

Andreas Prauschke

Ethernet Network- to Network Interconnection (E-NNI)



Andreas Prauschke
Ethernet Network- to Network Interconnection (E-NNI)

Andreas Prauschke
Ethernet Network- to Network Interconnection (E-NNI)

1. Auflage 2009 | ISBN: 978-3-86815-326-2

© IGEL Verlag GmbH , 2009. Alle Rechte vorbehalten.

Dieses eBook wurde nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Im Hinblick auf das Produkthaftungsgesetz weisen Autoren und Verlag darauf hin, dass inhaltliche Fehler und Änderungen nach Drucklegung dennoch nicht auszuschließen sind. Aus diesem Grund übernehmen Verlag und Autoren keine Haftung und Gewährleistung. Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
1. Einleitung: Überblick über Network to Network Interconnects	1
2. Technische Grundlagen zum Ethernet- Protokoll	6
2.1 Grundlagen zu lokalen Netzen (LAN)	6
2.1.2 Das „Virtuelle LAN“ (VLAN) nach IEEE 802.1 Q	8
2.1.3 Hierarchisches Ethernet mit IEEE 802.1ad und 802.1ah	11
2.2 Grundlagen zu Weitverkehrsnetzen (WAN): die VPNs	14
2.3 Gründer und Reformier: das Metro Ethernet Forum (MEF)	16
2.3.1 Der Anfang: das Carrier Ethernet	17
2.3.2 Die Schnittstelle zwischen LAN, MAN und WAN: E- NNI	19
2.3.2.1 Kontroll-, Daten- und Management- Ebene	23
2.3.2.2 UNI- Typen	25
2.3.2.3 Ethernet Virtual Connection (EVC)	27
2.3.2.4 EVC- Service Typen (E- LINE, E- LAN, E- TREE)	28
2.3.2.5 Ethernet Service Attribute für die UNI und EVC	32
2.3.3 Service Attribute der Schnittstelle E- NNI	41
3. Technische Grundlagen zu Ethernet NNIs (E- NNI)	43
3.1 Kommunikation in Netzen	43
3.2 Der Ethernet- Handoff	45
3.3 Layer 0: Optischer WDM Tunnel	48
3.3.1 WDM Architektur	49
3.3.2 WDM Techniken	49
3.3.3 Grobes und dichtes Wellenlängenmultiplex	50
3.3.4 DWDM über CWDM	51
3.4 Layer 1: SONET/SDH Tunnel	51
3.4.1 Ethernet Transporttechniken	55
3.4.1.1 Generic Framing Procedure (GFP)	55
3.4.1.2 Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS, ITU- T G.7042)	55
3.4.1.3 Virtuelle Verkettung (VCAT)	55
3.4.2 Ethernet Private Line (EPL)	56
3.4.3 SDH Tunneltechniken	57

3.5 Layer 2: Ethernet Tunnel	58
3.5.1 VLAN Tunnel	59
3.5.2 Provider Backbone Transport (PBT) mit IEEE 802.1 ah	59
3.6 Layer „2,5“: MPLS Shim- Layer und Layer 3 Tunnel	60
3.6.1 G- MPLS für den Layer 1, 2 und 3	63
3.6.2 Signalisierungsprotokolle/ Tunnelaufbau	65
3.6.2.1 LDP und CR- LDP (Label- Distribution- Protocol)	65
3.6.2.2 RSVP / RSVP- TE	65
3.7 Layer 3: Pseudowire Tunnel	66
3.8 Zusammenfassung der verschiedenen Tunneltypen und Exkurs Level (3)	69
4. Das bisherige Produkt: VPNs mit verschiedenen Layeralternativen	72
4.1 VPN Grundlagen	72
4.2 Layer 1– VPN	73
4.3 Layer 2- VPNs	74
4.3.1.1 E- LINE	75
4.3.1.2 P2P- EVPL: Multiplexed Punkt- zu- Punkt- VPN	75
4.3.1.3 P2P - Ethernet Internet Access	75
4.3.1.4 P2P- Ethernet Access to IP VPN	76
4.3.2 Mehrpunkt VPNs: das VPLS	76
4.4 Layer 3 VPNs	78
4.5 Fazit zu VPNs	79
5. Die Vision: VPNs auf Layer 2 ohne IP – das „native Ethernet“	81
5.1 Stärkung Ethernet zur Nutzung im WAN: Quality of Service	81
5.1.1 Performance Attribute der Quality of Service (QoS)	83
5.1.2 Voraussetzungen bei der Übertragung zwischen Netzen: Standards der OAM- Gremien	86
5.1.3 L1 QoS bei GMPLS und SDH	86
5.1.4 „L 2,5“ MPLS- OAM	87
5.2 Reine Ethernet Interconnects	88
5.3 „Gemischte“ bzw. kombinierte Ethernet Interconnects	90
5.3.1 L1 NNI via SDH	90
5.3.2 „L2,5“- MPLS- NNI / Pseudowire - NNI	92
5.3.3 MPLS Pseudo- Wire Switching Modell	93
5.3.4 Alle Interconnects integriert auf dem Layer 0/1: G-MPLS und DWDM	94
5.3.5 Universelles Bindeglied für Multilayer stacks	95

