

# Schneller ans Ziel

Von Wolfgang Schulte

Ethernet dominiert schon heute die privaten lokalen Netze. Zunehmend kommt das Protokoll nun in den Metro- und Weitverkehrsnetzen der Carrier sowie auf der „letzten Meile“ zum Einsatz. Der durchgängige Einsatz einer Technologie ist kostengünstig und neue Standards erhöhen die verfügbare Bandbreite.

■ Mehr als 95 Prozent des Datenverkehrs im Internet hat seinen Ursprung oder das Ziel in Lokalen Netzen (LANs). Die geringen Kosten einer Ethernetanbindung zum Beispiel von PCs, Router oder Switches, die etablierten IEEE-802-Protokolle im LAN und die Flexibilität (bald bis 100 GBit/s) der Bandbreitennutzung ermöglichen, ja erfordern, diese Technik der Anbindung. Ein neuer Begriff für Stadtnetze - Metro-Ethernet-Netze (MEN) - die auf Carrier-Ethernet (CaE) basieren, hat sich bereits etabliert.

Neue IEEE-Standards erweitern den etablierten Standard CSMA/CD 802.1 Bridging. Nach der Einführung von IEEE 802.1Q, in der Erweiterung von 2005, für Virtual LAN (VLANs) wurden jetzt

neue Standards wie IEEE 802.1ad Provider Bridge (PB) (<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1ad-2005.pdf>) und IEEE 802.1ah Provider Backbone Bridge (PBB) entwickelt.

## Telekom testet bereits

Die Deutsche Telekom arbeitet, zusammen mit Nokia Siemens Networks, an der Erprobung dieser neuen Technik. Der Ex-Monopolist sieht aber, wie Nokia Siemens Networks, mit MPLS größere Vorteile hinsichtlich Skalierbarkeit und Effizienz. Die bisher verwendete ATM-Technologie wird deshalb durch Ethernet-Technologie mit MPLS-Transportmechanismen mittelfristig substituiert. Da-

bei wird versucht, Vorzüge von PBB und MPLS zu kombinieren.

Alle namhaften Hersteller von Netzkomponenten wie Nortel, Alcatel-Lucent, Juniper Networks und Cisco haben bereits entsprechende Produkte für die Carrier-Ethernet-Netze in ihrem Portfolio. Für die Netzbetreiber ist es keine Frage mehr ob Carrier-Ethernet-Netze im WAN oder MAN, sondern nur wie es am besten einzusetzen ist.

Die in die Jahre gekommenen Protokolle der Weitverkehrsnetze zur Kopplung von LANs über größere Entfernungen, wie X.25 und Frame Relay, PDH/SDH sowie ATM, stehen nun auf dem Prüfstand. Diese Standards sind oft wesentlich komplizierter als Ethernet und bieten zum Teil erheblich weniger Bandbreite. Außerdem sind sie nicht so skalierbar.

Sie können sukzessive durch die Neu- und Weiterentwicklungen von Standards oder die von der IETF eingeleiteten Arbeiten an MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching-Transport Profile) ersetzt werden. Die IETF hat bereits 2006 im RFC 4448 eine Methode der Einbettung von Ethernet über MPLS spezifiziert.

Für die Carrier-Ethernet-Technologie werden sechs Schlüsselattribute definiert:

**1) Ende-zu-Ende-Ethernet:** Vom LAN über MAN und WAN sollte eine nahtlose, gleichartige Infrastruktur vorhanden sein. Einheitliche, internationale Protokolle erleichtern den einfachen und kostengünstigen Übergang.

**2) Belastbarkeit/Sicherheit:** Durch die geringen Fehlerraten (BER 10<sup>-12</sup>) in verbindungslosen Netzen und eine skalierbare Bandbreite erfüllen Ethernet-Netze diese Anforderungen hervorragend. Die Netzverfügbarkeit liegt heute in der Regel bei über 99,99 Prozent.

**3) Einfaches Service-Management:** Bekannte und erprobte Werkzeuge für die LANs helfen beim Konfigurieren der Netze, beim Netz Monitoring sowie bei der effizienten Fehlererkennung und -behebung.

