

# Carrier Ethernet a Carrier Ethernet Transport

doc. Ing. Martin Medvecký, PhD.

## Využitie

### ☐ Ako bod-bod technológia

- Ethernet plní len funkciu linkovej technológie na prepojenie dvoch susedných sieťových uzlov, smerovanie sa vykonáva na vyšších vrstvách.

### ☐ Ako služba (*Carrier Ethernet*)

- Ide o poskytovanie štandardizovaných ethernetových služieb prostredníctvom iných transportných technológií, napr. SDH, DWDM alebo MPLS, ktoré zabezpečujú potrebnú QoS.

### ☐ Ako transportná technológia (*Carrier Ethernet Transport*)

- Ethernet slúži ako prenosová technológia pre prenos paketov v transportných sieťach telekomunikačných operátorov.
- Používajú sa špeciálne verzie Ethernetu schopné zabezpečiť QoS a SLA v tzv. *carrier grade* kvalite.

## Dôvody zavádzania

### ☐ Za

- Väčšina prevádzky vzniká, alebo končí na ethernetových portoch
- Schopný pokryť budúce požiadavky na kapacitu (až 100Gbit/s)
- Vysoko škálovateľný
- Lacnejší, ako iné transportné technológie

### ☐ Proti

- Pôvodne navrhnutý len pre best-effort služby
- Pôvodne navrhnutý bez OAM
- Pôvodné verzie nedosahujú carrier grad spoľahlivosť



### Potreba štandardizácie nových verzií Ethernetu

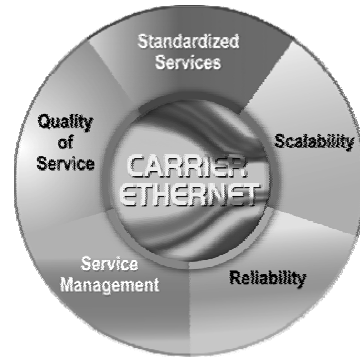
## Carrier Ethernet

## Carrier Ethernet

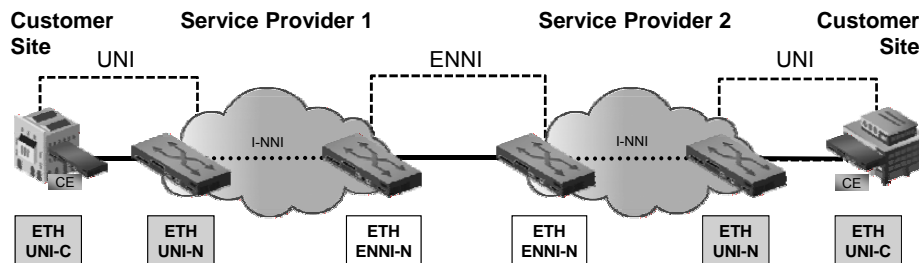
Carrier Ethernet je štandardizovaná, carrier-class služba a sieť definovaná piatimi tribútmi, ktoré ho odlišujú od LAN Ethernetu.

Sú to:

- ☐ Štandardizované služby
- ☐ Škálovateľnosť
- ☐ Spoľahlivosť
- ☐ Kvalita služby
- ☐ Manažment služby



## Architektúra CE



**UNI User Network Interface**

UNI-C UNI-customer side

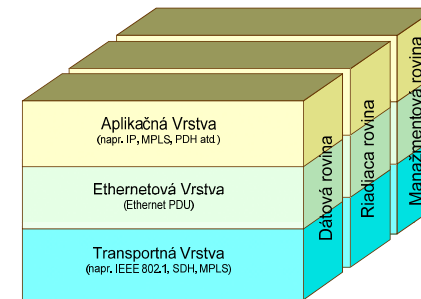
UNI-N UNI-network side

**NNI Network to Network Interface**

ENNI External NNI

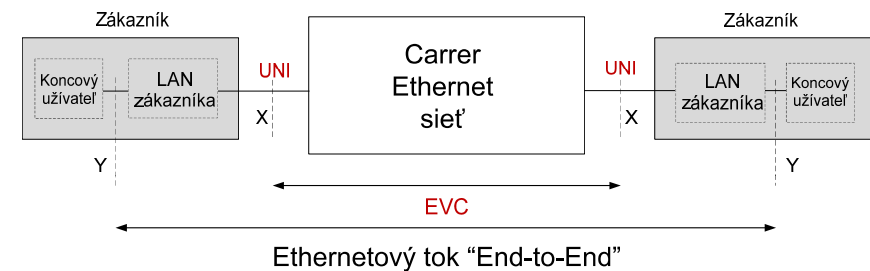
I-NNI Internal NNI

## Vrstvový model CE



- **Dátová rovina** - zabezpečuje prvky siete, ktoré smerujú ethernetové toky a podporuje prenos zákazníckych datagramov sieťou.
- **Riadiaca rovina** - ovláda funkčné prvky, ktoré riadia distribuované ethernetové toky v sieťových prvkoch dátovej roviny. Táto rovina tiež zabezpečuje signalizáciu potrebnú pre zostavenie, udržanie a ukončenie spojenia ako aj iné kontrolné funkcie.
- **Manažmentová rovina** - zabezpečuje funkcie FCAPS a OAM.

## Referenčný model CE siete



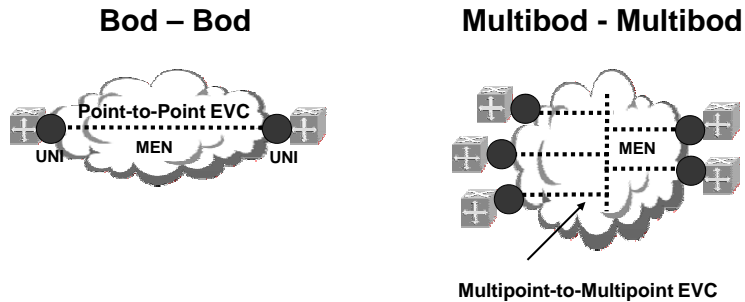
- Požiadavky na UNI sú definuje MEF11 /Metro Ethernet Forum/

▪ **EVC (Ethernet Virtual Connection)** je komunikačný vzťah medzi dvoma alebo viacerými UNI rozhraniami vytvorený za účelom prenosu ethernetových tokov po metropolitnej sieti operátora.

