Ethernet im WAN

L2-MPLS, Provider Switching und MEF-Konzepte

Metro Ethernet ist eine WAN-Technologie, die L2-VPNs für Carrier und deren Kunden bietet. Dieser Kurs behandelt unterschiedliche L2-Technologien wie MEF, Provider Backbone Bridges (PBB) und Shortest Path Bridging (SPB). Im Zusammenhang mit MPLS werden Pseudowire und VPLS behandelt. Im Mittelpunkt stehen die folgenden Fragen: Wie können mit Metro Ethernet L2-VPNs aufgebaut werden? Welche Dienste sind damit möglich? Wie kann die Verfügbarkeit kontrolliert und gesichert werden?

Kursinhalt

- Ethernet Datendurchsatz auf Layer 2: 52 – 97% - aber warum?
- Ethernet: Wovon hängt der Datendurchsatz ab und wie kann ich es messen?
- Metro Ethernet – warum?
- Metro Ethernet – welche Herausforderungen: QoS, OAM, Protection, Skalierbarkeit, Reichweite
- Basiswissen: UNI, ENNI, EVC, OVC, Color blind/color aware, Token
- MEF Dienste: E-Line, E-LAN, E-Tree, E-Access und EthernetConnect
- MEF Verkehrsparameter: CIR, CBS, EIR, EBS verstehen und dimensionieren
- Übungen zum Verständnis CIR, CBS, EIR und EBS,
- QoS Messen: Frame Loss Ratio (FLR), Frame Delay (FD), Frame Delay Variation (FDV)
- Wie wirken sich Policing und Shaping auf QoS aus?
- OAM auf Layer 2: 802.1ag und Y.1731 – MEPs, CCMs, LBM, LBR, LTM, LTR
- L2-VPNs mit Provider Backbone Bridging (802.1ah), MPLT-TP, MEF
- L2-VPNs auf Basis von MPLS, BGP und VPLS
- L2-VPNs auf Basis von IS-IS und Shortest Path Bridging (802.1aq)

E-Book Das ausführliche deutschsprachige digitale Unterlagenpaket, bestehend aus PDF und E-Book, ist im Kurspreis enthalten.

Zielgruppe

Allen, die mit L2-VPNs, sei es im Netzdesign, der Bereitstellung, der Auswahl der Verkehrsparameter oder QoS arbeiten, sei der Kurs empfohlen. Sie werden EthernetConnect und die Zusammenhänge zwischen E-Line, E-LAN, E-Tree, E-Access, UNI, EVC, OVC viel besser verstehen.

Voraussetzungen

Gute Kenntnisse zu Ethernet sollten vorhanden sein. Für MPLS sind gute Kenntnisse des IP Routing sehr hilfreich.

Kursziel

Der Kurs gibt Ihnen einen kompakten Überblick wie unterschiedlich L2-VPNs auf Basis der Layer 1, Layer 2 (MEF, PBB, MPLS-TP) und Layer 3 (PWs, VPLS, SPB) realisiert werden können, wo die Herausforderungen liegen und wie das Netzwerkmanagement nach 802.1ag und Y.1731 funktioniert.

Dieser Kurs im Web

Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: www.experteach.ch/go/**ETWA**

Vormerkung

Sie können auf unserer Website einen Platz kostenlos und unverbindlich für 7 Tage reservieren. Dies geht auch telefonisch unter 06074 4868-0.

Garantierte Kurstermine

Für Ihre Planungssicherheit bieten wir stets eine große Auswahl garantierter Kurstermine an.

Ihr Kurs maßgeschneidert

Diesen Kurs können wir für Ihr Projekt exakt an Ihre Anforderungen anpassen.

Training	Preise zzgl. MwSt.
Termine in Deutschland	4 TageCHF 2.855,-
Online Training	4 TageCHF 2.855,-

Termin/Kursort		Kurssprache Deutsch	
18.01.-21.01.27	HY Frankfurt	18.05.-21.05.27	HY Online
18.01.-21.01.27	HY Online	20.09.-23.09.27	HY Frankfurt
18.05.-21.05.27	HY Frankfurt	20.09.-23.09.27	HY Online

Stand 27.10.2026

Ethernet im WAN

Inhaltsverzeichnis

Ethernet im WAN – L2-MPLS, Provider Switching und MEF-Konzepte

1 Metro Ethernet – Warum?
1.1 Ethernet als LAN-Technologie
1.1.1 Schnittstellen für 40 und 100GE
1.1.2 Framegröße und Maximum Transfer Unit
1.1.3 Das Trunk-Protokoll: 802.1Q
1.2 Worum geht es bei Metro Ethernet?
1.2.1 Shared und Independent VLAN Learning
1.2.2 Redundanz
1.2.3 Skalierbarkeit
1.3 Anwendungsbeispiele für Metro Ethernet
1.3.1 Carrier Ethernet Services für Enterprise-Kunden
1.3.2 Ethernet-Aggregation für DSL-Netze
1.3.3 Ethernet-Aggregation für 4G und 5G-Netze
1.3.4 Vor- und Nachteile von Ethernet
1.4 Standardisierung

