

Streckentest im Lichtleiter

Die Multimode-Dämpfungsmessung mit Encircled Flux ergibt zuverlässige und reproduzierbare Resultate

InfiniBand- und Ethernet-Techniken mit bis zu 100 Gigabit und immer engeren optischen Dämpfungsbudgets umzusetzen, ist erst auf der Basis präziser, wiederholbarer Messergebnisse möglich. Doch diese differieren in der Praxis oft heftig. Die strikte Einhaltung der Encircled-Flux-Einkoppelbedingungen kann die Abweichungen bei der Lichtwellenleiterprüfung auf unter zehn Prozent senken.

Angesichts steigender Datenmengen müssen Glasfaserkabel immer größere Datenmengen mit möglichst wenig Verlust übertragen. Sind die Datenstreuverluste zu hoch, können Multimode-Glasfaserkabel die Datenfluten nicht mehr bewältigen. Dämpfungsmessungen informieren Netzwerkadministratoren darüber, wie hoch der Verlust der in den Multimode-Fasern übertragenen Daten ist. Entsprechend der Messergebnisse können sie korrigierende Maßnahmen ergreifen.

Aber wie können Netzwerktechniker zuverlässig erkennen, ob ihr Netz ausgelastet ist oder wie viel Lichtleistung tatsächlich verloren geht? Die Lösung heißt Encircled Flux (EF). Dahinter steckt das strikte Einhalten von Einkoppelbedingungen für aussagekräftige und reproduzierbare Ergebnisse bei Multimode-Dämpfungsmessungen.

Technische Voraussetzungen für eine präzise Messung

Encircled Flux definiert die Anregungsbedingungen in Multimode-Glasfasern, indem das Verhältnis zwischen der eingekoppelten Sendeleistung und dem Radius des angeregten Teils des Faserkerns bestimmt wird. Um die auf der Verkabelungsstrecke verloren gehende Lichtleistung zu messen, verwenden Techniker eine Lichtquelle und einen Leistungsmesser oder ein OTDR (optische Zeitbereichsreflektometrie, Optical-Time-Domain-Reflectometry).

Die Messbarkeit verlässlicher und reproduzierbarer Einfügedämpfungswerte (IL = Insertion Loss) gestaltet sich in der Praxis jedoch schwierig. So hängt die Genauigkeit der Messergebnisse zunächst von qualitativ hochwertigen Komponenten wie Messkabel, Kupplungen und Stecker ab. Ebenso trägt ein falscher Messaufbau oder unterschiedliches Equipment zu IL-Messungenauigkeiten bei. Auch verschiedene

Lichtquellen wie VCSEL (Vertical-cavity Surface-emitting Laser), Laser oder LED und Lichtenergien sind entscheidende Parameter für die Messung multimoder Fasern.

Entscheidend für die Vergleichbarkeit von Dämpfungsmessungen sind die Einkoppelbedingung, unter der Licht in einen Stecker geleitet wird: Nur wenn der größte Teil des Lichtes in einem definierten Teilbereich des Faserkerns übertragen wird, sprechen Experten von Encircled Flux. Aufgrund des größeren Kerns der Glasfaser überträgt sich das Licht auf unterschiedlichen Wegen (Lichtmoden). Nur durch sorgfältig definierte Anregungsbedingungen für die Einkoppelung – wie sie Encircled Flux vorsieht – lassen sich Ungenauigkeiten bei Dämpfungsmessungen auf nachweislich unter zehn Prozent senken.

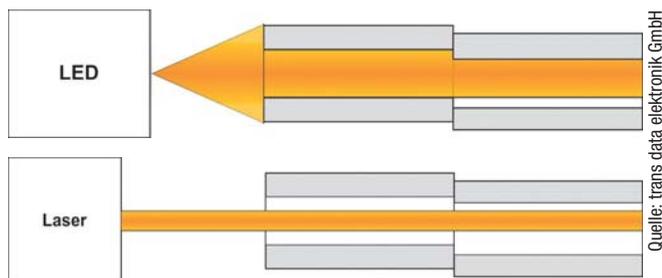
Neudefinition durch Encircled Flux

Ursprünglich wurde die Encircled-Flux-Metrik für die Simulation von Übertragungsbandbreiten entwickelt. In engem Zusammenhang steht die Entwicklung der Encircled-Flux-Metrik mit den Oberflächenemittern VCSEL: Diese kommen aufgrund ihrer hohen Datenrate seit 1999 als optische Sender für die High-Speed-Übertragung zum Einsatz, da sie sich gut für die analoge Breitband-Signalübertragung eignen. VCSEL-Lichtquellen arbeiten mit einer Wellenlänge von 850 Nanometern (nm), koppeln dabei das Licht aber anders ein als LEDs mit gleicher Wellenlänge. VCSELS emittieren einen schmalen Lichtstrahl, der in der Mitte des Glasfaserkerns am hellsten ist, nach außen hin schnell abdunkelt und den Kern nahe der Grenzschicht zum Mantel nicht mehr beleuchtet.

