

تست OTDR یا بازتاب سنج نوری برای آزمایش سالم بودن کابل فیبر نوری به کار می رود که می تواند ائتلاف اتصال را بررسی، طول را اندازه گیری و عیوب را پیدا کند. معمولاً برای ایجاد یک تصویر از کابل فیبر نوری در مراحل نصب آن استفاده می شود. پس از آن در صورت وجود مشکلات، مقایسه ای بین طرح اصلی و طرح دوم صورت می گیرد. تجزیه و تحلیل طرح کابل های فیوژن به دلیل وجود مستندات طرح اصلی که در زمان نصب کابل ایجاد شده است آسان می باشد. OTDR برای تست کابل های طولانی (بیش از ۲۵۰ متر به صورت تقریبی یا ۸۰۰ فوت) یا کابل های فیوژن شده بسیار موثر می باشد. داده ای که OTDR به وجود می آورد معمولاً برای تولید یک عکس که trace نامیده می شود استفاده می شود که اطلاعات با ارزشی را در اختیار کاربر آموزش دیده قرار می دهد و می تواند این اطلاعات را برای ارجاع بعدی به طرح در صورت ایجاد مشکل در شبکه ذخیره کند.

تست OTDR نباید برای اندازه گیری ائتلاف الحاقی در کابل فیبر نوری استفاده شود. این کار بهتر است توسط منبع آزمایش فیبر نوری و نیرو سنج انجام شود. دستگاه OTDR به سادگی به شما نشان می دهد که کابل ها کجا ترمینال شده اند و کیفیت فیبر ها و اتصالات و جوش ها را تایید می کند. البته طرح های OTDR معمولاً برای عیب یابی استفاده می شوند به دلیل اینکه آنها می توانند مکان شکستگی فیبر را در زمان مقایسه طرح ها با مستندات نصب، نشان دهند. دستگاه OTDR دارای ۲ مدل رایج می باشد که در زیر به شرح آنها می پردازیم:

### OTDR با تمام امکانات

دستگاه OTDR با تمام ویژگی ها یک دستگاه بازتاب سنج نوری قدیمی می باشد. که دارای تمام ویژگی ها بوده و نسبت به مدل های دیگر بزرگتر، سنگینتر و با امکان حمل دشوارتری می باشد. با وجود اینکه به بزرگی و سنگینی معروف می باشد اما ابعاد و وزن آن در مقایسه با نسل اولیه OTDR خیلی کمتر می باشد. اغلب این دستگاه ها یک قالب اصلی دارند که می توانند با واحد های پلاگین چند منظوره برای انجام بسیاری از اندازه گیری های فیبر تجهیز شوند. همچنین دارای صفحه نمایش رنگی بزرگ می باشند. این مدل اغلب دارای محدوده اندازه گیری بیشتری از سایر مدل ها می باشد و بیشتر در آزمایشگاه ها و اندازه گیری های دشوار فیبر استفاده می شوند. منبع تغذیه بیشتر این دستگاه ها جریان AC و یا باتری می باشد.

