شرکت مخابرات ایران

معاونت تنظیم مقررات

تجهیزات غیرفعال (Passive) شبکه FTTx

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

پائیز ۱۳۹۵

فهرست

عنوان **صفحه**

۱- تاریخچه ، مفاهیم و روند FTTx ۳
۲- کابل‌های فیبر نوری ۱۰
۲-۱ کابل‌های معمول فیبر نوری ۱۱
۲-۲ میکرو کابل‌های فیبر نوری ۱۱
۲-۳ کابل تک رشته و دو رشته ۱۲
۳- داکت ۱۳
۳-۱ لوله‌های کروگیت شده دارای لوله فرعی (COD) ۱۳
۳-۲ میکرو داکت ۱۴
۴- اتصالات ۱۵
۴-۱ ساختار رابط‌های نوری ۱۵
۴-۲ انواع اتصالگرهای نوری ۱۶
۴-۳ انواع رابط‌های نوری ۱۷
۴-۴ تطبیق دهنده یا آداپتور ۱۹
۴-۵ پریز نوری (OTO) ۱۹
۵- مفصل ۲۰
۶- رک‌ها و کابینت‌ها ۲۰
۶-۱ رک‌ها و کابینت‌های داخل ساختمان ۲۱
۶-۲ کابینت‌های توزیع فیبر نوری خارج ساختمان (ODC) ۲۲
۶-۳ جعبه دیواری توزیع فیبر نوری- داخل ساختمان (OCDB-Indoor) ۲۲
۶-۴ جعبه دیواری توزیع فیبر نوری- خارج ساختمان (OCDB-Outdoor) ۲۳

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

بسمه تعالی

تجهیزات غیرفعال (Passive) شبکه FTTx

۱- تاریخچه، مفاهیم و روند FTTX[1]

۱-۱ تاریخچه

در اواخر دهه ۸۰ ایده استفاده از فیبر با توجه به پهنای باند زیاد و افت بسیار کم آن و همچنین امنیت و قابلیت اطمینان بالای آن در شبکه‌های توزیع و دسترسی مطرح شد. اهمیت شبکه‌های دسترسی با توجه به نحوه ارائه سرویس باند به مشترکین در مخابرات و مقوله حفظ مشتریان فعلی و جذب مشتریان جدید، در دراز مدت منجر به جایگزینی فیبر به عنوان فناوری مناسب‌تر در زمینه دسترسی باند پهن گردید.

بزرگترین محرک بکارگیری فیبر در شبکه دسترسی، ارائه سرویس‌ها می‌باشد. بازار مشتریان این سرویس‌ها بسیار وسیع و رو به رشد است و هر زمینه مسکونی و تجاری را شامل می‌شود.

امروزه شبکه‌های دسترسی فیبر در انواع مختلفی معرفی شده و بسته به نقطه پایان‌دهی فیبر، اسامی مختلفی در فناوری FTTx می‌یابند که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

به طور کلی شبکه‌های دسترسی فیبری را می‌توان به دو گروه فعال و غیر فعال دسته بندی نمود. ساختار فعال شامل دو نوع شبکه‌های دسترسی تا خانه و شبکه دسترسی اترنت ستاره‌ای فعال می‌باشد.

[1] Fiber To The x

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

الف) شبکه‌های دسترسی تا خانه (Home Run Fiber)

در این ساختار OLT[1] در CO[2] و ONT[3] در محل مشتری واقع است و در این مسیر فیبر کشیده خواهد شد. OLT و ONT هر دو عناصر فعال می‌باشند و به یک لیزر نوری مجهزند. فاصله مشترکین تا CO می‌تواند تا ۸۰ کیلومتر باشد و ارتباط هر مشترک به صورت دو طرفه اختصاصی میسر است. در این ساختار بیشترین فیبر مصرف می‌شود.

ب) شبکه دسترسی اترنت ستاره‌ای فعال (Active Star Ethernet)

این ساختار یک ترکیب نقطه به نقطه است که در آن چند مشتری از یک فیبر تغذیه می‌کنند. معمولاً در محل گره میانی سوئیچ‌هایی به منظور تجمیع فیبرهای دسترسی مستقر شده‌اند و می‌توانند به صدها خانه سرویس دهی داشته باشند. این روش فعال، نسبت به روش قبل با کاهش فیبر مصرفی، منجر به کاهش هزینه می‌شود.

ساختارهای غیر فعال نیز به xPON[4]ها معروفند.

الف) شبکه دسترسی نوری غیر فعال PON

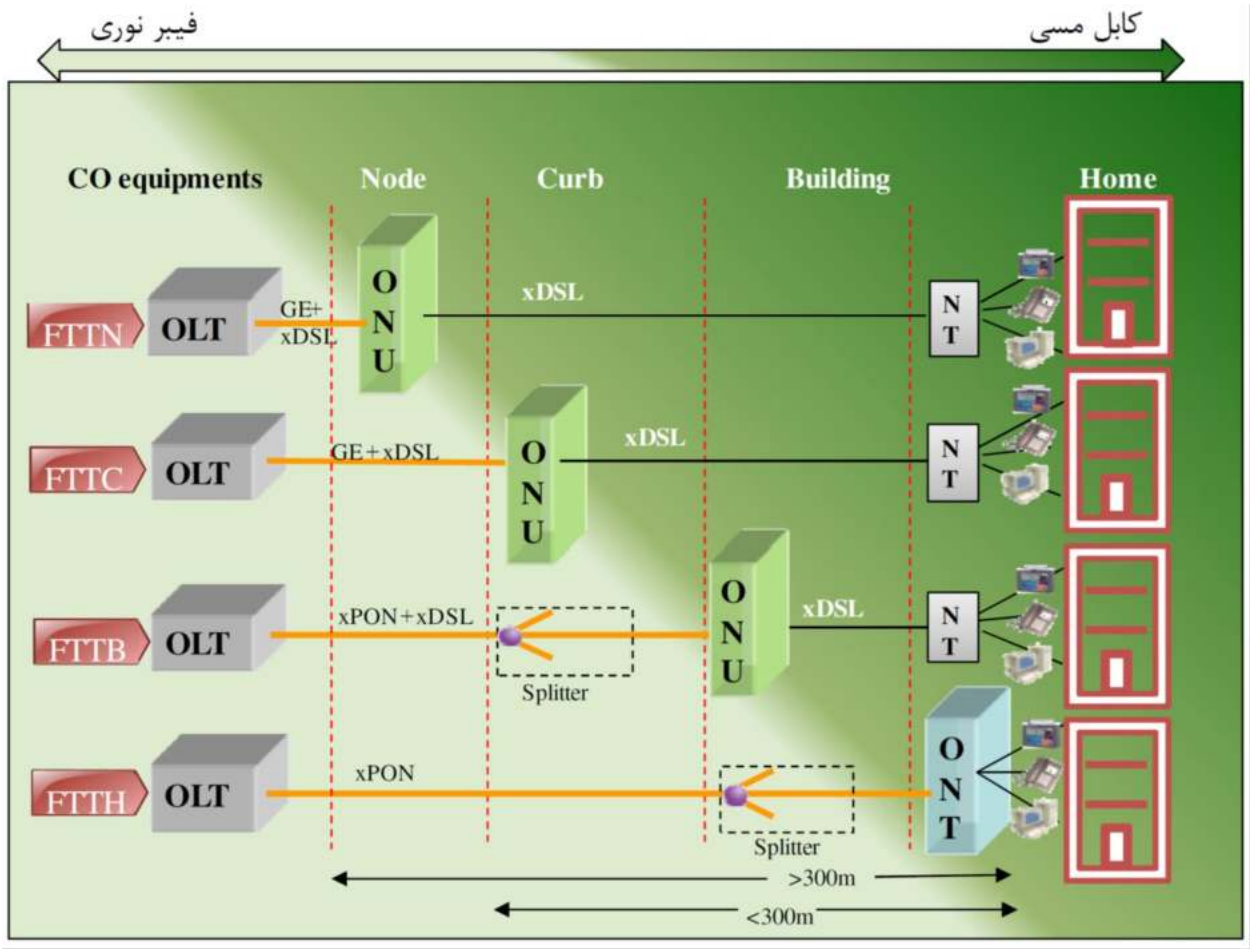
PON دارای ساختار یک نقطه به چند نقطه (P2MP[5]) است که در ان چندین کاربر از یک پهنای باند اشتراکی استفاده می‌کنند. در این شبکه شبکه از اسپلیترهای نوری برای تقسیم پهنای باند از یک فیبر واحد بین چندین کاربر استفاده می‌شود. در روش فوق OLT در CO و ONT در محل مشتری قرار می‌گیرد، اما تجهیزات میانی و اسپلیترها در فاصله بین آنها غیر فعال می‌باشند. نسخه‌های رایج PONها که از تکنیک TDM[6] استفاده می‌کنند، در انواع APON[7]، BPON[8]، EPON[9] و GPON[10] عرضه شده‌اند که هر یک از آنها در ساختار و پیکربندی متفاوت می‌باشند.

