

Warum Zertifizierer beim Test von LAN-Verkabelungen die erste Wahl sein sollten

Vor etwa einem Vierteljahrhundert wurden die ersten Ethernet-Netze mit verdrehten Adernpaaren (Twisted-Pair, TP) und einer Übertragungsrate von bis zu 10 MHz („10Base-T“) mit Verkabelung der Klasse C / Kategorie 3 installiert. Seitdem gilt der LAN-Kabelzertifizierer als das bevorzugte Messgerät zum Testen von TP-Verkabelungen in LANs gemäß standardisierter Normen.

Verkabelungsnormen – des LAN-Technikers Bibel

Die beiden wichtigsten Normierungsorganisationen für LAN-Verkabelungen sind die internationale ISO/IEC mit der Normenreihe 11801 und die US-amerikanische ANSI/TIA mit den Standards der Serie 568. Diese Normen spezifizieren drei unterschiedliche Arten von Leistungsanforderungen für Komponenten, Kabel und Verkabelungen.

Die Komponenten-Normen definieren die Leistungsparameter der Buchsen und Steckverbinder auf den einzelnen Leistungsstufen. Diese sind in die Kategorien 3, 5e, 6, 6_A, 7, 7_A, 8.1 und 8.2 unterteilt. Auf Grundlage dieser Normen entwickeln und testen die Hersteller ihre Produkte. Wenn ein Installateur eine Datendose der Kategorie 6_A kauft, kann er sicher sein, dass der Hersteller garantiert, dass die von der ISO oder TIA für diese Leistungsstufe vorgegebenen Parameter eingehalten werden. Die Kabelnormen spezifizieren die Leistungsparameter der reinen Kabel ohne angeschlossene Steckverbinder. Wie bei den Komponenten kann man voraussetzen, dass ein mit „Kategorie 6_A“ gekennzeichnetes Kabel die Leistungsanforderungen erfüllt, die die ISO- und TIA-Normen stellen. Die dritte Art von Leistungsanforderungen für die Verkabelung ist für Servicetechniker interessant, da sie die installierte Verkabelung testen. Die Verkabelungsnormen legen die Leistungsparameter vollständiger, installierter Übertragungsstrecken (*Link* und *Channel*) aus Kabel und Steckverbinder fest, nach denen auch getestet wird. Diese Vor-Ort-Tests sind kritisch, da die *Link*- und *Channel*-Leistung bestimmt, ob die Netzwerkgeräte funktionieren und die vereinbarte Bandbreite zur Verfügung stellen.

Channel- und Permanent-Link-Messung

Wenn der Zertifizierer für Tests am Kabel eingerichtet wird, ist die benötigte Leistungsnorm sowie die vorhandene Kabelkonfiguration auszuwählen. Bei der Zertifizierung von Verkabelungssystemen in Bürogebäuden hat man die Wahl zwischen dem *Channel* und dem *Permanent-Link*. Der *Channel* umfasst die installierte Verkabelung und die Anschlusskabel (Patchkabel) des Netzwerkgerätes mit der Verkabelung. In Abbildung 1 ist die fest installierte Verkabelung, die als *Permanent-Link* (PL) bezeichnet wird, grün dargestellt, die Patchkabel sind lila eingezeichnet. Die Messung beginnt ca. 2 cm hinter dem Channel-Adapter des Zertifizierers und umfasst das Patchkabel und den Steckverbinder zum Verteilerfeld (Patchfeld) bis hin zur Datendose am Arbeitsplatz. Der Anschluss am Channel-Adapter wird beim Test nicht mit berücksichtigt. Die schwarzen Querbalken in Abbildung 1 mit den Stop/Go-Symbolen zeigen an, welche Abschnitte der Verkabelung getestet werden.

