

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Bakalářská práce

Moderní trendy ve voice over IP

Tomáš Gerstl

© 2010 ČZU v Praze

!!!

**Místo této strany vložíte zadání bakalářské práce.
(Do jedné vazby originál a do druhé kopii)**

!!!

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Moderní trendy ve voice over IP" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2010

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Doc. Ing. Václavu Vostrovskému, Ph.D. za jeho čas, který mi věnoval při konzultaci této práce, za jeho odborné vedení a podnětné návrhy a připomínky.

Moderní trendy ve voice over IP

Modern trends in voice over IP

Souhrn

VoIP (Voice over Internet Protocol) je technologie umožňující přenos digitalizovaného hlasu prostřednictvím datové nebo internetové sítě využívající protokol IP. Tato technologie zajišťuje telefonování prostřednictvím Internetu, intranetu nebo jiného datového spojení. V současnosti jsou nejběžněji používanými protokoly H.323, který je však na ústupu, a SIP. Obecně lze říct, že mají podobný přenos hovoru, ale liší se ve službách a signalizaci. Hlavními prvky VoIP jsou řídicí zařízení, přenosové médium a koncová zařízení. VoIP lze pro zákazníky řešit několika způsoby. Pro velké korporace je většinou vhodné řešení s hardwarovou IP pobočkovou ústřednou (HW IP PBX). Pro středně velké zákazníky bývá zajímavé využití hostovaného řešení ve formě IP Centrexu. Pro menší a méně náročné zákazníky lze navrhnout IP telefonii postavenou na softwarové IP pobočkové ústředně. VoIP představuje moderní a zajímavou alternativu ke klasickému řešení telefonie a služeb s ní spojených.

Summary

VoIP (Voice over Internet Protocol) is a technology that allows the transmission of digitized voice via Internet or data network using IP protocol. This technology provides telephony over Internet, intranet or other data connection. Currently, the most commonly used protocols are H.323, which is in decline, and SIP. Generally, they have a similar speech transmission, but differ in the services and signaling. The main elements of VoIP are control equipment, transmission media and terminals (CPEs). VoIP customers can be addressed in several ways. For large corporations it is usually appropriate solution with hardware based IP PBX (HW IP PBX). IP Centrex is an interesting solution for medium-sized customers. IP telephony built on the software IP PBX can be preferable solution for small customers. VoIP is the modern and attractive alternative to the conventional telephony solutions and associated services.

Klíčová slova: VoIP, IP telefonie, protokol, řídicí zařízení, přenosové médium, koncové zařízení, IP PBX, IP Centrex, internet, QoS

Keywords: VoIP, IP telephony, protocol, control equipment, transmission media, CPE, IP PBX, IP Centrex, internet, QoS

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce a metodika	9
3	Teoretické principy VoIP.....	10
3.1	Klasická telefonní síť	10
3.2	Obecný popis technologie VoIP	11
3.3	Součásti VoIP sítě.....	13
3.4	Protokoly.....	14
3.4.1	H.323.....	14
3.4.2	SIP.....	15
3.5	Datová síť.....	16
3.6	Kvalita služby	18
3.7	Koncová zařízení (CPE)	19
3.7.1	Hlasové brány, Terminál adaptéry a integrovaná přístupová zařízení (IADs)	19
3.7.2	IP telefony.....	20
3.7.3	Softwarové telefony	20
3.7.4	Ethernet switch pro LAN.....	21
3.8	Klady a zápory VoIP.....	21
3.8.1	Výhody.....	21
3.8.2	Nevýhody.....	22
4	Navržená řešení VoIP pro firemní zákazníky	25
4.1	Velká korporace	25
4.1.1	Cisco call manager.....	26
4.1.2	Siemens HiPath.....	29
4.1.3	Alcatel-Lucent OmniPCX Office	32
4.2	Středně velký podnik	34
4.2.1	Centrex – základní popis.....	34
4.2.2	Výhody IP Centrexu	35
4.3	Malá společnost	38
4.3.1	Asterisk – základní popis.....	38
4.3.2	Prvky systému a funkce	39
4.3.3	Klíčové aplikace	40
5	Závěr	42
6	Seznam literatury	43
7	Přílohy.....	44
7.1	Seznam obrázků.....	44

1 Úvod

Vzhledem k mé práci na pozici produktového manažera, kde je mou starostí vývoj VoIP produktů, bylo pro mě toto téma zajímavou volbou. Mojí prací je zajištění vývoje produktu od počátečního nápadu až po jeho uvedení na trh. To mimo jiné obnáší, ve spolupráci s dalšími odděleními, analýzu trhu a jeho potřeb, definování hrubého konceptu produktu, spolupráci na technickém řešení a návrhu implementace do IT systémů, nastavení cen a přípravu marketingových materiálů. V této práci jsem spojil své praktické zkušenosti s VoIP a zároveň i využil dostupných pramenů mapujících základní principy této technologie. Zaměřil jsem se na popis a vývoj Voice over IP technologie, praktické zkušenosti a reálné uplatnění v segmentu firemních zákazníků. Úvodní část je věnována základním termínům z oblasti telefonie a jejich vysvětlení. Následuje kapitola, která popisuje principy VoIP komunikace a její možnosti. V závěrečné části jsou uvedeny konkrétní příklady využití IP telefonie v jejích různých variantách, které splňují požadavky zákazníků z jednotlivých segmentů.

2 Cíl práce a metodika

Cílem předkládané práce je objasnit problematiku Voice over IP, vymežit technické pozadí IP telefonie a její služby, identifikovat její klady a zápory a navrhnout přijatelná řešení pro zákazníky z firemního sektoru.

3 Teoretické principy VoIP

3.1 Klasická telefonní síť

Obecná telefonie zajišťuje přenos hlasu v reálném čase. Její realizaci řeší telefonní technologie, do které patří přenosové prostředí, nebo-li telefonní síť sestávající z telefonních vedení a telefonních přepínačů provádějících propojování telefonních vedení v analogových systémech, nebo přepínání a směrování datových paketů ve VoIP a digitálních systémech a koncových zařízeních.

Analogová telefonie převádí hlas na analogový elektrický signál přenášený po vodičích. V současnosti je tento způsob telefonie na ústupu. Analogová telefonie je vytlačována modernějšími digitálními technologiemi. Používá se v analogových koncových zařízeních (analogových telefonech atp.), které pro svoji jednoduchost a spolehlivost odolávají digitalizaci. Účastnické telefonní vedení ve formě dvoudrátu je stále standardním rozhraním na tzv. poslední míli, tedy propojení mezi telefonní ústřednou a účastníkem. Zásadními potížemi této technologie jsou mimo jiné rušení, přeslechy a útlum signálu[10].

Digitální telefonie převádí analogový signál do digitální podoby. Čísla binární soustavy popisují diskretní hodnoty, získané z původního signálu vzorkováním. Typickým vzorkovacím kmitočtem je 8 kHz a osmibitové kódování. Výsledkem je datový tok 64 kb/s na jeden hovorový kanál. Z řady přenášených nul a jedniček, buď elektricky, opticky, bezdrátově apod. je potom na přijímací straně v D/A převodníku obnoven signál odpovídající původnímu na vysílací straně.

Pomocí multiplexu lze více hovorových kanálů sdružit do jednoho přenosového média (typu přípojky). Nejčastěji se používá časový multiplex, TDM. Ten dovoluje sloučení dvou (BRI neboli ISDN2), třiceti (PRI neboli ISDN30) nebo i více kanálů. Problém technologie časového multiplexu TDM je v její obtížné slučitelnosti s technologiemi používanými v současných počítačových sítích (např. Ethernet, Frame Relay atd.). Technologie TDM užívá médium rozdělené na velký počet kanálů s malou kapacitou. Kanály jsou navíc orientovány spojově, tzn. mají jasně ohraničený začátek, konec i průběh cesty. Počítačové sítě směřují k optickým médiím s velkou nedělenou kapacitou a k nespojově orientovaným přenosům dat.

První potíží je, že běžná analogová i digitální (TDM / ISDN) koncová zařízení potřebují metalické vedení. Datové sítě ale kovové vodiče stále zřetelněji opouštějí.

Druhá potíží je, že v datových sítích jasně vítězí protokol IP, jemuž je zcela jedno, kudy pakety v síti cestují. Důležité je to, že dorazí tam, kam mají. Typické pro přenos současnými protokoly je, že stejným kanálem se přepravují data (pakety) pocházející z různých zdrojů a směřující k různým cílům. To vše je v rozporu s filosofií TDM telefonie. Stále méně lidí a firem je ochotno budovat dvojí síť, jednu pro telefonii, jednu pro data[10].

Digitální buňková telefonie je souhrnný název pro různé typy telefonie, využívající rádiových digitálních telefonních sítí. Patří sem systémy DECT, GSM, UMTS apod.

Digitální telefonie VoIP, VoFR, VoATM využívá přenosu digitalizovaného hlasu prostřednictvím protokolů počítačových sítí, jako jsou IP, Frame Relay nebo ATM.

Digitální bezdrátová telefonie VoWLAN pracuje na shodném principu jako telefonie přes pevné počítačové sítě (VoIP). Rozdíl je ve využitém prostředí, kterým není drátová či optická síť, ale bezdrátová síť Wi-Fi[10].

