فیبر نوری چیست، چگونه کار می‌کند و چه کاربردی دارد؟

فیبر نوری (Optical Fiber/Fibre) در اصل، رشته شفاف و انعطاف‌پذیری است که معمولا از شیشه یا پلاستیک ساخته می‌شود. با جای دادن یک یا چند عدد از این تارهای شفاف درون چند لایه روکش مخصوص، کابل فیبر نوری (Fiber optics cable) پدید می‌آید. اغلب به‌جای کابل فیبر نوری، عبارت خلاصه‌تر «فیبر نوری» را به کار می‌برند. فیبر نوری مانند سیم مسی بستری برای انتقال اطلاعات در شبکه‌های کامپیوتری و مخابراتی است. و البته فیبر نوری با سیم مسی تفاوت مهمی دارند: سیم‌های مسی داده‌ها را در قالب سیگنال‌های الکتریکی جابه‌جا می‌کنند، اما فیبر نوری داده‌ها را در قالب سیگنال‌های نوری انتقال می‌دهد. به همین علت، ایجاد و نگهداری شبکه‌های مبتنی بر فیبر نوری به فناوری‌ها، تجهیزات و زیرساخت‌های متفاوتی نیاز دارد.

فیبر نوری چیست؟

فیبر نوری Fiber Optics یا Optical Fiber در اصل به رشته‌های شفاف شیشه‌ای (یا پلاستیکی) درون کابل‌های فیبر نوری گفته می‌شود. اما این عبارت در حوزه شبکه‌های ارتباطی می‌تواند معنای وسیع‌تری داشته باشد و برای اشاره به فناوری‌ها و شبکه‌های مبتنی بر فیبر نوری نیز به کار رود. در این‌صورت، منظور از «فیبر نوری»، فناوری و رسانه‌ای است که با انتقال اطلاعات به‌شکل پالس‌های نوری در رشته‌ها یا فیبرهای شفاف شیشه‌ای یا پلیمری سروکار دارد. فیبر نوری در مقایسه با کابل مسی از پهنای باند، سرعت انتقال و برد بیشتری برخوردار است. فیبر نوری در خطوط اینترنت، تلویزیون کابلی و تلفن کاربرد گسترده‌ای دارد.

ساختار فیبر نوری

کابل فیبر نوری شامل چند رشته یا تار شفاف شیشه‌ای یا پلاستیکی است. تعداد این رشته‌های شفاف بسته به نوع کابل متفاوت است و گاهی تعدادشان به چندصد رشته نیز می‌رسد.

هر تار یا رشته فیبر نوری دارای هسته‌ای از جنس شیشه یا پلاستیک شفاف است که در واقع مسیر حرکت نور است. «هسته» شیشه‌ای را لایه شیشه‌ای دیگری احاطه کرده است که به آن «غلاف» می‌گویند. این رشته‌ها را هر تعداد که باشند، روکش محافظ دیگری پوشانده است که «ضربه‌گیر» نام دارد. و سرانجام لایه دیگری موسوم به «روکش خارجی» کل این مجموعه را محافظت می‌کند. ممکن است برخی از فیبرهای نوری بین غلاف و روکش ضربه‌گیر، روکش میانی نیز داشته باشند. همچنین ممکن است دارای دو روکش ضربه‌گیر باشند. اما در کل، ساختار فیبر نوری از چهار جزء اصلی تشکیل شده است که به‌ترتیب از درون به بیرون عبارتند از:

1. هسته(Core)
2. غلاف(Clad)

3. روکش ضربه‌گیر(Buffer)
4. روکش خارجی(Outer jacket)

فیبر نوری چگونه کار می‌کند؟

فیبر نوری داده‌ها را به‌شکل ذرات نور جابه‌جا می‌کند. هر ذره نور را یک فوتون می‌نامند. فوتون‌ها مسیر درون کابل فیبر نوری را می‌پیمایند تا از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل شوند. هسته و غلاف شیشه‌ای فیبر نوری، هر کدام ضریب انعکاس متفاوتی دارند که بسته به آن، نور را با زاویه مشخصی خم می‌کنند. ضریب انعکاس هر فیبر نوری یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن است که مشخص می‌کند نور با چه میزان شکست و انعکاس در طول کابل پیش می‌رود. این ویژگی در تعیین برد سیگنال و طول کابل اهمیت دارد.

