

Sítě nové generace – Vybrané kapitoly

Pavol Podhradský, Ján Dúha, Peter Trúchly, Juraj Blichár

Autoři: Pavol Podhradský, Ján Dúha, Peter Trúchly, Juraj Blichár
Název díla: Sítě nové generace – Vybrané kapitoly
Přeložil: Lenka Mejzrová
Vydalo: České vysoké učení technické v Praze
Zpracoval(a): Fakulta elektrotechnická
Kontaktní adresa: Technická 2, Praha 6
Tel.: +420 2 2435 2084
Tisk: (pouze elektronicky)
Počet stran: 127
Vydání: 1.

ISBN 978-80-01-05293-8

Recenzent: Karel Holinka

Innovative Methodology for Promising VET Areas
<http://improvet.cvut.cz>



**Program
celoživotního
učení**

Tento projekt byl realizován za finanční podpory Evropské unie.

Za obsah publikací odpovídá výlučně autor. Publikace (sdělení) nereprezentují názory Evropské komise a Evropská komise neodpovídá za použití informací, jež jsou jejich obsahem.

VYSVĚTLIVKY



Definice



Zajímavost



Poznámka



Příklad



Shrnutí



Výhody



Nevýhody

ANOTACE

Vzájemnou spoluprací různých typů sítí a jejich postupnou integrací do jedné univerzální širokopásmové multimediální sítě – sítě nové generace NGN (Next Generation Networks) se vytvářejí podmínky pro přenos různých typů signálů a poskytnutí širokého spektra multimediálních služeb a aplikací. Koncepce NGN se vyvíjela několik let v rámci ITU anebo ETSI a tento proces stále pokračuje zejména kvůli výzvě poskytnout nové služby jako např. IPTV. Tento kurz nabízí vybraná témata pokrývající různé technologie, které mohou být integrované v rámci sítí nové generace, tj. nové komunikační technologie a technologie pro doručení a distribuci digitálního videa.

CÍLE

Hlavním cílem tohoto kurzu je získání základních vědomostí v oblasti architektury sítí nové generace a jejich síťových komponent z pohledu současných a budoucích platforem. Účastníci se také seznámí s mobilními a optickými komunikačními technologiemi, stejně tak s technologiemi pro doručování digitálního videa, tj. s DVB a IPTV systémy. Navíc budou disponovat znalostmi o nejmodernějších technologiích, jako jsou sítě pro doručování obsahu (CDN) a hybridní širokopásmové systémy pro vysílání televize (HbbTV).

LITERATURA

- [1] Podhradský, Pavol - Mikóczy, Eugen - Lábaj, Ondrej - Londák, Juraj - Trúchly, Peter. at al. NGN Architectures and NGN Protocols, LdV IntEleCT, vzdělávací publikace, 210 s., ČVUT v Praze. Zář 2011, ISBN:978-80-01-04949-5, CD verze
- [2] Mikóczy, Eugen - Podhradský, Pavol - Matejka, Juraj - Lábaj, Ondrej - Tomek, R. - Kadlic, Radoslav - Schumann, Sebastian - Massner, Schuman - Dungel, M. - Kotuliak, Ivan - Mikula, J.: NGN Protocols, Handbook, LdV projekt Train2Cert. 2008, elektronická verze
- [3] Dúha, J., Galajda, P., Kotuliak, I., Levický, D., Marchevský, S., Mikóczy, E., Podhradský, P. at al.: Multimedia ICT technologies network platforms and multimedia services. STU Bratislava. 2005. ISBN 80-227-2310-X
- [4] Ferkl, L., Šmejkal, L., Sládek, O., Podhradský, P., Dúha, J.: Teleinformatics in Industrial Automation, LdV ELeFANTC, vzdělávací publikace, AGROGENOFOND Nitra. 2007, ISBN 978-80-89240-14-2
- [5] Mueller, M.S.: APIs and Protocols for Convergent Network Services, McGraw-Hill. 2002
- [6] 3GPP TS 29.163; V6.7.0 „Interworking between the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem and Circuit Switched (CS) networks“ (2005-06)

- [7] Q.1912.5 “Interworking between Session Initiation Protocol (SIP) and Bearer Independent Call Control Protocol or ISDN User Part”
- [8] ETSI ES 283 027 V1.1.1 „Endorsement of the SIP-ISUP Interworking between the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem and Circuit Switched (CS)“(2006-07)
- [9] <http://www.etsi.org/tispan/tispan.htm>
- [10] EN 383001 V1.1.1 “Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN) - Interworking between Session Initiation Protocol (SIP) and Bearer Independent Call Control (BICC) Protocol or ISDN User Part (ISUP) [ITU-T Recommendation Q.1912.5, modified]“ (2006-06)
- [11] ITU-T Focus Group NGN, WG1, NGN Services and capabilities
- [12] H.323 Tutorial: <http://www.iec.org/online/tutorials/h323/topic09.html>
- [13] ITU-T Recommendation H.323-1996, Visual telephone systems and equipment for area networks which provide a non-guaranteed quality of service
- [14] RFC3550: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. Červenec 2003
- [15] RFC2326: Real Time Streaming Protocol (RTSP)
- [16] Wilkinson, N.: Next Generation Network Services, John Wiley & Sons. 2002
- [17] ETSI TISPAN: TISPAN _NGN; Release 1: Release Definition
- [18] O'Driscoll, Gerard. The Essential Guide to Digital Set-Top Boxes and Interactive TV.: Prentice Hall. 2000. 320 s. ISBN 0130173606
- [19] DVB Standards & BlueBooks, <http://www.dvb.org/technology/standards/>
- [20] Benoit, Hervé. Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework.: Focal Press. 2008. 305 s. ISBN 978-0-240-52081-0
- [21] Sarginson, P.A. MPEG-2: Overview of the systems layer.: BBC Research & Development Department. 1996.
- [22] Bruin, Ronald – Smits, Jan. Digital Video Broadcasting: Technology, Standards, and Regulations.: Artech House. 1999. 315 s. ISBN 0-89006-743-0
- [23] ETSI TS 102 034 Technical Specification. Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks.: ETSI. 2009. 229 s.
- [24] SAUVOLA, D. HOWIE: Features in Future: 4G Visions From a Technical Perspective. In: GLOBECOM 2001.

- [25] POLITIS, Ch. - DIXIT, S.-HONG-YON LACH-USKELA, S.: Cooperative Networks for the Future Wireless World. In: IEEE Communications Magazine, roč. 42, č. 9, Září 2004, s. 70-79.
- [26] LEE, W.C.Y.: Mobile Communications Engineering. McGraw-Hill Book Company, USA. 1982.
- [27] LEONARDO-IntEleCT (Internationalisation of Electronic Communications Training), Action: Multilateral Projects-Transfer of Innovation 2009, LdV-CZ/09LLP/LdV/TOI/134001. 2009-2011, Transfer of LdV-Train2Cert and InCert projects results to IntEleCT consortium members countries
- [28] DOBOŠ, L., DÚHA, J., MARCHEVSKÝ, S., WIESER, V.: Mobilné rádiové siete, Žilinská Univerzita. 2002, ISBN 80-7100-936-9.
- [29] LEONARDO-InCert (International Certificates of Excellence in Selected Areas of ICT), Action:Pilot Projects, Language Competences, Transnational Networks. LdV - PL/06/B/F/PP/174 070. 2006-2009
- [30] PATEL, G. - DENNETT, S.: The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network. In: IEEE Personal Communications. Srpen 2002, s. 62-64.
- [31] UMTS Forum Report No. 11: Enabling UMTS Third Generation Services and Applications. Říjen 2000
- [32] European Telecommunication Standard (ETS 300 392) TETRA
- [33] GSM 95 – GSM Technical Specification, ETSI, Sophia Antipolis. 1995
- [34] ETSI TISPAN NGN Release 2/3 specifications
- [35] ETSI TISPAN Release 3 work item WI3208: TS 183 064 “NGN integrated IPTV stage 3” and WI6061: TS 186 020 “IMS-based IPTV interoperability test specification”
- [36] M. O. van Deventera, P. Noorena, R. Kadlic, E. Mikoczy.:” Interconnection of NGN-based IPTV systems”, kapitola v knize “Fixed Mobile Convergence Handbook”, Eds. by M. Ilyas, S. A. Ahson , CRC Přes. 2010, ISBN: 9781420091700
- [37] <http://protocolbase.net/protocols/>
- [38] Alan B. Johnston, “SIP: Understanding the Session Initiation Protocol”, ARTECH HOUSE. 2004
- [39] Mikóczy, E., Podhradský, P.: ”Converged NGN based IPTV Architecture and Services”, kapitola v knize “Fixed Mobile Convergence Handbook”, Eds. by M. Ilyas, S. A. Ahson, CRC Press. 2010, ISBN: 9781420091700
- [40] HbbTV Consortium – <http://www.hbbtv.org>

- [41] <http://www.hbbnext.eu>
- [42] EdgeCast Eyes CDN Federation,
http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=216113
- [43] Level 3 Communications expands CDN capacity in Asia, CBR Networking. 2008,
http://networking.cbronline.com/news/level_3_communications_expands_cdn_capacity_in_asia_311008
- [44] Draft-previdi-cdni-footprint-advertisement, IETF/CDNI WG,2012
<http://www.potaroo.net/ietf/idref/draft-previdi-cdni-footprint-advertisement/>
- [45] MediaCloud Connect for Telcos, ISPs and MSOs, <http://www.mediamelon.com/isp-mediacloud.html>
- [46] Insight for Federated CDNs, <http://www.skytide.com/products/insight-federated-cdns>
- [47] Dúha, J., Marchevský, S., Róka, R., Trúchly, P., Wieser, V.: Technológie v prístupových sieťach a procesy ich integrácie do NGN, Vydavateľstvo STU v Bratislave. 2007, 76 s. ISBN 978-80-227-2608-5
- [48] IEEE Draft P802.17/D3.3, Resilient Packet Ring (RPR) Access Method & Physical Layer Specifications. 2004.
- [49] ITU-T Recommendation X.87/Y.1324, Multiple Services Ring Based on RPR. Říjen 2003
- [50] ITU-T Recommendation G.872, Architecture of Optical Transport Networks. Listopad 2001.
- [51] ITU-T Recommendation G.709/Y.1331, Interfaces for the Optical Transport Network (OTN). Březen 2003.
- [52] Dúha, J., Kotuliak, I., Medvecký, M., Róka, R.: Technológie v transportných sieťach a procesy ich integrácie do NGN, Vydavateľstvo STU v Bratislave. 2007, 81 s. ISBN 978-80-227-2609-2
- [53] KRAUSS, O.: DWDM and Optical Networks, Siemens, Berlin and Munich, Publicis Corporate Publishing, Erlangen. 2002.
- [54] KARTALOPOULOS, S. V.: DWDM – Networks, Devices and Technology, IEEE Press and Wiley. Říjen 2002.

Obsah

1	NGN	11
1.1	Koncepce a architektury NGN	11
1.2	Základní charakteristiky NGN	12
1.3	Koncepční model NGN	13
1.4	Architektura NGN založená na technologiích softwarového přepínače	17
1.5	Architektura NGN založená na IMS	19
1.6	Architektura NGN založená na IMS – Domovský účastnický server	21
1.7	Architektura NGN založená na IMS – Řídící funkce zprostředkovacího serveru volání	22
1.8	Architektura NGN založená na IMS - Řídící funkce serveru volání s výzvou	23
1.9	Architektura NGN založená na IMS - Řídící funkce obsluhujícího serveru volání	24
1.10	Architektura NGN založená na IMS – Další entity	25
1.11	Samotný SIP v IMS	26
1.12	SIP v subsystému služeb	28
1.13	TISPAN	29
1.14	Multimediální služby v prostředí NGN	31
1.15	Schopnosti služeb NGN	34
1.16	Protokoly NGN	35
1.17	Základní protokoly NGN	37
1.18	Podpůrné protokoly	42
1.19	Protokoly řízení multimediálních služeb	45
2	Technologie DVB	48
2.1	Úvod	48
2.2	Služby DVB	49
2.3	Standardy DVB	51
2.4	Systém DVB	53
2.5	DVB – systém MPEG-2	54
2.6	Systém DVB - elementární toky	55
2.7	Systém DVB - paketovaný elementární tok	57
2.8	Systém DVB - multiplexování toků	58
2.9	Satelitní digitální televizní vysílání (DVB-S)	60
2.10	Pozemní digitální televizní vysílání (DVB-T)	62
2.11	Digitální televizní vysílání prostřednictvím IP (DVB-IPTV)	63
3	Technologie pro mobilní přístupové sítě	64
3.1	Pozemní mobilní přístupové sítě	65

3.2	Veřejné mobilní buňkové sítě.....	66
3.3	GSM	67
3.4	HSCSD a GPRS	68
3.5	Mobilní rádiové sítě 3G a 4G	69
3.6	Bezešňůrové telefony (DECT)	71
3.7	Neveřejné mobilní sítě.....	72
3.8	Ad-hoc sítě	74
3.9	Bluetooth	75
4	IPTV	76
4.1	Koncepty IPTV.....	76
4.2	Modely architektur IPTV nezaložených na NGN	78
4.3	Modely architektur IPTV založených na NGN	80
4.4	Architektura IPTV integrované do NGN (bez IMS)	83
4.5	Architektura IPTV u NGN založené na IMS	85
4.6	Služby IPTV založené na NGN.....	87
4.7	Protokoly používané v IPTV	89
5	Hybridní vysílání širokopásmové TV (HbbTV)	90
5.1	Úvod	90
5.2	Služby HbbTV	93
5.3	HBB-NEXT	94
5.4	Prostředí více uživatelů	95
5.5	Větší množství zařízení	96
5.6	Identita a důvěryhodnost	97
5.7	Standardizace.....	98
6	Sít' doručování obsahu CDN	99
6.1	Úvod	99
6.2	Dnešní CDN v světě	101
6.3	Tok (stream) obsahu	102
6.4	Řídicí vrstva	103
6.5	Distribuční vrstva	104
6.6	Federace sítí CDN	107
7	Optické technologie	108
7.1	Optické sítě.....	108
7.2	Optické přístupové sítě	109
7.3	Optické přístupové sítě – Koncept PON	110
7.4	Metropolitní optické přístupové sítě.....	114

7.5	Transportní optické sítě	117
7.6	Architektury plně optických transportních sítí	119
7.7	Synchronní optická síť	121
7.8	Shluková optická síť	122
7.9	Technologie WDM	123
7.10	Architektury WDM	125
7.11	Architektury OTDM	126
7.12	Vývojové trendy transportních sítí WAN	127

1 NGN

1.1 Koncepce a architektury NGN

Názory na definici pojmu NGN se můžou v určitých směrech rozcházet, ale hlavní principy sítě nové generace byly z velké části formulovány už při vzniku samotné myšlenky NGN. NGN vystihují dvě následující definice formulované standardizačními institucemi ETSI a ITU-T.



Podle ETSI je NGN koncept pro definování a vytvoření sítí umožňující formální rozdělení funkcí do oddělených vrstev/rovin s použitím otevřených rozhraní, dovolujících vytvořit poskytovatelem služeb a operátorem platformu (otevřenou a modulární), která se může postupným způsobem vyvíjet díky tvorbě, provádění a efektivnímu řízení inovativních služeb[1], [2].



ITU-T definuje NGN jako síť založenou na přenosu paketů, umožňující poskytovat služby včetně telekomunikačních služeb a je schopna použít několik širokopásmových přenosových technologií, umožňujících garantovat kvalitu služeb **QoS** (*Quality of Service*) [1], [2]. Funkce spojené se službami jsou přitom nezávislé na základních přenosových technologiích. NGN umožňuje neomezený přístup uživatelů k různým poskytovatelům služeb. Podporuje obecnou mobilitu, která poskytuje uživatelům konzistentnost a přístup ke službám.

1.2 Základní charakteristiky NGN

Definice NGN, formulované normalizačními institucemi, určují principiálně koncepci NGN. Důležitý je však pohled na NGN a jejich výhody ze širšího aspektu. Za zmínku stojí alespoň některé požadavky na NGN, které by taková síťová architektura měla splňovat [3]:

- Vysokokapacitní paketový přenos v rámci přenosové infrastruktury, avšak s možností připojit stávající i budoucí sítě (ať už sítě s přepínáním paketů, sítě s přepínáním okruhů, spojově či nespojově orientované, pevné i mobilní).
- Oddělení řídicích funkcí od přenosových vlastností. Oddělení poskytování služeb od sítě a zajištění přístupu přes otevřené rozhraní a tím flexibilní, otevřenou a distribuovanou architekturu.
- Podporu pro široké spektrum služeb a aplikací s použitím mechanismů založených na modulární a flexibilní struktuře stavebních bloků elementárních služeb.
- Širokopásmové schopnosti při dodržení požadavků na kvalitu služeb QoS a transparentnost. Měla by mít možnost komplexního managementu sítě. Různé typy mobility (uživatelé, terminálů, služeb). Neomezený přístup uživatelů k různým poskytovatelům služeb.
- Různá identifikační schémata a adresování, které může být přeloženo na cílovou IP adresu za účelem směrování v IP síti. (Flexibilní adresování a identifikace, autentifikace).
- Konvergované služby mezi pevnými a mobilními sítěmi (také konvergence hlasu, dat a videa). Různé kategorie služeb s potřebou rozdílných QoS a tříd služeb (CoS).
- Dodržení regulačních požadavků jako například nouzové volání a bezpečnostní požadavky při zachování ochrany osobních údajů.
- Levnější a efektivnější technologie v porovnání se současnými technologiemi.

1.3 Konceptní model NGN



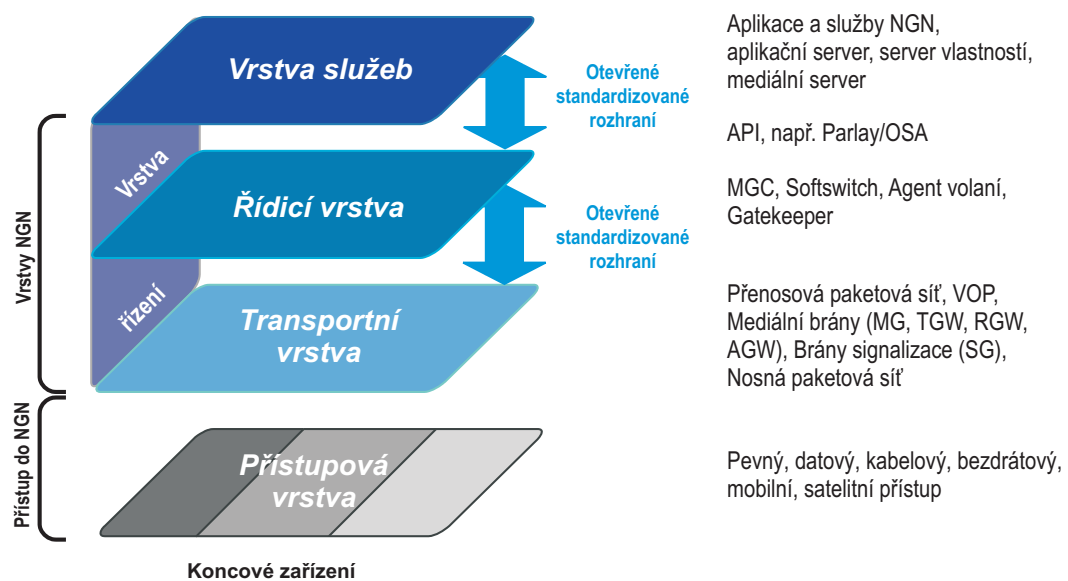
Standardizační instituce řeší v rámci konceptů NGN následující otázky a oblasti:

- Migrace stávajících sítí do NGN
- Vývoj v oblasti přístupových technologií
- Přepojení ostatních sítí na IP síť
- Poskytování služeb a vývoj nových služeb
- Spolupráce v oblasti adresování
- Spolupráce signalizačních systémů
- Roaming a mobilita

Existuje řada konceptních modelů a referenčních architektur ať už pro konvergované sítě, nebo architektury **VoIP** (*Voice over IP – přenos hovorového signálu internetovým protokolem*), proto byly aktivity zaměřeny na nalezení společných prvků a určení vhodných konceptních modelů pro NGN.



Úkolem konceptního modelu je určit funkční roviny (zahrnující podobné funkčnosti), jim příslušející funkční entity, referenční body (rozhraní) a informační toky mezi nimi [4]. Takový model se pak může snadněji mapovat do fyzické referenční architektury (a je nezávislý od fyzických entit, tj. komponentů architektury).



Konceptní model a funkční vrstvy NGN



Ve většině analyzovaných případů se dělí roviny koncepčního modelu NGN na nezávislé části z pohledu funkcí následovně (obrázek výše): přístupová (některé referenční architektury ji nezahrnují přímo do modelu NGN, nebo ji nahrazují rovinou adaptační), transportní (přenosová, spojovací), řídicí (volání/řízení relací) a aplikační (služby).

Vrstvy koncepčního modelu



Vrstva přístupu poskytuje infrastrukturu, např. přístupovou síť mezi koncovým uživatelem a transportní sítí. Přístupová síť může být bezdrátová i pevná a může být založena na různých přenosových médiích.

Transportní vrstva zajišťuje přenos mezi jednotlivými uzly (body) sítě, ke kterým jsou připojeny přístupové sítě. Propojuje i fyzické prvky umístěné v jednotlivých rovinách referenční architektury. Umožňuje také různé typy provozu a přenos různých typů zpráv (signalizace, interaktivních dat, videa v reálném čase, hlasovou komunikaci apod.).

Řídicí vrstva zahrnuje řízení služeb a řízení síťových prvků. Tato rovina je odpovědná za sestavení, řízení a zrušení multimediálního spojení. Zajišťuje také řízení zdrojů v závislosti od požadavků na službu. Jedním z hlavních principů NGN je oddělení řídicí logiky od spojovacího hardwaru.

Vrstva služeb nabízí funkce základních služeb, které mohou být použity k vytvoření komplexnějších a sofistikovanějších služeb a aplikací. Řídí průběh služby na základě logiky služby.



V NGN je nutné, aby ovládání sítě neurčovaly jen aplikace v koncových zařízeních, ale aby síťová inteligence mohla vykonávat správu sítě na všech úrovních referenčního modelu. Z referenčního modelu správy sítě vyplývají následující úkoly pro síťovou inteligenci, které musí zajistit:

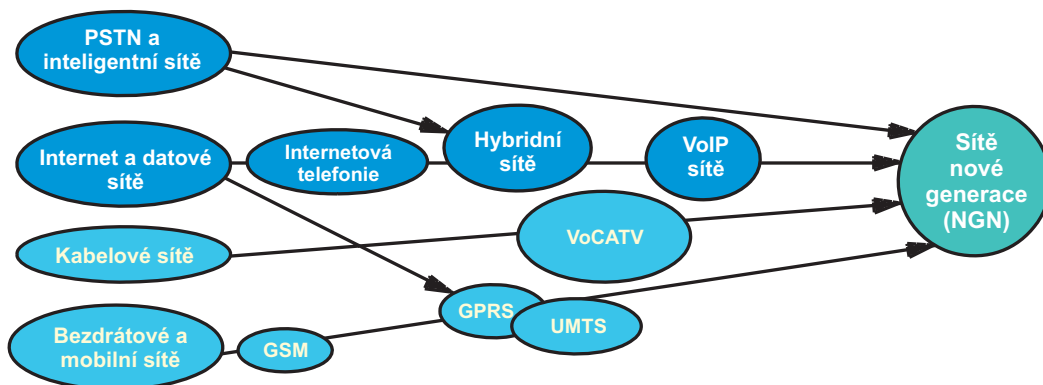
- Management zdrojů (kapacity, portů, fyzických elementů) a QoS v přístupu k síti a v transportní síti podle potřeby.
 - Zpracování a řízení různých toků médií, kódování, přenos dat (informačních toků).
 - Řízení volání a spojení. Řízení a spolupráci všech prvků referenční architektury.
 - Řízení služeb.
-

Multimediální služby a jejich integrace v rámci NGN

Migrační procesy různých typů síťových platform jsou založeny na myšlence integrace platform multiplexování s časovým dělením **TDM** (*Time Division Multiplexing*) a internetového protokolu **IP** (*Internet Protocol*) do jedné

konvergované NGN platformy a to jednak z pohledu síťové infrastruktury, jakož i služeb (obrázek níže) [4], [5]. Oddělení procesů řízení a poskytování služeb od fyzické architektury sítě a zároveň rozšíření řízení telefonních i multimediálních služeb jsou dva důležité klíčové aspekty NGN.

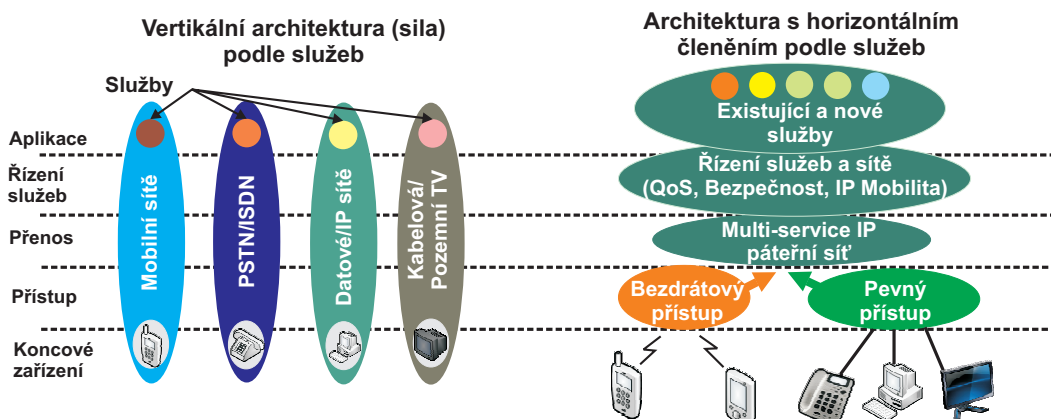
- + Nové koncepty a architektury nové generace **ICT** (*Informační a komunikační technologie*), založené na konvergovaných ICT a NGN, nabízejí operátorům nové příležitosti pro implementaci a poskytování širokého spektra multimediálních služeb a aplikací [6].



Migrační scénáře



Proto operátoři mohou zanechat vertikální strukturu architektury, kde každý typ služby má předdefinovanou přístupovou, transportní, řídicí a aplikační infrastrukturu pro danou službu a přejít na horizontálně orientovanou architekturu méně závislou na poskytované službě (obrázek níže). Hlavní myšlenka architektury IPTV založené na NGN je zahrnout požadavky na funkcionality a infrastrukturu jednotlivých multimediálních služeb NGN do NGN architektury.



Od vertikální k horizontální NGN architektuře

V tabulce jsou uvedeny některé základní parametry a vlastnosti konceptů sítí: NGN, veřejné komutované telefonní sítě **PSTN** (*Public Switched Telephone*

Network), inteligentní síť **IN** (*Intelligent Network*) a internetu (zjednodušená a zobecněná interpretace).

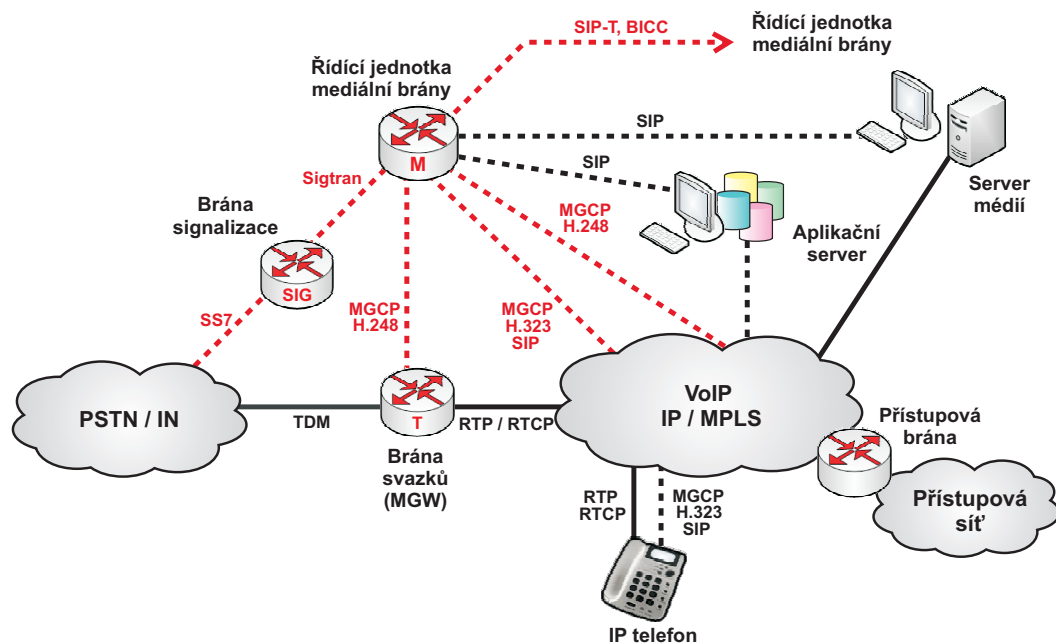
Tabulka: Porovnání vlastností PSTN/IN, internetu a NGN

	PSTN/IN	Internet	NGN
Multimediální služby	ne	ano	ano
Podpora QoS	ano (hovor)	ne	ano
Intelligence sítě	ano	ne	ano
Inteligentní koncové zařízení	ne	ano	ano
Integrovaný dohled a řízení	ano	ne	ano
Spolehlivost	vysoká	nízká	vysoká
Vytvoření služby	složité	ad-hoc	systematické
Jednoduchost použití služby	střední	vysoká	vysoká
Modularita	malá	střední	vysoká
Čas potřebný na zřízení služby	dlouhý	krátký	krátký
Otevřenost architektury	malá	vysoká	vysoká

1.4 Architektura NGN založená na technologiích softwarového přepínače

Architekturu NGN založenou na technologii softwarového přepínače můžeme považovat za první vývojový stupeň, který je ve svém principu dnes už překonaný. Postavil však základy filozofie budování moderních sítí NGN a ověřil principy a vlastnosti architektury NGN a komponentů směrem k jejich dalšímu zdokonalování [3]. Tato první architektura byla výraznou měrou motivována zejména telekomunikačními výrobci, a to jak jejich přirozená reakce na intenzivní vývoj rodiny protokolů VoIP a zájmem telekomunikačních operátorů o rychlou implementaci nových a levnějších služeb. Z těchto důvodů není ani striktně standardizovaná a odrážejí se v ní proto i různé přístupy telekomunikačních výrobců k funkcionalitám a jejich distribuci v jednotlivých komponentech sítě. Poznání této architektury je však klíčovým pro chápání principů všech dalších architektur NGN (viz obrázek).

Řídicí jednotka mediální brány, agent volání, softwarový přepínač: Obecně slouží jako komponenty pro řízení komunikačních relací uživatelů a dalších prvků sítě, zabezpečují směrování volání, síťovou signalizaci, účtování a jiné logické funkce



Komponenty architektury založené na softwarovém přepínači

Řídicí jednotka mediální brány MGC (Media Gateway Controller) zajišťuje překlad mezi rozdílnými síťovými protokoly, poskytuje konverzi toků různého formátu médií a management přenosu informací:

- Brány svazků - rozhraní mezi sítěmi PSTN/PLMN a VoIP.
- Domácí brány - zajišťují tradiční analogové rozhraní (RJ11) do sítě VoIP.

- Přístupové brány - zajišťují tradiční analogové nebo PBX rozhraní do sítě VoIP.
- Signalizační síť - zabezpečuje změnu signalizačních systémů mezi sítěmi PSTN nebo veřejnými pozemními mobilními sítěmi **PLMN** (*Public Land Mobile Network*) do sítě VoIP.

