PASNET

Pražská akademická počítačová síť

Akademie věd ČR,
České vysoké učení technické v Praze,
Univerzita Karlova v Praze a
Vysoká škola ekonomická v Praze

Sborník abstraktů

konference

Vysokorychlostní sítě 2004

(http://vrs.pasnet.cz)

Praha, 18.-19. května 2004

Univerzita Karlova v Praze Ÿ Modrá posluchárna Ÿ Ovocný trh 5 , Praha 1

Děkujeme všem partnerům konference za podporu při jejím pořádání.

HLAVNÍ PARTNEŘI:

Za přispění firmy:

Mediální partneři:

Vysokorychlostní sítě 2004 strana

Digital divide po česku

Jiří Peterka

KSI MFF UK
nezávislý konzultant a publicista

eArchiv.cz Jaká je role akademické sféry?

- obecně (a nejen v oblasti ICT):
  - být nositelem technického rozvoje a pokroku
  - vyvíjet, zkoušet a "ladit" nové technologie, nová řešení …
    - používat je
  - v určité fázi předávat nové technologie a řešení komerční sféře
    - k rutinnímu používání
    - k dalšímu rozvoji na komerční bázi
    - a vůči sobě: "uvolnit prostor" pro ještě novější technologie a řešení

kdy k něčemu takovému v ČR došlo, v oblasti sítí?

eArchiv.cz

Úplně na začátku

CESNET prodává komerční část své sítě Contactelu

2000

vybudována síť TEN-155 CZ

vybudována síť TEN-34 CZ

český Internet se otevírá komerčnímu využití (vznikají první komerční ISP ...)

30.6.1995

Eurotel přichází o exkluzivní licenci na veřejné datové služby

16/06/1993

slavnostně spuštěn CESNET

13/2/1992

slavnostní připojení Č(SF)R k Internetu (Stephen Goldstein, NSF, Rob Blokzijl, RIPE)

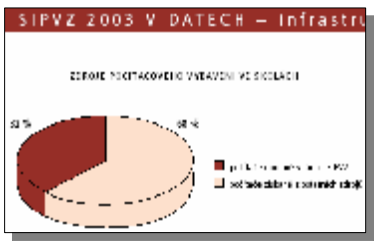
10/1990

na ČVUT první pevný datový okruh do zahraničí (.at), uzel CSEARN sítě EARN/Bitnet

eArchiv.cz

Protipříklad

- 2002/2003
  - SIPVZ, projekt III. – infrastruktura,
    - alias "Internet do škol"
  - 3620 škol vybaveno 25200 počítači
  - vybudována celorepubliková páteřní síť
    - IKI, školský intranet
  - školy připojeny rychlostí 64 kbit/s !!



- pouze 32% počítačů na školách je "z Indoše"
- nedošlo k žádnému "*předání* ...." z akademické sféry

eArchiv.cz — Čím se kdo zabývá? Co a jak řeší?

NREN – národní sítě výzkumu a vzdělávání

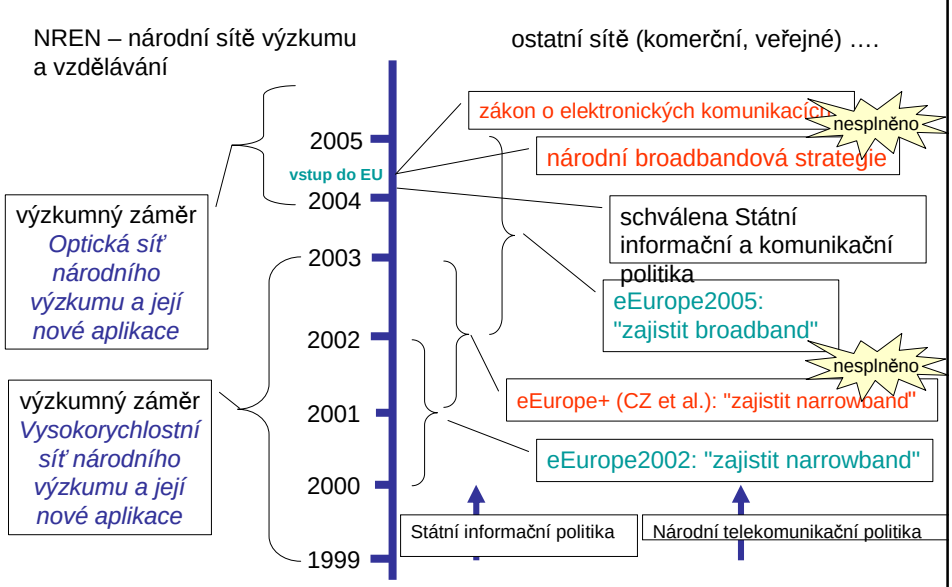
- názor:
  - nemají problém s naplněním vytčených cílů
  - nemají problém s integrací do Evropy
    - již jsou (dávno) v Evropě
  - zabývají se skutečným broadbandem
    - aby uživatel nebyl omezován ve svých aktivitách nedostatečnou kapacitou
  - zabývají se aplikacemi a obsahem
    - IPv6, multimédia, e-learning

ostatní (veřejná sféra, komerční ….)

- názor:
  - mají problém s naplňováním vytčených cílů
    - nesplněné závazky z eEurope+
    - opožděná a nedostatečná liberalizace,
  - mají problém s integrací do Evropy
    - dosud nebyl převzat nový rámec elektronických komunikací
  - problémy s broadbandem
    - stále chybí národní broadbandová strategie
    - spíše se řeší problém: jak škrtit uživatele, aby nepřenášeli moc dat

určitý odstup je na místě ….. ale otázka je:
není již moc velký? Jaký je trend? Dochází k dalšímu vzdalování?

eArchiv.cz — Další vývoj

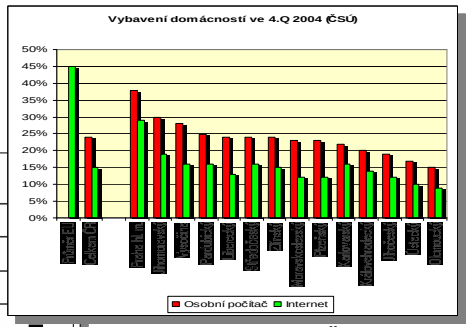


Další milníky

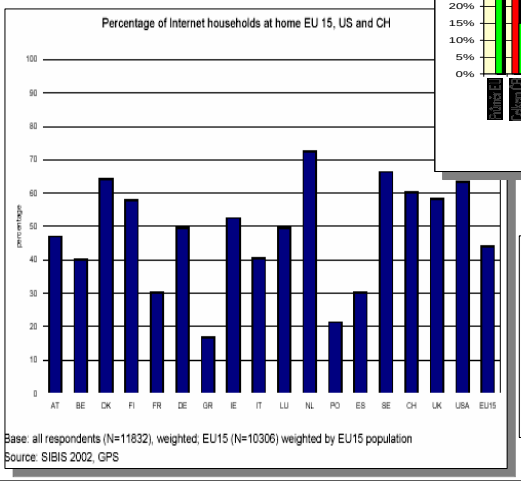
- březen 2003:
  - startuje ADSL
    - zájem velký, pokrytí malé, velké problémy s agregací
    - za rok cca 22 000 uživatelů ADSL
- duben 2003:
  - spuštěn Eurotel Data Nonstop
    - mobilní připojení k Internetu
    - rychlost max. 50-60 kbit/s, reálně méně
    - za rok na 55 000 uživatelů
      - dalších cca 10 - 20 000 u obdobné služby u T-Mobile
- únor 2004:
  - intervalový dial-up paušál
    - cílová skupina má zájem
    - použitý business model je slepou uličkou, chybí paušál na rozhraní mezi operátory
- kabelové sítě:
  - pomalý rozvoj, málo investic do vlastní sítě
  - cca 40 000 internetových přípojek
- Wi-Fi:
  - v podání "velkých" operátorů zatím jen omezeně
  - v podání "malých" ISP velký boom
- CZfree.net a komunitní sítě
  - zajímavý fenomén
  - lidé dělají operátora (ISP) sami sobě
    - reagují tak na neschopnost operátorů nabídnout jim požadované služby

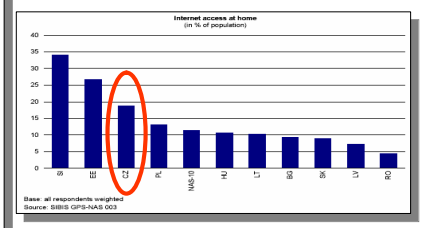
Jaké jsou výsledky?

- penetrace Internetu v domácnostech:
  - ČR: 15-20 procent
  - průměr EU: 45%



zdroj: šetření ČSÚ, 2004





zdroj: průzkum SIBIS, 2003

eArchiv.cz Jaké jsou výsledky? podle ČSÚ

domácnosti:

- dostupnost a využití Internetu je hluboko pod průměrem EU
- připojení domácností (dle ČSÚ):
  - 82% dial-up
  - 10% broadband
    - 61,7% kabel. TV
    - 33,3% ostaní
    - 3,3% ADSL
  - 6,2% ISDN
  - 5,3% mobilní (HSCSD, GPRS)
- sítě LAN v domácnostech:
  - 3,4%

- **firmy:**
  - dostupnost a využití je na průměru EU či dokonce vyšší
  - výjimkou je broadband

	ČR	EU
PC	96%	94%
LAN	57%	56%
Internet	88%	86%
Broadband	20%	39%
Web	56%	57%
intranet	34%	27%
extranet	13%	12%

eArchiv.cz Stav DSL technologií

Stav k 31.12.2003	počet DSL linek (tisíc)	penetrace na obyvatele	penetrace na počet linek
ČR	**14,0**	**0,14%**	**0,38%**
Estonsko	49,5	3,48%	10,42%
Litva	12,0	0,33%	1,71%
Lotyšsko	23,7	0,99%	2,53%
Maďarsko	111,6	1,10%	3,04%
Malta	12,0	3,04%	5,79%
Polsko	144,0	0,37%	1,26%
Slovensko	4,4	0,08%	0,31%
Kand. země EU	**371,2**	**0,51%**	**1,65%**
EU 15	**17339,0**	**4,72%**	**8,20%**

(dle nejnovější studie Point-Topic: **World Broadband Statistics Q4 2003**)

- ČR: do konce 1H/2004 má být ADSL dostupné na 60% pevných linek (potenciálně)
- SK: do konce roku 2005 ADSL dostupné všude

Závěr

- v oblasti "akademického síťování"
  - bez problémů (i vzhledem k EU a světu)
- v oblasti firem
  - broadband cca na ½ průměru EU, ostatní srovnatelné
- veřejnost, domácnosti
  - hluboko pod průměrem EU

problémem je hlavně rozvoj broadbandu

děkuji za pozornost

Jiří Peterka

jiri@peterka.cz
http://www.earchiv.cz

Vývoj technologií optických sítí

Ing. Antonín Mikát, Intercom Systems, a.s.

Příspěvek si všímá současného stavu technologií optických sítí a naznačuje prognózu vývoje do blízké budoucnosti. Jsou představeny některé novinky v oblasti prvků a subsystémů optických sítí a diskutován jejich přínos pro perspektivu dalšího vývoje. Nové trendy rozvoje jsou představeny zejména se zřetelem na rozšíření přenosové kapacity, flexibility a interoperability, zvýšení spolehlivosti a snížení celkových nákladů. Příspěvek popisuje i možnosti systémů vlnového multiplexu a dynamických (laditelných) přenosových subsystémů. Typově jsou uvedeny některé příklady aktuální implementace systémů pro optické sítě. Je naznačena budoucnost technologií založených na SDH/SONET. Jsou zmíněny i nové standardy využitelné v oblasti přenosových komunikačních služeb optických sítí.

I technologie optických sítí prošly v minulých létech etapou relativního útlumu, a to v rámci všeobecné recese, která zasáhla celou oblast komunikačních a informačních technologií. A tak, po období bouřlivého rozvoje a nadšeně optimistických prognóz, jsme svědky pokroku spíše pozvolného, s přihlédnutím k realistickým potřebám uživatelů. Vývoj je veden se zřetelem na řešení vzniklých problémů současnosti před tím, než budou směle vytyčovány nové cíle snad dosažitelné v budoucnosti. Přišel i čas korigovat některé zasvěcené prognózy rozvoje technologií z nedávného období, kdy se zdálo, že uzrál čas skoncovat se zavedenými přenosovými modely a kdy novinky na poli vývoje a výzkumu prvků a subsystémů optických sítí dávaly podněty k nepřiměřeným úvahám o dramatické míře nárůstu ve smyslu: více, rychleji, efektivněji a snadno.

Je tedy na místě konstatovat, že například přenosové systémy SDH/SONET nebyly zcela vytlačeny novými metodami přenosu, naopak v období jakési renesance je zřetelná snaha o jejich využití a integraci do nových přenosových struktur. Je nutno přiznat, že optimistických cílů o zcela optických (OOO) systémech nebylo tak úplně dosaženo a že provozujeme stále poněkud koncepčně nedokonalé OEO struktury a potýkáme se s problémy regenerace i zpracovávání signálů v elekrickém prostředí. S jistou dávkou nevole zjišťujeme, že představa zcela automatizovaného rozbočování, přepínání a směrování na úrovni jednotlivých vlnových délek v celém spektru sítí LAN, MAN a WAN, která by zjednodušovala spolu s univerzálním protokolem aktivním hned v několika vrstvách nového referenčního přenosového modelu celý síťový vesmír nebyla výrobci ještě tak docela implementována. Dokonce i jen další přirozený krůček od přenosové kapacity OC-192 k rychlostem OC-768 přináší stále nějaké praktické drobné problémy, a tak namísto posouvání mety k vyšším přenosovým rychlostem zůstávají výrobci i provozovatelé spíše na hranici 10 Gb/s, a to i ze zcela prozaického důvodu, totiž ceny takového řešení.

Požadavky na přenosové kapacity však stále narůstají a nové aplikace i rozšiřující se doména uživatelů zaplňují daty optické přenosové systémy jak v páteřních , tak i v metropolitních sítích, u poskytovatelů služeb i ve firemním prostředí. Výzkum a vývoj se nezastavil a nové poznatky, produkty a řešení pomáhají realizovat pokrytí zvýšených potřeb i odstranění vzniklých překážek. Zesílil důraz na ekonomický zřetel rozvoje optických sítí.

V současných směrech vývoje systémů optických sítí lze identifikovat tyto oblasti:

- zvýšení přenosové kapacity, rozšíření dosahu,
- zlepšení flexibility (konfigurovatelnost, dynamika, škálovatelnost, rozšíření funkcí),
- zvýšení spolehlivosti,
- snížení provozních i celkových nákladů.

Technologie pro zvýšení kapacity využívají způsoby zvýšení počtu přenosových kanálů i zvýšení přenosových rychlostí. Požadavky narůstají i na zvětšení dosahu. Ve vývoji v tomto směru se uplatní zejména nové širokopásmové zesilovače, vylepšené filtry a demultiplexory s rozšířenými parametry, prvky pro přenosovou kapacitu 40 Gb/s, optické zesilovače pracující na principu Ramanova jevu, případně kombinované Ramanovy-EDFA zesilovače. Používají se zařízení pro dynamické vyrovnávání zisku a laditelné kompenzátory disperze. Pro dynamické řízení jsou ve zpětné vazbě použity optické monitory. Jsou zkoumány i různé formy modulace optických signálů. Pro zvýšení dosahu byly vyvinuty optické 2R regenerátory eliminující konverzi OEO, které jsou ekonomicky úsporným řešením podporujícím systémy vlnového multiplexu. Zcela optická (OOO) technologie použitelná například pro optické přepínání zatím vykazuje příliš velký optický útlum a omezenou obsluhy na úrovni jednotlivých vlnových délek. Jsou činěny pokusy se zařízením na bázi tekutých krystalů využívajícím polarizačních stavů světla a mikroelektromechanických systémů (MEMS) s využitím prostorových změn v trasách jednotlivých vlnových délek.

Základním zřetelem pro technologie podporující flexibilitu je možnost dynamické konfigurovatelnosti a laditelnosti. Při zpracování jednotlivých vlnových délek se uplatní prvky umožňující přidat, nebo oddělit jakoukoliv kombinaci vstupních kanálů v odstupech kanálů 50 a 100Ghz. Zařízení pro blokování vlnových délek se zpravidla uplatní také při korekci (vyrovnávání) zisku (výkonu) v optických vláknech pro jednotlivé kanály. Prvky pro dynamické vyrovnávání zisku (DGE) provádějí řízený útlum např. pro celé pásmo C a L s rozsahem útlumu > 10 dB. Důraz na laditelnost je kladen na všechny prvky transportního řetězce: lasery (např. celé C pásmo), vysílače, transpondéry, zesilovače i přijímače. Parametry zesilovačů a přijímačů mohou být dynamicky laditelné v závislosti na velikosti zisku (výkonu). Problémy nerovnoměrnosti rozptylu řeší laditelné kompenzátory disperze, pracující na principu Braggovy mřížky a dosahující pro systémy DWDM OC-192 a OC-768 rozsahu v hodnotách 400-1000 ps/nm.

Laditelné komponenty optických sítí mají i pozitivní dopad na úsporu nákladů v oblasti náhradních dílů. A tak se nabízí otázka, proč není zatím zcela využito potenciálu, který laditelné prvky a subsystémy nabízejí. Skutečností je bohužel to, že mnoho laditelných prvků nedosahuje cenových a rozměrových parametrů jejich statických protějšků.
Pro technologie zvyšující spolehlivost je klíčový optický monitoring. Ten již není jen jakousi nadstavbou pro sledování chybovosti, kvality služby a výpadků, ale stává se zdrojem zpětné vazby pro řízení parametrů optických systémů. V budoucnosti se očekává systém umožňující plnou analýzu kvality signálu. Podle výsledku optického monitoringu jsou korigovány odchylky od očekávaného stavu a iniciováno zálohování po případných poruchách.
Jedním z typických jevů při realizaci technologií optických sítí je proces integrace funkcí pro jednotlivé subsystémy. Tak například optické zesilovače, na které jsou kladeny především nároky na vysoký zisk, nízký šum a stejnou hodnotu zisku pro celé pracovní spektrum jsou i platformou pro kompenzaci disperze, dynamické vyrovnávání zisku, nebo oddělování a slučování kanálů. Kombinovaný Ramanovský a EDFA zesilovač použitý pro zesílení signálu po 100 km standardního monovidového optického vlákna vykazuje na výstupu rozptyl výkonu menší než 0,5 dB v celém pásmu C. Atraktivní alternativu klasických EDFA zesilovačů představují i zesilovače typu EDWA, využívající planární vlnovody, které jsou realizovány jako součást planárních světlovodných obvodů (PLC). Tyto obvody integrují často funkce zesilovačů, variabilních útlumových článků, oddělovacích a spojovacích členů a optických filtrů. Obvykle také mohou sdílet čerpací systém pro více zesilovacích elementů.
Technologie vysoké integrace VLSI zaznamenala v posledních létech zřetelný pokrok zejména v oblasti integrace celých systémů na jednom čipu (SoC). V současnosti je tak třeba proveden celý OC-192 přístupový a oddělovací multiplexor (ADM) na jednom čipu, což umožňuje realizovat modul OC-192 na jedné kartě. Takový stupeň integrace má dopad v úsporách nákladů i energie a bude zřejmě stále více využíván při vytváření budoucích optických přenosových systémů. V tomto procesu budou pravděpodobně více úspěšní zejména výrobci, kteří mají jak zkušenosti z návrhu zákaznických obvodů, tak zkušenosti z výstavby celých systémů.
Určitý směr integrace lze pozorovat i ve zcela odlišné oblasti, a to mezi přenosovými systémy SDH/SONET a systémy vlnového multiplexu WDM, označovanými jako systémy nové generace. K renesanci synchronních přenosových systémů přispěly i nově definované standardy, které umožňují transformaci datových toků s variabilní přenosovou rychlostí do signálů s charakterem konstantních přenosových rychlostí, podporující interoperabilitu na úrovni transportní vrstvy. Procedura generického rámcování (GFP - standard G.7041) představuje metodu mapování širokého spektra datových signálů do datové části rámců zmíněných systémů. Virtuální sdružování (VC) uvolňuje rigidní bitové přenosové rychlosti datových částí rámců, dovoluje jejich rozdělení do individuálních kanálů a jejich samostatný přenos. Uspořádání regulace linkové kapacity (LCAS - standard G.7042) pak dále umožňuje měnit kapacitu sdružených kanálů a dosahovat vysokého stupně efektivity přenosu. Struktury WDM, které se rozšířily v počátcích implementace zejména jako multiplikátory optických tras, a to především v situacích, kdy jednotlivé vlnové délky měly stejný počátek i cíl, převážně stále vyžadují buď poměrně náročné procesy zpracování v optoelektrické oblasti (OEO), nobo realizují optický multiplex/demultiplex staticky. Teprve nové systémy 3. generace dovolují dynamické řešení s využitím rekonfigurovatelných optických přístupových multiplexorů (ROADM) a optických přepojovačů (OXC). Takové řešení pak umožní manipulaci s jednotlivými vlnovými délkami stejným způsobem, jakým je možno pracovat s časově tříděnými datovými toky. Zdá se, že systémy optických sítí budou využívat v nejbližší budoucnosti konvergující technologie s prvky časového i vlnového multiplexu.
Vývoj lze vysledovat i v oblasti pasivních optických prvků, například v procesu výroby optických vláken. Je možno zmínit alespoň nový druh optického mnohavidového vlákna optimalizovaného pro lasery typu VCSEL pracujícími v oblasti 850 nm. Takový požadavek vyvstal po vytvoření standardu IEEE 802.3ae pro 10 Gb Ethernet, kdy stávající typy optických kabelů přestaly vyhovovat zejména s ohledem na diferenciální vidové zpoždění (DMD). Jiným nově zaváděným optickým vláknem je například typ ZWPF podle standardu G.652.C/D. Tento typ nevykazuje útlumovou špičku v pásmu E a je tak vhodný zejména v přenosových systémech CWDM pro provoz v celém spektru pásem O, E, S, C a L.
Odborníci očekávají, že v letošním roce se zvýší počet nových systémů DWDM implementovaných jak v páteřních, tak i metropolitních a přístupových sítích, a to ve srovnání s právě uplynulými roky. V oblasti metropolitních WDM sítí lze očekávat nárůst v segmentech firemních sítí budovaných velkými společnostmi s případnou pomocí systémových integrátorů, v sítích poskytovatelů služeb vytvářejících (virtuální) privátní sítě pro koncové uživatele a v infrastruktuře veřejných sítí poskytovatelů služeb.
Je očekáván i rozvoj v oblasti technologie CWDM, která doposud představovala pouze okrajový segment trhu. Technologie CWDM nachází uplatnění zejména v koncových systémech optických sítí a řada provozovatelů nabízí hybridní C/DWDM systémy umožňující snadnou migraci v souladu s nárůstem skutečných potřeb uživatelů. Podporu rozvoje CWDM vyjadřuje i standard ITU-T G.695 přijatý v listopadu loňského roku, který doplňuje předchozí doporučení G.694.2 definující síť vlnových délek s rozestupem kanálů 20 nm (18 vlnových délek v rozsahu 1271 až 1611 nm).
Technologie pro platformy podporující poskytování multifunkčních služeb (MSPP) se systémy SDH nové generace dovolí zřejmě i v nejbližší budoucnosti poskytovatelům služeb využití stávající infrastruktury pro přenos širokopásmového videa, dat, VoD a hlasových služeb přes optické sítě konvergovaného charakteru.

Wawe division multiplexing

Ing. Jaromír Pilař, Cisco Systems, s.r.o.

DWDM technologie a její využití v podnikových, metropolitních a regionálních sítích

Fyzikální základy a principy DWDM technologie

Produkty a příklady řešení :

- **ONS 15530/15540**
- **ONS 15454 MSTP**

Cisco Systems (Czech Republic) s.r.o.
Budova Millenium Plaza
V Celnici 10
117 21 Praha 1

Tel.: +420 221 435 111
Fax: +420 222 244 488

www.cisco.cz

e-mail: jpilar@cisco.com
Tel. : 221 435 029

Technologie CWDM v optických sítích

Ing. Jaromír Šíma, RLC Praha a.s.

Článek popisuje základní vlastnosti technologie „hrubého“ vlnového multiplexu CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing). Jsou zde uvedeny příklady možných aplikací a způsob kombinace s technologií DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Technologie CWDM je obzvláště vhodná v kombinaci s technologií Gigabitového Ethernetu nebo rychlé 1G nebo 2G FC (Fiber Channel) sítě SAN (Storage Area Networks) a předpovídá se ji velká budoucnost. Velké nasazení technologie CWDM se předpokládá pro budování metropolitních sítí, zejména s využitím standardu EFM (Ethernet in First Mile).

Úvod

V případě, kdy potřebujeme zvýšit přenosovou kapacitu optického vlákna, případně když potřebujeme sdílet přenos více nezávislých aplikací po jednom vlákně, je možné s výhodou využít princip vlnového multiplexu WDM (Wavelength Division Multiplexing). V zásadě to znamená, že do optického vlákna je vyslán optický signál o nejméně dvou různých vlnových délkách. Pomocí pasivních filtrů, které tyto vlnové délky umí sloučit a zase na konci linky rozdělit, tak můžeme přenášet podle typu multiplexu až několik desítek, případně i stovek, jednotlivých optických kanálů.

Podle způsobu použití a množství přenášených vlnových délek známe v zásadě tyto typy vlnových multiplexů:

Technologie WDM – původní vlnový multiplex, který používá pro přenos pouze dvě, resp. tři vlnové délky většinou v obousměrném provozu na jednom optickém vlákně. Pasivní vlnový multiplexer WDM (Wavelength Division Multiplexing) je jednoduché a levné pasivní zařízení, které je schopné spojit nebo rozdělit dvě vlnové délky do jediného vlákna. Pro vícevidové aplikace na MM vlákně se používá kombinace vlnových délek 850 nm a 1300 nm, pro jednovidové aplikace na SM vláknech to jsou vlnové délky 1310 nm a 1550 nm.
V systémech PON (Passive Optical Network) pro použití s distribucí videosignálu se používají tři vlnové délky - 1310 nm a 1490 nm pro přenos dat a 1550 nm pro videosignál.

Technologie WWDM – široký vlnový multiplexer (Wide Wavelength Division Multiplexing) většinou používá čtyři vlnové délky v oblasti 850 nm (vícevidová optická vlákna) nebo v oblasti 1300 nm (vícevidová nebo jednovidová optická vlákna). Technologie WWDM je nejčastěji využívána pro přenos Gigabitového a 10Gigabitového Ethernetu (rozhraní 10GBASE-LW). Jednotlivé vlnové délky WWDM multiplexu mají typicky odstup 25 nm.

Technologie DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) - hustý vlnový multiplex se používá hlavně na dálkových optických trasách a vyžaduje precizní nákladné laserové chlazené zdroje a ostatní náročné optické komponenty, jako jsou optické zesilovače EDFA, cirkulátory apod. Doporučení ITU-T G.694.1 „Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid**“** specifikuje jednotlivé přenosové kanály v oblasti vlnových délek v rozsahu od 1490 nm (200,95 THz) do 1620 nm (186,00 THz), (tzv. S, C a L pásmo). Doporučení ITU-T G.694.1 počítá s odstupem jednotlivých kanálů v rozsahu 100GHz se začátkem na 186,00 THz (odstup cca 0,8 nm) nebo s dvojnásobným počtem kanálů s odstupem 50 GHz (cca 0,4 nm).

Technologie CWDM

Technologie CWDM je forma vlnového multiplexu, která využívá větší odstup mezi jednotlivými přenosovými kanály, než je tomu u klasické technologie hustého multiplexu DWDM. Samotný princip CWDM není nový. Již v doporučení ITU-T G.671 bylo specifikováno, že CWDM multiplex by měl mít odstup jednotlivých kanálů menší než 50 nm a větší než 1000 GHz (což je přibližně 8 nm pro vlnovou délku 1550 nm). Teprve příchod pevné specifikace jednotlivých vlnových délek dal základ pro velký rozvoj a hromadné nasazení této technologie. Standardizační komise ITU (International Telecommunication Union), skupina T (Telecommunication standardization sector ITU-T) vydala 13. června roku 2002 doporučení:

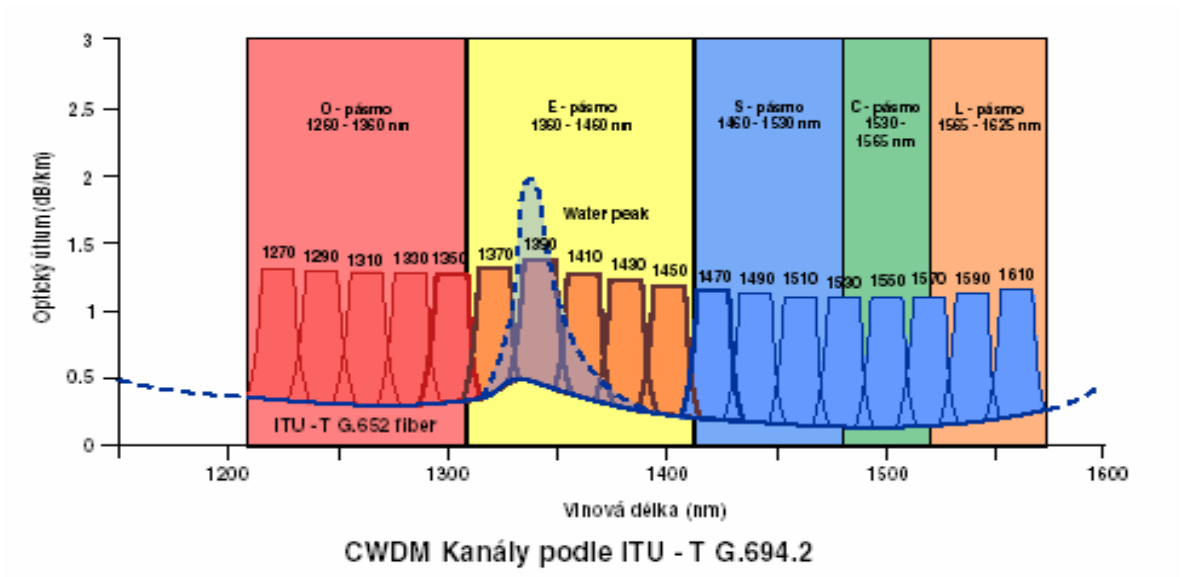
ITU-T G.694.2 - Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid

Standard G.694.2 definuje velikost odstupu jednotlivých kanálů vlnových délek pro použití CWDM technologie tak, aby bylo možné jako zdroje záření použít laserové diody bez nároku na chlazení. Jednotlivé vlnové délky byly také zvoleny tak, aby byly kompatibilní s klasickými používanými vlnovými délkami 1310 nm a 1550 nm.

Jednotlivé vlnové délky CWDM technologie jsou definovány v rozsahu 1270 nm až 1610 nm (vlnové délky jsou počítány z frekvence s použitím rychlosti světla ve vakuu c=2.99792458 $\times$ 10^8 m/s) se vzájemným odstupem 20 nm.

Číslo kanálu	Označení – kód kanálu	Nominální střední vlnová délka [nm]	Rozdělení spektra jednovidového vlákna 9/125 ㎛m
1	27	1270	*O – Original 1260 – 1360 nm* Původní přenosové pásmo v oblasti 1310 nm
2	29	1290	
3	31	1310	
4	33	1330	
5	35	1350	
6	37	1370	*E – Extended 1360 – 1460 nm* Nové pásmo, využitelné pouze s novými typy vláken typu „Low Water Peak“ podle standardu ITU-T G.652.C
7	39	1390	
8	41	1410	
9	43	1430	
10	45	1450	
11	47	1470	S – Short 1460 – 1530 nm Pásmo kratších vlnových délek, které je využíváno pro nové typy přenosů, zvláště CWDM
12	49	1490	
13	51	1510	
14	53	1530	
15	55	1550	C – Conventional 1530 – 1565 nm
16	57	1570	L – Long 1565 – 1625 nm Pásmo dlouhých vlnových délek, využíváno pro novější typy přenosů
17	59	1590	
18	61	1610	

Vlastní standard G.694.2 předpokládá použití nechlazených laserových zdrojů s celkovou tolerancí od nominální střední vlnové délky v rozsahu ± 6 až 7 nm. Vzhledem k toleranci, která je povolena standardem, se v praxi ustálila šířka pásma v rozsahu ± 6,5 nm, jak pro používané CWDM filtry, tak i pro toleranci vlnových délek laserových diod pro celý rozsah pracovních teplot.



CWDM Kanály podle ITU - T G.694.2

Konstrukce CWDM filtrů

Pro konstrukci CWDM filtrů se používá osvědčená technologie tenkovrstvých filmů, která byla již ověřena při použití technologie DWDM. Prakticky to znamená menší počet potřebných napařených vrstev a tedy i nižší cenu, než v případě filtrů pro technologii DWDM. Na rozdíl od hustého vlnového multiplexu DWDM tady máme širší propustné pásmo ± 6,5 nm od střední vlnové délky optického kanálu. Vzhledem k teplotnímu posunu vlnové délky optického transcieveru (DFB laseru, pro rozsah pracovních teplot od 0°C do +70°C) se v praxi používá vlnová délka optického multiplexeru vždy větší o 1nm, než je nominální vlnová délka laseru.

Typické parametry CWDM Multiplexeru/Demultiplexeru pro 8 kanálů:

Nominální vlnové délky:	1471/1491/1511/1531/1551/1571/1591/1611 nm
Odstup kanálů:	20 nm
Šířka pásma (zvlnění 0,5 dB):	± 6,5 nm
Vložný útlum:	≤ 3 dB (typicky méně než 5 dB pro celý kanál)
Izolace sousedních kanálů:	≥ 30 dB
Izolace nesousedních kanálů:	≥ 40 dB
Směrovost:	≥ 50 dB
Útlum odrazu ORL:	≥ 45 dB
Pracovní teplota:	0 až +70 °C
Max. optický výkon:	300 mW

Laserové optické zdroje

Jako laserové zdroje optického záření se používají polovodičové laserové diody s rozprostřenou zpětnou vazbou (DFB LD – Distributed FeedBack Laser Diode). Dnes dostupné transcievery CWDM, např. pro Gigabit Ethernet mohou dosáhnout typický překlenutelný útlum kolem 23 dB až 28 dB pro vzdálenost 50 až 80 km. Pokud je v těchto transcieverech osazena citlivá lavinová polovodičová fotodioda (APD – Avalanch Photo Diode), je možné překlenutelný útlum zvýšit na cca 36 dB a tím dosáhnout do vzdálenosti až 120 km bez zesílení.