2 Carrier Ethernet Services nach MEF
2.1 Das Metro Ethernet Forum (MEF)
2.2 MEF Standards und Themen
2.3 MEF Basics 1: UNI und ENNI
2.4 MEF Basics 2: EVC und OVC
2.4.1 E-Line: Point-to-Point EVC
2.4.2 E-LAN: Multipoint-to-Multipoint EVC
2.4.3 E-Tree: Rooted Multipoint EVC
2.4.4 E-Access: Point-to-Point OVC
2.5 Service Types
2.5.1 Service Types mit MEF 2.0
2.5.2 E-Line Port- oder VLAN-based
2.5.3 Service Type Ethernet Line (E-Line)
2.5.4 UNI Service Attributes
2.5.5 EVC Service Attributes
2.5.6 Service Type Ethernet LAN (E-LAN)
2.5.7 Service Type Ethernet Tree (E-Tree)
2.6 Beispielszenarien
2.6.1 Weitere Szenarien
2.6.2 Mapping-Strategien
2.7 QoS Parameter im Überblick
2.7.1 Classes of Service
2.7.2 Frame Loss Ratio (FLR)
2.7.3 Frame Delay (FD)
2.7.4 Frame Delay Variation (FDV)
2.7.5 Availability
2.7.6 CES Performance Measurements
2.8 Verkehrsparameter
2.8.1 Der Token Bucket
2.8.2 Der Dual Token Bucket
2.8.3 Color Mode (CM)
2.8.4 Coupling Flag
2.9 QoS für Metro Ethernet
2.9.1 QoS-Strategien für EVCs
2.9.2 EVC bezogenes Queueing, Scheduling und Shaping?
2.9.3 Skalierbares H-QoS
2.10 MEF 3.0
2.11 5G Mobilfunk und MEF
2.11.1 MEF im RAN
2.11.2 EPL im Midhaul
2.11.3 EVPL im Midhaul
2.11.4 Network Slicing mit MEF
2.11.5 Slices für RAN und Core

3 Provider Backbone Bridging – IEEE 802.1ah
3.1 VLAN Stagging, IEEE 802.1ad
3.2 Provider Backbone Bridging – IEEE 802.1ah
3.2.1 Backbone Bridges
3.2.2 Das Frame-Format nach 802.1ah
3.2.3 Die Backbone Service Instance
3.2.4 Service Interfaces von 802.1ah
3.2.5 Adressierung der PIPs
3.2.6 Backbone Spanning Tree

4 Ethernet OAM
4.1 OAM im Überblick
4.1.1 Architektur
4.1.2 Standardisierungen
4.2 CFM – Connectivity Fault Management
4.2.1 Maintenance Associations
4.2.2 MEPs und MIPs
4.2.3 CFM PDUs
4.2.4 Fault Detection mittels CCM
4.2.5 Fault Verification mittels LBM und LBR
4.2.6 Fault Isolation mittels LTM und LTR
4.2.7 Fault Notification mittels AIS
4.2.8 Performance Monitoring (PM) nach Y.1731
4.3 Link-layer OAM
4.3.1 Discovery und Monitoring
4.3.2 OAMPDUs
4.3.3 Remote Loopback
4.4 E-LMI – Das Ethernet LMI
4.4.1 Polling: Status Enquiry und Status Messages
4.4.2 Informationen des E-LMI

5 Shortest Path Bridging, IEEE 802.1aq
5.1 Ziel des Shortest Path Bridging
5.2 Die Basis: Provider Backbone Bridging – 802.1ah
5.2.1 Backbone Bridges
5.2.2 Das Frame-Format nach 802.1ah
5.2.3 Die Backbone Service Instance
5.3 IS-IS Routing im Ethernet
5.3.1 Hello und Nachbarn
5.3.2 Aufbau der Topologie
5.4 Distribution Trees
5.4.1 Eindeutigkeit der Distribution Trees
5.4.2 Path ID und Tie Break
5.4.3 Trees und B-VLANs
5.4.4 Forwarding Information Base
5.5 Services und Datentransfer
5.5.1 Verbreiten von I-SIDs
5.5.2 Multicast States
5.5.3 Known Unicasts
5.5.4 Unknown Unicast
5.5.5 Multicasts und Broadcasts
5.6 Loop Avoidance
5.7 Load Sharing
5.8 MEF Services mit SPB
5.8.1 Service-Topologie: Source und Sink
5.8.2 Point-to-Point EVC
5.8.3 Multipoint-to-Multipoint EVC
5.8.4 Rooted Multipoint EVC