**4) Optimierte Entwicklung:** Eine Sicherstellung bei der Übernahme neuer Standards auf die richtige Entwicklung gesetzt zu haben tragen zum Schutz von bereits getätigten Investitionen bei.

**5) Erweiterbarkeit/Skalierbarkeit:** Keine vorab festgelegten in den Netzen, die durch betriebsbedingte Änderungen nicht korrigiert werden können, zum Beispiel personelle, räumliche oder strukturelle Veränderungen.

**6) Flexible Lösungen:** Die angestrebten Lösungen im Festnetz sollten einer Integration weiterer Technologien nicht im Wege stehen, etwa Einführungen von WLANs oder WMANs.

## Die Protokolle

Der Standard IEEE 802.1ad Provider Bridge (PB) von 2005 ist eine erste Erweiterung des VLAN-Standards IEEE 802.1q (Amendment 4) und ermöglicht allen Service Providern kunden-

## funkschau Expertenkommentar



Nalf Kiy, Quantе Netzwerke

## An Carrier Ethernet führt kein Weg vorbei

Nalf Kiy, Leiter Produktmanagement Quantе Netzwerke: „Die Evolution von Ethernet over SDH zu Carrier Ethernet und IP/MPLS ist in vollem Gange, um dem rapide steigenden Bandbreitenbedarf und den kontinuierlich sinkenden Preisen für Daten- und Multimedia-Dienste gerecht zu werden. Nach unseren Erfahrungen entscheiden die Betriebskosten letztendlich darüber, wie effizient ein Carrier sein Netz betreiben kann, denn neben den Investitionskosten bestimmen die laufenden Betriebskosten zu über 70 Prozent die Gesamtkosten eines Carrier-Netzes. Noch dominiert in vielen Carrier-Netzen die

SDH-Technik, denn die über viele Jahre gewachsenen und ausgefeilten OAM-Komponenten (Operation, Administration and Maintenance) sorgen für verlässliche Services im Netz, wie sie von Unternehmenskunden gebraucht werden. Die SDH-, beziehungsweise Ethernet-over-SDH-Technik (EoSDH) ist bei einer dynamischen Ausnutzung der Bandbreite gegenüber reinen IP-Netzen allerdings deutlich weniger effektiv und der Umstieg auf Ethernet sollte erfolgen, sobald der Anteil paketorientierter Dienste im Netz überwiegt, sonst entwickelt sich die SDH-Technik schnell zum Kostentreiber.

Zahlreiche Carrier nutzen inzwischen parallel zu ihren SDH-Systemen die aus dem Inhouse-LAN kommende LAN-Ethernet-Technik auch im Weitverkehrsbereich. Das Problem: Die Technik stößt an ihre Grenzen, wenn bei der IP-Übertragung auch Laufzeit- oder QoS-kritische Dienste wie zum Beispiel Sprache, Datenfestverbindungen, Video-Streaming-Dienste oder hochbitratige Ethernet-Dienste für Standortvernetzungen von Unternehmen genutzt werden. Spätestens bei der Vereinbarung kontrollierbarer Service-Level-Agreements reichen die QoS-Merkmale der LAN-Ethernet-Systeme nicht mehr aus, um Carrier-Netze zu betreiben.

Aktuelle Aufgabe für Systemintegratoren wie Quantе Netzwerke ist es, eine geeignete Carrier-Ethernet-Plattform zu empfehlen, die sowohl von den Kosten her attraktiv als auch für die künftigen Anforderungen eines Carriers sinnvoll ist. Den Status „Carrier Grade“ erreichen Ethernet-Systeme erst dann, wenn sie über entsprechende OAM-Fähigkeiten verfügen. Hier ist ein Carrier-Ethernet-Netz erforderlich mit Leistungen wie Carrier-Class-Verfügbarkeit und Sicherheit; Ende-zu-Ende-Traffic-Management; Connectivity Fault- und Service-Performance-Management; Umschaltzeiten < 50ms; standardkonforme Technik; effektive Ausnutzung der Übertragungsbandbreite und TDM-Support. Low-Cost-Ethernet-Systeme haben außerdem das Manko, nicht ausreichend skalierbar zu sein. Aus unserer Sicht gibt es für die Migration zu Carrier-Ethernet-Transportnetzen der Zukunft im Wesentlichen zwei Strategien: die direkte kostenoptimierte Migration, Voraussetzung ist ein modernes SDH-System mit einer so genannten Multi-Service-Provisioning-Architektur. Alternativ erfolgt der parallele Aufbau des Carrier-Ethernet-Systems und der schrittweise Überbau der SDH-Technik.“ (AW)

