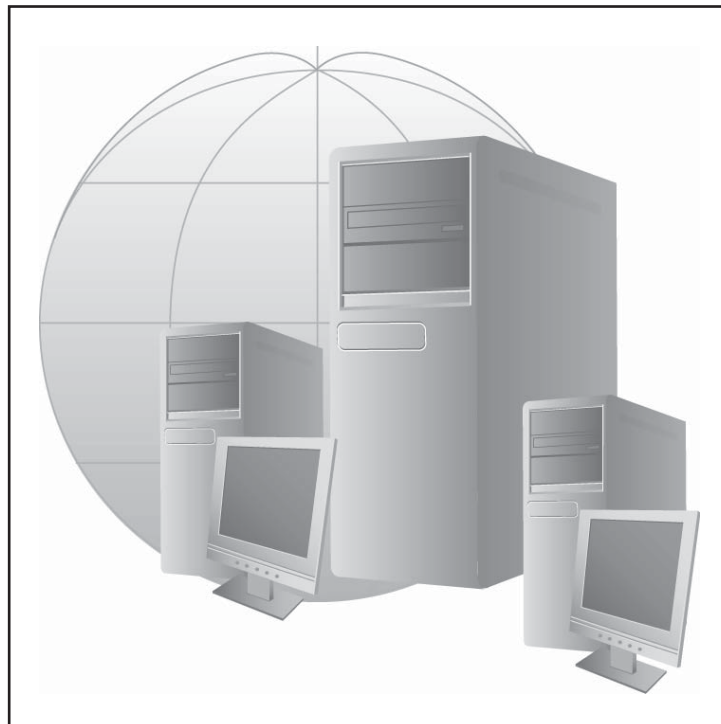


# Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

von Dipl.-Inform. Andreas Meder



Weitverkehrsnetze (Wide Area Networks, WAN) und die ihnen zugrundeliegenden Technologien unterliegen seit einigen Jahren einem kontinuierlichen Wandel. Ausgehend von verbindungs-basierten Ansätzen auf Basis von TDM (Time Division Multiplex) mit aus heutiger Sicht - und vor allem im Licht heutiger applikations- und prozessbedingter Anforderungen - extrem geringen Übertragungsraten bei gleichzeitig

hohen Kosten geht die Tendenz hin zu breitbandigen Netzanschlüssen basierend auf preisgünstiger Ethernet-Technik. Das WAN nähert sich damit technologisch immer mehr dem LAN (Local Area Network) an, so dass ein Verschwinden oder gar Verschwinden der Grenzen zwischen diesen beiden Netzklassen scheinbar nicht nur bloß eine Frage der Zeit ist, sondern dies gar heute schon machbar erscheint.

Dieser Artikel beleuchtet die aktuellen Möglichkeiten des Einsatzes von Ethernet im WAN-Umfeld und untersucht dabei ausgehend von einem realen, aktuellen Vernetzungsprojekt insbesondere, wo sich LAN und WAN auf Ethernet-Basis bereits vereinigt haben und wo nach wie vor gewisse Unterschiede in Technologie und Anwendung bzw. Nutzung bestehen...

weiter auf nächster Seite

## Zweitthema

# Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

Fortsetzung von Seite 1



Dipl.-Inform. Andreas Meder ist im Team der ComConsult Beratung und Planung GmbH als Senior Consultant beschäftigt. Er verfügt aufgrund seiner langjährigen beruflichen Praxis über umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen aus den Bereichen Konzipierung und Betrieb von Netzwerken. Sein Themenschwerpunkt als Berater und Planer liegt in den Bereichen Internetworking und IT-Security. Zu diesen Themengebieten ist er als Referent bei der ComConsult Akademie tätig.

## 1. Carrier-Ethernet

Über die immer mehr zunehmende Bedeutung der Standortvernetzung von Unternehmen oder Institutionen und die damit einhergehenden steigenden Anforderungen an die nutzbaren Kapazitäten einerseits und die Zuverlässigkeit der Ressource Weitverkehrsnetz andererseits ist - nicht zuletzt an dieser Stelle - bereits mehrfach berichtet worden. Der Markt hat diesem Umstand durch entsprechende Angebote (zumindest teilweise) Rechnung getragen - und tut dies weiterhin: in den aktuellen Planungs- und Realisierungsprojekten im Bereich der Weitverkehrsvernetzung konnte der Autor nach wie vor kein signifikantes Abflauen des Trends hin zu immer höheren Bandbreiten bei gleichzeitig sinkenden Kosten feststellen.