Výběr vlnových délek

Všechny vlnové délky CWDM technologie (k dispozici je 18 kanálů) můžeme využít jen s vláknem typu „Metro“ neboli s plným spektrem podle standardu G.652.C. Vlákno „Metro“ je nový typ vlákna, které je vyrobeno bez zvýšení útlumu („water peak“) v oblasti vlnových délek 1360 až 1450 nm.

V běžných případech stávajících optických tras máme ale většinou k dispozici jen standardní optické jednovidové vlákno 9/125um, odpovídající standardu ITU G.652. Je tedy třeba pro delší vzdálenosti uvažovat pouze o využití tohoto vlákna v pásmu o vlnových délkách 1470 až 1610 nm.

Pro kratší vzdálenosti, kdy můžeme vzhledem k útlumu používat vlnové délky již od 1290 nm, je pro standardní optické vlákno G.652 k dispozici 12 kanálů, s vlnovými délkami 1290, 1310, 1330, 1350, 1470, 1490, 1510, 1530, 1550, 1570, 1590 a 1610 nm.

Pro delší vzdálenosti už nelze přenosové okno v pásmu 1300 nm použít a zbývá nám k dispozici celkem osm přenosových kanálů (pásma S + C+ L), v rozsahu od 1470 do 1610 nm. Pokud by se jednalo o extrémně dlouhé přenosové trasy (nad 90 km), je nutné počítat i se zvýšeným vložným útlumem v oblasti vlnových délek okolo 1470 až 1510 nm a prakticky použitelné nám zůstávají vlnové délky v rozsahu od 1530 nm (pásma C + L).

Kombinace technologií CWDM a DWDM

Technologii CWDM lze v případě potřeby vhodně zkombinovat s technologií hustého multiplexu DWDM. Pro technologii DWDM se používají EDFA optické zesilovače, které se běžně dodávají pro práci v pásmu C nebo L, případně pro obě pásma dohromady.
Pro kombinaci s technologií DWDM je tedy třeba počítat s provozem v pásmu C a L. Pokud ale vezmeme v úvahu, že celý CWDM kanál je v pásmu C jen jeden, a to kanál 1550 nm, nelze sousedí kanály 1530 a 1570 nm, které již vybíhají z okraje C pásma, přímo použít. Podobná situace nastane v pásmu L, kde je k dispozici zase pouze jeden celistvý kanál CWDM 1590 nm. Pro běžnou situaci s klasickým CWDM multiplexerem máme tedy k dispozici pro budoucí rozšíření pouze dva kanály, kanál 1550 a 1590 nm.
Vezmeme-li v úvahu šířku CWDM kanálu o velikosti ± 6,5 nm, pro použití systému DWDM je prakticky v tomto kanálu CWDM 1550 nm (nebo 1590 nm) k dispozici 16 kanálů s rozestupem 100 GHz. Celkem je možné pro budoucí rozšíření použít 32 DWDM kanálů.
V případě požadavku na plné budoucí využití pásem C a L pro technologii DWDM není možné použít běžné CWDM filtry, ale je nutné nejdříve rozdělit pásma na spojená pásma C+L a ostatní pásma O+E+S a teprve potom zařadit další filtry CWDM a DWDM. Při tomto způsobu řešení jsou k dispozici všechny dostupné kanály DWDM.

Způsob použití technologie CWDM

Způsob vlastního řešení výstavby optické sítě s použitím komponentů CWDM může být v zásadě dvojí.

Použití aktivních prvků s porty typu SFP

V tomto případě, kdy je možné dosáhnout nejnižší ceny vlastního řešení, použijeme aktivní prvky, které mají přímo zabudováno rozhraní typu SFP (respektive starší verze s rozhraním GBIC). Toto rozhraní SFP aktivního prvku přímo osadíme CWDM SFP transceivery požadovaného typu a výkonu. Optickými propojovacími kabely napojíme tyto CWDM transceivery na CWDM Multi/Demultiplexer a dále na optické vlákno v trase. Na druhé straně trasy bude situace podobná, nebo případně je možné využít i na zakázku nakonfigurovaný ADD/DROP CWDM Multi/Demultiplexer, který z trasy odbočí jen některé vybrané vlnové délky.
Komunikaci je možné zprovoznit i na jediném optickém vlákně, kdy se z důvodu většího oddělení jednotlivých kanálů používají sousední kanály vždy v obráceném směru komunikace.
Jako aktivní prvky většinou použijeme přepínače s porty Gigabit Ethernetu, které dodává celá řada renomovaných výrobců, jako je firma Cisco, Nortel, Allied Telesyn, Nbase apod.

Použití transpondéru – media konvertoru s porty SFP

Toto řešení použijeme v případě, kdy stávající nebo nové zařízení nemá k dispozici porty s rozhraním SFP. Použijeme aktivní prvek – media konvertor neboli transpondér, který má každý kanál osazen dvěma porty SFP. Do uživatelského portu SFP osadíme běžný transceiver podle typu připojení (Např. Multimódový Fast Ethernet 100Base-FX, ATM 155Mbit/s singlemode 1310 nm, STM-1 1310 nm, Gigabit Ethernet s multimódovým rozhraním 1000BASESX nebo dokonce i s metalickým rozhraním 100/1000BASE-TX, Fiber Channel 1G nebo 2G, STM-16, atd.). Do portu na straně sítě osadíme příslušný typ CWDM SFP transceiveru, který dále napojíme na externí CWDM Multi/Demultiplexer.

Tento způsob řešení je tedy prakticky obdobný, jako v případě technologie DWDM, jen s tím rozdílem, že jednotlivé vlnové délky a překlenutelný útlum trasy volíme pomocí vybraného CWDM SFP transceiveru. Dále je toto řešení více variabilní a konfigurovatelné podle požadavků, vždy pouze výměnou příslušného typu SFP transceiveru na uživatelské straně.

Návratnost řešení přenosu pomocí technologie CWDM

Příznivá cena technologie CWDM umožňuje až neobvykle vysokou návratnost investice, obvykle v řádu 9 až 12 měsíců. Cena instalace se bude samozřejmě vždy lišit případ od případu, a bude nejvíce záviset na ceně pronájmu optických vláken, která bychom potřebovali v případě, kdy by technologie CWDM nebyla použita. Cena pronájmu vlákna závisí na době pronájmu, délce trasy a dalších místních podmínkách a pohybuje se v rozmezí od 1 500,- Kč do 10 000,- Kč za pronájem jednoho páru 1 km vláken
za měsíc.

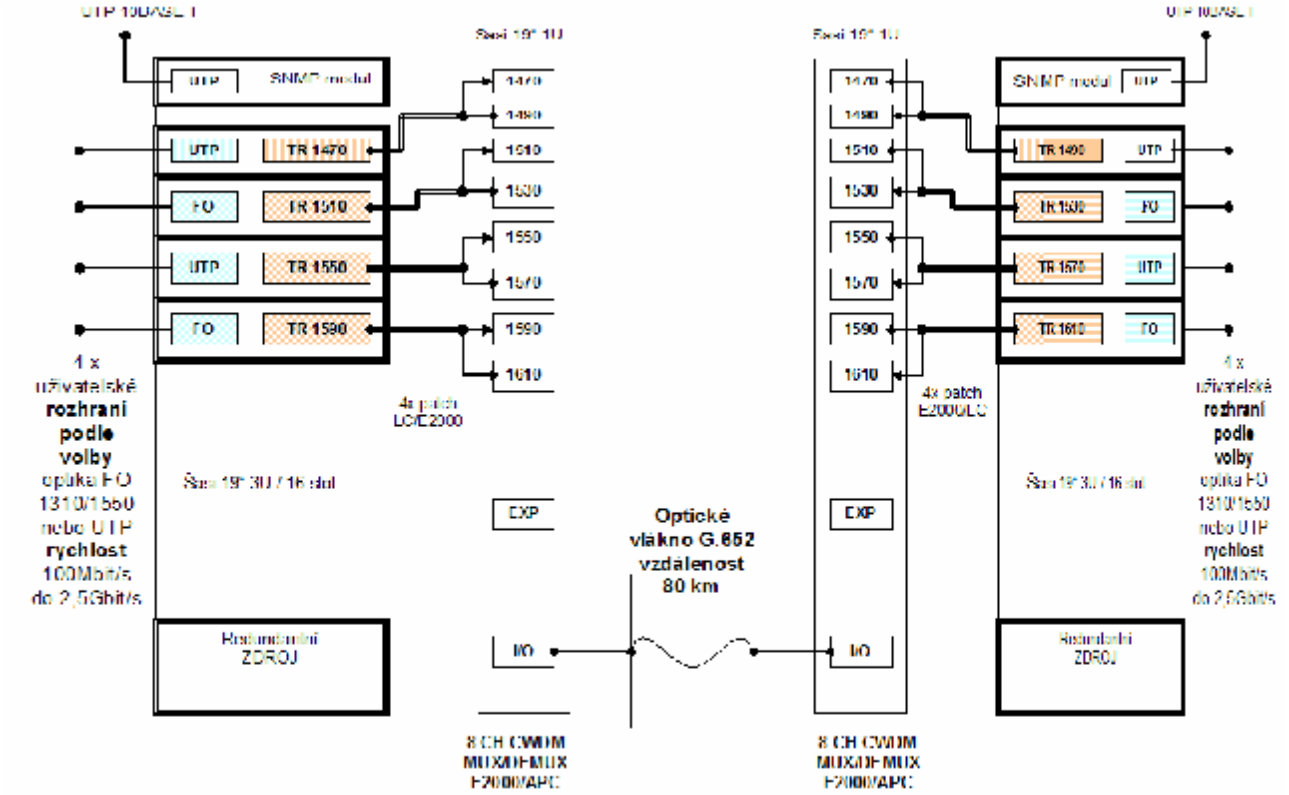
Podrobněji je situace naznačena na modelové situaci:

Dvě lokality, vzdálené od sebe 30 km, potřebujeme propojit pomocí dvou nezávislých kanálů Gigabit Ethernetu, jednoho kanálu Fiber Channel 1G a dále propojit telefonní ústředny pomocí rozhraní STM-1 (155 Mbit/s). Při klasickém řešení tohoto požadavku (samostatný pár vláken pro každý typ propojení) potřebujeme celkem 8 vláken. Cena za pronájem jednoho vlákna je 1 200,- Kč/1km/měsíc. Celková cena, kterou zaplatíme za pronájem osmi vláken mezi dvěmi lokalitami tak bude za jeden rok činit 3 456 000,- Kč.
V případě, kdy použijeme řešení CWDM, stačí nám pro splnění všech požadavků pronájem pouze jediného optického vlákna mezi těmito lokalitami. Roční cena za pronájem jediného vlákna je 432 000,- Kč. Roční úspora je ve výši 3 024 000,- Kč. Přitom pořizovací cena technologie CWDM řešení pro tento případ je ve výši cca 1 000 000,- Kč.

Návratnost investovaných prostředků se v tomto modelovém případě pohybuje v řádu čtyř měsíců od data pořízení.

Literatura:

1. ITU-T Recommendation G.694.2 „**Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid“**
2. ITU-T Recommendation G.694.1 „Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid**“**
3. Další vybrané doporučení ITU-T
4. Katalogové listy a literatura firem Cisco, Allied Telesyn, RBN, …



Příklad CWDM řešení přenosu 4 nezávislých kanálů po jediném vlákně

TDM over IP-nové možnosti využití širokopásmových IP/Ethernet/MPLS sítí

Ing. Zdeněk Zapletal, VUMS DataCom, spol. s r.o.

Pojmy jako konvergentní sítě nebo VoIP jsou v dnešní době už dobře známé a mnozí z nás se už setkali s praktickým nasazením těchto technologií u některých operátorů. Výhody nových technologií založených na přepínaní paketů jsou zřejmé na první pohled. Jedná se především o efektivní využití přenosového pásma (pakety se přenášejí pouze tehdy, kdy je co přenášet) při zachování současného přenosu hlasu i dat. Praktickým důsledkem je např. nižší cena hovoru.

Na druhé straně, klasická telefonní technologie založená na přepínání okruhů, tj. časovém multiplexu (TDM), je na trhu už několik desítek let a za tu dobu dosáhla prakticky dokonalosti. Výrobci klasických telefonních ústředen dnes podporují stovky vlastností jako je identifikace volajícího, zpětné volání, možnost přesměrování, hlasové schránky atd. Tyto běžné vlastnosti telefonních signalizací (SS7, R2, ISDN, Q.SIG...) nedokáží výrobci VoIP zařízení zatím plně podporovat. U VoIP je totiž signalizace záležitostí čtvrté a vyšších vrstev OSI a vývoj těchto protokolů není u VoIP dokončen. Je to samozřejmě jen otázkou času, ale zatím je potřeba dobře zvážit, zda přechodem k VoIP nepřijdeme o vlastnosti, které jsou pro nás nezbytné. Má to snad znamenat, že bychom ještě několik let měli budovat a používat oddělené sítě pro hlas a data?

Zde je vhodné udělat malou odbočku a zmínit se o trendech, které se poslední dobou zřetelně projevují při budování širokopásmových páteřních sítí. Na jedné straně se investuje do sofistikovaného hardware a technologií, které umožňují definovat kvalitu služeb jako je rychlost, doba odezvy, dostupnost atd. Na druhé straně se přistupuje k zajištění kvality služeb "hrubou silou", kdy síť (resp. šířka pásma) je "předimenzována" a v podstatě není nutný mechanismus pro zajištění kvality služeb. Tento druhý způsob představuje například Gigabit Ethernet. Pro výrobce Ethernet přepínačů dnes není problém dosáhnout na optice vzdálenost v řádu desítek kilometrů a tak se tento trend projevuje především v metropolitních sítích.

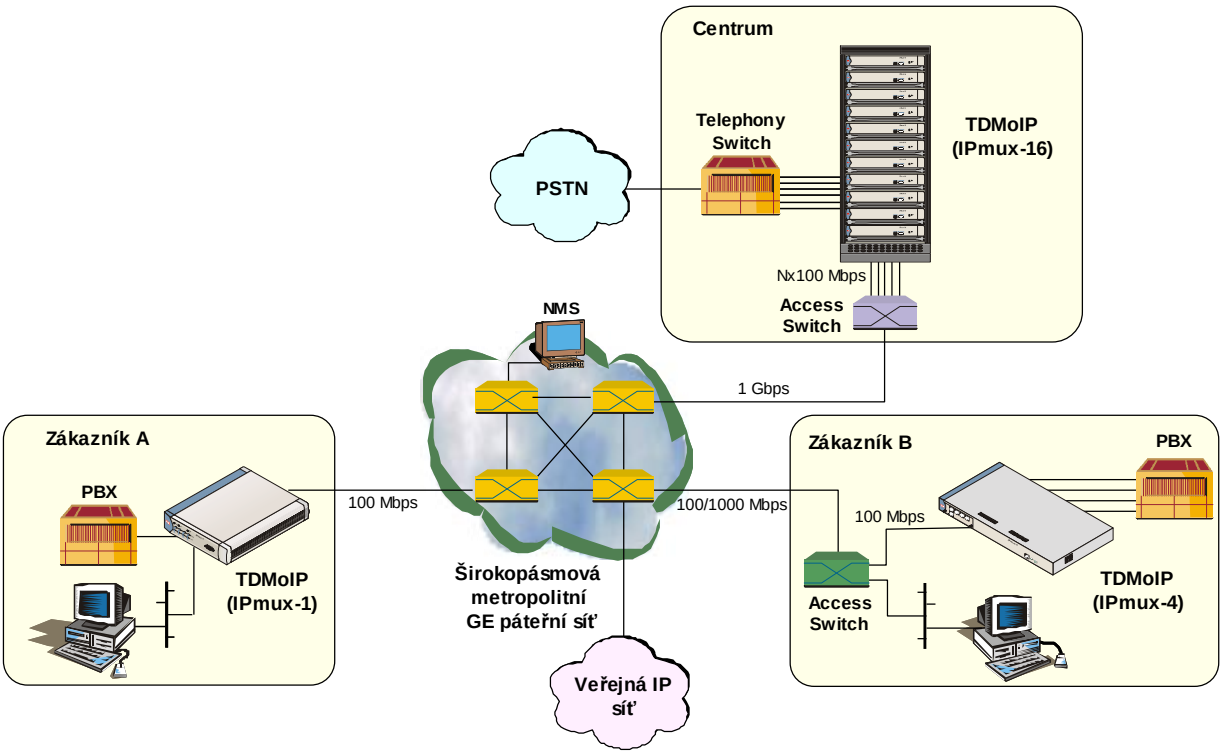
Jaká je tedy odpověď na výše položenou otázku? Lze už dnes využít datovou síť (například Ethernet) pro hlas, aniž bychom se připravili o důležité vlastnosti poskytované výrobci klasických ústředen? Odpověď zní ANO, lze použít novou technologii TDMoIP (Time Division Multiplexing over Internet Protocol). Tato technologie umožňuje připojit stávající zařízení na bázi TDM (E1, T1, ISDN PRI, ISDN BRI) k IP síti z hlediska signalizace naprosto transparentně.

Průkopníkem této technologie je firma RAD Data Communications, která uvedla na trh řadu nových zařízení na bázi TDMoIP (např. IPmux, VMUX), případně implementovala tuto technologii do řady již dříve vyráběných TDM zařízení (např. Kilomux nebo Megaplex). Konkrétně IPmux-16 dokáže konvertovat až 16 E1 toků na IP pakety, které jsou posílány přes Ethernet port do IP sítě. Cílový IPmux potom provede zpětnou konverzi. Vše proběhne z hlediska signalizace naprosto transparentně, stejně jako by E1 toky byly

přenášeny pevnou linkou. V případě hlasových E1 toků lze tak mimo jiné přenášet i firemní signalizace různých výrobců, které nejsou zahrnuty ve standardech.

Zařízení IPmux je z hlediska nasazení a konfigurace velice jednoduché. Stačí zadat lokální IP adresu, parametry E1 portu, IP adresu protějšího zařízení IPmux a cílový port a od tohoto okamžiku již vše funguje. Pro doladění slouží diagnostika, která nám ukáže stav jednotlivých linek.
Každý E1 port IPmuxu se dá konfigurovat nezávisle a tak je možné vytvářet libovolnou síťovou strukturu. Je to dáno tím, že TDM data jsou přenášena pomocí UDP paketů a jednotlivé porty zařízení jsou rozlišeny na základě hlavičky UDP paketů. Podporovány jsou také standardní prostředky pro zajištění kvality služeb 802.1p a 802.1q na úrovni Ethernetu a TOS (Type of Service) na úrovni IP. Protože se jedná o časový multiplex, zásadní otázkou je synchronizace hodin. IPmux nabízí dvě možnosti. Poněkud zjednodušeně je to tzv. adaptivní režim, kdy jsou hodiny rekonstruovány z přenesených paketů s přihlédnutím k zaplnění bufferu a nebo loopback režim, kdy jsou hodiny brány z externí sítě. Pro doladění kvality spoje slouží především volitelná velikost "TDM paketu" a nastavení tolerance proměnlivosti zpoždění přenosu (Packet Delay Variation).

Jak může vypadat konkrétní nasazení? Následující obrázek ukazuje, jak je možné snadno rozšířit metropolitní síť na Ethernet přepínačích o hlasové služby.



Jak je vidět, technologie TDMoIP umožňuje snadné a efektivní spojení starého světa TDM technologií s novým světem založeném na širokopásmových IP/Ethernet/MPLS sítích.

xDSL v režii ČRa

Ing Zdeněk Jína, České radiokomunikace a.s.

xDSL je budoucnost

Cílem této přednášky je popsat důvody, proč si České radiokomunikace a.s. zvolily technologie xDSL pro poskytování hlasových a datových služeb.

Nejdříve se vrátím úplně na začátek, kdy byly České radiokomunikace a.s. v roce 1963 založeny jako Správa radiokomunikací a v roce 1994 byly transformovány na akciovou společnost. Po ukončení privatizace a rozsáhlé restrukturalizaci se ČRa staly plnohodnotným poskytovatelem telekomunikačních a vysílacích služeb.

V současnosti se dají oblasti podnikaní ČRa rozdělit do tří základních oblastí:

- Telekomunikační služby multifunkční sítě – ucelená nabídka Bluetone zahrnující hlas, data a internet
- Služby spojené s televizním a rozhlasovým vysíláním – celoplošné, regionální i lokální šíření a přenos televizního a rozhlasového signálu
- Služby spojené se správou majetku – využití potenciálu objektů společnosti a pronájmy prostor dalším subjektům

Nyní zpět k vlastnímu tématu přednášky. Jak z názvu vyplývá, ČRa si pro poskytování hlasových a datových služeb zvolily technologie xDSL. Vlastnímu rozhodnutí však předcházela otázka, jaké technologie jsou na trhu, pomocí kterých můžeme zákazníkům poskytovat hlasové a datové služby. Odpovědí byly technologie (systémy):

- bezdrátové systémy
- systémy kabelové TV
- technologie xDSL (ADSL, SHDSL)

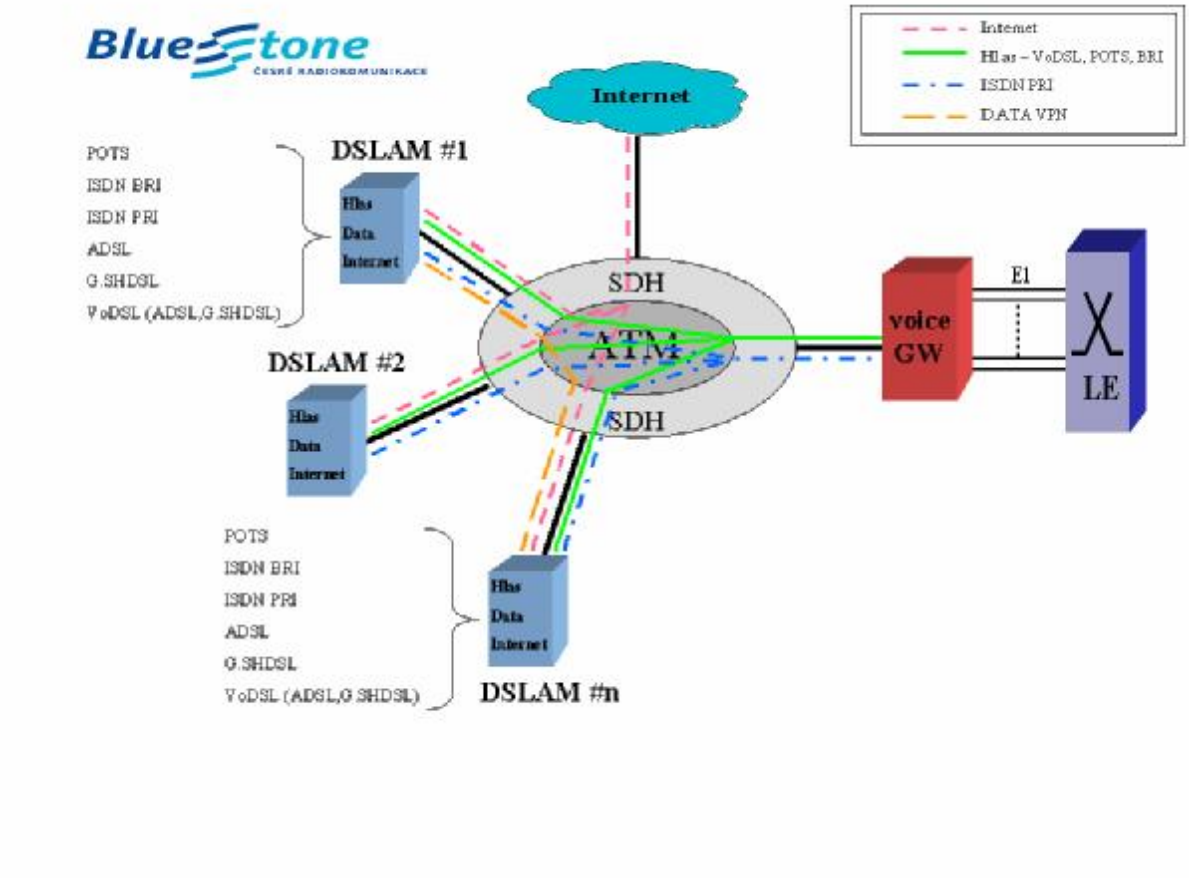
Nevýhodou bezdrátových systémů je skutečnost, že pracují v nelicencovaném pásmu 2,4 GHz, kde je velké rušení, a proto by jsme nebyli schopni zajistit kvalitu služby. Samozřejmě některé vybrané systémy pracují v pásmu 3,5 GHz, které je licencováno. Nedostatek volných kmitočtů v tomto pásmu je však velkou nevýhodou. Další nevýhodou je až na výjimky potřeba přímé viditelnosti mezi základnou a terminálovou stanicí. Mezi výhody můžeme zahrnout dostupnost signálu ve velké vzdálenosti od základnové stanice (jednotky až desítky kilometrů) a samozřejmě není potřeba žádná pevná přenosová síť.

Pro systémy využívající rozvody kabelové TV je nevýhodou nutnost vybudování kabelových rozvodů, což sebou přináší velké cenové náklady.

Velkou výhodou xDSL technologií je, že využívají metalická vedení, která jsou zavedena do většiny domácností a firem v České republice, což vede k vysokým cenovým úsporám. Podle typu technologie lze zákazníkovi nabídnou různé přenosové rychlosti (jednotky až desítky Mbit/s) a typy přenosu (symetrické, asymetrické). Některé technologie (ADSL, VDSL) umožňují zákazníkovi si ponechat stávající telefonní linku (Plain Old Telephone Service). Jisté omezení tyto systémy mají ve vzdálenostech na které se dají nasadit (stovky metrů až jednotky kilometrů).

Po zhodnocení a uvážení všech výhod a nevýhod jednotlivých technologií (systémů) jsme se rozhodli pro xDSL. Konkrétně se jedná o ADSL (Asymetric Digital Subscriber Line) a SHDSL (Single pair High bit rate Digital Subscriber Line). ADSL je technologie využívající asymetrické směry přenosu. Ve směru k zákazníkovi (downstream) se data přenášejí rychlostí až 8 Mbit/s a ve směru od zákazníka (upstream) až 640 kbit/s. Jelikož se daná technologie bude nasazovat na vedení ve vlastnictví ČTc, musíme vycházet z podmínek ČTc, kde je definována maximální délka vedení 3 km. SHDSL je technologie využívající symetrické směry přenosu. V obou směrech se data přenášejí maximální rychlostí 2,3 Mbit/s na vzdálenost 2,4 km. Maximální délka vedení zde již není omezena jako u ADSL. SHDSL tedy můžeme nasadit na vedení větší délky, ale musíme počítat s poklesem přenosové rychlosti v závislosti na délce vedení.

Pro poskytování kvalitních hlasových a datových služeb, budeme využívat naší páteřní síť, která byla navržena a dále je rozšiřována tak, aby splňovala ty nejvyšší požadavky na kvalitu. Páteřní síť je postavena na technologiích ATM a SDH. Pro poskytování služeb pomocí technologií xDSL jsme síť vybavili DSLAMy (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), které zajišťují koncentraci provozů od jednotlivých zákazníků a hlasovou branou (voice GW), která koncentruje veškerá volání v této síti a předává je k dalšímu zpracování veřejné ústředně (LE). Struktura celé sítě je zobrazena na obrázku.



Na obrázku jsou rovněž naznačeny třídy služeb, které budeme zákazníkům nabízet. Jedná se o služby POTS, ISDN BRI, ISDN PRI, ADSL, SHDSL, data VPN, VoDSL a samozřejmě kombinace uvedených služeb. Na ADSL si budou moci zákazníci vybrat z přenosových rychlostí 512/128 kbit/s, 1024/256kbit/s až 2048/512 kbit/s při neomezeném datovém limitu a na SHDSL až 2048 Mbit/s.

Závěrem je vhodné říci, že ČRa nezapomínají na budoucnost, a proto spolupracují s dodavatelem technologie na vývoji služeb jako video na přání (Video on Demand) a distribuci televizního vysílaní přes xDSL síť, neboť budoucnost je v multimediálních sítích. Nakonec nesmím zapomenout, že první dvě lokality České radiokomunikace a.s. zprovozní v květnu 2004.

Optické sítě v ČR a střední Evropě

Petr Sobotka, ČD Telekomunikace a.s.

Poslání společnosti

„Společnost ČD-Telekomunikace poskytuje širokou škálu telekomunikačních služeb s vysokou kvalitou a smluvně garantovanými parametry. Je schopna uspokojit potřeby všech vrstev zákazníků, včetně telekomunikačních operátorů, kteří současně s vysokou jakostí služeb vyžadují i optimalizaci nákladů."

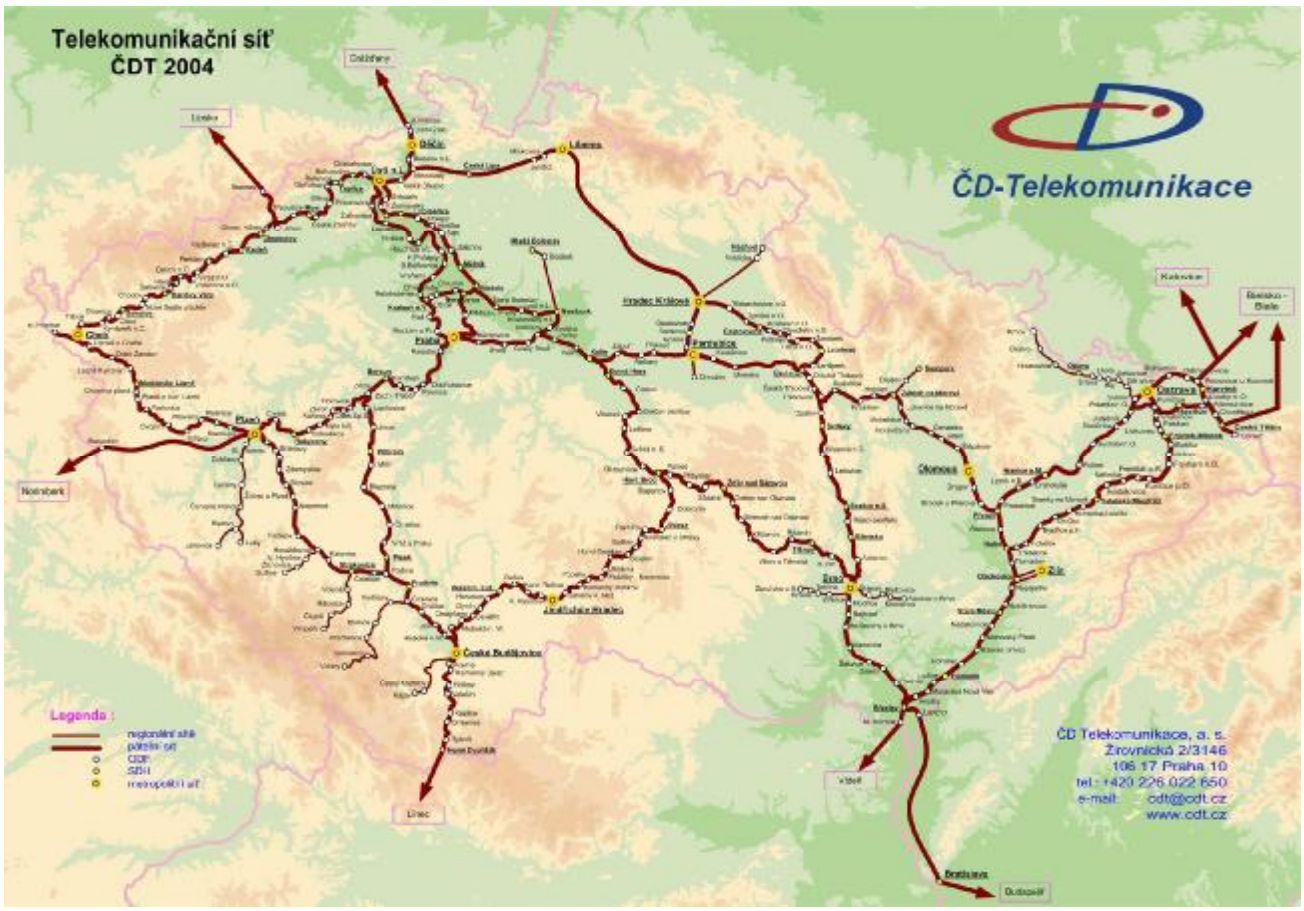
Historie společnosti ČD-Telekomunikace a.s.

Společnost ČD-Telekomunikace (ČDT) byla založena v roce 1994 jako společnost, jejímž posláním bylo vybudovat digitální telekomunikační síť využívající telekomunikačních kabelů s optickými vlákny a širokopásmových přenosových technologií. Od svého vzniku úzce spolupracuje s Českými drahami, které v průběhu roku 2004 získávají v ČDT majoritní podíl.

ČD-Telekomunikace a.s. dnes provozuje přes 2400 km optických tras po celém území České republiky a nabízí dostupnost svých služeb ve více než stovce lokalit. Síť je osazena SDH technologií, optické kabely vyhovují doporučením ITU-T G.652. V nejbližším období se rozšiřuje stávající síť o dalších přibližně 1000 kilometrů kabelových tras a postupně se nasazuje technologie DWDM.

Nabízené služby

Společnost ČD -Telekomunikace poskytuje telekomunikační služby s vysokou a smluvně garantovanou jakostí. Služby mají širokopásmový charakter a jsou určené operátorům pevných a mobilních sítí, poskytovatelům připojení do Internetu (ISP), decentralizovaným společnostem, koncovým uživatelům s požadavkem na širokopásmové připojení, státní správě a dalším subjektům.



