در آن بتوان امکان برقراری ارتباطات بی شماری را در روز فراهم آورد. با وجود این گونه مراکز، اگر بخواهیم با شخصی در ایستگاههای دور دستی از راه‌آهن یا خارج از راه‌آهن صحبت کنیم، قبل از تماس نهایی با شخص مورد نظر، باید مکالمه‌ی ما از کانال چندین مرکز تلفن بگذرد. همانطور که اشاره کردیم مراکز تلفن معمولاً بر دو گونه‌اند، مرکز تلفن دستی و مرکز تلفن خودکار، در مراکز تلفن دستی، ارتباطات مورد نیاز توسط یک اپراتور برقرار می‌شود. البته این گونه مراکز،

امروزه در راه‌آهن از صحنه خارج شده و جای خود را به مراکز تلفن خودکار داده اند. مراکز تلفن خودکار با استفاده از تجهیزات و وسایل خاصی ارتباط را برقرار می‌کنند. این نوع مراکز نیز انواع مختلفی دارند. بعضی‌ها با روش‌های مکانیکی و برخی نیز با استفاده از شیوه‌های الکترونیکی کار می‌کنند. امروزه اغلب مراکز تلفن در سطح راه‌آهن به صورت دیجیتالی، نصب و استفاده می‌شوند. سیستم‌های الکترومکانیکی به طور کامل منسوخ و سیستم‌های الکترونیکی نیز به تدریج از چرخه‌ی کاربرد خارج می‌شوند.

شبکه تلفن عمومی در راه‌آهن ایران به منظور برقراری ارتباط مخابراتی بین کلیه ادارات و سازمانهای راه‌آهن ایجاد گردیده است. این شبکه با استفاده از مراکز تلفن پیشرفته امکان برقراری ارتباط تلفن شهری (PSTN) و داخلی (PABX)، انواع سرویس‌های مورد نیاز شبکه حمل و نقل ریلی را در سرتاسر شبکه راه‌آهن برقرار نموده است.



شکل ٦-١٠ تلفن و مراکز تلفن

1- Public switch telephone network
2- Private Automation Branch exchange

طبقه بندی مشترکین برای استفاده از امکانات تلفن درشبکه‌ی تلفنی راه‌آهن

طبقه بندی مشترکین بر اساس امکاناتی که مرکز تلفن در اختیار مشترکین قرار می‌دهد صورت می‌گیرد که به ترتیب حروف یا اعداد کلاس بندی می‌شوند. استاندارد خاصی در حال حاضر برای این طبقه بندی، ارائه نشده و با توجه به نوع و امکانات مراکز تلفن مختلف صورت می‌گیرد. در ادامه به یکی از این کلاس بندی‌ها که در گذشته مرسوم بود، اشاره می‌کنیم.

کلاس A، بالاترین کلاس ارتباطی است، زیرا کلیه‌ی امکانات مراکز تلفن خودکار به شرح زیر را می‌تواند تحت پوشش قرار دهد:

الف- ارتباط با شبکه‌ی تلفن شهری
ب- ارتباط با شبکه‌ی تلفن شهرستانها و تلفن همراه
ج- ارتباط با شبکه‌های راه‌آهن
د- ارتباط با اپراتور محلی
ه- ارتباط با مشترکین داخلی

معمولاً مدیران از این کلاس استفاده می‌کنند.

کلاس B، دومین کلاس ارتباطی است. تنها فرقی که با کلاس قبلی دارد ارتباط بین شهری و همراه است ولی مستقیماً می‌تواند با تمام شبکه‌های راه‌آهن و محلی (تلفن شهری) و اپراتور محلی و با مشترکین داخلی تماس بگیرد (البته تماس بین شهری وهمراه را می‌تواند در شرایط خاص از طریق اپراتور انجام دهد).

کلاس C، سومین کلاس ارتباطی است. موانعی که در سر راه آن وجود دارد ارتباط شهرستانها و محلی است، ولی مستقیماً می‌تواند با تمام شبکه‌ی راه‌آهن و با مشترکین داخلی و اپراتور ارتباط برقرار نماید. در این کلاس نمی‌توان از اپراتور درخواست خط شهری (تلفن شهری) نمود.

کلاس D، پایین‌ترین کلاس ارتباطی است. در این کلاس فقط با مشترکین داخلی و اپراتور می‌توان تماس حاصل نمود، حتی به وسیله‌ی اپراتور نیز نمی‌توان با قسمتهای دیگر تماس گرفت. این کلاس‌ها برحسب موقعیت مشترکین گمارده می‌شود.

توجه: در حال حاضر طبقه بندی مشترکین برحسب اعداد بین ۱ تا ۷ است.

معمولاً اعداد شماره گیری از ۰ الی ۹ در مراکز تلفن خودکار را می‌توان به شرح زیر تقسیم کرد:

- شماره‌ی صفر برای دسترسی به خط شهری
- شماره‌ی یک مخصوص اپراتور تهران
- شماره‌ی ۲و۳ برای مشترکین ایستگاهها
- شماره‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ برای داخلی‌ها و مازاد آن رزرو در نظر گرفته شده است.
- شماره‌ی ۸ مخصوص اپراتور محلی
- شماره‌ی ۹ برای دسترسی به خط کاریر

فصل هفتم

ارتباطات رادیویی راه‌آهن

۷-۱- مقدمه

اهمیت ارتباطات در دنیای امروز بر کسی پوشیده نیست و در این میان ارتباطات رادیویی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در اکثر راه‌آهن‌های دنیا استفاده از این نوع ارتباط، مانند فناوری بی‌سیم (شبکه‌های متعارف، PMR، ترانک، تترا، DMR و GSM-R)، سیستم موقعیت یابی جهانی(GPS)، ارتباطات ماهواره‌ای و لینکهای رادیویی به وفور مشاهده می‌شود. در ادامه سعی شده است با نگاهی به تاریخ فناوری بی‌سیم و معرفی کوتاهی از ارتباطات رادیویی و اصول بی‌سیم، شبکه‌های رادیویی و بی‌سیم‌های موجود در راه‌آهن شامل بی‌سیم دستی و بی‌سیم ثابت (قطاری – ایستگاهی) معرفی شود. استفاده صحیح از بی‌سیم برای لکوموتیورانان، مسئولین و متصدیان ترافیک، مانورچیان و سایرکاربران بی‌سیم امری ضروریست که از طریق آموزشهای استاندارد حاصل می‌گردد. کاربران بی‌سیم در راه‌آهن می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر در خصوص راهنمای استفاده از بی‌سیم ها ازمنابع معرفی شده در انتهای کتاب، استفاده کنند.

امروزه در صنعت حمل ونقل ریلی استفاده از فناوری بی‌سیم بسیار حیاتی و ضروری است و نقش آن در ارتقاء ایمنی و تسهیل سیر و حرکت وسایل نقلیه ریلی انکار ناپذیر است. در این میان رعایت مقررات و تذکرات قانونی استفاده از بی‌سیم، مخاطرات استفاده نادرست از بی‌سیم را کاهش داده و راه‌آهنی ایمن را نوید می‌دهد.

فناوری بی‌سیم در گذر تاریخ

جدول ۷-۱ فناوری بی‌سیم در گذر تاریخ

تاریخ	رویداد
۱۷۴۸	بنیامین فرانکلین مدلی برای الکتریسیته پیشنهاد کرد که نشان داد الکتریسیته می‌تواند در هوا جابجا شود.
۱۸۱۹	هانس کریستین اورستد رابطه ای بنیادین میان الکتریسیته و مغناطیس کشف کرد.
۱۸۳۱	میشل فاراده القاء الکترومغناطیسی را کشف کرد و نخستین مولد جریان مستقیم را ساخت.
۱۸۶۵	انتشار کتاب « درباره نظریه پویای میدان الکترومغناطیسی » نوشته جیمز کلارک ماکسول
۱۸۷۳	انتشار کتاب « رسانه الکترومغناطیس » و ارائه معادلات ماکسول (این معادلات حرکت امواج الکترومغناطیس را در فضا تشریح می‌کند).
۱۸۸۷	هاینریش هرتز با اتکاء به نظریه ماکسول پس از اختراع نوسان ساز (مبدل جریان متناوب) امواج رادیویی تولید کرد.

۱۸۹۵	گوگلیلمو مارکنی با اختراع رادیو، توانست تلگراف رادیویی را از این سوی کانال انگلستان به سوی دیگر منتقل کند.
۱۹۰۱	مارکنی توانست امواج رادیویی را از این سوی اقیانوس اطلس به سوی دیگر ارسال کند.
۱۹۰۷	استفاده عمومی از رادیو

گاه‌شمار روند توسعه ارتباطات رادیویی در راه‌آهن ایران

جدول ۷-۲ روند توسعه ارتباطات رادیویی در راه‌آهن ایران

تاریخ	رویداد
۱۳۲۸	نصب دستگاه‌های بی‌سیم در ایستگاه تهران و ۷ ایستگاه تشکیلاتی در نواحی
۱۳۴۹	بهره‌برداری از ۲۰ دستگاه بی‌سیم دستی JRC ۲ کاناله VHF درعملیات مانور
۱۳۵۳	تجهیز محور تهران - مشهد به بی‌سیم ثابت VHF
۱۳۶۱	بهره‌برداری از ۵۰ دستگاه بی‌سیم دستی ندا در امور سیر و حرکت
۱۳۶۵	بهره‌برداری از ۲۵۰ دستگاه بی‌سیم ندا با قابلیت برنامه‌ریزی در امور سیر و حرکت
۱۳۶۸	بهره‌برداری از سیستم رادیویی UHF و نصب سه مرکز تکرار کننده در کوشک نصرت، کرج و گرمسار
۱۳۷۹	شروع بهره‌برداری از سیستم ترانک
۱۳۹۰	شروع عملیات نصب و راه‌اندازی پوشش رادیویی تونلها و سیستم AVL

۷-۲- اصول بی‌سیم

تقسیم بندی باندها و فرکانس‌ها

امروزه و در عصر پیشرفت تکنولوژی، کاربرد و استفاده از طیف‌های فرکانسی و امواج رادیویی در حال گسترش روزافزون است. مهم‌ترین مزیت این فناوری کاهش حجم اتصالات و وسایل رابط همچون سیم‌ها و کابل‌ها هستند که در نتیجه موجب کاهش چشم‌گیر هزینه‌ها می‌گردند. به

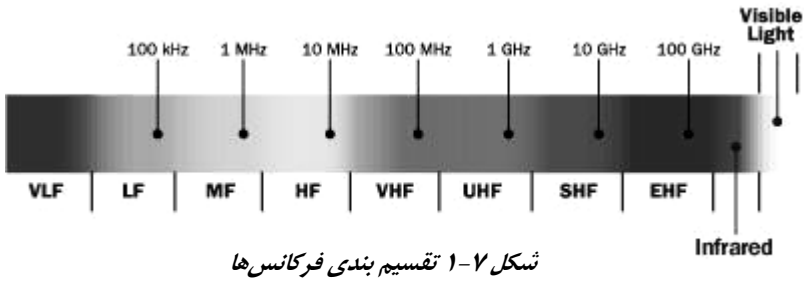
طوری‌که روابط بدون سیم جایگزین مطمئن آنها می‌شوند.

ارتباطات به وسیله امواج رادیویی، برپایه قوانین فیزیک و انرژی امواج الکترومغناطیسی استوار است. بدین منظور برخی مفاهیم اولیه مربوط به این موضوع را به اجمال از نظر می‌گذرانیم.

همه ما تاکنون عباراتی نظیر UHF, VHF, AM, FM و ... را شنیده‌ایم. فضای اطراف ما آکنده از امواج رادیویی است که در تمام جهات در حال انتشار و عبور و مرور می‌باشند. اصولاً یک موج رادیویی یک موج الکترومغناطیسی می‌باشد که معمولاً توسط آنتن منتشر می‌گردد. امواج رادیویی دارای فرکانس‌های مختلفی هستند، که برحسب کاربری مطابق با استانداردهایی تقسیم‌بندی شده‌اند. در آمریکا FCC کمیته ملی ارتباطات مسئولیت مدیریت و تصمیم‌گیری در مورد تخصیص طیف‌های فرکانسی و صدور مجوز و یا تعیین استانداردها را برعهده دارد.

امواج رادیویی در هوا با سرعتی نزدیک به سرعت نور انتقال می‌یابند. این امر یکی از مهم‌ترین مزایای این فناوری می‌باشد که نقش بسزایی در تسریع ارتباط به عهده دارد.

واحد اندازه‌گیری فرکانس رادیویی hertz "هرتز" یا "سیکل بر ثانیه" است و برای فرکانس‌های بزرگ‌تر، جهت خواندن و نوشتن از عباراتی مانند KHz "کیلوهرتز"، MHz "مگا هرتز" و ... استفاده می‌شود.



شکل ۷-۱ تقسیم بندی فرکانس‌ها

امواج رادیویی دارای فرکانس‌ها و باندهای مختلفی هستنند، به وسیله یک گیرنده مخصوص رادیویی شما می‌توانید، امواج مربوط به همان گیرنده را دریافت نمایید. برای مثال زمانی که شما مشغول گوش دادن به یک ایستگاه رادیویی هستید، گوینده فرکانس MHz ۹۱/۵ و باند FM را اعلام می‌کند. رادیوی FM شما تنها می‌تواند گستره فرکانسی تخصیص یافته مربوط به خود را دریافت نماید.

Wavelength یا طول موج یک سیگنال الکترومغناطیسی با فرکانس یا بسامد آن رابطه معکوس دارد، بدین معنی که بالاترین فرکانس کوتاه ترین طول موج را دارا می‌باشد. در کل

سیگنال‌های با طول موج‌های بلندتر مسافت بیشتری را می‌پیمایند و از قابلیت نفوذ بهتـری در میـان اجسام در برابر سیگنال‌های دارای طول موج کوتاه برخوردارند.

جدول ۷-۳ گستره فرکانس و نمادهای آن

نمادها	تقسیمات	گستره فرکانس
VLF	امواج۱۰ هزارمتری	30KHZ-3
LF	امواج کیلومتری	300khz-30
FM	امواج هکتامتری	3000khz-300
HF	امواج دکامتری	30mhz-3
VHF	امواج متری	300MHz-30
UHF	امواج دسیمتری	3000MHz-300
SHF	امواج سانتیمتری	30GHz-3
EHF	امواج میلیمتری	300GHz-30
	امواج دسی میلیمتر	3000GHz-300

در زیر بخشی از کاربردهای این امواج با ذکر محدوده فرکانسی آمده است.

- رادیوهای AM از ۵۳۵ کیلو هرتز تا ۱/۷ مگاهرتز
- رادیوهای موج کوتاه: ۵/۰۹ مگاهرتز تا ۲۶/۱ مگاهرتز
- رادیوهای باند شهری: ۲۶/۹۶ مگاهرتز تا ۲۷/۴۱ مگاهرتز
- رادیوهای FM از ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز

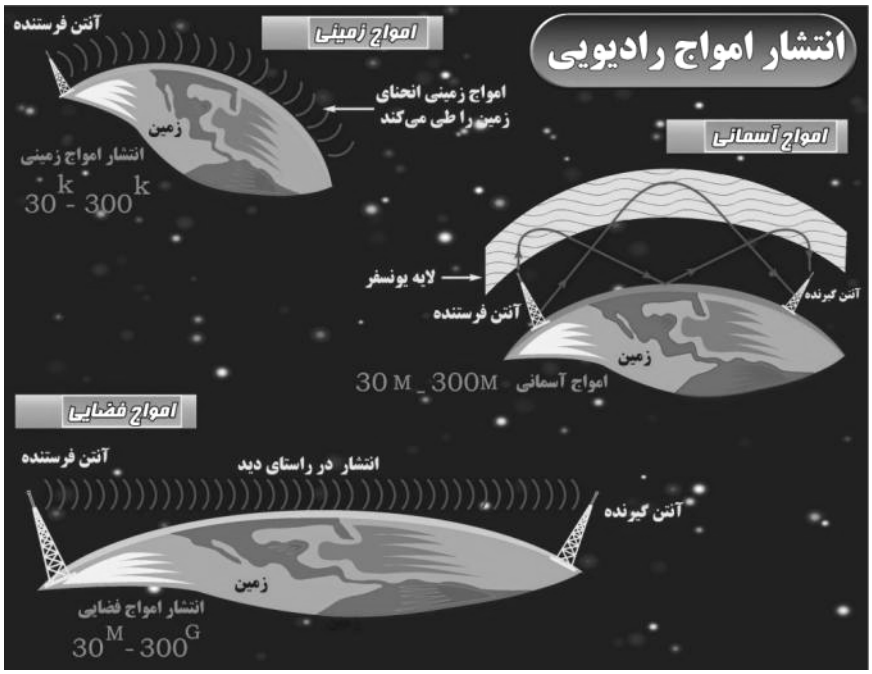
و برخی تقسیمات جزیی‌تر عبارتند از:

- سیستم‌های دزدگیر، دربازکن بدون سیم پارکینگ و ... : در حدود ۴۰ مگاهرتز
- تلفن‌های بدون سیم متداول: در حدود ۴۰ الی ۵۰ مگاهرتز
- هواپیماهای مدل کنترلی: در حدود۷۲ مگاهرتز
- ماشین‌های اسباب‌بازی رادیو کنترلی: درحدود ۷۵ مگاهرتز

- گردنبند ردیابی حیوانات: ۲۱۵ الی ۲۲۰ مگاهرتز
- تلفن‌های سلولی (مانند موبایل):۸۲۴ مگاهرتز الی ۸۴۹ مگاهرتز
- تلفن‌های جدید بدون سیم: در حدود ۹۰۰ مگاهرتز
- سیستم‌های موقعیت‌یاب ماهواره‌ای: ۱۲۲۷ مگاهرتز الی ۱۵۷۷ مگاهرتز

انتشار امواج رادیویی

یک موج رادیویی یک موج الکترومغناطیسی است که می‌تواند بوسیله یک آنتن انتشار یابد و همانطور که می‌دانید امواج رادیویی فرکانسهای متفاوتی دارند. یکی از سؤالهای ابتدایی شما ممکن است این باشد که چرا برخی از امواج و فرکانسهایی که حتی بر روی یک باند مشترک منتشر می‌شوند، مثلاً باند FM بوسیله رادیوهای گیرنده خانگی قابل دریافت نمی‌باشند؟ پاسخ این است که گیرنده خانگی شما فقط می‌تواند باندها و فرکانسهایی را که کارخانه سازنده از پیش برای آن تعیین کرده و مثلاً برای موج FM بین ۸۸ تا ۱۰۸ مگا هرتز می‌باشد را دریافت نماید.



شکل ۷-۲ انتشار امواج رادیویی

مدیریت طیف فرکانس

بر اساس شرح وظایف وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات (MICT) و اساسنامه سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی، مدیریت طیف فرکانس در جمهوری اسلامی ایران به عهده سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی (CRA) است.

جدول ملی تخصیص فرکانس (National Table of Frequency Allocation) به عنوان سند مرجع مدیریت طیف فرکانس در جمهوری اسلامی ایران، توزیع کلی حدود ۴۵۰ تکه باند فرکانسی در محدوده ۹ کیلوهرتز تا ۲۷۵ گیگاهرتز را بین حدود ۳۰ سرویس رادیویی مختلف نشان می‌دهد که مبتنی بر مقررات بین المللی رادیویی (Radio Regulations) و دستورالعمل‌های اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) است.

اولین نسخه جدول ملی تخصیص فرکانس جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۷۷ تدوین و در سال ۱۳۸۰ بعد از کنفرانس جهانی ارتباطات رادیویی سال ۲۰۰۰ (WRC-2000) بازنگری شد. نسخه فعلی جدول ملی که در سال ۱۳۸۵ با در نظر گرفتن مصوبات کنفرانس جهانی ارتباطات رادیویی سال ۲۰۰۳ (WRC-03) تدوین و نهایی شده، جایگزین نسخه قبلی شده است. بر اساس مفاد اساسنامه اتحادیه بین المللی مخابرات، جمهوری اسلامی ایران ملزم به هماهنگی با تخصیص‌های فرکانسی مندرج در ماده ۵ مقررات بین المللی رادیویی می‌باشد. با این حال تخصیص‌های ملی جمهوری اسلامی ایران ممکن است با تخصیص‌های بین المللی مندرج در مقررات بین المللی رادیویی متفاوت باشد مشروط به اینکه برای کشورهای همسایه که با جدول بین‌المللی تخصیص فرکانس یا موافقتنامه‌های دو جانبه هماهنگی دارند، مشکلی ایجاد نکند. فصول مختلف کتاب راهنمای جدول ملی تخصیص فرکانس به صورت الکترونیک از طریق وب سایت این سازمان در دسترس کاربران قرار دارد. نمودار دیواری جدول ملی تخصیص فرکانس به صورت ترسیمی و با استفاده از رنگ‌های متفاوت، نحوه توزیع تکه باندهای فرکانسی در محدوده ۹ کیلوهرتز تا ۲۷۵ گیگاهرتز بین سرویس‌های رادیویی را نشان می‌دهد و به صورت ساده یک شمای کلی از استراتژی ملی تخصیص فرکانس جمهوری اسلامی ایران را به نمایش می‌گذارد. جدول ملی تخصیص فرکانس جمهوری اسلامی ایران به صورت الکترونیک با قابلیت جستجو برحسب تکه باندهای فرکانسی، سرویس‌های رادیویی یا کاربردهای رادیویی از طریق وب سایت سازمان در دسترس می‌باشد که به کاربران امکان دسترسی سریع به اطلاعات مورد نظر را می‌دهد. برحسب ضرورت، کلیه ضوابط فنی، دستورالعمل‌ها، مقررات مربوط به هر کاربرد یا تکه باند فرکانسی در این جدول در دسترس کاربران قرار دارند. نتیجه هر جستجو در جدول ملی تخصیص فرکانس، به صورت جدولی با ستونهای مختلف به شرح زیر نمایش داده می‌شود:

جدول ۷-۴جدول ملی تخصیص فرکانس

تکه باند فرکانسی	تخصیص ملی	نوع	کاربردها	توضیحات

ستون ۱: تکه باند فرکانسی، باند فرکانسی مورد اشاره در آن ردیف از جدول را نشان می‌دهد.

ستون ۲: تخصیص‌های ملی یا منطقه‌ای (بین المللی) در هر باند فرکانسی مشتمل بر: تخصیص‌های مورد استفاده فعلی و آتی در ج . ا . ایران، پانویس‌های بین المللی از ماده ۵ مقررات رادیویی که ج . ا . ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند و پانویس‌های ج . ا . ایران مربوط به تخصیص‌های ملی. توجه شود که اگر یکی از مناطق سه گانه رادیویی انتخاب شده باشد، این ستون شامل تخصیص‌های مقررات رادیویی در منطقه رادیویی مورد نظر و پانویس‌های مربوطه خواهد بود.

ستون ۳: نوع تخصیص‌های ملی از نظر نوع کاربران (نظامی، غیرنظامی و غیره) را نشان می‌دهد.

ستون ۴: کاربردهای عمده و اسناد سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی را نشان می‌دهد.

این ستون در صورت لزوم، برای تکه باند فرکانسی مورد نظر و برای سرویس‌های تخصیص یافته در این تکه باند شامل اطلاعات زیر است:

- کاربردهای عمده مورد استفاده در ج . ا . ایران
- سیستم‌هایی که در ج . ا . ایران استفاده می‌شود یا خواهد شد.
- اطلاعات مربوط به تصمیمات و مصوبات سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی در خصوص کاربردها و سیستم‌های مورد نظر شامل جزئیات مربوط به محدوده فرکانسی مجاز هر کاربرد، کانال بندی، مشخصه‌های فنی و مقررات مربوطه
- اطلاعاتی در مورد استانداردهای ذیربط،

توجه: استفاده از تکه باند مورد نظر محدود به کاربردها و سیستم‌های نام برده شده در این ستون نیست. همچنین هر کاربرد نوشته شده در یک تکه باند، لزوماً مجاز به استفاده از کل آن تکه باند نخواهد بود.

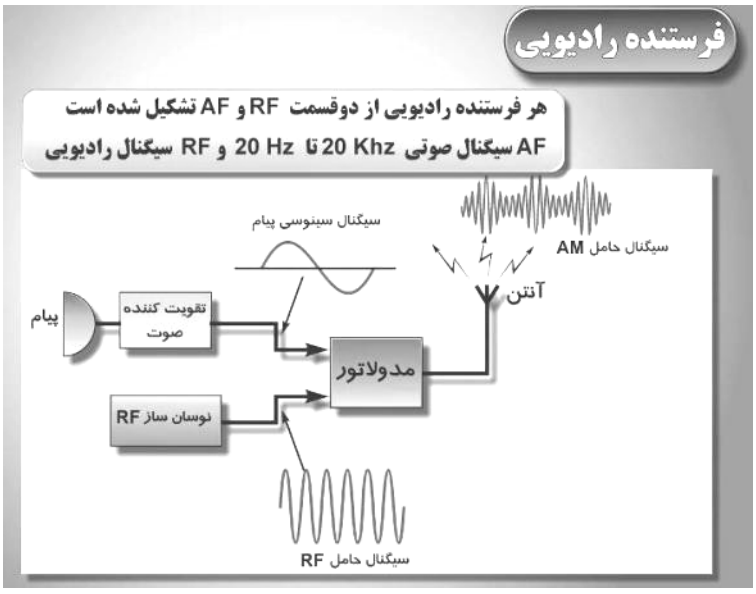
ستون ۵: توضیحات این ستون هر جا که لازم باشد در هر باند فرکانسی حاوی اطلاعات زیر است:

در صورت لزوم تاریخ به اجراء درآمدن موارد زیر:

- تخصیص مشخص از ستون تخصیص ملی
- تصمیم یا توصیه سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی که در ستون مربوط به کاربردها آمده است. و هر نوع اطلاعات مرتبط دیگر که از آن جمله می‌توان به ماهیت استفاده از یک کاربرد عمده اشاره کرد.

فرستنده‌ی رادیویی AM

هر فرستنده‌ی رادیویی از دو قسمت RF و AF تشکیل شده است. صدا، موسیقی یا هر پیامی که در محدوده‌ی فرکانسی ۲۰ HZ تا ۲۰ KHZ قرار دارد سیگنالهای صوتی یا AF نامیده می‌شود.



شکل ۷-۳ فرستنده رادیویی نمونه

فرستنده‌ها ابتدا سیگنال AF و RF را تقویت می‌کنند. این سیگنالها پس از تقویت به مدولاتور اعمال می‌شوند. سیگنال خروجی مدولاتور مجدداً تقویت شده و برای انتشار به مدار آنتن می‌رود. عمل مدولاسیون ممکن است در طبقه‌ی انتهایی فرستنده یا طبقه‌ی ماقبل آن صورت گیرد.

گیرنده‌ی AM

امروزه گیرنده‌ها را به صورت ترکیبی می‌سازند که سوپر هترودین نامیده می‌شود. کلمه‌ی هترودین به معنی مخلوط کردن یا ترکیب کردن دو فرکانس است . کلمه‌ی سوپر نیز به معنی فوق‌العاده است و بیشتر برای کالاهایی که اولین بار به بازار عرضه می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد . در گیرنده‌های سوپر هترودین ابتدا ایستگاه مورد نظر توسط مدار هماهنگی، انتخاب می‌شود . فرکانس دریافتی پس از تقویت وارد مدار کانورتور و تبدیل به فرکانس میانی می‌شود.

فرکانس میانی را فرکانس متوسط یا IF نیز می‌نامند. مقدار فرکانس IF در گیرنده‌های AM تجاری معمولاً مساوی ۴۵۵ کیلوهرتز است . حدود فرکانس IF برای گیرنده‌های مختلف فرق می‌کند و معمولاً مقدار آن را روی دستگاه می‌نویسند .

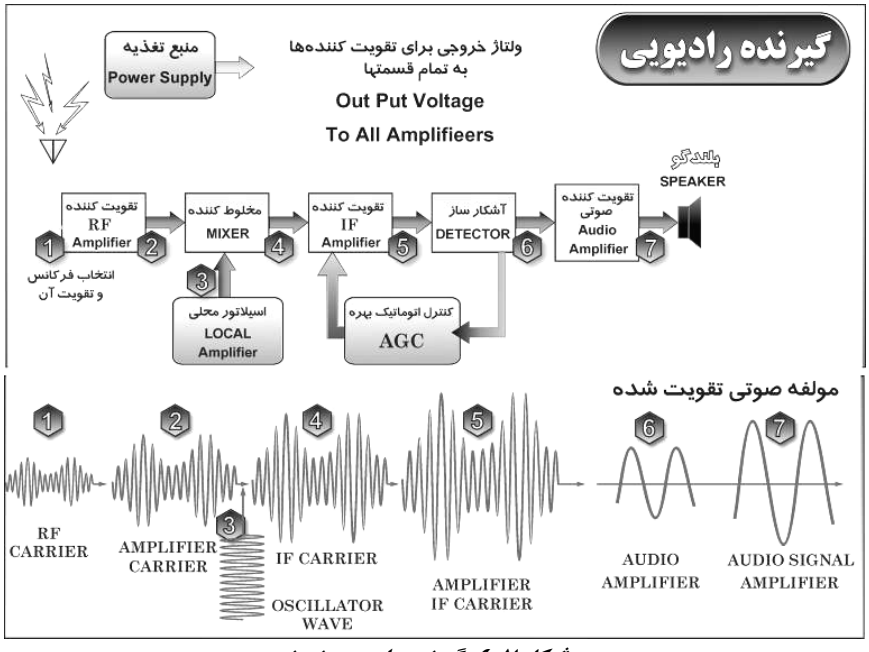
هر گیرنده‌ی سوپر هترودین دارای طبقاتی به شرح زیر است:

الف – تقویت کننده RF　　ب– اسیلاتور محلی

ج– مخلوط کننده یا میکسر　　د– تقویت کننده IF

ه – آشکار ساز یا دتکتور　　و– تقویت کننده AF

ز– کنترل اتوماتیک بهره　　ح – بلندگو



شکل ۷-٤ گیرنده رادیویی نمونه

فرستنده‌ی FM

در FM تغییر دامنه‌ی پیام باعث تغییر فرکانس حامل می‌شود. چون تغییرات فرکانس کاریر نشان دهنده‌ی تغییرات پیام است . بنابراین نویز پذیری سیگنال FM فوق العاده کمتر است.

FM تجاری در محدوده‌ی فرکانسی ۱۰۸ – ۸۸ مگاهرتز قرار دارد. پهنای باند هر ایستگاه رادیویی معمولاً ۱۵۰ کیلوهرتز و باند محافظ بالا و پایین آن هر کدام ۲۵ کیلوهرتز است.

فرستنده‌ی FM تشابه زیادی با فرستنده AM دارد. اختلاف اساسی بین فرستنده‌ی FM و AM در نوع مدولاسیون آن است.

میکروفن ارتعاشات مکانیکی را به الکتریکی تبدیل می‌کند. تقویت کننده‌های صوتی، عمل تقویت دامنه‌ی سیگنال خروجی میکروفن را انجام می‌دهند. در بلوک مدولاتور FM و اسیلاتور RF، فرکانس اسیلاتور براساس تغییرات دامنه و فرکانس تغییر می‌کند و سیگنال FM تولید می‌شود. قسمت تقویت کننده‌ی توان نیز قدرت لازم را برای فرستنده تامین می‌کند.

گیرنده‌ی FM

گیرنده‌ی FM شباهت زیادی به گیرنده‌ی AM دارد. اختلاف اساسی بین گیرنده‌های FM و AM در فرکانس حامل و مدارهای آشکارساز آنهاست.

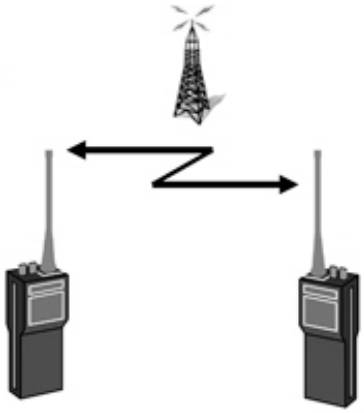
در آشکارسازه‌های FM برای پیاده کردن پیام از روی کاریر ابتدا توسط مدارهای هماهنگی، تغییر دامنه درسیگنال FM داده می‌شود، سپس با استفاده از آشکار ساز دامنه، پیام از روی کاریر پیاده می‌شود.

۷-۳- سیستمهای رادیویی

سیستم متعارف

سیستمهای متعارف[1] از تکرار کننده‌ها و بی‌سیم‌های معمولی تشکیل شده است. در این سیستم وظیفه ارسال و دریافت امواج رادیویی به عهده بی‌سیم‌ها بوده (شبیه به واکی تاکی) و فقط در صورت نیاز به افزایش پوشش رادیویی و برد بی‌سیم‌ها از تکرار کننده استفاده می‌شود.

1- Conventional



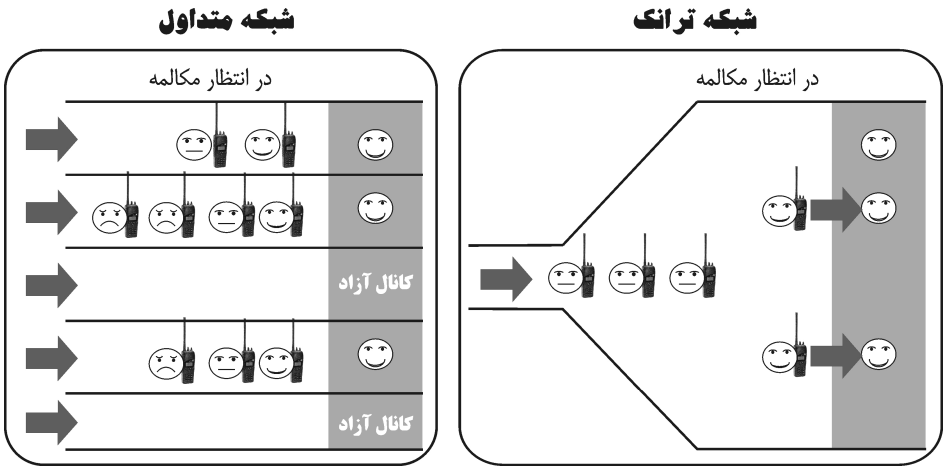
شکل ۷-۵ سیستم متعارف

این شبکه‌ها در مقایسه با دیگر شبکه‌ها کم هزینه‌تر بوده و به سرعت می‌توان آن را نصب و راه‌اندازی کرد، ولی قادر نیستند پوشش رادیویی وسیع و یکپارچه ایجاد کنند و از منابع فرکانسی به صورت بهینه استفاده نمی‌کنند، ضمن اینکه در ارائه سرویسهای مختلف هم محدودیت دارند.