Mit dem Aufkommen erster WAN-Services, die dem Kunden als Netzabschluss einen Ethernet-Port anstelle der klassischen - typischerweise teuren und komplexen - Schnittstellen offerierten, tritt nun verstärkt das Bestreben eben dieser Kunden zutage, über das Schnittstellen-Format hinaus auch die aus dem lokalen Netzwerk gewohnte Funktionalität von Ethernet im WAN zu erhalten. Die Vorteile eines solchen Ansatzes liegen auf der Hand:

- Niedrige Kosten für die Netzhardware, da standardisierte massenhaft produzierte Komponenten verbaut werden können.
- Wegfall der Notwendigkeit spezieller WAN-Router, die nicht nur die entsprechenden WAN-Schnittstellen anbieten, sondern auch den Protokollwechsel vom LAN zum WAN ermöglichen.

- WAN und LAN können bei der Planung von Netzarchitekturen gedanklich als Einheit angesehen werden, so dass insbesondere Protokollmechanismen im gesamten Netz ohne Protokollbruch eingesetzt werden können.

Nach den Gesetzen des Marktes führt die so motivierte verstärkte Nachfrage zu einem entsprechend immer breiter werdenden Angebot einerseits und - da technischer Wildwuchs grundsätzlich nicht erstrebenswert ist und deshalb das Umsichgreifen proprietärer Verfahren und Lösungen weder im Interesse der Anbieter noch der Kunden sein kann - zu entsprechenden Standardisierungsbemühungen für derartige „Carrier Ethernet“-Lösungen andererseits. Diese Bemühungen werden derzeit maßgeblich im Metro Ethernet Forum (MEF) gebündelt. Das MEF definiert Carrier Ethernet wie folgt:

*Carrier Ethernet ist ein universeller, standardisierter Carrier-Class Netzwerk-Service. Er ist definiert durch fünf Attribute, die ihn vom gewohnten LAN-basierten Ethernet unterscheiden:*

- Skalierbarkeit
- Zuverlässigkeit
- Service Management
- Quality of Service
- Standardisierte Services

Der Carrier, der diesen Service anbieten will, muss dazu entsprechende standardisierte Netzelemente bereitstellen, die die zu transportierenden Ethernet-Frames weltweit übertragen - unter Nutzung nicht nur von Ethernet-basierten Netzen, sondern auch auf Basis althergebrachter Technologien und darauf basierender

Netzplattformen. Dazu muss der Ethernet-Datenstrom in geeigneter Weise verkapselt werden, so dass die gekapselten Dateneinheiten einerseits problemlos und zuverlässig in der Netzplattform übertragen werden können, und andererseits übliche Features von Ethernet abgebildet werden können. Den so gebildeten Tunnel bezeichnet man auch als „Ethernet Virtual Connection“ (EVC). Das MEF hat dazu entsprechende Vorgaben für die jeweils verwendeten Mechanismen und deren Übergabeschnittstellen spezifiziert, die ein Zusammenwirken unterschiedlicher Hersteller und Anbieter gewährleisten sollen. Welche Mechanismen insbesondere für die Verkapselung eingesetzt werden, ist nicht näher spezifiziert, so dass bereits heute unterschiedliche Ansätze existieren. Dies ist auch durchaus sinnvoll, ermöglicht es doch die möglichst flexible Nutzung verschiedenster vorhandener Netzplattformen. Beispiele für solche Tunnel-Mechanismen sind u.a. Ethernet over MPLS, Ethernet over SDH oder Ethernet over RPR.

Nun ist offenkundig Ethernet nicht notwendigerweise gleich Ethernet. Die Übertragung von Ethernet-Frames im WAN - auch ohne nativ Ethernet-fähige Netzinfrastruktur - wird schon seit einiger Zeit angeboten, etwa in Form von Ethernet-Verbindungen zwischen Standorten. Über EthernetConnect als Beispiel für ein derartiges Produkt hat der Autor an dieser Stelle bereits berichtet; vergleichbare Services werden aber auch von Mitbewerbern unter durchaus ähnlich klingenden Produkt-namen vermarktet. Ein solcher Service weist aber - je nach Netzkonstellation aus Kundensicht - den Nachteil auf, dass zum Verbinden mehrerer Lokationen mithilfe

## Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

dieser Technik eine große Zahl von Verbindungen notwendig ist, wenn diese Lokationen analog zum LAN alle direkt miteinander verbunden sein sollen. Es werden also in der Praxis meist weitergehende Konzepte benötigt, die über reine Punkt-zu-Punkt-Services hinausgehen. Hierfür hat das MEF drei grundlegende Service-Typen spezifiziert:

### • E-Line

E-Line beschreibt das klassische Punkt-zu-Punkt-Verbindungsmodell. Einsatzgebiete sind z.B. ethernetbasierte Interne Netzwerke oder die Verbindung zweier entfernter Ethernet-Switches. Je nachdem, ob bei der Realisierung je Anschluss nur ein oder optional mehrere EVCs gemeinsam abgebildet werden, bezeichnet man entsprechende Dienste auch als „Ethernet Private Line“ (EPL) bzw. „Ethernet Virtual Private Line“ (E-PL).

