



Bild: EANTC

# MPLS- Interoperabilität im Test

Von Gabriele Schrenk

**Auf dem MPLS World Congress 2005 in Paris, der wichtigsten europäischen MPLS-Veranstaltung (Multi Protocol Label Switching) mit mehr als 600 Teilnehmern, fand erneut ein Interoperabilitätstest statt. In diesem Jahr wurde die Zusammenarbeit verschiedener Lösungen im Bereich der Layer-2-(Ethernet) VPNs geprüft.**

Gabriele Schrenk ist bei der EANTC verantwortlich für die Entwicklung und den Einsatz von Testlösungen für Netzwerke, die auf die Bedürfnisse von Service Providern und Unternehmen gerichtet sind.

Insgesamt stellten sich zehn Hersteller dieser Herausforderung. Das unabhängige Berliner Testlabor EANTC (European Advanced Networking Test Center) führte den Test mit Unterstützung des Industrieforums MPLS & Frame Relay Alliance durch. Für die Messungen wurden MPLS-Router und -Switches, -Emulatoren, sowie Kunden-Router miteinander verbunden. In mehreren Testrunden während der einwöchigen Vorbereitung im EANTC-Labor wurde ein heterogenes, interoperables Multi-Vendor-Netz aufgebaut und zwei Wochen später in Paris exakt rekonstruiert.

Die Tabelle in der rechten Spalte zeigt die Hersteller und die getesteten Systeme.

## Auswahl der Testszenarien

Die Auswahl der einzelnen Testszenarien erfolgte durch die Interoperability Working Group der MPLS & Frame Relay Alliance. „Wir hielten uns bei der Entwicklung der Testfälle eng an Anforderungen von Service Providern“, äußerte sich Carsten Rosenhövel (EANTC), Chairman der Arbeitsgruppe. „Basierend auf den Erfahrungen aus unseren Interoperabilitätstests in den USA und Europa seit 2002 wurden die Testpläne fortlaufend erweitert und an den aktuellen Fortschritt der MPLS-Lösungen angepasst.“

## Teilnehmer und Geräte

Folgende Unternehmen und Geräte demonstrierten ihre Interoperabilität im Test

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Agilent Technologies    | N2X  |
| Alcatel                 | 1662 PRS<br>7670 RSP<br>7750 SR1                         |
| Ciena                   | DN 7100  |
| Cisco Systems           | 12406  |
| Ixia                    | 1600T  |
| MRV                     | OSM 207<br>OSM 800                                       |
| Native Networks         | EMX 3700   |
| Rad Data Communications | ACE-3200<br>ETX-510<br>IPmux-14<br>IPmux-11<br>Gmux-2000 |
| Resolute Networks       | Arranto 100  |
| Riverstone              | 15008<br>RS8600  |

Eine der wichtigsten MPLS-Entwicklungen des letzten Jahres ist die Weiterentwicklung der Standards für Ethernet-Mehrpunkt-Netze (Virtual Private LAN Service, VPLS) durch die IETF (Internet Engineering Task

Force). Aufgrund der Nachfrage des Marktes nahmen viele Hersteller diese Entwürfe schnell an und entwickelten Implementierungen – auch wenn offiziell noch immer kein Standard verabschiedet worden ist. Fast alle in der IETF aktiven Hersteller unterstützen eine Lösung auf Basis des Signalisierungsprotokolles LDP. Lediglich Juniper implementiert eine alternative Variante auf Basis des Routing-Protokolles BGP und konnte daher an diesem Interoperabilitätstest nicht teilnehmen, weil die Juniper-Lösung mit keiner LDP-basierten Implementierung zusammenarbeitet. Die Netzbetreiber sind geteilter Meinung darüber, welche Variante die technisch überlegene ist. Es ist jedoch sicher sinnvoll, wenn sich alle Hersteller sehr bald auf einen gemeinsamen Standard einigen.

