



Přechod od TDM k paketovému transportu – možnosti a mantinely

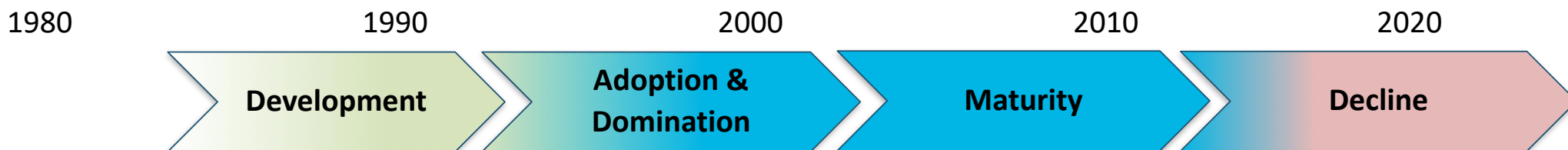
Petr Boček, TTC MARCONI s.r.o.
listopad 2025

Technologie SDH

Druhá generace vysokokapacitních digitálních přenosových technologií pro optické prostředí, první, která plnila nároky na segmentaci provozu v operátorských a multiuživatelských sítích:

- široký rozsah rychlostí uživatelských okruhů
- nízké transportní zpoždění
- stejné zpoždění v obou směrech
- standardizované zálohování provozu, předem připravené zálohy
- plně standardní mechanismy monitorování a identifikace provozu

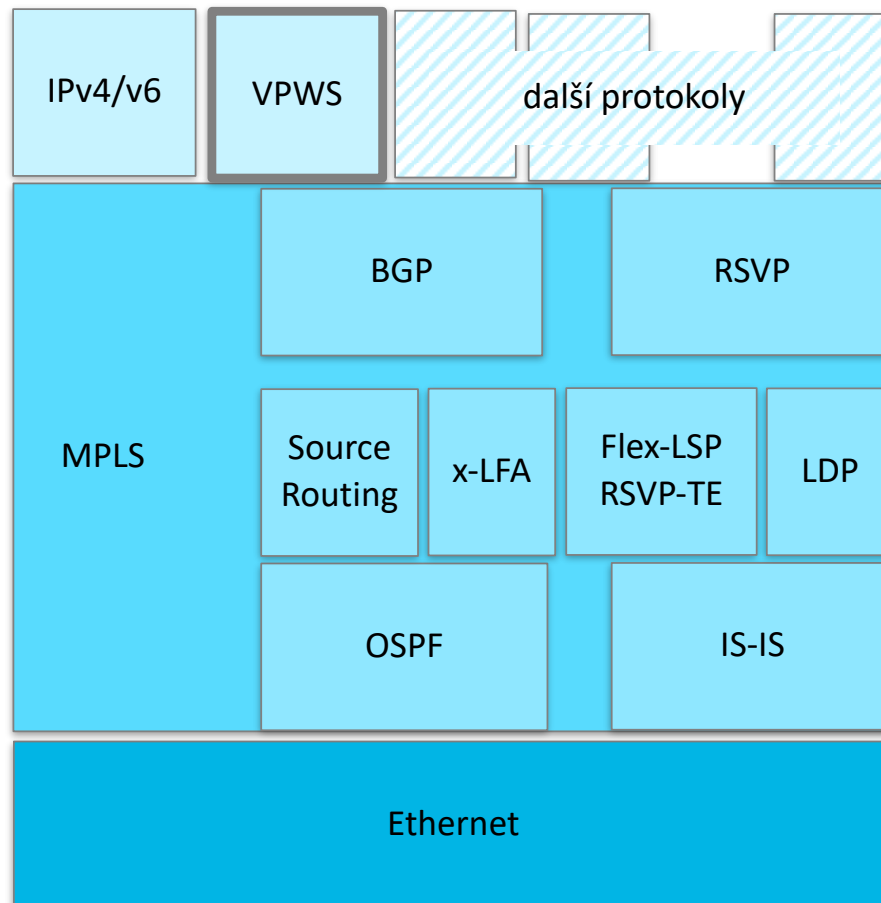
- dodatečně standardizované techniky přenosu paketů
- pomalé změny zpoždění (wander)
- nízké využití pásma
- nízká kapacita linek
- končí podpora výrobců zařízení i součástek a komponent



