

# Optical Networking

## Zuverlässige Tests vermeiden optische Täuschungen

**D**ie Einführung intelligenter optischer Cross-Connects wird die Funktionsvielfalt der optischen Netzschichten erhöhen und damit unter anderem die dynamische Einrichtung optischer Kanäle sowie flexible Schutz- und Wiederherstellungsstrategien auf Basis vermaschter optischer Netz-Topologien ermöglichen.

Das optische Netz bietet zuverlässige Übertragungsdienste zur Verbindung von Daten-Clients wie IP-Router, ATM-Switches.

Obgleich heute vor allem SONET/SDH als Rahmungsstruktur dominiert, wird das optische Netz der Zukunft auch viele andere Bitraten und Protokolle elektrischer Clients unterstützen. Aufgrund der Bedeutung optischer Netze wird die Entwicklung innovativer Testverfahren für zukünftige optische Netze vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des KomNet-Programms (Projekt Nr. 01BP051) unterstützt. Im Beitrag werden die Grundlagen optischer Netze und Strategien zur Beurteilung der Servicequalität vorgestellt.

### Management-Modell

Der Wettbewerb und die Liberalisierung des Telekommunikationsmarkts haben zu weltweiten Kooperationen von Service-Providern und Transport-Providern geführt, um den Endkunden eine wachsende Palette an Diensten bereit zu stellen.

Die Geschäftsbeziehungen zwischen Kooperationspartnern werden durch sog. Service Level Agreements (SLA) festgelegt, die die Verkehrsprofile, die Dienstgüte (QoS – Quality of Service), die Überwachungsverfahren und die bei einer Qualitätsverschlechterung einzuleitenden Maßnahmen – und Konventionalstrafen – definieren.

Ein Management-Konzept mit mehreren klar definierten Schichten auf der Transportebene und klarer Aufgabenteilung hilft die

Komplexität der intelligenten optischen Netze in einer Multivendor-/Multiprovider-Umgebung zu bewältigen. Solche Konzepte ermöglichen die flexible und kostengünstige Integration des Netzes, die zügige Einrichtung von Breitbanddiensten sowie eine kontrollierbare Dienstgüte.

### Multilayer-Transportnetze

Intelligente, robuste optische Transportnetze und erweiterte Datendienste, die sich gegenseitig ergänzen und kompatibel zusammenwirken, sind die beste Lösung für einen kostengünstigen, zuverlässigen und skalierbaren Übergang zur Konvergenz der Netze. Die optische Schicht als einheitliche Transportinfrastruktur bietet allen Datendiensten ein flexibles Bandbreiten-Management und leistungsstarke Add/Drop-, Routing- und Schutzmechanismen auf der Basis einzelner optischer Kanäle.

Aus Sicht der Datennetz-Clients des optischen Transportnetzes existieren nur einfache, zuverlässige Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit definierten Übertragungseigenschaften zwischen Routern und Switches. Das komplizierte Routing und Management optischer Kanäle wird also komplett an die optischen Ebene delegiert.

Die Umsetzung der in der ITU-T-Empfehlung G.805 festgelegten Modelle zur funktionalen Architektur von Transportnetzen hat zu einem ‚Netz aus Netzen‘ geführt, das aus unabhängig voneinander verwalteten Teilnetzen mit 3R-Regeneration (Regeneration, Reshaping, Retiming) an den jeweiligen Übergängen besteht. Dabei kann jedes Teilnetz seine eigenen Fehler-, Performance- und Konfigurations-Management-Verfahren auf der

Netzebene und der Netzelementebene benutzen.

Das Management von Ende-zu-Ende-Verbindungen über Betreiber Grenzen hinweg erfolgt auf Netz- und Dienste-Ebene durch Austausch der Konfigurations- und Performance-Daten zu den optischen Transportinstanzen (OTS-, OMS- und OCH-Trails und -Verbindungen laut ITU-T-Empfehlung G.872.) über sogenannte  $X_{coop}$ -Schnittstellen oder in Zukunft auch über UNI- oder NNI-Signalisierung.