۱-۲ مفاهیم و ساختار FTTx

FTTx به ساختارهای مختلف انتقال سیگنال توسط فیبر نوری (همراه با کابل مسی) اشاره می‌کند. از جمله ساختارها می‌توان به FTTN[11]، FTTC[12]، FTTB[13] و FTTH[14] اشاره کرد.

[1] Optical Line Terminal
[2] Central Office
[3] Optical Network Terminal
[4] x Passive Optical Network
[5] Point 2 Multi Point
[6] Time Division Multiple
[7] ATM Passive Optical Network
[8] Broadband Passive Optical Network
[9] Ethernet Passive Optical Network
[10] Gigabit Passive Optical Network
[11] Fiber To The Node
[12] Fiber To The Curb/Cabinet
[13] Fiber To The Building
[14] Fiber To The Home

اداره استانداردها و قوانین بین الملل



شکل ۱. ساختارهای متداول FTTx

FTTH تنها ساختاری است که تماماً توسط فیبر نوری پیاده‌سازی می‌شود. در ساختار FTTH فیبرنوری از مرکز تلفن محلی(تجهیزات OLT) تا تجهیزات مشترک (ONT) کشیده می‌شود. ساختار اخیر حالت ایده‌آل برای مشترک بوده ولی هزینه کلی آن نسبت به سایر روش‌ها (هم برای اپراتورها و هم برای کاربران) گران‌تر تمام می‌شود.

معمولاً این ساختارها همراه با یکدیگر بررسی شده و نمایش داده می‌شوند. با توجه به اینکه ONU[1] در کدام نقطه در خارج از محل مرکز تلفن (OSP[2]) قرار بگیرد، روش مذکور نام گذاری می‌شود.

[1] Optical Network Unit
[2] Out Side Plan

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۱-۲-۱ ساختار FTTN

با توجه به شکل ۱ در ساختار FTTN از ترکیب سیم مسی و فیبر نوری استفاده می‌شود. شبکه فیبر نوری ممکن است بصورت AON[1] و یا PON[2] باشد. در شبکه مسی ممکن است از فناوری‌های متنوع xDSL[3] یا اترنت استفاده شود. این روش برای مواقعی که نتوان از فیبر نوری با مسافت بلند استفاده نمود و فناوری موجود سیم مسی از قبل وجود داشته باشد، مناسب است. فناوری‌هایی نظیر VDSL[4] و ... بسیار مفید می‌باشد. این فناوری به کاربران نهایی اجازه می‌دهد که امکانات جانبی کامل‌تری از سرویس‌های ارائه شده را دریافت کنند.

۱-۲-۲ ساختار FTTC

با توجه به شکل ۱ زیر ساخت شبکه FTTC شامل نصب فیبر نوری تا ۳۰۰ متری خانه‌ها یا محل‌های کار می‌باشد. ارتباط با مشترکین از طریق سیم مسی با فناوری xDSL یا کابل کواکسیال از کابینتی که در خیابان (Curb) قرار دارد برقرار می‌شود.

۱-۲-۳ ساختار FTTB

با توجه به شکل ۱ ساختار FTTB به ساختاری اطلاق می‌شود که در آن یک مسیر ارتباطی بر روی کابل‌های فیبرنوری، از تجهیزات سوئیچینگ اپراتور مخابراتی تا (حداقل) حصا مالکیت شخصی خانه یا محل کار مشترک یا مشترکین کشیده می‌شود اما فیبر نوری قبل از ورود به فضای زندگی خانه یا فضای محل کار و جایی که مسیر تا مشترک بر روی ارتباط فیزیکی دیگری بجز فیبر (مثلاً حلقه‌های مسی) ادامه می‌یابد، پایان می‌یابد.

تعبیر FTTB یک فرم انتقالی می‌باشد که بعنوان وسیله و روشی جهت ارسال سرویس‌ها به ساختمان‌های موجود در جهت میل به ساختار FTTH مرتبط (برای مثال برای ساختمان‌های جدید) بکار می‌رود.

با امتداد کابل‌های فیبرنوری از نقطه پایان فیبر تا فضای زندگی خانگی یا فضای محل کار، FTTB می‌تواند به FTTH کامل تبدیل گردد. این تبدیل مطلوب است زیرا FTTH ظرفیت ایده‌آل‌تر و ماندگاری بیشتری در مقایسه با FTTB دارد.

در این روش نیز می‌توان از محل ONU با فناوری xDSL به مشترکین موجود در آپارتمان سرویس داد.

این تعریف، ساختارهایی که کابل فیبر نوری در فضای عمومی (مثلاً کابینت خیابانی اپراتور) پایاندهی می‌شود، را شامل نمی‌شود.

۱-۲-۴ ساختار FTTH

با توجه به شکل ۱ FTTH ساختاری است که در آن یک مسیر ارتباطی روی کابل های فیبر نوری از تجهیزات سوئیچینگ اپراتور مخابراتی به (حداقل) فضای خانه یا محل کار کشیده شده است.

---

[1] Active Optical Network
[2] Passive Optical Network
[3] x Digital Subscriber Line
[4] Very high Digital Subscriber Line

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

این مسیر با هدف انتقال ترافیک مخابراتی به یک یا چند مشترک و برای ارائه یک یا چند سرویس (مثلاً دسترسی به اینترنت، تلفن و یا ویدئو) کشیده می‌شود.