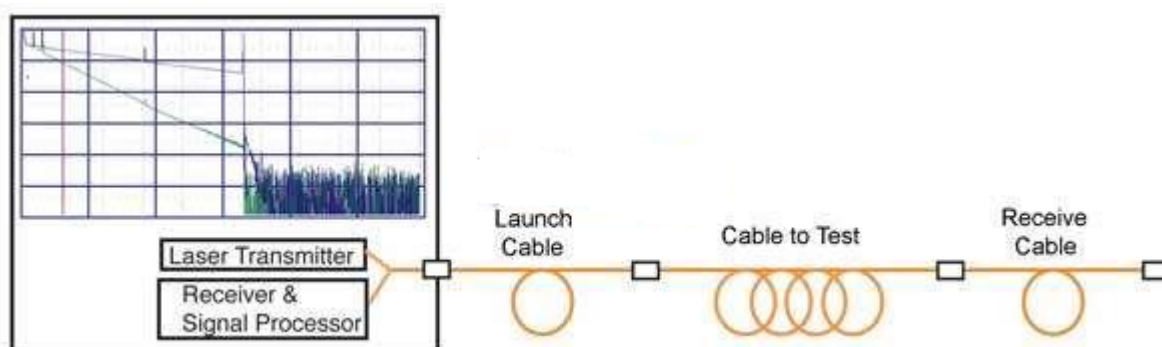
### OTDR دستی و جستجوگر شکستگی در فیبر

OTDR دستی (کوچک) و جستجوگر شکستگی در فیبر برای عیب یابی شبکه های فیبر در زمینه محیطی طراحی شده اند که اغلب از باتری استفاده می کنند. این نوع OTDR ارزان قیمت و سبک وزن بوده و استفاده از آن آسان می باشد. این دستگاه تجزیه تحلیل داده های ابتدایی را انجام می دهد و ویژگی های کمتری از دستگاه های قبلی دارند. این دستگاه ها اغلب می توانند در ارتباط با نرم افزار های مبتنی بر PC برای انجام جمع آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل داده های پیچیده استفاده شوند. OTDR های دستی معمولاً برای اندازه گیری لینک فیبر ها، پیدا کردن شکستگی فیبر، نقاط با ائتلاف بالا، ائتلاف انتها به انتها و ائتلاف بازگشت نور (ORL) استفاده می شوند.

دستگاه هایی که شکستگی فیبر را پیدا می کنند ابزار هایی کم هزینه می باشند که مخصوص پیدا کردن محل رویداد های مشکل ساز فیبر مانند شکستگی فیبر، نقطه انعکاس بالا یا اتلاف بالا طراحی شده اند. این دستگاه نوار اندازه گیری الکترونیکی- نوری می باشد که فقط جهت اندازه گیری فاصله رویداد های مشکل ساز فیبر طراحی شده اند. به طور کلی دستگاه های OTDR دستی و دستگاه جستجوگر شکستگی در فیبر سبکتر و کوچکتر ، دارای کاربرد آسانتر نسبت به دستگاه های کامل می باشند و اکثرا از باطری استفاده می کنند. هدف این دو دستگاه این است که برای کارشناسان فنی ارزان و به عنوان ابزاری استاندارد باشد.

## روش کار OTDR

بر خلاف نیرو سنج و منبع آزمایش فیبر نوری که اتلاف کابل فیبر نوری را مستقیما اندازه گیری می کنند ، OTDR به طور غیر مستقیم کار می کند. نیرو سنج و منبع آزمایش فیبر نوری، فرستنده و گیرنده ی لینک انتقال فیبر نوری را تکرار می کنند، بنابراین به خوبی اندازه ای نزدیک به اتلاف حقیقی سیستم به دست می آورند. با این حال تست OTDR از یک اثر نوری منحصر به فرد از فیبر برای اندازه گیری غیر مستقیم استفاده می کند. بزرگترین عامل اتلاف فیبر نوری پراکندگی می باشد. در فیبر، نور در تمام جهات پراکنده می شود که شامل بعضی از پراکندگی ها به سمت منبع نیز می باشد که در اینجا نشان داده شده است OTDR. از این نور پراکنده شده به عقب برای ایجاد اندازه گیری طول به وسیله انعکاس نور از کانکتور ها یا شکستگی انتهای فیبر ها، استفاده می کند.