3.2 Obecný popis technologie VoIP

VoIP (Voice over Internet Protocol) je technologie umožňující přenos digitalizovaného hlasu v těle paketů z rodiny protokolů UDP/TCP/IP prostřednictvím datové nebo internetové sítě využívající protokol IP. Tato technologie zajišťuje telefonování prostřednictvím Internetu, intranetu nebo jiného datového spojení. Nutnou podmínkou pro srozumitelné a spolehlivé VoIP telefonní spojení je zajištění tzv. kvality služby, zkráceně označované QoS.

IP telefonie s technologií VoIP je zajímavou alternativou ke klasickému způsobu přenosu hlasu. Jde o alternativu ekonomičtější, protože vzhledem k celé řadě odlišností od telefonních sítí, dnes telefonování po Internetu nebo datových sítích vychází výrazně výhodněji než telefonování klasické. IP telefonie není vlastně nic jiného než přenos hlasu po datových sítích, jejíž první standardy vznikly již v roce 1996 a dále se postupně vyvíjeli. Vlastní hlasová informace je pak přenášena prostřednictvím komunikačních sítí založených na protokolu IP. Hlas je přenášen v jedné síti společně s dalšími datovými informacemi jako jsou například e-maily. Pro koncového uživatele je hovor uskutečněný

pomocí IP telefonie naprosto stejný s hovorem ve stávající telefonní síti. Volající vytočí běžné telefonní číslo a hovor se spojí. Pokud se takový hovor uskuteční v rámci podniku – jeho IT infrastruktury – je využita výhradně existující datová síť uživatele. Technologii VoIP je možné nasadit i mimo Internet, obecně všude tam kde lze provozovat protokol IP. Tedy například i v sítích privátních či poloprivátních[14].

Pro přenos po IP síti je analogový záznam nepoužitelný. Je třeba hlas upravit do jeho digitální podoby. Zařízení, které převádí analogový signál do číslicového tvaru, se označuje jako codec, což je zkratka do COder/DECoder. Codec na základě analogového signálu generuje posloupnost číslicových dat.

Architektury sítí VoIP mohou být dvojího druhu:

a) Centralizovaná architektura - analogie ke klasickým veřejným telefonním sítím s centralizovaným řízením sítě a „hloupými“ koncovými zařízeními.

Výhody:

- centralizované řízení hovorů, management a zajištění
- kopíruje principy klasických telefonních sítí

Nevýhody:

- potlačení inovace koncových zařízení
- obtížná implementace jiných VoIP služeb, než přenos hlasu

b) Distribuovaná architektura – jde o filosofii IP sítí a předpokládá určitou inteligenci sítě (sestavování hovorů, směrování, billing). Je rozprostřena do koncových bodů, kterými mohou být VoIP brány, IP telefony, media servery nebo jakékoliv zařízení schopné iniciovat a ukončit VoIP hovor.

Výhody:

- flexibilita
- možnosti sítě závisí na koncových zařízeních – snadné přizpůsobení konkrétním aplikacím (ICQ Phone, NetMeeting)

Nevýhody:

- komplikovaná struktura sítě

3.3 Součásti VoIP sítě

Pro uskutečnění jednoduchého hovoru stačí sestava, která zahrnuje dvě VoIP koncová zařízení a datovou linku s IP protokolem. V praxi přistupuje řada dalších zařízení, umožňujících další rozšířené funkce a dostupnost doplňkových služeb: hlasové brány (VoIP gateway u SIP), řadič spojení (gatekeeper u H.323), konferenční jednotka (MCU) atd[9].

- *Řídící zařízení*
 - komunikační server
 - SIP proxy server
 - konferenční jednotka MCU
 - Řadičů spojení - gatekeeper
 - VoIP brána - gateway

- *Koncová zařízení*
 - hardwarově řešené IP telefony
 - VoIP adaptéry - jistá zmenšená podoba VoIP brány, určená jen pro koncové zařízení typu analogový telefon, fax apod.
 - softwarové telefony na běžném počítači se zvukovou kartou

- *Přenosové médium*

Médiem může být téměř cokoli, co přenesení data mezi komunikujícími zařízeními. Podmínkou je splnění tzv. VoIP kritérií sítě, která mimo jiné stanovují dovolené zpoždění při přepravě paketů, rozptýlení paketů - tzv. jitter, ztrátovost, minimální šířku pásma a některé další méně významné vlastnosti. V praxi to může být:

 - křížený Ethernet kabel
 - síťový prepínač (switch)
 - počítačová síť (LAN)
 - síť WAN
 - internet atd.

- *Poskytovatel služeb*

Ne všechna VoIP zařízení musí patřit uživateli. V souvislosti s otevřením trhu VoIP služeb vznikl nový druh poskytovatele, tzv. VoIP poskytovatel nebo VoIP operátor. Nabízí svá řídicí a zprostředkující zařízení a často i přivedení média (internetového rozhraní) k uživateli. Ten si pouze musí vybrat vhodné koncové zařízení a využít nabízených služeb.

3.4 Protokoly

V současnosti jsou nejběžnějšími protokoly H.323, který je však na ústupu, a SIP. Obecně lze říct, že mají podobný přenos hovoru, ale liší se ve službách a signalizaci.

Velkou výhodou protokolu SIP je, že prochází bez větších potíží přes místa, kde v síti probíhá překlad adres (NAT). Existuje několik způsobů, jak dosáhnout průchodu komunikace typu SIP přes problémová místa v síti. SIP je obyčejný textový protokol, jako HTTP nebo FTP[8].

3.4.1 H.323

Protokol H.323 využívá k přenosu informací služby protokolu TCP. To zajišťuje spolehlivý přenos mezi jednotlivými účastníky spojení. Vlivem některých nedostatků IP sítě však může využití služeb protokolu TCP s sebou přinést i problémy, které se projeví velkým zpožděním relací protokolu H.323.

Na vlastnostech protokolu se výrazně projevila skutečnost, že tvůrci protokolu měli velice blízko k technologiím telefonních sítí a opomněli výhodné vlastnosti a zvyklosti ze sítí počítačových[8].

Logická topologie sítě pro přenos hlasových dat s využitím protokolu H.323 je definovaná pomocí několika základních pojmů:

- *Entita* - Každá komponenta H.323, včetně terminálů, bran (Gateway), řadičů spojení (Gatekeeper), řadičů konferencí (Multipoint Controller) a dalších jednotek nutných pro zajištění spojení.
- *Koncový bod (Endpoint)* - Jedná se o koncové terminály, brány (Gateway) a řadiče konferencí (Multipoint Controller). Každý koncový bod sítě H.323 může sestavovat a rušit spojení, případně být volán. Každé hovorové spojení v síti H.323 začíná a končí vždy koncovým bodem.

- *Brána (Gateway)* - Bránou se rozumí rozhraní mezi sítí H.323 a jinými sítěmi. Brána je koncovým bodem H.323 sítě a zajišťuje v reálném čase dvoucestnou komunikaci mezi koncovými body H.323 a koncovými body jiných sítí.
- *Řadič spojení (Gatekeeper)* - Řadič spojení je H.323 entita zajišťující překlad adres a řízení přístupu pro všechny H.323 koncové body tj. terminály, brány a ostatní příslušenství. Řadič spojení může pomocí signalizace dohlížet nad všemi službami, které síť nabízí koncovým účastníkům, včetně řízení, dohledu a sběru tarifních informací.
- *Řadič konference (Multipoint Controller)* - Řadič konference (zkráceně označovaný MC) je stanicí, která řídí v reálném čase konferenci více uživatelů.

Celý systém je možno provozovat ve dvou režimech:

- a) Sestavení spojení je provedeno přímo s koncovým účastníkem, nebo s bránou. V tomto případě musí koncový bod, který spojení sestavuje znát telefonní číslo volaného účastníka i IP adresu cíle. V případě, že hovor má být směrován mimo IP síť musí volající sám rozhodnout o použití určité brány, přes kterou bude hovorové spojení do telefonní sítě sestaveno. Tento způsob je použitelný pouze pro malé sítě.
- b) Sestavení spojení provádí každý účastník sítě pomocí gatekeeperu. V tomto případě postačuje k realizaci spojení znalost cílového telefonního čísla a IP adresa gatekeeperu. Volající účastník „osloví“ gatekeeper a předá mu telefonní číslo, se kterým chce sestavit hovor. Gatekeeper disponuje údaji, podle kterých zjistí IP adresu, kam má být volání směrováno, případně určí vhodnou (většinou podle finančních nákladů) bránu, přes kterou bude hovor dále směrován mimo IP síť. Gatekeeper také vyhodnotí, zda má účastník na dané spojení oprávnění a zaznamená údaje nutné pro zpoplatnění služby.

3.4.2 SIP

Přístup k přenosu hovorových signálů IP sítí je diametrálně odlišný od přístupu, který používá protokol H.323. Protokol SIP vychází z osvědčených a praxí ověřených protokolů jako HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), či SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Protokol je znakově orientovaný. To umožňuje použití (v IP síti) běžných technických prostředků pro diagnostiku přenosu a k monitorování druhu a obsahu

přenášených paketů. Není proto nutný nákup speciálního programového vybavení, případně zařízení pro diagnostiku provozu.