Pronájem vláken je určen uživatelům, kteří nevyžadují komplexní službu a jsou schopni sami realizovat výstavbu a provoz telekomunikačních přenosových systémů. K dispozici jsou připravena jednovidová (SM 9/125) optická vlákna s parametry dle doporučení ITU-T G.652.

Digitální okruhy, resp. služba pronájmu přenosových kapacit je určena poskytovatelům služeb i koncovým uživatelům. Služba využívá přenosovou technologii SDH a je k dispozici v několika variantách (včetně nebo bez poslední míle, v kruhové topologii) a přenosových rychlostech (zpravidla od 2 Mbit/s do 622 Mbit/s).

Obě služby – pronájem vláken i digitální okruhy se neomezují pouze na oblast České republiky. Ve spolupráci s našimi partnery – zahraničními operátory – jsou poskytovány **mezinárodní služby**, jejichž jeden nebo oba konce leží mimo území České republiky.

Služby založené na IP protokolu jsou vhodné pro zákazníky, jejichž společnost je decentralizovaná na rozsáhlém území. K jejich charakteristickým vlastnostem patří vysoká komplexnost, zabezpečení konfigurace a dohledu koncového zařízení, vysoká spolehlivost a garantovaná dostupnost.

Připojení do Internetu je poskytováno s dalšími doplňkovými služby, které souvisejí s poskytováním Internetových služeb. Vyznačuje se vysokou dostupností (spolehlivostí) služby, která je dána technickým řešením využívajícím zálohovaných síťových prvků a zálohovaného připojení do uzlu NIX.

Hlasové služby jsou poskytovány na základě licence přidělené ČTÚ společnosti v roce 2002. Podstatou hlasových služeb je využití optické sítě ČDT a moderních spojovacích prostředků, které umožňují realizovat celou řadu doplňkových služeb s přidanou hodnotou.

Podpora zákazníkům

Servisní zázemí je jedno z nejširších, představuje 8 servisních středisek v jednotlivých částech ČR

Monitorování sítě je zajištěno prostřednictvím vlastních dohledových center (NOC), které je v provozu 24 hodin denně a 365 dní v roce a jsou umístěny ve třech nezávislých lokalitách.

Orientace na zákazníka a jeho naprostá spokojenost jsou základními hodnotami společnosti ČDT; otevřená komunikace, dynamičnost a flexibilita jsou tak základními vlastnostmi týmu ČD-Telekomunikace.

Chcete-li se dozvědět o vhodném řešení a službách právě pro Vás, domluvte si s námi schůzku na telefonním čísle 210 021 650 nebo adrese obchod@cdt.cz. Pro více informací o společnosti a produktech navštivte naše internetové stránky na http://www.cdt.cz.

Přístupové a metropolitní optické sítě–současný stav a výhledy jejich rozvoje

Anton Kuchar, Ústav radiotechniky a elektroniky AV ČR

1. Úvod

V prvním přiblížení můžeme pro účely toho příspěvku rozdělit telekomunikační sítě na dálkové a místní.

Dálkové sítě propojující populační, správní, průmyslová a obchodní centra prakticky zcela ovládla optika, s výjimkou šíření rozhlasových a televizních signálů, které je a zřejmě do značné míry bude i nadále zajišťováno převážně radiovými, globálně pak družicovými sítěmi. I u rozlehlých mobilních sítí jsou jejich uzly propojeny převážně optikou. Přenosová kapacita spojů mezi uzly dálkových sítí již i u komerčních výrobků překročila 1 Tb/s jedním světlovodem. Laboratorně byla dosažena hodnota 10 Tb/s. Proto cena za spojení mezi dvěma body nyní jen málo závisí na vzdálenosti mezi nimi – závisí spíše na počtu uzlů, kterými musí signál na své cestě procházet. Výzkum v oblasti dálkových sítí se nyní soustřeďuje na snížení nákladů na přepojování signálových toků v dálkových sítích. I zde se začíná uplatňovat optika, která umožňuje podstatné zjednodušení a současně zvýšení propustnosti uzlů dálkových sítí, neboť tranzitní provoz není třeba převádět do elektrické domény a po realizaci přepojení jej následně převádět zpět do domény optické.

V místních sítích je situace podstatně složitější. Ve velkých městech, resp. městských aglomeracích, mají místní sítě dvě, někdy i tři úrovně. V přístupové části těchto metropolitních sítích se v různé míře využívají nejrůznější technologie umožňující přenos signálů vzduchem (v radiofrekvenčních, vzácněji i v optických pásmech), nebo po kabelech (metalických nebo optických). Ve vyšších úrovních metropolitních sítí opět dominuje optika, která umožňuje jimi pokrýt území o poloměru více než 100 km. Pak již lze mluvit spíše o sítích regionálních. Rozdíl mezi aplikací optiky v dálkových spojích ve srovnání s místními sítěmi spočívá zejména ve vyšší citlivosti místních sítí na cenu instalovaných zařízení, které je v tomto případě sdíleno menším počtem uživatelů.

Důležitou roli při realizaci telekomunikačních sítí moderní koncepce hraje rozhraní mezi přístupovou částí a vyššími úrovněmi těchto sítí. Důvodem je skutečnost, že narůstá počet druhů terminálů na straně zákazníka, které produkují, resp. jsou schopny přijímat, signály různého formátu, které je třeba na vstupu do sítě sjednotit, aby jejich přenos ve vyšších úrovních sítí, které by měly být vzhledem k signálovým formátům transparentní, byl efektivní.

Výsledkem úspěchů ve vývoji optických spojů a liberalizace podnikání v oblasti telekomunikací je přeinvestování v dálkových spojích, zatímco místní sítě se staly úzkým hrdlem telekomunikačních sítí. V tomto příspěvku posoudíme, do jaké míry může nasazení optiky pomoct vyřešit tento problém ve srovnání s jinými – konkurenčními technologiemi.

2. Přístupové sítě

Využití světlovodů v přístupových sítích bylo navrženo i odzkoušeno před více než dvaceti léty. Postupně byly vyvinuty různé způsoby uplatnění světlovodů v těchto sítích. Překážkou hromadného uplatnění optiky v přístupových sítích byly a i nadále jsou především vysoké náklady na jejich realizaci. Důležitou roli sehrály i vysoké investice dříve vložené do přístupových sítí založených na přenosu signálů konvenčními médii – zejména měděnými páry, které zatím nebyly amortizovány. Proto se i v bohatých zemích (např. v USA) světlovody prosadily zatím především v oblastech nové výstavby, zejména rezidenčních čtvrtí. Posledním brzdícím faktorem je stále nedostatek aplikací, které by potenciál optických přístupových sítí využily. V současné době je jedinou skutečně masovou širokopásmovou aplikací mnohoprogramová televize. Pro tu však byly vyvinuty speciální způsoby (jednosměrného) přenosu signálů vzduchem i po kabelech. Bouřlivý rozmach Internetu, jehož jsme svědky, by však tuto situaci mohl změnit.

V současné době existují tři základní kategorie přístupových sítí využívajících světlovody:

- pasivní optické sítě (Passive Optical Networks, PON,).
- aktivní optické sítě (Active Optical Networks, AON).
- hybridní sítě využívající kombinaci světlovodů s koaxiálními kabely (Hybrid Fibre Coax networks, HFC).

Nejrozšířenější rodinou přístupových sítí využívajících světlovody jsou pasivní optické sítě. Vyvinuly se v oblastí telekomunikací. Základní varianta byla navržena (1982) a odzkoušena (1987) ve Velké Británii. Světlovody paprskovitě vybíhající z místního centra, resp. přístupového bodu do vyšších úrovní sítě, se v určité vzdálenosti od centra větví do 2 až 64 směrů (max. počet odboček je limitován útlumem rozbočovačů), čímž se podstatně sníží spotřeba světlovodů a tím i náklady na realizaci celého systému. Digitální signály jsou v obou směrech přenášeny v základním pásmu – v základní variantě na vlnové délce 1550 nm rychlostí 622 Mb/s směrem ke koncovým bodům světlovodné sítě, rychlostí 155 Mb/s na vlnové délce 1310 nm v opačném směru. Podle toho kam až vede optika, se sítě PON dělí na podskupiny:

- FTTP (Fibre-To-The-Premises, vlákno k areálu, komplexu budov)
- FTTC (Fibre-To-The-Curb, vlákno k okraji chodníku, zejména v rezidenčních oblastech)
- FTTB (Fibre-To-The-Building, vlákno k budově)
- FTTH (Fibre-To-The-Home, vlákno až do domu)
- FTTD (Fibre-To-The-Desk, vlákno až na stůl, k jednotlivým koncovým zařízením).

V roce 1995 rozvinula skupina velkých telekomunikačních provozovatelů iniciativu FSAN (Full Service Access Networks) s cílem standardizovat a dále rozvíjet tento typ sítí. Postupně bylo vyvinuto a posléze v ITU i standardizováno několik variant PON, tvořící rodinu doporučení G.982, G.983 a G.984:

- T-PON (základní varianta, využívající standardní multiplexování v čase, TDM)
- A-PON (využívající protokol ATM, později přejmenované na B-PON = Broadband PON)
- G-PON (Gigabit PON umožňující pracovat s protokoly TDM, ATM i Ethernet přenosovou rychlostí až 2,4 Gb/s, rozbočení až 1:64, dosah do 20 km)
- Super-PON (využívají optické vláknové zesilovače. Dosah až 100 km)
- WDM-PON (pro zvýšení přenosové kapacity tyto sítě využívají optické vlnové multiplexování – přenos současně na několika vlnových délkách. Jedná se zatím o experimentální systémy).

Před několika léty začal bouřlivý rozvoz přístupových technologií typu Ethernet. V novějších verzích byly postupně zvýšeny dosah i přenosová rychlost Ethernetových sítí a kromě vnitropodnikových datových sítí (LAN) našly tyto technologie uplatnění i v rozlehlých privátních i veřejných sítích. V roce 2000 vznikla iniciativní skupina EFM (Ethernet in the First Mile), která v rámci IEEE začala rozvíjet vlastní normotvornou činnost. Vypracovala návrh systému

- EPON (Ethernetová síť typu PON)

s přenosovou rychlostí 1,25 Gb/s, který je vzhledem k délce paketů vhodnější pro aplikace využívající IP protokol než systémy ATM. Velkou předností Ethernetu vůči ATM je mnohem nižší cena koncových i síťových zařízení. Na druhé straně je ATM mnohem propracovanější technologie, která umožňuje zajistit kvalitu jakékoliv služby (Quality of Service, QoS).

Aktivní optické přístupové sítě (AON) se od sítí ryze pasivních (xPON) liší tím, že v místech větvení místo pasivních optických rozbočovačů mají optoelektronická zakončení, v nichž jsou signály zpracovávány v elektrickém tvaru. Tím lze zvětšit dosah těchto sítí oproti PON a také v těchto aktivních prvcích realizovat některé další funkce (např. koncentrace, multiplexování i přepojování signálů), zkvalitňující přístupové sítě.

Hybridní přístupové sítě typu HFC jsou další vývojovou etapou televizních kabelových rozvodů (TKR). Jejich provozovatelé postupně překlenují pomocí světlovodů větve (v primární a v dalších krocích i v sekundární části TKR) realizované z objemných a drahých koaxiálních kabelů a elektrických zesilovačů. Na konci tohoto inovačního procesu jsou dvojúrovňové TKR, v nichž primární část je čistě optická (v rozlehlých TKR mohou být využity i optické vláknové zesilovače a pasivní větvící prvky), zakončená optoelektronickými zařízeními, z nichž jsou signály distribuovány (resp. v opačném směru shromažďovány) ke koncovým uživatelům koaxiálními kabely v elektrickém tvaru. HFC se od PON podstatně liší také tím, že užitečné signály (obraz, rozhlas, telefon, data) jsou nejdříve namodulovány na elektrické subnosné v přidělených kanálech podle standardního rastru pro šíření R a TV signálů, které pak vytvoří elektrický frekvenční multiplex modulující optickou nosnou určité vlnové délky.

3. Metropolitní sítě

Metropolitní sítě (Metropolitan Area Networks, MAN) původně vznikly za účelem propojení lokálních (vnitropodnikových) datových sítí (LAN) velkých společností s objekty rozptýlenými na území větších měst, později i městských aglomerací. I když stále převládá datový provoz, jehož podíl se dokonce zvyšuje, v současné době plní obecnější funkci – jsou využívány k přenosu jakýchkoliv (nejen datových) signálů na vymezeném území. Tradičně mají kruhovou (ty rozsáhlejší dvojúrovňovou) topologii, signály jsou přenášeny ve formátu SDH (Synchronous Digital Hierarchy) rychlostí 155, 622, 2448 a nejnověji až 10 000 Mb/s. Standardními síťovými prvky na kruzích SDH jsou elektronické ADM (Add-Dropp-Multiplexer) multiplexory umožňující včleňovat, resp. vyčleňovat dílčí signálové toky do, resp. z hlavního kruhu SDH.

V dnešních metropolitních sítích se optika uplatňuje prakticky výhradně pro přenos signálů mezi jednotlivými uzly těchto sítí. Přepojování, resp. směrování signálových toků se provádí v elektrickém tvaru. Přenosové technologie byly původně převzaty z dálkových optických spojů. Protože spoje mezi uzly dnešních metropolitních sítí jsou poměrně krátké, vlnová disperze se u nich prakticky neuplatňuje. Stačí proto v nich používat standardní jednovidová vlákna G.652, v krajním případě lze pro kompenzace vlnové disperze použít speciální světlovody. Podobně je to s nutností nasazovat optické zesilovače – používají se pouze u nejmodernějších velmi rozsáhlých sítí MAN s mnoha uzly, v nichž se včleňování, resp. vyčleňování dílčích signálových toků provádí v optickém tvaru v optických ADM (OADM), které většinou vnáší podstatně větší útlum než úseky světlovodů mezi uzly MAN.

Nároky na přenosovou kapacitu moderních metropolitních sítí však velmi rychle narůstají v důsledku zvyšování rychlosti v lokálních datových sítích (Gb a 10Gb Ethernet) a nárůstu počtu a přenosové kapacity širokopásmových účastnických přípojek (rychlý Internet, stahování velkých objemů dat, videokomunikace). Jejich uspokojení vyžaduje lepší využívání optiky jak pro přenos tak i pro přepojování signálů.

Pro zvýšení přenosové kapacity světlovodů se dnes v dálkových spojích běžně využívá vlnové multiplexování (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Počet současně využívaných vlnových délek v některých případech již překročil 100 (Dense WDM, DWDM, husté WDM), rozestup mezi nimi pak musí být méně než 1 nm, aby celý vlnový multiplex nezabral více než je propustné pásmo vláknových optických zesilovačů (typicky 40 nm). Tak malý rozestup vyžaduje velmi stabilní laserové diody v optických vysilačích a stabilní úzkopásmové optické filtry pro demultiplexování optických signálů v přijímačích. Tyto požadavky velmi prodražují optické přenosové systémy, proto nemohou být přímo aplikovány v metropolitních sítích.

Ve velmi rozlehlých metropolitních (resp. regionálních) sítích mohou být určitým problémem nelineární jevy ve světlovodech, zejména je-li využíváno WDM. Je to především čtyřvlnové směšování (Four-Wave Mixung, FWM) a Ramanův jev. Oba jevy způsobují mezikanálovou (mezi optickými kanály realizovanými jednotlivými vlnovými délkami) interferenci. Minimalizace vlivu FWM vyžaduje co největší rozestup mezi jednotlivými optickými kanály, co nejmenší výkon a naopak co největší disperzi ve světlovodu. Ramanovské přeslechy jsou menší ve světlovodech s větším efektivním průřezem jádra.

S cílem zvýšit přenosovou kapacitu metropolitních sítí nové generace za přijatelnou cenu byly vyvinuty speciální optické prvky a technologie:

- Speciální světlovody. Na trhu jsou nabízeny dva druhy: se sníženým obsahem vody (Low Water Peak Fiber, LWP) a tudíž s potlačeným vrcholem útlumu v okolí vlnové délky 1400 nm, který dodává např. firma Lucent a vlákna s negativní disperzí ve využívaném vlnovém pásmu (Negative Dispersion Fibre, NDF), která nabízí firma Corning pod názvem MetroCore. Vlákna typu LWP umožňují využívat širokou oblast vlnových délek od 1200 do 1600 nm, takže jednotlivé optické kanály mohou mít dostatečný rozestup, nároky na stabilitu vysilačů a selektivitu přijímačů jsou mírnější a současně se omezí vliv FWM. Vlákna typu NDF vyžadují používání speciálních vybraných přímo (průtokem proudu) modulovaných laserových diod ve vysilačích – jejich (optická) parasitní frekvenční modulace („chirp“) musí být taková, aby právě kompenzovala vliv negativní vlnové disperze.
- Optické vláknové zesilovače. Musejí být kompaktní a levné, s rychlou automatickou regulací zisku, která reaguje na změny výkonu na jejich vstupu, způsobené např. měnícím se počtem optických kanálů na jejich vstupu. Standardně se používají zesilovače s erbiem dopovaným vláknem (Erbium-Doped Fibre Amplifier, EDFA), Začínají se prosazovat také zesilovače využívající Ramanova jevu v optických vláknech (Distributed Raman Fibre Amplifiers), resp. v kombinaci s EDFA.
- Levné laserové diody typu Fabry-Perot (FPLDs), nechlazené typu Distributed-FeedBack (DFB) a nejnověji typy s vertikálním vyzařovacím diagramem (Vertical Cavity Surface Emmiting LDs, VCSEL).
- Kompaktní optické vysilače a přijímače
- Optické filtry, slučovače/rozbočovače a konektory
- Síťové optické prvky OADM a optické přepínače (Optical Cross-Connect, OXC).

Ještě bouřlivější vývoj než ve fyzické vrstvě metropolitních sítí probíhá v adaptaci vyšších funkcí těchto sítí na měnící se situaci. Problém spočívá v narůstajícím počtu signálových formátů a protokolů využívaných v přístupových sítích. Metropolitní sítě byly původně koncipovány pro hlasové služby založené na přepojování okruhů. Pro tuto situaci se ideálně hodí systémy SDH. Nejsou však efektivní pro paketový přenos dat.

V současné době je nejrozšířenějším přístupovým protokolem ATM (např. v přípojkách ADSL - Asymmetrical Digital Subscriber Line - a sítích PON). Je propracovaný, zavedený, univerzální a zajišťuje kvalitu poskytovaných služeb. Je však neefektivní pro služby založené na IP protokolu. Kromě toho zařízení ATM jsou drahá. Opakem je Ethernet, který se stále více prosazuje jako přístupový protokol. Výrobci modernizují svoje zařízení SDH pro metropolitní sítě dvěma způsoby, aby lépe vyhovovala datovém provozu:

- Upravují je tak, aby přenosová kapacita byla přidělována pružněji a v jemnějších krocích. Tento přístup umožňuje okamžité řešení při zachování stávajících zařízení v provozu. Je to však řešení krátkodobé a poměrně drahé. Dávají mu přednost dominantní provozovatelé (dříve státní monopoly), neboť jim umožňuje amortizovat své investice
- Doplňují je rozhraním umožňujícím realizovat síťování na bázi GbE (Gigabitového Ethernetu). Výsledkem je koncepce Ethernet přes SDH (EoS). Toto řešení je populární u (nových) alternativních operátorů.

Vývoj systémů SDH optimalizovaných pro přenos dat jde dál – rodí se nová (druhá) generace. Platforma SDH je rozšiřována o rozhraní, která umožňují kombinovat vícerychlostní přenosy na jedné

platformě, provádět agregaci dat, přičemž Ethernetové rámce jsou mapovány do virtuálních kontejnérů SDH pomocí protokolu „Generic Framing Procedure“ (GFP). Dosáhne se tak kombinace spolehlivosti, která je vlastní systémům SDH a pružnosti Ethernetu.

Další vývojovou linií je tzv. Resilient Packet Ring (RPR). Obecně vývoj směřuje k tzv. „Multiservice Platform Devices“, které podporují klasický formát TDM i veškeré datové formáty. Integrují vrstvu WDM (0) a Ethernet (2) do vrstvy SDH (1), obsahují rozhraní pro 10 GbE, Fiber Channel a ESCON a umožňují zpracování paketů a integrované přepojování a také integrovat funkci ADM s funkcí DXC (Digital Cross Connect).

4. Závěr

V současné době se ve všech vyspělých zemích budují rychlým tempem širokopásmové přístupové sítě, především na bázi ADSL, s výjimkou USA, kde zatím převládají modernizované (obousměrné) TKR. Světlovody našly uplatnění zatím v přístupových sítích typu FTTP, resp. FTTB. Výjimkou je Japonsko, kde již bylo instalováno více než 1 milión světlovodných přípojek až do domu (FTTH). V poslední době stále větší význam nabývají různé bezdrátové přístupové technologie, zejména WiFi (Wireless Fidelity). Jako přístupový protokol se stále více prosazuje Ethernet.

Vývoj v oblasti metropolitních sítí směřuje k jejich mnohofunkčnosti. Cílem je adaptovat je tak, aby umožňovaly co nejefektivněji poskytovat všechny služby založené na přenosu informace. Zdá se, že sjednocující platformou pro veškeré tyto služby bude IP protokol.

Optické spoje v metropolitní síti

Ing. Kamil Šmejkal, ČVUT v Praze

Rostoucí potřeba vyššího využívání metropolitních sítí vytváří nové požadavky na optické komponenty. Optické spoje v metropolitní síti jsou spoje na krátkou vzdálenost, která se pohybuje řádově v jednotkách kilometrů a ojediněle přesáhne úsek více jak deset kilometrů. V některých případech se jedná také o stovky metrů. Hlavní funkcí optických spojů je propojení jednotlivých uzlů (bodů). Optické spoje obvykle tvoří páteř sítě, na kterou navazují odbočky optických přípojek, které mohou být také bezdrátové.

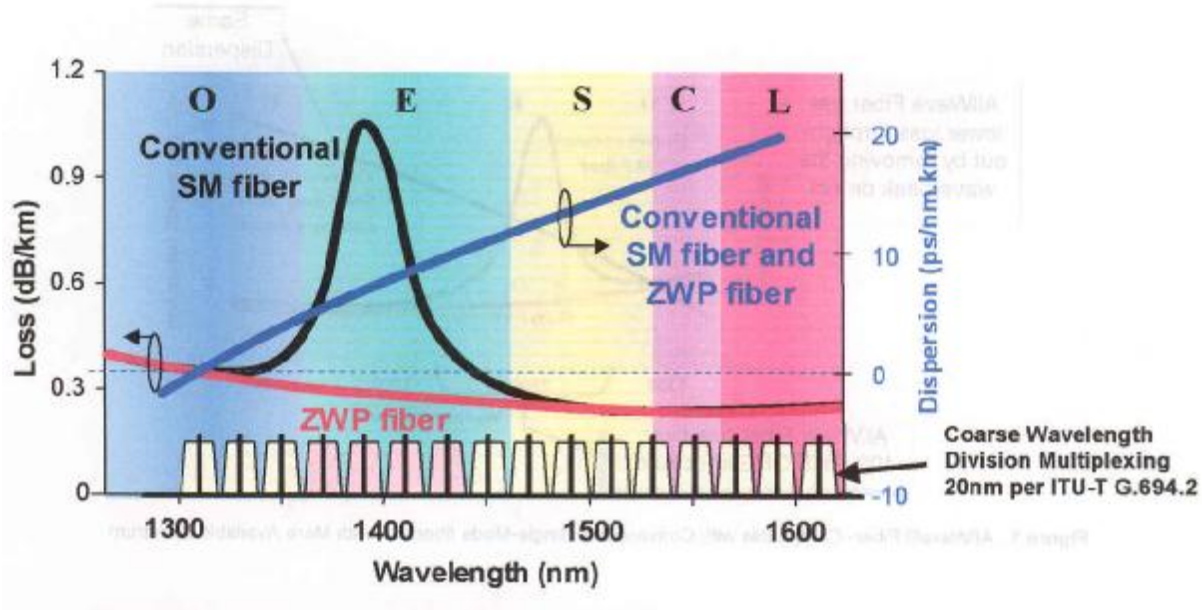
Pod pojem optické sítě dnes můžeme zahrnout nejen kabelové optické sítě, ale také technologii bezdrátových optických spojů. Tato technologie je vhodná na propojování kratších vzdáleností, kde požadavek na šířku přenášeného pásma bývá i nižší. V této oblasti lze navrhnout komponenty v cenově příznivějších kategoriích.

Součástí kabelových optických tras jsou úseky pronajímaného optického vlákna, které jsou nákladné a tvoří podstatnou část úseku. Využívání přenosové kapacity takového optického spoje je malé vzhledem k tomu, jaké možnosti nabízí dostupná technologie.

V prvé řadě je to sada rozbočovačů neboli splittrů, které mohou být pasivního i aktivního provedení. Technologicky se jedná o využití jednoho optického vlákna pro obousměrný provoz. V případě použití stejné vlnové délky pro přenos musí být optický konektor v provedení APC. Velmi dobré zkušenosti jsou s pasivními rozbočovači, které jsou nezávislé na přenosovém protokolu. V tomto případě je datový přenos zcela transparentní. Při použití aktivního rozbočovače se musí zohlednit, pro jaký účel bude použit. Aktivní rozbočovače nejsou transparentní a dělí se podle účelu použití na základě přenášeného protokolu. V případě rozbočovače v provedení pro dvě rozdílné vlnové délky (1310 nm a 1510 nm) není zakončení optiky ve tvaru APC vyžadováno.

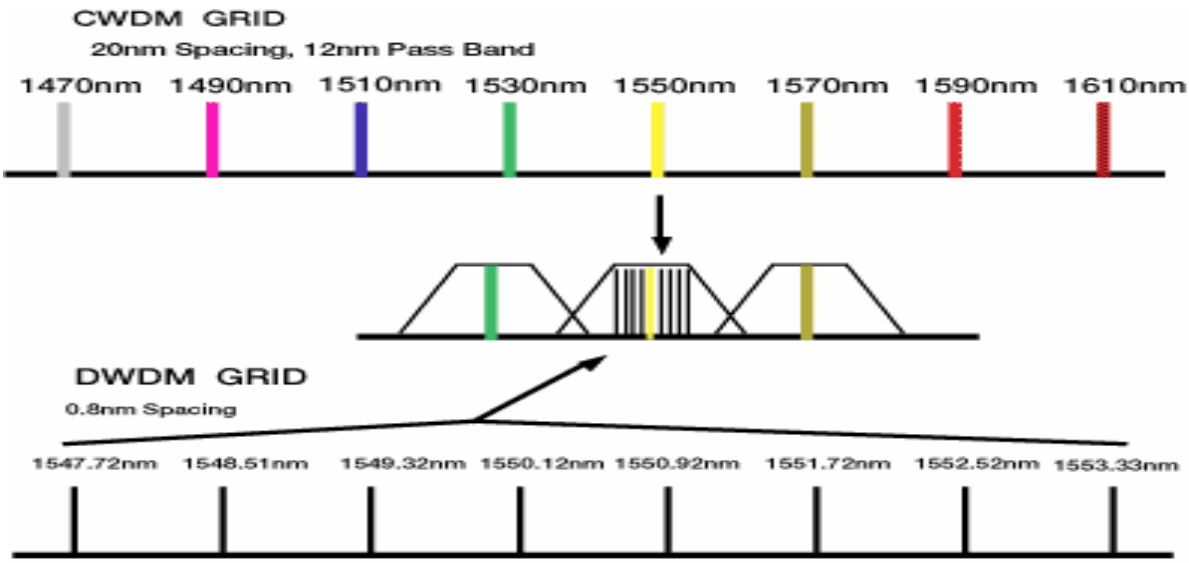
Větší možnosti využití optického spoje dává síť založená na technologii WDM (Wavelength Division Multiplexing). Zajímavou variantou pro páteřní optické spoje je řešení na bázi **Coarse Wave Division Multiplexing (**CWDM**).**

Následující obrázek porovnává útlum a dispersi ve vlnovém spektru optického vlákna (SM) typu G.652.C s konvečním. U typu vlákna G.652.C je vidět prakticky vyrovnaný útlum bez útlumové špičky v pásmu E (water peak), běžné u konvenčního vlákna G.652.



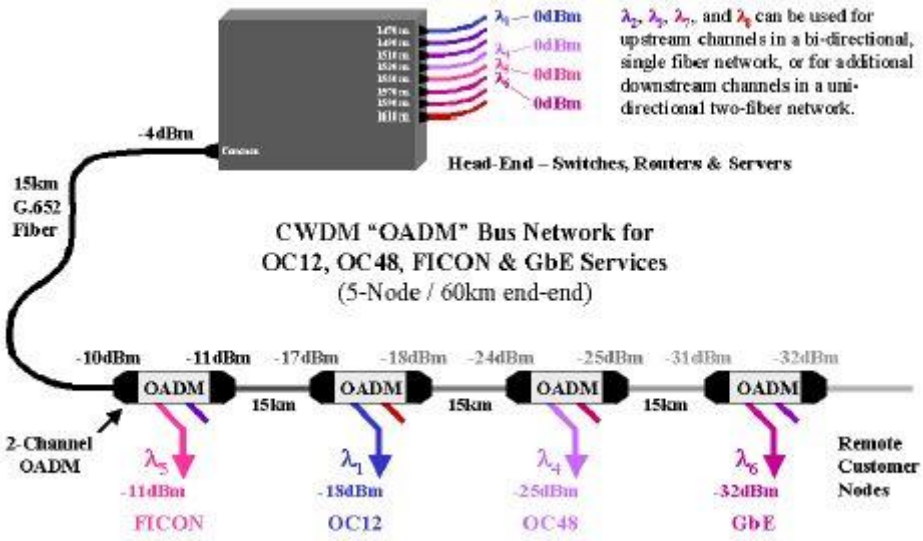
Z hlediska použití konvečního vlákna, vlnový multiplex CWDM nemá takovou kapacitu jako DWDM, ale je vhodný na krátké vzdálenosti a je cenově výhodnější. CWDM podporuje libovolné topologie: kruhové s rozbočovači, dvoubodové i pasivní optické sítě.

CWDM je specifikováno doporučením ITU-T G.694.2 (International Telecommunication Union – Standard for Metro Networks). V doporučení je definováno využití osmnácti vlnových délek vzdálených od sebe 20 nm v pásmu 1270 do 1620 nm (u DWDM je odstup vlnových délek 1,6 nm (0,8 nm), vzhledem k teplotní závislosti vyžaduje chlazení laseru.
Výkon spotřebovaný DWDM vysílačem je přibližně 20krát větší než CWDM vysílače.



Laser pro CWDM je přímo modulovaný DFB (Distributed FeedBack) laser, který je schopný přenosu 2,5 Gbit/s na vzdálenost 80 km na vlákně ITU G.652. Typický optický výstup je 1 mW (0dBm), čímž je dosažena nízká cena CWDM laseru.

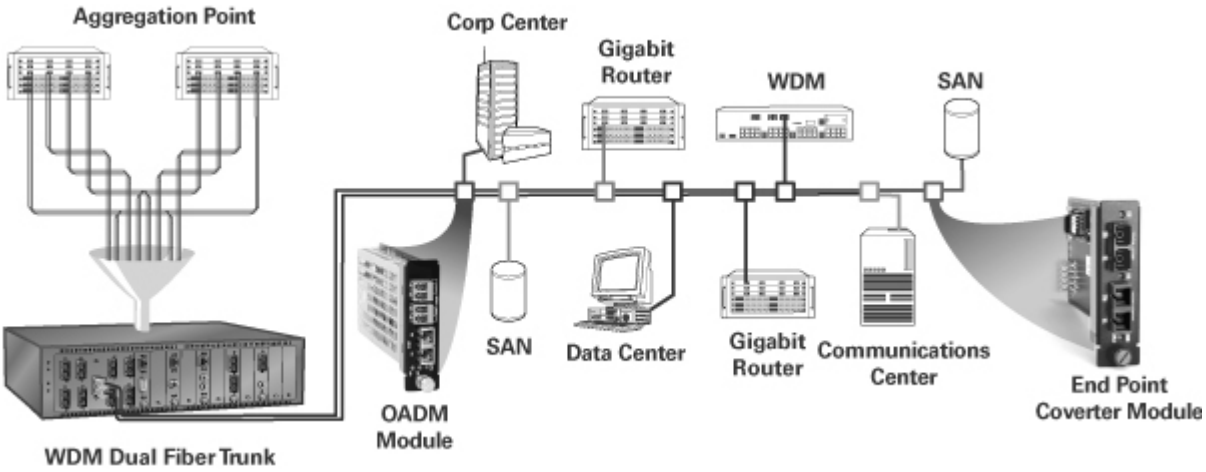
Další možností je laser VCSEL (Verical Cacity Surface Emitting Laser) pro GbE a 10GbE WWDM LAN aplikace (850 nm/1310 nm, SM/MM). Použití v pásmu O (1310 nm) pro CWDM 4 x 10Gbit/s. Vývoj pro SM směřuje k pásmu 1500 – 1610 nm LW-VCSEL (Long Wave VCSEL).



Obrázek ilustruje CWDM mux/demux filtr (head-end) a 4krát dvou kanálové OADM filtry.

Použití CWDM v praxi

Předně na principu CWDM to jsou vlnové multiplexory, které po jednom vlákně SM mohou přenášet v obousměrném provozu čtyři nebo osm gigabitových okruhů (WDM44, WDM88) na vzdálenost až 35 km. O něco málo levnější jsou vlnové multiplexory, které využívají dvouvlákno, a tím dosahují i větší dosah do 65 km. V metropolitní síti PASNET, vzdálenosti obvykle nepřesahují 20 km. V síťové topologii lze také vyčlenit podle požadavku vlnovou délku pomocí OADM (Optical Add/Drop Multiplexer).