شبکه ترانک

نام ترانک از صنعت تلفن گرفته شده است و عبارت است از پروسه انتخاب یک مسیر ارتباطی از دیگر مسیرها. ترانکینگ متکی بر این مقدمه است که اگر صد کاربر در یک شبکه‌ی ارتباطی معین تقسیم شده باشند، فقط ۱۰ کاربر در یک زمان معین عملاً می‌توانند از شبکه استفاده کنند. البته این تعداد برای ساعتهای پرترافیک محاسبه می‌شود. خطوط ترانک کانالهایی بین کاربران و تجهیزات ارتباطی هستند. اگر شما از سایت خودتان با یک سایت دیگر تماس بگیرید، تجهیزات سوئیچینگ در سایت شما، مکالمه‌تان را به یک خط ترانک اختصاص می‌دهد. در حقیقت شما یک خط ترانک قرض گرفته‌اید. وقتی که تماس شما تمام شد، مرکز شما دوباره خط ترانکی را که استفاده کرده بودید، پوشش می‌دهد و آن را برای استفاده در دسترس دیگر مشترکین قرارمی‌دهد. بنابراین لازم نیست که صد خط ترانک برای سرویس دادن به صد مشترک رادیویی داشته باشیم و فقط ده خط برای دادن سرویس خوب، کافی خواهد بود.

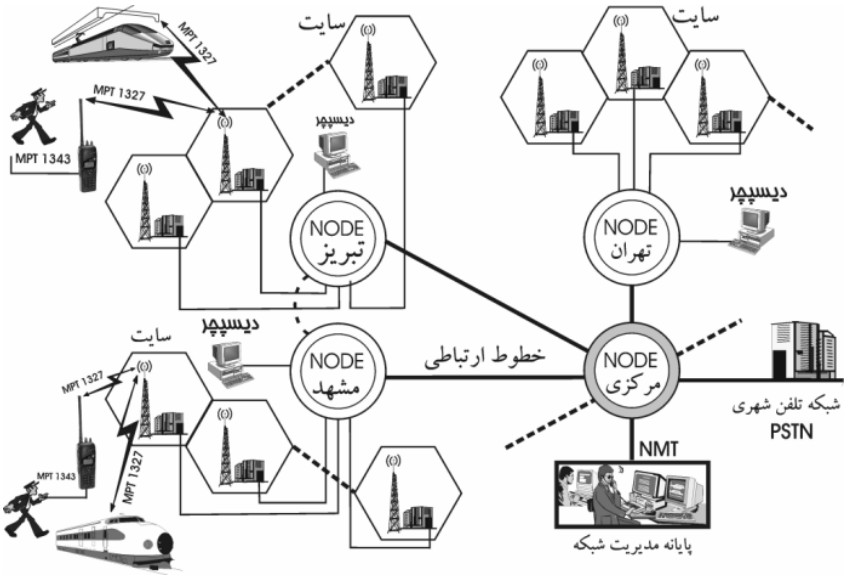
شبکه‌های ترانک (آنالوگ و دیجیتال)، امکان به اشتراک گذاشته شدن منابع فرکانسی را مهیا می‌کنند. با این کار مدیریت ترافیک شبکه بهبود یافته و در نتیجه تعداد بیشتری از کاربران قادر خواهند بود از شبکه رادیویی استفاده کنند. شبکه‌های ترانک تقریباً هفت برابر شبکه‌های متعارف از لحاظ کانال/ کاربر کارایی دارند.



شکل ۷-۶ مقایسه ترانک و متداول

علاوه بر بحث ترافیک، مسئله پوشش رادیویی یکپارچه با ایجاد شبکه‌های ترانک قابل حل است. گرچه در شبکه‌های متعارف، می‌توان به هر تعداد تکرار کننده اضافه کرد، ولی مناطق تحت پوشش تکرار کننده‌ها از یکدیگر مستقل است و نمی‌توان به راحتی با هر کاربر دیگری در سطح شبکه ارتباط برقرار کرد و ارتباطات عموماً منحصر به منطقه تحت پوشش تکرارکننده است. شبکه‌های ترانک ساختار سلولی[۱] دارند. به این معنی که هر کجا نیاز به ارتباطات بی‌سیم باشد یک ایستگاه ثابت رادیویی موسوم به BS [۲] قرار داده می‌شود، این ایستگاه‌ها را در راه‌آهن ایران سایت می نامند. در نهایت همانطور که در شکل می‌بینید، سایتها با خطوط مخابراتی به یک سوئیچ متصل می‌شوند. تجهیزات کنترل و مدیریت شبکه موسوم به NMT از طریق NODE مرکزی وظیفه ساماندهی شبکه را بر عهده دارد.

1- Cellular
2- Base Station

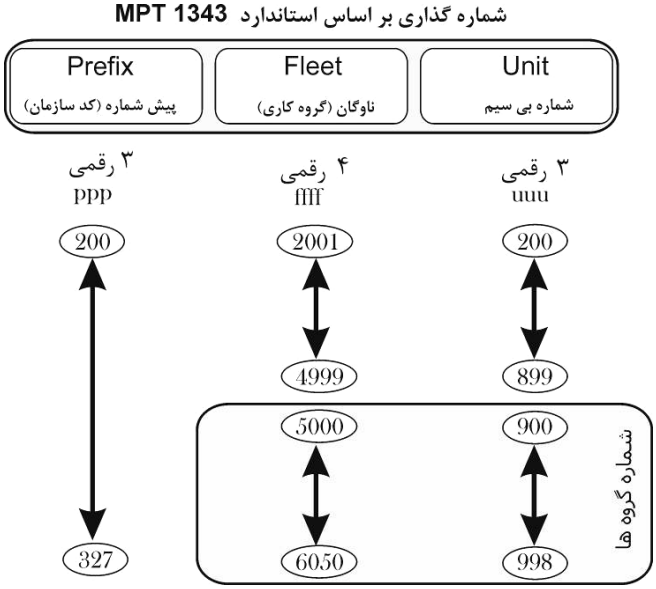


شکل ۷-۷ ساختار شبکه ترانک در راه‌آهن

به این ترتیب این سؤال که برد یک شبکه ترانک چقدر است بی‌معنی است، چرا که برد شبکه تا جایی است که شما بخواهید. فقط کافی است در مناطق مورد نظر ایستگاه رادیویی قرار دهید. شبیه به سیستم جهانی ارتباطات سیار برای تلفن همراه (GSM).

شماره گذاری بی‌سیمها

در شبکه ترانک شماره دهی به بی‌سیمها بر اساس استاندارد MPT1343 مطابق شکل روبرو صورت می‌گیرد.



شکل ۷-۸ شماره دهی بر اساس استاندارد MPT1343

شبکه تترا[1]

یکی از استانداردهای برجسته‌ی روش‌های رادیویی در اروپا به نام تترا و جایگزینی برای سیستم‌های قدیمی و آنالوگ می‌باشد. تترا به معنی "استاندارد اروپایی رادیوهای ترانک" می‌باشد که جهت ارتباطات مختلف در کشورهای اروپایی توسعه یافت. استاندارد تترا بوسیله‌ی موسسه‌ی استاندارد ارتباطات اروپا مورد تأیید قرار گرفته است. بعد از مدتی با توجه با تقاضای بازارهای جهانی خارج از اروپا جهت استفاده از این سیستم نوین بار دیگر تعریف جدیدی از این سیستم به نام "رادیوهای ترانک زمینی" از عبارت "Terrestrial Trunked Radio" ارائه شد.

تترا از تکنولوژی به نام "دسترسی چند گانه‌ی زمانی" (TDMA) برای فشرده سازی ۴ کاربر روی هر یک از کانال‌ها با پهنای ۲۵ KHz استفاده نموده و اجازه تماس پیوسته‌ی یک یا چند کاربر به طور همزمان را بر روی یک کانال می‌دهد. در این سامانه به هر یک از کاربران یک قسمت از تقسیم‌بندی زمانی ۴ قسمتی هر کانال که برابر ۱۴/۱۶۷ میلی‌ثانیه می‌باشد، اختصاص می‌یابد.

به‌طوری که اگر یک کانال را در حالت فعالیت در نظر بگیریم کاربر شماره‌ی ۱ در محدوده‌ی یک چهارم زمان متعلق به خود عمل ارسال را انجام می‌دهد و سپس پس از پایان این ۱۴ میلی‌ثانیه، عمل ارسال توسط رادیوی وی به صورت خودکار قطع می‌شود، در این زمان کاربر ۲ می‌تواند به اندازه‌ی ۱۴ میلی‌ثانیه از زمان خود ارسال انجام دهد، کاربران سوم و چهارم نیز به همین ترتیب، که در پایان این چرخه، به میزان جمعاً ۵۶/۶۸۸ میلی‌ثانیه ارسال انجام می‌شود و این چرخه دوباره آغاز می‌گردد. حال نکته این‌جاست که فرایند قطع و وصل نمودن مجدد و کنترل این چرخه با چنان سرعتی انجام می‌پذیرد و زمان به قدری کوتاه است که هیچ یک از کاربران قطع ارتباطی را حس نخواهند کرد و ارتباط پیوسته برقرارمی‌ماند.

استاندارد تترا دو نوع اتصال تبادل داده را پشتیبانی می‌نماید که عبارتند از:

۱. مدار پیوسته(مانند یک مودم تلفنی)
۲. پروتکل اینترنتی (IP)

این‌ها روش‌هایی برای انتقال پیام‌های کوتاه، تصاویر و نقشه‌ها، تصاویر ویدویی فشرده و دیگر داده‌ها هستند. در هر دوره نرخ سرعت انتقال داده برای هر کاربر بر چیزی در حدود ۷۲۰۰ بیت در هر ثانیه است که به طور همزمان برای ۴ کاربر ۲۸۸۰۰ بیت بر ثانیه خواهد شد، یعنی چیزی معادل سرعت اتصال به اینترنت بوسیله‌ی یک مودم معمولی. اگر در حالت بخصوصی یک کاربر نیاز به سرعت بیشتری جهت انتقال و تبادل داده داشته باشد و نیز سه چهارم دیگر از محدوده‌ی زمانی

1. TETRA

تعیین شده آزاد و بدون استفاده باشد، مرکز کنترل قادر خواهد بود تا کل بخش‌های زمانی قسمت شده را به یک کاربر اختصاص دهد تا وی به سرعت بتواند اطلاعات مورد نیاز را مورد تبادل قرار دهد.

در شرایطی که یک رادیو تنها قادر است از بازه‌ی زمانی یک چهارم خود جهت ارسال استفاده نماید، می‌تواند از بقیه‌ی سه چهارم باقیمانده (زمان ارسال توسط ۳ کاربر دیگر) جهت عمل دریافت استفاده نماید. هر کانال در هر ثانیه ۱۸ مرتبه به صورت سوئیچ کردن به عقب و جلو بر روی ارسال و دریافت به صورت متناوب عمل می‌کند و توانایی عملکرد دو طرفه به صورت صحبت کردن و شنیدن همزمان مانند یک تلفن همراه را فراهم می‌آورد.

GSM

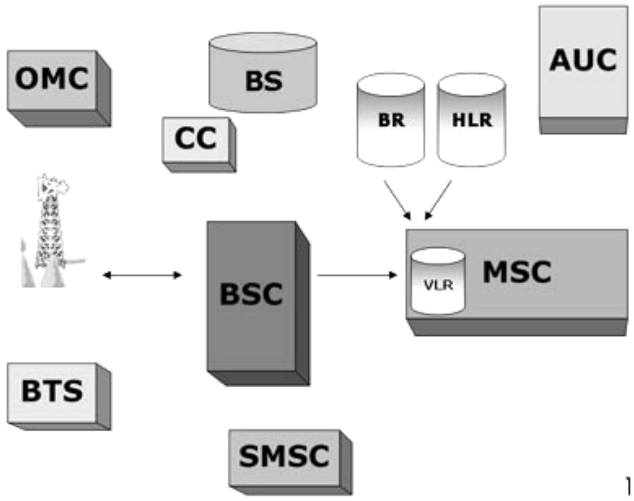
دفاتر پست و مخابرات اروپایی از طریق بازارهای پر قدرت موبایل، توسعهٔ فناوری موبایل را رهبری می‌نماید و همکاریهای جدیدی در زمینهٔ سیستمهای استاندارد سازی، پیاده سازی و اجرای این فناوریها بوجود آورده است. یکی از مهمترین محصولات این استانداردها که درCEPT [1] شکل گرفته است استاندارد GSM است. این استاندارد سیستم ارتباطات موبایل سلولی دیجیتالی نسل جدید را در اروپا توسعه داده است. برای اولین بار کار استاندارد سازی GSM جهت پیاده سازی این سیستم در سال ۱۹۹۱ صورت گرفته است.

سیستم GSM از ترکیب ۳ زیر سیستم اصلی بوجود آمده است:

۱. زیر سیستم شبکه
۲. زیر سیستم رادیویی
۳. زیر سیستم پشتیبانی و نگهداری

در سیستم GSM برای برقراری ارتباطات اپراتورهای شبکه با منابع مختلف و تجهیزات زیر ساخت سلولی، نه تنها رابطی هوایی بلکه چندین رابط اصلی دیگر برای مرتبط کردن قسمتهای مختلف این سیستم تعریف شده است.

1- European Post Offices and Telecommunication



شکل ۷-۹ معماری GSM

سه رابط مهم در سیستم GSM در زیر آمده است : رابط A که میان MSC و BSC قرار دارد. رابط A-bis که میان BSC و BTS قرار دارد. رابط UM که میان BTSو MS قرار دارد. رابط دیگری نیز بنام MAP وجود دارد که پروتکلی است که میان عناصرMSC ، VLR، HLR، EIR و AUCرد وبدل می‌شود.

زیر سیستم شبکه: این سیستم شامل تجهیزات و فانکشنهای مربوط به مکالمات-end-to-end، مدیریت مشترکین، Mobility می‌باشد و نیز مانند رابطی میان سیستم GSM و مراکز تلفن ثابت (PSTN) عمل می‌کند. زیر سیستم شبکه، یک زیر سیستم سوئیچینگ می‌باشد که شامل MSCها، VLR، HLR، AUCو EIR می‌باشد.

در ادامه تعریف کوتاهی از هر یک از این عناصر ارائه شده است :

- MSC یا مرکز سرویسهای سوئیچینگ موبایل، فانکشنهای راه‌اندازی مکالمه (call setup) را انجام می‌دهد، رابطی نیز با مراکز تلفن ثابت دارد و فانکشنهایی نیز مانند ارائهٔ صورت حساب مشترکین نیز برعهده این مرکز است.
- HLR یا ثبت کنندهٔ محل HOME یک پایگاه دادهٔ متمرکز شامل اطلاعات تمامی مشترکین ثبت شده در یک PLMN است. ممکن است در یک PLMN بیشتر از یک HLR وجود داشته باشد ولی هر مشترک مشخص تنها به یک HLR می‌تواند وارد شود.
- VLR یا ثبت کنندهٔ محل visitor یک پایگاه داده شامل اطلاعات موبایلهایی است که در

حال حاضر در حوزهٔ MSCای کنترلی در حال حرکت هستند. در زمانیکه یک MS به حوزهٔ MSC جدیدی وارد می‌شود، VLRی که به آنMSC متصل شده است، اطلاعات MSمورد نظر را از HLR درخواست می‌کند HLR نیز اطلاعات MS مورد نظر را به آن MSCکه MS در حوزه‌اش قرار دارد، ارائه خواهد داد. اگر یک MS بخواهد مکالمه‌ای برقرار نماید VLR تمام اطلاعات مورد نیاز جهت برقراری مکالمه را ارائه خواهد داد و لزومی ندارد که در هر لحظه از HLR سوال نماید. VLR را در یک جمله می‌توان گفت، یک HLR توزیع شده است و شامل اطلاعات دقیقی در مورد محل یک موبایل است.

- AUC یا مرکز تعیین هویت به HLR متصل می‌شود و وظیفهٔ آن آماده سازی HLR به همراه پارامترهای تعیین هویت و کلیدهای رمزنگاری است که این عملیات برای اهداف امنیتی استفاده می‌شوند.
- EIR یا ثبت کنندهٔ هویت تجهیزات یک پایگاه داده است که در آن شماره‌های بین المللی تعیین هویت تجهیزات موبایل(IMEI)، برای هر دستگاه موبایل ثبت شده، ذخیره می‌شود.
- یکی دیگر از ترکیبات زیر سیستم شبکه Echo Canceller است که مسایل آزار دهنده‌ای (مانند انعکاس صدا) که از طریق شبکهٔ موبایل در زمان اتصال به یک مدار PSTN ایجاد می‌شود را کاهش می‌دهد.
- شبکهٔ IWF یا فانکشن داخل شبکه‌ای نیز رابطی میان MSC و دیگر شبکه‌ها PSTN و ISDN می‌باشد.

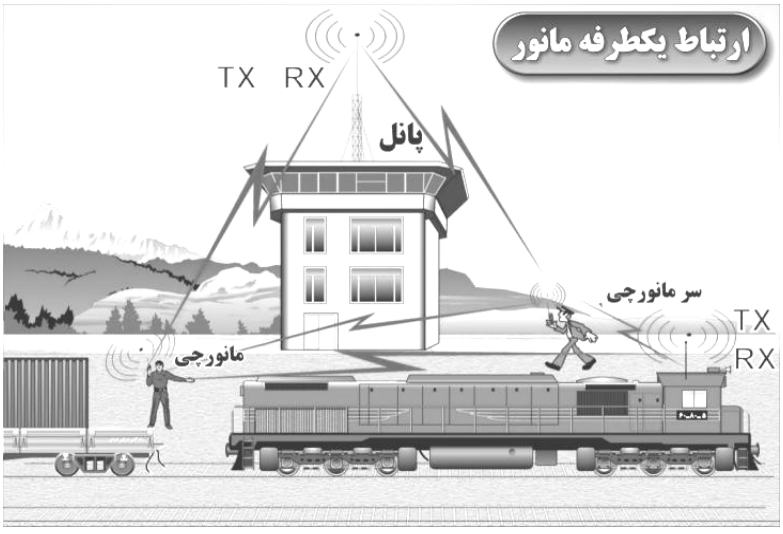
زیرسیستم رادیویی: شامل تجهیزات و فانکشنهای مرتبط با مدیریت اتصالات مسیر رادیویی، مانند مدیریت handover ها می‌باشد. این زیر سیستم شاملBSC ، BTS و MS است. MS بطور قراردادی در زیر سیستم رادیویی قرار گرفته و همیشه آخرین مسیر یک مکالمه است و از برقراری یک مکالمه، به همراه زیر سیستم شبکه، جهت مدیریتmobility، محافظت می‌کند. هر سلول در سیستم GSM یک BTS با چندین گیرنده وفرستنده دارد. یک گروه ازBTS ها توسط یک BSCکنترل می‌شوند. پیکربندیهای مختلفی برای BSC-BTS وجود دارد. برخی از این پیکر بندیها برای وضعیت ترافیک بالا و تعدادی برای مناطقی با ترافیک متوسط طراحی شده‌اند. یک BSC فانکشنهایی چون handover و power control را نیز کنترل می‌نماید. BSC وBTS با هم بنام BSSشناخته می‌شوند. BSS از دید MSC به صورت یک رابط که ارتباطات لازم را با MS ها در حوزه ای مشخص برقرار می‌کند، به نظر می‌رسد. BSS دائماً با یک مدیریت کانال رادیویی، فانکشنهای انتقال، کنترل link رادیویی و تخمین کیفیت و مهیا سازی سیستم برای handoverها، مرتبط است. BSS می‌تواند به N سلول پوشش بدهد که N می‌تواند یک یا بیشتر باشد.

زیرسیستم مرکز نگهداری و پشتیبانی (OMC) شامل فانکشنهای نگهداری و پشتیبانی تجهیزات GSM می‌باشد و پشتیبانی رابط اپراتور شبکه را نیز برعهده دارد. OMC به تمام تجهیزات داخل سیستم سوئیچینگ و BSC متصل می‌شود. OMC در حقیقت فانکشنهای نظارتی GSM یک کشور را انجام می‌دهد (مانند صورتحساب دادن) و یکی دیگر از مهمترین فانکشنهای آن هم، فانکشن نگهداری HLR یک کشور است. بسته به سایز شبکه هر کشور می‌تواند بیشتر از یک OMC داشته باشد. مدیریت سراسری و متمرکز شبکه نیز توسط مرکز مدیریت شبکه (NMC) انجام می‌پذیرد و OMC نیز مسئول مدیریت منطقه‌ای شبکه می‌باشد. مطالب فوق شرح مختصری در مورد معماری GSM، عناصر، فانکشنها و رابطهای سیستم GSM بود.

۷-٤- انواع بی‌سیم‌ها

بی‌سیم دستی

بی‌سیم‌های دستی از پرکاربردترین بی‌سیم‌های موجود در راه‌آهن است. مشاغلی نظیر مانورچیان، لکوموتیورانان، مأمورین علائم، مأمورین بازدید، متصدیان ترافیک، سوزنبانان و مأمورین حراست از کاربران این بی‌سیمها هستند. کلیه مأمورین سیر و حرکت موظفند در عملیات مربوط به مانور و تردد قطارها با رعایت مقررات مربوطه از این بی‌سیمها استفاده نمایند.



شکل ۷-۱۰ عملیات مانور به کمک بی‌سیم

هر بی‌سیم دستی از سه جزء اصلی شامل آنتن، بدنه و باطری تشکیل شده است.

آنتن: وسیله ارسال و دریافت امواج رادیویی است

بدنه: محافظ قطعات داخلی و محل نصب دکمه‌ها کلیدها، باطری و آنتن است.

باطری: منبع تغذیه بی‌سیم بوده و از انواع قابل شارژ مثل **Ni Cd ,Ni MH** و لیتیومی به این منظور استفاده می‌شود.

برای نمونه قسمتهای مختلف یک بی‌سیم دستی که در راه‌آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد را در شکل ۷-۱۰ ملاحظه می‌فرمایید.

شکل ۷-۱۱ قسمتهای مختلف یک بی‌سیم دستی نمونه

شارژر و نگهداری باتری بی‌سیم دستی

شکل زیر یک نمونه از شارژرهای مورد استفاده در راه‌آهن است که برای شارژ کردن باطری بی‌سیمها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

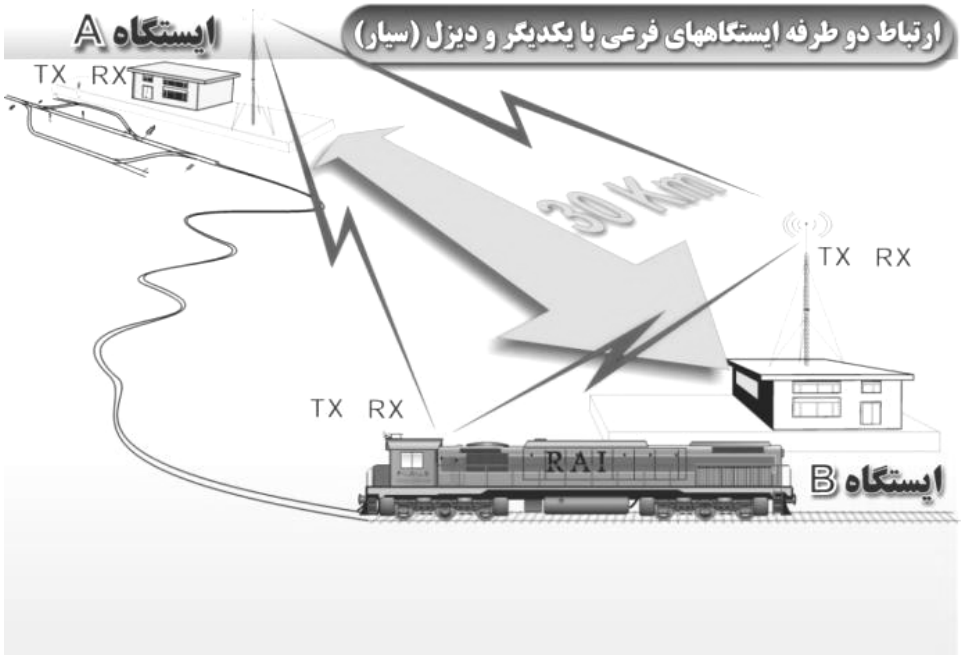
شکل ۷-۱۲ شارژر نمونه

نکاتی برای افزایش طول عمر باطری

۱. اگرمدت طولانی از بی‌سیم استفاده نمی‌کنید آن را خاموش کنید.
۲. تا آنجا که امکان دارد صدای بی‌سیم را کم کنید.
۳. در مکانهایی که امکان دارد بی‌سیم را در حالت توان کم قرار کنید.
۴. از مکالمات غیر ضروری بپرهیزید.
۵. با طری را پس از تخلیه کامل شارژ نمایید.
۶. در هنگام شارژ بی‌سیم را خاموش کنید.
۷. فقط از شارژر مورد تایید استفاده کنید.
۸. شارژها را به صورت صحیح انجام دهید.
۹. دمای محیط شارژ را بین ۵ تا ۴۰ درجه C حفظ کنید.

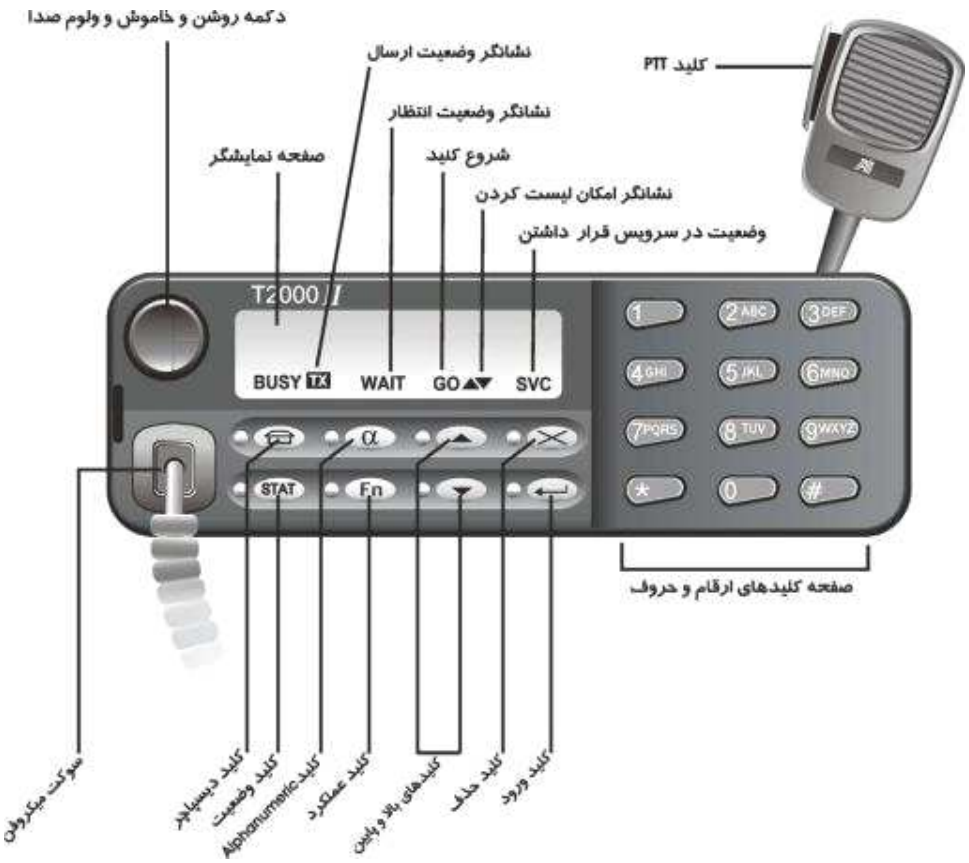
بی‌سیم‌های ثابت (ایستگاهی - قطاری - خودرویی)

این بی‌سیم‌ها در ایستگاهای راه‌آهن، لکوموتیوها و خودروهای کمیسیون پیشگیری از سوانح و مدیریت نصب و با توجه به کاربردها و قابلیتهای خود نقش مهمی در ارتباطات سیر و حرکت راه‌آهن برعهده دارد. بی‌سیم‌های ثابت موجود قابلیت عملکرد در سیستم‌های متعارف و ترانک دارند. همانطور که در شکل زیر می‌بینید معمولاً ارتباطات بین متصدیان ترافیک در ایستگاهها و لکوموتیورانان از طریق این بی‌سیمها صورت می‌گیرد.



شکل ۷-۱۳ برقراری ارتباط با استفاده از بی‌سیم‌های ثابت

شکل زیر نمونه‌ای از بی‌سیم‌های ثابت است که در راه‌آهن مورد استفاده قرار می‌گیرد. همانطور که مشاهده می‌کنید کلیدها، دکمه‌ها و نشانگرهای آن معرفی شده است.



شکل ۷-۱۴ یک بی‌سیم ثابت نمونه

۷-۵- سایر سیستمها و تجهیزات

در ادامه به طور خلاصه سایر سیستمها و تجهیزات مورد استفاده در حوزه ارتباطات رادیویی راه‌آهن معرفی می‌شوند.

AVL

این فناوری، که به سیستم خودکار موقعیت یاب وسیله نقلیه (Automatic vehicle Location) مشهور است، قادر به مکانیابی وسایل نقلیه گوناگونی همچون هواپیما، قطار، کشتی و خودرو می‌باشد. این سیستم با یاری گرفتن از فناوری نوین GPS

(Global Positioning System) قـادر اسـت کـه در صـورت نـصب بـودن تجهیـزات لازم در وسیله‌نقلیه مورد نظر، آن را توسط ماهواره‌های مرتبط در هر نقطه از جهان مـورد ردیـابی و جـستجو قرار دهد و محل دقیق آن را به صورت آنی (Real Time) مشخص نماید. در فصل ۱۲ این سیـستم را تشریح خواهیم کرد.

MDT

پایانه داده سیار (Mobile Data Terminal) در لکوموتیوها نصب گردیده و رابطی است بین کاربر و سیستم مکان‌یابی خودکار وسیله نقلیه (AVL).

شکل ۷-۱۵ یک MDT *نمونه*

دیسپچر

سیستم دیسپچر با داشتن کلیه قابلیت‌های ارتباطی از جمله تماس با بی‌سـیم‌هـای مختلـف در شبکه ترانک، تماس با تلفن داخلی و شهری، برقراری تماس‌های گروهی، ارسال پیغام کوتاه و پیغـام وضعیتی به عنوان یک ابزار قدرتمند در اختیار مراکز کنتـرل سـیر و حرکـت قـرار داده مـی‌شـود. در تصاویر زیر دیسپچر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۷-۱۶ دیسپچر

دکلها

برای نصب آنتن‌های مورد نیاز شبکه‌های رادیویی راه‌آهن، از دکلهای خود ایستا و مهاری استفاده می‌گردد.

دکل خود ایستا

شکل زیر نمونه یکی از دکلهای خود ایستا می‌باشد که در راه‌آهن نصب شده است.

شکل ۷-۱۷ دکل خود ایستا

دکل مهاری و نصب آن

در شکل ۷-۱۸ مراحل نصب دکل مهاری توسط گروه اعزامی راه‌آهن در یک دوره آموزشی مشاهده می‌شود.

شکل ۷-۱۸ نصب دکل مهاری

کابل نشتی

کابل نشتی شبیه یک آنتن، پوشش رادیویی مورد نیاز تونلها را تأمین می‌نماید.

شکل ۷-۱۹ کابل نشتی

نصب کابل نشتی و تجهیزات وابسته در تونلها

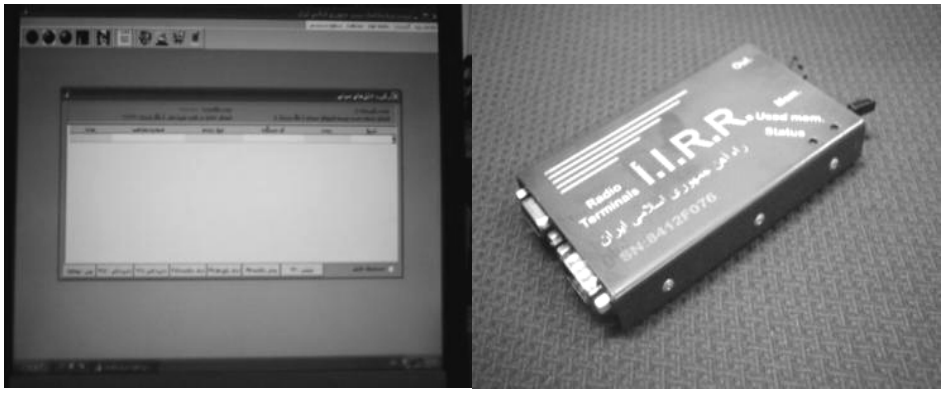
پس از پیکربندی تجهیزات مستر و اسلیو، این تجهیزات جهت نصب به محل از پیش تعیین شده منتقل می‌شود. مراحل نصب را در تصاویر زیر مشاهده می‌کنید.

شکل ۷-۲۰ پیکربندی و تنظیمات تجهیزات

شکل ۷-۲۱ نصب تجهیزات در تونلها

ضبط مکالمات رادیویی

در راستای تحقق ایمنی در راه‌آهن از سیستم‌های ضبط مکالمات استفاده می‌گردد. از کاربردهای این سیستم در راه‌آهن می‌توان به نظارت، پیشگیری از سوانح، تحلیل سوانح، اصلاح ادبیات گفتاری پرسنل و مستندسازی برای مراجع قضایی و انتظامی اشاره کرد. ضبط مکالمات رادیویی به سه روش جعبه سیاه، تحت شبکه و اختصاصی بی‌سیم‌های دستی صورت می‌گیرد.



شکل ۷-۲۲ جعبه سیاه ضبط مکالمات و نرم افزار باز خوانی مکالمات

فصل هشتم

سیستم نظارت تصویری

۸-۱- مقدمه

سیستم‌های نظارت تصویری از سالیان پیش به عنوان ابزاری مهم در بحث نظارت و ایجاد امنیت مورد استفاده قرار گرفته اند. با توجه به سابقه طولانی این سیستم‌ها، تحولات و پیشرفت‌های بسیار زیادی در این حوزه صورت پذیرفته است. اطلاع از روند این پیشرفت‌ها، آخرین دستاوردها و تکنولوژی‌ها، نکات مهم در یک سیستم نظارت تصویری و موارد بسیار دیگر می‌تواند به مدیران و کارشناسانی که در حال انتخاب و پیاده سازی یک سیستم نظارت تصویری هستند، کمک شایانی باشد.