این تعریف شامل ساختارهایی که فیبرنوری قبل از رسیدن به خانه یا محل‌کاری که مسیر دسترسی از آنجا به بعد بر روی ارتباط فیزیکی به غیر از فیبر (مثلاً حلقه‌های مسی) کشیده خواهد شد تمام می‌شود ، نمی‌باشد.

همچنین این تعریف، ساختارهایی که فیبرنوری در مکان‌های عمومی (مثلاً کابینت خیابانی اپراتور) و جایی که مسیر دسترسی تا مشترکین بر روی ارتباط فیزیکی دیگری (مثلاً حلقه‌های مسی) کشیده می‌شود، را شامل نمی‌شود.

۱-۲-۵ ارزیابی ساختارهای FTTH، FTTC، FTTB

در این قسمت سه ساختار متداول و بیان شده در فوق از لحاظ قابلیت های پشتیبانی شده و هزینه های مرتبط مورد ارزیابی قرار می گیرد. بنابراین برای اجرا و پیاده سازی هر کدام از ساختارهای مذکور با توجه به شرایط مورد نیاز، بایستی تصمیم نهایی اتخاذ شود.

بطور کلی برای ساختار FTTH، قابلیت ها و نکات زیر مورد توجه می باشد:

این ساختار توانایی ارائه سرویس‌های متنوع با پهنای باند بالا را دارا بوده و از انعطاف پذیری بالایی برخوردار است. کاربرد آن برای خانه ها، مراکز تجاری، مراکز دولتی و ساختمان‌های بلند مناسب می‌باشد.

البته هزینه‌های سرمایه گذاری آن بدلیل استفاده طول بیشتر فیبر و هزینه‌های کابل کشی و داکت گذاری نسبت به سایر ساختارها گران‌تر می‌باشد. از طرفی بخاطر عدم وجود سیستم های فعال در فضای باز (OSP)، هزینه‌های عملیاتی و نگهداری آن بسار کم می‌باشد.

ساختار FTTC، در شرایطی بکار برده می‌شود که طرح موجود کافوهای نوری برقرار بوده و فیبر نوری تا محل کافوی مذکور از قبل مهیا شده است. بنابراین با نصب تجهیزات ONU در این محل و با استفاده از فناوری‌های باند پهن (xDSL) می‌توان به مشترکین خانگی، تجاری و مراکز دولتی، با پهنای باند و مسافت پشتیبانی شده توسط این فناوری، سرویس‌های مورد نظر را ارائه داد. هزینه‌های سرمایه گذاری شامل هزینه تجهیزات فعال و تأسیسات مورد نیاز در OSP می باشد. هزینه‌های عملیاتی و نگهداری در مقایسه با سایر ساختارها بیشتر است.

ساختار FTTB ساختاری بینابین بوده و بیشتر برای ساختمان‌های بلند چند طبقه یا برج‌های تجاری و با آپارتمان‌های استیجاری مناسب می‌باشد. هر چند در گذشته تجهیزات طرف مشترکین در نزدیکی این محل‌ها (Outdoor) قرار می‌گرفت و با روش‌های سیم مسی مرتبط می‌شد، لیکن امروزه تجهیزات مشترک می‌تواند در داخل ساختمان (Indoor) قرار گرفته و از آنجا با استفاده از فناوری‌های شبکه محلی با سیم (LAN[1]) ، بدون سیم (Wireless LAN) یا xDSL به مشترکین نهایی سرویس‌های مورد نظر را ارائه کرد. هزینه‌های سرمایه گذاری مطابق با شرایط مشترکین، نوع سرویس و

[1] Local Area Network

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

پهنای باند درخواستی تعیین می‌شود. هزینه‌های عملیاتی و نگهداری نیز از ساختار FTTH بیشتر بوده ولی می‌تواند از ساختار FTTC کمتر باشد.

۱-۳ روند تکامل شبکه دسترسی نوری

با فرض شبکه دسترسی از نوع مسی که بیشتر برای ارائه صوت مبتنی بر TDM به کار می‌روند، اجرای هر یک از مفاهیم ساختار FTTx بدلیل وجود محدودیت‌ها شبکه دسترسی مسی ، با چالش‌هایی روبرو خواهد بود و تکامل شبکه دسترسی نوری و اجرای هر یک از مفاهیم ساختار FTTx با توجه به نیاز مشتری و در نظر گرفتن صرفه اقتصادی صورت خواهد پذیرفت این در حالی است که در آینده نسل‌های بعدی PON (به همان صورتیکه چندین نسل خط مشترک دیجیتال (DSL) داشتیم) در دسترس خواهند بود و محرک‌هایی وجود دارد که بعضی از آنها با هدف دستیابی به ظرفیت بیشتر، هزینه کمتر، سرویس‌های جدیدتر و تنوع کیفیت سرویس (QoS[1]) و گسترش داده را پیاده سازی کنیم.

[1] Quality of Service

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

بمنظور اجرای طرح‌های FTTx به تجهیزات غیر فعال (Passive) از جمله کابل‌های فیبر نوری ، داکت ، کابینت‌های توزیع فیبر نوری، جعبه‌های توزیع فیبر نوری، مفصل‌ها، اتصالگرها (کانکتور)، رابط‌های نوری و ... نیاز می‌باشد. در جدول ۱ لیست مشخصات فنی و دستورالعمل‌های اجرایی لازم جهت اجرای طرح‌های FTTx آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات فنی تجهیزات و دستورالعمل‌های اجرایی لازم جهت اجرای طرح FTTx

ردیف		عنوان	وضعیت	زمان تقریبی تکمیل سند
۱	مشخصات فنی	مشخصات فنی انواع کابل‌های فیبر نوری	درحال بازنگری	۹۵/۸
۲		مشخصات فنی انواع کانکتورهای نوری	تدوین شده	-----
۳		مشخصات فنی مفصل کابل‌های فیبر نوری خاکی و هوایی	تدوین شده	-----
۴		مشخصات فنی جعبه دیواری توزیع کابل‌های نوری OCDB (Indoor & Outdoor)	درحال بروز رسانی	۹۵/۱۱
۵		مشخصات فنی لوله‌های مخابراتی COD (Corrugated Optical Ducts)	تدوین شده	-----
۶		مشخصات فنی انواع رابط‌های نوری (پیگتیل و پچکورد)	تدوین شده	-----
۸		مشخصات فنی میکروداکت	در حال تدوین	۹۵/۱۰
۹		مشخصات فنی میکرو کابل‌های نوری	در حال تدوین	۹۵/۱۲
۱۰		مشخصات فنی اسپلیتر نوری (Optical Splitter)	در حال تدوین	۹۵/۱۰
۱۱		مشخصات فنی مفصل خاکی میکرو کابل‌های فیبر نوری	-----	۹۶/۸
۱۲		مشخصات فنی مفصل هوایی میکرو کابل‌های هوایی	-----	۹۶/۹
۱۳		مشخصات فنی OTO (Optical Telecommunication Outlet)	-----	۹۵/۱۲
۱۴	دستورالعمل اجرایی	دستورالعمل مفصل‌بندی کابل‌های فیبر نوری خاکی و کانالی	تدوین شده	-----
۱۵		دستور العمل کابل کشی و مفصل‌بندی هوایی فیبر نوری	تدوین شده	-----
۱۶		دستور العمل آزمایش و تحویل کابل‌های فیبر نوری	تدوین شده	-----
۱۷		دستورالعمل اجرایی لوله‌های مخابراتی COD (Corrugated Optical Ducts)	تدوین شده	-----
۱۸		دستورالعمل اجرایی میکرو داکت	-----	۹۵/۲
۱۹		دستورالعمل اجرایی میکرو کابل‌های نوری هوایی- کانالی- خاکی	-----	۹۶/۵
۲۰		دستورالعمل اجرایی نصب و راه اندازی ODC (Optical Distribution Cabinets)	-----	۹۶/۶