### • E-LAN

E-LAN beschreibt ein Multipunkt-Verbindungsmodell, d.h. alle Anschlusspunkte können sich auf Basis eines solchen Dienstes unmittelbar gegenseitig erreichen. Auf der Basis dieses Service-Typs lassen sich transparente LAN-Services realisieren. Auch hier wird je nach Ausprägung der Schnittstelle und deren Multiplexing-Eigenschaften wieder unterschieden in „Ethernet Private LAN“ (EP-LAN) und „Ethernet Virtual Private LAN“ (EVP-LAN) Services.

### • E-Tree

E-Tree beschreibt ein spezielles Multipunkt-Verbindungsmodell, bei dem bestimmte Knoten („Blätter“) nur mit einem bestimmten Knoten („Wurzel“) kommunizieren können, nicht jedoch mit anderen Blättern. Es ist hauptsächlich für die Bereitstellung bestimmter netzbasierter Dienste, die zentral für eine gewisse Klientel angeboten werden, gedacht (z.B. Triple-Play-Angebote).

In die Kategorie E-LAN fallen unter anderem auch Implementierungen von „Virtual Private LAN Services“ (VPLS). Für letztere existieren in Form von RFC 4761 und RFC 4762 zwei IETF-Standards, in denen nicht nur die Verkapselung zum Transport über paketvermittelnde Netze spezifiziert ist, sondern insbesondere auch, wie in einem solchen Netz die Existenz von Layer 2-Anschlusspunkten signalisiert wird. Letzteres ist u.a. notwendig, um ohne manuellen Konfigurationsaufwand die jeweils genutzten MAC-Adressen an allen Anschlusspunkten bekannt zu machen. Solche Virtual Private LAN Services bieten offenbar die besten Voraussetzungen, dem Ziel mög-

lichst nahe zu kommen, das auf solcher Basis realisierte WAN wie ein LAN ansehen zu können.

## 2. Ethernet fürs Corporate Network - ein aktuelles Projekt

Die oben angestellten Überlegungen sind keineswegs akademischer Natur: es gibt entsprechende Angebote am Markt, so dass bei aktuellen und noch mehr bei zukünftigen Netzplanungen dieser Option Beachtung zuteil werden sollte. Doch kann man - Stand heute - tatsächlich so weit gehen, LAN und WAN über den sprichwörtlich einen Kamm zu scheren? Der Autor hatte Gelegenheit, im Rahmen eines aktuellen Projekts die angebotenen Leistungen einiger nationaler Anbieter insbesondere unter diesem Gesichtspunkt unter die Lupe zu nehmen. Von den dabei gemachten Erfahrungen soll im Folgenden die Rede sein.

Bei dem besagten Projekt waren insgesamt fünf Standorte miteinander zu vernetzen. Aufgrund des Geschäftsumfelds, in dem das Unternehmen tätig ist, waren netzbedingte Produktionsausfälle unbedingt zu minimieren, so dass sich entsprechend hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit ergaben, die nicht ohne explizite Redundanzmaßnahmen erfüllbar waren. Da darüber hinaus der Wunsch bestand, hinsichtlich des Einsatzes von Kommunikationsprotokollen und insbesondere (s.o.) Redundanzverfahren zum einen autark und zum anderen möglichst flexibel zu sein, wurde ein ungemanagerter Ethernet-Service projektiert und letztlich ausgeschrieben.

Eine bereits im Vorfeld durchgeführte Marktsichtung ergab, dass entsprechende Services - auch in der einem LAN am nächsten kommenden Ausprägung als EVP-LAN bzw. VPLS - hierzulande verfügbar sind; insofern sollte es also keine grundsätzlichen Schwierigkeiten geben. Allerdings steckt gewöhnlich - und auch in diesem Fall - der Teufel im Detail, d.h. es war zu verifizieren, inwieweit sich LAN-übliche Techniken tatsächlich 1:1 im WAN umsetzen lassen würden, bzw. wo diesbezüglich Abstriche zu machen sein würden.

Was das Projekt vor allem interessant machte, war, dass die insgesamt drei angebotenen Lösungen, die zumindest die Ausschlusskriterien erfüllten, auf mehr oder weniger unterschiedlichen technologischen Ansätzen basierten. Damit einher gingen entsprechende technische Vor- und Nachteile, vor allem auch im Hinblick auf die Abbildbarkeit der LAN-Mechanismen.