امروزه در کشورهای پیشرفته از دوربینهای دیجیتالی در موارد مختلف استفادهای بهینه به عمل می آید. منازل مسکونی، برجها، مراکز خرید، فروشگاههای بزرگ، فرهنگسراها، بانکها، سفارتخانه‌ها، جواهر فروشیها، نهادهای دولتی، رستورانها، مراکز تفریحی و ورزشی، بیمارستانها، مهدهای کودک، دانشکاهها، سالن تئاتر، مدارس، سانسهای سینما و دهها مکان دیگر، که متاسفانه به دلیل نا آشنایی با این محصولات در برخی کشورها هنوز بخوبی شناخته شده نیستند. در راه‌آهن‌های مدرن سیستم نظارت تصویری یا دوربینهای مداربسته نقش مهمی را در بهره‌برداری اثربخش و کارا بازی می‌کنند.

شکل ۸-۱ مرکز نظارت تصویری

۸-۲- آشنایی باسیستمهای مدیریت هوشمند ویدیویی IVMS

نیاز به امنیت را، با وجود تمام گستردگی و اهمیت فراوان، می‌توان به چهار هدف اساسی تقسیم بندی کرد :

۱. پیشگیری از حوادث
۲. تسهیل در امر بازرسی به صورت جامع‌تر و سریع‌تر
۳. کاهش هزینه‌ها توسط یکپارچه کردن سیستم‌ها
۴. افزایش راندمان کاری نیروی انسانی

دو دهه گذشته عرصه بزرگی در پیدایش تعداد بی شماری از نوآوری‌ها در زمینه صنعت ایمنی و حفاظتی بوده است که نتیجه آن گوناگونی در راه حل‌های حفاظتی و امنیتی بوده که شامل سیستمهای DVR و NVR و همچنین سیستم‌های پردازش تصویر می‌باشد. با وجود اینکه تمامی این راه حل‌ها نیازهای این صنعت را به نحوی مرتفع کردند لیکن تمامی آنها در عرضه یک راه حل جامع به چالش می‌افتند.

سیستمهای مدیریت هوشمند ویدیویی یک راه حل نوین و آخرین قدم در تحولی به سمت یک راه حل تمام عیار می‌باشد. IVMS یا سیستم‌های مدیریت هوشمند ویدیویی اولین محصولاتی هستند که تمامی نیازهای صنعت حفاظتی را در یک سیستم یکپارچه که هم قابلیت امکان استفاده آسان و هم مقرون به صرفه بودن را دارا می‌باشد به ارمغان می‌آورد.

راه حل‌های پیشین و سیستم DVR

گرچه اجماع کلی بر این است که بازار سیستم‌های حفاظتی در حال دور شدن از تکیه بر روی DVRها می‌باشد، اما همچنان سیستمهای DVR با توجه به نظرخواهی‌های انجام شده دردهه اخیر، هنوز ترکیب ۸۰ درصد سیستم‌های مدار بسته را تشکیل می داد.

اصول کارکرد DVR

هنگامی که DVR ها برای اولین بار وارد بازار شدند، بخاطر قابلیت ذخیره تصاویر با کیفیت بالا و حجم کمتر جلودار این سیستم‌ها بودند و شرکت‌های مختلف در راستای ارتقاء سطح عملکرد این دستگاه برای ضبط تصاویری با کیفیت‌های بالاتر، ذخیره اطلاعات بیشتر در حجم‌های مورد نیاز کمتر و همچنین برقراری امکانات انتخابی همچون ضبط هوشمند را به امکانات ابتدایی این سیستم اضافه کردند.

گرچه DVR مخفف واژه ضبط کننده دیجیتالی تصویر می‌باشد، اما در واقع DVR یک فناوری هیبرید که بخشی از آن آنالوگ و بخش دیگر دیجیتال است می‌باشد. در پیاده سازی یک سیستم حفاظتی، تصویرهای گرفته شده دوربین‌ها توسط کابل‌های آنالوگ فرستاده می‌شوند، توسط یک DVR دیجیتالایز شده، در قالب دیجیتال ذخیره شده و سپس بر روی یک ایستگاه نمایش ارائه

می‌شوند. این فناوری امکان برقراری سیستم‌های بزرگتر با هزینه‌های کمتر نسبت به قبل را فراهم می سازد.

یکی از اشکالات پیش بینی نشده درمورد DVR ها که عامل ایجاد نیاز به راه حل‌های جدید می‌باشد عبارت است از: اگر رویدادی رخ دهد، بر فرض مثال یک سارق و یا در بدترین وضعیت یک حمله تروریستی صورت پذیرد، هیچ تردیدی نیست که یک سیستم مدار بسته تلویزیونی مبتنی بر DVR دقایق زیادی از واقعه را گرفته و ضبط می‌کند. مشکل این است که تعداد نفر ساعت مورد نیاز جهت وارسی کردن صدها هزار ساعت از تصاویر گرفته شده توسط یک سیستم حفاظتی (در حد متوسط) به طول می انجامد که فقط دقایقی از قسمت‌های مهم آن دوباره دیده شود.

فاکتورهای مهم در انتخاب DVR

بر اساس کاربرد در پروژه‌های مختلف فاکتورهایی که در انتخاب سیستم DVR موثر می‌باشند عبارتند از :

- تعداد دوربین‌های قابل پشتیبانی
- نرخ فریم در ثانیه (FPS)
- فناوری فشرده‌سازی تصویر
- ظرفیت حافظه‌های مورد پشتیبانی
- قابلیت کنترل از راه دور
- قابلیت تشخیص حرکت (motion detection)
- توانایی زمانبندی (scheduling)
- توانایی ضبط تصاویر روی CD یا DVD توسط CD/DVDBurner به عنوان نسخه‌های پشتیبان
- قابلیت اتصال حافظه‌های Flash

که در ادامه به بررسی برخی از فاکتورهای فوق می پردازیم.

در خصوص ورودی‌های دوربین به DVR از آنجا که عموماً اتصال بیش از یک دوربین به DVR در سیستم‌های امنیتی و نظارتی نیازمند می‌باشد، بنابراین انواع DVR، با تعداد ورودی‌های متفاوت برای دوربین‌ها وجود دارند که بطور متعارف نمونه‌هایی از ۴ کانال تا ۶۴ کانال تولید می‌شوند. فاکتور فریم در ثانیه، تعداد تصاویری است که DVR می‌تواند در هر ثانیه ضبط کند، این فاکتور که در اغلب موارد در پی فاکتور تعداد دوربین‌های مورد پشتیبانی بیان می‌گردد، در حقیقت کل تصاویری که قابل ذخیره توسط سیستم می‌باشد را عنوان می‌نماید که برای تعیین FPS برای هر

کانال دوربین، FPS کلی سیستم را بر تعداد دوربین‌ها تقسیم می‌کنیم. به عنوان مثال یک DVR با FPS برابر ۱۲۰ و ۸ کانال دوربین در ورودی را در نظر بگیرید، چنین سیستمی ۱۵ فریم در ثانیه برای هر دوربین را پشتیبانی خواهد نمود. خاطر نشان می‌گردد که در سیستم‌های PAL با استاندارد CCIR حداکثر ۲۵ فریم در ثانیه و در سیستم‌های NTSC با استاندارد FCC حداکثر ۳۰ فریم در ثانیه قابل پشتیبانی می‌باشد، که با چنین نرخی، تصاویر به صورت کاملاً متحرک یا Full Motion به نظر خواهند رسید. بنابراین برای حفاظت از اماکن حساس که نیازمند ذخیره تمامی تصاویر دریافتی از سنسور CCD دوربین را دارند، سیستمی با نرخ فریمی برابر ۲۵ در سیستم PAL و برابر ۳۰ در سیستم NTSC، مناسب خواهد بود. بدین ترتیب هیچ فریمی از دید ناظر سیستم مخفی نخواهد ماند و این در حالی است که چنین سیستمی با عملکردی در حداکثر نرخ فریم و کیفیت تصویر، داده‌هایی با حجمی بالا را تولید نموده که در پی آن حافظه بسیار بزرگتری را برای ذخیره تصاویر نیازمند خواهد بود. بنابراین در صورتی که ۸ دوربین در نواحی بسیار حساس داشته باشیم، انتخاب یک DVR با قابلیت اتصال ۸ دوربین به آن و با توانایی نرخ فریمی برابر با ۲۰۰ در سیستم PAL، انتخابی بسیار خوبی برای شرایط مذکور باشد . نکته دیگری که در خصوص انواع سیستم‌ها در کنار تفاوت کدگذاری رنگ در آنها، مهم به نظر می‌رسد تعداد خطوط تصاویر در هر سیستم می‌باشد، سیستم PAL با وجودی که حداکثر ۲۵ فریم در ثانیه را پشتیبانی می‌کند اما در هر فریم امکان نمایش ۶۲۵ خط را فراهم می‌آورد که در مقایسه با سیستم NTSC با حداکثر نرخ ۳۰ فریم در ثانیه و ۵۲۵ خط در هر فریم، سیستم PAL تفکیک پذیری یا همان Resolution بیشتری را ارائه خواهد داد. بنابراین در انتخاب نوع دوربین و DVR هماهنگ با آن از نقطه نظر نوع سیستم، باید دقت کافی را لحاظ نمود در غیر این صورت تصاویر یا قابل نمایش نبوده و یا با وجود استفاده از دوربین رنگی، تصاویر به صورت سیاه و سفید نمایش خواهند یافت.

دیدگاه عملکرد

سیستم‌های DVR را از نقطه نظر عملکرد، می‌توان به دو دسته عملکرد بر پایه سخت افزار و عملکرد بر پایه نرم افزار تقسیم بندی نمود. عملکرد سخت افزاری و نرم افزاری این سیستم‌ها در حیطه الگوریتم‌های فشرده سازی و فیلترهای دیجیتال تصویر قرار می‌گیرد، درواقع فشرده سازی و اعمال فیلترهای تصحیح کننده تصویر در سیستم‌های نرم افزاری بر عهده CPU و برنامه بوده در حالی که سیستم‌های سخت افزاری از چیپ‌های ویژه‌ای بدین منظور بهره می‌برند که نتیجه آن عملکرد بهتری در کیفیت تصویر و هزینه بالاتر این گروه از تجهیزات خواهد بود.

NVR

ضبط کننده تصاویر شبکه ای یا NVR ها ذاتاً DVR های گسترش داده شده ای هستند که می‌توانند درمحیط‌های مدرنIT، خود را تطبیق دهند. شرکتهای مختلف، ضبط کننده تصاویر شبکه ای یا NVR ها را طراحی کردند تا بتواند روی اینترنت فعالیت کند و در حالی که تعداد محدودی از DVR ها نیز قابلیت چنین کاری را دارند، تشابه کمی یا حتی می‌توان گفت هیچ تشابهی بین این دو هنگامی که به اینترنت متصل می‌شوند وجود ندارد.

اصول کارکرد NVR

در حالیکه DVR ها می‌توانند به صورت کنترل از راه دور هدایت شوند، اما سیستم‌هایی که به آن متصل می‌باشند از این قابلیت بی بهره هستند، اما NVR ها به کاربرها امکان کنترل کامل سیستم را می‌دهند. همچنین NVR ها معمولاً برای حجم‌های ذخیره بالا طراحی شده و عمدتاً بر روی یک پلت فرم ساختار باز بنا می‌شوند.

DVR های جدیدتر در برگیرنده امکانات متفاوت متعددی هستند، اما کاربری که قصد اضافه کردن قابلیت‌های دیگری دارد، می بایست که کل DVR ها را تعویض کند. NVR ها از سوی دیگر، همین امکانات را ارائه می‌دهند و عمدتاً امکان ارتقا به وسیله نرم افزار را دارند. یکی دیگر از تفاوت‌های کلیدی مابین NVR ها و DVR ها اندازه دوربین‌های قابل گسترش برای هر دستگاه می‌باشد. DVR ها با ورودی‌های (۴ الی ۶۴ کانال) عرضه می‌شوند.

نقایص سیستم NVR

درحالی که به طور واضح سیستم‌های NVR یک پیشرفت نسبت به سیستم‌های DVR محسوب می‌شوند، لیکن آنها تنها موضوعات انعطاف و مقیاس پذیری را نمایش می‌دهد، جلوگیری از حادثه و نیازهای بازرسی که یکی از اساسی ترین نیازهای هر سازمان امنیت می‌باشد که در هر دو سیستم ذکر شده با مشکل مواجه است. به واسطه یک سیستم NVR، بازبینی تصاویر همچنان یک فرآیند انفعالی می‌باشد و رسیدگی کننده‌ها می‌بایستی همچنان ساعت‌های زیادی را صرف وارسی کردن تصاویر ضبط شده خام نمایند. گذشته از این، مزیتی که آنها را قابل انعطاف پذیرتر می‌کند. قابلیت به کارگیری روی اینترنت مشکل جدیدی ایجاد می‌کند، که آن دربرگیری پهنای باند زیاد توسط تصاویر خام می‌باشد. NVR ها همان نقایص DVR ها را دارند، و صرفاً قابل انعطاف پذیرتر می‌باشند.

۸-۳- سیستمهای تحلیل تصاویر

ساختار باز NVR ها یک نو آوری دیگر را در زمینه نظارت فراهم می سازد. تحلیل تصویری. بسته‌های تحلیل گر، بازه‌ای از قابلیت‌ها را از جمله هشدارهای اتوماتیک تا تشخیص چهره فراهم می‌سازند. در حال حاضر، سازمانهای حفاظتی درنهایت ابزاری برای کمک به پردازش و آنالیز در اختیار دارند، خارج از بحث ضبط و ذخیره اطلاعات. شرکتهایی الگوریتم‌های پیچیده‌ای برای راه حلهای متنوع طراحی نموده اند که اکثر آنها اصولاً برای تاسیسات دولتی مناسب است. به طور مثال اگر خودرویی از مرز خاصی عبور کرد آژیر به صدا در آید.

اصول کارکرد تحلیلگرهای تصویری

تحلیلگرهای تصویری ذاتاً لایه‌هایی از نرم افزار داخل سیستم هستند که تصاویر را برای موضوعاتی همانند الگوهای عنصر تصویری (Pixel Pattern) آنالیز می‌کنند. این نرم افزار از الگوریتم‌هایی تشکیل شده که امکان آنالیز موضوعات مشخص را فراهم می‌کند، بنابراین هر بیت از نرم افزار، یا تحلیلگر، شکل متفاوتی از آنالیز را فراهم می‌کند، بدین معنی که اگر سازمانی خواستار تشخیص چهره، ردیابی حرکت و یا آژیرهای اتوماتیک باشد، احتیاج به گنجاندن سه بسته نرم افزاری مجزا در سیستم فعلی خود دارد.

نقایص تحلیلگرهای تصویری

تحلیلگرهای تصویری، گران قیمت، پیچیده و تا حد مورد نظر انعطاف پذیر و مقیاس پذیر نیستند. نرم افزار عمدتاً به صورت تک تحلیلی نصب شده برروی یک سیستم NVR فروخته می‌شود، که این بدان معناست که آنهایی که سیستمهای چند منظوره تحلیلی نیاز دارند (اکثر سازمانهای حفاظتی) نیاز به خرید بسته‌های نرم افزاری متعددی هم دارند. به علاوه، اکثر تحلیلگرهای ویدیویی به منظور کار در سیستم‌هایی با تعداد دوربین محدود طراحی شده‌اند.

سازمان‌هایی با حجم‌های گسترده‌تر نیاز به تهیه تعداد بیشتری از این بسته‌های نرم افزاری دارند، که قاعدتاً هزینه بیشتری متقبل می‌شوند و در عین حال مشکلات یکپارچه کردن در سطح یک شبکه بزرگ نیز همیشه وجود دارد. یکی از بزرگترین نقیصه‌های سیستمهای تحلیلگر ویدیویی وجه مشترک استاندارد کاربرها می‌باشد. تحلیلگرها اصولاً با فرآیند بازبینی یکپارچه نشده‌اند و وقایع امنیتی (حوادثی که یکی از تحلیلگرها را برانگیخته می‌کند، بر فرض، چهره ای که مورد شناسایی قرار گیرد، یا حرکتی در محدوده ممنوع شده) به صورت لیست متنی بر روی رایانه اپراتور ظاهر

می‌شود. در حالیکه این مسئله شاید در متن بازرسی‌ها بدون نقص به نظر آید، لیکن برای بازبینی به صورت تصاویر زنده، دور از شکل ایده‌آل می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه فعالیت با نرم افزار مورد استفاده ساده نمی‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که ساعتها و مبالغ زیادی باید جهت آموزش نگهبان‌ها و مدیران صرف شود تا آنها بتوانند از تحلیلگرها استفاده نمایند و از مشکلات دیگر می‌توان به نحوه نصب نرم افزار اشاره کرد که آن هم مهارت‌های خاص خودش را می‌طلبد.

۸-٤- اصول کارکرد سیستمهای IVMS

IVMS سیستمی برمبنای واقعه و به صورت بصری را ارایه می‌دهد که در مقابل سیستم‌های بر مبنای متن مزایایی دارد. این امکان به شکل خوبی بازبینی زنده (Real-time) را بهبود می‌بخشد. به طوری که ناظران و یا هر کسی که قصد استفاده از تصاویر را دارد به راحتی می‌تواند صفحه ای را اسکن کند و آگاهی خوبی نسبت به مسایلی که در محیط تحت پوشش او اتفاق می‌افتد به شکلی دقیق و سریع کسب کند به جای اینکه به صفحه‌های نمایش متعددی خیره شود یا حتی به لیست بلندی از وقایع توجه کند.

فرابینی تصاویر بر مبنای وقایع (Event-based) بدان معناست که، اگر نگهبان در حال نگاه کردن باشد یا نباشد، تمامی وقایع به صورت خودکار گرفته شده و از دست داده نمی‌شود. این نکته ابتدایی آنالیز اتوماتیک (تبدیل تصاویر خام به وقایع و نمایش آنها در یک داشبورد بصری) این امکان را به نگهبانان می‌دهد تا بیشتر بر روی سنجش‌های پیچیده تر و مهم‌تر متمرکز شوند.

سلسله تحلیلگرهای یکپارچه

واسط بصری توسط تحلیلگرهای متعددی که به صورت همزمان و با هم کار می‌کنند محصور شده و ساختار اطلاعات را تشکیل می‌دهند و بر روی تابلوی بازبینی نمایش می‌دهند. IVMS یک تحلیلگر یکپارچه که شامل امکانات متعددی می‌باشد را فراهم می‌کند (متضاد با بسته‌های تحلیلگری تک امکاناتی) سازمانها قادرند سیستم‌های تشخیص چهره، ردیابی حرکت، کنترل دسترسی و ردیابی اشیاء را تماماً در یک سیستم اداره کنند و حتی در مواقعی که فناوری جدیدی موجود باشد به راحتی آن را همچون ارتقای یک کامپیوتر شخصی استاندار ارتقا دهند.

سیستم یکپارچه تحلیلگر IVMS قادر است به صورت اتوماتیک تمامی رفتارها را شناسایی کند و متخاصمان رابر حذر دارد. به سبب اینکه این تحلیلگرها می‌توانند تا هزار دوربین را به صورت یکپارچه درآورند، IVMS قادر است اطلاعات را مابین سیستم‌های مختلف درمیان بگذارد.

به عنوان مثال : اگر سیستم فوق را بر روی صورت یک شخص در محوطه یک بانک زوم نماییم بعد از خارج شدن از بانک و ورود مجدد وی به بانکی دیگر (در یک منطقه یا شهر دیگر، در صورتی که سیستم‌های فوق از طریق IVMS با یکدیگر ارتباط برقرار کرده باشند) به آسانی قابل پیگیری و ردیابی می‌باشد. پایه گذاری قابل انعطاف سیستم IVMS اجازه می‌دهد که نه تنها داده از جایی وارد شود بلکه به سهولت داده‌ها به جای دلخواه دیگری صادر شود.

اگر بر فرض یک نگهبان شماره پلاک خودروی مشکوکی را در اختیار بگیرد، او می‌تواند به سرعت تصویر گرفته شده را به ایستگاه پلیس ایمیل کند و در سیستم آنها جاگذاری نماید.

بازدهی نیروی انسانی

ساعتهای زیادی که توسط امکانات جستجوی سیستم IVMS صرفه جویی می‌شوند، می‌توانند به مرتب کردن داده‌ها، انجام آنالیزهای ترکیبی و پیچیده و حتی بازبینی دوربین‌ها به شکل موثرتر منجر شود.

پایگاه داده وقایع یکپارچه

IVMS داده‌های بی شماری را به صورت یک سیستم مدیریت داده‌های قابل جستجو تبدیل می‌کند. این بدان معناست که اپراتور می‌تواند یک جستجوی خاص را مابین دوربین‌های مختلف حتی دوربین‌هایی که از لحاظ جغرافیایی در مناطقی مختلفی نصب شده‌اند به عمل آورد و نتایج در کمتر از چند ثانیه حاصل می‌شود. این همچنین یک امکان منحصر بفرد برای مدیران امنیتی به شمار می آید، به طوری که سیاست‌های کلان مجموعه در بحث امنیتی می‌تواند به صورت مرکزی همراه با لیست‌های هشدار منتشر شود، بدین معنا که اگر حتی یکی از اعضای گروه از یک سیاست یا هشدار خاص آگاه نباشد سیستم آگاهی لازم را دارد؛ بنابراین خطای بالقوه انسانی نیز در ابعاد زیادی کاسته می‌شود.

ذخیره اطلاعات بدین سان، کمک به سزایی درکاستن پهنای باند مورد نیاز برای یکپارچگی اطلاعات می‌کند که این موضوع خود یکی از مشکلات عمده در بحث سیستمهای NVR را نیز حل می‌کند.

اصول کارکرد

IVMS ها عمدتاً، توسط شرکت‌های نشأت گرفته از فناوری‌های مدرن طراحی شده‌اند که بتوانند نیازهای سازمانهای امنیتی و فناوری اطلاعات را در برگیرند. تحلیلگرها می‌توانند در تصاویر با

کیفیت بر روی دوربین‌ها بدون نیاز به فرستادن تمامی داده‌ها به یک سرور مرکزی برای آنالیز به کار گرفته شوند. این مزیت نیازهای حجم ذخیره و انتقال داده‌ها را کاهش می‌دهد.

به غیر از کاهش هزینه‌های کلی برای سازمانها توسط این سیستم، IVMS می‌تواند سریعتر، ساده‌تر و با هزینه کمتر توسط ارتقای نرم افزاری به روز شود. بر خلاف سیستم‌های DVR، NVR و سایر سیستم‌ها قابلیت نگاه داشتن این سیستم برای سال‌های متمادی با استفاده از آخرین فناوری‌ها وجود دارد.

IVMS راه حل مناسبی برای سوق دادن نیازهای صنعت حفاظتی در غالب یک سیستم فراگیر می‌باشد. حتی سیستمهای هیبرید (به همراه تحلیلگرهای متعدد) نمی‌توانند اهداف اکثر سازمانهای حفاظتی را پوشش دهند.

۸-۵- انواع دوربین های مورد استفاده در سیستم های نظارت تصویری

دوربین ثابت صنعتی

دوربین‌های ثابت صنعتی در انواع متفاوت قابل دسترسی می‌باشد. اکثراً دوربین بدون لنز می‌باشد که لنز مربوطه بنا به نیاز باید تهیه و نصب گردد.

شکل ۸-۲ دوربین‌های ثابت صنعتی

کیفیت دوربین از تعداد خط تصویر که ایجاد می‌کند مشخص می‌گردد که TVline گفته می‌شود و کیفیت های مورد قبول از ۳۵۰ TVL شروع شده و بهترین کیفیت ۶۰۰ TVL می‌باشد. دوربین های فوق منهای سیستمی که در داخل آن وجود دارد (دیجیتال و یا آنالوگ) خروجی تصویر آنالوگ ۷۵ هرتز را به ما می‌دهد. سیگنال های تولید شده توسط کابل Coaxial (تصویر) به محل ضبط تصاویر انتقال داده می شود. برخی از دوربین های پیشرفته خود دارای منوی تنظیمات نیز می‌باشند که به صورت دیجیتالی روشنایی وضوح و رنگ و ... قابل تنظیم می باشد. البته این نوع دوربین‌ها به

مراتب گرانتر می‌باشند.

این دوربین‌ها کاربرد زیادی دارند که در محیط‌های داخلی و تمیز از پایه کوچک دوربین و در محیط‌های بزرگ و بیرونی جهت محافظت از گرد و غبار و رطوبت داخل کاور قرار داده می‌شود. دوربین های جدید قابلیت دید در شب را نیز دارا می‌باشند. دید در شب با علامت D/N نشان داده می شود. دید در شب به حالتی اطلاق می‌گردد که با حداقل نور و یا با کمک نور مادون قرمز (نامرئی) در محل های کاملا تاریک قابلیت تصویر برداری را دارا می‌باشند (به صورت سیاه و سفید).

دوربین های دید در شب با پروژکتور مادون قرمز

شکل ۸-۳ دوربین‌های دید در شب

این دوربین ها در انواع محیط‌ها کاربرد دارند از خصوصیات این دوربین ها به دید در شب بودن آنها می‌توان اشاره کرد و نیاز به لنز ندارند. برخی از مدل ها قابلیت تنظیم لنز و زوم کردن سه برابر اپتیکال را نیز دارا می‌باشند ولی مدل‌های کوچک آن از قبل تنظیم شده می‌باشند. تعداد LED های موجود بر روی آن قدرت پروژکتور آن را نشان می‌دهد که حداکثر تا ۳۰ متر را می توانند پوشش دهند. این پروژکتور هیچ گونه نور مرئی ندارند ولی برای دوربین بسیار کاربرد دارد.

این دوربین‌ها بطور اتوماتیک در هنگام شب و یا تاریکی به حالت دید در شب سوئیچ می‌شوند و در روز و روشنایی به صورت رنگی تصاویر را نشان می‌دهند. این دوربین ها خود در برابر آب و خاک و گرد و غبار عایق می‌باشند و بطور پیش فرض نیازی به کاور محافظ ندارند منبع تغذیه این دوربین‌ها معمولاً ۱۲ ولت ۲ آمپر و خروجی تصویر ۷۵هرتز می باشد. این دوربین ها هم در کیفیت‌های متفاوتی وجود دارد. ۵۰۰ TVL کیفیت خوبی می باشد.

دوربین های مخفی و کوچک

این دوربین ها در ابعاد کوچک طراحی شده و در محیط‌هایی که بطور نا محسوس باید تحت نظارت باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دوربین ها معمولاً از منبع تغذیه ۱۲ ولت استفاده می‌کنند و انواع بی‌سیم و یا با سیم آن وجود دارد.

شکل ۸-٤ دوربین‌های کوچک

دوربین های DOME (دوربین های سقفی)

این دوربین ها دارای محفظه شیشه‌ای جهت جلوگیری از گرد و غبار و به صورت حبابی طراحی شده است و بر روی سقف نصب می‌گردند که در انواع مدل‌های معمولی و دید در شب در بازار موجود می باشد. این دوربین ها در محیط اداری و منازل بیشتر کاربرد دارد. این دوربین‌ها ثابت بوده و قابل تنظیم به صورت ۳۶۰ درجه افقی و ۹۰ درجه عمودی می‌باشند.

شکل ۸-٥ دوربین‌های سقفی

دوربین های SPEED DOME (دوربین‌های چرخشی و زوم دار)

یکی از پیشرفته‌ترین دوربین های موجود در سیستمهای نظارت تصویری می باشد که انواع مختلفی دارد. این دوربین ها قابلیت چرخش ۳۶۰ درجه افقی و ۹۰ درجه عمودی از راه دور را دارا می‌باشند و حتی قابل برنامه ریزی جهت اجرای دستورات از پیش تعریف شده نیز هستند. این دوربین‌ها از طریق کیبورد های مخصوص به خود، رایانه و یا خروجی RS232 دستگاه های DVR قابل کنترل و برنامه ریزی می‌باشند.

دوربین های چرخشی و زوم دار بسته به نوع آن از قدرت زوم اپتیکال و سرعت چرخش متفاوتی برخوردار می‌باشند. در خطوط تولیدی و یا محوطه های بزرگ این دوربین ها استفاده می شود.

شکل ۸-۶ دوربین‌های چرخشی

سیستم های مشابه کوچکی با قدرت زوم کمتر برای محیط‌های نسبتا بزرگ اداری مثل بانک‌ها، سالن‌های کنفرانس، ایستگاه راه آهن و ... نیز وجود دارد که از راه دور قابل کنترل می‌باشد.

شکل ۸-۷ دوربین‌های سقفی

در مقابل این دوربین‌ها دوربین‌های چرخشی بی‌سیم نیز وجود دارند کـه ارزانتـر ازspeed dome می باشد و از طریق کنترل از راه دور مربوطه که معمولاً تـا ۵۰۰ متـر هـم جـواب مـی‌دهـد، عمـل چرخش دوربین را انجام می‌دهد ولی قابلیت زوم و سرعت چرخش در آنها وجود ندارد.

شکل ۸-۸ دوربین با کنترل از راه دور

و باز دوربین های مشابه دیگری نیـز وجـود دارد کـه از از طریـق صـفحه کلیـد مخـصوص و کامپیوتر قابل کنترل می باشد. سرعت چرخش دوربین در اختیار کاربر نیـست ولـی در دوربـین‌هـای Speed dome قابلیت تنظیم سرعت چرخش از بسیار آهسته تا خیلی سریع وجود دارد.

نمونه این دوربین ها را در زیر ببینید. از این دوربین ها نیز می‌توان از پایه ثابت استفاده کـرد کـه کاربر فقط عمل Zoom in و Zoom out را انجـام دهـد کـه در محـل هـایی شـبیه سـکوهای ایستگاهها، راهرو و معابر کاربرد دارد.

شکل ۸-۹ دوربین با کنترل از راه دور

فصل نهم

ارتباطات دیتا

۹-۱- کاربردهای دیتا در راه‌آهن

از کاربردهای دیتا در راه‌آهن که نیازمند دسترسی به پایانه‌های راه دور از طریق شبکه دیتا است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- دریافت برخط اطلاعات حرکت قطارها
- سیستمهای رزرو وخرید بلیت
- اطلاعات مربوط به گزارشات قطار
- سیستمهای اطلاعات مسافری و ساعت ایستگاهها
- رهگیری لکوموتیوها، واگنها و بارهای شخصی
- گزارشات تعمیرات آلات ناقله
- تشخیص دهنده داغی چرخ و محور
- اطلاعات CAD (Computer-aided design)
- اطلاعات ایمنی
- اطلاعات پرسنلی

۹-۲- شبکه رایانه‌ای

شبکه رایانه‌ای که اغلب به طور خلاصه به آن شبکه گفته می‌شود، گروهی از رایانه‌ها و دستگاه‌هایی می‌باشد که توسط کانال‌های ارتباطی به هم متصل شده‌اند. شبکه رایانه‌ای باعث تسهیل ارتباطات میان کاربران شده و اجازه می‌دهد کاربران منابع خود را به اشتراک بگذارند.

یک شبکه رایانه‌ای اجازه به اشتراک گذاری منابع و اطلاعات را میان دستگاه‌های متصل شده به هم، می‌دهد. در دهه ۶۰ میلادی، آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته(ARPA) ، بودجه ای را به منظور طراحی شبکه آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته (ARPANET) برای وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا اختصاص داد. این اولین شبکه رایانه‌ای در جهان بود. توسعه شبکه از سال ۱۹۶۹ و براساس طرح‌های توسعه‌یافته دهه ۶۰ آغاز شد.

شبکه‌های رایانه‌ای را می‌توان برای اهداف مختلف از جمله موارد زیر استفاده کرد:

تسهیل ارتباطات: با استفاده از شبکه، افراد می‌توانند به آسانی از طریق رایانامه (ایمیل)، پیام‌رسانی فوری، اتاق گفت و گو(Chat room)، تلفن، تلفن تصویری و ویدئو کنفرانس، ارتباط برقرار کنند.

اشتراک گذاری سخت افزارها: در یک محیط شبکه ای، هر کامپیوتر در شبکه می‌تواند به منابع سخت افزاری در شبکه دسترسی پیدا کرده و از آن‌ها استفاده کند؛ مانند چاپ یک سند به وسیله چاپگری که در شبکه به اشتراک گذاشته شده است.

اشتراک گذاری پرونده‌ها، داده‌ها و اطلاعات : در یک محیط شبکه‌ای، هر کاربر مجاز می‌تواند به داده‌ها و اطلاعاتی که بر روی رایانه‌های دیگر موجود در شبکه، ذخیره شده است دسترسی پیدا کند. قابلیت دسترسی به داده‌ها و اطلاعات در دستگاه‌های ذخیره سازی اشتراکی، از ویژگی‌های مهم بسیاری از شبکه‌های است.

اشتراک گذاری نرم افزارها: کاربرانی که به یک شبکه متصل اند، می‌توانند برنامه‌های کاربردی موجود روی کامپیوترهای راه دور را اجرا کنند.

تعریف شبکه رایانه‌ای

شبکه‌های رایانه‌ای مجموعه‌ای از کامپیوترهای مستقل متصل به یکدیگرند که با یکدیگر ارتباط داشته و تبادل داده می‌کنند. مستقل بودن کامپیوترها بدین معناست که هر کدام دارای واحدهای کنترلی و پردازشی مجزا بوده و بود و نبود یکی بر دیگری تاثیرگذار نیست. متصل بودن کامپیوترها یعنی از طریق یک رسانه فیزیکی مانند کابل، فیبر نوری، ماهواره‌ها و ... به هم وصل می‌باشند. دو شرط فوق شروط لازم برای ایجاد یک شبکه کامپیوتری می‌باشند اما شرط کافی برای تشکیل یک شبکه کامپیوتری داشتن ارتباط و تبادل داده بین کامپیوترهاست. این موضوع در بین متخصصین قلمرو شبکه مورد بحث است که آیا دو رایانه که با استفاده از نوعی از رسانه ارتباطی به یکدیگر متصل شده‌اند تشکیل یک شبکه می‌دهند. در این باره بعضی مطالعات می‌گویند که یک شبکه نیازمند دست کم ۳ رایانه متصل به هم است. یکی از این منابع با عنوان واژه‌نامه اصطلاحات ارتباطات راه دور، یک شبکه رایانه‌ای را این طور تعریف می‌کند: شبکه‌ای از گره‌های پردازشگر دیتا که جهت ارتباطات دیتا به یکدیگر متصل شده‌اند. این نوشتار از تعاریفی استفاده می‌کند که به دو یا چند رایانه متصل به هم نیازمند است تا تشکیل یک شبکه را بدهد. در مورد تعداد بیشتری رایانه که به هم متصل هستند عموماً توابع پایه‌ای مشترکی دیده می‌شود. از این بابت برای آنکه شبکه‌ای به وظیفه‌اش عمل کند، سه نیاز اولیه بایستی فراهم گردد، اتصالات، ارتباطات و خدمات.اتصالات به زیرساخت سخت‌افزاری اشاره دارد، ارتباطات به روشی اشاره می‌کند که بواسطه آن وسایل با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و خدمات آنهایی هستند که برای بقیه اعضای شبکه به اشتراک گذاشته شده‌اند.

