

# **Implementace komunikačních technologií pro zavedení IP telefonie**

Implementation of Communication Technologies for IP Telephony

Bc. Petr Karpíšek

---

Diplomová práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2012/2013

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Karpíšek**  
Osobní číslo: **A11484**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Implementace komunikačních technologií pro zavedení IP telefonie.**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma IP telefonie.
2. Analyzujte současné možnosti zavedení technologie VoIP.
3. Navrhněte formou projektu možná technická řešení.
4. Vybrané řešení zrealizujte a vyhodnoťte.
5. Uveďte cenovou rozvahu řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. WALLACE, Kevin. Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.
2. WALTER, Björn a Vladislav JANEČEK. Telefonujeme přes internet: sada programů a názorný průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 237 s. ISBN 978-80-251-1631-9.
3. PORTER, Thomas. Practical VoIP security [online]. Rockland, Mar.: Syngress, 2006.
4. HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
5. XIAO, Yang, Frank Haizhon LI a Hui CHEN. Handbook of security and networks. New Jersey: World Scientific, 2011, xxi, 551 s. ISBN 978-981-4273-03-9.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jiří Korbela, Ph.D.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

**22. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**22. května 2013**

Ve Zlíně dne 22. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je uvedení základních teoretických poznatků z oblasti IP telefonie do praxe. V textu jsou průběžně uváděny principy fungování dílčích technologií standardu VoIP, včetně popisu analogie s klasickou telefonní sítí. Součástí práce je analýza aktuálních možností implementace IP telefonie, nabídkový projekt společnosti Siemens a zhodnocení stávajícího stavu datové i telefonní infrastruktury. V návaznosti na tyto kroky je provedena samotná realizace prostředí IP telefonie a konfigurace jednotlivých komponent sítě. Na závěr je uvedena cenová rozvaha výsledného řešení, společně s popisem ekonomického zhodnocení.

*Klíčová slova: IP telefonie, technologie VoIP, konvergovaná síť, komunikace v reálném čase, komunikační protokoly, signalizační protokoly, telefonní síť, digitalizace hlasu, virtuální pobočková ústředna, implementace IP telefonie, architektura VoIP, hlasové kodeky, konfigurace komponent VoIP, analýza aktuálních možností IP telefonie, projektový návrh.*

## ABSTRACT

The objective of the thesis is to bring basic theoretical knowledge of IP telephony into practice. The principals of functioning of VoIP technology standard, including the description of analogy with the traditional telephone network, are mentioned continuously. The thesis includes an analysis of actual possibilities of IP telephony implementation, the project offered by Siemens company and an evaluation of the current state of data as well as telephony infrastructure. In connection with these steps the implementation of IP telephony environment and the configuration of network components are accomplished. At the end of the thesis the price of the final solution is calculated and the economic evaluation of the project is done.

*Keywords: IP telephony, VoIP technology, converged network, real-time communication, communication protocols, signaling protocols, telephony, network, voice digitalization, virtual private branch exchange, implementation of IP telephony, VoIP architecture, voice codecs, configuration of VoIP components, analysis of current opportunity for IP telephony, project offer.*

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Jiřímu Korbelovi, za věcné připomínky při konzultaci.

Díky patří také mému pracovnímu kolektivu za podporu a toleranci v průběhu studia.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VOIP</b> .....	<b>12</b>
1.1 VÝVOJ.....	12
1.2 VÝHODY.....	12
1.3 VLASTNOSTI A POŽADAVKY.....	14
1.4 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY.....	16
1.4.1 H.323 .....	16
1.4.2 SIP .....	18
1.4.3 MGCP .....	21
1.4.4 RTP .....	22
1.4.5 Proprietární protokoly .....	23
1.5 BEZPEČNOST HLASOVÝCH DAT .....	23
1.6 ARCHITEKTURA IP TELEFONIE .....	27
1.6.1 Distribuovaná architektura .....	27
1.6.2 Centralizovaná architektura.....	27
1.7 DIGITALIZACE SIGNÁLU A KODEKY .....	28
<b>2 KLASICKÁ TELEFONNÍ SÍŤ</b> .....	<b>30</b>
2.1 STRUKTURA.....	30
2.2 ANALGOVÁ TELEFONNÍ SÍŤ.....	31
2.3 DIGITÁLNÍ TELEFONNÍ SÍŤ .....	32
2.3.1 ISDN.....	33
2.3.2 Digitální signalizace .....	34
<b>3 KOMPONENTY V PROSTŘEDÍ IP TELEFONIE</b> .....	<b>36</b>
3.1 KONCOVÁ ZAŘÍZENÍ .....	36
3.1.1 Fax.....	39
3.2 SPOJOVACÍ SYSTÉMY .....	39
3.2.1 Vývoj .....	39
3.2.2 Specifikace .....	39
3.2.3 Řízení volání .....	40
3.2.4 Plány vytáčení .....	41
3.2.5 Tarifkace .....	42
3.3 HLASOVÁ BRÁNA .....	42
3.4 AKTIVNÍ PRVKY .....	43
3.4.1 QoS.....	43
3.4.2 VLAN.....	45
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>47</b>
<b>4 ANALÝZA SOUČASNÝCH MOŽNOSTÍ IP TELEFONIE</b> .....	<b>48</b>

4.1	VIRTUÁLNÍ POBOČKOVÁ ÚSTŘEDNA .....	48
4.2	ŘEŠENÍ SPOLEČNOSTI CISCO .....	49
4.3	ŘEŠENÍ SPOLEČNOSTI SIEMENS .....	50
4.4	ASTERISK .....	52
4.5	SHRNUTÍ A POROVNÁNÍ .....	53
<b>5</b>	<b>NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>54</b>
5.1	CHARAKTERISTIKA .....	54
5.2	POŽADAVKY ZADAVATELE .....	54
5.3	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	54
5.3.1	Telefonní systém .....	55
5.3.2	Datový systém .....	55
5.3.3	Aktivní prvky .....	57
5.4	NÁVRH ŘEŠENÍ SPOLEČNOSTI SIEMENS.....	58
5.5	SPECIFIKACE KOMPONENT .....	59
5.5.1	Systémy pro řízení volání.....	59
5.5.2	Brány .....	61
5.5.3	VoIP převodník .....	62
5.5.4	Telefony.....	63
<b>6</b>	<b>REALIZACE .....</b>	<b>65</b>
6.1	PRVNÍ ETAPA – KRAJ VYSOČINA .....	65
6.2	DRUHÁ ETAPA – KRAJ JIHMORAVSKÝ .....	66
6.3	KONFIGURACE KOMPONENT .....	67
6.3.1	Aktivní prvky .....	67
6.3.2	Služby DHCP .....	73
6.3.3	Konfigurace IP telefonů .....	75
6.3.4	Konfigurace telefonního systému.....	76
6.4	CENOVÁ ROZVAHA .....	81
6.5	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	82
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>83</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>91</b>



## ÚVOD

Diplomová práce na téma implementace komunikačních technologií pro zavedení IP telefonie se zabývá problematikou přenosu hlasu po paketové síti, využívající protokol IP. V současné době se jedná o velmi diskutované téma v oblasti moderních telekomunikačních řešení. V praxi i v literatuře je tato problematika často prezentována pod pojmy VoIP nebo IP telefonie. Termín VoIP je v tomto případě spíše obecným označením pro soubor technologií, umožňující realizaci prostředí se službami IP telefonie. Primárním cílem je však vytvoření jednotné, neboli konvergované komunikační infrastruktury pro přenos hlasu i běžných dat. Takové řešení je oblíbené zejména proto, že poskytuje alternativu ke klasické telefonní síti a současně přináší značnou finanční úsporu.

Motivací pro výběr tohoto tématu byla zejména jeho aktuálnost. Dále také fakt, že literatura, psaná českými odborníky, není příliš ucelená, a proto se stává orientace v této problematice poněkud obtížnou. Z tohoto důvodu vychází práce převážně ze zahraniční literatury, která poskytuje informace v komplexnější podobě.

Cílem práce je poskytnout čtenáři ucelený pohled na soubor technologií VoIP. Vzhledem k rozsáhlosti této problematiky není možné pokrýt veškeré aspekty. Proto se práce zabývá pouze stručným výčtem vlastností a principů jednotlivých prvků. Teoretická část si klade cíl představit čtenáři jednotlivé dílčí technologie, jejich protokoly a architekturu. Rozebrány jsou především základní protokoly pro přenos hlasu v reálném čase a signalizace, které jsou základní součástí VoIP technologie. Pozornost je soustředěna rovněž na klasickou telefonní síť, která tvoří analogii k IP telefonii, ale také poskytuje spojení s účastníky mimo prostředí IP sítě. Také je důležité poznamenat, že většina principů, na nichž je postavena technologie VoIP, vychází z analogových nebo digitálních telefonních sítí. Teoretická část se dále zabývá popisem komponent, které tvoří nedílnou součást konvergované infrastruktury a zajišťují funkčnost IP telefonie jako celku. Takovými komponentami jsou zejména spojovací systémy, hlasové brány a aktivní prvky sítě, které společně tvoří analogii ke klasickým telefonním ústřednám. Kvalita výsledného řešení je dána mimo jiné i stupněm zabezpečení. Během případného útoku na prostředí IP telefonie může dojít k paralyzování celé sítě či kompromitaci důležitých informací, případně k volání na účet cizí osoby. Obecně může mít takový útok až fatální následky.

Tyto aspekty by neměly být nikdy podceňovány. Tématu zabezpečení je proto věnována jedna kapitola.

Praktická část je zaměřena především na převedení teoretických znalostí do praxe. Zabývá se analýzou aktuálních možností implementace IP telefonie do firemního prostředí. Jedná se o varianty Cisco, Siemens, Asterisk a také o alternativní řešení prostřednictvím virtuální pobočkové ústředny. Součástí je zhodnocení jednotlivých řešení, včetně jejich porovnání. Dále je formou projektu proveden návrh řešení od společnosti Siemens, postavený na platformě HiPath řady 3000, 4000 a jeho vzdáleném přístupovém bodě. Projekt obsahuje rovněž analýzu stávající datové i telefonní infrastruktury a také specifikaci jednotlivých komponent a jejich vlastností, které tvoří výslednou konvergovanou infrastrukturu. Na tuto část je volně navázán popis výběru výsledného řešení a jeho následná realizace v organizaci Celní správy České republiky v rámci kraje Jihomoravského a kraje Vysočina. Další kapitola je pak věnována samotné konfiguraci jednotlivých komponent IP telefonie. Na závěr je uvedena cenová rozvaha výsledného řešení a provedeno ekonomické zhodnocení projektu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VOIP

*Voice over Internet Protocol* (VOIP) je soubor technologií, které umožňují využívat datové sítě, založené na protokolu IP, pro přenos hlasu. Současně definuje způsob přenosu hlasových proudů, včetně digitalizace a následné paketizace. Jedná se o alternativu ke klasické telefonii, která je postavena na samostatných sítích s přepojováním okruhů. Výsledkem je takzvaná konvergovaná síť, kde se hlasový provoz realizuje společně s ostatními daty po síti s přepojováním paketů. Zatímco u klasické telefonie je pro hlas sestavena fyzická cesta, v případě IP telefonie je vytvořeno pouze logické spojení.

### 1.1 Vývoj

Snaha využít datové sítě pro přenos hlasu a dalších multimediálních formátů, je důsledkem historického vývoje. Počátky VoIP technologie sahají do poslední dekády dvacátého století. Prvním, obecně známým řešením, byla realizace hlasového hovoru mezi dvěma PC, která měla do současných řešení daleko. A to jak kvalitou zvuku, tak i provedením. Nicméně i tento, dá se říci pokus, položil základy technologie VoIP, která se začala rychle rozvíjet.

Postupem času bylo možné přenášet hlasová data v celé síti LAN a následně dokonce i v rámci WAN. To, co se původně zdálo jako nemožné, se stalo realitou. Zpočátku byly prostředky pro telefonování po síti zejména softwarovou záležitostí, ale později se k tomuto účelu začala vyrábět zařízení, která vypadají jako klasický telefon s rozšířenými funkcemi. Pomyslným vrcholem vývoje bylo propojení s veřejnou telefonní sítí, prostřednictvím které mohly být hovory směrovány i mimo VoIP prostředí.

V současné době je IP telefonie nabízena do běžných domácností jako plnohodnotná náhrada klasických telefonních přípojek. Ve firemním prostředí se totéž týká pobočkových ústředen.

### 1.2 Výhody

Při rozhodování o implementaci služeb IP telefonie vždy hraje hlavní roli především ekonomický aspekt. V takovém případě se využití datové sítě pro přenos hlasu jeví jako velice výhodné.

Ve firemním prostředí je možné spatřovat úsporu ve využívání společné (konvergované) sítě pro hlas i data. Není proto potřeba investovat do dvou separovaných komunikačních sítí. Obecně, tedy i mimo firemní prostředí, je úspora reprezentována paušálním poplatkem za připojení k Internetu, namísto účtování každé provolané jednotky, jako v případě, kdy by bylo spojení uskutečněno prostřednictvím veřejné telefonní sítě. Z toho vyplývá, že pokud je přenos hovoru směřován přes datovou síť, je ekonomicky výhodnější. Zejména geograficky oddělené společnosti mohou takto realizovat hlasový provoz přes vlastní datovou síť.

Přestože finanční úspory jsou jistě opodstatněné, existují i další výhody, které VoIP technologie přináší:

- **flexibilita** – možnost využívání různých aplikací a služeb díky sofistikovaným funkcím IP sítí,
- **pokročilé funkce** – interaktivní hlasové systémy (IVR), současná komunikace více médií (například interaktivní výuka), integrace hlasové a datové pošty, pokročilé směřování (v případě, že existuje více možností spojení, mohou být některé upřednostňovány v závislosti na nákladech, vzdálenosti, kvalitě nebo aktuální zátěži – příkladem může být směřování s nejnižšími náklady) a mnoho dalších [7],
- **integrované informační systémy** – poskytují možnost ovlivňovat obchodní procesy. Mezi tyto procesy patří centralizované řízené volání, virtuální kontaktní centra, přístup k prostředkům a samoobslužným nástrojům,
- **zabezpečení** - mechanismy pro šifrování zpráv chrání pakety pro případ, že by došlo k neoprávněnému příjmu paketů,
- **rozšiřování o nové funkce,**
- **snadná škálovatelnost,**
- **vyšší produktivita uživatelů,**
- **efektivní administrace.**

Vzhledem k interakci hlasových služeb s datovou sítí nabízí IP telefonie takový potenciál, který není ve většině případů ani plně využit. Některé pokročilé funkce jsou dokonce nad rámec činnosti společností, které technologii VoIP využívají.

### 1.3 Vlastnosti a požadavky

Stejně jako jiné technologie, i VoIP přináší do návrhu sítě další problémy a klade nové nároky na prostředí, ve kterém má být implementováno. Některé aspekty mají vliv na kvalitu, jiné dokonce na samotnou funkčnost. Většina požadavků na kvalitu služeb vychází ze znalostí a zkušeností v oblasti klasických telefonních sítí:

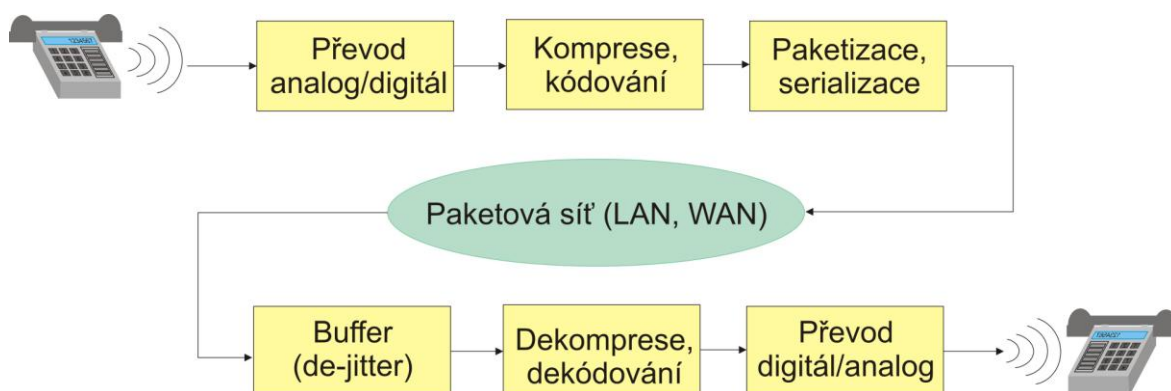
- **trvalá dostupnost služby**
- **jednosměrné zpoždění pod 150 ms**
- **garantovaná vysoká kvalita a odezva v reálném čase**

Pokud má být technologie VoIP plnohodnotnou alternativou ke klasickým telefonním službám, musí splňovat podobné podmínky. Výhodou klasických telefonních sítí je, že pro každý hlasový proud je vyhrazena šířka pásma a nedochází tak ke zhoršování kvality. Datové sítě se však svojí podstatou zásadním způsobem odlišují od těch telefonních. Kvalita zvuku je dána následujícími faktory:

- **Věrnost reprodukce zvuku** – tedy míra přesnosti reprodukce vstupního signálu. Celková šířka pásma mluveného slova je limitována šířkou pásma přenosového média.
- **Ozvěna** – ozvěna je zapříčiněna elektrickou impedancí přenosové cesty. Míra ozvěny je dána amplitudou (hlasitost ozvěny) a zpožděním (doba, po které je slyšet ozvěna). Ozvěnu je třeba eliminovat prostřednictvím speciálních mechanismů, nazývaných jako anti-echo.
- **Proměnlivé zpoždění (jitter)** – jeden z nejznámějších problémů. Jedná se o nežádoucí odchylku při doručování hlasových paketů koncovému zařízení. Proměnlivá doba doručování hlasového proudu způsobuje prodlevy při rekonstrukci hlasového signálu. Tento problém je možné odstranit pomocí vyrovnávací paměti (buffer). Buffer tvoří frontu pro ukládání paketů, které jsou následně přehrávány jako nepřetržitý datový proud. Jitter může způsobovat zpoždění určitých částí slov a pak se celá konverzace stává nesrozumitelnou.
- **Zpoždění** – čas, který uplynul od zahájení řeči na jedné straně do okamžiku doručení hlasu na stranu druhou. Míra zpoždění je dána několika faktory. Mezi ně patří kódování (převod do digitální podoby), komprese, paketizace (převod

digitálních informací na pakety), serializace (vkládání bitů na přenosové médium), propagace (doba průchodu přes linku), práce s vyrovnávací pamětí a podobně. Se zpožděním je třeba do určité míry počítat a případně učinit taková opatření, aby byl zajištěn přijatelný výkon sítě.

- **Ztráta paketů** – během přenosu hlasových paketů může dojít k jejich ztrátě. Příčinou může být například nestabilní síť, její zahlcení nebo i velké zpoždění. Nicméně ztracené hlasové pakety nelze obnovit. V případě, že dojde ke ztrátě velkého množství paketů, výsledkem mohou být slyšitelné výpadky konverzace.



Obr. 1. Proces zpracování a přenosu hlasu

Výše zmíněné faktory se týkají zejména fyzikálních vlastností komunikační sítě. Existuje však i celá řada dalších aspektů, které musí technologie VoIP řešit. Do prostředí, které má poskytovat plnohodnotné služby IP telefonie, musí být implementovány komponenty, disponující mechanismy pro zajištění základních funkcí, jako například:

- Přístup k veřejné telefonní síti (pokud nejde o izolovaný systém)
- Adresace a správa jednotlivých uzlů (překlad telefonního čísla na IP adresu)
- Navazování a řízení hlasových relací
- Digitalizace a komprimace hlasového signálu
- Přenos hlasových proudů
- Konverze protokolů a kodeků
- Směrování
- Tarifkace hlasového provozu

Už na počátku je potřeba vypočítat nároky na přenosovou rychlost. A to na základě použitých kodeků a počtu souběžných volání. Dále nesmí být opomenuto nastavení mechanismů pro zajištění kvality služeb (QoS) a případné zavedení mechanismů redundance pro převzetí služeb řízení při selhání. Nedílnou součástí je nastavení zásad zabezpečení k zajištění stability sítě i bezpečnosti hlasové komunikace.

## 1.4 Komunikační protokoly

Komunikační protokoly jsou nedílnou součástí technologie pro přenos hlasu po síti. Ze samotného názvu vyplývá, že technologie pro IP telefonii využívá protokol třetí vrstvy ISO/OSI modelu – protokol IP. Čtvrtá, transportní vrstva bývá nejčastěji reprezentována protokolem UDP s nespojovaným charakterem, ale možné je využít i TCP. Protokol TCP je transportní protokol, který zajišťuje spolehlivost přenesených dat, ale výhoda nepotvrzovaného UDP spočívá v poměrně nízké režii. Současně nedochází při výpadcích k čekáním na opětovné posílání dat.

Aplikační protokoly můžeme podle účelu rozdělit na dvě základní skupiny. První skupina je tvořena protokoly, sloužícími k vytváření a výměně informací o řízení. Využívají se k navazování, monitorování a uvolňování spojení mezi dvěma koncovými body (terminály). Takové protokoly se označují jako signalizační. Do druhé skupiny pak patří protokoly pro přenos samotných datových proudů.

Mezi nejznámější a nejvyužívanější standardní protokoly patří následující:

### 1.4.1 H.323

Standard Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) nepředstavuje pouze jediný protokol. Jedná se o komplexní řešení, zahrnující množinu komponentů, protokolů a funkcí, které společně poskytují multimediální komunikační služby. Primárně se jedná o audio komunikaci v reálném čase prostřednictvím sítí, založených na přepojování paketů. Volitelně však umožňuje také přenos dat a videa. Zajímavostí je, že předpokládá síťovou strukturu bez garance kvality služeb (QoS) [6].

H.323 vychází z protokolu Q.931 technologie ISDN. Je velmi komplexním a robustním řešením, pokrývajícím veškeré aspekty IP telefonie a současně má dobrou návaznost na klasickou telefonii.



Standard H.323 zastřešuje protokoly, pokrývající všechny aspekty přenosu volání od jeho ustavení, přes výměnu schopností až po dostupnost síťových prostředků:

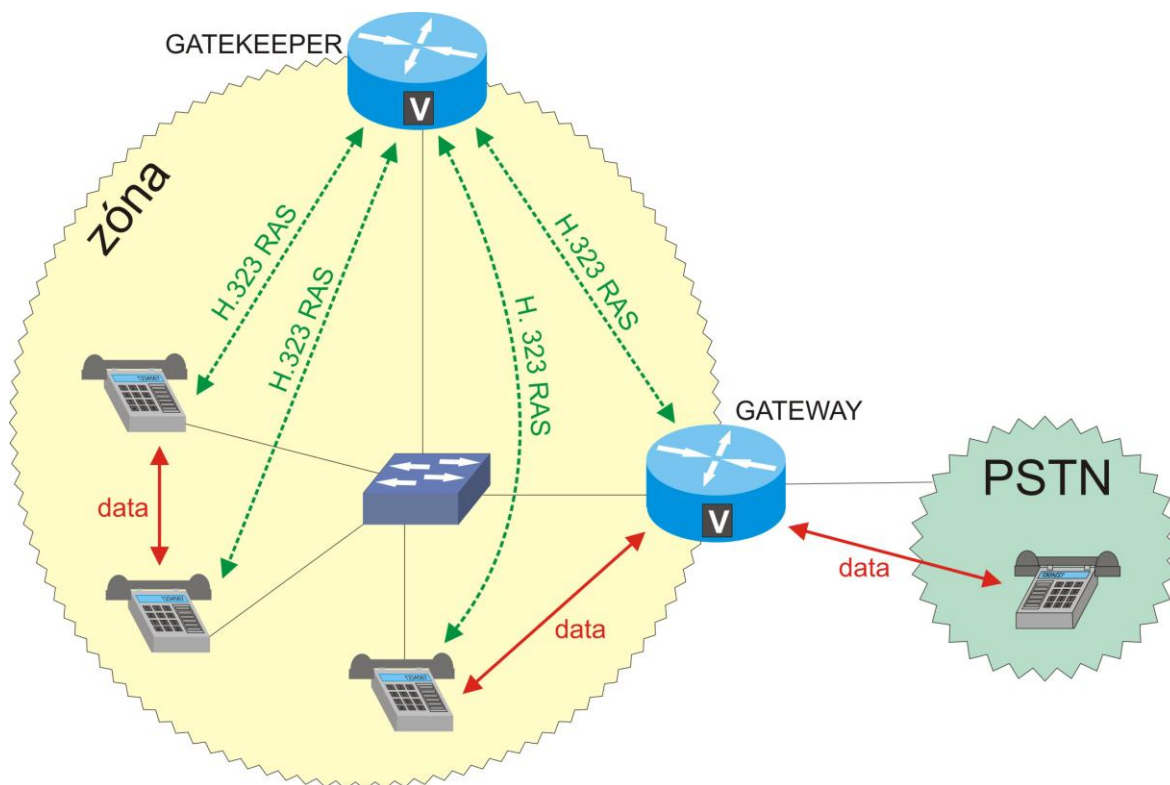
- **H.225.0** pro nastavení volání, pro registraci, zpřístupnění a řízení stavu (RAS – *Registration/Admission/Status*),
- **H.245** pro řídicí funkce (výměna schopností, čítače a časovače)

### Architektura

H.323 současně definuje jednotlivé komponenty systému [6]:

- **Terminály** – typicky koncová zařízení (IP telefony, softwarové vybavení PC).
- **Gateway (GW)** – neboli brána – tvoří přechod mezi systémy s odlišnými protokoly. Nejčastěji se jedná o propojení IP sítě s klasickou telefonní sítí. Součástí jsou tedy i konverzní funkce na různých úrovních (převod mezi různými kodeky, změna signalizačního protokolu a podobně).
- **Gatekeeper (GK)** – neboli správce brány – je nepovinná komponenta, avšak v případě, že je implementována, musí se využívat. Slouží k poskytování služeb terminálům, které u něj musí být zaregistrovány. Veškeré terminály, spadající pod působnost správce brány tvoří zónu. Gatekeeper pak zajišťuje správu této zóny, překlad adres, řízení přístupu, řízení přenosové kapacity a další volitelné služby. Jeho funkci lze přirovnat k telefonní ústředně, nicméně běžně zajišťuje pouze signalizaci. Samotný přenos hlasových dat probíhá přímo mezi koncovými terminály. Jedná se tedy o komunikaci peer-to-peer.
- **Multipoint control unit (MCU)** – jednotka pro řízení konferenčního spojení. Umožňuje třem nebo více terminálům a branám podílet se na konferenci. Zajišťuje nejprve domluvu na společných vlastnostech konference a poté i samotný její průběh. Multipoint control unit se skládá ze dvou částí, z nichž jedna je povinná a druhá volitelná. V nejjednodušším případě tak může MCU sestávat pouze z MC, bez účasti MP.
  - **Multipoint controller (MC)** – řídicí entita, která slouží k sestavování konferencí mezi třemi i více účastníky.