Im Folgenden sollen die einzelnen Lö-

sungen kurz beschrieben und vor allem die jeweiligen Besonderheiten herausgestellt werden; dabei soll ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass diese kurze Aufstellung von Anbietern und Lösungen nicht notwendigerweise abschließend ist. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass kurz- und mittelfristig auch andere Carrier mit entsprechenden Services am Markt antreten werden, zumal prinzipiell jede MPLS-basierte Carrier-Infrastruktur auch entsprechende virtuelle Ethernet-Services bereitstellen kann...

### 2.1 VT Ethernet LAN der Versatel AG

Die von Versatel angebotene Lösung basiert auf dem Versatel NGN Backbone (Next Generation Network). Dieser stellt de facto ein MPLS-basiertes Metro Ethernet Netzwerk nach dem VPLS Standard dar, so dass sich die Lösung kurz gefasst als „Ethernet over MPLS“ beschreiben ließe.

Der Funktionsumfang einer derartigen Netzrealisierung und damit in diesem Fall des NGN entspricht gewissermaßen einem virtuellen Ethernet Switch (Virtual Switch Instance, VSI): Für angeschlossene LAN-Komponenten in den Standorten des Kunden verhält sich das Netz im Wesentlichen wie ein zentraler Core-Switch. Dabei wird die Transportleistung jedoch vollkommen transparent erbracht, d.h. das Netz überträgt alle Ethernet-Frames nicht nur ohne Veränderung an die jeweiligen Empfänger-MAC-Adressen, sondern die VSI ist auch nicht „sichtbar“ und nimmt insbesondere nicht an etwaigem Protokoll-Datenverkehr mit Kunden-Netzequipment teil. (siehe Abbildung 1)

Die Anschaltung an das NGN erfolgt - je nach Situation vor Ort - über natives Ethernet mittels Versatel-Glasfaser oder über Ethernet over SDH, wenn lokale Subcarrier eingesetzt werden müssen. Aufgrund der Verfügbarkeitsanforderungen wurden hier grundsätzlich je zwei vollständig entkoppelte Anbindungen an den Backbone vorgesehen. Der Backbone selber kann aufgrund seiner redundanten Topologie als hinreichend ausfallsicher angesehen werden.

### 2.2. Ethernet Private Network (E-PN) der COLT Telecom GmbH

Auch die COLT Lösung nutzt ein sogenanntes Next Generation Network, d.h. eine gemeinsame Plattform, über die nach Möglichkeit alle Netzwerk-Services realisiert werden können. Die technische Basis ist auch hier MPLS, allerdings bietet der Backbone selbst - anders als bei Versatel - keinen E-LAN-Service, sondern lediglich E-Line.

Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

Die kundenseitig gewünschte E-LAN-Funktionalität wird bei der COLT-Lösung durch dedizierte Switch-Hardware in einem geeigneten Knotenpunkt des Backbones bereitgestellt. De facto werden also bei dieser Lösung die einzelnen LANs per „langem Ethernet-Kabel“ mit einem zentralen Switch verbunden. Bei diesem Switch handelt es sich um eine Einschubkarte in ein Carrier-Class-Chassis, die die Kundenports in der benötigten Anzahl zur Verfügung stellt. (siehe Abbildung 2)

Das Redundanzthema wird hier zunächst ähnlich behandelt wie zuvor bereits dargestellt: wegeredundante Anbindung der Kundenlokation an den Backbone. Es kommen allerdings zwei Besonderheiten zum Tragen:

- Zwar ist auch hier der Backbone als per se hinreichend verfügbar anzusehen, allerdings gilt das nicht für die dedizierte Switch-Hardware, auf der die Kundenlokationen aufgeschaltet sind. Diese ist bei entsprechenden Anforderungen wie im vorliegenden Fall durch eine zweite Hardware in einem anderen Netzknoten abzusichern, die mit der ersten wiederum redundant verbunden ist. Jeder Standort ist dann mit je einem virtuellen Ethernet-Link an beide Switches angeschlossen.

Bei moderateren Anforderungen an die Verfügbarkeit kann ggf. auf diese Hardware-Redundanz verzichtet werden, da die Unterbrechungsdauern bei Ausfall eines solchen Switch-Karte aufgrund der Rahmenbedingungen in den Netzknoten (RZ-Bedingungen, Betriebspersonal rund um die Uhr vor Ort) vergleichsweise kurz sind; nach Anbieteraussage liegen sie im Bereich von ca. 15 Minuten. Zu bedenken ist freilich, dass von einer solchen Störung alle Standorte betroffen wären, so dass sich die Gesamtstörungsdauer eventuell doch in nicht akzeptablen Größenordnungen bewegen könnte.

