

# **Prednáška 11/12**

**doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.**

**Ústav telekomunikácií**

**FEI STU Bratislava**

# Siete Next-Generation SDH 1/15

- Existujúce služby v sieti SDH :
  - prenos hlasu,
  - prenajaté vedenia,
  - nákladné a neefektívne dátové služby,
  - minimálna podpora SAN (Storage Area Network),
- Vznikajúce služby v sieti SDH:
  - služby Ethernet – EPL, EVPL, ELAN, EVLAN, ...,
  - pokročilé služby SAN – Fiber Channel, iSCSI, Infiniband, FCIP,
  - služby E-science – Fractional Ethernet, EPL, lambdas.

# Siete Next-Generation SDH 2/15

- Prečo Next-Generation SDH ?
  - technológia SDH je zameraná na multiplexovanie a prenos predovšetkým hlasových kanálov (aj signálov služieb ATM a Frame Relay), teda nie je navrhnutá na prenos dátových služieb (Ethernet),
  - prenosové rýchlosti v technológii SDH nie sú vhodné pre paketové rozhrania (Ethernet a Fiber Channel),
  - technológia SDH nemá schopnosť pre dynamické využívanie šírky pásma,
  - technológia SDH nemá spoločnú schému mapovania dát pre široký rozsah dátových služieb (ATM, FR, Packet-over-SONET, Ethernet, Fiber Channel, IP/PPP).
- Cieľom NG SDH je eliminovať obmedzujúce faktory pri prenose dátových paketových služieb.

# Siete Next-Generation SDH 3/15

- Existujúca vrstva 1 (fyzická) – prenos SDH :
  - pevná hierarchia sústredená na prenos hlasu,
  - globálna transportná synchronizácia,
  - vlastnícky manažmentový systém,
  - PoS pre priame mapovanie,
- Nová vrstva 1 (optická) – prenos WDM :
  - veľké prítoky – 2,5 Gbit/s, 10 Gbit/s a viac ...,
  - vysoká škálovateľnosť – OXC + DCS, ROADM, ...,
  - pokročilá rámcová hierarchia – OTH,
- Nová vrstva 1,5 (elektrická) – prenos NG SDH :
  - robustné „nie-TDM“ mapovanie GFP (**ITU-T G.7041**),
  - efektívne prispôsobenie kapacity VCAT (**ITU-T G.707**),
  - dynamické riadenie šírky pásma LCAS (**ITU-T G.7042**).

# Siete Next-Generation SDH 4/15

- **Generic Framing Procedure GFP**

- efektívne mapovanie rôznych protokolov priamo do oktetovo-synchrónnych TDM kanálov pre optický prenos (OC-n) alebo pre synchrónny transportný modul (STM-n),
- používa robustné rámcové zobrazenie s riadením chýb a dve mapovania užitočnej záťaže :