- Do jedného EVC môže byť namapovaných viacero ethernetových tokov.

## Typy EVC

- MEF definovalo 2 typy EVC



## CE služby

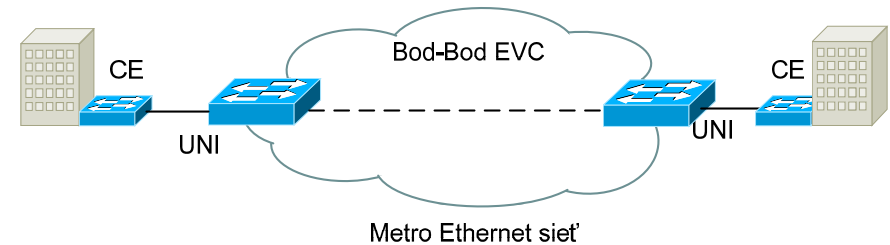
- EPL (Ethernet Private Line)

- Služba typu bod-bod - vzájomne prepája pár UNI rozhraní
- Na jeden fyzický port je vytvorené jedno EVC.
- Nepovoľuje multiplexovanie služieb
- Je to rámcovo a VLAN transparentná služba:
  - Všetky rámce sú mapované do jedného EVC (tzv. all to one bundling).
  - Rámce vstupujúce do zdrojového UNI sú identické s rámcami vystupujúcimi z cieľového UNI.

## CE služby

- E-Line (Ethernet Line)

- služba na prepojenie dvoch UNI
- Varianty:
  - EPL (Ethernet Private Line)
  - EVPL (Ethernet Virtual Private Line)
  - E-LAN (Ethernet Private LAN)



## CE služby

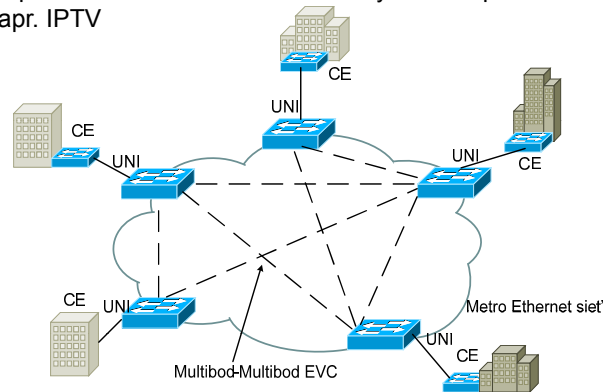
- EVPL (Ethernet Virtual Private Line)

- Nahrádza technológie ako ATM multilexovaním služieb.
- Pre jedno UNI je umožnený väčší počet virtuálnych spojení (jedným fyzickým portom môže byť prenášaný väčší počet EVC)
- Od tejto služby nie je požadovaná úplná transparentnosť prenosu rámcov (rámce patriace rôznym VLAN môžu byť mapované do rôznych EVC)

## CE služby

### □ E-LAN (Ethernet Private LAN)

- Služba na vytváranie multibodových L2 VPN spojení a transparentných LAN služieb ako aj ich multiplexovanie,
- Základ pre ethernetové multicast siete využívané pre broadcastové služby ako napr. IPTV



ZS 2011/12

M.Medvecký, ÚT FEI STU Bratislava

ŠpSS – VIII / 13

## MEF 10.1

### □ Štandard MEF 10.1 popisuje:

- Jednotlivé definované atribúty služieb
- Detaily týkajúce sa tvorby EVC
- Profily prenosových rýchlostí:
  - vstupný profil pre vstupné UNI,
  - vstupný profil pre EVC,
  - vstupný profil pre CoS (Class of Service) identifikátor
- CoS (Class of Service)
- Tagovanie rámcov

ZS 2011/12

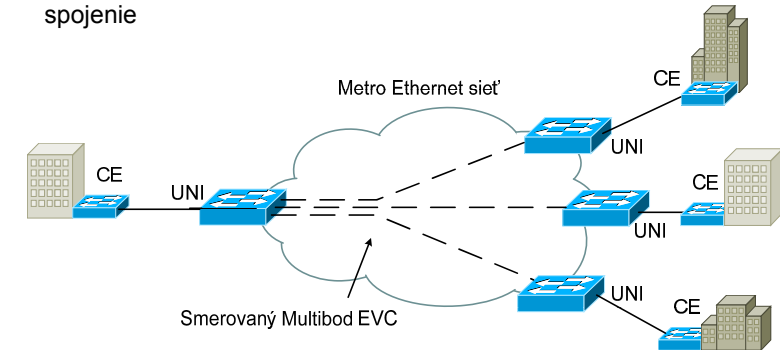
M.Medvecký, ÚT FEI STU Bratislava

ŠpSS – VIII / 15

## Služby podľa MEF

### □ E-Tree

- typ multibodového pripojenia umožňujúci komunikáciu jednej vetvy len s hlavným bodom a zamedzujúci komunikáciu s akoukoľvek inou vetvou.
- Komunikácia jedného bod-bod spojenia je neviditeľná pre iné takéto spojenie



ZS 2011/12

M.Medvecký, ÚT FEI STU Bratislava

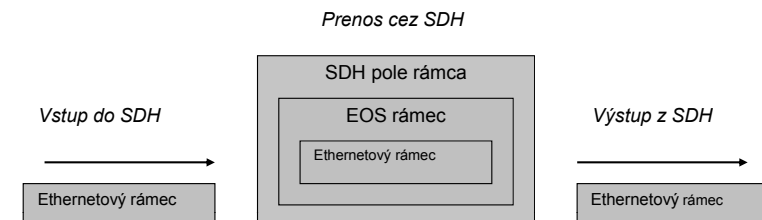
ŠpSS – VIII / 14

## Ethernet cez SDH

### □ Kombinuje výhody Ethernetu a SDH

- Efektívny spôsob zavádzania Ethernetu efektívnou a
- Ponecháva všetky doterajšie výhody SDH (rýchlosť, monitoring kvality liniek, existujúce mechanizmy sieťového manažmentu).