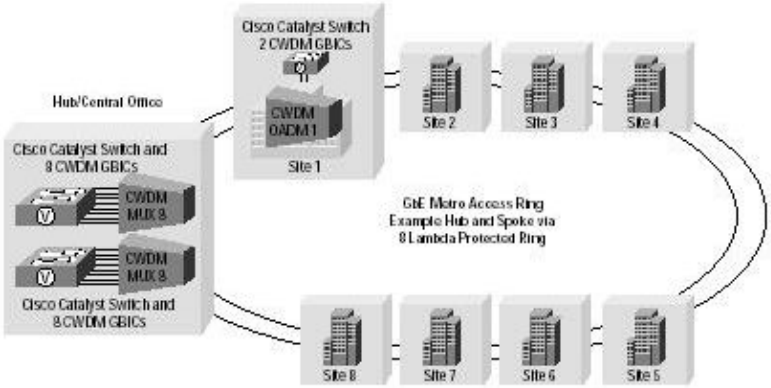


Pomocí modulu OADM lze vyčlenit určitou vlnovou délku

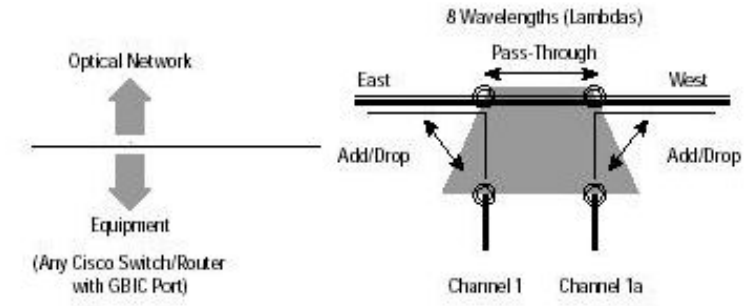
Zvýšení přenosové kapacity optického spoje řeší např. CWDM Gigabit Interface Converter GBIC od firmy CISCO, které je efektivním řešením pro gigabitový Ethernet (dále jen GE) v propojování objektů vysokých škol a datových center v oblasti metropole na přístupových uzlech sítě. Cisco CWDM systém má dvě hlavní komponenty, které tvoří sada osmi převodníků **CWDM GBIC** (Gigabit Interface Convertor) s rozdílnou vlnovou délkou (barvou) a **sada deseti** rozdílných **CWDM OADMs** (Optical Add-Drop Modules). Převodník Cisco CWDM GBIC je standardní port podporující IEEE 802.3z standard na Cisco platformě.

Sestava CISCO CWDM

Kombinace CWDM GBIC s CWDM OADM nevyžaduje jakoukoliv konfiguraci. Pro přenos přes jeden pár SM optiky lze použít osm Gigabit Ethernet kanálů. Řešení dovoluje různé varianty síťové konfigurace, od point-to-point až po kruhové. Přínosem může být vytvoření odolného systému pro páteřní sítě.

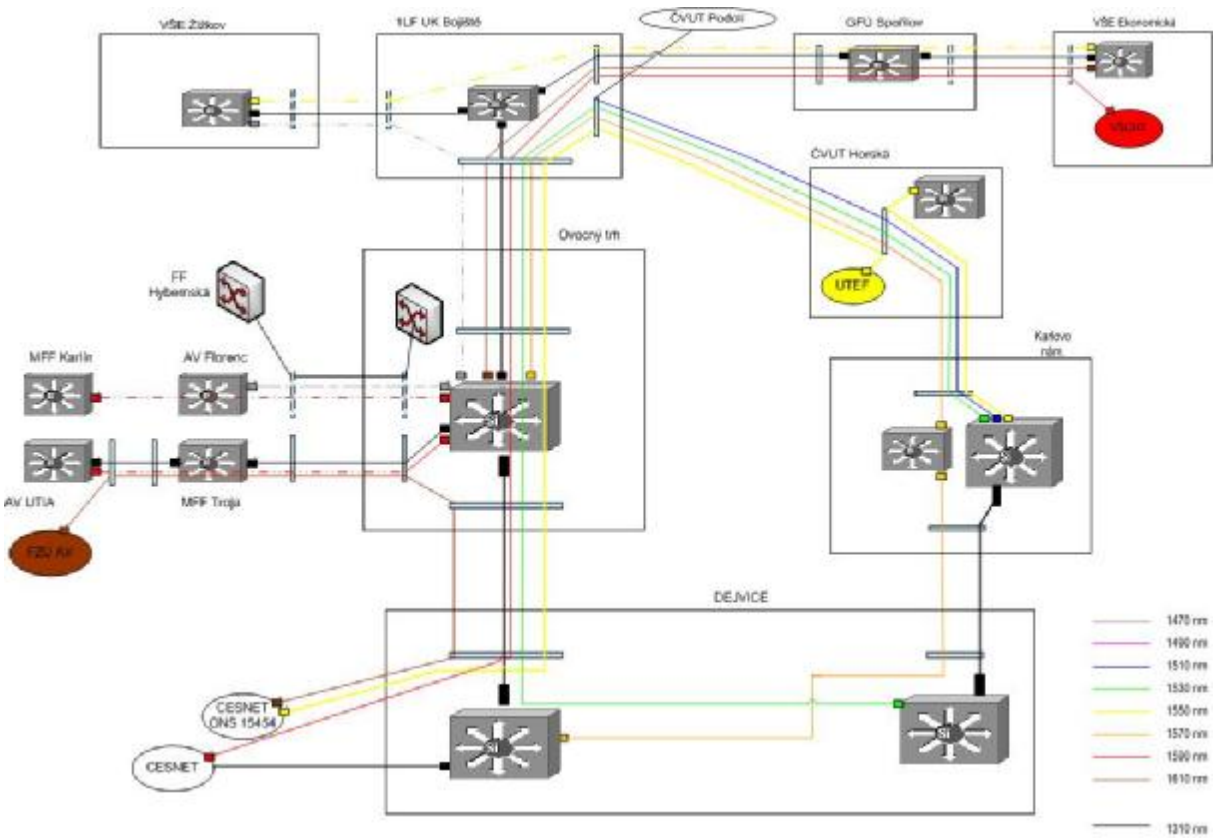


Kruhová topologie pro osm GE - odolný systém v případě přerušení optického vlákna



Cisco CWDM OADM Lambda1 - odbočka pro vlnovou délku

S ohledem na to, že i na páteřní části optické sítě je aktuálně používána technologie gigabitového Ethernetu, lze bez výměny aktivních prvků a prakticky i bez nutnosti rekonfigurace provozní sítě nasadit technologii CWDM (Course Wawe Division Multiplexing) určenou právě pro metropolitní sítě. Nasazení technologie CWDM kromě možnosti poskytování tzv. lambda okruhů (okruh s konkrétní vlnovou délkou bez aktivních prvků v cestě) přinese i zvýšení spolehlivosti provozní sítě a možnosti dynamického povyšování páteřních tras. Výhodou CWDM je nezávislost datového spoje pro přímé propojení mezi dvěma lokalitami bez použití směrovačů a přepínačů. V lokalitě dosažitelné jen optikou MM, lze použít na přechod ze SM příslušné lambdy na MM konvertor EM316-2GBI. Velkou výhodou CWDM je, že může řešit propustnost optického vlákna postupně, podle toho jak narůstá zatížení spoje. V současné době lze realizovat po jednom páru optického spoje přenos až 18 gigabit informačního toku, který je rozdělen do jednoho 10gigabitového Ethernetu v pásmu 1310 nm a 8xGE v pásmu 1470 – 1610 nm (8 x vlnová délka lambda). Tato možnost využití přenosové kapacity optického vlákna v metropolitních sítích, může snížit náklady na drahé aktivní prvky a současně zvýšit přenosovou rychlost na lambda spoji, kde v cestě jsou vynechány směrovací a přepínací prvky. Takové spoje jsou důležité i pro vědecká pracoviště, kde se požadují rychlé odezvy snímaných veličin ze vzdálených oblastí. To také vedlo k návrhu na poskytování služby "**lambda okruh na žádost**" v rámci pražské akademické sítě na bázi CWDM. Optická páteř metropolitní počítačové sítě PASNET (Prague Academic and Scientific Network) je založena na kombinaci vlastních a pronajatých optických vláken. I přes veškerou snahu účastníků sdružení Pasnet jsou stále pronajímané úseky optických vláken (jde především o pronájmy v metru) převažující částí optické páteře. Nasazení technologie CWDM kromě možnosti poskytování tzv. lambda okruhů (okruh s konkrétní vlnovou délkou bez aktivních prvků v cestě) přinese i zvýšení spolehlivosti provozní sítě a možnosti dynamického povyšování páteřních tras.



Optická páteř metropolitní počítačové sítě PASNET (Prague Academic and Scientific Network) na bázi CWDM

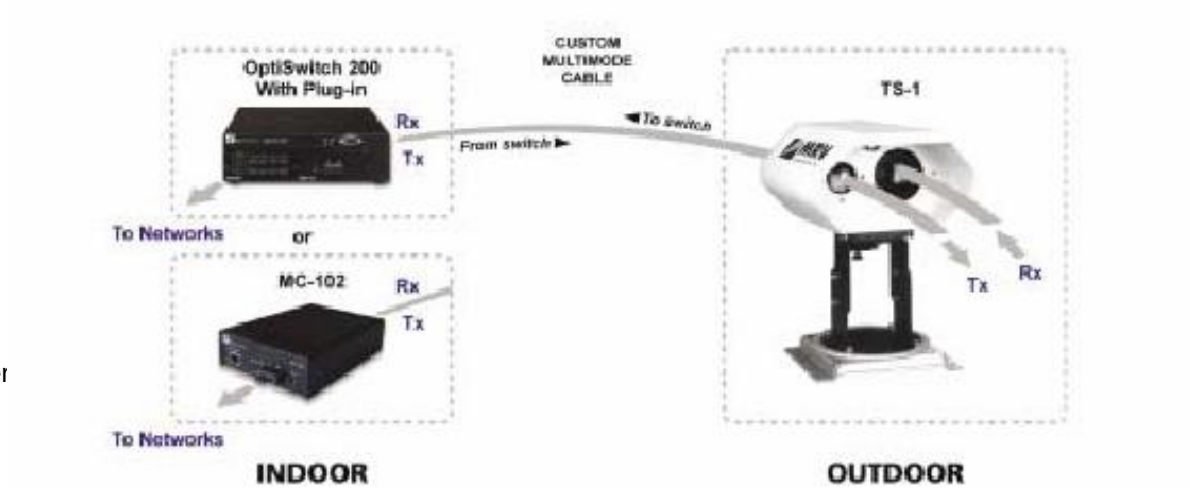
Z obrázku je patrno, že předpokládáme využití CWDM-MD (CWDM-multiplexor/demultiplexor) několika typů, předně pro 8 vlnových délek, dále CWDM-MD pro 4 vlnové délky (dále jen barvy) přenášející po páru vláken pouze vybrané barvy. Většina CWDM-MD u obou uvedených produktů bude mít k dispozici vstup i pro vlnovou délku 1310nm, která bude průchozí pro modul CWDM-MD. Moduly CWDM-MD s tímto vstupem bude možné nasadit i tam, kde je již použito zařízení s přenosem 1310 nm. To znamená, že lze bez potřeby výměny již stávajících modulů GBIC (1310nm) použít v cestě CWDM-MD. Toto řešení jednak vychází cenově příznivěji, jednak to umožní transparentně zprovoznit CWDM i do lokalit, mezi kterými je používána technologie 10GB ethernetu či ATM. Okno v oblasti 1550 nm je užívanější pro systémy na dlouhé vzdálenosti, nižší útlum, širší okno (EDFA zesilovače) než používané okno 1310 nm. Na trase, kde stačí odbočit jen jednu lambdu, kde se předpokládá odbočení pouze jedné lambdy, se použije průchozí CWDM-MD pro vyčlenění jen jedné barvy pro oba směry, pro ostatní pásma vlnových délek je modul průchozí. CWDM-MD8λ budou nasazeny v místech, kde lze předpokládat větší poptávku vlnových délek. Protože vlnové multiplexory nejsou dynamicky rozšiřitelné o další barvy, je nezbytné poměrně přesně naplánovat využití jednotlivých vlnových délek předem. Dojde-li v budoucnu na některé z tras k potřebě rozšíření stávajícího CWDM-MD4λ, je nezbytné dokoupit nový multiplexor s 8 barvami a stávající 4barevný bude využit k rozšíření CWDM do jiné části sítě.

S ohledem na to, že i na páteřní části optické sítě je aktuálně používána technologie gigabitového Ethernetu, lze bez výměny aktivních prvků a prakticky i bez nutnosti rekonfigurace provozní sítě nasadit technologii CWDM (Course Wawe Division Multiplexing) určenou právě pro metropolitní sítě.

Bezdrátové optické spoje.

Podstatnou roli hraje využití optických vláken u kabelových přenosových médií, která jsou zaměřena na propojování uzlů páteřní sítě. Páteřní sítě na bázi optického vlákna jsou tak hlavním spojovacím článkem s velkou kapacitou přenosu. Vývoj v informační technologii v bezdrátové optické oblasti je na rychlém vzestupu, a tak pro připojení objektů do páteřní sítě na krátké vzdálenosti mohou optická vlákna nahradit optické bezdrátové spoje. Tyto spoje jsou na bázi infračerveného spoje (**Optical Wireless OW**) s použitím Light-Emitting Diodes LEDs jako tzv. LED laser, nebo také laser light. LED laser je bezpečný a odolnější systém než polovodičový laser. Bezpečnost laserů definují standardy ve třídách 1 až 4 (Maximum Permissible Exposure MPE, ANSI Z136.1 a IEC 60825-1). Třída 1 je úroveň vylučující jakékoliv nebezpečí poškození zraku. V současné době ČVUT používá pro připojení FE, system Plaintree v bezpečné třídě 1.

Zařízení OW podle daného typu může pracovat do vzdálenosti až 5 km, a to v plném duplexu od 0,1 do 1,2 Gbit (SONAbeam 1250-M). Datový přenos je zcela transparentní. Na jiném principu je nabízen bezdrátový optický spoj AirLaser modulárního typu pro FE, ale také pro GE. Jiný výrobce, MRV, nabízí zařízení TereScope pro datovou rychlost v rozsahu 34-155 Mbit/s do vzdálenosti 2,75 km.



Ter e TS1 pln Link). Přenosová rychlost je od 1 do 100 Mbit/s a překlene vzdálenost až 380 m. Optické vlákno může mít maximální délku 50 m a je k tomuto účelu pro MM upraveno. Součástí dodávky je převodník 10/100 Base TX na 100 Base FX. TS1 pracuje s vlnovou délkou 850 nm. Toto zařízení je použito na spoji FE mezi objekty ČVUT na vzdálenost 180 m, a to od podzimu roku 2003. Zařízení od provedené instalace pracuje bez jediného výpadku v plném duplexu, kde přenos dosahuje špičky až 10 MB.

Vývoj v oblasti bezdrátové technologie již překročil rychlost GE jak je tomu např. u SONAbeam 1250-M a je otázkou času dosažení přenosové rychlosti 10gigabitového Ethernetu u bezdrátového spoje.

Využití Q-faktoru v systémech s DWDM

Tomáš Koten, Vegacom a.s.

Tento článek popisuje Q-faktor jako nový parametr odrážející kvalitu DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) systémů, parametr který nebyl dosud v rámci ČR v praxi používán. DWDM systémy by měly spolehlivě přenášet obrovské množství dat. Testování těchto systémů přímým měřením chybovosti BER (Bit Error Ratio) je zdlouhavé a testované kanály musí být vyhrazeny mimo provoz po dobu testů. Určení chybovosti měřením Q-faktoru umožňuje překlenout tyto nevýhody.

1. Definice Q-faktoru

Q-faktor charakterizuje digitální signál z analogového hlediska a přímo reflektuje kvalitu signálu. Kvalita analogového signálu je zpravidla posuzována poměrem signál/šum – SNR (Signal to Noise Ratio). V případě digitálního signálu je využito kombinace SNR odpovídajících úrovním log. 1 a log. 0 pro vyjádření Q-faktoru. Q-faktor je definován za podmínky optimální rozhodovací úrovně vztahem

(1)
$$Q = \frac{i_H - \gamma_{opt}}{\sigma_{i\,H}} = \frac{\gamma_{opt} - i_L}{\sigma_{i\,L}}$$

Vyloučením γ_{opt} z rovnice (1) dostaneme

(2)
$$Q = \frac{i_H - i_L}{\sigma_{iH} + \sigma_{iL}}$$

kde g_{opt} je optimální rozhodovací úroveň, i_H , i_L jsou proudy odpovídající úrovni optického výkonu na fotodetektoru pro úrovně log. 1 a log. 0 – průměrné hodnoty, σ_{iH}, σ_{iL} směrodatné odchylky proudů odpovídajících úrovni optického výkonu na fotodetektoru pro úrovně log. 1 a log. 0 (uvažovány jako náhodné veličiny).

2. Vztah mezi Q-faktorem a chybovostí BER

BER je definována jako pravděpodobnost chybného vyhodnocení přenášeného bitu.

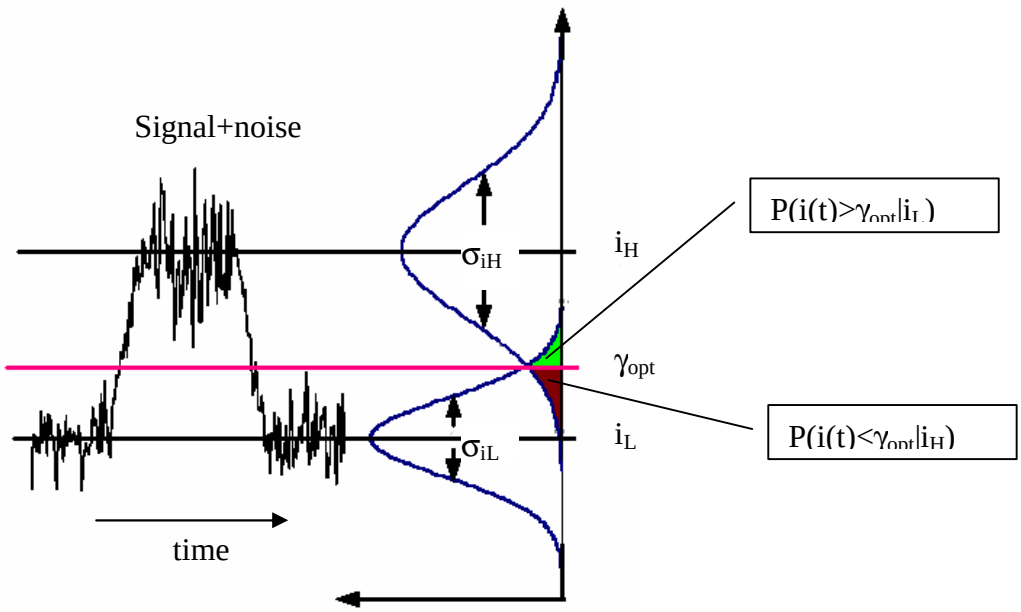
(3)
$$BER = \frac{NumberOfMisinterpretedBits}{NumberOfSentBits}$$

Chybovost může být vyjádřena jako součet pravděpodobností chybného vyhodnocení vyslané log.1 a log. 0.:

(4)
$$BER = P(Error) = P(ONE) * P(i < \gamma_{opt} \mid i_H) + P(ZERO) * P(i > \gamma_{opt} \mid i_L)$$

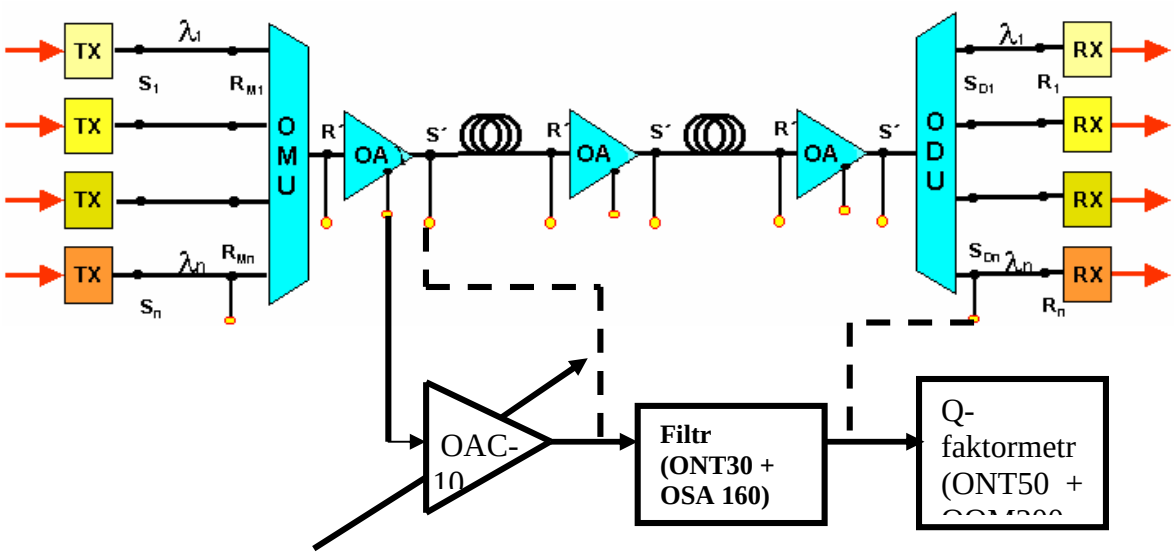
Pravděpodobnost vyslání log. 1 a log. 0 je shodná uvažujeme-li běžné telekomunikační signály (P(ONE)=P(ZERO)=0,5). Dále předpokládáme, že dominantní příčinou chybného vyhodnocení přijímaných bitů je aditivní Gaussův šum. Za těchto předpokladů můžeme přepsat rovnici (4) do tvaru :

(5)
$$BER = P(Error) = \frac{1}{\sqrt{2 * \Pi * \sigma_{iL}^{\,2}}} * \int_{\gamma_{opt}}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} * \left(\frac{i - i_L}{\sigma_{iL}} \right)^2} di = erfc(Q)$$



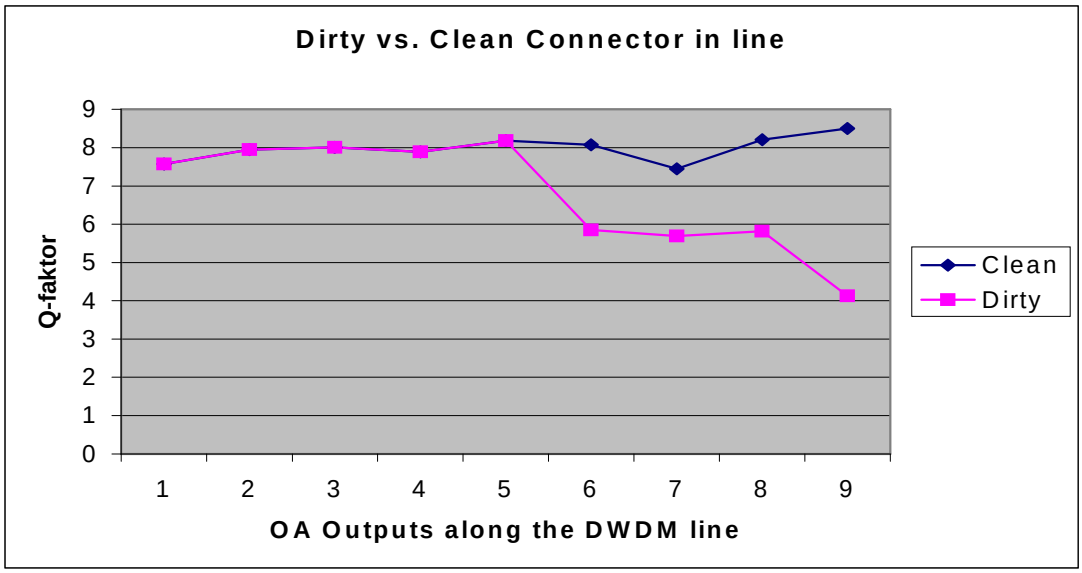
Obr.1. Pravděpodobnost chybného vyhodnocení

3. Výsledky měření Q-faktoru v rámci DWDM systémů



Obr.2. Měření Q-faktoru v rámci DWDM systému

Dále uvedené závěry jsou výsledkem měření Q-faktoru v rámci DWDM systémů provedených společností Vegacom a.s v letech 2002, 2003 a 2004.



Obr.3. Znečištěný vs. čistý optický konektor v DWDM trase

Obecně má hodnota Q-faktoru mírně klesající úroveň podél DWDM systému v důsledku postupné degradace signálu. Měřené systémy byly relativně krátké (do 350 km), takže hodnota Q-faktoru zůstávala v optickém kanále prakticky konstantní. Celkový pokles hodnoty ukazuje na problém v testovaném systému. Skokový pokles hodnoty Q-faktoru indikuje problém v konkrétní komponentě, kterou signál prochází. Nízká hodnota Q-faktoru ukazuje na problém na vysílací straně systému.

Znečištěný konektor v DWDM trase

Optical channel - Frequency [THz]	Pout [dBm]	OSNR [dB]	Q-factor
193	0,11	22,59	9,07
192,9	0,98	23,38	10,03
192,7	4,21	22,99	5,76
192,6	4,43	23,27	5,81

Vyčištěný konektor v DWDM trase

Optical channel - Frequency [THz]	Pout [dBm]	OSNR [dB]	Q-factor
193	0	22,63	9,43
192,9	1,03	23,7	10,16
192,7	4,28	23,5	7,98
192,6	4,35	23,17	8,21

Tab.1. Spektrum na výstupu z OADM (Optical Add Drop Multiplexor) se znečištěným a následně vyčištěným konektorem v DWDM trase. (Optické kanály přidané v OADM – 193 a 192,9 THz; Optické kanály procházející OADM – 192,7 a 192,6 THz). Parametry charakterizující spektrum – výstupní výkon a OSNR nebyly ovlivněny znečištěným konektorem . Hodnoty Q-faktoru (a BER) byly značně ovlivněny pokud signál procházel přes znečištěný konektor (Kanály 192,7 a 192,6 THz).

4. Závěr

Článek popisuje vztah mezi Q-faktorem a chybovostí BER a následně uvádí obecné výsledky získané z měření provedených společností Vegacom a.s. na DWDM systémech v ČR v letech 2002, 2003 a 2004
Z výsledků měření je jasně patrné, že Q-faktor je velmi užitečným parametrem charakterizujícím testovaný DWDM systém. Výhody, které měření Q-faktoru přináší jsou zejména tyto:

- Měření Q-faktoru a klasické měření chybovosti BER se vzájemně vhodně doplňují.
- Rychlost měření, nezávislost na struktuře digitálního signálu, měření bez ovlivnění provozu, široký rozsah podporovaných přenosových rychlostí předurčují měření Q-faktoru pro monitorování stavu DWDM systému a měření v rámci provozní kontroly DWDM systémů.

- OSNR (Optical Signal to Noise Ratio). měřený OSA není parametrem, který by plnohodnotně odrážel kvalitu analogové části DWDM systému. Tento parametr by měl být doplněn měřením Q-faktoru.
- S rostoucím počtem analogových prvků v optických sítích (OA (Optical Amplifier), OADM (Optical Add Drop Multiplexor), OXC(Optical Cross Connect), lambda converters, dispersion compensators atd.) narůstá význam Q-faktoru jako parametru popisujícího kvalitu analogové části optické přenosové sítě.

Věřím, že tento článek přispěje k lepšímu pochopení významu pro provozní, výstavbové a identifikační měření Q-faktoru a jeho rozšíření tak, aby se tento užitečný parametr stal běžně používaný jako BER nebo OSNR.

Reference :

[1] Vegacom a.s. (http://www.vegacom.cz/) – Protokoly o měření 2002,2003 a 2004
[2] Acterna (www.acterna.com) - Q-factor basics pocket guide 2002
[3] HP E4543A Q Factor and Eye Contours Application Software Operating Manual Hewlett-Packard-Limited 1999
[4] Aplikovaná matematika I SNTL PRAHA 1997
[5] ITU-T Recomendation G976e 04/1997 - Digital transmission systems – Digital sections and digital line system – Optical fibre submarine cable systems - ANNEX A.1.

Congestion Management ve směrovačích Cisco – WFQ

Ing. Jakub Horn, Intercom Systems, a.s.

Příspěvek popisuje platformě nezávislé metody Congestion managementu pro směrovače Cisco Systems – priority queiung, custom queuing, weigted fair queuing (class based weighted fair queing, low latency queuing). Detailně se pak věnuje WFQ a uvádí příklad obsluhy paketů na výstupním rozhraní při použití WFQ.

V první části je rozdělení platformě nezávislého a specifického congestion managementu, dále jsou popsány metody queueingu FIFO, priority queuingu a custom queueingu jejich porovnání, jednoduchý popis těchto metod obsluhy paketů. Následuje popis WFQ – flow based a class based včetně zmínky o PQ-CBWFQ, který je označován LLQ (low latency queuing).

Standardní metodou obsluhy paketů na směrovačích cisco na linkách do 2 Mb je flow based WFQ. Tato metoda automaticky vytváří jednotlivé fronty na základě třídění paketů dle toků podle polí v záhlaví v závislosti na protokolu. Například pro TCP/IP je to TOS, protokol, zdrojová adresa, zdrojový port, cílová adresa cílový port. Konkrétní pakety v jednotlivých frontách pak WFQ obsluhuje pomocí výpočtu weight = 4096 / (IP prec + 1) a následně sequence number = current SN + (weight * length), přičemž current sequence numer je buďto SN posledního paketu v dané frontě nebo SN posledního odeslaného paketu. Tato metoda bude detailně popsána s konkrétním případem pro IP protokol, kdy na výstupním rozhraní jsou obsluhovány pakety různých toků s různou délkou paketů a s různými hodnotami TOS v IP záhlaví.

V závěru budou uvedeny příklady konfigurace a verifikace pro WFQ.

Některé novinky v oblasti standardizace bezdrátových sítí

Ing. Václav Moural, Intercom Systems a.s.

Příspěvek má přehledový charakter. Stručně se zabývá zejména novinkami v nejrozšířenějším standardu pro lokální bezdrátové sítě ve veřejných pásmech IEEE 802.11, zmíněny jsou ale i standardy IEEE 802.16 (WiMAX) a 802.20 (Mobile-Fi, Vehicular Mobility).
V oblasti standardu 802.11 se příspěvek soustředí zejména na následující body:

- Zkušenosti se standardem **IEEE 802.11g**, zejména zkušenosti s provozem hybridních sítí (802.11b + 802.11g). Příspěvek ukázuje technické řešení hybridních sítí (mechanismus CTS/RTS) a přináší přehledné srovnání průchodnosti, kapacity a dosahu sítí podle standardů 802.11a, 802.11b, 802.11g (bez klientů 802.11b) a 802.11g s klienty 802.11b.
- Aktuální stav jednání o povolení provozu sítí podle standardu **IEEE 802.11a** v ČR.
- QoS (**802.11e**). Příspěvek stručně popisuje základní mechanizmy pro implementaci QoS ve WLAN, současný stav vývoje standardu IEEE 802.11e, doporučení WiFi aliance v oblasti implementace QoS a současnou implementaci QoS na produktech Cisco Aironet.
- Bezpečnost (**802.11i**). Příspěvek chrakterizuje současný stav vývoje standardu IEEE 802.11i, porovnává návrh standardu se závazným doporučením WPA (Wi-Fi Protected Access) a stručně popisuje proprietární rozšíření návrhu standardu implementované na produktech Cisco Aironet.

V příspěvku je stručně zmíněn i současný stav vývoje standardu 802.11n pro vysokorychlostní lokální bezdrátové sítě (> 100 Mb/s).
Z hlediska produktového se příspěvek zaměřuje na implementaci standardů v produktech společnosti Cisco Systems, Inc.

Trendy v poskytování širokopásmových služeb zákazníkům

RNDr. Přemysl Klíma, CSc.

Kdo zaplatí širokopásmovou revoluci ?

Po nedávné krizi v sektoru informačních a komunikačních technologií (ICT) vstupujeme do nové etapy dynamického rozvoje tohoto oboru. V technologické rovině jde zejména o nabídku širokopásmových digitálních účastnických přípojek, přechod od platforem s přepojováním okruhů na nové systémy s paketovým přepojováním a IP protokoly a o dramatické přerozdělování rolí mezi drátovými a bezdrátovými sítěmi. V rovině podnikatelské se prosazují nové obchodní modely pro podnikové i rezidentní zákazníky, které se vyznačují integrovanými službami šitými na míru, účtováním za transakce klienta (nikoli jen za konektivitu) a začleňováním mechanizmů přeprodávání služeb do hodnotového řetězce. Důležité je, že obě tyto revoluční změny musejí probíhat souběžně, protože širokopásmové technologie nelze úspěšně prodávat bez aplikací a obsahu, a naopak mnohé moderní aplikace lze jen obtížně využívat na klasických technologiích.

Evropský regulační rámec (který přebírá i naše republika) se snaží podpořit konkurenci na trzích ICT a zabránit zneužívání historicky vzniklé dominance národních operátorů, ale nejúčinněji zasahuje na poli klasických služeb telefonie a datových okruhů, tedy tam, kde již ztrácí smysl o trh bojovat. Návrat k přísné „staré ekonomice“ a opatrné chování investorů přitom nutí provozovatele k významným škrtům v investičních a provozních výdajích.

Proto není snadné pro dominantního operátora masivně investovat do rychlé migrace na sítě nové generace a do nových obchodních modelů. Ještě obtížnější to je pro alternativní provozovatele sítí a zcela vyloučené pro virtuální operátory. Na rozdíl od situace v devadesátých letech nelze počítat ani s přílivem významných finančních zdrojů z jiných odvětví.

Přesto se zdá, že některým špičkovým evropským telekomům se začíná dařit tento problém řešit. Soustředěným zájmem o potřeby klientů, odstraňováním barier mezi provozovateli a podporou státní exekutivy se daří přesvědčit zákazníky, že se jim vyplatí za nové služby platit. Příkladem mohou být rychlé virtuální privátní sítě, zábavní aplikace pro residenční účastníky nebo elektronický přístup k informacím a transakcím včetně hostování aplikací.
Zjednodušeně řečeno, širokopásmovou revoluci může zaplatit jen zákazník, ale musí se mu to vyplatit.