- ***Frame-Mapped GFP (rámcové mapovanie):***

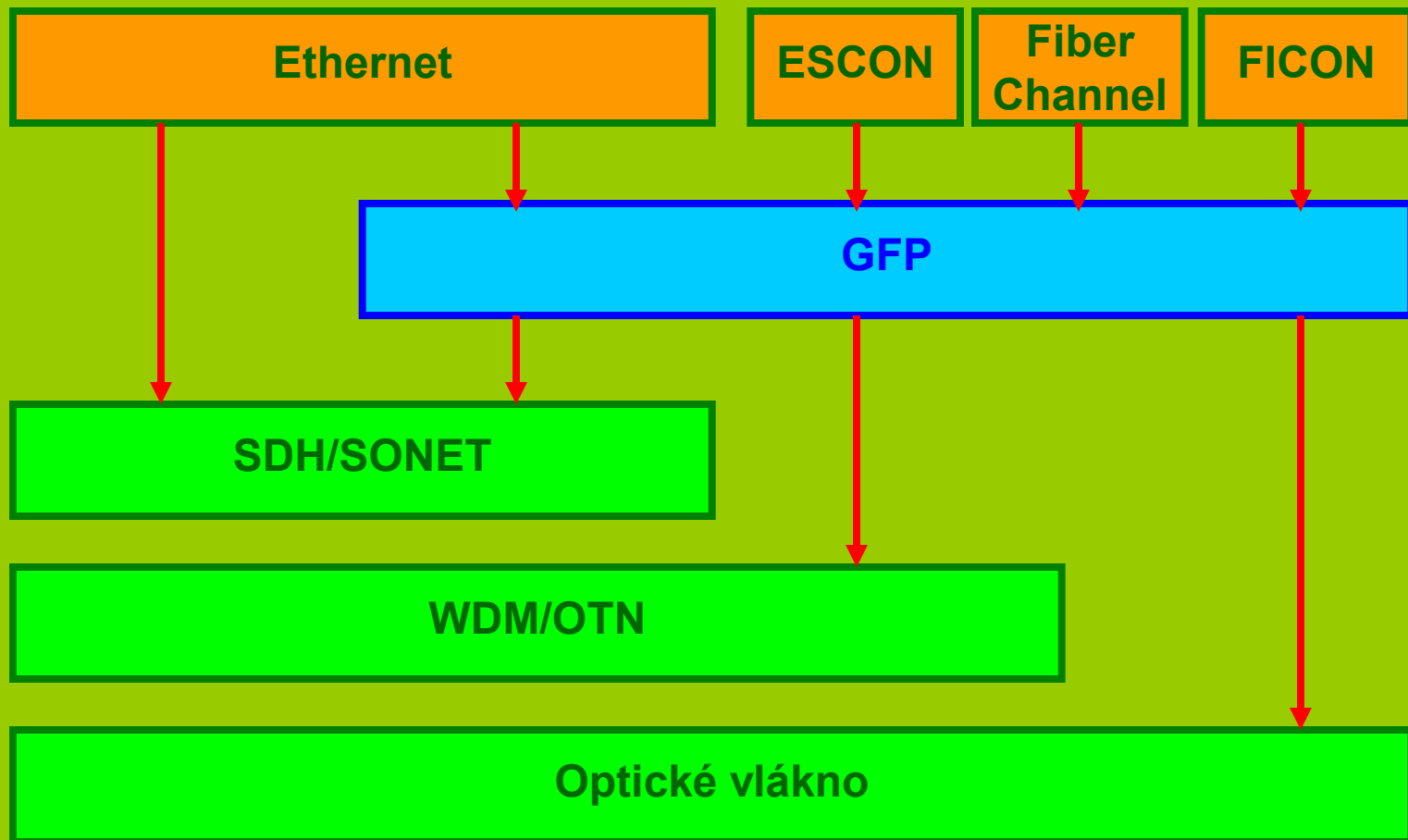
1 klientský signálový rámec je prijatý a mapovaný v celistvosti do 1 rámca GFP,

- ***Transparent-Mapped GFP (transparentné mapovanie):***

8B/10B blokovo-kódované klientské signály sú dekodované na individuálne znaky a potom sú mapované do rámcov GFP kódovaných v 64B/65B superblokoch,