6 MPLS-Transport Profile (MPLS-TP), RFC 5654
6.1 MPLS-TP im Überblick
6.1.1 Control, Data und Management Plane
6.1.2 Koexistenz mit MPLS
6.1.3 MPLS-TP-Terminologie
6.2 Überblick: Attachment Circuit, Tunnel und LSP
6.2.1 Die Basis: MPLS-TP Tunnel
6.2.2 MPLS-TP Tunnel protected
6.3 Label Switched Path (LSP)
6.3.1 Label Switching Prinzip
6.3.2 Label Switching Tabelle
6.3.3 Der Datentransport
6.3.4 Zuordnung zu einem LSP
6.4 OAM bei MPLS-TP
6.4.1 Überblick: Generic Associated Channel, GAL und G-Ach
6.4.2 Generic Associated Channel im Detail
6.4.3 MPLS-Werkzeuge für OAM
6.4.4 Proaktive OAM Funktionen
6.4.5 On-demand OAM Funktionen
6.5 OAM Werkzeuge im Einsatz
6.5.1 Continuity Checks mit Bidirectional Forwarding Detection (BFD)
6.5.2 Continuity Checks mit CCMs
6.5.3 Connectivity Verification (CV)
6.5.4 Continuity Verification mit LSP Ping
6.5.5 Route Tracing mit LSP Ping
6.6 Protection Mechanismen
6.6.1 1+1 Protection
6.6.2 1:1 Protection
6.6.3 Protection Switching mit BFD
6.6.4 Protection Switching mit Fault OAM
6.6.5 Protection Switching nach Lock Out (LKR)
6.7 Quality of Service
6.7.1 QoS auf der Data Plane
6.8 Beispiel einer Cisco-Konfiguration

7 Pseudo Wires und VPLS
7.1 MPLS, die Voraussetzung für VPLS
7.1.1 Der Label Switched Path (LSP)
7.1.2 Die Signalisierung der LSPs
7.1.3 Logische Vollvermaschung der Edge LSRs bzw. PEs
7.2 Pseudo Wires und logische Vollvermaschung
7.2.1 PW Label und Transport Label
7.2.2 E-Line, EVC und Pseudo Wires
7.3 Pseudo Wire Signalisierung
7.4 Protection mit RSVP-TE
7.4.1 Schutzkonzepte mit RSVP-TE
7.4.2 Reservierung und Label-Vergabe
7.4.3 Link Protection – Facility Backup 1
7.4.4 Node Protection – Facility Backup 2
7.4.5 One to One – Fast Rerouting
7.4.6 MPLS-TP und VPLS
7.5 Virtual Private LAN Service (VPLS)
7.5.1 VPLS Referenzmodell
7.5.2 Funktion einer VPLS-Instanz
7.5.3 MAC Address Learning
7.5.4 Split-Horizon-Regel
7.5.5 BGP Autodiscovery
7.6 VPN: Steuern der Topologie

8 EVPNs – Ethernet VPNs
8.1 IEEE 802.1ad – VLAN Stacking
8.2 IEEE 802.1ah – Provider Backbone Bridging
8.2.1 Backbone Bridges
8.2.2 802.1ah - Frame-Format
8.2.3 Die Backbone Service Instance
8.2.4 Service Interfaces
8.2.5 Adressierung der PIPs
8.2.6 Backbone Spanning Tree
8.3 PBB-EVPN
8.3.1 Die Backbone Service Instance bei PBB-EVPNs
8.3.2 Die Ethernet Segment Route in PBB-EVPNs
8.3.3 Die MAC/IP Advertisement Route in PBB-EVPNs
8.3.4 Split Horizon zur Schleifenvermeidung
8.3.5 Lernen von Customer MAC-Addresses
8.4 VXLAN – Virtual eXtensible LAN
8.4.1 Broadcast, Unknown Unicast und Multicast
8.4.2 Learning entfernter MAC-Adressen
8.4.3 Die VXLAN-Verpackung
8.5 EVPN: Das VXLAN-Konzept in der Übersicht
8.5.1 VXLAN-based EVPN im Überblick
8.6 Layer 2-Overlay
8.6.1 Verpackung im Layer 2-Overlay
8.7 Integrated Routing and Bridging (IRB)

A Ethernet im WAN - Übungen
A.1 Netzdesign auf Layer 2
A.2 Einfluss der Bit Error Ratio (BER) auf den Durchsatz
A.3 Einfluss der Frame Size auf den Durchsatz
A.4 MEF: Verkehrsprofile und ihr Einfluss auf die Laufzeit
A.5 Shaping: Worauf ist zu achten?

ExperTeach AG
Kronenstrasse 11 · 8735 St. Gallenkappel · Telefon: +41 55 420 2591 · Fax: +41 55 420 2592 · info@experteach.ch · www.experteach.ch