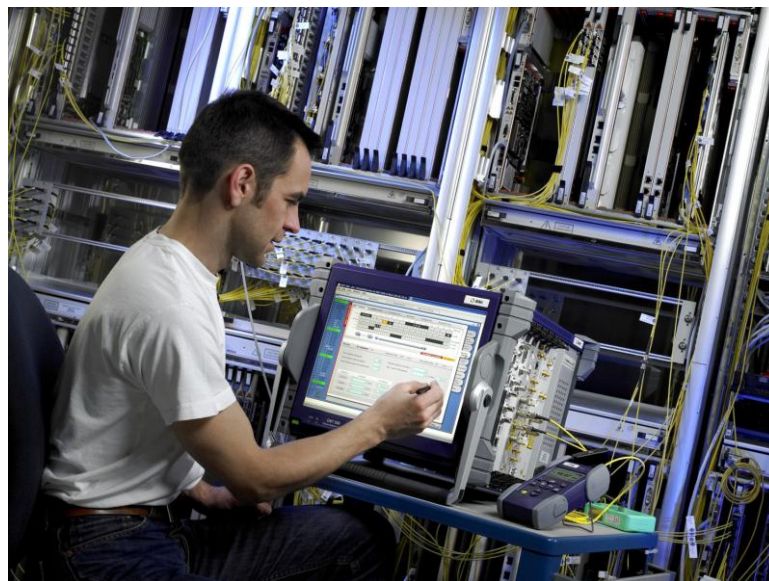


## Optische Netzwerke der nächsten Generation richtig testen

**Autoren: Olaf Herr, JDSU & Geoff Kempster, Livingston**

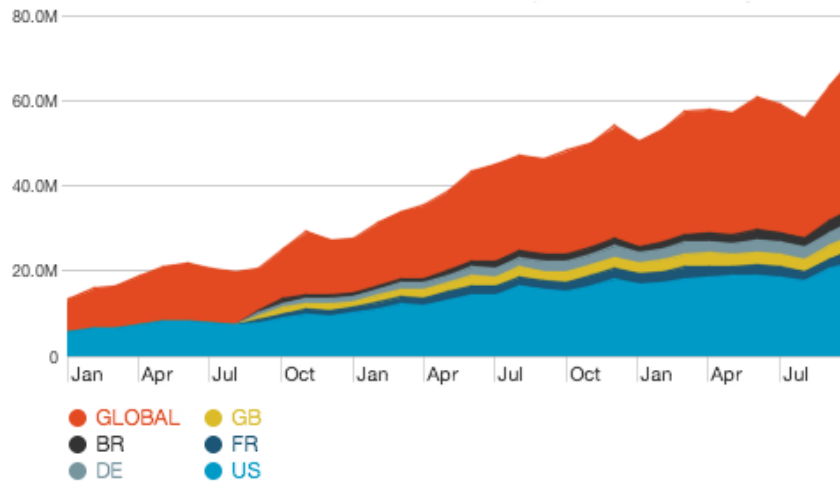
*Mit dem Einzug von 40/100-GBit-Ethernet in das Kernnetz können Netzbetreiber nun die Forderungen der Kunden hinsichtlich größerer Bandbreite erfüllen und gleichzeitig auf eine All-IP-Netzwerkarchitektur umstellen, die zusätzliche Flexibilität bietet. 40/100-GBit-Ethernet fordert allerdings auch einen deutlichen Wandel beim Test von Telekommunikationsnetzwerken, da die Client-Schnittstellen auf einer parallelen optischen Datenübertragung mit verschiedenen Wellenlängen basieren, anstatt auf der bisherigen seriellen Übertragung, wie sie in heutigen optischen Netzwerken zu finden ist.*

Die Gründe für den Übergang auf eine schnellere optische Netzwerkinfrastruktur liegen auf der Hand. So muss vor allem die Anbindung an den zentralen Mobilfunk-Netzknoten (Backhaul) sichergestellt sein, damit die neuen Bandbreiten-Anforderungen seitens 3G und LTE erfüllt werden können. Auch die Zunahme der generellen Bandbreite über die letzten Jahre – verursacht durch die steigende Zahl an Internet-Nutzern, Geräten mit Internet-Anbindung und dazugehöriger Applikationen – spielt hier eine Rolle. Es ist unwahrscheinlich, dass dieser Boom in absehbarer Zeit nachlässt.