# Siete Next-Generation SDH 5/15

- Generic Framing Procedure GFP



# Siete Next-Generation SDH 6/15

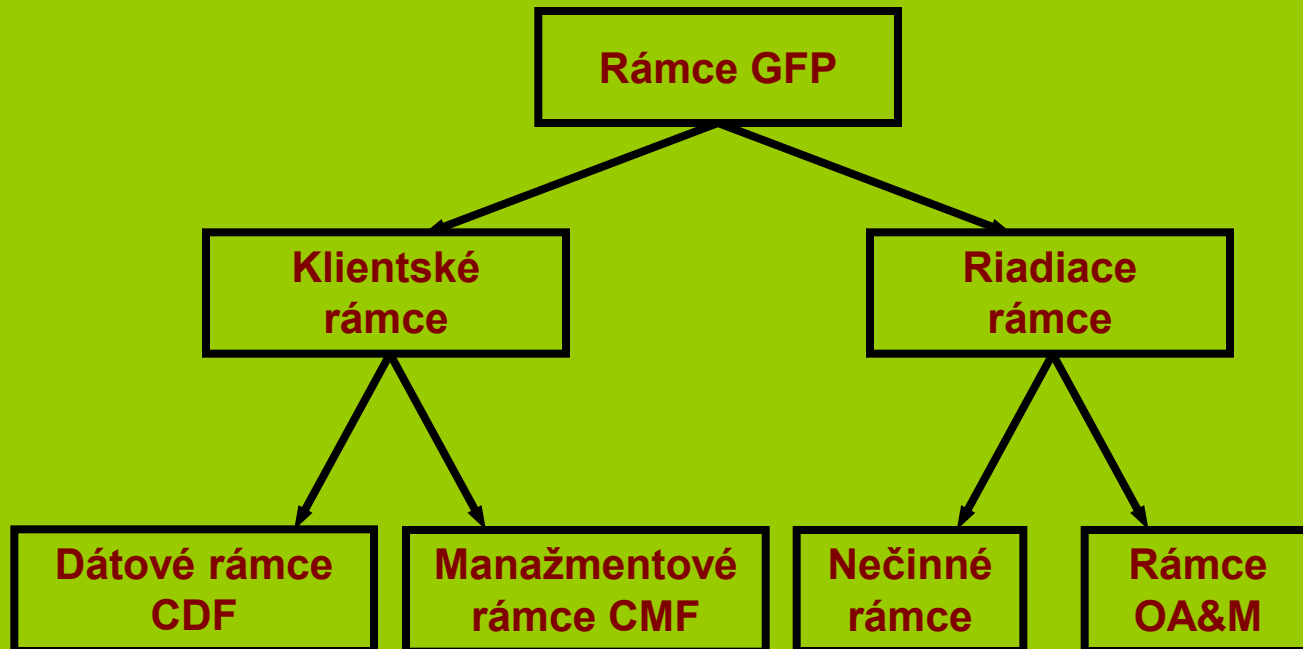
- **Generic Framing Procedure GFP**
  - ***spoločné vlastnosti GFP-F a GFP-T :***
    - podpora viacerých služieb, účinnosť prispôbenaá typu klienta, využitie šírky pásma, riadenie zabezpečenia,
  - ***vlastnosti GFP-T :***
    - pevná dĺžka rámca, mapovanie klientských paketov N:1, činnosť po bytoch, bez buffera, bez oneskorenia, optimalizované pre Fiber Channel (FC), FICON, ESCON a siete SAN,
  - ***vlastnosti GFP-F :***
    - premenlivá dĺžka rámca, mapovanie klientských paketov 1:1, činnosť po celých rámcoch, buffer, oneskorenie, optimalizované pre IP/PPP, Ethernet, Gigabit Ethernet a MPLS, (MAPOS),

# Siete Next-Generation SDH 7/15

- **Generic Framing Procedure GFP**

- **zloženie rámcov GFP :**

- jadrová hlavička (core header), užitočná hlavička (payload header), pole užitočnej informácie (payload information field).





# Siete Next-Generation SDH 8/15

- **Virtual Concatenation VCAT**

- adresuje prirodzenú prítokovú zmes existujúcej technológie SDH kombinovaním viacerých nízkorychlostných prítokov do požadovaných používateľských prítokov,
- pridáva dodatočnú flexibilitu pre umožnenie nesúvislého zlučovania užitočných rámcov pre lepšie prispôsobenie sa požiadavkám rastúcich dátových tokov klientov,
- definované sú dve formy :
  - **virtuálne zlučovanie VCAT vyššieho rádu HO,**
  - **virtuálne zlučovanie VCAT nižšieho rádu LO,**

# Siete Next-Generation SDH 9/15

- **Virtual Concatenation VCAT**

- **HO VCAT :**

- poskytuje šírku pásma pre linky požadujúce rýchlosti vyššie ako 51,84 Mbit/s,
    - kombinuje viaceré VC-3 (48,38M)/VC-4 (149,76M) pre prenos rýchlostí 100 Mbit/s, Gigabit Ethernet, Fiber Channel,
    - je navrhnuté pre **VC-m-n**, kde **n** určuje násobok základnej rýchlosti **VC-m**,

- **LO VCAT :**

- poskytuje šírku pásma pre linky požadujúce rýchlosti vyššie ako 2,048 Mbit/s, ale menšie ako 51,84 Mbit/s,
    - kombinuje viaceré VC-11 (1,6M)/VC-12 (2,17M) /VC-2 (6,78M) pre prenos rýchlostí pod 10M, pod 100M a 100 Mbit/s,

# Siete Next-Generation SDH 10/15

- **Virtual Concatenation VCAT**
  - procedúra, ktorá poskytuje inverzné multiplexovanie, ktorým umožňuje modul OC-n a/alebo združené prítoky rozdeliť do viacerých jednotiek STM,
  - tieto jednotky vytvárajú logickú skupinu **VCG (Virtual Concatenation Group)**, pričom sa každý jej člen môže samostatne prenášať pomocou viaccestného smerovania v rámci existujúcej siete SDH alebo vznikajúcej siete NG SDH použitím sieťových prvkov ADM alebo DCS,
  - prijímací koncový bod PTE je zodpovedný za opätovné logické zloženie pôvodného dátového toku OC-n,

