

OTDR-metingen op de laatste kilometer

GPON- en XGS-PON-fouten op het spoor

Ook in dit land veroverd de glasvezeltechnologie de laatste kilometer. Er worden nieuwe glasvezels aangelegd en huishoudens en bedrijven worden in recordtempo aangesloten. Bovendien neemt de hoeveelheid reeds aangelegde glasvezels toe; dit en de toenemende complexiteit als gevolg van verschillende technologieën en fouten bij de uitrol leiden tot steeds meer stringen.

Anderzijds vertonen glasvezelverbindingen ook verouderingseffecten, vaak afhankelijk van hoe en wanneer ze zijn aangelegd. De start van de landelijke uitrol in Duitsland (2013) is immers al bijna 10 jaar geleden. Hoewel de fabrikanten vaak een levensduur van meer dan 20 jaar opgeven, gelden deze vaak alleen onder laboratoriumomstandigheden. Naast de levensduur spelen ook het gebruikte materiaal, de temperatuur en de installatieomstandigheden een belangrijke rol. Vooral glasvezels onder spanning en druk - hetzij tijdens het leggen, hetzij door veranderende omstandigheden van de ondergrond in de loop der tijd - veranderen hun transmissie-eigenschappen. Dit is bijvoorbeeld de reden waarom ze in een helixvorm moeten worden gelegd, zodat ze een zekere reserve hebben. Een glasvezel onder spanning kan soortgelijke negatieve gevolgen hebben als

macrobochten of plugverbindingen die niet goed afdichten, wat in de loop der jaren steeds meer een probleem wordt door vuil en vocht.

Dit zijn precies de zaken die steeds vaker de tussenkomst van een goed uitgeruste technicus vereisen.

Dus wat moet zo'n technicus ter plaatse doen?

De hoogste prioriteit bij het werken aan glasvezellijnen is reinheid. De meeste problemen met glasvezelverbindingen zijn te wijten aan vervuilde connectoren. Dit kan te wijten zijn aan slecht vakmanschap tijdens de uitrol of aan problemen die later zijn ontstaan (zie hierboven).

Daarom wordt ten zeerste aanbevolen bij het oplossen van PON-problemen als volgt te werk te gaan (zie fig. 1).

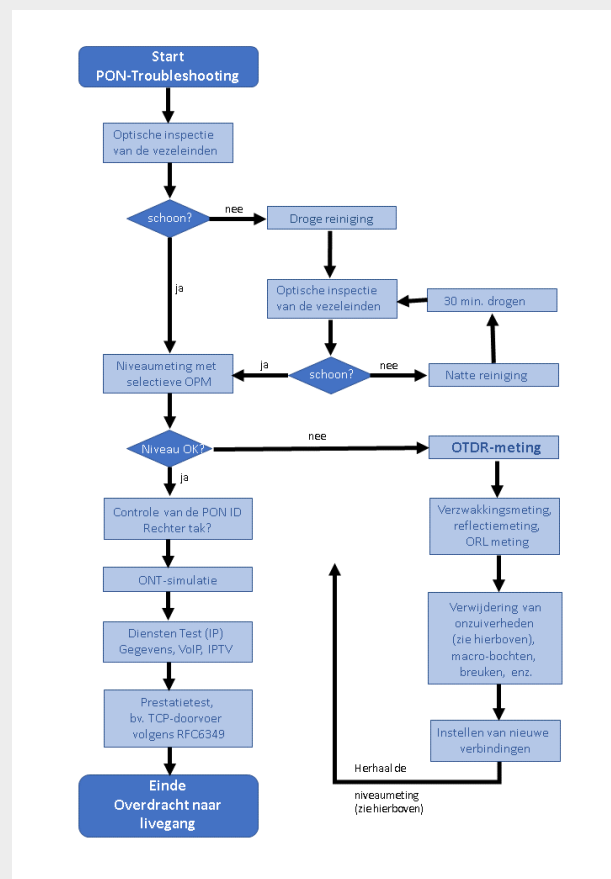
Het ligt natuurlijk in de aard van de mens om zijn processen en procedures te optimaliseren en de ene of de andere stap over te slaan om tijd en geld te besparen. In dit geval besparen mensen vaak op de laatste stap. Technici zijn uitgerust met inspectie- en reinigingsinstrumenten en sinds enige tijd ook met optische vermogensmeters, maar als deze een slecht niveau aangeven, is goed advies vaak duur.