- **Multipoint procesor (MP)** – entita, zajišťující zpracování multimediálních dat, přenášených v konferenci. Tato komponenta je volitelná, ale může se v síti vyskytovat i vícekrát.



Obr. 2. Architektura standardu H.323

Nevýhodou tohoto standardu je především jeho nákladnost a složitost. Proto je v současné době spíše na ústupu.

#### 1.4.2 SIP

*Session Initiation Protocol* (SIP) je jeden z nejvýznamnějších protokolů pro hlasovou signalizaci v IP sítích, jehož úkolem je iniciování či rušení relací mezi dvěma i více účastníky. V současné době je zřejmě nejvyužívanějším standardem. Tomu odpovídá i stále větší podpora ze strany výrobců telefonních zařízení. Předností SIPu je především jeho jednoduchost. Koncepce je podobná jako u internetových protokolů HTTP nebo SMTP a také je textově orientovaný.

Jako otevřený a standardní protokol splňuje požadavky na vzájemnou spolupráci mezi systémy a zařízeními od různých výrobců, čímž poskytuje vysokou flexibilitu komunikačních řešení.

Důležitým faktem zůstává, že protokol SIP vzniknul pouze za účelem signalizace. Samotný přenos zvukových dat a řízení hovoru již není v jeho kompetenci. Tyto aspekty řeší jiné protokoly, které na SIP navazují. Příkladem může být řídicí protokol SDP (*Session Description Protocol*), který zjišťuje schopnosti zařízení, čísla portů, kódování dat a podobně.

Z pohledu sedmivrstvého modelu ISO/OSI je protokol SIP definován na nejvyšší, tedy aplikační vrstvě. Co se týče dalších protokolů, které SIP využívá, máme (díky značné volnosti specifikace) možnost výběru. Na transportní vrstvě je využíván převážně protokol UDP na portu 5060, ale možné je použít rovněž protokol TCP na stejném portu.

Koncová zařízení musí být dostupná prostřednictvím určité adresy. V prostředí SIPu je samozřejmě umožněno využít IP adresu konkrétního terminálu, ale zpravidla je využívána logická adresace pomocí doménového jména, ve tvaru podobném klasické e-mailové adrese. Tato adresa se nazývá URI (*Uniform Resource Identifier*).

Konvence zápisu je následující:

```
sip:[uživatel[:heslo]@]hostname[:port][;parametry][?hlavičky]
```

V hranatých závorkách jsou uvedeny nepovinné položky a parametry. Ze zápisu je patrné, že jedinou povinnou položkou je název hostitele, což může být kupříkladu právě IP adresa.

### Architektura

V prostředí, využívajícím protokol SIP jsou definovány základní síťové komponenty, které se podílejí na sestavování relací [3]:

- **User Agent (UA)** – logické označení pro koncová zařízení, jako jsou PC (vybavené softwarem pro IP telefonii), běžné telefony, mobilní telefony, PDA, která jsou využívána pro vytváření či přijímání SIP zpráv. UA plní ze softwarového hlediska funkce klienta i serveru:
  - **User Agent Client (UAC)** – funkce UA, která posílá SIP žádosti na spojení se serverovou částí volaného agenta (UAS).
  - **User Agent Server (UAS)** – funkce UA, která přijímá SIP požadavky od volajícího klientského agenta (UAC) a vrací mu odpověď.

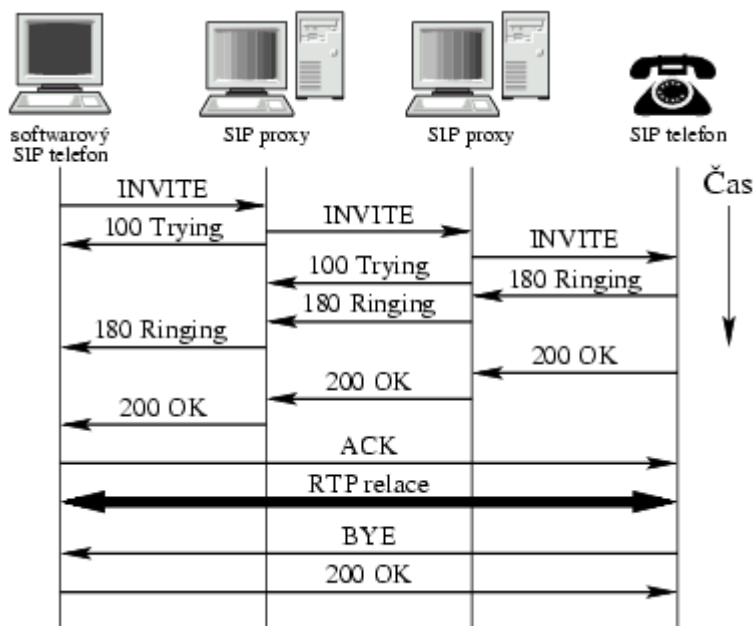
V určitých případech jsou dvě koncová zařízení (UA) schopna komunikovat bez účasti dalších (podpůrných) zařízení, což je důvodem, proč je protokol označován jako

peer-to-peer. Pokud zná volající terminál (UAC) polohu terminálu volaného (UAS), vytvoří relaci přímo.

Jiná situace ovšem nastává, pokud volající agent nezná polohu volaného. V praxi se jedná o celkem běžný případ, vzhledem k tomu, že účastníci se mohou dynamicky přemísťovat. Je proto třeba zjistit, kde se požadovaný účastník nachází. V takovém případě musí klientský agent využít služeb, které jsou poskytovány dalšími podpůrnými komponenty v síti. Tyto prvky tvoří analogii ke správci brány (gatekeeper) v sítích H.323:

- **Registrační server (Registrar)** – poskytuje služby pro registraci jednotlivých uživatelských agentů (UA) za účelem evidence jejich aktuální polohy. Každý UA, pokud má být dosažitelný, vysílá po přihlášení do sítě registračnímu serveru zprávu REGISTER, čímž ho informuje o svojí existenci. Registrační server si na základě těchto zpráv ukládá do databáze údaje o aktuální poloze daného uživatelského agenta. Zjednodušeně řečeno se jedná o funkce překladu logické adresy (URI) na IP adresu.
- **Lokalizační server (Location server)** – neboli adresářový server – přistupuje k databázi, vytvářené registračním serverem a slouží jako zdroj informací o polohách (adresách) uživatelských agentů. Tyto informace poskytuje proxy serveru nebo redirect serveru. Komunikace mezi lokalizačním serverem a ostatními podpůrnými servery, využívajícími jeho služby, není zajišťována protokolem SIP. Pro tuto činnost je zpravidla využíván protokol LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) pro adresářové služby.
- **Redirect server** – slouží klientskému UA pro vyhledávání volaného UAS. Redirect server v takovém případě využívá služeb lokalizačního serveru, kde zjistí polohu (adresu) požadovaného UAS a předává ji zpět klientskému UA. Ten poté navazuje spojení sám.
- **Proxy server** – přijímá požadavky na vytvoření relace od UAC. Chová se podobně jako redirect server. Na rozdíl od něj však po obdržení informací z lokalizačního serveru sám zasílá zprávu INVITE a navazuje spojení. Proxy server tak zastává funkci prostředníka (*Obr.3.*).

Výše uvedený seznam serverů je velmi často realizován jako kombinace funkcí v jediném zařízení, které je označováno jako SIP server, případně také SIP proxy server.



Obr. 3. Časový diagram signalizace SIP (převzato z: [www.elektrorevue.cz](http://www.elektrorevue.cz), autor: Ing. Michal Soumar)

### 1.4.3 MGCP

Protokol MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) poskytuje funkce pro řízení hlasové brány (*Media Gateway - MG*) z externího objektu. Tímto objektem bývá zpravidla MGC (*Media Gateway Controller*), případně agent volání (*Call Agent - CA*). MGCP předpokládá architekturu řízení volání bez „inteligence“ koncových bodů, kterými jsou právě hlasové brány (MG). Taková implementace poskytuje v praxi možnost realizace robustního VoIP systému.

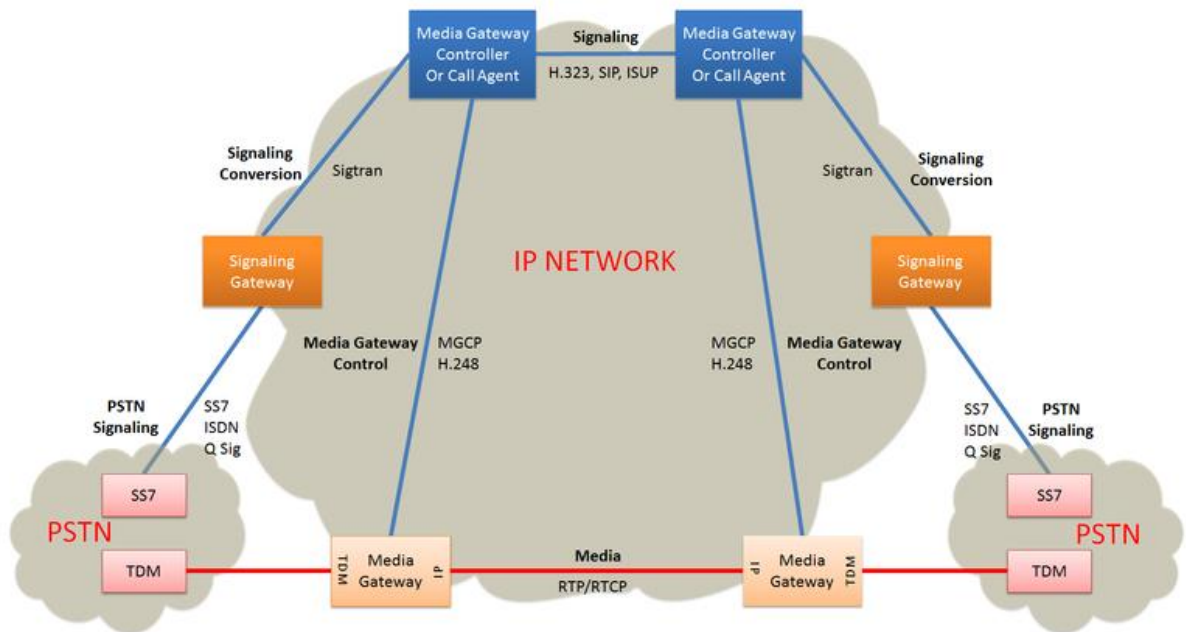
Protokol je založen na principu klient/server, kdy řízení bran (MG) je prováděno příkazy, zasílanými centrálním prvkem. Agent volání nebo MGC je tedy v roli serveru a MG má charakter klienta. Výhoda tohoto řešení spočívá v centralizované správě hlasových bran, poskytující škálovatelné řešení IP telefonie.

MGCP je protokolem aplikační vrstvy, který běžně využívá UDP port 2427. Z určitého pohledu by se mohlo zdát, že MGCP je náhradou za SIP a H.323. Ovšem opak je pravdou. MGCP zastává spíše funkci doplňku k těmto protokolům.

### Architektura

Distribuovaný systém je složen z řídicích prvků (CA nebo MGC), alespoň jedné hlasové brány (MG), která poskytuje rozhraní pro spojení prostředí IP telefonie s veřejnou telefonní

sítí (PSTN), a alespoň jedné signalizační brány (SG) pro konverzi signalizace. SG a MG bývají obvykle integrovány v jednom zařízení. Výsledná architektura je ilustrována na následujícím obrázku (*Obr.4.*):



Obr. 4. Architektura protokolu MGCP (převzato z: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

#### 1.4.4 RTP

*Real-time Transport Protocol* (RTP) je protokol, nacházející se na aplikační vrstvě modelu ISO/OSI. Definuje standardizovaný formát paketu, který zajišťuje kompletní funkce pro přenos multimediálních dat v reálném čase přes IP síť. Díky svým vlastnostem se stal ideálním prostředkem pro přenos hlasových i obrazových dat v systémech IP telefonie.

Na transportní vrstvě je nejčastěji realizován protokolem UDP. Výhodou je jednak jeho nespojovaný charakter, ale současně přináší možnost využití atributu kontrolního součtu a multiplexování. To je dáno tím, že pohlíží na každý port jako na jeden logický objekt – frontu. Do ní postupně ukládá veškeré datagramy, které jsou danému portu adresované. Standardní komunikační port však není určen. Dodržována je pouze norma, kdy RTP využívá sudý port, zatímco nejbližší lichý port je využíván protokolem RTCP.

V hlavičce RTP paketu jsou přenášeny důležité údaje, jako je pořadové číslo a časové razítko. Druhé straně, tedy přijímacímu zařízení, je díky těmto informacím umožněno ukládat příchozí datový proud do vyrovnávací paměti (bufferu). V bufferu pak dochází

k synchronizaci paketů, čímž je odstraněno proměnlivé zpoždění (jitter) a zařízení je schopno přehrávat nepřetržitý datový proud zvuku. Důležité je upozornit, že pořadové číslo paketu slouží pouze k určení pořadí a v případě jeho ztráty není přenos opakován.

RTP má vlastní doplňkový protokol, kterým je RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*). RTCP slouží k doručování řídicích informací, které se týkají jednotlivých datových proudů RTP. Jeho činnost spočívá ve spolupráci s protokolem RTP na balení a doručování multimediálních dat. Sám však žádná data nepřenáší. Hlavní funkcí RTCP je poskytování zpětné vazby v souvislosti s kvalitou služeb [1]. Další funkcí je sběr informací o odeslaných bajtech, paketech, ztracených paketech, zpoždění a podobně. Tyto informace jsou následně využívány ke zvyšování kvality služeb, což může mít za následek například změnu aktuálních kodeků na kodeky s vysokou kompresí a podobně.

Zatímco RTP pakety jsou odesílány po milisekundách, RTCP pracuje v řádu sekund – tvoří asi jen 5 % přenášených dat.

#### 1.4.5 Proprietární protokoly

Kromě standardních protokolů, které byly uvedeny výše, existují navíc takzvané proprietární protokoly. Jedná se o speciální firemní protokoly, které společnosti využívají především pro svoje vlastní produkty.

Mezi ty nejznámější patří jistě SCCP (*Skinny Client Control Protocol*), někdy nazývaný pouze jako Skinny, který je proprietárním protokolem společnosti Cisco. Jedná se o jednoduchý protokol pro komunikaci mezi terminály Cisco (IP telefony, brány) a centrálním řídicím prvkem (Cisco Unified Communications Manager).

Dalším, poměrně rozšířeným proprietárním protokolem je HFA (*Hipath Feature Access*), využívaný společností SIEMENS. Tento protokol je založen na tunelování pokročilých služeb telefonních systémů řady HiPath do protokolu IP.

### 1.5 Bezpečnost hlasových dat

S rostoucí oblibou IP telefonie rostou také počty útoků na tyto služby, kdy útočníci využívají zpravidla nedostatečného zabezpečení. Velmi často je snížená míra ochrany dána neochotou majitelů investovat do zabezpečení vlastní komunikační infrastruktury. Nicméně problematiku bezpečnosti IP telefonie je třeba brát vážně.

V souvislosti se zabezpečením je vždy nutné brát ohled na zmiňované problémy, týkající se především kvality a dostupnosti hlasových služeb. Překážkami v implementaci klasických bezpečnostních opatření jsou v tomto případě zejména parametry zpoždění a kolísání zpoždění (jitter). Každá další rezie totiž zvyšuje právě tyto hodnoty. Například při použití klasických šifrovacích algoritmů sice zvýšíme bezpečnost, ale na úkor zvýšení jitteru a zpoždění. Z tohoto důvodu je potřeba najít rozumný kompromis mezi zabezpečením a kvalitou.

Ochrana před útoky na technologii VoIP se samozřejmě odvíjí od jejich charakteru. Cílem se mohou stát koncové body, aplikace, systémy pro zpracování volání nebo i síťová infrastruktura. Bezpečnostní mechanismy je proto nutné aplikovat na různých úrovních.

Mezi typické příklady bezpečnostních hrozeb patří:

- **Odposlech:** útočník musí mít zpravidla přístup k paketům přímo na daném síťovém LAN segmentu. V případě, že síťová infrastruktura využívá jako aktivní prvky rozbočovače (huby), je takový odposlech v podstatě triviální záležitostí. Lepším řešením jsou jistě přepínače (switche), které na rozdíl od hubů data směřují na základě MAC adres [4]. Nicméně ani toto řešení samo o sobě není dokonalé. Pokud útočník použije ARP cache poisoning, je schopen, zjednodušeně řečeno, přesměrovat veškerý datový tok přes svoje PC. Další možností je útok MAC flooding, kdy se zaplní tabulka MAC adres v přepínači a ten se pak začne chovat jako rozbočovač. Pomocí speciálních softwarových nástrojů (například Wireshark) je následně útočník schopen nahrávat veškeré hlasové proudy v rámci sítě.
- **Narušování hovoru a modifikace:** hlasové služby v IP sítích jsou také více náchylné na únosy, krádeže identity a útoky typu „*Man In The Middle*“ než hovory v klasických telefonních sítích. Útočník v takovém případě naruší spojení a modifikuje parametry volání. To může proběhnout bez jakéhokoli zaznamenání ze strany komunikujících účastníků. Útočník tak může sledovat nebo přesměrovávat cizí hovory, případně se vydávat za někoho jiného. V takové situaci je běžné, že útočník podvrhne za určitým účelem některé ze stran modifikovaný paket. Tímto způsobem pak může například zrušit spojení zasláním signalizační zprávy BYE.

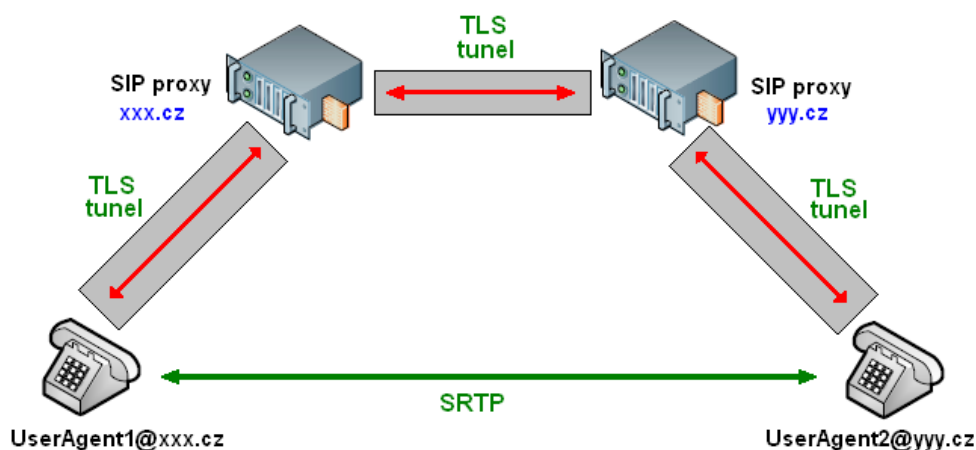


- **DoS (*Denial of Service*):** při útoku DoS, tedy odmítnutí služby, dochází ke kompletnímu přerušení VoIP služeb. Hlavním cílem DoS je znepřístupnění, nikoli kompromitace dat. Služba se stane nedostupnou z důvodu přeplnění přenosové cesty či koncového zařízení řídicími pakety. V praxi pak tento útok buď zcela přeruší, nebo zpomalí síťový provoz a telefonní hovor se stane nesrozumitelným. Typickým útokem je v tomto případě například SIP INVITE flood [3], kdy útočník vysílá ke koncovému zařízení velké množství signalizačních paketů s příznakem INVITE.

Pro zajištění bezproblémové funkce IP telefonie a současně autentičnosti a integrity hlasových dat je nutné uvedeným hrozbám předcházet. VoIP technologie proto umožňuje implementovat různé mechanismy, pro minimalizaci zmiňovaných rizik. Pomineme-li nyní fyzické zabezpečení síťové infrastruktury, týká se to především:

- **Protokolu pro přenos hlasu (RTP)** – proti odposlechu a modifikaci. Pro zabezpečení hlasových streamů (proudů) existují dva standardizované kryptografické protokoly. Jedná se o protokoly SRTP a zRTP. Protože protokoly RTP a RTCP neobsahují žádné mechanismy pro zajištění integrity, autentičnosti a důvěrnosti, byly definovány protokoly SRTP (*Secure RTP*) a SRTCP (*Secure RTCP*), které tyto mechanismy již implementované mají. Pro zajištění důvěrnosti přenášených dat se používá symetrická kryptografická metoda *AES-CTR* (*counter mode*), která pracuje jako generátor pseudonáhodných klíčů. Ta je svojí stavbou vhodná právě pro multimediální nepotvrzované přenosy. K zajištění autentičnosti přenášených dat je využito algoritmu *HMAC-SHA-1*. Tímto algoritmem je vytvořen kontrolní součet hlavičky a obsahu SRTP paketu. Vzhledem k tomu, že je při přenosu kladen důraz na co nejmenší šířku přenosového pásma, výsledný kontrolní součet byl zkrácen na 80 nebo 32 bitů. zRTP (*Zimmermann RTP*) rozšiřuje protokol SRTP tím, že k němu přidává mechanismy pro počáteční výměnu symetrického klíče. Výhodou je skutečnost, že k sestavení zabezpečeného spojení není potřeba PKI nebo předsdílený klíč (PSK) [5]. Namísto nich je použit algoritmus Diffie-Hellman. Tento algoritmus je založen na tom, že obě strany komunikace vygenerují svůj soukromý a veřejný klíč. Veřejný klíč pak pošlou druhé straně, která z něj pomocí matematických operací odvodí symetrický klíč. Tím budou následně šifrována a dešifrována přenášená data.

- **Signalizace** – proti narušování hovorům a útokům na ústřednu. Zřejmě nejbezpečnějším a nejvyužívanějším zabezpečovacím mechanismem je v tomto případě **TLS (Transport Layer Security)**, který je nástupcem protokolu SSL. Jedná se o kryptografický protokol, poskytující možnost zabezpečené komunikace. TLS využívá TCP jako protokol transportní vrstvy. Další možností je rozšířená HTTP autentizace, fungující na principu výzva/odpověď. Heslo a náhodný řetězec jsou přivedeny na vstup hashovací funkce (MD-5 nebo SHA-1) a výsledek je poté odeslán. Tato varianta je bezpečnější než základní HTTP autentizace, protože zde nedochází k přenosu hesla v otevřeném tvaru.



Obr. 5. Zabezpečení signalizace prostřednictvím TLS

V tomto ohledu je potřeba zmínit i nezastupitelnou roli firewallu. Principy fungování firewallu jsou všeobecné známé a jeho přínos pro bezpečnost je neoddiskutovatelný. Nicméně v případě technologie VoIP nelze implementovat běžný firewall. Problémem je, že klasický firewall má pouze určitou propustnost a je-li datový provoz vyšší, ukládají se data do fronty, ve které čekají na prověření. U běžného datového provozu to samozřejmě nevádí, tyto prodlevy jsou minimální a zanedbatelné. Ovšem v IP telefonii, kde jsou kladeny požadavky na komunikaci v reálném čase, takové řešení není možné. Ukládání, a s ním spojené pozdržení paketů na firewallu, může mít za následek dramatické zhoršení kvality přenášeného hlasu, vznik hluchých míst či výpadků. V těchto případech je nutné zvolit firewall s podporou technologie VoIP. Zásadní rozdíl spočívá v tom, že příslušné pakety, nesoucí hlas, jsou zpracovány (kontrolovány) přednostně, aby byla zachována kontinuita datového toku.