### Enkapsulácia Ethernet rámca do SDH



ZS 2011/12

M.Medvecký, ÚT FEI STU Bratislava

ŠpSS – VIII / 15

ZS 2011/12

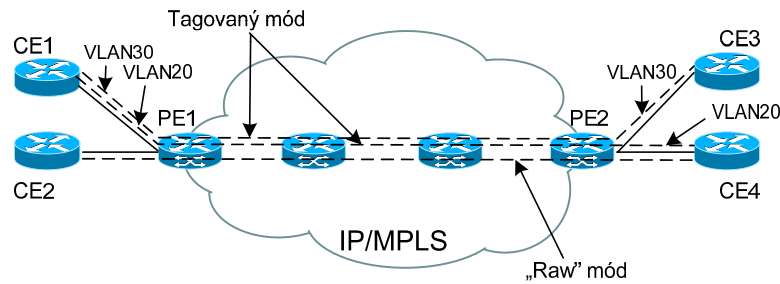
M.Medvecký, ÚT FEI STU Bratislava

ŠpSS – VIII / 16

## Ethernet cez MPLS

□ Ethernetový rámec je prenášaný bez pridania akejkoľvek hlavičky a virtuálna cesta môže byť v dvoch módoch:

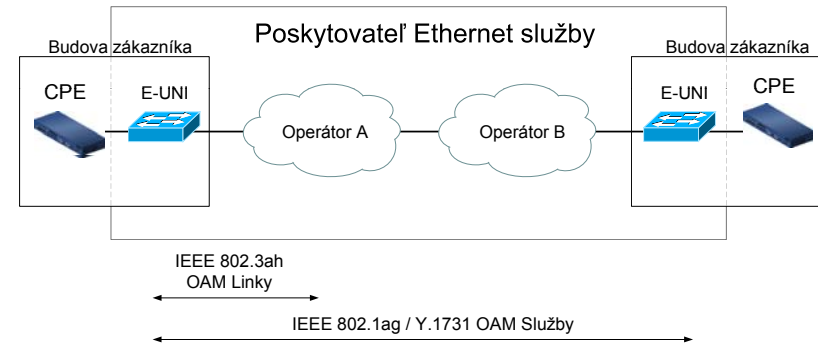
- „Raw“ mód – reprezentuje virtuálny spoj medzi dvomi eth. portami. Môže ním prechádzať tagovaná alebo netagovaná prevádzka.
- **Tagovaný mód** – reprezentuje spojenie medzi dvomi VLAN. Každá VLAN ide po inej virtuálnej ceste a je inak prepájaná sieťou.



## OAM

Sú špecifikované

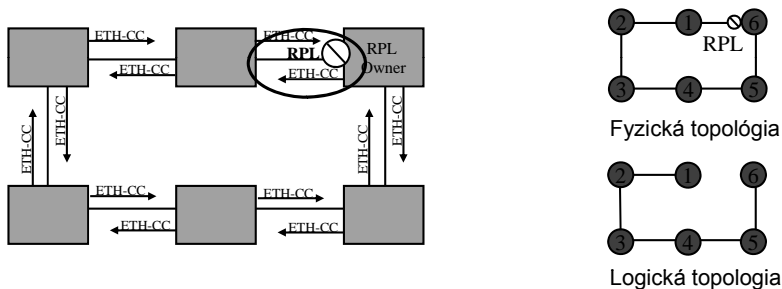
- **OAM Ethernet linky** - IEEE 802.1ah (pre tzv. poslednú míľu)
- **OAM Ethernet služby** - IEEE 802.1ag, Y.1731



## G.8032 - Ethernet Ring Protection

□ **Bezporuchový stav**

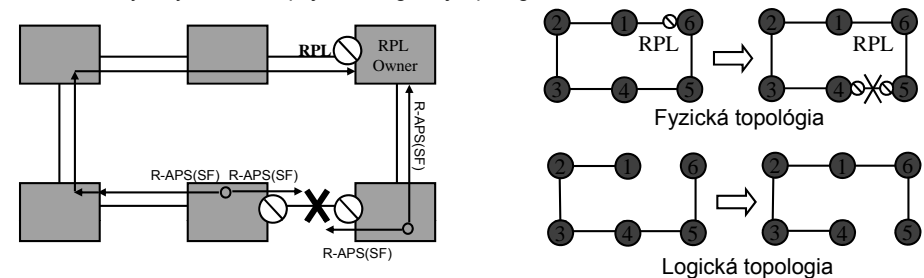
- ERP zaručuje bezslučkový stav blokovaním RPL (linky medzi uzlami 1 a 6)
- Každá linka je monitorovaná uzlami na oboch jej koncoch pomocou ETH CC OAM správ
- Strata signálu (def. v Y.1731) iniciuje ochranný mechanizmus