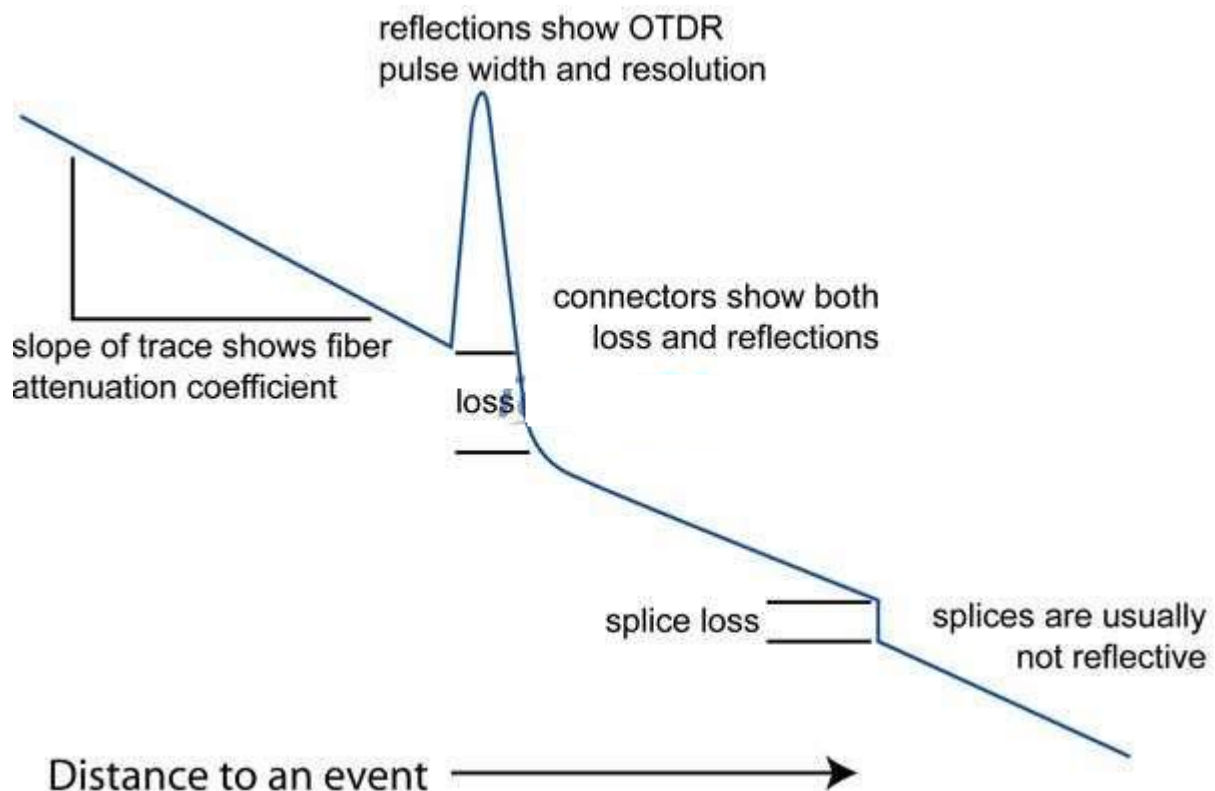


OTDR شامل یک فرستنده لیزری با توان بالا می باشد که یک پالس نور را به درون فیبر ارسال می کند. نور پراکنده شده به عقب و نور منعکس شده، از طریق فیبر به سمت OTDR بر می گردد و در پایان از طریق یک متصل کننده در جلوی OTDR به سمت یک گیرنده حساس هدایت شده می شود. برای هر اندازه گیری، OTDR یک پالس بسیار قدرتمند را می فرستد و نور برگشتی را در طول زمان اندازه گیری می کند. در هر لحظه از زمان، نوری که OTDR می بیند، نور پراکنده شده از عبور پالس از ناحیه ای از فیبر می باشد. فرض کنید پالس OTDR به عنوان یک منبع مجازی باشد که توسط پراکندگی ایجاد شده است به طوری که تمام فیبرها را بین خودش و OTDR در زمان حرکت به درون فیبر آزمایش می کند.

از آنجا که ممکن است سرعت پالس در زمان عبور از فیبر به وسیله ضریب شکست شیشه در هسته ی فیبر اندازه گیری شود، OTDR می تواند چیزی که در نور پراکنده شده به سمت منبع می بیند را با مکان واقعی در فیبر مرتبط کند. بنابراین می

تواند یک نمایشی از نور پراکنده شده به سمت منبع در هر نقطه ای در طول فیبر ایجاد کند. در اینجا تعدادی محاسبات پیچیده وجود دارد. به یاد داشته باشید نور مجبور است بیرون رود و برگردد، بنابراین شما مجبور به داشتن عاملی هستید که در زمان محاسبات، زمان را نصف کند. همچنین باید اتلاف را هم در زمان مشاهده آن از هر دو طریق نصف کند. اتلاف نیرو یک تابع لگاریتمی می باشد بنابراین نیرو اندازه گیری و به دسی بل ( dB ) نمایش داده می شود.