Von YouTube veröffentlichte Zahlen aus dem Sommer 2011 verdeutlichen dieses Bandbreitenproblem. Die täglichen Seitenzugriffe haben sich innerhalb eines Jahres um 50% erhöht und zählen nun rund 3 Mrd. pro Tag. Unglaubliche 48 Stunden Inhalt werden jede Minute hochgeladen. Die ebenfalls beliebte Video-Hosting-Seite Vimeo hat seit dem Start im

Jahr 2011 seine monatlichen Seitenzugriffe nahezu vervierfacht (Bild 1). Zusätzlich sorgt das Aufkommen des Cloud Computing, dass die Prozesse zunehmend im Netzwerk vonstatten gehen anstatt lokal vor Ort. Damit steigt die Nachfrage nach schnelleren Uplink-/Download-Geschwindigkeiten nochmals an. Aufgrund dieser Faktoren sehen die Marktanalysten von IDC die Gesamtzahl von Internetnutzern bei 2,7 Mrd. im Jahr 2015, was über 40% der Weltbevölkerung entspricht. ABI Research geht davon aus, dass der weltweite Internet-Datenverkehr im Jahr 2016 die 1.000.000-GB-Byte-Marke überspringen wird.



**Bild 1: Monatliche Besuche der Vimeo-Website 2011 [Quelle: Quantcast]**

### Aufbruch in das parallele Zeitalter

Obwohl es nicht den Anschein hat, ist 100 GBit eine äußerst revolutionäre Technologie, vor allem auf der physikalischen Ebene, wo Daten über 4 x 25 GBit/s (oder 10 x 10 GBit/s) optische Wellenlängen parallel übertragen werden. Damit lässt sich die Kapazität der Bandbreite um Größenordnungen erhöhen und Hunderte von Millionen Datenpakete pro Sekunde verarbeiten. Diese vier oder zehn Wellenlängen werden in zehn elektrischen Leitungen umgewandelt, wobei jede aus 2 x 5 GBit virtuellen Leitungen bestehen. Jede Implementierung wird damit komplexer, bringt neue Fehlerquellen und Alarmmeldungen auf physikalischer Ebene mit sich und erfordert einen gänzlich neuen, wesentlich ausgereifteren Test-Ansatz.

Netzwerkausrüster verwenden derzeit zwei verschiedene CFP-Transpondermodule (C-Formfaktor Pluggable). Der physikalische Formfaktor ist durch die CFP MSA Group vorgegeben. Die 4 x 25 GBit/s LR4-Schnittstelle (100GBASE-LR4), standardisiert durch die IEEE 802.3ba, wird dabei zum vorherrschenden Standard.

### Wesentliche Testerwägungen im Labor

1. Selbst einfache Tests wie die Überprüfung der optischen Leistung einer 100-GBit-Schnittstelle sind mit herkömmlichen Leistungsmessgeräten nicht möglich, da diese Geräte die Leistung aller Wellenlängen zusammenfassen. Daher sind Optikkanal-Checker oder Optikspektrum-Analyzer erforderlich, um die optische Leistung pro Wellenlänge zu messen.
2. Um die Interoperabilität zwischen verschiedenen CFP-Modulen zu gewährleisten, wird empfohlen, die Standard-Konformität und operative Margen zu überprüfen, bevor auf höherer Ebene getestet wird.
3. Bei parallelen Leitungen sind Skew-Tests (Layer 1) von größter Bedeutung. Die Einhaltung der Skew-Spezifikationen kann ein Problem sein, das 40/100-GBit-Ethernet-Implementierungen beeinträchtigt, wobei Signale zu leicht unterschiedlichen

Zeiten ankommen. Einige Skew-Bestandteile sind von Natur aus statisch, was auf dem Datentransport auf mehreren Leitungen beruht, die jeweils leicht unterschiedliche Parameter und Übertragungszeiten aufweisen. Diese bleiben über der Zeit unverändert. Der wesentliche, zusätzliche Skew-Anteil ist der dynamische Skew, der durch unterschiedliche Parameter der optischen Komponenten im Netzwerk hervorgerufen wird, z.B. durch den Temperatureinflüsse. Die Toleranzparameter für den statischen und dynamischen Skew werden durch die IEEE festgelegt und sollten vor der Installation getestet werden. Nur so ist ein fehlerfreier Betrieb sichergestellt, wenn der Datenverkehr die Verbindung durchläuft.