وقتی سیگنال‌های نوری درون کابل فیبر نوری حرکت می‌کنند، از سطح هسته و غلاف منعکس می‌شوند و به‌صورت جناغی یا اصطلاحا زیگزاگی در طول کابل فیبر نوری پیش می‌روند. به این حرکت، بازتاب داخلی کلی (total internal reflection) گفته می‌شود. غلاف، نورهایی را که از سطح هسته به بیرون (سمت غلاف) منعکس می‌شوند، دوباره به درون هسته بازمی‌تاباند تا سیگنال‌های نوری از دست نروند. سیگنال‌های نوری، نه با سرعت نور بلکه با ۳۰ درصد سرعت کمتر در فیبر نوری حرکت می‌کنند، زیرا چگالی لایه‌های شیشه اجازه نمی‌دهد سیگنال‌ها سریع‌تر از این حرکت کنند. اما همین سرعت نیز بسیار بیشتر از سرعت سیگنال‌های الکتریکی در کابل‌های مسی است.

انواع فیبرهای نوری از نظر نحوه انتقال سیگنال

فیبرهای نوری از نظر نحوه انتقال سیگنال به دو نوع اصلی تقسیم می‌شوند:

1. فیبر نوری تک‌حالته (Single-mode fiber)

چون هسته فیبرهای نوری تک‌حالته (سینگل‌مود) قطر کمتری دارد، احتمال تضعیف سیگنال در آن‌ها کمتر است. یکی از علل تضعیف سیگنال در فیبر نوری، برخورد مداوم سیگنال به دیواره شفاف هسته و منعکس شدن مجدد آن است که سبب می‌شود، سیگنال به‌جای مسیر مستقیم، حرکت زیگزاگی داشته باشد. پس هرچه قطر هسته کمتر باشد، هم دفعات و هم شدت انعکاس سیگنال کاهش می‌یابد و سیگنال طی حرکت خود، مسیر مستقیم‌تر و طولانی‌تری می‌پیماید. در فیبرهای نوری تک‌حالته چون قطر هسته کم است، نور عمدتا

مانند یک پرتو منفرد طول کابل را درمی‌نوردد. چون سیگنال نوری نسبتا مستقیم پیش می‌رود، مسافت بیشتری طی می‌کند. ضمنا فیبر نوری تک‌حالته پهنای باند بسیار بیشتری دارد. معمولا منبع نور فیبرهای تک‌حالته، لیزر است. باتوجه به آنچه گفته شد، فیبر نوری تک‌حالته برای انتقال داده در مسافت‌های طولانی‌تر به کار می‌رود. فیبرهای نوری تک‌حالته معمولا گران‌ترند، چون برای تولید لیزر در ورودی هسته کوچک آن‌ها محاسبات دقیق‌تری لازم است .

2. فیبر نوری چندحالته (Multimode fiber)

هسته فیبرهای نوری چندحالته (مولتی‌مود) قطر بیشتری دارد. درنتیجه، سیگنال‌های نوری در طول مسیر دفعات بیشتری به دیواره‌های هسته برخورد می‌کنند و منعکس می‌شوند و حرکت‌شان شکل زیگزاگی به خود می‌گیرد. بازتاب‌های پیاپی سیگنال به تضعیف بیشتر آن منجر می‌شود. درعوض، هرچه قطر هسته بیشتر باشد، تعداد پالس‌های نوری بیشتری درون کابل به حرکت درمی‌آیند و درنتیجه هم‌زمان داده‌های بیشتری می‌توانند منتقل شوند. اما در فیبرنوری چندحالته، احتمال از دست رفتن سیگنال و نیز تداخل سیگنال‌ها افزایش می‌یابد. درنتیجه، کابل فیبر نوری چندحالته برای انتقال داده در مسافت‌های کوتاه‌تر به کار می‌رود. برای ایجاد پالس نوری در فیبرهای نوری چندحالته معمولا از LED استفاده می‌شود.

انواع کابل فیبر نوری از نظر جنس مواد

کابل‌های فیبر نوری از نظر جنس هسته و غلاف، سه نوع هستند: فیبر نوری با هسته و غلاف شیشه‌ای، فیبر نوری با هسته و غلاف پلاستیکی (POF) و فیبر نوری با هسته شیشه‌ای و غلاف پلاستیکی .(PCF) اما این سه نوع فیبر نوری چه تفاوت‌ها و چه مزیت‌هایی دارند؟

فیبر نوری شیشه‌ای(GOF)