۹-۳- دسته بندی شبکه‌های رایانه‌ای

فهرست زیر، دسته‌بندی شبکه‌های رایانه‌ای را نشان می‌دهد.

بر اساس نوع اتصال

شبکه‌های رایانه‌ای را می‌توان با توجه به تکنولوژی سخت افزاری و یا نرم افزاری که برای اتصال دستگاه‌های افراد در شبکه استفاده می‌شود، دسته بندی کرد؛ مانند:

فیبر نوری، اترتا، شبکه محلی، بی‌سیم.

اترنت با استفاده از سیم‌کشی فیزیکی دستگاه‌ها را به هم متصل می‌کند. دستگاه‌های مستقر معمول شامل هاب‌ها، سوئیچ‌ها، پل‌ها و یا مسیریاب‌ها هستند.

تکنولوژی شبکه بی‌سیم برای اتصال دستگاه‌ها، بدون استفاده از سیم‌کشی طراحی شده است. این دستگاه‌ها از امواج رادیویی یا سیگنالهای مادون قرمز به عنوان رسانه انتقال استفاده می‌کنند.

فناوری ITU-T G.hn از سیم‌کشی موجود در منازل (کابل هم‌محور، خطوط تلفن و خطوط برق) برای ایجاد یک شبکه محلی پر سرعت (تا۱ گیگا بیت در ثانیه) استفاده می‌کند.

بر اساس تکنولوژی سیم‌کشی

زوج به‌هم‌تابیده: زوج به‌هم‌تابیده یکی از بهترین رسانه‌های مورد استفاده برای ارتباطات راه دور می‌باشد. سیم‌های زوج به‌هم‌تابیده، سیم تلفن معمولی هستند که از دو سیم مسی عایق که دو به دو به هم پیچ خورده‌اند درست شده‌اند. از زوج به‌هم‌تابیده برای انتقال صدا و داده‌ها استفاده می‌شود. استفاده از دو سیم به‌هم‌تابیده به کاهش تداخل و القای الکترومغناطیسی کمک می‌کند. سرعت انتقال داده، دامنه‌ای از ۲ میلیون بیت درهر ثانیه تا ۱۰۰ میلیون بیت در هر ثانیه، دارد.

کابل هم‌محور: کابل هم‌محور به طور گسترده ای در سیستم‌های تلویزیون کابلی، ساختمان‌های اداری، و دیگر سایت‌های کاری برای شبکه‌های محلی، استفاده می‌شود. کابل‌ها یک رسانای داخلی دارند که توسط یک عایق منعطف محصور شده‌اند، که روی این لایهٔ منعطف نیز توسط یک رسانای نازک برای انعطاف کابل، به هم بافته شده است. همهٔ این اجزا، در داخل عایق دیگری جاسازی شده‌اند. لایه عایق به حداقل رساندن تداخل و اعوجاج کمک می‌کند. سرعت انتقال داده، دامنه‌ای از ۲۰۰ میلیون تا بیش از ۵۰۰ میلیون بیت در هر ثانیه دارد.

فیبر نوری: همانطور که در فصل ۳ اشاره کردیم کابل فیبر نوری شامل یک یا چند رشته از

الیاف شیشه ای پیچیده شده در لایه‌های محافظ می‌باشد. این کابل می‌تواند نور را تا مسافت‌های طولانی انتقال دهد. کابل‌های فیبر نوری تحت تاثیر تابش‌های الکترومغناطیسی قرار نمی‌گیرند. سرعت انتقال ممکن است به چند تریلیون بیت در ثانیه برسد.

بر اساس تکنولوژی بی‌سیم (مایکروویو)

ریزموج‌های زمینی از گیرنده‌ها و فرستنده‌های زمینی استفاده می‌کنند. تجهیزات این تکنولوژی شبیه به دیش‌های ماهواره است. مایکروویو زمینی از دامنه‌های کوتاه گیگاهرتز استفاده می‌کند، که این سبب می‌شود تمام ارتباطات به صورت دید خطی محدود باشد. فاصله بین ایستگاههای رله (تقویت سیگنال)حدود ۵۰ کیلومتر است. آنتن‌های ریزموج معمولاً در بالای ساختمان‌ها، برج‌ها، تپه‌ها و قله کوه نصب می‌شوند.

ماهواره‌های ارتباطی: ماهواره‌ها از ریزموج‌های رادیویی که توسط جو زمین منحرف نمی‌شوند، به عنوان رسانه مخابراتی خود استفاده می‌کنند. ماهواره‌ها در فضا مستقر هستند؛ به طور معمول ۲۲۰۰۰ مایل (برای ماهواره‌هایgeosynchronous) بالاتر از خط استوا. این سیستم‌های در حال چرخش به دور زمین، قادر به دریافت و رله صدا، داده‌ها و سیگنال‌های تلویزیونی هستند.

تلفن همراه: تلفن همراه و سیستم‌های مرتبط از چندین فناوری ارتباطات رادیویی استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها به مناطق مختلف جغرافیایی تقسیم شده‌اند. هر منطقه دارای فرستنده‌های کم قدرت و یا دستگاه‌های رله رادیویی آنتن برای تقویت تماس‌ها از یک منطقه به منطقه بعدی است.

شبکه‌های محلی بی‌سیم: شبکه محلی بی‌سیم از یک تکنولوژی رادیویی فرکانس بالا و یک تکنولوژی رادیویی فرکانس پایین استفاده می‌کند. شبکه‌های محلی بی‌سیم از تکنولوژِی طیف گسترده، برای برقراری ارتباط میان دستگاه‌های متعدد در یک منطقه محدود، استفاده می‌کنند. نمونه‌ای از استاندارد تکنولوژی بی‌سیم موج رادیویی، IEEE است.

ارتباطات فروسرخ: ارتباط فروسرخ، سیگنال‌های بین دستگاه‌ها را در فواصل کوچک (کمتراز ۱۰ متر) به صورت همتا به همتا (رو در رو) انتقال می‌دهد؛ در خط انتقال نباید هیچ‌گونه شی‌ای قرار داشته باشد.

بر اساس اندازه

ممکن است شبکه‌های رایانه‌ای بر اساس اندازه یا گستردگی ناحیه‌ای که شبکه پوشش می‌دهد، طبقه‌بندی شوند. برای نمونه شبکه شخصی (PAN)، شبکه محلی (LAN)، شبکه دانشگاهی (CAN)، شبکه کلان‌شهری (MAN) یا شبکه گسترده (WAN).

بر اساس لایه شبکه

ممکن است شبکه‌های رایانه‌ای مطابق مدلهای مرجع پایه‌ای که در صنعت به عنوان استاندارد شناخته می‌شوند، مانند مدل مرجع ۷ لایه OSI و مدل ۴ لایه TCP/IP، بر اساس نوع لایه شبکه‌ای که در آن عمل می‌کنند، طبقه‌بندی شوند.

بر اساس معماری کاربری

ممکن است شبکه‌های رایانه‌ای بر اساس معماری کاربری که بین اعضای شبکه وجود دارد طبقه‌بندی شود، برای نمونه معماری‌های Active Networking، مشتری- سرویس دهنده (Client-Server) و همتا به همتا (Peer-to-Peer) گروه کاری.

بر اساس همبندی (توپولوژی)

ممکن است شبکه‌های رایانه‌ای بر اساس نوع همبندی شبکه طبقه‌بندی شوند مانند: شبکه باس(Bus) ، شبکه ستاره Star)(، شبکه حلقه‌ای (Ring)، شبکه توری (Mesh)، شبکه ستاره- باس (Star-Bus)، شبکه درختی (Tree) یا شبکه سلسله مراتبی(Hierarchical) و غیره.

همبندی شبکه را می‌توان بر اساس نظم هندسی ترتیب داد. همبندی‌های شبکه طرح‌های منطقی شبکه هستند. واژه منطقی به این معنی است که همبندی شبکه به طرح فیزیکی شبکه بستگی ندارد. مهم نیست که رایانه‌ها در یک شبکه به صورت خطی پشت سر هم قرار گرفته باشند، ولی زمانیکه از طریق یک هاب به یکدیگر متصل شده باشند، تشکیل همبندی ستاره می‌کنند نه باس. و این عامل مهمی است که شبکه‌ها در آن فرق می‌کنند، جنبه ظاهری و جنبه عملکردی.

۹-٤- اجزای اصلی سخت‌افزاری

همه شبکه‌ها از اجزای سخت‌افزاری پایه‌ای تشکیل شده‌اند تا گره‌های شبکه را به یکدیگر متصل کنند، مانند کارت‌های شبکه، تکرار کننده‌ها، هاب‌ها، پل‌ها، راهگزین ها و مسیریاب ها.

علاوه بر این، بعضی روشها برای اتصال این اجزای سخت‌افزاری لازم است کـه معمـولاً از کابلهـای الکتریکی استفاده می‌شود (از همه رایج‌تر کابلCat5 اسـت)، و کمتـر از آنهـا، ارتباطـات میکروویـو (براساسIEEE 802.11) و کابل فیبر نوری بکار می‌رود.

کارت شبکه

کارت شبکه، آداپتور شبکه یا کارت واسط شبکه قطعه‌ای از سخت‌افـزار رایانـه‌اسـت و طراحـی شده تا این امکان را به رایانه‌ها بدهد که بتوانند بر روی یک شبکه رایانه‌ای با یکدیگر ارتباط برقـرار کنند. این قطعه دسترسی فیزیکی به یک رسانه شبکه را تامین می‌کند و با استفاده از مـک آدرسـها، سیستمی سطح پایین جهت آدرس دهی فراهم می‌کند. این شرایط به کاربران اجازه مـی‌دهـد تـا بـه وسیله کابل یا به صورت بی‌سیم به یکدیگر متصل شوند.

تکرارکننده

تکرارکننده تجهیزی الکترونیکی است که سیگنالی را دریافـت کـرده و آن را بـا سـطح دامنـه بالاتر، انرژی بیشتر و یا به سمت دیگر یک مانع ارسال می‌کند. بدین ترتیب می‌توان سیگنال را بدون کاستی به فواصل دورتری فرستاد. از آنجا که تکرار کننده‌ها با سیگنال‌های فیزیکـی واقعـی سـروکار دارند و در جهت تفسیر داده‌ای که انتقال می‌دهند تلاشی نمی‌کنند، این تجهیزات در لایـه فیزیکـی یعنی اولین لایه از مدل مرجع OSI عمل می‌کنند.

هاب

هاب قطعه‌ای سخت‌افزاری است که امکان اتصال قسمت‌های یک شبکه را با هدایت ترافیک در سراسر شبکه فراهم می‌کند. هاب‌ها در لایه فیزیکی از مدل مرجعOSI عمل می‌کنند. عملکرد هاب بسیار ابتدایی است، به این ترتیب که داده رسیده از یک گره را برای تمـامی گـره‌هـای شـبکه کپـی می‌کند. هاب‌ها عموماً برای متصل کردن بخش‌های یک شبکه محلـی بکـار مـی‌رونـد. هـر هـاب چندین درگاه (پورت) دارد. زمانی که بسته‌ای از یک درگاه می‌رسد، به دیگر درگاه‌ها کپـی مـی‌شـود، بنابراین همه قسمت‌های شبکه محلی می‌توانند بسته‌ها را ببینند.

پل

یک پل دو زیرشبکه (سگمنت) را در لایه پیوند داده از مدل مرجع OSI به هم متصل می‌کند. پل‌ها شبیه به تکرار کننده‌ها و هاب‌های شبکه‌اند که برای اتصال قسمت‌های شبکه در لایه فیزیکی

عمل می‌کنند، با این حال پل با استفاده از مفهوم پل‌زدن کار می‌کند، یعنی به جای آنکه ترافیک هر شبکه بدون نظارت به دیگر درگاه‌ها کپی شود، آنرا مدیریت می‌کند. بسته‌هایی که از یک طرف پل وارد می‌شوند تنها در صورتی به طرف دیگر انتشار می‌یابند که آدرس مقصد آن‌ها مربوط به سیستم‌هایی باشد که در طرف دیگر پل قرار دارند. پل مانع انتشار پیغام‌های همگانی در قطعه‌های کابل وصل‌شده به آن نمی‌شود.

پل‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- پل‌های محلی: مستقیماً به شبکه‌های محلی متصل می‌شود.

۲- پل‌های دوردست: از آن می‌توان برای ساختن شبکه‌های گسترده جهت ایجاد ارتباط بین شبکه‌های محلی استفاده کرد. پل‌های دور دست در شرایطی که سرعت اتصال از شبکه‌های انتهایی کمتر است با مسیریاب ها جایگزین می‌شوند.

۳- پل‌های بی‌سیم: برای اتصال شبکه‌های محلی به شبکه‌های محلی بی‌سیم یا شبکه‌های محلی بی‌سیم به هم یا ایستگاه‌های دوردست به شبکه‌های محلی استفاده می‌شوند.

راهگزین (سوئیچ)

راهگزین که در پارسی بیشتر واژه سوئیچ برای آن بکار برده می‌شود، وسیله‌ای است که قسمت‌های شبکه را به یکدیگر متصل می‌کند. راهگزین‌های معمولی شبکه تقریباً ظاهری شبیه به هاب دارند، ولی یک راهگزین در مقایسه باهاب از هوشمندی بیشتری و همچنین قیمت بیشتری برخوردار است. راهگزین‌های شبکه این توانمندی را دارند که محتویات بسته‌های داده‌ای که دریافت می‌کنند را بررسی کرده، دستگاه فرستنده و گیرنده بسته را شناسایی کنند، و سپس آن بسته را به شکلی مناسب ارسال نمایند. با ارسال هر پیام فقط به دستگاه متصلی که پیام به هدف آن ارسال شده، راهگزین پهنای باند شبکه را به شکل بهینه‌تری استفاده می‌کند و عموماً عملکرد بهتری نسبت به یک هاب دارد.

از نظر فنی می‌توان گفت که راهگزین در لایه پیوند داده از مدل مرجع OSI عمل کنند. ولی بعضی انواع راهگزین قادرند تا در لایه‌های بالاتر نیز به بررسی محتویات بسته بپردازند و از اطلاعات بدست آمده برای تعیین مسیر مناسب ارسال بسته استفاده کنند. به این راه گزین‌ها به اصطلاح راهگزین‌های چندلایه می‌گویند.

مسیریاب(روتر)

مسیریاب ها تجهیزات شبکه‌ای هستند که بسته‌های داده را با استفاده از سرایند ها و جدول

ارسال تعیین مسیر کرده، و ارسال می‌کنند. مسیریاب‌ها در لایه شبکه از مدل مرجع OSI عمل می‌کنند. همچنین مسیریاب‌ها اتصال بین بسترهای فیزیکی متفاوت را امکان‌پذیر می‌کنند. این کار با چک کردن سرایند یک بسته داده انجام می‌شود.

مسیریاب‌ها از قراردادهای مسیریابی مانندOSPF استفاده می‌کنند تا با یکدیگر گفتگو کرده و بهترین مسیر بین هر دو ایستگاه را پیکربندی کنند. هر مسیریاب دسته کم به دو شبکه، معمولاً شبکه‌های محلی، شبکه‌های گسترده و یا یک شبکه محلی و یک سرویس دهنده اینترنت متصل است. بعضی انواع مودم‌هایDSL و کابلی جهت مصارف خانگی درون خود از وجود یک مسیریاب نیز بهره می‌برند.

۹-۵- سیستمهای دیتا

سیستمهای دیتا بر اساس محدوده جغرافیایی دسترسی به آنها به ۴ نوع زیر تقسیم می‌شوند.

۱. شبکه محلی (LAN)
۲. شبکه گسترده (WAN)
۳. شبکه‌های خاص
۴. دیتای سیار

شبکه محلی (LAN)

شبکه محلی (Local Area Network) یک شبکه رایانه‌ای است که محدوده جغرافیایی کوچکی مانند یک خانه، یک دفتر کار یا گروهی از ساختمان‌ها را پوشش می‌دهد. در مقایسه با شبکه‌های گسترده(WAN) از مشخصات تعریف‌شده شبکه‌های محلی می‌توان به سرعت (نرخ انتقال) بسیار بالاتر آنها، محدوده جغرافیایی کوچکتر و عدم نیاز به خطوط استیجاری مخابراتی اشاره کرد.

دو فناوری اترنت(Ethernet) روی کابل جفت به هم تابیده بدون محافظ (UTP) و وای‌فای(Wi-Fi) رایج‌ترین فناوری‌هایی هستند که امروزه استفاده می‌شوند، با این حال فناوری‌های آرکنت(ARCNET) و توکن رینگ (Token Ring) و بسیاری روشهای دیگر در گذشته مورد استفاده بوده‌اند.

شبکه گسترده(WAN)

شبکه گسترده (Wide Area Network) یک شبکه رایانه‌ای است که نسبتاً ناحیه جغرافیایی وسیعی را پوشش می‌دهد (برای نمونه از یک کشور به کشوری دیگر یا از یک قاره به قاره‌ای دیگر). این شبکه‌ها معمولاً از امکانات انتقال خدمات دهندگان عمومی مانند شرکت‌های مخابرات استفاده می‌کند. به عبارت کمتر رسمی این شبکه‌ها از مسیریاب ها و لینک‌های ارتباطی عمومی استفاده می‌کنند. اما راه‌آهن از شبکه اختصاصی خود استفاده می‌کند.

شبکه‌های گسترده برای اتصال شبکه‌های محلی یا دیگر انواع شبکه به یکدیگر استفاده می‌شوند. بنابراین کاربران و رایانه‌های یک مکان می‌توانند با کاربران و رایانه‌هایی در مکانهای دیگر در ارتباط باشند. بسیاری از شبکه‌های گسترده برای یک سازمان ویژه مثل راه‌آهن پیاده‌سازی می‌شوند و خصوصی هستند. بعضی دیگر به‌وسیله سرویس دهنده اینترنت (ISP) پیاده‌سازی می‌شوند تا شبکه‌های محلی سازمانها را به اینترنت متصل کنند.

ویژگی‌های یک شبکه WAN

شبکه‌های WAN، یک حوزه جغرافیائی گسترده نظیر یک شهرستان، استان و یا یک کشور را تحت پوشش قرار داده و معمولاً" از امکانات ارائه شده توسط شرکت‌های مخابراتی استفاده می‌نمایند . این نوع شبکه‌ها دارای خصوصیات زیر می‌باشند :

- دستگاه‌های موجود در یک حوزه جغرافیایی گسترده را به یکدیگر متصل می‌نمایند.
- از سرویس‌های ارائه شده توسط شرکت‌های مخابراتی به منظور حمل داده استفاده می‌نمایند.
- از اتصالات سریال مختلف به منظور دستیابی به پهنای باند در یک حوزه جغرافیایی گسترده استفاده می‌نمایند.

تفاوت یک شبکه WAN با LAN

شبکه‌های WAN دارای تفاوت‌های عمده‌ای نسبت به شبکه‌های LAN می‌باشند . مثلاً برخلاف یک شبکه LAN که ایستگاه‌ها، دستگاه‌های جانبی، ترمینال‌ها و سایر دستگاه‌های موجود در یک ساختمان و یا منطقه جغرافیایی محدود و کوچک را به یکدیگر متصل می نماید، شبکه‌های WAN امکان مبادله اطلاعات بین دستگاه‌های موجود در یک حوزه جغرافیایی گسترده را فراهم می‌نمایند. سازمان‌ها و مؤسسات می‌توانند با استفاده از این نوع شبکه‌ها، دفاتر و نمایندگی‌های خود

را که در مناطق مختلفی توزیع شده‌اند به یکدیگر متصل تا امکان مبادله اطلاعات بین آنـان فـراهم گردد. جدول ۹-۱ تفاوت بین شبکه‌های LAN و WAN را با توجه به حوزه جغرافیایی تحت پوشش نشان می‌دهد.

جدول۹-۱ تفاوت بین شبکه‌های LAN و WAN

نوع شبکه	توزیع دستگاه‌ها	فاصله بین دستگاه‌ها
LAN	یک اطاق	10 m
LAN	یک ساختمان	100m
LAN	یک دانشگاه	1000m=1km
WAN	یک شهر	10,000m=10km
WAN	یک کشور	100,000m=100km
WAN	یک قاره	1,000,000m=1,000km
WAN	چندین قاره	10,000,000m=10,000km

جایگاه WAN در مدل مرجع OSI

شبکه‌های WAN در لایه فیزیکی و لایه data link مدل مرجع OSI کار می کنند. با اسـتفاده از این نوع شبکه‌ها، می‌توان شبکه‌های محلی موجود در مکان‌های متعدد و مسافت‌هـای طـولانی را به یکدیگر متصل نمود. شبکه‌های WAN امکانات و پتانسیل‌های لازم به منظور مبادله بـسته‌هـای اطلاعاتی و فریم‌ها بین روترها، سوئیچ‌ها و شبکه‌های محلی را ارائه می‌نمایند.

تجهیزات و دستگاه‌های استفاده شده در شبکه‌های WAN

همانطور که قبلاً اشاره شد، در شبکه‌های WAN از تجهیزات و دستگاه‌های متعـددی اسـتفاده می‌گردد که عملکرد تعدادی از آنها در جدول ۹-۲ مشاهده می‌شود.

جدول۹-۲ عملکرد تجهیزات شبکه WAN

دستگاه	عملکرد
روتر	دستگاه‌های لایه سوم که امکان ارتباط بین شبکه ای و پورت‌های اینترفیس WAN را ارائه می‌نمایند.
سوئیچ	دستگاه‌های لایه دوم که از آنان جهت اتصالات مورد نیاز برای مبادله داده، صوت و ویدئو استفاده می‌گردد.
مودم	اینترفیس‌های لازم برای سرویس‌های مختلفی نظیر ISDN، T1/E1 و یا Voice - grade را ارائه می‌نمایند .
سرویس دهنده مخابراتی	دستگاه‌هائی که از آنان به منظور تمرکز و مدیریت ارتباطات dial-in و dial-out کاربران استفاده می‌گردد .

پروتکل‌های data link شبکه‌های WAN

پروتکل‌های data link نحوه حمل فریم‌ها بین سیستم‌ها بر روی یک لینک داده را تشریح می‌نمایند. از پروتکل‌های فوق به منظور کار بر روی لینک‌های اختصاصی Point-to-Point و یا سرویس‌های سوئیچ Multi-access نظیر Frame Relay استفاده می‌گردد. استانداردهای WAN توسط مراکز و موسسات متعددی از جمله موارد زیر تعریف و مدیریت می‌گردد:

- ITU-T (برگرفته از International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)
- ISO
- IETF (برگرفته از Internet Engineering Task Force)
- EIA (برگرفته از Electronic Industries Association)

فصل دهم

سیستم اطلاعات مسافری

۱۰-۱ - مقدمه

اکثریت پروژه‌هایی که در مراکز تحقیقاتی راه‌آهن در سراسر جهان در دست بررسی و تحقیق هستند بر چهار مبحث اساسی تکیه دارند:

الف- ایجاد جذابیت در محصولات راه‌آهنی

ب- رقابت‌پذیری

ج- توجه به عوامل زیست محیطی

د- بهینه سازی ایمنی

در نتیجه مسئله جذابیت محصولات راه‌آهنی و تأمین خواست مشتری در اولویت سایر مباحث توسعه قرار دارد. اولین گام در این راه فراهم ساختن دستیابی آسانتر مشتریان به سیستم ریلی می‌باشد و این مهم امکان پذیر نیست مگر از طریق بهره‌گیری از فناوریهای اطلاعاتی جدید از جمله بهره‌گیری از اینترنت و اقتصاد الکترونیکی، ایجاد ارتباط بین اطلاعات و سیستمهای توزیعی، بهره‌گیری از سیستمهای پرداخت و فروش بلیت الکترونیکی (توسعه کارتهای هوشمند چند عملکردی)، بهره‌گیری از سیستمهای اطلاعات بلادرنگ برای مشتریان و بار آنها.

۱۰-۲- سیستم های اطلاعاتی مرتبط با مسافران و مشتریان

از سیستمهای اطلاعاتی که در ارتباط با مسافران و مشتریان می‌باشد، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیستم های کنترل دیواری
- سیستم های مدیریت IT
- سیستم KIS
- سیستمFIS
- سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در حمل و نقل ریلی
- سیستم شبکه تلویزیونی مداربسته (CCTV)
- سیستم رهگیر ریلی
- سیستم های اطلاعاتی سفرهای ریلی
- سیستم های صدور و توزیع بلیت
- سیستم های تک فروشی

- سیستم های با کاربرد تجارت الکترونیک
- سیستم های تسویه حساب ها

در ادامه به معرفی این سیستمها می پردازیم.

سیستم‌های کنترل دیواری

این سیستمها این قابلیت را دارند که در محل رویت و دید کاربران قرار گیرند و از کاربردهای آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیستمهای نظارت راه‌آهن
- کنترل ترافیک
- سیستمهای مبتنی بر نقشه
- اطاقهای شبیه سازی و آموزش
- رویت و مرئی سازی سیگنالهای راداری
- کاربردهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
- سسیستم طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)

سیستم‌های مدیریت IT در سازمان

سیستم ITEMS تأمین کننده اطلاعات تجاری و گزارشات می‌باشد که منجر به افزایش امنیت،کارآیی و مدیریت عملیات مهندسی و بازرگانی داخلی می‌گردد.

سیستم KIS

سیستم KIS یک سیستم اطلاعات مسافری هوشمند مستقر در ایستگاهها است که این امکان را ایجاد می‌کند تا عملیات اطلاع‌رسانی صوتی در ایستگاهها از راه دور کنترل شود.

سیستمFIS

سیستم FIS یک سیستم اطلاعاتی مسافری متحرک است که برای راه‌آهن طراحی شده و وظیفه آن افزایش جاذبه و مقبولیت سفر با قطار برای مسافرت است.

سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در حمل و نقل ریلی

سیستم اطلاعات جغرافیایی مجموعه‌ای از سخت افـزار، نـرم افـزار، نیروهـای متخـصص و اطلاعات مکانی و توصیفی است که کاربردهای زیادی دارد. بطور کلی نـرم افزارهـای GIS در زمینه‌های زیر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند :

- سیستمهای مدیریت املاک و اراضی
- سیستمهای مدیریت امکانات تسهیلاتی (مانند رهگیر ریلی، امکانات ارتباطی و پخـش سیگنال، امکانات توزیع نیروی برق، امکانات انتقال، ساختمانها، محوطه‌ها و غیره)
- سیستمهای مدیریت طراحی و ساخت
- سیستمهای ارزیابی محیطی و مسیرهای حرکتی
- سیستمهای رهگیری لوکوموتیو و بار
- سیستمهای تجزیه و تحلیل جریان حرکت کالا
- سیستمهای عکس العمل در مواقع ضروری و امنیتی
- سیستمهای پشتیبانی از تصمیم در بازار یابی و تعیین قیمت
- سیستمهای مدیریت چند وجهی
- سیستمهای اطلاعات مسافری

سیستم شبکه تلویزیونی مداربسته (CCTV)

پوشش سیستم شبکه تلویزیونی مدار بسته CCTV منجر به کـاهش جـرائم، خرابکـاری و ایجاد اختلال در ایستگاههای قطار و پایانه‌ها می‌گردد. در فصل هشتم به طـور کامـل بـه ایـن موضوع پرداخته شد.

سیستم رهگیر ریلی

رهگیر ریلی یک سیستم عملیاتی مبتنی بر فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات است کـه جهـت رهگیری بار، حرکت ترنها و تجهیزات راه‌آهنی همچون واگنها و کانتینرها به کار می‌رود. هسته اصلی رهگیری ریلی از قسمتهای زیر تشکیل شده است که همگی در یک بسته نـرم افـزاری منفـرد گـرد آمده‌اند و عبارتند از:

ترافیک ریلی- پایانه ریلی - تبادل ریلی- گـزارش دهـی ریلـی- آمـار ریلـی- توزیـع واگنهـا - بازرگانی ریلی - مشتری ریلی -تعمیر ریلی- ارتباط از راه دور ریلی- آموزش ریلی

به عنوان مثال این سیستم، مشتریان را قادر می‌سازد تا از طریق اینترنت یا بطور مستقیم با پایگاه اطلاعاتی رهگیر ریلی ارتباط برقرار کرده و بدین وسیله و با استفاده از سیستمی محرمانه آنها را از آخرین وضعیت و مکان بارها و واگنهایشان در شبکه آگاه سازد.

سیستم‌های اطلاعاتی سفرهای ریلی

این سیستم جدید، اطلاعاتی دقیق راجع به مسیرها، بهای بلیت‌ها و جداول زمانی حرکت قطارها را ارائه می‌کند و به کاربران اجازه انتخاب سریعترین، ارزانترین و خوش منظره‌ترین مسیرها را می‌دهد. این سیستم با استفاده از واسطهای باز طراحی شده است و قابلیت اتصال به سیستمهای نسخ قدیمی‌تر را نیز داراست. این سیستم توسط انجمن متخصصین تأمین‌کننده سیستمهای فناوری اطلاعات برای راه‌آهنها (ICL) طراحی شده است.

سیستم‌های تک فروشی

ICL در صف جبهه فناوری تک فروشی و خرده فروشی قرار دارد و این فناوری را در بخش حمل و نقل ریلی نیز گسترش داده است. نقاط الکترونیکی فروش بلیت در تلفیق با متخصصین صدور و توزیع بلیت این امکان را به راه‌آهن‌ها می‌دهد که :

- ایستگاهها و تسهیلات حسابداری مرکزی خود را بهبود بخشند.
- اطلاعات مدیریتی درباره عملکرد راه‌آهن را به سرعت و دقیق تولید نمایند.
- میزان تقلبها را کاهش دهند و به کارکنان فراغت خیال دهد تا تمامی تمرکز خود را معطوف به راضی نگاه داشتن مشتری نمایند.

سیستم‌های صدور و توزیع بلیت

این سیستم نیز که توسط ICL طراحی شده است در چندین کشور پیاده‌سازی شده است و قابلیت ارائه روشهای نو و ابتکاری برای در دسترس قرار دادن بلیت و محصولات مرتبط با آن جهت عموم را دارا می‌باشد.

این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که هر نوع وسیله یا ماشین صدور بلیت می‌تواند به صورت زنجیره در درون یک سیستم یکپارچه و جامع قرار گیرد و یا به صورت کاملاً مجزا و منفرد مورد استفاده واقع شود.

سیستم‌های با کاربرد تجارت الکترونیک

اینترنت این امکان را به شرکتهای راه‌آهنی می‌دهد تا عملیات توزیع خود را در بازارهای جدید بطور فزاینده‌ای گسترش دهند و اطلاعات بهتر و دقیقتری را با هزینه ای بسیار پایین تأمین نمایند.

نمونه ای از این فعالیتها سیستم طراحی شده توسط شرکت IBM برای راه‌آهن فدرال سوئیس (SBB) است که ارائه‌گر خدمات فروش بلیت به صورت بلاواسطه می‌باشد و همچنین سیستم رزرواسیون SIPAX که در راه‌آهن ایتالیا کار می‌کند، عملیات صدور الکترونیکی بلیت، رزرواسیون و پرداخت الکترونیک را ارائه می‌دهد.

با کمک فناوریهای جدید و متخصصان تجارت الکترونیک شرکت IBM، راه‌آهن جنوبی شهر کانزاس (KCS) وب سایتی را راه‌اندازی نموده که وضعیت جاری بار و اطلاعات مربوط به آن را تأمین کرده و وضعیت ناوگان باری را تحت نظارت قرار می‌دهد.

سیستم‌های تسویه حساب‌ها

سیستم تسویه حساب داخلی،ISS [۱] روشی را برای صنایع ریلی فراهم می‌کند تا به کمک آن بتوانند از طریق تبادل الکترونیکی داده (EDI) حسابها و در آمدهای داخلی را تسویه کنند و مورد بررسی قرار دهند. از طریق پیام رسانی EDI سیستم صورت حسابها شامل نرخها و طبقه‌بندیهای مربوطه را توزیع می‌کند و مکانیزمی را برای توافقات پیش از عمل تسویه فراهم می‌نماید و در نتیجه اکثر امور بعد از عملیات تسویه را حذف و ملغی می‌نماید.

شبکه نرخهای EDI و سیستم مدیریت نرخهای ملی(NRMS)[۲] سیستمهایی هستند که برای برقراری ارتباط الکترونیکی میان دست اندرکاران ریلی به منظور آگاهی از اطلاعات قیمتها طراحی شده‌اند.

۱۰-۳- ابزارها و تجهیزات

ابزارها و تجهیزات مورد استفاده در سیستمهای اطلاعات مسافری را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

1- Interline Settlement System
2- National Rate Management System

- دستگاه MMI
- کیوسک‌های خودکار
- نمایشگرهای داده و اطلاعات در راه‌آهن
- دستگاه‌های فروش بلیت
- کنترل ورودی

دستگاه MMI

این دستگاه در قطارها و در چندین پروژه شامل موارد زیر بکار گرفته شده است :

۱. نمایش و جمع آوری اطلاعات کلیدی
۲. مقاصد ارتباطی به منظور نظارت بر اطلاعات ورود و خروج
۳. نمایش وضعیت داخلی و خارجی قطار

منظور از اطلاعات کلیدی، اطلاعاتی در باره وضعیت لوکوموتیو و قطار است یعنی وضعیت عملکردهای الکتریکی شامل سرعت، ترمزها، فشار و . . .

کیوسک‌های خودکار

این کیوسکها شامل صفحات نمایش چند رسانه‌ای است که با اشاره (لمس) انگشت دستورات را دریافت می‌نمایند.