5.4 Betriebsprozesse bei Interconnects	97
5.4.1 Beschreibung des E-TOM Prozess- Framework	97
5.4.2 Typische Betriebsprozesse beim Interconnect	98
6. Fazit	102
Anhang	104
Literaturverzeichnis	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ethernet Transport Protokolle	3
Abbildung 2: Netzwerk-Basisarchitektur zur Aktivierung von Ethernet Services	4
Abbildung 3: Datenkommunikation über verschiedene Schichten	7
Abbildung 4: Das Brücken- basierte LAN auf der Sicherungsschicht nach IEEE 802.1 D	8
Abbildung 5: LANs und VLANs und ihre physischen Grenzen	8
Abbildung 6: VLANs sind nicht auf physische Standorte bbeschränkt	9
Abbildung 7: Der Ethernet Rahmen vor und nach dem VLAN- Tagging	10
Abbildung 8: Das Q-in-Q Prinzip	12
Abbildung 9: Tunneling von Ethernet auf dem Layer 2	13
Abbildung 10: Evolution der Ethernet- Hierarchie	14
Abbildung 11: Tunnel Referenzmodell	15
Abbildung 12: MEN Referenz Modell	17
Abbildung 13: Beispielhafte Zerlegung des MEN in das Schichtenmodell und Protokollstapel	18
Abbildung 14: Das technische MEF Committee (Stand: Januar 2008)	19
Abbildung 15: Die logische Netzwerk- zu Netzwerk- Schnittstelle (E-NNI)	20
Abbildung 16: Die Benutzerschnittstelle UNI und das MEN Referenzmodell	21
Abbildung 17: Metro Ethernet Netzwerk Architektur Rahmenwerk	21
Abbildung 18: Das UNI – Rahmenwerk	23
Abbildung 19: MEF- E-NNI Modelling	24
Abbildung 20: Relationship between the UNI Reference Model and the MEN Functional Components	25
Abbildung 21: Standardisierte Layer 2 Kontroll- Protokolle	27
Abbildung 22: Ethernet Virtuelle Verbindungs- Dienst- Typen (EVC)	29
Abbildung 23: Punkt- zu Punkt- EVCs	29
Abbildung 24: Multipoint-to-Multipoint EVC	31
Abbildung 25: Definition des Ethernet Service Rahmenwerks	32
Abbildung 26: Bandbreitenprofile nach MEF10	34
Abbildung 27: Bandbreitenprofile für eine EVC	34
Abbildung 28: Überblick über die UNI- und EVC- Service Attribute	40
Abbildung 29: Circuit- und Paket- geschwichte Netzwerke	45
Abbildung 30: „Architektur- Vision“	46
Abbildung 31: Optische Fenster	48