در فیبر نوری شیشه‌ای یا GOF مخفف Glass Optical Fiber، هم هسته و هم غلاف از شیشه ساخته می‌شود. فیبر نوری شیشه‌ای مرغوب‌ترین و اصیل‌ترین نوع فیبر نوری است. در ابتدا همه فیبرهای نوری از این نوع بودند. فیبرهای نوری شیشه‌ای پهنای باند بسیار زیادی دارند و ظرفیت انتقال داده آن‌ها در حد گیگابیت‌برثانیه است. چون نرخ تضعیف سیگنال (attenuation) در فیبرهای شیشه‌ای بسیار کمتر است، برای ارسال داده در فواصل طولانی مناسب هستند. سیگنال‌ها در فیبرهای نوری شیشه‌ای می‌توانند تا بیش از ۱۰ کیلومتر نیز پیش بروند. اما فیبرهای نوری شیشه‌ای معایبی نیز دارند. برای مثال، تولید و نصب فیبرهای نوری شیشه‌ای پرهزینه‌تر و سخت‌تر است. ضمنا چون هسته و غلاف این فیبرها شیشه‌ای است، شکننده‌ترند. مواردی از این دست سبب شد تا استفاده از پلیمر یا پلاستیک شفاف به‌جای شیشه پیشنهاد شود. و نتیجتا فیبرهای نوری POF و PCF ساخته شدند.

فیبر نوری پلیمری(POF)

در فیبر نوری پلیمری یا POF مخفف (Polymer Optical Fiber هم هسته و هم غلاف از پلیمر شفاف ساخته می‌شود. مزیت مهم فیبر نوری پلیمری بر فیبر نوری شیشه‌ای (GOF) مقاومت بیشتر آن در برابر خمیدگی و کشیدگی است. کابل‌های فیبر نوری پلیمری (POF) را گاهی فیبر نوری مصرفی (consumer) نیز می‌نامند زیرا خود کابل‌ها و هم لینک‌ها، کانکتورها و نصب‌شان ارزان‌تر است. ضمنا فیبرهای نوری POF در مقایسه با فیبرهای نوری شیشه‌ای انعطاف‌پذیرند. اما درعوض، فیبرهای POF کم‌کیفیت‌تر از فیبرهای شیشه‌ای هستند و لذا در فواصل طولانی، درصد اعواج و تضعیف سیگنال‌شان بیشتر است. چون سرعت انتقال داده در کابل‌های POF کمتر است، در فواصل کوتاه (تا ۱۰۰ متر) به کار می‌روند. شبکه‌های خانگی و صنعتی از جمله موارد کاربرد فیبر نوری POF است. در ساخت حسگرها نیز از این فیبرها استفاده می‌شود، زیرا در مقایسه با فیبرهای نوری شیشه‌ای، کم‌هزینه‌تر و مقاومت‌ترند .

فیبر نوری با غلاف پلیمری(PCF)

در فیبر نوری با غلاف پلیمری یا PCF مخفف(Polymer-Clad Fiber ، هسته از شیشه و غلاف از پلیمر ساخته می‌شود. لذا این نوع کابل، تقریبا آمیزه‌ای از مزایای فیبر نوری شیشه‌ای و پلیمری را یک‌جا دارد. در فیبر نوریPCF ، طول موج سیگنال‌ها متوسط و نرخ انتقال

داده کمتر از ۱۰۰ مگابیت‌برثانیه است. فیبرهای نوری PCF معمولا تا حداکثر ۲ کیلومتر کارایی دارند. از فیبرهای نوری PCF می‌توان در شبکه‌های محلی و صنعتی بهره برد. از نظر پهنای باند و طول کابل، فیبر نوری PCF بالاتر از فیبر نوری POF و پایین‌تر از فیبر نوری GOF جای می‌گیرد.

مزایا و معایب فیبر نوری

فیبر نوری نیز مانند دیگر بسترهای انتقال داده مزایا و معایب خاص خود را دارد:

برخی از مزایای فیبر نوری عبارتند از:

- پهنای باند فیبر نوری بسیار بیشتر از پهنای باند کابل‌های مسی با ضخامت یکسان است. برخی از کابل‌های فیبر نوری بسته به نوع‌شان می‌توانند داده‌ها را با نرخ ۱۰ گیگابیت، ۴۰ گیگابیت و ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه نیز انتقال دهند.
- کابل‌های فیبر نوری از کابل‌های مسی قوی‌تر، نازک‌تر و سبک‌ترند.
- فیبر نوری به مراقبت‌ها و تعویض‌های مستمر نیازی ندارد.
- سیگنال‌های نوری نسبت به سیگنال‌های الکتریکی مسافت بیشتری می‌پیمایند. لذا فیبرهای نوری در مقایسه با کابل‌های مسی به ریپیترها یا تقویت‌کننده‌های کمتری نیاز دارند.
- شیشه برخلاف مس، رسانای الکتریکی نیست و به‌همین سبب سیگنال‌های نوری تقریبا از تداخل الکترومغناطیسی (electromagnetic interference)تاثیر نمی‌پذیرند.
- فیبر نوری را می‌توان در محیط‌های مخاطره‌آمیزتری همچون زیر آب و بین اقیانوس‌ها نیز به کار گرفت. برآورد شده است که حدود ۹۹ درصد داده‌های بین‌المللی از طریق فیبرهای نوری منتقل می‌شوند. بسیاری از کابل‌های فیبر نوری، کشورها و قاره‌ها را از زیر دریاها و اقیانوس‌ها به هم متصل کرده‌اند.

برخی از معایب فیبر نوری عبارتند از:

- سیم مسی اغلب ارزان‌تر از فیبر نوری است.
- تارها یا رشته‌های شیشه‌ای اگر در قالب کابل‌های روکار به کار گرفته شوند، بیش از کابل‌های مسی به مراقبت احتیاج دارند.
- نصب فیبرهای نوری جدید کار یدی زیادی می‌طلبد.
- کابل‌های فیبر نوری به‌ویژه اگر هسته و غلاف‌شان شیشه‌ای باشد، در مقایسه با کابل‌های مسی اغلب شکننده‌ترند. خم شدن چند سانتی‌متری زاویه کابل فیبر نوری ممکن است به از دست رفتن سیگنال منجر شود.

سیستم رله فیبر نوری چیست؟

رله به زبان ساده یعنی قطع و وصل کردن جریان؛ حال این جریان می‌تواند جریان الکتریکی باشد یا جریان انتشار نور و غیره. پس سیستم رله فیبر نوری، یعنی سازوکاری که روند انتشار نور در کابل فیبر نوری را کنترل می‌کند. سیستم رله فیبر نوری از سه بخش اصلی تشکیل می‌شود:

1. **فرستنده سیگنال نوری**

فرستنده، دستگاهی است که سیگنال نوری را به درون کابل فیبر نوری می‌فرستد. منبع نوری فرستنده می‌تواند لیزر یا LED باشد. لیزر در مقایسه با LED پرتوان‌تر و البته گران‌تر است.

2. **تقویت‌کننده سیگنال نوری**

اگر سیگنال نوری به هر علتی در طول کابل تضعیف شود، برای تقویت آن از دستگاهی به نام تکرارگر یا ریپیتر استفاده می‌شود. اگر سیگنال‌ها تقویت نشوند، داده‌ها درست به مقصد نمی‌رسند.

3. **گیرنده سیگنال نوری**

دستگاه گیرنده، سیگنال‌های نوری را در مقصد دریافت و آن‌ها را به سیگنال‌های الکتریکی ترجمه می‌کند تا لوازم برقی مثل رایانه، تلویزیون و... بتوانند آن سیگنال‌ها را بخوانند.

کاربردهای فیبر نوری

فناوری فیبر نوری در حوزه‌های متعددی به کار می‌رود. این فناوری در صنعت کامپیوتر و ارتباطات، صنایع فضایی، پزشکی، نظامی و... نقش مهمی دارد.

یکی از رایج‌ترین کاربردهای فیبر نوری ایجاد شبکه‌های پرسرعت انتقال داده است، زیرا فیبر نوری پهنای باند و سرعت انتقال داده بیشتری دارد. در حال حاضر بخش عمده ترافیک داده دنیا از طریق کابل‌های فیبر نوری که اکثرشان از زیر دریا و اقیانوس‌ها گذشته‌اند، مبادله می‌شود. همچنین برای متصل کردن شبکه‌های کامپیوتری دور از هم که در نقاط جغرافیایی مختلف پراکنده‌اند، می‌توان از فیبر نوری بهره برد. برای دریافت اطلاعات در این زمینه می توانید از مشاوره و راهنمایی های متخصصین در زمینه نصب و راه اندازی شبکه استفاده کنید.

با این‌که کابل‌های مسی از دیرباز در صنعت ارتباطات پرکاربرد بوده‌اند، امروزه فیبرهای نوری جایگزین آن‌ها می‌شوند. خطوط راه دور اکثر شرکت‌های تلفنی اکنون از کابل‌های فیبر نوری ساخته شده است.