4. BER-Tests (Bit Error Rate) müssen pro Leitung durchgeführt werden, um die Ursache von Bitfehlern, die mit physikalischen Fehlern zusammenhängen, einfacher finden zu können (z.B. wenn sie nur auf bestimmten Leitungen auftreten oder sich über alle Leitungen erstrecken). Nach dem erfolgreichen Test dieser neuen parallelen Implementierungen wird empfohlen, herkömmliche Layer 2/3 Ethernet IP-Tests durchzuführen, die RFC-2544- oder QoS-Tests (Quality of Service) auf verschiedenen Datenströmen durchführen. Dies gewährleistet eine einwandfreie Datenverkehr-Priorisierung innerhalb des Netzwerks.

Die erforderliche Ausrüstung für die beschriebenen Tests stellt eine bedeutende Investition dar. Angesichts der aktuellen Wirtschaftslage müssen Netzbetreiber ihre Einnahmen aus den neuen Highspeed-Netzwerkinfrastrukturen maximieren und gleichzeitig die Ausgaben für teure Test-Hardware so niedrig wie möglich halten. Das Mieten von Testgeräten bietet hier eine interessante Möglichkeit. Netzbetreiber und ihre Vertragspartner vermeiden damit hohe Investitionen und entgehen den damit einhergehenden Kosten beim Kauf: Wartung, Instandhaltung, Ausfallzeiten abdecken, Rekalibrierung, Versicherung. Durch das Mieten lassen sich Testgeräte als Betriebsaufwand verbuchen und tragen bei regelmäßigem Einsatz wesentlich mehr zum Umsatz bei, was deren Anschaffung auf Mietbasis rechtfertigt. Auch Netzwerkausrüster interessieren sich immer mehr für das Mieten von Testeinrichtungen, da sie neuen Kunden so demonstrieren können, dass sie an einem 100-GBit/s-Projekt arbeiten. Der Hersteller muss sich nicht verpflichten, Testgeräte bereits sehr früh in der Entwicklungsphase zu kaufen, sondern kann diese Option zu einem späteren Zeitpunkt wahrnehmen, wenn die Studien und Versuchsabläufe abgeschlossen sind und das Projekt genehmigt wird.

### **Schlussbemerkung**

Die zunehmende Popularität bandbreitenintensiver Dienste mit Teilnehmer-Downloads, Streaming und Sharing von Multimedia-Inhalten, sowie die zunehmende Verbreitung von Online-Spielen und Video-Anrufen/Konferenzen, hat enorme Auswirkungen auf die Zukunft des Telekommunikationsmarktes. Die größere Bedeutung des Internet in unserem täglichen Leben führt zu immer mehr Anwendern weltweit und zwingt die Netzbetreiber, schnellere Netzwerke mit hochkompakter Hardware zu installieren.

Testlösungen für die 40/100-GBit-Ethernet-Übertragung ermöglichen es den Betreibern, alle erforderlichen Tests vom Physical- bis hin zum IP-Layer durchzuführen. Der Einsatz von Testgeräten mit strengeren Vorgaben und eine größere Anzahl an Testmetriken ermöglichen den effizienteren Einsatz von Highspeed-Netzwerk-Infrastrukturen, was den kommerziellen Nutzen weiter erhöht.

Die Installation von 40/100-GBit-Ethernet-Netzwerken verändert nicht nur die Testabläufe, sondern fordert auch eine Neubewertung, wie Netzbetreiber Zugriff auf Testgeräte erhalten. Aufgrund der damit verbundenen Kosten beginnen zukunftsorientierte Betreiber und

Vertragspartner, ihre Beschaffungsstrategien zu ändern. Dies führte zu einer Zusammenarbeit zwischen dem Testgerätehersteller JDSU und dem Beschaffungsspezialisten Livingston. Deren Kunden können nun auf neueste Test-Hardware zugreifen, die ideal zu deren individuellen finanziellen Verhältnissen passt. Dies garantiert ein Höchstmaß an Flexibilität.

**Livingston T&M B.V.**

Borsigstr.11

D- 64291 Darmstadt

[info@livingstontm.com](mailto:info@livingstontm.com)

Tel: +49 6151 9344 371

Fax: +49 6151 9344 377