Abbildung 32: IP über OTN (engl. Optical Transport Network)	50
Abbildung 33: Das Netzwerk und das Protokollmodell für den Layer 1	53
Abbildung 34: VCAT Mechanismus	56
Abbildung 35: EPL Architektur	57
Abbildung 36: Tunneling von Ethernet auf der Schicht 2	59
Abbildung 37: Ethernet Frame Payload Kapselung	61
Abbildung 38: Shim- Header im MPLS- Rahmen	62
Abbildung 39: Hierarchische LSPs mit Interconnects auf Basis von „generellen Labels“	63
Abbildung 40: MPLS-based Ethernet Port Mux – PP Multi-hop – Control Plane & InterFaces	64
Abbildung 41: Ethernet (Schicht 2) Tunneling auf dem Layer 3	68
Abbildung 42: Das Tunneling-Prinzip bei der Datenübermittlung über ein MPLS-Netz	68
Abbildung 43: Ausfall- Szenario eines mit RSVP ausgestatteten MPLS- Knoten	70
Abbildung 44: Vom Provider bereitgestellte VPNs (PPVPNs)	72
Abbildung 45: Tunnelkonfigurationen (Host = UNI- C, Gateway = UNI – N)	73
Abbildung 46: Ethernet Dienste Topologie	74
Abbildung 47: MEF Service Terminology	74
Abbildung 48: Hierarchischer VPLS Ansatz mit Hub- and Spoke	78
Abbildung 49: Ethernet- OAM Standards bzw. Spezifikationen	86
Abbildung 50: 802.1 ag Ethernet OAM (802.1ag) im MEN mit MPLS	87
Abbildung 51: 802.1 ad Q- in- Q – NNI	88
Abbildung 52: PBB 802.1 ah MAC- in- MAC – NNI	88
Abbildung 53: Hybride Multi- Dienst Transport Lösung	89
Abbildung 54: Varianten für ein hierarchisches und hybrides Ethernet- LAN	90
Abbildung 55: Verwendung der OIF UNI 2.0 Schnittstelle für eine GE-Verbindung über SDH	92
Abbildung 56: Das Pseudowire- Switching Modell	94
Abbildung 57: Das MIB – Schichtenmodell	96
Abbildung 58: Der Blick auf „Level 2 Prozesse“ des eTOM Framework	98
Abbildung 59: Ethernet Virtual Privat Line (EVPL) - Angebotserstellung	100
Abbildung 60: MPLS Netzwerk- Lebenszyklus	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über die Funktionalitäten des Uni- Typs 2.1 und 2.2	26
Tabelle 2: Standardisierte Layer 2 Kontroll Protokolle (L2CP)	37
Tabelle 3: Übersicht über E- NNI Serviceattribute	41
Tabelle 4: Tunnelprotokolle	43
Tabelle 5: Überblick über Ethernet- Handoff- Varianten	47
Tabelle 6: Standards im Zusammenhang mit Pseudowires	69
Tabelle 7: VPLS Standards	78
Tabelle 8: MPLS OAM Attribute	87
Tabelle 9: Überblick über RFS	93
Tabelle 10: Überblick über G- MPLS Ansätze	95

1. Einleitung: Überblick über Network to Network Interconnects

„Das Ethernet Protokoll, eine auf Rahmen (engl. Frame) basierte Computer Netzwerk Technologie für lokale Netze (engl.: *Local Area Networks* (LANs)), ist wegen seiner Einfachheit und Flexibilität das meist verbreitetste Protokoll für Unternehmensnetzwerke“ [FROS97, S. 2-2].

„Das Metro Ethernet Forum (MEF) ist eine gemeinnützige Organisation, die gegründet wurde, um die weltweite Einführung von optischen Ethernet in Metronetzen zu beschleunigen [[IHLE05] „Zu Beginn des MEF bestand die Herausforderung darin, Ethernet von den Grenzen des Local Area Networks zu befreien“. Das MEF definierte deswegen den Standard „Carrier Ethernet“ und bietet ein Zertifizierungsprogramm an. Carrier Ethernet soll die Lücke zwischen LANs und WANs (engl.: *Wide Area Network*) schließen. Unternehmen können aufgrund dieser Entwicklung in Zukunft billigere Bandbreiten mit höheren Geschwindigkeiten kaufen. Der große Vorteil besteht darin, dass nur noch ein Protokoll für alle „Stufen“ eines Netzes d.h. für das LAN, für das *Metropolitan Area Network* (MAN) und für das Weitverkehrsnetz (WAN) benötigt wird, wodurch die Carrier die Netzabdeckung erweitern können. Dadurch fallen geringere Kosten für die Anschaffung und den Betrieb an (vgl. [IHLE05], [BOTTo1]).