Dobrým zvykem je také nastavování limitů a oprávnění na ústřednách pro odchozí volání. Tak lze zamezit poměrně nákladným škodám, kdy útočník zneužije ústřednu pro volání na účet majitele.

## **1.6 Architektura IP telefonie**

Služby IP telefonie mohou být z pohledu uspořádání síťové infrastruktury realizovány na dvou odlišných modelech. To je postaveno především na otázce, jak jsou rozmístěny a současně jaké role zastávají prvky pro řízení volání v prostředí s geograficky oddělenými lokalitami, tedy v rámci sítě WAN.

### **1.6.1 Distribuovaná architektura**

Distribuovaná architektura je model, kdy je síť WAN tvořena více nezávislými lokalitami, přičemž každá lokalita má svůj vlastní prvek pro řízení volání. Prostřednictvím sítě WAN jsou pak tyto jednotlivé prvky propojeny. Pro případ výpadku nebo nedostatečné kapacity přenosových cest většinou slouží jako záložní spoj veřejná telefonní síť. Tento model s distribuovaným zpracováním volání umožňuje vytvořit několik zcela autonomní prostředí. Pokud by došlo k selhání datové sítě WAN, nepřichází lokalita o funkce ani služby IP telefonie. Pro komunikaci mezi lokalitami se pouze použije veřejná telefonní síť.

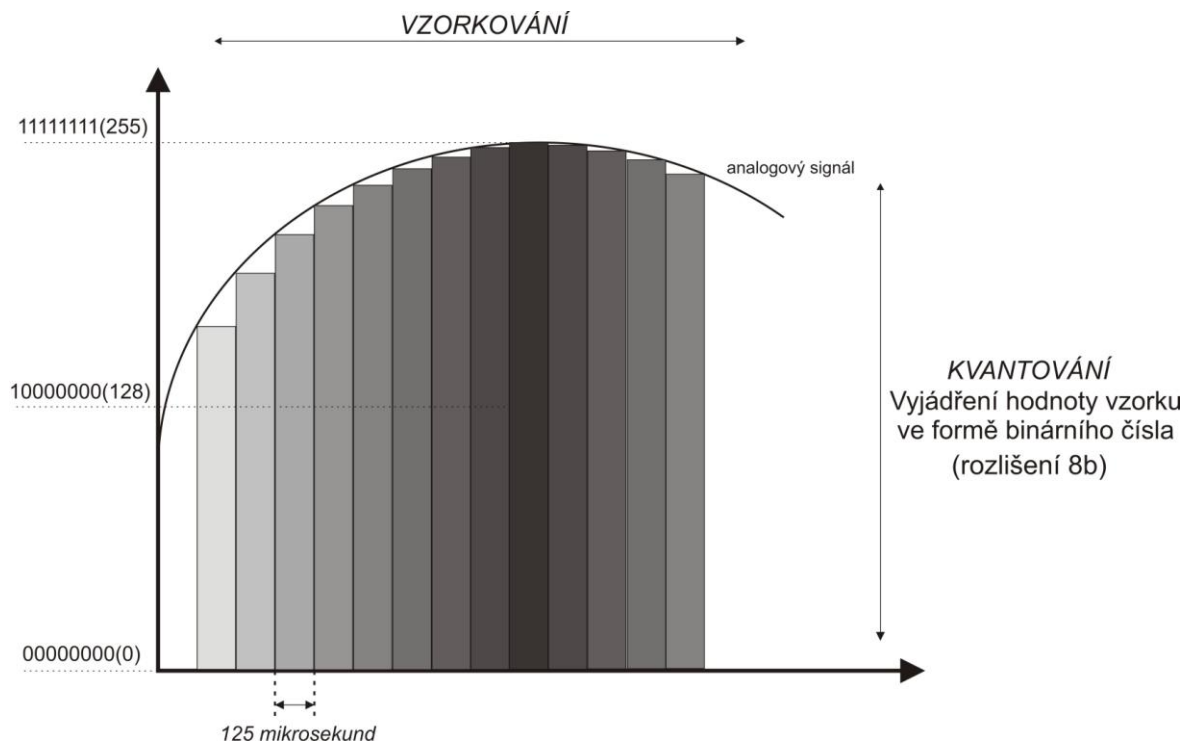
### **1.6.2 Centralizovaná architektura**

Centralizovaná architektura je model, kdy pro síť WAN existuje jeden centrální prvek pro řízení volání, zajišťující služby pro více vzdálených lokalit. Pro přenos dat mezi jednotlivými lokalitami je využívána síť WAN. Ta přenáší také signalizaci pro řízení volání mezi vzdálenými lokalitami a centrálním prvkem. Vzdálené lokality jsou tak vždy závislé na centrálním prvku pro řízení volání. Centralizovaná architektura přináší úspory za správu a údržbu. Avšak směrovače, umístěné na hranicích sítě WAN, požadují řízení kvality služeb (QoS). Jedná se například o řízení fronty na základě priorit a využívání dalších mechanismů, k zamezení přetížení WAN linek hlasovým přenosem a následným snížením kvality již probíhajících hovorů.

## 1.7 Digitalizace signálu a kodeky

Z fyzikálního pohledu je zvuk (hlas) analogovým signálem. Nicméně základní požadavek na přenos informací po datové síti je takový, že přenášená data musí mít digitální charakter. Z toho jasně vyplývá potřeba převést analogový zvukový signál na určitou bitovou sekvenci – tento proces se nazývá digitalizace. Zpracování signálu je pak realizováno prostřednictvím digitálního signálového procesoru (DSP). Mechanismy, zajišťující kódování a dekódování, tedy transformaci datového proudu nebo signálu, se nazývají kodeky. Každý typ kodeku definuje metodu kódování hlasu a míru komprese. Důležité je mít na paměti, že komprimací hlasu může dojít ke snížení kvality přenášeného hlasu. Nižší kvalita pak může způsobovat další problémy, jako například odesílání tónů DTMF, tónů modemu nebo tónů faxu.

Jako příklad lze uvést jeden z nejstarších, ale přesto stále využívaných algoritmů pro digitalizaci analogového signálu, kterým je pulzně kódová modulace PCM (*Pulse-code modulation*). Princip této techniky spočívá v pravidelném odečítání hodnoty signálu pomocí A/D převodníku a následném záznamu v binární podobě (*Obr.6.*).



Obr. 6. Digitalizace prostřednictvím PCM

PCM je dodnes využívána v digitální technologii ISDN a využívá ji kodek s označením **G.711**. Tento kodek pro bezztrátovou kompresi byl schválen jako standard pro svoji

jednoduchost, přestože je nejméně úsporný na přenosovou rychlost. Vzorovací frekvence je 8 kHz s rozlišením 8 bitů. Z toho je zřejmé, že požadavek na přenosovou rychlost je 64 kb/s. Nicméně i samotný protokol IP má určitou režii, čímž požadavek na přenosovou rychlost narůstá na cca 90 kb/s.

Dalším, často využívaným, avšak úspornějším kodekem je například G.729, který dokáže efektivně využít limitované pásmo a požadovaná přenosovou rychlost je pouhých 8 kb/s (při zachování poměrně dobré kvality zvuku). Tento kodek využívá kódovací algoritmus CS-ACELP, při kterém je úspory dosaženo tím, že nepřenáší aktuální vzorek hlasu, ale pouze kód, odpovídající tomuto vzorku. G.729 však není možné volně využívat, jelikož podléhá licenčnímu poplatku.

Existuje samozřejmě ještě mnoho dalších, více či méně používaných kodeků. Mezi ně patří například G.722, G.723, G.726, SPEEX, iLBC. Důležité je dodat, že koncová zařízení (terminály) se musí před samotnou komunikací dohodnout, který kodek budou využívat.

Při přenosu informací je velmi důležitým aspektem objem dat, který je schopen přenosový kanál přenést za jednotku času. Měřítkem je v takovém případě přenosová rychlost. Tomu je třeba přizpůsobit další mechanismy VoIP technologie, aby nedocházelo k zahlcení sítě. Neméně důležitá je také kvalita zvuku, která se označuje jako MOS (*Mean Opinion Score*). Tento parametr může nabývat hodnot z intervalu 1-5, přičemž 1 = nejhorší, 5 = nejlepší. Protože se jedná o míru subjektivní kvality, mohou se hodnoty z různých zdrojů rozcházet. Dalším aspektem, který má nemalý vliv na kvalitu je samozřejmě i aktuální zatížení sítě.

V tabulce (*Tab.1.*) je uveden přehled několika kodeků, využívaných v IP telefonii, včetně kvality a požadavků na přenosovou rychlost.

*Tab. 1. Seznam nejznámějších kodeků a jejich parametrů*

<b>Kodek</b>	<b>Algoritmus</b>	<b>Přenosová rychlost (kb/s)</b>	<b>MOS</b>
G.711	PCM	64	4.3
G.726	ADPCM	16/24/32/40	3.85
G.728	CELP	16	3.61
G.729(A)	CS-ACELP	8	3.92
SPEEX	CELP	8/16/32	3.8
iLBC	PCM	8	4.14

## 2 KLASICKÁ TELEFONNÍ SÍŤ

Klasická telefonní síť je dodnes využívanou službou. Podobných principů dnes využívá i technologie VoIP, prostřednictvím které jsou hlasové hovory realizovány na sítích s přepínáním okruhů. S ohledem na návaznost služeb IP telefonie na klasickou telefonní síť je důležité ilustrovat alespoň základní principy a funkce telefonie klasické.

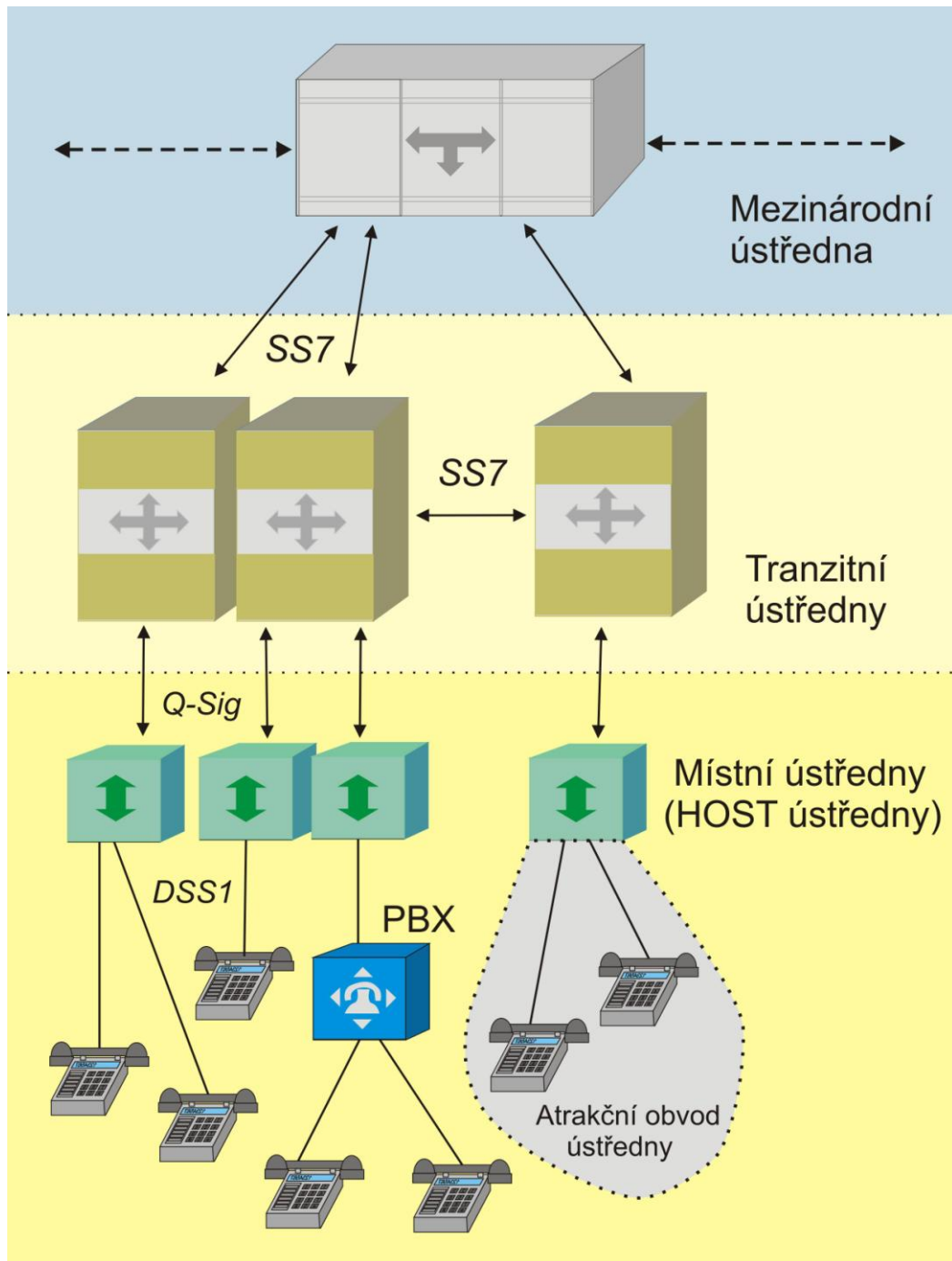
Přenos hlasu je v klasické telefonii realizován prostřednictvím telefonní sítě. Ta je tvořena vodiči, nesoucími hlasový signál a ústřednami, zajišťujícími jeho přepojování. Důležité je poznamenat, že klasická telefonní síť funguje na principu přepínání okruhů (circuit switching), což znamená, že pro přenos hlasu je vyhrazena přenosová cesta. To přináší vysokou spolehlivost a kvalitu přenášeného hlasu.

### 2.1 Struktura

Veřejná telefonní síť (VTS), často označovaná jako PSTN (*Public Switched Telephone Network*), je celosvětová komunikační síť, která slouží k poskytování veřejně dostupných telefonních služeb. VTS zahrnuje telefonní linky, optické kabely, mikrovlnné spoje, podmořskou kabeláž a satelitní spoje. Struktura pevné telefonní sítě v ČR je zobrazena na obrázku (*Obr. 7.*).

Součástí je samozřejmě i veřejná mobilní síť, založená na principu digitálních buňkových mobilních radiotelefonních systémů, která poskytuje telefonní služby prostřednictvím technologie GSM. Veškerá infrastruktura je propojena tak, aby umožnila spojení libovolných účastníků po celém světě.

Soukromá telefonní síť je tvořena skupinou telefonních přístrojů, které jsou připojeny k pobočkové telefonní ústředně, označované jako PBX (*Private branch exchange*). PBX pak prostřednictvím svého rozhraní umožňuje propojení do VTS.



Obr. 7. Struktura pevné telefonní sítě

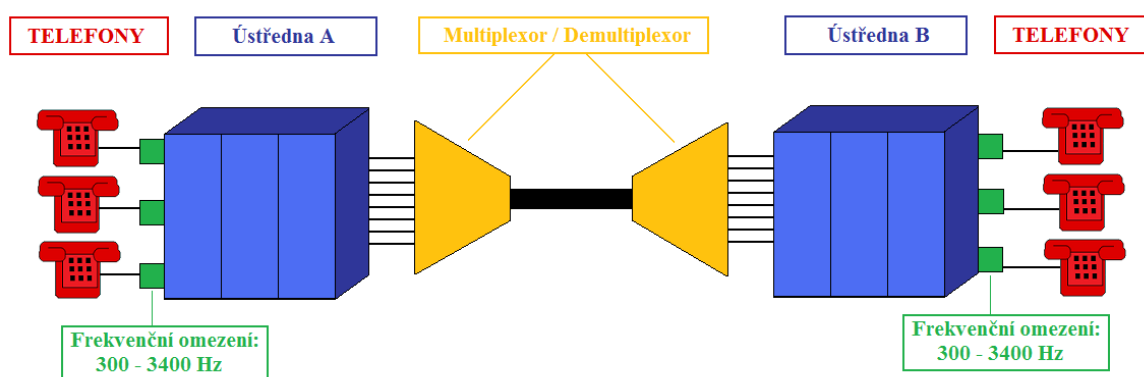
## 2.2 Analogová telefonní síť

Telefonní síť měla od svého vzniku až do poměrně nedávné doby výhradně analogový charakter. To znamená, že hlas byl přenášen od volajícího k volanému v podobě analogového signálu. Tomu byly uzpůsobeny i telefonní přístroje a ústředny, které byly rovněž analogové.

Důležitým parametrem u analogových sítí je rozsah frekvencí signálu, který je přes okruh přenášen. V tomto případě se jedná o rozmezí 300 – 3400 Hz, kdy je hovor stále ještě srozumitelný. Z toho vyplývá, že šířka pásma je omezena na 3100 Hz, neboli 3,1 kHz. Toto omezení však neklade samotná technologie, ale bylo vytvořeno účelně [12].

Důvodem byla snaha vystačit s přenosovou kapacitou linek mezi jednotlivými ústřednami. Čím užší je totiž frekvenční pásmo jednotlivého hovoru, tím větší objem hovorů je možné mezi ústřednami realizovat. Mechanismus, který umožňuje přenést současně více různých hovorů jednou linkou, se v tomto případě nazývá frekvenční multiplex (FDM - *Frequency Division Multiplexing*).

Princip FDM spočívá v tom, že každý jednotlivý hovor je posunut do určitého frekvenčního pásma a poté jsou veškeré, takto posunuté, hovory sloučeny. Následně se přenesou od jedné ústředny přes vzájemné propojení k druhé, kde probíhá opačná operace – rekonstrukce jednotlivých hovorů (Obr.8).



Obr. 8. Princip frekvenčního multiplexu (upraveno dle [12])

### 2.3 Digitální telefonní síť

Analogovou telefonní síť začala postupně nahrazovat síť digitální. Hlavním důvodem jsou lepší vlastnosti digitálního přenosu. Oproti analogové veličině jsou data v digitální podobě přenášena přesně, s nulovou chybou, zkreslením i nulovým šumem.

Proces digitalizace byl postupnou záležitostí. Jednoduše řečeno – směrem od středu k okrajům. V první fázi tak byly plně digitalizovány telefonní ústředny a tedy i vzájemné propojení mělo charakter čistě digitální. Nicméně, účastnické telefonní přístroje zůstávaly



nadále analogové a převod mezi analogovým a digitálním signálem byl doménou převodníku na straně ústředny.

V další fázi vzniká již plně digitální telefonní síť, kde je (oproti předchozí fázi) digitální kanál realizován až ke koncovému účastníkovi. Ten nyní může využívat účastnické telefonní přístroje, uzpůsobené digitálnímu provozu. Telefonní síť v této podobě umožnila vznik nových technologií, jako například ISDN.

Digitální telefonní síť s sebou přináší jisté změny v používaných mechanismech. Stejně, jako tomu bylo u analogových ústředen, i ústředny digitální přenášejí po vzájemném propojení více hovorů. V tomto případě jsou však hovory slučovány pomocí technik časového multiplexu (TDM - *Time Division Multiplex*). Podstatou časového multiplexu je rozdělení společné přenosové cesty na malé časové úseky, označované jako *time sloty* (TS), přičemž jsou předem pevně vyhrazeny pro jednotlivé dílčí přenosy (hovory).

### 2.3.1 ISDN

ISDN (*Integrated Services Digital Network*) je zkratka pro *digitální síť integrovaných služeb*. Jedná se o technologii, umožňující digitální přenos hlasu, videa, dat a dalších síťových služeb přes klasickou veřejnou telefonní síť (VTS). Hlavní předností je možnost integrace hlasu a dat do společné linky. Koncovým zařízením pak mohou být jak počítače, tak i telefony, faxy a podobně. ISDN nabízí dva typy účastnických přípojek:

- **BRI (*Basic Rate Interface*)** – často označováno jako ISDN2 – účastnická přípojka, která umožňuje připojit až 8 koncových zařízení, přičemž pouze dvě zařízení mohou komunikovat současně. To je dáno tím, že rozhraní poskytuje 2 datové kanály (značené jako B) s přenosovou rychlostí 64kb/s a 1 kanál pro přenos signalizace (značený jako D) s rychlostí 16kb/s. Z toho je odvozeno označení 2B+D.
- **PRI (*Primary Rate Interface*)** – někdy také ISDN30 – účastnická přípojka, sloužící především pro připojení pobočkových ústředen (PBX). Neumožňuje tedy přímo připojit koncová zařízení. Na rozdíl od BRI poskytuje 30 kanálů pro přenos dat s přenosovou rychlostí 64kb/s na jeden kanál a 1 signalizační kanál s přenosovou rychlostí 64kb/s – tato varianta je označována jako 30B+D.

V obou případech jsou datové B kanály nezávislé, což umožňuje jejich sdružování a zvyšování přenosové rychlosti. Dosáhneme tak násobku základní přenosové rychlosti 64 kb/s na jeden kanál. Nicméně je důležité připomenout, že každý B kanál je tarifikován zvlášť.

Ve firemním prostředí je technologie ISDN PRI využívána zejména pro připojení pobočkových ústředen k veřejné telefonní síti. Takový okruh se pak většinou nazývá jako E1.

### 2.3.2 Digitální signalizace

Signalizace, využívaná v technologii VoIP má svůj původ právě v klasické telefonní síti. Zjednodušeně řečeno se jedná o prostředek pro navázání, řízení a ukončování komunikace. Součástí navázání komunikace je i výměna počátečních informací mezi koncovými zařízeními, mezi kterými následně probíhá hlasová komunikace.

V klasické digitální telefonní síti je signalizace rozdělena na dva systémy, podle způsobu, jakým jsou využívány komunikační kanály:

- **CAS (*Channel Associated Signalling*)** – signalizace přidružená hovorovým kanálům. Nemá vyhrazen samostatný signalizační kanál. Každý hovorový kanál má proto na stálo vyhrazen určitý časový úsek (time slot) pro přenos signalizace. Každý hovorový kanál pak nese signalizaci pro dva různé hovorové kanály. Tento systém byl využíván především při přechodu z analogového prostředí na digitální.
- **CSS (*Common Channel Signaling*)** – společný signalizační kanál pro více hovorů. Na rozdíl od systému CAS využívá samostatný vyhrazený signalizační kanál pro řadu kanálů hovorových. Signalizační informace jsou tak přenášeny odděleně od hlasových dat. Dokonce i přenosové sítě pro signalizaci a hovor jsou na sobě nezávislé, z čehož vyplývá, že signalizační a hovorová informace může procházet různými cestami. Signalizační zprávy jsou zpravidla nazývány jako pakety nebo datagramy. V současné době je v oblasti signalizace využíván především tento systém.

Dále je možné signalizaci rozdělit z hlediska rozhraní, na kterém je využívána. Z tohoto pohledu rozlišujeme signalizaci účastnickou a síťovou. Signalizace je v těchto případech tvořena protokolově orientovanými systémy.

Typickou sítíovou signalizací, využívanou ve veřejné telefonní síti, je signalizace SS7 (*Signaling System No. 7*) neboli Signalizační systém číslo 7 (*Obr.7.*). Jedná se o sadu signalizačních protokolů, zajišťujících přenos řídicích informací, nezbytných pro poskytování telekomunikačních služeb. SS7 patří do kategorie CSS a uplatnění nachází převážně v tranzitních sítích pro komunikaci mezi jednotlivými ústřednami (i operátory). Jeho koncepce, umožňující spolupráci mezi různými sítěmi a jejich úrovněmi, z něj dělá univerzální signalizační systém. Proto je využívána jak v klasických digitálních pozemních telefonních sítích, tak i v sítích mobilních.

Další kategorií v oblasti realizace spojení a poskytování řídicích informací, která navazuje na sítíovou signalizaci, je účastnická signalizace. Na rozdíl od sítíové signalizace je orientována na účastnické (koncové) vedení.

Takovým protokolem je například DSS1 (*Digital Subscriber Signalling No.1*), neboli Digitální účastnický systém číslo 1 (*Obr.7.*). DSS1 zajišťuje signalizaci mezi systémy dvou různých úrovní. Například mezi veřejnou telefonní sítí na jedné straně a ISDN zařízením, případně pobočkovou ústřednou (PBX) na straně druhé nebo mezi PBX a koncovými zařízeními. Z toho je zřejmé, že DSS1 je koncipován jako univerzální signalizační protokol pro spolupráci v rámci různých typů i úrovní sítí. Pro svůj přenos využívá signalizační D kanál a z pohledu kódování jednotlivých informačních elementů je realizován nejčastěji nad formátem Q.931.

Důležitou vlastností SS7 a DSS1 je jejich obecná specifikace, která dovoluje tyto signalizační systémy přizpůsobit konkrétním potřebám. SS7 a DSS1 rovněž poskytují možnost využití signalizačních funkcí pro některé služby, založené na sítích s přepínáním paketů.

Dalším, mezinárodně standardizovaným signalizačním protokolem je Q-SIG (*Q signaling*). Jedná se o ISDN protokol, založený na standardu Q.931, který byl navržen pro komunikaci mezi jednotlivými pobočkovými ústřednami (PBX). Protokol je zjednodušenou obdobou SS7, přičemž neřeší určité aspekty, typické pro veřejnou telefonní síť. Na druhou stranu je však doplněn o určité vlastnosti, které jsou vyžadovány v privátních sítích. Disponuje například funkcemi pro řízení volání, vyzvánění, zobrazení jména volajícího, zpětné volání, optimalizaci trasy spojení a podobně.