Zapojení CESNETu do projektů podporovaných Evropskou komisí

Ing. Jan Gruntorád, CSc., CESNET, z.s.p.o.

Sdružení CESNET se od svého založení v roce 1996 aktivně zapojuje do projektů podporovaných Evropskou komisí. Příspěvek obsahuje stručný popis projektů, které výrazně ovlivnily rozvoj počítačových sítí pro výzkum, vývoj a vzdělávání v České republice – TEN-34, TEN-155 a GÉANT. Zvláštní pozornost je věnována projektu s názvem „Multi-Gigabit European Academic Network“ (GN2), na jehož přípravě se sdružení v současnosti velmi aktivně podílí. Záměrem projektu, který bude zahájen pravděpodobně v říjnu 2004, je během čtyřletého období řešení navrhnout a vybudovat vysoce výkonnou síťovou infrastrukturu. Velký důraz při návrhu a provozování sítě bude kladen na služby zaručující konektivitu mezi koncovými zařízeními a na řešení otázek spojených s mobilitou uživatelů. V příspěvku je popsáno plánované zapojení CESNETu do jednotlivých aktivit projektu:

1) projektování, realizace a provoz páteřní sítě
2) návrh a zajišťování specifických služeb
3) výzkumné aktivity.

Příspěvek dále obsahuje popis zapojení sdružení do velmi rozsáhlého projektu s názvem „Enabling Grids for E-science and industry in Europe“ (EGEE), který byl zahájen 1.dubna 2004 a jehož koordinátorem je CERN. Závěrečná část příspěvku bude obsahovat aktuální informace o stavu jednání o zapojení sdružení do projektu „Large-Scale Monitoring of Broadband Internet Infrastructure“ (LOBSTER), jehož hlavní cíle jsou vyvinout a nasadit pasivní monitorovací senzory pro rychlosti 2,5 Gb/s a dle možnosti až 10 Gb/s. V projektu se plánuje využití karty založené na koncepci programovatelných hradlových polí (COMBO6), kterou vyvíjí sdružení CESNET společně s několika českými univerzitami v rámci výzkumného záměru „Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace“.

Novinky ve standardizaci IPv6

RNDr. Pavel Satrapa, Ph.D., TU Liberec

Nová verze protokolu IP – IP verze 6 – sice již existuje poměrně dlouho (první sada RFC s jeho definicí zanedlouho oslaví desáté narozeniny), o své místo na slunci však teprve usiluje. Jedním z faktorů, které brzdí jeho rozvoj, je chybějící standardizace některých mechanismů, jež jsou pro jeho činnost podstatné.

Uplynulé měsíce přinesly v této oblasti významný pokrok. Došlo ke změně struktury pracovních skupin IETF, které se zabývají vývojem komponent IPv6, vyšlo několik chybějících dokumentů a vyjasnily se určité sporné pasáže. Cílem tohoto příspěvku je informovat o nejnovějším vývoji v této oblasti.

Pracovní skupiny IETF

Internet Engineering Task Force (IETF), klíčová instituce pro vývoj internetových technologií, organizuje svou činnost prostřednictvím pracovních skupin zaměřených na konkrétní témata.

Pro oblast IPv6 je klíčová skupina **ipv6**, která má na starosti vývoj vlastního protokolu a jeho klíčových mechanismů. Některá dílčí témata však byla svěřena samostatným skupinám – například podpora mobilních zařízení. Dříve ji měla na starosti skupina **mobileip**, která řešila tuto problematiku pro obě verze IP zároveň. V roce 2003 však byla rozdělena na dvě – **mipv6** a **mipv4** – a další vývoj mobility probíhá odděleně. Speciálně otázkami přesunů mobilního zařízení mezi buňkami mobilní sítě a související signalizací se zabývá skupina **mpishop** (MIPv6 signalling and handoff optimization). Také problematika multihomingu, čili připojení sítě k několika poskytovatelům, má svou specializovanou skupinu **multi6**. Velmi úzce specializovaná je skupina **send** (Securing neighbor discovery), zabývající se bezpečností objevování sousedů.

Jedním z významných témat je přechod od stávajícího IPv4 k IPv6. Tu měla na starosti skupina **ngtrans**. V současné době ale rychle roste podíl sítí, které již IPv6 reálně provozují. Proto bylo rozhodnuto zobecnit záběr skupiny na veškeré otázky související s nasazením a provozem IPv6. Tomu odpovídá i změna názvu na **v6ops** (IPv6 operations).

S problematikou IPv6 souvisí i aktivity několika dalších skupin řešících obecné internetové mechanismy, které však musí nějakým způsobem reagovat na existenci nového protokolu. Sem patří především **dnsext** a **dnsop** pro otázky DNS, **dhc** pro dynamickou konfiguraci počítačů a řada dalších (routing, vrrp, magma, nemo,…). V následujícím textu vám stručně představím nejvýznamnější výsledky jejich práce z posledních měsíců.

Jádro protokolu, adresy

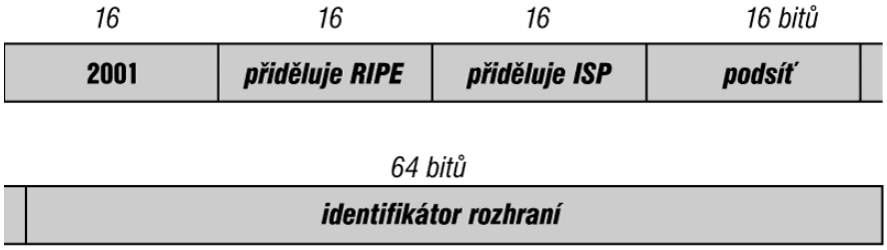
Základní sada RFC definujících vlastní IPv6 a jeho klíčové komponenty se vyvíjela v několika generacích. Ta první, jejímž základem je RFC 1883, pochází z roku 1995. O tři roky později vyšla druhá generace, seskupená kolem RFC 2460.

V současné době vzniká generace třetí. Ta zřejmě zachová některé dokumenty z generace předchozí (například nejsou patrné žádné snahy o přepracování RFC 2460 s definicí vlastního IPv6) a inovuje jen část z nich. Připravují se například nové verze RFC pro ICMPv6, bezstavovou automatickou konfiguraci adres či požadavky na stroje podporující IPv6. Chystané změny jsou však převážně drobné, směřující spíše k vyjasnění sporných míst a zkvalitnění dokumentů, než k zásadní revizi mechanismů v nich popisovaných.

Významná změna se odehrála v oblasti adresování. Nejprve vyšlo RFC 3513 definující architekturu adres pro IPv6. V porovnání se svým předchůdcem (RFC 2373) zjednodušilo rozdělení adresního prostoru, upřesnilo skupinové adresy a zavedlo několik drobnějších změn. Podstatnou změnu však přineslo RFC 3587, které definuje strukturu globálních individuálních adres, čili adres přidělovaných běžným počítačům a zařízením v Internetu – nejdůležitější skupiny ze všech.

RFC 3587 rezignuje na původně navrženou strukturu obsahující hierarchické prefixy složené z TLA, NLA a SLA. Místo toho deleguje strukturování adres na regionální registrátory, čili instituce, které přidělují adresy poskytovatelům Internetu. Pro Evropu tuto roli hraje RIPE NCC. Podle RFC 3587 je struktura globální adresy jednoduchá: úvodní tři bity identifikují tento typ adresy, následuje 45 bitů dlouhý globální směrovací prefix, o němž rozhodují registrátoři, pak je 16bitová adresa podsítě (dříve SLA) a konečně zbývajících 64 bitů obsahuje adresu rozhraní v podsíti.

Vzhledem k tomu, že všichni registrátoři přidělují adresy z rozmezí, jež má v první dvojici bajtů hodnotu 2001 (šestnáctkově), a všichni přidělují lokálním registrátorům (typicky poskytovatelům Internetu) prefixy dlouhé 32 bitů, vznikají tak adresy s elegantní strukturou:



Obr. 1: Reálná struktura individuálních IPv6 adres

V podobě RFC 3484 byl také definován postup při výběru adresy. Na rozdíl od IPv4 má každé rozhraní hned několik IPv6 adres a tento dokument stanoví, kterou z nich má účastník komunikace pro daný datagram použít.

Jedním z nových konceptů zavedených IPv6 jsou tak zvané toky. Jedná se o sekvenci datagramů od stejného odesilatele k témuž příjemci, které spolu nějak souvisí (například přenos jednoho souboru mezi klientem a serverem). V hlavičce je pro jejich identifikaci určena položka „značka toku“, ovšem její význam je v RFC 2460 ponechán pro budoucí definici.

K té došlo v RFC 3697, které popisuje pravidla pro stanovení značky toku a zacházení s ní. Určuje, že tok je identifikován podle trojice údajů: IP adresa odesilatele, IP adresa příjemce, značka toku. Značku toku stanoví odesilatel, jenž by měl adekvátně značkovat veškerý odchozí provoz (aby umožnil jeho zpracování podle toků) a musí poskytnout přístup ke značkám toků protokolům vyšších vrstev. Během dopravy sítí se značka nemění, její hodnota stanovená odesilatelem musí být doručena až k příjemci.

Domain Name System

Podpora IPv6 v DNS se dlouhou dobu nacházela ve velmi neutěšené situaci. Nejprve RFC 1886 definovalo mechanismy pro ukládání IPv6 informací do DNS, jež však RFC 2874 změnilo a prohlásilo za zastaralé. Následovaly několikaleté spory o to, která varianta by měla být použita.

Ukončilo je až RFC 3596 vydané v říjnu 2003. Představuje téměř absolutní návrat ke kořenům. Elegantní, ale křehké záznamy A6 a DNAME zavedené v RFC 2874 jsou definitivně opuštěny. Pro převod ze jména na IPv6 adresu budou s konečnou platností sloužit AAAA záznamy, jejichž hodnotou je kompletní IPv6 adresa daného rozhraní.

Reverzní záznamy pro zjištění jména odpovídajícího známé IPv6 adrese používají běžné PTR záznamy. Jejich levá strana se zkonstruuje ze zápisu IPv6 adresy v šestnáctkové soustavě, v němž se obrátí pořadí jednotlivých číslic a každá z nich vytvoří samostatnou doménu. Výsledná konstrukce je pak zařazena do domény ip6.arpa. Například dotaz pro zjištění jména k IPv6 adrese 2001:0718:1c01:0005:020b:bdff:fea1:d52c by hledal PTR záznam pro doménové jméno c.2.5.d.1.a.e.f.f.f.d.b.b.0.2.0.5.0.0.0.1.0.c.1.8.1.7.0.1.0.0.2.ip6.arpa.

Dynamická konfigurace

Podobně jako DNS i mechanismus automatické stavové konfigurace, čili DHCPv6, představoval dlouhodobé bolavé místo IPv6. Vzhledem k tomu, že pro IPv4 je DHCP běžně a masově používáno, je mnohaletá doba přípravy jeho verze pro IPv6 jen těžko pochopitelná.

Nicméně v červenci 2003 konečně vyšlo RFC 3315 a zacelilo tak jednu z významných mezer ve specifikacích IPv6. Základní mechanismy odpovídají DHCP pro IPv4 – klient nejprve vyhledá dostupné DHCPv6 servery (tady je situace dokonce o něco jednodušší, protože ve světě IPv6 si klient sám dokáže získat svou linkovou adresu a má tedy alespoň nějakou IPv6 adresu, pomocí níž může komunikovat se svými sousedy), některý zvolí a požádá jej o přidělení síťových parametrů. Kromě základního DHCPv6 již byly definovány i některé jeho volby, konkrétně pro DNS (RFC 3646) a IPv6 prefixe (RFC 3633).

IPv6 tedy nyní má oba původně popsané mechanismy pro automatickou konfiguraci adres – stavový (DHCPv6) i bezstavový (kdy si stanice určí adresu sama na základě ohlášení směrovače obsahujícího základní informace o zdejší síti).

Jedním z nedostatků bezstavové konfigurace je, že řeší pouze nastavení základních síťových parametrů (adresu rozhraní a elementární směrování). Jednou ze zajímavých aktivit posledních měsíců je návrh bezstavového DHCP. Jedná se o odlehčenou verzi, která se nestará o adresy, ale pouze o doplňkové informace, především adresy serverů významných služeb (DNS, NTP a podobně). Předpokládá se, že bude použito jako doplněk k bezstavové konfiguraci a doplní informace, jež jejím prostřednictvím nelze získat. Návrh je zatím ve stádiu pracovního návrhu (draft-ietf-dhc-dhcpv6-stateless).

Shrnutí

V oblasti standardizace učinilo IPv6 v poslední době několik významných kroků vpřed. Došlo k vyjasnění dlouhodobě problematického rozdvojení DNS. Nová struktura globálních adres odstranila zjevný rozpor mezi koncepcí navrženou v RFC 2374 a realitou, kdy struktura skutečně přidělovaných a používaných adres byla zcela odlišná. Definicí DHCPv6 zmizel jeden z citlivých nedostatků, kdy IPv6 oficiálně deklarovalo dva způsoby automatické konfigurace počítačů, ale popsán byl pouze jeden.

Z velkých standardizačních neduhů tedy v současné době zbývá jediný – podpora mobilních zařízení. Paradoxně právě v ni jsou vkládány značné naděje při prosazování IPv6 do praktického použití. V každém materiálu vychvalujícím přednosti IPv6 se dočteme, že má na rozdíl od IPv4 propracovanou a povinnou podporu mobility, což ostře kontrastuje se skutečností, že tato podpora dosud nebyla formálně definována. Nicméně návrh s jejím popisem (draft-ietf-mobileip-ipv6-24) se zdá být už velmi stabilním. Proti předchozí verzi došlo ke dvěma čistě marginálním změnám (opraven jeden překlep, vypuštěna jedna věta).

Snad tedy můžeme doufat, že i tento poslední významný standardizační neduh bude v dohledné době odstraněn a z hlediska specifikací nebude už IPv6 nic bránit v cestě k ovládnutí Internetu.

Internetový protokol IPv6: zavádění nové technologie v síti VŠE a PASNET

Ing. Miroslav Matuška, VŠE Praha

Osnova přednášky

- Co je to Internet Protocol version 6 (IPv6)
- Důvody pro změnu a historie vzniku IPv6
- Charakteristiky a nové vlastnosti IPv6
- Migrace z IPv4 na IPv6
- Zavádění a aktuální stav IPv6 ve světě a v ČR
- IPv6 v CESNETu
- Aktuální situace na VŠE, podpora nových technologií
- IPv6 v PASNETu
- Zatímní zkušenosti a postřehy ze zavádění

Obsahem přednášky je představení nového internetového protokolu síťové vrstvy – IP verze 6 s uvedením konkrétních implementačních zkušeností z jeho provozu v univerzitní síti v ČR. Je představen samotný protokol a jsou zmíněny důvody, které vedly k jeho vzniku a postupné implementaci ve světě (zejména omezená velikost původního adresního prostoru). Základní vlastnosti nového protokolu a nová funkčnost (autokonfigurace, mobilita, bezpečnost, zajištění kvality služby) jsou v příspěvku uvedeny zejména ve srovnání se stávajícím internetovým protokolem IPv4. Mechanismy přechodu na novou verzi protokolu jsou také důležitým aspektem celého nasazení nového protokolu, nejčastěji bude využit koncept tzv. dual-stack.

Druhá část přednášky uvádí konkrétní stav zavádění nového protokolu v České Republice a ve světě. Je shrnut vývoj v síti národního výzkumu CESNET, kde byl v ČR zaváděn nový protokol nejdříve. Aktuální situaci a stavu implementace protokolu IPv6 v síti VŠE je věnován největší prostor, jsou popsány instalace aktivních prvků, rozdělení adresního prostoru, instalace služeb na servery a zprovozňování IPv6 na klientských stanicích. VŠE je jedním z členů sdružení PASNET a v příspěvku je zmíněn i rozvoj nového protokolu v pražské metropolitní síti. Závěrem příspěvku jsou uvedeny konkrétní postřehy a zkušenosti ze zavádění protokolu.

Praktická aplikace přenosu hlasu v IP síti

Ing. Michal Rosický, CSc., Ing. David Jakl, Unient Communications, a.s.

Příspěvek popisuje praktické nasazení nové technologie a nové koncepce poskytování služeb telefonní ústředny a rekapituluje zkušenosti z praktického testování kvality služby v IP sítích.

Základní charakteristika služby viphone spočívá v tom, že poskytovatel na své aplikaci zajistí tzv. IP-Hosted PBX, která plně nahradí klasickou digitální nebo IP telefonní ústřednu a poskytne širokou řadu služeb a aplikací navíc s plnou integrací Voice over IP s klasickou analogovou a digitální telefonií. Uživatel je připojen k poskytovateli datovou konektivitou a na datovém spoji musí být zajištěna kvalita služby QoS pro hlasové pakety. Unient při instalaci služby viphone prováděl řadu měření a doporučoval zásahy do datových sítí poskytovatelů k dosažení parametrů IP sítě pro velmi kvalitní přenos hlasu. Příspěvek hlouběji seznámí účastníky konference s principy této aplikace, vazbou na technické systémy a zejména se zkušenostmi a praktickými výsledky testování a nastavování kvality služeb v IP sítích při uvádění služby do provozu u zákazníků.

Začněme tedy stručným popisem toho co nás přivedlo k nutnosti striktně a exaktně vyžadovat kvalitu služby v IP síti, stanovit parametry pro tuto kvalitu z pohledu přenosu hlasu a metodicky kvalitu sledovat a měřit. Unient Communications uvedla na trh službu viphone, která poskytuje komplexní hlasové komunikační řešení plně nahrazující přítomnost telefonní ústředny nebo stávající telefonní ústřednu významně doplňující o nové a nadstandardní funkce. Principem řešení je sada integrovaných hlasových aplikací umístěných v centru operátora telekomunikačních služeb, která je uživatelům dostupná prostřednictvím Internetové konektivity přes IP prostředí. Služba viphone umožňuje nabídnout uživatelům nejširší škálu funkcí, počínaje základními funkcemi telefonní ústředny, přes funkce nejmodernějších digitálních telefonních ústředen, až po integraci s prostředím Internetu a www a dokonce i s aplikacemi IS a CRM.

K používání všech základních i nadstandardních telefonních funkcí není potřeba žádné telefonní ústředny, ani klasické konektivity do veřejné telefonní sítě. Ke zprovoznění služby viphone stačí pouze:

- hlasová a datová konektivita (buď v rámci služby nebo od vybraných poskytovatelů),
- zakoupení licence k využívání služby viphone,
- vhodný telefonní přístroj (analogový, IP telefon nebo Softwarový telefon).

Používání této služby nevyžaduje ani žádný zásadní zásah do stávají datové infrastruktury uživatele, jak je tomu v případě nasazování klasické IP telefonie. Služba viphone je určena pro podnikovou klientelu všech velikostí, bez ohledu na počet uživatelů nebo geografické dostupnosti jejich jednotlivých poboček.

Po zprovoznění služby viphone, stál před společností Unient Communications zásadní problém jak exaktně měřit kvalitu přenosu hlasu na IP síti, tak aby bylo možné jednotlivým zákazníkům garantovat kvalitu hlasu služby viphone na úrovni MOS 4,3+, tj. stejnou jako v klasické telefonii (ISDN).

Po řadě úvah byl pro měření zvolen systém Chariot od firmy NetIQ, Inc. Systém se skládá z Chariot Console (PC Server), která je instalována v Unient a vlastní měření se provádí s pomocí tzv. Endpointů, což je služba , která je instalována na PC obecně kdekoliv na Internetu, v našem případě u zákazníka, kde má být služba viphone instalována a prová-dí se kontrola kvalitativních parametrů přenosu hlasu (QoS) na celé trase od zákazníkova PC až po centrum viphone, případně mezi lokalitami v zákazníkově síti WAN.

V prvé řadě byly definovány parametry, které je nutné v IP síti dodržet, aby kvalita hlasového přenosu dosáhla požadované úrovně. Po řadě testů a konzultací používáme následující parametry pro nastavené přenosové cesty zákazník – viphone:

Hlas
RTP (UDP port 10000 - 20000)
DSCP = EF (Expedited forwarding)

Limitní parametry	
Zpoždění (fixní/RFC1889 jitter)	50ms/10ms
Maximální ztráty paketů	0,2%
Maximální velikost skupiny ztracených paketů	5 paketů
Sekvenční chyby	žádné

Signalizace
SIP (UDP, port 5060)
DSCP = AF11 (Assured Forwarding 11), může být přenášena ve stejné QoS třídě jako RTP, tedy EF

Limitní Parametry	
Zpoždění (fixní/jitter)	150ms/100ms
Maximální ztráty paketů	2%
Sekvenční chyby	žádné

Pro vlastní měření byla připravena metodika, která po nastavení kolik hovorů po měřené datové IP lince má současně procházet, po nastavení používaného hlasového kodeku a určení měřící periody (používáme 60 s) atd. poskytne měřící vzorky charakterizující kvalitu zvolené cesty v IP síti. Výsledkem měření je kromě zpoždění, jitteru, ztrát paketů i MOS, tzn. očekávaná kvalita hovoru, která je mapována z vypočtené hodnoty R.

Měření jsou obvykle prováděna minimálně dvakrát, protože při prvém měření jsou většinou zjištěny nedostatky v nastavení QoS od poskytovatele datové konektivity a po provedení doporučených úprav je provedeno finální měření. Toto měření může být kdykoliv zopakováno pokud jsou stížnosti na kvalitu přenosu hlasu přes IP síť.

Při vlastní prezentaci budou uvedeny konkrétní grafy ilustrující výše uváděné postupy.

Závěrem lze konstatovat, že uvedené systémy a metodiky ověřené praktickým nasazením služby viphone u zákazníků dokumentují, že máme v České republice k dispozici systém a metodiku, která umožní na jakékoliv IP síti exaktně proměřit parametry nutné pro přenos hlasu a nejen to, ale dát i doporučení jak IP síť modifikovat k dosažení parametrů pro přenos hlasu.

V případě dotazů nás kontaktujte na

michal.rosicky@unient.cz
david.jakl@unient.cz

Nové možnosti multimediálních přenosů

Ing. Milan Šárek, CSc., CORE Computer, s.r.o.

Je rozebrán celý přenosový řetěz kvalitního přenosu obrazu. Diskuse je zaměřena na problémy digitálních kamer, využití wavelet transformace ke kódování obrazu a praktické nasazení nových kodérů MPEG s přenosem přes sítě IP.

Pokud se chceme zabývat prostředky kvalitních multimediálních přenosů, je vhodné rozebrat postupně celý přenosový řetěz. S ohledem na komplikovanost celé problematiky, omezím rozsah této prezentace na obrazovou část multimediální složky a na její digitální přenos.

V přenosovém řetězci obrazu můžeme vyčlenit část pro snímání obrazové scény, kódování obrazu, přenosové prostředí, zpětné dekódování a zobrazení.

Zdroje obrazového signálu mohou být různé. Svoje specifika mají medicínské modality, kde v řadě případů vzniká konečný obraz složitým výpočetním procesem a jednotlivé dílčí obrazy, které vytváří svazek RTG paprsků v jedné ze stovek nebo tisíců expozic, nemají pro koncového uživatele praktický význam a většinou tyto obrazy nejsou samostatně zobrazovány.

Pokud zdroj obrazu zjednodušíme na klasickou kameru, zdaleka není vše vyřešeno a jasné. V současné době probíhá intenzivní miniaturizace elektronických obvodů. Tady se dostáváme do problému. Scéna na obrazový snímač je v současné době přenášena klasickou optickou soustavou zjednodušeně nazývanou objektiv. V minulém období byl vývoj silně poplatný vývoji snímací elektroniky, což jsou snímací, expoziční a zaostřovací systémy. Hlavním kritériem byl především počet pixelů snímacího prvku a další parametry elektroniky (citlivost snímače, přesnost expoziční automatiky, přesnost a spolehlivost zaostřovací automatiky v obtížných podmínkách – scény s nízkým kontrastem a/nebo osvětlením).

V oblasti profesionální snímací techniky byl vždy kladen důraz na kvalitu snímacího objektivu. Pokud se však pohybujeme v akademické oblasti, dost často jsme závislí na úrovni běžné spotřební elektroniky, která inklinovala k využívání co nejlevnějších technologií. V současné době se již mnohem častěji prosazuji kvalitní objektivy i v běžné produkci. Většinou se jedná o renomované německé značky. Zajímavé, že vliv tradice a zkušeností německých návrhářů (část produkce i těchto německých značek již probíhá v Asii) respektují i japonští výrobci. Je to oblast obtížně měřitelných parametrů. Jedním z příkladů je tzv. bokeh, který hodnotí zobrazení scény v neostré části obrazu.

Kvalitní objektiv a miniaturizace snímacího obvodu se v současné době dostává do protikladu. Zmenšování snímacího obvodu vynucuje zmenšování konstrukce objektivu, což přináší následující problémy: barevná aberace, problém maximální clony objektivu a snímání kontrastní scény.

Se zkracováním vzdálenosti mezi objektivem a snímacím obvodem je stále obtížnější zajistit kolmý dopad paprsků na snímač a to zejména v okrajových částech snímače. Tím se komplikuje konstrukce objektivu a mnohem častěji se projeví vada barevné aberace, která se typicky projevuje jako barevná neostrost na kontrastních přechodech mezi bílou a černou. Dalším vedlejším efektem požadavku na kolmý dopad paprsků je omezení tzv. širokoúhlého rozsahu objektivů s úhlem záběru větším než 60 stupňů.

Se zmenšováním mechanické konstrukce objektivu je omezována maximální možnost zaclonění objektivu. Zatímco u velkoformátových přístrojů se maximální clona dosahovala hodnoty 1/45 ohniskové vzdálenosti, u kinofilmových přístrojů 1/22, u stávající digitální techniky je to maximálně 1/8. Tím se snižuje tzv. hloubka ostrosti, čili rozsah vzdáleností, ve kterých se obraz dá hodnotit jako ostrý. Navíc vznikají problémy řízení expozice u scén s vysokým jasem, kdy s ohledem na omezení rozsahu clony musí být v extrémních podmínkách snižován světelný tok šedivými filtry, což je další element v optické cestě a s ním možné zhoršení kvality obrazu.

Snímání kontrastní scény, případně oblastí s vysokým jasem přináší další řadu problémů. Od velikosti obrazového snímače je přímo odvozena velikost snímacího prvku. Protože se jedná o rozměru v jednotkách mikrometru nepřekvapí, že v případě silného osvětlení může dojít k situaci, že náboj z prostoru jednoho snímacího prvku „přetéká“ do sousedních, což se v obraze objeví jako expanze přesvětlených ploch (blooming). Snahy řešit tento problém jsou různé: kanálky na odvod přebytečného náboje, dvojice snímacích prvků (fyzicky větší pro velké hladiny osvětlení, fyzicky menší pro menší hladiny). V současné stavu techniky platí zjednodušeně zásada, čím větší snímací prvek s menším počtem pixelů, tím systém odolnější pro problémům výše uvedeným. Pokud vezmeme počet pixelů za do určité míry stabilní, lze vybírat dle velikosti optického snímače.

Druhým článkem řetězu jsou kodéry obrazu. V současné době se v oblasti kvalitních obrazových přenosů lze orientovat na standardy MPEG-2, MPEG-4 a JPEG.

Uvedené standardy využívají principu DCT – diskrétní kosinové transformace. Proto mají řadu podobných vlastností, případně nedostatků. Typické je postupné vykreslování obrazu, rozpad scény v případě problémů na dlaždicové elementy, poměrně velké datové toky 25 až 80 Mb/s v procesech produkce a post produkce (zpracování a distribuce obrazu v TV kvalitě).

Základní průlom do současného stavu znamená nový standard JPEG 2000, který jako první využívá tzv. vlnkovou transformaci (wavelet transformation). Toto nové jádro kódování umožňuje několik zásadních změn ve zpracování přenášeného obrazu:

- zvýšení kompresního poměru o cca 25% proti DCT
- náhled obrazu vzniká zjednodušeně řečeno okamžitě, další přenášené informace obraz zpřesňují
- možnost vytváření tzv ROI (regions of interest) – oblastí zájmu, ve kterých může být kvalita vyšší než ve zbytku obrazu
- lepší zpracování grafiky, případně bezproblémové zakódování textu s grafikou, odpadají problémy s typickými čtverečkovými přechody na konturách

Tento nový standard byl vyvíjen od roku 1995 a v první část byla skutečně publikována v roce 2000. Problémy vznikají jinde. Jednak se jedná o patentovou ochranu některých vyspělých funkcí, druhým problémem je poměrně vysoké nároky na výpočetní výkon. Proto se JPEG2000 nejprve objevil v grafických editorech (Photoshop, Photopaint). Zatím chyběla jeho podpora v internetových prohlížečích a v hardware kamer. Výrobci argumentují jeho vysokou náročností na výpočetní výkon a zatím mají stále dost práce se zvyšováním výkonu stávající technologie.

V oblasti přenosu kvalitní obrazové informace jsou poměrně bohaté zkušenosti s přenosem v sítích ATM. V některých případech je tento systém využíván stále (např. ČT).

S ohledem na přechod akademické komunity prioritně na protokol IP, rozběhly se první piloty s využitím MPEG2 kodérů. Jedno s prvních nasazení je například na VUT v Brně, kde v současné době rutině běží podpora přenosu z vybrané učebny do celofakultní sítě. Ke kódování obrazu je použito zařízení Vbrick 4200, k zobrazení na PC je využíván software StreamPlayer Plus od stejné firmy. Datové toky MPEG-2 kodéru lze nastavit od 2 do 15 Mb/s, konektivita do sítě je přes standardní Ethernet 10/100TX. Napojení kamery je přes S-Video, případně může být kodér vybaven rozhraním SDI. Základní jednotkou je chassis, které může být osazeno kombinací kodérů i dekodérů MPEG-2 a MPEG-4. Mimo vlastní kodéry je samozřejmě důležitá síťová infrastruktura. Zatím se osvědčily technologie CISCO a ExtremeNetworks. Problematické se ukázaly některé východoasijské výrobky.

Zajímavé odkazy:
www.vbrick.com, www.teracue.com, www.grafika.cz, milic.jiracek.cz

Komplexní řešení AV centra

Ing. Karel Zatloukal, VFU Brno
Ing. Vítězslav Křivánek, VUT v Brně

1. Úvod

V roce 1998 se začalo s úvahami o vybudování AV centra VFU Brno. Bylo nutné zmapovat možnosti, vytipovat použitelnou techniku, stanovit základní koncepci práce AV centra.
Nešlo o jednoduché rozhodnutí. Moderní technologie vnáší i do této oblasti nebývalé inovace. Vše se mění doslova pod rukama.

2. ZÁKLADNÍ KONCEPCE

Nejprve bylo nutné stanovit, pro jaké účely bude AV centrum sloužit, jaké mají být parametry:

- Půjde o celoškolské pracoviště.
- Jaké jsou technicky nejnáročnější práce a v jakém jsou rozsahu. Je vhodnější je zajistit dodavatelsky nebo vlastními prostředky.
- Bude technika využita i k jiným účelům např. pro on-line přenosy.
- Jaké bude zastoupení výpočetní techniky a jejích výhod.
- Bude spolupráce s dalšími pracovišti z VFU Brno, případně odjinud.
- Bude zde probíhat zpracování starších nahrávek.
- Jaký je odhad množství prací. Bude potřeba vést evidenci a archiv.
- Jak budou mít studenti zprostředkovaný přístup k těmto informacím.
- Je třeba vytvořit nové pracoviště nebo bude vhodnější začlenit AV centrum do některého ze stávajících pracovišť např. CIT.

Z vytýčených okruhů otázek vyšla základní koncepce pracoviště.

3. POSTUP ŘEŠENÍ JEDNOTLIVÝCH ETAP

3a KAMERY

Volba jednotlivých typů kamer byla jednou z prvních prací. Byly zapůjčeny dostupné kamery z různých pracovišť a to uvnitř VFU Brno tak z jiných škol a proběhly první testy. Byly pořízeny srovnávací záznamy. Srovnání nám umožnilo orientaci v jednotlivých systémech, v různých provedeních. Sekundárně jsme zjistili náročnost různých scén. Tyto materiály byly dále využitelné pro zjištění kvality celého zpracovatelského řetězce.

Z hlediska dalšího zpracování byly z nových nákupů vyloučeny všechny analogové systémy. Vzhledem k tomu, že jsou na škole používané byly odzkoušeny také. Jedná se zejména o systémy VHS-C, Hi8, S-VHS-C. Jedením z požadavků je možnost dále zpracovat tyto analogové záznamy.

Základní orientace je na digitální systémy. Byly testovány systémy Digital 8, DV, DVCAM, DVPRO.
Vzhledem k převážnému zastoupení záznamů z prostředí veterinárního lékařství byla nutná orientace na studiové systémy. Byl vybrán systém DVCAM. Jde o studivý profesionální systém, který je kompatibilní se systémem DV. Byly zakoupeny dvě kamery SONY DSP150P a jedna DSP 250P. Výhodou kamer DSP 150P je nízká váha. To je nezbytné při práci v terénních podmínkách. Nevýhodou je krátká doba záznamu 45 příp. 60 min. Kamera DSP 250P pracuje s DV kazetami a zajišťuje délku záznamu až 180 min. Dále byla pořízená jedna kamera DIGITAL 8, která je používaná pro méně náročné práce a dále pro zpracování starších záznamů VIDEO 8 a Hi8. Ostatní systémy je nutno zpracovat pomocí analogových vstupů ve střižně.

3b STŘIŽNY

Materiály natočené kamerami se dále zpracovávají v počítačových střižnách. Byla provedena analýza, kolik a jak vybavených střižen je nutné zajistit. Střižny byly pořizovány postupně. V současnosti je zde celkem sedm strojů, s různým vybavením a s možností zpracovávat specializované činnosti. Pět střižen je vybaveno kartou Matrox RTX100, jedna Matrox RT2000. Všechny disponují rozhranním IEEE1394. Se střižnami jsme standardně zakoupili SW Premiera.