فیبر نوری به‌سبب کیفیت اتصال و بازده بهتر، در حوزه الکترونیک و پخش تلویزیونی نیز پرکاربرد است. همچنین در تجهیزات پزشکی مختلف که نورپردازی دقیقی لازم دارند از فیبرهای نوری استفاده می‌شود. حسگرهای زیست‌درمانی، و ابزارهایی مانند گاستروسکوپ (وسیله‌ای برای مشاهده درون شکم) نیز از فناوری فیبر نوری بهره می‌برند. ضمنا چون فیبر نوری در برابر تداخل الکترومغناطیسی مقاوم است، برای آنجام آزمایش‌های مختلف پزشکی از جمله اسکن MRI مناسب است.

تجهیزات فیبر نوری

نصب، راه‌اندازی، آزمایش و نگهداری فیبر نوری و شبکه‌های مبتنی بر آن نیازمند ابزارها و تجهیزات مختلفی است. درادامه برخی از ابزارها و تجهیزات فیبر نوری به‌اختصار معرفی می‌شوند:

دستگاهOTDR

دستگاه OTDR مخفف (Optical Time Domain Reflectometer برای سنجش بازتاب نور در دامنه‌های زمانی مختلف به کار می‌رود. تست OTDR نیز با استفاده از این دستگاه و برای عیب‌یابی شبکه‌های لیزری و اطمینان از سالم بودن آن‌ها صورت می‌گیرد. برای مثال، دستگاه OTDR به درون شبکه فیبر نوری پالس نوری می‌فرستد. پس از دریافت و سنجش این پالس‌ها در انتهای کابل، می‌توان به وضعیت کابل و صحت آن پی برد .

دستگاه فیوژن فیبر نوری(Fusion Splicer)

فیوژن فناوری جدیدی است که برای ایجاد اتصال بین دو کابل فیبر نوری به کار می‌رود. گاهی به این فناوری، جوش فیبر نوری نیز می‌گویند. در فیوژن فیبر نوری، کابل‌ها با استفاده از گرما به هم جوش می‌خورند. کار دستگاه فیوژن فیبر نوری ایجاد گرما برای این منظور است.

قلم فیبر نوری(VFL)

عبارت VFL مخفف Visual Fault Locator است که آن را قلم فیبر نوری معنا کرده‌اند. قلم فیبر نوری یکی از ابزارهای آزمایش در شبکه‌های فیبر نوری است. در شبکه‌های فیبر نوری برای ردیابی نور لیزر در مسیر حرکت خود در کابل فیبر نوری و اتصالات آن از این قلم استفاده می‌شود.

منبع نوری(Optical Light Source)

منبع نوری یا لایت‌سورس دستگاهی است که برای برخی عیب‌یابی‌ها در شبکه‌های فیبر نوری به کار می‌رود. منبع نوری یا لایت‌سورس، با استفاده از امواج الکترومغناطیسی برخی از عیب‌های شبکه فیبر نوری مانند شکستگی‌ها و اعواج‌های ریز (که معمولا طی فرآیند ساخت اتفاق می‌افتد) را تشخیص می‌دهد.

پاورمتر(OLM)

پاورمتر یا OLM مخفف (Optical Power Meter قدرت سیگنال‌های نوری و توان تجهیزات مورد استفاده در شبکه فیبر نوری را می‌سنجد.

آزمایشگر شبکه(Network Tester)

آزمایشگر یا تستر شبکه، طول کابل و نیز خرابی و قطعی اتصال، محل ایراد، وضعیت سلامتی و نویز کابل را آزمایش می‌کند.

برش‌دهنده فیبر نوری(Fiber Optic Cleaver)

برش‌دهنده یا کلیور فیبر نوری، تارهای فیبر نوری را به‌صورت ۹۰ درجه برش می‌زند تا برای انجام آزمایش فیوژن آماده شوند. برای این منظور فیبر نوری را پس از برداشتن غلاف آن (clad) توسط دستگاه کلیور به‌صورت ۹۰ درجه برش می‌زنند. پس از آن می‌توان چنین کابلی را با دستگاه فیوژن به کابل دیگری جوش زد.

گفتنی است که برای ایجاد، راه‌اندازی، عیب‌یابی و نگهداری شبکه‌های فیبر نوری ابزارهای دیگری نیز به کار می‌روند. کابل‌بُر، قیچی فیبر نوری، تمیزکننده‌های کانکتور فیبر نوری، صفحه رابط (پچ‌پنل)، و آچار سوکت‌زن از آن جمله‌اند.

