

# Die Kombination macht's

## Die Gigabit-Ethernet-Schnittstelle wird ein Teil der TAL



Dennis Zoppke

**Breitbandkunden stellen immer höhere Anforderungen an die Schnelligkeit und Zuverlässigkeit ihrer Internetverbindungen. Mit zunehmendem Datendurchsatz wachsen auch die Herausforderungen beim Testen. Innovative DSL- und Gigabit-Ethernet-Messtechnik verhilft hier in Kombination zu sicheren Prüfergebnissen.**

**Eine gute Vorbereitung und die sichere Bedienung der wichtigsten Schnittstellen (DSL und Gigabit Ethernet) sind die zentralen Voraussetzungen, um die steigenden technischen Anforderungen an die Messung von Leitungen, Schnittstellen, Endgeräten und Services sicher zu meistern.**

*Dennis Zoppke ist als Produktmanager bei der Intec Gesellschaft für Informationstechnik mbH in Lüdenscheid tätig*

Netzbetreiber und Provider überbieten sich mit neuen Geschwindigkeitsrekorden und modernsten Techniken zur Erweiterung des Datendurchsatzes über DSL-, Glasfaser- und Koaxialleitungen. Je schneller die Breitband-schnittstellen werden, desto wichtiger wird auch die Ethernet-Schnittstelle und desto komplexer werden die Anforderungen an die Messtechnik.

Neueste Standards wie z.B. das VDSL2-Vectoring (ITU-T G.993.5, G.vector) oder das VDSL2-Bonding (ITU-T G. 998.2, G.bond) ringen der betagten Kupferdoppelader immer mehr Bits pro Sekunde ab. Endgeräte wie Modems (DSL, Kabel) und Glasfaserabschlüsse wie ONTs (Optical Network Termination) mit GPON-Technik (Gigabit Passive Optical Network) bieten dem Nutzer eine dauerhafte Bandbreite von 100 Mbit/s (z.B. VDSL2) bis 200 Mbit/s (GPON). Diese wird LAN-seitig über Ethernet bzw. Gigabit-Ethernet-Schnittstellen ermöglicht. Ob die zugesicherten Leistungen tatsächlich erreicht werden und im Kunden-netz zur Verfügung stehen, schlüsseln modernste Tests auf. Sie informieren auch über die Zukunftsfähigkeit des Kundenanschlusses, um sicherzustellen, dass sämtliche Leitungen und Komponenten eine weitere Geschwindigkeitssteigerung erlauben.

Auch regionale Anbieter wie Stadtwerke oder Stadtnetzbetreiber rüsten ordentlich auf und versorgen die Bürger mit aktiven Glasfasertechniken, die sich – anders als beim passiven GPON – glasfaserbasierter Ethernet-Standards bedienen. Deshalb setzen Messtechniker am besten auf ein mobiles Handheld-Testgerät, mit dem sich alle wichtigen Ethernet-Schnittstellen über Kupfer und Glasfaser in Verbindung mit ADSL, VDSL2 und SHDSL gleichzeitig testen lassen. Dies erlaubt neben der notwendigen Untersuchung der störungsanfälligen Kupferdoppelader auch eine Untersu-

chung unabhängig von der Physik (DSL, Glasfaser oder Koaxial). Zusätzlich können alle Dienste und die Performance über die Ethernet-Schnittstelle beim Kunden getestet werden.

### Gigabit Ethernet

Die Ethernet- bzw. Gigabit-Ethernet-Schnittstelle (GE) wird genau dadurch immer mehr zum Teil des Teilnehmeranschlussbereichs. Fast alle Endgeräte verfügen heute über eine kupfer- oder sogar glasfasergebundene Gigabit-Ethernet-Schnittstelle (1 Gbit/s). Diese muss auch über die WAN/LAN-Gateways sicher mit dem Zugangsnetz verbunden werden. Wo früher die Dienstleistung des Technikers an einer Fast-Ethernet-Schnittstelle (100Base-T) vor Beginn des Kundennetzes aufhörte, fangen die Probleme heute oft erst an. Denn der Kunde möchte mit seinen Endgeräten den über den physikalischen Anschluss gelieferten und bezahlten Durchsatz auch in seinem ganzen Leistungsspektrum nutzen. Um das sicherzustellen, können z.B. Downloads mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 Mbit/s nötig werden, die sich mit dem Kunden-Equipment (PC, Laptop) an Ethernet oder mit reinem Synchronisationswerkzeug z.B. via DSL (bis zu 100 Mbit/s) direkt auf der Teilnehmeranschlussleitung (TAL) nicht erreichen lassen. Auch die für Schicht 1 beliebte Glasfasermesstechnik in Form von Powermeter oder OTDR liefert wertvolle Aussagen, lässt aber die Frage nach praxisrelevanter Performance unbeantwortet.