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۲- کابل‌های فیبر نوری

کابل‌های فیبرنوری به جهت ایجاد محافظی مناسب برای تارهای فیبرنوری و متناسب با محیط هـای FTTX مختلـف بـا شرایط جغرافیایی متفاوت تولید می‌شوند .کابل‌های مورد استفاده در شبکه دسترسی شامل کابل های معمـول فیبـر نـوری (خاکی، کانالی، هوایی) ، میکرو کابل‌های فیبر نوری (خاکی، کانالی، هوایی) ، دسته فیبرهای مخصـوص نصـب بـا هـوای فشرده هستند. تارهای نوری مورد استفاده در کابل‌ها شامل بنا به کاربرد مربوطه شامل انواع متفاوتی است که در ذیـل بـه معرفی برخی از آنها پرداخته می‌شود.

الف) فیبر تک مد مطابق استاندارد G.652

فیبرهای مورد استفاده در کابل‌های معرفی شده در این قسمت که در خارج از خانه‌های شخصی، آپارتمان‌ها، ساختمان‌های تجاری و داخل ساختمان شرکت‌های مخابراتی بکار می‌روند، مطابق استاندارد ITU-T هستند. در واقع این فیبرهـا بـرای استفاده در کابل‌های آویز و توزیع شبکه دسترسی FTTH طراحی شده‌اند. فیبر تک مـد G.652 دارای پاشـش صـفر در طول موج ۱۳۱۰ nm است. همچنین این فیبر برای استفاده در طول موج ۱۵۵۰ nm مناسب است. خطوط انتقال آنالوگ و دیجیتال می‌توانند از این فیبر استفاده کنند. قطر غلاف این فیبر ۱۲۵μm است. پارامترهای مهمی در فیبـر نـوری تعریـف می‌شوند که به شرح زیر می باشند.

۱. اتلاف درشت خمش : این اتلاف به طول موج، شعاع خمش و تعداد دورهای آن با شعاع مشخص، بستگی دارد.

۲. ضریب پاشش رنگی : افزایش مقدار پاشش رنگی در طول خط انتقال سبب مغشوش شدن اطلاعات و یا از بین رفـتن کامل آنها است. بیشترین طول موجی که پاشش در آن صفر است با λ_{0max} و کمترین آن با λ_{0min} نشان داده می شود.

۳. پاشش مد پلاریزاسیون : پاشش مد پلاریزاسیون در اثر ساخت نامناسب فیبرنوری و هرگونه اشکال در یکنواختی و پهن شدگی فیبر و تغییرات قطر فیبر ایجاد می شود .تاثیر این پارامتر در سرعت بالای انتقال اطلاعات بیشتر مشهود می‌باشد.

۴. طول موج قطع یک فیبر : به حداقل طول موجی گفته می شود که انتشار هر طول موج کوچکتر از آن، به صورت تک مد است .این پارامتر برای هر فیبر در زمان ساخت تعیین می‌شود.

استاندارد G.652 شامل چهار نوع فیبر است که در مشخصه‌های فنی تدوین شده در مخابرات از نوع D استفاده می‌شـود. نوع D در محدوده وسیعی از ۱۳۶۰ nm تا ۱۵۳۰ nm استفاده می شود. نوع D نسبت به فیبرهـای نـوع B بهبـود یافتـه است.

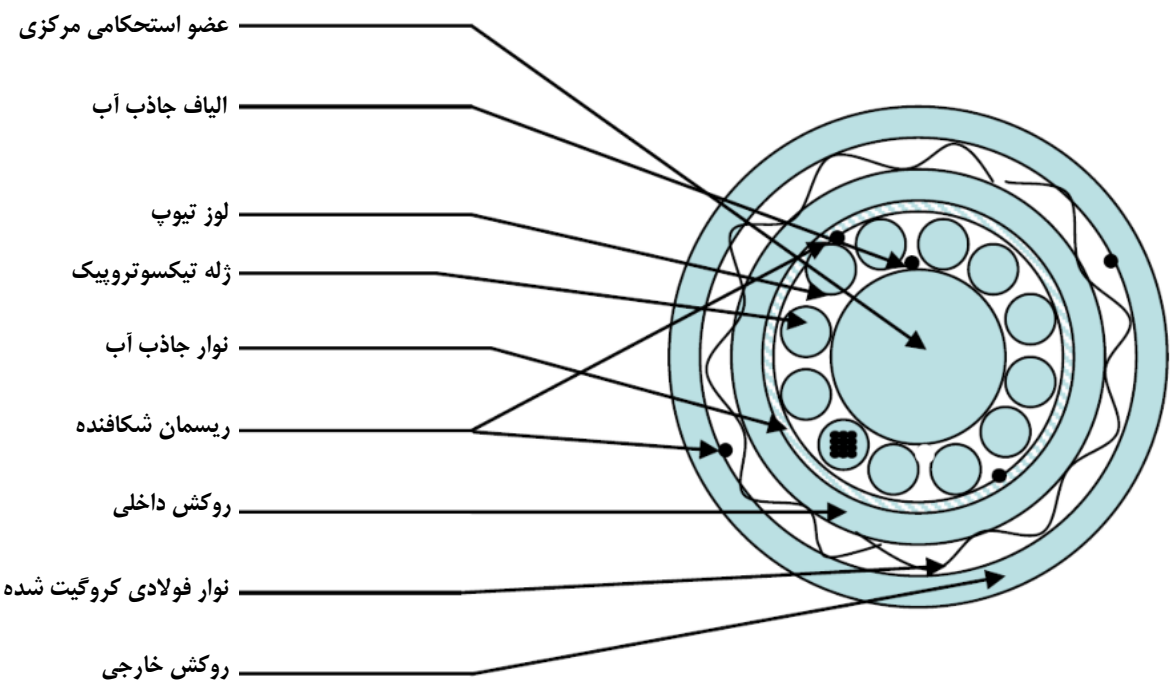
ب) فیبر تک مد مطابق استاندارد G.657

استفاده از فیبرهای G.652 به دلیل محدودیت در شعاع خمش، در داخل ساختمان‌ها با مشکلات زیادی همراه اسـت. بـه همین دلیل فیبر G.657 را مطابق با مشخصه‌های فیبر G.652 طراحی نمودند. تفاوت این دو فیبر تنها در شعاع خمـش انعطاف پذیر فیبر تک مد G.657 است. شعاع خمش در فیبر G.652 بایـد بیشـتر از ۳۰mm و در فیبـر G.657 بیشـتر از ۱۵mm باشد. در طراحی شبکه FTTH استفاده از این فیبر برای کابل‌های داخلی پیشنهاد شده است.