نسل‌های فیبر نوری

توسعه فیبر نوری طی چند نسل اتفاق افتاده است. نسل اول فیبر نوری در دهه ۱۹۷۰ شکل گرفت و تداوم پیشرفت‌ها در این حوزه به پیدایش نسل دوم، سوم، چهارم و پنجم فیبر نوری منجر شد.

نسل اول سیستم ارتباطات فیبر نوری

پس از یک دوره تحقیق که از سال ۱۹۷۵ آغاز شد، اولین سیستم ارتباطی فیبر نوری توسعه یافت. این سیستم با طول موج حدود ۰.۸ میکرومتر و با لیزر نیمه‌رسانای «گالیوم آرسنید» کار می‌کرد. نرخ انتقال داده با فیبر نوری نسل اول در صورت استفاده از ریپیتر (تقویت‌کننده) در فواصل تا ۱۰ کیلومتر، ۴۵ مگابیت‌برثانیه بود. در ۲۲ آوریل ۱۹۷۷ شرکت General Telephone and Electronics اولین ترافیک زنده تلفن را توسط فیبر نوری با نرخ ۶ مگابیت‌برثانیه در لانگ‌بیچ کالیفرنیا ارسال کرد.

نسل دوم سیستم ارتباطات فیبر نوری

نسل دوم ارتباطات فیبر نوری با کاربرد تجاری، اوایل دهه ۱۹۸۰ توسعه یافت. این سیستم با طول موج ۱.۳ میکرومتر و با لیزر نیمه‌رسانای «ایندیم گالیم آرسنید» کار می‌کرد. سیستم‌های اولیه نسل دوم، چون با فیبرهای نوری چندحالته کار می‌کردند، با مشکل پراکنش نور مواجه بودند. در سال ۱۹۸۱ فیبر نوری تک‌حالته معرفی شد و نتیجتا بازده این سیستم ارتقای چشمگیری یافت. اما ساخت کانکتورهایی که عملا بتوانند با فیبر تک‌حالته کار کنند، سخت بود. شرکت کانادایی SaskTel ساخت طولانی‌ترین شبکه فیبر نوری تجاری زمان خود متشکل از ۳۲۶۸ کیلومتر کابل فیبر نوری را کامل کرد. تا سال ۱۹۸۷ این سیستم‌ها در صورت استفاده از ریپیتر در فواصل تا ۵۰ کیلومتر می‌توانستند تا نرخ ۱.۷ گیگابیت‌برثانیه داده منتقل کنند.

نسل سوم سیستم‌های فیبر نوری

نسل سوم سیستم‌های فیبر نوری با طول موج ۱.۵۵ میکرومتر کار می‌کرد و نرخ تضعیف سیگنال آن حدود ۰.۲ dB/KM بود. توسعه نسل سوم سیستم‌های فیبر نوری با کشف ماده «ایندیم گالیم آرسنید» و توسعه فتودیودهای «ایندیم گالیم آرسنید» توسط پیرسال سرعت گرفت. مهندسان با استفاده از لیزر نیمه‌رسانای «ایندیم گالیم آرسنید فسفید» بر مشکلات اولیه درخصوص پخش پالس-pulse) (spreadingدر آن طول موج فائق آمدند. یافته‌های دانشمندان سرانجام سبب شد تا سیستم‌های نسل سوم تجاری فیبر نوری در صورت استفاده از ریپیتر در فواصل ۱۰۰ کیلومتر با نرخ ۲.۵ گیگابیت‌برثانیه داده منتقل کنند .

نسل چهارم سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری

نسل چهارم سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری برای این‌که نیاز به استفاده از دستگاه ریپیتر و فناوری مولتی‌پلکس کردن براساس تفکیک طول موجWDM) ، مخفف (Wavelength-Division Multiplexing را کاهش دهد، از تقویت نوری بهره برد تا ظرفیت انتقال داده را افزایش دهد. با این دو تغییر مهم، ظرفیت سیستم‌های نسل چهارم از آغاز سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۰۱ هر شش ماه یک‌بار، دو برابر شد و نتیجتا نرخ انتقال داده به ۱۰ ترابیت‌برثانیه افزایش یافت.