- COLT nutzt bei Direktanschlüssen, d.h. solchen, bei denen der Kundenstandort über eine COLT-Glasfaser ohne Sub-Carrier an den Backbone angeschlossen wird, eine Ringtopologie für jeden Anschluss. Hierdurch ist eine zusätzliche Redundanz im Bereich des Local Loop gegeben.

**2.3 Ethernet VPN (Deutsche Telekom AG)**

Bei der Realisierung ihres Produkts Ethernet VPN schlägt die Deutsche Telekom einen anderen Weg ein als die bisher betrachteten Mitbewerber. Ethernet VPN basiert nicht auf einem MPLS-Backbone,

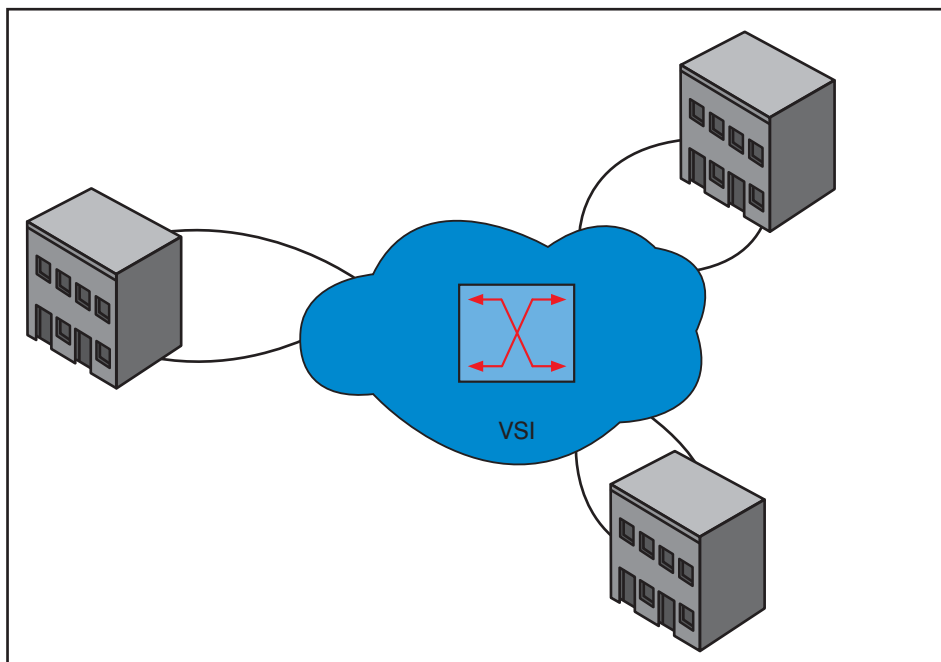


Abbildung 1: VT Ethernet LAN (Versatel)



Abbildung 2: E-PN (COLT)

sondern setzt auf der Resilient Packet Ring (RPR) Technologie nach IEEE 802.17 auf. RPR ist eine bis dato am Markt wenig verbreitete Technologie, die einen effizienteren Datentransport über glasfaserbasierte Ringstrukturen ermöglichen soll, als dies mit dem klassischen TDM-basierten SDH-Verfahren möglich ist. Gleichwohl wurde RPR so spezifiziert, dass die SDH-Infrastrukturen weiterhin nutzbar bleiben. Somit ist für Carrier, die ihre Netzphysik zumindest anteilig auf RPR umstellen, ein

weitreichender Investitionsschutz gegeben. RPR behebt vor allem zwei wesentliche Nachteile von SDH bei der Abbildung von Datennetzen:

- SDH (Synchrone Digitale Hierarchie) teilt einen gewissen Anteil der zur Verfügung stehenden Übertragungskapazitäten mittels Time Division Multiplex (TDM) den eingerichteten Netzverbindungen fest zu. Damit steht diese Kapazität der jeweiligen Verbindung ex-

## Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

klusiv zur Verfügung und kann selbst dann nicht von anderen Verbindungen genutzt werden, wenn die erste Verbindung sie nicht benötigt. Diese Vorgehensweise ist optimiert für z.B. Sprachverbindungen, jedoch nicht für moderne Datennetze, in denen auf den höheren OSI-Schichten praktisch ausschließlich paketbasierte Mechanismen zum Einsatz kommen - heutzutage im Wesentlichen Ethernet und IP.

- SDH basiert auf doppelten Glasfaserringen mit gegenläufiger Kommunikationsrichtung. Dabei dient der zweite Ring ausschließlich der Ausfallsicherung; er wird also im Regelfall nicht zur Kommunikation genutzt. Somit wird die durch die Infrastruktur in Summe darstellbare Kapazität nur zur Hälfte tatsächlich nutzbar gemacht.

