

Multiprotocol Label Switching in der Praxis

Von Ankur V. Chadda und Carsten Rossenhövel



Bild: EANTC

Auf der Supercomm 2004 in Chicago führten die MPLS & Frame Relay Alliance, das Interoperability Labor (UNH-IOL) der Universität New Hampshire sowie das European Advanced Networking Test Center (EANTC) Interoperabilitätstests von **MPLS-Router und -Switches** sowie **Emulatoren verschiedener Anbieter** durch.

Die Testveranstaltung umfasste neue MPLS-Features, die bisher noch nicht gemessen wurden. Die Analysen zeigten die Interoperabilität eines hierarchischen Virtual Private LAN Service (H-VPLS) sowie Label Switched Path (LSP) Ping und Traceroute. Ein getestetes Schlüsselmerkmal war das PNNI-MPLS Interworking. Außer diesen wurden herstellerneutrale MPLS/BGP-VPNs und Layer-2-Ethernet-Pseudowires konfiguriert, um zu beweisen, dass Mehrfachdienste den MPLS-Backbone parallel nutzen können.

Darüber hinaus installierten Testingenieure einen VoIP-Demonstrationsaufbau auf einem separaten MPLS-Netzwerk. Die Ingenieure verwendeten dann die MPLS-Features, um VoIP-Switches, Gateways und Telefone über das Backbone zu verbinden. Das war eine der ersten kompletten öffentli-

Ankur V. Chadda arbeitet als Graduate Project Assistant bei dem MPLS Services Consortium

Carsten Rossenhövel ist bei EANTC verantwortlich für die Entwicklung von Testmethoden sowie -applikationen, und leitet den Bereich Tests und Zertifizierung von Netzwerkkomponenten für Hersteller

chen Demonstrationen, bei der VoIP über ein MPLS-Backbone gelaufen ist.

Um den Erfolg der Veranstaltung sicher zu stellen, wurde mit den teilnehmenden Unternehmen vor der Supercomm eine einwöchige Vorbereitungsveranstaltung durchgeführt. Die MPLS-Veranstaltung fand im UNH-IOL statt, der VoIP-Demonstrationsaufbau wurde im Cisco-Labor in San Jose, Kalifornien, installiert.

beweisen, dass MPLS einen garantierten Voice- und Video-over-IP-Traffic befördern sowie für einen stabilen Netzwerk-Service sorgen kann. Die Testingenieure errichteten zuerst das Backbone-Netzwerk. Für alle Testfälle waren RSVP-TE- oder LDP-Übertragung für den MPLS-Transport und dynamisches Routing im Backbone erforderlich unter Verwendung von OSPF mit Traffic-Engineering-Erweiterungen.

ATM und Ethernet Punkt-zu-Punkt VPNs (Pseudowires)

Virtual Private LAN Services über MPLS testeten die Ingenieure gemäß Draft-IETF-l2vpn-vpls-ldp-01, wobei die durch die

European Advanced Networking Test Center

EANTC bietet unabhängige Testdienstleistungen für Hersteller, Serviceprovider und Unternehmensnetze an. Dies beinhaltet Tests zur Interoperabilität, Konformität und Leistungsfähigkeit im Bereich moderner Netzwerktechnologien sowie Unterstützung in allen Phasen der Netzplanung.

Die Interoperability Working Group der MPLS & Frame Relay Alliance, einschließlich EANTC und UNH-IOL, legte die MPLS-Testschemata fest.

Testbereiche und Testplan

Das Interoperabilitäts-Event konzentrierte sich auf Ethernet- und ATM-Pseudowires (L2-Punkt-zu-Punkt-Service), BGP/MPLS-VPNs (Layer-3-Service), MPLS-Flat sowie hierarchischen Virtual-Private-LAN-Service und zusätzliche Mechanismen zur Analyse und Fehlersuche in MPLS-Netzen über LSP-Ping-Einrichtungen.

Die am Rand des MPLS-Netzwerkes installierte VoIP-Demonstration verwendete MPLS-Traffic-Engineering-Tunnel, um zu

Ziele der Interoperabilitäts-Tests

Es gab zwei Ziele für diese Veranstaltung. Zunächst, wie bei den meisten Interoperabilitätstest-Veranstaltungen, diente der Test zur Prüfung und Verbesserung der Zusammenarbeit der Anwendungen, und darüber hinaus sollte die Veranstaltung beweisen, dass die Serviceprovider vertrauensvoll Sprach-Services über MPLS-Netzwerke einsetzen können, und zwar in der Gewissheit, dass das Netzwerk all diese Services mit der erforderlichen Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit ausführen wird.