مقدار نور پراکنده برگشتی به OTDR متناسب با پراکندگی فیبر، حداکثر قدرت پالس تست OTDR و طول پالس ارسال شده می باشد. همیشه با یک کابل راه اندازی استفاده می شود و ممکن است از یک کابل دریافت هم استفاده کند. کابل راه اندازی گاهی اوقات pulse suppressor نامیده می شود، که به OTDR اجازه می دهد بعد از اینکه پالس آزمایشی به سمت فیبر ارسال شد آن را حل و فصل کند و یک ارتباط مرجع را برای اولین ارتباط در کابل آزمایشی جهت تعیین اتلاف آن فراهم می کند. کابل دریافت ممکن است در مسیر های طولانی جهت ایجاد امکان اندازه گیری اتصال در پایان کابل مورد آزمایش، استفاده شود.

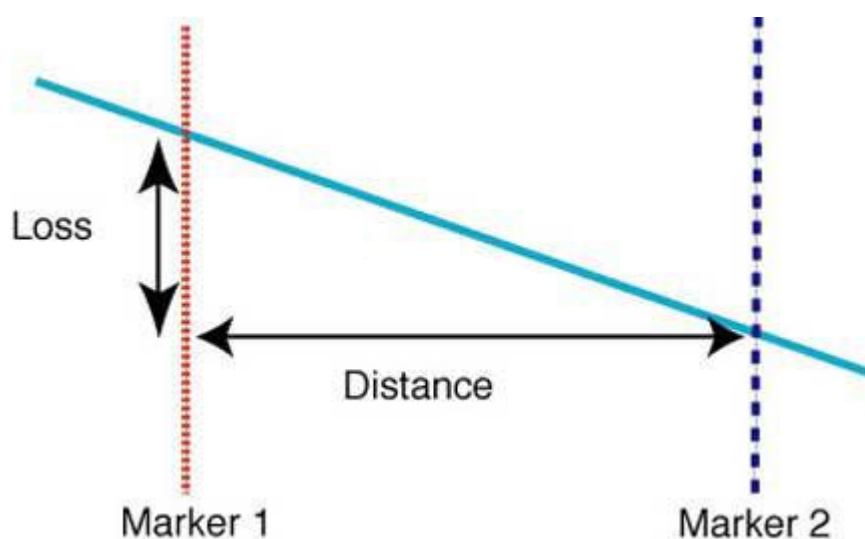


یک تصویر هزاران تفسیر با ارزش دارد و طرح (trace) OTDR نیز کلمات زیادی برای توضیح تمام اطلاعات آن دارد. نمودار طرح را در نظر بگیرید. شیب طرح ضریب تضعیف فیبر را نشان می دهد و توسط OTDR در dB/km کالیبره شده است. به منظور اندازه گیری تضعیف فیبر، شما به یک طول نسبتاً طولانی از فیبر بدون اعوجاج که حاصل دقت OTDR یا اضافه بار به علت انعکاس بزرگ می باشد در هر دو پایان نیاز دارید. اگر فیبر در هر دو انتها مخصوصاً در نزدیکی محل بازتاب مانند کانکتور

غیر خطی به نظر می رسد ، در زمان اندازه گیری اتلاف، از آن بخش اجتناب کنید. اتصالات و جوشها در اصطلاحات OTDR حوادث ( events ) نامیده می شوند که هر دو باید اتلاف را نشان بدهند اما کانکتور ها و جوش های مکانیکی یک نقطه اوج از بازتاب را نشان خواهند داد. ارتفاع این نقطه اوج مقدار بازتاب را در حوادث نشان می دهد. مگر اینکه آن آنقدر بزرگ باشد که گیرنده OTDR را اشباع کند و قادر به نمایش آن نباشد سپس در نقطه ی اوج ممکن است یک سطح صاف و ادامه دار تا انتها داشته باشد که نشان می دهد گیرنده overload شده.