Na rozdíl od protokolu H.323 je použita strategie maximální decentralizace řízení, protokol nedefinuje žádná centrální místa v síti, komunikace probíhá výlučně mezi koncovými body. Tento přístup podstatně zvyšuje odolnost celého systému vystavěného na službách protokolu SIP jak proti výpadkům některých jeho částí, tak proti výpadkům IP sítě[8].

Čtyři základní prvky sítě jsou:

- *Uživatelský agent (User Agent)* - Uživatelská aplikace, umožňující koncovým účastníkům sítě obousměrnou komunikaci pomocí protokolu SIP. User Agent (UA) je dále rozdělen na dvě části:
 - a) UA Client - klientská část uživatelského agenta sloužící k sestavování a řízení odchozích relací.
 - b) UA Server - serverová část uživatelského agenta sloužící k přijetí a řízení příchozích relací.
- *SIP Proxy Server* - provádí tyto funkce: vyhledání účastníka v síti, směrování hovorů (spolupráce s Firewalllem či NATem), zprostředkování styku s jinou sítí.
- *SIP Redirect Server* - směruje volání jiným serverům v síti.
- *SIP Registrar* - slouží k registraci koncových uživatelů (obdoba HLR u GSM).

Při sestavování spojení se vždy využívá doménové jméno stroje v síti IP. V prvním kroku se provede hledání IP adresy koncového účastníka případně SIP serveru pomocí DNS (Domain Name Service). Dalším krokem je sestavení spojení s koncovým účastníkem, případně se využije služeb nějakého SIP serveru, není-li možné sestavit spojení přímo (například když je účastník umístěn za Firewalllem či NATem, nebo je mobilní). Je-li spojení směrováno mimo síť SIP protokolu, musí volající účastník vždy sám rozhodnout, kterou bránu pro spojení použije a znát její doménovou, případně IP adresu.

3.5 Datová síť

Důležitou součástí úspěšného nasazení VoIP technologie je správná konfigurace a dimenzace přístupové datové nebo internetové linky. Převod analogového hlasu na

digitální začíná vzorkováním. To znamená odebrání vzorku analogové hlasové vlny. Tyto vzorky se následně digitalizují.

Jakmile se analogový hlas digitalizuje, je třeba zvážit, jak budeme chtít šetřit šířku pásma datové linky. To záleží na zvolené komprimaci. Proces kódování a dekódování vlnových délek se definuje tzv. kodeky. Pro komprese vlnových délek se používá několik kodeků:

- *Pulsně kódová modulace (PCM)* – nekomprimuje analogovou vlnovou křivku, pouze snímá vzorky a provádí kvantizaci bez jakékoliv komprese. Tuto modulaci používá kodek G.711[1].
- *Adaptivní diferenční pulsně-kódová modulace (ADPCM)* – používá diferenční signál. Tato modulace místo kódování celého vzorku může pouze poslat rozdíly aktuálního a předchozího vzorku. Příkladem kodeku, který tuto modulaci používá je G.726[1].
- *CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predication)* – na základě vzorků řeči dynamicky vytváří tzv. knihu kódů. Poté pomocí vyrovnávací paměti zjistí, jestli další vzorek odpovídá vzorku v knize kódů. Pokud ano, lze poslat místo vzorku pouze umístění v knize kódů. Příkladem kodeku je G.729[1].
- *LDCELP (Low-Delay Conjugate Excited Linear Predication)* – tato metoda je podobná kompresi CS-ACELP. Používá však menší knihovnu kódů, což má za následek menší zpoždění, ale vyžaduje větší šířku pásma. Tento způsob používá kodek G.728[1].

Konečná velikost hlasového paketu je kromě komprimace ovlivněna i několika dalšími proměnnými. Například:

- *Médiem* – zda se jedná o hlasový provoz přenášený přes Frame Relay, ATM nebo ethernetovou síť.
- *Tunelem* – zda je hlasový provoz zasílán prostřednictvím VPN sítě.
- *Komprimací hlavičky* – zda jsou i informace v hlavičce komprimované.
- *Výběrem kodeku* – zda se hlas komprimuje. Kodek G.711 hlas nekomprimuje, ostatní zmíněné ano.

3.6 Kvalita služby

Základním předpokladem pro zajištění kvality hlasu je potřebná šířka pásma pro jeho přenos a garance, že toto pásmo bude v případě potřeby hlasového provozu dostupné. Navíc je třeba zajistit, že nedojde ke zpoždění přenosu. Tyto a další podmínky zajišťuje QoS (Quality of Service). Konkrétně se stará o:

- zpoždění paketů
- rozptyl paketů
- ztrátovost paketů

VoIP vyžaduje následující parametry:

- *Zpoždění (latency)* – uživatel je schopen rozpoznat zpoždění hlasu kolem 250 ms a více. Pro VoIP je doporučeno maximální zpoždění 150 ms.
- *Rozptyl (Jitter)* – většina koncových zařízení (IP telefony, ATA adaptéry, apod.) obsahují tzv. jitter buffery, které dokáží případný rozptyl paketů kompenzovat. Uvádí se, že jitter buffery (používané ke kompenzaci rozptylu) jsou efektivní pouze, pokud je variace rozptylu menší než 100 ms. Proto musí být rozptyl v síti minimalizován. Rozptyl v datové síti je garantován jednotlivými poskytovateli služeb a jejich SLA.
- *Ztrátovost (Packet Loss)* – pro VoIP je nutno zajistit téměř nulovou ztrátovost. Dokonce jen 1% ztrátovost dokáže degradovat hovor používající kodek G.711. Kodeky používající kompresy, jako např. G.729 jsou na ztrátovost citlivější ještě více. Kodek G.729 vyžaduje ztrátovost o hodně nižší než 1 procento, aby nedošlo k chybám přenosu. Ideálně by ztrátovost neměla být žádná.

Existuje mnoho řešení, jak kvalitu na datové síti zajistit. Dvě základní jsou:

- *Rezervace pásma* – zajištění, že volná šířka pásma datové linky bude vždy dostačující pro přenos hlasu. Toto lze reálně zajistit pouze na lokálních počítačových sítích, kde je rychlost linky většinou řádově vyšší než potřeba hlasu. Ovšem na Internetu nebo WAN toto již neplatí.
- *Dynamický QoS* – tento způsob garance dokáže automaticky detekovat potřebu hlasu na vyhrazení pásma datové linky a uvolnit ho na požadovanou dobu. Jakmile dojde k ukončení hovorů, je toto pásmo opět uvolněno pro standardní datový provoz.

Při přenosu hlasu prostřednictvím datové sítě lze ušetřit šířku pásma, ovšem může to být na úkor kvality hlasu. Abychom správně určili, zda je kompromis mezi potřebnou

šířkou pásma datové linky a kvalitou správně nastaven, potřebujeme kvalitu vyjádřit číselně. Existuje několik způsobů měření kvality hlasu:

- *MOS (Mean opinion score)* – k posouzení kvality hlasu se používá „cvičený sluch“. Hodnoty MOS mají hodnotu od 1 do 5. 1 znamená nedostatečná kvalita a 5 znamená neznatelné zhoršení kvality. Pro telefonní kvalitu je vhodná hodnota MOS okolo 4. Např. kodek G.711 má hodnotu MOS 4,1 a kodek G.729 hodnotu 3,92. Problémem tohoto měření je fakt, že je založeno na subjektivním pocitu[12].
- *PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement)* – pomocí digitálního měření určuje rozdíl mezi originálním signálem a signálem po průchodu kodekem[12].
- *PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality)* – opět měří kvalitu digitálně, ale snaží se srovnávat známější hodnoty MOS[12].

3.7 Koncová zařízení (CPE)

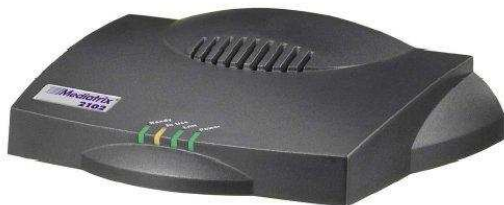
3.7.1 Hlasové brány, Terminál adaptéry a integrovaná přístupová zařízení (IADs)

Hlasové brány umožňují připojit stávající analogové a / nebo ISDN zařízení, které mají být použity pro VoIP komunikaci. Hlasová brána má rozhraní Ethernet pro připojení k LAN. Poskytuje také konektory pro připojení analogových zařízení (telefony, faxy) a / nebo ISDN telefonních přístrojů. Přestože jsou připojena analogová zařízení, hlasová brána provádí převod jejich komunikace na digitální IP provoz. Hlasová brána posílá IP zprávy přes LAN, přes širokopásmový přístup, a prostřednictvím páteřní sítě na VoIP platformu poskytující služby pro zákazníka (např. IMS řešení, Softswitch).

Hlasové brány jsou většinou umístěny u zákazníka a výstupy rozvedeny po jeho objektu. Terminál adapter je ve své funkci podobný hlasové bráně. Nicméně, Terminál Adapter podporuje pouze jednu či více stanic a je většinou umístěn přímo u pracovního místa zákazníka. Využití terminál adapteru spočívá především v možnosti připojit klasická analogová zařízení, jako je např. fax, k VoIP síti.

Termín Integrated Access Device (IAD) se používá, když je zákaznickova hlasová brána nebo Terminal Adapter v kombinaci s IP Routerem, Ethernet hubem / switch, nebo ADSL modemem, implementována do jednoho zařízení[6].