Nahrazující paketové technologie

Kvůli dosažení maximálně deterministického přenosu a splnění časových charakteristik jsou náhradou technologie MPLS v aktuálně převládající variantě IP/MPLS

- mechanismus MPLS realizuje semipermanentní cesty pro **pakety**, odstraňující dynamické směrování v každém uzlu
- směrování standardními technikami z IP (OSPF, IS-IS) slouží přednostně pro zmapování topologie a nalezení optimálních cest
- různé techniky (Flex-LSP/RSVP, různé varianty LFA, Circuit style Source Routing) zajišťují předem definované monitorované záložní cesty a mechanismy jejich rychlé aktivace
- dynamické směrování vlastního uživatelského provozu konec-konec speciálními protokoly (BGP, RSVP)
- do transportovaných paketů jsou následně mapovány různé typy přenosových služeb úrovně L2/L3 včetně mapování kontinuálních synchronních toků dat

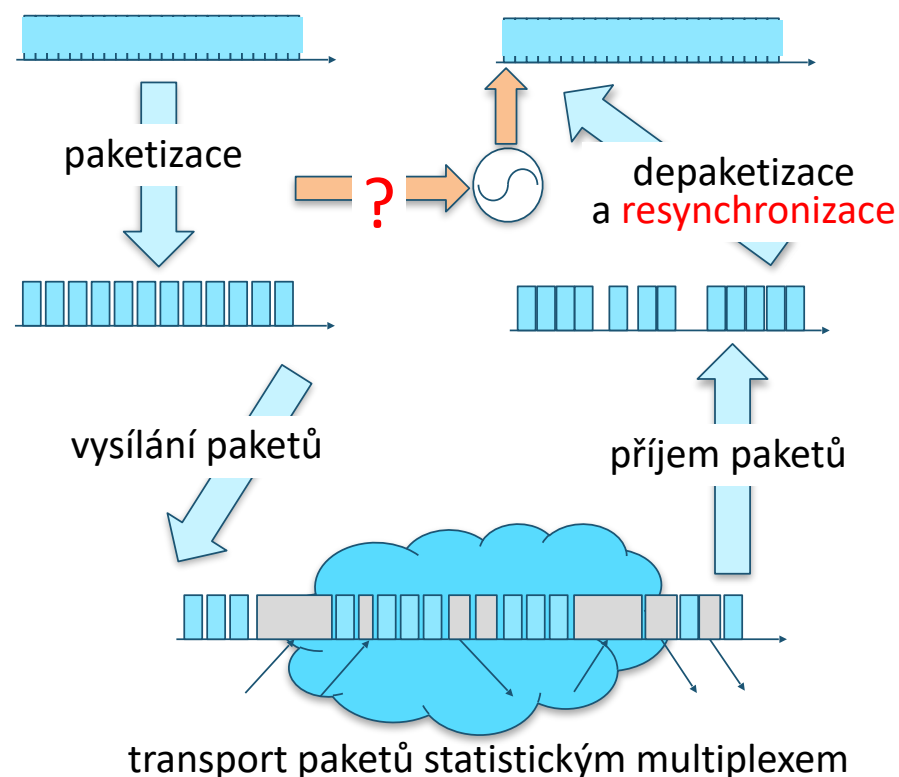


Nahrazující paketové technologie (2)

Službou přenosu MPLS je síťové zálohovaný tok paketů s definovanými charakteristikami ztrátovosti a zpoždění. Okruhy TDM, realizované původně na SDH, jsou na něm realizovány emulací

- **Structure-Agnostic TDM over Packet (SAToP)** (RFC 4553) enkapsulující bitový tok transparentně bez ohledu na jeho vnitřní strukturu.
- **Circuit Emulation Service over Packet-Switched Network (CESoPSN)** (RFC 5086, MEF 8) zohledňující vnitřní strukturu, přenášející pouze uživatelskou a řídicí informaci bez rekonstruovatelných záhlaví
- **Circuit Emulation over Packet (CEP)** (RFC 4842) specifický standard pro emulaci okruhů nesoucích komplexnější struktury rámců SONET/SDH