Aplikační server AS (*Application Server*) můžeme považovat za evoluci aplikačního serveru tak, jak jej známe ze světa webu, který je schopen provádět logiku služby ve smyslu serveru řízení volání. Proto můžeme aplikační server chápat jako IT platformu, která přebírá roli **funkce řízení služby SCF** (*Service Control Function*) IN a rozšiřuje její funkcionalitu ve smyslu zabezpečení potřeb nové sítě NGN. Zároveň může aplikovat další funkcionality, jako jsou uživatelské webové rozhraní, management koncových zařízení apod.

Server médií MS (*Media Server*) poskytuje funkce umožňující interakci mezi volajícím a aplikací pomocí koncového telefonního zařízení. MS může například odpovědět na volání, přehrávat zprávy či nahrávat hlasové odkazy, případně poskytuje vstup pro aplikace (AS) pomocí příkazů DTMF (nebo hlasových příkazů použitím technologií rozpoznávání řeči).

1.5 Architektura NGN založená na IMS

Subsystém IP multimédií IMS (*IP Multimedia Subsystem*) zahrnuje všechny nosné elementy pro poskytování IP multimediálních služeb, které tvoří audio, video, text, chat a jejich kombinace přenesené přes doménu s přepojováním paketů. V rámci funkčních elementů architektury NGN založené na IMS jsou některé funkční elementy (viz obrázek) totožné s definovanými v rámci koncepčního modelu 3GPP IMS (CSCF, MGCF, MRF). Mezi architektury NGN můžeme zařadit i architekturu ETSI TISPAN, která je založena na jádru IMS. Iniciativa institucí 3GPP v rámci specifikací architektury UMTS (jedná se o verze 5 a 6 specifikací) definovala dvě domény:

- Doménu s přepínáním okruhů.
- Doménu s přepínáním paketů.

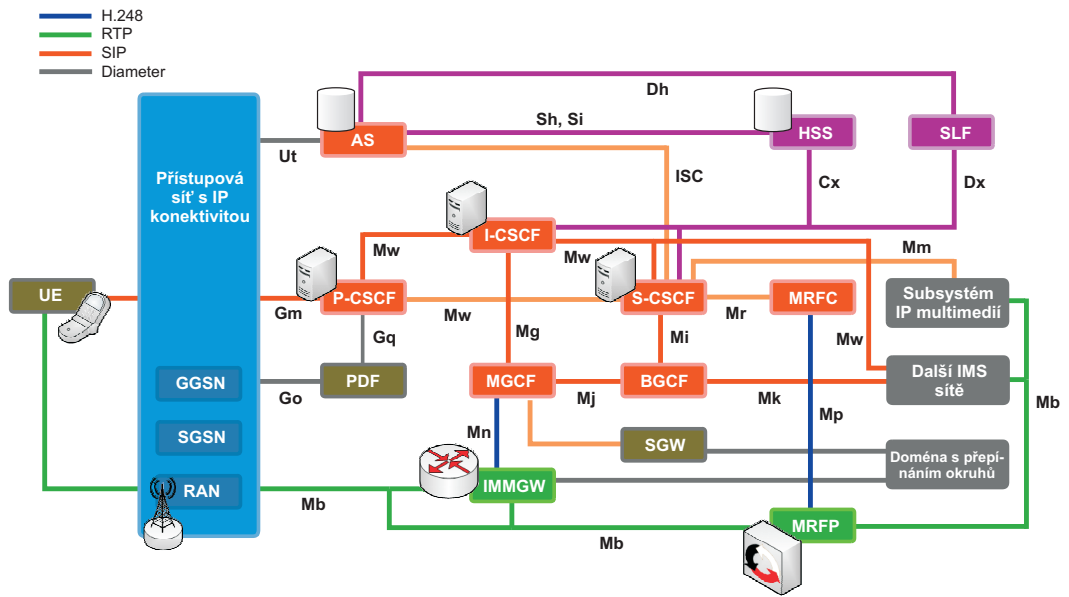
Doména s přepínáním paketů rozšiřuje stávající síť GSM a jiné mobilní sítě 2. generace (2G) o přístup založený na CDMA, přičemž doména přepojováním paketů rozšiřuje schopnosti GPRS a dalších systémů 2.5. generace.



Subsystém pro podporu multimediálních služeb, telefonii a posílání zpráv na bázi IP, navržený v rámci domény s přepojováním paketů byl pojmenován jako **subsystém IP multimédií - IMS**. IMS je založen na IP architektuře pro multimédia a byl umístěn jako nosný prvek sítě, který bude poskytovat standardizované a univerzální služby pro mobilní uživatele. Jelikož byl jedním z prvních konceptů na kterém se shodli standardizační instituce a zachovával principy NGN, stává se jednou z referenčních koncepcí i pro pevné sítě.

3GPP převzala **protokol pro iniciaci relací SIP** (*Session Initiation Protocol*) [7], který byl původně standardizován v rámci IETF. Protože SIP nepokrývá všechny požadavky potřebné pro podporu sítí IMS, 3GPP následně definovala desítky nových rozšíření SIP, které jsou specifické pro síť IMS. Tato rozšíření komplexně vytvářejí protokol IMS SIP, který je definován v 3GPP standardu TS.24.229. Rozšířené funkce IMS SIP pro řízení hovorů, virtuální přítomnost a okamžité zprávy, rozšiřují funkcionalitu SIPu pro síť IMS [8].

SIP není protokol navržen pro specifickou síť nebo aplikaci. Pro použití SIPu můžeme definovat uživatelský profil. Uživatelský profil IMS SIP má velký význam v telekomunikačním průmyslu, protože ovlivňuje nejen mobilní síť, ale i samotný telekomunikační průmysl. Existuje mnoho rozšíření IMS SIP. Popsané jsou dále. Obrázek ilustruje typickou síť IMS. Na obrázku jsou všechny rozhraní SIP oranžové a specifikují název rozhraní mezi dvěma propojenými entitami.



SIP v IMS

1.6 Architektura NGN založená na IMS – Domovský účastnický server

Domovský účastnický server HSS (*Home Subscriber Server*) je kombinace existujícího HLR sítě UMTS/GSM a požadovaného rejstříku funkcí pro subsystém IP multimédií. HSS poskytuje následující funkcionality:

- Identifikace uživatele, číslování a informace o adresování.
- Informace o bezpečnosti uživatele: Informace o řízení přístupu k síti pro autentizaci a autorizaci. Informace o poloze uživatele na mezisystémové úrovni, zpracovává registraci uživatelů a ukládá napříč systémy informace o poloze, atd.
- Profil uživatele (služby, konkrétní informace o službě, atd.).

1.7 Architektura NGN založená na IMS – Řídící funkce zprostředkovacího serveru volání

Řídící funkce zprostředkovacího serveru volání P-CSCF (*Proxy Call State Control Function*) vykonává následující funkce:

- Je prvním kontaktním místem pro UE v rámci subsystému IM CN, přeposílá registraci I-CSCF pro nalezení S-CSCF a pak předává zprávy SIP mezi UE a I-CSCF/S-CSCF.
- V RFC 2543 se chová jako zprostředkovací server, tj. přijímá požadavky a služby interně nebo po překladu je přeposílá.
- Může se chovat i jako uživatelský agent RFC 2543, tj. v abnormálních podmínkách se může ukončit a samostatně vytvářet transakce SIP.
- Zjišťuje se pomocí DHCP během registrace nebo se posílá adresa spolu s aktivací kontextu PDP. Mění URI odchozích žádostí podle pravidel místních provozovatelů (např. provádět číselnou analýzu, detekovat místní čísla služeb). Detekuje a předává tísňová volání místní S-CSCF. Generuje zpoplatňované informace. Udržuje bezpečnostní vztah mezi ním a zařízením uživatele **UE** (*User Equipment*), také poskytuje zabezpečení proti S-CSCF. Poskytuje řídicí funkci strategie (PCF).
- Autorizování nosných prostředků, management QoS a bezpečnostní otázky jsou v současnosti ve standardizaci otevřené.

1.8 Architektura NGN založená na IMS - Řídící funkce serveru volání s výzvou

Řídící funkce serveru volání s výzvou I-CSCF (*Interrogating Call State Control Function*) vykonává následující funkce::

- Je kontaktním místem v rámci sítě operátora pro všechna připojení určená účastníkovi daného operátora sítě nebo účastníkovi roamingu, který se aktuálně nachází v rámci obsluhované oblasti sítě daného operátora. To lze považovat za druh firewallu mezi externí IMSS a vnitřní IMSS sítí provozovatele. V rámci sítě operátora může existovat několik I-CSCF: Přiřazuje uživateli S-CSCF a provede registraci SIP. Směruje požadavek SIP přijatý z jiné sítě na S-CSCF. Z HSS získává adresu S-CSCF. Má na starosti zpoplatnění a využití zdrojů. Při plnění výše uvedených funkcí může operátor použít I-CSCF na skrytí konfigurace, kapacity a topologie své sítě zvenku. Další funkce související s bezpečností mezi operátory jsou předmětem dalšího zkoumání.

1.9 Architektura NGN založená na IMS - Řídící funkce obsluhujícího serveru volání

Řídící funkce obsluhujícího serveru volání S-CSCF (*Serving Call State Control Function*) vykonává následující funkce:

- Pro terminál provádí služby ovládání relace. V rámci sítě jednoho operátora mohou mít různé S-CSCF odlišné funkce. Udržuje stav relace a disponuje řízením relace pro registrované relace koncového bodu. Vystupuje jako registrátor definovaný v RFC2543, tj. přijímá požadavky rejstříku a zpřístupňuje jeho informace pomocí lokačních serveru (např. HSS). Může se také chovat jako zprostředkovací server nebo jako uživatelský agent, jak je definováno v FC 2543. Komunikuje s platformami služeb za účelem podpory služeb. Získává adresu cíle I-CSCF na základě volby čísla nebo SIP URL. Za UE předává P-CSCF požadavky SIP nebo odpovědi nebo je směřuje na I-CSCF, pokud se používá I-CSCF při směřování v případě roamingu. Generuje zpoplatňovací informace. Bezpečnostní otázky jsou momentálně otevřeny a v procesu normalizace.

1.10 Architektura NGN založená na IMS – Další entity

Řídicí funkce mediální brány - MGCF (*Media Gateway Control Function*) poskytuje následující funkce:

- Konverzi protokolu mezi ISUP a SIP. Směrování příchozích hovorů na příslušné CSCF. Řízení zdrojů MGW.

Mediální brána - MGW (*Media Gateway*) - poskytuje následující funkce:

- Překódování mezi PSTN a 3G hlasovými kodeky. Ukončení přenosových kanálů SCN. Ukončení toků RTP.

Brána transportní signalizace - T-SGW (*Transport Signalling Gateway*) – poskytuje následující funkce:

- Mapování hovorové signalizace z/do PSTN/PLMN a IP. Poskytuje PSTN/PLMN ↔ IP mapování adres transportní úrovně.

Funkce multimediálního zdroje – MRF (*Multimedia Resource Function*) – poskytuje následující funkce:

- Provádí konferenční hovory a poskytuje funkce multimediální konference.

S-CSCF (případně ve spojení s aplikačním serverem) musí stanovit, že relace by měla být zaslána na PSTN. S-CSCF předá zprávu Invite řídicí funkci propojení brány **BGCF** (*Breakout Gateway Control Function*) ve stejné síti. BGCF vybere síť, v níž by mělo přijít k propojení na základě nastavené logiky. Pokud BGCF stanoví, že by propojení mělo probíhat ve stejné síti, BGCF vybere MGCF, která provede propojení, v opačném případě BGCF přepoše zprávu Invite k BGCF ve vybrané síti. MGCF uskuteční propojení k PSTN a řízení MGW kvůli konverzi médií.

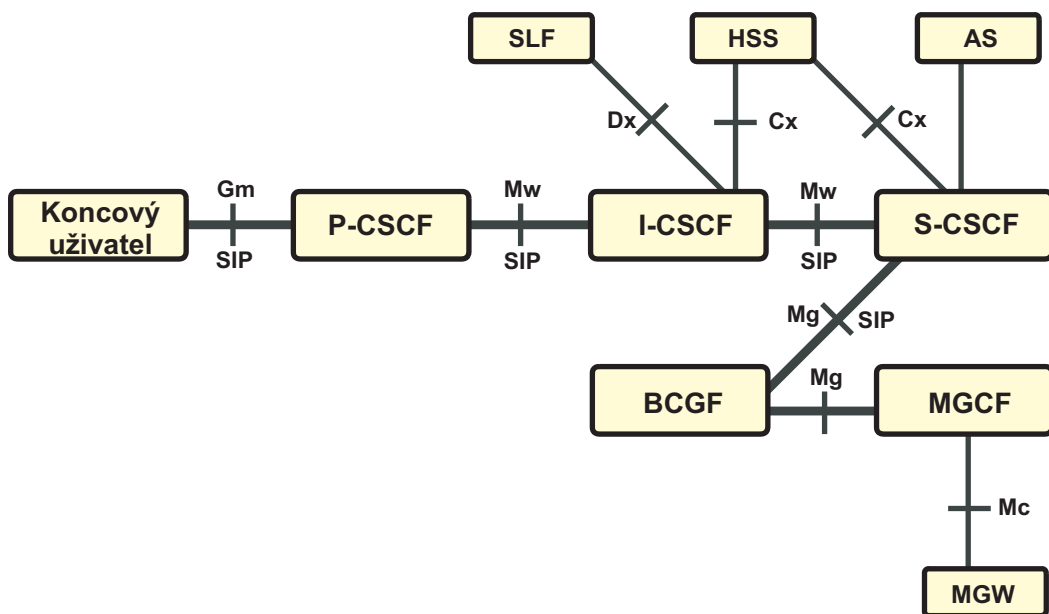
1.11 Samotný SIP v IMS

SIP a SDP jako protokol byl vybrán pro některé a IPv6 jako jediné řešení pro rozhraní IP multimediálního subsystému.

Jak je znázorněno na obrázku, základní SIP byl zvolen jako hlavní protokol následujících rozhraní:

- Gm: P-CSCF – UE
- Mw: P-CSCF – S-CSCF a P-CSCF – I-CSCF
- Mm: S/I-CSCF - externí IP sítě a jiné IMS sítě
- Mg: S-CSCF – BCGF Mk: BCGF – externí IP sítě a jiné IMS sítě

Nakonec mohou existovat rozdíly v postupech SIP referenčních bodů Gm a Mw. To znamená, že existuje odlišnost v rozhraní UNI a NNI.



Protokol SIP v IMS

Pro 3GPP IMS byly stanoveny následující procesy v:

- Zpřístupnění lokální P-CSCF: buď pomocí protokolu dynamického řízení hostitele **DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*), nebo přenosem adresy v kontextu PDP.
- Přiřazení a zrušení S-CSCF
Registrování S-CSCF
Preregistrování S-CSCF
Odregistrování S-CSCF (inicializováno sítí nebo UE).

- Oddělené procedury tvorby hovoru pro:
 - Hovory z mobilní sítě; roaming, domácí a PSTN, Hovory do mobilní sítě; roaming, domácí a PSTN.
- S-CSCF/MGCF - S-CSCF/MGCF; mezi operátory a v rámci operátora, v téže a v jiné síti PSTN
- Vyjednávání směrovacích informací
- Uvolnění relace
- Podržení a pokračování relace
- Tvorba anonymních relací
- Vyjednávání o použitém kodeku a typu médií (počáteční i změny)
- Procedura ID volaného
- Přesměrování relace
- Přemístění relace

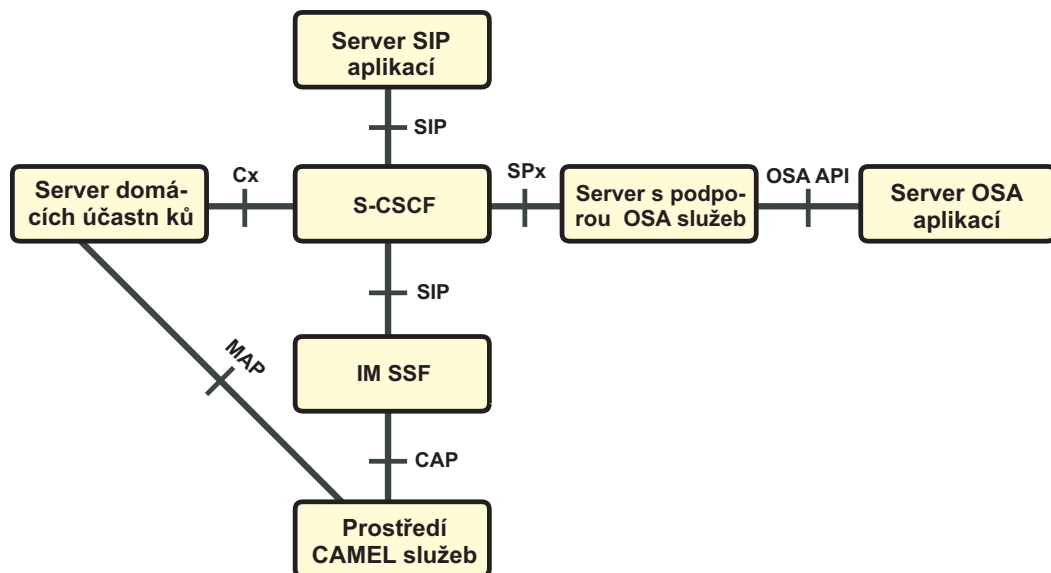
1.12 SIP v subsystému služeb



Subsystém služeb a jeho připojení k IMS je zobrazeno na obrázku. S-CSCF propojuje servery pro vývoj aplikací s protokoly SIP +. Aplikační server SIP se může nacházet buď mimo, nebo v rámci sítě operátora. Server s podporou OSA a Camel řídí již standardizované elementy pro tvorbu služeb, založené na 3G a GSM.

SIP se používá k propojení aplikačních serverů na těchto rozhraních:

- S-CSCF- SIP, aplikační server
- S-CSCF, server Camel
- S-CSCF-OSA, server služeb



Propojení subsystému služeb s IMS

1.13 TISPAN



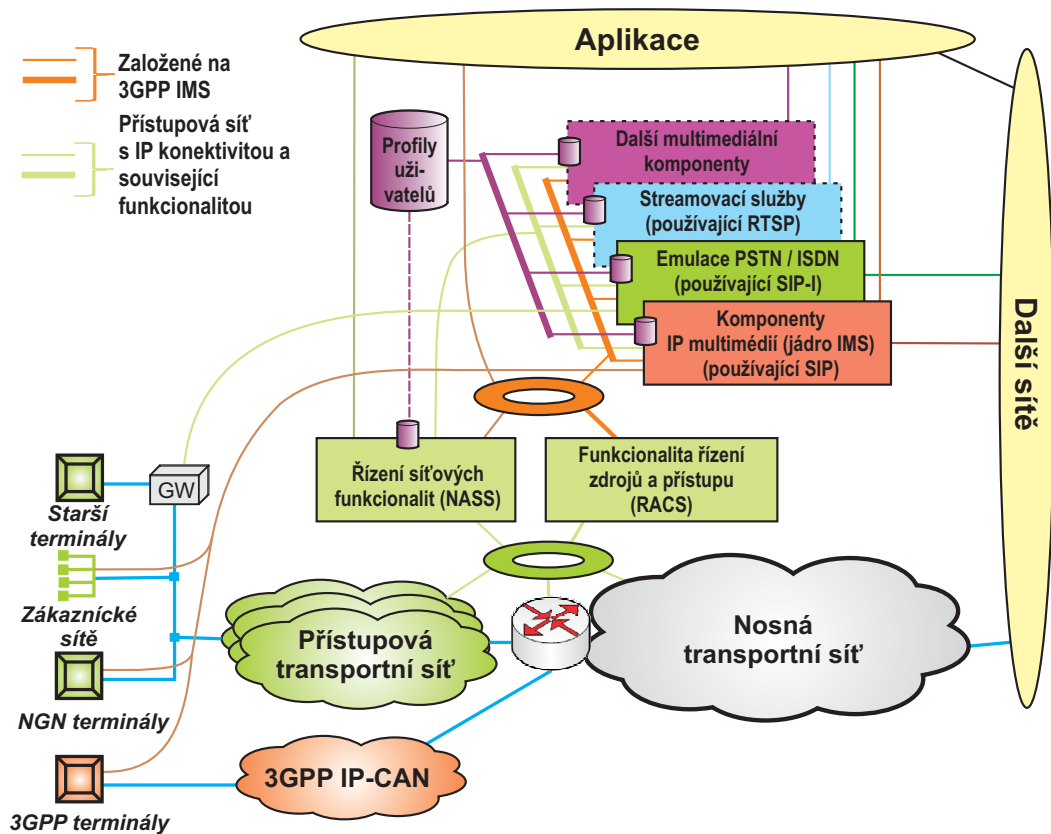
Síťová architektura TISPAN (viz obrázek) založená na 3GPP IMS, je základem pro řízení a poskytování konverzačních služeb v reálném čase (založených na protokolu SIP) [2], [9], [10]. Architektura 3GPP IMS je rozšířena v TISPAN NGN pro podporu různých typů přístupových sítí jako např. xDSL, WLAN apod.



Architektura TISPAN je rozšířena hlavně o:

- Řízení přístupových sítí (QoS, řízení přístupu a autentifikace)
 - Koordinaci různých subsystémů řízení po jedné nosné transportní síti pro řízení zdrojů
 - Spolupráci a interoperabilitu s veřejnými sítěmi (legacy networks)
 - Oddělení aplikační vrstvy od vrstvy řízení spojení a transportní vrstvy
 - Nezávislost přístupových technologií od vrstvy řízení volání a aplikační vrstvy
-

Rozšířená funkční architektura TISPAN je založena na architektuře IMS vycházející ze standardizace 3GPP. Pro služby na bázi jiné než SIP může architektura TISPAN NGN obsahovat další subsystémy definované v TISPAN. Obrázek ilustruje komponenty a funkcionality NGN.



Architektura TISpan NGN

1.14 Multimediální služby v prostředí NGN

Rozdělení služeb NGN



Současně s procesy standardizace v oblasti platformem konvergovaných technologií a NGN se pracovní skupiny standardizačních institucí zaměřují i na definování a vytváření standardů a doporučení v oblasti multimediálních služeb a aplikací s důrazem na:

- Rozdělení služeb a aplikací NGN
- Procesy tvorby, implementace, řízení a poskytování služeb a aplikací v prostředí NGN

Pracovní skupiny standardizačních institucí ITU-T a ETSI přistupují k rozdělení NGN služeb a aplikací z částečně odlišných pohledů (ITU-T z pohledu charakteru služby, ETSI z pohledu typu platformy).

Rozdělení podle ITU-T

Struktura rozdělení NGN služeb a aplikací je uvedena v "FGNGN WG1 Services and capabilities document" [11]. V tomto dokumentu je uveden aktuální seznam služeb definovaný ITU-T:



1. Služby založené na interaktivitě

- Konverzační hlasové služby v reálném čase
- Interaktivní multimediální služby bod-bod, včetně interaktivní hlasové služby v reálném čase, videa nebo jiných médií - videotelefon, bílá tabule, atd.
- Kolaborativní interaktivní komunikační služby - multimediální konference se sdílením souborů a aplikací, e-vzdělávání, hry
- Stiskni a mluv prostřednictvím NGN
- Okamžité posílání zpráv a služby zpracování zpráv
- Skupinové zpracování zpráv
- Služby emulace a simulace současných sítí PSTN/ISDN
- Služby datové komunikace (přenos souborů dat, telefax, elektronická poštovní schránka, atd.)
- Aplikace na vyhledávání dat - telesoftware
- Online aplikace - okamžitý prodej zákazníkům, e-obchod, okamžité pořizování, pro obchod, atd.

- Řeči ovládané služby
-



2. Služby nezaložené na interaktivitě

- Služby doručení obsahu - vytváření datových toků audia a videa, hudba a video na vyžádání, distribuce digitálních TV programů, distribuce finančních informací, distribuce profesionálních a lékařských obrazů, elektronické vydavatelství
 - Služby senzorových sítí
 - Služby vkládání údajů
 - Služby dálkového řízení a ovládání, jak řízení domácích aplikací, telemetrie, alarmy, atd.
 - Služby hromadného a skupinového přenosu
 - Řízení zařízení po síti
-



3. Interaktivní a neinteraktivní služby

- Služby virtuální privátní sítě
 - Hostované nebo tranzitované služby pro společnosti
 - Informační služby - informace o lístcích do kina, dopravní situace na cestách, zdokonalená služba vkládání dat
 - Služby prezence a obecných informací zobrazí vrstvy, které může účastník kontaktovat, jeho současný stav a všechny zprávy související se službou
 - Služby založené na vydání OSA 3GPP a 6/3GPP2
-



4. Síťové služby

- **Základní transportní služba BTS** (*Basic Transport Service*): zajišťuje základní spojení bod-bod, nebo bod - více bodů, nebo více bodů - více bodů. Aspekty základní transportní služby zahrnují: programové služby, omezenou bezpečnost atd.
 - Zdokonalená dopravní transportní služba **ETS** (*Enhanced Transport Service*): zajišťuje služby spojení jako BTS a také různé služby jako je zaručení QoS, vyšší úroveň bezpečnosti a přístup do virtuální privátní sítě.
-



5. Regulované služby

- Nouzové telekomunikační služby - občan-úřad, úřad-úřad, úřad-občan
 - Služby uvedené v zákoně
 - Hromadný přenos pro nouzové pohotovostní služby
-

Rozdělení podle ETSI



1. Multimediální IP služby

- Aplikace IP multimédií
- Služby simulace PSTN/ISDN - 3 třídy
- Služby rychlého zpracování zpráv
- Prezenční služba
- Služba určování polohy
- Videotelefonní služba

2. Služby emulované PSTN/ISDN

3. Regulované služby pro IP multimédia a emulované PSTN/ISDN

- Služby uvedené v zákoně
 - Služby nouzových volání
 - Služby identifikace zlomyslných volání
 - Služby odmítnutí anonymních volání
-

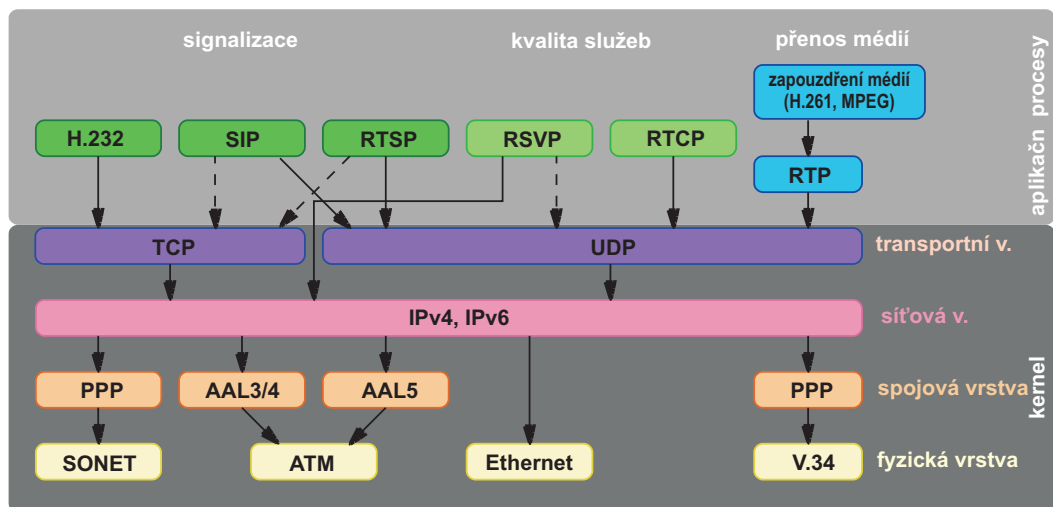
1.15 Schopnosti služeb NGN

NGN by měla poskytovat schopnosti (infrastrukturu, protokoly, atd.), aby bylo možné vyvíjet, nasazovat a řídit všechny druhy služeb (známé, ale i dosud neznámé) [1], [12]. Toto zahrnuje možnost využití různých médií (audia, videa, textu, dat a jejich kombinací), různých kódovacích technik, datových služeb, konverzačních služeb, služeb běžného i skupinového přenosu, služby zpracování zpráv, služby přenosu dat, služby v reálném čase i služby nevyžadující přenos v reálném čase, služby citlivé na zpoždění i služby tolerantní ke zpoždění. Tyto služby vyžadují různé přenosové rychlosti (a tedy i šířky pásma), od několika kbit/s do stovek Mbit/s, které pro některé služby musí být garantovány, pro jiné ne. Požadovaná šířka pásma musí být podporována schopnostmi transportních technologií. V rámci NGN se klade zvýšený důraz na přizpůsobení služeb zákazníkům provozovateli sítí, přičemž někteří operátoři vytvoří zákazníkům možnost přizpůsobit si své služby. NGN by měla zahrnovat rozhraní podporující procesy vývoje, poskytování a managementu služeb.

1.16 Protokoly NGN

Zásobník protokolů NGN

Nejjednodušší způsob, jak ukázat úlohu a funkce jednotlivých protokolů v hierarchii architektury VoP (*Voice over Packet Network*) podporující přenos hovorového signálu paketovou sítí, je obrázek znázorňující příslušnost jednotlivých protokolů k vrstvám referenčního modelu OSI. V konvergovaných sítích se uvažuje o podpoře s architekturami VoIP (*Voice over IP*) pomocí skupiny VoIP protokolů ITU-T a IETF souvisejících s doporučeními H.323 a protokolem SIP.



Protokoly pro NGN

Protokoly pro platformu konvergovaných technologií můžeme rozdělit do následujících skupin [4], [10], [12], [13], [14]:

- Protokoly řízení volání (signalizace VOP z telekomunikačního pohledu): H.323, SIP, [10], [12], [13], Protokoly řízení bran médií (komponentů distribuované architektury VOP): MGCP, Megaco/H.248 (protokol dohodnutý IETF i ITU-T)
- Protokoly pro přenos signalizace: SIGTRAN, BICC, SIP-T, SIP-I
- Transportní protokoly: RTP, RTCP (ve smyslu přenosu médií, nikoli ve smyslu RM OSI, protože jinak je pro všechny používán TCP / IP nebo UDP / IP)
- Protokoly pro podporu QoS: RSVP, RTCP (RTCP je pro podporu řízení transportu, ale umožňuje i podporu QoS)

Další podpůrné protokoly:

- DHCP, ENUM, DSN, COPS
- **RTSP** (*Real-Time Streaming Protocol*) – protokol vytváření toků v reálném čase,
- IGMP/MLD

1.17 Základní protokoly NGN

Protokol SIP

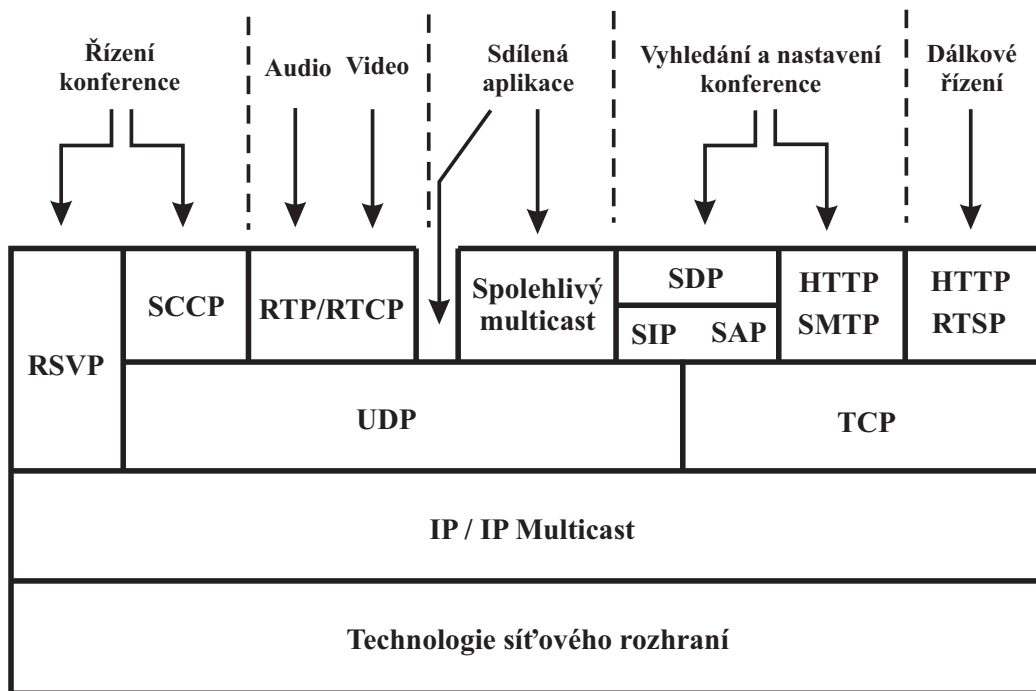


Protokol inicializace relace **SIP** (*Session Initiation Protocol*) je zabezpečovací protokol pracující na aplikační vrstvě, určený k sestavení, modifikaci a ukončení multimediálních relací. SIP je používán v kombinaci s jinými protokoly, učenými pro popis parametrů naplňované relace mezi dvěma (nebo více) účastníky. SIP je založen na transakčním modelu typu odpověď-požadavek, známému z protokolu HTTP. Každá transakce skládá z požadavku, která vyvolá příslušnou metodu nebo funkci serveru a alespoň jednu odpověď.