در حال حاضر راه‌آهن مسافری آمریکا بیش از ۱۵۰ کیوسک در ۴۳ ایستگاه در سراسر آمریکا مستقر نموده است. مسافران می‌توانند از این دستگاه برای تهیه بلیت الکترونیکی استفاده کنند. این ماشینها در یک منطقه جغرافیایی پراکنده هستند و شرکت سازنده این امکان را برای راه‌آهن فراهم ساخته است تا از طریق یک مرکز اصلی وضعیت تمامی آنها را زیر نظر داشته باشد.

نمایشگرهای داده و اطلاعات در راه‌آهن

نمایشگرهای اطلاعات مسافری

این نمایشگرها قابلیت استفاده در مکانهای باز و سر پوشیده را دارند و در مقابل آب و گرد وغبار مقاوم هستند. این نمایشگرها دارای انواع تک رنگ یا چند رنگ با قابلیت نمایش ارقام و حروف و اشکال گرافیکی می‌باشند. این نمایشگرها همچنین می‌توانند با قابلیتهای صوتی نیز تلفیق گردند.

تابلوهای خروج قطار

- نمایشگرهای بزرگ جداول زمانی بزرگ در تمامی ایستگاههای اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرند که با استفاده از رنگهای مختلف و کوچک و بزرگ کردن نوشته‌ها می‌توان اطلاعات را مشخص‌تر جلوه داد تا مسافر ساده‌تر بتواند اطلاعات مورد نظر خود را دریافت نماید. استفاده از فناوری پیام الکترونیکی این امکان را می‌دهد تا پیامهای مهم خاموش و روشن شده تا توجه مسافر جلب گردد.
- نمایشگرهای محل فروش بلیت
- پیامها وعلائم گوناگون در مکانهای فروش بلیت، اطلاعات مربوط به قیمت بلیتها و افزایش یا تغییرات قیمتها را به همراه برنامه حرکت قطارها به مسافران نشان می‌دهد.

نمایشگرهای ورودی

این نمایشگرها برای کاهش ترافیک و ازدحام در ایستگاهها از طریق نمایش اطلاعات جهت حرکت مسافر برای رسیدن به قطار مورد نظر یا نمایش تأخیرات و لغو حرکت قطارها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دستگاه‌های فروش بلیت

این دستگاهها برای صدور بلیت، پول نقد و تمامی کارتهای اعتباری معتبر را قبول می‌کنند. سادگی کار و ارائه توضیحات و راهنمایی‌های کامل در حین کار از امکانات این دستگاهها است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود.

- واسط کاربر شامل نمایشگر LCD با صفحه قابل لمس
- شروع عملیات، نظارت و کنترل تمامی ترمینالها از سرور کنترل از طریق داده‌های ریلی
- صدور بلیت در تمامی مکانها
- انتخابهای متنوع و گسترده هنگام خرید بلیت
- پرداخت غیر نقدی از طریق کارتهای اعتباری معتبر

کنترل ورودی

- ورودیهای کنترل کننده دسترسی، به منظور بررسی بلیتها، فراهم کننده داده‌های آماری درباره ترافیک ایستگاهها هستند و به جلوگیری از تقلب و کلاهبرداری کمک می‌کنند.
- این سیستمها به منظور تشکیل و ایجاد موانع بین منطقه خارج از کنترل و منطقه کنترلی در شبکه حمل و نقل عمومی طراحی شده‌اند.
- این سیستم و ورودیهای مربوط به آن بلیت‌های مغناطیسی را پردازش کرده و داده‌های آماری در مورد ترافیک مسافری را به سیستم کنترل متمرکز منتقل می‌کند.
- بسته به جریان حرکت مسافرین این دستگاهها قابلیت طراحی برای مدخل ورودی و یا خروجی

فصل یازدهم

سیستم تشخیص اتوماتیک

خروج از خط و انفصال قطار

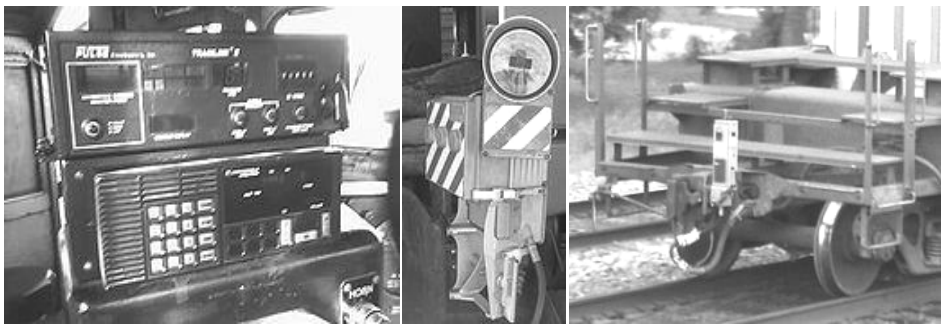
۱۱-۱- مقدمه

در گذشته رؤسای قطار و ترمزبانان در انتهای قطارباری داخل یک واگن سوار شده و با وسایل ابتدایی مانند چراغ، پرچم و غیره با لکوموتیورانان ارتباط برقرار کرده و آنان را از وضعیت واگن آخر مطلع می‌ساختند. با بکارگیری بی‌سیم در راه‌آهن این ارتباط بهتر صورت گرفت اما کافی نبود. همچنین با ورود قطارهای خاص و انتقال مأمورین انتها به داخل لکوموتیو دیگر برقراری ارتباط توسط انسان امکان پذیر نبوده و نیاز به بکارگیری روشهای نوین احساس شد.

در اواسط دهه ۸۰ میلادی شرکتهای مختلف کار بر روی این سیستم را شروع کردند که در اواخر این دهه سیستم مورد نظر توسط شرکتهای پالس، ترن لینک و چند شرکت دیگر ساخته و به همین نامها شهرت یافتند.

در ایران این سیستم در اواخر دهه ۶۰ وارد کشور شد که در ابتدا راه‌آهن قصد خرید نمونه خارجی را داشت ولی به همت کارشناسان مرکز تحقیقات و دانشگاه علم و صنعت در داخل کشور ساخته و در بعضی مسیرها آزمایش گردید اما به مراحل اجرایی نرسید.

بر اثر عوامل مختلف این احتمال وجود دارد که یک یا دو محور از یک واگن از خط خارج شده و در نتیجه در طول مسیر و هنگام حرکت، تمامی تراورس‌ها، پابندها، پیچ‌ها و... را از بین برده و خسارت شدیدی را به خط وارد کند. در صورتی که محور خارج شده از روی ریل به ورودی یک سوزن برسد، موجب خروج از خط واگنها، ایجاد سانحه و در نتیجه خسارت شدید به راه‌آهن شود. در این راستا سیستمهایی بر روی قطار نسب شده که می‌توانند شتاب واگن را در راستای عمودی اندازه‌گیری نمایند و در صورتی که احساس شود در یک لحظه شتاب عمودی واگن از حد تعریف شده طبیعی بیشتر شده، با توجه به اینکه شیر هوای ترمز نیز به آن متصل شده است، موجب باز شدن آن و در نتیجه متوقف شدن قطار می‌گردد.



شکل ۱۱-۱ دستگاه چشمک زن انتهای قطار (FRED)

۱۱-۲- دستگاه انتهای قطار

دستگاه انتهای قطار یا E.O.T [۱] از دو قسمت داخل کابین[۲] و انتهایی تشکیل شده است. بخش داخلی در لکوموتیو و بخش انتهایی بر روی واگن آخر قطار نصب می‌شود و ارتباط بین این دو قسمت دو طرفه و بوسیله امواج رادیویی در باند UHF [۳] بر قرار می‌شود. اندازه‌گیری فشار هوای آخرین واگن قطار و ارسال آن با امواج رادیوئی به داخل لکوموتیو، نمایش فشار هوای واگن آخر قطار در لکوموتیو با دقت ۰,۱ بار هم در صفحه مونیتور دستگاه و هم به صورت کاملاً درشت بر روی بدنه جانبی واحد داخل کابین، اعلام هشدارهای لازم در رابطه با فشار هوای آخرین واگن طبق استاندارد UIC[۴]، امکان تنظیم و انتخاب نوع رکورد جهت ذخیره سازی، امکان جلوگیری از حرکت قطار به علت عدم رعایت مقررات تست ترمز، امکان اعمال تغییرات مقررات راه‌آهن در رابطه با تست ترمز یا تغییرات مقررات استفاده این دستگاه در نرم افزار آن، امکان ترمز گیری واگن آخر از داخل لکوموتیو، امکان فعال نمودن یا عدم فعال نمودن کلیه قابلیتهای دستگاه توسط کدهای مخصوص، امکان تست ترمز به صورت دستی و اتوماتیک از داخل لکوموتیو، قابلیت اتصال سایر سیستمهای ایمنی ,موقعیت یابی و ارسال و دریافت اطلاعات مورد استفاده در قطار، امکان استفاده این دستگاهها در هر تعداد قطار نزدیک بهم بدون تداخل در کار یکدیگر، امکان قرائت فشار هوای انتهای قطار با نصب تجهیزات مکمل از داخل دفتر ایستگاه، نمایش بی‌درنگ تغییرات غیرعادی فشار هوای انتهایی در داخل لکوموتیو، از ویژگیهای این دستگاه می‌باشد.

شکل ۱۱-۲ تجهیزات EOT

1- End Of Train
2- Cab Unit
3- Ultra High Frequency
4- International Union Of Railway

در ادامه به معرفی دستگاهی که در راه‌آهن مورد استفاده قرار خواهد گرفت می‌پردازیم.

مشخصات کلی دستگاه

CAB UNIT در لکوموتیو به صورت ثابت نصب و با روشن شدن لکوموتیو این دستگاه نیز روشن می‌گردد. این واحد وظایف زیر را به عهده دارد.

- اندازه‌گیری فشار هوای آخرین واگن قطار و ارسال آن با امواج رادیوئی به لکوموتیو
- نمایش فشار هوای واگن آخر قطار در لکوموتیو با دقت ۰/۱ بار هم در صفحه مونیتور دستگاه و هم به صورت کاملاً درشت بر روی بدنه جانبی CAB UNIT
- اعلام هشدارهای لازم در رابطه با فشار هوای آخرین واگن طبق استاندارد UIC
- مجهز بودن SBU به توربو ژنراتور جهت تامین برق مصرفی خود
- نمایش میزان شارژ باتری SBU در داخل لکوموتیو
- نمایش وضعیت توربو ژنراتور SBU در داخل لکوموتیو
- امکان ذخیره نمودن ۱۰،۰۰۰ رکورد در حافظه داخلی دستگاه که با خاموش شدن لکوموتیو این اطلاعات به هیچ وجهی از بین نمی‌رود و در صورت پر شدن حافظه این موضوع را اعلام می‌نماید.
- امکان تنظیم و انتخاب نوع رکورد جهت ذخیره سازی
- امکان پرینت مستقیم بدون اتصال به کامپیوتر
- امکان اتصال دستگاه به کامپیوتر و ذخیره کردن اطلاعات
- امکان جلوگیری از حرکت قطار بعلت عدم رعایت مقررات تست ترمز
- امکان اعمال تغییرات مقررات راه‌آهن در رابطه با تست ترمز یا تغییرات مقررات استفاده این دستگاه در نرم افزار آن
- امکان ترمز گیری واگن آخر از داخل لکوموتیو
- امکان فعال نمودن یا عدم فعال نمودن کلیه قابلیتهای دستگاه توسط کدهای مخصوص
- امکان تست ترمز به صورت دستی و اتوماتیک از داخل لکوموتیو
- تعبیه چراغ‌های علامت انتهایی قطار بر روی SBU با همان مشخصات
- امکان روشن و خاموش کردن چراغ‌های SBU یا تعویض رنگ آنها از داخل لکوموتیو
- نمایش فشار هوای واگن آخر و میزان شارژ باتری روی SBU
- قابلیت اتصال سایر سیستمهای ایمنی، موقعیت یابی و ارسال و دریافت اطلاعات مورد استفاده در قطار

- امکان استفاده این دستگاهها در هر تعداد قطار نزدیک بهم بدون تداخل در کار یکدیگر
- کلیهSBUها می‌توانند در هر قطاری استفاده گردند و خاص یک یا چند قطار نیست.
- اطمینان ۱۰۰٪ به اطلاعات دریافتی (ارسال اطلاعات بین دو قسمت جلویی و انتهایی که از طریق امواج رادیوی صورت گرفته و تحت هیچ شرایطی نویز برآن اثر ندارد)
- امکان استفاده همزمان دستگاه E.O.T به عنوان علامت انتهایی قطار
- امکان قرائت فشار هوای انتهای قطار با نصب تجهیزات مکمل از داخل دفتر ایستگاه
- نمایش بی درنگ تغییرات غیر عادی فشار هوای انتهایی در CAB UNIT (داخل لکوموتیو)
- قابلیت فعال نمودن ترمز از انتهای قطار، روشن و خاموش نمودن چراغ‌های SBU از داخل لکوموتیو
- دستگاه از نظر سخت افزاری تکمیل و هرگونه اعمال نظر در عملکرد محدود به تغییر در تنظیمات نرم افزار آن باشد.
- در حالت بروز گسیختگی و شرایط اضطراری کلیه قطارها و ایستگاهها در فواصل چند کیلومتری واگنهای جدا شده از این امر مطلع شده و میزان شارژ باتری SBU در این حالت حد اقل ۵ ساعت باشد.
- داشتن چندین رنج توان مختلف به دستگاه این امکان را می‌دهد که در شرایط مختلف حالت بهینه را پیدا کرده و علاوه بر ناچیز بودن قطعی ارتباط انرژی الکتریکی کمتری نیز مصرف می‌کند و شارژ باطری و نشتی هوای کمتری دارد.

قسمت داخل کابین (CAB UNIT)

- دریافت و ارسال اطلاعات ارسالی توسط SBU و تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات دریافتی
- غیر ممکن بودن از کار انداختن دستگاه یا بهم زدن تنظیمات آن توسط کاربران
- تغذیه الکتریکی دستگاه با ولتاژهای مختلف (۳۵ تا۸۰ ولت DC)
- قابلیت چند تکه شدن و نصب در هر جای کابین لکوموتیو
- قابلیت اتصال به GPS و ادوات موجود در لکوموتیو
- نمایش فشار هوای واگن آخر با دقت ۰/۱ بار
- اعلام وضعیت فشار هوای انتهایی مطابق با استاندارد UIC
- نمایش ولتاژ باتری SBU و وضعیت شارژ آن
- امکان تست ترمز به صورت دستی و اتوماتیک
- امکان ذخیره سازی اطلاعات و پرینت مستقیم و قابلیت اتصال به کامپیوتر

قسمت انتهایی (SBU)

- وزن سبک، سهولت حمل و نقل و سرعت نصب دستگاه (وزن قسمت انتهای بدون شیلنگ و سرپنجه حدود ۴ کیلوگرم بوده (تقریباً هم وزن علامت انتهایی) و به سادگی در مکان علامت انتهایی قابل نصب می‌باشد. مجموع زمان نصب و قفل و روشن کردن آن کمتر از ۳۰ ثانیه می‌باشد)
- قابلیت قفل شدن بعد از نصب را دارا می‌باشد.
- استاندارد IP67 در ساخت سیستم SBU رعایت شده است و دارای مقاومت بالا در تحمل ضربات معمول می‌باشد.
- دستگاه بوسیله مینی توربو ژنراتور تعبیه شده در آن از هوای ترمز قطار جهت تأمین انرژی الکتریکی خود استفاده می‌کند.
- در صورت از کار افتادن مینی توربو ژنراتور، باتری دستگاه حداقل ۵ ساعت انرژی لازم را جهت روشن نگه داشتن دستگاه دارا می‌باشد.
- از سنسورهای پیشرفته در محدوده صفر تا ۱۰ بار و با قابلیت تحمل فشار ۲۵ بار استفاده شده است (سنسورها در کلیه شرایط کاری اعم از شرایط بد آب و هوایی؛ حرکت با لرزش‌های بسیار بالا و... و در طول کامل گستره اندازه‌گیری خود دقتی بالای ۰/۱٪ را دارا باشند).
- ذرات معلق و سایر آلودگیهای موجود در هوای سیستم ترمز بر عملکرد دستگاه تأثیری ندارد.
- نمایش وضعیت فشار هوا و میزان شارژ باتری و ID CODE بر روی بدنه SBU وجود دارد.
- چراغهای SBU به صورت اتوماتیک در محیط تاریک روشن می‌شود.
- هر SBU دارای یک پورت جهت اتصال به کامپیوتر برای مقاصد برنامه‌ریزی و پیکربندی و کالیبراسیون می‌باشد.
- مواد بکار رفته و طرح هندسی آن به نحوی است که تحمل وزن ۲۰۰ کیلوگرم را دارد بدون اینکه به عملکرد تجهیزات داخل آن آسیبی برسد.
- افتادن از ارتفاع ۲ متری به آن آسیبی نمی‌رساند.
- اطلاعات را به صورت کد شده ارسال و دریافت می‌کند و کد گذاری براحتی انجام می پذیرد.
- کارکرد بدون آنتن به آن آسیبی نمی‌رساند.
- باند فرکانسی را چک کرده و در صورت خالی بودن ارسال انجام می‌شود.
- راندمان الکتریکی بالا دارد و جریان Stand By آن کم است.
- قادر به تعیین میزان توان فرستنده در موقعیت‌های مختلف می‌باشد.

فصل دوازدهم

سیستم‌های تعیین موقعیت

و شناسایی قطار

۱۲-۱- مقدمه

با رشد حمل و نقل ریلی و بزرگ شدن شبکه ریلی و افزایش تجهیزات ناوگان در شبکه همانند واگن‌ها و لوکوموتیوها و غیره، نیاز به برنامه ریزی و بهینه سازی استفاده از این تجهیزات بسیار مهم جلوه می‌کند. برای برنامه ریزی ناوگان نیاز به اطلاعات خاصی از قبیل تعداد و انواع تجهیزات و محل قرارگیری هر کدام در شبکه می‌باشد .این مورد نه تنها در راه‌آهن، بلکه در سایر بخش‌های حمل و نقلی نیز دارای اهمیت بسزایی می‌باشد. در راه‌آهن نیز سیستم‌های مختلفی به این منظور به کار گرفته شدند. دربرخی از کشورها این کار به صورت بسیار ابتدایی و به صورت دستی انجام می‌گیرد.

۱۲-۲- سیستم شناسایی خودکار وسایل نقلیه (AVI)[1]

اساس کار این سیستم به این صورت است که برای هر واگن یک شماره شناسایی در نظر گرفته می‌شود و اطلاعات مربوط به واگن داخل آن نوشته می‌شود. در یک سیستم شناسایی واگن اطلاعات واگنهای مختلف در نقاط مختلف جمع آوری شده و از طریق بستر ارتباطی به سیستم نظارت مرکزی منتقل می‌شود. با استفاده از این سیستم می‌توان واگنها را در کل مجموعه ریلی ردیابی و تعقیب نمود. در ادامه با فناوری RFID بیشتر آشنا خواهیم شد.

آشنایی با فناوری RFID

امروزه ضرورت شناسایی خودکار عناصر و جمع آوری داده مرتبط به آنان بدون نیاز به دخالت انسان جهت ورود اطلاعات در بسیاری از عرصه‌های صنعتی، علمی، خدماتی و اجتماعی احساس می‌شود. در پاسخ به این نیاز تاکنون فناوری‌های متعددی طراحی و پیاده سازی شده است. به مجموعه ای از فناوری‌ها که از آنان برای شناسایی اشیاء، انسان و حیوانات توسط ماشین استفاده می‌گردد، شناسایی خودکار و یا به اختصار Auto ID گفته می‌شود. هدف اکثر سیستم‌های شناسایی خودکار، افزایش کارآیی، کاهش خطاء ورود اطلاعات و آزاد سازی زمان کارکنان برای انجام کارهای مهمتر نظیر سرویس دهی بهتر به مشتریان است. تاکنون فناوری‌های مختلفی به منظور شناسایی خودکار طراحی و پیاده سازی شده است. کدهای میله‌ای، کارت‌های هوشمند، تشخیص صدا، برخی فناوری‌های بیومتریک، OCR [2] و RFID[3] نمونه‌هایی در این زمینه می‌باشند.

1- Automatic Vehicle Identification
2- Optical Character Recognition
3- Radio Frequency Identification

اجازه دهید برای آشنایی بیشتر با فناوری RFID چندین تعریف از آن را با یکدیگر مرور نمائیم:

- RFID با استفاده از ارتباطات مبتنی بر فرکانس‌های رادیویی امکان شناسایی خودکار، ردیابی و مدیریت اشیاء، انسان و حیوانات را فراهم می‌نماید. عملکرد RFID وابسته به دو دستگاه تگ و کدخوان است که جهت برقراری ارتباط بین یکدیگر از امواج رادیویی استفاده می‌نمایند.
- به مجموعه‌ای از فناوری‌ها که در آنان برای شناسایی خودکار افراد و اشیاء از امواج رادیویی استفاده می‌گردد، RFID گفته می‌شود. از روش‌های مختلفی برای شناسایی افراد و اشیاء استفاده می‌شود. ذخیره شماره سریال منتسب به یک فرد و یا شی درون یک ریزتراشه که به آن یک آنتن متصل شده است، یکی از متداولترین روش‌های شناسایی خودکار است. به تلفیق تراشه و آنتن، تگ RFID و یا فرستنده خودکار RFID گفته می‌شود. تراشه به کمک آنتن تعبیه شده، اطلاعات لازم جهت شناسایی آیتم مورد نظر را برای یک کدخوان ارسال می‌نماید. کدخوان امواج رادیویی برگردانده شده از تگ RFID را به اطلاعات دیجیتال تبدیل می‌نماید تا در ادامه، امکان ارسال داده برای کامپیوتر و پردازش آن فراهم گردد.
- RFID یک پلت فرم مهم جهت شناسایی اشیاء، جمع‌آوری داده و مدیریت اشیاء را ارائه می‌نماید. پلت فرم فوق مشتمل بر مجموعه‌ای از فناوری‌های حامل داده و محصولاتی است که به مبادله داده بین حامل و یک سیستم مدیریت اطلاعات از طریق یک لینک فرکانس رادیویی کمک می‌نماید. تگ‌های RFID با استفاده از یک فرکانس و بر اساس نیاز سیستم (حدوده خواندن و محیط)، پیاده سازی می‌گردند. تگ‌ها به صورت فعال (به همراه یک باطری) و یا غیرفعال (بدون باطری) پیاده سازی می‌شوند. تگ‌های غیرفعال، توان لازم جهت انجام عملیات را از میدان تولید شده توسط کدخوان می‌گیرند. کدخوان RFID، معمولاً به یک کامپیوتر متصل می‌شود و دارای نقشی مشابه با یک اسکنر کد میله‌ای است. مسئولیت برقراری ارتباط لازم بین سیستم اطلاعاتی و تگ‌های RFID برعهده کدخوان RFID است.

شکل ۱۲-۱ دو نمونه تگ RFID را نشان می‌دهد.

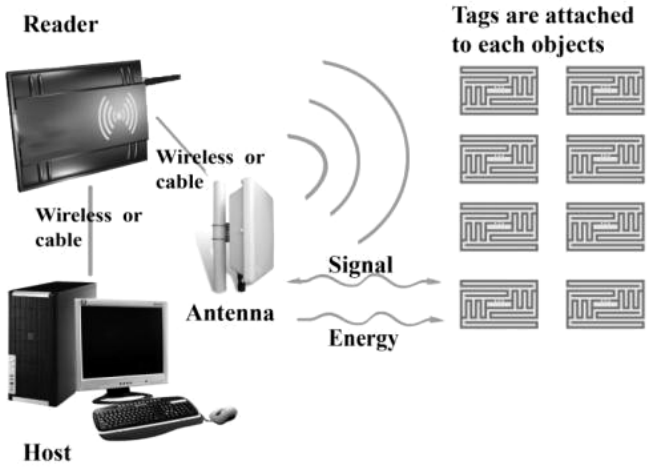
شکل ۱۲-۱ دو نمونه تگ RFID

و درشکل زیر، نمونه‌هایی از کدخوان RFID بی‌سیم را مشاهده می نمایید.

شکل ۱۲-۲ کدخوان RFID

RFID چگونه کار می کند ؟

تگ و یا دستگاه فرستنده خودکار، شامل یک مدار الکترونیکی است که که به شی مـورد نظـری که لازم است دارای یک کد شناسایی باشد، متصل می‌گردد. زمانی که تگ نزدیک و یـا در محـدوده کدخوان قرار می گیرد، میدان مغناطیسی تولید شده توسط کد خوان باعث فعال شدن تگ می‌گـردد. در ادامه، تگ بطور پیوسته اقدام به ارسال داده از طریق پالس‌های رادیویی می‌نماید. در نهایـت داده توسط کدخوان دریافت و توسط نـرم افزارهـای مربوطـه نظیـر برنامـه‌هـای ERP[1] و SCMS [2] پردازش می‌گردد. شکل زیر نحوه انجام فرآیند فوق را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۳ نحوه کار RFID

1- Enterprise Resource Planning
2- Supply Chain Management systems

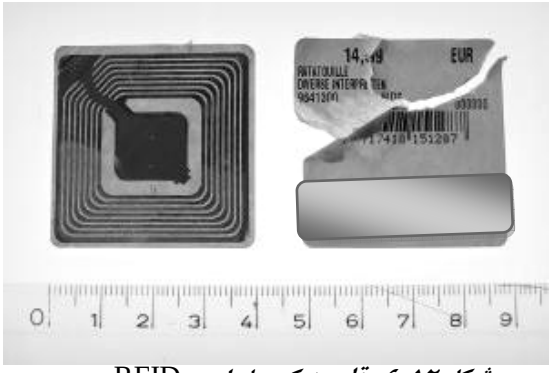
مقایسه RFID و کد میله‌ای

RFID یک فناوری تائید شده از سال ۱۹۷۰ تا کنون است و به دلیل قیمت بالای آن تاکنون در برنامه‌های تجاری اندکی مورد استفاده قرار گرفته شده است. در صورتی که بتوان تگ‌ها را با قیمت مناسب‌تری تولید کرد، استفاده از فناوری RFID می‌تواند بسیاری از مسائل مرتبط با کدهای میله‌ای را برطرف نماید. با توجه به این که امواج رادیویی قادر به حرکت در بین اکثر مواد غیرفلزی می‌باشند، امکان استفاده از فناوری RFID در حوزه‌های گسترده‌تری وجود دارد.

RFID و کد میله‌ای دو فناوری مختلف با کاربردهای متفاوت می‌باشند. علی رغم این که ممکن است وظایف این دو فناوری در برخی حوزه‌ها نقاط مشترکی داشته باشد، وجود برخی تفاوت‌ها نیز به اثبات رسیده است:

نوع فناوری استفاده شده جهت خواندن کدها: یکی از مهمترین تفاوت‌های کد میله‌ای و RFID، تبعیت کدهای میله‌ای از فناوری موسوم به " خط دید " است. این بدان معنی است که یک دستگاه اسکنر لازم است کد میله‌ای را ببیند تا بتواند آن را بخواند. بنابراین لازم است برای خواندن یک کد میله‌ای، کد مورد نظر در دید اسکنر قرار بگیرد. در مقابل، شناسایی مبتنی بر فرکانس رادیویی به "خط دید " نیاز ندارد. تا زمانی که تگ‌های RFID در محدوده قابل قبول کد خوان باشند، امکان خواندن آنان وجود خواهد داشت.

عدم امکان پویش کدشناسایی در صورت بروز مشکل برای برچسب حاوی کد میله‌ای: در صورتی که برچسب حاوی کد میله‌ای خراب، کثیف و یا پاره گردد، امکان پویش کد میله‌ای وجود نخواهد داشت. این وضعیت در رابطه با تگ‌های RFID صدق نخواهد کرد.



شکل ۱۲-٤ مقایسه کد میله ای و RFID

فقدان اطلاعات تکمیلی: کدهای میله‌ای استاندارد صرفا" قادر به شناسایی محصول و تولیدکننده آن می‌باشند و منحصربفرد بودن کالا را تضمین نمی‌نمایند. به عنوان نمونه کد میله‌ای که بر روی یک ظرف شیر وجود دارد همانند سایر کدهای موجود بر روی سایر محصولات مشابه همان تولیدکننده است. این کار، شناسایی محصولی را که تاریخ مصرف آن به اتمام رسیده است را غیرممکن می سازد.

ماهیت خواندن کدها: امکان خواندن تعداد بسیار زیادی از تگ‌های RFID در یک زمان و بطور اتوماتیک وجود دارد. این در حالی است که کدهای میله‌ای می بایست بطور دستی و یکی پس از دیگری پویش گردند.

استفاده آسان و قابلیت اعتماد: در سیستم‌های مبتنی بر فناوری RFID، امکان خواندن تگ‌ها از مسافت بیشتری وجود دارد. همچنین درصد بروز خطاء در زمان خواندن کد کمتر از کدهای میله‌ای است.

مزایای بکارگیری RFID

هم کدخوان‌ها و هم تگ‌ها می‌توانند دارای اندازه و شکل مختلفی باشند. با توجه به اندازه کوچک تگ‌ها و آزادی عمل جهت حرکت آنان، سازمان‌ها و مؤسساتی که علاقه مند به استفاده از این فناوری می‌باشند از انعطاف بالایی در این رابطه برخوردار خواهند بود. برخی از مزایای بکارگیری فناوری RFID عبارتند از:

- تگ‌ها می‌توانند مخفی باشند و یا در اکثر مواد جاسازی شوند.
- با توجه به این که تگ‌ها در ابعاد و اشکال مختلف ارائه می‌شوند، کاربران می‌توانند با توجه به نیاز خود یکی از آنان را انتخاب نمایند.
- جهت خواند کد لازم نیست که تگ در معرض دید مستقیم کدخوان قرار بگیرد.
- با توجه به ماهیت تگ‌ها (عدم نیاز به تماس مستقیم)، استهلاک و فرسودگی وجود نخواهد داشت.
- امکان دستکاری کدهای سریال ذخیره شده در تگ‌ها وجود نخواهد داشت.

برخی از کاربردهای RFID

از فناوری RFID در بسیاری از ساختمان‌های اداری و به منظور کنترل تردد کارکنان در بخش‌های مجاز و غیرمجاز استفاده می‌گردد. تعداد زیادی از فروشندگان کالا به منظور مراقبت الکترونیکی از محصولات خود در مقابل سرقت از این فناوری استفاده می‌نمایند. برخی نهادی دولتی

نیز برای نظارت و کنترل متخلفین از فناوری فوق استفاده مـی‌نماینـد. برخـی دیگـر از کاربردهـای فناوری RFID عبارتند از:

- کنترل موجودی
- کنترل دستیابی
- تحلیل آزمایشگاهی
- کنترل تعداد دور. برای مثال، ثبت اتوماتیک تعداد دفعاتی که یک دونـده مـی بایـست طی نماید
- ثبت زمان و مکان تردد. مثلاً ثبت اتوماتیک زمان و مکان گشتزنی برای برخی مشاغل خاص
- شناسایی خودرو
- امنیت ساختمان‌ها
- ردیابی دارایی‌ها
- کنترل ترافیک، ردیابی رانندگان متخلف و ثبت اتوماتیک نخلفات
- سیستم های حمل و نقل
- و موارد متعدد دیگر

شکل ۱۲-۵ ردیابی محصول با استفاده از RFID

مرحله اول: اعطاي دستبند يا كارت به بيمار

مرحله دوم: وارد نمودن اطلاعات بيمار در كامپيوتر

مرحله سوم: Write كردن اطلاعات برروي شناسه RFID

شکل ۱۲-۶ شناسایی بیمار

شکل ۱۲-۷ سیستم تشخیص هویت و حضور و غیاب

در راه‌آهن کشورمان نیز از این فناوری جهت شناسایی خودکار واگن‌ها و سایر آلات‌ناقله استفاده می‌شود.

به این نکته نیز باید اشاره نماییم که یکی از چالش‌های مهم تولید کنندگان RFID و کاربران، فقدان استانداردهای لازم در این صنعت است. به عنوان نمونه سیستم‌های RFID استفاده شده در صنایع خرده فروشی دارای تفاوت اساسی با سیستم‌هایی می‌باشند که از آنان به منظور کنترل دستیابی استفاده می‌گردد.

.

۱۲-۳- سیستم موقعیت یابی خودکار وسایل نقلیه (AVL)[1]

این سیستم با یاری گرفتن از فناوری GPS[2] قادر است که در صورت نصب بودن تجهیزات لازم در وسیله نقلیه مورد نظر آن را توسط ماهواره‌های مرتبط در هر نقطه از جهان مورد ردیابی و جستجو قرار دهد و محل دقیق آن را به صورت آنی از طریق یک سیستم مخابراتی به مرکز نظارت و کنترل ارسال نماید. بی‌سیم و پایانه داده سیار (MDT)[3] مرتبط با آن از دیگر تجهیزاتی است که در قطار نصب می‌گردد.

سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)

سیستم موقعیت یابی جهانی بک سیستم راهبری و مسیریابی ماهواره‌ای است که از شبکه ای با ۲۴ ماهواره تشکیل شده است. این ماهواره‌ها به سفارش وزارت دفاع ایالات متحده ساخته و در مدار قرار داده شده‌اند. این سیستم در ابتدا برای مصارف نظامی تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی آن آزاد و آغاز شد. خدمات این مجموعه در هر شرایط آب و هوایی و در هر نقطه از کره زمین در تمام ساعت شبانه روز در دسترس است. پدید آورندگان این سیستم، هیچ حق اشتراکی برای کاربران در نظر نگرفته اند و استفاده از آن رایگان است.