# Siete Next-Generation SDH 11/15

- **Virtual Concatenation VCAT**

- prijímací koncový bod PTE potrebuje kompenzovať rozdiely v príchodoch jednotlivých členov VCG do koncového bodu cesty, čo znamená potrebu použitia buffera v koncovom bode spojenia skupiny VCG,
- **diferenciálne oneskorenie VCAT** je relatívna miera času príchodu medzi členmi skupiny VCG, pričom štandardy VCAT definujú maximálne diferenciálne oneskorenie medzi členmi skupiny VCG na 256 ms, avšak hodnota tohto oneskorenia je závislá na veľkosti buffera.

# Siete Next-Generation SDH 12/15

- Virtual Concatenation VCAT

Služba	Bitová rýchlosť	Využitie šírky pásma bez VCAT	Využitie šírky pásma s VCAT
Ethernet	10 Mbit/s	VC-3 (20%)	VC-12-5v (92%)
Fast Ethernet	100 Mbit/s	VC-4 (67%)	VC-3-2v (100%)
Gigabit Ethernet	1000 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)
Fiber Channel	200 Mbit/s	VC-4-4c (33%)	VC-3-4v (100%)
Fiber Channel	1000 Mbit/s	VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)
ESCON	200 Mbit/s	VC-4-4c (33%)	VC-3-4v (100%)

# Siete Next-Generation SDH 13/15

- **Link Capacity Adjustment Scheme LCAS**

- protokol dopĺňajúci VCAT s opätovným zostavením sledu skupiny VCG – ideálny pre dynamické / časovo-premenlivé alebo asymetrické požiadavky,
- protokol je vhodný pre návrh viacpartnerských služieb,
- koncové body spojenia skupiny VCG používajú dvojcestnú signalizáciu pre synchronizáciu pridania/odstránenia členov zo skupiny VCG,

# Siete Next-Generation SDH 14/15

- **Link Capacity Adjustment Scheme LCAS**

- umožňuje dynamickú zmenu veľkosti skupiny VCAT, (to znamená zmena počtu členov použitých v skupine VCG) v závislosti na známej zmene požiadaviek služby na šírku pásma alebo pri poruchovom stave spojenia existujúceho člena VCG,
- zabezpečuje synchronizáciu medzi zariadeniami PTE (vysielačím a prijímacím) pri zvýšení/znížení veľkosti skupiny VCG (pri zmene počtu členov v skupine VCG) tak, aby sa nerušili so základnou klientskou dátovou službou,
- pri vzniku poruchy pri prenose jedného člena skupiny, veľkosť skupiny VCG môže byť dočasne znížená (namiesto zrušenia prevádzky celej skupiny), po oprave môže byť veľkosť skupiny VCG obnovená bez vplyvu na základnú službu.

# Siete Next-Generation SDH 15/15

- Kombinácia procedúry GFP a virtuálneho zlučovania VCAT umožňuje významné zlepšenia v účinnosti časových slotov TDM a v znížení počtu portov.
- Inverzné multiplexovanie a protokol LCAS sú veľmi efektívne pri zvýšení flexibility a pomáhajú minimalizovať IP smerovacie tabuľky vyšších vrstiev a/alebo roztrhnutia vetvenia siete Ethernet.
- Mapovanie GFP je plne kompatibilné s novými rámcovými formátmi ITU-T OTU, čím umožňuje plynulú integráciu s budúcimi optickými štandardami.



# Siete Carrier Ethernet 1/10

- Spojovanie sa zameriava na vlastnosti orientované na služby použitím signalizačných systémov, zatiaľ čo prenos sa koncentruje na efektívny manažment prenosovej šírky pásma.
- Výhodou prenosovej oblasti je minimalizácia akejkoľvek závislosti medzi akoukoľvek technológiou prenosovej siete a akoukoľvek technológiou spojovacej siete.
- Flexibilita vytvorená prenosovou sieťou znamená, že poskytovateľ môže prenosovú sieť použiť na manažovanie vlastnej vnútornej zložitosti siete a takisto na ponuku prenosových služieb pre iné organizácie pre vytvorenie ich vlastných sietí.