VPLS bot sich daher als Hauptfokus dieses Tests an. Ein Kritikpunkt der Netzbetreiber war lange Zeit, dass es nicht für viele Kunden mit vielen Lokationen geeignet ist. Die Entwicklung des hierarchischen VPLS (H-VPLS) versprach Abhilfe zu leisten. Wir haben geprüft, ob die Skalierbarkeit verbessert ist – vor allem in Netzen mit Geräten mehrerer Hersteller. Dazu untersuchten wir hierarchische VPLS PE-RS (Provider Edge Router) und MTUs (Multi-Tenant Units). Insgesamt testeten wir dabei vier PE-RS- und acht MTU-Implementierungen.

Weiterhin standen Skalierbarkeit von Layer-2-Ethernet-Pseudowires auf dem Testplan, die nahezu von allen Teilnehmern unterstützt wurden. Pseudowires („virtuelle Drähte“) sind Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, die durch das MPLS Netz getunnelt werden, ohne dass der Kunde etwas davon merkt. Einige Hersteller testeten auch ATM- und TDM-Pseudowires.

Zu guter Letzt stand noch die Interoperabilität von MPLS Ping und Traceroute auf dem Testplan – eine einfache Lösung, um die Erreichbarkeit von MPLS-Routern und die Wege von MPLS-Tunneln zu prüfen.

Eine Tabelle, welcher Hersteller zum Testzeitpunkt welche Merkmale unterstützt, ist im kompletten Testbericht nachzulesen. Dieser ist im Internet verfügbar.

### Testergebnisse

Der Test hatte zwei Ziele: Zum einen sollte das funktionale Zusammenspiel der MPLS-Router verschiedener Hersteller verbessert werden, denn viele Netzbetreiber sind aus technischen und finanziellen Gründen daran interessiert, Geräte mehrerer Anbieter in einem Netz einsetzen zu können („second source“). Zum anderen sollte nachgewiesen werden, dass Ethernet Punkt-zu-Punkt- und Mehrpunkt-Netze mit MPLS skalierbar und damit reif für den realen Einsatz in großen Serviceprovider