### 3 KOMPONENTY V PROSTŘEDÍ IP TELEFONIE

Nedílnou součástí technologie pro přenos hlasu jsou komponenty a zařízení, poskytující nezbytné funkce a služby pro realizaci jednotné hlasové komunikace v rámci paketové sítě. Struktura a funkce těchto komponent tak v zásadě tvoří analogii ke klasické telefonní síti.



Obr. 9. Analogie klasické ústředny a prvků IP telefonie

Konkrétní specifikace jednotlivých komponent systému se vždy odvíjí od konkrétních požadavků a firemních technologií.

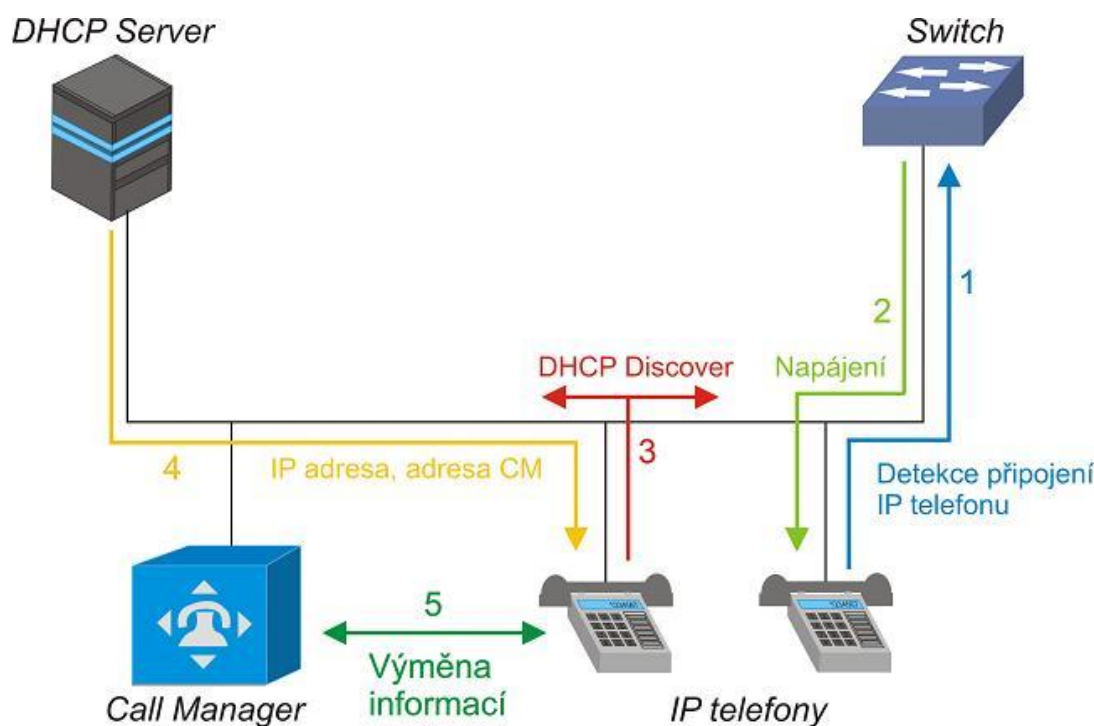
#### 3.1 Koncová zařízení

Koncové zařízení, označované často jako terminál, je prostředek, sloužící k iniciování nebo příjmu hlasového hovoru. V klasické telefonii se téměř vždy jedná o telefon, nicméně v datových sítích se může jednat o čistě softwarovou záležitost (např. program Skype). Z hlediska pořizovacích nákladů je právě tato varianta nejlevnějším použitelným řešením. Stačí totiž jen klasický počítač, sluchátka, mikrofon a určitá aplikace [2].

Jiným řešením je využití speciálních telefonních zařízení, určených pro IP telefonii. Tato zařízení vypadají na první pohled stejně jako klasický telefon, ale nabízejí řadu nových, pokročilých funkcí. Zařízení s podporou technologie VoIP pak obecně nazýváme jako IP telefon. Ten se může podle výrobce a typu lišit jak vzhledem, tak i funkcemi. Samotné uskutečnění hovoru je však stejně jednoduché jako u klasického telefonu.

IP telefon má charakter jednoúčelového počítače, připojeného k IP síti prostřednictvím ethernetového rozhraní. Typicky je toto propojení realizováno klasickým UTP kabelem, osazeným konektorem RJ-45. V případě, že aktivní síťové prvky disponují technologií PoE (*Power over Ethernet*), datový kabel UTP plní současně i funkci napájení.

Některé IP telefony v sobě mají navíc implementován vestavěný síťový přepínač, který umožňuje k telefonu připojit současně PC. Tím je zajištěno sdílení jednoho portu aktivního prvku dvěma zařízeními, což přináší výhodu nižší obsazenosti aktivních prvků. Po fyzikální stránce dochází ke sloučení hlasové a datové komunikace do jednoho přenosového média. Avšak po stránce logické musí být tento provoz vzájemně oddělen. Právě za účelem oddělení hlasového a datového provozu je využíván síťový mechanismus, známý jako VLAN (*Virtual LAN*). Z určitého pohledu pak mohou telefonní zařízení a počítače patřit do různých sítí a mít přidělen jiný rozsah IP adres.



Obr. 10. Inicializace IP telefonu po připojení do datové sítě

Po připojení IP telefonu do datové sítě probíhá řada procesů, jak je zobrazeno na obrázku (Obr.10.). Telefony jsou často vybaveny DHCP klientem. Telefon tak prostřednictvím žádosti na DHCP server obdrží konfiguraci, která mimo jiné obsahuje adresu centrálního řídicího prvku (*Call manager* - CM). Následně může proběhnout výměna informací mezi CM a IP telefonem.

Důležitou roli hraje také podpora určitých protokolů, kodeků a funkcí. Vzhledem k tomu, že IP telefony různých výrobců se mohou v některých těchto aspektech odlišovat, nelze vždy libovolně kombinovat různá řešení. Aby byly jednotlivé prvky systému schopny vzájemně komunikovat a využívat nejrůznějších funkcí, musí se jejich vlastnosti (schopnosti) v takových oblastech překrývat.

Jak již bylo řečeno, IP telefony přinášejí oproti klasickým telefonům řadu pokročilých funkcí. To je dáno především vazbou na datovou síť a služby, které tato síť poskytuje. Takovými funkcemi jsou například:

- Zobrazení jména volajícího a dalších údajů (informace poskytuje firemní informační systém)
- Zobrazení dokumentů, obrázků, textových zpráv na displeji
- Telefonní seznam
- Videokonference
- Parkování hovorů (přepojení na jiné číslo a možnost následného vyzvednutí)
- Spolupráce s jinými aplikacemi
- Programování tlačítek telefonu
- a mnoho dalších

Alternativním telefonním zařízením, využívaným v oblasti IP telefonie, je také digitální systémový telefon. Ten nabízí podobné funkce jako IP telefon, jen s tím rozdílem, že je připojen přímo k portu telefonní ústředny a nedisponuje IP adresou. Zastává tak pouze roli terminálu, závislého na konkrétní ústředně.

Do prostředí IP telefonie lze začlenit také klasický analogový telefon s tónovou volbou. Pouze je nutné ho opatřit speciálním adaptérem (převodníkem), zajišťujícím transformaci vlastností do takové podoby, která je slučitelná s prostředím IP telefonie. Využitím analogového telefonu však můžeme přijít o mnoho rozšířených funkcí a služeb, které IP telefonie poskytuje.

### 3.1.1 Fax

Při přechodu z klasické telefonie na technologii VoIP je mnohdy řešena otázka zachování faxových zařízení. Problém je, že faxové služby nemohou být standardně přenášeny datovou sítí tak, jako je tomu u hlasové komunikace. K tomuto účelu slouží speciální zařízení (brána), podporující protokol T38, který definuje přenos faxových dat po síti. Tento protokol musí být podporován rovněž ze strany faxu. Za těchto předpokladů je možné začlenit faxové služby do prostředí IP telefonie. Alternativním řešením je emulace faxu pomocí softwarových komponent (faxový server). Faxy lze poté přijímat v elektronické podobě ve formátu PDF nebo prostřednictvím e-mailu.

## 3.2 Spojovací systémy

Spojovací systémy jsou obecným názvem pro zařízení, jejichž primárním úkolem je zajistit konektivitu mezi jednotlivými zařízeními v síti. Taková zařízení bývají v klasické telefonní síti označována jako telefonní ústředny a zmíněná konektivita je realizována prostřednictvím jejich spojovacích polí.

### 3.2.1 Vývoj

První telefonní ústředny byly založeny na principu spolupráce s člověkem, operátorem, který ručně propojoval jednotlivé okruhy. Postupem času byla potřeba operátora eliminována. Ten byl nahrazen automatizovaným systémem, kde přepojování fungovalo na principu galvanického spojení místních smyček (tím došlo ke vzniku souvislé přenosové cesty mezi komunikujícími stranami). V další fázi již nejsou spojovací pole ústředen řešena mechanicky, ale elektronicky. Trendem současné doby je však IP telefonie.

### 3.2.2 Specifikace

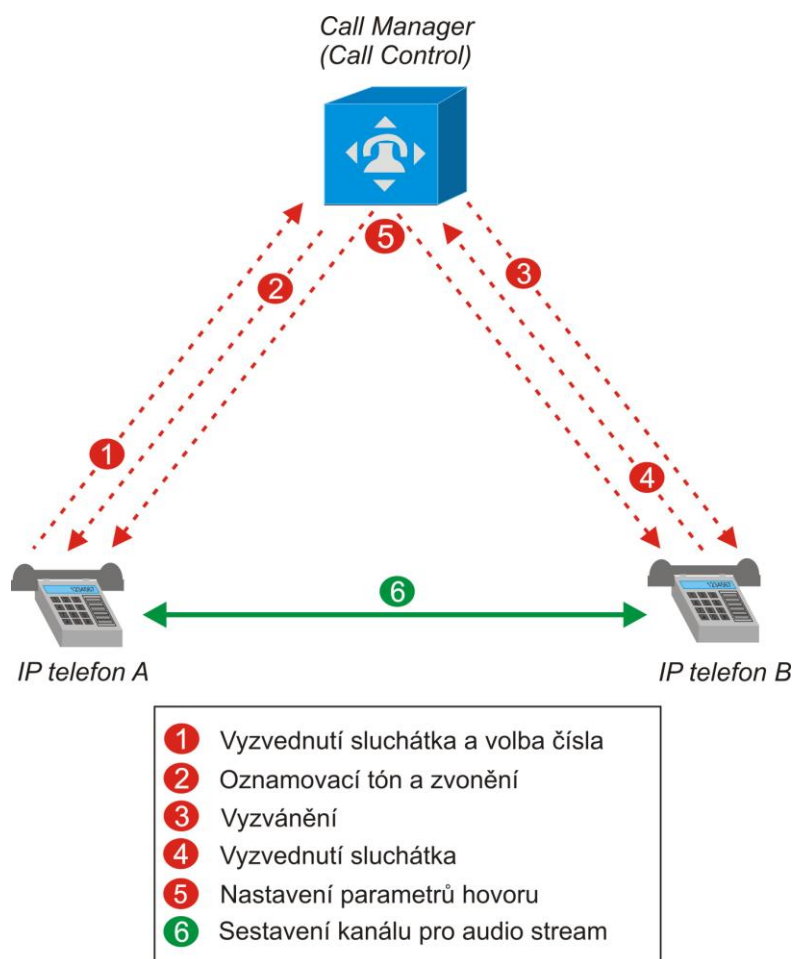
V oblasti IP telefonie zastávají funkci telefonní ústředny zpravidla aktivní prvky, vybavené softwarem pro řízení volání. Pravdou však je, že konkrétní implementace vždy závisí na výrobci spojovacích systémů.

Ve většině případů, ať už v klasické nebo IP telefonii, jsou spojovací systémy modulární záležitostí. Zákazník si tak může sám specifikovat, o které komponenty má zájem, a které naopak příliš nevyužije. Na základě těchto požadavků pak získává řešení na míru.

V případě potřeby je možné spojovací systémy kdykoli rozšířit prostřednictvím modulů. Výjimkou není ani kombinace klasické telefonie s IP telefoníí v jednom prostředí. V těchto případech je nezbytné zajistit korektní spolupráci mezi takovými dvěma systémy.

### 3.2.3 Řízení volání

Funkce pro správu a řízení hovorů jsou převážně implementovány právě ve spojovacích systémech. Alternativní variantou může být rovněž implementace těchto funkcí na server. Avšak z hlediska terminologie se jedná o totéž. Takové prvky mohou být označovány jako agent volání (Call agent - CA), Call Manager, Call Control, Communication Manager, nebo jen obecně pobočková ústředna. Agent volání je zodpovědný za zpracování a řízení volání, správu a řízení šířky pásma, překlad adres. Reaguje na vyzvednutí sluchátka, volbu čísla, zpětně signalizuje tón zvonění, potvrdí vyzvednutí sluchátka, nastavuje parametry hovoru, sestavuje hovorový kanál (Obr.11.). V principu se tedy jedná o centrální prvek v prostředí IP telefonie.



Obr. 11. Funkce řídicího prvku



Adresování koncových zařízení jsou zajištěny prostřednictvím adresářových čísel. Směrování a výběr cest pak závisí na seznamech a vzorech cest. Za účelem směrování spolupracuje s dalšími komponentami sítě, především s branami (směrovači).

V rozsáhlých sítích se často vyskytuje více než jedna komponenta pro řízení volání (CA). Tyto komponenty pak společně tvoří jeden logický celek se společnou konfigurační databází. Některé procesy mohou vytvářet vzájemně komunikující subjednotky za účelem rozdělení (balancování) zátěže. Tento logický celek, tvořený několika fyzickými servery (ústřednami), je nazýván jako cluster.

### 3.2.4 Plány vytáčení

Plán vytáčení (anglicky *dial plan*) je souhrnem pravidel pro adresování koncových zařízení (číslovací plán), směrování hovorů, manipulaci s číslicemi a privilegia volání. Stává se tak nedílnou součástí každého telefonického řešení. Logika plánu vytáčení je zpravidla efektivně rozdělena mezi jednotlivé komponenty. Těmi jsou hlasové brány, systém pro řízení volání, případně správce brány (*gatekeeper*). Každá komponenta pak zastřešuje určitou část plánu vytáčení, čímž je snižována složitost konfigurace [1].

Číslovací plán zpravidla definuje počet míst (číselný rozsah) pro adresu koncového zařízení. Například vzor 123 456 XXX udává, že pro koncová zařízení je v rámci sítě určeno poslední trojčíslí a 123 456 je číslo pobočky neboli provolba.

Pro účely směrování jsou vždy definovány číselné vzory, kterým odpovídá určité pravidlo pro zpracování volání. Na základně číselného vzoru je pak možné hovory směrovat v rámci sítě WAN nebo přímo do veřejné telefonní sítě přes hlasovou bránu. Důležitým atributem pro směrování příchozích hovorů je přímé volání (*DID – Direct Inward Dial*). To spočívá ve specifikaci bloku čísel, která jsou přímo dostupná z veřejné telefonní sítě. To znamená, že jsou zahrnuta do veřejného číslovacího plánu. Některé společnosti naopak využívají pouze jediné číslo pro externí hovory. Za tímto číslem se zpravidla nachází recepční nebo systém automatické obsluhy, zajišťující další přepojování. Proces směrování současně přináší potřebu manipulace s čísly.

Manipulace s číslicemi může zahrnovat transformaci jak příchozího, tak i odchozího telefonního čísla. To je dáno tím, že pro komunikaci mimo interní síť je využíván takzvaný prefix neboli kód přístupu. Pomocí něj je možné odlišit, zda se jedná o interní nebo externí

volání a rovněž určuje, kam má být volání směrováno. Vzhledem k faktu, že číslovací plány jednotlivých telefonních sítí se liší, musí být číslo před vstupem nebo po vstupu do jiné sítě určitým způsobem transformováno [1].

Dalším aspektem jsou privilegia volání, která umožňují přiřadit různým skupinám zařízení různá oprávnění. Tím je myšleno například blokování určitých typů čísel. Často se jedná o taková omezení, kdy je vybraným skupinám umožněno volat pouze v rámci interní sítě nebo v rámci státu (regionu).

### 3.2.5 Tarifkace

Tarifkace je zajišťována prostřednictvím tarifikačního softwaru, implementovaném zpravidla v centrálním prvku telefonní sítě. Tento nástroj slouží k účtování provolaných jednotek na jednotlivých telefonních zařízeních. Funkce takového programu jsou založeny na sběru dat pro následné vyhodnocování. Umožňuje také definovat různá pravidla, týkající se například toho, která volaná čísla mají být účtována a promítnuta do faktury, a která nikoliv. Z ekonomického hlediska se jedná o velmi užitečnou komponentu telefonní sítě.

## 3.3 Hlasová brána

Hlasová brána (anglicky *voice gateway*) je důležitou komponentou v každé telefonní síti, která má poskytovat konektivitu s jinými sítěmi. Brána tak zajišťuje průběžné předávání hovorů z jedné sítě do druhé. V jedné telefonní síti se může nacházet více takových komponent, z nichž některé jsou určeny pro spojení s poskytovatelem telefonních služeb, jiné pro přímou návaznost na síť GSM. Ve většině případů jsou realizovány prostřednictvím speciálních zařízení a jejich označení je pak zpravidla odvozeno od jejich účelu. V rámci sítě WAN pak plní funkci brány především směrovače.

Vzhledem k tomu, že brány mohou propojovat dvě rozdílná prostředí, musí poskytovat funkce pro konverzi a transkódování mezi jednotlivými formáty hlasových dat. Jedná se především o techniky pro transformaci kódování (změnu hlasových kodeků) a změnu signalizačních protokolů z jedné formy na jinou. Jak již bylo zmíněno, hlasová brána může disponovat také plánem vytáčení. Prostřednictvím plánu vytáčení jsou zajištěny pravidla pro směrování a manipulaci s číslicemi.

### 3.4 Aktivní prvky

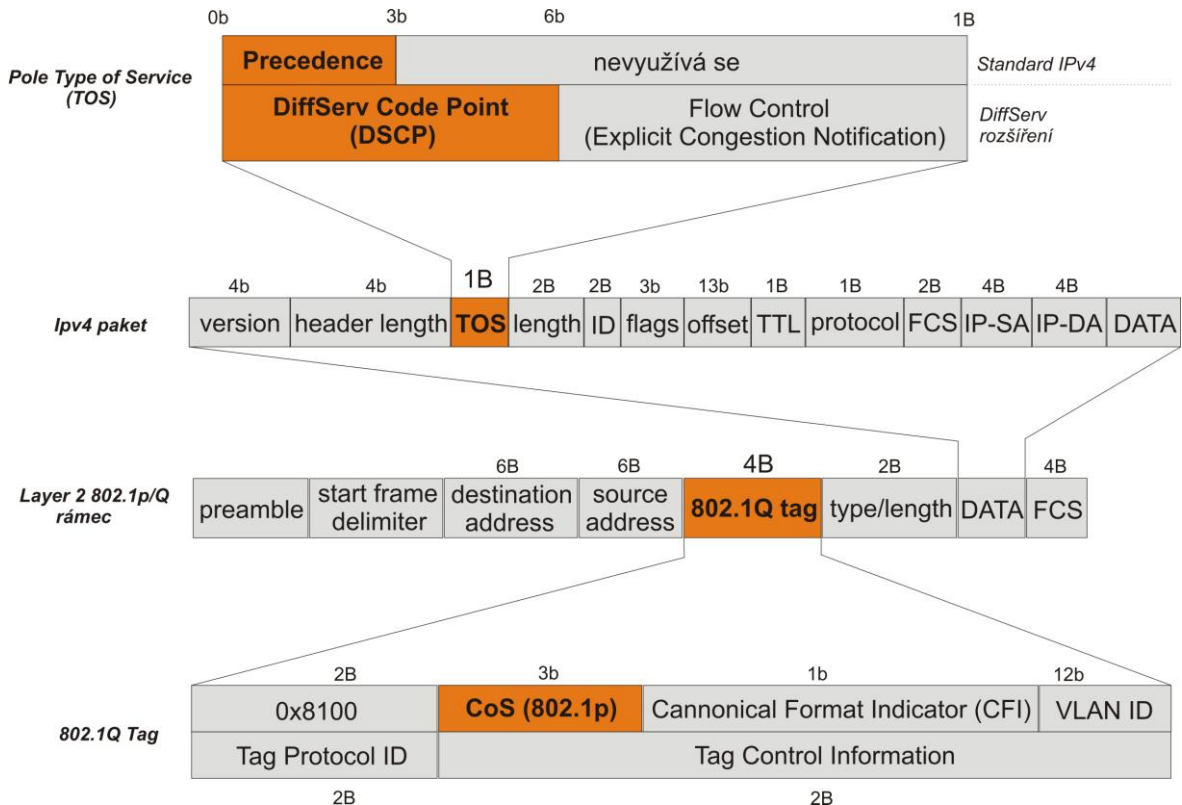
Jak již bylo několikrát zmíněno, hlasová komunikace je v prostředí VoIP realizována prostřednictvím datové sítě. Právě aktivní prvky, jako přepínače (switche) a směrovače (routery), jsou nedílnou součástí klasických datových sítí, zajišťující konektivitu mezi koncovými zařízeními, případně jednotlivými sítěmi. Vzhledem k odlišnému charakteru hlasové komunikace je nezbytné nakonfigurovat určité mechanismy na aktivních prvcích.

#### 3.4.1 QoS

*Quality of Service (QoS)* neboli kvalita služeb je soubor mechanismů pro rezervaci a řízení datových toků v počítačových sítích s přepínáním paketů. Slouží k dělení dostupné přenosové kapacity, aby při zahlcení sítě nedocházelo ke snížení kvality síťových služeb. Mechanismy QoS vždy pracují s určitou (omezenou) šířkou pásma dané sítě – nejsou schopny žádnou další kapacitu poskytnout, ale umí efektivně hospodařit s prostředky, které jsou k dispozici, aby se maximálně vyhovělo požadavkům jednotlivých aplikací [13].

Ve výchozím nastavení bývá QoS zpravidla vypnut a doručování paketů je založeno na principu Best-effort. To znamená, že nejsou definovány žádné priority, každý paket je směrován se stejným úsilím a doba doručování jednotlivých paketů je proměnlivá. Oproti tomu mechanismy QoS disponují schopnostmi pro poskytování různých priorit pro různé datové toky, čímž je zajištěna určitá úroveň výkonu takového datového toku [13].

V současné době je jednou z nejvyužívanějších implementací pro kvalitu služeb metoda DiffServ (*Differential Services*). Atributem, určujícím prioritu pro DiffServ, je hodnota DSCP (*Differentiated Services Code Point*), nacházející se uvnitř hlavičky IP paketu (L3 - síťová vrstva ISO/OSI) v poli TOS (*Type of Service*). DSCP je tvořeno šesti-bitovou hodnotou, přičemž 3bity s nejvyšší hodnotou reprezentují položku IP precedence (*Obr.12.*). Čím vyšší hodnoty atribut nabývá, tím vyšší je priorita paketu.



Obr. 12. Formát paketu a rámce s parametry QoS – IEEE 802.1p/Q a DiffServ

Dalším atributem pro určování priority provozu je hodnota CoS (*Class of Service*), která je umístěna uvnitř hlavičky ethernetového rámce (2. vrstva modelu ISO/OSI). CoS je reprezentováno třemi prioritními bity, nabývající hodnoty 0-7, kde 0 znamená nejnižší prioritu.

QoS zahrnuje následující mechanismy:

1. **Klasifikace provozu** (classifying) – specifikace provozu na základě požadovaných hodnot (například ACL – Access Control List).
2. **Definice politik** (policing) – specifikace profilů a pravidel.
3. **Označování provozu** (marking) – vyhodnocení politik a přiřazování hodnot QoS (CoS/DSCP).
4. **Zařazování do front** (queuing) – podle označení (CoS/DSCP) je provoz zařazen do určité fronty.
5. **Obsluha front** (scheduling) – podle algoritmu a vah probíhá odesílání dat na výstupní rozhraní.

Na QoS jsou kladeny nároky na garanci minimální šířky pásma, maximálního zpoždění a minimálního jitteru. Právě proto jsou tyto mechanismy odpovědí na požadavky IP telefonie, kde primárním cílem je zajistit přenos hlasu v reálném čase, při současném zachování dostatečné kvality.

### 3.4.2 VLAN

*Virtual LAN* (VLAN) neboli virtuální LAN, prezentovaná v normě IEEE 802.1Q, je technologie, která slouží k logickému rozdělení fyzického síťového segmentu. Za pomoci softwarových prostředků, implementovaných na aktivních prvcích, je tak možné spojit koncové body do jednoho logického segmentu, a to nezávisle na jejich fyzickém propojení. V praxi tedy vzniká situace, kdy dvě nebo více zařízení, připojené k jednomu aktivnímu prvku, mohou náležet různým subsítím (virtuálním LAN) [11]. Jednotlivé virtuální sítě jsou reprezentovány číslem VLAN ID.