Obr. 1 Hlasová brána Mediatrix 2102



Zdroj: http://www.cz.o2.com/soho/3371-abecedni_seznam/129526-ip_telefony.html

3.7.2 IP telefony

IP telefon v sobě spojuje funkčnost hlasové brány a telefonního přístroje v jednom zařízení. IP telefon má rozhraní Ethernet LAN. Digitalizuje a packetizuje řeč účastníka a generuje také IP signalizační zprávy. IP telefon je typicky multi-tlačítkový přístroj s LCD obrazovkou a také často podporuje pokročilé možnosti ovládní hovoru. Některé IP telefony obsahují integrovaný pasivní rozbočovač nebo Ethernet switch. Pasivní rozbočovač umožňuje připojení PC a IP telefonu do jedné ethernetové zásuvky tím, že se PC připojí přes průchozí hub IP telefonu. Tím odstraňuje potřebu dalších kabelů nebo rozšiřování LAN sítě zákazníka pro připojení IP telefonu. Integrovaný Ethernet switch navíc dokáže podporovat QoS mechanismy, které brání zhoršení kvality hlasu v případě probíhajícího datového provozu.

Obr. 2 IP telefon Cisco



Zdroj: <http://www.cisco.com/web/CZ/index.html>

3.7.3 Softwarové telefony

Pokud je počítač vybavený mikrofonom a reproduktory (nebo sluchátky), může být počítač používán jako telefon. V této konfiguraci, známé jako softwarový telefon, je do počítače nahrána softwarová aplikace, která vykonává funkci IP telefonu. Protože stejné

procesory jsou využity na podporu IP telefonu a zároveň i dalších aplikací, může být kvalita hovoru zhoršena oproti klasickému hardwarovému IP telefonu.

Obr. 3 Softwarový telefon X-lite



Zdroj: <http://www.counterpath.com/x-lite.html>

3.7.4 Ethernet switch pro LAN

Ethernetová síť zákazníka pro datové aplikace může být postavena pomocí síťových switchů (přepínačů) nebo hubů (rozbočovačů). V závislosti na mnoha faktorech, včetně počtu počítačů, počtu VoIP stanic, existujícího datového provozu a kapacity LAN, může být nutné před zaintegrováním VoIP takovou síť upgradovat, aby i nadále splňovala potřebná kritéria pro provoz. V některých případech může být žádoucí vybudovat oddělenou LAN (nebo část LAN) jen pro VoIP službu. V tomto případě je jednodušší garantovat spolehlivost a kvalitu služby.

3.8 Klady a zápory VoIP

3.8.1 Výhody

Obecně platí, že cena je u VoIP provozu téměř vždy nižší, než při použití klasické telefonie. Největší rozdíly jsou u dálkových hovorů. U standardní telefonní linky se dá zjednodušeně říci, že cena za spojení stoupá úměrně tomu, jak roste vzdálenost mezi volajícími. U VoIP toto pravidlo neplatí. Je tak úplně jedno, zda voláte kolegovi do vedlejší kanceláře nebo například do Austrálie. Pokud je hovor spojen přes internet a nevstupuje do klasické telefonní sítě, může být cena za spojení dokonce nulová.

Další nespornou výhodou u VoIP je přenositelnost čísla. Pokud totiž chceme, aby se nám mohli dovolat i uživatelé klasické telefonní linky, je nutné disponovat veřejným telefonním číslem, které většinou VoIP operátoři za určitý poplatek či zdarma zahrnují do nabízené služby. Pokud máme pevné telefonní číslo, není problém se připojit pomocí VoIP telefonu do sítě na jakémkoli místě na světě. Můžeme telefonovat a přijímat hovory pod svým číslem, v kanceláři, doma i na dovolené. Obecně by mělo u VoIP, stejně tak jako u klasické pevné telefonní linky, platit pravidlo regionálního telefonního čísla. To znamená, že by se uživatel bydlící v Praze neměl připojovat a telefonovat například z Českých Budějovic. V současné době však přenositelnost funguje.

Firmy zase ocení široké spektrum možností, které se jim otevře při využívání VoIP. Například pružnost a přizpůsobivost sítě, propojení s jinými přístroji a rozhraními (například vazba na informační systém firmy nebo CRM (Customer Relationships Management)), možnost připojení více telefonních přístrojů se stejným telefonním číslem (v praxi to znamená, že stejné číslo lze mít v pražské i vídeňské pobočce a záleží jen na tom, kde bude vyzvánějící telefon vyzvednut dříve), funkce call centra a nahrávání hovorů[7].

Velkou výhodou je využívání pouze jedné infrastruktury pro hlas a data současně. Firmy tak nejsou nuceny investovat do vybudování dvou oddělených sítí, které musí udržovat.

3.8.2 Nevýhody

Technologie VoIP má stále několik nevýhod, které vyvolaly v mnohých přesvědčení, že její využití je vhodné pouze pro úzký okruh zákazníků. Na druhé straně, spousta analytiků předpovídala, že v telefonních ústřednách překročí počet dodaných připojení na technologii IP počet nových klasických digitálních portů už v roce 2005. V USA se tak stalo v polovině roku 2006, ve spoustě dalších zemích se tento přelom teprve očekává.

- *Faxy* - jednou z nevýhod jsou problémy při odesílání faxových zpráv kvůli softwarovým a síťovým omezením. Existuje však snaha definovat alternativní řešení přenosu faxů přes IP, konkrétně protokol T.38. Jiná možnost je považovat faxový systém jako systém přenosu zpráv, který nevyžaduje přenos dat v reálném čase - jako

např. přenos faxu jako přílohy e-mailu, případně vzdálený tisk. Koncový systém může uložit kompletní zprávu do vyrovnávací paměti před jejím zobrazením nebo tiskem.

- *Připojení k Internetu* - dalším nedostatkem VoIP služeb je (s výjimkou např. vnitrofiremních sítí) jejich závislost na další samostatné službě - internetovém nebo jiném datovém připojení. Kvalita a celková spolehlivost telefonického spojení přes VoIP je velmi závislá na kvalitě, spolehlivosti a rychlosti použitého připojení. Zejména vysoké latence v sítích mohou vést k výraznému snížení kvality hovoru a způsobit jisté problémy, jako např. ozvěny.
- *Požadavky na připojení k Internetu* - na veškeré VoIP protokoly (včetně nejnáročnějších G.711 a G.722 - 64 kbit/s, skutečná zátěž je zde cca 90 kbit/s) s rezervou dostačuje připojení 100/100 kbps a kvalita ADSL. Od 1.9.2008 je v ČR nejpomalejší ADSL připojení 8192/512 kbps, problém je tedy vyřešen. Problematická může být konektivita WiFi s výpadky paketů (packet loss)[15].
- *Výpadky elektřiny* - další nevýhodou VoIP je neschopnost uskutečňovat telefonní hovory během výpadku napájení, tento problém však existuje i u mnohých analogových telefonů (např. přenosné DECT přístroje, přístroje s pokročilými funkcemi apod., pro které nestačí napájení z telefonní ústředny) a dá se vyřešit bateriovým zálohováním. Stejně tak v mnohých instalacích existuje možnost automatického přesměrování na jiné telefonní číslo (např. na mobilní telefon) v případě nefunkčnosti zařízení.
- *Spolehlivost a kvalita služby* - různá širokopásmová připojení mají kvalitu nižší než by bylo třeba. Jak se IP pakety ztrácejí nebo zpožďují na libovolném místě v síti mezi koncovými uzly, dochází k výpadkům hlasu. Výsledná kvalita zvuku proto často připomíná spíše GSM v prostředí se slabým signálem než klasickou telefonní linku, kde je přenosová kapacita garantovaná. Tento stav je pozorovatelný především ve velmi zatížených sítích, případně při velkých vzdálenostech a velkých počtech směrovačů na trase. Jiná situace je samozřejmě na garantovaných přípojkách, kde je zajištěna kvalita služby (QoS). Ty jsou ale v porovnání s obyčejnými ADSL přípojkami výrazně dražší.
- *Nouzové volání* - povaha protokolu IP prakticky znemožňuje přesné geografické zaměření uživatelů. Nouzové hovory proto většinou nemohou být jednoduše přesměrovány na nejbližší operační středisko záchranného systému. Když není volající

schopný udat svojí adresu, nemusí být možné najít ho jiným způsobem. Poskytovatelé VoIP v EU i v ČR tyto funkce umožňují zákonnou povinností (ZOEK) registrace telefonní linky na konkrétní adresu a telefonní obvod (UTO), anebo přidělením negeografického čísla (v ČR prefix 910). Jiná je situace na podnikových pobočkových ústřednách založených na IP nebo u sofistikovanějších VoIP řešení, která obyčejně nemají žádné problémy s implementací nouzových volání.

- *Bezpečnost* - většina běžných spotřebitelských řešení VoIP zatím nepodporuje šifrování. Proto pro odposlouchávání platí to samé, co pro jiné datové přenosy (např. posílání elektronické pošty) - pro síťové uzly na cestě paketů mezi dvěma účastníky je případný odposlech velmi triviální. Zatím jen málo zařízení podporuje účinné kryptování provozu, natož aby mohlo být použito. Musí ho podporovat koncová zařízení obou účastníků komunikace[15].