3c SÍŤOVÉ ŘEŠENÍ

Pro vzájemnou spolupráci je nutné zajistit síťové propojení. To je realizované pomocí Gb technologie.

Střižny sdílejí diskové prostory. Je zde k dispozici diskové pole o celkové kapacitě 3,4TB. Dále je možné sdílet další vstupní a výstupní prostředky. Typicky se jedná o CD ROM vypalovačky, DVD vypalovačky různé typy videorekordérů a audiozařízení. Pracoviště je řešeno jako GRID. To umožňuje spolupráci s dalšími, jednoduššími pracovišti v rámci VFU Brno. Díky napojení AV centra na Gb rozvod a kvalitní konektivitě do páteřního rozvodu NREN Cesnet 2 je možná spolupráce s dalšími pracovišti nejen v rámci ČR. Tím je řešen jeden z klíčových problémů tvorby výukových pořadů. Při tvorbě výukových pořadů jde obvykle o tým, který je složen z odborníků z různých lokalit.

4. ARCHIV

Veškerý natočený materiál je archivován. Obvykle je uložen zdrojový tvar, včetně konečného zpracování, různých mutací a výstupních formátů. Vzhledem k velkému množství provedení je nutná evidence a vedení archivu.

Byly zpracované jednoduché pravidla pro práci s archivem. Jde o to, jak se s materiály bude manipulovat, kdo si je může zapůjčit, jak jsou značeny, jaká jsou pravidla pro titulkování a v neposlední řadě, které údaje budou s pořady uchovávány.

Zdrojový tvar

Uchovává se zejména u záznamů z veterinárního prostředí. Materiály je možné opakovaně použít, respektive je možné použít nekvalitní jinak nepoužité záběry. To je podstatné pro vytváření kompilovaných pořadů jako např. způsoby šití atd. Další použití je pro výběr záznamů pro začlenění do e-learningového systému.

Zpracovaný pořad

Zpracovaný pořad se uchovává jako tzv. Master. Tento materiál neopouští AV centrum. Slouží pro tvorbu uživatelských kopií.

Pořady pro uživatele

Pro uživatele jsou vytvářeny kopie. Ty jsou značeny logem atd. Prakticky vždy jde o pořady, které mají redukované kvalitativní parametry. Jde o běžné video kazety (S-VHS, miniDV apod.), vysokokapacitní počítačová média CD ROM, DVD atd. Pro použití v počítačové síti jsou vytvářeny pořady ve formátu *.RM, *.VMV v max.bitovém toku 700Kb/s a v *.MPG, kdy je použit MPEG-2 MP@ML do 6Mb/s. Výjimečně se zpracovávají pořady v MPEG-2 s vyšším datovým tokem a to 15 nebo 20Mb/s.

Archiv dále zajišťuje tvorbu speciálních provedení např. v normě NTSC. Protože vytvoření jakékoliv kopie je pracné, náročné na čas a prostředky, jsou všechny pořady evidované. To usnadňuje využít již zpracované pořady bez nutnosti je opětovně vytvářet.

5. PRODUKČNÍ A ŠKOLÍCÍ ČÁST

AV centrum je od počátku děleno na dvě oddělené části. Jednou je dosud popisovaná produkční část, druhou je výuková část.
Vzhledem k náročné produkci není možné spojovat obě činnosti v rámci jednoho pracoviště. Následky byť neúmyslného zničení dat studenty mohou být fatální.
Byla vybudovaná multimediální studovna/učebna, která je vybavená jednodušší technikou. Jsou požity běžné počítače P4 1,6GHz, RAM 512MB, VGA ATI ALL WONDER 8500DV atd. Počítače jsou spojeny pomocí Gb sítě. Obě části AV centra mohou sdílet stejné prostředky. Ve studovně probíhají kurzy zaměřené na grafické aplikace. Studovna je vybavená další AV technikou. Je zde moderní interaktivní „Smart Board“ tabule, dataprojektor. V zázemí je vybavení videoserverem pro ukládání souborů přístupných po síti, je zde k dispozici server pro pořádání videokonferencí atd.

6. ON-LINE KOMUNIKACE

Součástí AV centra je enkódovací pracoviště, které je určeno pro práci v IP síti. Umožňuje pracovat v MPEG-1 a MPEG-2. Maximální parametry jsou MPEG-2 ML@MP 4:2:2 s datovým tokem do 50Mb/s. Součástí pracoviště jsou dvě dekódovací pracoviště. Z toho jedno je určeno pro monitorování provozu. Pracoviště bylo vybaveno z prostředků Fondu rozvoje Cesnetu, obdobně jako videoserver pro pořádání videokonferencí H 323.
Pracoviště disponuje i další technikou, která se používala v ATM rozvodech. Jsou zde soupravy AVA300/ATV300, které se nadále používají při kvalitních videopřenosech a videokonferencích v rámci VFU Brno, případně některých dalších pracovišť v metropolitní síti Brna (např. MZLU).

Mezi důležité vybavení patří videorežie MX-PRO DV od firmy VIDEONICS. Zařízení umožňuje práci s několika videozařízními a audiozařízeními. Je zde k dispozici množství efektů atd.

Školící část AV centra je vybavena prostředky pro pořádání kurzů „videokonferenční technika“ H323 a odbodných technologií. Základem je již zmíněný server, vybavení PC v učebně o webkamery a dále je možné využít grabovací karty ALL IN WONDER 8500DV s externími kamerami.

7. INFRASTRUKTURA VFU BRNO

Videopřenosy a videokonference jsou závislé na vybudované infrastruktuře. Pro kvalitní přenosy je problém zejména v tzv. „poslední míli“. Od počátku budování kabelových rozvodů v areálu VFU Brno bylo počítáno s provozem těchto náročných aplikací. Byla vytvořená síť, která umožňuje přenosy mezi posluchárnami, operačními sály, specializovanými pracovišti a AV centrem s vysokými parametry profesionální techniky. Mimo stabilní, pevně instalované rozvody jsme vybaveni mobilními prostředky pro zajištění, jednorázových akcí kdekoliv v areálu VFU Brno. Tyto možnosti jsou samozřejmě využívané i pro školní aktivity mimo areál školy.

8. VÝSTUPY

Mezi základní výstupy AV centra patří výukové pořady. Většinou jsou zpřístupněné v rámci počítačové sítě VFU Brno. Studenti si je mohou prohlédnout v počítačových učebnách a studovnách. Zlepšení studia je dáno i zasíťováním studentských kolejí. V současnosti může prakticky kterýkoliv student ubytovaný v Kounicových kolejích (koleje VFU Brno) použít svou výpočetní techniku a napojit se na počítačovou síť VFU Brno a jejím prostřednictvím na Internet. Dále zde postupně instalujeme studovnu, která v plném obsazení bude mít více jak 50 PC.

9. ZÁVĚR

Natáčení a tvorba vlastních videopořadů patří mezi náročné činnosti. VFU Brno se řadí mezi vyspělé školy, které tuto možnost mají a využívají ji. Tyto prostředky výrazným způsobem zkvalitňují výuku a to jak v přímé výuce tak zlepšováním podmínek pro samostudium. AV centrum dále zajišťuje záznamy význačných přednášek a další aktivity ve škole. Vybudovaná kvalitní infrastruktura a její další rozvoj umožňuje plně využívat výhod, které moderní technologie nabízejí. Od roku 1998, kdy se započalo s prvními pracemi na vybudování počítačové sítě VFU Brno, vznikla moderní kvalitní síť, která splňuje řadu dalších požadavků. Zapojili jsme se do aktivit Cesnetu v oblasti IP telefonie. V rámci Fondu rozvoje Cesnetu byla pořízená potřebná technika pro napojení telefonních ústředen VFU Brno.
Síť se také používá pro přenosy hlášení některých systémů. Typicky jde o EPS, EZS a některých dalších systémů.

zatloukalk@vfu.cz
krivanek@skm.vutbr.cz

Modulární komunikační reflektor s DV přenosem

Eva Hladká
Fakulta informatiky,
Masarykova univerzita v Brně,
Botanická 68a, Brno 602 00,
Czech Republic
Email: eva@fi.muni.cz

Petr Holub
Fakulta informatiky a
Ústav výpočetní techniky,
Masarykova univerzita v Brně,
Botanická 68a, Brno 602 00,
Czech Republic
Email: hopet@ics.muni.cz

Miloš Liška
Fakulta informatiky,
Masarykova univerzita v Brně,
Botanická 68a, Brno 602 00,
Czech Republic
Email: xliska@fi.muni.cz

Abstrakt. **Přenosy videa s vysokým rozlišením generují datové toky v síti o řádu desítek Mb/s. V příspěvku je popsáno jak řešit přenosy videodat ve formátu Digital Video (DV) pro více než dva koncové body pomocí modulárního reflektoru, kde reflektor je softwarové zařízení pracující v uživatelském prostoru se základní vlastností multiplikovat a distribuovat data všem účastníkům komunikace. Popsaný reflektor byl implementován a článek uvádí výkonnostní parametry daného řešení a odhad škálovatelnosti.**

Klíčová slova: **skupinová komunikace, reflektor, video přenosy, DV formát, škálovatenost**

I. Úvod

Současné vysokorychlostní sítě je možno využívat pro přenosy videa s vysokým rozlišením, což otevírá možnosti pro celou řadu nových aplikací využívajících vysílání jednosměrné (např. vysílání televize) a vícesměrové (např. aplikace pro vzdálenou spolupráci). Častým požadavkem je zasílání videa ne jednomu, ale celé skupině uživatelů. Ideálně škálujícím prostředkem pro takové přenosy jsou služby multicastu [1]. Tyto služby ovšem nepokrývají celý Internet a běžným jevem je buď naprosto chybějící podpora multicastu v lokální síti koncových uživatelů nebo špatná konfigurace aktivních prvků tak, že klient nemá možnost se účastnit všech probíhajících multicastových přenosů a Internet je tedy tvořen řadou podsítí, které mezi sebou multicast přenášejí buď omezeně nebo vůbec. Problémy spojené s provozem multicastu trvají více než desetiletí a proto i naděje na brzké řešení problémů šíření multicastového provozu je velmi malá. Tato skutečnost nás vedla k hledání alternativního řešení.

Možnou simulací nativní skupinové komunikace (multicastu) v případě, že požadavkem není neomezená škálovatelnost, je serializace paralelního schématu skupinové komunikace. Oproti multicastu s požadavkem replikace dat uvnitř sítě dle potřeby jsou v sériové simulaci stejné kopie dat z jednoho či více míst v síti rozesílány postupně uživatelům. V tomto článku se budeme zabývat distribucí videa ve formátu Digital Video (DV) [2] skupině komunikujících účastníků s využitím simulace multicastu pomocí replikačního prvku nazvaného *reflektor* [3]. Architektura skupinové komunikace využívající reflektory na jedné straně trpí do jisté míry eliminovatelnými problémy se škálovatelností, na straně druhé ale umožňuje řadu pokročilých služeb které jsou v nativním multicastovém prostředí prakticky nerealizovatelné a umožňuje také budovat *ad hoc* komunikační prostředí.

Článek je organizován následujícím způsobem: kapitola II pojednává o architektuře a základních vlastnostech reflektoru, kapitola III shrnuje pokročilé scénáře využití reflektoru, kapitola IV podává základní přehled přenosu videa ve formátu DV po IP sítích včetně popisu uživatelských nástrojů, kapitola V popisuje výkonnostní charakteristiky přenosu DV v prostředí založeném na reflektorech, kapitola VI je věnována možnému zlepšení škálovatelnosti vytvořením sítě reflektorů, kapitola VII shrnuje příbuzné technologie a kapitola VIII uzavírá problematiku přenosu DV v prostředí reflektorů.

II. Simulace multicastu pomocí reflektoru

Reflektor nazýváme síťový prvek, který replikuje a případně také zpracovává příchozí data typicky ve formě UDP datagramů pro přijímající klienty a tato data sekvenčně odesílá pouze s využitím unicastové síťové komunikace. V případě, že jsou data odesílána všem klientům, je počet kopií stejný jako počet přijímajících klientů. Náš návrh reflektoru vychází ze tří směrů vývoje v komunikačních sítích – překryvových sítí (overlay networks), uživatelem řízeného přístupu (user empowered approach) a programovatelných sítí (active networks). Reflektor je navržen jako uživatelem řízený modulární programovatelný směrovač s možností přisestavení modulů pro speciální zpracování přeposílaných datagramů. Reflektor pracuje pouze v uživatelském prostoru, což umožňuje běh bez nutnosti administrátorských oprávnění na hostitelském počítači.

Zpracování a replikace dat probíhá následujícím způsobem: data přijatá přijímajícími moduly jsou zařazena do fronty ke zpracování a vyhodnocena modulem modulem pro autentizaci, autorizaci a accounting. Jsou-li data tímto modulem autorizována k dalšímu zpracování, předají se modulu pro udržování sezení (session management), který si zaznamená aktivitu klienta v dané skupině, a dále jsou data zpracována dle

konfigurace reflektoru příslušnými moduly (procesory). Poté jsou data rozeslána klientům dané skupiny odesílacím modulem dle distribučního seznamu získaného z modulu pro udržování sezení. Z důvodu optimalizace výkonu je minimalizován počet vytvářených kopií dat a u jednoduchých scénářů reflektor pracuje v režimu zero-copy.

Modul pro udržování sezení je zodpovědný za přidávání nových klientů do komunikačních skupin (klient je zařazen do seznamu v okamžiku, kdy je od něj přijat první datagram) a za periodické odstraňování klientů, kteří se od reflektoru odpojili. Základní zabezpečení skupinové komunikace je řešeno pomocí modulu pro autentizace, autorizaci a accounting (AAA), jenž umožňuje komunikující skupinu omezit na vybrané IP adresy a případně také nepřímo pomocí autentizace uživatele jménem a heslem. Není-li zkonfigurováno pomocí AAA modulu jinak, je kterémukoli klientovi umožněno se připojit ke skupině a stačí mu pouze začít zasílat datagramy na reflektor.

Reflektor obsahuje moduly poskytující administrativní rozhraní přes zabezpečené protokoly jako je HTTP s podporou SSL/TLS nebo SOAP s podporou GSI [4]. Komunikace mezi klientem a administrativním rozhraním probíhá pomocí jazyka RAP [5]. Toto rozhraní umožňuje klientům po úspěšné autentizaci a autorizaci řídit chování reflektoru za běhu: je možné měnit autorizační informace pro přeposílání datagramů, nahrávat, zastavovat a restartovat jednotlivé moduly reflektoru či modifikovat jejich chování.

Virtuální multicast implementovaný pomocí centrálního reflektoru přináší problémy s omezenou škálovatelností. Tyto problémy lze částečně řešit pomocí sítí reflektorů propojených mezi sebou tunely, které mohou být vytvářeny buď staticky nebo dynamicky (např. pomocí směrovacích algoritmů typu distance vector nebo na bázi některých efektivnějších směrovacích algoritmů peer-to-peer sítí jako Pastry [6] apod.). Příklad takového řešení je uveden v kapitole VI. Sítě reflektorů mohou být také využity pro vytvoření prostředí, které je rezistentnější vůči výpadkům než běžná síť [7].

III. Pokročilé vlastnosti simulace multicastu s využitím reflektorů

Díky replikaci dat pro každého klienta zvlášť je možné implementovat zpracování odlišné pro různé klienty a modularita reflektoru umožňuje moduly s pokročilejšími funkcemi přidávat a konfigurovat za běhu reflektoru. V následujících odstavcích jsou uvedeny příklady takového zpracování.

a) Změna kódování multimediálních dat: Moduly zpracovávající data mohou transformovat data mezi různými formáty (např. převádět video ve formátu DV do formátu H.261). Reflektor tedy může sloužit jako brána, která umožňuje připojení klientům s omezenou podporou kompresních formátů, s nedostatečnou výpočetní kapacitou či pro klienty, kteří jsou připojeni pomocí pomalých síťových linek, a přitom nezabraňuje zbytku skupiny komunikovat pomocí formátů s vyšší kvalitou a náročností.

b) Skládání několika obrazů: Skládání obrazu z několika souběžných zdrojů videa je užitečné například v případě kolaborativního prostředí s větším množství účastníků, kdy na koncových stanicích již není dostatečná výpočetní a zobrazovací kapacita pro zobrazování mnoha proudů videa od všech klientů současně. Je také možno propojit tunelem reflektor s funkcí skládání obrazů a reflektor bez této funkce a připojit klienty dle kapacity jejich připojení. To je jedna z variant skupinové komunikace klasickým multicastem neřešitelná.

c) Synchronizace: V případě paralelních proudů dat enkapsulovaných do protokolu RTP [8] je možno provádět mezi těmito proudy synchronizaci [9]. RTP pakety obsahují relativní časové značky které mohou být převáděny na absolutní čas na odesílající stanici pomocí časových značek v relativním i absolutním čase uvedených v komplementárních RTCP paketech. Provádíme-li synchronizaci mezi zdroji z různých odesílajících počítačů, je třeba synchronizovat jejich čas např. pomocí protokolu NTP.

Využitím pokročilých vlastností virtuálního multicastu na bázi reflektorů je možno také vytvořit silně zabezpečené kolaborativní prostředí, kdy každý klient udržuje s reflektorem spolehlivý zabezpečený kanál (TCP kanál šifrovaný pomocí SSL) pomocí něhož jsou vyměňovány šifrovací klíče mezi klientem a reflektorem. UDP datagramy jsou pak šifrovaně odesílány z klienta na reflektor, kde jsou zpracovány a opět zašifrovaně odeslány na přijímající klienty. Takto upravený reflektor spolu s modifikovanými klientskými nástroji MBone Tools byl studován v [10].

Reflektor je možné využít i v síťovém prostředí omezeném firewally a překladem adres (NAT), kde lze využít tunelování UDP datagramů pomocí TCP spojení přes některý z povolených portů [3], [11].

IV. Přenos videa ve formátu DV s využitím reflektoru

Digital Video (DV) [2], [12] je v současnosti jeden z běžných formátů pro kompresi a ukládání digitálního videa. Jeho výhodou je vysoká kvalita v plném rozlišení (např. pro normu PAL se jedná o rozlišení 720×576 se snímkovou frekvencí 25 snímků/s), velmi malá degradace obrazu vlivem komprese, a to i při několikanásobné rekompresi v důsledku vícenásobného zpracování, a také relativně snadná dostupnost zařízení, které s DV formátem dokáží přímo pracovat pomocí rozhraní IEEE–1394 (kamery, převodníky, rekordéry atd.). DV komprese používá vzorkování 4:1:1 pro normu NTSC a 4:2:0 pro normu PAL a využívá pouze intra-frame kompresi velmi podobnou kompresi MPEG s pevně stanoveným počtem bitů za sekundu. Zvuk se kóduje společně s příslušným rámcem videa. Vzorkovací frekvence zvukové stopy je 32 kHz, 44,1 kHz nebo 48 kHz a kvantování využívá 12, 16 nebo 20 bitů. Kvalita zvuku tedy může být vyšší než kvalita záznamu na CD a limitujícím faktorem obvykle

TABULKA I
Konfigurace testovacího prostředí

	`test4`	`brand`	`gerard`
značka/model	–	DELL PowerEdge 1600 SC	DELL PowerEdge 1600 SC
procesor	2× Intel Xeon 2.80 GHz	2× Intel Xeon 2.80 GHz	2× Intel Xeon 2.80 GHz
paměť	1024 MB	1024 MB	1024 MB
síťová karta	Intel 82545EM	Broadcom BCM5701	Intel PRO/1000
	64 bit/66 MHz	64 bit/100 MHz	32 bit/66 MHz
operační systém	Linux 2.4.23	FreeBSD 5.2-RELEASE	FreeBSD 5.2-RELEASE

bývá kvalita akvizičních zařízení. Díky skutečnosti, že DV nevyužívá inter-frame kompresi, je možné pomocí formátu DV také realizovat přenosy s nízkou latencí – při využití vhodných koncových zařízení je možné latenci snížit na přibližně 100 ms [13] (při využití nekomprimovaného analogového videa se latence pohybuje kolem 70 ms).

Přenos DV v IP sítích je specifikován v RFC 3189 a RFC 3190 a probíhá nad UDP datagramy prostřednictvím protokolu RTP. Čistě softwarová implementace přenosu DV v IP sítích byla realizována v rámci projektu DVTS[1] [14], [15]. V rámci tohoto projektu byly vytvořeny nástroje pro odesílání a příjem DV pro operační systémy Linux, Free/Net/OpenBSD a Windows a také prototypové a nepříliš stabilní aplikace pro zobrazování DV v prostředí MS Windows a X Windows (`xdvshow`).

Vzhledem k problémům se stabilitou zobrazovacích nástrojů z projektu DVTS jsme se rozhodli vytvořit na základě programu `xdvshow` vlastní softwarovou implementaci pro operační systémy Linux a FreeBSD. Ta umožňuje zobrazování videa jak ve formátu PAL tak i NTSC pomocí knihovny `libdv` [16] dostupné jako open-source produkt[2]. Naše implementace využívá robustní vícevláknovou architekturu, která separuje příjem dat ze sítě od renderování a zobrazování samotného obrazu. Zobrazování je možné buď čistě přes rozhraní X11, nebo s využitím SDL knihovny [17]. V případě použití SDL je možné přehrávat video také v celoobrazovkovém režimu, a to buď škálovaně interpolací na vyšší rozlišení, nebo neškálovaně s vyplněním zbytku obrazovky černým rámem v případě nedostatečného výpočetního výkonu použitého hardware.

Tato nová implementace také podporuje spolupráci s výše popsaným reflektorem. Protože zobrazovací klient je pouze pasivní a odesílání DV je prováděno jiným nástrojem, jsou reflektoru zasílány v pravidelných časových intervalech RTCP pakety na port, který je o jedničku vyšší než port s DV streamem zabaleným v RTP tak, aby mohl reflektor provádět údržbu sezení (session management) a případně mohl od pasivních klientů sbírat statistické údaje o kvalitě příjmu.

[1] Další rozvoj standardu přenosu DV v IP sítích je nyní zajišťován pomocí organizace DVTS Consortium, v níž nyní participuje i Masarykova univerzita v Brně. Projekt DVTS vyvíjející samotný software však ustrnul ve vývoji z důvodu odchodu hlavního vývojáře.

[2] Původní implementace `xdvshow` z projektu DVTS umožňuje pouze zobrazování videa v NTSC formátu.

TABULKA II
Výkonnost reflektoru pro zvyšující se počet DV klientů.

# klientů	*Výstupní vytížení reflektoru [Mb/s]*	
	teoretické	*experimentální*
1 (+1)	30	29.913 ± 0.027
2 (+1)	120	118.21 ± 0.12
3 (+1)	270	270.6 ± 2.1
4 (+1)	480	480.2 ± 2.8
5 (+1)	750	742.0 ± 4.2
6 (+1)	1080	908.2 ± 2.4
7 (+1)	1470	916.0 ± 1.2

V. Experimentální výsledky

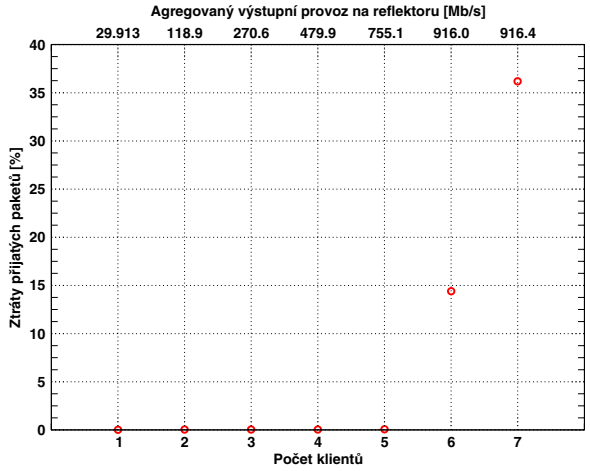
Výše uvedený reflektor byl implementován a pro ověření použitelnosti jsme provedli základní měření výkonosti. Testovací prostředí se sestávalo ze tří výkonných počítačů, které fungovaly jako generátor provozu (*gerard*), reflektor (*test4*) a přijímač (*brand*), spojené pomocí gigabitového přepínače HP ProCurve 6108. Konfigurace počítačů jsou uvedeny v tab. I

Výkonnost reflektoru v kombinaci s DV klienty byla měřena jako závislost výkonu reflektoru na počtu klientů odesílajících a přijímajících DV data s rychlostí 30 Mb/s. V průběhu experimentu se zvyšoval počet aktivních klientů a v průběhu celého experimentu zůstával jeden pasivní klient (pouze přijímající klient), který současně sloužil jako měřící sonda. Výsledky shrnuté v tab. II a na obr. 1 a 2 ukazují, že systém je použitelný pro spolupráci až pěti klientů pracujících s vysoce kvalitním videem ve formátu DV.

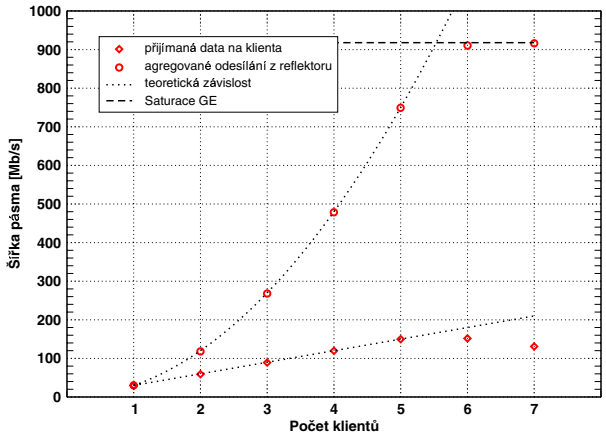
Z výsledků je zřejmé, že na výkonném PC je reflektor plně schopen saturovat gigabitové ethernetové připojení v rámci možností daných architekturou PC a daným operačním systémem. Z výsledků je také zjevná omezená škálovatelnost prostředí založeného na reflektorech, kterou je možné řešit pomocí vytvoření sítě reflektorů (kap. VI).

Dále jsme otestovali výkonnost reflektoru v čistě přeposílajícím (forward) režimu, který se ukazuje jako náročnější pro zpracování než běžný replikační mód reflektoru. To odpovídá skutečnosti, že je více dat přenášeno přes PCI sběrnici než v případě replikačního režimu. Výsledky shrnuté graficky na obr. 3 ukazují, že prakticky

Obr. 1. Závislost počtu DV klientů na ztrátách na reflektoru



Obr. 2. Charakteristiky reflektoru v závislosti na počtech klientů



bez výpadků je schopen reflektor v tomto režimu pracovat do průtoku 450 Mb/s.

VI. Škálovatelnost

Jak je zmíněno v kap. II a V, škálovatelnost a výkonnost komunikačního prostředí založeného na reflektorech lze zlepšit využitím více reflektorů propojených pomocí tunelů. Nejjednodušší model, který současně může sloužit jako odhad nejhorší efektivity, je vytvoření úplného grafu, tak že každý reflektor komunikuje přímo s každým, jak je znázorněno na obr. 4.

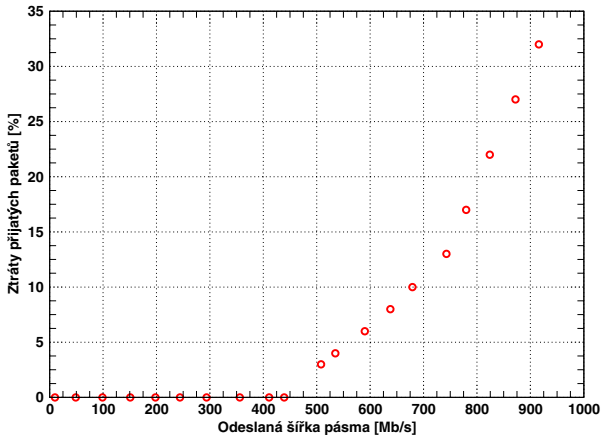
Předpokládejme síť reflektorů, v níž je ke každému reflektoru připojeno n_r nebo $n_r - 1$ klientů (jedná se o co nejrovnoměrnější rozdělení klientů mezi reflektory). Lze odvodit, že počet vstupních toků každého reflektoru je

$$in = n, \tag{1}$$

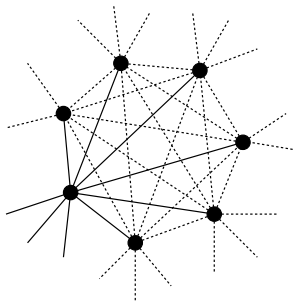
počet výstupních toků pro reflektor s n_r klienty je

$$out_{n_r} = n_r(m + n - 2), \tag{2}$$

Obr. 3. Čistě přeposílací propustnost reflektoru



Obr. 4. Full-mesh model tunelování mezi reflektory.



kde m je počet reflektorů a n je celkový počet připojených klientů. Poměr počtu výstupních toků mezi reflektory s n_r a $n_r - 1$ klienty je

$$\frac{out_{n_r-1}}{out_{n_r}} = \frac{n_r - 1}{n_r}. \tag{3}$$

Vezmeme-li v úvahu, že $n_r = \lceil \frac{n}{m} \rceil$ a počet výstupních proudů na samostatně použitém reflektoru je $out_s = n(n-1)$, lze odvodit, že poměr mezi počtem výstupních toků v síti reflektorů out_{n_r} a samostatně stojícím reflektorem out_s je přibližně

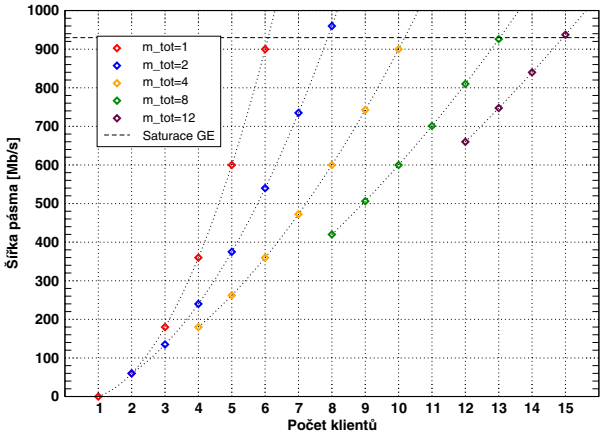
$$\frac{out_{n_r}}{out_s} \approx \frac{m + n - 2}{m(n-1)} \tag{4}$$

Z grafu ilustrujícího maximální výstupní tok na jeden reflektor pro sítě s různým počtem reflektorů (obr. 5) je zřejmé, že z původních maximálně šesti DV klientů při použití jednoho reflektoru a gigabitového připojení se kapacita prostředí zvýšila až na 15 účastníků při použití sítě 12 reflektorů s gigabitovým připojením.

VII. Příbuzné práce

Řešení problémů skupinové komunikace (multicast) pomocí různých typů přemostění a reflektorů má dlouhou historii. Snad nejlépe je to vidět na videokonferenčním systému VRVS [18], který střídavě využíval sytému zrcadel a multicastu.

Obr. 5. Závislost výstupního datového toku na reflektorech v závislosti na počtu DV klientů pro konfigurace sítí s počtem reflektorů $m = 1, 2, 4, 8, 12$.



Původní návrh reflektoru popisovaného v příspěvku navazoval na práci J. Higfielda [19]. Jednalo se velmi jednoduchý program, jehož jedinou funkci bylo poslouchat na předem určeném portu UDP datagramy a přeposílat je všem aktivním účastníkům komunikace (těm, kteří během určeného intervalu nějaká data zaslali).

Systém VRVS využívá pro skupinovou komunikaci pevně danou síť zrcadel. Komunikující jsou připojeni ke geograficky nejbližšímu zrcadlu bez možnosti volby a případné kontroly. Zrcadla jsou poskytována jako služba, bez možnosti zásahu do kódu či administrace. Unikátním rysem je možnost propojení H.323 a MBone videokonferencí.

AccessGridové videokonference [20] využívají pro skupinovou komunikaci nativní multicast, ale pro místa bez multicastové konektivity byly vytvořeny dva typy reflektorů: QuickBridge [21] a Multi-Session Bridge [22]. QuickBridge pracuje jako spoj do multicastové sítě. Je instalován uvnitř MBone a klient vně se na něj připojuje unicastem. Je to jednoduchý reflektor využívající autentizaci pomocí IP adresy a pracující s databází AG bodů a odpovídajících multicastových adres a portů. Multi-Session Bridge je obdobný systém provozovaný na centrálních AccessGrid serverech v Argonne National Laboratory.

VIII. Závěr

Kombinace reflektoru s přenosem DV může být využita pro videokonferenční aktivity vyžadující vysokou kvalitu obrazu. Příkladem mohou být telemedicínské přenosy operací či obrazu z kamery připojené k mikroskopu, kde maximální kvalita obrazu umožňuje lékařům stanovovat přesněji a spolehlivěji diagnózu. Další aplikací v oblasti vzdělávání může být vysílání přednášek mezi několika geograficky vzdálenými posluchárnami v reálném čase s využitím IP sítí.

Zajímavou aplikací může být přenos stereoskopického videa ve formátu DV. Zde je možno využít synchronizační schopnosti reflektoru a posílat videodata samostatně pro každé oko, což umožňuje následné náročnější zpracování obrazu, než je možné v případě jednoho kombinovaného obrazu.

Poděkování

Tato práce byla řešena za podpory Výzkumného záměru Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace MŠM 6383917201. Autoři by také rádi poděkovali Jiřímu Denemarkovi a Tomáši Rebokovi z FI MU za pomoc při implementaci reflektoru a měřicích nástrojů.

Literatura a odkazy

[1] R. Wittmann, M. Zitterbart. *Multicast communication: protocols, programming, and applications*. Morgan Kaufmann Publishers, 1999.

[2] Internation Electrotechnical Commission. *IEC 61834: Recording – Helical-scan digital video cassette recording system using 6,35 mm magnetic tape for consumer use (525-60, 625-50, 1125-60 and 1250-50 systems)*, 1998, 1999, 2001. Parts 1–10, `http://www.iec.ch`.