Heute bedeutet das mehr, als nur Fehler zu finden und diese zu korrigieren, um die Erfüllung von Standards zu erhöhen. In vielen Fällen stützen sich Implementierungen auf Standard-Entwürfe – Hersteller müssen ihre Features so rasch an die Kundenanforderungen anpassen, dass sie nicht warten können, bis der endgültige Standard eingeführt ist. Somit dient der Test in zweiter Hinsicht dazu, die Klarheit der bestehenden Standards zu prüfen.

MPLS & Frame Relay Alliance festgelegte Testmethode, welche in den Testschemata mpls 2003.091.00 und mpls2003.092.02 definiert ist, verwendet wurde. Die Tests umfassten:

- Label-Zuweisung und Verteilung für Ethernet- und ATM-Pseudowires mittels targeted LDP-Sessions zwischen den Edge-Routern der Provider,
- De-Encapsulation von ATM-, Ethernet- und Tagged-Ethernet-Frames,
- Path Tear Down und Withdraw zwischen Provider-Edge-Routern.

Außerdem analysierten die Tester das Zusammenspiel zwischen ATM-Signalled-Permanent-Virtual-Connections (SPVCs) und ATM-Pseudowires gemäß den ATM-Forum-Standards af-cs-0178.001 (Benutzerebene) und af-cs-0197.000 (Signalling). Für diese Tests wurde ein Schema erstellt (mpls2004.092.00), das Label-Zuweisung und Verteilung für ATM-SPVCs umfasst.

Punkt-zu-Punkt-Ethernet über MPLS-Tunnel wurden gemäß Martini-Draft getestet. In der Haupttestphase arbeiteten beinahe alle getesteten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen wie erwartet. Ethernet-Pseudowires wurden bei Agilent N2X, Alcatel 7750 SR, Alcatel 7670 RSP, Ciena DN 7050 & DN 7100, MRV OSM-800, Native Networks EMX 3706, Tellabs 8820 und World Wide Packets erfolgreich getestet. Bei ATM-Pseudowires verlief die Analyse zwischen Agilent N2X, Alcatel 7670 RSP,

Ciena DN 7050 & DN 7100, Nortel SER 5500 und Tellabs 8820 optimal.

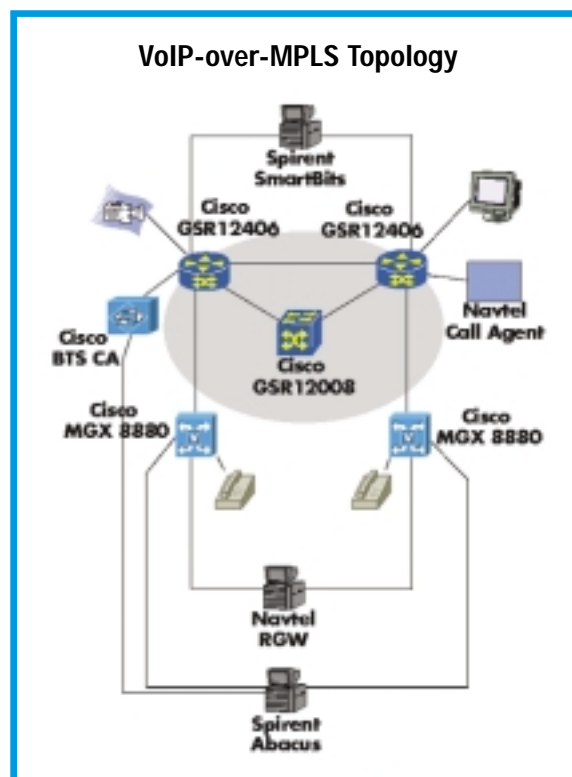
Ebenso wurde das Zusammenspiel der ATM-SPVC mit ATM-Pseudowires für Benutzerebene und Signallerung positiv zwischen Alcatel 7670 RSP und Ciena DN 7050 & DN 7100 getestet.

