

## CESNET2 v roce 2010

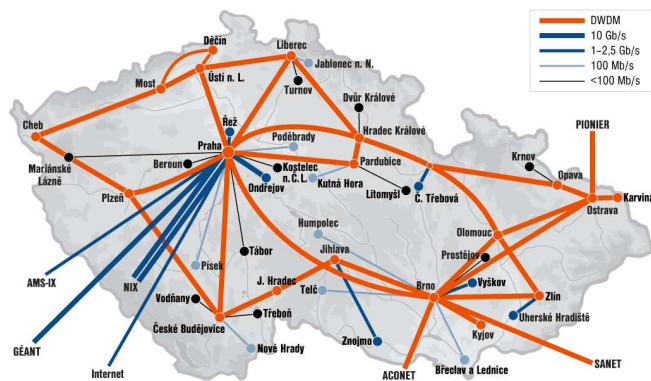
Gabriela Krčmařová, CESNET

Sdružení CESNET a síť CESNET2 nejsou pro čtenáře Zpravodaje MU neznámé pojmy. Řadu informací se dozvěděli z článků, které vyšly především k desátému výročí CESNETu v roce 2006. Jenže čtyři roky jsou ve světě moderních síťových technologií velmi dlouhá doba, takže je čas zrekapitulovat významné změny v infrastruktuře optické sítě a připomenout další úspěchy CESNETu.

Připomeňme, že CESNET je neziskové zájmové sdružení právnických osob, jehož členy jsou české a moravské univerzity a ústavy Akademie věd České republiky. Hlavní sídlo sdružení je v Praze, ovšem výzkum a vývoj komunikačních technologií ani chod národní sítě CESNET2 by se neobešel bez významného příspěvku mnoha odborníků zaměstnaných u jednotlivých členů sdružení. Například dvě výzkumné aktivity mají své srdce právě na Masarykově univerzitě: Meta-Centrum a Multimediální přenosy a kolaborativní prostředí. Letošním rokem skončí sedmiletý výzkumný záměr *Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace*, který je rozdělen do deseti výzkumných aktivit. Hlavními oblastmi, kterými se aktivity zabývají, jsou optická síť, sledování infrastruktury a provozu sítě, autorizace a autentizace, bezdrátová akademická síť eduroam, programovatelný hardware, gridy a úložiště dat, multimediální přenosy a podpora aplikací, které jsou podmíněny nadstandardní komunikací náročnou na parametry datového přenosu. Cílem sdružení CESNET je především průběžně zkvalitňovat a vylepšovat samotnou infrastrukturu páteřní optické sítě i přístupových sítí pro jednotlivé uživatele - instituce, vědce, pedagogy i studenty.

### 1 Rychlá a spolehlivá optická síť

Páteř sítě CESNET2 nabízející kapacitu 10 Gbit/s využívá pro maximalizaci přenosové kapacity sítě nejmodernější technologii vlnového dělení DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), která místo jednoho přenosového toku po jednom optickém vláknu umožňuje přenášet vedle sebe více toků po různých vlnových délkách.



Obrázek 1: Páteř sítě CESNET2 k 18.5.2010

Rozvoj sítě probíhá v etapách, přičemž od nasazení DWDM v roce 2004 se nyní realizuje v pořadí osmá.

Základem současné sítě DWDM jsou multiplexory nové generace ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexor), v nichž se podle potřeb vlnové délky přidělené jednotlivým přenosům vkládají, odbočují, nebo nechávají projít, a to na základě softwarové konfigurace (na rozdíl od statických multiplexorů používaných v dřívějších optických sítích, vyžadujících drahé manuální zásahy při změnách). Díky směrování a přepínání vlnových délek je možné flexibilně vytvářet optické přenosové kanály páteřní sítě WDM a síť CESNET2 je schopná podporovat i „agresivní aplikace“ typické pro některé výzkumné projekty, které jsou velmi náročné na rychlou odezvu i na objem přenášených dat, a přitom nomezovat ostatní běžné aplikace. Příkladem jsou výzkumné oblasti fyziky vysokých energií či astronomie, kde se přenášejí obrovské objemy informací.

Nejčastěji ROADM podporuje vkládání/odbočení/průchod optického signálu DWDM uzlem pouze ve dvou směrech (dvoucestný ROADM se dvěma páry vstupních/výstupních optických vláken). Modernější a složitější verzi představují *vícecestné ROADM*, dovolující optický kanál v uzlu ukončit nebo přeposlat do libovolného směru, a tím minimalizovat zejména časově náročnou konverzi signálu optického na elektrický (OEO, Optical-Electrical-Optical). Jakákoli konverze signálu vkládá ne nezbytné zpoždění při průchodu signálu sítě od zdrojového k cílovému uživateli,

takže výsledná doba odezvy pak nemusí vyhovovat požadavkům náročných interaktivních aplikací (např. přenosy audio/videoa v reálném čase jako videokonference).