# Siete Carrier Ethernet 2/10

- Služby Ethernet :
  - prenos zákazníckej prevádzky typu Ethernet podporovaný rôznymi sieťovými technológiami (SONET/SDH, ATM, OTN),
- Technológia Ethernet :
  - existuje problém prenosu služieb Ethernet v rámci prenosovej siete založenej na technológii Ethernet - dôvodom je štruktúra rámca Ethernet, v ktorom je len jedna hlavička a akékoľvek polia v hlavičke využívané zákazníkom nemôžu byť použité poskytovateľom prenosu a naopak,
- Cieľom prenosovej siete je dosiahnuť nezávislosť prenosovej siete na akejkolvek spojovacej sieti vyššej vrstvy.

# Siete Carrier Ethernet 3/10

- Existujú dva primárne aspekty tejto nezávislosti :
  - ***dátová transparentnosť***,
  - ***transparentnosť QoS***,
- ***dátová transparentnosť*** :
  - prenosová sieť má nezávislý manažment a riadenie konektivity a nesmie sa spoliehať na akúkoľvek informáciu spojovacej siete (napr. adresy),
  - prenosová sieť je schopná poskytnúť istotu udržania služby bez akejkoľvek závislosti na sieťových informáciách vyšších vrstiev (použitie toku OA&M),

# Siete Carrier Ethernet 4/10

## – *transparentnosť QoS :*

- akákoľvek spojovacia sieť by mala byť schopná manažovať svoju vlastnú alokáciu kapacity zdrojov, t.j. kým spojovacia sieť vyhovuje požiadavkám základnej množiny prevádzkových parametrov daných vstupným portom prenosovej siete (ktoré môže spojovacia sieť riadiť), tým prenosová sieť vie zaručiť prenos dát k cieľu,
- ak je prenosová sieť schopná spoľahlivo zabezpečiť QoS s plnou operačnou nezávislosťou na akejkoľvek spojovacej sieti, potom prenosová sieť potrebuje vedieť, že manažment a riadenie prenosovej siete je plne pod jej riadením,
- prenosová sieť musí ponúkať iba služby typu bod-bod alebo jednoduché, staticky replikované bod-mnohobod.