## G.8032 - Ethernet Ring Protection

□ **Porucha linky**

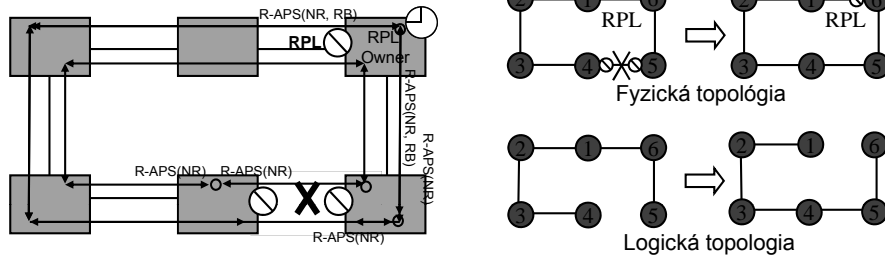
1. Porucha linky/uzla je detekovaná susednými uzlami
2. Susedné uzly zablokujú nefunkčnú linku a prostredníctvom R-APS (SF) správy to oznámia ostatným uzlom v kruhu
3. Na základe R-APS (SF) správy:
  - vlastník RPL odblokuje RPL
  - Všetky uzly vykonajú FDB flushing
4. Všetky uzly ostanú zapojené v logickej topológii



## G.8032 - Ethernet Ring Protection

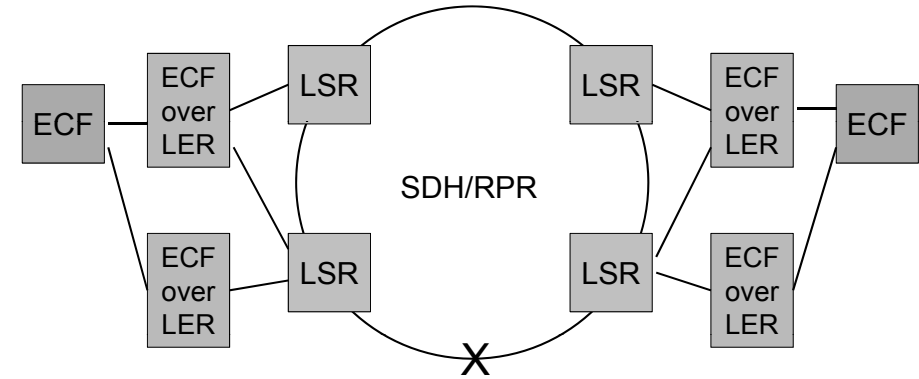
### Obnova po poruche

- Po odstránení poruchy ostáva prevádzka na linke blokována
- Susedné uzly pošlú správu R-APS(NR)
- Vlastník RPL po prijatí R-APS(NR) správy spustí časovač WTR
- Po pretečení časovača WTR vlastník RPL zablokuje RPL a pošle správu R-APS (NR, RB)
- Uzly po prijatí správy vykonajú FDB Flush a odblokujú zablokované porty



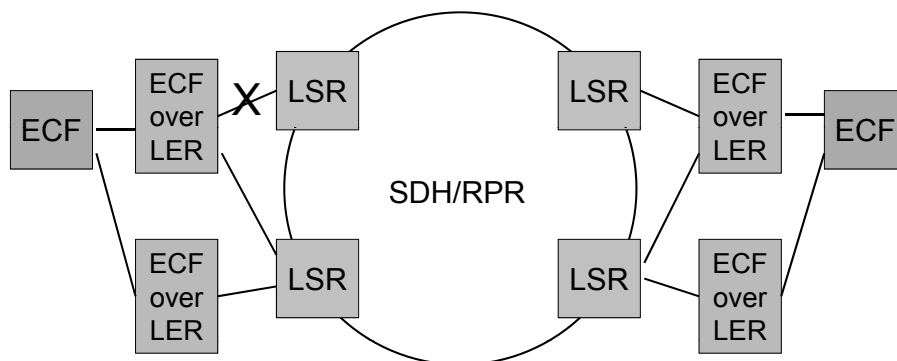
## Ochrana a vrstvy

- Príklad – prenos ETH -> MPLS -> SDH
- Porucha môže byť odstránená na SDH vrstve
- Odstránenie poruchy je na nižších vrstvách rýchlejšie



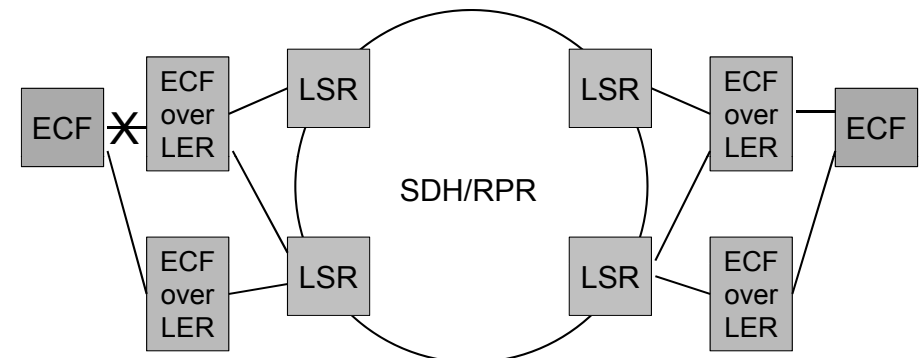
## Ochrana a vrstvy

- Porucha nemôže byť odstránená na SDH vrstve
- Porucha môže byť odstránená na MPLS vrstve