SIP podporuje pět hlavních aspektů pro sestavení a ukončení multimediální komunikace:

- Lokalita uživatele - určení konce systému komunikace,
 - Dostupnost uživatele - zjištění "ochoty", ale i schopnosti volaného zapojit se do komunikace,
 - Schopnosti uživatele - učení typu média a parametry média, které budou použity pro sestavení komunikace,
 - Sestavení relace - vyzvánění, sestavení parametrů relace na obou stranách, tj. volající a volané,
 - Management relace - zahrnuje přenos, ale i ukončování relací, modifikaci parametrů a vyvolání služeb.
-

SIP je textově založený protokol, popsáný a standardizovaný v RFC 3261. Začlenění protokolu SIP a jeho souvislost s jinými protokoly SIP je naznačeno na obrázku.



Protokolový zásobník

Další důležité protokoly



Jelikož SIP je signalizačním protokolem, sloužícím k sestavení, modifikaci a ukončení hovoru, mnoho jeho funkcionalit závisí na jiných protokolech. Jde hlavně o protokoly **RTP** (*Real-Time Transport Protocol*), sloužící pro přenos multimediálních dat typu hlas, video, data. **RTSP** (*Real Time Streaming Protocol*) řídící doručování tzv. streaming dat. **MEGACO** (*Media Gateway Control Protocol*) sloužící k řízení mediálních bran do sítě PSTN a protokol **SDP** (*Session Description Protocol*), který slouží k popisu a dohadování parametrů naplňované multimediální relace. Je však třeba poznamenat, že základní funkcionality protokolu SIP jsou zcela nezávislé na zmíněných protokolech.

Protokol popisu relace (SDP)



SDP (*Session Description Protocol*) [4] je určený pro popis multimediálních relací, za účelem oznámení jejich parametrů při sestavování spojení.

V momentě sestavování nové multimediální telekonference, VoIP hovoru, streamovaného videa nebo jiné relace se vyžaduje poskytnutí všech detailů, aby se tato relace mohla uskutečnit. Jde například o detaily požadovaných kodeků, transportní adresu a jiná metadata jednotlivých účastníků relace. SDP poskytuje standardní reprezentaci těchto údajů bez ohledu na to, jakým způsobem se tato informace doručuje jednotlivým komunikujícím stranám.



SDP zahrnuje následující podrobnosti relace:

- Název/popis relace a její účel
- Čas relace, pokud je nezbytný
- Typ kodeku/komprese dat
- Informace potřebné k přijetí těchto dat (IP adresy, porty, formáty, atd.)

V případě, že pro danou relaci existuje omezení v podobě zdrojů, které pořad vyžaduje, uvádí SDP i následující detaily:

- Informace o potřebném přenosovém pásmu,
 - Kontaktní informace o osobě odpovědné za relaci.
-

Obecně lze říci, že SDP musí být schopen sdělit všem účastníkům naplňované relace všechny parametry, které jsou pro připojení se do relace nezbytné.

Protokol přenosu v reálném čase (RTP)



Protokol přenosu v reálném čase RTP (*Real-time Transport Protocol*) [14] poskytuje službu typu konec - konec pro aplikace pro přenos dat v reálném čase, jako jsou zvuk, video nebo data ze simulací při skupinovém nebo individuálním vysílání. Přenos v reálném čase znamená, že data musí být přenesena v určitém časovém limitu. Zvukové signály a videa jsou obvykle citlivé právě na zpoždění. Proto RTP používá systém časových značek a řídicí mechanismy pro synchronizaci vícenásobného toku dat.

Protokol řízení přenosu v reálném čase (RTCP)



Protokol řízení přenosu v reálném čase RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*) [4] aplikační vrstvy, navržený pro kontrolu doručení dat v reálném čase a na měření QoS je definován v RFC 3550, publikovaném v červenci 2003. Protokol RTP používá protokol RTCP, kterým se přenášejí doplňkové informace pro řízení relace. RTCP je založen na periodickém přenosu řídicích paketů všem účastníkům relace. Nižší protokol musí zajistit multiplexování datových a řídicích paketů, například protokol UDP umožňuje multiplexování datových paketů RTP a řídicích paketů RTCP. Protokol RTCP požaduje zasílání informací periodicky účastníky relace. Pakety RTP přenášejí pouze užitečnou informaci, a pakety RTCP pouze řízení přenosu v reálném čase.



Protokol RTCP poskytuje tyto zásadní funkce:

- Poskytování informací o kvalitě relace QoS ve významu zpětné vazby, která zahrnuje počet ztracených paketů, čas návratu oznámení a rozptyl.

- Udržení informace o všech účastnících pomocí trvalého identifikátoru na transportní vrstvě nazývaného **CNAME** (*Canonical Name – původní název*), protože **SSRC** (*Synchronization Source Identifier*) se může lišit v případě konfliktu nebo výskytu restartu programu.
- Řízení toku dat a jejich adaptace pro účastníky relace RTP. Pomocí posílání řídicích paketů každého z účastníků ostatním účastníkům může každý z nich nezávisle registrovat počet účastníků. Tato informace se použije na výpočet rychlosti, kterou se pakety pošlou.

DIAMETER



DIAMETER [4] je součástí souboru protokolů "AAA", který je odvozen od jeho předchůdce, protokolu RADIUS. Je to protokol typu "rovný s rovným", který se používá pro zpracování žádostí o službu, jako je ověření uživatele, řízení síťových zdrojů, správa připojení a relace, zpoplatnění bezdrátového přenosu nebo roamingu, fakturační aplikace apod.



Relace Diametru sestávají z výměny příkazů a AVP mezi servery a klienty a na rozdíl od protokolu RADIUS používá spíše architekturu rovný s rovným jako klasickou architekturu klient / server. Každý uzel může kdykoliv iniciovat komunikaci (požadavek), například server může přerušit službu konkrétnímu uživateli. Diametr je definován pomocí základního protokolu a souboru aplikací. Tato architektura umožňuje protokolu, aby byl rozšiřitelný pro nové přístupové technologie. Základní protokol poskytuje základní mechanismus pro spolehlivý přenos, doručení a ošetření chyb.

MEGACO/H.248



Protokol byl vytvořen pro umožnění komunikace a propojení provozu IP sítí s tradičními sítěmi (např. PSTN) a pro zjednodušení poskytování stejných služeb na obou typech sítí (sítě IP, tradiční sítě). To je možné oddělením řízení volání od konverze média. MEGACO/H.248 je definován s architekturou hlavní / vedlejší, která je využita při komunikaci mezi řídicí jednotkou mediální brány **MGC** (*Media Gateway Controller*), někdy nazývanou také jako agent spojení nebo softwarový přepínač, která řídí logiku provozu služby a jedné nebo více rozložených mediálních bran **MG** (*Media Gateway*), které mění provoz s přepojováním okruhů na paketovou.



MEGACO/H.248 dává pokyny pro MG na propojení datového toku přicházejícího z prostředí mimo sítě paketových dat do datového toku v rámci sítě paketových dat, jako např. RTP. Protokol MEGACO/H.248 se architekturou a vazbou řídicí jednotka-brána podobá protokolu MGCP. Na druhé straně Megaco/H.248 podporuje širší spektrum sítí, např. ATM.

SIGTRAN

Z pohledu funkcionality a výkonnosti má každý účastník moderní telekomunikační sítě vysoké nároky. Signalizační zprávy IP protokolu jsou přenášeny pomocí protokolu řízení přenosu **TCP** (*Transmission Control Protocol*) nebo uživatelského datagramového protokolu **UDP** (*User Datagram Protocol*). Tyto transportní protokoly nejsou navrženy tak, aby splňovaly požadavky stanovené signalizačním systémem používaným v síti s přepojováním okruhů jako **PSTN / ISDN** (*Public Switched Telephone Network / Integrated Services Digital Network*). Proto byla **Řešitelskou skupinou rozvoje internetu IETF** (*Internet Engineering Task Force*) sestavena pracovní skupina SIGTRAN, aby navrhla protokol na bázi IP, který zohlední požadavky stávajících přesměrovaných telefonních sítí.



Navržený protokol řízení přenosu toku **SCTP** (*Stream Control Transmission Protocol*) má některé výhody oproti TCP. SCTP nabízí možnost iniciovat a provozovat zabezpečené spojení přes IP síť pro přenos signalizačních informací. Několik vrstev umožňuje pomocí SCTP přenos protokolů vyšších vrstev, např. uživatelské části ISDN **ISUP** (*ISDN User Part*), řídicí části signalizačního spojení **SCCP** (*Signalling Connection Control Part*) a digitálního účastnického systému č. 1 **DSS1** (*Digital Subscriber System No. 1*).

1.18 Podpůrné protokoly

Protokol dynamické konfigurace hostitele (DHCP)

Protokol dynamické konfigurace hostitele **DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*) byl vyvinut z protokolu BOOT (BOOTP). Oba protokoly jsou popsány v RFC 2131 (DHCP) a RFC 951 (BOOTP).



DHCP obsahuje všechny funkce známé z BOOTP, to znamená, že DHCP od konsorcia **ISC** (*Internet Software Consortium*) obsahuje server BOOTP a další funkce spolu s dynamickým přidělováním adres. Oba protokoly slouží k přidělování IP adres uzlem v síti.

Uzel s nepřidělenou IP adresou odešle žádost o IP adresu serveru DHCP. Server DHCP mu přidělí volnou IP adresu a pošle mu odpověď. Navíc tato odpověď obsahuje například jméno domény, IP adresu serveru názvů nebo IP adresu směrovače. Přenos všech konfiguračních parametrů probíhá automaticky, v závislosti na zvolené metodě.

System názvů domén (DNS)



System názvů domén **DNS** (*Domain Name System*) je používán na propojení IP adresy s názvy domén. Obvykle je pro uživatele jednodušší pamatovat si názvy domén (ngnlab.eu) než jejich IP adresy (147.175.103.213). IP adresy jsou požadovány třetí vrstvou síťového modelu pro spolehlivé směrování dat přes síť.

Kromě tradičního ukládání a mapování IP adres a názvů domén, DNS obsahuje doplňkové informace, pomocí různých typů záznamů. DNS dokáže zpracovat záznamy například záznamy certifikátů, záznamy o místě, záznamy s informacemi o službách a mnohé další.

Protokol přenosu hypertextu (HTTP)



Protokol přenosu hypertextu **HTTP** (*Hypertext Transfer Protocol*) je protokol na aplikační vrstvě používající mechanismus požadavek/odpověď a je jedním z nejpoužívanějších protokolů na internetu pro webové služby.

Klient posílá požadavek na server, který obsahuje požadovanou metodu, URL a verzi protokolu. Dále následuje zpráva ve formátu víceúčelového rozšíření internetové pošty **MIME** (*Multipurpose Internet Mail Extensions*), obsahující požadované parametry a hlavní obsah. Požadavek se posílá pomocí TCP spojení se serverem (relace HTTP). Server reaguje odpovědí, která obsahuje stavový řádek ve formátu: verze protokolu, chybový/stavový kód. Za tímto řádkem následuje zpráva ve formátu MIME obsahující informace o serveru, metadata a hlavní obsah.

Rozšiřitelný značkovací jazyk (XML)



Rozšiřitelný značkovací jazyk **XML** (*Extensible Markup Language*) je hlavním mechanismem pro reprezentaci strukturovaných dat. Data v dokumentu XML jsou strukturována do stromu elementů. Každý uzel ve stromu reprezentuje jeden element. Elementy mohou obsahovat atributy, ale ty nejsou povinné. Speciální elementy nazývané "listy" mohou obsahovat text. Dokumenty XML vyžadují na začátku deklaraci obsahující verzi a kódování. Po deklaraci následuje element a data zapouzdřená v XML.

Elementy, které lze použít, jsou definovány schématem XML nebo definicí typu dokumentu **DTD** (*Document Type Definition*). Jelikož v dokumentu může být několik různých definic, XML je velmi snadno rozšiřitelný. Element XML blíže popisuje obsah, který reprezentuje. V takzvaných znacích je obsažen obsah a je tedy možné, aby byla tato data čitelně umístěna pro člověka, ale i stroje.

Protokol přístupu pro konfiguraci XML (XCAP)



Protokol přístupu pro konfiguraci XML **XCAP** (*XML Configuration Access Protocol*) umožňuje klientům číst, zapisovat a modifikovat data ve formátu XML uložené na serveru. Toto může být provedeno mapováním stromu v dokumentu XML do HTTP (Hypertext Transfer Protocol) URI, které povolují přímý přístup kvůli tomu, že veškerý obsah je tak či tak uložen v XML "kontejnerech". Soubory XML jsou uloženy na takzvaném serveru řízení dokumentů XML - **XDMS** (*XML Document Management Server*), který je obvykle obyčejným HTTP serverem. Standard popisuje rozhraní mezi klientskou aplikací a serverem řídícím data XML (např. zdroj seznamu stavů "presence" nebo autorizační data pro management "presence").

Protokol přístupu k jednoduchému objektu (SOAP)



Protokol přístupu k jednoduchému objektu **SOAP** (*Simple Object Access Protocol*) je protokol aplikační vrstvy. Protokol je používán pro komunikaci mezi aplikacemi přes internet. SOAP používá HTTP jako protokol nižší vrstvy.



Výhodou použití HTTP je jeho podpora mnoha aplikacemi (prohlížeče, servery, mobilní telefony) a jeho jednoduchá a levná implementace. Ostatní protokoly pro dálkovou komunikaci tuto výhodu nemají.

Architektura zprostředkování společného objektu na vyžádání (CORBA)



Architektura zprostředkování společného objektu na vyžádání **CORBA** (*Common Object Request Broker Architecture*) je také standard, který definuje protokol pro dálkové řízení komunikace. Je definována skupina řízení objektů **OMG** (*Object Management Group*). Jádro CORBA je tzv. zprostředkovatel požadavků objektů **ORB** (*Object Request Broker*). ORB je aplikační programové vybavení, které popisuje vztah komunikace klient/server. ORB je odpovědný za:

- Přerušování volání od klienta
 - Nalezení správného objektu
 - Přidělení parametrů
 - Volání svých metod
 - Vrácení výsledků klientovi
-

To znamená, že proces se klientovi jeví jako transparentní. Používá jen komunikaci přes CORBA. Realizace právě distribuované aplikace se nemusí specifikovat dál. Jediný standard požadovaný pro aktuální komunikaci je komunikační standard.

XML pro hovorový signál



XML pro hovorový signál (**Voice XML**) je navržen za účelem vytváření audio dialogů ve službách typu syntetizovaná řeč, digitalizované audio, rozpoznávání řeči a dvoutónové multifrekvenční volby **DTMF** (*Dual-Tone Multi-Frequency*), nahrávání mluvené řeči, telefonie a mixované konverzace. Hlavním důvodem vzniku tohoto protokolu bylo spojení výhod vývoje webových aplikací a aplikací obsluhujících interaktivní hlasové služby.

Hlavním elementem XML souboru je znak `<vxml>`, který sestává ze dvou typů dialogů:

- **Forma** - sloužící pro prezentování informací a získání vstupu
- **Menu** - sloužící pro výběr dalšího kroku

1.19 Protokoly řízení multimedálních služeb

Standardy MPEG



MPEG je standard vyvinutý pro kódování pohyblivých obrazů a k nim přiřazených zvukových informací. Úkolem standardu MPEG je překodovat analogový nebo digitální signál do paketů s digitální informací pro efektivnější přenosy v moderních počítačových sítích. Proces přeměny audia a videosignálu do digitální formy se nazývá komprese nebo kódování. Reverzní proces je nazýván dekomprese nebo dekódování, kdy je video a audio konvertované zpět do původní formy. MPEG je systém pro kódování a dekódování multimedálního obsahu. Standard MPEG umožňuje komprimovat video a audio na podstatně menší objem informací než byl zapotřebí předtím a tím zabírá méně přenosového pásma. Úroveň komprese závisí na velikosti dostupného přenosového pásma a také na požadované kvalitě.

MPEG 1



Standardní rozlišovací schopnost pro video MPEG-1 je 352x240 bodů při 30 snímcích za sekundu pro normu NTSC a 352x288 bodů při 25 snímcích za sekundu. Poměr stran 4:3 pro standard MPEG-1 byl převzat ze standardních televizních pravoúhlých obrazovek i z počítačových obrazovek, aby byl na nich obsah korektně zobrazovaný. MPEG-1 poskytuje přibližně kvalitu VHS při datovém toku 1,5 Mbit/s. Datový tok je škálovatelný, ale optimální rozsah je 1,2 až 1,5 Mbit/s.

MPEG 2



MPEG-2 potřebuje přibližně 6 Mbit/s pro video v kvalitě DVD, avšak datový tok je podporován až do hodnoty 15 Mbit/s. Standardní rozlišení má velikost 720x480, přičemž je podporováno rozlišení i 1920x1080 pro HDTV. MPEG-2 je nyní pravděpodobně nejúspěšnější standard v poměru k jeho přijetí zákazníky na trhu. MPEG-2 se stal standardem pro digitální satelitní, pozemské a kabelové vysílání, kterým bylo nahrazeno analogové vysílání. Používá se jak ve standardním rozlišení SDTV, tak i pro HDTV.

MPEG 4



MPEG-4 a H.264 byly standardizovány organizacemi ISO a ITU. Metoda kódování je přibližně stejná. Oba algoritmy jsou založeny na diskrétní kosinové transformaci, hybridním kódováním obrazu použitým poprvé v MPEG-1. Bylo provedeno množství testů a porovnávání H.264 a MPEG-2/MPEG-4. Pro dosažení PSNR na úrovni 28 dB pro video v standardem rozlišení 704x480, 60 Hz

(prokládaný rozklad) musí být datový tok pro MPEG-2 o velikosti 5 Mbit/s, přičemž jen 1,8 Mbit/s pro H.264.

Kompresi audia MPEG



MP3 je částí standardu MPEG-1, která definuje tři možná schémata komprese audia nazývané vrstvy. Vrstva L3 poskytuje nejvyšší možnou úroveň kvality a komprese audia. Při datovém toku 8 kbit/s je kvalita přibližně na úrovni telefonního hovoru. Avšak při datovém toku 96 kbit/s a výše se kvalita blíží úrovni CD.

Protokol postupného stahování v reálném čase (RTSP)



Protokol postupného stahování v reálném čase **RTSP** (*Real-Time Streaming Protocol*) je protokol aplikační vrstvy pro doručení dat v reálném čase a jeho hlavním úkolem je doručení multimediálních toků u typů spojení bod-bod (unicast) a bod-multibod (multicast). RTSP poskytuje možnost přenosu dat v reálném čase jako je video a audio.

Zdrojem dat může být živý vstup (živé televizní vysílání) nebo uložené videosoubory - video na vyžádání (Video On Demand). RTSP vytváří a řídí spojení pro jeden nebo více časově synchronizovaných multimediálních toků, zajišťuje výběr doručovacích protokolů jako UDP nebo TCP a poskytuje doručovací mechanismus na bázi RTP a řídicí mechanismus na bázi RTCP. RTSP je samostatný protokol a není navázán na RTP ani RTCP. Spojení pomocí RTSP není navázáno na žádný protokol transportní vrstvy.



Během spojení RTSP může klient otevřít a ukončit množství spojení na základě RTSP požadavků bez ohledu, zda je použit protokol TCP nebo UDP. Datové toky řízené protokolem RTSP mohou použít RTP, ale fungování protokolu RTSP není závislé na transportní vrstvě přenášených dat. RTSP je syntaxově velmi podobný protokolu HTTP/1.1, čímž je snadno rozšiřitelný.

Protokol řízení internetové skupiny (IGMP)



Protokol řízení internetové skupiny **IGMP** (*Internet Group Management Protocol*) umožňuje klientům podílet se na skupinovém přenosu. IGMP umožňuje uživatelům sdělit jejich zájem o určitou přenosovou skupinu. Tyto skupiny jsou definovány jejich jedinečnou IP adresou Class-D.

Když uživatel chce přijmout tok, zašle požadavek IGMP Join na lokální směrovač. Pokud je směrovačů více, požadavek je zaslán na *Designated Router* (**DR**), který je zvolen ostatními směrovači a slouží k řízení všech zpráv IGMP pro daný segment. Když směrovač přijme jeden nebo více požadavků "Join", směrovač pošle všechny pakety určené pro danou skupinu na daný port. Směrovač

by měl přeposílat data pro jednu skupinu na jedno rozhraní. Pokud se na jednom rozhraní nachází více uživatelů, každý z nich dostane stejný skupinový přenos na základě monitorování skupinové MAC a IP adresy na daném rozhraní. Pokud je skupinové vysílání požadované na více rozhraních, směrovač musí poslat kopii paketu na každé rozhraní, které zaznamenalo uživatele přihlášeného do skupiny. Z tohoto důvodu je protokol IGMP velmi užitečný. Směrovač DR neustále sleduje, zda uživatelé stále sledují daný skupinový přenos na základě zasílání periodických "dotazů" uživatelům. Dotazy jsou vysílány na "dobře známou" skupinovou adresu (224.0.0.1), která je sledována všemi systémy. Pokud je uživatel stále zapojen do dané skupiny, tak zašle "zprávu člena" (membership report). Pokud směrovač přestane přijímat tyto zprávy, vymaže danou skupinu ze své tabulky.

Zpřístupnění posluchače skupinového přenosu, verze 2 (MLDv2)



Zpřístupnění posluchače skupinového přenosu MLD a **MLDv2** (*Multicast Listener Discovery Version 2*) je protokol určený pro použití výhradně v sítích IPv6. Tento protokol je následníkem IGMP, který se používal v IPv4 na přihlášení se k síťovému uzlu do skupinového přenosu. Skupiny jsou definovány IP adresou. Proces připojení se ke skupinovému přenosu na síti je oznámení to směrovači, který musí být připojen k žadateli přímým rozhraním.

Uzel požádá o relevantní skupinu skupinového přenosu. Pokud směrovač nemá informaci o dané skupině, musí o ni požádat další směrovač na jednom z jeho rozhraní a následně po přijetí skupinového přenosu ho nasměrovat na rozhraní uživatele. Směrovač musí poslat kontinuálně požadavky, aby mohl jeden nebo více skupinových přenosů kontinuálně přijímat. Směrovač může sledovat jeden nebo více skupinových přenosů, kdy vykonává dvě činnosti jako směrování skupinových přenosů a sledování skupinových přenosů. Sleduje jednak informace ze směrovacího protokolu skupinového přenosu a také jaké skupiny skupinového přenosu jsou přihlášeny do nejbližších sousedících směrovačů.

2 Technologie DVB

2.1 Úvod

Během mnoha let vývoje zažila *televize (TV)* mnoho významných milníků počínaje primitivní mechanickou televizí (1884) přes elektronické analogové (černobílé, barevné) televize až po současnou digitální televizi (ve standardním nebo vysokém rozlišení). Digitální televize představuje nový způsob vysílání, který nahrazuje zastaralé analogové vysílání. Je to systém, který nabízí mnoho inovací, a proto využívá i nový model fungování. Nástup digitální televize významně přispívá k dosažení konvergence mezi počítačem, televizí a internetem. Výhody pro zákazníky jsou jednoznačné: zážitek ze sledování obrazu vysoké kvality, z poslechu zvuku v kvalitě CD, stovky televizních kanálů a také komfortní přístup k široké paletě nových služeb. Tyto digitální technologie umožňují různým společnostem, poskytovatelům a vysílajícím nabídnout širokou nabídku užitečných, a zejména výnosných služeb, například přístup k vysokorychlostnímu internetu, možnost hrát hry s více uživateli, video na vyžádání, streamování videí a hudby, elektronické noviny, a mnoho jiných.



Výhodou digitální televize je, že nabízí přenos dat s vysokými rychlostmi, což zaručuje přístup k bohatému multimediálnímu obsahu. Jednoduše lze seskupit několik televizních kanálů do jednoho frekvenčního pásma, které by v případě analogové televize bylo využito jen jedním televizním kanálem. Jak je to možné? Díky kompresním algoritmům aplikovaným na digitální video a modulaci.

Aby se digitální televize stala skutečností, byla nutná kooperace více společností, které stojí za vytvořením množství nových standardů. Mezi tyto organizace patří: **ETSI** (*European Telecommunications Standards Institute*), **DVB** (*Digital Video Broadcasting*), **ATSC** (*Advanced Television Systems Committee*) a mnoho dalších.



Projekt digitálního vysílání DVB vznikl v letech 1991 až 1993 a sdružoval asi 80 členů. Dnes formuje tento projekt více než 300 organizací a společností z více než 30 zemí světa. Členy tohoto projektu jsou výrobci elektronických zařízení, síťoví operátoři, vysílací, softwarové společnosti a standardizační organizace [18].

2.2 Služby DVB

Každá nová technologie je pro uživatele zajímavá pouze, pokud mu nabídne množství nových kvalitnějších služeb oproti poskytovaným stávajícími technologiemi. Technologie DVB už není jen pasivní. Rozšiřuje analogovou televizi o kvalitu obrazu, datové služby a interaktivitu.



Technologie DVB poskytuje tyto tři základní (nosné) služby:

- Vysílání videa (televize se standardním nebo vysokým rozlišením)
 - Vysílání audia
 - Vysílání dat
-

Systém DVB umožňuje kromě distribuce TV programů i poskytování různorodých datových služeb. Tyto služby lze rozdělit na interaktivní a pseudointeraktivní. V případě pseudointeraktivních služeb jsou data pro tyto služby přenášena vysílacím kanálem společně s TV programy a po dekódování jsou uložena v paměti koncového zařízení uživatele (set-top box). Uživatel má možnost výběru a prohlížení informací uložených v paměti. Při interaktivních službách se na výběr a řízení poskytovaných datových služeb používá zpětný kanál, který je realizován samostatným přenosovým prostředkem.

Mezi klasické pseudointeraktivní služby můžeme zahrnout:

- Elektronické zpravodajství (tiskové agentury, textové a grafické informace)
- Webové vysílání (datová služba poskytující informace z vybraných internetových stránek, obvykle informace ve veřejném zájmu)
- Předpovědi počasí
- Informace z rezervačních systémů (hotely, jízdní řády, MHD apod.) Bez možnosti aktivního přístupu
- Informace ze sázkových systémů
- Distribuce softwaru, her
- Burzovní informační systémy (akciové burzy, komoditní, opční burzy, finanční mezibankovní trhy apod.)
- Aukční systémy
- Reklamní informace
- Distanční vzdělávání, školení

Mezi interaktivní služby patří:

- Přístup k Internetu
- Interaktivní distanční vzdělávání
- Rezervační systémy s aktivním přístupem
- Elektronický obchod, interaktivní reklama
- Video služby (video na vyžádání, videopůjčovna)
- Elektronické bankovníctví
- Hry
- Kvízy, sázení, soutěže, hlasování

2.3 Standardy DVB



DVB představuje sadu otevřených standardů (specifikací), které jsou spravovány konsorciem DVB. Tyto standardy definují všechny aspekty vysílání digitálního videa nebo obecně digitální televize.

Tyto standardy jsou vydávány Společnou technickou komisí (**JTC** - *Joint Technical Committee*) standardizačních organizací: ETSI, Evropského výboru pro normalizaci v elektrotechnice (**CENELEC** - *European Committee for Electrotechnical Standardization*) a Evropské vysílací unie (**EBU** - *European Broadcasting Union*). Proto jsou všechny akceptovány ve světě. DVB bylo zavedeno nejdříve v Evropě (Anglie).



V současnosti se DVB technologie kromě Evropy používá i v Austrálii, asijských, afrických i amerických zemích. Kromě DVB existují i jiné standardy pro digitální televizi: např. ATSC, který je zaveden v Kanadě, USA nebo Mexiku, nebo digitální vysílání integrovaných služeb **ISDB** (*Integrated Services Digital Broadcasting*), který je využit v Japonsku [18].

Jak již bylo zmíněno, standardy DVB definují všechny aspekty týkající se vysílání a zpracování digitálního videa a audia na úrovni fyzické a spojové vrstvy komunikačního modelu. To znamená, že definují modulace a dopředné zabezpečovací kódy (proti chybám), multiplexování několika služeb do jednoho transportního toku, rozhraní a jiné. Mnohé z těchto aspektů jsou úzce spjaty s přenosovým médiem použitým na vysílání (pozemní, satelitní nebo kabelové). Následující seznam představuje některé standardy vydané v rámci DVB [19]:

- DVB-S – digitální televizní vysílání přes satelit
- DVB-S2 (satellite 2nd generation) – vysílání TV s vysokým rozlišením přes satelit
- DVB-SH – vysílání IP médií pro příruční zařízení (mobil, PDA) přes satelit
- DVB-T – pozemní digitální televizní vysílání
- DVB-T2 (terrestrial 2nd generation) – druhá generace pozemního digitálního televizního vysílání
- DVB-C – digitální televizní vysílání přes kabelové systémy
- DVB-RCS/RCT/RCC – zpětný kanál DVB (interakce) realizovaný satelitem/pozemně/kabelem
- DVB-H – pozemní digitální televizní vysílání pro příruční zařízení
- DVB-MC/MS – digitální televizní vysílání přes mikrovlnné systémy
- DVB-Data – digitální televizní vysílání - přenos dat

- DVB-SI – definuje služební informace, tj. struktury údajů apod.
- DVB-CSA – definuje společný kódovací algoritmus
- DVB-CI – definuje společné rozhraní mezi samostatným modulem pro podmíněný přístup a přijímačem
- DVB-NIP – definuje protokoly nezávislé na síti pro podporu interaktivních služeb
- DVB-MHP – definice multimediální domácí platformy založené na jazyku Java na vývoj uživatelských aplikací

Existuje ještě množství dalších standardů DVB, které se věnují jiným aspektům systému DVB jako například: titulky, měření, multiplexování, 3D-TV, IPTV, zdrojové kódování, apod., ale mnohé jsou mimo záběr tohoto kurzu.

2.4 Systém DVB

Nejznámější a nejpoužívanější technologie na zpřístupnění digitálního obsahu jsou DVB-S, DVB-T a DVB-C. Jak již bylo zmíněno, tyto standardy definují fyzickou a spojovou vrstvu celého distribučního systému. Celý multimediální obsah se seskupí a přenáší prostřednictvím MPEG transportních toků **TS** (*Transport Stream*).