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۲-۱ کابل‌های معمول فیبر نوری

این نوع کابل‌های فیبر نوری شامل انواع خاکی ، کانالی و هوایی می‌باشند که در شبکه مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر یک از کابل‌های فوق بر اساس تعداد تارهای نوری تقسیم بندی می‌شوند. فیبر مورد استفاده در این کابل از نوع معرفی شده توسط استاندارد ITU-T G.652 نوع D است. شکل ۲ شماتیکی از مقطع کابل خاکی ۹۶ تا ۱۴۴ کر را نشان می‌دهد.



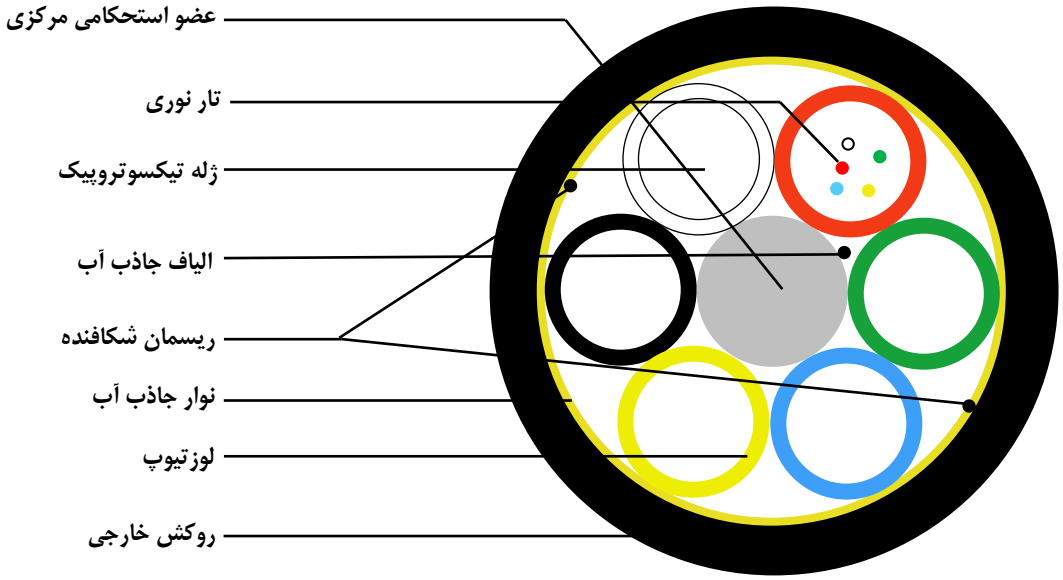
شکل ۲. شماتیک مقطع کابل خاکی ۹۶ تا ۱۴۴ کر

۲-۲ میکرو کابل‌های فیبر نوری

یکی دیگر از کابل‌های مورد استفاده در شبکه دسترسی نوری، میکرو کابل‌های فیبر نوری است. این کابل‌ها شامل انواع خاکی ، کانالی و هوایی بسته به نوع طراحی شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر اساس طراحی شبکه فیبر مورد استفاده در این کابل‌ها می‌تواند از نوع معرفی شده توسط استاندارد ITU-T G.652 و یا ITU-T G.657 باشد. برای تشخیص تیوب‌های مورد استفاده هنگام گرفتن انشعاب و یا اتصال دو کابل به یکدیگر، برای هر تیوب مطابق استاندارد از رنگ خاص استفاده شده و طرز قرار گرفتن آنها در کنار یکدیگر نیز از نظم خاص و استاندارد پیروی می‌کند. درون هر تیوب نیز، فیبرها با رنگ‌های مجزا و استاندارد بکار برده شده‌اند. مانند هر کابل، کابل برای نصب با هوای فشرده نیز شامل یک

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

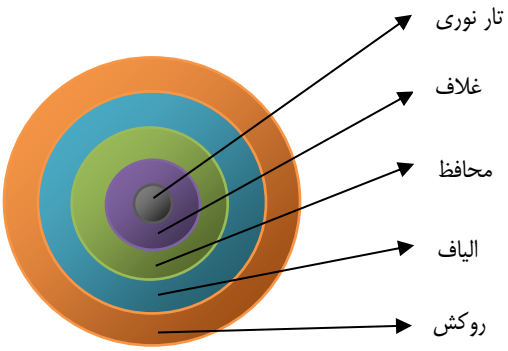
قسمت محکم در مرکز برای کشیدن کابل در کانال و نخ تابیده شده بـرای محافظـت کابـل و فیبـر در مقابـل نفـوذ آب می‌باشد. شکل ۳ شماتیکی از مقطع میکرو کابل نوری–کانالی تا ۷۲ کر را نشان می‌دهد.



شکل ۳. شماتیک مقطع میکرو کابل نوری–کانالی تا ۷۲ کر خاکی

۳-۲ کابل تک رشته و دو رشته

از دیگر کابل‌های مورد استفاده در شبکه FTTx، کابل تک رشته و دو رشته در فضای داخل ساختمان است. این کابـل‌هـا برای نصب پیگتیل‌ها و پچ کوردها طراحی شده و قابلیت اتصال یک تجهیز با پانل توزیع و یا دو تجهیز را با یکدیگر فراهم می‌کنند. در این نوع کابل‌ها از دو نوع فیبر G.652 و G.657 استفاده می‌شود. استفاده از فیبر G.657 بدلیل انعطاف پذیری بالا و شعاع خمش کم سبب می‌شود در محل‌هایی که نیاز به خم کردن کابل است آسیبی به فیبر و کابل نرسد. در شکل ۴ شماتیکی از مقطع کابل‌های تک رشته نشان داده شده است.



شکل ۴ شماتیک مقطع کابل‌های تک رشته

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۳- داکت (Duct)

برای انتقال کابل‌ها و فیبرهای نوری از یک ناحیه به ناحیه دیگر به صورت خاکی از داکت استفاده می‌شود. داکت در مقابل ضربه و فشارهای وارد بر آن بسیار مقاوم بوده و از آسیب فیبر و کابل جلوگیری می‌کند. برای نصب فیبر و کابل، ابتدا مسیری که فیبر باید طی کند مشخص شده و زمین به اندازهای که مخابرات و شهرداری اعلام می‌کند، گود می‌شود. داکت‌ها درون خاک قرار می‌گیرند. کابل‌ها یا با استفاده از نیروی کششی و یا با استفاده از فشار هوا به داخل داکت‌ها هدایت می‌شوند.

بر اساس انواع کابل‌های فیبر نوری داکت‌ها نیز دارای دسته بندی‌های متفاوتی هستند که در زیر به مهمترین آنها اشاره شده است.

هر یک از انواع داکت‌ها می‌تواند در موقعیتی مناسب و متناسب با طراحی مربوطه در شبکه FTTx بین مراکز مخابراتی تا تجهزات مشترک مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۱ لوله‌های گروگیت شده دارای لوله‌های فرعی (COD[1])

این لوله‌های دارای سطحی موج دار به دوصورت حلقوی و دایره‌ای می‌باشد که دورن آن لوله‌های فرعی قرار می‌گیرند که بنا به محل مورد استفاده و نیاز تعداد این لوله‌ها متغییر می‌باشد. این لوله‌های بطور مستقیم در زیر خاک دفن می‌شوند و با استفاده از روش دمش هوای فشرده کابل‌های مورد نظر را درون آن‌ها نصب می‌کنند. بر اساس الزامات مربوطه لوله اصلی به رنگ نارنجی و لوله های فرعی مطابق با رنگ‌بندی لوزتیوپ کابل‌های فیبر نوری از استاندارد مشخصی تبعیت می‌کنند. در شکل ۵ نمونه‌ای از لوله های COD با چهار و پنج لوله فرعی نشان داده شده است.