deneigene VLANs für mehrere Kunden gleichzeitig bereit zu stellen. Ein neuer Tag, hier jetzt Service-VLAN-Tag (S-Tag) genannt, wurde eingeführt. Dieser identifiziert den Dienst und die virtuellen LANs im Provider Bridge Network.

Bis auf das Canonical Format Indicator-Bit (CFI) des Tags für VLANs – es wird ersetzt durch ein Drop Eligible Indicator-Bit (DLI) – ist der S-Tag identisch mit dem Tag im bestehenden IEEE 802.1q Standard. Dieser IEEE 802.1q Tag wird jetzt zum Customer VLAN Tag (C-TAG). Der C-Tag dient unverändert der Kennzeichnung der VLANs für den Endkunden. Der Sender fügt diesen Tag hinzu, der Empfänger entfernt ihn wieder. Diese Kennzeichnung wird vom Netzbetreiber transparent durch sein Netz geleitet (getunnelt).

Mit dem Übergang der Daten vom Kundennetz in das Provider Bridge Network (PBN) wird der S-Tag vom Provider hinzugefügt. Der C-Tag bleibt unverändert erhalten. Beim Verlassen des PBN wird die Kennzeichnung des Netzbetreibers wieder entfernt. Diese Methode wird auch als Q-in-Q-Einbettung oder Doubled-Stacked-VLANs bezeichnet.

Damit die Switche beim Provider nicht die gleichen MAC-Adressen von den angeschlossenen Kundenstationen benutzen wie die Switche beim Kunden – die MAC-Adress-Tabellen würden anwachsen und Topologie-Änderungen beim Kunden müssten vom Provider nachvollzogen werden – wurden für Provider neue MAC-Adressen definiert ([http://standards.ieee.org/regauth/groupmac/standard\\_Group\\_MAC\\_Adress\\_assignment.pdf](http://standards.ieee.org/regauth/groupmac/standard_Group_MAC_Adress_assignment.pdf)).

Das Spanning-Tree-Protokoll (STP) des Kunden und die Definition seiner eigenen VLANs dürfen durch den Anschluss des LANs beim Provider ebenfalls nicht beeinflusst werden. Das STP und die VLANs beim Provider sind jetzt völlig getrennt von der Kundeninfrastruktur. Der erweiterte VLAN-Bereich erlaubt dem Serviceprovider, seinen Kunden, verschiedene Dienste über gesicherte VLANs anzubieten.

**funkschau Expertenkommentar**



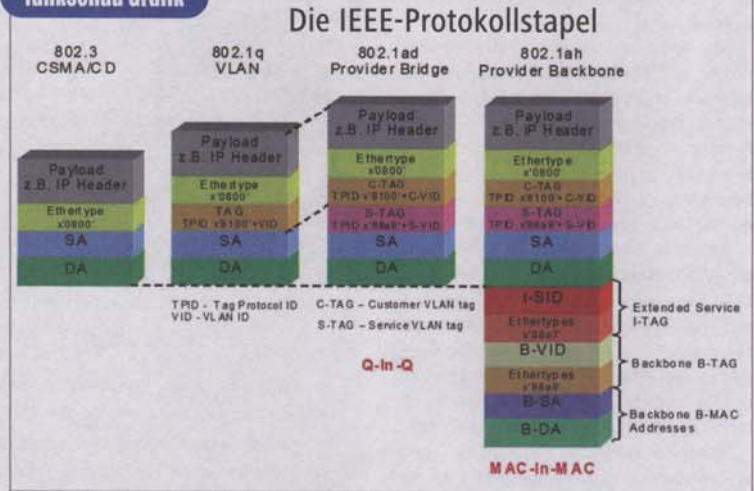
Bild: Adva Optical Networking

Johannes Weingart von Adva Optical Networking fungiert als regionaler Koordinator Dach beim MEF.