Die Wellenlänge von 850 nm hat das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) auch für die Übertragung von VCSELS auf Multimodefasern für Gigabit Ethernet vorgegeben. Mit der Entwicklung des 10 Gigabit Ethernet kam es zur Festlegung der Encircled-Flux-Metrik: Sie definiert Encircled Flux als Einkoppelbedingung für eine ideale VCSEL-Lichtquelle, die ihre Lichtleistung stärker auf die Mitte des Faserkerns konzentriert als Laser oder LEDs.

Einkopplung unterschiedlicher Lichtquellen

Ideale Einkopplungsbedingungen liegen vor, wenn sich das Licht über den gesamten Faserkern verteilt. Tatsächlich aber verursachen unterschiedliche Lichtquellen „overfilled“ beziehungsweise „underfilled launch conditions“. Kommt als Lichtquelle eine Leuchtdiode (LED) zum Einsatz, wird die Energie gleichmäßig über die Multimode-Faser beziehungsweise ihren Kern verteilt. Da Strahlungsfläche und Winkelverteilung größer als der Faserkern sind, gehen sowohl das außerhalb des



Mode Fill Condition einer LED-Lichtquelle (oben) und einer Laser-Lichtquelle (unten).

Quelle: trans data elektronik GmbH



Quelle: trans data elektronik GmbH

Bei Multimode-Dämpfungsmessungen unter Verwendung einer LED-Lichtquelle beseitigt Mandrel Wrap die Moden höherer Ordnung.

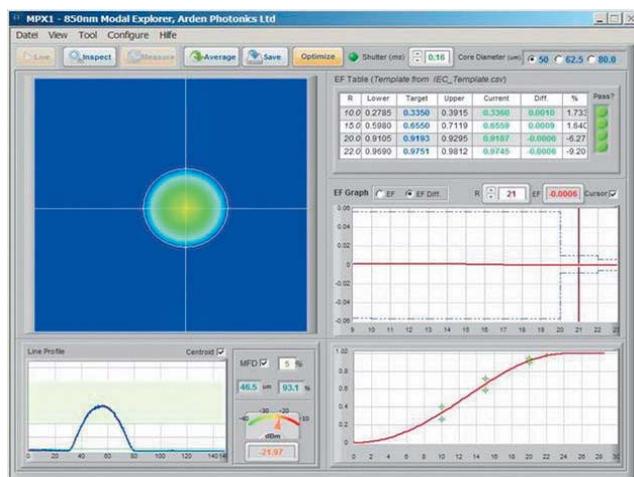
Faserkern einfallende Licht als auch das in einem Winkel auftreffende und den Akzeptanzwinkel des Faserkerns übersteigende Licht für die Übertragung verloren. Die Vollerregung erzeugt tendenziell zu hohe Dämpfungswerte und damit zu pessimistische Messergebnisse.

Kantenstrahler wie Laser oder VCSEL-Hochleistungslaser hingegen übertragen die Lichtenergie nur in einen geringen Bereich des Kerns. Strahlungsfläche und Winkelverteilung des Lichtes sind bei diesen Lichtquellen kleiner als der Faserkern. Der Großteil der optischen Leistung konzentriert sich in der Mitte der Faser und leuchtet den Kern nicht vollständig aus. Die „underfilled launch condition“ genannte Anregung erzeugt zu niedrige Dämpfungswerte. Die Messergebnisse sind in der Regel also zu optimistisch.

Genau zwischen der Overfill- und der Underfill-Anregung liegt Encircled Flux. Seit Juli 2009 definiert der IEC-Standard 61280-4-1 die Teilbereiche für die Energieverteilung des Lichtes im Kern. Da die Einkoppelbedingungen für unterschiedliche Lichtquellen variieren, müssen VCSEL- und LED-Dioden sowie Laser an die EF-Bedingung angepasst werden. Grundlage vieler Standards – wie IEE802.3, ANSI/TIA und ISO/IEC – bilden LED-Lichtquellen.