نسل پنجم ارتباطات فیبر نوری

نسل پنجم سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری بر افزایش دامنه طول موج که سیستم‌های WDN مبتنی بر آن کار می‌کنند متمرکز شده است. پنجره طول موج متعارف موسوم به باندC ، دامنه طول موج ۱.۵۳ تا ۱.۵۷ میکرومتر را پوشش می‌دهد. فیبر خشک (dry fiber) پنجره اصطلاحا low-loss دارد که دامنه طول موج یادشده را به ۱.۳۰ تا ۱.۶۵ میکرومتر گسترش می‌دهد. از دیگر مواردی که در نسل پنجم سیستم‌های فیبر نوری مطرح شد، مفهوم سالیتون‌های نوری (موج‌های منزوی خودتقویت‌کننده نوری) است؛ یعنی پالس‌هایی که با خنثی کردن آثار پاشندگی (dispersion) نور، شکل خودشان را حفظ می‌کنند.

شبکه فیبر نوری چیست؟

شبکه فیبر نوری، شبکه‌ای است که مبتنی بر فیبر نوری و فناوری‌های مربوط به آن ایجاد شده است و کار می‌کند. هرچند امروزه نقش اصلی فیبر نوری گسترش شاهراه‌های ارتباطی بین‌المللی و بین‌قاره‌ای است، در شبکه‌های شهری و محلی نیز از آن استفاده می‌شود. از سویی نیاز کاربران جهان به اینترنت پرسرعت و باند پهن پیوسته رو به افزایش است. و از سوی دیگر، چون فیبر نوری از نظر پهنای باند، سرعت انتقال داده و اطمینان‌پذیری، بر اتصالات بی‌سیم و ماهواره‌ای برتری دارد، برای کسب‌وکارها و کاربران خانگی نیز جذاب است.

فیبر نوری در منازل

یکی از گونه‌های رو به رشد شبکه‌های فیبر نوری، ارتباط فیبری خانگی یا) FTTH مخفف (Fiber to the Home است که آن را FTTP مخفف Fiber to the Premises نیز می‌نامند. در شبکه FTTH یاFTTP ، فیبر نوری از یک نقطه مرکزی مستقیما به ساختمان‌هایی نظیر خانه، آپارتمان و شرکت کشیده می‌شود تا کاربران به اینترنت پرسرعت دسترسی یابند. شبکه FTTH عمدتا پرسرعت‌تر از دیگر فناوری‌های فعلی است. سرعت انتقال داده در FTTH تا ۱۰۰ مگابیت‌برثانیه، یعنی ۲۰ تا ۱۰۰ برابر سرعت مودم‌های کابلی یا DSL است. در اماکنی که از این زیرساخت پشتیبانی کنند، سرعت FTTH بیشتر هم می‌شود و می‌تواند به ۳۳۰ تا ۳۵۰ مگابیت‌برثانیه برسد.

پیاده‌سازی FTTH در مقیاس وسیع پرهزینه است، چون نیازمند کابل‌کشی فیبر نوری است. به‌همین علت گاهی به‌جای FTTH از شبکه‌های) FTTC مخفف (Fiber to the Curb/Cabinet استفاده می‌شود. در شبکه FTTC کابل فیبر نوری نه تا خود ساختمان بلکه تا جعبه کابل در محوطه منازل و ساختمان‌ها کشیده می‌شود و از جعبه کابل تا خود ساختمان از کابل مسی بهره می‌برند. به عبارت دیگر، در شبکه FTTC بخشی از اتصال، مسی و بخش دیگر، فیبر نوری است. مسلما سرعت شبکه نیمه‌فیبری FTTC کمتر از شبکه تمام‌فیبری FTTHاست اما باز در مقایسه با شبکه‌های تماما کابل مسی، سریع‌تر است.

فیبر نوری در ایران

در سال ۱۳۶۷ نخستین واحد تولید فیبر نوری ایران در کارخانه شهید قندی در یزد تاسیس شد. سپس نخستین فیبر نوری بین‌شهری در سال ۱۳۶۸ در مسیری به‌طول ۵۴ کیلومتر تهران و کرج را به هم متصل کرد. پس از آن، شبکه فیبر نوری کشور از طریق چهار مسیر دیگر به‌طول ۵۱۶ کیلومتر از تهران به شهرهای اطراف توسعه یافت.

در ادامه روند توسعه شبکه فیبر نوری، بندر جاسک ایران در سال ۱۳۷۰ با ۱۶۰ کیلومتر فیبر نوری به فجیره در امارات متحده عربی متصل شد تا ارتباط بین‌المللی ایران و کشورهای حوزه خلیج فارس تسهیل شود. یکی از بخش‌های شبکه اصلی فیبر نوری ایران، مسیری به طول ۲۰۰۰ کیلومتر است که کشورمان را به آسیا و اروپا متصل می‌کند.