گاهی اوقات اتلاف یک جوش فیوژن خوب، آنقدر کوچک است که قابل دیدن با OTDR نمی باشد که برای سیستم خوب است اما ممکن است اپراتور را گیج کند. خیلی مهم است که طول تمام کابل های شبکه را بدانید. با این کار شما می دانید کجا event ها را مشاهده کنید و در زمان نمایش event غیر معمولی گیج نخواهید شد. پالس های انعکاسی می تواند به شما دقت OTDR را نشان دهد. شما نمی توانید دو event نزدیک را که توسط عرض پالس اجازه داده شده است را ببینید. به طور کلی دلیل استفاده از عرض پالس های طولانی امکان مشاهده کابل های طولانی و پالس های باریک در زمان نیاز به دقت بالا می باشد. هرچند آنها فاصله ای که OTDR می تواند ببیند را محدود می کنند.

#### تضعیف فیبر با روش دو نقطه



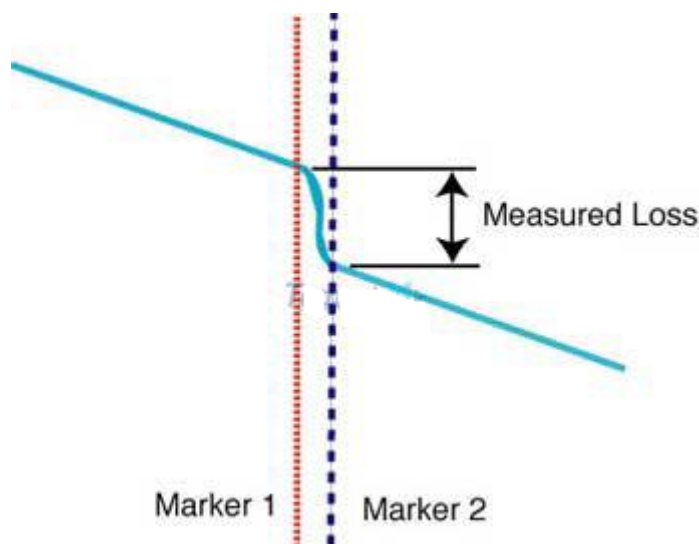
OTDR فاصله و اتلاف را بین دو نشانه اندازه گیری می کند که می تواند برای اندازه گیری اتلاف طول فیبر در جایی که OTDR ضریب تضعیف فیبر یا اتلاف کانکتور یا جوش را محاسبه خواهد کرد، استفاده شود. برای اندازه گیری طول و تضعیف فیبر، ما نشانگر را در هر دو انتهای فیبری که می خواهیم اندازه گیری کنیم قرار می دهیم . OTDR اختلاف فاصله بین نشانگرها را محاسبه خواهد کرد و یک فاصله را به دست می آورد که بیانگر اختلاف بین سطح قدرت دو نقطه در جایی که نشانگر ها از ردیاب گذر می کنند و اتلاف را محاسبه می کنند می باشد. همچنین تفاوت دو سطح از قدرت به dB را هم نمایش می دهد. در نهایت ضریب تضعیف فیبر را با تقسیم اتلاف به فاصله و ارائه نتیجه به dB/km (واحد معمول برای تضعیف ) محاسبه می کند. به منظور دریافت اندازه گیری خوب لازم است یک بخش نسبتا طولانی از فیبر به عنوان مبنا برای اندازه گیری انتخاب شود. فواصل کوتاه به معنی کم بودن اتلاف می باشد و اندازه گیری در صورت طولانی بودن فاصله غیر قطعی خواهد بود و بهتر است دور از event هایی مثل کانکتور و جوش فیوژن قرار گیرد. چنانکه ممکن است

زمان استقرار OTDR بعد از این event ها باشد. به ویژه اگر آنها منعکس کننده باشند، باعث می شود طرح توسط دستگاه غیر خطی شود.