شکل ۵. لوله های COD با چهار و پنج لوله فرعی

[1] Corrugated Optical Duct

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۳-۲ میکرو داکت (Micro Duct)

۳-۲-۱ میکرو داکت خاکی

این داکت‌ها برای نصب فیبرهای سبک و کم حجم با استفاده از دمش هوای فشرده مورد استفاده قرار می‌گیرند. متناسب نیاز و محل استفاده آنها، داخل هر داکت می‌تواند شامل تعداد متفاوتی از تیوب‌ها باشد. رنگ روکش نهایی این داکت نارنجی و رنگ تیوپ‌ها مطابق با الزامات مربوطه و مشخص شده می‌باشد. این نوع داکت‌ها به جهت دفن مستقیم در خاک مورد استفاده قرار می گیرند. ساختار فیزیکی این نوع داکت ها متنوع می‌باشد که شکل ۶ نوع ۷ کاناله از این داکت‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۶. میکروداکت ۷ کاناله

۳-۲-۲ میکرو داکت کانالی

این داکت‌ها نیز برای نصب فیبرهای سبک و کم حجم با استفاده از دمش هوای فشرده مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنها تفاوت این نوع داکت‌ها با نوع خاکی میزان استحکام آنها می‌باشد. با توجه به اینکه این داکت‌ها خود درون کانال‌های مربوطه قرار می‌گیرند دارای استحکام مکانیکی پایین‌تری نسبت به میکرو داکت‌های خاکی می‌باشند.

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۴- اتصالات

در مخابرات نوری برقراری اتصال مناسب بین خطوط فیبر نوری، برای ارتباط گره‌های شبکه، یکی از مهمترین پارامترها است. تعداد اتصالات در شبکه فیبر نوری به طول خطوط و تعداد عناصر استفاده شده در آنها وابسته است. با گسترش شبکه، خطوط ارتباطی طویل‌تر و تعداد عناصر نوری مورد نیاز در شبکه بیشتر می‌شود. برای ارتقاء کیفیت ارتباط نوری لازم است حتی الامکان میزان افت و نویز در آن کاهش یابد. یکی از عوامل تولید کننده افت و نویز در خطوط ارتباطی نوری محل‌های اتصال در شبکه است. این اتصالات می‌توانند به دو صورت دائمی و یا موقت برقرار شوند. اتصالات دائمی از طریق همبافت‌گر فیبرهای نوری یا اتصالگرهای مکانیکی صورت می‌گیرند، در حالی که رابطهای نوری برقرارکننده اتصالات موقت در شبکه هستند و می‌توانند برای قطع و وصل مکرر آنها مورد استفاده قرار گیرند. اگر چه دقت در برقراری هر دو نوع اتصال ذکر شده مهم است اما از آنجا که اتصالگرها باید دارای امکان برقراری متعدد اتصال کم افت و کم نویز باشند لازم است در ساخت آنها پارامترهای ویژه‌ای در نظر گرفته شود.

۴-۱ ساختار رابطهای نوری

رابط‌های نوری در انواع متنوع و با کاربردهای مختلف، دارای چها جزء مشترک، شامل فرول، بدنه اتصال‌گر، تجهیزات جفت کنندگی و کابل هستند.

۴-۱-۱ فرول

برای تنظیم دقیق امتداد فیبر نوری در اتصالگر، فیبر درون، و در مرکز حلقه ای با قطر کمی بزرگتر از قطر غلاف فیبر قرار می‌گیرد که فرول نام دارد. فرول حساس‌ترین و مهمترین بخش فیش است و انتهای فیبرهای تک مود یا چند مود را محبوس و محکم می‌کند. فرول ها عموماً از جنس فلز یا سرامیک هستند اما نوع پلاستیکی آنها نیز موجود است.

۴-۱-۲ بدنه اتصالگر

بدنه اتصالگر که معمولاً از جنس فلز یا پلاستیک ساخته می شود فرول را در بر گرفته و شامل قطعاتی است که فیبر را در موقعیت خود ثابت نگه می دارند. جزئیات این قطعات برای اتصالگرهای مختلف متفاوت است. فرول در انتهای بدنه به تجهیزات جفت کنندگی متصل می‌شود.

۴-۱-۳ تجهیزات جفت شدن

در اغلب اتصالگرهای نوری، برخلاف اتصالگرهای الکتریکی که دارای ساختار جفت شدن نر و مادگی هستند، از نحوه جفت شدگی دیگری که شامل آستین تنظیم کننده است استفاده می شود. در صورت استفاده از این ساختار هر دو فیبرنوری گیرنده و فرستنده، برای اتصال به یکدیگر باید در قطعه مشابهی مونتاژ شوند. تطبیق دهنده و واسط ورودی از تجهیزات جفت کنندگی به شمار می آیند.

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۲-۴ انواع اتصال‌گرهای نوری

اتصالگرهای نوری بر اساس مشخصات و کاربردهایشان دارای انواع متنوعی هستند. اتصالگرهای FC، SC، ST، DIN و LC از پرکاربردترین این اتصالگرها می باشند.

۱-۲-۴ اتصالگر FC

یکی از معروفترین انواع اتصالگرهای نوری است و به علت دقت بالای آن، در تجهیزات فیبر نوری تک مود و در لینک‌های نوری پرسرعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اتصالگر دقیق، به کلید ضد چرخش مجهز شده و به همین دلیل امکان آسیب انتهای فیبر و حساسیت به چرخش امتداد تنظیم شده آن کاهش یافته است. همچنین این کلید برای ایجاد قابلیت تنظیم‌های متعدد، برای قرار گرفتن فیبر در کم افت‌ترین امتداد در اتصالگر، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دلیل نوع جفتشدگی ظریف و دقیق آن، این اتصالگر به خصوص در سیستم‌های مخابرات نوری پیشرفته که به پایداری زیاد و بازتاب کم احتیاج دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۷ شمای یک نمونه اتصالگر FC نشان داده شده است.

شکل ۷. اتصالگر FC

۲-۲-۴ اتصالگر SC

اتصالگر SC، اتصالگر معروف دیگری با مکانیزم قفل فشاری- کششی است. این اتصالگر در هر دو نوع تک مود و چند مود، موجود و قابل استفاده است. بدنه بیرون کلید دار آن حساسیت نسبت به چرخش را کاهش داده و از آسیب دیدن انتهای فیبر جلوگیری می‌کند. توسط یک گیره پلاستیکی ساده می‌توان دو اتصالگرSC را به یکدیگر متصل کرد و یک اتصالگر دوتایی ساخت. در شکل ۸ شمای یک نمونه اتصالگر SC نشان داده شده است.