**MEF regionalisiert sich**

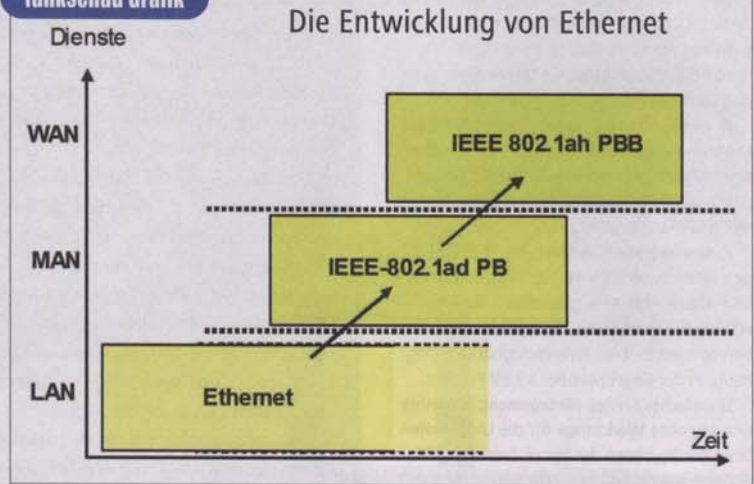
Das Metro Ethernet Forum operierte lange Zeit allein als globale Organisation. In jüngster Zeit gibt es zum Beispiel im deutschsprachigen Raum eine Initiative, die versucht, die Arbeit zu regionalisieren. Johannes Weingart von Adva Optical Networking fungiert als regionaler Koordinator Dach beim MEF: „Der Schritt, die Arbeit des MEF weiter zu regionalisieren, hat sich als überaus erfolgreich erwiesen. Auch in einer globalen Wirtschaft kommt es darauf an, die Besonderheiten der nationalen Märkte zu erkennen und entsprechend zu adressieren. Die ursprünglich als Deutsche Sektion gegründete Initiative des MEF hat inzwischen auch Österreich und die Schweiz in ihre Arbeit einbezogen. Der Informationsbedarf ist nach wie vor hoch. Die Angebote des Dach-Marketing-Teams wie etwa Expertenbriefings, Webinars, die Zusammenarbeit mit anderen Organisationen, Präsenz auf Fachveranstaltungen oder Workshops für Serviceprovider stoßen auf außerordentlich großes Interesse. Der Fokus liegt derzeit auf Themen wie Mobile Backhaul oder Global Interconnect. Mit diesen Themen wird sich auch das nächste Webinar beschäftigen. Auf dem Plan stehen weiterhin der Carrier Ethernet World Congress im September in Berlin sowie die Carrier Networking Exchange im Oktober in Frankfurt. Derzeit engagieren sich vor allem Adva, Alcatel-Lucent, Ancotel, EANTC, Ericsson sowie T-Systems aktiv im Dach-Marketing-Team. Die Arbeitsgruppe ist offen für Anfragen, und selbstverständlich auch für neue Mitglieder, die sich aktiv an der Entwicklung von Carrier Ethernet in der Region beteiligen möchten.“ (AW)

**funkschau Grafik**



Der Extended Service Ethertype wird auf den Wert „x'88e7“ gesetzt.

**funkschau Grafik**



Die Entwicklung der Protokollstapel und der Migrationspfad von Ethernet von CSMA/CD bis zu PBBN.

Beim Netzbetreiber ist jetzt zu prüfen, ob die neuen MAC-Adressen von den bereits installierten Switchen unterstützt werden.

Für den neuen S-Tag wurde von der IEEE ein neuer Ethernet Protocol Type mit der Kennzeichnung x'88a8' reserviert. Der C-Tag nutzt unverändert den Ethertype x'8100' und sorgt so für eine Kompatibilität zum bestehenden IEEE 802.1q Standard.