[3] Eva Hladká, Petr Holub, Jiří Denemark. "User empowered virtual multicast for multimedia communication," v *Proceedings of ICN 2004*, 2004.

[4] "GSI SOAP," `http://www.doesciencegrid.org/Grid/projects/soap/`.

[5] Jiří Denemark, Petr Holub, Eva Hladká. "RAP - Reflector Administration Protocol," techická zpráva 9/2003, CESNET, 2003.

[6] A. Rowstron, P. Druschel. "Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems," v *IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware)*, Heidelberg, Germany, 2001, pp. 329–350.

[7] David Andersen, Hari Balakrishnan, Frans Kaashoek, Robert Morris. "Resilient overlay networks," v *18th ACM Symp. on Operating Systems Princpiles (SOSP)*, Banff, Canada, Oct. 2001.

[8] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson. "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC 3550, July 2003.

[9] Tomáš Rebok, Petr Holub. "Synchronizing RTP Packet Reflector," techická zpráva 7/2003, CESNET, 2003.

[10] Tomáš Bouček. "Kryptografické zabezpečení videokonferencí," diplomová práce, Vojenská akademie Brno, 2002.

[11] Zdeněk Salvet. "Enhanced UDP packet reflector for unfriendly environments," techická zpráva 16/2001, CESNET, 2001.

[12] *Specifications of Consumer-Use Digital VCRs using 6.3mm magnetic tape*. Video Equipment Division, AVC Company, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. 1–15, Matsuo-Cho, Kadoma-Shi, Osaka, 571-8504, JAPAN, Dec. 1994. unofficially called Blue Book.

[13] "McGill Ultra-Videoconferencing System: FAQ," `http://ultravideo.mcgill.edu/faq/`.

[14] Akimichi Ogawa, Katsushi Kobayashi, Kazunori Sugiura, Osamu Nakamura, Jun Murai. "Design and implementation of DV based video over RTP," v *Packet Video Workshop 200*, 2000. `http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/pv2000/index.html`.

[15] Akimichi Ogawa. "DVTS: Digital video transport system," 1999-2002. `http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/`.

[16] Charles Krasic, Erik Walthinsen. "Quasar dv codec: `libdv`," `http://libdv.sourceforge.net/`.

[17] "SDL: Simple Directmedia Layer," `http://www.libsdl.org/`.

[18] P. Galvez, G. Denis, H. Newman. "Networking, Videoconferencing and Collaborative Environments," v *Proceedings of CHEP'98*, Chicago, September 1998.

[19] Julian Highfield. "UDP packet reflector hacks – RTP unicast mirror `rum`," .

[20] L. Childers, T. Disz, R. Olson, M. E. Papka, R. Stevens, T. Udeshi. "Access grid: Immersive group-to-group collaborative visualization," v *Proceedings of Immersive Projection Technology*, Ames, Iowa, 2000.

[21] M. Daw. "How to install and use a quick multicast bridge (QuickBridge)," .

[22] G. A. Roediger. "The Multi-Session Bridge," `http://www.hep.net/chep98/PDF/230.pdf`.

Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace

Ing. Helmut Sverenyák, CESNET, z. s. p. o.

Abstrakt *Již od počátků Internetu vyspělé země budují a rozvíjejí tzv. sítě národního výzkumu a vzdělávání (National Research and Education Network - NREN). Tyto sítě se od sítí běžných poskytovatelů Internetu zpravidla liší svými výkonnostními parametry, specifickými službami, jejich zásadní význam však tkví především v jejich inovačním poslání – hledání nových cest rozvoje informačních a komunikačních technologií. V České republice je síť národního výzkumu a vzdělávání budována a kontinuálně rozvíjena v rámci výzkumného záměru sdružením CESNET.*

1. Sítě národního výzkumu a vzdělávání

Sítě národního výzkumu a vzdělávání, nebo jim také můžeme říkat sítě akademické, hrají významnou roli ve vývoji a implementaci pokročilých informačních a komunikačních technologií, a to díky tomu, že jsou určeny pro specifickou skupinu uživatelů, která se nespokojí pouze s pasívním přijímáním nabízených služeb, ale její potřeby diktují nejen parametry komunikační infrastruktury, ale také rozsah a kvalitu poskytovaných služeb. Velkou výhodou NREN je, že výzkum a samozřejmě s ním spojené náklady na infrastrukturu jsou dotovány ze státních (v případě Evropské Unie také společného evropského) rozpočtů. Důsledkem toho je, že při projektování NREN je přípustná jistá míra velkorysosti při využití přenosového pásma. Pokud je optimální využití pásma páteřních linek komerčních poskytovatelů připojení k Internetu v oblasti okolo 60% v dlouhodobém průměru a krátkodobě těsně pod saturací, pak v případě NREN je za optimální zatížení považována hodnota v rozsahu 15-30% (v závislosti na typu aplikací).
Zbytek pásma je permanentně k dispozici pro potřeby krátkodobých přenosů velkých objemů dat vědeckých aplikací.

Zárodek dvou největších sítí národního výzkumu a vzdělávání byl položen v polovině 90. let – v té době vznikly dva významné projekty.

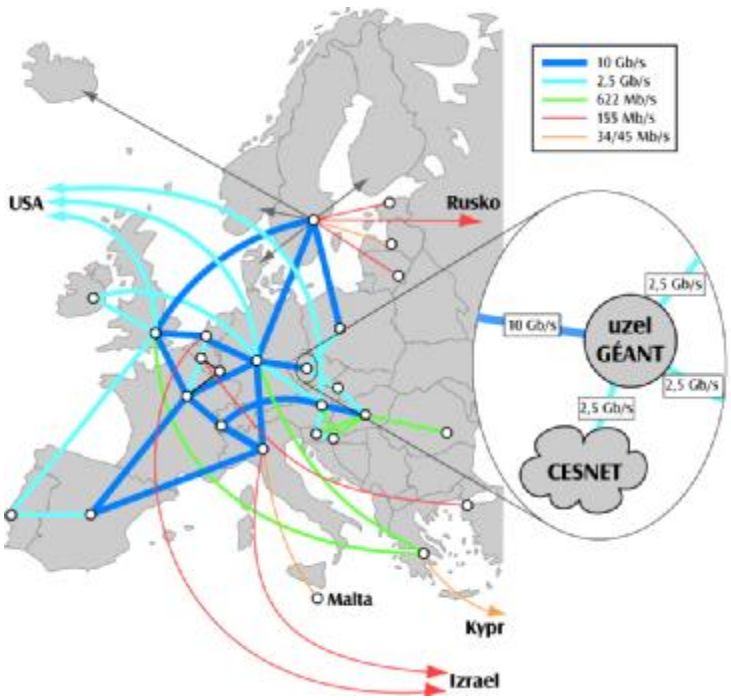
Na americkém kontinentě byl v roce 1996 zahájen projekt Internet2 (www.internet2.edu) s těmito hlavními cíli:

- vytvoření počítačové sítě nové generace,
- studium pokročilých síťových technologií,
- vytváření aplikací, které takový typ sítě využijí.

Páteřní síť projektu Internet2 – Abilene – byla uvedena do provozu v roce 1998 a její jádro je v současnosti tvořeno okruhy s přenosovou rychlostí 10 Gb/s. S projektem je spojena také rozsáhlá výzkumná činnost jak v oblastech sítě, tak v oblastech middleware a aplikací.

Novou iniciativou je projekt National LambdaRail (NLR) (www.nationallambdarail.org), jehož cílem je vytvořit nový typ infrastruktury pro nové formy bádání a také prostředí pro ověřování nových síťových technologií a protokolů. Základním stavebním kamenem infratruktury jsou optická vlákna a na nich nasazená DWDM technologie.

V Evropě byl v roce 1997 zahájen mezinárodní projekt TEN-34 (Trans-European Network Interconnect at 34 Mbit/s), jehož úkolem bylo vytvořit panevropskou síť srovnatelnou se sítí Abilene. Na tento projekt postupně navázaly projekt Quantum a v současnosti probíhající projekt Géant (www.dante.net). V průběhu sedmi let tak v Evropě vznikla infrastruktura propojující téměř třicet evropských zemí, jejíž jádro se sestává z okruhů o kapacitě 10 Gb/s (viz Obr.1).

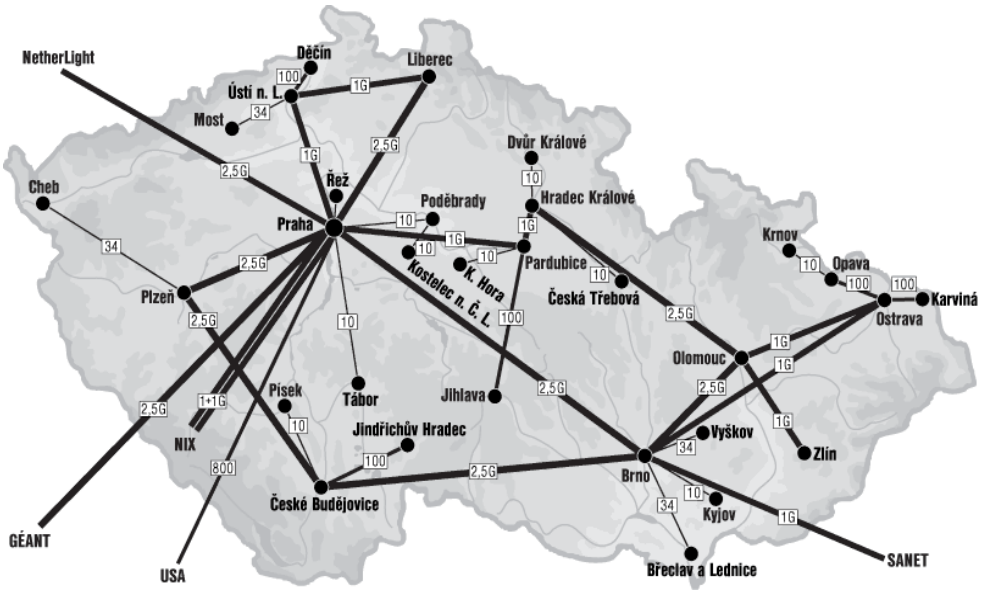


Obr. 1. Síť Géant v březnu 2004

Jelikož projekt Géant v říjnu roku 2004 končí, je již připravován nový projekt s názvem Multi-Gigabit European Academic Network (GN2). Záměrem projektu, který začne pravděpodobně již v září 2004, je vybudovat během následujících čtyř let moderní, vysoce výkonnou infrastrukturu umožňující poskytovat uživatelům přístup k jejich pracovnímu prostředí (ve smyslu informačních zdrojů, výpočetních kapacit, atd.) v reálném čase odkudkoliv v rámci tzv. Evropského výzkumného prostoru (European Research Area-ERA). Velký důraz bude přitom kladen na podporu služeb zajišťujících dodržení požadovaných parametrů přenosu na celé trase mezi koncovými zařízeními (End to End Performance) a na vyřešení požadavků na mobilitu. Na řešení projektu se bude podílet třicet jedna organizace zabývající se problematikou vysokorychlostních sítí pro vědu a výzkum, včetně sdružení CESNET, které již od roku 1997 zastupuje v těchto aktivitách Českou republiku. Nedílnou součástí projektu, stejně jako projektů předchozích, jsou výzkumné aktivity jak v oblasti síťových technologií, protokolů a služeb, tak v oblasti middleware.

Rozvoj NREN v České republice je úzce spojen s rozvojem evropské infrastruktury pro výzkum a vzdělávání.

V roce 1996 bylo českými vysokými školami a Akademií věd založeno sdružení CESNET, které se úspěšně ucházelo o projekt na realizaci české NREN kompatibilní s TEN-34, jejíž výstavba byla podmínkou účasti České republiky v mezinárodním projektu TEN-34 a možnosti propojit česká výzkumná pracoviště s pracovišti v zahraničí. V letech 1999-2003 byly výzkumné aktivity sdružení CESNET v oblasti síťových technologií a aplikací realizovány v rámci výzkumného záměru *"Vysokorychlostní síť národního výzkumu a její nové aplikace"*. Cílem tohoto výzkumného záměru bylo ověřit možnosti využití pokrokových komunikačních technologií pro potřeby vědecké komunity, navrhnout a vybudovat komunikační infrastrukturu vhodnou pro přenos a zpracování dat v rámci vědeckých experimentů. Nejvýznamnějším výstupem záměru je funkční vysokorychlostní síť národního výzkumu CESNET2, jejíž parametry a služby jsou srovnatelné s obdobnými sítěmi v zahraničí (Viz Obr. 2).



Obr.2. Síť CESNET2 v dubnu 2004

V zájmu zachování kontinuity rozvoje české NREN se sdružení CESNET v roce 2003 úspěšně ucházelo o získání institucionální podpory na období 2004-2010 pro svůj nový výzkumný záměr *"Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace"* (identifikační kód MSM638391720). Základní cíle tohoto záměru jsou shrnuty v následující kapitole.

2. Výzkumný záměr *„Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace“*

Návrh nového výzkumného záměru byl formulován na základě zhodnocení současného stavu ve světových sítích národního výzkumu a vzdělávání a prognóz vývoje v této oblasti, i když vzhledem k rychlému vývoji v této sféře mohly být podrobné plány rozpracovány pouze na období let 2004-2007. Cíle a základní strategie připravovaného výzkumného záměru byly také konzultovány s předními zahraničními odborníky.

Obecným cílem výzkumného záměru *"Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace"* je navrhnout integrované síťové prostředí vyhovující specifickým požadavkům akademické komunity a v provozu ověřit jeho vlastnosti. Zkušenosti s provozem akademických sítí totiž ukazují, že dostatek volného přenosového pásma je pouze jedním z požadavků na akademickou síť kladených a pro provozování kvalitní akademické sítě je třeba na síti implementovat další služby. Z tohoto důvodu je také nezbytné zabývat se kromě výzkumu v oblasti infrastruktury a síťových protokolů také výzkumem v oblasti aplikací a oblasti middleware.

Při návrhu a budování nové infrastruktury bude plynule navázáno na dosavadní výsledky dosažené v rámci naplňování konceptu CEF (Customer Empowered Fiber) sítí. Strategie CEF znamená, že operátor buduje svou infrastrukturu na základě dlouhodobého pronájmu optických vláken, která osazuje vlastními aktivními prvky, a má plnou kontrolu nad touto sítí. Hlavními přínosy jsou především flexibilita, protokolová

nezávislost a škálovatelnost. Nezanedbatelné jsou také výhody ekonomické. Tato infrastruktura je základem pro nasazení DWDM technologie, která umožní fyzickou infrastrukturu virtuálně násobit a vytvářet vyhrazené optické trasy pro potřeby vědeckých aplikací – tzv. lambda služby. Základem pro implementaci lambda služeb v rámci české NREN je zřízení prvního uzlu ryze experimentální sítě CzechLight v lednu 2003, propojeného na holandskou lambda síť NetherLight a skrze ni na globální Translight (http://www.startap.net/translight/). V rámci výzkumného záměru je plánováno rozšíření CzechLight do dalších uzlů sítě CESNET2. V návaznosti na výsledky dosažené v minulých letech bude předmětem výzkumu také problematika budování dálkových meziměstských optických tras bez optických regenerátorů, nasazených na trase.

Cílem výzkumného záměru je také dokončení vývoje gigabitového směrovače na bázi PC a jeho pilotní nasazení na vybrané trase. Při vývoji směrovače na platformě PC byla navržena univerzální karta opatřená programovatelným hardwarem, která může sloužit nejen pro potřeby směrování, ale také pro pořeby dalších aplikací (monitorování sítě, kodóvání a dekódování videa, apod.).

V rámci předkládaného výzkumného záměru je plánováno vytvořit podmínky pro budoucí možnou migraci na protokol IPv6. Obě verze IP protokolu mají již v současnosti přirozenou plnohodnotnou podporu v páteřní síti CESNET2. Nicméně pro možný přechod na výlučně verzi 6 IP protokolu je nutné rozšiřovat oblast její plnohodnotné podpory dále ke koncovým uživatelům a kromě zpřístupnění všech služeb a aplikací je nutné zajistit maximální transparentnost celé sítě včetně podpůrných služeb - uživatelé nemusí vědět, zdali jsou jejich data přenášena protokolem IPv4 či IPv6.

Velká pozornost bude věnována oblasti tzv. middleware, tedy služeb usnadňujících uživateli a jeho aplikacím přístup k prostředkům sítě a jejím službám. Právě implementace middleware umožní síť národního výzkumu transformovat v transparentní virtuální badatelské prostředí, které uživatele zbytečně neobtěžuje a umožní mu pohodlně využívat sítě pro jeho práci. V rámci výzkumného záměru se bude sdružení věnovat primárně těmto oblastem:

- vývoj autentizačních a autorizačních mechanismů pro přístup k prostředkům na síti. V této oblasti je nejdůležitějším úkolem ověření možnosti celonárodní akademické infrastruktury veřejných klíčů (PKI – Public Key Infrastructure). Autorizační a autentizační mechanismy hrají také významnou roli při zajišťování mobility, a to především v rámci lokálních wi-fi sítí.
- vývoj prostředků pro sledování infrastruktury sítě a dlouhodobé sledování provozu. Výsledky výzkumu v této oblasti jsou důležité pro sběr statických informací o datovém provozu potřebných pro dlouhodobé plánování rozvoje síťové infrastruktury a především pro odhalování bezpečnostních incidentů na síti.
- vývoj prostředků pro sledování výkonnostních charakteristik sítě a nástrojů k jejich optimalizaci. Oblast představuje výzkum a vývoj týkající se měření a podrobné analýzy jevů, ke kterým dochází při přenosu dat sítí. Poznání v této oblasti umožní optimalizovat datové přenosy mezi koncovými uživateli.

V oblasti aplikací je hlavním cílem výzkumného záměru rozvoj tzv. gridů jakožto prostředí pro spolupráci distribuovaných entit, ať už jimi jsou lidé, skupiny lidí, či stroje. Příklady gridů jsou:

- výpočetní grid pro náročné vědecké výpočty se zapojením velkého počtu geograficky distribuovaných počítačů,
- úložný grid - prostředí umožňující ukládaní dat a vzdálený přístup k nim,
- přístupový grid - standardizované prostředí pro spolupráci za využití videokonferenčních a multimediálních aplikací a prostředků pro spolupráci nad sdílenými dokumenty.

Dalším okruhem zájmu bude výzkum v oblasti multimediálních služeb, a to především reálně časových. Velká pozornost bude věnována problematice vývoje prostředí pro spolupráci, podpory distančního vzdělávání a medicínských aplikací.

Nedílnou součástí výzkumného záměru bude také zapojení sdružení do mezinárodních aktivit, a to především v rámci projektů 6. rámcového programu EU, jako jsou GN2 – rozvoj evropské infrastruktury pro výzkum a vzdělávání či EGEE (Enabling Grids for E-Science in Europe) – velký projekt s cílem vytvořit evropské gridové prostředí pro aplikace od vyhodnocování experimentů například v oblastech fyziky částic, astronomie, telemedicíny, bioinformatiky či modelování meteorologických jevů.

3. Závěr

Současným trendem v oblasti vývoje NREN je postupné vytváření univerzálního informačního prostředí se stále vyšší mírou dynamiky z reálně časového hlediska a zvyšující se schopností adaptability na změny vnějších i vnitřních podmínek. Typickými představiteli těchto tendencí mohou být např. virtuální badatelská a výuková prostředí, prostředí pro spolupráci skupin, distribuovaná prostředí pro náročné výpočty, distribuované datové sklady, virtuální dočasné vysokorychlostní spoje, to vše při respektování požadavků na mobilitu koncových uživatelů.

Technickým prostředkem k dosažení tohoto cíle je kvalitní infrastruktura směřující postupně k čistě optickému přepínání s alternativními překryvnými sítěmi vyšších vrstev a v neposlední řadě dostatečně robustní a vyspělé tzv. middleware - tedy jakási abstraktní logická vrstva mezi vlastní síťovou infrastrukturou a jednotlivými síťovými aplikacemi.

Mobilita a roaming v sítích národního výzkumu

Ing. Jan Fürman, CESNET, z.s.p.o.

1. Úvod

Vzhledem k sílícímu tlaku uživatelů na mobilní a transparentní přístup do počítačových sítí, je potřeba začít tuto problematiku řešit v obecnějším kontextu. Právě z těchto důvodů se CESNET (jako provozovatel české NREN) ujal funkce koordinátora v oblasti mobility a roamingu mezi jednotlivými institucemi, připojenými do sítě národního výzkumu.

Základní motivací je vybudovat takový systém, který umožní uživateli bezproblémový přístup do sítě z jakéhokoliv místa. Podmínkou pochopitelně je, aby navštívená instituce byla zapojena do roamingu. Tento princip je nejlépe patrný při použití na bezdrátových WiFi sítích (vzniká analogie se sítěmi mobilních telefonů), kdy uživatel ze sítě A přijde do sítě B a bez nejmenších komplikací se připojí. Mobilita se ovšem musí chápat v širších souvislostech. Nejde jen o bezdrátové sítě, ale také o běžné kabelové nebo o přístup ke službám v terminálových halách.

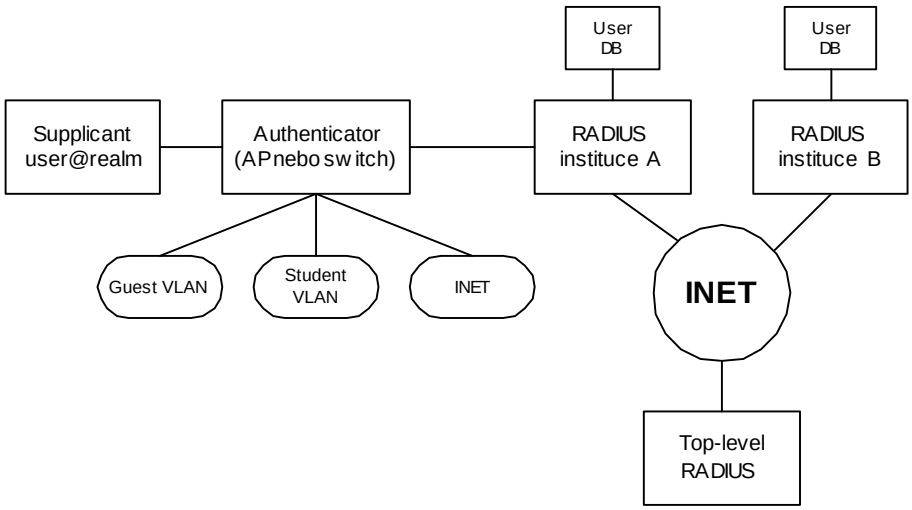
Hlavním problémem v tomto konceptu je autentikace a autorizace uživatele. Bez jednotné autentikační a autorizační infrastruktury (AAI) je mobilita nemyslitelná. Uživatel pro potřeby roamingu vystupuje pouze s jednou identitou, má pouze jedno jméno/heslo, případně certifikát nebo jiné náležitosti, kterými se identifikuje. Tyto ověřovací údaje jsou uchovány v jeho domácí síti. Při pokusu o připojení tedy ověření proběhne přes AAI, kdy se ověřovací prvek v navštívené síti „zeptá“ autentifikačního systému v uživatelově domácí síti, zda je to opravdu ten, za kterého se vydává a zda má oprávnění k přístupu. Naprosto nezbytná a klíčová je v takto definovaném systému důvěra mezi organizacemi.

Vybudování komplexní, bezpečné a plně funkční AAI je ovšem běh na dlouhou trať a její implementace zabere spoustu času. Pro potřeby mobility a roamingu se proto nadefinovaly ověřovací mechanizmy, které sice nesplňují všechny náročné požadavky kladené na univerzální AAI, ale jsou implementačně jednoduché, funkční a splňují základní bezpečnostní kritéria. Vychází se z práce TERENA mobility task force (www.terena.nl/tech/task-forces/tf-mobility), kde jsou jednotlivé mechanizmy detailně popsány. Jde o autentifikaci pomocí protokolu 802.1x, VPN a webového rozhraní. Na těchto principech se v současné době dohodla velká část evropských NREN a tudíž je otevřena cesta k roamingu v rámci celé Evropy. Pro fungování roamingu není nezbytně nutné podporovat všechny zmíněné mechanizmy (vlastně by stačil jen jeden), ovšem z praktických důvodů se jeví jako nejlepší tyto mechanizmy kombinovat. Za „nejlepší“ metodu lze považovat 802.1x (v budoucnu 802.11i) při zabezpečení kanálu pomocí WPA/TKIP (WiFi Protected Access/ Temporary Key Integrity Protocol – viz. www.wi-fi.org) a EAP (Extesnible Authentication Protocol – viz. RFC 2284). Toto hodnocení ovšem může být lehce zavádějící. Každé organizaci může vyhovovat něco jiného.

Momentálně je tato problematika řešena již zmíněnou pracovní skupinou TERENA mobility task force a po schválení projektu GN2 se touto oblastí začne zaobírat i aktivita GN2-JRA5 (pochopitelne pouze v případě, že schvalovací řízení proběhne bez problémů).

2. Autentifikace na bázi 802.1x

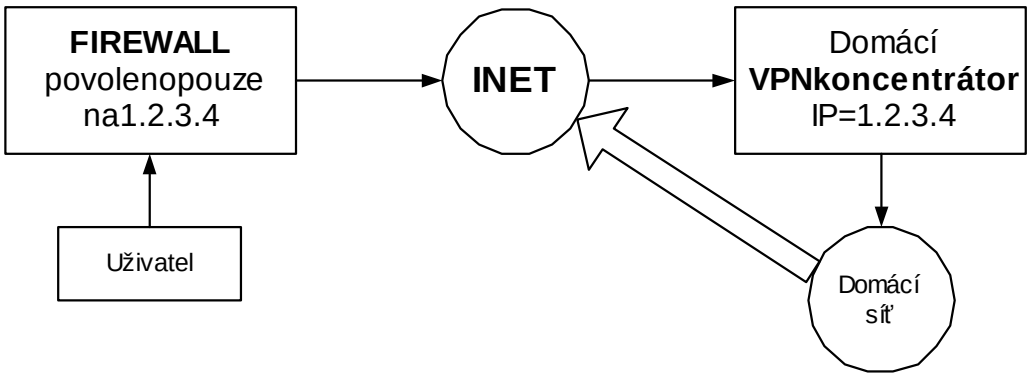
Autentifikace pomocí 802.1x je založena na schopnosti přístupového zařízení (AP nebo switch) ovládat provoz na L2 úrovni. Klient se připojí na port zařízení (u AP virtuální, u switche fyzický) a tento port je ve stavu „zavřeno“. Je povolen pouze autentifikační protokol EAP. Speciální program (supplicant), běžící na straně klienta, zahájí ověření přes EAP protokol. Suplikant vyšle na AP žádost o autentifikaci, AP naváže spojení na RADIUS server a zprostředkuje ověření suplikantu vůči RADIUSu. Pokud je uživatel lokální, proběhne ověření přímo na RADIUS serveru, se kterým komunikuje AP . Pokud jde o návštěvníka, bude autentifikační požadavek transportován přes strukturu RADIUS serverů až na domácí síť uživatele (detaily níže).



O výsledku (přístup povolen/zamítnut) informuje RADIUS server přímo AP a ten v závislosti na odpovědi povolí či zakáže provoz na daném portu. Tento mechanizmus pracuje na druhé síťové vrstvě a umožňuje kromě prostého otevření / zavření portu také jeho přepnutí do určité VLANy. V závislosti na ověřovacích údajích pak může klient dostat přístup např. do zaměstnanecké sítě, do sítě pro hosty nebo na Internet.

3. Autentifikace na bázi VPN

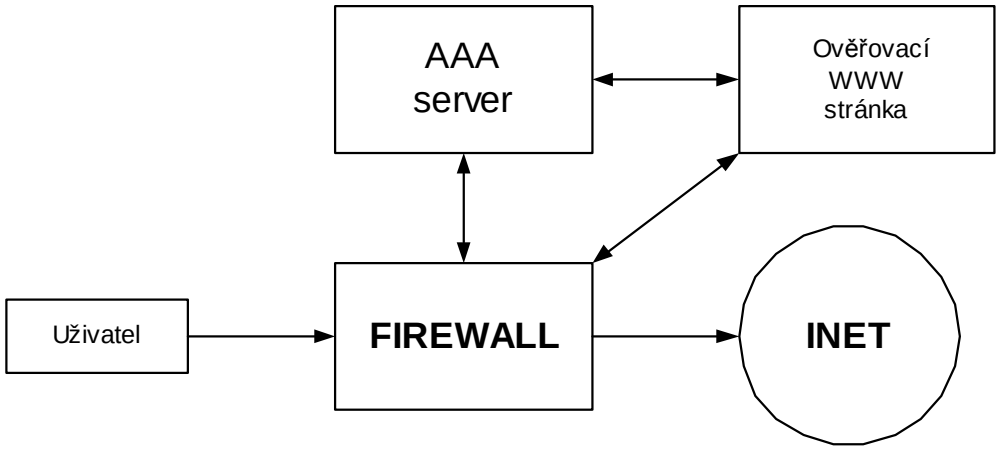
Základní myšlenka autentifikace pomocí VPN tunelů spočívá v tom, že pokud se uživateli podaří připojit na VPN koncentrátor, musel se ověřit a je tudíž skutečně tím, za kterého se vydává. Problém ověření je v této metodě přesunut na VPN brány. Koncepce počítá s tím, že je hostující síť chráněna firewallem a ten povolí přístup pouze na definovanou množinu VPN bran (co spolupracující organizace, to jedna brána). Uživatel připojený do sítě tedy musí navázat VPN spojení do své domácí sítě, jinak se nikam nedostane.



Potencionální nevýhoda této metody spočívá v neoptimálním datovém toku (Př.: Uživatel přijede do instituce A a chce využívat její síťové služby. Pakety však putují od něj k jeho domácí síti a zpět. Toto může činit problémy např. u IP telefonie, kdy je každé zpoždění kritické). Další komplikací je správa filtrovacích tabulek. Aby tento systém fungoval, musí být povolen přístup na VPN bránu každé participující organizace. Pokud by nebylo přidělování IP adres pro VPN koncentrátory koordinováno, došlo by k zahlcení filtrovacích tabulek a neskutečnému chaosu. Řešením je mít jednotný adresový prostor pro VPN brány. Potom stačí na firewallech povolit pro každou zemi jeden agregovaný IP blok. V ČR je pro tyto účely vyčleněn segment IP adres z rozsahu CESNETu. Každé instituci se pak na základě žádosti přidělí adresa z této množiny.

4. Autentifikace na bázi webového formuláře

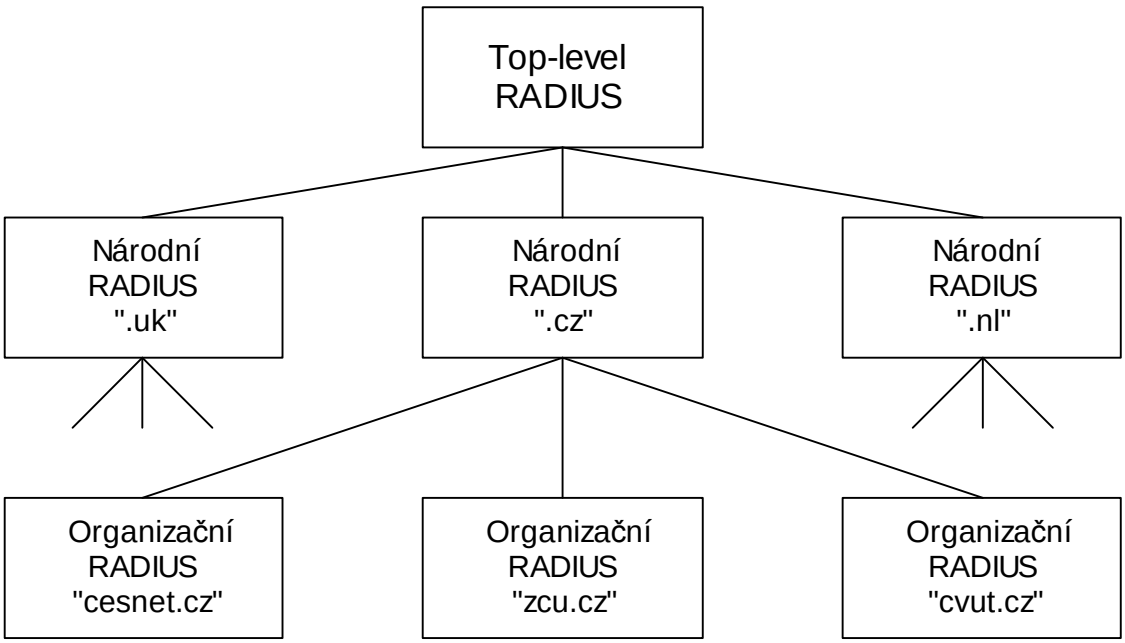
Ověření přes webové rozhraní je založeno na tom,že hostující síť je chráněna přístupovým prvkem (firewall), který neautentifikovanému uživateli (na základě IP a mac adresy) povolí pouze přístup http protokolem na autentifikační stránku. Ostatní provoz je zakázán a všechny www dotazy jsou přesměrovány. Zde je uživatel vyzván k zadání svého jména a hesla. Poté co jsou tyto údaje zkontrolovány na AAA serveru (ten může a měl by být součástí centrální AAI), je na firewallu přístup uživatele do sítě odblokován.



Nevýhodou tohoto způsobu je poněkud nižší míra bezpečnosti, než u VPN nebo 802.1x řešení. Na druhou stranu web autentifikace nevyžaduje na straně klienta žádný speciální software ani žádné speciální nastavení. Je proto vhodný jako prostředek „poslední záchrany“. Pokud se uživateli nepodaří připojit pomocí 802.1x nebo VPN, spustit prohlížeč a napsat jméno s heslem by neměl být problém. Rovněž se tímto způsobem dají s výhodou řešit přístupy uživatelů, kteří na roamingu nespolupracují (nemají se kde ověřit, protože nejsou uživateli žádné organizace zapojené v centrální AAI). Pro tyto případy se nadefinuje dočasný účet, který použijí externí uživatelé pro připojení.