4 Navržená řešení VoIP pro firemní zákazníky

Existuje mnoho variant řešení Voice over IP, stejně jako existuje mnoho poskytovatelů a výrobců. Každý, kdo má zájem o řešení postavené na technologii VoIP si musí položit základní otázku: „Co od tohoto řešení očekávám?“ Stejnou otázku si kladou i zákazníci, kteří přemýšlí o řešení vlastní telefonie, aniž by se dopředu rozhodli pro řešení postavené na VoIP technologii. Někdy je pro zákazníka podstatné jakou technologií bude jeho provoz řešen. Někdy naopak zákazník vůbec nemusí vědět a poznat, že právě jeho řešení je postaveno na VoIP. Požadavky zákazníků jsou individuální a každému vyhovuje jiné řešení. Je třeba brát ohled na velikost zákazníka, jeho požadavky na poskytované služby, představu o koncových zařízeních a v neposlední řadě na jeho představu o finanční nákladnosti a technické náročnosti takového řešení. V této kapitole se budeme věnovat několika typickým zástupcům řešení VoIP, z nich každý je vhodný pro jiný typ zákazníka. Jednotlivá řešení si představíme jak po stránce technické, tak i po stránce obchodní.

4.1 Velká korporace

Tento typ zákazníka patří mezi nejnáročnější nejen z pohledu požadavků na řešení telekomunikace, ale také péče a bezpečnosti. Mezi zástupce tohoto segmentu patří např. bankovní instituce, státní správa, zdravotní sektor nebo velké IT firmy. Jedná se o společnosti s několika pobočkami, tedy tzv. síťové zákazníky se stovkami a tisíci zaměstnanci. Z pohledu návrhu nového řešení jde o náročný a nákladný proces trvající zpravidla několik měsíců. Zahrnuje zejména, avšak nikoliv pouze, přípravu materiálů a nabídky do výběrového řízení, přesný harmonogram činností, sestavení týmu specialistů, analýzu současného stavu, detailní návrh a implementaci nového řešení. Aktuální telekomunikační řešení u zákazníka, ze kterého je očekáván přechod na VoIP, je tvořeno většinou kvalitní digitální pobočkovou ústřednou nebo ústřednami vzájemně propojenými a vytvářejícími telefonní VPN. Konfigurace PBX je uzpůsobena aktuálním potřebám zákazníka na připojení interních uživatelů a propojení do veřejné telefonní sítě a mobilní sítě. Připojení PBX do veřejné telefonní sítě je zajišťováno většinou linkami ISDN2 a ISDN30. Jejich typ a počet závisí na velikosti zákazníka a požadovaném počtu souběžných volání. Na propojení s mobilní sítí jsou použity specifické datové linky nebo tzv. GSM brány. Kromě klasické telefonie mají tito zákazníci vysoké požadavky na doplňkové

služby a nadstavbové aplikace. Propojení s vlastním CRM systémem, řešení pro call centra a další specifické požadavky jsou častým bodem, na který chtějí zákazníci uspokojivou odpověď. Samostatnou kapitolou bývá otázka bezpečnosti a spolehlivosti celého řešení. Tyto velké korporace musí i vůči svým zákazníkům garantovat kvalitu, spolehlivost a bezpečnost svých služeb. Stejně a zpravidla i vyšší požadavky musí klást na poptávané řešení telekomunikací. Správu řešení chtějí tito zákazníci mít většinou plně ve svých rukou. Návrhy takových řešení v sobě často zahrnují redundantní zapojení, různé formy zálohování přístupových linek a prvky zabezpečení. Kromě telekomunikace využívají tyto společnosti i datovou síť, která zajišťuje propojení jednotlivých lokalit zákazníka. Tato síť je využívána pro emailovou komunikaci, intranet, sdílení dat, interní videokonference apod. V rámci poptávky nového telco řešení je v současnosti takto velkými korporacemi často zmiňováno komplexní konvergované řešení zahrnující nejen provoz hlasu, ale i integraci právě s datovou sítí.

Tito zákazníci zpravidla v případě požadavku na obměnu, doplnění nebo vylepšení stávajícího řešení vypisují výběrové řízení a poptávají více potenciálních dodavatelů. Od nich očekávají kompletní dodávku na klíč, která splňuje celou škálu požadavků. Vzhledem k charakteru zákazníka a jeho specifik je nezbytné navrhnout takové řešení, které bude jednoduše implementovatelné tak, aby nebyl ohrožen jeho plynulý chod. Očekává se, že přechod na nové řešení bude bez většího výpadku a nebude mít dopad na fungování společnosti. Dalším důležitým kritériem je možnost individualizovat řešení přesně podle požadavků zákazníka. Tyto potřeby nejlépe splňují moderní hardwarové IP pobočkové systémy. Řešení hardwarovou IP pobočkovou ústřednou (HW IP PBX) představuje variantu pro nejnáročnější zákazníky. Jde o nákladnou, ale zároveň komplexní variantu, která je schopna pokrýt veškeré požadavky kladené na řešení zákazníkem.

4.1.1 Cisco call manager

Cisco Unified Communications Manager je IP řešením pro zákazníky enterprise segmentu, které nabízí funkcionality tradiční telefonie a zároveň moderní a pokročilé funkce, jako je mobilita, video, presence, konference a další. Tento systém dokáže zajistit vylepšení stávajícího hlasového řešení nahrazením staré pobočkové ústředny novým systémem tzv. unified communications. To s sebou nese zjednodušení správy a

konfigurace celého telefonního systému. Svými možnostmi, např. zobrazením statusu jednotlivých účastníků, pomáhá uživatelům šetřit čas a zvyšovat produktivitu práce.

Obr. 4 Cisco unified communication manager



Zdroj: <http://www.cisco.com/web/CZ/index.html>

Cisco Unified Communications Manager vytváří prostředí podporující plnou škálu komunikačních funkcí a aplikací, které je:

- a) plně škálovatelné - dokáže řešit požadavky až 30 000 účastníků,
- b) distribuované – má zajištěnu redundanci a tzv. load balancing, tedy správné rozložení zatížení,
- c) dostupné – má zajištěnu optimální dostupnost.

Cisco Unified Communications Solutions unifikuje hlasové, video, datové a mobilní aplikace ve fixní i mobilní síti, umožňuje jednoduchou spolupráci z jakéhokoliv místa a zařízení[4].

CCM je softwarová komponenta, která běží na serverech schválených společností Cisco. Program CCM rozhoduje o předávání hovorů, řídí IP telefony a může podporovat další volitelné funkce. Chceme-li zajistit stejnou úroveň dostupnosti jako u klasických ústředěn, můžeme několik CCM logicky seskupit. Tomuto seskupení se říká cluster.

Cisco Unified Communications Manager je distribuovaný škálovatelný telefonní systém s garantovanou vysokou dostupností.

CCM zajišťuje služby ve třech základních oblastech:

- Snížení celkových nákladů na řešení
- Otevřenost systému umožňující zaintegrovat další komponenty
- Zlepšení uživatelských funkcí

Stejně jako se vyvíjí uživatel, je i CCM schopen držet krok s jeho požadavky. Verze 7.0 může zákazníkovi pomoci snížit celkové náklady na řešení a zvýšit komfort pro koncové uživatele a správce systému.

Lokální skupiny pomohou snížit časovou náročnost konfigurací volacích plánů. Funkce lokální skupiny odděluje umístění PSTN brány od směrovacích tabulek používaných pro přístup k ní. Tato funkce přispívá ke snížení složitosti a technického úsilí na správu centralizovaného CCM - zvláště v případě velkého počtu lokalit. V minulosti mohla každá lokalita využívat stejnou politiku směrování hovorů, ale specifické detaily jednotlivých lokalit znemožňovali nastavení komplexní politiky celého podniku. S příchodem lokálních skupin je specifická směrovací tabulka, oddělení a vyhledávání volacích prostorů naprosto dostačující bez ohledu na počet lokací[4].

Inteligentní výběr bridge šetří zdroje díky optimalizaci využití video brány. Cisco Unified Communications Manager 7.0 umožňuje používat video zdroje, pouze v případě, že nastavený počet zařízení podporujících video je připojeno – výsledkem je lepší využití šířky pásma.

Funkce virtualizace sítě zajišťuje garanci kvality služby (QoS) a Call Admission Control (CAC), stejně jako bezpečnost VLAN pro Cisco Unified Communications softwarové klienty. V důsledku toho může organizace efektivněji řídit přístup do své hlasové VLAN ze své VLAN datové. Toto má za následek možnost podpory QoS a CAC pro SW klienty Cisco Unified - kterou mnozí poskytovatelé nejsou schopni dodat.

Otevřený systémový přístup k rozvoji Cisco Unified Communications Manager umožňuje systému využít širší škálu funkcí od Cisco Unified a zároveň i produktů jiných dodavatelů[4].

Session Initiation Protocol (SIP) je přední standard pro interoperabilitu mezi komunikačními systémy. Cisco Unified Communications Manager 7.0 vylepšuje podporu tohoto standardu tím, že rozšiřuje podporu ještě více funkcí, trunků a koncových zařízení.