Der neue Standard IEEE 802.1ah Providers Backbone Bridges (PBB) von 2008 ist die Spezifikation, um mehrere Provider Bridge Networks, unter Beibehaltung der externen Kunden VLANs, miteinander zu verbinden. Zu diesem Zweck musste der bestehende CSMA/CD-Header wiederum erweitert werden. Dieses neue Verfahren wird mit MAC-in-MAC bezeichnet. Das heißt, die MAC-Adressen von den Geräteeinheiten beim Kunden

sind getrennt von den MAC-Adressen der Router oder Switches beim Netzbetreiber.

Mit dem neuen IEEE 802.1ah-Header wird unter anderem eine 2 Byte große Extended-Service-ID (I-SID) eingeführt. Mit dieser Kennung wird der entsprechende Dienst im Provider Backbone Bridge Network (PBBN) angesprochen. Mit den zusätzlichen 216 möglichen Diensten wird die Limitierung durch die 12 Bit im C-Tag und S-Tag für die dort möglichen 4.096 VLANs erweitert. Mit diesem Standard wird auch eine klare Trennung von Provider- und Kundennetz möglich.

Die obere Grafik verdeutlicht die Entwicklung der Protokollstapel, von CSMA/CD über das VLAN bis zum PBBN. Jede Erweiterung der Standards brachte zusätzliche Header-Informationen, das heißt auch mehr Overhead in die Übertragung von Daten.

**Service Tag (VPN Identifier – I-SID)**

Mit diesen Kennungen werden die Identifizierungen der Endpunkte ermöglicht und erlauben eine Erweiterung von 4096 auf mehr als 16 Millionen VPNs.

**Provider VLAN ID (B-VID)**

Hier werden die VLANs für eine Gruppe von Kunden, für den Zugriff auf vorbestimmte Verbindungen, erstellt. Zusätzlich wird hiermit ein effizientes Network Traffic Engineering ermöglicht.

**Serviceprovider Addressing (B-SA und B-DA)**

Durch die Backbone-MAC-Adressierung wird die sicherheitsrelevante Trennung von Kunden-MAC-Adressen auf die Netzbetreiber-MAC-Adressen erlaubt.

**Man trifft sich**

Zur Unterstützung der Einführung, der Weiterentwicklung der Standards und der Vermarktung des Carrier Ethernet wurde bereits 2001 das MEF (Metro Ethernet Forum; www.metroethernetforum.org) gegründet. Diese Allianz von Industrieunternehmen wie Netzbetreiber, Hersteller von Netzkomponenten, Serviceprovider und Testorganisationen, umfasst zurzeit mehr als 160 Mitglieder. Die Ziele dieser Organisation sind weitere technische Spezifikationen bereit zu stellen und die Interoperabilität weltweit zu sichern.

MEF gibt an, dass mehr als 50 Serviceprovider und über 100 Gerätehersteller zurzeit die Carrier-Ethernet-Entwicklung unterstützen. Einige namhafte Mitglieder im MEF, die in diesem Zusammenschluss eine wichtige und aktive Rolle spielen, sind unter anderem AT&T, Agilent, Alcatel-Lucent, Cisco, D-Link, Ericsson, Nortel und T-Systems.

Das MEF hat für Carrier-Ethernet drei Dienste definiert: E-LAN, E-Line und E-Tree. Ethernet LAN Service (E-LAN) ist ein Mehrpunktdienst für dedizierte Verbindungen. E-Line ist ein Punkt-zu-Punkt-Dienst für standortübergreifende Verbindungen über Carrier-Ethernet. E-Tree bildet eine bidirektionale Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (P2MP).