Pokud mluvíme o mediálním obsahu, pak máme na mysli konkrétní obsah videa a audia. Je však nutné si uvědomit, že video a audiosignál vytvořený zdrojem je reprezentován analogovým signálem, který musí být konvertován do digitální podoby (pomocí analogově-digitálního převodníku), aby bylo možné využít výhod digitalizace. Analogový videosignál, který potřebuje šířku pásma 5 MHz v případě standardního evropského televizního signálu s 625 řádky, má 720 pixelů (bodů) na řádek, což dává 414720 pixelů (576x720) na jeden snímek. Po digitalizaci by takový černobílý videosignál (s frekvencí 25 snímků/s) vyžadoval datovou rychlost přibližně 83 Mbit/s (v případě barevného videa až 250 Mbit/s). Tyto bitové rychlosti jsou příliš vysoké a téměř nenasaditelné v reálných komunikacích (např. v satelitních systémech). Naštěstí videosignály i audiosignály obsahují mnoho nadbytečných informací, které lze odstranit pomocí vhodné kompresní metody.

Aplikací komprese je možné původní bitovou rychlost snížit (podle výsledné kvality obrazu a rozlišení) až na několik Mbit/s. Za tímto účelem byla založena skupina expertů na pohyblivé obrazy **MPEG** (*Moving Pictures Experts Group*), jejímž úkolem bylo vyvinout účinné kompresní algoritmy pro práci s pohyblivým obrazem (videem) na počítačích a jeho možný přenos mezi počítači a dalšími zařízeními. DVB technologie si osvojila kompresní standard MPEG-2 [20]. Tento standard podporuje různé kvality a rozlišení videa i pružnou práci s ním.



Jak již bylo uvedeno výše, DVB je vlastně soubor standardů, které definují nejen kompresi video/audio signálů, ale všechny funkce celého DVB systému, které zajistí doručení digitálního videa k uživatelům nebo jiným poskytovatelům. Takový systém DVB musí multiplexovat všechny vstupní toky (video, audio, data) do jednoho výsledného transportního toku a vyslat ho přes příslušné přenosové médium ve správné podobě. Další část této kapitoly se bude zabývat právě vytvářením výsledného transportního toku.

2.5 DVB – systém MPEG-2

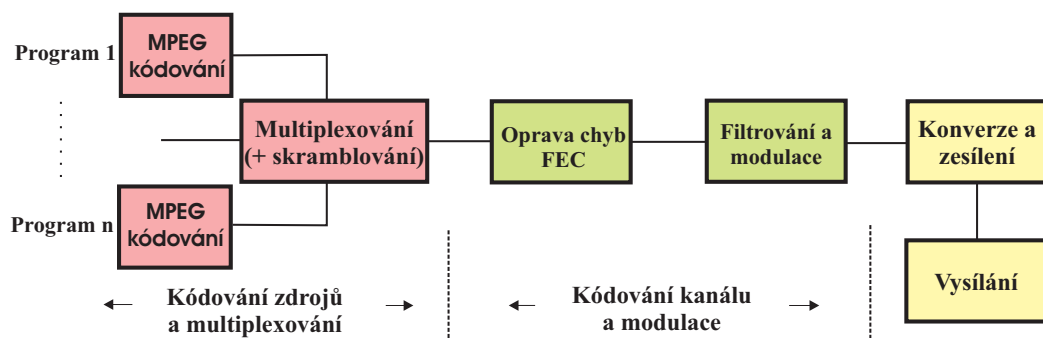


Systém MPEG-2 definuje, jak jsou různé elementární toky, které reprezentují jeden nebo více programů, navzájem multiplexované. Elementární toky mohou nést video (pohyblivý obraz), audio (zvuk, hudba), údaje a další informace. Tento multiplexní proces vytvoří jeden datový tok (tzv. víceprogramový přenosový nebo transportní), který může být uchován nebo přenesen přes fyzické médium. Obecně systém MPEG-2 provádí několik funkcí:

- Multiplexování
- Paketizace
- Časování a synchronizace
- Podmíněný přístup

První dvě funkce budou charakterizovány dále v textu, popis dalších dvou lze nalézt v [22]. V této kapitole používáme pojem "program". Tento pojem má více významů, my ho budeme chápat jako jednu vysílací službu nebo (televizní, rozhlasový) kanál.

Obrázek níže ukazuje blokové schéma, která zobrazuje všechny hlavní operace, které jsou prováděny na straně vysílače, aby bylo možné vyslat digitální obsah k uživatelům [20]. Nejdříve musí být všechny programy zakódované a multiplexované. Výsledný transportní tok je vybaven ochrannými kódy proti chybám, a následně je namodulovaný na nosnou vlnu. V poslední fázi je signál zesílen a vyslán přes přenosové médium (např. kabel, vzduch).



Hlavní operace vykonávané na straně vysílače

2.6 Systém DVB - elementární toky



Elementární toky mohou nést zakódované (MPEG-2) video a audio, údaje, synchronizační a systémové informace, informaci podmíněného přístupu a další údaje spojené s programem. Všechny reprezentují komponenty programu.



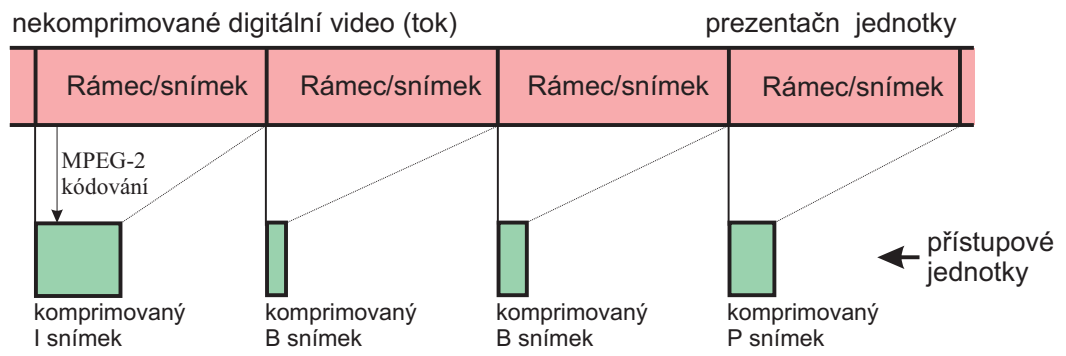
Nejjednodušší typ programu je rozhlasová služba, která obsahuje jeden elementární audio tok. Na druhé straně běžná televizní služba (kanál) obsahuje tři elementární toky: jeden tok nese zakódované video, druhý tok nese zakódovaný zvuk (audio) a třetí obsahuje teletext.

Není však problém poskytnout televizní službu, která bude obsahovat jeden tok pro video ve standardním rozlišení, jeden tok s videem ve vysokém rozlišení, několik zvukových toků (stop) v různých jazycích a dokonce několik toků pro teletext v různých jazycích [21].

Uvažujme nekomprimovaný digitální videotok, který se skládá z posloupnosti snímků. Každý snímek (např. 830 kB pro 625 řádkové video), který reprezentuje nekomprimovaný obraz, se jmenuje prezentační jednotka. Kodér MPEG-2 komprimuje každou prezentační jednotku, čímž z ní vytvoří tzv. přístupovou jednotku. Přístupové jednotky, jak je možné vidět na obrázku, nemají stejnou velikost. Jejich velikost závisí na složitosti původního obrazu a typu každého snímku, přičemž existují tři typy snímků I, P a B [20]:

- Snímky **I** (*Intra*) - jsou kódovány stejným způsobem jako obrázky typu JPEG bez žádného odkazu na jiné videosnímky. Obsahují kompletní informaci potřebnou na rekonstrukci původních snímků.
- Predikované snímky **P** (*Predicted*) - jsou kódovány s referencí k předešlému snímku (typu I nebo P). Tyto snímky nesou pouze informaci o změně obrazu mezi předešlým a aktuálním snímkem.
- Obousměrně predikované snímky **B** (*Bi-directional*) - jsou podobné snímkům typu P, ale jsou kódovány nejen s referencí k předchozímu ale i následujícímu snímku.

Výstupem kodéru MPEG-2 je posloupnost přístupových jednotek a tato posloupnost představuje elementární videotok. Podobným způsobem je nekomprimovaný audio tok skládající se z prezentačních jednotek audia kódován kódovacím MPEG do posloupnosti přístupových audiojednotek, což reprezentuje výsledný elementární audio tok.

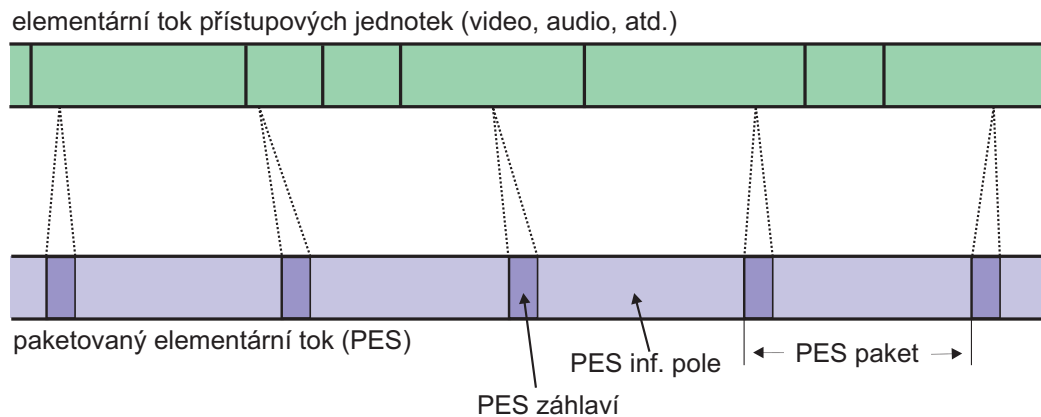


Princip kódování videosignálu (posloupnosti)

2.7 Systém DVB - paketovaný elementární tok



Multiplexer MPEG-2 nemultiplexuje přímo posloupnosti přístupových jednotek ze svých vstupů. Všechny elementární toky skládající se z přístupových jednotek jsou převedeny do tzv. paketovaných elementárních toků **PES** (*Packetized Elementary Stream*). Každý PES se skládá z paketů PES, jak je možné vidět i na obrázku [21].

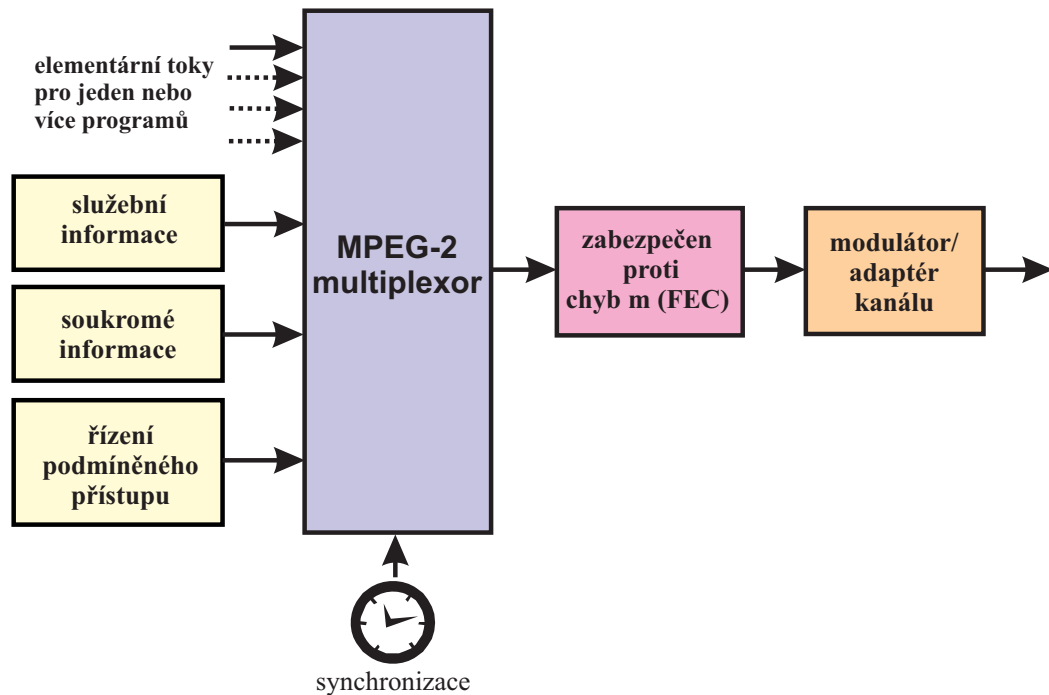


Princip vytváření paketovaného elementárního toku

Každý paket PES obsahuje záhlaví a informační část. Informační část je pole, kde se údaje původního elementárního toku seskupují jeden za druhým. Není nutné synchronizovat začátek informační části paketů PES se začátky přístupových jednotek. To znamená, že začátek přístupové jednotky může být i uprostřed informačního pole paketu PES. Takto několik menších přístupových jednotek může být vloženo do jednoho paketu PES. Paket PES může mít proměnlivou velikost ale do maximální velikosti 64 kB. Návrháři multiplexoru MPEG-2 mají v tomto smyslu určitou svobodu. Mohou se rozhodnout, jak volit velikost paketů PES, např. se může volit jejich velikost tak, aby vždy první bajt jeho informačního pole byl obsazen prvním bajtem některé přístupové jednotky. Každé záhlaví paketu PES obsahuje startovací kód (pro identifikaci začátku paketu PES), identifikátor toku (v rámci programu), délku paketu PES a jeho hlavičky, volitelné pole a příznaky (indikátory volitelných polí).

2.8 Systém DVB - multiplexování toků

Když jsou elementární toky ve formě paketrovaných elementárních toků, tak jsou multiplexované (seskupené) multiplexorem MPEG-2 se všemi dalšími speciálními informacemi, čímž se vytvoří výsledný souvislý bajtový datový tok. Princip takového multiplexování je zobrazen na obrázku.



Princip multiplexování



Jak je vidět z obrázku, výstupní multiplexovaný signál obsahuje mnoho dalších informací [21]:

- Časové značky - umožňují zajistit synchronizaci mezi elementárními toky (např. video a audio toky jednoho programu musí být synchronizovány).
- Tabulky - obsahují služební informace (údaje, které identifikují programy v rámci multiplexování signálu - multiplexu - i elementární toky), síťové parametry atd. Také existují tabulky pro podmíněný přístup týkající se kryptování, ale tento typ řízení nebyl definován v MPEG (nebo DVB).
- Další podpůrné údaje - jsou to údaje pro další datové toky, jejichž obsah nebyl specifikován v MPEG. Tyto datové toky mohou nést obsah různých datových služeb, další systémové informace (např. modulace) nebo např. teletext.

Multiplexer MPEG-2 může vytvořit dva typy multiplexovaných toků: programový nebo transportní tok. Programový tok byl určen pro účely uchování a získávání digitálního obsahu z úložného média (např. DVD) a spoléhá se na bezchybné prostředí. Na rozdíl od programového toku transportní tok umožňuje multiplex několik programů a není tak citlivý na přenosové chyby, protože je zajištěn

korekcí chyb v dopředném směru **FEC** (*Forward Error Correction*). Proto transportní tok je vhodný k vysílání přes pozemské nebo satelitní prostředí. Další odlišností je, že transportní tok obsahuje transportní pakety o velikosti 188 bajtů.

2.9 Satelitní digitální televizní vysílání (DVB-S)

- + Satelitní systémy poskytují operátorům několik výhod z pohledu poskytování služeb koncovým uživatelům. Přirozená schopnost satelitů šířit signály do velkých oblastí na povrchu Země se využívá pro vysílání analogové televize a rozhlasu už desítky let. Tato schopnost se týká hlavně geostacionárních satelitů, které se nacházejí na geostacionární dráze, tj. ve výšce přibližně 36 000 km (nad rovníkem).
-

Každý geostacionární satelit se jeví pro pozorovatele na Zemi jako pevný bod na obloze, proto není nutné mít neustálý naváděcí systém na anténě.

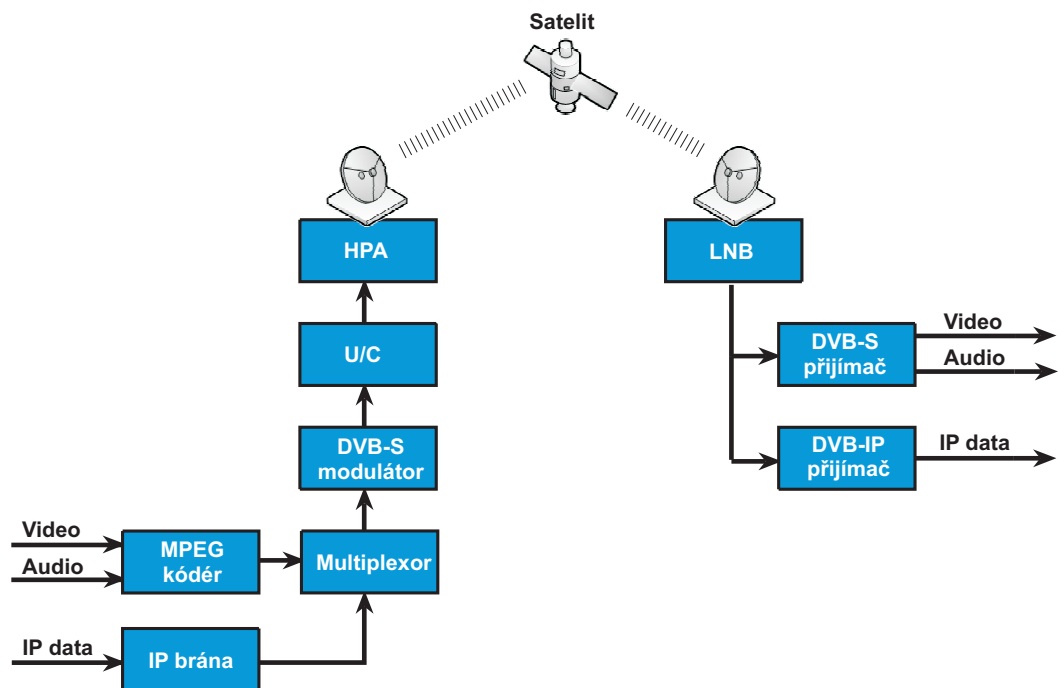
- Na druhé straně satelitní přenosy trpí kvůli zjevné úrovni chybovosti na satelitním spoji, proto každý signál, dříve než se vyšle, je přizpůsoben těmto náročným podmínkám [20].
-

Komunikační část (jednotka) satelitů se skládá z transpondérů. Jejich funkcí je přijmout, obnovit, zesílit, zpracovat, přemodulovat a vyslat signál zpět na Zemi.



V současnosti běžný geostacionární satelit obsahuje okolo 20 až 30 transpondérů a jeden transpondér má nejčastěji šířku pásma od 26 do 72 MHz (např. transpondéry na satelitu ASTRA 3A mají 36 MHz).

V případě satelitní analogové televize jeden transpondér zpracovává jeden televizní kanál (program). Nasazením technologie DVB do satelitních systémů jeden např. 33MHz satelitní transpondér může zpracovat 4 až 8 televizních kanálů nebo 150 rozhlasových kanálů. Zašuměný satelitní kanál vyžadoval od projektu (konsorcia) DVB definovat pro systémy DVB-S výkonné modulační techniky a zabezpečovací korekční kódy [22].



Zjednodušené bloková schéma systému DVB-S

Na obrázku je možné vidět blokové schéma všeobecného systému DVB-S, MPEG-2 multiplexor multiplexuje video- a audiotoky PES z kodéru MPEG-2 s údaji v datových paketech PES, které přicházejí z IP brány stejným způsobem, jak bylo vysvětleno v předešlé části. Multiplexovaný transportní tok je dále zpracován tak, aby energie v jeho spektru byla rovnoměrně rozložena. Výsledný transportní tok je zakódovaný vnějším kodérem (Reed-Solomonův kód s kódovým poměrem 188/204), prokládaný (aby byl odolnější proti shlukovým chybám) a zakódovaný vnitřním kodérem (konvoluční kód s kódovým poměrem od 1/2 do 7/8). V další fázi je zakódovaný transportní tok modulovaný na nosnou vlnu. DVB-S používá kvadraturní klíčování fázovým posunem **QPSK** (*Quaternary Phase Shift Keying*), DVB-S2 používá modulaci 8-PSK, nebo vícecestavové klíčování amplitudy a fázového posunu **APSK** (*Amplitude and Phase Shift Keying*) - 16-APSK nebo 32-APSK. Následně je signál směřováním převeden na nosnou vlnu pásma Ku, zesílený vysokovýkonovým zesilovačem a vyzářený anténou směrem k satelitu. Přijímač provádí opačnou posloupnost činností s přijatým signálem, aby získal jednotlivé video, audio a datové toky a mohl je poskytnout uživateli na koncovém zařízení (např. televizor, počítač).

2.10 Pozemní digitální televizní vysílání (DVB-T)



První komerční služba DVB-T byla zavedena společností Digital TV Group v Anglii v roce 1998. V současnosti digitální televizní vysílání nahrazuje původní analogové vysílání po celém světě.

Technologie DVB-T využívá pro přípravu multiplexovaného transportního toku stejné zpracování signálů, jak již bylo vysvětleno dříve. Rozdíly, které se týkají přímo standardu DVB-T a jsou způsobeny pozemním přenosovým médiem, které je použito pro vysílání, mohou být shrnuty následovně [18]:

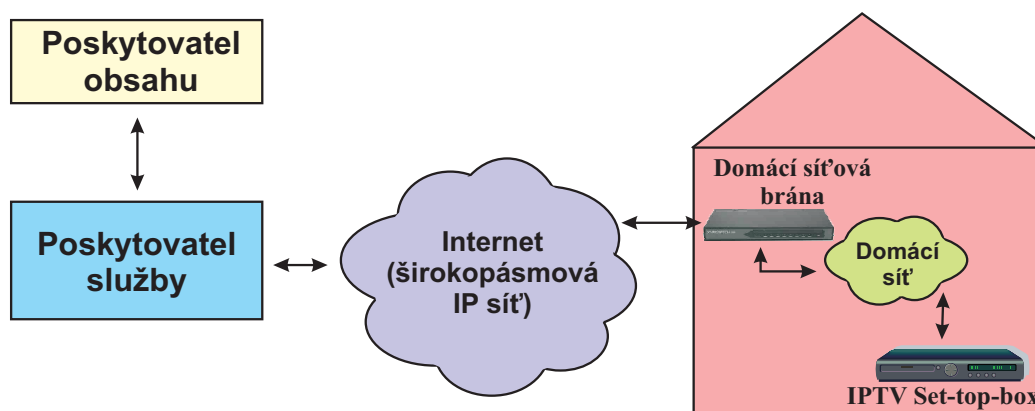
- **Přenosové médium** – služby DVB-T jsou vysílány pozemně uvnitř pásma ultravysokých frekvencí **UHF** (*Ultra-High Frequency*), které zahrnuje kmitočty od 300 MHz do 3 GHz. DVB-T sdílí stejné pásmo jako analogová televize, proto její implementace závisí na uvolnění frekvencí, které jsou obsazeny analogovými TV kanály. Jeden 8MHz kanál, kterým se přenáší jeden analogový TV signál, dokáže v rámci technologie DVB-T přenést několik digitálních televizních a rozhlasových programů spolu s dalšími informacemi.
- **Vysílací a přijímací platforma** – technologie DVB-T dokáže využít stejnou infrastrukturu, kterou používá analogová pozemní televize (existující soustava vysílačů pro přenos a doručení k uživatelům). Na přijímací straně si ale uživatelé musí zakoupit nový přijímač, který může být ve formě samostatného zařízení (set-top box) nebo je integrován přímo v koncovém zařízení (např. v televizoru).
- **Modulační schémata** – vysílač DVB-T (i přijímač) vykonávají téměř stejné operace s transportním tokem, jako tomu bylo v případě systému DVB-S. Transportní tok je náhodný, zabezpečený proti chybám (Reed-Solomonův a konvoluční kód), prokládaný, namodulovaný. Platná modulační schémata jsou QPSK a vícecestavové kvadrurní amplitudové modulace **QAM** (*Quadrature amplitude modulation*) - 16-QAM, 64-QAM. Protože pozemní prostředí je charakteristické vícecestným šířením, tj. vysílaný signál se šíří do cíle (antény přijímače) více dráhami (v důsledku odrazů od různých objektů: budovy, stromy, kopce, zem apod.), bylo pro DVB-T definováno další schéma modulace a multiplexování. Je to multiplex s ortogonálním frekvenčním dělením **OFDM** (*Orthogonal frequency-division multiplexing*). Při této modulaci se signál přenáší pomocí velkého počtu nosných frekvencí [20].

2.11 Digitální televizní vysílání prostřednictvím IP (DVB-IPTV)



DVB-IPTV definuje doručení služeb DVB přes sítě založené na protokolu IP [23]. Standard DVB-IPTV (dříve **DVB-IPI**, *DVB – Internet Protocol Infrastructure*) poskytuje soubor technických specifikací vymezujících doručení služeb DVB (MPEG-2) přes obousměrné IP sítě včetně specifikací uvádějících způsob vkládání služeb MPEG-2 do IP formátu a protokoly, umožňující přístup k nim.

Dále je důležitá specifikace mechanismu vyhledání a výběru služby (**SD&S**, *Service Discovery and Selection*) pro DVB (audio/video) služby po IP sítích, tj. definice informace o vyhledávané službě, její datový formát a protokoly.



Základní architektura IPTV

Základní architektura IPTV je zobrazena na obrázku. Architektura a technologie IPTV je detailněji charakterizována v části o IPTV.

3 Technologie pro mobilní přístupové sítě

V této části jsou uvedeny základní údaje o technologiích mobilních bezdrátových přístupových sítí, které umožňují přístup do komunikační sítě pomocí rádiového kanálu. Jedná se o přístupové sítě realizované pomocí pevných nebo mobilních přístupových bodů a mobilních účastnických terminálů.



Z hlediska použité technologie a rádiového kanálu můžeme mobilní přístupové sítě rozdělit do dvou hlavních skupin:

- Terestriální přístupové sítě – přístupové body do sítě jsou umístěny na povrchu Země a komunikace s nimi probíhá v rádiovém kanále ve spodních částech atmosféry.
- Družicové přístupové sítě – přístupové body jsou buď pozemní stanice, nebo přímo družice na oběžných drahách. Komunikace je prováděna průchodem rádiového signálu přes různé vrstvy atmosféry.



Od začátku vývoje mobilních komunikačních sítí byly tyto sítě řešeny jako součást pevných telekomunikačních sítí a z tohoto důvodu byly komunikační protokoly a rozhraní řešené tak, aby vyhovovaly požadavkům na propojení těchto sítí. Charakteristickým prvkem veřejných a neveřejných radiokomunikačních sítí je radiotelefonní ústředna, která představuje ve většině sítí průchod do pevné telekomunikační sítě. Jedním z úkolů, které řeší radiokomunikační ústředna, je právě problematika propojení s pevnou telekomunikační sítí [24], [25].

3.1 Pozemní mobilní přístupové sítě



Obecně můžeme pozemní rádiové přístupové sítě rozdělit do dvou velkých skupin podle využití přiděleného spektra:

- Nesvazkové rádiové sítě – "klasické" rádiové sítě s pevně přidělenými rádiovými kanály.
- Svazkové rádiové sítě – svazek kanálů je sdružený do společného fondu a je společně využíván více účastníky [26], [27].

Svazkový princip (trunking) je dnes základním principem komunikace všech moderních rádiových sítí, které dělíme na:

- Veřejné rádiové sítě (např. GSM, UMTS).
- Neveřejné rádiové sítě (např. MPT 1327, SMARTNET, TETRA, TETRAPOL).

Kromě tohoto dělení je možné i dělení rádiových sítí podle pokrytí, a to na:

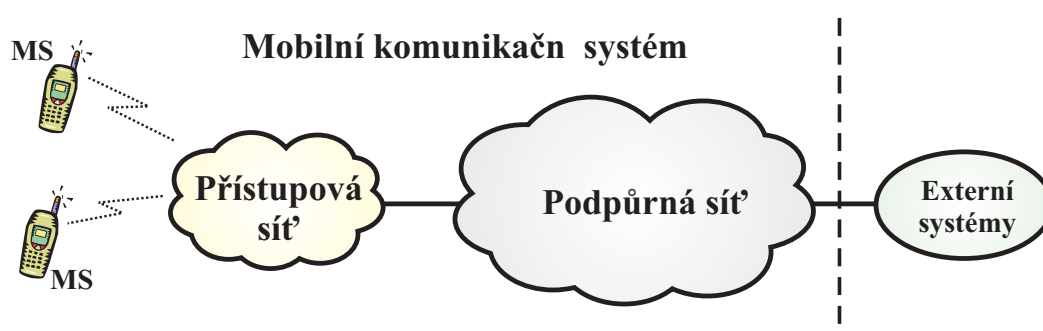
- Rádiové sítě velkého pokrytí (celoplošné veřejné sítě)
 - Rádiové sítě středního pokrytí (lokální neveřejné sítě)
 - Rádiové sítě malého pokrytí (lokální ad-hoc sítě)
-

3.2 Veřejné mobilní buňkové sítě



Veřejné mobilní buňkové sítě patří mezi typické představitele rádiových sítí velkého pokrytí. Jedná se o sítě s veřejným přístupem, tj. kterýkoliv zájemce o komunikaci v síti uzavře s provozovatelem sítě dohodu o využívání nabízených služeb a stává se účastníkem této sítě. Základním způsobem komunikace je individuální spojení, nepředpokládá se dispečerský způsob provozu sítě. Síť je navrhovaná jako síť s velkou propustností (množství paralelně vedených spojení). Příkladem těchto sítí jsou buňkové radiotelefonní sítě, např. GSM, UMTS.

Mobilní komunikační systém je tvořen dvěma základními typy sítí (viz obrázek) [26].



Mobilní komunikační systém



Přístupová rádiová síť **RAN** (*Radio Access Network*) vykonává základní funkce řízení spojení s mobilním terminálem a obecně je tvořena pevnými základnovými stanicemi (přístupovými body), navzájem propojenými pevnými nebo radioreléovými spoji.



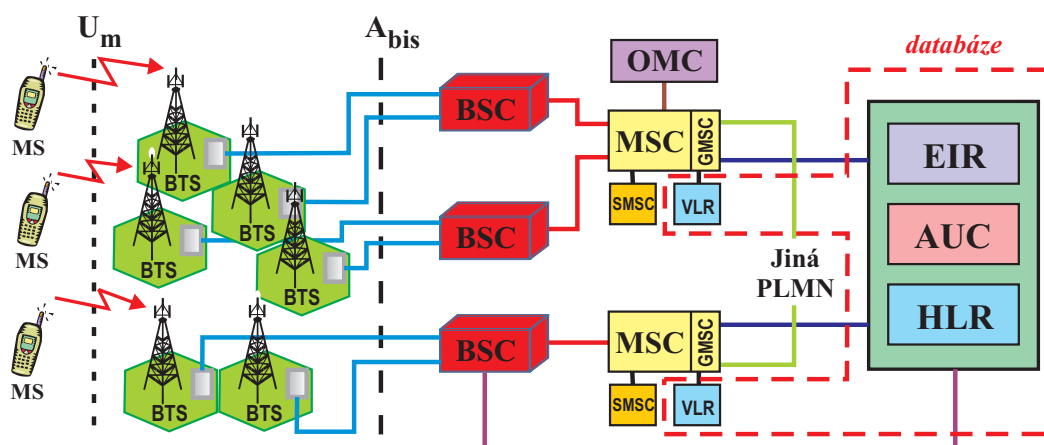
Podpůrné sítě mobilních komunikačních systémů můžeme rozdělit do dvou skupin:

- **Základní síť** (Core Network). Je to část systému zajišťující propojování. Podpůrná síť 1. a 2. generace je tvořena pouze touto základní sítí.
- **Páteřní síť** (Backbone Network). Je to síť, která zabezpečuje spojování více sítí. Obsahuje zařízení a přenosové trasy, které poskytují vysokorychlostní přenos dat, i proto se často označuje jako vysokorychlostní síť. V podpůrných sítích 3. generace je běžné využití obou sítí současně.