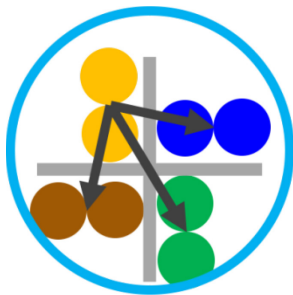
Einen LAN-Kabelzertifizierer muss man sich als ein Messgerät vorstellen, das das dritte Element eines Verkabelungssystems testet. Die beiden ersten Elemente sind das Kabel und die Steckverbinder, die bereits vom Hersteller geprüft wurden. Das dritte Element ist die Vor-Ort-Installation dieser Komponenten. Qualitativ hochwertige Steckverbinder und Kabel erbringen die spezifizierten Leistungsparameter, wenn sie unter Laborbedingungen installiert werden. Aber die Installation im Feldeinsatz unterscheidet sich deutlich von der im Labor. Bei der Verlegung unter realen Bedingungen kann es passieren, dass das Kabel gedehnt, geknickt, gequetscht, bei erhöhter Temperatur oder bei hoher Feuchtigkeit installiert und in schlechter Qualität angeschlossen wird. Aus diesen Gründen wird eine Vor-Ort-Zertifizierung durchgeführt, da nur so sichergestellt werden kann, dass die einzelnen hochwertigen Komponenten auch ein qualitativ hochwertiges Verkabelungssystem ergeben.



Welche Messungen führt ein Zertifizierer aus, um die Übertragungsleistung der Verkabelung zu testen?

Die grundlegenden Parameter sind die Rückflusdämpfung und das Nebensprechen (Übersprechen). Diese beiden Messungen unterscheiden den Zertifizierer von allen anderen Netzwerk-Kabeltestern - auch vom Qualifizierer. Bei der Ermittlung des Nebensprechens wird das Signal gemessen, das vom benachbarten Adernpaar eingekoppelt wird. Im Idealfall findet zwischen den Aderpaaren keine Signalübertragung statt. In der Praxis lässt sich diese gegenseitige Beeinflussung nicht vermeiden. Das Nebensprechen ist frequenzabhängig. Bei höheren Frequenzen können schon sehr kleine Störungen auf der Übertragungsleitung zu einem hohen Nebensprech-Pegel führen. Dieser störende Effekt tritt entlang dem Kabel auf und ist an den Steckverbindern, also an den Stellen, an denen die physische Verdrillung des Kabels aufgehoben ist, am stärksten ausgeprägt. Zertifizierer messen verschiedene Arten von Nebensprechen.

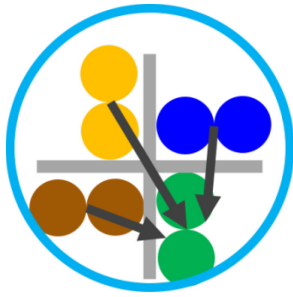
Nahnebensprechen (NEXT): Hier wird das Signal an dem Ende des Kabels gemessen, an dem es auch eingekoppelt wurde. Das Nahnebensprechen wird an beiden Kabelenden zwischen jedem der vier Aderpaare, wie in Abbildung, ermittelt so liegen NEXT-Ergebnisse für das ferne und das nahe Ende vor. Damit stehen für jedes Kabelende sechs Ergebnisse zur Verfügung. NEXT ist die wichtigste Messung, um zu ermitteln, in welcher Qualität der Installateur die Komponenten angeschlossen hat.



Pair to Pair NEXT

Fernnebensprechen (FEXT): Hier wird das Signal an einem Kabelende eingekoppelt und am anderen Ende gemessen. Der FEXT-Wert wird nicht als direktes Messergebnis ausgegeben, obgleich die Daten für andere Berechnungen, wie für den Dämpfungs-Nebensprech-Abstand am fernen Ende (ACR-F), genutzt werden.

PowerSum NEXT (PSNEXT): Ist ein berechneter Wert, um die Leistungssumme des Nebensprechens der drei Adernpaare auf das vierte Adernpaar des Kabels zu simulieren.