### Standardisierung

Für jede neue Netztechnologie, wie die intelligenten optischen Netze, müssen Standards zur Gewährleistung des Multivendor-Interworking und der Netzverbindung sowie Verfahren zur Überprüfung der korrekten Umsetzung dieser Standards definiert werden. Mindestens die folgenden Schnittstellen müssen standardisiert werden:

- ▶ UNI: Teilnehmerschnittstelle (User Network Interface)
- ▶ NNI: Netzknotenschnittstelle (Network Node Interface)
- ▶ IrDI: Inter-Domain-Schnittstelle NNI
- ▶ IaDI: Intra-Domain-Schnittstelle NNI
- ▶  $X_{coop}$ : Inter-Operator-Schnittstelle

### OTN-Dienste

Die Einführung intelligenter optischer Switches und Netzprotokolle erweitert den Funktionsumfang der digitalen Clients auf der optischen Netzebene und umfasst unter anderem:

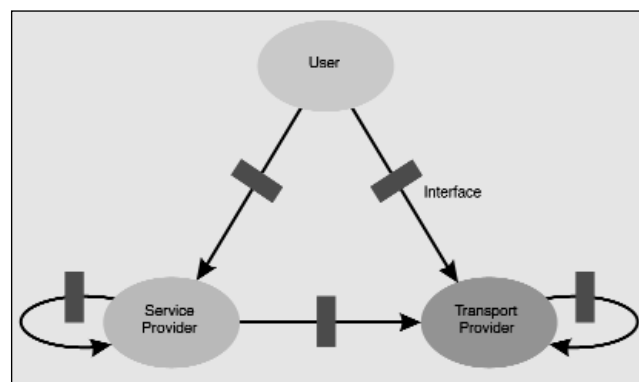


Abb. 1:  
Management-Modell

#### ► Autor

WOLFGANG GRUPP ist Director Innovation Projects Europe Acterna Eningen GmbH; Mühleweg 5, D-72800 Eningen u.A. Fon: 97121/861190, Fax: 07121/862054 www.acterna.com

- ▶ Schnelle und kostengünstige Bereitstellung des optischen Pfades, d. h. Einrichtung und Freigabe der OTN-Verbindungen mit vom Kunden definierten Merkmalen (z. B. Bitrate, Rahmung, Ersatzschaltungen), auch wenn die beiden Endpunkte in den TMN-Bereichen verschiedener Netzbetreiber liegen.
- ▶ Komplettübersicht über das Netz. Jeder Dienstanbieter muss eine vollständige Übersicht über alle Ende-zu-Ende-Verbindungen einschließlich der Verbindungssegmente besitzen, die von ihm selbst oder seinen Interconnection-Partnern verwaltet werden. Daher ist der Transport-Provider für die Weitergabe aller relevanten Informationen zu den gemeinsam genutzten Ressourcen an seine Partner verantwortlich.
- ▶ Erhöhte Netzsicherheit durch automatische Ersatzschaltung der optischen Kanäle. Dies beinhaltet die Weitergabe von Fehlerinformationen durch den Anbieter mit der gestörten Ressource an die anderen Transport-Provider, die ebenfalls diese Ressource nutzen. Die Betreiber können die flexible Wiederherstellung und Störungsbehebung auf Grundlage unterschiedlicher Service-Klassen anbieten, z. B. die Umschaltzeit auf einen optischen Ersatzweg in 50 ms für ‚Gold‘-Kunden, während sich die anderen Kunden mit den weitaus langsameren Wiederherstellungsverfahren der IP-Schicht begnügen müssten.

Die OTN-Dienste sind auf das reibungslose Zusammenwirken der Netzelemente und des Layer-Managements angewiesen. Das Layer-Management wird durch eingebettete Überwachungsfunktionen (z. B. BIP, TCM auf der digitalen Ebene oder Laserpegel / OSNR auf der optischen Ebene) sowie durch OAM-Protokolle (Operation, Administration and Maintenance) unterstützt, die den Meldungs-austausch zwischen den Management-Instanzen definieren. Die OAM-Meldungen werden entweder im optischen Überwachungskanal oder im Rahmen-Overhead der Signale des digitalen Clients übertragen.

### Testen der Netzintegration

Die Überprüfung der Netzintegration sichert das reibungslose Zusammenwirken:

- ▶ der einzelnen Netzschichten in einer mehrschichtigen Netzarchitektur
- ▶ der Netzelemente in einer Multivendor-Umgebung
- ▶ neuer Netztechnologien und älterer Netze und Dienste