# Siete Carrier Ethernet 5/10

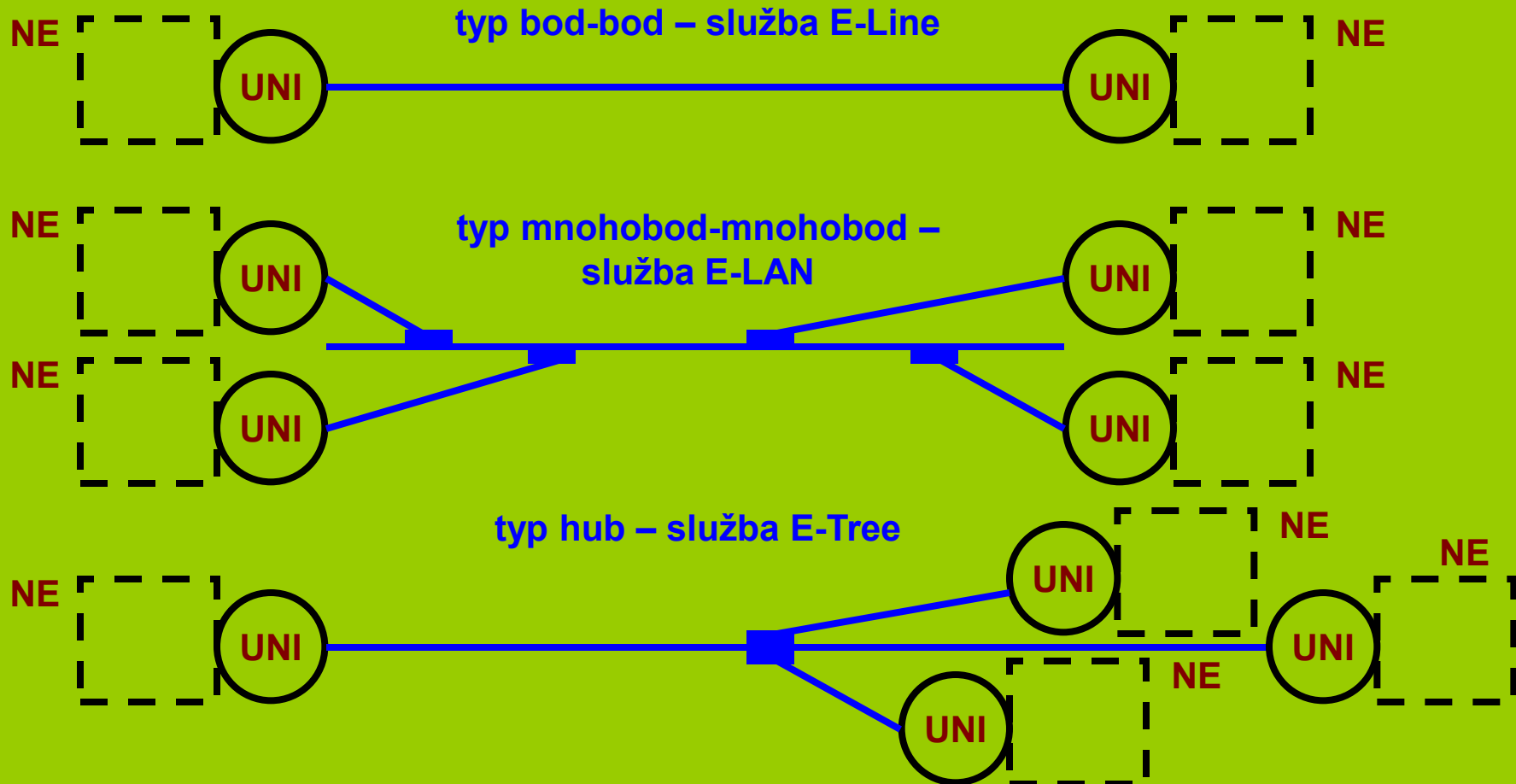
- Technológia Carrier Ethernet :
  - infraštruktúra chrbticovej siete založená plne na technológii Ethernet umožňujúca rámcový prenos typu koniec-koniec, ktorá zhrňa typické nosné služby a záruky kvality QoS,
  - vyvinutá pre linky typu bod-bod spájajúce smerovače IP/MPLS, pre pôvodné služby Ethernet pre L2 VPN, ako prístupová technológia k službám IP/MPLS,
  - hlavné ciele :
    - škálovateľnosť v geograficky rozsiahlej oblasti,
    - sieťová pružnosť a obnova porušenej prevádzky,
    - rozšírené prevádzkové inžinierstvo a manažment QoS typu koniec-koniec,
    - rozšírené OA&M,
    - bezpečnosť,

# Siete Carrier Ethernet 6/10

- Technológia Carrier Ethernet :
  - *prehľad technológií :*
    - **IEEE 802.1Q** - Virtual LAN (VLAN),
    - **IEEE 802.1Q-in-802.1Q** - Q-in-Q,
    - **IEEE 802.1AD** - Provider Bridges (PB),
    - **IEEE 802.1AH** – Provider Backbone Bridges (PBB),
    - **RFC4762, RFC4761** – Virtual Private Line Services (VPLS),
    - Hierarchical VPLS,

# Siete Carrier Ethernet 7/10

- Technológia Carrier Ethernet :
  - *prehľad služieb* :







# Siete Carrier Ethernet 8/10

- Technológia Carrier Ethernet :
  - **škálovateľnosť v geograficky rozsiahlej oblasti :**
    - evolúcia architektúry od bezspojového modelu smerom k viacnásobným spojovo-orientovaným tunelom a od distribuovaného adresového učenia k centralizovanej konfigurácii cesty,
    - evolučné kroky : VLAN (802.1Q) ■■■■B (802.1AD) ■■■■BB (802.1AH),
  - **rozšírené prevádzkové inžinierstvo a manažment a služby QoS typu koniec-koniec :**
    - typy spojení EVC (Ethernet Virtual Connections):
      - bod-bod (E-Line),
      - mnohobod-mnohobod (E-LAN),
      - bod-mnohobod (E-Tree),



# Siete Carrier Ethernet 9/10

- Technológia Carrier Ethernet :
  - **sieťová pružnosť a obnova porušenej prevádzky, rozšírené OA&M :**
    - schopnosť siete detekovať poruchy prevádzky, zabezpečiť obnovenie porušenej prevádzky,
    - štandardy : EFM (802.3AH)  FM (802.1AG)   
EPS (G.8031)  ERPS (G.8032)  OA&M (Y.1731),
    - protokol G.8031 – špecifikuje ochranné spojovanie 1+1 jednosmerné a 1+1/1:1 obojsmerné podľa SDH pre cesty alebo segmenty bod-bod a zahŕňa protokol APS
    - PBT – ochranné spojovanie bod-bod zabezpečené poskytovaním ochrannej cesty pre každú pracovnú cestu