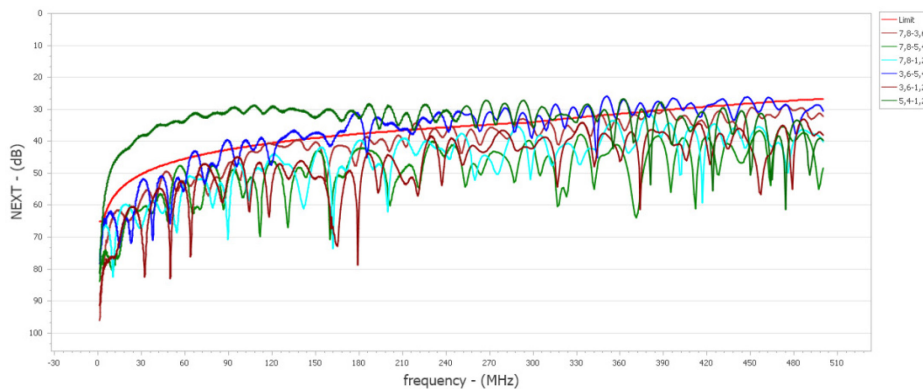


PowerSum NEXT

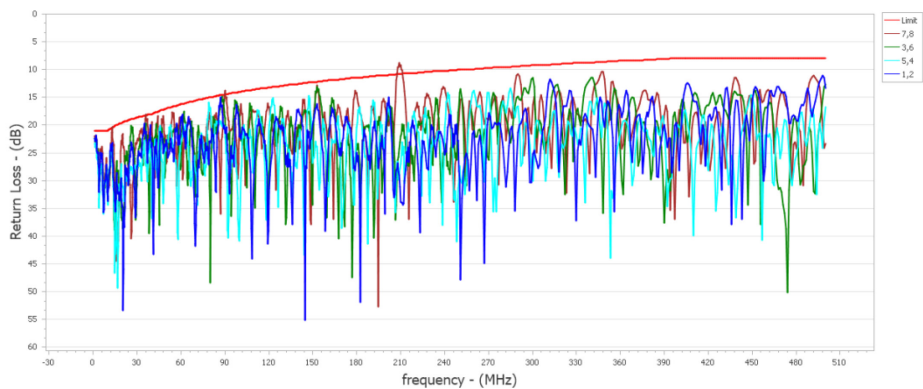
Fremdübersprechen (Alien-Crosstalk): Statt das Signal zu messen, das von einem Adernpaar in das andere Adernpaar des gleichen Kabels eingekoppelt wird, gibt der Alien-Crosstalk-Wert an, wie stark ein Signal von einem Kabel in ein anderes Kabel eingekoppelt wird. Alien-Crosstalk wird bei Frequenzen von mehr als 300 MHz zum Problem, lässt sich aber mit geschirmten Kabeln nahezu vollständig unterbinden.

Jede Art von Nebensprechen ist unerwünscht, da eine Störung zwischen den Kanälen des Ethernet-Transceivers am nahen und/oder fernen Ende des Kabels die Folge ist. Transceiver sind durchaus in der Lage, einen bestimmten Nebensprech-Pegel zu tolerieren. Wird dieser Grenzwert überschritten, gehen Datenbits verloren und die Übertragungskapazität der Strecke wird beeinträchtigt. Die häufigsten Quellen von übermäßigem Nebensprechen sind das zu weite Auflösen der Verdrillung der Adernpaare bei der Steckerkonfektionierung, eine mangelhafte Qualität der Steckverbinder sowie Kabel/Steckverbinder, die nicht für die jeweilige Übertragungsfrequenz zugelassen sind.

Die Messung der Rückflusdämpfung (RL) ermittelt die Signalleistung, die von der Verkabelung wie ein Echo zum Sender zurück reflektiert wird. Eine hohe Rückflusdämpfung kann so starke Echos hervorrufen, dass diese die Übertragung des Signals in einer Richtung stören. Sie kann auch die effektive Länge des Links/Channels des Kabels verringern. Jeder Energiebetrag, der vom Kabel reflektiert wird, fehlt dem gewünschten Signal, das dadurch weniger Leistung besitzt, um den Weg durch ein langes Kabel fortzusetzen. Die häufigsten Ursachen für eine übermäßige Rückflusdämpfung sind Stecker/Buchsen von Anbietern, die nicht miteinander kompatibel sind, mehrere Steckverbinder an einem Channel sowie ein schlechter Kontakt zwischen dem Leiter des Kabels und dem Kontakt des Steckverbinders.



Beispiel für einen nicht bestanden NEXT-Test: Die Werte aller Adernpaare sollten unter der roten Grenzwertlinie liegen.



Beispiel für einen nicht bestanden RL-Test: Die Werte aller Adernpaare sollten unter der roten Grenzwertlinie liegen.

Teil 2: Bandbreite, Durchsatz, Qualifizierung und Zertifizierung

Ein Zertifizierer kann mehr, als nur Defekte an Komponenten und Arbeitsqualität bei der Installation nachweisen. Die zweite wichtige Aufgabe ist, die tatsächliche Leistung eines installierten Verkabelungssystems nach TIA/ISO/EN zu ermitteln.