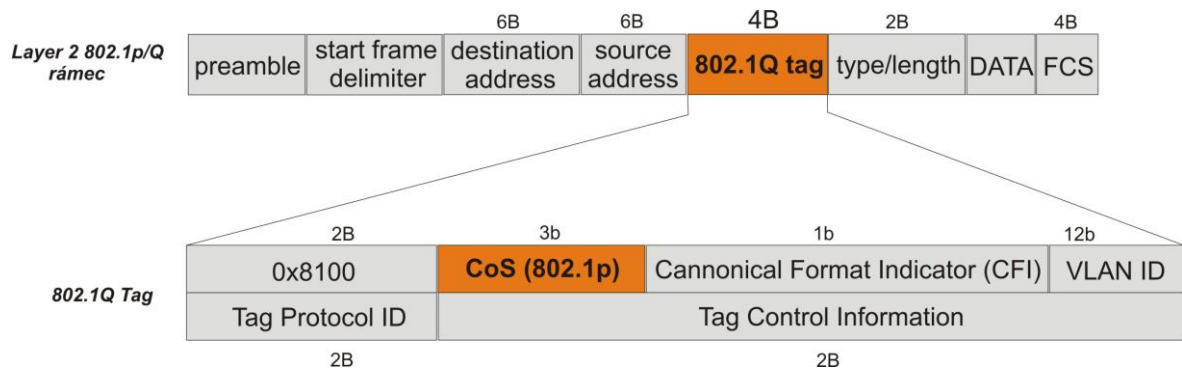
Technologie VLAN s sebou samozřejmě přináší stejné výhody, jako v případě dvou fyzicky oddělených síťových segmentů – snížení kolizní i broadcastové domény a současně zvýšení bezpečnosti. Avšak při zachování stávající síťové infrastruktury, čímž je eliminována potřeba dalších investic do nového síťového zařízení. Další, neméně důležitou výhodou VLAN je možnost oddělení speciálního provozu, což je stěžejním aspektem právě v případě IP telefonie, kdy jeden datový vodič přenáší jak běžná data, tak i hlasový proud.

Podstatnou otázkou zůstává především to, jakým způsobem zařadit konkrétní koncová zařízení do jednotlivých VLAN. Zde existuje několik možností:

- podle fyzického portu aktivního prvku
- podle MAC adresy koncového zařízení
- podle protokolu, případně rozsahu IP adres
- podle autentizace

Nejčastěji je využíván především první způsob zařazení do VLAN – podle fyzického portu aktivního prvku (převážně přepínače). Porty přepínače však musí být rovněž definovány určitým typem (access/trunk). Přístupový (access) port je určen pro připojení koncového zařízení v jedné VLAN, zatímco trunkový port slouží pro přenos dat v rámci více VLAN.

Výjimku tvoří hlasové přístupové (voice access) porty. K těmto portům může být připojen IP telefon, využívající jednu VLAN pro hlasový provoz a další zařízení, využívající druhou VLAN pro datový provoz. Na těchto portech tedy probíhá přenos v rámci dvou VLAN – datové a hlasové [11]. Rámce, procházející přes trunkový nebo hlasový port, musí být označeny prostřednictvím VLAN tagging. Jedná se o rozšíření hlavičky rámce o další informace – v tomto případě především VLAN ID.



Obr. 13. Formát datagramu dle normy IEEE 802.1p/Q

S virtuálními LAN sítěmi je následně zacházeno stejně, jako by se jednalo o klasické síť. Z toho vyplývá, že má-li být zajištěna konektivita mezi jednotlivými virtuálními subsítěmi, musí být takový provoz směrován pomocí aktivních prvků, pracujících na 3. vrstvě ISO/OSI. Takovými funkcemi disponují zejména směrovače (routery) nebo L3 přepínače (switche), pracující právě na 3. vrstvě modelu ISO/OSI. Směrování je pak označováno jako inter-VLAN routing.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ANALÝZA SOUČASNÝCH MOŽNOSTÍ IP TELEFONIE

Začátku každé realizace zpravidla předchází nejprve studium dané problematiky a aktuálních možností. V mnoha případech pak v návaznosti na to přichází nemalé dilema, jaké technické řešení zvolit. V současné době existuje více různorodých řešení, přičemž volba toho správného není vždy jednoduchou záležitostí. Totéž platí i v oblasti IP telefonie. Vhodné je nejprve definovat priority a požadavky na funkce nového systému a následně hledat požadované technické řešení. To se samozřejmě vždy odvíjí také od stávající technologie, kterou daná společnost disponuje. Opomenuta by neměla být rovněž kvalita řešení, která ovšem může být vykoupena vyšší pořizovací cenou. Jakmile se však cena stane tím jediným a nejdůležitějším atributem, může se ve výsledku takové řešení paradoxně ještě více prodražit.

Cílem této části je analyzovat aktuální možnosti implementace technologie pro IP telefonii, zvážit jejich přínosy a případná úskalí.

### 4.1 Virtuální pobočková ústředna

Mnoho telekomunikačních společností dnes nabízí nepřeborné množství telefonních a datových služeb. Jednou z nich je právě virtuální ústředna. Již z názvu je zřejmé, že se nejedná o fyzické zařízení, ale spíše o službu. Virtualizace telefonních ústředn je zajímavým řešením, které poskytuje výhody klasické telefonní ústředny, přičemž není nutné zřizovat a spravovat vlastní pobočkovou ústřednu (PBX).

Princip je založen na využívání IP telefonů, připojených do klasické datové sítě, která má zajištěnu konektivitu s ústřednou operátora prostřednictvím datových linek.

Výhodou je samozřejmě to, že zákazník nemusí investovat do nového zařízení, ale pouze využívá komfortních funkcí vzdálené ústředny. Takové řešení je proto velmi vhodné pro menší podniky, kterým se nevyplatí pořizovat vlastní zařízení. Rozsah funkcí, poskytovaný virtuální ústřednou, bývá v zásadě totožný, někdy dokonce i větší než u běžné pobočkové ústředny. To se však samozřejmě odvíjí od konkrétního technického vybavení jednotlivých poskytovatelů. Vítaným přínosem je fakt, že virtuální ústředny zpravidla poskytují možnost jednoduché škálovatelnosti. Tím je zajištěna vysoká flexibilita s ohledem na růst společnosti.



Správa a dohled nad virtuální pobočkovou ústřednou je plně v kompetenci provozovatele, tedy operátora. Služby jednotlivých operátorů se mohou samozřejmě značně lišit jak v poskytovaných funkcích, tak i v cenách (tarifech).

Nevýhoda takového řešení spočívá zejména v tom, že k virtuální pobočkové ústředně nelze připojit standardní analogové nebo digitální telefony. Jedinou možností, jak toho docílit, je využití speciálního adaptéru, případně VoIP brány. Navíc v případě, že společnost využívá faxy, je nutné pro jejich odesílání zřídit analogovou linku mimo virtuální ústřednu [13].

Mezi nejznámější tuzemské poskytovatele virtuální pobočkové ústředny patří společnosti Vodafone, Telefonica O2, T-mobile, IPEX, GTS a další.

## 4.2 Řešení společnosti Cisco

Společnost Cisco se již řadu let zabývá problematikou datových sítí. S nástupem technologie VoIP se stala jedním z prvních průkopníků a poskytovatelů řešení sjednocené komunikace. Řešení pro jednotnou komunikaci prostřednictvím IP sítě od společnosti Cisco je nazýváno jako Cisco Unified Communications System. Jedná se o integraci technologií pro IP telefonii, videotefonii, konferenci s využíváním médií (audiovizuální a webové konference, virtuální schůzky) a podobně.

Cisco nabízí široké spektrum produktů a řešení, která jsou vhodná spíše pro střední a velké podniky. Nabídka pokrývá vše, od aktivních prvků a koncových zařízení, přes komponenty pro řízení hlasové komunikace, až po rozšiřující aplikace. Základním atributem řešení od společnosti Cisco je především modularita. Díky tomu je možné vytvořit komunikační systém na míru, přesně podle potřeb a požadavků klienta. Výsledkem je tedy velmi flexibilní a škálovatelné řešení, umožňující pružně měnit jeho rozsah i kapacitu.

Architektura výsledného systému se odvíjí především od velikosti podniku a jeho nároků. Základem je vždy nějaký centrální prvek, který slouží pro zpracování a řízení volání. Tuto roli zastává převážně *Cisco Unified Communications Manager* – CUCM (dříve Cisco CallManager), což je softwarová komponenta, implementovaná na serveru. Komunikace mezi CUCM a koncovými zařízeními je primárně zajišťována vlastním proprietárním protokolem SCCP (*Skinny Call Control Protocol*). Mimo něj jsou však podporovány i protokoly jako SIP, H.323 a MGCP (pro řízení brány). CUCM je běžně zodpovědný také za řízení a správu hlasové brány, nicméně v prostředí H.323 přebírá tuto

zodpovědnost jiná komponenta – gatekeeper. V jedné síti může existovat i více agentů řízení volání, které tvoří takzvaný cluster. Díky tomu je zajištěn vyšší stupeň spolehlivosti i redundance.

Řešení s CUCM, jako agentem řízení volání, se hodí především pro velké podniky. Nabízena je však také verze pro menší podniky, které provozují 8 až 240 telefonů. Takovou situaci je pak možné vyřešit implementací softwarové komponenty *Cisco Unified Communications Manager Express* – CUCME přímo na směrovač [1].

Hlasové brány jsou v tomto prostředí reprezentovány zpravidla Cisco směrovači s hlasovou podporou. V jednom prostředí se může těchto zařízení nacházet i více. Některé typy hlasových bran disponují také analogovým a digitálním rozhraním (ISDN – BRI a PRI) pro připojení koncových zařízení a linek do veřejné telefonní sítě. Výhodou Cisco směrovačů, určených pro systém jednotné komunikace, je zejména jejich platforma s integrovanými službami, včetně VPN a firewallu. Operační systém směrovače (IOS) nebo CUCME může být vybaven také mechanismem SRST (*Survivable Remote Site Telephony*), zajišťujícím redundanci. Ten slouží jako záloha pro případ výpadku sítě WAN a přerušení spojení se vzdáleným CUCM. V takové situaci směrovač zastoupí základní funkce CUCM a je schopen zprostředkovat hlasovou komunikaci.

Brány Cisco podporují protokoly H.323, MGCP, SIP a SCCP. Brány H.323 a SIP jsou schopny fungovat i bez agenta řízení. Proto je lze implementovat i v sítích, kde agent volání (CUCM nebo CUCME) neexistuje. MGCP a SCCP jsou naopak optimalizovány pouze pro sítě, ve kterých je agent řízení volání implementován [1].

Maximální počet koncových účastníků (IP telefonů) vždy závisí na konkrétních platformách zařízení v síti, objemu nainstalované paměti a současně i verzi systému.

Jednotlivé komponenty systému pro jednotnou komunikaci (*Cisco Unified Communications System*) společně tvoří analogii ke klasické pobočkové ústředně.

### 4.3 Řešení společnosti Siemens

Siemens je společností, která se, mimo jiné, zabývá také problematikou jednotné komunikace v prostředí IP sítí. Celosvětově se řadí mezi špičku v oblasti poskytování řešení pro IP telefonii. Siemens, konkrétně divize Siemens Enterprise Communication,

nabízí širokou nabídku hardwarových i softwarových produktů pro podnikovou komunikační infrastrukturu bez ohledu na jeho velikost a požadavky [9].

Řešení od společnosti Siemens je postaveno zejména principu na modularity, flexibility a poskytuje tak možnosti škálovatelnosti a jednoduché rozšiřitelnosti v budoucnu. Centrální řídicí systém je proto složen z modulární telefonní ústředny řady HiPath, případně i z jednotného souboru aplikací řady OpenScape Voice. Podle velikosti a požadavků podniku je pak implementována vhodná řada telefonní ústředny, osazená konkrétními moduly. K některým modulům lze bez problémů připojit analogová a digitální zařízení (telefony, faxy), jiné slouží pro připojení hlasové brány a podobně. Tím je zajištěna možnost postupného rozvoje stávající hlasové a datové infrastruktury podle vlastních požadavků. Platforma HiPath standardně disponuje nejrůznějšími funkcemi pro zajištění spolehlivosti (redundance), bezpečnosti i úspory finančních prostředků (*Least-cost Routing* - LCR). Co se týče HiPath podnikové konvergované architektury, v závislosti na geografickém a organizačním členění společnosti mohou tyto systémy tvořit jak distribuovaný, tak i centralizovaný model řízení volání.

Společnost Siemens vyvinula pro účely jednotné komunikace vlastní proprietární protokol HFA (*HiPath Feature Access*), který disponuje více než tisíci různými funkcemi a službami. Funkční sada je dokonce ještě rozsáhlejší než u robustního standardu H.323. Systémy HiPath však kromě HFA podporují i standardní protokoly SIP a H.323 [9].

Soubor aplikací OpenScape Voice poskytuje podporu a umožňuje práci s hlasovými službami, textovými zprávami, kalendářem, IM (*Instant Messaging*) a konferenčními službami. Nabízeny jsou rovněž nejrůznější modely koncových zařízení s označením OpenStage a OptiPoint, podporující zejména signalizační protokoly SIP a HFA.

Podle jednoho informačního materiálu [8] je další zajímavou komponentou Deployment Service (DLS): „*DLS je aplikace HiPath Management, která poskytuje zákazníkům a servisním technikům integrované řešení pro správu IP zařízení (IP telefony a koncová zařízení) v sítích HiPath i mimo ně. To znamená v sítích HFA/H.323 a sítích na bázi SIP včetně OpenScape Voice. DLS je centrální systém, kde jsou spravovány přístrojové a QoS parametry HiPath IP zařízení pro celou zákaznickou síť. Dodatečně přebírá DLS distribuci certifikátů pro rozmístění TLS (Transport Layer Security) a je rovněž schopen vytvořit certifikáty, kde není stávající zákaznická PKI (Public Key Infrastructure) struktura.*“

## 4.4 Asterisk

Asterisk je volně dostupné a otevřené (open source) řešení k vytváření aplikací pro komunikaci v reálném čase. Takovými aplikacemi jsou například IP PBX systémy, VoIP brány a konferenční servery. Využití nachází v malých i velkých podnicích po celém světě. Přestože je tato platforma sponzorována společností Digium, spadá pod licenci GNU GPL a je zcela zdarma. V současné době existuje více než milion komunikačních systémů, založených na Asterisku, ve více než 170 zemích světa [10].

Asterisk může být základem pro vybudování kompletního telefonního systému nebo jen rozšířením stávajícího podnikového systému. Poměrně jednoduché nasazení je dáno podporou různých typů rozšiřujících HW komponent a rovněž podporou širokého spektra signalizačních protokolů, jako například SIP, H.323, IAX, a MGCP.

Pomocí této platformy tak lze vytvořit plnohodnotnou softwarovou ústřednu (softswitch) s množstvím služeb a funkcí. Asterisk je zpravidla založen na operačním systému Linux (Unix), přičemž zdrojový kód je napsán v jazyce C. S ohledem na tyto vlastnosti se jedná o vysoce konfigurovatelné a modulární řešení. Mimo jiné Asterisk podporuje také propojení s adresářovými službami (LDAP), což poskytuje další funkcionalitu. Výjimkou není ani zajištění bezpečnosti přenášeného hlasového proudu prostřednictvím šifrování. Díky multiprotokolové podpoře může Asterisk plnit rovněž funkci proxy serveru pro překlad mezi jednotlivými protokoly.

K ústředně je možné připojit i analogové nebo digitální (ISDN) linky. K tomuto účelu je však třeba zakoupit rozšiřující karty, nabízené řadou společností. Ovladače, které jsou přímo implementovány do platformy Asterisk, nesou označení Zaptel.

Pokud chtějí vývojáři vytvářet aplikace a řešení na bázi Asterisku, musí se orientovat v problematice operačního systému Linux, skriptového programování, sítí a telekomunikací. Nicméně i pro méně zkušené existují předpřipravené instalační balíčky a také diskusní fóra s širokou komunitou vývojářů. Jinou možností je pak zakoupení hotového řešení od společností, zabývajících se touto problematikou. Samozřejmě je, že konfigurace ústředny Asterisk vždy závisí na definovaných požadavcích a počtu uživatelů [10].

Výsledkem spojení softwarové ústředny s HW komponentami je komplexní nástroj pro tvorbu finančně nenáročného, avšak výkonného a flexibilního řešení.

V současné době existuje rovněž řada vzájemně nezávislých distribucí Asterisku, jejichž primárním cílem je nabídnout jednoduchou instalaci a konfiguraci ústředny. Mezi takové distribuce patří například TriBox nebo AsteriskNOW.

#### 4.5 Shrnutí a porovnání

Cílem analýzy aktuálních možností implementace VoIP řešení bylo vytvořit stručný, avšak ucelený přehled jednotlivých technologií, které se na trhu vyskytují nejčastěji. Nebylo tedy záměrem probrat detailně veškeré podrobnosti, ale pouze nastínit základní aspekty těchto řešení, popřípadě i související terminologii.

Řešení IP telefonie od společností Cisco a Siemens mají dlouhou tradici a nabízejí v zásadě podobné služby. Výsledná architektura je velmi flexibilní a škálovatelná. Co se týče dalších vlastností, jako například zabezpečení, záloha v případě výpadku, komfortní a pokročilé funkce, jsou tyto technologie na poměrně vysoké úrovni. Jinou kategorií tvoří virtuální ústředny. Ty mohou být založeny na produktech různých společností, avšak hlavní odlišností je fakt, že zákazník takovou ústřednu fyzicky nevlastní. Z určitého pohledu může být takové řešení velmi výhodné, a to zejména pro menší podniky. Zákazníkovi tak odpadá počáteční investice i zodpovědnost za správu a případnou modernizaci, čímž samozřejmě dochází k dalším úsporám. Některé společnosti však mohou v takovém řešení spatřovat nevýhodu, kterou je právě nemožnost kontroly a správy ústředny. V případě, že se jedná o velký podnik, který disponuje i více pobočkami, vyplatí se implementace vlastní pobočkové ústředny.

Mimo výše uvedená řešení existuje možnost implementace pobočkové ústředny na platformě Asterisk. Hlavní výhoda spočívá především v tom, že se jedná o řešení s minimálními finančními náklady a velkým potenciálem. Otevřený kód této platformy navíc umožňuje vývojářům přizpůsobit si telekomunikační prostředí na míru.

Vzhledem k současné vyspělosti technologií jednotlivých společností jsou rozdíly mezi zmiňovanými řešeními takřka zanedbatelné. Ve většině případů bude proto volba konkrétního řešení záviset zejména na stávající podnikové technologii, avšak současně s přihlédnutím na jisté preference a finanční možnosti.

## 5 NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Tato část se zabývá požadavky zadavatele a analýzou stávajícího stavu datové a telefonní infrastruktury. Dále následuje nabídka společnosti Siemens v podobě stručného nastínění cílového stavu, na niž navazuje samotná realizace vybraného řešení.

### 5.1 Charakteristika

Předmětem realizace jednotného komunikačního prostředí je organizace Celní správy České republiky (CSČR) v rámci Jihomoravského kraje (JMK) a kraje Vysočina. Jedná se o celkem 15 samostatných pracovišť. Tato pracoviště se nachází v lokalitách Brno – Koliště, Brno – Traťová, Brno – Brno – Řípská, Brno – Tuřany, Blansko, Vyškov, Břeclav, Lanžhot, Hodonín, Znojmo a Jihlava, Žďár nad Sázavou, Pelhřimov, Třebíč, Havlíčkův Brod. Důvodem je především nevyhovující technologie pro přenos hlasu, tvořená zastaralými spojovacími systémy, přičemž hovory mezi jednotlivými lokalitami jsou zpoplatněny.

### 5.2 Požadavky zadavatele

Zadavatel (CSČR) požaduje vytvoření telekomunikačního prostředí ve výše uvedených lokalitách, které bude poskytovat stejný nebo vyšší uživatelský komfort jako stávající řešení a současně minimalizuje náklady za využívání telefonních služeb. Dále je kladena podmínka na implementaci nového systému do stávající síťové infrastruktury, při zachování datových technologií. Výsledné řešení musí poskytovat spojení s centrálním řídicím uzlem, nacházejícím se v objektu Generálního ředitelství cel (GŘC) v Praze, čímž dojde k začlenění do již existujícího systému IP telefonie. Záměrem je rovněž sjednocení technologických platforem za účelem podpory stejných služeb, protokolů a bezpečnostních pravidel.

### 5.3 Analýza současného stavu

Za účelem výběru správných komponent, technologií a postupů byla provedena analýza aktuálního stavu telefonní a datové infrastruktury

### 5.3.1 Telefonní systém

V současné době jsou telefonní služby založeny na tradičním telefonním systému. V každé lokalitě je hlasová komunikace zajišťována prostřednictvím samostatné telefonní ústředny, tvořené digitálním spojovacím systémem TTC 2000. Jedná se o submodulární systém, který disponuje digitálním i analogovým rozhraním pro připojení koncových zařízení. Připojení do veřejné telefonní sítě je zajištěno přes rozhraní E1 ISDN PRI (30B+D) nebo ISDN BRI (2B+D). Konektivita mezi jednotlivými lokalitami je zajištěna prostřednictvím veřejné telefonní sítě (VTS).

Koncová zařízení jsou tvořena analogovými a digitálními (ISDN) terminály. V určitých lokalitách jsou k ústřednám připojeny faxy, případně další služby, jako například zařízení pro obsluhu zvonků u vchodů do budov (tzv. vrátník). Veškerý hlasový provoz je centrálně zaznamenáván a vyhodnocován softwarovou komponentou AccountiX, která poskytuje funkce pro tarifkaci.

Pro volání v rámci jednotlivých lokalit je číslovací plán založen na trojmístné číselné kombinaci. V případě volání přes veřejnou telefonní síť je jednotně využíván prefix s číslicí 0, za nímž následuje číslo v běžném, devíti-číselném formátu.

### 5.3.2 Datový systém

Datový systém je ve všech jednotlivých lokalitách založen na technologii Ethernet s hvězdicovou topologií. Aktivní prvky jsou tvořeny jednotnou technologií od společnosti Cisco. Centrální uzly tvoří přepínače Cisco Catalyst 3750 – 24 PoE. Všechny přepínače disponují podporou pro napájení portů dle specifikace IEEE 802.3af (PoE). Dále podporují prioritizaci a logické oddělení provozu dle specifikace IEEE 802.1p/Q (QoS/VLAN). Přenosová rychlost v rámci jednotlivých sítí LAN je 100 Mb/s. Všechny LAN sítě jsou vzájemně propojeny sítí WAN (technologie MPLS) do hvězdicové struktury, kde centrální uzel je situován v Praze (*Obr.14.*). Směrování datového provozu v rámci sítě WAN je zajišťováno prostřednictvím směrovačů Cisco 2811 ISR. Směrovače disponují podporou pro prioritizaci provozu dle specifikace IEEE 802.1p (QoS).

Každá síť LAN disponuje DHCP serverem. Přístup do sítě Internet je zajištěn prostřednictvím brány, situované v Praze. Bezpečnost a filtrování provozu zajišťuje firewall a proxy server na rozhraní vnitřní sítě a Internetu. Datový provoz není žádným

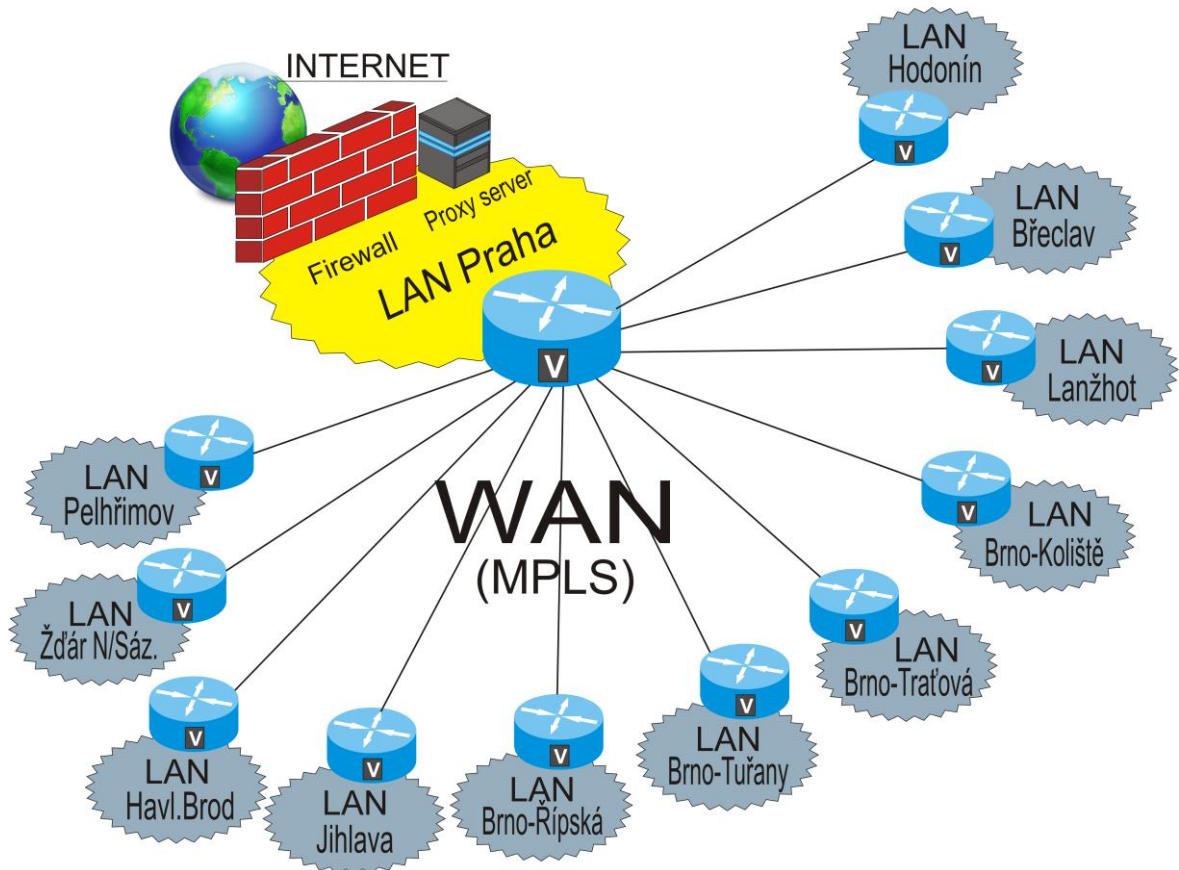
způsobem logicky oddělován a je založen pouze na jedné výchozí virtuální síti – VLAN 1 (native). Mechanismy, zajišťující prioritizaci provozu (QoS) jsou vypnuty.