Het zou daarom ideaal zijn als de technicus ter plaatse onmiddellijk OTDR-problemen zou kunnen oplossen. Want zoals gezegd is er in de aller zeldzaamste gevallen echt civiel-technisch werk nodig om de fout te vinden, maar wel specialistische kennis en de juiste meet- en testapparatuur.

Een van de weinige fabrikanten die zo iets aanbiedt is intec GmbH uit Lüdenscheid, dat twee jaar geleden de ARGUS® 300, een multifunctioneel testerconcept, op de markt bracht. Hiermee kunnen alle bovengenoemde teststappen met één compact apparaat worden uitgevoerd en geregistreerd.

Is OTDR hetzelfde als OTDR - wat is er speciaal aan het inzetgebied van de laatste kilometer?

Het grootste deel van de glasvezelverbindingen die op de laatste kilometer worden aangelegd zijn passieve optische netwerken, de zogenaamde PON's. Momenteel zijn in Europa al miljoenen klanten aangesloten in de vorm van GPON-verbindingen (ITU-T G.984.3); daarnaast beginnen veel landen al met de uitrol van de zogenaamde XGS-PON (ITU-T G.9807.1, symmetrische 10 gigabit PON) over dezelfde glasvezels; op veel plaatsen ontstaat een zogenaamde hybride of gemengde exploitatie. Dit zal zich ook in



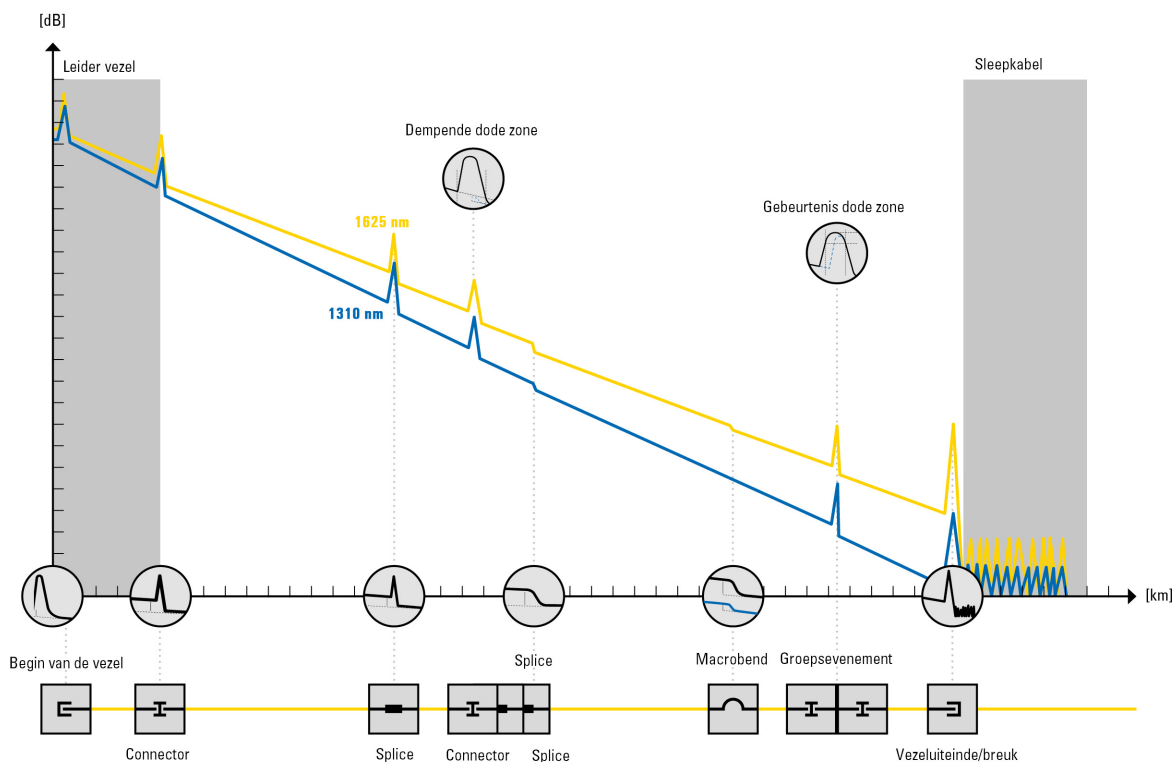
Figuur 1: De volgende procedure wordt beschouwd als de gouden standaard voor het oplossen van PON-problemen.