Toto jsou některé funkce Skinny Client Control Protocolu (SCCP), které jsou nyní k dispozici také v SIP:

- Busy Lamp Field (BLF)
- Převzetí hovoru a upozornění na hovor

- Ochrana proti zacyklení hovoru
- Řetězení konference
- Přímé vstoupení do hovoru
- Funkce nerušit – odmítnutí hovoru
- Identifikace zlomyslných volání
- Programovatelná tlačítka

4.1.2 Siemens HiPath

IT Switch HiPath 4000 je nový IP komunikační systém pro střední a velké podniky, který umožňuje zákazníkům využití všech výhod IP komunikace, aniž by se při tom museli vzdávat množství funkcí a spolehlivosti tradičních řešení. HiPath IP telefonie disponuje řadou IP telefonů a aplikací, které přinášejí komfort a flexibilitu do podnikové komunikace.

Obr. 5 Siemens HiPath 4000



Zdroj: <http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/ic/enterpriseNetworks/telefonie/voip-telefonie/Main/index.jet>

Spolehlivost a bezpečnost systému jsou dány jeho operačním systémem, jak z hlediska pasivní spolehlivosti samotného systému, tak odolnosti vůči útokům. Použitý OS RMX a Unix vyniká vysokou stabilitou. V jeho případě odpadá nutnost další bezpečnostní certifikace a oprav, nelze jej zahltit spamem, je odolný proti virům, počítačovým worms a útokům DoS. Řešení HiPath splňuje nároky na technologie operátorů, které vyžadují dostupnost a spolehlivost 99,9999% [13].

Řešení HiPath nabízí uživatelům mimořádnou spolehlivost, protože jsou ošetřeny všechny provozní situace. V této věci Siemens zúročil své dlouholeté zkušenosti a myslí nejen na odolnost vlastního serveru, ale i na prostředí, ve kterém je integrován.

Všechny části dodávaného řídicího serveru jsou zálohovatelné. Je tedy možné postavit řešení, kde bude záloha pro napájení, hlavní procesor i pomocné systémy a samozřejmě i brány. U síťových řešení je s výhodou možné použít různých modifikací vzdálené náhrady. Potom není nutné investovat do plné redundance ve všech systémech.

Způsobnost spojení pro kvalitní přenos hlasu i videa je možné nepřetržitě sledovat. Citlivost použité metody (například na maximální povolenou ztrátu paketů), je možné nastavit podle parametrů konkrétní sítě. A při nedodržení těchto parametrů systém sám hledá záložní cestu[13].

Aplikace nabízí mezi svými funkcemi adresářové služby, Unified Messaging, Call centra, vzdálený přístup, Teleworking, CTI servery atd., které zvyšují mobilitu zaměstnanců a efektivitu firemních procesů.

Mezi jejich hlavní výhody patří:

- Centrální instalace
- Centrální správa aplikací
- Dostupnost aplikací v celé IP síti a jednotný přístup k jejich službám
- Přístup k centrálním databázím a zdrojům
- Snadná integrace nových aplikací do IT infrastruktury

HiPath aplikace plně využívají výhod propojení hlasové komunikace s počítačovým světem. To vyplývá z principu řešení HiPath IP telefonie.

IP telefony s grafickým displejem nabízejí univerzální rozhraní i pro funkce, které s telefonními službami nemusí přímo souviset. IP telefon může zprostředkovat služby poštovního serveru, nebo jako WAPový prohlížeč může například zobrazit informace z internetové sítě.

Vedle modulu standardních JAVA aplikací se může jednat i o aplikace, které vytvoří podnikoví IT specialisté sami na platformě JAVA-SDK. Platforma JAVA-SDK jim dává prostor pro vývoj vlastních, na míru šitých aplikací.

- HiPath ComAssistant

Webová aplikace dává každému uživateli efektivní nástroj pro správu pravidel směrování příchozích hovorů a řízení vlastní dostupnosti (presence management).

- HiPath Xpressions

Jednotný systém zpráv (Unified Messaging System) HiPath Xpressions poskytuje přístup k doručeným zprávám nezávisle na způsobu připojení a je tak základním pilířem podpory mobility koncových uživatelů.

- HiPath DAKS – digitální alarmový a konferenční server

HiPath DAKS umožňuje rozesílání varovných a poplachových zpráv, sestavování konferencí i rychlé dosažení účastníků.

- HiPath SimplyPhone

CTI aplikace HiPath SimplyPhone rozšiřuje funkce e-mailového klienta o prvky, které zvyšují komfort při obsluze telefonu. Aplikace je dostupná pro nejvíce rozšířené programy MS Outlook a Lotus Notes[13].

Hlavní výhody:

- Koncept s vysokou spolehlivostí a odolností založený na OS RMX
- Redundance a zálohování klíčových prvků
- Nezávislost na výrobci LAN a WAN prvků
- Inovativní Payload Switching
- Šifrování IP komunikace
- Široké spektrum aplikací
- Bezdrátová IP síť WLAN
- Kompletní sada telefonních funkcí
- Jednotný Network Management
- Integrovaná aplikace pro výpis dat o volání
- Mobilita – flexibilní přístup k HiPath funkcím (HFA)
- Masivní podpora analogových telefonů
- Vysokokapacitní media gateway
- Nové průmyslové standardy (SIP) umožňující komunikaci se systémy od jiných výrobců
- Komplexní a škálovatelné řešení s kapacitou od jednoho až po statisíce uživatelů

- LCR – optimální směrování hovorů

4.1.3 Alcatel-Lucent OmniPCX Office

Alcatel-Lucent OmniPCX Office je zařízení uzpůsobené pro tzv. e-komunikaci. Jedná se o předem konfigurovaný server, který integruje všechny komunikační kanály, které firmy potřebují - internet, hlas a data.

Jako první krok směrem k IP (e-business) řešení Alcatel-Lucent OmniPCX Office zajišťuje sdílený přístup na internet pro celou firmu, v kombinaci se zabezpečením a kontrolou. Za účelem zvýšení vnitřní produktivity a zlepšení vztahů se zákazníky nabízí Alcatel-Lucent OmniPCX Office zabudovaný e-mailový server. Pro pracovníky v terénu a pro sítě spojující více pracovišť zajišťuje Alcatel-Lucent OmniPCX Office podporu levného a bezpečného přístupu na základě standardních protokolů VPN.

Hlasová komunikace se zákazníky je vždy nesmírně důležitá. Řešení Alcatel-Lucent OmniPCX Office integruje rozsáhlé zkušenosti společnosti Alcatel-Lucent s jejím nejmodernějším call serverem a kombinuje IP telefonii prostřednictvím PC a mobilitu prostřednictvím široké řady terminálů.

V dnešní době je sdílení informací, periferních zařízení a aplikací pro pracovní skupiny nezbytnou podmínkou pro zvýšení produktivity v malých a středních podnicích. Z tohoto důvodu zahrnuje řešení Alcatel-Lucent OmniPCX také rychlý přepínač ethernetové LAN. To zajišťuje přenos objemných souborů, sdílení databází a přístup k multimediálním aplikacím.

Alcatel-Lucent OmniPCX Office je modulární kompaktní řešení, které lze snadno nainstalovat a snadno přizpůsobit a udržovat. Toto řešení je navrženo tak, aby na začátku bylo malé a postupně rostlo i s požadavky zákazníka. Je to nákladově efektivní způsob jak se dostat do oblasti e-komunikace[2].

Obr. 6 Alcatel-Lucent OmniPCX Office



Zdroj: <http://enterprise.alcatel-lucent.com/?product=OmniPCXOffice&page=overview>

Internet, hlas a data v jediném zařízení zajišťují pro firmy nejen nejlepší a nákladově nejefektivnější řešení pro služby, ale také řešení nejjednodušší. Toto kompaktní řešení v jediné skřínce pro středně velké firmy představuje tyto výhody:

- nízké náklady,
- rychlé zavedení,
- snadnou správu a údržbu,
- snadné používání,
- dokonalejší integraci hlasové a datové komunikace.

Alcatel-Lucent OmniPCX Office je modulárním řešením. Systém lze plně přizpůsobit, aby bylo možné zakoupit a nainstalovat pouze ty funkce, které opravdu potřebujete. Tato modulární architektura kombinovaná s principem softwarových klíčů poskytuje firmám nejlepší služby bez ohledu na rychlost jejich růstu. Řešení Alcatel-Lucent OmniPCX Office je navrženo pro růst a snadno podporuje nové funkce, dodatečné terminály a větší kapacitu.

Alcatel-Lucent OmniPCX Office se vyznačuje vysoce flexibilní konfigurací a službami díky své modulární hardwarové architektuře. Tři moduly velikosti skříně s univerzálními sloty umožňují četné deskové kombinace. Díky jedinému software se řešení Alcatel-Lucent OmniPCX Office snadno přizpůsobuje vývoji potřeb téměř každé firmy. Alcatel-Lucent je prvním předním výrobcem ve svém oboru, který začal používat Linux, operační systém široce akceptovaný v celém počítačovém průmyslu. Linux je spolehlivý, výkonný a stabilní operační systém kompatibilní s mnoha aplikacemi. Je speciálně

přizpůsobený pro internetové služby, neboť zahrnuje všechny klíčové internetové protokoly.

Řešení Alcatel-Lucent OmniPCX Office navíc vychází ze standardních protokolů (CSTA, TAPI, IP), takže je otevřené celé řadě aplikací vytvořených společnostmi Alcatel-Lucent a jejími partnery[2].