Die Dämpfungsmessung im Detail

In der Praxis läuft die IL-Messung von LWL-Steckern (S2) oder -Kabeln wie folgt ab: Netzwerktechniker verbinden einen Testjumper mit einer Lichtquelle. Am Ende des Testjumpers wird ein Stecker angebracht (S1) und mittels Kupplung mit dem Prüfling verbunden. Das Licht wird von der Lichtquelle über S1 in Stecker S2 eingekoppelt und so über das



Der Modal Explorer MPX1 von Arden Photonics zeigt beim Scan des Kern-Nahfelds oben rechts den nach IEC 61280-4-1 definierten Teilbereich des Faserkerns.

daran angeschlossene Kabel am anderen Ende aufgefangen und gemessen.

Mit diesem Testaufbau lässt sich der Energieverlust messen, der beim Einkoppeln der Lichtenergie von S1 in S2 entsteht. Da sich Encircled Flux abhängig von der verwendeten Faser oder weiteren Zwischenadaptierungen signifikant ändern kann, muss die Compliance zwingend am Ende des Testjumpers kontrolliert werden. Um vergleichbare Messergebnisse gewährleisten zu können, ist das regelmäßige Überwachen der Einkoppelbedingung notwendig, selbst wenn Hersteller von Dämpfungsmessgeräten die Einhaltung von EF garantieren. Auch bei baugleichen Messgeräten derselben Serienreihe und desselben Baujahrs können Unterschiede auftreten.

Testleitung mit LED-Lichtquelle

Kommt eine LED-Lichtquelle bei Multimode-Dämpfungsmessungen zum Einsatz, passiert dies mit sogenannten Mandrel Wraps. Aufgrund der überfüllten Fasern weisen diese mehr Moden auf, die sich nahe der Grenzschicht zwischen Kern und Mantel befinden. Diese Moden höherer Ordnung sind anfälliger für die Dämpfung durch das Biegen der Glasfaser und gehen auch an Verbindungsstellen zuerst verloren. Mandrels gewährleisten zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse: Hierbei wird das mit der Lichtquelle verbundene Anschlusskabel so um den zylindrischen Wickeldorn (Mandrel) gewickelt, dass der Einfallswinkel an der Biegung kleiner ist als der Grenzwinkel der Totalreflexion. Dadurch werden die Moden höherer Ordnung beseitigt, bevor das Testsignal in die zu prüfende Strecke eingekoppelt wird. Die gemessene Dämpfung verringert sich.

Für Multimode-Dämpfungsmessungen mit einer Laser-Lichtquelle muss laut IEEE802.3aq und FOTP-203-Standard zusätzlich ein Fiber Shaker eingesetzt werden. Er passt die helleren Sprengel (Speckles) durch Änderung der differenzialen Weglänge der unterschiedlichen Moden in der Faser an: Dazu wird die Faser während des Messvorgangs kontinuierlich geschüttelt, um die Speckles auszumitteln.

Durchgängig saubere Ergebnisse

Mit der Encircled-Flux-Metrik lassen sich Messunsicherheiten auf unter zehn Prozent senken und eine gute Performance in High-Speed-Netzen bei Verwendung von 850 nm VCSELs in 10 Gigabit Ethernet-Systemen erzielen. Das gilt auch für neue Techniken, bei denen opto-elektronische Module direkt auf den Leiterplatten montiert und über Prismenstecker angeschlossen werden.

Zugleich gewährleistet Encircled Flux auch die bessere Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Messgeräten. Viele Messgeräte-Hersteller garantieren mittlerweile EF Compliance für ihre Messgeräte, jedoch gilt die Einhaltung nur für den Messgeräte-Ausgang. Wird ein Adapterkabel zwischen Messgeräte-Ausgang und Prüfling geschaltet, können sich die Einkoppelbedingungen ändern, die am zu messenden Stecker anliegen. Verursacht wird dies beispielsweise durch Fasertypen unterschiedlicher OM-Kategorien, deren Kombination, die Verbindungsanzahl oder sogar aufgrund unterschiedlicher Faserhersteller oder Kabellängen.

Deshalb ist Encircled Flux kein statischer Parameter – die Anrengungsbedingung verändert sich dynamisch im Lauf einer Kabelstrecke. Für vergleichbare Messergebnisse müssen Hersteller und Netzwerk-Ingenieure die Einkoppelbedingungen direkt vor dem zu messenden Stecker prüfen. Nur hier lässt sich Encircled Flux erfolgreich umsetzen.

Wilfried Schneider,

Technischer Leiter/CTO, tde – trans data elektronik GmbH