RPR nutzt anders als SDH beide gegenläufigen Ringe (Ringlets) produktiv und arbeitet statt mit festen Zuweisungen paketorientiert. Somit können wesentlich höhere Kapazitäten realisiert werden. Erkauft wird dies mit potenziellen Kapazitätseinschränkungen im Fall einer Netzstörung, da dann beide Ringlets zu einem großen Ring zusammengeschaltet werden, in dem die verfügbare Bandbreite dann auf entsprechend mehr Stationen verteilt werden muss, und mit einem potenziell größeren Jitter, da an den Einspeisungspunkten in den Ring bei zeitgleich ankommenden Paketen diese nacheinander abgearbeitet werden müssen. Ein sogenannter Fairness-Algorithmus sorgt dafür, dass es dabei nicht zu inakzeptablen Wartezeiten kommt.

Beim Aufbau eines Ethernet VPN schaltet die Deutsche Telekom für den jeweiligen Kunden einen dedizierten RPR auf Basis der gegebenen Backbone-Strukturen. Somit bleibt das realisierte Netz zwar aufgrund der Ringeigenschaft ein Shared Medium, aber anders als z.B. MPLS-Netze erstreckt sich diese Eigenschaft nur auf den jeweiligen Kunden, nicht auf die Gesamtheit aller Kunden des Carriers. Bei Planungen zur notwendigen Kapazität (Stichwort „Überbuchung“) kann man sich also auf die Berücksichtigung der eigenen Belange beschränken; weitere Kunden desselben Carriers können diesbezüglich vollkommen außen vor bleiben. Die E-LAN-Funktionalität wird bei Ethernet VPN vom Ring selbst bereitgestellt; es kommt also auch hier (analog zur Lösung von Versatel) keine dedizierte Switch-Hardware zum Einsatz, sondern der Ring verhält sich wie ein Switch (was nichts bahnbrechend Neues ist: man denke nur an die seligen Token-Ring-Switches; auch dort entsprachen

sich Ring und Switch hinsichtlich ihrer Funktionalität). (siehe Abbildung 3)

Die Anschaltung der Kundenstandorte an den Ring erfolgt mittels Ethernet-Connect-Leitungen. Aufgrund der Verfügbarkeitsanforderungen im vorliegenden Projekt wurde dabei nicht nur (s.o.) eine redundante, knoten- und kantendisjunkte Anbindung geplant, sondern jeder dieser beiden Ethernet-Links in sich nochmals redundant ausgeführt. Insgesamt führte dies dann zu einer Vierfach-Abstützung jedes Standorts. Dies führt naturgemäß zu entsprechend höheren Kosten und war seitens des Kunden auch nicht explizit gewünscht, resultierte aber aus den Anforderungen an die maximalen Entstörzeiten, die eine andere Bauweise nicht zuließen.

### 3. WAN + Ethernet = LAN?

Wie man sieht, gibt es einen bunten Strauß von Möglichkeiten, Standorte mittels Ethernet zu vernetzen. Hinsichtlich der Grundanforderung, Ethernet transparent und hochverfügbar zu übertragen, gibt es auch keinerlei Einschränkungen, wenn es auch im Detail Unterschiede zwischen den Lösungen gibt. Spannend wird es dann, wenn man spezifische Anforderungen, insbesondere solche, die ihren Ursprung in LAN-typischen Mechanismen haben, betrachtet. Wir wollen dies exemplarisch für einige Aspekte aus besagtem WAN-Projekt untersuchen...

#### • Anschluss an LAN-Switches

Zum Anschluss klassischer WAN-Leitungen bedarf es entsprechend geeigneter

ter Router; bei Ethernet sollte das doch nicht erforderlich sein...

Und in der Tat: die Ethernet-basierten Local Loops können unmittelbar an LAN-Komponenten angeschlossen werden. Inwieweit hierfür gleich standortinterne Core-Komponenten herangezogen werden, muss im Anschaltekonzept unter Berücksichtigung diverser Aspekte - unter anderem auch Sicherheitsüberlegungen - untersucht und spezifiziert werden; ggf. sind dedizierte Komponenten vorzuschalten. Letztere können aber wiederum LAN-Switches oder ggf. auch gleich Firewall-Systeme sein, falls etwa das Sicherheitskonzept eine entsprechende Entkopplung der Standorte vom WAN vorsieht.