## Final Integrated MPLS Test Network at MPLS World Congress 2005

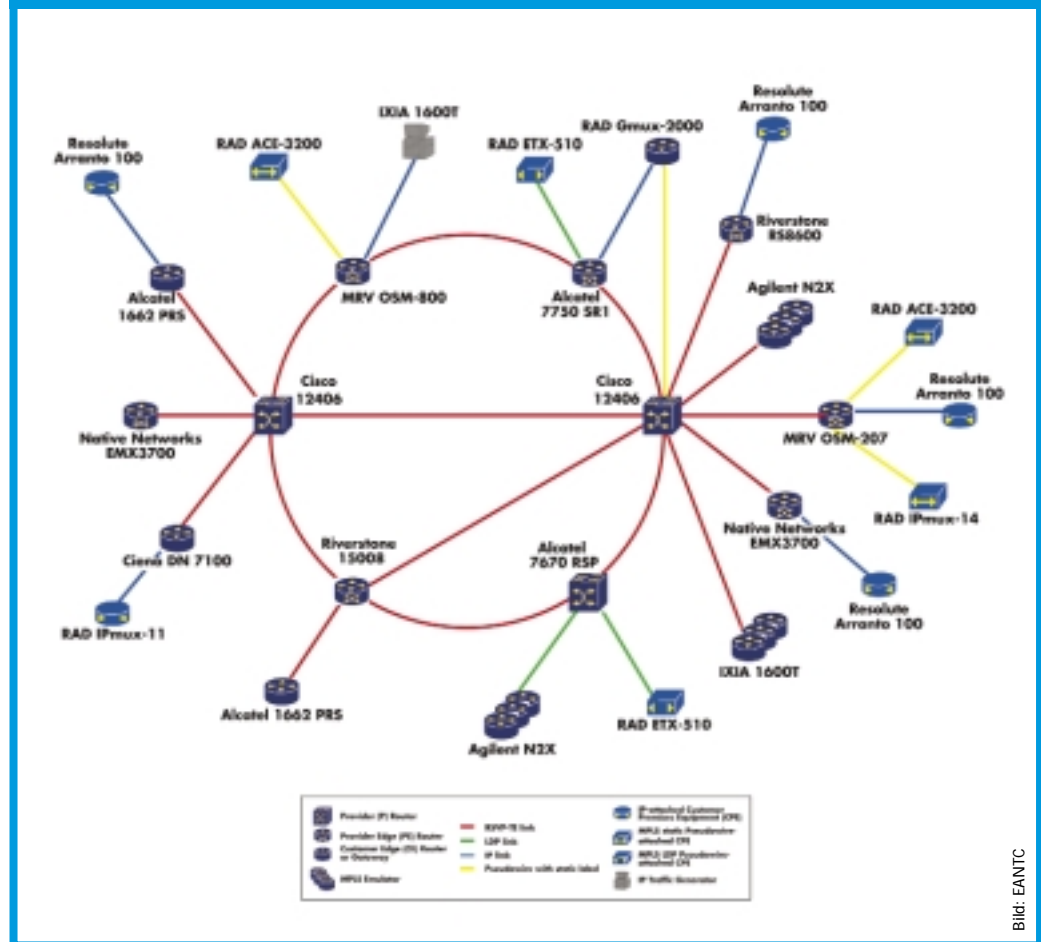


Bild: EANTC

Diese Grafik zeigt die Netztopologie des MPLS-Interoperabilitätstests mit allen Komponenten der teilnehmenden Hersteller

Netzen sind. Hohe Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit sind absolute Anforderungen der Serviceprovider.

Deshalb ging es hier um mehr, als nur Fehler in den Protokollen zu finden und zu korrigieren. Oftmals beginnen Hersteller bereits vor Verabschiedung eines Standards damit, auf Kundenanfrage bestimmte Merkmale zu implementieren. Dadurch entstehen Inkompatibilitäten. So ist es auch Aufgabe des Tests, eine Plattform zu bieten, um Unklarheiten in den Standards zu diskutieren und sich auf Lösungen zu einigen.

### Ergebnisse der Ethernet-Punkt-zu-Punkt-Pseudowire-Tests

Punkt-zu-Punkt-Ethernet über MPLS-Tunnel („pseudowires“) testeten wir nach der IETF-Spezifikation PWE3. Während der Tests konnten wir die Interoperabilität zwischen den folgenden Herstellern und Produkten verifizieren: Alcatel 1662 PRS, Alcatel 7750 SR 1, Ciena DN 7100, Cisco 12406, MRV OSM-800, Native Networks EMX 3706, Rad Data Communications ETX-510, Riverstone 15008 und Riverstone RS8600. Für die Tests wurden dabei die Messgeräte Agilent N2X und Ixia 1600T eingesetzt.

Die Skalierungstests führten wir mit bis zu 2.000 parallelen Pseudowires durch, die über einen gemeinsamen Transport-Tunnel zwischen je zwei Geräten aufgebaut wurden. Die Messgeräte von Agilent und Ixia emulierten den Datenverkehr über die 2.000 Kundenverbindungen. An diesem Test nahmen die Hersteller Alcatel, Ciena, Cisco, Rad Data und Riverstone teil. Einige der Hersteller bauten weniger Pseudowires auf, da die Konfiguration über ein Command Line Interface zu aufwändig war und kein Provisioning System zur schnellen Konfiguration installiert war.

Die meisten Hersteller nutzen RSVP-TE (Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering) für den Aufbau der MPLS-Transport-Tunnel. Lediglich ein Hersteller unterstützte ausschließlich LDP (Label Distribution Protocol).

Erstaunlicherweise stellten wir keine Fehler auf der Pseudowire-Ebene fest, aber einige wenige Probleme in der Zusammenarbeit beim Signalisierungsprotokoll LDP. Beispielsweise war die Verwendung von Timern missverständlich. Es gab auch ein Problem mit OSPF; einige kleine Router implementierten der Einfachheit halber kein Routing-Protokoll – andere Systeme waren jedoch darauf angewiesen, MPLS-

Tunnel nur zu Zielen aufzubauen, die durch ein Routing-Protokoll bekanntgemacht waren. Beide Fehlerquellen konnten während des Tests gefunden und eliminiert werden.