Každá z metod vyžaduje kromě paketů na přijímači zajistit i synchronizaci rekonstruovaného toku bitů



Výhody a problémy nahrazujících technologií

Nástupnická technologie CEM/MPLS plní požadavky kladené náhradou SDH

- jasná perspektiva dalšího rozvoje technologie (Source Routing, ...) a její součástkové základny pro výrobu / dodávky i servis
- techniky kompatibilní s aktuálními trendy virtualizace (SDN, ...)
- výrazně vyšší kapacity přenosu při srovnatelné ceně investice
- univerzální technologie pro velmi široký sortiment přenosových služeb (synchronní okruhy / streaming, asynchronní přenos zpráv / messaging, přenos souborů, ...)
- proces řízení (směrování) distribuovaný po síti eliminuje prostor pro kritické poruchy (SPoF)
- odpovídající zavedené techniky pro minimalizaci latence a zálohování cest dosahují parametrů nahrazované technologie

- složitější technologie, vyžadující vyšší kvalifikaci, dohledové nástroje vycházející z podnikových aplikací méně komfortní s nižším podílem automatizace
- vlastní techniky enkapsulace (SAToP, CEP, ...) neřeší distribuci synchronizace potřebné pro rekonstrukci datového toku, tu je nutné řešit zvlášť a specificky, tj. neefektivně
- jen některé techniky CEM podporují plné OAM funkce servisovaného SDH
- statistický multiplex způsobuje vyšší a značně proměnnou latenci, kterou je nutné eliminovat odpovídajícími technikami (QoS),

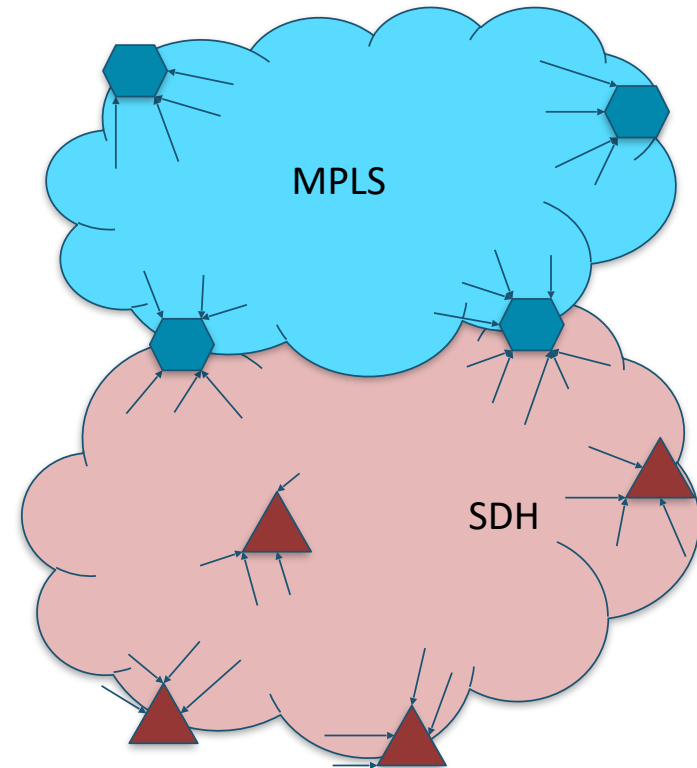
Emulace synchronních nosičů E1

je technika založená na SAToP, vhodná při

- významném podílu E1 různých uživatelů,
 - malém podílu okruhů zálohovaných
 - provozu směřovaném ve větším rozsahu mezi doménami MPLS a SDH
- provoz mezi doménami lze předávat hromadně i na vysokokapacitních rozhraních (obvykle 155 až 622 Mbit/s, závisí na sortimentu konkrétního výrobce)

Technika ale

- neřeší další typy provozu na SDH, jako je EoSDH
- přenáší jen omezený soubor signálů OAM, nedovolující navázat na funkce SDH (LO VC)



Aktuální případ koexistence sítí MPLS a SDH

Podmínky pro efektivní nasazení emulace E1 nejsou pro významnou část provozu splněny:

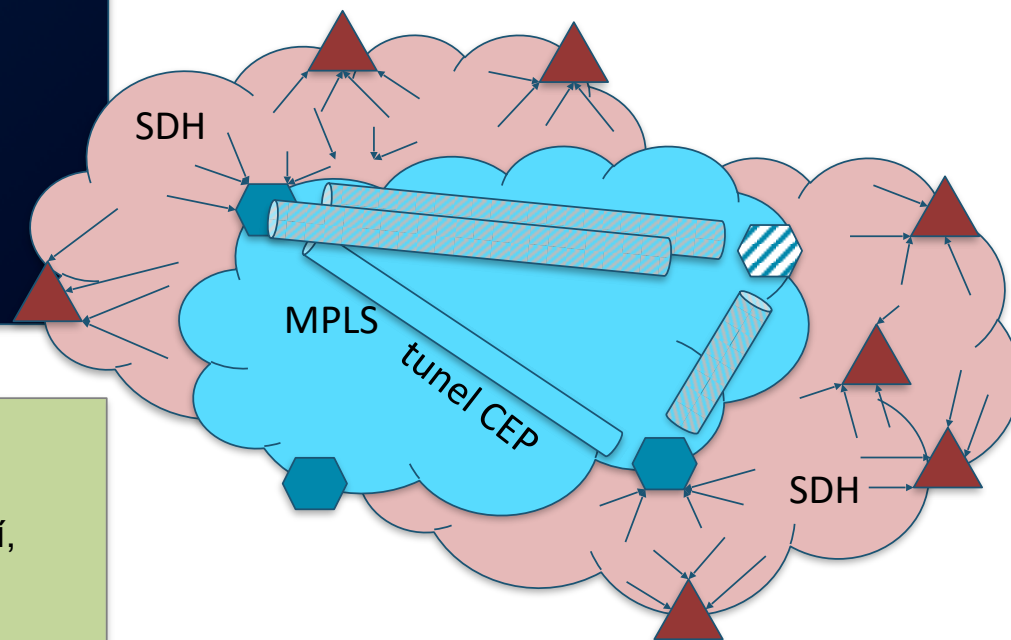
- reliktní provoz E1 převážně mezi okrajovými uzly SDH
- velký podíl dalších typů provozu, zejm. EoSDH
- velký podíl zálohovaného provozu

Přínosy schématu s využitím CEP

- provoz MPLS core představuje menší počet vysokokapacitních tunelů – těžiště správy provozu SDH zůstává v dohledu SDH
- agregace provozu do tunelů není významnou komplikací, stejná (na úrovni VC-4) je i v samotné síti SDH
- tunelem jsou přenášena i záhlaví VC – mechanismy monitorování a zálohy SDH zůstávají funkční

Tunely musí tvořit úplný mesh mezi přechodovými uzly, síť MPLS nemá přístup do jejich obsahu pro směrování