Die Mehrheit der Hersteller verwendet mittlerweile RSVP-TE für VPN-Transport-labels. Nur ein Teilnehmer unterstützte dies nicht; Label Switched Paths wurden erstellt, indem statische Label bei diesem Baustein verwendet wurden. Der statische Label-Support ist in der Industrie nicht weit verbreitet, deshalb wird allen MPLS-Anbietern empfohlen, ein MPLS-Transport-Signallerungsprotokoll zu unterstützen.

Virtual Private LAN Service (VPLS) und hierarchisches VPLS (H-VPLS)

Da VPLS hauptsächlich eine Mehrpunkt-Erweiterung von Punkt-zu-Punkt-Ethernet-Pseudowire-Links ist, stellen die Punkt-zu-Punkt-Auswertungstests eine Voraussetzung für die VPLS-Tests dar:

- VPLS-Service-Einrichtung durch Austausch der Labels zwischen den Provider-Edge-Routern,
 - Datenweiterleitung zu unbekanntem und bekannten Ethernet-Adressen.
- Im Hinblick auf H-VPLS waren die folgenden Features im Testschema enthalten:
- Hierarchische VPLS-Service-Einrichtung für Provider-Edge (PE) VPLS-Switche,



Aufbau der VoIP-Demonstration über ein MPLS-Netzwerk: Alles lief ohne Probleme, selbst bei einer Netzüberlastung von 8 GBit/s mit Background-Daten gab es keine messbaren Einflüsse auf die Sprachqualität

- Hierarchische VPLS-Konfiguration für Multi-Tenant-Unit (MTU) VPLS-Switche,
- Per-Port MPLS-Pseudowires mit Tunnel,
- Per-Port-per-VLAN MPLS-Pseudowires mit Tunnel,
- Per-Port MPLS-Pseudowires ohne Tunnel,
- Gleichlaufende Arten von Pseudowires.

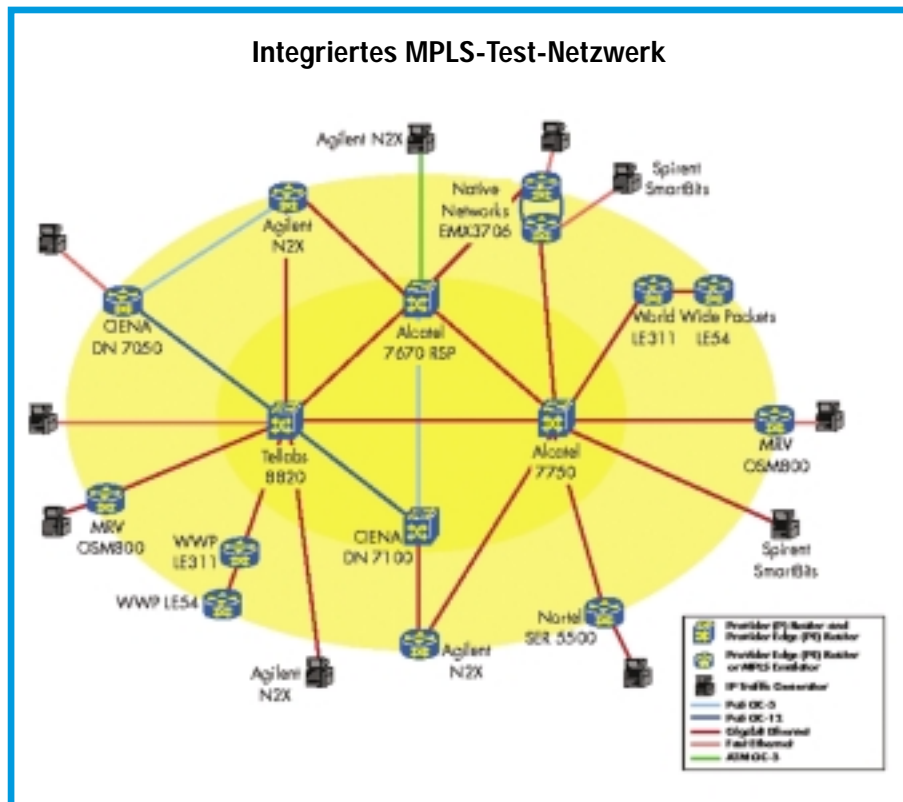
Produkte, die H-VPLS unterstützten, konnten während der Teilnahme am Test entweder der Provider Edge (PE) oder die Multi-Tenant-Unit (MTU) sein.