## Ochrana a vrstvy

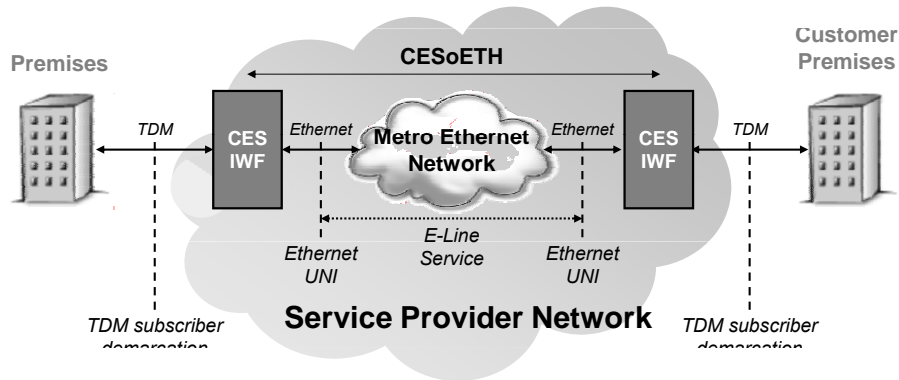
- Porucha bude odstránená na Ethernet vrstve



## Služba - Emulácia okruhu

### ❑ TDM Line Service (T-Line)

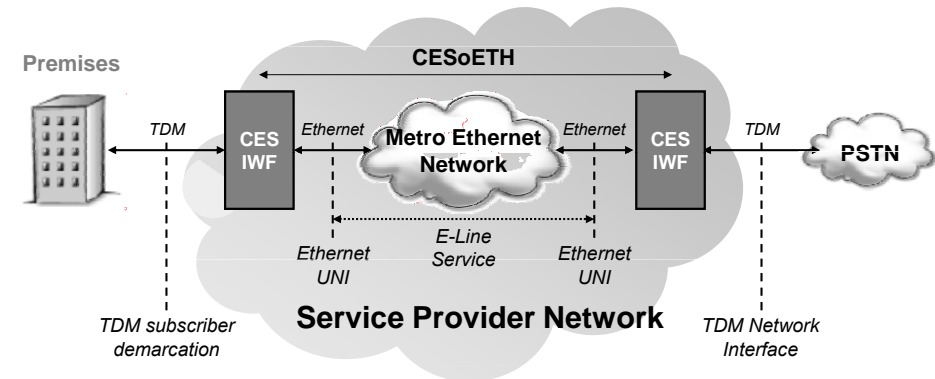
- ❑ Využitie: náhrada prenajatej linky



## Služba - Emulácia okruhu

### ❑ TDM Access Line Service (TALS)

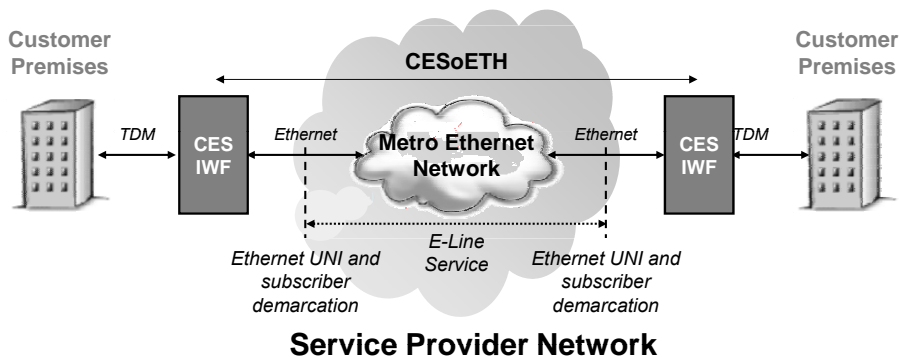
- ❑ Využitie: Pripojenie do inej siete (napr. PSTN)



## Služba - Emulácia okruhu

### ❑ Zákazníkom ovládaná emulácia okruhu

- ❑ Využitie: Obídenie poplatkov



## Carrier Ethernet Transport (PB, PBB, PBB-TE)

## Pôvodný Ethernet

- Určené pre: **LAN**
- Prepínanie založené na Spanning Tree
- Neefektívne využitie zdrojov
- Obmedzené možnosti traffic engineering-u
- Náročná optimalizácia v prípade použitia „viac stromov“
- Pomalé zotavenie po výskyte poruchy (secondy)
- „Plochá“ hierarchia prepínania (broadcast ak nie je známy cieľ)

## Carrier Ethernet Transport

- Určené pre: **Transportné siete**
- Prepínanie založená na transportných labeloch, nie na MAC adresách zákazníkov
- Vytvára virtuálne tunely (cesty)
- Broadcast v prípade neznalosti cieľa je zakázaný
- Centralizovaný manažment, alebo distribuovaná riadiaca rovina (napr. GMPLS)

## Carrier Ethernet

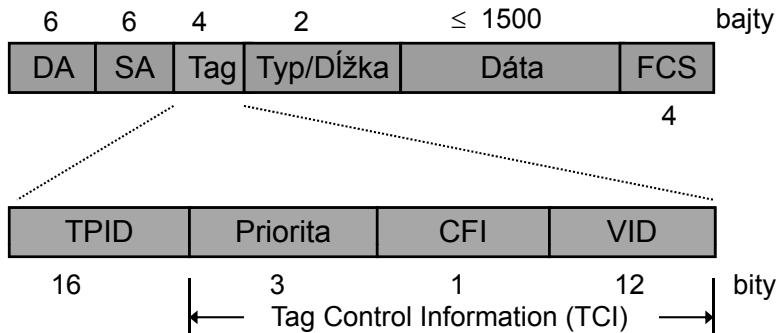
- Určené pre: **Metro agregácia**
- Štandardizácia v rámci Metro Ethernet Forum:
  - Vylepšené QoS
  - Manažovateľnosť, OAM
  - Zlepšená škálovateľnosť s VLAN, Q-in-Q
  - Dostupnosť
- Stále využíva Spanning Tree
- Pomalé zotavenie po výskyte poruchy