در حال حاضر بزرگ‌ترین سرویس‌دهنده فیبر نوری به مشترکان در ایران، شرکت مخابرات است. شرکت‌های خصوصی کشور نیز می‌توانند وارد حوزه فیبر نوری شوند. اما چون پروژه‌های فیبر نوری سرمایه زیادی می‌طلبند و از سوی دیگر، دیربازده هستند، حضور شرکت‌های خصوصی در این حوزه با چالش مواجه شده است.

با این حال، فیبر نوری در ایران همچنان رو به گسترش است. در سال ۱۳۹۸ واحد دیگری برای تولید فیبر نوری در منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان استان قم راه‌اندازی شد. در فروردین ۹۹، مدیرکل وقت ارتباطات و امور بین‌الملل شرکت مخابرات از ۹۰ هزار مشترک فیبر نوری در ایران خبر داد .

تاریخچه فیبر نوری در یک نگاه

جایگاه فعلی فیبر نوری، حاصل کوشش‌ها و پژوهش‌های گوناگونی است. یکی از اقدامات اولیه در تاریخچه فیبر نوری، در دهه ۱۸۴۰ و زمانی صورت گرفت که دانیل کولادون، فیزیکدان سوئیسی و و ژاکوس بابینه، فیزیکدان فرانسوی نشان دادند می‌توان با کمک شکست نور و انعکاس (پیاپی) آن درون آب (یا موادی مثل شیشه)، نور را در مسیر مشخصی هدایت کرد.

در سال ۱۸۷۰، جان تیندال، فیزیکدان و مخترع ایرلندی، در انجمن سلطنتی لندن آزمایش مشابهی به نمایش گذاشت. او نور را به ظرف شیشه‌ای حاوی آب تابانید. سپس وقتی بخشی از آب ظرف را خالی کرد، نور نیز هم‌راستا با مسیر ریزش آب، خم شد. این پدیده، یعنی کج شدن نور، همان‌چیزی است که در فیبر نوری نیز اتفاق می‌افتد .

در دهه ۱۹۳۰، دو دانشجوی آلمانی موسوم به هاینریش لام و والتر گرلاک، کوشیدند با استفاده از لوله‌های نوری(optical tube) ، گاستروسکوپ بسازند.

در دهه ۱۹۵۰ نارایندر کاپانی، فیزیکدان هندی‌الاصل و هارولد هاپکینز فیزیکدان انگلیسی تصویری ساده را به درون لوله‌ای نوری متشکل از هزاران رشته شیشه‌ای فرستادند. کاپانی سپس در سال ۱۹۵۲ اولین کابل فیبر نوری عملیاتی را اختراع کرد.

در سال ۱۹۵۷ سه دانشمند دانشگاه میشیگان به نام‌های لورنس کورتیس، باسیل هیرشوویتس و ویلبور پیترس اولین گاستروسکوپ عملیاتی مبتنی بر فیبر نوری را ساختند.

در سال ۱۹۶۵ چارلز کائو، فیزیکدان چینی‌الااصل و همکار انگلیسی‌اش جورج هاکمن، دریافتند که علت تضعیف سیگنال در فیبرهای نوری، خلوص پایین شیشه‌های به کار رفته در آن‌هاست. کائو توصیه کرد که اگر در کابل‌های فیبر نوری از شیشه با درجه خلوص بالا استفاده شود، می‌توان سیگنال‌های تلفن را تا فواصل بسیار دورتر انتقال داد. او به خاطر این یافته مهم، همراه دو دانشمند دیگر برنده نوبل فیزیک ۲۰۰۹ شد.

طی دو دهه بعد، در نتیجه پژوهش‌ها نرخ تضعیف سیگنال در فیبر نوری تا حدی کاهش یافت که فیبر نوری پرکاربردترین رسانه برای انتقال اطلاعات الکترونیک شد. اولین کابل تلفن فیبر نوری در سال ۱۹۷۷ بین لانگ‌بیچ و آرتسیا در ایالت کالیفرنیا کار گذاشته شد. در سال ۱۹۹۷ نیز کابل تلفن فیبر نوری بزرگی موسوم به FLAG مخفف (Fiber-Optic Link Around Globe) بین لندن و توکیو کشیده شد.

امروزه فیبر نوری ستون فقرات زیرساخت‌های مدرن ارتباطی را تشکیل می‌دهد.