4.2 Středně velký podnik

Středně velký podnik lze definovat jako společnost s jednou nebo maximálně několika jednotkami poboček. Počet zaměstnanců je v řádu desítek, výjimečně přesahujících několik málo set. Mezi pobočkami jsou používány nižší typy datových VPN služeb a hlasový provoz je řešen většinou klasickou pobočkovou ústřednou. Pro připojení do veřejné telekomunikační sítě jsou použity klasické telefonní linky nebo linky ISDN. Oproti velkým korporacím není tato PBX dimenzována ani připravena pro tak velký provoz. Požadavky na specifické funkce a bezpečnost nejsou tak striktní. Většinou jde o standardní set doplňkových služeb, které zajišťuje téměř každý pobočkový systém a je shodný s obvyklým portfoliem služeb na ISDN linkách. Očekávání zákazníků spadajících do kategorie středně velký podnik lze charakterizovat jako kompromis mezi kvalitou a cenou. Pro tento typ zákazníka je v mnoha případech přípustné a dokonce i výhodné přenechat správu a dohled nad řešením telekomunikační společnosti. Důvod je jednoduchý: není třeba mít vlastní specialisty nebo celé oddělení, které by se zabývalo údržbou nainstalovaného řešení. Veškeré úkony spojené s instalací, údržbou, správou a dalšími činnostmi nutnými pro bezproblémový chod systému jsou tak zahrnuty v ceně služby.

Řešení IP Centrex, tedy centralizovaného hostovaného řešení, je vhodné pro střední a velké firemní zákazníky, kteří nechtějí investovat do nákupu vlastního řešení. Navíc velkou výhodou IP Centrexu je plně hostované řešení, takže zákazník nemusí řešit žádnou správu ani místo, kam si pobočkovou ústřednu umístit.

4.2.1 Centrex – základní popis

Centrex je soubor specializovaných podnikových řešení (především, ale nikoli výhradně, pro hlasové služby), kde zařízení, které nabízí řízení hovorů a logiku služeb je v

majetku poskytovatele služeb, nikoliv zákazníka. Vlastní a provozuje je poskytovatel služeb, a proto se nachází v jeho prostorách. Vzhledem k tomu, že Centrex osvobozuje zákazníka od nákladů a odpovědnosti z vlastnictví hlavních zařízení, může být Centrex chápán jako outsourcing řešení.

Řízení hovorů a logika služby odpovídá potřebám sestavení telefonního hovoru a dalších funkcí. Níže jsou uvedeny příklady ovládání hovoru a dalších služeb:

- rozpoznání stavu účastníka a poskytnutí příslušného tónu
- interpretace volených čísel k určení cílového místa hovoru
- určení, zda volaný účastník není dostupný, je obsazen, nebo má zapnutu funkci přesměrování hovorů, a pak použití vhodného postupu (např. zvonění telefonu, použití obsazovacího tónu, použití tónu čekání hovoru, předání volání do schránky nebo přesměrování volání na jiné číslo)
- rozpoznání, kdy volaný účastník vyzvedne telefon a kdy dojde k ukončení spojení, zároveň zaznamenání informace potřebné pro billing

V IP telefonii jsou hlasové hovory digitalizovány a packetizovány pro přenos po datové síti. IP Centrex představuje soubor služeb nabízených zákazníkovi, který předává své hlasové hovory do sítě poskytovatele přes širokopásmový datový přístup. IP Centrex je založen na tradičních výhodách Centrexu a navíc je kombinuje s benefity IP telefonie. Jedna z těchto výhod IP telefonie je větší využití kapacity přístupové datové linky. V IP Centrex je jednotný přístup k širokopásmovému připojení schopen přenášet několik současně probíhajících hovorů. Když hovory nejsou aktivní, větší šířka pásma je k dispozici pro standardní datový provoz na LAN nebo přístupu k internetu. To je mnohem efektivnější využití kapacity než u tradičního Centrexu na klasických linkách[6].

4.2.2 Výhody IP Centrexu

IP Centrex nabízí celou řadu výhod a přínosů pro zákazníka. Některé jsou nedílnou součástí konceptu Centrexu a vztahují se jak na klasický koncept, tak i na řešení přes IP síť. Jiné jsou unikátní pro IP Centrex a nejsou k dispozici pro analogový nebo ISDN svět.

Konvergence - IP Centrex umožňuje zákazníkům spojit své stávající řešení datového připojení a telefonní služby do konsolidovaného sítě - jak v rámci podniku, tak na připojení pro přístup k síti.

Centrex na více lokalitách - je to schopnost zajistit, aby dvě nebo i více míst fungovalo v rámci stejné skupiny Centrexu. S IP Centrexem není třeba řešit geografické polohy, abychom definovali uživatelské skupiny. Pobočky i např. obchodní cestující mohou být sloučeny do jedné skupiny Centrexu s hlavní kanceláří, i když je každý ve zcela jiné lokalitě. Tato možnost přináší následující výhody pro zákazníka:

- Snadnější administrace jedné Centrex skupiny než několika samostatných skupin.
- Jednotné funkce a služby pro všechny uživatele, bez ohledu na to, kde se nachází.
- Pokročilé funkce i pro tzv. homeworkery bez zvýšených nákladů za telefonní provoz.
- Jednotný volací plán celé společnosti. Zkrácená volba může být použita pro volání do kanceláře vedle, nebo kdekoliv na světě.
- Žádné poplatky za volání v rámci firmy i když jsou jednotlivé lokality geograficky oddělené.
- Lepší využití doplňků koncových zařízení, jako jsou např. hlasové IVR systémy.

Computer Telephony Integration (CTI) a softwarové telefony - IP Centrex podporuje CTI řešení tam, kde lze telefonní funkce ovládat pomocí PC uživatele, a kde lze telefonní informace (např. ID volajícího) integrovat s dalšími softwarovými aplikacemi. Na rozdíl od předchozích CTI řešení, IP Centrex umožňuje jeho využití bez nutnosti speciálních rozhraní. Konečnou podobou CTI je softwarový telefon, počítač, který nahrazuje klasický telefon. Softwarové telefony mohou být užitečné zejména v aplikacích Call Center[6].

Přenositelnost - díky IP Centrexu není třeba řešit nutnost nové konfigurace v případě, že se uživatel přemístí na jiné pracoviště. Jeho účet a služby jsou centralizovány, takže je může využít kdekoliv, kde si svůj IP telefon připojí.

Nižší investiční náklady - vstupní náklady na služby Centrex jsou mnohem nižší než náklady na nákup vlastního hardwarového řešení např. ve formě pobočkové ústředny.

Škálovatelnost - se službou Centrex si zákazník může zakoupit přesný počet linek, které jsou potřebné, a snadno přidávat nebo odstraňovat další podle svých aktuálních potřeb. Naopak v případě řešení standardní PBX, pokud odeberete stanice z ústředny, žádné náklady neuspóříte, protože zařízení bylo již zakoupeno. Také při přidávání stanic do pobočkové ústředny, jsou náklady nejen na kartách s linkami, ale také na společném vybavení.

Jednoduchost - u služby Centrex je poskytovatel služby odpovědný za instalaci a konfiguraci služby. S PBX tuto odpovědnost přebírá zákazník nebo jeho konzultant.

Provoz a údržba - poskytovatel služeb je odpovědný za každodenní provoz a údržbu Centrexu. To zahrnuje údržbu stávajících komponentů, výměnu vadných částí a dalších činností spojených se správou.

Aktualizace - jedním z principů Centrex je, že poskytovatel služeb pokračuje na modernizaci služeb. To zahrnuje nejen velké evoluční upgrady na nové verze, ale také instalace nových služeb a funkcí.

Spolehlivost - poskytovatel služeb Centrex monitoruje síť a je schopen okamžitě reagovat na alarmy a řešit poruchy zařízení.

Standardizovaná CPE - Centrex používá standardizovaná zařízení podporující standardní protokoly a otevřená rozhraní. To umožňuje dodavatelům výrobu zařízení pro Centrex a zákazník může zakoupit jakékoliv značky podle svých preferencí. Tato konkurence samozřejmě znamená tlak na snížení ceny za CPE. V případě klasické PBX je většinou zákazník nucen k nákupu koncových zařízení od konkrétního výrobce, který garantuje spolehlivost a funkci PBX právě jen se svými zařízeními. Vzhledem k tomu, že zákazník je nucen k výběru konkrétního CPE, jejich ceny jsou často vyšší než srovnatelné vybavení stanice Centrex.

Úspora místa - veškerá infrastruktura a HW je umístěn v prostorách poskytovatele služeb. Naproti tomu se PBX nachází v prostorách zákazníka. Zákazník musí poskytnout

podlahové plochy pro zařízení. Zákazník musí zajistit, že místnost, kde je zařízení umístěno, splňuje určité požadavky ochrany životního prostředí, jako je klimatizace, vlhkost a požární ochrana.

Služby a funkce - Centrex nabízí širokou škálu funkcí, které mohou být konfigurovány k uspokojení potřeb zákazníka.

4.3 Malá společnost

Segment malých zákazníků je poměrně různorodý a stejně tak i požadavky na telekomunikační řešení. Od jednoduchého řešení základní telefonní komunikace až po poměrně sofistikovaná řešení např. pro malá call centra. Společným faktorem je požadavek na nejnižší možnou cenu. Zákazníka z tohoto segmentu lze charakterizovat jako společnost s jednou pobočkou a několika málo desítkami zaměstnanců. Jako aktuální řešení svých telekomunikačních potřeb používají malé pobočkové ústředny v konfiguraci pro jednotky až desítky interních linek. Propojení s veřejnou telco sítí zajišťují klasické telefonní linky, případně linky ISDN2. Datová komunikace je vedena většinou pomocí klasických internetových přípojek, např. na technologii ADSL. Tito zákazníci mají ve srovnání s vyššími segmenty zákazníků nejvíce omezený rozpočet a proto je i jejich zájmem získat takové řešení, které s minimem nákladů uspokojí jejich potřeby.