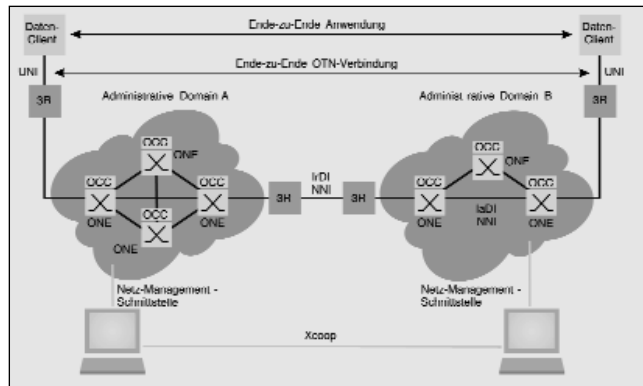


Abb. 2: Datennetz und Transportnetz

Das Zusammenwirken der Management-Funktionen auf den einzelnen Schichten lässt sich gut am Beispiel der automatischen Ersatzschaltung von optischen Kanälen erläutern: In jedes optische Netzelement sind grundlegende Überwachungsfunktionen, wie für Laserpegel, Signalverzerrung oder Lasertemperatur, eingebettet.

Bei einer ernststen Störung würde die eingebettete Überwachungseinrichtung dem Schichten-Management das Ereignis melden. Von dort würden die vor- und nachgeschalteten Netzelemente über BDI (Rückwärts-Fehleranzeige) und FDI (Vorwärts-Fehleranzeige) informiert, die über den optischen Überwachungskanal (OSC) übertragen werden. Der Empfang der BDI und FDI löst die automatische Umschaltung auf einen Reservekanal aus und schaltet den Lasersender auf der gestörten Strecke ab. Dies passiert für gewöhnlich fast in Echtzeit, d. h. in weniger als 50 ms.

Anschließend wird eine Meldung an das Netz-Management gesendet. Jetzt leitet der Netz-Manager die Fehlereingrenzung ein. Dazu fragt er zuerst den Status der einzelnen Netzelemente auf der defekten Strecke ab und setzt dann bei Bedarf zusätzliche Messtechnik ein.

Zum Testen der automatischen Ersatzschaltung von optischen Kanälen werden folgende Elemente benötigt:

- ▶ Optische Abschwächer zur Simulation der Signalverschlechterung an einem kompletten Multiplex-Abschnitt oder an einem ausgewählten ADM-Zubringer
- ▶ Optische Spektrumanalysatoren (OSA) zur Überprüfung der Zustandsänderungen in den optischen Multiplex-Abschnitten
- ▶ Digitale Übertragungstester, z. B. ein SDH/SONET-Analysator oder ein Q-Faktor-Messgerät zur Ermittlung der Übertragungsqualität auf der Seite des elektrischen Clients
- ▶ Protokollanalytoren zur Überwachung des Meldungs-austausches in den optischen Überwachungskanälen (OSC) und an der Schnittstelle zum Telekommunikations-Management-Netz (TMN)

Mit diesen Komponenten lassen sich unter einem gemeinsamen Test-Manager die erforderlichen Testsequenzen definieren.

Jede Testsequenz erfordert die präzise Auswertung ihrer einzelnen Schritte durch den Test-Manager sowie die enge Zusammenarbeit zwischen Netz-Management und Test-Management, da die Netzelemente für jeden Testfall konfiguriert werden müssen und die Interpretation der Messergebnisse von der aktuellen Netzkonfiguration abhängt.

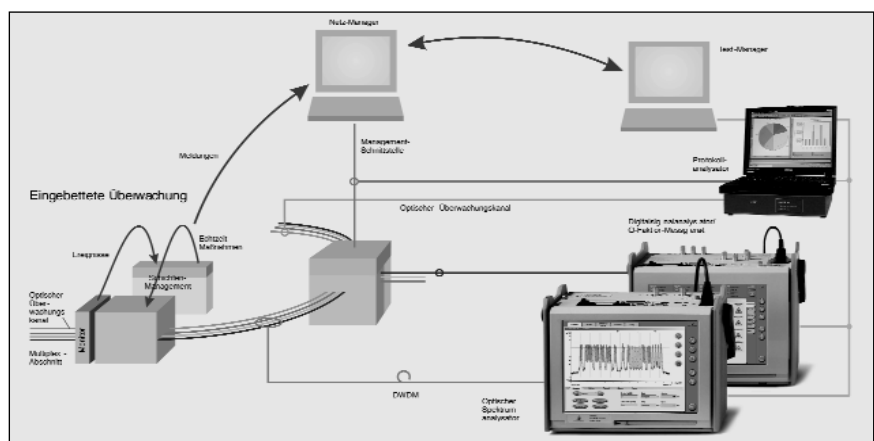
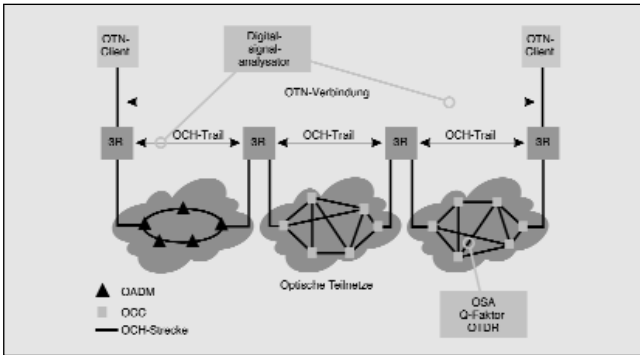