شکل ۸. اتصالگر SC

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۴-۲-۳ اتصالگر DIN(LSA)

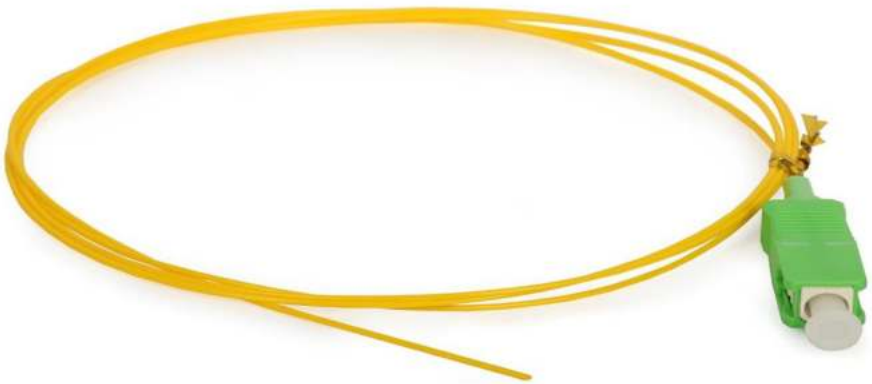
اتصالگر DIN یکی دیگر از انواع اتصالگرهاست که برای هر دو فیبر تک مود و چند مود قابل استفاده است. این اتصالگر در شبکه‌های نوری، برای کاربردهای مخابراتی، شبکه های LAN، تکنولوژی اندازه‌گیری و تلویزیون کابل قابل استفاده است. در شکل ۹ شمای یک نمونه اتصالگر DIN نشان داده شده است.

شکل ۹. اتصالگر DIN

۴-۳ انواع رابط‌های نوری

۴-۳-۱ پیگتیل (Pigtail)

یکی از رابط‌های نوری پیگتیل است که عبارت است از کابل یک یا دو رشته فیبر نوری که یک سر آن اتصالگر متصل است و سر دیگر آن آزاد می‌باشد. سر آزاد پیگتیل به روش جوش (فیوژن) به کابل نوری متصل خواهد شد. کانکتور متصل شده می‌تواند به سفارش خریدار از هر یک از انواع LC، FC، DIN و... باشد. در شکل ۱۰ نمونه‌ای از این نوع رابط نشان داده شده است.

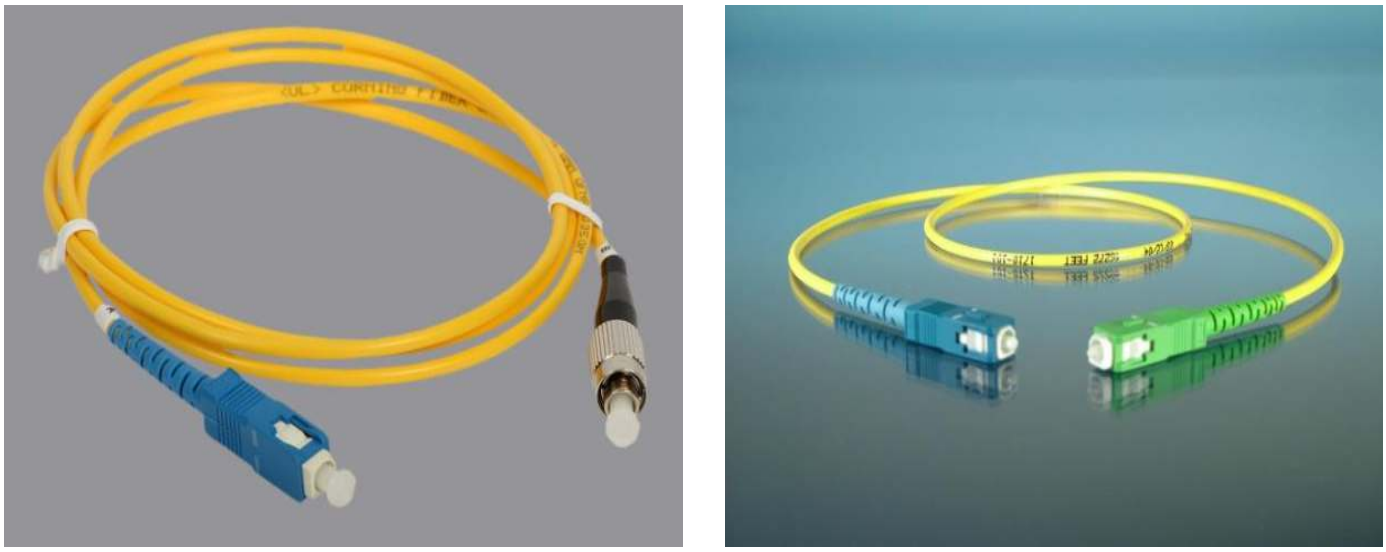


شکل ۱۰. پیگتیل

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۴-۳-۲ پچ‌کورد (Patch cord)

پچ‌کورد یکی از رابط‌های نوری است که عبارت است از کابل یک یا دو رشته فیبر نوری که دو سر آن اتصالگر متصل است. اتصالگر متصل شده می‌تواند به سفارش خریدار از هر یک از انواع LC، FC، DIN و... باشد. در شکل ۱۱ نمونه‌ای از این نوع رابط نشان داده شده است.



شکل ۱۱. دو نوع پچ‌کورد با اتصالگرهای متفاوت

۴-۳-۳ اسپلیتر نوری (Optical Splitter)

اسپلیترهای نوری از دیگر تجهیزاتی هستند که در شبکه‌های نوری جهت تقسیم یک یا دو سیگنال ورودی به ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۱۶۴ خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۱۲ نمونه‌ای از این تجهیز را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲. نمونه اسپلیتر ۱ به ۸

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۴-۴ تطبیق دهنده یا آداپتور

تطبیق دهنده یا آداپتور برای برقراری ارتباط بین دو اتصالگر استفاده می‌شود. این قطعه از یک بدنه فلزی یا پلاستیکی و یک آستین تشکیل شده است. در شکل ۱۳ برخی از انواع تطبیق دهنده‌ها نشان داده شده است.

شکل ۱۳. انواع تطبیق دهنده

۴-۵ پریز نوری (OTO[1])

پریزهای نوری از دیگر تجهیزاتی است که بعنوان آخرین تجهیز پسیو در شبکه‌های FTTH و در سمت مشترکت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به ابعاد این تجهیز و محدودیت فضاهای داخلی آن، پارامتر شعاع خمش فیبر جهت فیبر مورد استفاده در این نوع از تجهیزات بررسی و در نظر گرفته شود.