## Ethernet

- **IEEE 802.1Q** VLAN štandard
- **IEEE 802.1ad** Provider Bridges (Q-in-Q)
- **IEEE 802.1ah** Provider Backbone Bridges (MAC-in-MAC) *PBB*
- **IEEE 802.1Qay** Provider Backbone Bridges with Traffic Engineering/  
Provider Backbone Transport *PBB-TE/PBT*
- - - -
- **IEEE 802.3ah** Ethernet in the First Mile (s OAM)
- **IEEE 802.1ag** Connectivity Fault Management (OAM)



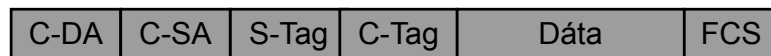
### IEEE 802.1Q rámec



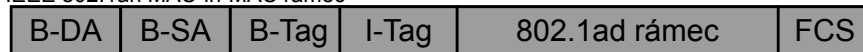
- TPID** - Tag Protocol Identifier (0x8100 /default/, 0x9100 alebo 0x9200)  
**Priorita** - prioritné úrovne podľa 802.1p (0 - 7)  
**CFI** - Canonical Format Indication (0 = kanonická MAC, 1 = nekanonická MAC)  
**VID** - jedinečná VLAN identifikátor (0 - 4095)

### IEEE 802.1ah MAC-in-MAC rámec

IEEE 802.1ad Q-in-Q rámec

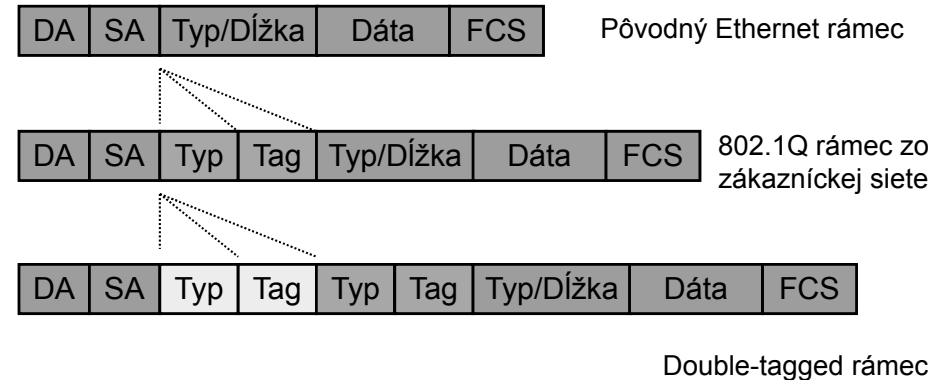


IEEE 802.1ah MAC-in-MAC rámec



- B-TAG Backbone Tunel Tag  
 I-TAG Extended Service Tag

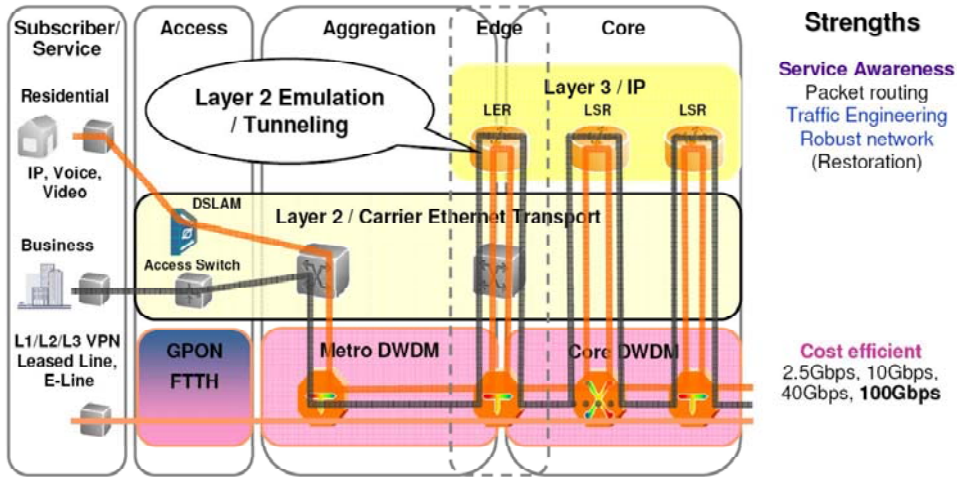
### IEEE 802.1ad Q-in-Q rámec



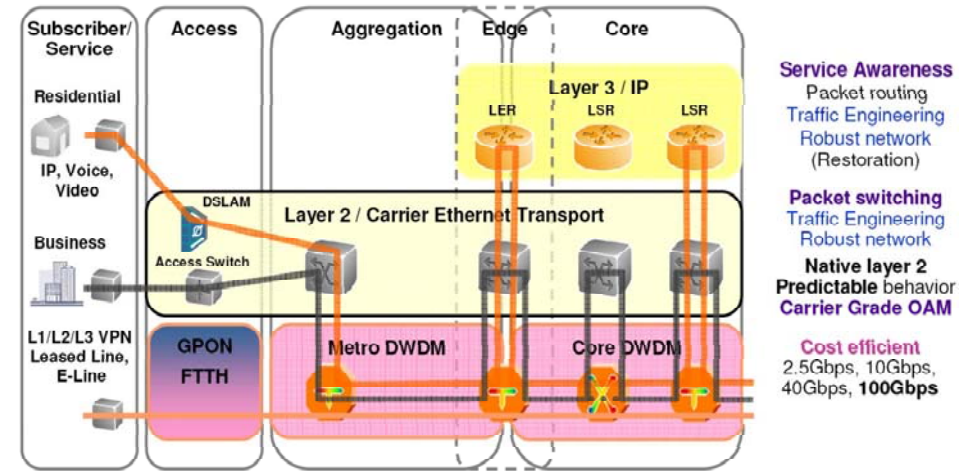
### IEEE 802.1ah MAC-in-MAC rámec

- **B-DA** Backbone-DA (MAC) (48b)
- **B-SA** Backbone-SA (MAC) (48b)
- **Ethertype** (špecifikuje dlhý/krátky I-TAG) (16b)
- **B-TAG** Backbone-VLAN ID (16b)
- **Ethertype** (špecifikuje, čo je enkapsulované) (16b)
- **I-TAG** (Short I-TAG:32b, Long I-TAG:128b)
- **C-DA** Customer-DA (16b)
- **C-SA** Customer-SA (16b)
- **Ethertype** (štand. typ Eth., napr. IPv4 (0x0800), IPv6 0x86DD) (16b)
- **S-TAG** Service-VLAN ID (16b)
- **Ethertype** (802.1ad = 0x88A8) (16b)
- **C-TAG** Customer-VLAN ID (16b)
- **Ethertype** (802.1Q = 0x8100) (16b)
- **Payload**