## Ergebnisse der TDM- und ATM-Punkt-zu-Punkt-Pseudowire-Tests

MPLS kann auch für die Kopplung von Telefonanlagen eingesetzt werden. Spezielle Standards oder proprietäre Verfahren ermöglichen die Übertragung von TDM (Time Division Multiplex) Daten über MPLS. Für gewöhnlich werden diese Daten mit 2-MBit/s-Verbindungen (E1) angeschlossen.

Die Firma Rad Data verifizierte „TDM über MPLS Pseudowires“ nach dem MPLS & Frame Relay Alliance Standard 4.0 „TDM Transport over MPLS using AAL1“. Zwei Geräte von Rad Data bauten MPLS-Tunnel für TDM-Verkehr auf. Dabei nutzten sie statische, manuell konfigurierte Label ohne Signalisierung über die Cisco- und MRV-Router. Die Firma Ciena unterstützte nach eigener Aussage ebenfalls statische Label, konnte dies aufgrund von Zeitmangel jedoch nicht demonstrieren. Alle anderen Hersteller unterstützen keine statischen Label. Zwei Hersteller (Resolute Networks, Rad) prüften auch den Transport von E1 über IP mit ihren Kunden-Routern. Die in IP eingepackten Daten wurden von Systemen anderer Hersteller in Ethernet-Pseudowires eingepackt und durch das MPLS-Netz getunnelt. Wir bauten solche Tunnel mit Geräten der Firmen Native Networks, Alcatel, Riverstone und MRV auf.

Aufgrund von Zeitmangel testete nur ein Hersteller ATM-Pseudowires. Die Interoperabilität zwischen verschiedenen Herstellern wurde bereits in früheren Tests, zum Beispiel auf der Supercomm 2004 in Chicago demonstriert.

## Ergebnisse der H-VPLS-Tests

Der wichtigste Teil des Tests war zweifellos die Prüfung der verschiedenen Router in Bezug auf hierarchisches VPLS. Zuerst testeten wir die Provider-Edge-Implementierungen (PE-RS) gegeneinander, gefolgt von

Tests zwischen PE-RS und Multi-Tenant Units. Die Tests waren sehr erfolgreich. Alle PE-RS-Implementierungen der Hersteller konnten ohne Probleme Verbindungen aufbauen. Die beiden PE-RS-Router der Firmen Alcatel (7750 SR 1), Riverstone (15008), die beiden Emulatoren der Firmen Agilent (N2X), Ixia (1600T), sowie die nicht-hierarchische PE-Implementierung der Firma MRV (OSM-800) waren in der Lage, Tunnel miteinander aufzubauen und erfolgreich Daten auszutauschen.

Eine Anzahl der Multi-Tenant-Systeme (Alcatel 1662 PRS, MRV OSM-207, Native Networks EMX 3706, Rad ETX-510, und Riverstone RS-8600) wurden an verschiedenen PE-RS-Systemen parallel getestet. So liefen etwa die Hälfte der Instanzen über die Verbindung zwischen den Routern von Native Networks EMX 3706 und Riverstone 15008, die andere Hälfte zu dem Router von Alcatel 7750 SR 1. Die Verbindungen der MTUs waren in einigen Fällen von den gleichen Problemen beeinträchtigt, die weiter oben beschrieben wurden. Nach Beseitigung der Fehler liefen auch diese VPLS-Verbindungen einwandfrei.

Um das Netz zu vergrößern, wurden die Emulatoren eingesetzt. Agilent und Ixia emulierten je 12 zusätzliche PE-RS-Router. Insgesamt war in dem Netz also 26 PE-RS-Router aktiv. Jeder dieser Knoten hatte jeweils 50 VPLS-Instanzen (verschiedene Kunden-Domains) installiert und es wurde von insgesamt 4.000 MAC-Adressen (emulierten Endgeräten) Datenverkehr generiert. Alle Systeme arbeiteten auch in diesem großen Netz auf der VPLS-Schicht gut zusammen.