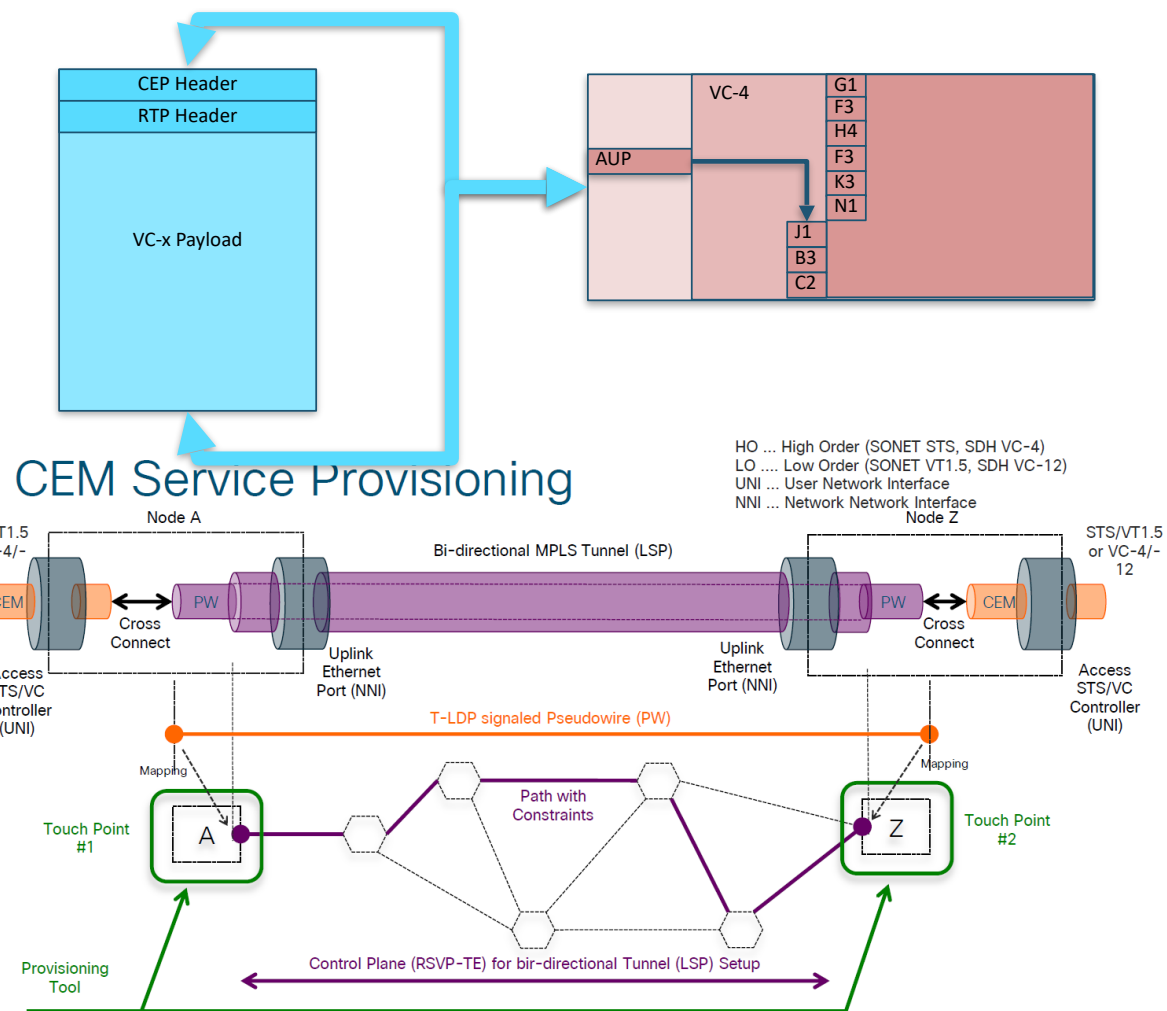
- vyžaduje částečnou reorganizaci provozu v SDH



Detaily techniky CEP

Technika využívaná pro přenosy vybraných vnitřních struktur linkového rámce SDH

- celého virtuálního kontejneru se záhlavím (VC-11/12 nebo VC-4 včetně kontinuálních zřetězení VC-4-4c, VC-4-16c)
- v záhlaví CEP paketu navíc přenos pointeru TU/AU včetně změnových bitů a základní stavy okruhu (LOF, AIS)
- nativní rozhraní na síť SDH (STM-1 – STM-16)
- směrování mapovaných struktur mezi rozhraním SDH a VPWS v MPLS standardním mechanismem cross-connectu PW



Zajištění synchronizace

Dostupné techniky

- **adaptivní metody (ACR)** odvozují synchronizaci z přijímaného paketového toku a jsou tak závislé na kvalitě přenosu v paketové doméně
- přenos **fyzickou vrstvou rozhraní (SyncE)** vyžaduje HW podporu na linkových rozhraních MPLS a spolupracujících sítích (WDM)
- **paketové techniky (PTP)** – dostatečně přesné, ale různé profily protokolu (velká variabilita) podle využívající technologie