Während der Haupttestphase hatten die meisten der VPLS-Interoperabilitäts-Tests ein positives Resultat. Die Mehrheit der Hersteller arbeitete erfolgreich zusammen. Nur ein paar Anbieter hatten bereits rechtzeitig eine hierarchisches VPLS für die Haupttestphase implementiert. Die Unternehmen, die nur statische LSPs unterstützten, grenzten die Zahl von möglichen Testkombinationen weiter ein.

BGP/MPLS VPNs

Dieser Teil des Tests verwendete den MPLS & Frame Relay Alliance Testplan mpls20 02.049.01. Der Testbereich legt den möglichen Grad der Interoperabilität zwischen RFC2547bis Implementierungen der verschiedenen Herstellern fest und beinhaltet:

- Full-Mesh Multi Protocol BGP (MP-BGP) Peering,
- MPLS Signalled Tunnels zwischen Provider-Edge-Routern (PE),



Die MPLS & Frame Relay Alliance, das Interoperability Labor (UNH-IOL) der Universität New Hampshire sowie das European Advanced Networking Test Center (EANTC) haben auf der Supercomm 2004 ein komplettes MPLS-Netz aufgebaut und die Interoperabilität zwischen verschiedenen Herstellern getestet

■ Dynamic Route Propagation unter Verwendung von BGP oder OSPF zwischen Kunden-Edge-Routern (CE) und Provider-Routern (PE).

Die Industrie verwendete mehrere Jahre BGP/MPLS-VPNs. Das Hauptaugenmerk der Test-Session lag nicht darauf, diesen Bereich erneut zu testen; BGP/MPLS-VPNs wurden lediglich verwendet, um die VPN-Realisierung zu demonstrieren.

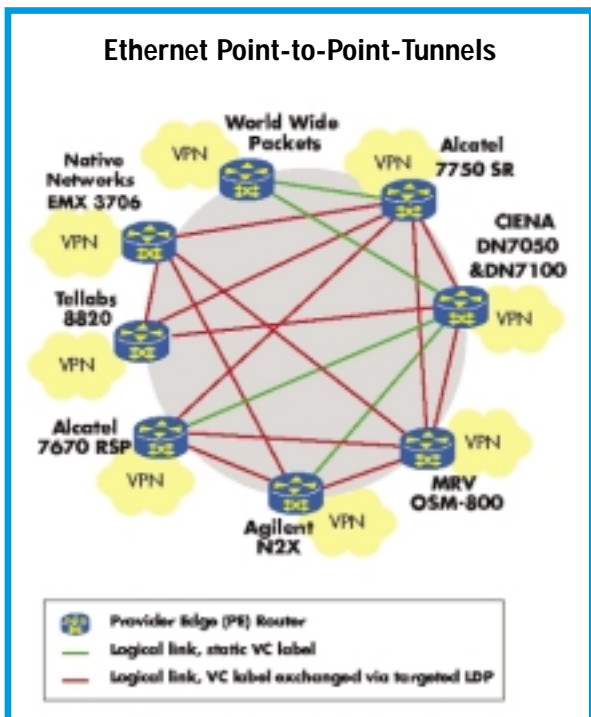


Bild: EANTC

Der Testaufbau für Punkt-zu-Punkt-Ethernet über MOLS-Tunnel (Pseudowires): die Verbindungen arbeiteten wie erwartet

Teilnehmer und Geräte

MPLS Demo		Unternehmen	Produkte
		Agilent Technologies	N2X
		Alcatel	7670 RSP, 7750 SR
		Native Networks	EMX 3706
		Ciena	DN 7050, DN 7100
		MRV	OSM-800
		Nortel Networks	SER 5500
		Tellabs	8820
		World Wide Packets	LE311, LE54
VoIP Demo		Cisco Systems	GSR 12008, GSR 12406, BTS 10200 CA, MGX 8880 MGW, 3745 VG, 7960 SIP IP Phone
		Spirent Communications	Abacus 5000, Smartbits 600
		Navtel Interwatch	95000

Während dieser Tests tauchten keine Probleme auf. Die beteiligten Hersteller waren Alcatel 7750 SR, Alcatel 7670 RSP, Agilent N2X, Nortel SER 5500 und Tellabs 8820.