3.3 GSM



Standard **GSM** (*Global System for Mobile Communication* - Globální systém pro mobilní komunikace) představuje dnes nejrozšířenější veřejný mobilní komunikační systém 2. generace (2G) s téměř globálním pokrytím [28], [29]. Standard GSM využívá k zajištění vícenásobného přístupu kombinaci **FDMA** a **TDMA** (*Time Division Multiple Access* - vícenásobný přístup s frekvenčním, resp. časovým dělením), přičemž na jednom nosném signálu je vytvořeno 8 časových oken. Na oddělení vzestupného směru (mobilní - základnová stanice) a sestupného směru (opačně) a zajištění duplexního přenosu se používá kombinace FDD/TDD. Odstup sousedních kanálů je 200 kHz. Pro GSM jsou vyčleněny dvě frekvenční pásma o šířce 25 MHz (890 - 915 MHz sestupný směr, 935 - 960 MHz vzestupný směr), tj. systém poskytuje 124 FDMA kanálů, resp. 992 řečových kanálů. Mezi horním a dolním pásmem je ochranné pásmo, které se obvykle nevyužívá. Kromě standardu GSM 900 se v Evropě používá derivát tohoto standardu označený GSM 1800 (dříve DCS 1800). Standard GSM 1800 se používá jako doplňkový systém standardu GSM na zajištění provozu s velkou intenzitou v tzv. "Hot spots" (nákupní centra, administrativní centra, železniční, autobusové nádraží, letiště apod.). Architektura sítě GSM je uvedena na obrázku.



Architektura sítě GSM

3.4 HSCSD a GPRS



Běžné datové služby GSM jsou založené na technologii přepojování okruhů s maximální přenosovou rychlostí 9,6 kbit/s. Protože však trend v poskytování datových služeb směřuje k větším rychlostem, i síť GSM se rozvíjí tak, aby uspokojila požadavky nových účastníků. V souboru vylepšení sítě GSM (fáze 2+) institut ETSI definoval nový a rychlejší způsob přenosu dat. Jedním z hlavních znaků GSM fáze 2+ jsou standardy GPRS a HSCSD. Zatímco standard HSCSD představuje aplikaci propojování okruhů v přenosu dat, standard GPRS je technologie využívající přepojování paketů. Oba standardy se dnes uvádějí jako standardy 2.5G generace (2.5G).



Ve standardu **HSCSD** (*High Speed Circuit Switched Data*) se mohou parametry jako např. přenosová rychlost, počet kanálů, možné kanálové kódování, modem, vkládat do mobilního zařízení pomocí AT příkazů. Tento standard umožňuje realizovat přenos bez zabezpečovacího korekčního kódu, což zvětšuje přenosovou rychlost z běžných 9,6 kbit/s na 14,4 kbit/s na kanál. Standard HSCSD také umožňuje kombinaci časových oken tak, že výsledná přenosová rychlost je kombinací 9,6 kbit/s nebo 14,4 kbit/s kanálů. Toto zajišťuje, že operátoři budou schopni poskytovat účastníkům sítě GSM proměnlivé přenosové rychlosti od 9,6 kbit/s do 57,6 kbit/s. S kompresí dat mohou být dosaženy přenosové rychlosti až 200 kbit/s. Ve standardu HSCSD je možný symetrický i asymetrický provoz. V obou typech mohou kanály obsazovat časová okna, která následují, nebo nenásledují za sebou. Řešení standardem HSCSD je také neefektivní z hlediska přidělování zdrojů při paketovém datovém přenosu, protože zde jsou zdroje přidělovány jen v době, kdy je požadovaný paketový přenos.



Z tohoto důvodu byla v ETSI standardizována nová služba ve fázi 2+ GSM, založená na přepínání paketů **GPRS** (*General Packet Radio Service*). GPRS zrychluje přenos dat v síti GSM, zajišťuje lepší slučitelnost se sítěmi LAN, WAN a s internetem. Síť GPRS využívá rádiové zdroje pouze tehdy, pokud mají být zaslána nebo přijata data a poskytuje okamžité spojení a vysoký stupeň propustnosti. Zatímco systém GSM byl původně navržen zejména pro řečové aplikace, hlavním cílem sítě GPRS je nabídnout přístup ke standardním datovým sítím pracujících s protokolem TCP/IP. Tyto sítě považují síť GPRS za svou podsíť.

3.5 Mobilní rádiové sítě 3G a 4G

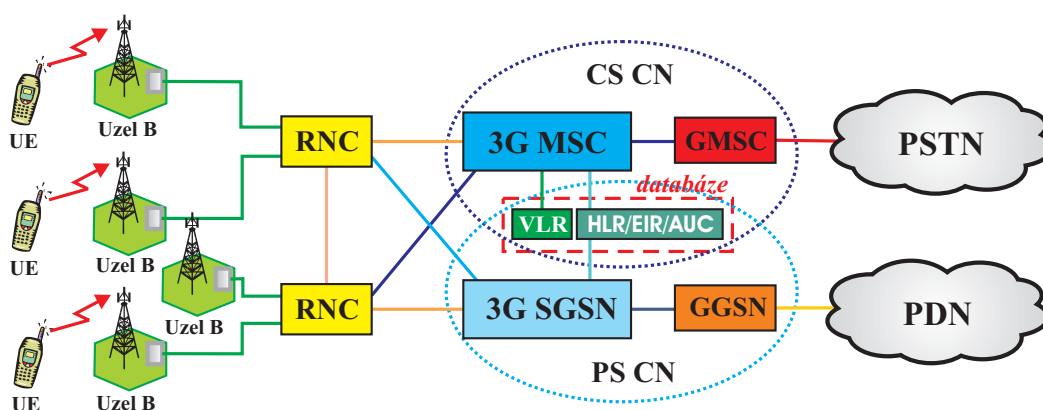
Motivem zavedení systémů 3. generace (**3G**) je snaha o celosvětový standard, který by zajistil konvergenci pevných a mobilních sítí přičemž by se využila již existující infrastruktura pevných i bezdrátových sítí a odstranila by se nekompatibilita systémů 2G. Čili systém by měl být globální, což se dosahuje použitím zdokonaleného buňkového systému, který pokryje všechny typy sítí: družicové (globální pokrytí) a pozemské (makro-, mikro- a pikobuňky) [27], [28].



Vývoj standardu UMTS směřoval k tomu, že bylo postupně opuštěno revoluční řešení budování sítě UMTS a upřednostnili se evoluční kroky od systémů 2G, hlavně využití vysoce rozvinutého standardu GSM [30], [31], [27]. Při tvorbě infrastruktury sítě byla přijata tři klíčová rozhodnutí:

- Použit vícenásobný přístup ke kanálu s kódovým dělením **CDMA** (*Code Division Multiple Access*) pro rádiové rozhraní. Vybudovat pozemní přístupovou rádiovou síť UMTS na způsobu přenosu ATM, pro podpůrnou síť UMTS využít zdokonalené síťové prvky sítě GSM.

Vzhledem k rozšíření systému GSM jako světového standardu sítí 2G se v prvním kroku počítá s připojením pozemní rádiové přístupové sítě **UTRAN** (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) k existující, i když novelizované podpůrné síti GSM, což znamená, že síť GSM bude paralelně obsluhovat účastníky obou technologických standardů. Rádiový subsystém systému GSM a síť UTRAN budou pracovat jako dvě rozdílné, ale vzájemně se doplňující přístupové sítě do společné síťové infrastruktury, kterou lze považovat za podpůrnou síť GSM i UMTS. Rozdíl mezi nimi spočívá v potřebě modernizovat některé uzly sítě GSM pro síť UMTS. Ve druhém kroku bude podpůrná síť změněna na IP síť. Architektura sítě 3G je znázorněna na obrázku.



Architektura sítě 3G



Mezi různými prognózami vývoje sítí 2G k sítím 3G existuje i standard, který se často označuje jako mezistupeň mezi sítěmi GSM a IMT-2000 - standard **EDGE** (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution* - zvýšené rychlosti přenosu dat pro rozvoj GSM). Standard EDGE se řadí mezi standardy 3G, ale na rozdíl od standardu UMTS předpokládá podstatně menší změny v rádiové přístupové síti a podpůrné síti a proto může představovat jednodušší řešení pro operátory provozující existující síť GSM. Standard EDGE představuje vlastně 2. generaci standardů HSCSD a GPRS. Standard EDGE není schopen zajistit přenosové rychlosti 2 Mbit/s. Výhodou standardu EDGE je, že se může zavést bez potřeby změny infrastruktury a proto mnoho operátorů pokládá standard IMT-2000 za ideální standard pro nově budované sítě 3G.



Čtvrtá generace mobilních komunikačních systémů (4G) již pravděpodobně nebude založena na tvorbě nového standardu, protože je zřejmé, že ani 3G neuspěla v prosazení celosvětového globálního standardu. Hlavní hybnou silou pro systémy 4G a dalších generací bude pravděpodobně snaha o ekonomický úspěch založen na požadavcích účastníků na nové a zdokonalené služby s vysokou bezpečností a spolehlivostí. Současně se bude prosazovat snaha o cenově výhodné, lehké terminály s dlouhou životností baterií.

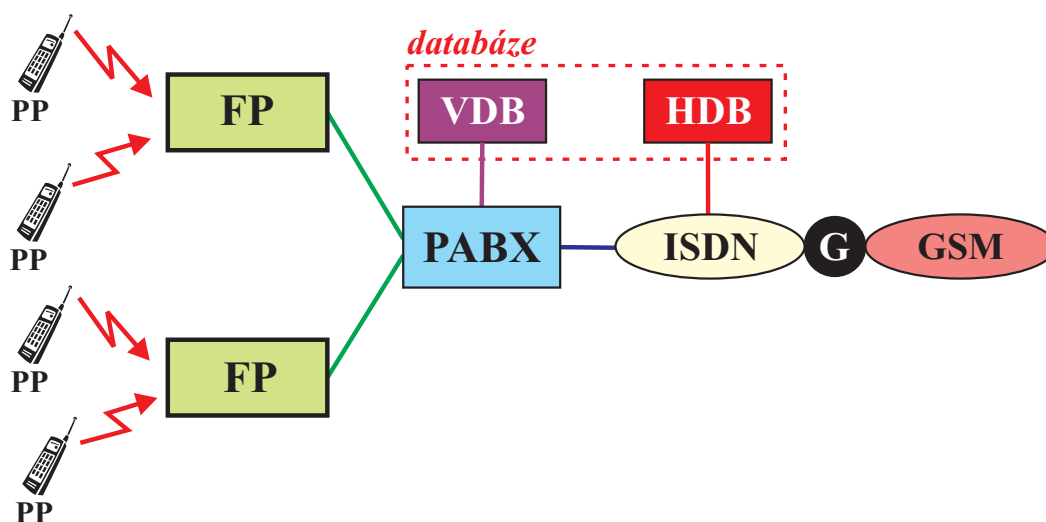
3.6 Bezešňurové telefony (DECT)



Standard **DECT** (**D**igital **E**uropean **C**ordless **T**elephone nebo **D**igital **E**nhanced **C**ordless **T**elephone - rozšířené digitální bezdrátové telekomunikace) je současným mezníkem dlouholetého vývoje. Už od začátku byl tento systém koncipován pro bezdrátovou telefonii s přihlédnutím ke standardu GSM a s návazností na další síť. Proto by se neměl tento systém brát jako náhrada stávajících sítí, ale jako vytvoření mostu mezi bezdrátovými a buňkovými technologiemi. Struktura sítě DECT je uvedena na obrázku.



Systém DECT je plně digitální systém, transparentní pro služby PSTN, zabezpečuje mobilitu v místě účastníka (domácnost, firma). Pokrytí je zajišťováno malými pikobuňkami (asi 50 m), výběr a přidělení kanálu je dynamické (DCS / DCA), přepnutí hovoru bez jeho přerušení, umožňuje roaming. Přenosová rychlost je 24 - 552 kbit/s (perspektivně 2 Mbit/s). Systém má velkou kapacitu (10 000 Erl/km²), je velmi flexibilní, protože předdefinované profily umožňují spolupráci s jinými sítěmi.



Struktura sítě DECT



Jak již bylo konstatováno, DECT je přístupovou technologií tvořící jakýsi most mezi různými sítěmi. Tento systém je velmi flexibilní díky předdefinovaným profilům, které umožňují spolupráci tohoto systému s ostatními sítěmi. V první řadě byl však koncipován pro rádiové pokrytí menších oblastí a následnou spolupráci s GSM sítí, která není koncipována pro takové malé oblasti. Tímto způsobem je pak možné využívat výhody obou systémů bez jakýchkoliv změn. Primárně byl systém DECT navržen pro rádiové pokrytí malých oblastí a spolupráci se sítí GSM, která není konstruována k pokrytí takových malých oblastí.

3.7 Neveřejné mobilní sítě



V případě klasických rádiových sítí bylo pro malé a velké uživatele pro potřeby pokrytí jejich rádiové komunikace často nezbytné investovat velké množství finančních prostředků do vybudování vlastní infrastruktury pomocí základnových stanic, anténních stožárů atd. Buňkové veřejné sítě mají určité specifikace, které sice podporují týmovou spolupráci skupin, ale s určitými omezeními. Tento nedostatek je nejvýraznější v práci některých organizací jako policie, celní služba, záchranné týmy [27], [28].



Řešením těchto problémů je neveřejná rádiová svazková síť, která umožňuje více organizacím využívat stejnou síť při zachování důvěrnosti a ochrany přenosu, a která poskytuje přístup do rádiového kanálu bez velkých investic, protože je možné spojovat jeden nebo více systémů a investovat pouze do nezbytných mobilních přenosných terminálů.

Standardem pro analogové neveřejné rádiové sítě v Evropě se stala skupina standardů pod označením MPT 1317. Skupinu tvoří 4 standardy, z nichž nejznámější je MPT 1327. **TETRA** (*Trans-European Trunked Radio* - pozemní hromadná rádiová síť) je prvním evropským otevřeným digitálním radiotelefonním standardem definovaným ETSI v roce 1995 [32]. Podobně, jako jsou veřejné mobilní sítě postupně nahrazovány sítí GSM v oblasti mobilních telefonů, budou také dnešní analogové pozemní mobilní neveřejné sítě postupně nahrazeny digitálními sítěmi založenými na nových standardech.

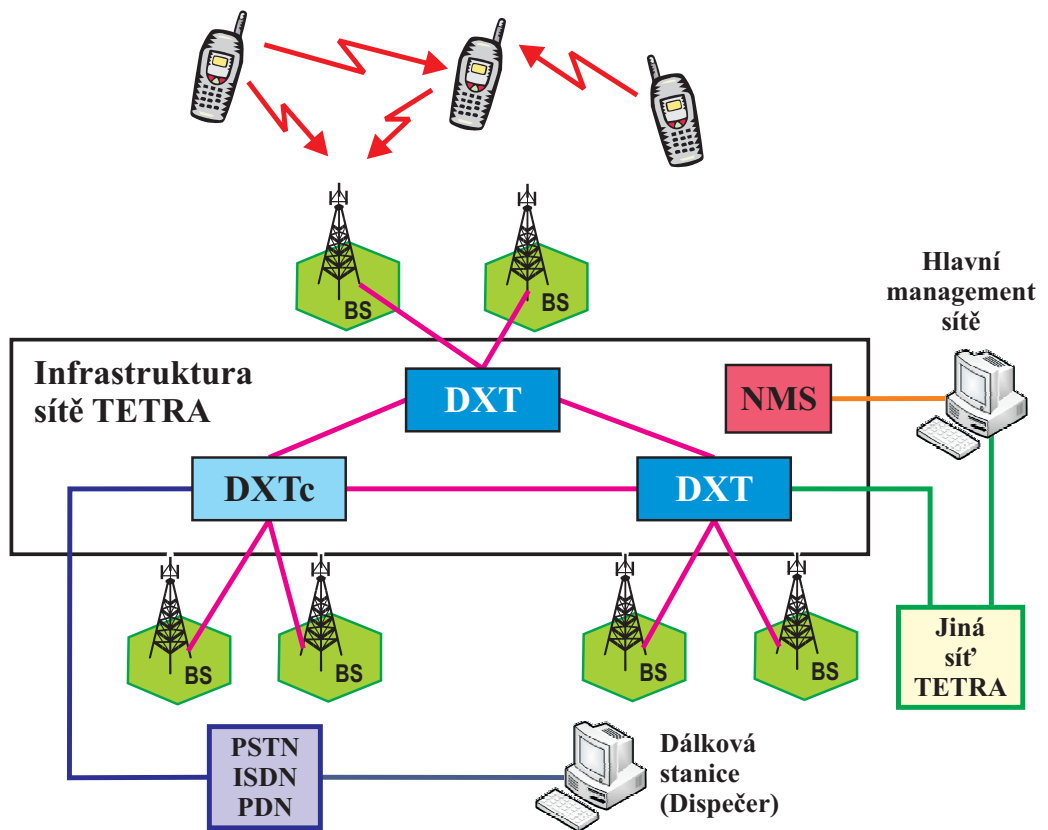


K základním službám sítě patří distribuce informací určité skupině nebo každému účastníkovi sítě (obdobu vyhledávacích sítí), zasílání elektronické pošty, telefaxových a SMS zpráv, přenos datových souborů, včetně bezpečného přístupu k databázím, nebo přenos informací ze systému GPS.

Z technologického hlediska TETRA sestává ze souboru dvou základních standardů a to:

- TETRA řeč + data (TETRA Voice + Data),
- TETRA přenos paketových dat (TETRA PDO).

TETRA V + D je standard rádiové svazkové sítě pro přenos řeči a dat. TETRA PDO je speciální varianta spínání paketového přenosu dat přes rádiový kanál, umožňující vysoce efektivní využívání omezeného rádiového spektra. TETRA PDO umožňuje realizovat poměrně velké přenosové rychlosti (28,8 kbit/s), což ve spojení s kvalitními kompresními metodami umožňuje přenášet videosekvence (např. z místa nehody může policista s terminálem, ve kterém je zabudovaná miniaturní kamera, zaznamenat situaci a přenést ji na základnu, kde může být dále analyzována). Oproti síti GSM se v síti TETRA používají různé klíče pro individuální hovory, skupinové hovory, přímé (DMO) hovory. Architektura sítě je znázorněna na obrázku.



Architektura sítě TETRA

TETRAPOL je podobně jako TETRA digitální neveřejnou komunikační sítí, ale pracuje s jinou metodou vícenásobného přístupu ke kanálu (TETRA - FDMA / TDMA, TETRAPOL - FDMA). Oba standardy nejsou navzájem kompatibilní.

3.8 Ad-hoc sítě



Ad-hoc síť je síť vytvořena bez jakéhokoliv centrálního řízení, složená z mobilních uzlů, které používají bezdrátové rozhraní pro přenos paketů dat. Protože uzly v síti mohou sloužit jako směrovače, mohou směřovat pakety pro ostatní uzly. Ad-hoc spojení je založené na komunikaci typu rovný s rovným (peer to peer). K zajištění spojení mezi přenosnými jednotkami se nepoužívá žádná infrastruktura vytvořená kabelovým spojením, není přítomno ani centrální řízení, které by zajišťovalo vytvoření spojení a podporu v koordinaci a komunikaci. Kromě toho zde také není žádný zásah ze strany operátorů. Obecně platí, že v ad-hoc sítích všechna zařízení sdílející společný prostor budou sdílet i společný kanál a také budou v tomto sdílení navzájem rovnocenné.



Tyto sítě mohou být použity k vytvoření sítě v oblastech, kde není přístupná žádná infrastruktura (pevná nebo buňková síť) - záchranné operace ve vzdálených lokalitách, rychlou výstavbu sítě ve vzdálených oblastech, na realizaci veřejného bezdrátového přístupu v městských oblastech - přístupové uzly mohou sloužit jako pevné reléové stanice na směrování paketů mezi sebou nebo mezi uzly ad-hoc sítě [27]. Na lokální úrovni mohou být použity pro vytvoření spojení mezi notebooky, palmtopy, např. na konferencích, vytvoření domácí sítě - audio/video, poplach, vytvoření personálních (PAN) sítí (mobilní telefon a PDA) a také monitorování prostředí a realizaci sítí WLAN.



Bezdrátová lokální síť **WLAN** (*Wireless Local Area Network*) jako hlavní představitel ad-hoc sítí může pracovat ve dvou konfiguracích, buď jako nezávislá konfigurace (ad-hoc) - stanice komunikují přímo a není třeba instalovat žádnou podpůrnou infrastrukturu, nebo jako konfigurace distribučního systému - konfigurace předpokládá existenci přístupového bodu **AP** (*Access Point*), který současně pracuje jako základnová rádiová stanice a datový most. Bezdrátové lokální síť WLAN můžeme rozdělit na rádiové technologie a infračervené *infračervené* **IR (Infra Red)** technologie. Mezi rádiové technologie, které popisují bezdrátové lokální síť, patří standardy IEEE 802.11, HIPERLAN, Home RF [28].

3.9 Bluetooth



Technologie Bluetooth musí být schopna pracovat v ad-hoc sítích, které mohou být buď samostatné, nebo být částí IP sítí po celém světě, příp. kombinací obou. Cílem technologie je náhrada kabelového propojení mezi elektronickými zařízeními (např. telefon, PDA, laptop, digitální kamera, tiskárna, fax) rádiovým kanálem pomocí použití nenáročného rádiového čipu. Klíčovými rysy jsou robustnost, malá složitost, malý výkon, malá cena. Bluetooth pracuje v **ISM** (*Industrial-Scientific-Medical* - průmyslovém, vědeckém, medicínském) pásmu (2,4 GHz) a používá frekvenční skákání pro eliminaci interference a úniků. Dosah je přibližně 10 m (umožňuje spojení i přes stěny budovy), přenosová rychlost 780 kbit/s (jednosměrný přenos 721 + 57,6 kbit/s, obousměrný přenos 432,6 kbit/s).

V následující tabulce je uveden přehled přenosových rychlostí, které lze zabezpečit technologiemi sítí příslušných generací.

Technologie a přenosové rychlosti jednotlivých mobilních připojení

Rozdělení technologií		Maximální přenosová rychlost pro sestupný/vzestupný spoj [Mbit/s]
2G/2.5G/2.75G	GPRS	0,080/0,040
	EDGE	0,236/0,236
	EDGE Evolution	1,9/0,9
3G/3,5G/3.9G	UMTS	0,384/0,384
	HSPA	14,4/5,75
	HSPA+	56/22
	LTE	360/80
	Flash – OFDM	15,9/5,4
	WiMAX	144/35
4G	LTE Advanced	1 Gbit/s pevné připojení
	WiMAX IEEE 802.16m	100 Mbit/s mobilní připojení
Jiné	WiFi 802.11b,g	
	WiFi 802.11n	54/54

4 IPTV

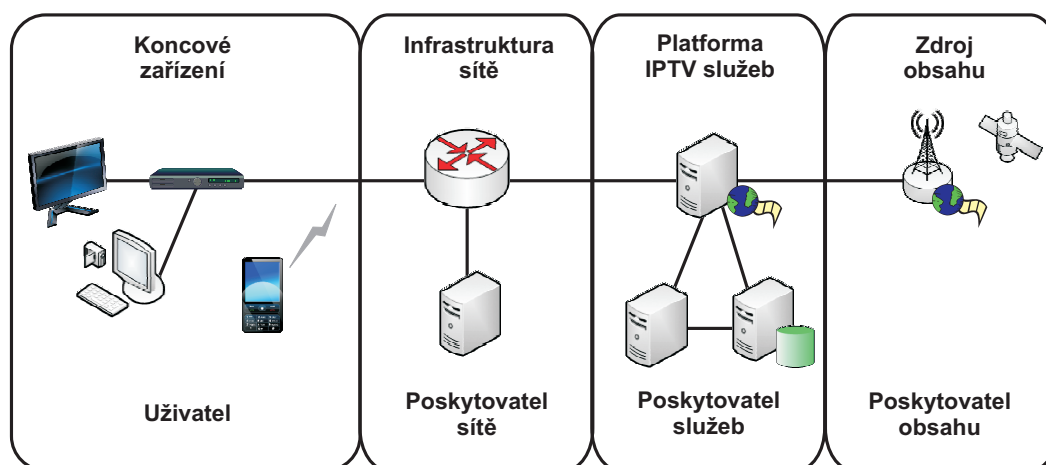
4.1 Koncepty IPTV

Koncový uživatel vnímá kvalitu a portfolio služeb IPTV a také použitelnost z hlediska uspokojení jeho požadavků. Za doručování obsahu od jeho tvůrců, kterými jsou TV stanice a studia, ale pravděpodobně i jiní uživatelé, odpovídá několik činitelů.



Řetězec konec - konec, na doručování obsahu IPTV koncovému uživateli, obvykle obsahuje tyto 4 hlavní domény, které souvisejí se zajištěním libovolné služby IPTV (viz obrázek):

- Poskytovatel obsahu
- Poskytovatel služby
- Poskytovatel sítě
- Koncový uživatel.



Domény IPTV



Definice domén IPTV lze nalézt ve specifikacích ITU-T, nebo ETSI TISPAN [34], [35], [9]. Většina normalizačních orgánů používá stejný postup při vytváření specifikací typu konec-konec, který aplikují i na IPTV. Zejména je zapotřebí specifikovat všechny požadavky na služby, ale i z hlediska koncového zařízení uživatele - **UE (User Equipment)** a vybavení sítě (fáze 1). Následuje specifikace funkční architektury, funkčních jednotek a jejich úkolů, relevantních referenčních bodů mezi funkčními jednotkami, jakož i procedury vysoké úrovně pro služby (toto se obvykle provádí ve fázi 2). V závěrečné fázi 3 je třeba dohodnout všechny detaily nezbytné pro provádění, jako například modely protokolů a podrobné protokolové procedury.

Pro IPTV existují dva hlavní aspekty. Prvním je technologický aspekt, vyplývající z architektury IPTV a druhým je ohled na stanovisko uživatele, které můžeme zjistit z poskytovaných služeb IPTV a zkušeností uživatele. Z hlediska uživatele není opravdu důležité jakou architekturu poskytovatel služeb IPTV vybere, ale jistě je důležitější, jaké služby poskytuje.

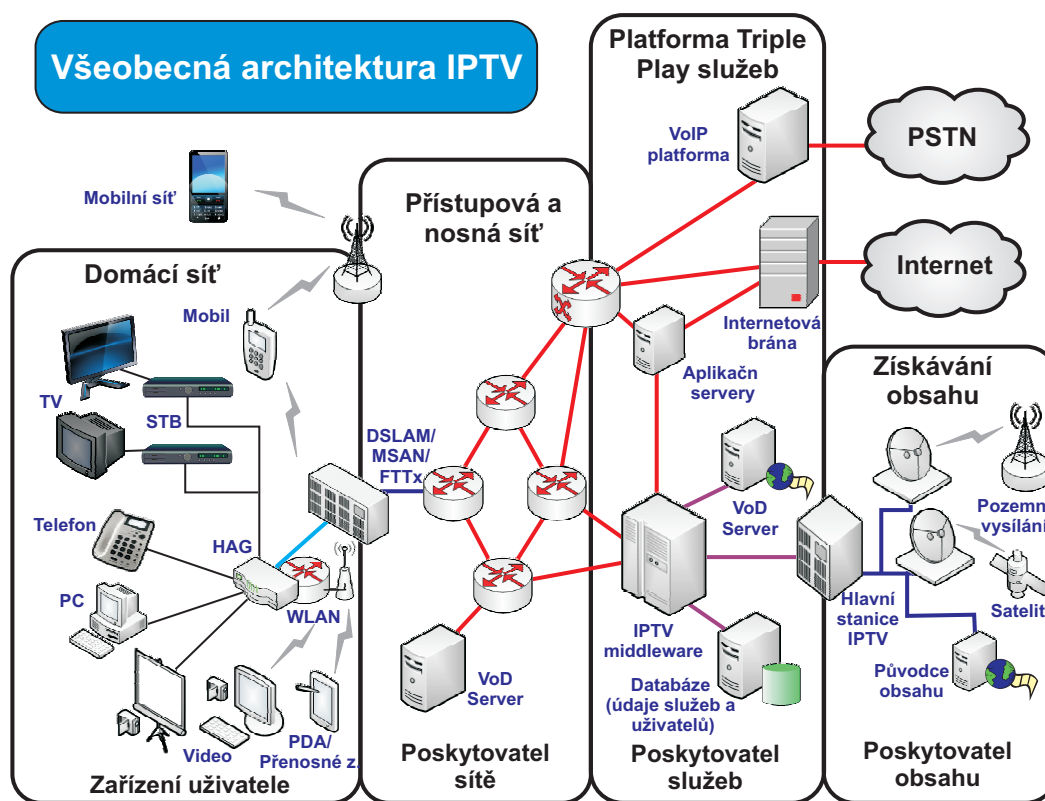
-
- Mnoho existujících řešení nezaložených na NGN poskytuje jen základní soubor služeb jako je TV (TV kanály živě), video na vyžádání (VoD) a některé z nich i osobní videozáznam - **PVR** (*Personal Video Recording*).
-
- + Nová řešení IPTV založená na NGN mohou proto poskytnout mnohem více služeb a funkcí, ale co je důležitější, i nové zkušenosti uživatele při sledování TV s větší interaktivitou, personalizací, mobilitou a v neposlední řadě komfort při sledování vhodného obsahu ve vhodnou dobu a vhodným způsobem.
-

4.2 Modely architektur IPTV nezaložených na NGN



Obecná architektura Triple Play (viz obrázek) obvykle obsahuje následující části [4]:

- Doménu platformy služeb včetně middlewaru IPTV (nezaloženou na NGN)
- Transportní síť
- Přístupovou síť
- Domácí síť a zařízení v prostorech zákazníka – *CPE (Customer Premises Equipment)*



Základní architektura IPTV



Platforma služby Triple Play obvykle obsahuje několik menších nezávislých částí komplexní architektury služby:

- Subsystem získávání obsahu, který umožňuje přijímat, zpracovat a zakódovat obsah z externích zdrojů kódováním pro stanovené médium a zapouzdřit (infrastruktura přijímače a dekodovací, koncová stanice IPTV, import a předzpracování VoD).
- System distribuce obsahu odpovědný za vybírání, ochranu, distribuci, ukládání a doručování obsahu preferovaným způsobem do systému koncovým uživatelem (zařízení uživatele).
- Middleware IPTV obsahuje aplikační servery, které řídí celou infrastrukturu IPTV (servery, databáze, vstupní a výstupní systémy, rozhraní k externím systémům, např. OSS/BSS), uživatelů a služby. Částí aplikační platformy mohou také být další aplikace IPTV nebo síťové průchody, umožňující omezenou interakci s druhými systémy (např. VoIP, NGN).
- Subsystem vyhledávání a výběru služby umožňující uživateli pomocí uživatelského TV portálu prohledávat a najít informaci (metadata) o vhodném obsahu nebo službě kterou by chtěl sledovat (může být částí aplikační programové vybavení IPTV).
- VoD, PVR nebo jiné subsystemy - infrastruktura specializovaného subsystemu, potřebná pro vyhrazené služby (služba video na požádání nebo osobní videozáznam uložený na síti).