(ب) (الف)

شکل ۱۴. پربز نوری الف) تطبیق دهنده نوع SC ب) تطبیق دهنده نوع ST

[1] Optical Telecommunication Outlet

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۵- مفصل (Closure)

یکی دیگر از المانهایی که در شبکه دسترسی فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مفصل است. برخی اوقات لازم است که دو کابل فیبر نوری به یکدیگر متصل شوند و یا اینکه از یک کابل فیبرنوری انشعاب گرفته شود. در این صورت از مفصل ها استفاده می‌شود. از آنجا که برای اتصال دو کابل یا گرفتن انشعاب، روکش‌های کابل باز می‌شود، لازم است این عمل‌ها در محیطی به دور از رطوبت و گرد و خاک انجام شود تا آسیبی به تارهای فیبر نوری نرسیده و اتلاف انرژی به حداقل برسد. طراحی مفصل‌ها به صورتی انجام شده است که روکش کابل یا کابل‌های مورد نظر باز شده و تارهای فیبر نوری داخل تیوب‌ها روی کاست اتصال به یکدیگر فیوژن می‌شوند. در صورت نیاز به انشعاب گیری، به تعداد مورد نیاز فیبرها را از کابل فیبر نوری جدا کرده و با روکش کابل از مفصل، خارج می‌کنیم. محفظه مفصل به گونه‌ای آببندی می‌شود که ورود رطوبت و گرد و خاک و تارهای نوری به داخل مفصل و در نتیجه به کاست اتصال و تارهای نوری امکان پذیر نیست.

شکل ۱۵. مفصل خاکی فیبر نوری

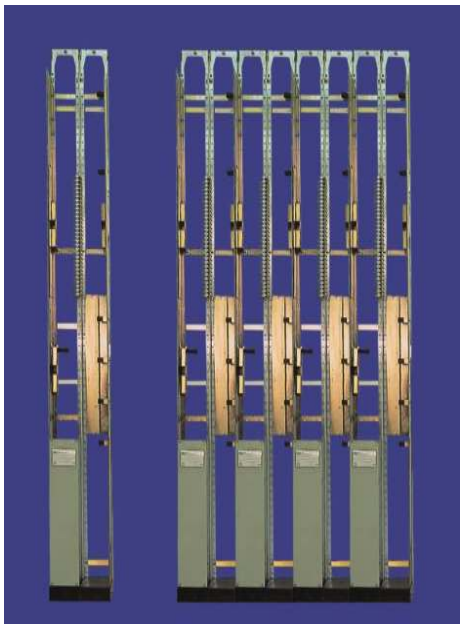
۶- رک‌ها و کابینت‌ها

یکی دیگر از المان‌هایی که در شبکه دسترسی فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد رک‌ها و کابینت‌هایی هستند که به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند.

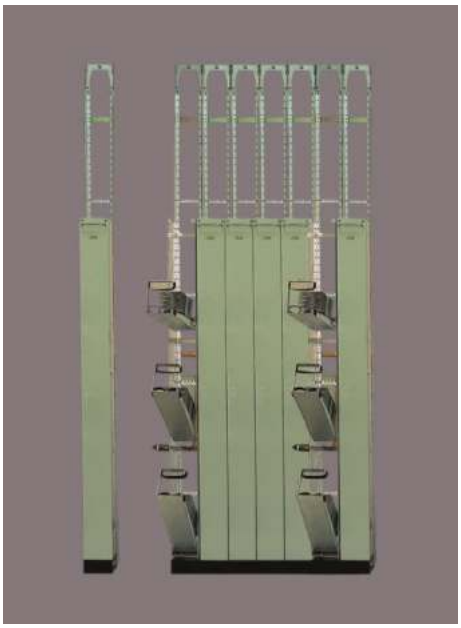
اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۶-۱ رک‌ها و کابینت‌های داخل ساختمان

در خصوص این نوع رک‌ها و کابینت‌ها می‌توان به OCDF مجزا، ODF مجزا، ODF/OCDF، OCDF پر ظرفیت ، ODF پر ظرفیت ، ODF/OCDF پرظرفیت ، OCDB اشاره نمود. هر یک از تجهیزات فوق به منظور ارتباط کابل فیبر نوری به کابل فیبر نوری و رابط‌های مربوطه و ارتقاء انعطاف پذیری شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند.



(الف)



(ب)

(ج)

(د)

شکل ۱۶. الف) رک ODF/OCDF ب) رک OCDF ج) رک OCDC د) رک ODF پر ظرفیت

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

۶-۲ کابینت‌های توزیع فیبر نوری خارج از ساختمان (ODC[1])

این کابینت بمنظور انعطاف پذیری شبکه دسترسی فیبر نوری حد فاصل بین کابل‌های فیبر نوری ورودی اصلی و انشعابات فیبر نوری هستند. در این کابینت‌ها بر اساس الزامات قابلیت‌هایی از جمله فیوژن تارهای فیبر نوری ، اتصال به رابـطهـای مربوطه (پیگتیل و پچ‌کورد) و نصب اسپلیترهای نوری وجود دارد. شکل ۱۷–الف یک نمونه از کابینت‌های توزیع فیبر نوری را نشان می‌دهد و در شکل ۱۷–ب نمای داخلی کابینت‌های فوق را که شامل شلف ، کاست‌های فیـوژن ، پانـل آدپتـور را نشان می‌دهد.

(ب) (الف)

شکل ۱۷. الف) نمای بیرونی کابینت توزیع کابل‌های فیبر نوری ب) نمای داخلی کابینت توزیع کابل‌های فیبر نوری

۶-۳ جعبه‌های دیواری توزیع فیبر نوری مورد استفاده در داخل ساختمان (OCDB[2]-Indoor)

یکی دیگر از المان‌هایی که در شبکه دسترسی فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد، کابینت‌هـای هسـتند کـه در داخـل ساختمان بصورت نصب بر روی دیوار قابل استفاده هستند. این کابینت‌ها در داخل مجتمع‌ها و خانه‌ها نصـب مـی‌شـوند و برای جوش دادن تارهای فیبر نوری و در نتیجه تحویل کابل‌های نوری اختصاصی به مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع جعبه های دیواری شامل دو نوع کم ظرفیت و پـر ظرفیـت مـی باشـند. در ایـن کابینـت هـا بـر اسـاس الزامـات

[1] Optical Distribution Cabinet
[2] Optical Cables Distribution Box

اداره استانداردها و قوانین بین الملل

قابلیت‌هایی از جمله فیوژن تارهای فیبر نوری ، اتصال به رابط‌های مربوطه (پیگتیل و پچ‌کورد) و نصب اسپلیترهای نوری وجود دارد.

(ب) (الف)

شکل ۱۸. الف)نمای بیرونی OCDB ب)نمای داخلی OCDB

۶-۴ جعبه‌های دیواری توزیع فیبر نوری مورد استفاده در خارج ساختمان (OCDB-Outdoor)

یکی دیگر از المان‌هایی که در شبکه دسترسی فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد، کابینت‌های هستند که درخارج ساختمان بصورت نصب بر روی دیوار قابل استفاده هستند. این کابینت‌ها در داخل مجتمع‌ها و خانه‌ها نصب می‌شوند و برای جوش‌دادن تارهای فیبر نوری و در نتیجه تحویل کابل‌های نوری اختصاصی به مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع جعبه‌های دیواری شامل دو نوع کم ظرفیت و پر ظرفیت می‌باشند. در این کابینت‌ها بر اساس الزامات قابلیت‌هایی از جمله فیوژن تارهای فیبر نوری ، اتصال به رابط‌های مربوطه (پیگتیل و پچ‌کورد) و نصب اسپلیترهای نوری وجود دارد.

(ب) (الف)

شکل ۱۹. الف)نمای بیرونی OCDB ب)نمای داخلی OCDB

اداره استانداردها و قوانین بین الملل