Síť CESNET2 se stala jednou z prvních sítí, která pokročilou technologii vícecestných multiplexorů ROADM implementovala a ověřila v provozu. Výsledné řešení umožňuje plně flexibilní vzdálenou konfiguraci optických přenosových kanálů s centrální správou bez nutnosti jakýchkoliv manuálních zásahů, což výrazně zvyšuje spolehlivost a dostupnost sítě, takže při změnách či menších výpadech (ošetřených záložními spoji a/nebo propojovacími zařízeními) uživatelé rozhodně nezůstanou bez služeb sítě.

Hlavní uzly sítě CESNET2 jsou kvůli tomuto účelu připojeny alespoň dvěma geograficky nezávisle vedenými optickými trasami. Snahou je postupně docílit této redundance až do poslední míle, kde dochází k nejčastějším souběhům a kde má přitom fyzické přerušení trasy katastrofální následky. Oprava přerušené optické trasy totiž trvá často dlouhé hodiny a tak dlouhý výpadek dotčeného uzlu a připojených účastníků nelze akceptovat.

## 2 Optimalizační techniky a přístupy

CESNET je průkopníkem přístupu *CEF* (Customer Empowered Fibre), tedy osazování pronajatých nebo nakoupených optických vláken samotným zákazníkem, a to vlastními technologiemi na míru, namísto pronájmu drahých kompletních služeb od komerčních provozovatelů sítí, které nemusí přesně vyhovovat potřebám zákazníka. Tento přístup se ujal v sítích různého charakteru a různé velikosti, protože zákazník si tak skutečně „postaví“ síť na míru a neplatí za nic, co nepotřebuje nebo nechce.

Dalším přínosem k minimalizaci zpracování optického signálu na jeho cestě rozlehlou sítí je princip *NIL* (Nothing-In-Line). Ten spočívá ve vyloučení zesilování signálu na optických trasách do určité délky o kapacitě 1–10 Gbit/s. Pro efektivní využití přeshraniční elektronické komunikace se také úspěšně využívá princip *CBF* (Cross Border Fibre) umožňující (s využitím vlastních

optických zařízení řady *CzechLight*) přímé vláknové pohraniční propojení sítě CESNET2 s našimi sousedy, např. Rakouskem a Slovenskem.

Síť CESNET2 dnes nabízí koncové přenosové služby podle požadavků uživatelů na úrovni optických vláken až jednotlivých vlnových délek. Moderní implementace DWDM umožňuje integraci optické infrastruktury s IP sítí směrem k hybridní IP/optické síti s dynamickým přepínáním optických tras, poskytujících služby na různých síťových úrovních podle konkrétních potřeb připojených uživatelů. Cílem je postupně přecházet na přenosovou kapacitu 40 a 100 Gbit/s v CESNET2 a pokračovat ve výzkumu DWDM a fotonického přepínání.

## 3 Superrychlé směrovače v jádru sítě

Koncem roku 2008 byl nasazen v síti CESNET2 první směrovač Cisco CRS-1 (Carrier Routing System), který má i svůj zápis v Guinnessově knize rekordů jako největší světový směrovací systém díky maximální propustnosti dosahující 92 terabitů za sekundu ( $\text{Tbit/s} = 10^{12} \text{ bit/s}$ ). Volba na CRS-1 pro CESNET2 padla nejen kvůli zatím tehdy nejvyšší nabízené propustnosti a podpoře rozhraní o kapacitě 40 Gbit/s, ale také díky podpoře IP NGN (Next Generation Network), která je součástí strategie sdružení CESNET realizovat v síti protokol IP přímo nad optickou vrstvou. S dlouhodobým výhledem na zvyšování kapacity hlavního páteřního spoje mezi Prahou a Brnem z 10 na 40 Gbit/s a se strategií postupného přechodu na IP/DWDM bylo nutné nejprve zvýšit propustnost hlavního směrovače pro internetový *peering* a následně implementovat i další terabitové směrovače. První CRS-1/16 byl umístěn v prosinci 2008 v Praze a druhý pak v září 2009 v Brně.