Pro Triple Play, obsahující tři typy služeb - video, hovorovou a datovou, je potřebné mít k dispozici připojení na internetové služby a platformu hovorové služby (např. síťovou bránu VoIP). Toto není jediný přístup k zajištění služeb IPTV. Kvůli vysokým nákladům na síťová zařízení provozovatelé obvykle zvolí přírůstkový postup zlepšování sítě, spoléhají se na stávající předpoklady a procedury. Proto postup zavedení nové služby NGN samozřejmě závisí na minulosti provozovatele. Z tohoto důvodu jsou určité odlišnosti od řešení k řešení a také podle provozovatele specifického řešení transportní, přístupové a domácí sítě.

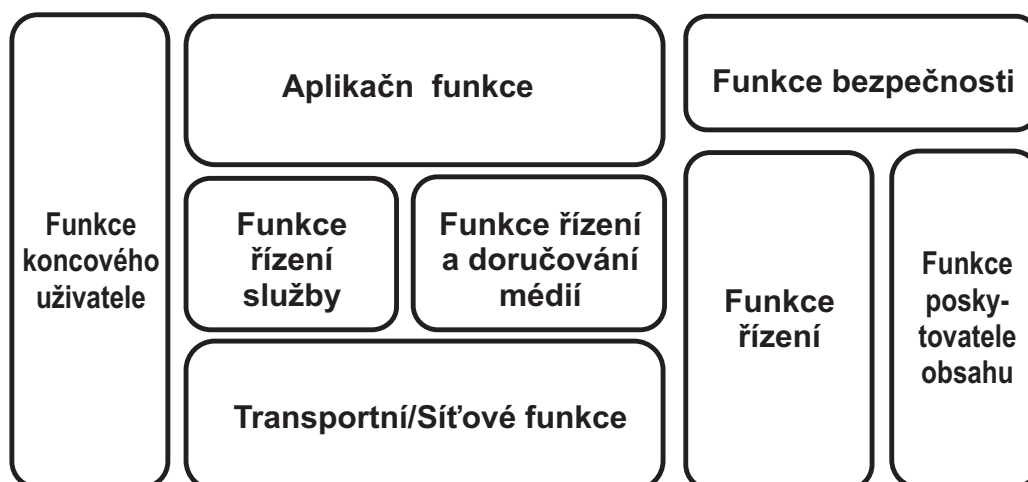
4.3 Modely architektur IPTV založených na NGN

Hlavními hráči v řetězci doručování IPTV jsou poskytovatelé obsahu, poskytovatelé služeb, poskytovatelé sítí a koncoví uživatelé. Poskytovatelem obsahu jsou například TV stanice, studia atd. Platforma IPTV, kterou obvykle vlastní poskytovatel služeb, má poskytovat všechny funkce potřebné k řízení a doručování služeb IPTV po síťové infrastruktuře (poskytovatel sítě) koncovému uživateli.



Hlavní bloky platformy IPTV založené na NGN jsou následující (viz obrázek):

- Aplikační funkce
- Funkce řízení služeb a profilu uživatele
- Funkce řízení a doručování médií
- Funkce podpory, řízení a bezpečnosti
- Funkce koncového uživatele



Funkční architektura IPTV založená na NGN



Aplikační funkce mohou zahrnovat několik logik služby IPTV, mechanismus doručení a výběru správné služby a obsahu a také pomoc při interakci s jinými aplikacemi a externími systémy.

Funkce řízení služby zajišťují funkčnost ověření a autorizace požadavků o službu. Tato funkce odpovídá také za nastavení a řízení všech služeb IPTV. Může také rezervovat zdroje pro funkce řízení přenosu.

Profily uživatele obsahují údaje o uživateli a profily uživatele související s jeho službami.

Funkce řízení a doručování médií má přijímat toky obsahu a médií od poskytovatelů obsahu a pak řídit a zajišťovat zpracování médií, doručení médií, ukládání obsahu, transkódování a výměnu obsahu.

Funkce koncového uživatele reprezentují domácí síť a vybavení uživatele jako například koncová zařízení (např. TV se set-top box, mobil, atd.), ale také součástí domácí sítě včetně domácí přístupové brány.

+

Největší předností architektury IPTV založené na NGN je možnost integrovat služby IPTV s jinými službami NGN, znovupoužití existujících možností NGN, lepší využití prostředků, personalizace služeb a mobilita.



Funkce NGN/IMS, které můžou být znovu použité pro poskytování IPTV:

- Registrace a ověření uživatele
 - Řízení předplatného u uživatele
 - Řízení relace, směrování, spouštění služby, číslování
 - Interakce s aktivátory stávajících služeb NGN (přítomnost, zprávy, řízení skupiny, atd.)
 - Řízení QoS a přenosu
 - Mobilita, přístupnost FMC
 - Tarifkace a zúčtování
 - Mechanismus bezpečnosti a managementu
-



Následující pro IPTV specifické funkce mohou být popsány dodatečně:

- Vyhledání a výběr služby, prezentace, např. EPG
 - Zabezpečení služby a obsahu, např. DRM a CAS
 - Management služby a obsahu, řízení služeb a obsahu v doménách poskytovatele obsahu a/nebo doménách poskytovatele služby
 - Distribuce obsahu, řízení doručení a lokalizace
 - Podpora a řízení skupinového přenosu
 - Řízení VCR, např. přehrávání/pauza/rychle/vpřed/přetočit
-



Vytváření specifikací v normalizačních orgánech obvykle probíhá ve třech stupních:

- Shromáždění požadavků na službu a systém, případy použití služby
 - Definování funkčních entit a architektury, referenčních bodů, procedur služby
 - Specifikování implementace, signalizačních toků, detailů protokolů
-

4.4 Architektura IPTV integrované do NGN (bez IMS)

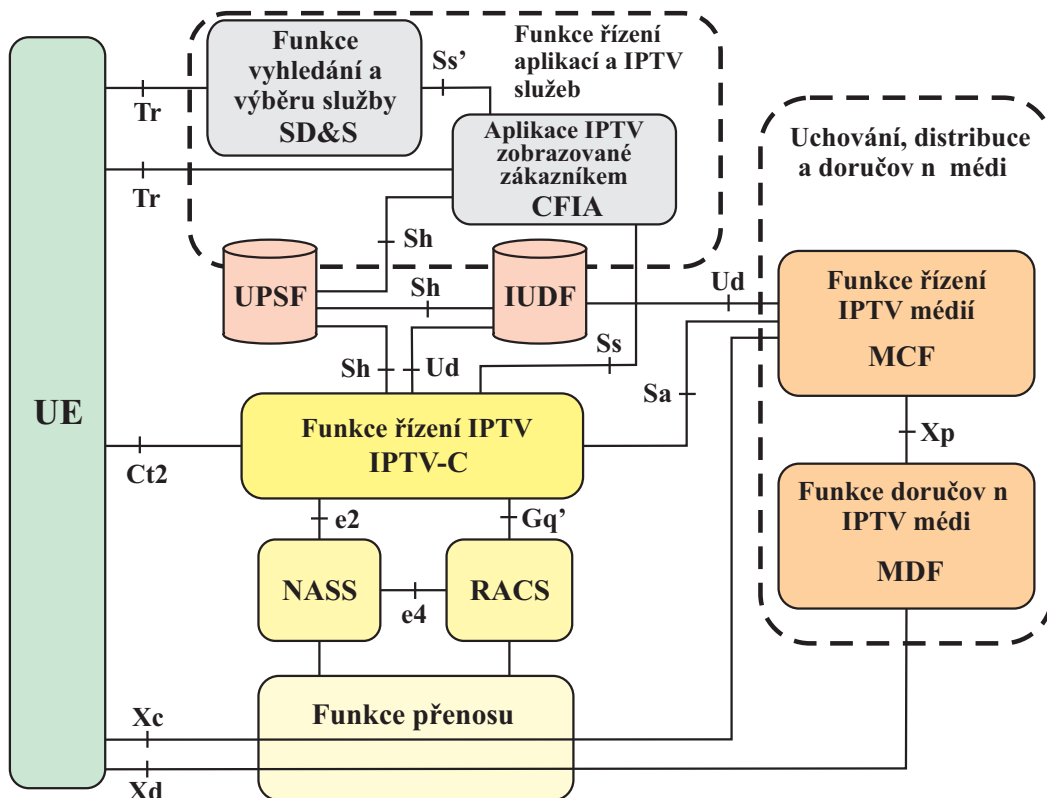
Koncept systémové architektury IPTV integrované do NGN (dříve ve vydání 2 nazvaná jako subsystém IPTV přiřazen k NGN) popisuje jak integrovat funkce IPTV do architektury NGN. Subsystém IPTV integrovaný do TISPAN NGN je podle ITU-T nebo ATIS označován jako IPTV založená na NGN bez IMS. Navrhovaná architektura je zaměřena na užší integraci služeb a vlastností IPTV se sítí NGN a její subsystémy (NASS, RACS, UPSF), ale i migrační scénáře ze stávajících řešení (například DVB-IPI, ATIS-IIF) na TISPAN NGN a společné komponenty (viz obrázek). Některé části systému jsou vyhovující a jsou založeny na existující normě, jakými typicky jsou DVB-IPTV a ve skutečnosti DVB připouští toto řešení jako potenciální architekturu pro snazší implementaci a spolupráci s IPTV založenou na IMS [36].



Základní funkce IPTV:

- Vyhledání a výběr služby – SD&S
- Řízení IPTV – IPTV-C
- Aplikace IPTV zobrazované zákazníkům – CFIA
- Funkce uživatelských dat IPTV – IUDF
- Funkce řízení médií – MCF
- Funkce doručování médií – MDF
- Zařízení uživatele – UE

Uživatel může mít (při použití jeho uživatelského zařízení - UE jako je *set-top box* **STB**) přístup k popisu služby (např. elektronický průvodce programy) pomocí procedur vyhledání a výběru služby SD&S podle specifikace DVB IPTV použitím protokolu http přes referenční bod Tr. Stejně rozhraní Tr může být použito zařízení uživatele UE na zpřístupnění uživatelského rozhraní a vyjmutí služby pomocí aplikace IPTV zobrazované zákazníkům



Zjednodušená funkční architektura IPTV přiřazené k TISPAN NGN

CFIA (*Customer Facing IPTV application*). CFIA poskytuje pomocí rozhraní Tr založeného na http poskytování služeb IPTV, výběr a autorizaci. Řízení IPTV (IPTV-C) je aktivováno přes rozhraní Ct2 (http nebo řízení RTSP). Datový obsah (např. obsah na požádání – CoD) může být plynule stahován individuálním přenosem nebo skupinovým přenosem přes Xd pomocí funkce doručování médií (MDF). Na řízení médií, jako například povel trikového přehrávání, se používá protokol RTSP přes Xc a funkce řízení médií (MCF).

4.5 Architektura IPTV u NGN založené na IMS



Druhý koncept poskytování služeb IPTV pomocí architektury NGN je popsán v IPTV založené na TISPA IMS [36], [1]. Hlavním rozdílem, jak bylo uvedeno výše, je, že multimediální systém IP se používá na řízení služby a relace služeb IPTV. Hlavní výhodou je opakované využití stávajících schopností (registrace IMS, autentifikace, řízení relace, směrování, spouštění služeb, řízení identity, personalizace, mobilita, řízení identity, tarifikace) IMS a možnost integrovat vrstvu řízení služby do unifikované platformy řízení služeb při využití pro IMS.



Nevýhodou IPTV založené na IMS je větší složitost a nižší zpětná kompatibilita se stávajícími normami (ačkoli některé části konceptu znovu používají stávající normy a protokoly).

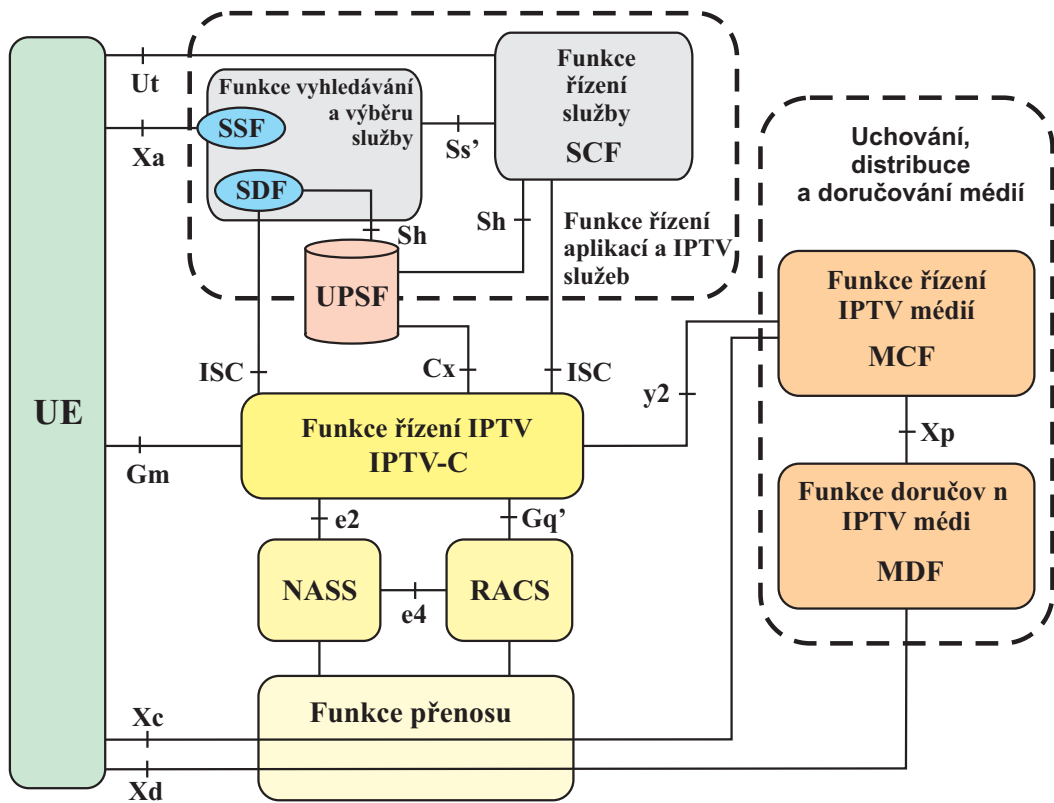


Funkční entity IPTV založené na IMS (viz obrázek):

- Funkce nalezení služby – SDF
 - Funkce výběru služby – SSF
 - Funkce řízení služby – VVP
 - Prvky jádra IMS (P-CSCF, S-CSCF, I-CSCF)
 - Funkce řízení médií – MCF
 - Funkce doručování médií – MDF
 - Zařízení uživatele – UE
-



IPTV založená na IMS má několik výhod, neboť IMS může pracovat jako unifikovaný řídicí subsystém služeb pro všechny služby NGN namísto vytvoření specializovaného subsystému (případ subsystému IPTV přiřazeného NGN). Navíc IMS může přirozeněji podporovat mobilitu, interakci s aktivátory služeb NGN (jako zpracování zpráv nebo přítomnost), personalizaci služby nebo služby „Quadruple play“ (srv. Triple play) – hlasové, datové, video, mobilní.



Zjednodušená funkční architektura IPTV založené na TISPAN IMS

4.6 Služby IPTV založené na NGN

Hlavním cílem IPTV založené na NGN je poskytnout koncovému uživateli souhrnný seznam konvergovaných služeb IPTV [2]. Nová generace služeb IPTV má poskytovat personalizaci služby, interaktivitu, spojování služeb, zacílení na uživatele, zvýšenou dostupnost a mobilitu.



Služby IPTV je možné rozdělit do tří skupin:

- Základní služby IPTV
 - Pokročilé služby IPTV
 - Konvergované služby IPTV
-



Základní služby IPTV se skládají z minimální sady služeb IPTV, které jsou očekávané od poskytovatele služby IPTV založené na NGN:

- Vysílání TV (bez nebo s trikovými módy) - doručení lineárně vysílajících TV kanálů
 - Trikové módy - umožňují řízení přehrávání a pauzy, dopředu a přetáčení obsahu
 - Platba za sledovaný program - PPV (Pay Per View) - uživatel například platí za konkrétní zhlédnutí nebo za čas, nikoli za celý kanál nebo TV balíček
 - Obsah na požádání CoD (Content on Demand) - uživatel si vyžádá poskytnutí obsahu na vyžádání (např. video na vyžádání nebo hudba na vyžádání)
 - Osobní videozáznam (PVR) - uživatel může nahrávat obsah v síti (sít' nebo n-PVR) nebo lokálně v STB (klient nebo c-PVR)
 - Elektronický programový průvodce (EPG) - poskytuje informace pro vyhledání a výběr programů, které bude divák sledovat
 - Rodičovská kontrola - ochranný mechanismus pro omezení přístupu k televiznímu obsahu pro děti ve věku nižším než je ohodnocení programu
-



Pokročilé služby IPTV:

- Profilování a personalizace – vlastnost, která umožňuje využít personalizované služby IPTV založené na preferencích uživatele a profilu uživatele. Poskytovatel může také použít informace o uživatelském chování a sledování obsahu
- Obsah generovaný uživatelem UGC (*User Generated Content*) - obsah produkováný koncovým uživatelem se záměrem sdílet ho s ostatními uživateli

- Doporučení obsahu **CR** (*Content Recommendation*) - poradenská služba pro oblíbené show, založená na uživatelských preferencích a jeho chování
 - Časový posun TV (TsTV) - uživatel může prohledávat a přehrávat předtím vysílaný a předem nahraný obsah
 - Personalizovaný kanál **PCh** (*Personalized channel*) - seznam programů speciálně pro uživatele, který je určen pro personalizované nahlédnutí
 - Cílená propagace **TAI** (*Targeted advertising*) - mechanismus propagace, který je zaměřen na specifikovanou skupinu uživatelů podle jejich profilů uživatele.
 - *Interaktivní TV* (**iTV**) - služba poskytující interaktivitu mezi poskytovatelem/vysílajícím a několika uživateli
-



Konvergované služby IPTV:

- Konvergence IPTV a jiných služeb NGN, jejich interakce (např. realtime hry, oznámení příchozího volání, sdílení dálkového řízení)
 - Interakce s aplikacemi smluvního poskytovatele služby (např. otevřený přístup ke službě - Parlay) umožňuje spolupráci s aplikacemi vyvinutými smluvním poskytovatelem služby
 - Interakce s internetovými službami (např. konvergence IPTV s webovými službami 2.0 a sociálními médii)
 - Pokračování služby mezi zařízeními uživatele (UE) umožňuje zaparkování služby na jednom zařízení, její vyzvednutí a pokračování jejího využívání na jiném zařízení
 - Pokračování služby mezi pevnou a mobilní platformou a podpora mobility/roamingu, dostupnosti služby přes různé přístupové sítě a koncová zařízení
 - Dálkové řízení služeb IPTV, například řízení nahrávání nebo úprav obsahu
 - Hybridní služby IPTV (kombinace satelitního a pozemního doručování s IPTV)
-

4.7 Protokoly používané v IPTV

V sítích IPTV se používají standardní protokoly SIP, SDP, RTP, RTCP, HTTP, RTSP a DIAMETER a také jejich kombinace [14], [37], [38]. Jejich charakteristiky jsou uvedeny v kapitole o NGN. Používají se i specifické protokoly IGMP, MLD a Flute.



Protokol **IGMP** (*Internet Group Management Protocol*) umožňuje hostiteli nebo UE podílet se na multicastovém přenosu (připojením se do skupiny) a zobrazovat provoz multicastového IP přenosu, včetně formátu IP adres multicastového přenosu, ethernetového zapouzdřování multicastového přenosu a konceptu hostitelské skupiny.

Protokoly vyhledávání posluchače multicastového přenosu **MLD** (*Multicast Listener Discovery*) a MLDv2 jsou navrženy pro použití pouze v síti IPv6. Tento protokol je následovníkem IGMP v sítích IPv4, používaného na spojování několika síťových uzlů do skupiny multicastového přenosu. Skupiny multicastového přenosu jsou definovány pomocí různých IP adres.

Protokol doručování souborů pomocí nesměrového přenosu **FLUTE** (*File deLivery over Unidirectional Transport*) je protokol (RFC 3926) na nesměrové doručování souborů multicastového přenosu po internetu.

5 Hybridní vysílání širokopásmové TV (HbbTV)

5.1 Úvod

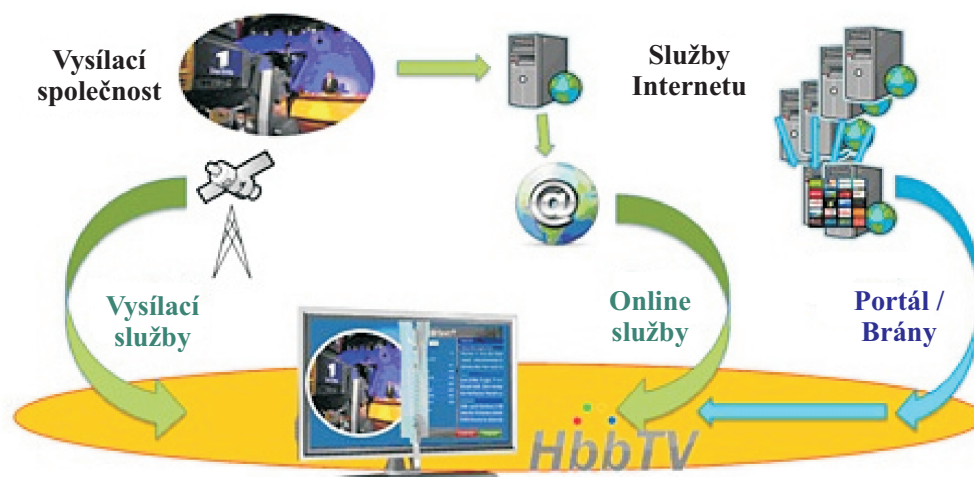


Hybridní vysílání širokopásmové TV **HbbTV** (*Hybrid Broadcast Broadband TV*) je nový průmyslový standard, který poskytuje otevřenou a obchodně neutrální technologickou platformu, která dokonale spojuje TV služby poskytované prostřednictvím televizního vysílání se službami poskytovanými prostřednictvím širokopásmového připojení; rovněž umožňuje přístup k internetovým službám pro spotřebitele využívajících TV a set-top box připojeny k internetu [40].



Nabídka připojitelných TV je široká. Každá hlavní značka má svou vlastní platformu IPTV, jako například Panasonic - VieraConnect nebo Samsung - Smart TV, které nabízejí kombinaci nahrávacích (catch-up) služeb a dalšího obsahu, jakým mohou být filmové upoutávky, přístup na YouTube nebo další aplikace.

Doporučení Pracovní skupiny HbbTV jsou podobná doporučením expertní skupiny **MHEG** (*Multimedia and Hypermedia Expert Group*). Televizor tak může získávat aplikace pomocí tzv. datového karuselu. Taková aplikace může podobným způsobem načíst další obsah z internetu a pracovat s ním. HbbTV je také standard ETSI (TS 102 796).



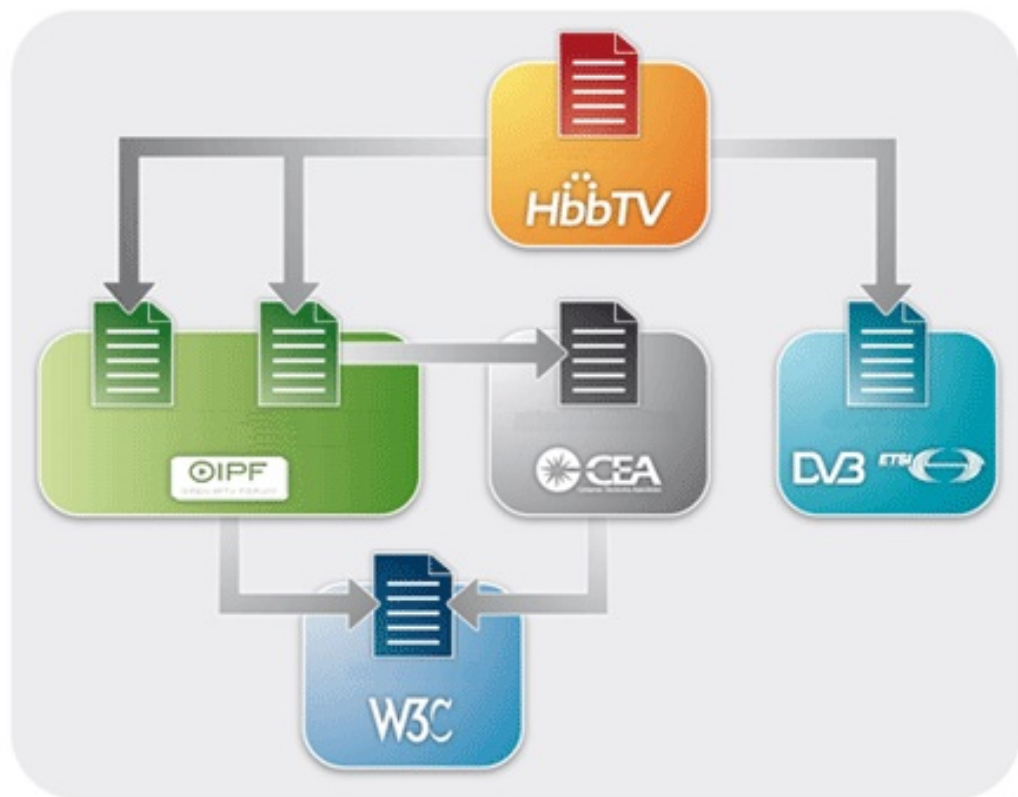
HbbTV není závislý na konkrétním vysílacím kanálu nebo na konkrétním IP spojení - může fungovat buď pomocí jednoho, nebo druhého kanálu [40].

+

Aplikace HbbTV mohou být staženy z aplikačního portálu, který nabízí TV nebo mohou být přeneseny přímo přes internet. To znamená, že tento standard umožňuje podporu služby od poskytovatelů, kteří nemají vlastní vysílací kanály.

HbbTV je založen na technologiích, které jsou známé hlavně webovým vývojářům, hlavně specifikace CE-HTML, která zahrnuje XHTML, CSS, Ajax a JavaScript. Díky tomu mohou poskytovatelé obsahu vytvářet a rychleji uvolňovat aplikace, které využívají jejich služeb.

Javascriptové API standardu HbbTV bylo rozšířeno o funkce zajišťující spolupráci s televizí, jako jsou například změny kanálů. Také se předpokládá, že televizory mají minimální rozlišení obrazovky 1280x720 bodů.



Specifikace HbbTV zahrnuje standardy a technologie včetně CE-HTML, DVB a JavaScript a další od mnoha existujících organizací, jako je Open IPTV Forum a W3C [40]



Specifikace HbbTV obsahuje příspěvek od Otevřeného IPTV fóra; tento příspěvek definoval soubor audio a video formátů, které by měly být podporovány přes širokopásmové připojení. HbbTV využívá kodek AVC (H.264) pro standardní a také HD videopřenos, pro audio využívá kodek E-AC3 nebo HE-AAC. Služby určené na plynulé stahování zvuku používají, v rámci HbbTV, MP3 nebo HE-AAC.



5.2 Služby HbbTV

Mezi služby poskytované prostřednictvím HbbTV patří:

- Zdokonalený teletext
 - vylepšená forma teletextu
- Nahrávací (catch-up) služby a služby videa na požádání (VoD)
 - Catch up TV je termín používaný k popisu VoD, ve kterém jsou televizní programy k dispozici ještě několik dní po svém odvysílání
- Elektronický programový průvodce (EPG)
 - poskytuje uživatelům televize, rozhlasu, a dalších mediálních aplikací průběžně aktualizované menu, zobrazující informace o probíhajícím nebo nadcházejícím vysílání
- Interaktivní reklama
- Personalizace
 - služeb, programů anebo aplikací
- Možnost vytváření soukromých videonahrávek (PVR)
 - obdoba videorekordéru; záznamy jsou pořizovány v digitálním formátu
- Hlasování a hry
- Sociální sítě a další multimediální aplikace

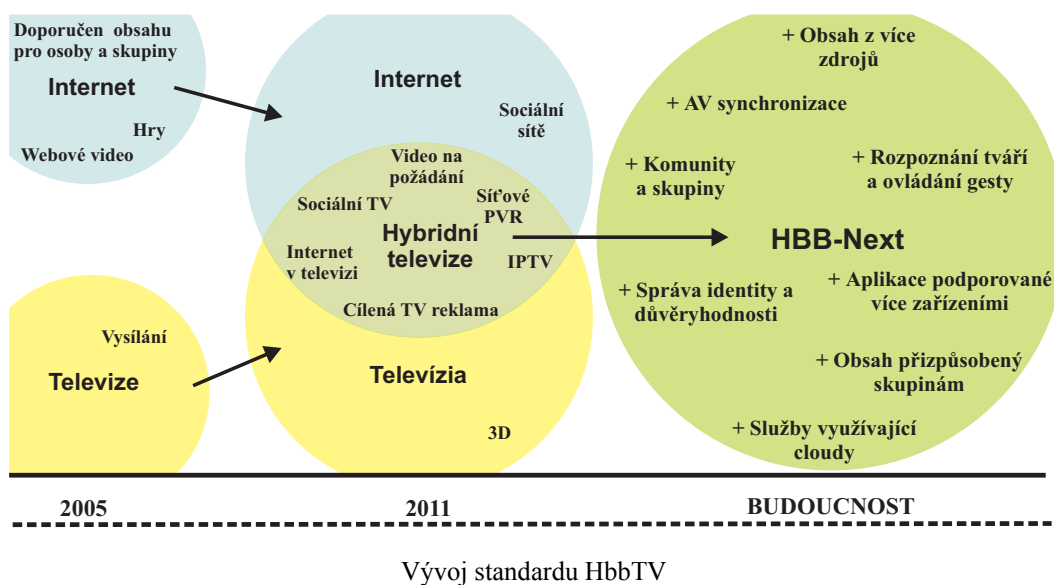


Příklady služeb HbbTV

5.3 HBB-NEXT



HBB-NEXT je koncept, který se snaží zjednodušit spojení televizního vysílání a svět internetu zkoumáním uživatelsky orientovaných technologií pro obohacování zážitku ze sledování TV: Personalizované doporučení obsahu v prostředí více uživatelů, přístup pomocí více zařízení, využívání funkcí sociálních sítí, nebo obsahu vytvořeného samotným uživatelem [41].



5.4 Prostředí více uživatelů

V oblasti obsluhy pro více uživatelů bude v HBB-NEXT vyvinut systém na personalizaci služeb. Tento systém bude poskytovat víceuživatelský způsob doporučení obsahu, multimodální ovládání a přizpůsobivost obsahu podle okolí (context awareness). Koncepce předpokládá předřazené funkce s multimodálním uživatelským rozhraním pro víceuživatelské prostředí a zpětné přizpůsobení se pro víceuživatelské doporučení obsahu.



Multimodální rozhraní umožní uživatelům ovládání a získávání informací pomocí libovolného ze způsobů, jako je myš, klávesnice, rukopis, řeč a gesta. Řeč a gesta jsou skvělými kandidáty na uskutečnění množství operací, které byly dosud možné jen pomocí ovladače. Na základě zaznamenávání zvuku bude možné identifikovat více mluvících uživatelů.



Pomocí víceúrovňové autentizace může být uživatel ověřen podle obličeje (2D, 3D, Iris), řeči, gest a nejen pomocí osobního kódu (PIN kód, heslo, atd.). 3D detekce obličeje má více možností než 2D detekce. Je mnohem těžší oklamat 3D technologii, protože při tomto způsobu detekce jsou velmi důležité všechny křivky obličeje.

5.5 Větší množství zařízení

V současnosti je již nevyhnutelná synchronizace a prezentace různých audio a videozdrojů na jednom a více zařízeních. HBB-NEXT poskytne řešení i v této oblasti.



Je třeba vyřešit výpočtové a kapacitní omezení mobilních zařízení. Využije se služeb cloud computingu, kdy i zařízení s malým výkonem budou moci využívat všechny funkce HBB-NEXT.