5. Hierarchická struktura RADIUS serverů

Při ověřování na bázi 802.1x a webu sehraje roli AAI hierarchická struktura RADIUS serverů. Každá instituce participující na roamingu bude mít svůj RADIUS server, který dokáže ověřit uživatele z této instituce. Tyto uživatelské účty mohou být vedeny buďto přímo na RADIUS serveru nebo na jiné platformě (LDAP, SQL, …) a RADIUS použít pouze jako back-end. Tyto „organizační" RADIUS servery budou v rámci dané země propojeny k „národnímu" RADIUSu, který zajistí předávání požadavků na ověřování mezi institucemi. Tento server pro ČR je v současné době v provozu a jeho chod zajišťuje CESNET. Směrování ověřovacích požadavků mezi servery je založeno na koncepci tzv. realmů (viz. Definice RADIUS protokolu – RFC 2138). Uživatelské jméno má pak tvar **uname@realm**. Realm může být libovolný řetězec, ale z praktických důvodů se volí stejný jako doménové jméno instituce. Příklad kompletního uživatelského jména uživatele z CESNETu pak může být **furman@cesnet.cz**. Národní RADIUS server je tedy zkonfigurován tak, aby dokázal zpracovat/přesměrovat všechny dotazy na realm „.cz". Podle zbývající části (v našem příkladu „cesnet") určí na který organizační RADIUS server bude požadavek směrován. Tato koncepce je defacto neomezeně škálovatelná, takže i v rámci jedné organizace může být více subrealmů.
Analogicky k národnímu existuje i tzv. top-level RADIUS server, na který jsou napojeny národní RADIUSy jednotlivých zemí. Tento server provozuje společnost SURFNet (operátor holandské NREN – www.surfnet.nl).



7. Jak se zapojit ?

Každá organizace, která je připojena do sítě národního výzkumu a má zájem participovat na roamingu je vítána. Hlavním předpokladem pro včlenění do roamingové struktury je odsouhlasení a dodržení pravidel tzv. „roamingové politiky". Tento dokument je zatím ve stádiu vzniku a schvalování, takže veškerý roamingový provoz má v současné době charakter testů. Základní pravidla roamingové politiky lze shrnout do těchto bodů:

- Pravidla pro chování uživatelů
- Pravidla, která musí splňovat domácí síť uživatele
  - Technická podpora uživatelů
  - Poskytnout ověřování svých uživatelů přes AAI
  - Je zodpovědná za veškeré akce svých uživatelů (uživatelů, které ověřila)
  - Musí reagovat na ohlášení bezpečnostních incidentů, které jsou způsobeny jejími uživateli
  - Musí logovat všechny autentifikační události pro potřeby případného dohledávání
- Pravidla, která musí splňovat hostující síť
  - Uchovávat v logu autentifikační informace, které musí na vyžádíní zpřístupnit oprávněným místům
  - Musí vytvořit vlastní zásady pro použití sítě
  - Musí poskytnout autentifikační služby pro hostující uživatele
- Pravidla pro autentifikační proxy systém (např. národní RADIUS server)
- Sankce při nedodržení pravidel
- Postupy řešení bezpečnostních incidentů

Pokud bude chtít instituce využít roaming na bázi 802.1x nebo web autentifikace, musí se zapojit do RADIUSové struktury.Point-to-point spojení mezi serverem organizace a národním RADIUS serverem je chráněno jednak sdíleným klíčem na úrovni RADIUS protokolu a jednak IPSec tunelem. RADIUS protokol totiž není z bezpečnostního hlediska zcela ideální a v některých případech by mohlo dojít k odposlechu citlivých informací (např. při navhodné volbě EAP typu u 802.1x autentifikace). Sdílené klíče vygeneruje vždy správce národního RADIUSu a instituci je předá bezpečným způsobem.
Při použití autentifikace přes VPN dostane organizace na požádání přidělenu IP adresu pro VPN koncentrátor (ve skutečnosti se přidělí „spojovací" síť s maskou 255.255.255.252 – z důvodů jednoduššího routování). Tato adresa je z IP bloku pro VPN brány, který by měl být volně přístupný ze všech spolupracujících sítí (viz. odstavec Autentifikace na bázi VPN).
Další důležitá věc, kterou by měla instituce splňovat, je použití jednotného ssid (identifikátor bezdrátové sítě). Z návrhu roamingové koncepce od Terena mobility TF jsme převzali jednotné ssid „EDUROAM". Mobilita pochopitelně bude fungovat i pokud se organizace tohoto doporučení držet nebude, ale z hlediska uživatelského komfortu by bylo dobré ho akceptovat.
Poslední požadavek na připojenou instituce, který zmíním, je webová stránka s detailními informacemi o „stavu sítě" v dané organizaci. Tyto stránky budou odkazovány z centrálního „mobility portálu", který provozuje CESNET a měly by obsahovat minimálně:

- Kontaktní informace na lokální správce
- Použité ssid a autentifikační mechanizmy
- Název, adresu a odkaz na oficiální stránky instituce

Zpřístupnění a sdílení informací je pro fungování roamingu skutečně klíčové. Je potřeba mít na paměti, že podmínky pro přístup k síti se v různých institucích velmi silně odlišují (např. v závislosti na použitém HW). Není tudíž možné mít všechny sítě zkonfigurovány stejně a informace o lokálním technickém nastavení je proto pro potencionálního návštěvníka naprosto nezbytná.

7. Roamingová koncepce z pohledu uživatele

Mobilní přístup k sítím by měl být pro uživatele maximálně jednoduchý a transparentní. V ideálním případě by uživatel neměl poznat rozdíl mezi navštívenou a domácí sítí. V praxi tomu ovšem tak nebude (alespoň zpočátku jistě ne). Uživatel by měl tudíž před každou cestou důkladně prostudovat informace o síti, do níž se chystá. Zejména pak použité ssid a autentifikační mechanizmy. Technické komplikace také způsobuje fakt, že současné AP (access pointy) dovedou vysílat pouze jedno ssid (ostatní nejsou vidět – tato nepříjemnost by se měla v budoucnu odstranit). Pro efektivní použití všech tří autentifikačních mechanizmů je potřeba použít alespoň dvě ssid (jedno na 802.1x a druhé na VPN a web based autentifikaci). Uživatel tedy uvidí jen ssid, na kterém je poskytován preferovaný typ autentifikace na dané instituci (typicky ssid="EDUROAM" a autentifikace přes 802.1x). pokud se ovšem uživatel bude chtít ověřit jiným způsobem, nezbude mu než si ssid nastavit ručně. Preferovaný tvar druhého ssid by měl rovněž obsahovat slovo EDUROAM (např. EDUROAM-SIMPLE, EDUROAM-VPN, …). Vlastní připojení k síti by již nemělo činit problémy a v závislosti na typu ověření by mělo vypadat takto:

802.1x Uživatel zapne suplikant, kde vyplní své uživatelské jméno ve tvaru **user@realm**, své heslo a po ověření se dostane k síti.

VPN Uživatel spustí VPN tunel ke svému domovskému koncentrátoru, který má adresu z definovaného bloku a tudíž povolenu na lokálním firewallu. Pokud se mu podaří připojení ke koncentrátoru, znamená to, že je ověřen a může přistupovat do sítě (dostane se tunelem do své domovské sítě).

Web based Po připojení k síti se uživatel nedostane jinam, než na ověřovací stránku, kde vyplní jméno a heslo. Pokud bude ověřen, odblokuje se na firewallu jeho IP a mac adresa a on může do sítě.

8. Závěr

Implementace mobility a roamingu je v současné době v plenkách. Ověřují se autentifikační mechanizmy, buduje se AAI a definuje propojovací politika. V každém případě je ovšem tato snaha sjednotit přístup k síti a síťovým službám velmi hodnotná a přinese jednoznačný benefit nejen pro uživatele, ale i pro správce výpočetních systémů.

Jan.Furman@cesnet.cz

Spolupráce vysokých škol na projektu IP telefonie

Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
Ing. Michal Neuman, ČVUT v Praze

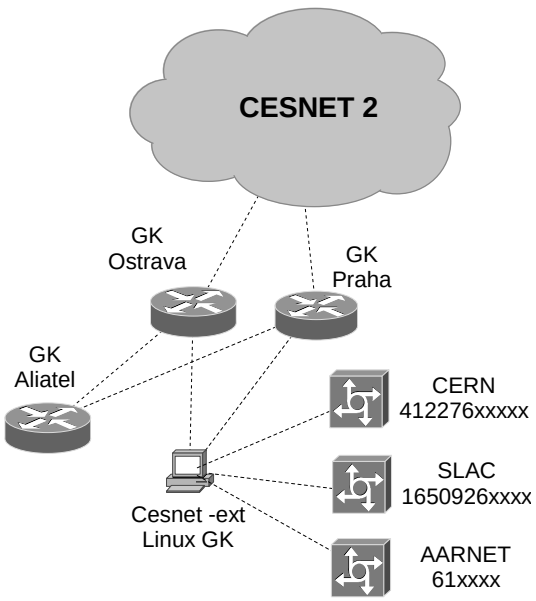
Anotace
Techniky přenosu hlasu v sítích IP označované jako VoIP (Voice over IP) se stávají základní platformou komunikace v řadě moderních sítí. Ve druhé polovině roku 1999 začal CESNET vytvářet podmínky pro provozování IP telefonie mezi členy sdružení a vytvořil pracovní skupinu, která se začala zabývat problematikou technologie VoIP. Prvním výstupem projektu bylo propojení ústředen ČVUT v Praze a VŠB-TUO v Ostravě přes síť národního výzkumu a vzdělávání, dnes má možnost volat zdarma v rámci sítě sdružení několik desítek tisíc účastníků, jejichž přístroje jsou součástí ústředen zapojených do projektu. Výrazný potenciál snížení nákladů na hovorném je i v realizovaném výstupu do veřejné sítě s nízkými cenami za spojení, ale přitom s kvalitou srovnatelnou s běžným hovorem přes veřejnou síť. Sdružení CESNET neprovozuje IP telefonii za účelem dosažení zisku, ale poskytuje členům sdružení přístup ke službě, která usnadňuje a zefektivňuje hlasovou komunikaci. Cílem příspěvku je informovat o stávajícím stavu, aktuálně řešených technických úkolech a nově připravovaných službách v projektu IP telefonie.

Úvod
Pro realizaci projektu byly nejdříve zakoupeny dva směrovače AS5300, které se v roce 1999 umístily na ČVUT v Praze Dejvicích a na VŠB-TU v Ostravě Porubě, zařízení AS5300 obsahuje 4 porty G.703 pro ISDN/PRI nebo PCM30/32 CAS. Počátkem roku 2000 byly na tyto směrovače připojeny další ústředny univerzit MUNI a JČU přes ATM, službou PVC emulovaného okruhu 2.048 Mbps. Před ukončením provozu ATM v síti sdružení vysokých škol se provedlo přepojení ústředen JČU a MUNI na samostatné směrovače MC3810. V roce 2001 bylo do sítě IP telefonie připojeno celkem jedenáct ústředen univerzit v České republice a rovněž se rozvíjela zahraniční spolupráce, především s výzkumným pracovištěm FZU v Ženevě, kde byla nabídnutá možnost připojení ústředny ihned akceptována. Pro řízení sítě IP telefonie byly použity dva vzájemně se zálohující řídící prvky GK (Gatekeeper) umístěné v Praze na ČVUT a v Ostravě na VŠB-TUO [1], [2].

Současný stav
Služby IP telefonie využívá v roce 2002 několik desítek tisíc účastníků z ústředen členů sdružení připojených prostřednictvím hlasových brán GW (Gateway). Připojení GW s ústřednou je většinou realizováno přes ISDN, což umožňuje uchovávat detailní záznamy o provedených hovorech v SQL databázi na serveru RADIUS.

Síť IP telefonie je od svého vzniku orientována na H.323 protokol (min. verze 2) a vnitřní prvky sítě (GW a GK) jsou postaveny na platformě Cisco, což se osvědčilo při rozšiřování a správě sítě. Podmínky pro připojení do sítě VoIP (Voice over IP) jsou dostupné na adrese **http://www.cesnet.cz** a projekt je otevřený nejen pro členy sdružení Cesnet, vítána je především mezinárodní spolupráce. Pro zahraniční konektivitu dalších subjektů je určen externí GK ***gk-ext.cesnet.cz*** na platformě Linuxu umístěný v Praze, který je z hlediska hierarchie GK navázán nad interními GK v Ostravě a v Praze [3].

Interní GK jsou vzájemně zálohovány a veškeré GW v síti mají nastaveno přihlášení k oběma prvkům s různou prioritou dle své geografické polohy, v běžném provozu je aktivní přihlášení s vyšší prioritou. Požadavky na spojení mimo VoIP síť CESNET2 jsou směrovány na operátora zajišťující veřejnou hlasovou službu, tyto hovory jsou zpoplatněny dle ceníku, který je součástí smlouvy mezi CESNETem a organizací připojenou do sítě IP telefonie. Od září 2002 lze prostřednictvím VoIP sítě uskutečnit i mezinárodní hovory do vybraných zemí. Logické schéma zapojení GK je znázorněno na obrázku 1.



Obr.1 - Logické zapojení GK

Koncem roku 2001 se začala testovat možnost volání přes síť CESNET do veřejné telekomunikační sítě ČR. Do pilotního projektu byly vybrány dvě univerzity, a to VŠB-TU Ostrava a Technická univerzita v Liberci. Po úspěšném otestování byly osloveny i ostatní subjekty připojené do sítě IP telefonie a byla jim nabídnuta smlouva s ceníkem hlasových služeb.

Vybrané ceny v roce 2003 :

Praha	0,82 Kč/min. v silném provozu	0,51 Kč/min.	ve slabém
Německo	1,97 Kč/min.		
USA	2,01 Kč/min.		

Hovory jsou tarifovány s přírustkem po vteřině bez minimální účtované délky spojení. Hovory v rámci sítě CESNET2 mezi subjekty zapojenými do projektu jsou bezplatné. Vyúčtování hovorného je prováděno v aplikaci IPTA, která byla vyvinuta zaměstnanci CESNETu. Aplikace IPTA poskytuje standardní měsíční sumární výpisy uskutečněných hovorů a detailní rozpis veškerých volání v síti CESNET2.

V následující tabulce (tab.1) jsou uvedeny prefixy institucí, které jsou již připojeny a mohou využívat hlasových služeb sítě národního výzkumu a vzdělávání.

INSTITUCE	**prefix pro přístup**	**tel. číslo instituce**
ČVUT, VŠCHT, CESNET Praha	94	22435xxxx
VŠB-TU Ostrava	#0	59699xxxx
		59732xxxx
MU Brno, Botanická	7	541512xxx
JČU Č. Budějovice	858	38777xxxx
		38903xxxx
UK v Praze, rektorát	98	224491xxx
Univerzita Pardubice	22	466036xxx
		466037xxx
		466038xxx
Univerzita Pardubice v České Třebové	83	465533006
		465534008
Technická univerzita v Liberci	40, 47	48535xxxx
FAF Hradec Králové	55	495067xxx
Univerzita Hradec Králové	56	495061xxx
VŠE Praha	#0	224095xxx
		224094xxx
VŠE Praha v Jindřichově Hradci	#0	384417xxx
SLU Opava	*0	553684xxx
OPF Karviná	9	596398xxx
Akademie věd Praha	0*8	26605xxxx
VUT Brno	0*8	54114xxxx
UP Olomouc	0*8	58563xxxx
		58732xxxx
		58744xxxx
ZČU Plzeň	#01	37763xxxx
		37760xxxx
ČZU Praha	94	22438xxxx
Ostravská univerzita	79	597460xxx

Tab.1 - Seznam institucí z ČR v projektu IP telefonie.

Instituce uvedené v tabulce 1. jsou registrovány na vnitřních GK v Praze a v Ostravě, mají přístup i do veřejné sítě přes vzdálenou zónu řízenou GK telekomunikačního operátora Aliatel. V tabulce 2. jsou uvedeny instituce, které jsou registrovány na externím GK Cesnetu a nemají přístup do veřejné sítě, komunikace mezi lokalitami registrovanými na vnitřních GK a vnějším GK není omezena.

INSTITUCE	**tel.č instituce**
Cern (www.cern.ch)	00412276xxxxx
Fermilab (www.fnal.gov)	001630840xxxx
Slac (www.slac.stanford.edu)	001650926xxxx
STU Bratislava, rektorát	00421257294xxx
STU Bratislava, Strojnická fakulta	00421257296xxx
STU Bratislava, Stavebná fakulta	00421259274xxx
STU Bratislava, Materiály	00421335511xxx
ŽU Žilina	0042141513xxxx

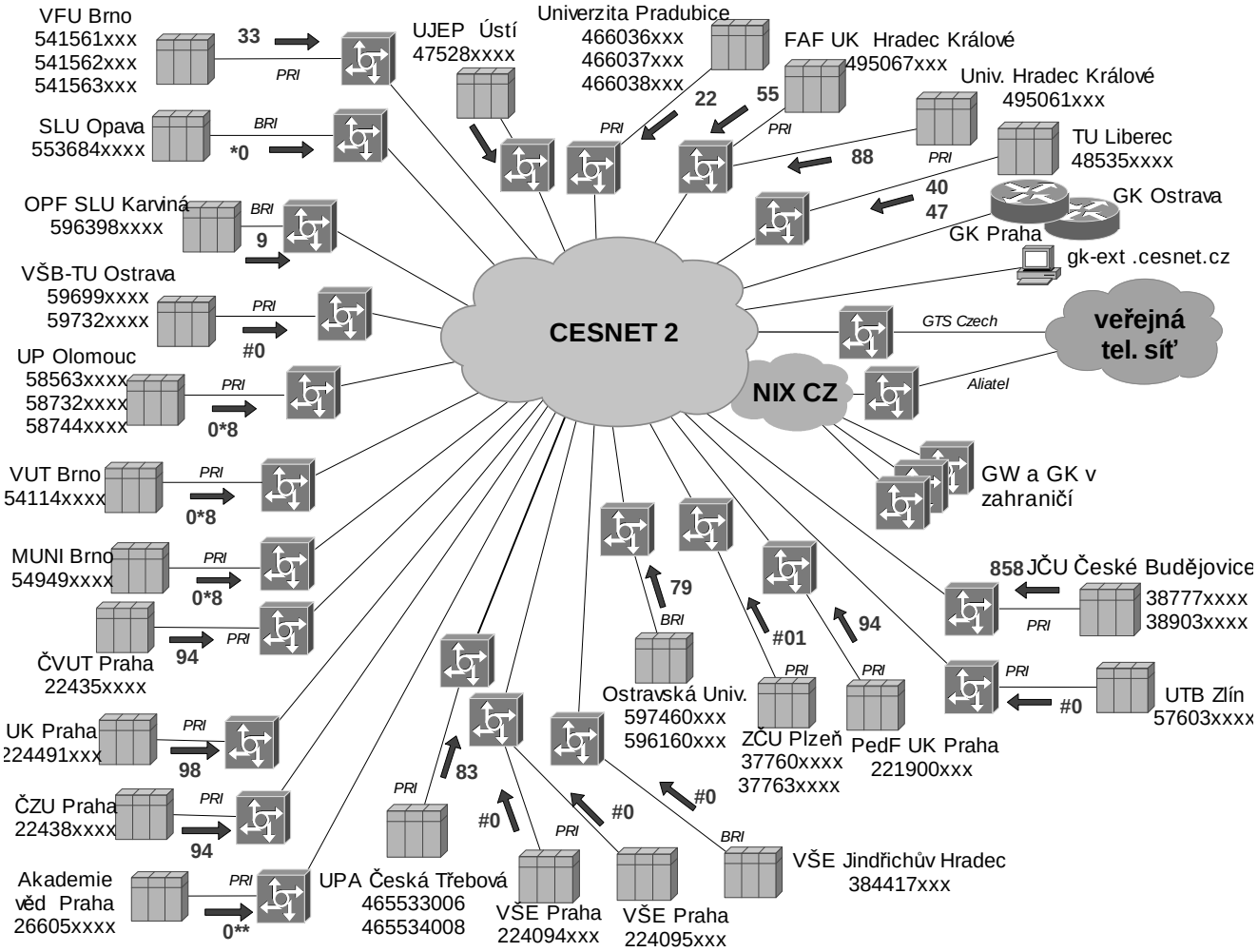
Tab.2 - Seznam institucí ze zahraničí registrovaných na gk-ext.cesnet.cz .

V tabulce 1. jsou uvedeny prefixy ústředny pro přestup do sítě CESNET, například z VŠB-TUO je přestup přes zjevný prefix #, dále se postupuje dle obecně platného číslovacího plánu. Některé instituce využívají automatického směrování LCR (Least Cost Routing) nebo ARS (Automatic Routing Selection).

Příklad volání do Prahy z VŠB-TUO:

#0 2 6606 1111	0,82 Kč/min. v silném provozu (0,51 Kč/slabý)
#0 2 2435 1111	ČVUT , bezplatně

Stav sítě IP telefonie v březnu 2004 je znázorněn na obrázku 2. Objemy VoIP provozu přes síť CESNET jsou zachyceny na obrázku 3, připojují se ústředny dalších univerzity a provoz bude mít i nadále rostoucí charakter.



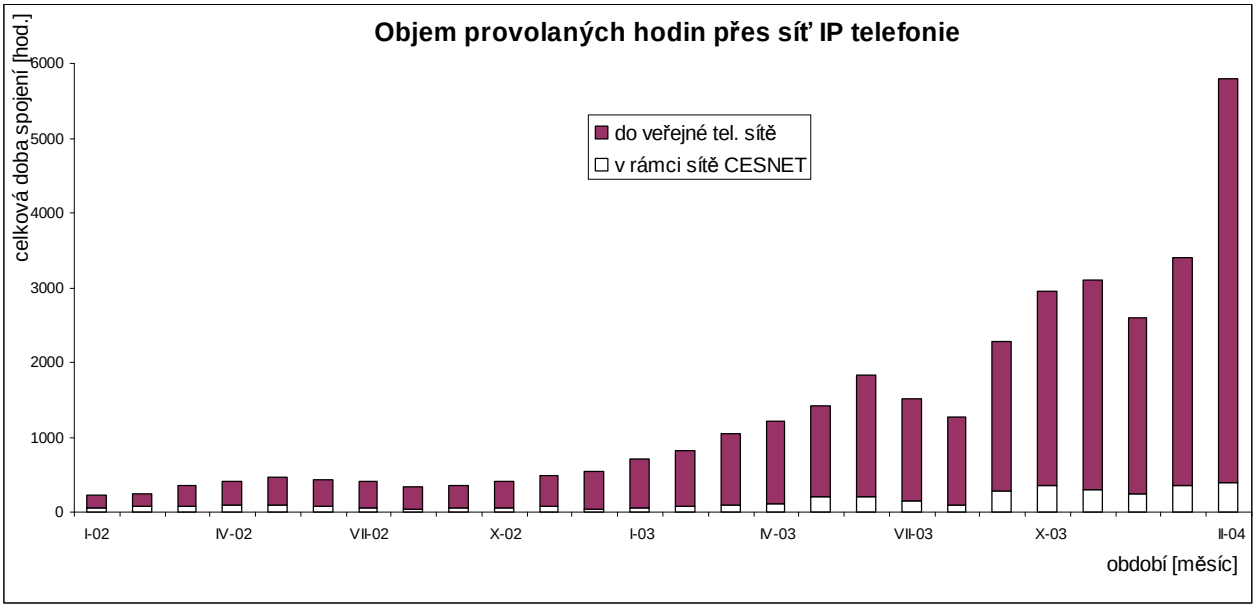
Obr. 2 - Stav sítě IP telefonie v březnu 2003.

Spolupráce na projektu IP telefonie
Na projektu IP telefonie mohou spolupracovat organizace připojené k síti národního výzkumu a vzdělávání, které splní technické podmínky připojení.

Technické podmínky:

- pobočkovou ústřednu lze připojit pouze digitálním rozhraním (ISDN BRI, ISDN PRI)
- ústředna musí posílat identifikaci volajícího
- provozovatel pobočkové ústředny (PBX) si provádí úpravy účtování v tarifní aplikaci a v PBX, přiděluje oprávnění pobočkám pro přístup k službě IP telefonie
- koncovým bodem rozhraní sítě VoIP je port hlasové brány pro připojení PBX, připojení PBX k rozhraní sítě VoIP provede provozovatel PBX, před realizací bude specifikován typ a nastavení rozhraní (typ rozhraní ISDN/BRI nebo ISDN/PRI, nastavení Network-side nebo User-side, u PRI s CRC4 nebo bez)
- na hlasovou bránu musí být zajištěn vzdálený přístup pro pracovníky zajišťující provoz IP telefonie
- hlasová brána musí předávat informace o volání pomocí protokolu RADIUS
- hlasová brána musí být kompatibilní se stávajícím řešením VoIP (Voice Gateway na platformě Cisco z řady AS5300, MC3810, C36xx, C26xx, C17xx).

Vyžaduje se plná kompatibilita hlasové brány s H323 minimálně verze 2 a vyšší na platformě Cisco. Důvodem je návaznost dalších aplikací (např. IPTA - IP Teleph. Accounting), jednotný formát CDR záznamů a jejich posílání na RADIUS server. Dalšími výhodami zvoleného řešení je autorizace přístupu k zařízení přes TACACS, připojení na helpdesk, dohled a technická podpora ze strany Cesnetu.



Obr.3 - Měsíční objemy provozu od ledna 2002.

Priority projektu

Řešitelé projektu připravují pro členy sdružení CESNET podmínky k provozování IP telefonů, jde o službu především pro vzdálené lokality s IP připojením , kde je malá penetrace telefonních přípojek a IP telefon by nahradil pevné telefonní linky. Experimentálně byla funkcionalita již ověřena a v současné době jsou IP telefony využívány především zaměstnanci CESNETu, nasazení do ostrého provozu se předpokládá ve druhé polovině roku 2004. Aby byla služba rozšiřitelná a organizačně uříditelná, připravují řešitelé pravidla pro používání IP telefonů, které musí zájemci o službu IP telefonu s veřejným tel. číslem splnit :

- autorizace uživatelským jménem a heslem přes LDAP, což umožní i mobilitu tel. čísla
- podporován bude pouze protokol SIP od verze 2 na vybraných typech koncových zařízení, interoperabilitu s H.323 bude zajišťovat brána SIP/H.323 provozovaná Cesnetem
- uzavření účastnické smlouvy, na jejím základě bude prováděna fakturace

Další řešené úkoly:

- ENUM, vazba mezi DNS a E.164 číslem sloužící jako jednotný identifikátor přístupu k více službám (H.323, SIP, E-mail, Web, …)
- zahraniční spolupráce (především se SANETem)
- publikace, mezi nejvýznamnější patří IP telephony Cookbook, do kterého řešitelé přispívají jednotlivými kapitolami v rámci mezinárodního projektu TERENy

Závěr

Do projektu sítě IP telefonie je zapojena většina členů sdružení vysokých škol a síť je v rutinním provozu. Projekt IP telefonie je rozdělen na provozní a výzkumnou část. Provozní část je garantována zaměstnanci CESNETu s připojením na *Help Desk* a nepřetržitým dohledem. Výzkumná část je zaměřena na SIP protokol, zahraniční spolupráci a vývoj dalších podpůrných aplikací pro IP telefonii. V návaznosti na projekt *Distribuovaného kontaktního centra* se připravuje služba připojení koncových přístrojů IP telefonů s podporou služeb IVR (Interactive Voice Response) a VM (Voice Mail). Hlasové služby v síti CESNET2 přinášejí univerzitám možnost snížit náklady na hovorné a jsou využívány většinou členů sdružení vysokých škol. Projekt IP telefonie byl zařazen mezi strategické projekty CESNETu a výstupy projektu mají evidentní přínos.

Literatura:

[1] Vozňák, M., Boháč, L.: *Experience with Operation of IP Telephony and its Integration into Current Telecommunication Infrastructure*, International Scientific Conference COFAX, Bratislava, 2000, ISBN 80-968042-7-8.

[2] Vozňák, M.: *Voice over IP in the TEN-155 CZ network*, Telecommunication and Business, 10/2000, Praha, Česko-anglická odborná revue.

[3] Vozňák M., Verich J.: *H.323 Gatekeeper a jeho praktické použití*, III. seminář EaTT2000, VŠB-TU Ostrava, ISBN 80-7078-842-9.

miroslav.voznak@vsb.cz
neuman@fsv.cvut.cz

Vysokorychlostní proudování videa v síti CESNET2

Bc. Michal Krsek, CESNET, z. s. p. o.

Jednou z aplikací vysokorychlostních počítačových sítí, kterou se sdružení CESNET zabývá, je vysokorychlostní proudování (streaming) multimédií. Na rozdíl od systémů provozovaných komerčními společnostmi jsme při budování této platformy museli zohlednit několik specifik, což vyústilo ve vytvoření poměrně unikátní platformy. Tato specifika byla následující:

1. Potřeba vytvořit otevřený systém, který umožní implementovat další proudovací technologie
2. Potřeba umožnit velkému množství uživatelů přístup k systému (vkládání příspěvků) při využití existujícího autentizačně-autorizačního middleware (CAAS).
3. Podpora většiny hlavních proudovacích systémů, které jsou na trhu

Některé potřeby byly podobné potřebám komerčních operátorů:

1. Dostatečný výkon
2. Snadná výkonnostní škálovatelnost

Naproti tomu jsme zanedbali parametry, které dle našeho názoru nebyly v první fázi důležité

1. Problematika DRM (digital rights management) – byla vyřešena pravidlem, že za legalitu obsahu ručí každý uživatel sám
2. Zpoplatňování služeb

Při posuzování možností jsme vzali v úvahu fakt, že ze tří plánovaně podporovaných proudovacích formátů (Real Networks, QuickTime a Windows Media) není posledně jmenovaný systém multiplatformní. Proto bychom v případě volby homogenní platformy museli celý systém založit na platformě Windows, což by vedlo k permanentním problémům s upgradem software, pokud bychom chtěli autentizovat uživatele v CAAS.

Zvolili jsme proto heterogenní platformu, kdy je celý systém postaven kolem centrálního úložiště, na které přistupují jednotlivé proudovací servery prostřednictvím sítě CESNET2. Momentálně jsou všechny servery soustředěny v sídle sdružení CESNET, nicméně servery je možné mít na libovolném místě s dostatečnou síťovou konektivitou.

Centrální úložiště

Centrální úložiště představuje server, ke kterému je připojeno lokální diskové pole (1,4 TB). Tento server je připojen k síti CESNET2 prostřednictvím rozhraní 1000Base SX a poskytuje soubory pro proudování prostřednictvím protokolu SMB. Existuje centrální stromová adresářová struktura, přičemž jednotliví uživatelé mají přístup ke konkrétní větvi stromu. Kromě poskytování této infrastruktury centrální úložiště zabezpečuje také zálohování dat prostřednictvím zálohovacího serveru sdružení, který je umístěn v Brně.

Proudovací servery

Toto centrální úložiště slouží jako datová základna pro tři proudovací servery a jeden upload server. Proudovací servery mají protokolem SMB připojen celý adresářový strom pouze ke čtení. Jelikož všechny servery sdílí jeden adresářový strom, je možné získat stejné soubory různými způsoby (například MPEG-4 ve 3GPP profilech je dostupný jak přes Helix server, tak přes Darwin server) záměnou jména serveru v URL. Toto řešení také umožňuje jednoduše přidat další server (ať už s novou funkcionalitou nebo pro redundanci).

Upload server

Upload server slouží k ukládání příspěvků uživateli. Uživatelé disponují účty na tomto serveru, přičemž autentizace uživatelů je prováděna v CAAS (komunikačním rozhraním je LDAPS). Přístup může získat jakýkoliv oprávněný uživatel sítě CESNET2 (fakticky celá akademická komunita). Každý uživatel disponuje jedním nebo více adresáři připojenými protokolem SMB k centrálnímu úložišti. V těchto adresářích je oprávněn k jakýmkoliv činnostem vyjma přidělování práv dalším uživatelům. Vzhledem k tomu, že jde o stromovou strukturu, je pracujeme s hierarchií oprávnění (přednášející může mít přístup k adresářům studentů). Materiál je samozřejmě dostupný ihned po uložení. Vlastníci obsahu přistupují k upload serveru prostřednictvím protokolu SSH/SCP, který poskytuje dostatečnou bezpečnost přenášených dat, nicméně vzhledem k šifrování veškerého obsahu je přenos poměrně pomalý (v naší konfiguraci maximálně 15 Mb/s).

Zhodnocení

Takto koncipovaný heterogenní systém nám umožňuje rychle implementovat nové způsoby proudování (Windows Media 9 nebo MPEG-4) s minimálními dopady na provozní část a zachovat vazbu na CAAS i v případě proprietárních proudovacích systémů. Momentálně se systémem pracují desítky uživatelů (vlastníků obsahu) a systém obsahuje cca 300 hodin audio a videomateriálu (organizovaného ve videoarchívu na adrese http://proudovani.cesnet.cz/videoarchiv.php).

Nevýhodou systému jsou především omezení daná upload serverem. Volbou protokolu SSH/SCP jsme sice dosáhli dostatečné bezpečnosti, nicméně daní je poměrně nízká přenosová rychlost (typický soubor ve videoarchívu má mezi 300-500 MB, což znamená, že pro jeho přenos na rychlosti 2 Mb/s jsou potřeba k uložení řádově desítky minut). Proto předpokládáme doplnění možností přístupu o další protokol, jež bude šifrovat pouze přenos uživatelského jména a hesla.

Vzhledem k tomu, že každý proudovací systém má vlastní filozofii živého přenosu, nepodařilo se nám prozatím integrovat autentizaci CAAS do této oblasti. Kromě architektonických omezení (některé proudovací servery neznají autentizaci jménem a heslem) zde narážíme na neexistenci dostatečně bezpečného kanálu pro přenos jména a hesla sítí (žádný z provozovaných serverů nedisponuje dostatečnou ochranou přenášených autentizačních dat z kodéru na proudovací server). Proto autentizaci přímých přenosů řešíme ad hoc, respektive pomocí prostředků na jednotlivých serverech.