Nederland ontwikkelen.

PON's zijn altijd single-mode glasvezels met relatief korte afstanden, theoretisch tot maximaal 20 km, in de praktijk vaak veel korter. Een OTDR moet hiermee rekening houden met kleine puls-breedtes en dode zones (zie hieronder).

Vervolgens is er de vraag welke golflengte de OTDR moet kunnen bestrijken. GPON gebruikt 1310 nm (up) en 1490 nm (down), XGS-

Een OTDR voor de toegangszone lokaliseert snel en gemakkelijk problemen van de individuele klant tot de splitter, zelden daarbuiten. Als het probleem achter de splitter zit, d.w.z. verder naar de backbone toe, wordt meestal de hele PON-tak getroffen en dus meerdere klanten tegelijk.



Figuur 2: Voorbeeld van gebeurtenissen in kaart gebracht op een OTDR-spoor.

PON 1270 nm (up) en 1577 nm (down). Ook veel actieve glasvezel-verbindingen, zoals Active Ethernet of AON (Active Optical Network), die door sommige exploitanten van stadsnetwerken vaak in FTTH-verbindingen worden gebruikt, werken op single-mode glasvezels op precies deze golflengten en vergelijkbare verbinding-lengtes.

Een OTDR die geschikt is voor PON-troubleshooting moet daarom ten minste twee golflengten ondersteunen. Enerzijds een van de bovengenoemde, in de praktijk vaak gebruikte golflengten (b.v. 1310 nm), indien het netwerk of het te meten gedeelte buiten bedrijf is, en anderzijds een tweede golflengte die storingsvrije metingen tijdens bedrijf mogelijk maakt, hetgeen vooral van belang is indien men geen toegang heeft tot beide zijden van de optische glasvezel. De tweede golflengte moet zo ver mogelijk verwijderd zijn van de actieve golflengtes; hier is de onderhoud golflengte 1650 nm ideaal. Dit geeft precies één golflengte in het 2e en één in het 3e optische venster. Optische vensters zijn golflengtebereiken die bijzonder geschikt zijn voor datatransmissie, omdat bepaalde bereiken door het materiaal beter en andere slechter geschikt zijn.

Voor de backbone en langeafstandsverbindingen met multimode glasvezels en snelheden van meer dan 10 Gbit/s komt andere meetapparatuur in aanmerking. Hier zijn er echter vaak enorme netwerkproblemen met veel getroffen klanten - dit kan en mag niet worden gedekt door een OTDR voor het toegangsgebied.

Maar wat doet een OTDR eigenlijk?

Een OTDR meet de pad- en eventverzwakking en kan daaruit de padlengte, splices en connectoren bepalen, samen met de propagatietijd van de gereflecteerde puls (zie fig. 2). Als de OTDR ook over twee golflengten beschikt, is het zelfs mogelijk een overtreding van de buigradius (macrobocht) te detecteren en te lokaliseren door met beide te meten (bijvoorbeeld in een automatische modus).

Hiertoe genereert een OTDR een puls die via een bidirectionele koppeling met behulp van een laserdiode als optisch signaal aan een optische glasvezel wordt gekoppeld. Via dezelfde coupler analyseert hij vervolgens de delen van de puls die door Rayleigh-verstrooiing (verzwakking) en Fresnel-reflectie (lokalisatie) worden teruggekaatst.