5.6 Identita a důvěryhodnost

HBB-NEXT zlepšuje multimodální a víceúrovňové technologie identifikace uživatele. Projekt se také zaměřuje na vývoj rámce pro management důvěryhodnosti aplikací HBB. Tento rámec definuje komplexní řešení pro správu důvěryhodnosti a jména. Všechny tyto cíle jsou zaměřeny na dodržení vysoké úrovně bezpečnosti a ochrany pro koncové uživatele, vývojáře služeb a samotnou platformu.

5.7 Standardizace

Zakládající členové konsorcia HbbTV spolu s velkou skupinou spolupracovníků vytvořili specifikaci HbbTV za účelem vytvoření globálního standardu pro hybridní zábavní služby. Verze 1.1.1 této specifikace byla schválena organizací ETSI jako standard ETSI TS 102 796 v červnu 2010.

Specifikace HbbTV je založena na stávajících standardech a webových technologiích včetně **OIPF** (*Open IPTV Forum*), CEA, DVB a W3C. Standard poskytuje vlastnosti a funkce potřebné pro doručování televizního vysílání a internetových služeb s rozšířenou funkcionalitou. Využití standardní internetové technologie umožnilo rychlý vývoj aplikací. Také definuje minimální požadavky a tak zjednodušuje implementaci v zařízeních a ponechává prostor pro diferenciaci, což snižuje požadované investice od výrobců CE. HBB - NEXT je dalším krokem, který vylepšuje existující standard o víceuživatelské prostředí, využívání více zařízení (dokonce i mobilních), nové možnosti interakce a bezpečnosti.

6 Síť doručování obsahu CDN

6.1 Úvod



Síť doručování obsahu CDN (*Content Delivery Network*) je síť, která se skládá z velkého počtu distribučních míst (tzv. uzlů). Tato síť je spuštěna v rámci sítě internet a může přinést obrovské množství obsahu k obrovskému množství příjemců. Je to síť určena k distribuci obsahu.



Nejoblíbenější využití těchto sítí je distribuce softwarových aktualizací.

Síť CDN je ve vlastnictví poskytovatele CDN, který je zodpovědný za distribuci obsahu ke koncovému zákazníkovi CDN.



Výhodou CDN je sdílení zdrojů, protože pokud by každý softwarový poskytovatel chtěl distribuovat aktualizace ke svým zákazníkům, musel by vybudovat systém serverů, které by musel udržovat v provozu. Takové řešení by vytvářelo paralelní systémy, což by v konečném důsledku způsobovalo zvyšování cen za distribuci.

Síť CDN je organizovaná ve dvou vrstvách:

- Řídící vrstva - většinou jde o centrální uzel, který se používá k řízení přijímání a distribuci obsahu přes distribuční vrstvu. Je zodpovědný i za autentizaci a autorizaci.
- Distribuční vrstva - skupina uzlů, je rozložena na mnoha místech.

Distribuce obsahu CDN se dělí na dvě metody:

1. přímá - podobně jako při multicastovém přenosu všichni příjemci dostanou stejný obsah, ve stejném čase.

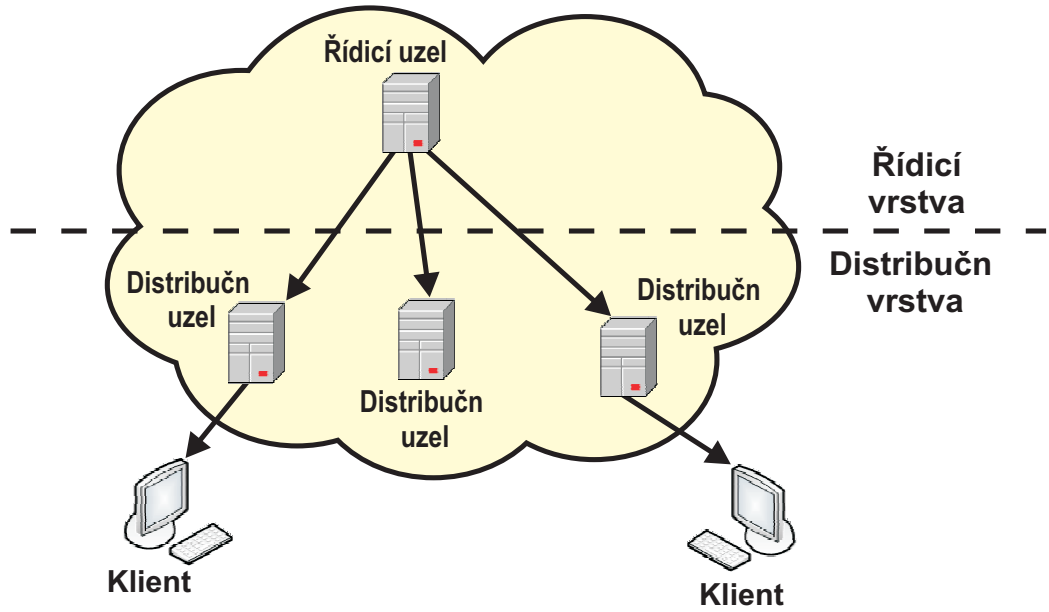


Dobrym příkladem je sportovní událost, když každý zákazník chce vidět zápas s minimálním zpožděním (přípustná hodnota je nejvýše 10 sekund)

2. nepřímá - obsah, jehož tvorba začala a skončila v minulosti. Nepřímou distribuci lze rozdělit do dvou typů přenosových metod: *stahování*, *postupné stahování*.



Příkladem může být dobře známé postupné stahování videí (YouTube) nebo distribuce aktualizací.



Architektura CDN

6.2 Dnešní CDN v světě

CDN jsou v současné době implementovány pouze jako samostatný komerční produkt. Pro zajištění jedinečné funkcionality a efektivity provozovatelé CDN zavedli vlastní algoritmy a přenosové protokoly. Existují také různé typy komerčního softwaru pro tvorbu CDN ve vlastní režii pro společnosti, které vyžadují vlastní provedení sítě CDN. Takovým poskytovatelem je například EdgeCast [42].

-
- + Open source Projekty otevřených zdrojů jsou založeny na aktivitě jednotlivých projektů, které vyvinuly své vlastní sítě CDN založené na volně dostupném softwaru. Každý dobrovolník se může zapojit k této síti s vlastním serverem, případně skupinou serverů (zastřešující). Tento nový server se tak stane novým uzlem otevřené sítě CDN, který bude zajišťovat i celkový management této sítě.
-

6.3 Tok (stream) obsahu

V současné době se služby založené na internetovém obsahu rozdělují do těchto hlavních částí: obsah, služba, síť (transport), spotřebitel (zákazník). Všechny tyto subjekty mají mezi sebou jasně vymezené vztahy, které definují způsob pohybu obsahu od jeho tvůrce (autora) až k zákazníkovi. Jednotlivé části toku jsou poskytovány definovanými subjekty. Obsah je vytvořen autorem. Pak přechází obsah s právy k poskytovateli obsahu. Poskytovatel obsahu pak předá obsah provozovateli služeb. Provozovatelé služeb nabízejí služby distribuce obsahu koncovému zákazníkovi prostřednictvím sítě. Síť je poskytována provozovatelem sítě. Nemusí jít vždy jen o autonomní subjekty, například poskytovatel služby může být i poskytovatelem sítě nebo poskytovatel obsahu také provozuje službu.

6.4 Řídicí vrstva



Tato vrstva je odpovědná za řízení distribuce obsahu, přijímání obsahu, oznámení, záznam, funkci směrování požadavků.

Každá síť CDN má implementovány metody distribuce, přizpůsobení a zabezpečení obsahu. Všechny tyto informace jsou velmi důležité pro přenos obsahu od zdroje ke konečnému zákazníkovi.

- Distribuční metody - pod těmito metodami rozumíme různé metody pro přenos obsahu z distribučního uzlu ke konečnému zákazníkovi.
- Přizpůsobení obsahu - je soubor metod, které mohou být použity na změnu formy původní informace na formu, která je vhodnější pro přenos v reálném čase.
- Zabezpečení obsahu - je soubor pravidel a mechanismů určených k ochraně obsahu, včetně oprávnění a přístupu, správy digitálních práv, ochrany proti kopírování, vodoznaku,...



Je velmi důležité mít zmapováno, který distribuční uzel nebo síť může obsluhovat danou oblast. V IP síti je na takové mapování určená směrovací tabulka, kde je každý bod popsán síťovou adresou a maskou sítě. V sítích CDN jsou adresa a velikost definovány v jednom parametru nazývaném stopa (footprint). Stopa může obsahovat informace o pokrytí zeměpisné oblasti [43], poskytovateli internetu [44], atd. Stopy jsou uloženy v tabulce, která obsahuje seznam všech stop s jejich distribučními uzly.

6.5 Distribuční vrstva



Tato vrstva je odpovědná za poskytování obsahu zákazníkům. Skládá se z velkého počtu přenosových uzlů, které mohou být organizovány i ve skupinách (cluster). Tyto uzly nebo skupiny můžeme nazývat distribuční body.

Každý distribuční bod obsahuje velkou úložnou kapacitu na lokálních nebo externích diskových polích, tento prostor se využívá pro ukládání distribuovaného obsahu.

Obsah založený na souborech



Obsah založený na souborech je posloupnost bajtů, která byla vytvořena v minulosti.



Lze jej stáhnout bez QoS, ale téměř vždy vyžaduje nulovou toleranci vůči změnám nebo úpravám na jakékoli úrovni obsahu.

Právě většina dat přenesených internetem nebo sítěmi CDN je tohoto typu. Pro tento účel je ideální protokol HTTP, který se v současnosti běžně používá.

Obsah založený na toku



Obsah založený na toku je posloupnost bajtů, která byla vytvořena v minulosti.



Obsahuje užitečné informace po částech, takže může být přenášen průběžně, během přenosu může být také využíván. Postupné stahování takového obsahu je většinou citlivé na QoS přenosového kanálu, a to zejména na zpoždění a jitter.

Typickým obsahem je multimediální tok (audio a video). CDN jako součást internetu pomáhá šíření obsahu rozložením zatížení do více míst a distribučních bodů.

Uživatelé multimediálního obsahu vyžadují specifický zvukový obsah, protože každá země používá jiný jazyk. Pokud chceme snížit zátěž sítě, je efektivně přenášet pouze zvukový záznam v požadovaném jazyce. K zajištění takového přenosu musí distribuční bod disponovat videozáznamem s více zvukovými stopami. Ke spotřebiteli je přenášena pouze jedna audiostopa (elementární tok). Každý elementární tok může být přenášen různými cestami od zdroje k cíli.

Stejný koncept může být použit pro obsah z více úhlů pohledu, kde je obsah zaznamenán více kamerami z různých úhlů (pohledů). V tomto případě přenášíme jen video z distribučního bodu k zákazníkovi.

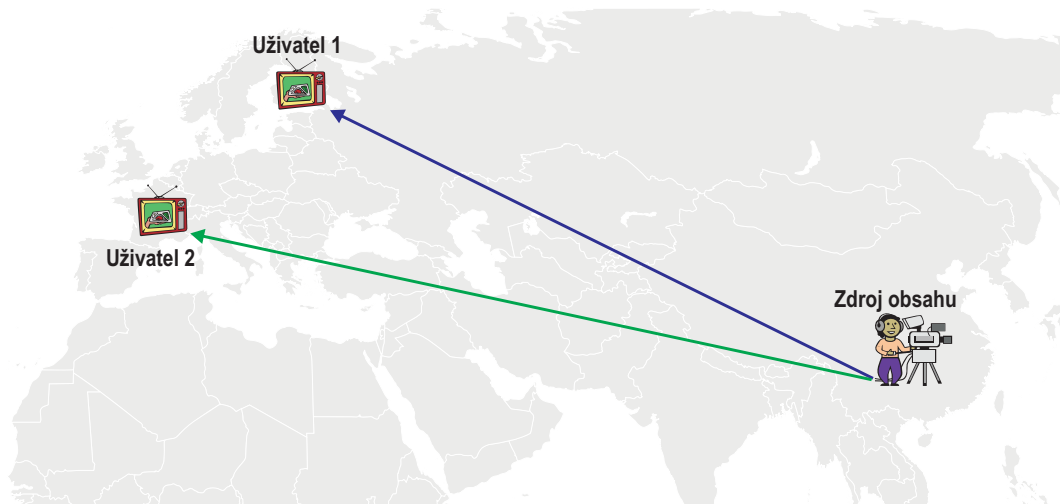
Obsah založený na živém toku



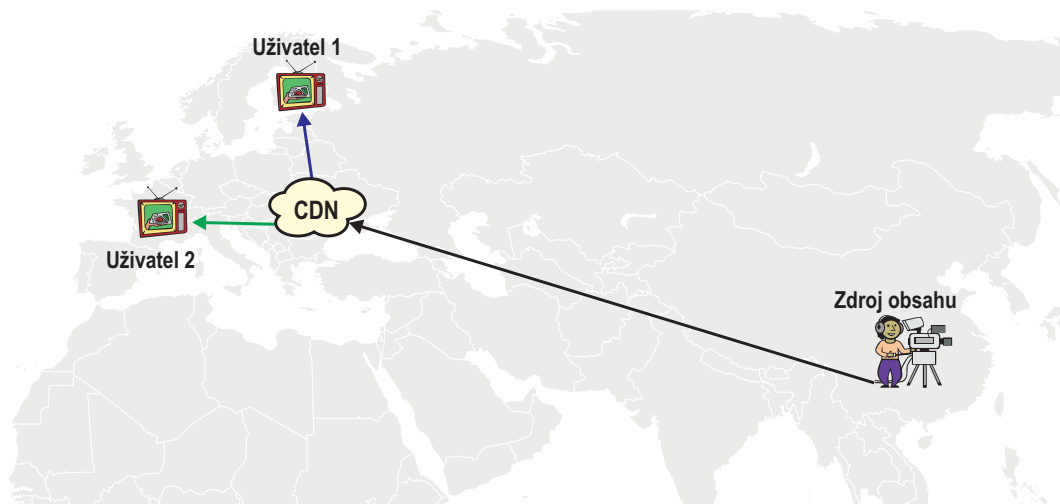
Takový tok je posloupnost bajtů, která začala v minulosti a ještě neskončila.



Protože tento tok je živý, nemohl být dříve uložen pro další postupné stahování. Proto musí být přenášán a přijímán v reálném čase.



Distribuce živého toku bez CDN a distribuce s CDN



Nejjednodušší na pochopení bude, pokud si to ukážeme na následujícím příkladu: představte si, že dva diváci v Evropě chtějí vidět živé vysílání z olympijských her v Číně. V normální síti individuálního přenosu, kterou internet v podstatě je, by tok musel být v Číně duplicitně převeden do tvaru vhodného pro postupné stahování a přenášený k účastníkům dvěma samostatnými toky (viz horní obrázek).

Přesměrováním účastníků do CDN může být tento videotok z čínského serveru na postupné stahování přenesen do příslušné lokality v Evropě (viz spodní obrázek). Tok se rozdělí až v tomto distribučním bodě a bude přenášený k účastníkům 2 x pouze v rámci evropské sítě. Tímto způsobem můžeme ušetřit datové propojení z Evropy do Číny. V tomto případě potřebujeme o polovinu menší šířku pásma, pokud by diváci byli tři, potřebovali bychom jen třetinu, atd.

6.6 Federace sítí CDN



Je velmi těžké nasadit globální mezinárodní síť, která je rozmístěna po celé zeměkouli. CDN těží z obrovského množství přenášeného obsahu (bajtů). Čím více přenesených bajtů určitou platformou, tím více se zvyšuje využívání sítě, a proto je cena jednoho přeneseného bajtu nižší. Nižší cena za bajt přináší více účastníků, což nám opět přináší více přeneseného obsahu. Více obsahu bude využívat více bajtů pro přenos. Jak můžeme vidět, proces cenotvorby se pohybuje ve smyčce. Tato smyčka je "zodpovědná" za vyprofilování velkých hráčů CDN, kteří ovládají současný trh.

Telekomunikační operátoři ztrácejí podíl na trhu každým dnem, zatímco mezinárodní celosvětoví poskytovatelé služeb (Akamai, Globix, Limelight...) ho získávají. Telekomunikační operátoři jsou tlačeni do role provozovatele sítě jako "vlastníka kabelu". Tato situace je samozřejmě pro ně nežádoucí, a proto se snaží investovat i v této oblasti.



Za vytvořením federace v oblasti sítí CDN stojí množství vlastníků CDN, hlavně ale telekomunikačních operátorů [45], [46]. Federace je způsob propojení CDN, kde obsah může být kopírován z jedné CDN sítě do druhé. V konečném důsledku může být koncový uživatel obsluhován oběma sítěmi, tou, která obsah vytvořila a také tou, která je s ní ve federaci.



O federaci sítí CDN mluvíme tehdy, když se několik sítí CDN navenek tváří a chová jako jedna robustní síť.

7 Optické technologie

7.1 Optické sítě



Rozvoj jednojádrových optických vláken s téměř neomezenou šířkou pásma otevřel dveře k masivnímu rozvoji dálkových a metropolitních optických sítí typu bod-bod. Použití optických kabelů umožnilo významné snížení nákladů na vybavení a údržbu sítí a dramaticky zvýšilo kvalitu služeb. Mnohé obchodní společnosti mají nyní přístup ke službám přenosu informací po optických vláknech. Navzdory svým výhodám nebyly optické kabely příliš používané v přístupových sítích - v segmentu sítě, který začíná v centrálním uzlu a končí u účastníků. Protože tento segment byl obvykle založen na využívání metalických homogenních vedení, vysokorychlostní služby přístupné pro privátní zákazníky a malé firmy jsou omezené možnostmi technologií xDSL a HFC.

7.2 Optické přístupové sítě

- Hlavní překážkou poskytování služeb prostřednictvím optických vláken přímo pro domácnosti a malé firmy jsou vysoké náklady připojení každého účastníka k ústředně. Vysoký počet připojení bod-bod by vyžadoval hodně aktivních komponentů a velké množství optických kabelů, což by vedlo k enormnímu zvýšení instalačních a údržbových nákladů. Atraktivní řešení těchto problémů nabízí architektura "vlákno do x" **FTTx** (*Fiber To The x*). Pasivní optická síť **PON** (*Passive Optical Network*) spolu s FTTx umožňuje několika zákazníkům sdílet stejné spojení bez jakýchkoliv aktivních komponentů.
-



Optické přístupové síťové architektury musí být jednoduché a síť musí být jednoduchá z hlediska činnosti a služeb. To znamená, že pasivní architektury, v nichž síť samotná nemá žádné spojování a nemusí být řízena, jsou preferované vůči aktivním strukturám. Navíc samotná jednotka optické sítě **ONU** (*Optical Network Unit*) musí být velmi jednoduchá pro snížení nákladů a zvýšení spolehlivosti. Komponenty použité v ONU musejí být schopny pracovat bez jakéhokoliv řízení teploty. Tato pravidla vylučují použití sofistikovanějších laserů a jiných optických komponentů v ONU. Vybavení ústředny **OLT** (*Optical Line Termination*) může být o něco více sofistikované, protože je umístěno v řízeném prostředí a náklady jsou amortizovány společným sdílením mnoha účastníky. Optické sítě navržené pro tuto aplikaci se souhrně nazývají PON. Používají určitou formu pasivního dílu jako vzdálený uzel. Hlavními výhodami je jejich spolehlivost, jednoduchost údržby a to, že nepotřebují napájecí zdroje.



Pasivní optické sítě PON rozdělují signál z jednoho centrálního vysílače mezi mnoho výchozích vláken, každé směřující k přijímačům jednotlivých zákazníků. Vysílače na zákaznické straně vysílají signály do centrálního distribučního bodu, takže uživatelé sdílejí celkovou přenosovou kapacitu systému. Klíčovou výhodou tohoto přístupu je, že používá pouze pasivní komponenty ve vnější distribuční síti.

7.3 Optické přístupové sítě – Koncept PON



PON je v podstatě dvoucestný systém bod-více bodů [1], [47]. Sestupný datový signál vzniká v centrálním bodě s jedním vysílačem. Pasivní optické vazební prvky rozdělují tento signál mezi výstupní vlákna, která distribuují stejný signál ke všem zákazníkům. Přijímač na zákaznickém konci vybírá pouze data směřována k tomuto terminálu a odloží data určená pro ostatní uživatele. Datový tok je tedy z vysílače rozdělen mezi uživatele. Každý zákaznický terminál má vlastní vysílač, ze kterého se mohou vysílat vzestupné signály do centrálního distribučního bodu. Vzestupný přenos může jít přes stejná vlákna jako sestupný přenos nebo přes jiná vlákna. Vzhledem k tomu, že vysílačům každého účastnického terminálu jsou přiděleny různé časové intervaly, nedochází k vzájemným interferencím. Napájecí kabel přenáší optické signály mezi ústřednou a rozbočovačem, který umožňuje několika ONT být připojený ke stejnému napájecímu vláknu. ONT je požadován pro každého účastníka a poskytuje spojení pro různé služby.

Protože jedna síť FTTx obvykle poskytuje službu nejvíce 32 účastníkům, je pro obsluhu oblasti obvykle požadováno větší množství sítí. Existují rozdílné architektury pro připojení účastníků k PON. Nejjednodušší používá jeden rozbočovač; může být však použito i několik rozbočovačů.

Optické terminály



Centrální distribuční terminál slouží jako centrální řídicí prvek pro pasivní optickou síť a poskytuje rozhraní s vnějším světem. Několik takových terminálů může být shromážděno v jedné lokalitě, přičemž každý bude sloužit své vlastní skupině účastnických terminálů. Standard FSAN nazývá tento řídicí prvek a vysílač souhrnným pojmem optický linkový terminál OLT. Terminály na účastnickém konci jsou nazývány optické síťové terminály ONT a poskytují rozhraní mezi sítí a účastnickým vybavením. Vzhledem ke ztrátám způsobeným rozdělením signálů, může jeden OLT obsluhovat maximálně 32 ONT.

Přenos v sestupném směru



Standardní PON pracuje na 2 nebo 3 vlnových délkách. OLT zahrnuje laser vysílající sestupný signál na 1550 nm, který naváže více než 1mW výkonu do výstupního vlákna. Každá buňka nebo paket v sestupném signálu nese adresu jeho cílového terminálu. Pasivní rozdělovače rozdělují světlo mezi všechny terminály, ale každý terminál čte na základě adresy pouze ty pakety, které jsou pro něj určeny. Sestupný datový přenos také poskytuje časovací signály potřebné pro řízení vzestupného přenosu. OLT mohou používat relativně drahé 1550nm vysílače, protože PON požaduje pouze 1 takový vysílač. PON však požaduje mnohem více ONT, takže musí mít k dispozici relativně levné vysílače a musí pracovat v méně řízeném prostředí zákaznického uzlu. To vedlo k volbě

levnějších 1310nm vysílačů pro vzestupné kanály. Standard FSAN umožňuje využívat i třetí kanál na vlnové délce 1490 nm.

V ústředně, také nazývané hlavní konec sítě PSTN a internetových služeb, jsou rozhraní k optické distribuční síti ODN přes optický linkový terminál OLT. Vlnové délky 1490 nm pro sestupný směr a 1310 nm pro vzestupný jsou použity pro přenos dat a hovorového signálu. Signály obrazových služeb jsou konvertovány na optický formát při délce vlny 1550 nm optickým vysílačem obrazových signálů. Vlnové délky 1550 nm a 1490 nm jsou kombinovány vlnovým multiplexováním **WDM** (*Wavelength-Division Multiplexing*) vazebním prvkem a přenášeny společně v sestupném směru. Dosud neexistovaly plány pro videopřenos ve vzestupném směru. Tři vlnové délky přenášejí tedy rozdílné informace současně a různými směry přes stejné vlákno. Přenosové rychlosti závisejí na zvolených aplikacích, přidělování přenosové kapacity ke každému terminálu je řízeno softwarově a dynamicky, takže může být změněna kdykoliv v případě potřeby.

Přenos ve vzestupném směru



Při přenosu ve vzestupném směru jde o síť PON typu více bodů-bod. Pro zabránění kolizí dat z rozdílných signálů ONT přicházejících k rozdělovači ve stejnou dobu, je použit přístup TDMA. TDMA může posílat shluky dat z každého ONT zpět k OLT v konkrétním čase. Každý přenosový časový interval ONT je přidělen pomocí OLT tak, že pakety z rozdílných ONT nekolidují s ostatními. Přenos ve vzestupném směru jde přes síť vláken, která jsou kombinována s pasivními vazebnými prvky, takže všechny vysílače posílají jejich signály k jednomu přijímači v OLT. Aby se tyto signály mezi sebou vzájemně neovlivňovaly, používá PON protokol TDMA, který přiděluje různé časové intervaly pro každý ONT.

Každý účastnický terminál se zapíná a vysílá signály ve vzestupném směru během jemu přiděleného časového intervalu, pak se vypne a začíná vysílat následující terminál. Časové intervaly přiděluje řídicí software a sestupný přenos poskytuje časovací signály pro synchronizaci přenosu ve vzestupném směru všech účastnických terminálů.

Vláknová architektura



Všechny PON používají jednovláknová vlákna se signály rozdělenými v rozbočovačích. Rozmístění a počet rozbočovačů závisí na návrhu systému - 1x8, 1x4 a 1x8, atd. Rozbočovače jsou čistě pasivní zařízení, která nepožadují elektrické napájení, takže mohou být umístěna ve spojkách nebo skříních libovolně mezi distribučním centrem a účastníky. Standard FSAN poskytuje možnost jednovláknových a dvouvláknových systémů, přičemž každý má vlastní přednost.

Jednovláknový systém snižuje náklady na vlákna přenosem signálů v obou směrech přes stejné vlákno. Nutností je potřeba použití WDM na obou koncích

systemu. Dvouvláknový systém se vyhýbá přídavným nákladům a složitosti WDM, využívá možnosti přidělit jedno vlákno pro sestupnou distribuci videosignálů pro kabelovou TV a druhé vlákno přidělit pro digitální přenos hovorového signálu, dat a digitálního videosignálu.

Architektura FTTx



Technologie PON může být použita ve všech architekturách typu FTTx, které mají dostatečnou šířku pásma pro poskytování nových služeb a aplikací. Síť PON může být společná pro všechny tyto architektury. Otázkou však zůstává umístění aktivní elektroniky ve venkovním prostředí. Pouze při konfiguraci FTTH/B jsou všechny aktivní komponenty mimo vnějšího prostředí. Architektury FTTCab a FTTC požadují aktivní elektroniku ve venkovním prostředí, umístěnou v samostatné skřínce blízko domu nebo u obrubníku chodníku [2].



Zařízení v ústředně jsou připojena k síti PSTN, která je vybavena rozhraními ATM nebo Ethernet a připojena ke kabelovému rozhraní nebo satelitnímu přijímači. Všechny tyto signály jsou sloučeny do jednoho vlákna použitím techniky WDM a vysílány ke koncovým uživatelům přes pasivní optický rozbočovač. Rozbočovací poměr může být v rozsahu do 32 uživatelů bez použití aktivních komponentů v síti. Signál je pak doručen do domu přes samostatné vlákno. V zakončovacím zařízení je optický signál převeden na elektrický pomocí konvertorů OEC a zároveň OEC rozděluje signál do služeb požadovaných koncovými uživateli. OEC by měl v ideálním případě mít standardní uživatelské rozhraní bez potřeby speciálních set-top boxů. Hlavními výhodami budoucích architektur FTTx je především to, že jsou to pasivní sítě bez aktivních komponentů mezi ústřednou a uživatelem, používá se pouze jedno vlákno pro koncového uživatele, mají lokální bateriové záložní zdroje a nízkou spotřebu energie, jsou spolehlivé, škálovatelné a bezpečné.

Rozdílné typy architektury FTTx

Multimediální a internetové služby vyžadují zajištění vyšších bitových rychlostí (několik Mbit/s) až k domům., Všude tam, kde je to možné, nahrazují kabely s optickými vlákny metalické vodiče. Důvodem těchto náhrad je požadavek, aby účastnické smyčky v budoucnu byly a zůstaly škálovatelné z hlediska šířky pásma.



V závislosti na zakončení optického vlákna může být tato technologie označena různými názvy:

- **FTTH** (*fiber-to-the-home*) - pokud je vlákno přivedeno do domácnosti koncového uživatele, kde je také zakončeno
 - **FTTC** (*fiber-to-the-curb*) – pokud je optické vlákno od ústředny přivedeno k optickému rozbočovači a pak k malé skřínce u chodníku, která je vzdálena asi 200 m od účastníka, kde je optický signál opět převeden na elektrický
 - **FTTCab** (*fiber-to-the-cabinet*)- pokud je vlákno zakončeno v rozvaděči, kde jsou optické signály převedeny na elektrické a jsou distribuovány ke každému domu přes metalické homogenní vedení, bezdrátově nebo přes pasivní optický kruh. Vzdálenost rozvaděče je kolem 1 km od domů
 - **FTTD** (*fiber-to-the-desk*) – pokud je vlákno zakončeno přímo na stole nebo dokonce v PC
-

7.4 Metropolitní optické přístupové sítě



Významnou částí NGN sítě je metropolitní síť. Síť takového druhu koncentruje provoz z lokálních sítí a přepíná ji dále do páteřní sítě. Z pohledu dnešní sítě tvoří právě metropolitní síť úzké hrdlo. Tento problém se řeší na úrovni metropolitních sítí. Tradičně jsou v těchto sítích využívány jednodušší topologie, jako kruh nebo hvězda. Aby metropolitní sítě poskytl dostatečnou přenosovou rychlost, využívají jako přenosové médium optické vlákno s vlnovým multiplexem (WDM).

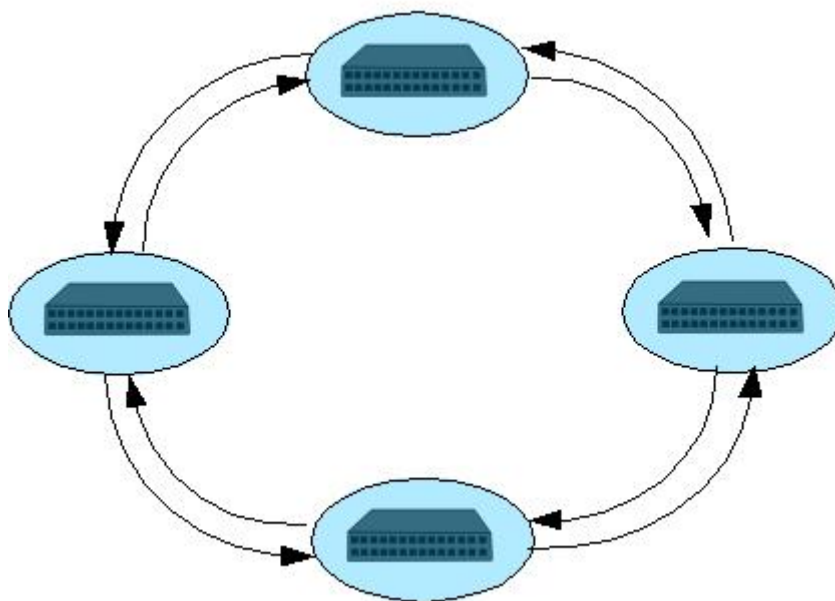
Mezi nejznámějších reprezentanty hvězdicové topologie patří například síť STARNET, která využívá přenos z centrální stanice, aby byly informace doručeny cílovému uzlu. Mnohem zajímavější jsou komunikační sítě založené na topologii kruhu. Z těch jsou určitě nejznámější HORNET a hlavně pružný paketový kruh **RPR** (*Resilient Packet Ring*), který má zřejmě největší perspektivu uplatnění.