Im Idealfall verfügt das Prüfgerät neben festen 1000Base-T-Schnittstellen (RJ45) auch über flexible SFP-Slots (Small Form-Factor Pluggable). Somit können die erforderlichen Performance-Tests nicht nur direkt vor und hinter dem DSL-Modem sowie hinter dem Kabel- oder Glasfasermodem durchgeführt werden, sondern auch

direkt vor dem abgesetzten DSLAM (Mini-DSLAM) im Keller oder an den GE-Switchen aktiver Glasfaseranschlüsse. Gerade hier wartet eine enorme Vielfalt an möglichen glasfaserbasierten Ethernet-Schnittstellen, die nur über SFP-Module abgedeckt werden können.

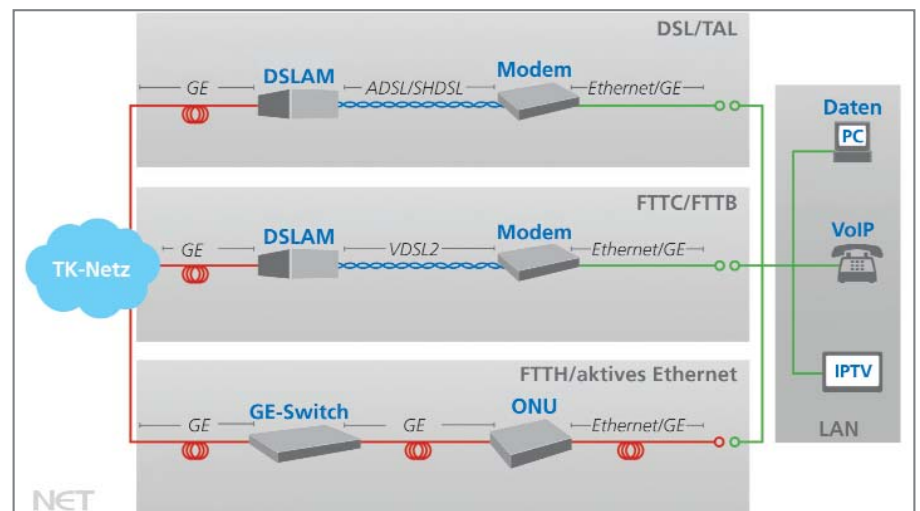
So kann der Endnutzer z.B. direkt über eine eigene Glasfaser (etwa mit 100Base-LX) mit dem Glasfasernetz verbunden sein oder über ein VDSL2-DSLAM (mit Profil 30a) im Anschlussverfahren FTTB/C (Fiber to the Building/Curb, etwa über 1000Base-SX oder 1000Base-ZX). Je nachdem, welche Anschlussart auch vom Netzbetreiber ausgebaut wurde, sollte das Messgerät in der Lage sein, SFP-Module zu unterstützen, die sämtliche Wellenlängentypen für glasfaserbasiertes aktives Ethernet abdecken können, beginnend bei 850 nm über 1.310 nm bis hin zu 1.550 nm für die Send- und Empfangsseite. Mit gängigen Typen wie 1000Base-BX/LX/SX/ZX oder 100Base-BX/LX lassen sich theoretisch Strecken mit Längen zwischen 550 m und 80 km realisieren. Auf diese Weise können die wichtigen Triple-Play- oder Performance-Tests direkt hinter dem Gateway zum Kunden durchgeführt werden.

### Dual-GE: Zwei Schnittstellen für schnelles und einfaches Testen

Ein großer Vorteil der Dual-GE-Technik ist die Option, zwei Gigabit-Ethernet-Schnittstellen gleichzeitig benutzen zu können. Der Techniker kann somit auf einer Gigabit-Ethernet-Schnittstelle senden und auf einer weiteren empfangen. Der Einsatz eines zweiten Gerätes bei Ende-zu-Ende-Tests wird somit überflüssig. Mit Hilfe einer Loop-Funktion und eines Traffic-Generators kann der Nutzer bei unterschiedlichen Paketgrößen die Leistungsfähigkeit von Ethernet-Verkabelungen oder -Geräten ermitteln. Dazu muss die Loop mindestens in der Lage sein, über die Schichten 1 und 2 alle oder ausgewählte Pakete eines Traffic-Generators erneut zurück zu leiten – und das bei einem Tempo von bis zu 1 Gbit/s. Nur ein in dieser Form geprüfter Netzabschnitt mit allen da-

zugehörigen Komponenten wird dem dauerhaft steigenden Highspeed-Datendurchsatz langfristig standhalten können. Will man diese Belastungstests nicht manuell durchführen, bietet sich ein automatisiertes Testpaket an, das sich der Testroutinen bedient, die im Quasistandard RFC 2544 beschrieben werden.