Rychlost připojení k síti WAN pro jednotlivé lokality jsou uvedeny v tabulce (Tab.2.).

Tab. 2. Přenosové rychlosti jednotlivých lokalit

Lokalita	Přenosová rychlost
Brno – Koliště	16 Mbit/s
Brno – Traťová	8 Mbit/s
Brno – Řípská	8 Mbit/s
Brno – Tuřany	2 Mbit/s
Blansko	4 Mbit/s
Vyškov	4 Mbit/s
Břeclav	8 Mbit/s
Lanžhot	4 Mbit/s
Znojmo	4 Mbit/s
Hodonín	4 Mbit/s
Jihlava	8 Mbit/s
Třebíč	4 Mbit/s
Pelhřimov	4 Mbit/s
Žďár nad Sázavou	8 Mbit/s





Obr. 14. Struktura sítě WAN

### 5.3.3 Aktivní prvky

#### Switch Cisco Catalyst 3750 – 24 PoE

- 24x Ethernet 10/100/1000 port
- 2x SFP port
- stack port (32 Gb/s)
- IEEE 802.1p (QoS)
- Podpora DiffServ
- IEEE 802.1Q (VLAN)
- IEEE 802.3af (PoE)
- IEEE 802.3x full duplex
- Software Cisco IOS

- RAM paměť: 128 MB (DRAM)
- Vnitřní paměť flash: 16 MB

### **Router Cisco 2811 ISR**

- 2x Fast Ethernet port
- Integrované služby
- Zabezpečení – firewall, šifrování
- Podpora VPN
- Podpora hlasu
- Podpora QoS (L2 Cos/L3 DiffServ)

## **5.4 Návrh řešení společnosti Siemens**

V cílovém stavu budou implementovány služby IP telefonie do stávající síťové infrastruktury. Služby IP telefonie budou postaveny na technologii Siemens HiPath 3800/4000. Ústředna HiPath 3800 bude situována v lokalitě Jihlava, kde zastane roli prvku pro řízení volání (agenta volání). V lokalitě Brno – Koliště se bude nacházet přístupový bod AP 3700 IP s podporou režimu survivability, který zajistí provoz IP telefonů i v případě nedostupnosti centrálního systému IP telefonie. Přístupový bod AP 3700 IP bude spojen s nadřazeným řídicím uzlem HiPath 4000, situovaném v Praze. Výsledné řešení bude tedy postaveno na koncepci distribuovaného modelu IP telefonie. V lokalitách Jihlava a Brno – Koliště budou současně rozmístěny hlasové (ISDN/GSM) brány, které za účelem propojení s veřejnou telefonní sítí (VTS) zajistí konverzi mezi prostředím IP a TDM.

V požadovaných lokalitách budou nainstalovány IP telefony. V lokalitě Jihlava budou kromě IP telefonů instalovány také digitální systémové telefony. IP telefony budou využívat proprietární signalizační protokol HFA a budou disponovat hlasovými kodeky G.711, G.722 a G.729A/B. IP telefony budou rovněž podporovat logické oddělení provozu podle IEEE 802.1Q (VLAN), prioritizaci hlasového provozu na základě IEEE 802.1p (QoS) a napájení podle IEEE 802.3af (PoE). Na určených lokalitách budou rovněž instalovány analogové převodníky pro zachování faxového provozu dle standardu

T.38. Nastavení a správa IP telefonů budou řešeny jednotně na centrálním principu, s využitím stávající aplikace *Deployment Service* (DLS), která je implementována na serveru v pražské centrále. DLS zajistí grafické rozhraní k nastavení jednotné konfigurace a bezpečnostní politiky ve všech geograficky rozmístěných telefonech. Správa bude prováděna na bázi HTTP/SOAP/XML, zabezpečenými digitálními certifikáty a protokolem TLS. Správa hlasových bran bude řešena jednotně a centrálně prostřednictvím nástrojů Siemens. Hlasové brány budou obsahovat rozhraní E1 ISDN PRI. Většina analogových a digitálních telefonů bude nahrazena IP telefony a digitálními systémovými telefony (lokality Jihlava). V cílovém stavu bude v provozu celkem 224 IP telefonů a 54 digitálních systémových telefonů. Instalovány budou následující typy telefonů. IP telefony OpenStage 15, OpenStage 40, OpenStage 60 a OptiPoint 420 Economy plus. Digitální systémové telefony OptiPoint 500 Standard a OptiPoint 500 Advance.

## 5.5 Specifikace komponent

Tento oddíl se zabývá stručným výčtem vlastností jednotlivých komponent, které společně vytváří prostředí pro služby IP telefonie.

### 5.5.1 Systémy pro řízení volání

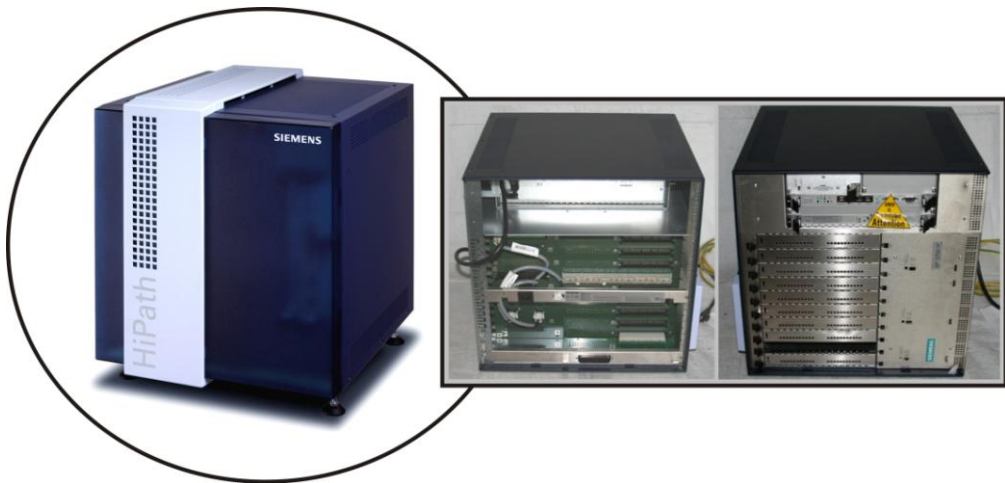
Systémy pro řízení volání jsou tvořeny ústřednami řady HiPath od společnosti Siemens.

#### **HiPath 3800 - IP konvergováný systém pro malé a střední podniky**

- Maximální počet analogových zařízení: 384
- Maximální počet digitálních zařízení: 384
- Maximální počet VoIP zařízení: 500
- Možnost propojení s dalšími systémy (clustering)
- Integrovaný systém hlasové pošty
- Integrovaná IP brána HG 1500
- OpenScape Office – nástroje pro sjednocenou komunikaci
- AccoutiX Office – tarifkace

- HiPath Manager E – nástroj pro správu
- Zabezpečení - podpora IPSec a šifrování (TLS, SRTP)
- Podpora protokolů SIP, HFA, H.323, Q.SIG, DSS1
- Podpora Deployment Service (DLS)
- Podpora směrování s nejmenšími náklady (LCR)
- Digitální rozhraní pro připojení k veřejné telefonní síti (ISDN BRI, PRI E1,)

System dále disponuje kompletní sadou podnikových funkcí ComScendo (parkování hovorů, zpětné volání, textové správy, převzetí volání, rozhraní LDAP, interní telefonní seznam, sekretářské funkce a další).



*Obr. 15. Ústředna Siemens řady HiPath 3000*

### **HiPath 4000 - IP konvergováný systém pro střední a velké podniky**

- Podpora až 12 000 digitálních, analogových nebo IP linek
- Možnost propojení s až 83 dalšími systémy záložními jednotkami (AP 3300/3700 IP)
- Centrální správa pro distribuovanou architekturu
- Podnikové funkce ComScendo Plus (podpora CTI)
- Funkce hlasové pošty
- Integrovaná IP brána HG 3500
- OpenScape UC Enterprise – nástroje pro sjednocenou komunikaci

- HiPath 4000 Manager – nástroj pro správu
- Zabezpečení - podpora IPSec a šifrování (TLS, SRTP)
- Podpora protokolů SIP, HFA, H.323, Q.SIG, DSS1
- Podpora Deployment Service (DLS)
- Podpora směrování s nejmenšími náklady (LCR)
- Digitální rozhraní pro připojení k veřejné telefonní síti (ISDN BRI, PRI E1)

Vzdálený přístupový bod AP 3700 IP lze vybavit volitelnou řídicí jednotkou. Jestliže není k dispozici centrální systém HiPath nebo k němu nelze sestavit IP spojení, záložní řídicí jednotka může převzít řízení svého vlastního přístupového bodu.

### 5.5.2 Brány

#### 2N Ateus GSM ISDN Lite 2 ()

Tato GSM brána podporuje až 2 SIM karty různých operátorů a 2 souběžná volání. Společně s podporou směrování hovorů podle času a volané destinace (LCR – *Least-cost Routing*) lze pak zvolit ten nejvýhodnější způsob volání. Brána dále disponuje funkcí inteligentního směrování příchozích hovorů na základě čísla volajícího (CLIP). Přes bránu je možné posílat i přijímat SMS zprávy. Podporuje široké spektrum GSM frekvencí (850/900/1800/1900 MHz). Brána disponuje jedním portem BRI ISDN a jedním portem VoIP – SIP. Pro kódování řeči jsou využívány kodeky G.711 a G.729a/b. Signalizace je zajišťována protokolem SIP.



Obr. 16. GSM/ISDN brána 2N Ateus Lite 2

**HG 1500/3500**

- Součást systému HiPath 3700/4000
- Spojení s veřejnou telefonní sítí (VTS)
- Integrované funkce směrovače
- Standardní signalizační protokoly HFA, SIP, H.323
- Podpora hlasových kodeků G.711, G.723.1, G.729a/b
- Podpora šifrování (TLS, SRTP), VPN
- Potlačení proměnlivého zpoždění - adaptivní jitter buffer
- Rozhraní ISDN BRI, PRI (signalizace DSS1)
- Integrovaný firewall
- Podpora QoS
- Podpora LCR

**5.5.3 VoIP převodník****Access Point Mediatrix 4104**

4x RJ-11 pro analogová zařízení, 2x RJ-45 pro 10/100 BaseT Ethernet, až 4 souběžné hovory, možnost připojení faxů prostřednictvím protokolu T.38, podpora signalizačního protokolu SIP, podpora zabezpečení (TLS, SRTP), podpora hlasových kodeků G.711, G.726, G.729a/b.



*Obr. 17. Access Point Mediatrix 4104*

#### 5.5.4 Telefony

##### **OptiPoint 500 Standard**

Systemový telefon – alfanumerický dvouřádkový LCD displej, 12 programovatelných kláves s LED diodami, 2 klávesy pro ovládání hlasitosti, 3 navigační klávesy, integrované USB rozhraní, plně duplexní hlasitý odposlech, rozhraní pro připojení rozšiřujících modulů.

##### **OptiPoint 500 Advance**

Systemový telefon – alfanumerický dvouřádkový LCD displej (podsvícený), 19 programovatelných kláves s LED diodami, 3 navigační klávesy, 2 klávesy pro ovládání hlasitosti, integrované USB rozhraní, plně duplexní hlasitý odposlech, rozhraní pro připojení rozšiřujících modulů, port pro připojení náhlavní soupravy (headset).

##### **OptiPoint 420 Economy plus**

IP telefon – 12 programovatelných samopropisovacích (LCD displej) kláves s LED diodami, 3 navigační klávesy, 2 klávesy pro ovládání hlasitosti, integrovaný reproduktor, podpora PoE, podpora VLAN a hlasových kodeků G.711, G.723.1A, G.729a/b, G.722, možnost vzdálené konfigurace prostřednictvím HiPath Deployment Service (DLS).



OptiPoint 500 Standard



OptiPoint 500 Advance



OptiPoint 420 Economy

*Obr. 18. Telefony řady OptiPoint od společnosti Siemens*

##### **OpenStage 15 HFA**

IP telefon, referentský typ – dvouřádkový LCD displej, 3 navigační klávesy, 8 programovatelných kláves, klávesy s pevnými funkcemi pro ovládání reproduktoru, zpráv a menu. Možnost připojení externího modulu – 12 samopopisovacích kláves.

### **OpenStage 40 HFA**

IP telefon – polohovatelný šestiřádkový podsvícený LCD displej, 5 navigačních kláves, 6 programovatelných dotykových kláves, 7 pevných funkčních kláves, 3 klávesy pro ovládání hlasitosti, možnost připojení externího modulu – 15 až 40 samopopisovacích kláves.

### **OpenStage 60 HFA**

IP telefon, manažerský typ – polohovatelný barevný TFT display (QVGA), dotykové ovládání hlasitosti a navigace, 8 programovatelných dotykových kláves, 6 dotykových kláves pro vestavěné aplikace, 6 kláves s pevnými funkcemi, až 2 externí moduly se samopopisovacími klávesami, 19 signalizačních LED diod, podpora Bluetooth a vestavěných aplikací.



*Obr. 19. Telefony řady OpenStage od společnosti Siemens*

Všechny IP telefony řady OpenStage HFA podporují signalizační protokol HFA a disponují hlasovými kodeky G.711, G.722, G.729a/b. Konfiguraci lze provádět prostřednictvím webového rozhraní, XML souborů nebo vzdáleně pomocí HiPath Deployment Service (DLS). Napájení je zajištěno přes PoE (*Power over Ethernet*) nebo přes adaptér z elektrické sítě. IP telefony OpenStage jsou vybaveny vestavěným přepínačem, který umožňuje připojení počítače do datové sítě přes rozhraní telefonu.



## 6 REALIZACE

Na základě analýzy současných možností a nabídkových projektů několika společností bylo vybráno řešení od společnosti Siemens. Rozhodování bylo v tomto případě plně v moci vyššího managementu. Hlavním důvodem výběru tohoto řešení byla, v porovnání s ostatními nabídkami, nízká cena. Cena však nebyla jediným kritériem na úkor kvality. Kvalita vybrané technologie je na srovnatelné úrovni s ostatními nabízenými technologiemi a řešení splňuje veškeré zadané podmínky. Další text je proto zaměřen pouze na vybrané řešení od společnosti Siemens.

Realizace systému pro jednotnou komunikaci probíhala ve dvou etapách při plném provozu. Při první etapě byly instalovány a konfigurovány veškeré komponenty IP telefonie v rámci Celních úřadů pro kraj Vysočina. Druhá etapa pak představovala instalaci a konfiguraci komponent pro Celní úřady v rámci Jihomoravského kraje.

### 6.1 První etapa – kraj Vysočina

Prvním krokem realizace v rámci kraje Vysočina byla instalace a konfigurace ústřednového systému HiPath 3800 v lokalitě Jihlava. Tento systém je tvořen třemi kartami – moduly (každý 24 portů) pro připojení digitálních terminálů a integrovanou IP bránou HG 1500, poskytující propojení s veřejnou telefonní sítí (VTS). Tato brána slouží rovněž pro převod hovorů z digitálních systémových telefonů do prostředí VoIP. K ústředně byla současně připojena také GSM brána 2N Ateus GSM ISDN Lite 2, vybavená jednou SIM kartou pro přímé spojení s GSM sítí operátora (Telefonica O2). Do určených kanceláří bylo následně rozmístěno a zapojeno 7 kusů telefonů OptiPoint 500 Advance pro vedoucí pracovníky a 47 kusů telefonů OptiPoint 500 Standard pro ostatní zaměstnance. Na straně ústředny pak byla tato zařízení připojena k předem nakonfigurovaným portům. Celkem tedy bylo v této lokalitě implementováno 54 digitálních systémových telefonů. Tato zařízení nahradila původní analogové a digitální (ISDN) telefony.

Dalším krokem byla instalace IP telefonů OptiPoint 420 Economy plus do vzdálených lokalit. V lokalitě Třebíč byly instalovány 3 IP telefony u vedoucích pracovníků. V lokalitě Žďár nad Sázavou bylo instalováno 6 IP telefonů u vedoucích pracovníků. V lokalitě Pelhřimov bylo instalováno 5 IP telefonů u vedoucích pracovníků. Všechny IP telefony byly prostřednictvím integrovaného přepínače propojeny společně s počítači,

přičemž provoz byl logicky oddělen pomocí mechanismu VLAN. Jednotlivé IP telefony byly nakonfigurovány tak, aby se registrovaly u systému HiPath 3800 v Jihlavě a využívaly jeho služeb. Vzhledem k současnému stavu nedostatečného pokrytí IP telefony, zůstává v těchto lokalitách nadále zachován i původní telefonní systém.

Za účelem zajištění bezproblémového přenosu hlasu proběhla ve všech lokalitách také konfigurace aktivních prvků.

## 6.2 Druhá etapa – kraj Jihomoravský

Prvním krokem realizace v rámci Celních úřadů Jihomoravského kraje byla instalace a konfigurace přístupového bodu AP 3700 IP (vzdálená vana) v lokalitě Brno – Koliště, který je připojen k ústřednovému systému HiPath 4000 v lokalitě Praha. Přístupový bod disponuje integrovanou IP bránou HG 3500 pro připojení k veřejné telefonní síti a GSM bránou 2N Ateus GSM ISDN Lite 2 pro připojení do sítě GSM operátora ( Telefonica O2). V lokalitě Brno – Koliště bylo instalováno celkem 65 IP telefonů – 45x OpenStage 15, 11x OpenStage 40 (model střední třídy), 9x OpenStage 60 (manažerský typ). IP telefony byly propojeny prostřednictvím integrovaného přepínače společně s počítači, přičemž bylo zajištěno logické oddělení provozu pomocí mechanismu VLAN. V této lokalitě byly nahrazeny veškeré původní analogové i digitální (ISDN) telefony. Původní telefonní systém byl v návaznosti na to zrušen.

Následně byla prováděna instalace v rámci vzdálených lokalit. V lokalitě Brno – Traťová bylo instalováno celkem 91 IP telefonů – 76x OpenStage 15, 13x OpenStage 40, 2x OpenStage 60 (pro vedoucí pracovníky). Tato lokalita byla plně pokryta novými IP telefony, které nahradily původní analogové a digitální (ISDN) telefony. Za účelem zachování faxových a jiných analogových služeb (vrátník) byly do systému implementovány analogové převodníky, k nimž byly faxy a další zařízení následně připojeny. Po úspěšném otestování nového řešení byl zrušen původní telefonní systém.

V ostatních vzdálených lokalitách byly nainstalovány IP telefony v počtu, udávaném tabulkou (Tab.3.):

Tab. 3. Počty IP telefonů na jednotlivých lokalitách

LOKALITA	OpenStage 15	OpenStage 40	OpenStage 60	Celkem IP telefonů
Brno - Tuřany	1	1	-	2
Brno - Řípská	6	5	6	17
Vyškov	2	1	-	3
Blansko	3	3	-	6
Břeclav	7	3	-	10
Lanžhot	4	3	-	7
Hodonín	3	2	-	5
Znojmo	2	2	-	4

Z důvodu nedostatečného pokrytí IP telefony byly v lokalitách, uvedených v tabulce (Tab.3.), zachovány původní telefonní systémy. Veškeré IP telefony ve vzdálených lokalitách byly propojeny prostřednictvím integrovaného přepínače společně s počítači, přičemž bylo zajištěno logické oddělení hlasového a datového provozu pomocí mechanismu VLAN. IP telefony se nakonfigurovaly tak, aby jejich registrace probíhala vůči vzdálenému přístupovému bodu AP 3700 IP, situovanému v lokalitě Brno – Koliště.

Za účelem zajištění potřebných parametrů pro přenos hlasu proběhla ve všech lokalitách také konfigurace Cisco přepínačů a směrovačů.

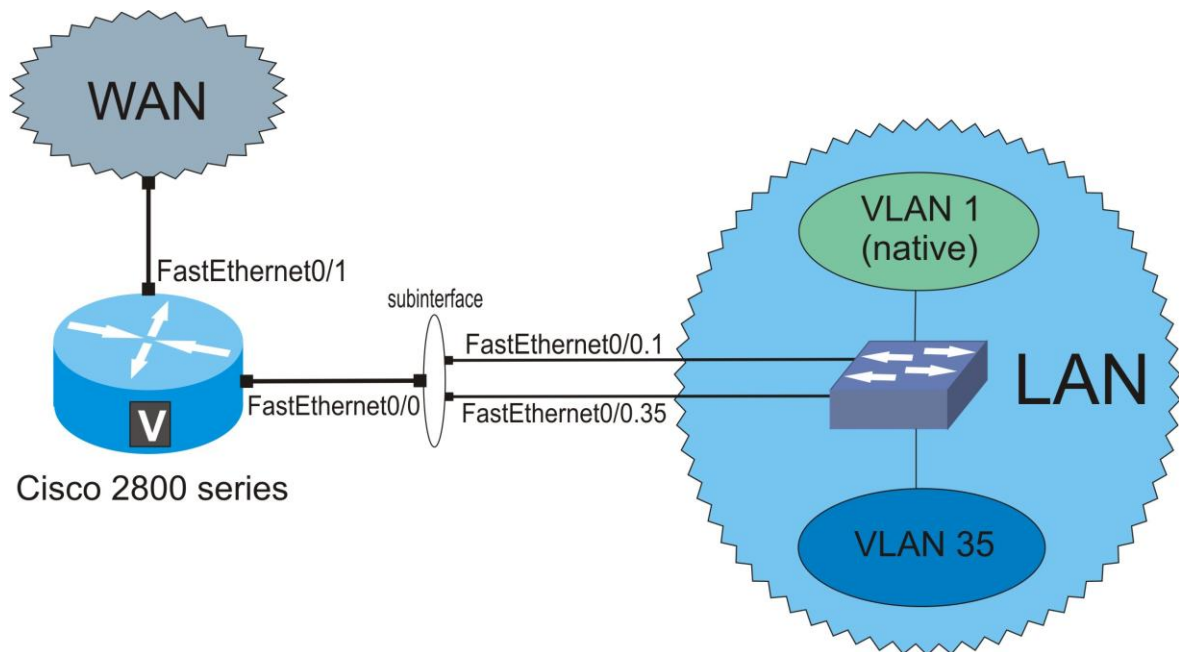
### 6.3 Konfigurace komponent

Nedílnou součástí realizace služeb IP telefonie byla rovněž konfigurace jednotlivých komponent sítě. Konfigurace aktivních prvků byla prováděna jednotně pro všechny lokality a současně zapadá do celkového konceptu jednotného systému IP telefonie v rámci celé organizace. Konfigurace ústředen a telefonů byla naopak realizována v závislosti na použitém ústřednovém systému a dané lokalitě.

#### 6.3.1 Aktivní prvky

Vzhledem k tomu, že datová síť dosud nevyužívala mechanismy pro logické oddělení provozu (VLAN), bylo nutné vytvořit dvě separovaná prostředí – jedno pro hlasový provoz (VLAN 35), druhé pro datový provoz (VLAN 1 native). Za tímto účelem proběhla konfigurace přepínačů i směrovačů ve výše uvedených lokalitách.

Pro zajištění korektního směrování v rámci jednotlivých VLAN subsítí bylo interní (LAN) rozhraní směrovačů rozděleno na dvě logická sub-rozhraní, tvořící společně trunkový spoj s přepínačem (Obr.20.). Každé logické rozhraní je definováno rozsahem IP adres a průchozí pakety jsou značkovány (VLAN tagging) podle příslušné VLAN, do níž jsou adresovány.