Vergleich der tatsächlichen Leistung mit der spezifizierten Leistung

Es gilt als nahezu sicher, dass Steckverbinder und Kabel von Markenherstellern für die Kategorien 5e, 6 oder 6_A die erwartete Leistung zur Verfügung stellen. Jedoch können durch z.B. unsachgemäßen Anschluss, fehlerhafte Komponenten in der Praxis Qualitätsschwankungen auftreten. Daher weiß der Installateur ohne eine Vor-Ort-Zertifizierung nie, ob die Installation tatsächlich die geforderte Leistung liefert. Wer sichergehen möchte, dass die verwendeten Komponenten die benötigten Kennwerte tatsächlich erfüllen, sollte stets renommierte Marken (Siehe Symbole in Abbildung 1) wählen, nicht auf Billigware zurückgreifen und mit einem Zertifizierer nachweisen, dass die Installation die Leistungsvorgaben erfüllt.



Abbildung 1:

Diese standardisierten Symbole sind in den Normenreihen ISO 11801 und TIA 568 definiert und informieren über die Leistungskategorie der Steckverbinder. Allerdings sind auch sie keine absolute Garantie dafür, dass die versprochene Leistung tatsächlich erbracht wird.

Eine Anmerkung zu „Klassen“ und „Kategorien“. Die ISO/IEC verwendet den Begriff „Klasse“ und die ANSI/TIA den Begriff „Kategorie“, um die Leistungsstufen der installierten Übertragungsstrecken (Link) zu definieren. Beide Organisationen nutzen den Begriff „Kategorie“ zur Beschreibung der Leistung von Komponenten. Daher besteht ein Channel der ISO/IEC-Klasse EA aus Komponenten der ISO/IEC-Kategorie 6A.

Bandbreite/Durchsatz und Zertifizierung

Eine oft gestellte Frage ist, wie ein Kabel beim Zertifizierungstest durchfallen und trotzdem Daten übertragen kann. Um dies zu beantworten, muss man den Unterschied zwischen den Leistungsanforderungen für verschiedene Datenraten und den Leistungskategorien der Verkabelung verstehen. Vorab sollten jedoch die Frequenzanforderungen der Kabelkategorien und der Unterschied zwischen Frequenz und Datenrate bekannt sein.

Die Datenrate oder Übertragungsrate bezeichnet die Menge an Daten, die in einem festgelegten Zeitraum über das Kabel oder Netzwerk übertragen wird. Sie wird in Megabit pro Sekunde (Mbit/s) angegeben. Die Datenrate ist der wichtigste Parameter der Ethernet-Übertragungsgeschwindigkeit und von der Signalisierungsfrequenz und der Codierung abhängig, die verwendet wird, um die Datenbits zu erzeugen. Häufige Datenraten für TP-Verkabelungen sind 10, 100, 1000 Mbit/s (1G) und 10 Gbit/s (10G). Gerade erst ist 40G auf den Markt gekommen und demnächst werden es 25G sein. Allerdings sinkt bei 40GBase-T die Übertragungsentfernung auf 30 Meter, während die anderen Datenraten 100 Meter überwinden.

Die Kabelfrequenz ist die Frequenz, bei der das Kabel zur Zertifizierung getestet wird. Der Unterschied zwischen der Kabelfrequenz und der Datenrate ist durch die Codierung, die angewendet wird, um die Datenbits zu erzeugen, sowie durch die Anzahl der Adernpaare bedingt, die für die Datenübertragung zum Einsatz kommen. (Siehe Grafik 1).



Ethernet-Typ	Klasse/Kategorie	Kabel-frequenz	Datenrate	Anzahl der Adernpaare	Channel-Länge
10Base-T	C/3	10 MHz	10 Mbit/s	2	100 m
100Base-TX	D/5E	100 MHz	100 Mbit/s	2	100 m
1000Base-T	D/5E	100 MHz	1000 Mbit/s	4	100 m
1000Base-TX	E/6	250 MHz	1000 Mbit/s	2	100 m
10GBase-T	EA/6A	500 MHz	10.000 Mbit/s	4	100 m
25GBase-T	EA/6A oder F oder FA	1250 MHz	25.000 Mbit/s	4	15 m
40GBase-T	I/8.1 oder II/8.2	2000 MHz	40.000 Mbit/s	4	30 m

Grafik 1: Unterschiede zwischen Kabelfrequenz und Datenrate der jeweiligen Ethernet-Typen.