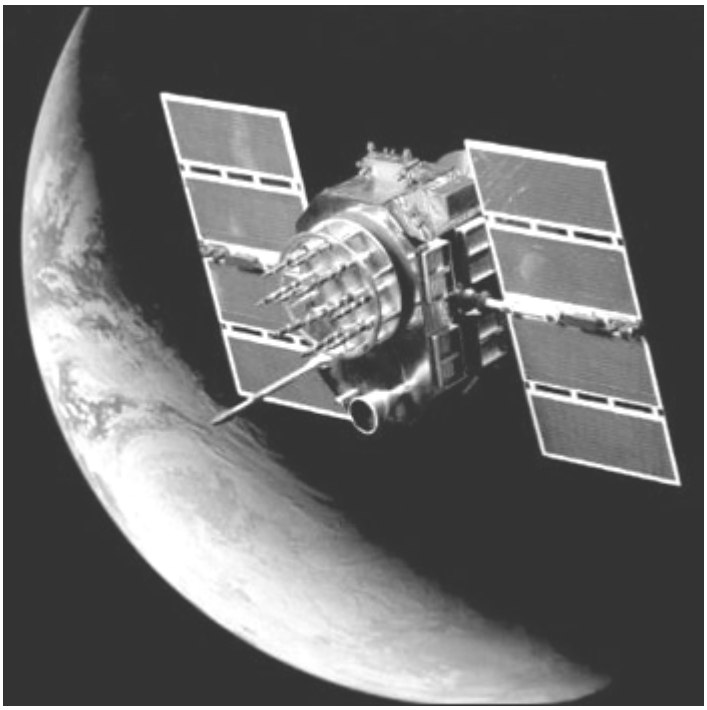
نحوه عملکرد GPS

ماهواره‌های این سیستم، در مداراتی دقیق هر روز ۲ بار به دور زمین می گردند و اطلاعاتی را به زمین مخابره می‌کنند. گیرنده‌های GPS این اطلاعات را دریافت کرده و با انجام محاسبات هندسی، محل دقیق گیرنده را نسبت به زمین محاسبه می‌کنند. در واقع گیرنده زمان ارسال سیگنال توسط ماهواره را با زمان دریافت آن مقایسه می‌کند. از اختلاف این دو زمان فاصله گیرنده از ماهواره تعیین می‌گردد. حال این عمل را با داده‌های دریافتی از چند ماهواره دیگر تکرار می‌کند و بدین ترتیب محل دقیق گیرنده را با اختلافی ناچیز، معین می‌کند. گیرنده به دریافت اطلاعات همزمان از حداقل ۳ ماهواره برای محاسبه ۲ بعدی و یافتن طول و عرض جغرافیایی، و همچنین دریافت اطلاعات حداقل ۴ ماهواره برای یافتن مختصات سه بعدی نیازمند است. با ادامه دریافت اطلاعات از ماهواره‌ها گیرنده اقدام به محاسبه سرعت، جهت، مسیرپیموده شده، فواصل طی شده، فاصله باقی مانده تا مقصد، زمان طلوع و غروب خورشید و بسیاری اطلاعات مفید دیگر، می‌نماید.

1- Automatic Vehicle Location
2- Global Positioning System
3- Mobile Data Terminal

ماهواره‌های GPS

۲۴ عدد ماهواره GPS در مدارهایی به فاصله حدوداً ۱۲۰۰۰ مایل از سطح دریا گردش می‌کنند. هر ماهواره دقیقاً طی ۱۲ ساعت یک دور کامل به دور زمین می‌گردد. سرعت هریک ۷۰۰۰ مایل بر ساعت است. این ماهواره‌ها نیروی خود را از خورشید تامین می‌کنند. همچنین باتری‌هایی نیز برای زمانهای خورشید گرفتگی و یا مواقعی که در سایه زمین حرکت می‌کنند به همراه دارند. راکتهای کوچکی نیز ماهواره‌ها را در مسیر صحیح نگاه می‌دارد. به این ماهواره‌ها NAVSTAR نیز گفته می‌شود.

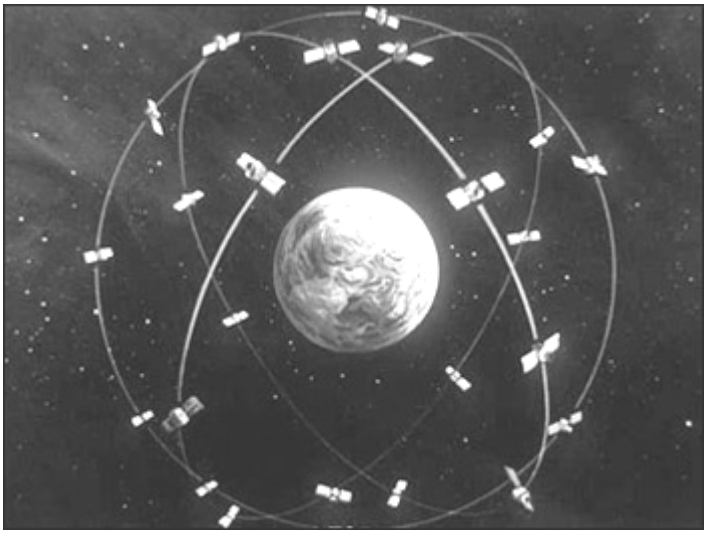


شکل ۱۲-۸ ماهواره GPS

در اینجا به برخی مشخصه‌های این سیستم اشاره می‌کنیم:

- اولین ماهواره GPS در سال ۱۹۷۸ در مدار زمین قرار گرفت.
- در سال ۱۹۹۴ شبکه ۲۴ عددی NAVSTAR تکمیل گردید.
- عمر هر ماهواره حدود ۱۰ سال است که پس از آن جایگزین می‌گردد.

- هر ماهواره حدود ۲۰۰۰ پاوند وزن دارد و طـول بـاتری‌هـای خورشـیدی آن ۵/۵ متـر است.
- انرژی مصرفی هر ماهواره، کمتر از ۵۰ وات است.



شکل ۱۲-۹ مدارات و ماهواره های GPS

گیرنده GPS

بسته به نوع مصرف و بودجه می‌توانید از طیف وسیع گیرنده‌های GPS بهـره ببریـد. همچنـین، باید از در دسترس بودن نقشه مناسب و بروزجهت ناحیه مورد استفاده تـان، اطمینـان حاصـل کنیـد. امروزه بهای گیرنده‌های GPS بطور چشمگیری کاهش پیدا کرده است و هم اکنون در کشور مـا بـا بهایی معادل یک عدد گوشی متوسط موبایل نیز می‌تـوان گیرنـده GPS تهیـه کـرد. در کـشورهای توسعه‌یافته از این سیستم جهت کمک به راهبری انواع وسایل نقلیـه از جملـه قطارهـا بهـره گیـری می‌شود.

هر چه نقشه‌های منطقه ای که در حافظه گیرنده بارگذاری می‌شود دقیق تر باشـد، سرویـسهایی که از GPS می‌توان دریافت داشت نیز ارتقا می یابد. برای مثال، می‌توان از GPS مسیر نزدیکنـرین پمپ بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را سوال نمود و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکانیابی این سیستم در حد چند متر می‌باشد، که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می‌کند. از سیستم موقعیت یابی جهانی می‌توان در کارهایی چون نقشه برداری و مساحی، پروژه‌هـای عمرانـی، کوهنـوردی، کایـت

سواری، سفر در مناطق ناشناخته، کشتی رانی و قایقرانی، عملیات نجات هنگام وقوع سیل و زمین لرزه و هر فعالیت دیگر که نیازمند محلیابی باشد، بهره برد. هر کس که بخواهد بداند کجاست و به کجا می‌رود به این سیستم نیازمند است، با توجه به نزول شدید بهای گیرنده‌های این سیستم، و افزایش امکانات آنها، این تکنولوژی در آینده نزدیک بیش از پیش در اختیار همگان قرار خواهد گرفت.

شکل ۱۲-۱۰ گیرنده GPS نمونه

نقشه بیضوی

یک نقشه بیضوی در اصل مدل محاسباتی از زمین می‌باشد که شکل تقریبی از زمین را که می‌توان محاسبات را بر روی آن انجام داد نشان می‌دهد. این نقشه بطور فیزیکی ارائه دهنده یک ماکت از زمین می‌باشد که موقعیتهای آن بطور دقیق محاسبه شده تا موقعیت‌ها بر روی آن بر اساس منابع مرجع اندازه‌گیری و محاسبه شود. خطوط عرضی و طولی بر روی نقشه و یا نمودار، دقیقاً منبعی مثل یک نقشه بیضوی دارند. هر نموداری یک نقشه بیضوی خاص خود دارد و دستگاه GPS می‌تواند خودش را با آن تنظیم کند و مورد استفاده قرار بگیرد.

فرمت موقعیت

موقعیت فعلی شما می‌تواند در دستگاه GPS بر اساس هماهنگی‌های لازم مشاهده شود. به دلیل اینکه نقشه‌های مختلف از فرمتهای موقعیتی مختلف استفاده می‌کنند دستگاههای GPS این امکان را به شما می‌دهد که یک سیستم هماهنگی صحیح را برای نقشه‌ای که استفاده می‌کنید، انتخاب کنید. معمولترین فرمت، فرمت عرضی و طولی است که توسط این دستگاهها مورد استفاده قرار می گیرند. شما می‌توانید فرمت موقعیت را با استفاده از دیگر سیستمهای هماهنگ شده تغییر دهید. UTM/UPS شبکه‌های متریک و ساده ای هستند که می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند و در بیشتر نقشه‌های توپوگرافیک USGS پیدا می‌شوند، همچنین می‌توانید یکی از چندین نوع شبکه‌های دیگر را که شامل شبکه قابل تغییر توسط کاربر می‌باشد، را انتخاب کنید.

دستگاه MDT[1]

این دستگاه پایانه‌ای است که جهت ارتباط کاربر با سیستم مکانیابی خودکار وسیله نقلیه در لکوموتیوها نصب شده و امکانات زیر را در اختیار لکوموتیوران و ناظر شبکه قرار می‌دهد.

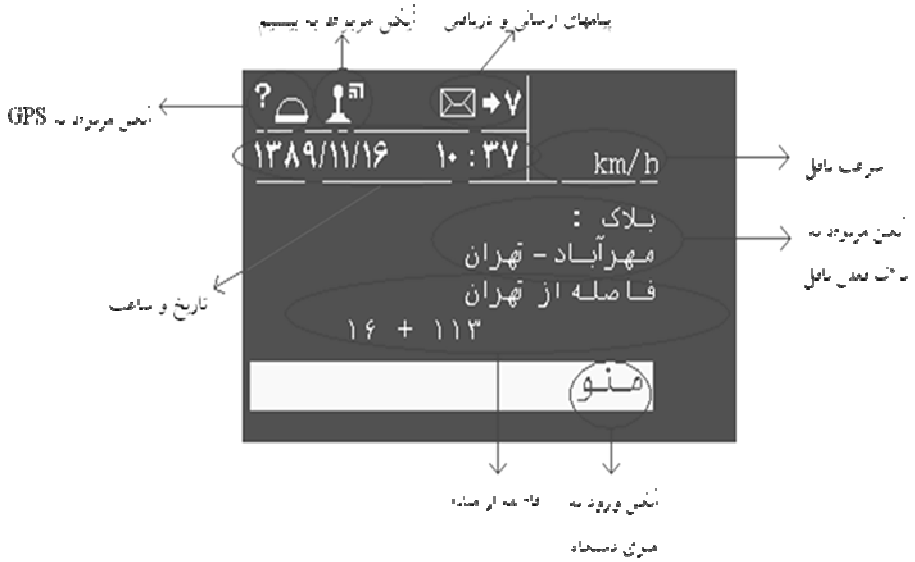
- نمایش سرعت، زمان، فاصله از مبدا و موقعیت قطار در بلاک
- امکان ارسال و دریافت پیام‌های تعریف شده با مرکز
- امکان برقراری تماس با ایستگاه قبل و بعد و با دیسپچر ناحیه
- ارسال موقعیت مکانی شامل موقعیت(ID چک پوینت‌های تعریف شده)، فاصله از مبداء و سرعت به مرکز

شکل ۱۲-۱۱ یک MDT *نمونه*

- **صفحه اصلی دستگاه**

در صفحه اصلی دستگاه اطلاعات مورد نیاز کاربر شامل وضعیت GPS، وضعیت بی‌سیم، پیامهای دریافتی و ارسالی، تاریخ و زمان، سرعت، بلاک و فاصله از مبدا قابل مشاهده است. از قسمت منو برای برقراری تماس صوتی، ارسال پیام اضطراری و معمولی استفاده می‌شود.

1- Mobile Data Terminal



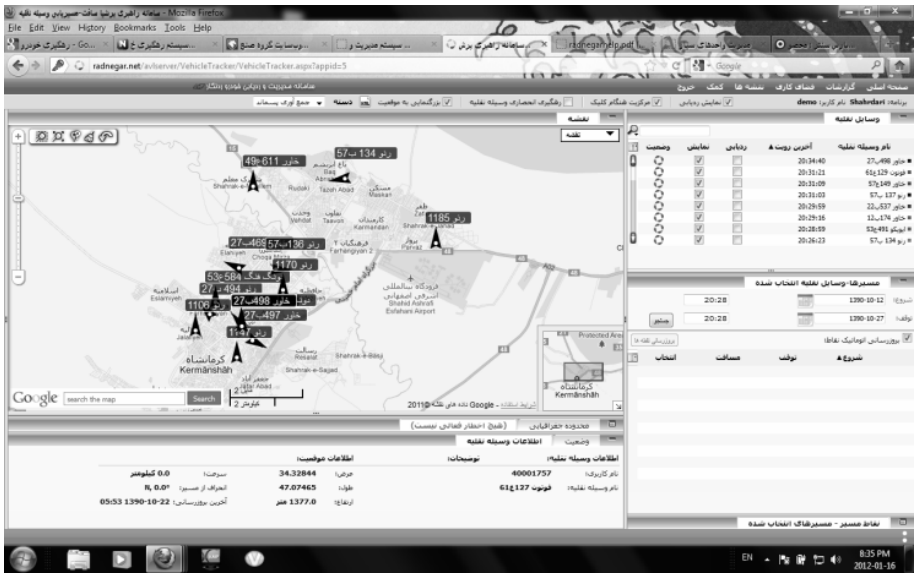
شکل ۱۲-۱۲ صفحه نمایش MDT

مرکز نظارت و کنترل

اطلاعات مربوط به موقعیت قطارها و همچنین سایر اطلاعات مورد نیاز از طریق شبکه رادیـویی به مرکز نظارت و کنترل ارسال می‌گردد.

شکل ۱۲-۱۳ مرکز نظارت AVL

در تصویر زیر نمونه ای از یک نرم افزار سیستم AVL را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۲-۱٤نرم افزار مکان‌یابی وسیله نقلیه

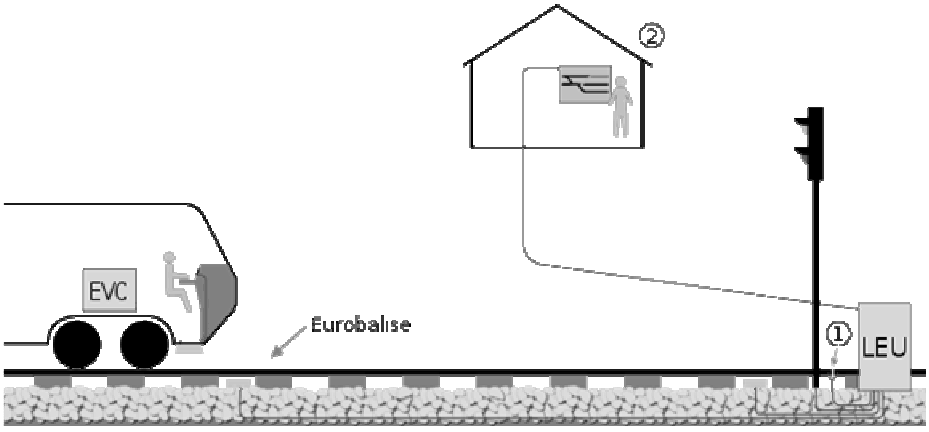
۱۲-٤- معرفی سیستمهای نوین علائم مبتنی بر ارتباطات

در انتهای این فصل با توجه به اینکه شناسایی قطار و تعیین موقعیت در سیستمهای علائم نیز وجود دارد، به معرفی سیستمهای کنترل قطار مبتنی بر ارتباطات می پردازیم.

ETCS سطح ۱

ETSC سطح ۱ یک سیستم سیگنالینگ داخل کابین است که می‌تواند به سیستم سیگنالینگ موجود افزوده شود و بطور مثال از سیستم سیگنال ثابت (علائم سنتی و سیستم راه آزاد) در محل صرف نظر کند. یوروبالیز مولدی رادیویی است که نمای سیگنالهای کنار خط را از طریق مبدل سیگنال، رمز کننده تلگرام (واحدهای الکترونیکی کنار خط) تغییر می‌دهد و آنها را به عنوان جواز حرکت همراه با داده‌های مسیر در نقاط ثابت به وسیله نقلیه ریلی منتقل می‌کند. کامپیوتر داخلی کابین بطور پیوسته ماکزیمم سرعت و منحنی ترمز را بر اساس این داده‌ها محاسبه و نظارت می‌کند.

قطار برای دریافت جواز حرکت بعدی باید از روی یوروبالیز عبور کند. با نصب یوروبالیز ترکیبی یا حلقه رادیویی بین سیگنال دیستنت (فاصله دور) و سیگنال اصلی، نمای ادامه حرکت جدید به صورت مستمر منتقل می‌شود. یورولوپ (حلقه اروپایی) در واقع ارتقاء یافته یوروبالیز با یک فاصله خاص است که بطور پایداری اجازه می‌دهد داده‌ها بطور پیوسته با توجه به انتشار تشعشع الکتریکی کابلها (کابلهای نشتی) به وسیله نقلیه ریلی منتقل شود. که با یک نسخه رادیویی از یورولوپ امکانپذیر است. برای مثال در دانمارک و سوئد معنی و مفهوم سبز تک و دو سر سبز با هم متفاوت است. از زمانی که ETCS سطح ۱ این اختلاف را شناخت، راننده‌ها فراتر از مرزهای ملی خود بطور ایمن امکان حرکت دارند. در اروپا ETCS سطح ۱ نصب شده و در حال بهره‌برداری است. همچنین این امکان تا راه‌آهن پکن- بیتانجین در شمال شرقی چین گسترش پیدا کرده است. در مجارستان هم دو خط بوداپست– هجیشالوم و زالامب– هودوس به این سیستم تجهیز شده‌اند. راه‌آهن کرواسی نیز در حال نصب ETCS سطح۱ بر روی خط وینکووسی - تووارنیک می‌باشد. اسلواکی در خط اصلی کوزیکسه - براتسیلاوا در حال بهسازی با این سیستم است. ایرادی که این سیستم (ETCS سطح ۱) دارد این است که سرعت قطارها به ۱۶۰ کیلومتر محدود می‌شود و فاصله بین سیگنالها اجازه سرعت بیشتر از آن را نمی‌دهد.



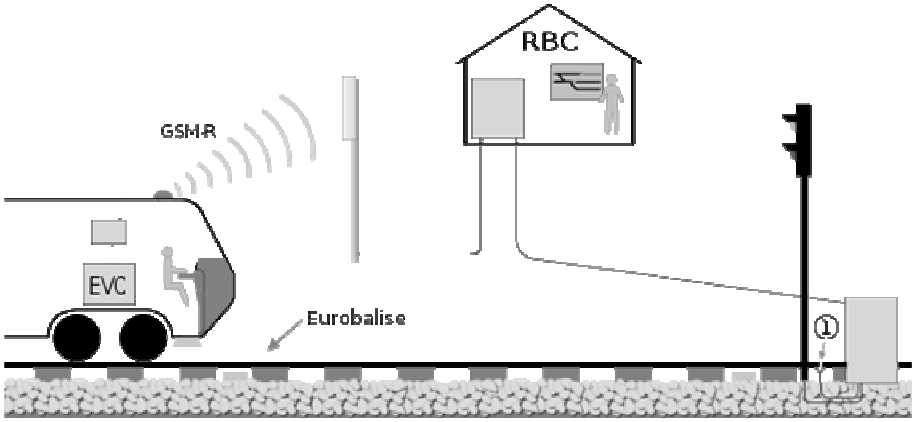
شکل ۱۲-۱۵ سیستم سیگنالینگ ETCS *سطح۱*

ETCS سطح ۲

یک سیستم سیگنال دیجیتالی بر پایه امواج رادیویی و سیستمی جهت حفاظت قطار است. جواز حرکت و سایر نماهای سیگنال در داخل کابین برای راننده نمایش داده می‌شود. با کمک این شاخص‌ها دیگر نیاز به علائم کنار خط از بین می‌رود ولی از این رو نظارت یکپارچه بر قطار هنوز در

کنار خط باقی خواهد ماند. همه قطارها به طور اتوماتیک موقعیت دقیق و مسیر خود را در فواصل زمانی منظم به مرکز بلاک رادیویی(RBC)[1] گزارش می‌کنند. حرکتهای قطار پیوسته توسط مرکز بلاک رادیویی نظارت و کنترل می‌شود. جواز حرکت با اطلاعات سرعت و داده‌های مسیر بطور پیوسته و از طریق GSM-R به وسیله نقلیه ریلی منتقل می‌شود. یورو بالیزها در این سطح به عنوان موقعیت یابی غیر فعال یا (مایل استون الکترونیکی) استفاده می‌شوند. بین دو نشانه موقعیت‌یابی، قطار موقعیت خود را از طریق حس گرها (رادارها و...)تعیین می‌کند. نشانه‌های (علائم) موقعیت یابی در این حالت به عنوان نقاط مرجع برای اصلاح خطاهای اندازه‌گیری فاصله مورد استفاده قرار می‌گیرند. کامپیوتر داخلی بطور پیوسته داده‌ها و حداکثر سرعت مجاز ارسال شده را نظارت و کنترل می‌کند. چندین سیستم ETCS سطح ۲ در کشورهایی همچون سوئیس، ایتالیا، هلند، آلمان، فرانسه و بلژیک در حال بهره‌برداری می‌باشد. برای مثال این سیستم در خط ریلی سریع السیر ناپل - رم از تاریخ دسامبر۲۰۰۵ مورد استفاده قرار گرفت. در دسامبر ۲۰۰۸ کشور دانمارک تغییرکل شبکه ریلی کشورش را به سیستم ETCS سطح ۲ اعلام کرد. که البته انجام این عملیات مستلزم منسوخ شدن و یا مستهلک شدن بخشهایی از آن شبکه ریلی می‌باشد. هزینه کل پروژه در حدود۳/۳ میلیارد یورو برآورد شد. شروع پروژه ۲۰۰۹ میلادی و پایان آن را تا سال ۲۰۲۱ تخمین زده اند. در جولای ۲۰۰۹ شرکتی قرارداد نسب ETCS سطح ۲ را در لیبی برنده شد. سیستم ETCS سطح ۲ برای ۱۰۰۰ کیلومتر از راه‌آهن سریع السیر گوانگژو - ووهان توسعه پیدا کرد. در جولای ۲۰۰۹ کمسیون اروپا اعلام کرد که من بعد ETCS برای کلیه اعضای اتحادیه اروپا اجباری است این الزام کلیه پروژه‌های جدید، ارتقاء سیستم سیگنالینگ و توسعه ارتباطات رادیویی را شامل می‌شود. این سیستم در اکتبر ۲۰۱۰ برای خط کمبرین در ولز آغاز و همچنین در خط سریع السیر کونیا - آنکارا نصب خواهد شد.

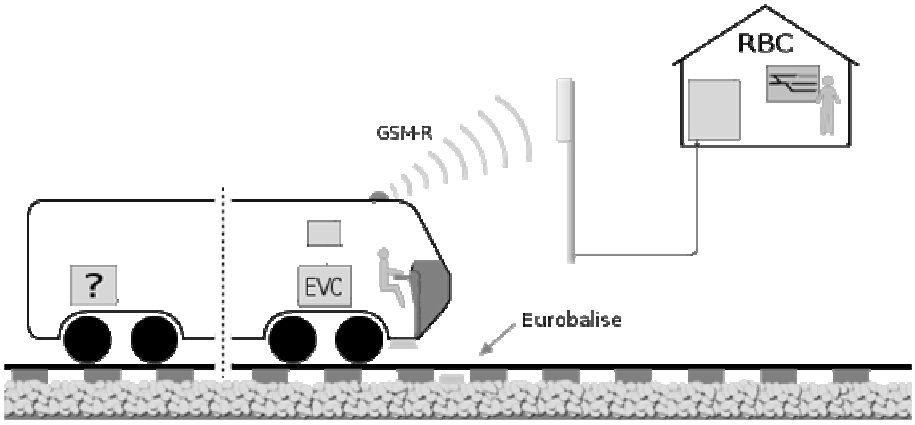
در شکل زیر ساختار این سطح از کنترل قطار اروپایی قابل مشاهده است.



شکل ۱۲-۱۶ سیستم سیگنالینگ ETCS سطح۲

ETCS سطح ۳

در سطح ۳ ، ETCS با پیاده سازی سیستمی مبتنی بر ارتباطات رادیویی بین قطارها از بحث محض در مورد حفاظت قطارها فراتر می‌رود. دیگر تجهیزات ثابت مربوط به علائم مبتنی بر مدار خط مورد نیاز نیست. مشابه سطح ۲ قطارها موقعیت خودشان را با توجه به مفهوم نشانگرهای موقعیت‌یابی و از طریق سنسورها (مبدل محور، شتاب سنج و رادار) پیدا می‌کنند که باید کامل بودن و بی‌عیبی قطار را با درجه بالایی از قابلیت اطمینان تعیین کنند. با توجه به انتقال سیگنال موقعیت یابی به مرکز بلاک رادیویی تعیین نقاطی که در مسیر قطار به طور ایمن آزاد شده است ممکن می‌شود. قطار بعدی می‌تواند جواز حرکت تا این نقطه آزاد شده را دریافت کند. بنابراین مسیر با بخشهای ثابتی از خط آزاد نخواهد بود. دراین رابطه سطح ۳ از سیستم بلاک ثابت گذر کرده و به سمت بلاک متحرک حرکت می‌کند. این سطح راهکارهایی برای قابل اطمینان کردن حمل و نقل ریلی دارد اما در حال حاضر در حال توسعه است و به بهره‌برداری عمومی نرسیده و مراحل آزمایشی را طی می‌کند.



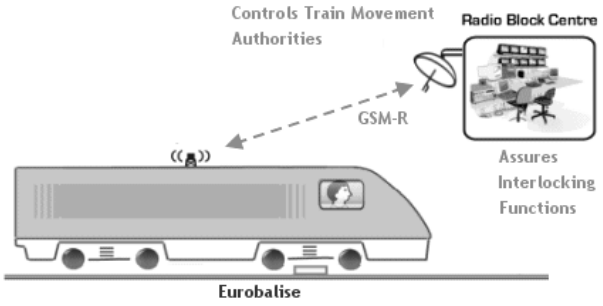
شکل ۱۲-۱۷سیستم سیگنالینگ ETCS سطح۳

ETCS کم هزینه (ERTMS منطقه‌ای)

نوع دیگری از ETCS سطح ۳، ERTMS منطقه‌ای است که البته بلاک متحرک ندارد. هزینه کمی دارد(تجهیزات علائمی کنار خط نیاز ندارد) و برای خطوط با حجم ترافیک کم مناسب

1- Low Cost
2- Regional

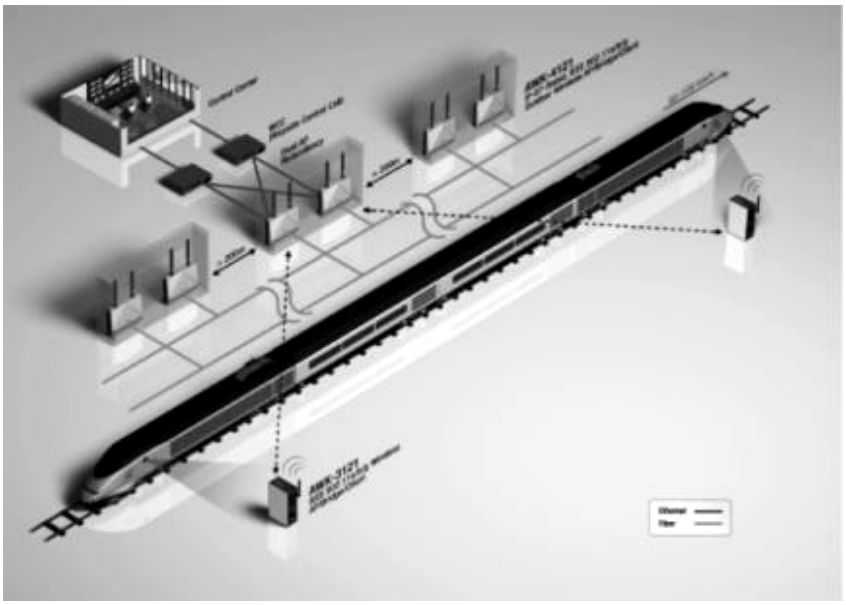
است. این سیستمها بطور معمول ATP ندارند. به عنوان پایلوت راه‌آهن بین مالونگ و بورلانگ در سوئد از سال ۲۰۱۰ با ERTMS منطقه‌ای در حال بهره‌برداری است. این نمایش در نوامبر ۲۰۱۰ شروع شد که مورد توجه بینندگان خارجی از شبکه‌های ریلی مختلف قرار گرفت.



شکل ۱۲-۱۸ ETCS کم هزینه

آخرین سیستمی که مورد مطالعه قرار می‌دهیم، سیستم کنترل قطار بر پایه ارتباطات (CBTC)[1] است که به عنوان سیستمهای کنترل هوشمند و یکپارچه برای سیستمهای ریلی شامل خطوط اصلی راه‌آهنها، خطوط سبک و متروها شناخته می‌شود. با پیشرفت تکنیکهای کنترل، کامپیوترو ارتباطات دیتا، CBTC مسیر آینده سیستمهای کنترل را ارائه می‌دهد. در حال حاضر این سیستم در مسیرهای سبک ریلی و خطوط زیرزمینی شهری مورد استفاده قرار گرفته است و به دلایل مختلف هنوز در خطوط اصلی راه‌آهن پیاده سازی نشده است. در دهه‌های آینده سیستمهای ریلی با رشد سریع در جهان روبرو خواهند شد و CBTC به عنوان مغز و مرکز کنترل سیستمهای ریلی و البته تأمین کننده ایمنی و اثربخشی آنها شناخته می‌شود. تحقیق بیشتر در مورد این سیستم و نیاز به توسعه بیشتر آن امری ضروری به نظر می‌رسد. بنا به تعریف IEEE یک سیستم پیوسته کنترل اتوماتیک قطار است که از سیستم تعیین موقعیت دقیق قطار بهره می برد و سایر ویژگیهای آن می‌توان به مستقل بودن از مدار خط، پیوستگی، ظرفیت بالا، انتقال اطلاعات از قطار به کنار خط و برعکس، توانایی اجرای عملکردهای حیاتی توسط واحد کنار خط و داخل قطار، اشاره کرد.

1- Communication Based Train Control

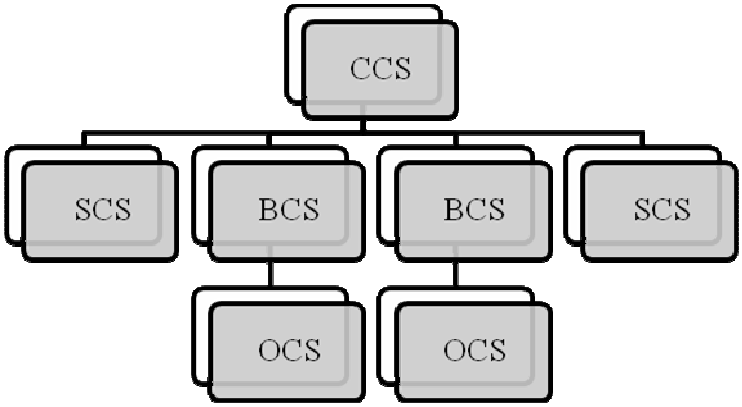


شکل ۱۲-۱۹ CBTC

پیکربندی سیستم CBTC

یک سیستم CBTC را می‌توان به پنج بخش تقسیم کرد. بخش اول سیستم کنترل مرکزی (CCS)[۱] بخش دوم سیستم کنترل ایستگاه (SCS)[۲] و سیستم کنترل واحد متحرک (OCS)[۳] سومین بخش است. سیستم کنترل بلاک (BCS)[۴] چهارمین بخش است که شامل سیستم کنترل بلاک رادیویی (RBCS)[۵] ، حسگرهای بلاک و... می‌شود. در نهایت پنجمین بخش سیستم شبکه ارتباطی (CNS)[۶] است که سیستم ارتباطات سیار را نیز شامل می‌شود. شکل زیر پیکربندی یک سیستم CBTC را نمایش می‌دهد.

1- Central Control System
2- Station Control System
3- Onboard Contrl System
4- Block Control System
5- Radio Block Control System
6- Communication Network System



شکل ۱۲-۲۰ پیکربندی CBTC

برنامه و گراف قطارها در CCS تولید و عملیات کلیه قطارها از این محل مطابق گراف کنترل می‌گردد.

نکته دیگری که باید به آن اشاره کنیم این است که CBTC سطوح مختلف اتوماسیون راه‌آهن را در گروه‌های عملیاتی ATP، ATO و ATS تأمین می‌کند.

از نقاط قوت آن می‌توان به افزایش ظرفیت خط، قابلیت اتصال به سیستمهای موجود و قابلیت توسعه پذیری و..... اشاره کرد. نقطه ضعف عمده این سیستم عدم بکار گیری آن در خطوط اصلی راه‌آهن است که در نتیجه قابلیت خود را در این بخش به نمایش نگذاشته است اما در خطوط مترو مورد استفاده قرار گرفته است.

پیوست

پیوست ۱

مقررات عمومی استفاده از بی‌سیم

ماده ۱ : بی‌سیم یکی از وسایل ارتباطی و رسمی راه‌آهن است و از طریق آن اطلاعات ضروری و لازم مخابره می‌گردد.

ماده ۲ : اداره کل ارتباطات و علائم‌الکتریکی موظف است نسبت به تأمین بی‌سیم مورد نیاز راه‌آهن اقدام نموده و در پایان هر سال باید برآورد نیازهای جدید سیر وحرکتی را از اداره کل سیر و حرکت اخذ نماید.

ماده ۳ : بی‌سیم صرفاً جهت ضرورت در عملیات، بالا بردن ضرایب ایمنی، تسهیل در امور سیر و حرکت و سرعت بخشیدن به امور جاری واگذار می‌گردد، لذا هرگونه تماس خارج از حیطه‌ای که طبق این مقررات وضع شده است ممنوع می‌باشد.

ماده ۴ : افرادی که مجاز به استفاده از بی‌سیم می‌باشند موظفند دستورالعمل فنی و نحوه استفاده صحیح از بی‌سیم را از کلیه جهات فرا گیرند، عدم اطلاع از نحوه کار بی‌سیم رافع مسئولیت استفاده کننده نمی‌گردد.