Obr. 20. Ilustrace sub-rozhraní na směrovačích Cisco 2800 series

Konfigurace trunkového portu pro data:

```
ROUTER# interface FastEthernet0/0.1
ROUTER# encapsulation dot1q 1 native
ROUTER# ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
```

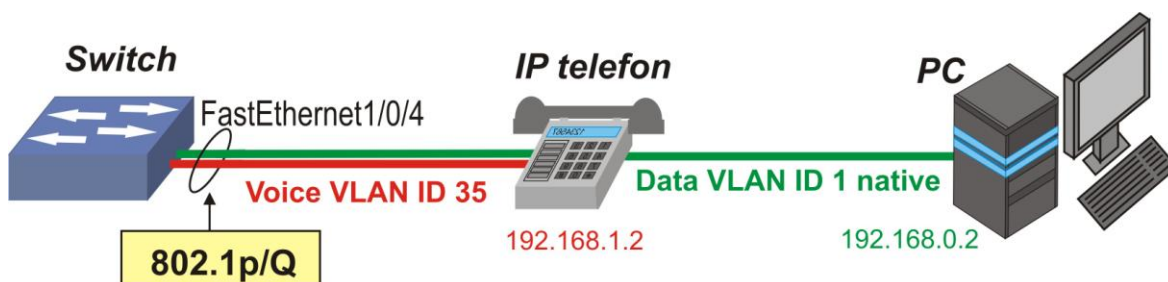
Konfigurace trunkového portu pro hlas:

```
ROUTER# interface FastEthernet0/0.35
ROUTER# encapsulation dot1q 35
ROUTER# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

Výše uvedené IP adresy jsou pouze ilustrativní a mění se v závislosti na lokalitě, v níž je směrovač implementován.

Na přepínačích byl datový a hlasový provoz oddělen na základě statické konfigurace jednotlivých fyzických portů. Porty, ke kterým se připojují IP telefony, byly

nakonfigurovány jako přístupové (access) hlasové a byla jim přiřazena hodnota VLAN 35. Pro datový provoz je určena nativní VLAN 1.



Obr. 21. Ilustrace oddělení hlasu a dat prostřednictvím VLAN

#### Konfigurace hlasových portů:

```
SWITCH# interface FastEthernet1/0/4
SWITCH# switchport mode access
SWITCH# switchport voice vlan 35
```

Některé porty přepínačů byly nakonfigurovány jako trunkové. Ty zajišťují přenos rámců, patřících do různých VLAN. Konkrétně jsou trunk porty využity pro vzájemné propojení aktivních prvků a pro připojení serverů. Při průchodu trunk portem musí být hlavičky rámců rozšířeny o identifikaci, určující danou VLAN síť (VLAN tagging).

#### Konfigurace trunk portů

```
SWITCH# interface FastEthernet1/0/20
SWITCH# switchport mode trunk
SWITCH# switchport trunk encapsulation dot1q
```

Dalším, velmi důležitým krokem byla konfigurace aktivních prvků za účelem zajištění kvality služeb (QoS). Jak již bylo několikrát zmíněno, přenos hlasu v reálném čase klade na síťové prostředí zcela nové požadavky. Konfigurace byla opět provedena na všech lokalitách a pro všechny aktivní prvky jednotně, aby byla zachována doména (DiffServ) kvality služeb v rámci celé organizace.

Konfigurace kvality služeb (QoS) byla provedena nejprve na přepínačích. Vzhledem k tomu, že na těchto zařízeních je QoS standardně vypnutý, bylo nutné tuto funkci zapnout a nastavit.

Součástí je konfigurace mapovací tabulky CoS-DSCP, která slouží pro převod mezi hodnotami vrstvy L2 a L3. Hodnotám CoS (0-7) jsou postupně přiřazovány hodnoty DSCP (0-63):

#### Konfigurace mapovací tabulky

```
SWITCH# mls qos map cos-dscp 0 8 16 26 32 46 48 56
```

Před dalšími konfiguračními kroky bylo důležité nejprve zjistit, na jakém principu použité přepínače fungují. Přepínač Cisco řady 3750 používá 2 vstupní fronty (*ingress queues*), 4 výstupní fronty (*egress queues*) a plánovač (*scheduler*) SRR (*Shaped/Shared Round Robin*). Při zahazování paketů se řídí algoritmem WTD (*Weighted Tail Drop*) se třemi prahovými hodnotami (*threshold*). Prahové hodnoty 1 a 2 jsou nastavitelné, hodnota 3 je konstantně nastavena na 100%. To znamená, že pokud dosáhne fronta určitého procenta naplnění, další příchozí pakety jsou zahazovány. Princip řazení je dán definicí konkrétní fronty a prahu pro rámec/paket s hodnotou CoS/DSCP.

#### Konfigurace QoS – přiřazení vstupních/výstupních front a prahů

```
SWITCH# mls qos srr-queue input cos-map queue 2 threshold 3 3 5
SWITCH# mls qos srr-queue input dscp-map queue 2 threshold 3
40 41 42 43 44 45 46 47
SWITCH# mls qos srr-queue output cos-map queue 1 threshold 3 5
SWITCH# mls qos srr-queue output dscp-map queue 1 threshold 3
40 41 42 43 44 45 46 47
```

Hlasový provoz, označený CoS hodnotou 5, případně hodnotou DSCP 40-47 je směrován do 2. vstupní (input) fronty, která je (ve výchozím nastavení) při zahlcení upřednostňována. Data jsou zahazována až tehdy, když je tato fronta plně obsazena (threshold 3). Stejně označený provoz je dále směrován do 1. výstupní (output) fronty s prahem o hodnotě 3.

Pro jednotlivé fronty byla rovněž definována velikost zásobníku (bufferu) a šířka přenosového pásma (bandwidth). Váhy pro vstupní (input) fronty jsou nastavovány

globálně. Velikost zásobníku výstupní (output) fronty je možné definovat dvěma sety, přičemž hodnoty setu 1 jsou výchozí.

Konfigurace vah pro zásobník vstupních/výstupních front a šířku pásma vstupních front

```
SWITCH# mls qos srr-queue input buffers 67 33
SWITCH# mls qos srr-queue input bandwidth 90 10
...
SWITCH# mls qos queue-set output 1 buffers 10 10 26 54
```

Váha pro šířku přenosového pásma na výstupních frontách byla aplikována přímo na porty přepínače v trunkovém módu. V 1. výstupní frontě (output queue) byla pro hlasový provoz vyhrazena a rezervována (prostřednictvím shape mode) šířka pásma 10% z celkové rychlosti portu. Rovněž byla na těchto portech nastavena důvěra v hodnotu CoS/DSCP.

Konfigurace vah pro rezervaci šířky pásma 1. výstupní fronty na trunkovém portu, důvěra v CoS/DSCP

```
SWITCH# interface FastEthernet1/0/20
SWITCH# switchport mode trunk
SWITCH# trunk encapsulation dot1q
SWITCH# srr-queue bandwidth shape 10 0 0 0
SWITCH# mls qos trust dscp
SWITCH# mls qos trust cos
```

Hlasový provoz bylo potřeba označit také na úrovni hranice sítě. Po konfiguraci přepínačů proto následovala konfigurace směrovačů. Jak již bylo zmíněno, konfigurace mechanismů QoS probíhá v několika krocích. Nejprve je nutné specifikovat, pro jaký provoz budou následná pravidla platit. Tento krok se nazývá klasifikace. V našem případě byla prováděna na základě rozšířeného (extended) seznamu ACL (Access Control List).

Konfigurace rozšířeného ACL s názvem Siemens\_Trust (vzorové IP adresy)

```
ROUTER# ip access-list extended Siemens_Trust
ROUTER# permit ip 192.168.0.0 0.0.255.255 192.168.0.0
0.0.255.255
ROUTER# permit ip any 192.168.0.0 0.0.255.255
```

Konfigurace rozšířeného ACL s názvem Real-Time\_EF

```
ROUTER# ip access-list extended Real-Time_EF
ROUTER# permit udp any any 16384 32767
```

V prvním případě je rozšířený seznam ACL tvořen kombinací zdrojové a cílové IP adresy s maskou v inverzním tvaru. V případě druhém je provoz klasifikován na základě protokolu UDP s rozsahem portů 16384-32767. Toto pravidlo tedy pokrývá přenos RTP proudů.

V dalším kroku bylo vytvořeno několik pojmenovaných tříd. Pomocí těchto tříd byl selektován provoz, se kterým se bude dále pracovat.

Definice provozu pomocí tříd (class-map)

```
ROUTER# class-map match-all Siemens_Trust
ROUTER# match access-group name Siemens_Trust
ROUTER# class-map match-all Real-Time_EF
ROUTER# match access-group name Real-Time_EF
ROUTER# match packet length max 300
```

Do třídy Siemens\_Trust byl zařazen provoz, definovaný v ACL s názvem Siemens\_Trust. Do třídy Real-Time\_EF byl zařazen provoz ze seznamu ACL s názvem Real-Time\_EF a současně veškerý provoz s maximální délkou paketu 300 bytů. Pro lepší orientaci byly třídy (*class-map*) pojmenovány ekvivalentními názvy, jako seznamy ACL.

V návaznosti na klasifikovaný a do tříd zařazený provoz, byla následně specifikována další pravidla – politiky (*policies*), které pracují právě s předem definovanými třídami. Do seznamu politik (*policy-map*) pak bylo nastaveno značkování paketů (*marking*).

Konfigurace politik (policy-map)

```
ROUTER# policy-map Marking-from-LAN
ROUTER# class Siemens_Trust
ROUTER# class Real-Time_EF
ROUTER# set dscp ef
```

Pro třídy Siemens\_trust a Real-Time\_EF byla nakonfigurována politika s názvem Marking-from-LAN. Provoz, spadající do těchto tříd, je označen hodnotou EF. Hodnota EF



je rezervovaným termínem PHB (*Per-Hop Behaviors*) pro upřednostňovaný přenos, který se využívá v DiffServ. PHB definuje politiky a priority aplikované na paket při průchodu směrovačem.

Posledním krokem bylo aplikování těchto pravidel (politik) na určité rozhraní směrovače, v rámci kterého jsou uplatňovány. Parametr input značí, že politika je uplatňována pouze na příchozí pakety.

#### Aplikování politiky (service-policy) na rozhraní směrovače

```
ROUTER# interface FastEthernet0/0.35
ROUTER# encapsulation dot1q 35
ROUTER# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
ROUTER# service-policy input Marking-from-LAN
```

Další důležitou součástí při konfiguraci aktivních prvků bylo povolení napájení přes porty přepínačů (PoE). Tato vlastnost byla povolena pouze na portech, ke kterým byly připojeny IP telefony.

#### Zapnutí funkce PoE:

```
SWITCH# interface FastEthernet1/0/4
SWITCH# power inline auto
```

Klíčové slovo *auto* nastavuje pro dané rozhraní automatickou detekci napájení. Jedná se o výchozí nastavení.

### **6.3.2 Služby DHCP**

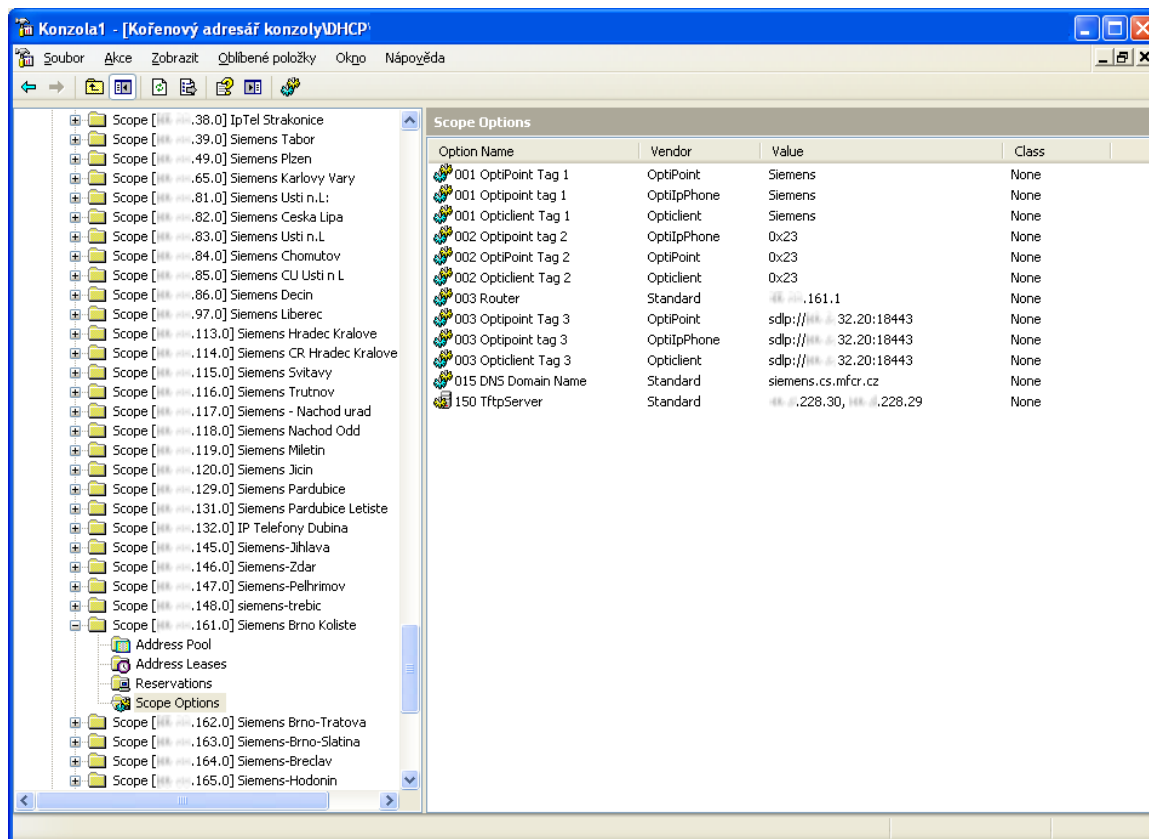
Sever DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), který poskytuje služby pro automatickou konfiguraci zařízení (klientů) v síti, byl před realizací IP telefonie nakonfigurován pouze pro přidělování síťových adres pracovním stanicím. Vzhledem k tomu, že IP telefony disponují DHCP klientem, bylo rozhodnuto, že IP adresy i další vlastnosti budou distribuovány přes DHCP server. V této fázi jsme stáli před problémem, jak odlišit IP telefony od pracovních stanic. Tento problém byl vyřešen prostřednictvím funkce VLAN ID Discovery, která umožňuje telefonům OptiPoint a OpenStage automaticky určit Voice VLAN ID pomocí DHCP. Toho bylo dosaženo díky DHCP option 43 (specifikace výrobce - *Vendor Specific Info*). Jakmile je IP telefon

připojen do sítě, získává nejprve adresu nativní VLAN (VLAN 1). Poté se telefon automaticky restartuje. Tentokrát však s přiřazenou hodnotou Vendor Specific Info (Option 43). Option 43 umožňuje přenášet konfigurační data do telefonu během zavádění (boot sekvence), určuje ID hlasové VLAN a adresu DLS serveru. IP telefony Siemens jsou rozpoznány na základě hodnoty *vendor* [15]. V tomto případě na základě řetězce „Siemens“.

Konfigurace option 43 je následující:

- Vendor class **OptiPoint** pro IP telefony OptiPoint 410/420
- Vendor class **OptiIpPhone** pro IP telefony OpenStage
- **Tag 01** je řetězec „Siemens“ pro zařízení od společnosti Siemens
- **Tag 02** udává číslo VLAN v hexadecimálním tvaru – 0x23 (VLAN 35)
- **Tag 03** specifikuje adresu DLS serveru - SDLP://192.168.32.20

Mimo jiné je v konfiguraci obsaženo také nastavení výchozí brány pro danou VLAN (ID 35). Tento atribut je veden pod položkou Router.



Obr. 22. Konfigurace DHCP serveru – Vendor class, Option Tag

IP telefonům je následně přidělena také nová IP adresa z definovaného rozsahu síťových adres. Tento rozsah byl pro každou lokalitu specifikován pod záložkou Address Pool v konzole DHCP.

Address Pool		
Start IP Address	End IP Address	Description
161.200	161.254	IP Addresses excluded from distribution
161.1	161.20	IP Addresses excluded from distribution
161.1	161.254	Address range for distribution

Obr. 23. Konfigurace DHCP serveru – Address Pool

Společnost Siemens doporučuje na aktivních prvcích konfigurovat komponentu DHCP Relay Agent [15]. Ten zajistí, že DHCP Discover pakety (DHCP požadavky) budou směrovány na požadovaný server DHCP. Proto byl na (LAN) rozhraní směrovače Cisco 2811 ve všech lokalitách nakonfigurován DHCP Relay Agent, odkazující na upřednostňovaný DHCP server.

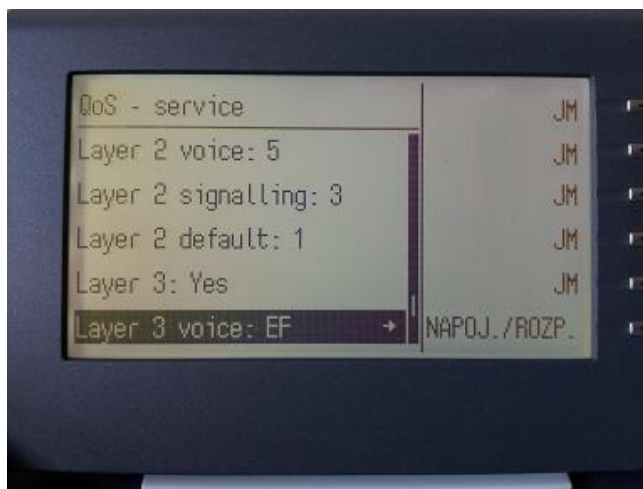
#### Konfigurace DHCP Relay Agent:

```
ROUTER# interface FastEthernet0/0.1
ROUTER# ip helper-address 192.168.10.10
```

### 6.3.3 Konfigurace IP telefonů

IP telefony řady OptiPoint a OpenStage disponují DHCP klientem a ve výchozím nastavení poskytují možnost vzdálené, jednotné konfigurace prostřednictvím služeb serveru DHCP. Jak již bylo zmíněno v předchozí části, IP telefony obdrží základní atributy, jako síťovou adresu, VLAN ID a adresu DLS serveru od serveru DHCP. Po konfiguraci nezbytných vlastností pro komunikaci v síti následuje konfigurace dalších parametrů. Tentokrát však tuto službu zajišťuje komponenta Deployment Service (DLS) prostřednictvím protokolu HTTPS. Na každý telefon, který se přihlásí do sítě, je aplikována konfigurační image ze serveru DLS. Ve výchozím nastavení je u každého použitého IP telefonu vypnuta funkce integrovaného přepínače pro připojení dalšího zařízení. Součástí konfiguračního procesu přes DLS je například zapnutí právě této funkce. Mimo jiné byly tímto způsobem nastavovány i hodnoty QoS/DiffServ pro hlasová data (L2 = 5, L3 = EF),

signalizaci (L2 = 3, L3 = AF32) a další parametry, důležité pro přenos hlasu po síti (aplikační porty, MTU, timeout, a podobně).



Obr. 24. Konfigurace IP telefonu - QoS parametry

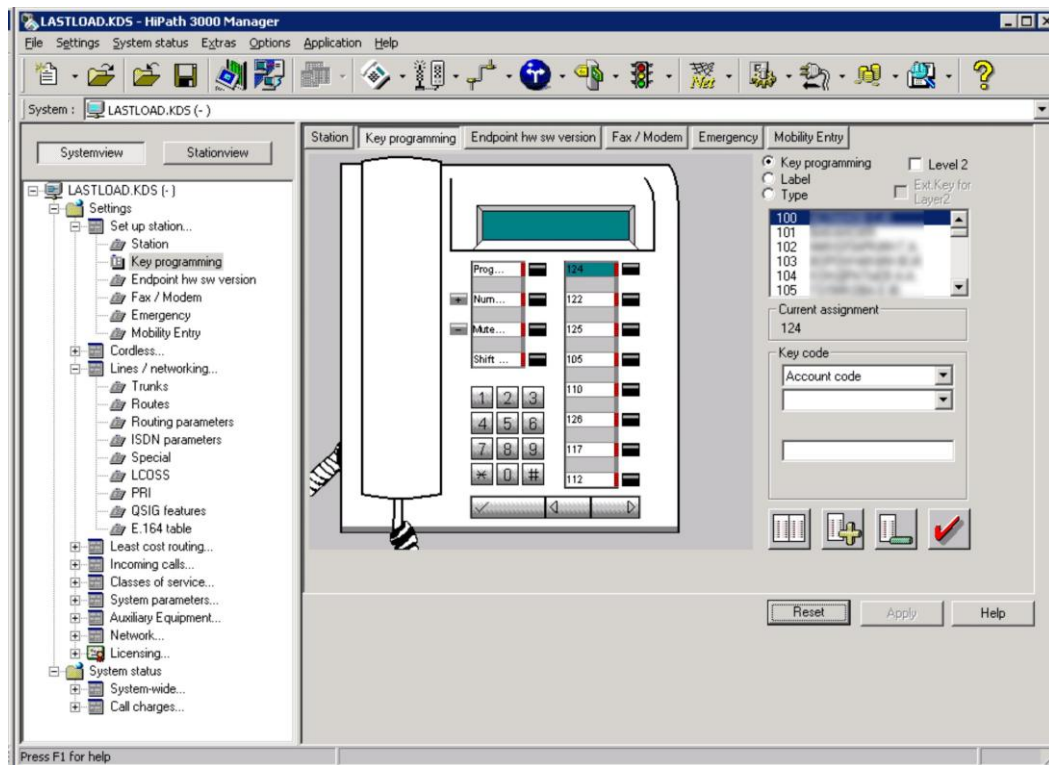
Po připojení IP telefonu do datové sítě bylo do něj nakonfigurováno pouze telefonní číslo (subscriber number) ve tvaru 420 XXX XXX YYY, kde X je číslo provolby a Y číslo účastníka (klapka).

Konfigurace digitálních systémových telefonů proběhla čistě na straně ústředny. Tyto telefony jsou v principu pouze terminálem, přičemž veškerou logiku zajišťuje právě ústředna.

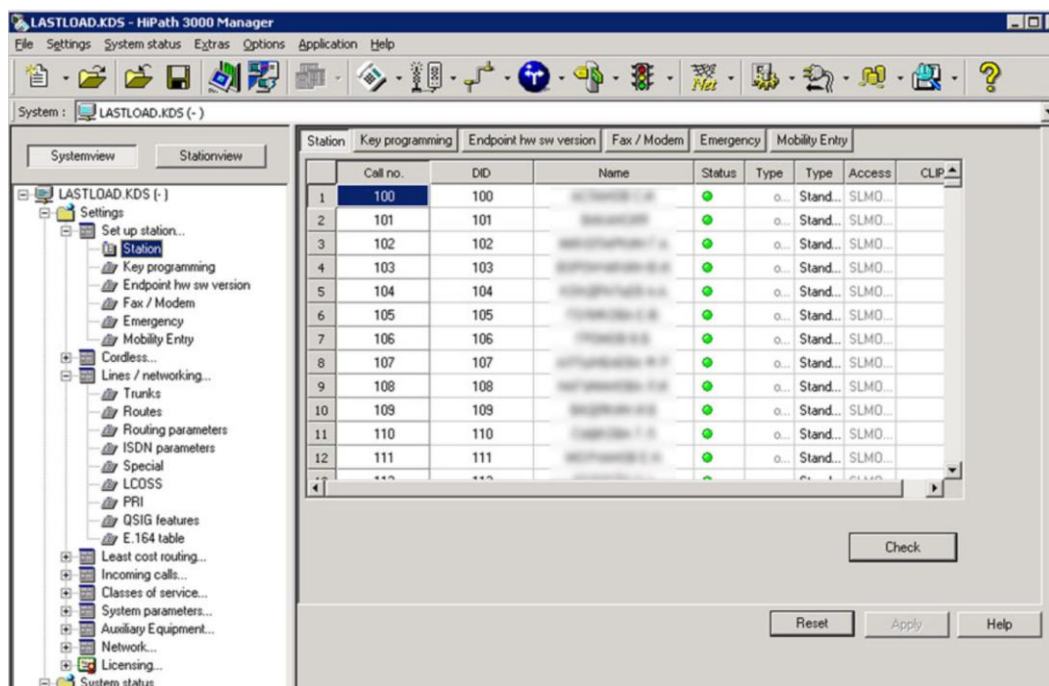
#### 6.3.4 Konfigurace telefonního systému

Konfigurace telefonních ústředen HiPath 3800/4000, přístupového bodu AP 3700 IP i hlasových bran byla plně v kompetenci techniků od společnosti Siemens. Konfigurace byla prováděna na základě úzké spolupráce mezi zadavatelem (Celní správa ČR) a dodavatelem (Siemens).

Veškerá konfigurace ústředen HiPath 3800/4000 byla realizována prostřednictvím nástrojů společnosti Siemens (Obr.26.). Pomocí těchto nástrojů bylo možné rovněž přeprogramovat funkce programovatelných kláves telefonů, podle požadavků jednotlivých uživatelů (Obr.25.).



Obr. 25. Konfigurace programovatelných kláves telefonu



Obr. 26. Konfigurace systém HiPath řady 3000

Jednou z nejdůležitějších komponent, zajišťující funkčnost telefonního systému, je plán vytáčení, který definuje směrování a propojování hovorů. Vzhledem k tomu, že konfigurace plánu vytáčení vyžaduje velmi dobrou znalost topologie sítě, byla tato

činnost přesně specifikována ze strany zadavatele. Na ústřednách byly, na základě číslovacího plánu, vytvořeny seznamy telefonních čísel (adresářová čísla) pro nově implementované IP telefony a digitální systémové telefony. V případě IP telefonů pak tímto způsobem dochází k párování mezi adresářovým číslem a číslem IP telefonu. Díky tomu získává ústředna informace o adresách (IP,MAC) telefonů.

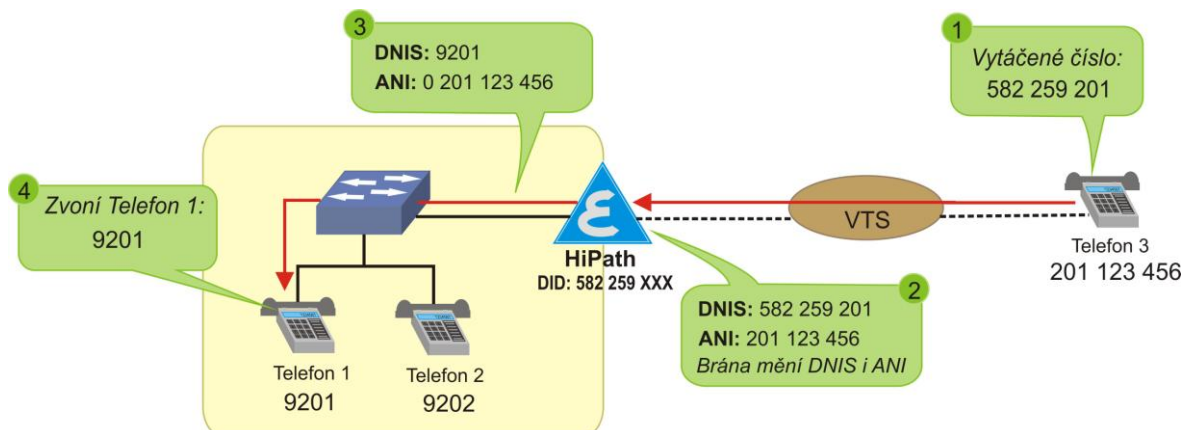
Následně byly na ústřednách vytvořeny vzory vytáčení, které zajišťují dosažení určitého telefonního čísla:

- Pro volání v rámci organizace se využívá čtyřmístný číselný kód ve tvaru YXXX, kde Y identifikuje jednotlivé lokality a XXX je číslo účastníka (přípojky). V rámci lokalit Jihomoravského kraje a kraje Vysočina je číslo koncového účastníka reprezentováno jako 9XXX.
- Pro volání mimo organizaci je využíván prefix 0. Číslo ve formátu 0 XXX XXX XXX odchází na hlasovou bránu a je směrováno do veřejné telefonní sítě.
- V případě, že vytáčené číslo, respektive vzor předčíslí odpovídá účastníkovi (definovaným vzorům) v síti GSM, je volání realizováno prostřednictvím GSM brány.

Pro komunikaci v rámci veřejné telefonní sítě bylo nutné nakonfigurovat rovněž transformační pravidla. Ta se týkají čísla volaného (DNIS) i volajícího (ANI) u příchozího i odchozího volání. Především musí být zajištěn odpovídající tvar čísel, který je očekáván jednotlivými zařízeními v síti.

Příchozí volání – z veřejné telefonní sítě (Obr.27.):

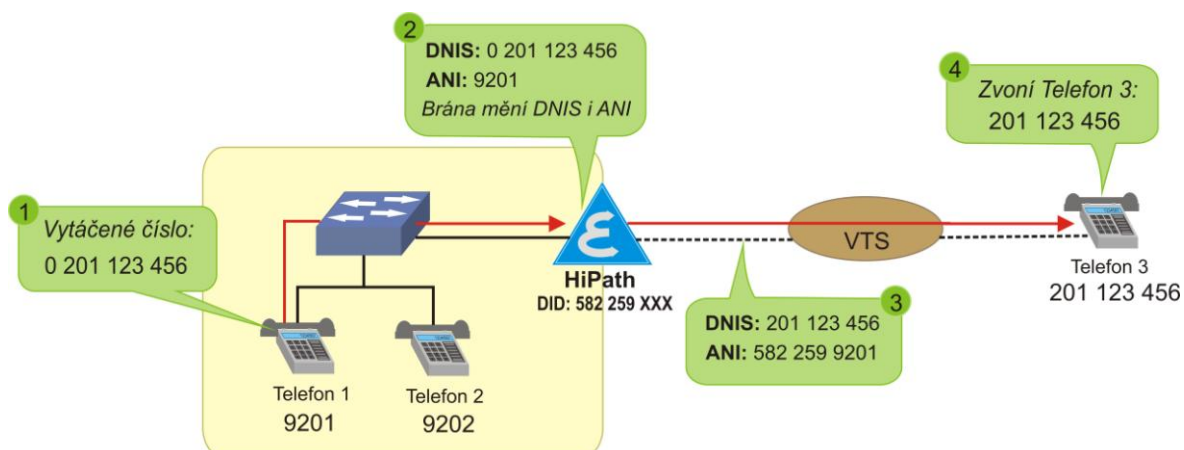
- Ústředna transformuje devítimístné číslo DNIS na čtyřmístný číselný formát YXXX (zachovává poslední čtveřici čísel).
- Ústředna transformuje devítimístné číslo ANI tak, že na začátek přidá prefix 0. Tím je řečeno, že hovor přichází z veřejné telefonní sítě a v případě nepřijatého hovoru je umožněno okamžité zpětné volání (bez úpravy čísla uživatelem).



Obr. 27. Plán vytáčení pro příchozí volání – transformace čísel

Odchozí volání – do veřejné telefonní sítě (Obr.28.):

- Ústředna odebírá z čísla DNIS prefix 0, určený pro volání do veřejné telefonní sítě.
- Ústředna doplňuje čtyřmístné číslo ANI (o provolbu) na devítimístný formát.



Obr. 28. Plán vytáčení pro odchozí volání – transformace čísel

Za účelem snížení poplatků a současně zvýšení zabezpečení (pro případ zneužití) byly zavedeny skupiny oprávnění, které pouze vybraným skupinám zaměstnanců umožňují volat mezinárodně.

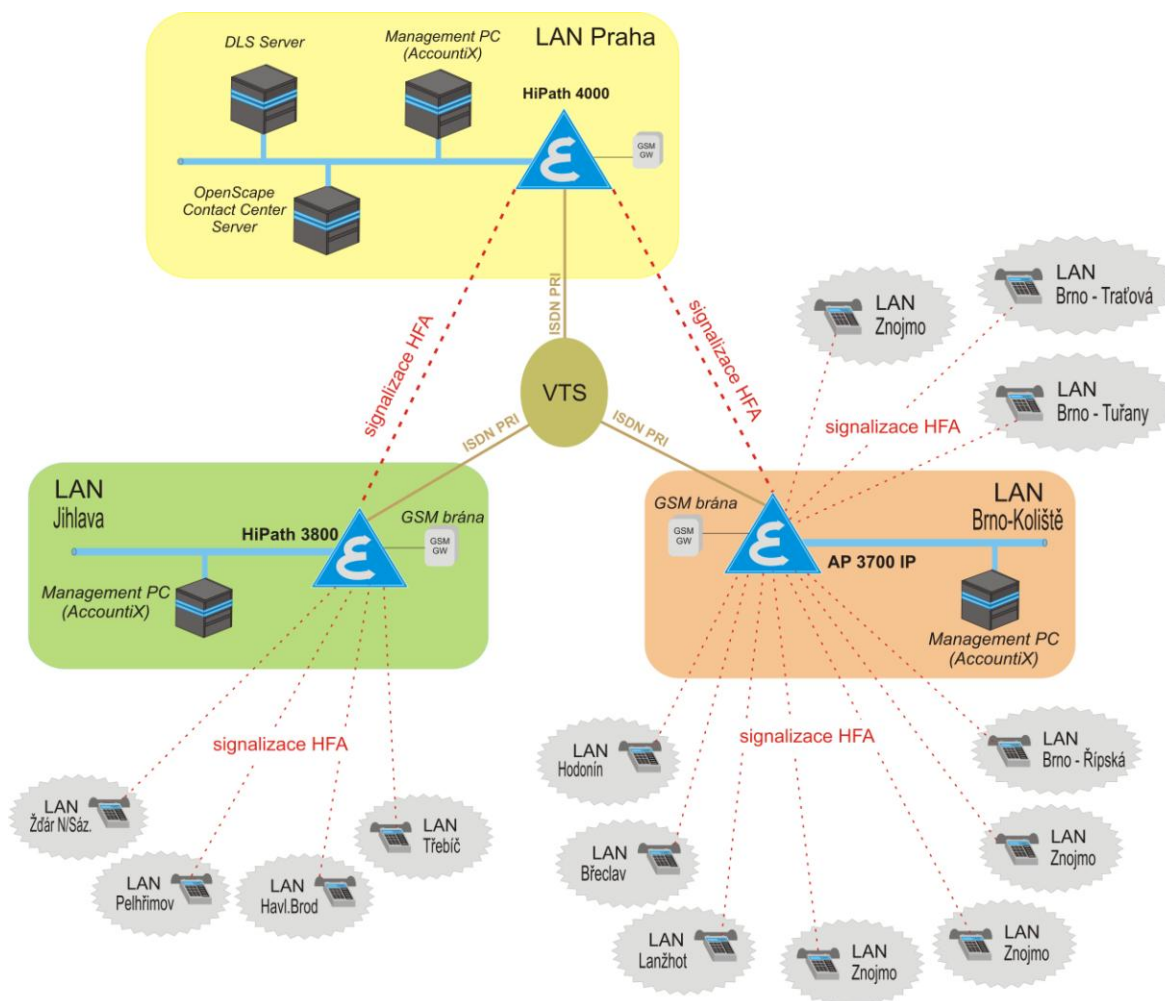


Jedná se o následujících 6 skupin oprávnění (Tab.4.):

Tab. 4. Skupiny oprávnění

1	Pouze budova
2	Praha
3	ČR + GSM
4	ČR, SR + GSM
5	Evropa
6	Svět

Veškeré prvky pro řízení volání (ústředny) v celé organizaci vzájemně komunikují prostřednictvím proprietárního protokolu HFA. Signalizace mezi ústřednami a IP telefony je zajišťována rovněž přes protokol HFA. Řízení bran je v plně v kompetenci ústředí, nicméně pro tento účel je využíván signalizační protokol SIP.



Obr. 29. Výsledná struktura prostředí IP telefonie



V další fázi probíhala konfigurace VoIP přístupových bodů (převodníků) Mediatrix 4104. U těchto zařízení byla nakonfigurována statická IP adresa a jednotlivým fyzickým portům přiřazena telefonní čísla pro připojená koncová zařízení. Následně byly k těmto převodníkům připojeny předem specifikované analogové telefony, faxy a zařízení pro obsluhu zvonků u vstupu do budovy (tzv. vrátník). Komunikace přístupového bodu s ústřednou je zajišťována prostřednictvím signalizačního protokolu SIP.

Pro detailní sledování provozu jednotlivých ústředen byla do telefonní sítě implementována také softwarová komponenta AccountiX.

## 6.4 Cenová rozvaha

Cenová rozvaha udává tržní cenu jednotlivých komponent, které byly implementovány v rámci projektu realizace IP telefonie. Nezahrnuje cenu práce ani dalších přidružených nákladů.

*Tab. 5. Seznam komponent IP telefonie*

Název položky	Popis	Cena za jednotku	Počet	Celkem za položku
HiPath 4000	Ústředna	48 000,00	1	48 000,00
HiPath 3800	Ústředna	40 900,00	1	40 900,00
HiPath AP 3700 IP	Přístupový bod	22 800,00	1	22 800,00
OptiPoint 500 Standard	systemový telefon	4 400,00	47	206 800,00
OptiPoint 500 Advance	systemový telefon	5 867,00	7	41 069,00
OptiPoint 420 Economy plus	IP telefon	2 499,00	14	34 986,00
OpenStage 15 HFA	IP telefon	2 513,00	149	374 437,00
OpenStage 40 HFA	IP telefon	4 778,00	44	210 232,00
OpenStage 60 HFA	IP telefon	7 632,00	17	129 744,00
Mediatrix 4104	VoIP převodník	4 740,00	2	9 480,00
2N Ateus GSM ISDN Lite 2	GSM/ISDN brána	12 388,00	2	24 776,00

Tab. 6. Celková cena řešení

Cena celkem bez DPH	1 143 224,00 Kč
DPH 21%	240 077,00 Kč
<b>Cena celkem s DPH</b>	<b>1 383 301,00 Kč</b>

Důležité je poznamenat, že cena kompletního řešení od společnosti Siemens se značně liší od výše uvedené cenové rozvahy. To je samozřejmě dáno množstevní slevou. Neméně podstatnou roli ve výsledné ceně však zřejmě hrál i tlak konkurenčních společností ve výběrovém řízení.

## 6.5 Ekonomické zhodnocení

Nahrazením starého telefonního systému novou technologií, poskytující služby IP telefonie, dochází k nemalé úspoře finančních prostředků za využívání telekomunikačních služeb. Veškeré hovory, které před realizací IP telefonie probíhaly mezi jednotlivými lokalitami, byly realizovány přes veřejnou telefonní síť, a tedy zpoplatněny podle aktuálního ceníku poskytovatele těchto služeb. Hlasový provoz je nyní v rámci organizace Celní správy realizován jednotně, prostřednictvím datové sítě. V současné době jsou tak paušálně účtovány pouze vyhrazené spoje, tvořící síť WAN, bez ohledu na množství přenesených dat. Výhodou je rovněž existence pouze jediné konvergované sítě, sloužící pro přenos dat i hlasu, čímž jsou eliminovány další náklady za správu dvou různých sítí. Nové řešení navíc disponuje pokročilými funkcemi, které zajišťují zvyšování efektivity práce a kvality služeb.

## ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na problematiku IP telefonie v prostředí velké organizace. Nejprve čtenáři poskytla obecný úvod do technologie pro přenos hlasu po síti, založené na protokolu IP, což obnášelo především nastínění základních principů a funkcí takového řešení. Za účelem zdůraznění souvislostí s klasickou telefoní byla jedna kapitola věnována právě tomuto tématu. V této souvislosti si čtenář mohl udělat představu o výhodách, nevýhodách i případných úskalích, které přináší realizace konvergované komunikační infrastruktury. Na základě teoretických znalostí pak bylo možné přistoupit k části praktické, tedy k popisu jednotlivých možností řešení, která se na trhu nabízejí. Následně byla provedena technická analýza stávající síťové a telefonní infrastruktury v organizaci Celní správy, která byla předmětem realizace IP telefonie. Na technickou analýzu pak navázal popis projektu od společnosti Siemens. Součástí popisu byla rovněž specifikace použitých komponent, včetně stručného popisu vlastností, čímž byly demonstrovány možnosti jejich nasazení a rovněž vzájemná kompatibilita. Poté již následovala fáze samotné realizace.

Realizace prostředí pro poskytování služeb IP telefonie probíhala podle projektu. Celkem bylo nainstalováno 224 IP telefonů a 54 digitálních systémových telefonů od společnosti Siemens. Byly nakonfigurovány ústřednové systémy HiPath 3000, HiPath 4000 i přístupový bod (vzdálená vana) AP 3700 IP. Tento proces trval přibližně tři týdny. Během realizace se samozřejmě vyskytlo pár drobných problémů. Převážně se jednalo o chyby, které byly zapříčiněny pouze chybou v konfiguraci aktivních prvků na daném síťovém segmentu. Ve dvou případech proto došlo k přiřazení IP adres telefonům z nesprávného rozsahu. Místo IP adresy, patřící do hlasové VLAN obdržel telefon IP adresu pro datovou VLAN. Nicméně tento problém byl v poměrně krátkém čase vyřešen a korektní funkčnost byla obnovena. Práce na projektu IP telefonie v organizaci Celní správy ještě není zcela u konce. Aktuálně je zajištěna bezproblémová základní funkčnost a pokračuje další zdokonalování tohoto prostředí. V současné době je prováděn sběr dat a jejich třídění za účelem vytvoření telefonního seznamu. Na to bude navazovat konfigurace služby, která v zajistí dostupnost telefonního seznamu přímo z telefonu. Bude se jednat o centrální seznam na adresářovém serveru, k němuž budou telefony přistupovat prostřednictvím protokolu LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The thesis was focused on the problematic of IP telephony in the environment of a big company. Firstly, it acquainted the reader with a general introduction into the technology for transmitting voice over the network, based on an IP protocol, which involved mainly foreshadowing the basic principles and functions of such a solution. In order to emphasize relations with traditional telephony, one of the chapters was devoted to this topic. In this context, the reader could get an image of the advantages, disadvantages and possible difficulties, which the implementation of converged communication infrastructure brings. On the basis of theoretical knowledge, it was possible to proceed to the practical part, the description of the different options of solution which are offered in the market. Afterwards, a technical analysis of the current network and telephonic infrastructure in the Customs Administration, which was the subject of IP telephony implementation, was made. The technical analysis was followed by the description of the project by Siemens. The description contained the specification of the components used, including a brief description of their properties, which demonstrated the possibilities of their usage and mutual compatibility. This was followed by the implementation phase itself.

The implementation of the environment for providing services of IP telephony was realized according to the project. 224 IP telephones and 54 digital system telephones by Siemens were installed. Exchange systems HiPath 3000, HiPath 4000 and an access point AP 3700 IP were configured. The process took approximately three weeks. During the implementation several minor problems appeared. Most of the errors were caused by the problems with configuration of active elements of the given network segments. In two cases IP addresses were assigned to the phones from a wrong extension. Instead of an IP address, belonging to the voice VLAN, the telephone received an IP address for the data VLAN. However, this problem was solved in a short time and the functionality was restored. The project of IP telephony in Customs Administration has not finished yet. Currently, basic functionality is secured and a development of the environment is still in progress. At present time the data are collected and sorted in order to make a telephone directory. It should be followed by a configuration of the service which should enable access into the directory directly from the phone. There should be a central telephone directory in the directory server, which will be accessed through LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] WALLACE, Kevin. Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.
- [2] WALTER, Björn a Vladislav JANEČEK. Telefonujeme přes internet: sada programů a názorný průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 237 s. ISBN 978-80-251-1631-9.
- [3] PORTER, Thomas. Practical VoIP security [online]. Rockland, Mar.:Syngress, 2006.
- [4] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 5., aktualit. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [5] XIAO, Yang, Frank Haizhon LI a Hui CHEN. Handbook of security and network. New Jersey: World Scientific, c2011, xxi, 551 s. ISBN 978-981-4273-03-9.
- [6] *ITU-T Recommendation database* [online]. 2012 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.itu.int>
- [7] HiPath4000\_V5\_letak. In: *IGNUM - Telekomunikace* [online]. 2008-2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: [http://www.ignumtel.cz/download/navody/HiPath4000\\_V5\\_letak.pdf](http://www.ignumtel.cz/download/navody/HiPath4000_V5_letak.pdf)
- [8] Cisco IP telefonie. *Zeal : datové služby* [online]. 2006 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.zeal.cz/tema-3-cisco-ip-telefonie.html>
- [9] *Business Communications Solutions* [online]. 2013 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.siemens-enterprise.com/cz/>
- [10] *Asterisk* [online]. 2013 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.asterisk.org/>
- [11] LAMMLE, Todd. *CCNA: výukový průvodce přípravou na zkoušku 640-802*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 928 s. ISBN 978-802-5123-591.
- [12] Báječný svět počítačových sítí, Část XXVII: Pevná telefonní síť a její využití pro přenos dat. PETERKA, Jiří. *EArchiv* [online]. 2007 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b07/b0700001.php3>
- [13] BOUŠKA, Petr. *SAMURAJ-cz.com* [online]. copyright 2005 - 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.samuraj-cz.com/>

- [14] WhitePhone. *Whitesoft* [online]. 2007 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.whitesoft.cz/cs/servisni-sluzby-it/whitephone/>
- [15] VLAN Discovery over DHCP. *Siemens Experts Wiki* [online]. 2012 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: [http://wiki.siemens-enterprise.com/wiki/VLAN\\_ID\\_Discovery\\_over\\_DHCP](http://wiki.siemens-enterprise.com/wiki/VLAN_ID_Discovery_over_DHCP)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ACL	Access Control List
CA	Call Agent
CoS	Class of Service
CS-ACELP	Conjugate Structure - Algebraic Code-Excited Linear Prediction
CSČR	Celní správa České republiky
CTI	Computer Telephony Integration
CUCM	Cisco Unified Communications Manager
CUCME	Cisco Unified Communications Manager Express
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DID	Direct Inward Dial
DoS	Denial of Service
DSCP	Differentiated Services Code Point
DSP	Digital signal processor
DSS1	Digital Subscriber Signalling System No.1
DTMF	Dual-tone multi-frequency
FDM	Frequency Division Multiplexing
GK	Gatekeeper
GNU	GNU's Not Unix
GPL	General Public License
GŘC	Generální ředitelství cel
GSM	Global System for Mobile Communications
GW	Gateway
HFA	HiPath Feature Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HW	Hardware
IAX	Inter-Asterisk eXchange
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IOS	Internetwork Operating System
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network

---

ISO/OSI	International Organization for Standardization/ Open Systems Interconnection
ISR	Integrated Services Routers
ITU	International Telecommunication Union
IVR	Interactive voice response
JMK	Jihomoravský kraj
L2	Layer 2
L3	Layer 3
LAN	Local Area Network
LCR	Least-cost Routing
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MAC	Media Access Control
MCU	Multipoint Control Unit
MG	Media Gateway
MGC	Media Gateway Control
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MOS	Mean Opinion Score
MPLS	Multiprotocol Label Switching
PBX	Private branch exchange
PC	Personal Computer
PCM	Pulse-code modulation
PHB	Per-Hop Behaviors
PKI	Public Key Infrastructure
PoE	Power over Ethernet
PSK	Pre-shared key
QoS	Quality of Service
RAS	Registration/Admission/Status
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SCCP	Skinny Client Control Protocol
SDP	Session Description Protocol
SG	Signaling Gateway



---

SIP	Session Initiation Protocol
SRR	Shaped/Shared Round Robin
SRST	Survivable Remote Site Telephony
SRTCP	Secure Real-time Transport Control Protocol
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol
SS7	Signalling System No.7
SSL	Secure Sockets Layer
SW	Software
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time division multiplex
TLS	Transport Layer Security
TOS	Type of Service
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
URI	Uniform Resource Identifier
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
VTS	Veřejná telefonní síť
WAN	Wide Area Network
WTD	Weighted Tail Drop
zRTP	Zimmermann Real-time Transport Protocol

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Proces zpracování a přenosu hlasu .....	15
Obr. 2. Architektura standardu H.323.....	18
Obr. 3. Časový diagram signalizace SIP (převzato z: www.elektrorevue.cz, autor: Ing. Michal Soumar) .....	21
Obr. 4. Architektura protokolu MGCP (převzato z: www.wikipedia.org) .....	22
Obr. 5. Zabezpečení signalizace prostřednictvím TLS .....	26
Obr. 6. Digitalizace prostřednictvím PCM .....	28
Obr. 7. Struktura pevné telefonní sítě .....	31
Obr. 8. Princip frekvenčního multiplexu (upraveno dle [12]) .....	32
Obr. 9. Analogie klasické ústředny a prvků IP telefonie .....	36
Obr. 10. Inicializace IP telefonu po připojení do datové sítě.....	37
Obr. 11. Funkce řídicího prvku.....	40
Obr. 12. Formát paketu a rámce s parametry QoS – IEEE 802.1p/Q a DiffServ.....	44
Obr. 13. Formát datagramu dle normy IEEE 802.1p/Q .....	46
Obr. 14. Struktura sítě WAN .....	57
Obr. 15. Ústředna Siemens řady HiPath 3000 .....	60
Obr. 16. GSM/ISDN brána 2N Ateus Lite 2.....	61
Obr. 17. Access Point Mediatrix 4104.....	62
Obr. 18. Telefony řady OptiPoint od společnosti Siemens.....	63
Obr. 19. Telefony řady OpenStage od společnosti Siemens.....	64
Obr. 20. Ilustrace sub-rozhraní na směrovačích Cisco 2800 series .....	68
Obr. 21. Ilustrace oddělení hlasu a dat prostřednictvím VLAN .....	69
Obr. 22. Konfigurace DHCP serveru – Vendor class, Option Tag.....	74
Obr. 23. Konfigurace DHCP serveru – Address Pool.....	75
Obr. 24. Konfigurace IP telefonu - QoS parametry .....	76
Obr. 25. Konfigurace programovatelných kláves telefonu .....	77
Obr. 26. Konfigurace systém HiPath řady 3000 .....	77
Obr. 27. Plán vytáčení pro příchozí volání – transformace čísel .....	79
Obr. 28. Plán vytáčení pro odchozí volání – transformace čísel.....	79
Obr. 29. Výsledná struktura prostředí IP telefonie .....	80

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Seznam nejznámějších kodeků a jejich parametrů .....	29
Tab. 2. Přenosové rychlosti jednotlivých lokalit.....	56
Tab. 3. Počty IP telefonů na jednotlivých lokalitách .....	67
Tab. 4. Skupiny oprávnění .....	80
Tab. 5. Seznam komponent IP telefonie .....	81
Tab. 6. Celková cena řešení .....	82