Heute wird 1000Base-T / 1G Ethernet (GbE) am häufigsten eingesetzt. Zwar erfordert dieser Ethernet-Typ nur Verkabelung der Klasse D, aber die meisten Anwender installieren Verkabelung der Klasse E oder E_A, die bis 250 bzw. 500 MHz zertifiziert ist. Daher wird diese Verkabelung bis zum Fünffachen der Datenrate getestet, die für die ordnungsgemäße Funktion des Netzwerks erforderlich wäre. In diesem Fall besteht ein Kabel den Zertifizierungstest für die Klasse E/E_A möglicherweise nicht. Trotzdem funktioniert es in einem 1000Base-T-Netzwerk gut, weil die Testanforderungen deutlich höher sind als die Mindestvoraussetzungen für einen ordnungsgemäßen Betrieb dieses Ethernet-Typs.

Der häufigste Grund dafür, dass das installierte Kabel eine höhere Datenrate unterstützt als die aktuell angeschlossene Netzwerktechnik besteht darin, dass der Netzbetreiber auf zukünftige Anwendungen vorbereitet sein will. Die Kosten für 10G-Switches sind heute pro Port noch deutlich höher im Vergleich zu 1G-Switches. 10G ist also noch zu teuer und hauptsächlich noch Rechenzentren vorbehalten. Aber der Preisunterschied zwischen der Verkabelung der Klasse E und E_A ist so gering, dass viele Unternehmen schon jetzt in höherwertige Verkabelungen investieren. Damit wollen sie sicherstellen, dass sie später mühelos zu 10G-Netzwerken migrieren können, wenn die Preise für die Komponenten gefallen sind.

Qualifizierung oder Zertifizierung

Für die Qualifizierung von Kabelinstallationen haben die Normierungsorganisationen keine speziellen Test-, Leistungs- oder Genauigkeitsspezifikationen erarbeitet. Man sollte jedoch bei der Auswahl von Qualifizierern darauf achten, dass von beiden Seiten aktiv getestet wird (Transmission-Test). Bei Qualifizierern legen nämlich die Testerhersteller die Testparameter, die Genauigkeit und Ergebnisausgabe fest. Bei nicht standardisierten Tests ergibt sich eine gewisse Problematik in der Vergleichbarkeit mit Ergebnissen von anderen Testern. Weiterhin lassen die Gut-/Schlechtgrenzwerte einen größeren Interpretationsfreiraum zu. So ist es nur dann empfehlenswert, die günstigeren Qualifizierer einzusetzen, wo keine Zertifizierung nach TIA/ISO/EN gefordert wird.

Auf der Suche nach einem Tester kann es schwierig sein, einen Zertifizierer von einem Qualifizierer zu unterscheiden. Da alle Zertifizierer bestimmte Kriterien erfüllen müssen, ist es hilfreich, in der Produktbeschreibung nach einigen wichtigen Leistungsmerkmalen Ausschau zu halten, um einen Zertifizierer eindeutig zu erkennen. Aussagekräftige Begriffe und Formulierungen sind:



- Erfüllt die Genauigkeitsanforderungen der Norm ISO/IEC 61935 und TIA 1152-A.
- Genauigkeit nach ETL Level III/IIIe/IV verifiziert.
- Messung von NEXT, PSNEXT, Rückflusdämpfung (RL), Einfügedämpfung und ACR-F.
- Spezifiziert einen Testfrequenzbereich von mindestens 500 MHz.

Mieten statt kaufen

Da leistungsstarke Zertifizierer kostenintensiv sind, bieten manche Händler ihren Kunden, die eher selten Kabel zertifizieren müssen oder mehrere Projekte parallel betreuen, diese Tester zur Miete an. Beim Mieten eines Zertifizierers ist darauf zu achten, dass ein renommierter Händler ausgewählt wird, dessen Tester erst kürzlich beim Hersteller kalibriert und mit der neuesten Software ausgestattet wurden.

Fazit: Zertifizierer sind eine probate Lösung, um nachzuweisen, dass die installierte Verkabelung die strengen Leistungsanforderungen erfüllt, die von den Normen der ISO/IEC und ANSI/TIA vorgegeben werden. Diese präzisen Tester finden nicht nur defekte Komponenten und die Ursachen für Installationsfehler, sondern geben dem Installateur darüber hinaus die Sicherheit, dass das Netzwerk die Anforderungen erfüllt und die Installationsarbeiten ordnungsgemäß durchgeführt wurden.

Dan Payerle Barrera

Dan Payerle Barrera ist Global Product Manager, Kabeltester, bei [TREND Networks](https://www.trend-networks.com)

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten

© TREND Networks 2021