ماده ۵ : کاربران بی‌سیم باید دارای مدرک آموزش استفاده از بی‌سیم باشند.

ماده ۶ : تحویل گیرندگان بی‌سیم مجاز به واگذاری آن به افراد غیر نمی‌باشند.

ماده ۷ : واگذاری بی‌سیم به غیر کاربران آن طبق این دستورالعمل ممنوع است در غیر اینصورت از طرف دفتر مرکزی حراست تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

ماده ۸ : مجوز حمل موقت یا دائم بی‌سیم دستی توسط دفتر مرکزی حراست صادر می‌گردد و کلیه کاربران بی‌سیم‌های دستی موظفند آنرا همراه داشته باشند.

ماده ۹ : کاربران بی‌سیم موظفند از بی‌سیم در محدوده مشخص شده در مجوز حمل بی‌سیم استفاده کنند، در غیر اینصورت از طریق دفتر مرکزی حراست تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

ماده ۱۰ : دفتر مرکزی حراست افرادی را به عنوان بازرس ویژه تعیین می‌نماید و کلیه کاربران بی‌سیم موظفند همکاری لازم را با این افراد داشته باشند.

ماده ۱۱ : بازرس ویژه بی‌سیم موظف است در زمان بازرسی کارت شناسایی خود را به رویت اشخاص برساند.

ماده ۱۲ : بازرس ویژه موظف است هرگونه موارد خارج از مقررات استفاده از بی‌سیم را به دفتر مرکزی حراست جهت پیگیری گزارش نماید.

ماده ۱۳: حفظ سلامت تجهیزات بی‌سیم‌های دستی و منصوبه در ایستگاهها، وسایط نقلیه

جاده‌ای و ریلی به عهده تحویل گیرنده می‌باشد و در زمان تحویل و تحول باید به سالم بودن آنها دقت شود.

ماده ۱۴ : تحویل و تحول بی‌سیم دستی باید طبق فرم تحویل و تحول از طریق یکی از دپوهای بی‌سیم مستقر در ناحیه انجام گیرد.

ماده ۱۵ : کاربران در زمان تحویل و تحول یا استفاده از بی‌سیم دستی باید از سلامت آنتن، باطری و دستگاه بی‌سیم اطمینان حاصل کنند، در غیر اینصورت استفاده از آن ممنوع می‌باشد.

ماده ۱۶ : کلیه شرکت‌های اقماری و خصوصی که جهت انجام امور محوله مربوط به راه‌آهن نیاز به بی‌سیم دارند باید از طریق اجاره بی‌سیم مطابق با دستورالعمل واگذاری سرویس سالیانه اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی اقدام نمایند.

ماده ۱۷ : در صورت وارد شدن خسارت به بی‌سیم بایستی طبق دستورالعمل تعیین خسارت که بطور سالیانه از سوی اداره کل ارتباطات و علائم‌الکتریکی اعلام می‌گردد، اقدام و پیگیری شود.

ماده ۱۸ : بازکردن و تعمیر بی‌سیم برای کلیه افراد ممنوع است و متخلفین از طریق دفتر حراست مرکزی تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

ماده ۱۹ : استفاده از میکروفون، بلندگوی رولباسی، جلد بی‌سیم دستی متصل به کمربند، به منظور کاربری آسانتر و کاهش خستگی ناشی از حمل بی سیم برای گروههای مانوری و مشاغل مشابه اجباری است.

ماده ۲۰ : در صورت مفقود شدن یا بروز هرگونه رخدادی برای بی‌سیم که موجب صدمه به آن گردد کاربر باید بلافاصله طی تنظیم صورت مجلس مراتب را به مسئولین ذیربط اطلاع دهد.

ماده ۲۱ : در صورت مفقود شدن دستگاه بی‌سیم علاوه بر اخذ خسارت طبق دستورالعمل تعیین خسارت، فرد خاطی جهت پیگیری قانونی به دفتر حراست مرکزی و دفتر حقوقی معرفی می‌گردد.

ماده ۲۲ : استفاده از بی‌سیم در مجاورت مواد قابل انفجار و اشتعال، همچنین تاسیسات نفت و مخازن قابل انفجار ممنوع است، در صورت ضرورت باید از بی‌سیم‌هایی که قابلیت کاربری در آن محیط را دارند استفاده گردد.

ماده۲۳ : هنگام استفاده از بی‌سیم در محیط برفی یا بارانی و مرطوب، کاربران موظفند از تماس مستقیم رطوبت با دستگاه بی‌سیم جلوگیری نمایند.

ماده ۲۴ : کاربران موظفند بی‌سیم‌های تحویلی را در معرض سرما یا حرارت شدید قرار ندهند.

ماده ۲۵ : کاربران بی‌سیم‌های دستی موظفند قبل از اولین استفاده نسبت به شارژ اولیه طبق دستور العمل شارژ باطری و همچنین استفاده مداوم طبق دستورالعمل شارژ باطری اقدام نمایند.

ماده ۲۶ : کاربران موظفند هنگام هشدار خالی شدن باطری استفاده از بی‌سیم را متوقف و نسبت

به شارژ باطری و یا تعویض آن اقدام نمایند.

ماده۲۷ : جدا نمودن باطری بی‌سیم دستی به جز در مواقع تعویض و ضروری از دستگاه ممنوع است.

ماده۲۸ : به منظور طولانی‌تر شدن عمر باطری کاربران موظفند تا حد ممکن زمان برقراری تماسها را کوتاه نمایند.

ماده ۲۹ : کاربران موظفند در زمان تحویل گیری بی‌سیم دستی از دپو، از شارژ کامل باطری آن اطمینان حاصل کنند.

ماده ۳۰ : کاربران بی‌سیم موظف به پاسخگوئی بی‌سیم در ساعات کار می‌باشند.

ماده ۳۱ : کاربر مورد خطاب پس از اعلام کلمه "تمام" از طرف مقابل مجاز به پاسخگوئی می‌باشد، لذا گفتن کلمه "تمام" پس از پایان هر قسمت از مکالمه اجباری می‌باشد.

ماده۳۲: واگذاری بی‌سیم به شرکتهای اقماری (شرکت تهیه و تولید بالاست و شرکت خدمات خط و ابنیه فنی) و شرکت قطارهای مسافری رجاء باید مطابق مقررات و تحت نظارت معاونت فنی و زیربنایی صورت گیرد.

وظایف مأمورین قطار و سایر وسایط نقلیه ریلی

ماده ۳۳ : رؤسای قطارهای باری و مسافری، لکوموتیورانان، مأمورین فنی و رانندگان وسایط نقلیه ریلی هنگام سیر در بلاک موظفند پیامهایی را که از طریق بی‌سیم به آنان ابلاغ می‌شود دریافت و مواردی را که مغایر با مقررات عمومی سیر و حرکت و دستورالعملهای فنی صادره نباشد، اجرا نمایند.

ماده۳۴: هرگونه تبادل اطلاعات بین لکوموتیوران، رئیس قطار و یا دیگر مأمورین موظف در قطار به وسیله بی‌سیم انجام می‌گردد.

ماده ۳۵ : ارتباط بین مأمورین موظف قطار که مجاز به استفاده از بی‌سیم می‌باشند از طریق کانال متداول یا سایر سیستم‌های مشابه انجام می‌پذیرد.

ماده ۳۶ : انتقال پیامها بین رییس قطار با متصدیان ترافیک یا مرکز فرماندهی در بستر شبکه رادیویی ترانک از طریق لکوموتیوران انجام می‌پذیرد.

ماده ۳۷ : در صورت اختلال در شبکه ترانک کلیه لکوموتیوها و وسایل نقلیه ریلی باید بی‌سیم را از شبکه ترانک خارج و از کانال متداول مربوطه مطابق مواد تقسیم کانال استفاده کنند.

وظایف مأمورین ایستگاه

ماده ۳۸ : هرگونه تبادل اطلاعات بین وسایط نقلیه ریلی در حال سیر در بلاک و ایستگاه‌ها و همچنین بین مأمورین مانور با یکدیگر و مأمورین ایستگاه و گروه‌های کاری بوسیله بی‌سیم انجام می‌گیرد.

ماده ۳۹ : مکالمات طولانی و مخابره مشخصات قطار و موارد مشابه بین دو ایستگاه یا ایستگاهها و مراکز کنترل باید بوسیله تلفن انجام شود و در چنین مواقعی مأمورین مجاز به استفاده از بی‌سیم نمی‌باشند.

تبصره ۱-۳۹- درصورت خرابی تجهیزات ارتباطی دیگر (تلفن و امثالهم) برای ارسال اطلاعات مطابق ماده۴۲ مقررات عمومی حرکت از بی‌سیم استفاده گردد.

ماده ۴۰ : هنگام تشکیل ایستگاه موقت یا توقف قطار در بین راه (به هر علت) مأمورین باید طبق « ماده ۹-۴۳ مقررات عمومی حرکت» عمل نمایند و در صورت عدم وجود یا خرابی تجهیزات ارتباطی، مأمورین موظف، مجازند مکالمات یا مخابره تلفن گرام‌ها با ایستگاههای طرفین و کنترل را به وسیله بی‌سیم انجام دهند.

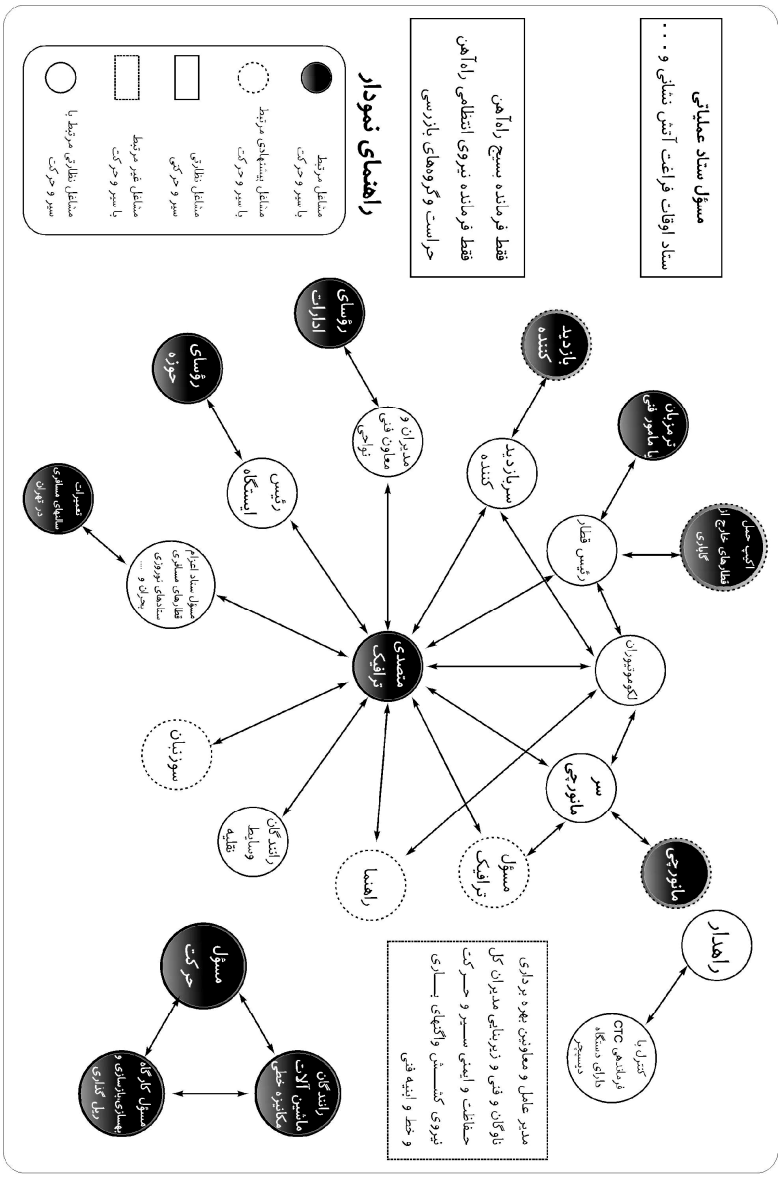
ماده ۴۱ : مانورچی تنها حق صحبت با سرمانورچی را دارد و نباید با لکوموتیوران یا متصدی ترافیک صحبت نماید.

ماده ۴۲ : بازدیدکننده تنها حق صحبت با سربازدیدکننده را دارد و نباید با لکوموتیوران یا متصدی ترافیک صحبت نماید.

ماده ۴۳: کلیه مکالمات گروههای مانوری در شبکه ترانک باید در یکی از گروههای G1 الی (شماره تعریف شده برای گروه مانور)G انجام گیرد که مطابق دستور مسئول وقت ایستگاه انتخاب می‌گردد.

ماده۴۴ : در صورت اختلال در شبکه ترانک کلیه مأمورین ایستگاه باید بی‌سیم را از شبکه ترانک خارج و از کانال متداول مربوطه مطابق مواد تقسیم کانال استفاده کنند.

ماده۴۵ : نحوه ارتباطات بی‌سیم بین مشاغل مختلف با محوریت سیروحرکت (متصدی ترافیک) در شکل زیر آمده است و هر کاربر تنها با کاربرانی که با فلش به آنها وصل شده است اجازه صحبت دارد. مشاغل نظارتی و نظارتی- سیروحرکتی و کنترل، اجازه صحبت با همه مشاغل را برحسب نیاز دارند.



نحوه ارتباط بی سیم بین مشاغل مختلف با محوریت سیر و حرکت

تقسیم بندی کانالهای متداول

ماده ۴۶ : در زمان عدم وجود پوشش شبکه ترانک کلیه مکالمات مأمورین موظف قطارهای باری و مسافری با رئیس قطار و رؤسای قطار با متصدیان ترافیک ایستگاهها و مراکز کنترل در محدوده پوشش کانال متداول باید به شرح ذیل انجام گردد :

- ۱-۴۶ : محور تهران – تبریز کانال (۱)
- ۲-۴۶ : محور تهران – جنوب کانال (۲)
- ۳-۴۶ : محور تهران – مشهد کانال (۳)
- ۴-۴۶ : محور کاشمر – بندرعباس کانال (۱)
- ۵-۴۶ : محور قم – زاهدان و اصفهان کانال (۳)
- ۶-۴۶: محور تهران – گرگان کانال (۳)
- ۷-۴۶: محور اصفهان – شیراز کانال (۲)

تبصره ۱-۴۶- توضیح آنکه تقسیم بندی کانالهای متداول در نقشه شبکه ریلی صفحه بعد آورده شده است.

ماده ۴۷ : به منظور یکنواختی در استفاده از گروههای بی‌سیم و دسترسی سریع مأمورین ایستگاهها به گروه مورد نیاز تقسیم بندی به شرح ذیل انجام می‌گردد :

۱-۴۷ : در ایستگاههایی که بیش از دو دسته مانور دارند، کانال متداول معادل نوشته MT-TRFIC (متصدی ترافیک) در بی‌سیم مختص به ارتباط سرمانورچی‌ها، سایر مأمورین ایستگاه و گروههای کاری مجاز با متصدی ترافیک می‌باشد و چنانچه متصدی ترافیک بخواهد با سرمانورچی‌ها و گروههای کاری صحبت نماید بایستی به کانال M مربوط به آن گروه برود و پس از پایان مکالمه به کانال MT-TRFIC برگردد.

۲-۴۷ : کانالهای M1 الی (شماره تعریف شده)M بی‌سیم مختص به گروههای مانوری و گروههای کاری در ایستگاهها می‌باشد.

۳-۴۷ : کانال MT-TRFIC نباید دائماً و بدون دلیل اشغال باشد. بدین منظور استفاده از این گروه باید با حداقل زمان صورت گرفته و موارد ضروری و لازم مخابره شود.

۴-۴۷ : چنانچه سر مانورچی نیاز به مکالمه با بی‌سیم ایستگاه را دارد موظف است بی‌سیم را در گروه MT-TRFIC قرار داده و مطابق مقررات نحوه تماس گیری اقدام نماید.

۵-۴۷ : اختصاص کانال متداول برای گروههای مانوری بعهده مسئول وقت ایستگاه می‌باشد.

ماده ۴۸ : گروههای کاری در زمانی که شبکه ترانک در حال کار و سالم باشد اجازه استفاده از کانالهای متداول را ندارند و با متخلفین برخورد قانونی خواهد شد.

سوانح و حوادث و تماس اضطراری

ماده ۴۹ : کلیه لکوموتیورانان، متصدیان ترافیک و مراکز کنترل موظفند هنگام بروز هرگونه نارسائی که منجر به حادثه می‌گردد با برقراری تماس اضطراری مسئولین، مأمورین و وسایط نقلیه در حال سیر مرتبط با حادثه احتمالی را در جریان امر قرار دهند.

ماده ۵۰ : تماس اضطراری مخصوص حالتهای فوق العاده و فوری در شبکه ترانک می‌باشد و مأمورین مجاز نیستند در حالت عادی از تماس اضطراری استفاده نمایند.

ماده ۵۱ : کمیسیون گراف موظف است تماسهای اضطراری را بررسی و در صورت مشاهده خلاف، اقدام لازم بعمل آورد.

ماده ۵۲ : اداره کل ارتباطات و علائم‌الکتریکی موظف است گزارش تماسهای اضطراری را به کمیسیونهای گراف ادارات کل راه‌آهن و کنترل مرکزی اعلام نماید.

وظایف مأمورین نگهداری و تعمیر بی‌سیم

ماده۵۳ : مأمورین دپو بی‌سیم موظفند در تمام ساعات شبانه روز (ایام کاری و تعطیل) انجام وظیفه نمایند.

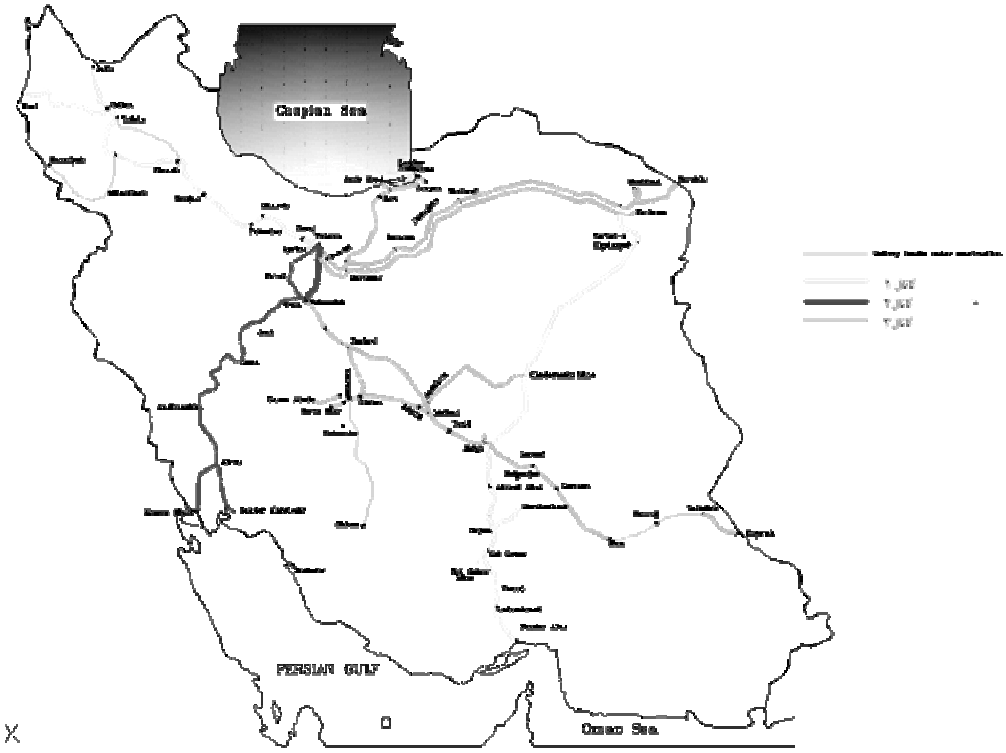
ماده۵۴ : جهت تحویل و تحول بی‌سیم امضای مسئولین واحدهای استفاده کننده از بی‌سیم، باید از طریق اداره ارتباطات و علائم‌الکتریکی ناحیه به دفتر دپوی بی‌سیم معرفی گردد.

ماده۵۵ : جهت تحویل بی‌سیم، مأمور دپوی بی‌سیم باید درخواست تأیید شده تحویل بی‌سیم توسط مسئول واحد را، از کاربر دریافت نماید.

ماده۵۶ : در صورت وجود هرگونه اشکال در درخواست بی‌سیم، مسئول دپو موظف است به واحد مربوطه اطلاع داده و مجوز را به مسئول مربوطه ارجاع نماید.

ماده۵۷ : مأمورین دپوی بی‌سیم موظفند جهت تحویل و تحول بی‌سیم از فرم دوبرگی مربوطه استفاده نمایند.

ماده۵۸ : پس از دریافت درخواست بی‌سیم مأمور دپوی بی‌سیم موظف است مشخصات کاربر و مشخصات بی‌سیم و متعلقات را در فرم تحویل و تحول وارد نماید.



تقسیم بندی کانالهای متداول در نقشه شبکه خطوط ریلی

ماده۵۹ : فرم تحویل و تحول باید توسط کاربر امضاء و کارت تردد بی‌سیم به همراه بی‌سیم و متعلقات به کاربر تحویل گردد.

ماده۶۰ : برگ اول فرم تحویل و تحول باید تا زمان عودت بی‌سیم در دفتر دپوی بی‌سیم بماند.

ماده۶۱ : مأمورین موظفند بی‌سیم را با تجهیزات جانبی (میکروفون، بلندگوی رولباسی و جلد بی‌سیم) در اختیار کاربران قرار دهند.

ماده۶۲ : مأمور دپوی بی‌سیم موظف است در زمان تحویل و تحول از سلامت دستگاه بی‌سیم و متعلقات آن (آنتن، باتری، جلد بی‌سیم میکروفون و بلندگوی رولباسی و...) اطمینان حاصل نماید.

ماده۶۳ : مأمور دپوی بی‌سیم موظف است پس از تحویل گرفتن دستگاه بی‌سیم و متعلقات آن، برگه اول فرم تحویل و تحول بی‌سیم را به کاربر استرداد نماید.

ماده۶۴ : مأمور دپوی بی‌سیم موظف است پس از تحویل گرفتن دستگاه بی‌سیم، باتری آنرا طبق دستورالعمل شارژ باتری، شارژ نماید.

ماده۶۵ : مأمور دپوی بی‌سیم موظف به تمیزکاری بی‌سیم قبل از تحویل به کاربر می‌باشد.

ماده۶۶ : مأمورین دپو نباید برای نظافت از مواد پاک کننده، الکل یا فرآورده‌های نفتی استفاده کنند.

ماده ۶۷ : در زمان تحویل بی‌سیم در صورت بروز هرگونه خرابی یا خسارت به بی‌سیم از سوی کاربر، باید صورتجلسه خرابی بی‌سیم تهیه و به امضای کاربر رسانیده شود.

ماده۶۸: مأمورین دپوی بی‌سیم موظف به همکاری با بازرسین بی‌سیم طبق مقررات استفاده از بی‌سیم می‌باشند.

ماده ۶۹: در خصوص درخواست جدید بی‌سیم در امور سیر و حرکت یا درخواست نواحی، اداره کل سیر و حرکت بررسی نموده و نتیجه نهایی را جهت واگذاری بی‌سیم به اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی اعلام نماید.

ماده۷۰-کاربران بی‌سیم در راه‌آهن

کاربران بی‌سیم در راه آ هن به سه بخش به شرح ذیل تقسیم میگردد:

۱- امور سیروحرکت

۲- امور نظارت

۳- امور متفرقه

۱-۷۰- کاربران بی‌سیم درامور سیروحرکت :

کاربرد بی‌سیم‌ها برای امور سیروحرکت رامی‌توان به سه اولویت تقسیم کرد :

- اولویت اول : ضرورت درعملیات
- اولویت دوم : بالابردن ضرایب ایمنی
- اولویت سوم : تسهیل در عملیات و سرعت بخشیدن به امور جاری

۱-۱-۷۰- اولویت اول :

ادارات و افراد ذیل که در اولویت اول باید مجهز به بی‌سیم گردند عبارتند از :

۱. سرمانورچی (بی‌سیم دستی)
۲. روسای قطارهای باری و مسافری (بی‌سیم دستی)
۳. مسئول ترافیک (بی‌سیم دستی)
۴. متصدیان ترافیک کلیه ایستگاهها (بی‌سیم ثابت و بی‌سیم دستی)
۵. روسای کلیه ایستگاههای تشکیلاتی (بی‌سیم دستی)

۶. کلیه لکوموتیوهای در بلاک (بی‌سیم ثابت و بی‌سیم دستی)
۷. کلیه لکوموتیوهای مانور (بی‌سیم ثابت)
۸. کلیه درزین‌ها (بی‌سیم ثابت)
۹. کلیه ماشین‌های مکانیزه خط (بی‌سیم ثابت و بی سیم دستی)
۱۰. دفتر ستاد اعزام قطارهای مسافری در ایستگاه تهران (بی‌سیم ثابت و بی سیم دستی)
۱۱. کلیه برف روب‌ها (بی‌سیم دستی و بی‌سیم ثابت)
۱۲. کنترل یا فرماندهی پانل C.T.C (دستگاه دیسپچر)
۱۳. دفتر ستاد نوروزی و ستاد بحران (بی‌سیم ثابت و بی‌سیم دستی)
۱۴. مسئول کارگاه بهسازی و بازسازی و ریلگذاری (بی سیم دستی)
۱۵. اکیپ قطارهای حامل بارهای خارج از گاباری (بی سیم دستی)
۱۶. راهنما (بی سیم دستی)
۱۷. سربازدید کننده (بی سیم دستی)
۱۸. ترمزبان (مأمورفنی و انتهایی) قطارهای مسافری (بی‌سیم دستی)

تبصره ۱-۱-۷۰ :

- در بند ۱۳ مدت واگذاری بی‌سیم تحت نظارت معاونت بهره‌برداری و سیروحرکت خواهد بود.
- در بند ۱۴ بی‌سیم ازدپوهای بی سیم تحویل می‌شود.
- در مورد بند ۱۵ به هر اکیپ تنها یک دستگاه بی‌سیم تحویل می‌گردد.

۲-۱-۷۰- اولویت دوم :

ادارات و افراد ذیل که در اولویت دوم باید مجهز به بی‌سیم گردند عبارتند از :

۱. بازدیدکننده (بی‌سیم دستی)
۲. سوزنبان (بی‌سیم دستی)
۳. مانورچی (بی‌سیم دستی)
۴. راهدار(بی‌سیم دستی)

۳-۱-۷۰- اولویت سوم :

ادارات و افراد ذیل که دراولویت سوم باید مجهز به بی‌سیم گردند عبارتند از :

۱. رؤسای حوزه‌های خط و ابنیه فنی (بی‌سیم دستی)
۲. تعمیرات سالن‌های مسافری در ایستگاه تهران (بی‌سیم دستی)

تبصره ۳-۱-۷۰ : ارتباط بند ۲ با ستاد اعزام قطارهای مسافری در ایستگاه تهران (بند ۱۰

اولویت اول) است.

۲-۷۰- کاربران بی‌سیم درامور نظارت

کاربرد در امور نظارت را می‌توان به دو اولویت تقسیم کرد :

۱- ۲ -۷۰- اولویت اول : ضرورت درعملیات

۲- ۲ -۷۰- اولویت دوم : تسهیل و سرعت بخشیدن در امور

۱-۲-۷۰- اولویت اول :

ادارات و افراد ذیل که دراولویت اول باید مجهز به بی‌سیم گردند عبارتند از :

۱. کلیه خودروهای کمسیون سوانح (بی‌سیم ثابت)
۲. کلیه مدیران و معاونین فنی ادارات کل راه‌آهن (بی‌سیم دستی)
۳. مدیرعامل و معاونین راه‌آهن (بی‌سیم دستی)
۴. مدیران ستادی (ادارات کل حفاظت ایمنی و سیروحرکت، سیروحرکت، نیروی کشش، واگنهای باری، خط و سازه‌های فنی و ارتباطات و علائم‌الکتریکی) (بی‌سیم دستی)

۲-۲-۷۰- اولویت دوم :

ادارات و افراد ذیل که دراولویت دوم باید مجهز به بی‌سیم گردند عبارتند از :

۱. حراست (بی‌سیم ثابت و متحرک و دستی)
۲. روسای ادارات و گروهها در ادارات کل راه‌آهن (خط وسازه‌های فنی،سیر و حرکت، حفاظت وایمنی سیروحرکت،ناوگان، ساختمان و تاسیسات، ارتباط و علائم الکتریکی) (بی‌سیم دستی)

۳-۷۰- کاربران بی‌سیم درامور متفرقه

۱. فرمانده بسیج (بی‌سیم دستی)
۲. فرمانده نیروی انتظامی (بی‌سیم دستی)
۳. ستادهای عملیاتی (اوقات فراغت و ...) (بی‌سیم دستی)
۴. آتش نشانی راه‌آهن (بی‌سیم دستی، متحرک و ثابت)

تبصره ۳-۷۰ :

- در بندهای ۱ و ۲ تنها یک دستگاه واگذار می‌گردد.
- واگذاری بی‌سیم در بندهای ۳ و۴ مطابق نظر معاونت فنی و زیربنایی می‌باشد.

ماده۷۱- واگذاری امکانات شبکه ترانک و نوع تماس

۱-۷۱- هر نوع اطلاعات بین قطار در بلاک و ایستگا ههای طرفین توسط بی‌سیم ترانک انجام می‌گیرد.

۲-۷۱- هر نوع اطلاعات بین لکوموتیوران و دیگر مسئولین (رییس‌قطار، سرمانورچی، راهنما و..) توسط بی‌سیم دستی شبکه متداول انجام می‌گردد.

۳-۷۱- درشبکه ترانک هر بی‌سیم طبق امکانات در نظر گرفته قابل برنامه‌ریزی می‌باشد که گروههای کاری جهت واگذاری امکانات بشرح ذیل می‌باشد :

۱-۱-۱-۱-۱-۳-۷۱- مدیرعامل و معاونین (بهره‌برداری و سیروحرکت، فنی و زیربنایی،ناوگان) و مدیران و معاونین فنی ادارات کل ستادی و نواحی

۱-۱-۱-۲-۲-۳-۷۱- رؤسای گروهها و ادارات فنی در ادارات کل ستادی

۱-۱-۱-۳-۳-۳-۷۱- رؤسای گروه‌ها و ادارات فنی در ادارات کل راه‌آهن (نواحی)

۱-۱-۱-۴-۴-۳-۷۱- واحدهای نظامی و بازرسی (بسیج،حراست، پلیس) و آتش نشانی مدیران و معاونین فنی ادارات کل راه‌آهن (نواحی)

۱-۱-۱-۵-۵-۳-۷۱- ایستگاهها و قطار رؤسای گروه‌ها و ادارات فنی در ادارات کل راه‌آهن (نواحی)

۱-۱-۱-۶-۶-۳-۷۱- وسایط نقلیه ریلی و خودروها

۱-۱-۱-۷-۷-۳-۷۱- گروههای مانور، گروه بازدیدکننده، دفاتر و ستادهای عملیاتی، سوزنبان، سایر گروههای کاری

۱-۱-۱-۸-۸-۳-۷۱- کنترل و مراکز فرماندهی علائم‌الکتریکی (RC ،CTC)

۱-۳-۷۱- مدیرعامل و معاونین (بهره‌برداری و سیروحرکت، فنی و زیربنایی،ناوگان) و مدیران و معاونین فنی ادارات کل ستادی و نواحی

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس بی‌سیم با PABX (تلفن داخلی)
۳. تماس بی‌سیم با PSTN (تلفن شهری)
۴. تماس بی‌سیم با دیسپچر
۵. تماس کنفرانسی
۶. تماس پخشی
۷. تماس اولویتی
۸. تماس اضطراری
۹. قابلیت دایورت کردن (انتقال دادن)
۱۰. قابلیت درصف قراردادن
۱۱. قابلیت کنترل دینامیکی توان
۱۲. قابلیت قفل صفحه کلید
۱۳. قابلیت تبدیل به گوشی
۱۴. کانال متداول
۱۵. تماس در کل شبکه راه‌آهن

۲-۳- ۷۱- رؤسای گروه‌ها و ادارات فنی در ادارات کل ستادی

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس بی‌سیم با PABX (تلفن داخلی)
۳. تماس بی‌سیم با PSTN (تلفن شهری)
۴. تماس بی‌سیم با دیسپچر
۵. تماس کنفرانسی
۶. تماس اولویتی
۷. قابلیت دایورت کردن
۸. قابلیت درصف قراردادن
۹. قابلیت کنترل دینامیکی توان

۱۰. قابلیت قفل صفحه کلید
۱۱. قابلیت تبدیل به گوشی
۱۲. کانال متداول
۱۳. تماس درکل شبکه راه‌آهن

۳-۳- ۷۱- رؤسای گروه‌ها و ادارات فنی در ادارات کل راه‌آهن (نواحی)

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس بی‌سیم با PABX (تلفن داخلی)
۳. تماس بی‌سیم با PSTN (تلفن شهری)
۴. تماس بی‌سیم با دیسپچر
۵. تماس کنفرانسی
۶. تماس اولویتی
۷. قابلیت کنترل دینامیکی توان
۸. قابلیت درصف قراردادن
۹. قابلیت قفل صفحه کلید
۱۰. قابلیت تبدیل به گوشی
۱۱. کانال متداول
۱۲. تماس در ناحیه

٤-۳-۷۱- گروه‌های نظامی و بازرسی (پلیس، حراست، بسیج) و آتش نشانی

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس بی‌سیم با PABX (تلفن داخلی)
۳. تماس بی‌سیم با PSTN (تلفن شهری)
۴. تماس کنفرانسی
۵. قابلیت قفل صفحه کلید
۶. قابلیت کنترل دینامیکی توان
۷. تماس در کل شبکه (فقط گروه بازرسی)
۸. تماس درناحیه (کل گروهها)

۵-۳-۷۱- ایستگاهها و قطار

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس کنفرانسی
۳. تماس اضطراری
۴. تماس در کل شبکه راه‌آهن (فقط قطارها)
۵. تماس در ناحیه (فقط ایستگاه)

٦-۳-۷۱- وسایط نقلیه ریلی و خودروها

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس بی‌سیم با PABX (تلفن داخلی) فقط خودروها
۳. تماس بی‌سیم با PSTN (تلفن شهری) فقط خودروها
۴. تماس در کل شبکه راه‌آهن

۷-۳-۷۱-گروههای مانور، گروه بازدیدکننده، دفاتر، ستادهای عملیاتی، سوزنبان، سایرگروههای کاری

۱. تماس بی‌سیم با بی‌سیم
۲. تماس کنفرانسی
۳. تماس در ناحیه

۸-۳-۷۱- کنترل و مراکز فرماندهی علائم‌الکتریکی (RC ،CTC)

۱. تماس با بی‌سیم
۲. تماس اضطراری
۳. تماس کنفرانسی
۴. تماس در ناحیه

پیوست ۲

شماره NTC ایستگاهها:

ردیف	شماره NTC	محل استفاده
۱	901(8)	کرج
۲	902(8)	گرمسار
۳	903(8)	آپرین
۴	904(8)	اسلامشهر
۵	905(8)	تهران
۶	906(8)	ری
۷	908(8)	تهران (ساختمان عباس آباد)
۸	910(8)	ساری
۹	920(8)	زنجان
۱۰	921(8)	قزوین
۱۱	922(8)	میانه
۱۲	930(8)	تبریز
۱۳	932(8)	خراسانک
۱۴	934(8)	مراغه
۱۵	940(8)	اراک
۱۶	941(8)	قم
۱۷	942(8)	ازنا
۱۸	950(8)	اندیمشک

ادامه جدول

ردیف	شماره NTC	محل استفاده
۱۹	951(8)	درود
۲۰	960(8)	اهواز
۲۱	970(8)	یزد
۲۲	971(8)	اصفهان
۲۳	972(8)	سیستان
۲۴	973(8)	کرمان
۲۵	974(8)	کاشان
۲۵	975(8)	بافق
۲۷	976(8)	کرمان
۲۸	977(8)	سیرجان
۲۹	978(8)	سیرجان
۳۰	979(8)	بندر عباس(هرمزگان)
۳۱	980(8)	شاهرود
۳۲	981(8)	سمنان
۳۳	982(8)	دامغان
۳۴	990(8)	مشهد
۳۵	993(8)	تربت
۳۶	997(8)	طبس

پیوست ۳

شبکه هوایی

تعریف شبکه

برقراری ارتباط از بست تا محل ورودی ساختمان و مجموعه‌های مسکونی، تجاری و اداری مشترکین طبق اصول فنی و برابر با آخرین دستورالعمل اجرایی را شبکه هوایی گویند.