#### • Quality of Service

Quality of Service (QoS) ist im Grunde eher ein Thema für WAN, nicht so sehr für LAN, da QoS typischerweise dort eine Rolle spielt, wo Mangel zielgerichtet verwaltet werden muss. In LANs herrscht aber normalerweise Mangel weder hinsichtlich der Kapazitäten noch hinsichtlich schneller Netzdurchlaufzeiten. Setzt man aber eine LAN-Technik wie Ethernet im WAN ein, wird automatisch auch QoS ein Thema, insbesondere, wenn unterschiedliche Datenströme mit unterschiedlichen Anforderungen vorhanden sind (z.B. Voice- im Gegensatz zu sonstigen Anwendungsdaten).

Bei Ethernet wird QoS auf Basis von VLAN-Tagging (IEEE 802.1 Q/p) implementiert. Im vorliegenden Fall war al-

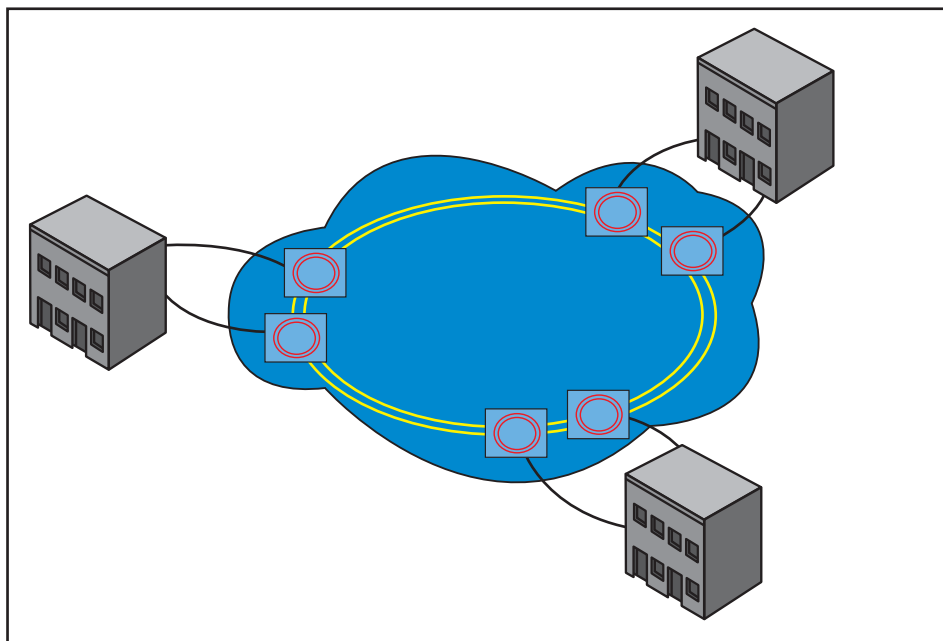


Abbildung 3: Ethernet VPN (Telekom)

## Macht Carrier-Ethernet das WAN zum LAN?

so zu prüfen, welche der Lösungen diesen Mechanismus unterstützt. Dabei ist Sorgfalt bei der Bewertung der diesbezüglichen Carrier-Aussagen geboten: mit Unterstützung ist nicht die transparente Übertragung der entsprechenden Tagging-Informationen gemeint, sondern die Auswertung dieser Tags und darauf basierende Priorisierung der Ethernet-Frames in der Netzplattform. Diese Funktionalität war beispielsweise bei der Lösung von Versatel zum Zeitpunkt der Ausschreibung nicht gegeben; sie soll allerdings zeitnah eingeführt werden, sobald die eingesetzte Netzhardware dies herstellerseitig unterstützt.

- **Link Loss Forwarding**

Link Loss Forwarding (LLF) ist ein Mechanismus, mit dessen Hilfe die Kupfer-Ports der Ethernet-Abschlusskomponenten eines Ethernet Virtual Circuit im Falle einer Leitungsunterbrechung abgeschaltet werden. Ohne einen solchen Mechanismus würden angeschlossene Kunden-Switches diese Unterbrechung nicht feststellen (der eigene LAN-Link bleibt ja aktiv), so dass etwaige Redundanzmechanismen, die den Port-Status referenzieren, nicht korrekt arbeiten.

Bei E-Line-Implementierungen wird LLF typischerweise implementiert. Bei E-LAN scheint das derzeit am Markt nicht so zwangsläufig zu sein: Beispielsweise unterstützt die COLT-Lösung LLF nicht.

Glücklicherweise sind Redundanzmechanismen auf höheren OSI-Schichten auf dieses Feature nicht zwingend angewiesen, da sie z.B. über den Austausch von Statuspaketen die Funktion des Links mittelbar selber überwachen. Letzteres mag der geneigte Leser durchaus als Anregung verstehen, auch in „reinen“ Ethernet-Umgebungen im Corporate Network im Zweifel klassische Routing-basierte Redundanzverfahren in Erwägung zu ziehen - diese sind in aller Regel robuster und stellen weniger spezifische Anforderungen an die jeweiligen Netzschnittstellen...