CRS-1 v síti CESNET2 nahradil výkonově nedostupující páteřní směrovače a nabídl připojeným výzkumným organizacím nepřetržitý provoz, flexibilitu služeb a prodlouženou životnost systému. Otevřela se možnost škálovat kapacitu sítí na novou úroveň a provozovat služby dat, hlasu a videa nové generace po konvergované IP síti. Zároveň terabitové směrovače poskytují ochranu investic na dobu delší než deset let, což je ve světě

komunikačních sítí, kde pokrok postupuje mílovými kroky, celkem úctyhodná doba.

#### 4 Přeřazování na vyšší rychlost

Celá páteřní síť nabízí kapacitu 10 Gbit/s a spojením této rychlosti je k ní připojena i Masarykova univerzita. Jakkoli je gigabitová rychlost již tak dost vysoká pro síťovou komunikaci, vždyť připojení k Internetu domácími přípojkami běžně nabízí rychlost tisíckrát nižší (řádově jednotky Mbit/s) a Ethernet o své zatím nejvyšší kapacitě 10 Gbit/s se v lokálních sítích vidí zatím jen zřídka na rozdíl gigabitové verze s propustností 1 Gbit/s, pro páteřní přenosy přestává 10 Gbit/s stačit.

Přechod od 10 Gbit/s na vyšší kapacitu, kdy připadá v úvahu 40 nebo 100 Gbit/s, není v optických sítích bez obtíží. Pokud se provozovatelům páteřních sítí nechtělo příliš do modernizace sítě před rokem či dvěma, nyní v důsledku celosvětové krize mají do této náročné akce chuť ještě menší. Zatímco čekají, až se nejhorší přežene, přemýšlejí o možnosti „vynechat“ 40 Gbit/s a rovnou nasadit 100 Gbit/s, až ovšem reálně bude na trhu k dispozici.

Nicméně v síti CESNET2 se čekat nemuselo a díky ověřenému CRS-1 proběhl přesně před rokem testovací provoz 40 Gbit/s kanálu mezi Prahou a Brnem, s pomocí zapůjčeného směrovače CRS1/4 a dvou párů 40Gbit/s karet s podporou IPoDWDM.

Hlavním úkolem testování bylo ověřit, zda 40 Gbit/s bude přenášeno přes stávající síť DWDM bez problémů a zda jej lze v budoucnu nasadit do plného provozu. Propojení Praha-Brno se testovalo v obou směrech: přímá trasa s délkou kanálu 299 km a nepřímá trasa přes Hradec Králové a Olomouc s délkou 462 km. Dosáhlo se propustnosti přibližně 30 Gbit/s (na generování objemnějšího provozu nebyl dostatek dalších rozhraní).

Původně plánované nasazení 40 Gb/s rozhraní na základě těchto úspěšných loňských zkoušek nelze naneštěstí v letošním roce na hlavní páteřní trase Praha-Brno vzhledem k investiční náročnosti realizovat. Dlouhodobým cílem ale zůstává postupný přechod na přenosovou kapacitu

40 a 100 Gbit/s v CESNET2 stejně jako výzkum DWDM a fotonického přepínání.

#### 5 Síť CESNET2 pro budoucnost

Moderní, rychlá a spolehlivá páteřní síť neslouží pouze jako nástroj vědcům, výzkumníkům či studentům a přednášejícím v připojených institucích v rámci jejich běžné práce. CESNET2 také představuje prostředí, v němž se řada nových komunikačních technologií či aplikací poprvé nasazuje, zkouší a ladí. Přitom žádná taková práce nesmí narušit běžný chod sítě a omezit úroveň služeb, na niž jsou všichni uživatelé zvyklí.

Samotná síť také umožňuje realizaci jednorázových přenosů, např. v rámci mezinárodních konferencí, kdy CESNET2 propojuje kontinenty a zpřístupňuje vystoupení na konferencích a workshopech vzdáleným účastníkům. Populární jsou např. videopřenosy operací oční chirurgie z každoročních mezinárodních setkání *Live a Video Surgery* nebo připomeňme videopřenosy ze setkání jaderných fyziků a fyziků vysokých energií *CHEP 2009* (Computing in High Energy and Nuclear Physics), které se konalo v březnu 2009 v rámci předsednictví České republiky Radě EU.

Výzkumné a vývojové zázemí, kvalitní síť a celkové renomé CESNETu umožňuje aktivně se podílet na mezinárodních projektech, které tvoří základ budoucího charakteru informačních a komunikačních technologií a infrastruktur. Mezi nejvýznamnějšími a nejrozsáhlejšími mezinárodními projekty, na kterých CESNET významně participuje, je budování 40Gbit/s panevropské sítě GÉANT propojující národní sítě pro vědu a vzdělávání, kde je ředitel CESNET jedním z pěti členů řídicího výboru projektu. □