چگونگی انجام کابل کشی و سیم‌کشی هوایی

قبل از اقدام به سوراخ کاری بایستی مسیر سیم‌کشی را بررسی و علامت گذاری نمود تا مسیر نسبت به سطح افقی یکنواخت باشد. وجود حتی یک بست یا قلاب بالا یا پایین و همچنین یکسان نبودن فاصله یک بست زیبایی کل مسیر را از بین خواهد برد.

هنگام آماده کردن بستر کابلکشی (سیمکشی) ضمن رعایت جنبه‌های ایمنی توجه کنیم که محل طوری مسیر سازی شود که در نگاه اول بستر آماده شده به چشم نیاید و حتی الامکان به زیبایی ساختمان لطمه وارد نشود و بستری توام با نگهداری حداقل، و عدم امکان سواستفاده‌های احتمالی ایجاد گردد.

ارتفاع بستر سیم‌کشی از سطح زمین حدود ۲ متر می‌باشد و با توجه به مسیر و مکان سیم‌کشی با نظر ناظر ارتفاع یاد شده می‌تواند افزایش و یا کاهش یابد.

مسیر کابلکشی را باید طوری انتخاب نمود که کمترین مقدار کابل استفاده شود و از انتخاب مسیرهای مورب نیز باید خودداری کرد.

طول خمش کابل به منظور جلوگیری از کشیدگی‌هادی‌ها و عایق آنها در زوایا و خمش‌ها بایستی حداقل ده برابر قطر کابل بوده و در کابل‌های کم قطر از ۹۰ درجه کمتر نباشد.

کلیه کابل‌ها و سیم‌ها قبل از ورود به پست و جعبه تقسیم بایستی حالت یو (U) شکل معکوس باشد.

در کلیه فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها بایستی مسیر را خارج یا داخل برد و نبایستی کابل یا سیم آویزان باشد و باید حتی المقدور داخل تمام فرورفتگی‌ها سیمکشی را انجام داد.

در منازل جنوبی که ساختمان داری فضای خالی (حیاط خلوط) باشد . حتی الامکان بایستی سیم‌کشی از خارج اینگونه فضاها و در صورت نیاز با استفاده از سر تیر انجام شود.

هنگام کابل کشی بایستی با توجه به تعداد واحدهای محل حتی الامکان از کابل با زوج بیشتر استفاده گردد تا هنگام توسعه بعدی و تغییر مکان نیاز کمتری به کابل کشی مجدد باشد، یعنی برای

محل یک واحد کابل دو زوجی و محل‌های دو سه واحدی کابل چهار زوج و سه واحدی به کابل شش زوجی استفاده گردد.

در مکانهایی که استفاده از پست و قلاب مقدور نباشد ولی نرده موجود است، می‌توان از کلیه این گونه حفاظها جهت کابل کشی و سیم‌کشی استفاده نمود و در هر یک و نیم متر توسط سیم اصلی مهار شود و توجه شود کابل به صورت زیگزاگ کشیده نشود و حتی الامکان از نمای بیرونی اقدام به سیم‌کشی گردد.

می‌توان با توجه به موقعیت مسیر سیم‌کشی بطور توأم از بست، قلاب و پنجه استفاده کرد . یعنی اگر نمای مسیر یکنواخت نباشد برای هر قسمت از آن از منصوبه خاص خود استفاده نمود.

در صورتیکه پستی دوقلو شود جهت نوسازی و یا سیم‌کشی ودایع می بایست از رینگ نمودن کابلهای هوایی در داخل پست قدیم امتناع نمود و کابل‌های موجود با هماهنگی با واگذاری و نظارت حتی الامکان به طور مساوی از طرفین تقسیم گردد.

استفاده از بست زیر و رو

در هرگونه نمای ساختمان‌هایی که امکان نصب بست‌های کاچوئی زیر و رو که از این به بعد بست نامیده می‌شود باشد، مانند نمای سنگ، آجر سه سانت، سیمان شسته و نظایر آن حتماً بایستی بستر کابل کشی و سیم‌کشی را با استفاده از آن آماده نمود.

۱- فواصل بستها برای کلیه کابل‌ها ۲ الی ۱۰ زوجی بدون مهار و سیم دوبل فاصله بست‌ها از یکدیگر ۴۰ سانتی متر می‌باشد.

۲- عرض مجاز برای عبور تورفتگی‌ها هنگامی که امکان مسیر سازی با استفاده از بست از داخل نباشد، حداکثر ۱/۵ متر می‌باشد که بایستی در هر ظرف دو عدد بست نصب نمود تا کابل یا سیم شل نشود.

۳- استفاده از بست زیر و رو در آجر سفالهای سوراخ دار در آجرهای عرض ۵ سانت اجرا می‌گردد.

استفاده از قلاب

چنانچه در نمای ساختمان تکمیل نباشد، از قلاب رزوه ای استفاده خواهد شد. فاصله بین قلاب‌ها برای کابل‌های ۲ الی ۱۰ زوجی بدون مهار و سیم دوبل حداقل ۱/۵ متر و حداکثر ۲ متر می‌باشد که بایستی در طول مسیرهای مستقیم فاصله بین قلاب‌ها یکنواخت باشد. عمق سوراخ بایستی به نحوی باشد که تا محل انحنای قلاب، قلاب به دیوار بچسبد.

از نصب دو قلاب در مجاورت هم بایستی خودداری نمود، به جز در مواردی که فضای خالی حدود ۴ الی ۷ متر در مسیر باشد که در این صورت می‌توان در طرفین دو قلاب نصب نمود و سیم‌کشی را انجام داد. برای فضاهای خالی بیشتر از آن بایستی از پنجه استفاده نمود.

طول سیم اصلی مورد نیاز به صورت افقی در قلاب‌ها برای عبور یک کابل هوایی ۳۰ سانتی متری، دوکابل ۴۰ سانتی متر و سه کابل به بالا ۵۰ سانتی متر است.

توجه۱: سر فلز بالا باشد.

توجه۲: جهت دیوارهای گلی از چوب ذوزنقه، یا میخ چوبی استفاده کرد.

توجه ۳: سیم اصلی به صورت فلزی بسته شود.

استفاده از پنجه

پنجه تسمه‌ای است به طول حداقل ۳۰ سانتی متر و عرض ۴ سانتی متر و ضخامت ۴ یا ۵ میلی متر و گالوانیزه که به صورت صاف و گونیا موجود می‌باشد. در حال حاضر حتی‌الامکان از پنجه استفاده نمی‌شود که دلایل متعددی مانند لطمه زدن به زیبایی شهرها و عدم امکان کابل‌کشی کابل‌های بدون مهار و ... دارد. فقط در محل‌هایی که نمی‌توان از بست یا قلاب استفاده نمود، مانند بعضی از دیوارهای گلی و مشابه آن و نیز در عبور از عرض مجار خیابان‌های فرعی و کوچه‌ها و هم چنین وجود فضاهای خالی بیش از ۷ متر در مسیر سیم‌کشی (کابل کشی) مطابق استاندارد استفاده کرد. حداقل فاصله بین دو پنجه ۵ متر و حداکثر فاصله آنها ۲۵ الی ۳۰ متر می‌باشد. چنانچه در نظر است بین دو پنجه کابل بدون مهار کشیده شود بایستی قبلاً اقدام به نصب مهار (سیم دوبل بلااستفاده) بین پنجره‌ها نمود و هم زمان کابل بدون مهار را در فواصل دو متری به آن اصلی کرد.

توضیح : استقامت کابل هوایی بدون مهار ۱۲ متر می‌باشد.

نصب جعبه تقسیم

در مناطق فشرده شهری نصب جعبه تقسیم اجتناب ناپذیر خواهد بود، زیرا از یک طرف قابلیت انعطاف شبکه را بالا می برد و از سوی دیگر از دوباره کاری جلوگیری می‌شود.

۱- فاصله نصب اولین تقسیم از پست بستگی به موقعیت محل از نظر تراکم واحدهای مسکونی و تجاری دارد و می‌بایست از نصب جعبه تقسیم اضافی خودداری گردد.

۲- برای ورود یا خروج سیم دوبل یا کابل به جعبه تقسیم‌ها فقط باید از محل‌های ورودی زیر جعبه تقسیم استفاده کرد، در غیر این صورت رطوبت وآب براحتی بداخل جعبه تقسیم نفوذ می‌کند.

۳- پس از نصب جعبه تقسیم بایستی واشر لاستیکی تشتک مربوطه را در محل قرار داده و کلیه

کابل‌ها و سیم‌ها را از داخل واشر بدرون برد.

۴- پس از ورود کابل یا سیم بداخل واشر لاستیکی حدود یک سانتی متر بالاتر از لبه داخلی تقسیم روکش کابل به طول ۱۵ سانتی متر برداشته و زوج‌ها به یکدیگر تابیده شود (در مورد سیم دوبل یک سانتی متر بالاتر از لبه داخلی تقسیم سیم مهار قطع گردد یک اصلی در داخل جعبه تقسیم به کابل‌ها برای جلوگیری از خروج کابل استفاده نمود).

۵- با توجه به کابل‌های ورودی و خروجی، از جعبه تقسیم با اندازه مناسب استفاده شود.

۶- برای اتصال کابلهای ورودی و خروجی داخل جعبه تقسیم بایستی حتماً از ترمینال ۱۲ خانه پلاستیکی کابل استفاده شود.

۷- زیر درب جعبه تقسیم بایستی لاستیک مربوطه را قرار داده و سپس مبادرت به بستن درب جعبه تقسیم کرد.

۸- هنگام عبور مستقیم کابل از تقسیم، می بایست از درون جعبه تقسیم عبور داده شود.

۹- چنانچه مسیر سیم‌کشی از روی حفاظ‌ها و نرده‌های فلزی انجام می‌شود، در صورت وجود دیوار مناسب می‌توان جعبه تقسیم را روی دیوار نصب کرده در غیر این صورت می‌توان جعبه تقسیم را روی نرده یا حفاظ و مشابه آن در نقطه‌ای مناسب نصب نمود.

برگردان پستی

برای اینکه سیم‌کشی جدید، انجام نوسازی، رفع تداخل خطوط شبکه هوایی و تقویت شبکه کابل نیاز به برگردان پستی داشته باشد این عمل با هماهنگی واگذاری خطوط و براساس فرم مربوطه انجام می‌گیرد. منظور از برگردان این است که خطوط یک یا چند مشترک یک پست پر بر روی پستهای مجاور که دارای اتصالی خالی می‌باشند، سیم‌کشی گردد که این کار باعث پست پر دارای اتصالی خالی گردد. اگر برگردان در داخل یک کافو و بین دو پست همان کافو باشد بنام برگردان پستی نامیده می‌شود و اگر پستی از کافویی با پستی دیگر از کافوی دیگر برگردان شود بنام برگردان کافو به کافو نامیده می‌شود و کلیه برگردان‌ها با هماهنگی واگذاری خطوط مرکز انجام می‌گردد. جهت برگردان پستی نیاز است فرم مربوطه پر شده و به واگذاری خطوط گزارش شود، که شماره تلفن برگردان شده، مشخصات فنی قدیم و جدید و علت برگردان در آن قید گردد.

رانژه بندی کافو

هنگام اختصاص بوخت بایستی مناسب‌ترین مرکزی توسط واگذاری خطوط انتخاب گردد، بطوری که کوتاه ترین مسیر رانژه انتخاب شده و از عبور رانژه در عرض ترمینال کافو خودداری

گردد. هنگام نوسازی رانژه کافو ضمن رعایت اصول گرفته شده و هماهنگی با واحد واگذاری خطوط مبادرت به رانژه بندی گردیده و هرگونه تغییر احتمالی و تصحیح مسیر رانژه کتباً به واگذاری خطوط ارسال شود.

۱- عبور سیم در کافو بایستی از داخل قلابهای طرفین انجام گرفته و رانژه طوری کشیده شود که خیلی سفت یا شل نباشد.

۲- برای یک نواختی در کافو سیم‌های رانژه دارای دو رنگ سفید و مشکی می‌باشند که سفید سیم A و مشکی سیم B بسته می‌شود.

۳- پیچ‌های ترمینال دارای دو واشر می‌باشد که سیم رانژه حتماً بایستی بین دو واشر قرار گرفته به علاوه روی هم نیز قرار نگیرد تا باعث قطعی سیم رانژه نشود.

در مورد رانژه کافوهای جدید ۲۷۰۰ زوجی که دارای ۶ ردیف ترمینال ۲۵ زوجی بوده و بر روی دو درب و هر درب سه ردیف ترمینال نصب شده به جهت جلوگیری از ازدحام رانژه در قلاب‌ها و آسیب رسیدن به آنها مطابق نمونه ذیل بهتر است رانژه شود، رانژه ترمینال‌های ۱ و ۲ از سمت آنها وارد شوند و رانژه‌های ترمینال‌های ردیف ۵ و ۶ از سمت راست و ترمینالهای ۳ و ۴ از وسط تغذیه شوند.

۴- کلیه رانژه‌های عبور عرضی (از ترمینالهای سمت چپ به سمت راست) و غیره استاندارد کوتاه (سفت) دو تکه – خارج از مسیر قلاب‌ها – بلندتر از مقدار معمولی (شل) را جمع و از مسیر اصلی رانژه می‌نماییم و چنانچه نیاز به تعویض بوخت داشت، با ذکر علت و هماهنگی خطوط مورد اشتباه را رفع می‌نماییم و مرکزیهای خالی در لیست واگذاری چنانچه در کافو دارای سیم رانژه باشد جمع آوری گردد.

ترمینه کردن پست

در پست‌ها بایستی کابل طوری روکش برداری شود که حداقل ۱۵ – ۱۰ سانتی متر سیم داخل پست در دسترس باشد، البته پست‌های قدیمی (قورباغه ای) از حدود ۲ سانتی متر داخل پست روکش برداری شود و در پست‌های کتابی حدود ۱۵ سانتی متر از داخل پست روکش کابل برداشته شود.

جهت جلوگیری از بهم‌ریختگی داخل پست حتی المقدور با آرایش مناسب، کابلها و سیم‌ها طوری باشد که فضای داخل پست بهم ریخته نباشد.

در پیچ ترمینال داخل پست دو واشر قرار دارد که سیم بایستی بین دو واشر قرار گیرد و کافیست یک دور پیچانده شود به طوری که سیم‌ها روی هم قرار نگیرند در غیر این صورت باعث

قطعی سیم می‌شود.

جهت جلوگیری از القاء جریانات ناخواسته بر روی مشترکین، می بایست سیم زمین کابل‌ها و مهار سیم‌های هوایی از ورودی مشترک تا پست تداوم داشته و در پست در محل اتصال زمین محکم بسته شود.

پس از هر بار مراجعه به پست و انجام کار بایستی درب پست را کاملاً محکم نموده و ضایعات کابل ریخته شده پای پست را جمع آوری نمود.

پیوست ٤

معرفی اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی

با پیشرفت تکنولوژی و مدرنیزه شدن راه‌آهن، ارتباطات نیز می‌بایست متناسب با این پیشرفتها توسعه پیدا نماید تا دستگاههای مدرن با قابلیت و ضریب اطمینان بیشتری در زمینه علائم و ارتباطات به منظور تأمین ایمنی تردد قطارها به کار گرفته شوند. با توجه به اهمیت نقش راه‌آهن سراسری در روند رشد اقتصادی کشور و جایگاه راه‌آهن در اجرای اهداف سیاسی و استراتژیکی مملکت و توجه دولتمردان به این مهم، در راستای توسعه راه‌آهن لازم است که برای توسعه و تکمیل سیستمهای علائم و ارتباطات راه‌آهن که نقش عمده‌ای در بالا رفتن سرعت حرکت قطارها و کنترل و سیر و حرکت آنها را دارد، قدمهای مؤثری برداشته شود.

یکی از مولفه‌های مهم در تدوین سیاست‌های کلی جمهوری اسلامی ایران در برنامه‌های توسعه، افزایش سهم راه‌آهن و اولویت دادن به حمل و نقل ریلی به عنوان یکی از زیر بخش‌های مهم حمل و نقل کشور می‌باشد. در این راستا رشد سرمایه گذاری در شبکه حمل ونقل ریلی و توسعه آن و در نتیجه افزایش حجم ترافیک و سرعت سیر و حرکت قطارها ضرورت دستیابی به سیستم‌های مخابراتی پیشرفته و کنترلی دقیق و هوشمند را در راه‌آهن، اجتناب ناپذیر می‌کند.

در نتیجه، به منظور تحقق اهداف حمل و نقل ریلی، از جمله افزایش ایمنی، بالا بردن ترافیک و افزایش سرعت، اداره کل ارتباطات و علائم‌الکتریکی با استفاده از تجهیز شبکه به سیستم‌های نوین الکترونیکی، مخابراتی و کنترلی جهت تحقق ارتقاء سطح ایمنی تردد وسایل نقلیه ریلی، بالا بردن سرعت متوسط سیر و حرکت قطارها، افزایش ظرفیت ترافیک، فراهم آوردن زمینه سهولت و روانی سیر و حرکت، تمرکز مراکز تصمیم‌گیری و افزایش دقت گام برداشته و ضمن صرفه جویی در هزینه‌ها زمینه کاهش نیروی انسانی و در نتیجه کاهش خطاهای انسانی را فراهم می‌آورد.

اهداف و شرح وظایف اداره کل

این سازمان یک اداره ستادی و از زیر مجموعه‌های معاونت فنی و زیربنائی راه‌آهن می‌باشد. اهداف کاری این اداره بر مبنای توسعه و تعمیر و نگهداری سیستمها بوده و در این راستا در دو بخش ارتباطات و علائم‌الکتریکی فعالیت می‌نماید.

اهم شرح وظایف این اداره کل به شرح زیر می‌باشد:

- نگهداری و تعمیر تجهیزات و سیستم‌های ارتباطی و علائم‌الکتریکی موجود در شبکه راه‌آهن

- مطالعه، برنامه‌ریزی و ارائه طرح‌های توسعه و تجهیز شبکه ارتباطات و علائم‌الکتریکی بـــا استفاده از تکنولوژی پیشرفته
- برنامه‌ریزی لازم جهت نوسازی و بازسازی شبکه و واحدهای فرسوده و جایگزینی آنها با سیستم‌های جدید مخابراتی و علائم‌الکتریکی
- نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه ای در محورهای جدید
- ایجاد بستر لازم و مناسب جهت انتقال وظایف مذکور به بخش خـصوصی و گـسترش برنامه‌ریزی ساخت و تولید قطعات و دستگاه‌ها در داخل کشور
- تهیه و تنظیم بخشنامه‌ها و دستورالعمل‌های رهنمودی در زمینه انتقال تجـارب فنـی و نحوه نگهداری و بهره‌برداری از شبکه ارتباطات و علائم‌الکتریکی

پیوست ۵

معرفی گروه تخصصی آموزش ارتباطات و علائم الکتریکی

این گروه متشکل از افراد متخصص و مجرب از بین اعضاء هیئت علمی مراکز آموزش عالی و کارشناسان با تجربه راه‌آهن، بنا به پیشنهاد مرکز آموزش و تصویب و ابلاغ شورای آموزشی تعیین و در زمینه های زیر فعالیت می‌کند.

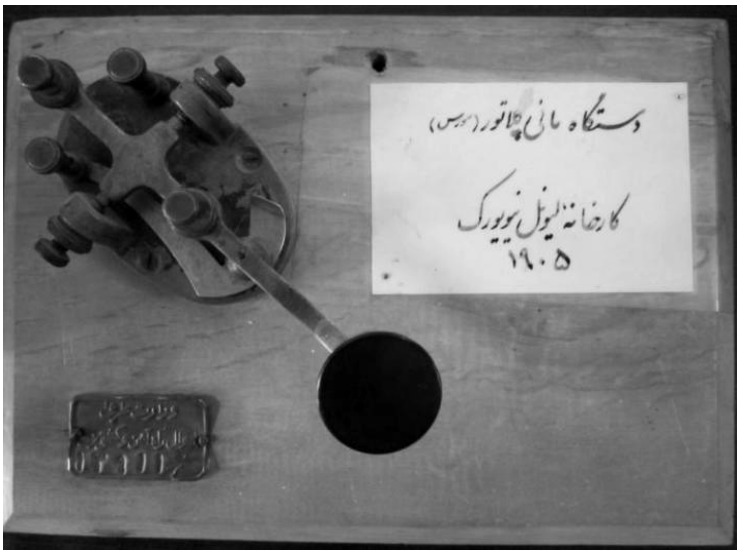
۱. طراحی و تدوین دوره‌های آموزشی بدو خدمت
۲. طراحی و تدوین دوره‌های آموزشی ضمن خدمت به صورت کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت
۳. طراحی و تدوین دوره‌های آموزش سیار ارتباطات و علائم الکتریکی
۴. بازنگری و ارتقاء محتوای علمی کلیه دوره‌ها به موازات تغییر فناوری
۵. پیشنهاد، تالیف و ترجمه کتب یا جزوات آموزشی مورد نیاز دوره‌های آموزشی
۶. بازنگری و ارزیابی کتب و جزوات آموزشی مربوطه

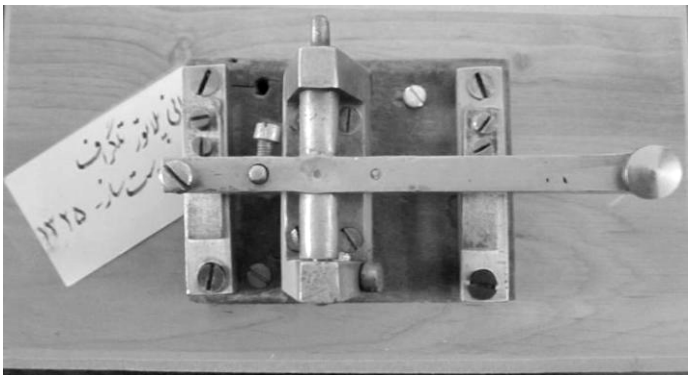
شایان ذکر است پس از ادغام مرکز آموزش و مرکز تحقیقات در سال نود گروه های آموزشی و پژوهشی به شکل مستقل وظایف خود را انجام می‌دهند. گروه پژوهشی ارتباطات و علائم الکتریکی مرکز تحقیقات و آموزش نیز در زمینه تعریف پروژه های مورد نیاز راه‌آهن در حوزه ارتباطات و علائم الکتریکی و همچنین حمایت از پایان نامه های دانشجویی و .....فعالیت می‌کند.

پیوست ٦

تصاویر تجهیزات ارتباطی قدیمی

تصاویری که در ادامه مشاهده می‌کنید با همکاری پرسنل اداره ارتباطات و علائم الکتریکی ناحیه آذربایجان علی الخصوص آقایان رضاپور، جعفری، امین زاده، بهجت، جهانپور و کدخدا در تابستان ۹۱ از تجهیزات ارتباطی قدیمی عکس برداری شده است.





دستگاه مورس

تلفن مغناطیسی چوبی سال ۱۳۱۰

ساعت ایستگاه

موتور ساعت

منابع

جزوات، گزارشات، اسناد و دستور العملها :

۱. ارتباطات- رستمی.ارشد- مرکزآموزش راه‌آهن-۱۳۸۰
۲. مقررات عمومی بی‌سیم -کمیته بازنگری مقررات و اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی- ۱۳۸۷
۳. جزوه آموزشی نظارت بر فیبر نوری - شریفی.رضا- مرکز آموزش- ۱۳۸۷
۴. پروژه EOT- خداپرست مهیار- اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی-۱۳۸۹
۵. گزارش پایان نامه بررسی سیستم مدیریت هوشمند حمل و نقل ریلی و پیشنهاد سیستم سیگنالینگ مناسب برای راه‌آهن زاهدان . چابهار- شریفی. رضا - مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن و دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی-۱۳۹۰
۶. گزارش کارآموزی- مخابرات نیشابور
۷. دستورالعملها و اسناد فنی اداره کل ارتباطات و علائم‌الکتریکی
۸. اسناد فنی سازمان تنظیم مقررات رادیویی
۹. DWDM- حاجی زاده. فاطمه - مرکز تحقیقات و آموزش راه‌آهن و اداره کل ارتباطات و علائم الکتریکی- از مجموعه پروژه‌های دوره توجیهی ارتباطات و علائم الکتریکی - ۱۳۹۱

کتابها:

10. Railway Telecommunications. Andrew Emerson- IRSE-London 2004
۱۱. راهنمای استفاده از بی‌سیم- شریفی.رضا - مرکزآموزش راه‌آهن-۱۳۸۸-چاپ دوم
۱۲. راهنمای جامع شبکه. ددی، زاکر، کریک، قاسم زاده، لیلی. چاپ دوم. تهران : سینا تصویر، ۱۳۸۷

سایت ها:

13-http://forum.paraax.com/index.php?topic=306.0
14-http://www.daneshju.ir/forum/sitemap/t-104915.html
15-http://www.iran-elecomp.com/archive/index.php?thread.html
16-http://www.srco.ir/Articles/TipsView.asp?ID=574.
17-http://elecdl.com/articles/

18-http://shahamati.persianblog.ir/

19-http://vista.ir/article/109396

20-http://Rai.ir

21-http://Wikipedia.org. “Glossary of Telecommunication Terms”. Institute for telecommunication sciences. 1996-08-07. Retrieved on 2007-01-14.

22- http://Wikipedia.org. Groth, David. Toby Skandier. Network+ Study Guide, Fourth Edition. Sybex, Inc., 2005, ISBN 0-7821-4406-3.

23- http://Wikipedia.org. Karney, James. A+ Certification Training Kit, Second Edition. Redmond, Washington: Microsoft Press, 2000, ISBN 0-7356-1109-2

24- http://www.datanegar.net/news.php?newsid=16

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

۱- راهنمای عیوب ریل‌های – ۱۳۶۸
۲- فرهنگ شش زبانه عمومی واژگان و اصطلاحات راه‌آهن – ۱۳۷۲
۳- عیوب پل‌های راه‌آهن و اقدامات اصلاحی آنها- ۱۳۷۶
۴- اطلاعات جامع ترمز راه‌آهن با شرح آحاد و مختصات سیستم کنور – ۱۳۷۹
۵- فرهنگ توصیفی اصطلاحات علائم الکتریکی راه‌آهن – ۱۳۸۱
۶- شناسایی و طریقه‌ی بهره‌برداری از تجهیزات مکانیکی لکوموتیوهای دیزل الکتریک – ۱۳۸۲
۷- نگهداری و تعمیرات زیرسازی و روسازی خطوط ریلی – ۱۳۸۳
۸- شناسایی و طریقه بهره‌برداری از تجهیزات الکتریکی لکوموتیوهای دیزل الکتریک – ۱۳۸۳
۹- واژه‌نامه‌ی سه زبانه ماشین آلات روسازی ریلی – ۱۳۸۴
۱۰- بازدید قطار در ایستگاه – ۱۳۸۴
۱۱- آموزش سوزنبان – ۱۳۸۴
۱۲- مقدمه‌ای بر مدیریت نگهداری و تعمیرات خطوط راه‌آهن – ۱۳۸۴
۱۳- اصول مهندسی روسازی خط آهن – ۱۳۸۵
۱۴- الفبای چرخ، واگن و لکوموتیو – ۱۳۸۵
۱۵- اصول مهندسی خط راه‌آهن – ۱۳۸۵
۱۶- ترمز لکوموتیو 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 بازدیدکننده 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- دستورالعمل تعمیر موتور روستون – ۱۳۸۷
۲۶- آشنایی با سازمان بین‌المللی راه‌آهن‌ها (OSJD) – ۱۳۸۷
۲۷- مبانی علائم الکتریکی راه‌آهن – ۱۳۸۷
۲۸- آشنایی با جرثقیل‌های راه‌آهن – ۱۳۸۷

۲۹- آموزش سرمانورچی – ۱۳۸۷
۳۰- آشنایی با واگن‌های باری راه‌آهن – ۱۳۸۷
۳۱- ایمنی و ریل (جلد اول و دوم) – ۱۳۸۸
۳۲- راهنمای علامات اختصاری کاربردی در لکوموتیو آلستوم – ۱۳۸۸
۳۳- ترمز لکوموتیو و قطار (چاپ دوم – همراه با اصلاحات) – ۱۳۸۸
۳۴- آموزش رئیس قطار باری – ۱۳۸۸
۳۵- آشنایی و طریقه بهره‌برداری از لکوموتیوهای برقی RC4 – ۱۳۸۹
۳۶- آشنایی با لکوموتیوهای برقی – ۱۳۸۹
۳۷- تجهیزات شبکه تماس خطوط برقی راه‌آهن – ۱۳۸۹
۳۸- مجموعه پرسش و پاسخ شغل بازدیدکننده قطار (ویرایش دوم) – ۱۳۸۹
۳۹- سیستم ترمز لکوموتیوهای آلستوم – ۱۳۸۹
۴۰- مجموعه پرسش و پاسخ شغل لکوموتیورانی (ویرایش دوم) – ۱۳۹۰
۴۱- بررسی خروج از خط – ۱۳۹۰
۴۲- ابنیه فنی و حفاظتی – ۱۳۹۰
۴۳- توصیه های ایمنی برای راهبران درزین – ۱۳۹۰
۴۴- آشنایی با واگن‌های باری راه‌آهن (ویرایش دوم) – ۱۳۹۰
۴۵- پرسش و پاسخ شغل سوزنبانی – ۱۳۹۱
۴۶- پرسش و پاسخ شغل مانورچی و سرمانورچی – ۱۳۹۱
۴۷- پرسش و پاسخ شغل رئیس قطار باری – ۱۳۹۱
۴۸- پرسش و پاسخ شغل مسئول و متصدی ترافیک، رئیس و معاون ایستگاه – ۱۳۹۱
۴۹- پرسش و پاسخ شغل مسئول و متصدی کنترل و کنترلر – ۱۳۹۱
۵۰- شناسایی و طریقه بهره‌برداری از تجهیزات الکتریکی لکوموتیوهای دیزل الکتریک (ویرایش دوم) – ۱۳۹۱

- **کتب ارتقای ایمنی (آموزش سیار)**

۵۱- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت – ویژه سوزنبان – ۱۳۸۰
۵۲- آموزش پیشگیری از سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت – ویژه رؤسا و معاونین ایستگاه‌های غیر تشکیلاتی – ۱۳۸۰
۵۳- شناسایی عیوب خط و پارامترهای نگهداری و ایمنی – ویژه رؤسا، معاونین قطعات و متصدیان تعمیرات خط – ۱۳۸۱

۵۴- ماشین آلات مکانیزه در نگهداری، بهسازی و نوسازی خطوط راه‌آهن - ویژه رؤسا، معاونین قطعات و متصدیان تعمیرات خط – ۱۳۸۱
۵۵- آموزش نکات ایمنی و حفاظتی در امور ناوگان و سیر و حرکت و دپو – ویژه لکوموتیورانان – ۱۳۸۱
۵۶- نکات ایمنی در کنترل و پازرسی فنی قطارها – ۱۳۸۱
۵۷- دستورالعملهای تشخیص خرابی و نکات ایمنی در اینترلاکینگ رله‌ای – ۱۳۸۱
۵۸- آموزش پیشگیری و سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت – ویژه رؤسای قطار – ۱۳۸۲
۵۹- آموزش پیشگیری و سوانح و رعایت اصول ایمنی در سیر و حرکت – ویژه سرمانورچی و مانورچی – ۱۳۸۳
۶۰- آموزش نکات ایمنی و حفاظتی لکوموتیوهای GM – ویژه لکوموتیورانان – جلد دوم – ۱۳۸۳
۶۱- شناسایی و بازرسی فنی واگن‌های باری اوکراینی – ۱۳۸۴
۶۲- راهنمای بی‌سیم – ۱۳۸۵
۶۳- استفاده از جرثقیل‌های ریلی در جمع‌آوری سوانح – ۱۳۸۶
۶۴- شناسایی و بازرسی فنی واگن‌های باری با سیستم روسی (چاپ دوم) – ۱۳۸۶

- **کتاب‌های در مرحله آماده‌سازی و چاپ**

۱- ایمنی ارتباطات راه‌آهن
۲- آشنایی با سیستم‌های علائم الکتریکی راه‌آهن
۳- آشنایی با تجهیزات ارتباطات و علائم الکتریکی