RPR

RPR byl navržen, aby minimalizoval nevýhody jak SONETu, tak Ethernetu v metropolitním prostředí. RPR je technologie, která je navržena tak, aby vycházela vstříc požadavkům kladeným na paketovou metropolitní síť založenou na kruhové architektuře, využívající optické vlákno.



RPR je přijat jako standard IEEE 802.17 [48], [49]. Architektura RPR (viz obrázek) se skládá ze dvou kruhů, orientovaných protisměrně. Každý uzel může proto komunikovat s oběma vedlejšími uzly přímo, aniž musel procházet celým kruhem. Každý uzel sleduje provoz na síti a v případě, že je paket určen pro něj, vybere ho. Jinak takový paket projde transparentně přes uzel. V případě, že chce uzel přidat paket, může tak učinit pouze v případě, pokud je volné místo pro jeho paket, nebo pokud uzel uvolnil místo pro nový paket vyjmutím jiného paketu.



Architektura RPR



RPR můžeme charakterizovat následujícími vlastnostmi:

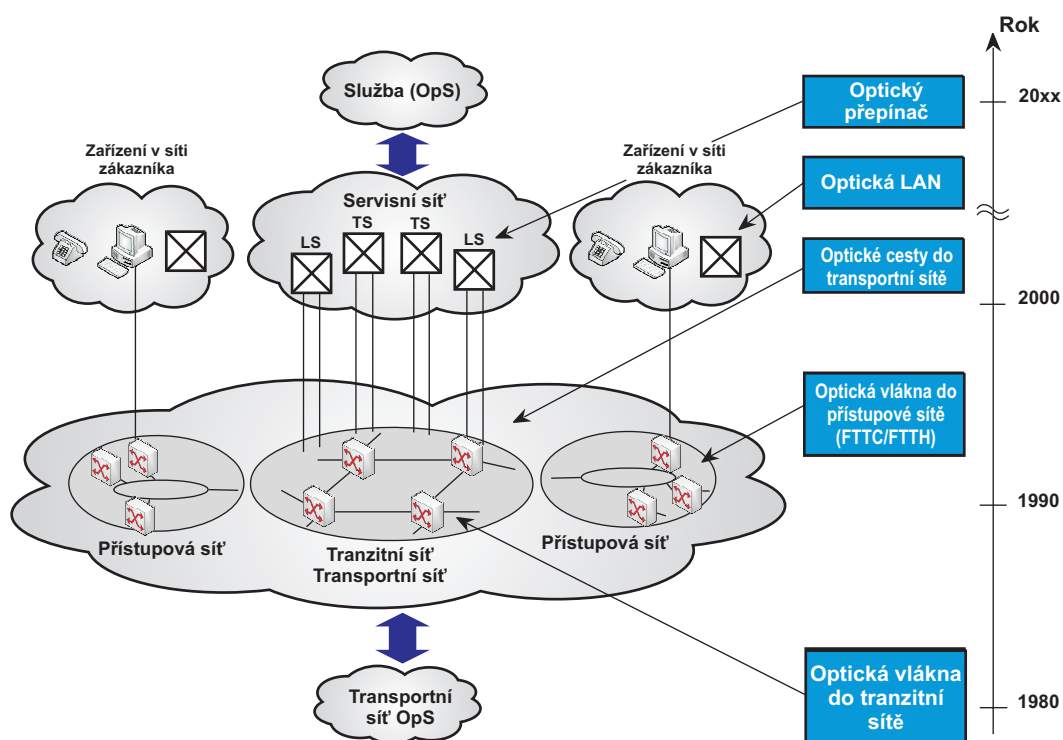
- Architektura ADM (přidání a vyjmutí paketu). Každé zařízení RPR se chová jako prvek add/drop, což znamená, že umí přidat pakety určené pro jinou stanici, nebo vybrat pakety určené pro ni samu. Toto zabezpečuje škálovatelnost řešení.
- Univerzálnost fyzické vrstvy. Standard RPR definuje pouze 2 vrstvy RM OSI modelu. Fyzická vrstva zůstala otevřená a proto kruh RPS je technologie kompatibilní s Ethernetem, SONETem i standardy DWDM. Paket vyslaný do kruhové sítě dosáhne svého cíle, aniž bychom museli používat směrovací algoritmy.
- Pružnost – RPR dosahuje díky použitým technologiím mimořádně krátké časy obnovy v případě havárie (do 50 ms). V takovém případě pakety dosáhnou svého cíle přesměrováním do opačného směru.
- Rovnoprávnost při rozdělení přenosového pásma. RPR obsahuje algoritmy regulující využití přenosového pásma. Přenosové pásmo kruhové sítě je totiž náchylné na zneužívání jedním uzlem (uživatelé). Navržené algoritmy

zaručují každému uzlu přístup k poměrné části přenosového pásma, ale zároveň mají výhody statistického multiplexu, tj. nevyužití pásma může využít jiný uzel.

- Hromadný a skupinový přenos (broadcast and multicast). Kruhové architektury jsou předurčeny pro využití hromadných a multicastových přenosů. Jedna a tatáž zpráva je doručena více nebo všem uzlům sítě bez nutnosti jejího rozmnožování.
 - Jednoduché poskytnutí služby bez složitého konfigurování. Na rozdíl od SONETu nemusí existovat žádné předem vytvořené okruhy na to, aby mohly uzly spolu komunikovat.
-

7.5 Transportní optické sítě

V současnosti dominují v transportní úrovni telekomunikační sítě optické technologie využívající optická přenosová média. Penetrace optických technologií do jednotlivých síťových úrovní je znázorněna na obrázku.



Penetrace optických technologií do vrstev sítí



Optické technologie [50], [51] se nejdříve uplatnily v transportních sítích, protože byly pro tuto aplikaci požadující přenos na velké vzdálenosti a velkou přenosovou šířku pásma nejvhodnější. Navíc jsou systémové náklady sdíleny mnoha uživateli. V důsledku uvedených skutečností jsou přenosové náklady na bit při použití optického média výrazně nižší než u média metalického. Od prvního zavedení optických vláknových přenosových systémů v roce 1981 se přenosová kapacita zvyšovala o více než jeden řád za dekádu. Z toho vyplynulo více než 90% snížení nákladů v této dekádě. I pokračující rozšiřování možností elektronických zařízení směřovalo do oblasti vysokorychlostního přenosu, takže umožnilo vývoj směrem k přenosovým systémům s přenosovými rychlostmi v řádech násobků Gbit/s. Další rozvíjející se technologie, kterým se musí věnovat pozornost, jsou optické zesilovače. Jejich výhody - široká aktivní šířka pásma, nízký šum, vysoký poměr zisk/výkon, snadné připojení k jednovláknovým vláknům - výrazně zvýšily aplikační rozsah optického přenosu i přes optické ztráty při přenosu signálů ve vlákně, přístrojích a optických komponentech. Kromě toho nové optické technologie - solitonový přenos, husté vlnové multiplexování DWDM, optické multiplexování s frekvenčním dělením OFDM a vysokorychlostní zpracování optických signálů - mají potenciál pro další zvyšování přenosové kapacity a síťové flexibility.

Optické sítě 1. a 2. generace



Elektronika v uzlu v optických sítích 1. generace musí zpracovávat nejen data určená pro tento uzel, ale i data, které přes daný uzel jen přecházejí k dalším uzlům v síti. Pokud by mohla být data směrována v optické oblasti, požadavky na elektroniku v uzlu by byly podstatně nižší. Toto je jeden z klíčových faktorů pro optické sítě 2. generace. Příkladem takových sítí jsou sítě OTDM a WDM. Síť WDM se již nyní začínají rozvíjet nejen v podmorských a dálkových sítích, ale už i v metropolitních a přístupových sítích. Síť OTDM se tvoří v širším časovém horizontu.

7.6 Architektury plně optických transportních sítí

Jak jsme již řekli, přenosové systémy současnosti se nacházejí na hranici svých přenosových kapacit. Nové možnosti se ukazují hlavně v evoluci k celooptickým sítím, které budou integrovat výhody velkého transportního pásma s možnostmi přepínání na přenosové vrstvě [52]. Protože technologie celooptického přepínání ještě není připravena k použití, mezistupněm mezi současnými sítěmi a celooptickými by měla být kombinace výhod elektrického a optického přepínání. Přenosové systémy by měly být založeny na využívání optického přenosového média spolu s multiplexem WDM (viz obrázek).

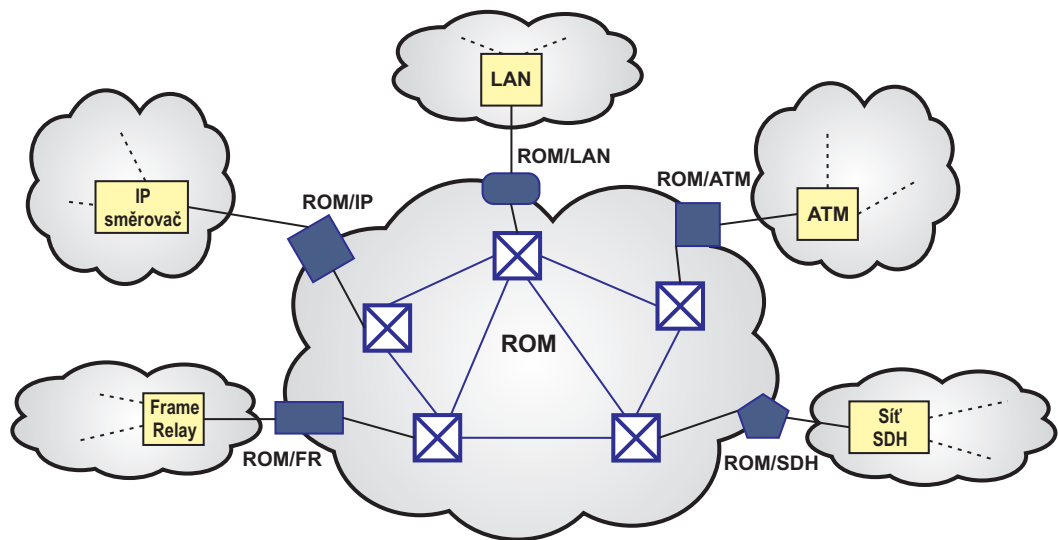
- I přes velké pokroky trpí optická technologie velkými problémy oproti elektrickému způsobu přenosu informace. Mezi hlavní problémy patří velmi nízká míra integrace. Dalším problémem je neexistence některých prvků, které jsou v elektronice běžné. Takovým prvkem jsou hlavně paměti: světlo není možné zastavit a ani skladovat. Místo optických pamětí se zpravidla používají zpoždovací linky.



Z vyjmenovaných omezení vyplývá, že struktura optického přepínače musí být specifická. Příchozí pakety jsou odeslány do zpoždovacího vedení. Jelikož využíváme multiplex WDM, v jedné lince může být několik paketů ve stejné době. Ve výstupním bodě sítě, kde se již rozhoduje, který konkrétní paket (konkrétně pakety na různých vlnových délkách) se odešle, se celý tok demultiplexuje a vyberou se konkrétní vlnové délky (a tím i pakety). Takto sestavená optická přepínací matice je dostatečně obecná a je třeba ji parametrovat. Nejdůležitějším údajem je délka jednoho zpoždění. Tato může být v synchronních sítích ekvivalentní délce jednoho paketu. Na druhé straně u shlukových sítí je nastavena na konstantu, která je výrazně menší, než je délka průměrného paketu, aby bylo možné v časové oblasti pakety přeuspořádat jeden za druhým.



Už z předchozího vyplývá, že v čistě optických sítích převažují dva odlišné přístupy: synchronní a asynchronní přepínání. Odlišné jsou, jak už jejich název říká, technologií přepínání v jednotlivých uzlech. V synchronních sítích jde o přepínání paketů konstantní délky, které jsou synchronizovány. V asynchronních mohou být pakety variabilní délky a aktivovány bez synchronizace. Z toho vyplývá i odlišný formát optických paketů.



Model multiservisní optické sítě s využitím optických paketů

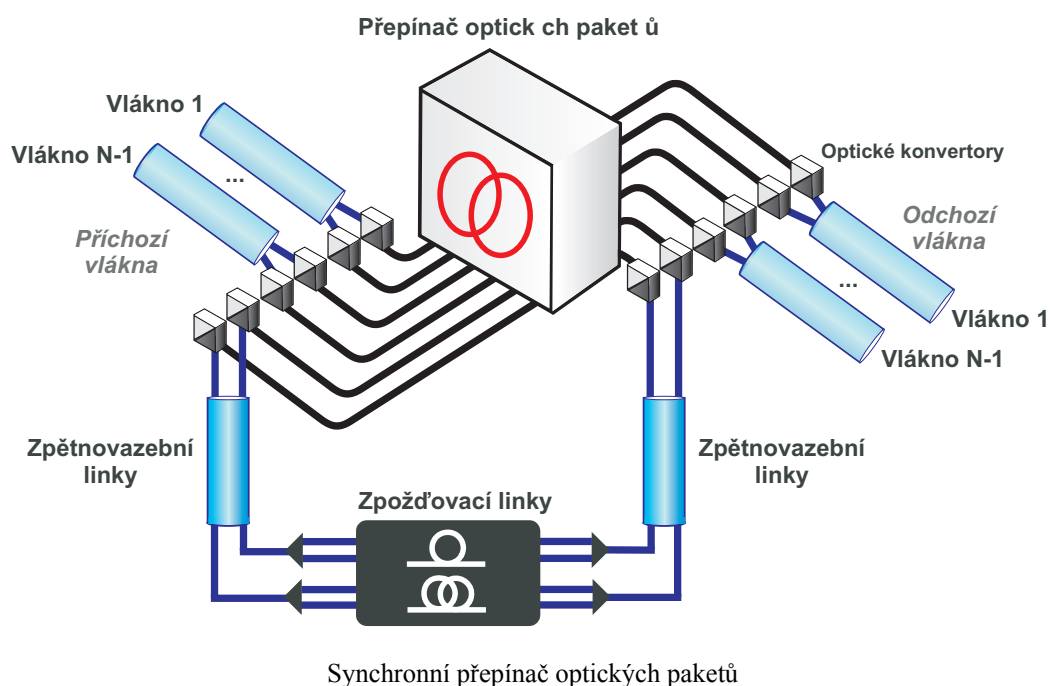
7.7 Synchronní optická síť



Synchronní optická síť je založena na přepínání paketů konstantní délky. Z toho vyplývá její struktura, jakož i struktura jednotlivých uzlů. V přístupovém bodu do takové sítě jsou příchozí toky transformovány do optických paketů. Každý optický paket obsahuje záhlaví a samotnou datovou část. Záhlaví a datová část jsou od sebe odděleny poli, která zajišťují bezpečné oddělení záhlaví od těla paketu a těla paketu od dalšího záhlaví. Začátek záhlaví i těla paketu tvoří synchronizační data pro synchronizaci paketu v uzlu. Záhlaví obsahuje směrovací informaci o každém paketu a je dlouhé 64 ns.

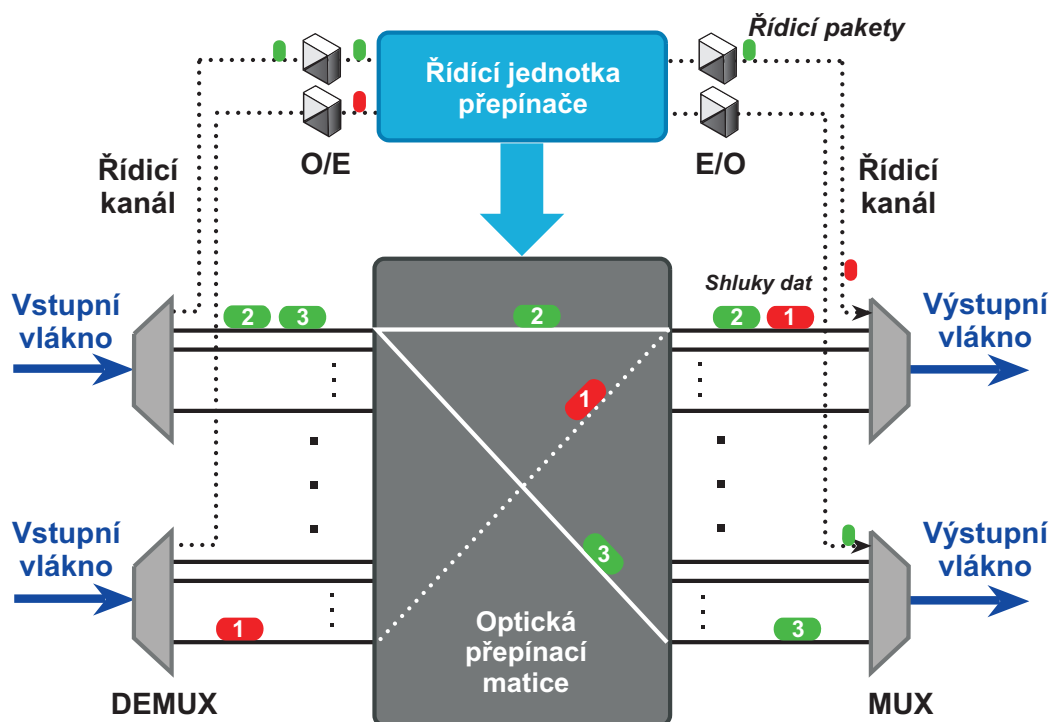


Každé oddělovací pole má délku 50 ns, dohromady tedy 100 ns. Zbytek paketu tvoří data. Protože pakety jsou konstantní délky, jsou přenášeny v rámci časových oken. Na začátku časového okna jsou všechny pakety seřazeny na vstupu optického přepínače. To je zajištěno pomocí synchronizátoru optických paketů. Synchronizátory rozdělujeme na přibližné a přesné. Formátu musí být přizpůsoben i přepínač paketů, který je na obrázku. Pakety jsou po příchodu do optického přepínače nejprve synchronizované. Pak se oddělí záhlaví od těla paketu. Tělo paketu dále ve zpoždovacím vedení čeká, zatímco je záhlaví zpracováno v elektrické podobě a přepínací matice je nastavena. Potom jsou pakety přepojeny do výstupního uzlu a na výstupní vlnovou délku. Před odesláním po konkrétním optickém vlákne je k nim ještě vygenerované nové záhlaví. Protože neexistence paměti může narušit výkonnost optického přepínače, využívají se ještě linky na recirkulaci paketů. Pakety, které neuspěly při hledání volného portu, jsou odeslány do těchto linek a jsou znovu zpracovány na vstupu optického přepínače o několik časových oken později.



7.8 Shluková optická síť

Alternativní přístup k synchronnímu přepínání optických paketů tvoří asynchronní (viz obrázek), které je více podobné tomu, které známe ze současného internetu. To znamená, že pakety mohou mít různé délky a mohou přicházet do uzlu v libovolném časovém okamžiku, nejen na začátku časového okna.



Příklad shlukového optického přepínače



Tento přístup přináší s sebou komplikace při přepínání, protože kromě možné kolize paketů na úrovni optického vlákna a vlnové délky (prostorové), musíme řešit i kolize paketů v časové oblasti. Pakety mají totiž různé délky a může se stát, že jeden paket ještě blokuje výstupní port a musíme počkat až do konce jeho odesílání, aby bylo možné odeslat další. Z tohoto pohledu je nastavení zpoždění přepínací matice z obrázku několikrát menší než délka průměrného paketu. Pro zvýšení výkonnosti shlukových optických sítí bylo navrženo několik protokolů. Využívá se rezervace cesty, aby pakety mohly být směrovány do cílového uzlu s minimem kolizí.

7.9 Technologie WDM



S pokroky v laserových a opto-elektrických přístrojových technologiích je možné vysílat jednu nebo více vlnových délek na stejném vlákně. Toto je známé jako vlnový multiplex WDM. Přidáním vlnových délek do stejného vlákna se efektivně zvyšuje kapacita šířky pásma vlákna, a tudíž se snižuje potřeba instalace dodatečných optických vláken. V systémech WDM je použita každá vlnová délka jako samostatný kanál. Z hlediska nasazení systémů WDM v různých typech sítí a z hlediska rozmístění kanálů se rozlišují tři základní typy sítí WDM - dálková, metropolitní, přístupová [53].



Dřívější systémy BWDM (širokopásmový WDM) pracovaly s velkým rozstupem kanálů, protože 2 vlnové délky byly odděleny a pracovaly ve dvou rozdílných přenosových oknech - při 950 a 1300 nm nebo při 1300 a 1550 nm. Novější systémy WWDM (široký WDM) již využívaly několik vlnových délek i v jednom přenosovém okně a rozteč optických kanálů je obvykle několik nm - 1275,7; 1300,2; 1324,7 a 1349,2 nm. Tyto systémy mají v současnosti uplatnění v sítích PON se 3 vlnovými délkami - 1310, 1490 a 1550 nm. V současnosti nejpoužívanější systémy DWDM (hustý WDM) mají rozteč kanálů obvykle ne více než několik nm v pásmu 1530 - 1625 nm přenosového okna erbiového vlákna a pro stabilizaci vlnových délek nevyhnutelně používají chlazené lasery [54].

Nejnovější systémy CWDM (hrubý WDM) využívají optické kanály v pásmu 1270-1610 nm s velkou roztečí kanálů (20 nm) a proto mohou používat lasery bez chlazení. Oba systémy - CWDM a DWDM - jsou typy WDM: DWDM je implementace WDM na dlouhé vzdálenosti a Coarse WDM je implementace WDM v metropolitních a přístupových sítích. Rozdílné požadavky těchto dvou implementací vytvářejí rozličné architektury a určují výkonnostní požadavky systémových komponentů. Cílem systémů DWDM je maximalizovat vzdálenost bez elektrické regenerace při rozložení nákladů zesilovačů na maximální počet vlnových délek. Cílem systému CWDM je minimalizovat náklady komponent v systému, kde je vzdálenost menší a zesilovače nejsou nutné.

Systémy DWDM - vlnové délky v pásmu 1530-1625 nm; využívají drahé chlazené lasery pro zamezení posunu vlnových délek mimo toto rozhraní, nebo pro snížení vzájemného ovlivňování. Zvýšení počtu kanálů vyžaduje zúžení rozestupu kanálů ve filtru, rozšířený prostor a použití translátoru k dosažení menšího rozestupu kanálů a využití nové části spektra - kromě běžného pásma C i nové pásmo L.

Systémy CWDM - vlnové délky v celém pásmu 1280-1625 nm; méně nákladné nechlazené lasery (úspora nákladů je přímo úměrná rozdílu v zapouzdřování mezi lasery v systémech DWDM a CWDM). Systémy CWDM - střední vzdálenosti a bez zesilovačů, odstranění omezení šířky pásma zesilovačů EDFA umožňuje rozdělovat vlnové délky v široké oblasti a umístit je dostatečně daleko od sebe, potřeba levných multiplexorů, demultiplexorů, add/drop (slučovače a rozbočovače) a přepínačů (ne však ze systémů DWDM) s nízkými ztrátami, vysokou izolací a vlastním roztečí kanálů.

Systemy DWDM a CWDM mají rozdílné zdroje pracující při určených vlnových délkách a rozdílné filtry pro kombinování vlnových délek do jediného vlákna na vysílacím konci a pro oddělení vlnových délek na přijímacím konci. Technologie používaných filtrů však mohou být stejné. Také začlenění a vyčlenění vlnových délek do příslušných míst systému může být provedeno stejnou technologií použitou pro oba systémy. Hlavní rozdíl mezi systémy je v tom, že rozteč kanálů u DWDM může být téměř 0,2 nm, zatímco při CWDM je rozteč kanálů typicky 20 nm. Proto je možné uvažovat i o praktickém využití kombinace technologií CWDM/DWDM. CWDM je alternativa k nákladným a složitým strukturám založeným na DWDM, protože poskytuje příležitost pokračovat ve směru vytvořeném technologiemi DWDM směrem k plně optické síti. Výhoda DWDM v odstraňování nákladných regenerátorů v dálkových sítích se nepoužívá v metropolitních sítích, kde se zesilovače buď nepožadují, nebo kde moduly bloků s levnými nechlazenými laserovými pumpami snadno splňují požadavky na dosah ve většině městských okruhů.

CWDM se liší od DWDM v tom, že rozteč optických kanálů mezi světelnými zdroji, které jsou multiplexované do jediného vlákna, je mnohem širší. Kromě toho, vysílače/přijímače CWDM používají optické multiplexování pro dosažení odpovídajících přenosových rychlostí, zatímco DWDM multiplexuje několik sériových datových toků k dosažení přenosové rychlosti řádově stovek Gbit/s. Toho je dosaženo použitím regulace teploty, aby se zajistila požadovaná stabilní rozteč kanálů při DWDM. Toto přesné řízení rozestupu kanálů umožňuje sdružovat velké množství samostatných kanálů. Typický systém CWDM má rozteč řádově několika nm (několik THz) a nepožaduje teplotní řízení. Vysílače/přijímače CWDM bez řízení teploty mají tedy přímo modulované lasery a využívají nízkorychlostní komponenty k dosažení vyšších datových rychlostí.

7.10 Architektury WDM



Síťové architektury WDM [53] mohou být rozděleny do dvou širších kategorií: architektury se širokým pásmem a výběrem (B&S) a architektury směrování vlnových délek (WR).



U sítí B&S WDM jednotlivé uzly vysílají na rozdílných vlnových délkách. Jejich signály jsou vysílány pasivním zařízením uprostřed sítě všem uzlům. V tomto případě je pasivním zařízením optický hvězdicový vazební člen. Tento vazební člen kombinuje signály ze všech uzlů a doručuje část z výkonu každého signálu na každý výstupní port. Každý uzel využívá laditelný optický filtr pro výběr požadované vlnové délky pro příjem.

Tento typ sítě je jednoduchý a vhodný pro použití v sítích LAN a MAN, jakož i v přístupových sítích. Počet uzlů v těchto sítích je omezen jednak počtem vlnových délek, protože ty nemohou být použity v síti vícenásobně, jakož i výkonem vysílaným z uzlu, který musí být rozdělen mezi všechny přijímače v síti.



Sofistikovanější a praktická architektura v současnosti je ta, která využívá směrování vlnových délek. Uzly v této síti jsou schopny směřovat rozdílné vlnové délky ze vstupního portu na rozdílné výstupní porty. Toto umožňuje sestavit současně několik světelných drah používajících stejné vlnové délky v síti; tj. kapacita může být znovu použita prostorově. Tyto světelné dráhy používají stejnou vlnovou délku na celé délce své cesty. Toto omezení je platné pouze v případě, že síť nemá schopnost konvertovat vlnové délky. Architektura se zároveň vyhýbá vysílání výkonů k nechtěným přijímačům v síti. Typ sítě je vhodný pro použití v sítích MAN a WAN, jakož i v meziúředních a místních sítích.

7.11 Architektury OTDM

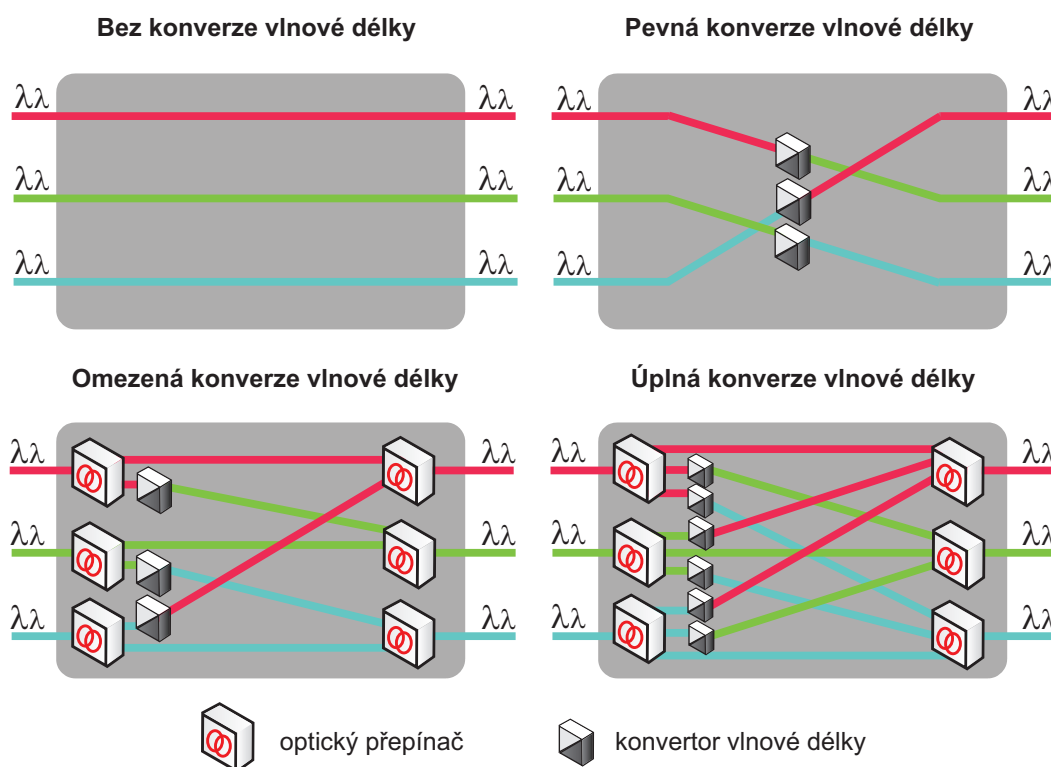


Nejjednodušší síťová architektura OTDM je architektura vysílání a výběru (B&S). Namísto vlnových délek mají rozdílné uzly různé časové intervaly pro vysílání jejich dat. Tyto sítě trpí stejnými problémy jako B&S WDM sítě, ale mohou se eventuálně stát vhodnými pro použití v sítích LAN. Druhou formou sítě OTDM je optická síť s přepojováním paketů. Tato síť by měla zastat všechny funkce, které jsou v současnosti prováděny sítěmi s přepojováním paketů. Přístup OTDM však používá vysokorychlostní optické přepínače paketů v uzlech. Uzel přijme paket, přečte jeho záhlaví a přepne ho na vhodný výstupní port. Uzel může také vytvořit nové záhlaví k paketu. Musí také řešit soupeření na výstupních portech (současný příchod dvou paketů z rozdílných vstupních portů na jeden výstupní port).

V ideálním případě by měly být všechny funkce vykonávané v uzlu v optické oblasti, ale v praxi se určité funkce realizují v elektrické části. Je to hlavně z důvodu velmi omezených schopností zpracování v optické oblasti. Samotné záhlaví může být posíláno nižší přenosovou rychlostí než data, takže může být zpracováno elektricky.

7.12 Vývojové trendy transportních sítí WAN

Ještě před několika lety byly pro přenos dat využívány převážně metalické kabely. Postupně byly však nahrazovány optickými kabely, které se vyznačují mnohem lepšími vlastnostmi hlavně z hlediska menší chybovosti, útlumu a širšího přenosového pásma. Další vývoj umožnil efektivnější využití přenosového pásma díky využití vlnového multiplexu (WDM), při kterém je několik vlnových délek přenášeno paralelně po jednom optickém vlákně.



Různé možnosti konverze vlnové délky



WDM umožnil i využití informací o vlnové délce jako směrové informace a vytváření okruhů identifikovaných vlnovou délkou. Důležitou informací v takových sítích je, zda propojovací uzly umožňují konverzi vlnové délky (viz obrázek). Pokud ano, jsou takové sítě flexibilnější, ale zároveň i komplikovanější a náročnější na implementaci. Nejnovějším vývojovým stupněm v transportních sítích je přepínání paketů na úrovni optické technologie. Hovoříme o celo nebo čistě optické síti.

Optické pakety jsou dále směrovány v síti bez dodatečné konverze zpět do elektrické podoby před výstupním bodem z optické sítě. Tato technologie dosud není plně zvládnutá, proto se spolu s optickou přepínací maticí ještě využívají elektronické paměti.