## Ergebnisse der LSP-Ping und -Traceroute-Tests

LSP Ping und Traceroute wurde zwischen vier Systemen getestet, den Routern Alcatel 7750 SR 1, Ciena DN 7100, Cisco 12406 und Riverstone 15008. Leider funktionierten hier nur drei von sechs möglichen Kombinationen erfolgreich. Das Hauptproblem war darin zu suchen, dass alle Hersteller unterschiedliche Versionen des IETF-Draft-Standards implementierten. Versionen 2, 3, 6 und 7 waren vertreten. Die zu Hilfe genommenen Protokollanalytoren zeigten, dass alle Hersteller Ping und Traceroute Anforderungen und Antworten verschickten, jedoch die Nachrichten der Nachbarn nicht immer erkannten. Am Ende funktionierten nur die Verbindungen Riverstone 15008 und Ciena DN 7100, Cisco 12406 und Ciena DN 7100 und Alcatel 7750 SR 1 und Cisco 12406.

Wir sprachen daraufhin die Bearbeiter des IETF-Standards an. George Swallow von Cisco antwortete, dass solche Effekte in der Entwicklungsphase nicht ungewöhn-

lich seien. Er hofft jedoch, dass der LSP-Ping/traceroute-Standard noch im Frühjahr in eine stabilere Phase eintritt („last call“).

## Fazit

Seit 2002 führen die MPLS & Frame Relay Alliance, EANTC und (in den USA) die University of New Hampshire öffentliche MPLS-Interoperabilitätstests durch. An insgesamt sechs großen Demonstrationen nahmen verschiedenste Hersteller teil. Die Tests umfassten die Signalisierung von MPLS-Tunneln und -Pfadern, verschiedene Varianten von VPN-Diensten, sowie Traffic Engineering und QoS.

Mit dem Test während des MPLS World Congress 2005 konnten wir nachweisen, dass die MPLS-Ethernet-VPN-Lösungen der teilnehmenden Hersteller soweit bereit sind, auch in großem Maßstab mit vielen Kundenanschlüssen installiert zu werden, ähnlich der Layer-3-VPN-Lösungen. Je mehr MPLS zu einer kompletten Protokollfamilie wird, die eine Vielzahl von Anwendungen erlaubt und unterstützt, desto mehr zeigt sich auch, wie viele Bereiche noch unklar sind. Ein recht überraschendes Beispiel waren die beobachteten Interpretationsspielräume im LDP-Standard, die zu Interoperabilitätsproblemen führen können. Und das, obwohl der Standard bereits vor vier Jahren verabschiedet wurde. Bereits 2003 wurde deshalb von der MFA ein Implementation Agreement gefordert – die Entwicklung solcher anwendungsbezogener Standards wird immer wichtiger.

Die neuen Anwendungen MPLS LSP Ping und Traceroute sind noch nicht so weit. Eigentlich sollen sie den Serviceprovidern bei der Wartung und Fehlersuche im Netz helfen. Die Standards dazu sind aber noch in der Entwicklung – hier sind Probleme vorprogrammiert, wenn Produkte verschiedener Hersteller parallel eingesetzt werden. Zum unserem nächsten Test-Event sollten diese Unklarheiten beseitigt sein. Wir werden dann testen, ob die verschiedenen Router dann besser miteinander zusammenarbeiten.

Abgesehen von diesen kleineren Schwierigkeiten hat sich MPLS zu einer weitgehend standardisierten und damit interoperablen Protokollfamilie entwickelt. MPLS ist damit die flexibelste Technologie der letzten Jahre. Eine sehr große Anzahl von Herstellern bietet MPLS für ihre Produkte, und die Mehrzahl der Serviceprovider weltweit nutzen heute MPLS für ihre IP- und Layer-2-Backbones. Die MPLS & Frame Relay Alliance und die Testlabore EANTC und UNH-IOL sind stolz, dass die Reihe von Interoperabilitätstest-Events in den vergangenen Jahre dazu geführt haben, das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Herstellern dramatisch zu verbessern. (AW)



Der komplette Testbericht ist auch im Internet auf der Homepage des EANTC (Adresse: [www.eantc.de](http://www.eantc.de)) verfügbar