# Siete Carrier Ethernet 10/10

- Technológia Carrier Ethernet :
  - **ochranné protokoly :**
    - protokol **G.8031** – špecifikuje ochranné spojovanie 1+1 jednosmerné a 1+1/1:1 obojsmerné podľa SDH pre cesty alebo segmenty bod-bod a zahŕňa protokol APS (Automatic Protection Switching),
      - poskytuje ochranu pre dopredné mechanizmy založené na spojení bod-bod VLAN a môže byť voliteľne aplikovaný pre siete 802.1QAY,
    - protokol **IEEE 802.1QAY** (PBB-TE) – ochranné spojovanie bod-bod iba 1:1 obojsmerné zabezpečené poskytovaním ochrannej cesty pre každú pracovnú cestu,
      - môže využívať G.8031, ale podporuje zjednodušenú schému, ktorá umožňuje zdieľanie zát'aže.

# Synchrónny Ethernet 1/6

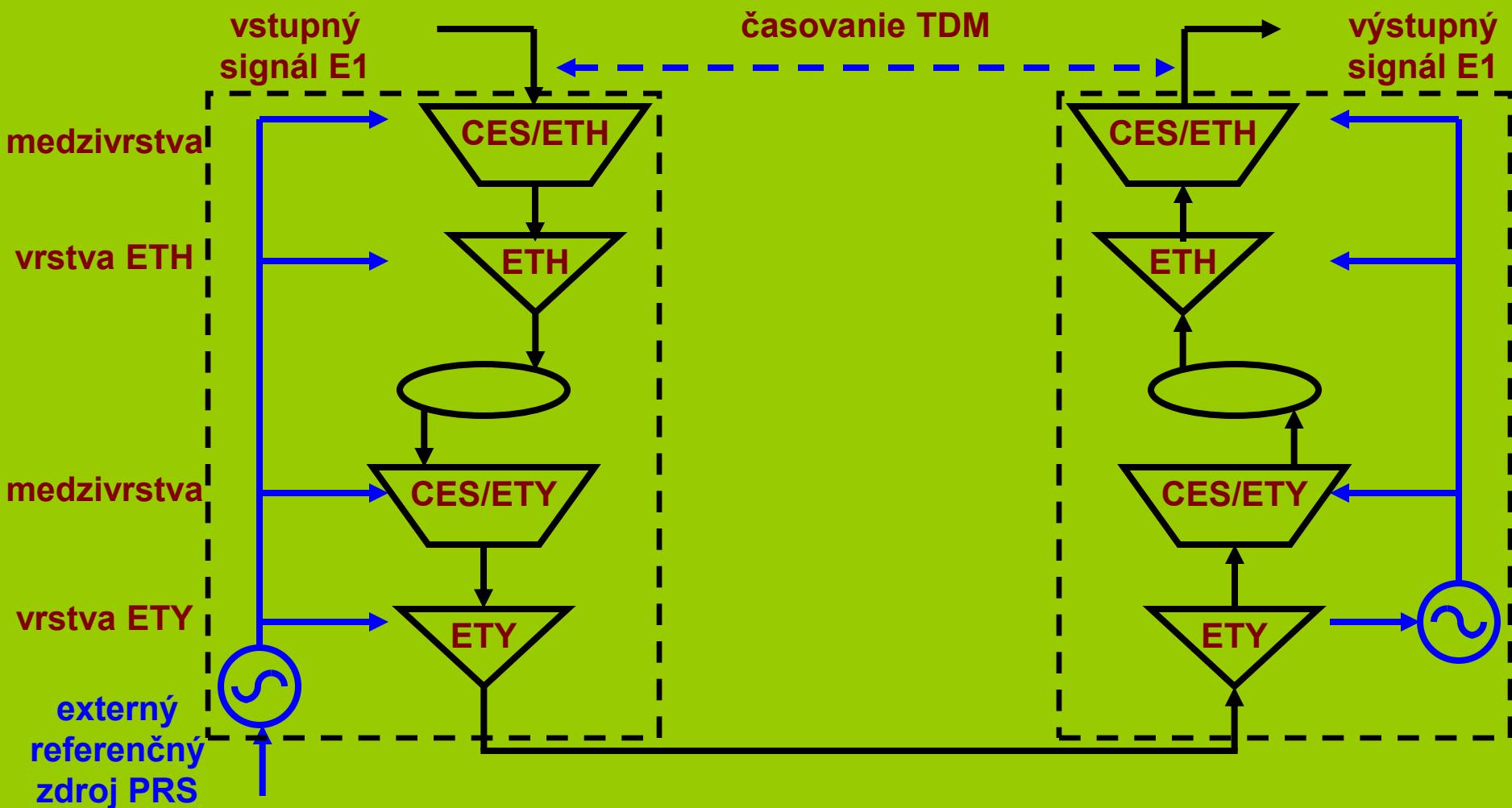
- Technológia synchrónneho Ethernetu :
  - **vývoj transportnej architektúry :**
    - význam synchronizácie (strata dát, degradované aplikácie a služby) a jej evolúcia v konvergovaných sieťach (TDM Ethernet),
    - technológia SDH má schopnosť prenášať referenčný taktovací signál na fyzickej vrstve, paketové technológie Ethernet sú navrhnuté na činnosť v asynchrónnom móde prenosu,
    - kľúčová výhoda technológie SDH je v distribúcii synchronizácie (z určitého centrálného zdroja PRS smerom k okraju siete) cez svoju fyzickú vrstvu,
  - synchrónny Ethernet predstavuje mechanizmus prenosu taktovacej frekvencie cez fyzickú vrstvu Ethernetu ako časť fyzického spojenia prenášajúceho dáta,