Elektromagnetische golven, waaronder licht, worden in alle richtingen verstrooid door kleine moleculen (Rayleigh-verstrooiing), omdat het materiaal van een glasvezel niet ideaal is, maar gekenmerkt wordt door onregelmatigheden. Dit heeft onder meer te maken met het fabricageproces en de gebruikte materiaalkwaliteit. Deze onzuiverheden veroorzaken op hun beurt ongewenste schommelingen in de brekingsindex (IoR, Index of Reflection), die de verhouding beschrijft tussen de lichtsnelheid in een vacuüm en de voortplantingssnelheid in het glasvezelmateriaal.

Een deel van het licht wordt ook terugverstrooid naar de OTDR, de meting van de intensiteit ervan (terugverstrooiingsmeting) levert het optisch retourverlies (ORL) op, waarmee een uitspraak kan worden gedaan over de vezellengte, de verzwakking (attenuation) per kilometer alsmede het insertieverlies (IL) en het reflectieverlies (reflectance) bij gebeurtenissen. Hierbij geldt: hoe hoger de backscatter, hoe hoger de demping van het pad. Fresnelreflectie speelt een rol bij de lokalisatie van gebeurtenissen. De "totale" reflectie van elektromagnetische golven bij materiaalovergangen als gevolg van een sprong in de brekingsindex komt voor in de glasvezeltechnologie, met name in connectoren (glas-lucht-glas). Ook glasvezelbreuken, het uiteinde van een open glasvezel, onzuiverheden of krassen op glasvezeleinden leiden tot deze effecten: de Fresnel-verliezen. Een slecht uitgevoerde splitsing kan daardoor ook zichtbaar worden. Het licht van een bepaalde golflengte treft zo'n gebeurtenis en wordt veel sterker en gericht gereflecteerd in verband met Rayleigh-verstrooiing.

De koppeling van een nauwkeurig omschreven puls, bijvoorbeeld met een lengte van precies 10 ns, maakt het mogelijk de weerkaatsing van diezelfde puls bij een gebeurtenis te detecteren en aldus de reistijd ervan te meten (heen- en terugweg). Met deze gemeten tijd en de kennis van de brekingsindex van de glasvezel in de hand kan de afstand van de gebeurtenis tot de OTDR zeer nauwkeurig worden bepaald.

Waarop moet u letten bij het kiezen van een OTDR?

Dynamisch bereik, koppelingsniveau en middeling

Naast de variabele pulsbreedte (zie hieronder) en het koppelingsniveau is een belangrijk kwaliteitskenmerk het beschikbare dynamische bereik. Pulsbreedte en transmissieniveau bepalen samen hoeveel energie in de puls en dus op de lijn kan worden gebracht. Het dynamisch bereik beschrijft hoeveel de uitgezonden pulsen kunnen worden verzwakt door afstand en gebeurtenissen en na verstrooiing en reflectie nog steeds kunnen worden herkend. Het kan ook worden omschreven als de gevoeligheid van de OTDR.

Een instelbare middelingstijd kan worden gebruikt om het dynamische bereik verder te vergroten door de meting te herhalen. Als u het meetapparaat de tijd geeft om verschillende metingen te verrichten en het gemiddelde van de resultaten te nemen, bijvoorbeeld 60 seconden, leidt dit tot een betere signaal-ruisverhouding en dus uiteindelijk tot betere resultaten.

Voor een OTDR die met name in PON's wordt gebruikt, is een dynamisch bereik van bijvoorbeeld 20 dB echter ruim voldoende. In combinatie met een hoog koppelingsniveau en een pulsbreedte van bijvoorbeeld 100 ns is het mogelijk om - afhankelijk van de kwaliteit van de glasvezel en het aantal gebeurtenissen - uitspraken te doen over afstanden van meerdere kilometers (zie hierboven). Er zijn ook apparaten op de markt met een veel betere dynamiek en hogere middelingstijden, maar voor korte afstanden in de verbindingzone geeft u wellicht onnodig veel geld uit.