Abb. 3: Netz-Integrationstest



**Abb. 4:**  
**OTN-Performance-Überwachung**

**Einrichtung des optischen Pfades**

Heute ist die Bereitstellung der Bandbreite in einem OTN im wesentlichen statisch und ist mit einem beträchtlichen manuellen Konfigurationsaufwand verbunden. Ferngesteuerte optische Cross-Connects (OXC) und die automatische Routing- und Wellenlängenzuweisung (RWA) sind die wichtigsten Voraussetzungen für die softwaregesteuerte Einrichtung der optischen Pfade per Mausklick, die unter optimalen Bedingungen den Zeitaufwand von Monaten oder Wochen auf Stunden und Minuten senken könnte. Allerdings gelten für die optische Pfade bestimmte analoge Randbedingungen, d. h. die Ende-zu-Ende-Performance eines optischen Pfades wird durch die spezifischen Störfaktoren der einzelnen optischen Segmente und jedes OXC bestimmt.

Diese Störfaktoren beeinflussen sich gegenseitig und werden zudem von allen anderen optischen Kanälen beeinflusst, die über den gleichen Multiplex-Abschnitt übertragen werden. Bei größeren Netzen ist das mathematische Modell derart komplex, dass es fast unmöglich ist, die durchgehende Performance eines optischen Pfades vorherzusagen.

Das vielschichtige Optimierungsproblem der RWA kann in angemessener Zeit nur mit Hilfe eines stark vereinfachten Netzmodells gelöst werden. Diese Vereinfachung ist jedoch mit einer Unsicherheit verbunden, so dass die Performance einer Ende-zu-Ende-Verbindung vor dem Anschluss des Clients nachgeprüft werden muss.

Ende-zu-Ende-Tests sind möglich, indem von der Client-Seite ein BER-Test zwischen zwei Messpunkten mit 3R-Regeneration durchgeführt wird. BER-Tests sind jedoch

nicht nur Außer-Betriebsmessungen, sondern – vor allem bei Systemen mit einer niedrigen Fehlerrate – auch relativ zeitaufwendig. Dies widerspricht der Forderung nach einer zügigen Bereitstellung des Netzes.

Hier bietet die Q-Faktor-Messung aufgrund ihrer weitaus kürzeren Messzeiten eine interessante Alternative. Zudem kann der Q-Faktor während des laufenden Betriebs ermittelt werden, und die Messung ist von den Rahmungen und Protokollen des digitalen Clients unabhängig. Da die Q-Faktor-Messung zudem keine 3R-Regeneration des optischen Signals erfordert, ist sie auch hervorragend für die Performance-Analyse an den einzelnen optischen Strecken eines optischen Kanal-Trails geeignet. Ein weiterer Vorteil: Die Q-Faktor-Messung bewertet nur die Signalform (und nicht den Signalinhalt), so dass der Datenschutz jederzeit gewährleistet ist.

Die Alternative zum Test einer neu eingerichteten Verbindung wäre ein extrem konservatives Routing-Konzept mit großen Sicherheitsmargen für jede Netzressource. Diese Vorgehensweise würde aber zahlreiche Verbindungswünsche zurückweisen und damit Geschäftschancen ungenutzt lassen! **TEST**

www.publish-industry.net

more @ click TK3B0603

**LESERTIPP**

*Sie möchten sich per Internet eine kostenfreie Leseprobe der Jahresausgabe 2004 des TEST KOMPENDIUMs sichern?*

Unter [www.publish-industry.net](http://www.publish-industry.net)

**können Sie sich im Internet schnell und einfach für die kostenfreie Leseprobe des TEST KOMPENDIUMs 2004 vormerken.**

Messen • Prüfen • Verifizieren

publish industry  
TECHNIK KOMMUNIZIEREN

Gollierstraße 23 · D-80339 München · Fon. +49/89/500383-0 · Fax. +49/89/500383-10 · info@publish-industry.net · www.publish-industry.net