- **(Split) Multi Link Trunking**

Multi Link Trunking (MLT, IEEE 802.3ad) ist ein Protokoll zur Aggregation von einzelnen Links zu einem gemeinsamen Link (Trunk) mit entsprechend erhöhter Kapazität. Split MLT ist ein Erweiterung dieses Standards durch Nortel, die die Aufteilung der aggregierten Links auf mehrere Switches erlaubt.

In Nortel-Umgebungen kann mithilfe von SMLT eine entsprechende Redundanz-Architektur inklusive Load-Balancing rea-

lisiert werden. Aber kann dieser Ansatz auch im WAN zum Tragen kommen?

Die Antwort ist (zumindest derzeit): Nein! Dafür gibt es zwei Gründe: Zum Einen unterstützt keiner der drei hier betrachteten Anbieter SMLT, und es steht auch zu erwarten, dass sich daran in Zukunft nichts Signifikantes ändern wird. Eine Unterstützung eines solchen Features würde eine Interaktion der Netzkomponenten des Carriers mit denen des Kunden implizieren; dies jedoch würde dem Transparenzgedanken widersprechen. Zum Anderen ist es meist nicht ratsam, einen solchen Mechanismus im WAN überhaupt einzusetzen; weniger wegen der Redundanzeigenschaft, als vielmehr um des Load-Balancings willen: Dieses erfolgt Packet-per-Packet, was bei auch nur geringfügig unterschiedlichen Paketlaufzeiten der aggregierten Links unweigerlich zu Reordering-Effekten im Rahmen der TCP-Sessions führt.

- **Load Sharing**

Load-Balancing mittels (S)MLT scheidet also aus, aber ein Load Sharing lässt sich mittels geeigneter Routing-Protokolle problemlos implementieren. Hier ist dann allerdings im Fall der RPR-basierten Lösung der Deutschen Telekom darauf zu achten, dass es sich um ein Shared Medium handelt, dessen Ressourcen insbesondere im Falle einer Störung im Netzbackbone potenziell knapp werden können.

Sollen alle Standorte ihre jeweiligen per Load Sharing aggregierten Bandbreiten uneingeschränkt nutzen können, muss dies bei der Auslegung des Rings und

damit dessen Kapazität berücksichtigt werden. Zu bedenken ist insbesondere, dass bei überlappenden Kommunikationsbeziehungen auf dem Ring innerhalb der von der Überlappung betroffenen Teilstrecke auch tatsächlich die maximale Summenbandbreite zur Verfügung steht.

#### 4. Ein WAN ist eben doch kein LAN...

..., möchte man sagen, und wird es wohl auch nicht werden. Dem stehen einerseits physikalische Beschränkungen (insbesondere unvermeidbare Paketlaufzeiten in ausgedehnten Netzen) und andererseits die Notwendigkeit einer sauberen Schnittstelle zwischen Kunde und Provider entgegen. Letztere verhindert (siehe die Anmerkungen zum Transparenzgedanken) wirkungsvoll das Zusammenspiel von Carrier- und Kundenkomponenten auf Protokollebene, was dann zur Nichtanwendbarkeit diverser LAN-typischer Mechanismen führt.

Abgesehen davon scheint aber nichtsdestotrotz die Ethernet-basierte Technik auch im Weitverkehrsumfeld unaufhaltsam auf dem Vormarsch zu sein. Auch von der wirtschaftlichen Seite bieten die aktuellen E-LAN-Lösungen Vorteile - sowohl gegenüber den klassischen WAN-Technologien als auch gegenüber MPLS.

Man muss aber - auch das hat dieses Projekt klar gezeigt - sich als Carrier-Kunde verstärkt wieder selbst in die Planung der Netzarchitektur einbringen, und zwar in gleicher Art und Weise wie bei den eigenen Standort-LANs - ohne dabei die (teils anbieterspezifischen) technologischen Besonderheiten von Carrier-Ethernet aus dem Auge zu verlieren.

## Jetzt Leser werden



### Der Netzwerk Insider

Der Netzwerk Insider erscheint 12 Mal im Jahr im PDF-Format und informiert Sie per eMail über die Hintergründe aktueller Netzwerk-Technologien. Jeden Monat werden zwei Themen gewählt, über die in ausführlicher Form topaktuelle Insider-Informationen gegeben werden. Der Netzwerk-Insider ist bekannt für seine kritische, herstellerneutrale und fundierte Technologie-Bewertung.

Hier können Sie sich zum Netzwerk Insider kostenlos und ohne jede Verpflichtung registrieren lassen:

<http://www.comconsult-akademie.de/de/Registrierung.php>