# Synchrónny Ethernet 2/6

- Technológia synchrónneho Ethernetu :
  - **architektúra synchrónneho Ethernetu (G.8010):**
    - 2 vrstvy Ethernetu – vrstva ETY (fyzická, L1); vrstva ETH (paketová, L2),
    - dodatok - služba CES (Circuit Emulation Service), ktorá umožňuje služby vrstvy L1 prenášať cez sieť vrstvy L2,
  - synchrónny Ethernet určuje frekvenčnú referenciu poskytovanú existujúcimi, definovanými štandardnými funkciami vrstiev pomocou medzivrstvy CES :
    - presnosť taktovacieho zdroja Ethernet 100 ppm,
    - presnosť taktovacieho zdroja synchrónneho Ethernetu 4,6 ppm, ktorá je v rámci frekvenčných rozsahov rozhraní Ethernetu,

# Synchronný Ethernet 3/6

- Architektúra synchronného Ethernetu :



# Synchrónny Ethernet 4/6

- Architektúra synchrónneho Ethernetu :
  - **Master NE :**
    - prijíma externý vstup taktovacej frekvencie zo sieťových hodín SSU alebo BITS (**G.8262 EEC**),
  - **Slave NE :**
    - taktovacia frekvencia je regenerovaná,
    - môže byť master NE pre nasledujúci sieťový element, pričom synchronizácia je podporovaná na báze uzol-uzol,
  - taktovacia frekvencia z externého referenčného zdroja PRS môže byť regenerovaná a distribuovaná do každého sieťového elementu,
  - distribúcia taktovacej frekvencie môže byť obojsmerná a poskytovať nadbytočnosť cez viaceré karty centrálného časovania a linkové karty,

# Synchrónny Ethernet 5/6

- Architektúra synchrónneho Ethernetu :
  - synchrónny Ethernet môže byť aplikovaný na existujúce aj nové siete,
  - synchrónny Ethernet nemusí byť aplikovaný nevyhnutne na celú sieť, ale iba tam, kde je distribúcia taktovacej frekvencie nevyhnutná.

# Synchrónny Ethernet 6/6

- Spolupráca synchrónneho Ethernetu a SDH :
  - rozšírenie vybavenia SDH s rozhraniami Ethernet,
  - rozšírenie referenčnej synchronizačnej reťaze SDH (**G.803**) so synchrónnym Ethernetom (**G.8261**),
  - zdroje taktovacieho signálu SDH (**G.812**, **G.813**) kompatibilné so zdrojmi synchrónneho Ethernetu (**G.8262**),
  - využitie správ SSM (Synchronization Status Message) SDH (**G.707**) v synchrónnom Ethernete (**Slow Protocol**, **G.8264**). Správa SSM obsahuje indikáciu kvalitatívnej úrovne hodín, ktoré sú vedené v synchronizačnej reťazi a využíva sa na riadenie, údržbu a obnovenie synchronizačnej reťaze zariadení synchrónneho Ethernetu.