**Fazit**

Zusätzliche Standards wie die Empfehlung der ITU-T Y.1731 OAM functions and mechanism for Ethernet based networks und IEEE 802.3ah EFM OAM beziehungsweise 802.1ag Connectivity Fault Management (CFM) unterstützen die Operations, Administration und Maintenance (OAM) für diese neuen Netzanbindungen. Mit dem IEEE 802.1qay PBB-TE-Standard (Provider Backbone Traffic Engineering) werden unter anderem die Vorkehrungen für die Auswahl von verkehrsgesteuerten Pfaden innerhalb der Provider Backbone Bridge Networks unterstützt. Mit den Arbeiten der IETF zu den Erweiterungen des Multiprotocol Label Swit-

ching, zum Beispiel MPLS-TP, wird eine starke Konkurrenz im Wettstreit der Standards für die Weitverkehrsnetze bereitstehen.

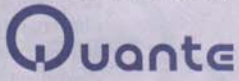
Während Alcatel-Lucent die Entwicklung in Richtung ITU-T G8110.1/Y1370.1 Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network unterstützten, ist Nortel mehr der Protagonist im Bereich der Carrier-Ethernet-Netze.

Die Arbeit an der Empfehlung T-MPLS wurde in diesem Jahr eingestellt, um an MPLS-TP zu arbeiten. Die Firma Cisco ist dort recht aktiv. NSN sieht ebenfalls eine deutliche Verschiebung des Marktes von PBB-TE nach MPLS-TP. Mit der baldigen Einführung dieser neuen Standards wird sich zeigen, ob alle Erwartungen erfüllt werden können.

Dr. Robert Metcalf, einer der Hauptentwickler des Ethernets, sieht eine gute Zukunft der Technik in fünf Ausrichtungen:

- Up – Die Bandbreite wird sich von unter 3 MBit/s auf 100 GBit/s weiter entwickeln.
- Through – Die Technik von Wählnetzen wird durch die Ethernet-technik abgelöst.
- Over – Die ideengebende Technik des Aloah-Netzes findet seine Fortsetzung in den WLAN- und Wimax-Technologien.
- Down – Ethernet-technik verbreitet sich zurzeit auch in den so genannten subpersonal Anwendungen, wie Embedded Controllern.
- Across – Mit Carrier-Ethernet wird der Brückenschlag vom LAN ins MAN beziehungsweise WAN erfolgen. (AW)

A 3M Company

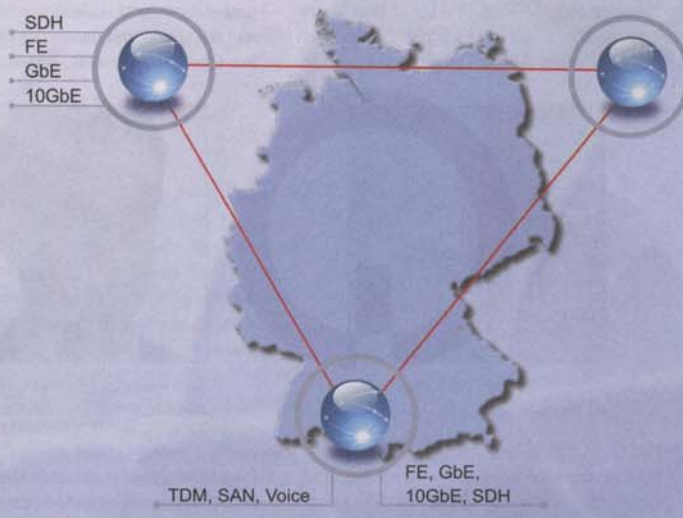


## Carrier Ethernet

+ gewohnte Point & Click Konfiguration

---

= Kostenersparnis & Investitionsschutz



Mit einem äußerst ergonomischem Ende-zu-Ende Management und einfachster Point-and-Click Konfiguration betreiben Sie die für Ihre Belange individuell ausgelegten Netze und Netzmigrationen in gewohnter Weise für alle Dienste mit nur einer Plattform.

Genießen Sie als Kunde den Vorteil eines kompetenten und erfahrenen Ansprechpartners für das gesamte Projekt.

**Wollen Sie mehr wissen?  
Nehmen Sie mit uns Kontakt auf?**

Quante Netzwerke GmbH  
 Ahrensburger Str.8, 30659 Hannover  
 Tel. +49 (0)511 740182-0 <http://www.quante-netzwerke.de>