Vhodným řešením splňující požadavky zákazníka může být softwarová IP PBX. Je určena pro menší a středně velké zákazníky, kteří chtějí vlastní systém s možností vlastní správy, ale nechtějí investovat do drahých plnohodnotných IP PBX. Nejpoužívanějším řešením je software Asterisk. Jde o software, který dokáže z obyčejného počítače udělat server hlasové komunikace. Asterisk je výkonným a populárním vývojovým nástrojem pro IP telefonii. Je využíván malými, středními i středně velkými podniky a call centry. Asterisk je open source a je k dispozici zdarma pro všechny za podmínek licence GPL.

4.3.1 Asterisk – základní popis

Asterisk je světově nejpoužívanější open source projekt IP telefonie. Ve vývoji je od roku 1999. Asterisk je volně dostupný software, který dokáže z obyčejného počítače vytvořit hlasový komunikační server. Asterisk umožňuje snadno vytvářet a nasazovat širokou škálu telefonních aplikací a služeb.

Asterisk podporuje širokou škálu telefonních protokolů. Obsahuje bohatou podporu pro zpracování a přenos hlasu přes tradiční telefonní rozhraní včetně analogových linek, ISDN-BRI a ISDN-PRI linek. Asterisk se vyznačuje také podporou pro široké spektrum protokolů VoIP, včetně SIP a H.323. Podporuje US a evropské normy signalizace používané v standardních systémech používaných ve firemním sektoru, což mu umožnilo propojit sítě nové generace a stávající infrastrukturu.

Asterisk je uvolněn jako open source pod licencí GNU General Public License (GPL), a je k dispozici ke stažení zdarma. Asterisk je vedoucí open source telefonním projektem a Asterisk komunita byla hodnocena jako klíčový faktor růstu VoIP[3].

4.3.2 Prvky systému a funkce

Asterisk je jako stavebnice pro lidi, kteří chtějí vytvořit komunikační aplikace. To je důvod, proč se Asterisk prezentuje jako tool-kit nebo vývojová platforma. Asterisk zahrnuje všechny stavební bloky potřebné pro vytvoření systému PBX, IVR systému nebo prakticky jakýkoli jiného druhu komunikačních řešení. Součástí tvoří:

- Ovladače pro různé protokoly VoIP.
- Ovladače pro PSTN karty a zařízení.
- Směrování a ovládání příchozích hovorů.
- Směrování odchozích hovorů.
- Funkce pro záznam, přehrávání, generování tónu, atd.
- CDR záznamy pro fakturaci a billing.
- Překódování (převod z jednoho formátu do jiného).
- Konverze protokolu (převod z jednoho protokolu do druhého).
- Integrace databáze pro přístup k informacím.
- Integrace webových služeb pro přístup k datům pomocí standardních internetových protokolů.
- Integrace LDAP pro přístup k firemnímu adresáři.
- Nahrávání hovorů a monitorovací funkce.
- Integrovaný skriptovací jazyk pro zpracování hovorů.
- Upozorňování na události a CTI integrace prostřednictvím Asterisk Manager Interface (AMI).
- Rozpoznávání řeči v různých jazykových mutacích.

Tato kombinace komponent umožňuje integrátorovi nebo vývojáři rychle vytvářet hlasové aplikace. Integrátoři mají možnost pomocí Asterisku vybudovat vše od velmi malých systémů IP PBX až k větším telefonním serverům.

4.3.3 Klíčové aplikace

Asterisk jako PBX - Asterisk může být nakonfigurován jako jádro IP a hybridní pobočkové ústředny, podporující přepínání hovorů, řízení linek, což umožňuje funkce a propojení volajících s okolním světem přes IP, analogové (POTS) a digitální (T1/E1) připojení. Asterisk běží na celé řadě operačních systémů včetně systémů Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD a Sun Solaris a poskytuje všechny funkce, které lze očekávat od PBX, včetně mnoha pokročilých funkcí, které jsou často spojovány s high-end proprietárními PBX. Architektura Asterisku je navržena pro maximální flexibilitu a podporuje Voice over IP s mnoha protokoly, a může spolupracovat s téměř všemi standardizovanými IP zařízeními[3].

Asterisk jako Gateway - Může také být postaven jako srdce media gateway propojující klasickou PSTN síť se světem IP telefonie. Modulární architektura Asterisku umožňuje konvertovat mezi širokou škálou komunikačních protokolů a kodeků.

Asterisk jako media server - Asterisk poskytuje také řadu multimediálních funkcí, jako jsou např.: IVR, konference, automatickou spojovatelku, náhradu za stávající systém hlasových schránek, unified messaging a telefonní rozhraní pro webové stránky.

Asterisk a Call Centrum - Asterisk byl přijat jako řešení pro call centra po celém světě pro jeho flexibilitu. Asterisk také přinesl novinky do stávajících řešení call centra přidáním vzdáleného IP agenta, pokročilými možnostmi směrování hovorů, prediktivním a hromadným vytáčením a dalšími vlastnosti.

Funkce - Asterisk nabízí bohatou a flexibilní sadu funkcí. Asterisk nabízí funkce jak klasické telefonní ústředny tak i pokročilé funkce, které spolupracují s moderními telefonní systémy postavené na Voice over IP technologii.

Podporované protokoly - Asterisk podporuje celou řadu protokolů pro zpracování a přenos hlasu přes tradiční telefonní rozhraní včetně H.323, Session Initiation Protocol (SIP), Media Gateway Control Protocol (MGCP), a Skinny Client Control Protocol (SCCP).

5 Závěr

Cílem předkládané práce bylo seznámit čtenáře s pojmem Voice over IP, představit technické pozadí IP telefonie a její služby, ukázat její klady a zápory a v neposlední řadě navrhnout vhodná řešení pro zákazníky z firemního sektoru.

VoIP představuje moderní alternativu ke klasickému řešení telefonie a služeb s ní spojených. Je zřejmé, že trend migrace na tuto technologii stále roste a VoIP si nachází nové zákazníky z různých oblastí. Dávno již neplatí, že VoIP nebo IP telefonie je cosi nekvalitního, absolutně negarantovaného a určeného jen pro úzký okruh znalých uživatelů. VoIP se v současnosti významně podílí na řešení telefonie a aplikací ve firmách. Týká se to nejen malých „garážových“ firem, ale zdárně proniká i do vyšších sektorů mezi velké korporace. V práci bylo uvedeno jaké výhody i nevýhody VoIP přináší, nové možnosti i překážky jeho nasazení.

Mezi hlavní výhody patří:

- konvergence hlasové a datové služby
- cena řešení a cena za hovor
- přenositelnost čísel

Jako hlavní nevýhody lze uvést:

- spolehlivost a kvalitu služby
- nespolehlivost faxových přenosů
- bezpečnost

Tyto záležitosti byly demonstrovány v navržených řešeních, která jsou součástí předkládané bakalářské práce.

VoIP stále není pro každého, ať již z důvodu konzervativnosti zákazníka, z obav nebo v některých případech i nákladnosti řešení. S narůstajícím počtem širokopásmových služeb a jejich dostupností se mu však otevírá stále větší prostor.

6 Seznam literatury

- 1 WALLACE, Kevin. VoIP bez předchozích znalostí. Computer Press, červen 2007. 232 s. ISBN 978-80-251-1458-2
- 2 Alcatel-Lucent [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://enterprise.alcatel-lucent.com/?product=OmniPCXOffice&page=overview>
- 3 Asterisk [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.asterisk.org/>
- 4 Cisco Systems [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/web/CZ/index.html>
- 5 Counterpath [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.counterpath.com/x-lite.html>
- 6 IP-Centrex.org [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.ip-centrex.org/index.html>
- 7 Lupa [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/cenove-srovnani-voip/>
- 8 MB data [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.mbddata.cz/uvoddovoip.htm>
- 9 Moodle.vsb.cz [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://moodle.vsb.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=56792>
- 10 Muzeum spotřebičů [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: http://www.muzeumspotrebicu.cz/?page_id=20
- 11 O2 [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: http://www.cz.o2.com/soho/3371-abecedni_seznam/129526-ip_telefony.html
- 12 Protocols.com [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.protocols.com/papers/voip2.htm>
- 13 Siemens [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.siemens.cz/siemjet/cz/home/ic/enterpriseNetworks/telefonie/voip-telefonie/Main/index.jet>
- 14 Softex NCP [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://kurz.softex.cz/lexikon/voip.html>
- 15 VoIP info [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné z: <http://www.voip-info.org>

7 Přílohy

7.1 Seznam obrázků

Obr. 1 Hlasová brána Mediatix 2102	20
Obr. 2 IP telefon Cisco	20
Obr. 3 Softwarový telefon X-lite	21
Obr. 4 Cisco unified communication manager	27
Obr. 5 Siemens HiPath 4000.....	29
Obr. 6 Alcatel-Lucent OmniPCX Office	33