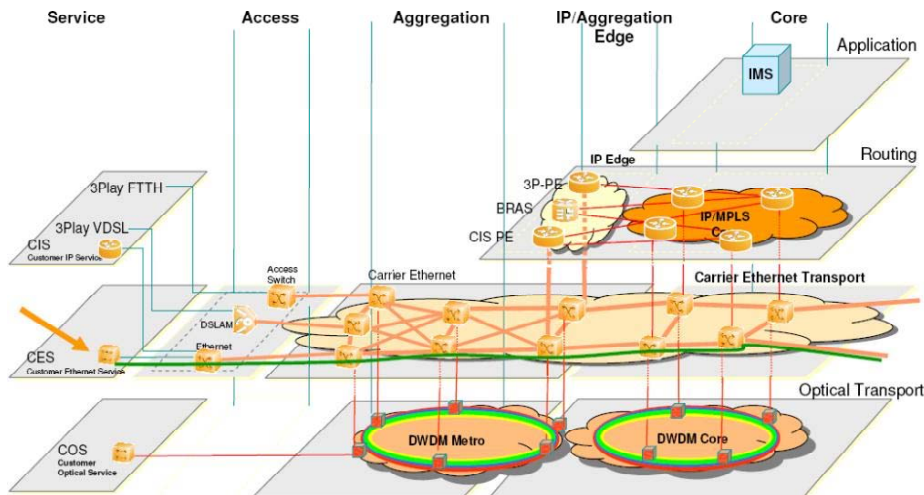
### IP/MPLS Transport



### Carrier Ethernet Transport



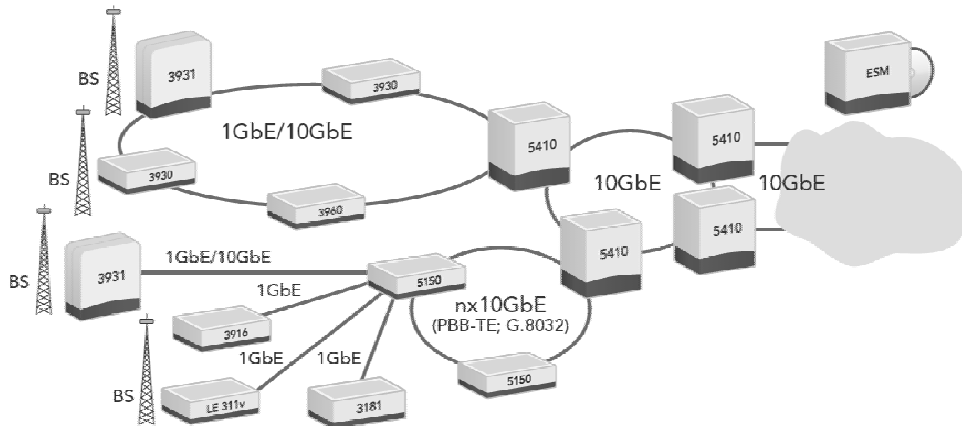
### Carrier Ethernet Transport



### Príklad (Ciena)

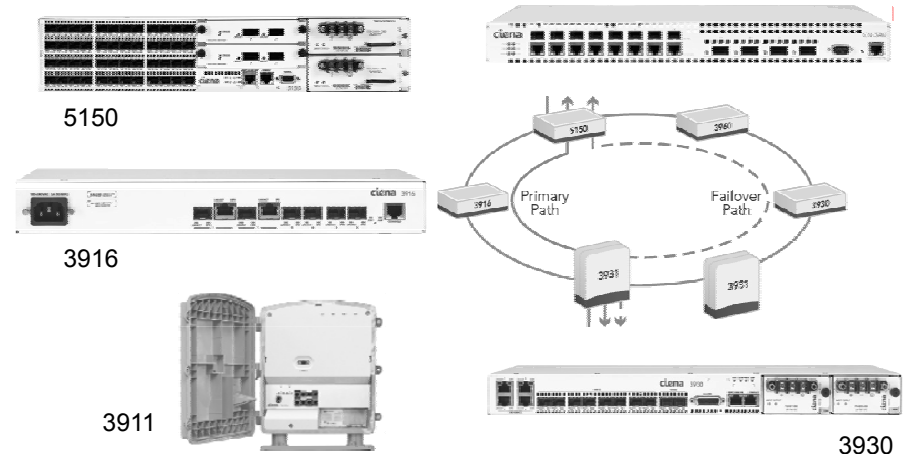
ActiveEdge 3000 Series (Service Delivery Switches)						
Model	Description	NNI/UNI Ports	UNI Ports	Total Gb/s	Form Factor	Temp Range
3180	Multiservice Pseudowire Gateway (6T1/E1)	(2) 100M/GbE SFP	(8) 10/100M RJ45 (8) T1/E1	2	1RU	-40°C to +65°C
3181	Multiservice Pseudowire Gateway (16T1/E1)	(2) 100M/GbE SFP	(8) 10/100M RJ45 (16) T1/E1	2	1RU	-40°C to +65°C
3190	Multiservice Delivery and Aggregation	(40) 100M/GbE SFP (2+2) 10G SFP+	(16/32) STM-1/OC-3 (1/8/32) STM-1/OC-12	84	3RU	0°C to +50°C
3911	Weatherproof Ethernet Demarcation (10-port)	(2) 100M/GbE SFP	(8) 10/100/1000M RJ45	10	Outdoor	-10°C to +65°C
3916	Ethernet Demarcation (6-port)	(2) GbE SFP	(2) 100M/GbE SFP (2) 100M/GbE SFP/RJ45	6	1RU ETSI -280mm (w)	0°C to +50°C
3920	Ethernet Demarcation (12-port)	(4) 100M/GbE SFP	(8) 10/100/1000M RJ45	12	1RU ETSI	0°C to +50°C
LE-311v	Ethernet Service Delivery	(4) GbE SFP	(24) 10/100M RJ45	6.4	1RU	0°C to +50°C
3930	Extended-temp Ethernet Service Delivery	(2) GbE/10G SFP+	(1) 100M/GbE SFP (4) 100M/GbE SFP/RJ45	28	1RU ETSI	-40°C to +65°C
3931	Weatherproof Ethernet Service Delivery	(2) GbE/10G SFP+	(4) 100M/GbE SFP (4) 100M/GbE SFP/RJ45	28	Outdoor	-40°C to +65°C
3940	1st Tier Ethernet Aggregation	(4) 100M/GbE SFP/RJ45	(20) 100M/GbE SFP/RJ45	24	1RU	0°C to +50°C