LSP Ping

LSP-Ping wurde gemäß Draft-IETF-mpls-lsp-ping05.txt getestet. Die Analysen beinhalteten das Senden von MPLS-Echo-Request-Paketen von einem Label-Edge-Router zu einem Anderen sowie das Empfangen von MPLS-Echo-Reply-Paketen. Somit wurde die Konnektivität als auch die Übereinstimmung zwischen der Datenebene und der Kontrollebene verifiziert.

LSP-Ping wurde ohne jegliche Probleme zwischen den Herstellern getestet, die es bereits implementiert hatten. Der Test beinhaltete die Produkte Agilent N2X, Alcatel 7750 SR, Nortel SER 5500 und Ciena DN 7050 sowie DN 7100.

Während der Haupttestphase wurden simultane LDP und RSVP-TE Label Switched Paths zwischen den Provider-Edge-Routern verwendet, um zwischen dem Premium-Traffic unter Verwendung von RSVP-TE und dem Best-Effort-Traffic unter Verwendung von LDP zu differenzieren. Agilent N2X, Alcatel 7670 RSP und Nortel SER 5500 waren Teil dieser Architektur.

Voice over IP

Der Voice over IP-Demonstrationsaufbau hatte folgende Punkte zum Ziel:

- In ein MPLS-TE-Netzwerk lassen sich VoIP-Call-Agenten, Gateways, IP-Telefone und Call-Generatoren integrieren, die MGCP, H.248/Megaco oder SIP unterstützen, um für einen End-to-End-Voice- und Video-Service von sehr hoher Qualität zu sorgen.
- Ein MPLS-TE-Netzwerk kann VoIP-QoS selbst bei Überlastung garantieren. QoS bedeutet kein Verlust von Sprachpaketen, minimale Verzögerung, minimaler Jitter und ein Änderung der Call Completion Rate nahe Null.
- Ein MPLS-TE-Netzwerk kann sich innerhalb von Millisekunden erholen, wenn die Netzwerkressourcen ausfallen. Sprach- und Video-Services sind nicht durch die Wiederherstellung des Netzwerkes beeinflusst.

Die Vortests umfassten das Herstellen von einfachen VoIP-Anrufen über das MPLS-Netzwerk, VoIP-Servicequalitätstest mit dem Hinzufügen von Video- und Daten-Traffic, um Überlastung zu generieren, sowie MPLS-Fast-Reroute-Tests zum Wiederherstellen der Dienste innerhalb weniger Millisekunden.

Einfache MGCP- und SIP-Calls wurden erfolgreich durchgeführt zwischen dem Cisco MGX 8800, Cisco 3745 Gateways und einem Cisco BTS CA, das MGCP ausführt.

VoIP-QoS-Tests beinhalteten den Cisco BTS 10200, die zwei Cisco MGX 8880, den Spirent-Abacus-Call-Generator und Ausrüstung zur Messung der Sprachqualität, Spirent Smartbits, Navtel RGW, Navtel-CA-Ausrüstung zur Messung der Verzögerung/Sprachqualität und die Video-End-Systeme. Video und Smartbits kamen zum Einsatz, um eine Überlastung im Voice-Traffic-Bereich hinzuzufügen. Bei Netzwerkbelastung wurde gezeigt, dass der Voice-Traffic im MPLS-Backbone richtig priorisiert wird.

Es gab keinen messbaren Einfluss auf die Sprachqualität, selbst wenn das Netzwerk mit 8 GBit/s Background-Daten überlastet war. Schließlich wurde ein Link zwischen zwei Cisco GSR 12406 deaktiviert, um zu zeigen, wie schnell MPLS umleitet, während Sprach- und Video-Verbindungen aktiv waren. Alle Voice-Calls wurden immer noch durchgeführt, die Call Completion Rate des Call-Generators wurde nicht beeinflusst und die Videoqualität blieb visuell unverändert.

Fazit

Seit 2002 führte das EANTC und UNH-IOL im Auftrag der MPLS & Frame Relay Alliance Tests durch und zeigte öffentlich verschiedene Aspekte der MPLS-Interoperabilität. Bei insgesamt fünf großen Multivendor-Testveranstaltungen prüften Hersteller viele verschiedene MPLS-Protokolle für Multivendor-Interoperabilität – von Basic Signalling bis zu verschiedenen Arten von Layer-2- und Layer-3-VPN-Services sowie DiffServ Traffic Engineering.