Bij het werken met de OTDR is het dus veel belangrijker te zorgen voor ideale koppelingsomstandigheden. Als deze slecht zijn, bijvoorbeeld door een defecte connector, krassen of onzuiverheden, vermindert dit de intensiteit van de puls en dus het dynamische bereik en de nauwkeurigheid van de meting vanaf het begin. Daarom zijn de in het begin genoemde inspectie en reiniging van groot belang.

Pulsbreedte en dode zones

Het belangrijkste criterium is de ruimtelijke resolutie, d.w.z. hoe nauwkeurig de OTDR mij afstanden tot gebeurtenissen kan geven. Hier geldt: hoe smaller de puls, hoe beter de resolutie: bij 10 ns kunnen in theorie nauwkeurigheden tot 1 m worden bereikt. Natuurlijk zijn er nog steeds afwijkingen en onzekerheden door de lengte van de afstand, de meting zelf, de temperatuur en andere invloeden, maar die zijn dan niet meer zo belangrijk.

Daarom is het belangrijk dat de pulsbreedte tot op zekere hoogte instelbaar is. In het begin ben je misschien geneigd altijd de hoogste te kiezen, maar wees voorzichtig: hoe breder de puls, hoe groter de kans dat hij gebeurtenissen bestrijkt die dicht bij elkaar liggen. Als vuistregel kunnen twee gebeurtenissen worden onderscheiden als ze ten minste een halve pulsbreedte uit elkaar liggen. Als u "veel" gebeurtenissen verwacht bij het meten van korte lijnen, is het raadzaam een kortere puls te kiezen. Het moet ook mogelijk zijn de verwachte vezellengte in het apparaat te configureren, aangezien deze de looptijd van de puls op de lijn bepaalt en dus een directe invloed heeft op de dode zone.

Er zijn twee soorten deadband: de gebeurtenis deadband, die de afstand tussen twee gebeurtenissen aangeeft (zie hierboven), en de demping deadband, die de minimale afstand tussen twee gebeurtenissen bepaalt zodat de demping nog nauwkeurig kan worden bepaald - beide samen bepalen de zogenaamde totale deadband. Deze wordt gewoonlijk gespecificeerd voor zeer kleine pulsbreedten (bv. 10 ns) en moet in het bereik van enkele meters liggen.

De nauwkeurigheid van de dempingsmeting, de lineariteit - zowel van de afstand als van de gebeurtenis - is een ander belangrijk selectiecriterium; een afwijking van $\pm 0,05$ dB/dB is meer dan voldoende voor gebruik in de toegangsector.

Over het geheel genomen wordt de nauwkeurigheid echter bepaald door het aantal geregistreerde datapunten, d.w.z. in hoeveel afzonderlijke waarden het meetapparaat de meting kan opslaan. Hoe meer datapunten beschikbaar zijn, hoe hoger de resolutie en de nauwkeurigheid. Voor de hierboven beschreven toepassing zijn 100.000 datapunten voldoende. 300.000 datapunten zijn ideaal, vooral voor langere afstanden.

Net als bij TDR-metingen in het koperbereik is het ook bij OTDR-metingen van belang de te meten glasvezel te kennen. Daarom moet men belangrijke vezelparameters kunnen invoeren om de meest nauwkeurige resultaten te verkrijgen. Deze omvatten vooral de brekingsindex (IoR), de Rayleigh-backscatteringscoëfficiënt (BC) en de verzwakkingscoëfficiënt (ACI).

Hoe kan de OTDR de gebruiker ondersteunen?

Apparaten met de automatische modus doen veel dingen volledig automatisch en worden vooral aanbevolen voor beginners. Tests met verschillende golflengtes en pulsbreedtes worden automatisch uitgevoerd en de resultaten worden handig weergegeven in een gebeurtenistabel met behulp van symbolen, lengte- en afstandsgegevens. Idealiter zelfs met pass/fail evaluatie, waarvoor je in een goede OTDR de overeenkomstige grenswaarden voor de eventsplice, macrobend en connector zou moeten kunnen configureren. Sommige apparaten worden zelfs geleverd met een voorbereide beoordeling volgens ITU-T G.671 of TIA 568.3-D, wat het natuurlijk wat gemakkelijker maakt, maar de waarden kunnen dan niet worden aangepast aan de eigen - mogelijk hogere - kwaliteitseisen.