3960	10G Ethernet Service Delivery	(2) 10G XFP	(2) 10G XFP (8) 100M/GbE SFP/RJ45	48	1RU	0°C to +50°C
ActiveEdge 5000 Series (Service Aggregation Switches)						
5140	Extended-temp 1st Tier Aggregation	(4) 100M/GbE SFP/RJ45	(20) 100M/GbE SFP/RJ45	24	2RU ETSI	40°C to +65°C
5150	Extended-temp Aggregation/MPLS Edge	(2) Dual 10G XFP Option Slots	(40) 100M/GbE SFP	88	2RU ETSI	-10°C to +65°C
5305	Ethernet Aggregation/MPLS Edge	(5) Slots > (10) 10G or (120) GbE	N/A	50	4RU	0°C to +40°C
5410	High-capacity Aggregation/MPLS Edge	(10) Slots > (40) 10G or (480) GbE	N/A	1000	22RU	0°C to +40°C

Príklad (Ciena)  
(Mobile backhaul)

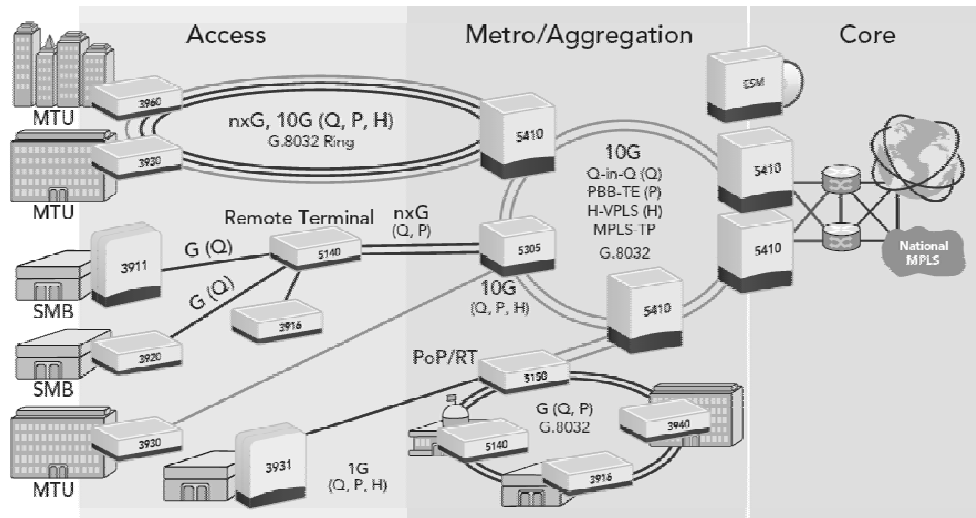


Príklad (Ciena)  
(Mobile backhaul)

3960

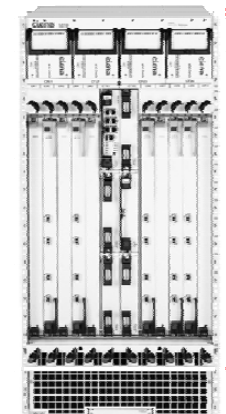


Príklad (Ciena)



Ciena 5410 - Agregáčny prepínač

- Kapacita: 1 Tb/s
- Porty: max 10GbE/port, 100Gb/slot (10x10GbE)
- Ethernet:
  - IEEE 802.1Q VLAN (128000 VLAN/system)
  - IEEE 802.1ad Provider Bridging (Q-in-Q)
  - IEEE 802.1ah PBB
  - IEEE 802.1Qay PBB-TE
- Carrier Ethernet OAM:
  - IEEE 802.1ag Connectivity Fault Management
  - IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM)
  - IEEE 802.1AB Link Layer Discovery Protocol
  - ITU-T Y.1731 Performance Monitoring
- MPLS/VPLS:
- Spolupráca: MPLS/VPLS, VLAN/Q-in-Q, PBB-TE
- QoS



5410 chassis, front view

- 32,000 hardvérových radov / linkový modul
- Klasifikácia podľa: IEEE 802.1D priority, IEEE 802.1ad PCP priority, IEEE 802.1Qay PCP priority, VLAN ID, zdrojový a cieľový port, IP Precedence, IP DiffServ Code Point (DSCP), MPLS EXP Priority, TCP/UDP port