im Testgerät, die über weitere Störungen Aufschluss geben kann. Die Visualisierungen etwa der Bits und des SNR pro Trägertongraphen lassen Leitungstörungen erkennen, die während der Showtime auf die TAL einwirken. Mit Hilfe des QLN (Quiet Line Noise) pro Tongraph, der während der Synchronisation aufgenommen wird,



Drei Beispiele, bei denen Gigabit Ethernet zum Teil der Teilnehmeranschlussleitung wird (ONU – Optical Network Unit)

### ADSL und VDSL

Auch wenn alle Tests an der Ethernet-Schnittstelle, dem definierten Übergabepunkt, durchgeführt werden können, ist speziell der Einsatz der DSL-Technik auf der letzten Meile oft mit Problemen verbunden. Durch Nutzung der Jahrzehnte alten Kupferdoppelader können zwar Investitionen in neue Datenleitungen im Teilnehmeranschlussbereich niedrig gehalten werden, nicht aber die Störungsanfälligkeit gegenüber äußeren Einflüssen. Kommen also an der Ethernet-Schnittstelle des Modems nicht genügend oder gar keine Daten an, ist guter Rat meist teuer.

Ist in einem solchen Fall ein DSLAM vorhanden, ist es unerlässlich, mit diesem direkt zu synchronisieren, um Informationen über die maximal mögliche Datenrate zu erhalten. Darüber hinaus sollten auch Dämpfung, Sendeleistung und Signal-Rausch-Abstand (SNR) betrachtet und auf eine Über- oder Unterschreitung vorgegebener Grenzwerte hin untersucht werden. Eine besondere Rolle spielt hier die grafische Aufbereitung der Ergebnisse

lassen sich schmalbandige Störer wie etwa die Einkopplung von Mittelwellensendern oder Schaltnetzteilen sowie einkoppelndes Breitbandrauschen von Nachbaradern erkennen.

Ein weiterer Graph stellt die Dämpfung einer Verbindung über die Frequenz dar. Ein auffälliger Sprung im Hlog/Ton-Graphen (Hlog – Amplitudenanteil der Übertragungsfunktion) kann auf einen schlechten Kontakt, eine deutliche Senke auf eine Stichleitung (Bridge Tap) hinweisen.

### SHDSL: komplexer Business-Datendienst

Neben den sehr verbreiteten DSL-Typen ADSL und VDSL2 im Privatkundenbereich setzen Unternehmen auch häufig auf die sehr spezielle SHDSL-Technik. Diese symmetrische, meist stabilere und somit sicherere Technik wird aber aufgrund ihrer Vorteile und einer hohen Reichweite schnell teuer, besonders im Störfall.

Die Variantenvielfalt von SHDSL und SHDSL.bis bringt viele der oben genannten Vorteile, führt aber auch zu einer höheren Komplexität, vor allem

bei der Störungsbeseitigung an Mehrpaarsystemen. Bei der Prüfung einer 2-, 4- oder 8-Draht-Schnittstelle geraten einfache Messgeräte schnell an ihre Grenzen. Genauso wichtig ist es, verschiedene Subschichttypen auswählen zu können. Zu den drei gängigsten zählen die weitverbreiteten ATM-Anschlüsse (Asynchronous Transfer Mode), die verschiedenen EFM-Verfahren (Ethernet in the First Mile) sowie die zeitschlitzbasierte TDM-Technik (Time Division Multiplex). Geeignetes Test-Equipment unterstützt also diese Variantenvielfalt und simuliert dank umfangreicher Einstellungsmöglichkeiten die benötigten Netzkomponenten. Das erfordert gerade bei langen SHDSL-Strecken mit Repeatern die Möglichkeit zum STU-R- und STU-C-Betrieb (SHDSL Transceiver Unit-Remote, SHDSL Transceiver Unit-Central Office). Das Prüfgerät sollte in diesem Fall in der Lage sein, auch die Vermittlungsseite nachzubilden, um das installierte Modem oder einen Repeater zu überprüfen.

Steht die SHDSL-Verbindung, gehen die Daten auch hier meist wieder in eine Ethernet-Schnittstelle oder in bestimmten Fällen in eine  $S_{2M}/E1$ -Schnittstelle über, die z.B. durch eine Telefonanlage mit  $S_0$ - und a/b-Schnittstellen abgeschlossen wird.

### Protokolle und Dienste

Funktionieren die Teilnehmeranschlussleitung und die Ethernet-Schnittstelle grundsätzlich korrekt, empfehlen sich Tests auf höheren Schichten, um einen reibungslosen Betrieb für den Kunden sicherzustellen. Der Aufbau z.B. einer PPP-Verbindung (Point to Point Protocol) stellt sicher, dass Benutzername und Passwort für den Verbindungsaufbau korrekt sind und am Server des Netzbetreibers aufgelöst werden können.