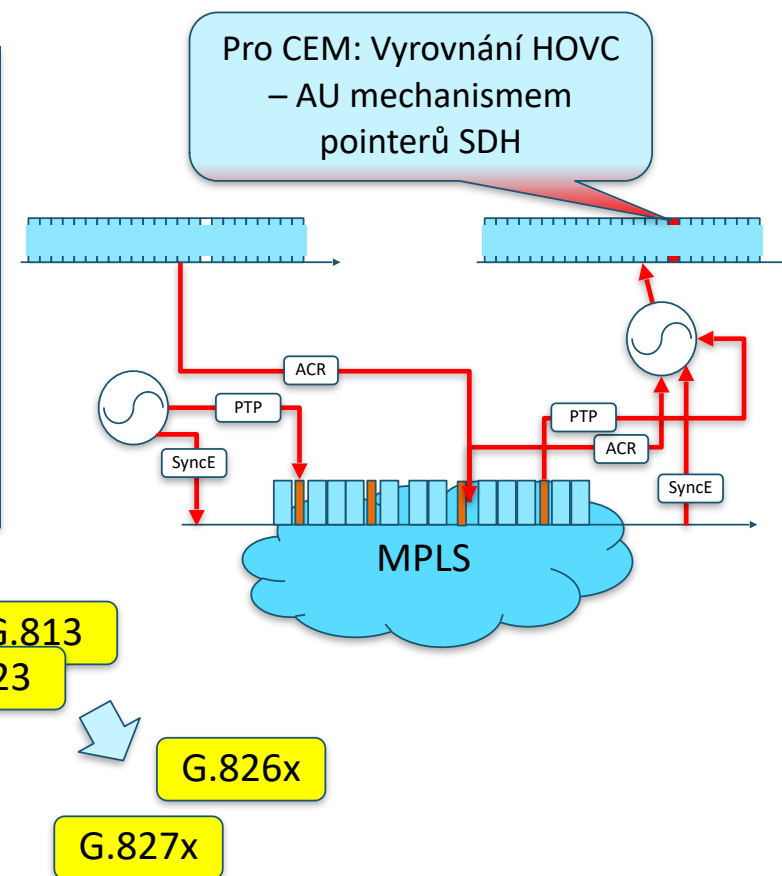
Lokální obnova v uzlu přijímajícím pakety

- standardní úroveň kvality a často i mechanismy výběru zdroje odvozené od technologie SDH – dobrá kompatibilita synchronizačních schémat

- společná resynchronizace, všech okruhů, nedovolující frekvenční rozdíly

Techniky CEP nevyžadují přesnou obnovu

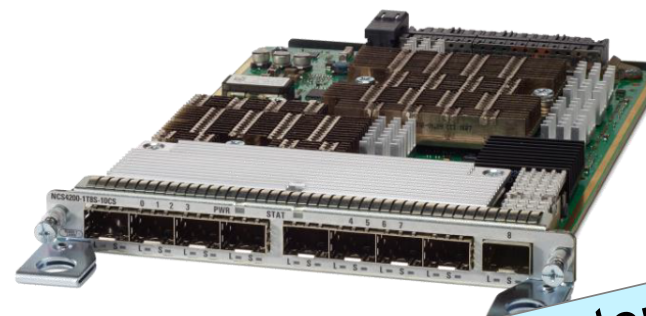
- vyrovnání časových odchylek až v multiplexu SDH, který je schopen absorbovat i rozdíly frekvence



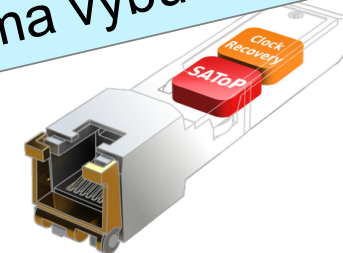
Účast TTC MARCONI s.r.o. v procesu náhrady

TTC MARCONI s.r.o. je v náhradě sítí SDH dlouhodobě aktivní

- vedením FAT a podporou SAT u provozovatelů obou technologií, zaměřených na kritické aspekty náhrady (QoS, zálohování a synchronizace)
- tvorbou studií a projektových záměrů (segmentace, synchronizace)
- dodávkami, instalací a podporou uvádění do provozu technologie konkrétních výrobců



Vysoká kompetence nejen v nástupnických technologiích CEM a MPLS, ale i v nahrazované technologii SDH, kterou v 90. letech ze značné části sama vybudovala.



Děkuji za pozornost

Otázky?

Petr Boček

E-mail: bocek@ttc.cz

www.ttc.cz