### تضعیف فیبر توسط روش کمترین مجذور

OTDR فاصله و اتلاف را بین دو نشانه اندازه گیری می کند اما مناسب ترین خط را بین دو نقطه به صورت ریاضی با استفاده از روش "کمترین مجذور" برای کاهش نویز محاسبه می کند. هنگامی که نشانگرها قسمتی از طرح فیبر که دارای نویز است را انتخاب می کنند، کمترین مجذور تضعیف (۲)  $pt\ LSA$  -دستگاه می تواند برای محاسبه اتلاف dB بین نشانگرها استفاده شود. اگر از نزدیک نگاه کنید شما یک خط خاکستری خواهید دید که بهترین طرح را با متوسط تمام نویز نشان می دهد.

### تلفات جوش با استفاده از روش دو نقطه

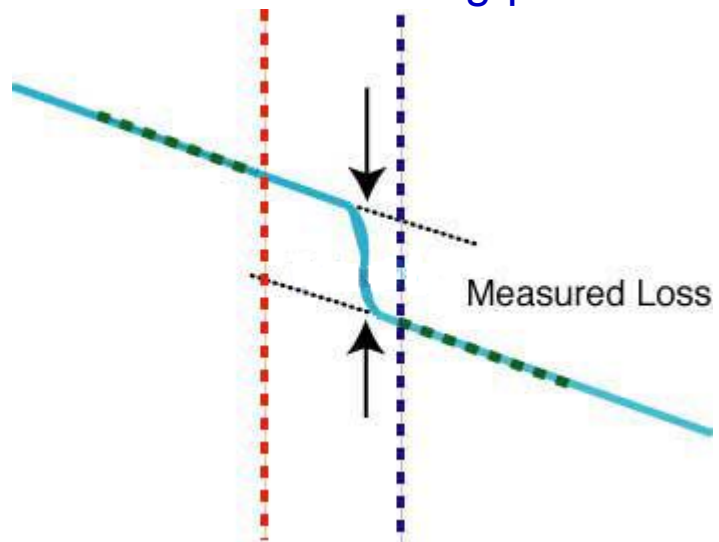


OTDR فاصله event ها و اتلاف در یک (event کانکتور یا جوش) را بین دو نشانه اندازه گیری می کند. برای اندازه گیری اتلاف جوش نشانه ها را به سمت محل جوش با حفظ فاصله یکسان تا مرکز نقطه اتصال حرکت می دهیم تا اندازه گیری صورت گیرد. OTDR اتلاف را به dB بین دو نشانه محاسبه خواهد کرد و یک مقدار به dB به شما خواهد داد. اندازه های اتلاف کانکتور یا جوش با برخی از بازتاب ها خیلی شبیه خواهند بود به غیر از اینکه شما یک نقطه اوج در کانکتور خواهید دید که ناشی از انعکاس برگشتی از کانکتور خواهد بود.

### اتلاف جوش با روش کمترین مجذور (LSA)

OTDR فاصله و اتلاف را در یک (event یک کانکتور یا جوش) بین دو نشانه اندازه گیری می کند اما مناسب ترین خط را بین دو نقطه با روش کمترین مجذور برای کاهش نویز محاسبه می کند.





اگر شما متوجه شده باشید در برخی از فواصل نشانه گرها از هم جدا هستند که شامل اتلاف برخی از فیبرها در هر دو طرف کانکتور واقعی یا نقطه اتصال است. بیشتر OTDR ها اتلاف را برای شما با مقایسه ی طرح های فیبر در دو طرف event محاسبه می کنند و اتلاف را بدون هیچ تاثیری از طول فیبر محاسبه می کنند. روش ریاضی استفاده شده " تقریب کمترین مجذور ( Least Squares Approximation )" می باشد. از این رو از واژه "LSA" در بیشتر دستگاه ها برای نمایش در صفحه نمایش و منو راه اندازی استفاده می شود. تنظیمات مورد نیاز LSA چندین شاخص را تنظیم می کند. یکی در نقطه اوج و دو نشانه گر معمولی نزدیک event و دو نشانه در انتها که بخش های مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل کمترین مجذور را تعریف می کند. این بخش ها باید به اندازه کافی طولانی باشند تا اندازه گیری خوبی داشته باشیم اما نه آنقدر طولانی که به event بعدی نزدیک شود.