Aangezien elke beginner echter wel eens ervaring heeft, is het heel zinvol om erop te letten dat er ook een handmatige modus is met onafhankelijke OTDR-grafiek en een real-time modus (Real-Time), waarmee men ook snel veranderende gebeurtenissen betrouwbaar kan detecteren. In de automatische stand wordt dit nogal aan het toeval overgelaten.

Pre- en postvezel, portsaver

Ongeacht of u een beginner of een expert bent, of u auto-mode of real-time metingen doet, werk nooit zonder voorvezel en navezel, en zorg ervoor dat u ze krijgt aangeboden bij de aanschaf van een OTDR. Vaak veroorzaakt juist de aansluiting van de te meten glasvezel de grootste problemen; slijtage en verontreiniging zijn hier de meest voorkomende en grootste problemen. Als je de te meten glasvezel rechtstreeks op de OTDR zou aansluiten, zou je de invloed van de connector op de totale lijn niet kunnen beoordelen, zelfs niet met kleine pulsen, omdat de "event dead zone" (zie hierboven) groter is dan nul, maar de connector vrijwel op nul staat. Door vooraf een leidinggevende glasvezel van bijvoorbeeld 1000 m aan te sluiten, zorgt men ervoor dat deze gebeurtenis nauwkeurig kan worden geëvalueerd. Een soortgelijk effect treedt op aan het einde (EoF - End of Fiber): Indien de laatste connector van de te meten vezel open is, is er een volledige reflectie aan het einde van de glasvezel - een uitspraak over de kwaliteit van de volgende connector is dan niet mogelijk. Of juist deze laatste connector aan het einde van de vezel misschien het eigenlijke probleem door vervuiling is, waarvoor de technicus werd opgeroepen, valt niet te bezien. Alleen met een sleepvezel wordt de laatste te beoordelen open connector een volwaardige connector met meetbare demping.

De pre- en postvezels moeten altijd van hetzelfde vezeltype zijn en langer dan hun eigen dode zone. Zorg ervoor dat de voor- en navezel van hoge kwaliteit zijn, de connectoren in een OTDR-meting moeten altijd van de hoogste kwaliteit zijn en mogen zo mogelijk niet snel slijten. Daarom moet een zogenaamde portsaver in de leveringsomvang worden opgenomen: Hij kan worden aangesloten tussen de OTDR en de voorste vezel en beschermt zowel de eigenlijke connector van het meetapparaat als de voorste vezel en kan na een paar 100 paringscycli gemakkelijk en goedkoop worden vervangen.

Registratie- en meetprotocol:

In geval van contractwerk, bijvoorbeeld voor een netbeheerder of voor eigen documentatie, is het ook belangrijk om alle van het meetapparaat ontvangen gegevens volledig te kunnen exporteren voor latere analyses. Een gestandaardiseerd SOR-bestand (Standard OTDR Record) moet kunnen worden geëxporteerd met

alle datapunten. Gratis SOR-viewers maken dan een diepgaande analyse tot op het individuele gegevenspunt mogelijk.

Let bij de keuze van optische test- en meetapparatuur goed op het terrein waarop u werkt, zodat u bij problemen precies de juiste oplossing bij de hand hebt. Het gebruik van een multifunctionele tester kan veel tijd besparen, omdat onmiddellijk een eerste beoordeling kan worden gemaakt: vooral bij "kleine" problemen (onzuiverheden, contactproblemen, enz.) hoeft dan niet op de deskundige te worden gewacht!



GESELLSCHAFT FÜR
INFORMATIONSTECHNIK mbH

Rahmedstraße 90
D-58507 Lüdenscheid

Tel: +49 2351 9070-0
Fax: +49 2351 9070-70

E-Mail: sales@argus.info
Internet: www.argus.info/en