Die vom MEF definierte *Ethernet- Netzwerk- zu- Netzwerk Verbindung* bzw. Schnittstelle (Ethernet- Network- to- Network Interconnect (E-NNI)) ermöglicht eine *Ende- zu- Ende Verbindung* vom LAN über das MAN zum WAN hin zu einem entfernt gelegenen MAN bzw. LAN auf Ethernet- Basis.

Die Ethernet- Schnittstelle basiert auf sogenannten *Ethernet- Rahmen*, die wiederum als Transport- (engl. *Carrier*) Dienste fungieren. Ein Beispiel hierfür sind etwa die vom MEF definierten *E- LINE* und *E- LAN* sowie *E-TREE Dienste*. Sie gestatten einen Austausch zwischen zwei oder mehreren Kunden- Standorten.

Die Carrier- Ethernet- Dienste können durch verschiedene Technologien bereitgestellt werden. Zu diesen Carrier- Ethernet- Diensten zählen gemäß des MEF:

- der Zugang zu Diensten auf höher gelegenen Schichten, wie IP- VPN und Internet/ Intranet Zugang,
- die Herstellung von E- Line Diensten d.h *Punkt- zu- Punkt und Punkt- zu- Mehrpunkt – Verbindungen*, wie LAN- Brücken (engl. *Bridging*) oder LAN- Erweiterungen (engl. *Extensions*),

- die Herstellung von E-LAN Diensten, d.h. *Mehrpunkt- zu- Mehrpunkt Verbindungen* für transparente LANs sowie virtuelle private LAN Dienste (VLANs) (vgl. [BOTTo8]),
- E- Tree für *Punkt zu Mehrpunkt* Verbindungen in Form einer *Hub- und Spoke* Technik
- die Bündelung von oben genannten Zugängen und Diensten
- der Transport von Ethernet im WAN (vgl. [FROS97, S. 1-1 und 2-2]).

Das renommierte Marktberatungs- und Marktforschungsunternehmen „Frost und Sullivan“ erwartet in Folge von

- bandbreitenhungrigen Anwendungen in der Geschäftswelt sowie
- der Migration zur nächsten Generation der Netzwerke (engl. *Next-Generation Networks* (NGNs)) basierend auf IP/MPLS und Ethernet

im Einzel- sowie im Großhandel (engl. *Wholesale*) ein Marktpotential für Ethernet- Dienste in Europa in Höhe von 4,83 Billionen Euro im Jahr 2012. Die jährliche Marktwachstumsrate wird vom Basisjahr 2005 ausgehend auf 28% geschätzt; wobei die Umsatzsteigerung durch den Wettbewerb und den Preisdruck abgeschwächt sein wird. Wer als Anbieter auf dem Markt im Preiskampf bestehen will, wird nicht daran vorbeikommen, Mehrwertdienste und eine breite Palette an Funktionalitäten für Ethernet basierende Dienste anzubieten“ (vgl. [FROS97, S. 2-3 und S.2-4]).

Tatsache ist es, dass der Kunde, der Ethernet Services in Anspruch nimmt, für den Zugang zum Port zahlen wird, sowie für den Bandbreitendurchsatz und die Distanz (vgl. [FROS97, S. 4-3]).

In Folge der technischen Evolution, müssen sich Anbieter (engl. *Carrier*) neben dem Wandel hin zur „nächsten Generation von Netzwerken“ (NGNs)) auch mit unterschiedlichen Technologien beschäftigen, über welche die Ethernet- Dienste transportiert werden können. Ein weiteres Thema, mit dem es sich auseinanderzusetzen gilt, sind die Schwächen des Ethernet- Protokolls. Gefordert werden in diesem Zusammenhang zwingend einzuhaltende Qualitätsvereinbarungen (engl. *Service Level Agreements* (SLA's)), *Ende- zu- Ende SLA's*, Priorisierungsverfahren (engl. *Class of Services* (CoS)) und *Mehrwertfunktionen*“ (vgl. [FROS97; S. 3-9]). „Damit Ethernet der Anwendung im WAN gerecht werden kann, sind Skalierbarkeit, Zuverlässigkeit, Service-Management, standardisierte Dienste und QoS die Voraussetzung“ [GERMo7, S.1].