### Performance testen

Besteht der Verdacht, dass der Anschluss unregelmäßig gestört ist, sind eventuell Tests der Dienstgüte (Quality of Service – QoS), der Performance oder Langzeitmessungen erforderlich. So lässt sich z.B. die Güte von VoIP mit

Hilfe eines MOS-Wertes (Mean Opinion Score) einstufen: Dieser fasst verschiedene, in den Service Level Agreements (SLA) festgelegte Messwerte zusammen und zeigt an, ob die Sprachqualität an diesem Anschluss gut oder schlecht ist. Der bereits erwähnte Download-Test kann neben dem Ethernet- auch den DSL-Anschluss mit einer Maximal-Performance an seine Grenzen bringen. Kommt es zu temporären Störungen, etwa nur an bestimmten Wochentagen oder zu bestimmten Uhrzeiten, bietet sich eine Langzeitmessung an.

Je nach Entstörungsfall müssen viele dieser Tests an der TAL bzw. an der Ethernet-Schnittstelle durchgeführt werden. Gerade Dienstetests spielen dabei eine wichtige Rolle, da es hier oft zu Problemen mit Einwahldaten und falsch eingestellten Protokollen kommt. In vielen Fällen decken die Dienstetests rasch erste Probleme auf, da Protokollfehler zunächst ausgeschlossen werden können. Wenn die Hausverkabelung elektrische Schwächen aufweist oder Fehlerbilder wie regelmäßig wiederkehrende Artefakte in IPTV-Streams auftreten, sollten mit dem Messgerät auch auf der untersten Schicht physikalische Messungen möglich sein.

### Sicherstellung der QoS durch Priorisierung

Zudem müssen moderne Messgeräte auch die Priorisierung von VoIP-Nutzdaten (RTP – Real-time Transport Protocol) und VoIP-Signalisierungsdaten (SIP – Session Initiation Protocol) auf Schicht 2 (VLAN – Virtual Local Area Network) und Schicht 3 (DiffServ – Differentiated Services) unterstützen können, da dies durch die Markierung der entsprechenden Pakete zur Sicherstellung der Dienstgüte in einem Netz beiträgt. Die Traffic-Typen der Services werden so Provider-abhängig klassifiziert und die Pakete müssen vom Messgerät beim Eintritt in das Zugangnetz entsprechend richtig markiert werden. Das Messgerät stellt hier das erste und wichtigste Teillglied der Kommunikationskette dar und muss sich wie das Kunden-Equipment vor Ort verhalten können.

### IPTV: Herausforderungen an das Zugangnetz

Anders als beim Fernsehen via Internet mittels Browser und PC muss der Provider bei IPTV (TV über IP) eine gleich bleibend hohe Qualität und ständige Verfügbarkeit gewährleisten. Genau das stellt erhebliche Anforderungen an das Zugangnetz und macht leistungsfähige Messtechnik erforderlich. So muss – im Idealfall – ein einziges Testgerät in der Lage sein, alle Kundenkomponenten wie Modem, Router und Set-Top-Box sowohl einzeln als auch alle gleichzeitig zu ersetzen, und das natürlich für die ganze Schnittstellenvielfalt. Der Tester muss also sowohl das Netz auf seine Tauglichkeit hin untersuchen als auch einen IPTV- oder VoD-Stream analysieren können. Dies sollte punktuell ebenso wie als Langzeitanalyse zur Auswertung von Spitzenzeiten möglich sein. Besonders wichtig ist dabei, dass man nicht auf das potenziell gestörte Bild auf dem TV-Gerät des Kunden achtet, sondern die Beurteilung auf verlässlich durch das Messgerät ermittelte Parameter stützt, die am besten direkt mit OK/Fail-Bewertung vom Gerät eingeordnet und übersichtlich aufgelistet werden. Wünschenswert ist zudem die Möglichkeit, eine umfangreiche Kanalliste im Messgerät abzulegen. Diese erlaubt es, zügig zwischen verschiedenen Kanälen hin- und herzuschalten und so Umschalt- und Haltezeiten zu erkennen.

### IPv6: Das ist zu beachten

Das Internet Protocol Version 6 (IPv6) löst IPv4 ab, was zu einer deutlich größeren Zahl möglicher Adressen führt. Hier sollten Testgeräte verschiedene IP-Tests wie IP-Ping und Traceroute über die Breitbandschnittstellen ADSL, VDSL, SHDSL und Gigabit Ethernet, wahlweise über IPv4 oder IPv6, unterstützen. Neben der reinen IPv4- oder IPv6-Verbindung gibt es als dritte Variante den Dualstack-Betrieb. Dabei werden je nach Verfügbarkeit beide Protokolle aufgebaut; IP-Tests können so über die jeweils erfolgreich aufgebaute Protokollvariante durchgeführt werden. (bk)