Die Interoperabilitäts-Veranstaltung im Sommer 2004 zeigte, dass MPLS bereit für den Einsatz im Unternehmen ist und dass darüber hinaus alle Services und Netzwerk-Features einen guten „Reifegrad“ erreicht haben, der es den Service Providern ermöglicht, BGP-MPLS VPNs, Ethernet, Frame Relay und ATM Punkt-zu-Punkt-Pseudowires sowie Mehrfach-Ethernet-Services mit Virtual Private LAN Service (VPLS) anzubieten. Somit können all diese zusammen Gebrauch von MPLS-Netzwerk-Features wie schnelles Umleiten, Tunnel-Bandbreiten-Management und Diffserv-Priorisierung machen.

In den vergangenen fünf Jahren wurde seit Beginn der MPLS-Standardisierung viel erreicht. Selbstverständlich befinden sich verschiedene Technologiebereiche wie die viel geforderten MPLS Operation, Administration und Maintenance (OAM) Protokolle, die nur von einer geringen Anzahl von teilnehmenden Hersteller unterstützt wurden, immer noch in der Entwicklung. VPLS-Support wird von einer wachsenden Anzahl von Herstellern als wichtig erkannt, obwohl hierarchisches VPLS immer noch in den Kinderschuhen steckt.

Ebenso würden alle MPLS-Anwender profitieren (und MPLS-Produkt-Support würde günstiger werden), wenn die Industrie ein besseres Rezept der Anwendungsfälle hätte, bei denen verschiedene Protokolle zur Anwendung kommen, die möglicherweise für die selbe Funktion verwendet werden könnten. Ein Beispiel: RSVP-TE und LDP sind beide als MPLS-Signalisierungs-Protokolle verfügbar und in manchen Situationen könnten beide verwendet werden. Deshalb unterstützen Anbieter neuer Switches manchmal nicht beide, was zu Interoperabilitätsproblemen führt. Eine klarere Spezifikation der Anwendungsfälle, unter denen jedes anwendbar ist, wäre hilfreich für Händler und Netzbetreiber. In ähnlicher Weise wäre ein besseres Rezept, von dem die zwei Lösungen für schnelle Umleitung (Detour und Facility Backup) verwendet werden, ebenso hilfreich für die Beseitigung von Interoperabilitäts-Problemen.

Trotz dieser kleinen Probleme, ist Multiprotocol Label Switching mittlerweile fähig, eine Vielzahl von standardisierten und interoperablen VPN-Typen zu unterstützen – dies macht MPLS Way flexibler als Netzwerktechnologien der Vergangenheit. Eine riesige Zahl von Herstellern

Ergebnisse im Überblick		
	Key Features Tested	Results
L2 Pseudowires	Interoperability LDP, RSVP-TE	OK
	Data Transfer	OK
	Ethernet Tunnels	OK
	ATM Tunnels	OK
	Traffic Transfer Over RSVP-TE Tunnels	OK
	E1 (Data and Voice) Emulated Traffic Transfer	not tested
ATM-MPLS-Interworking	ATM signalled PVC (SPVC) interworking for data transfer and ATM signalling	OK
VPLS	Full-Mesh Establishment	OK
	Traffic Transfer Over RSVP-TE Tunnels	OK
	MAC Address Withdraw	not tested
	Hierarchical VPLS PE functionality	OK
	Hierarchical VPLS MTU functionality	OK
BGP/MPLS-VPNs	Interoperability iBGP-MP	OK
	Data Transfer	OK
	Traffic Transfer Over RSVP-TE Tunnels	OK
LSP Ping	Generating MPLS Echo Request	OK
	Generating MPLS Echo Reply	OK

implementieren MPLS bereits jetzt und die Mehrheit der Carrier weltweit nützt MPLS als Grundlage ihrer IP- und Layer-2-Service-Backbones.

Die MPLS & Frame Relay Alliance und die unterstützenden Testlabors, UNH-IOL und EANTC, sind stolz, dass es mit Hilfe der seit 2001 durchgeführten zahlreichen Interoperabilitätstest-Veranstal-

tungen möglich war, die Interoperabilität dramatisch zu verbessern.

Der VoIP-Test über MPLS zeigte, dass Service-Provider ihren Voice-, Video- und Daten-Traffic nahtlos in ein Netz mit MPLS-TE und Fast Reroute integrieren können und einen qualitativ ansprechenden Sprach- und Video-Service erhalten – selbst bei Überlastung oder Link-Fehler. (CK)