

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra informatiky



VoIP – hlasová komunikace v IP sítích

Bakalářská práce

Václav Beran

Vedoucí práce: **PaedDr. Petr Pexa**

ČESKÉ BUDĚJOVICE 2007

Abstrakt

Použití VoIP technologie, jako alternativy pro stávající telefonní systém, je velmi lákavé, z důvodu rozšířenosti počítačových sítí a jejich větší efektivity. Cílem práce je popsat VoIP technologii a vytvořit tak první publikaci v ČR, která se tomuto tématu podrobně věnuje. Nejdříve v práci vysvětlím základní pojmy a principy, které jsou potřebné k pochopení celé problematiky. Jádrem práce je technologie VoIP, které se věnuje třetí kapitola. Jsou popsány způsoby kódování řeči, dále signální protokoly (SIP, H.323, MGCP, IAX) a problémy spojené s QoS. Dále je v práci popsán princip, instalace a ovládání programu Skype.

Abstract

The possibility for using the VoIP technology as an alternative solution for the telephone system is very attractive. The main reason is the widely expanded computer sites and also their higher effectiveness. The main goal of the work is to describe the VoIP technology and create the first publication in Czech republic which deals with this theme in details. First of all I concentrate on the explanation of the basic words, conceptions and principles necessary to fully understand the whole field. The main scope of the work is VoIP technology which is described in third chapter. There are described also the methods of voice coding, signalling protocols (SIP, H.323, MGCP, IAX) and issues related with QoS. The work also covers the Skype program with descriptions of it's principles, installation and control.

Děkuji **PaedDr. Petru Pexovi** za odborné a organizační vedení při zpracování této práce.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

24.dubna 2007

Václav Beran

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vysvětlení pojmů	9
2.1	PSTN (Public Switch Telephone Network).....	9
2.1.1	Přepojování v PSTN.....	9
2.2	Počítačové sítě.....	10
2.2.1	Přepojování v PC síti.....	10
2.2.2	Model TCP/IP	11
2.3	Konvergence sítí	12
2.3.1	ISDN	13
2.3.2	ATM.....	13
2.3.3	IP síť.....	14
2.4	VoIP, IP telefonie.....	14
3	VoIP	15
3.1	Přenos hlasu po IP síti.....	15
3.2	Kódování řeči	15
3.2.1	Digitalizace hlasu v PSTN	16
3.2.2	PCM (Pulse-code modulation).....	17
3.2.3	ADPCM (Adaptive Differential Pulse-code modulation).....	18
3.2.4	Digitalizace hlasu v IP síti	18
3.2.5	GSM	19
3.2.6	G.729.....	20
3.3	Signalizační protokoly	21
3.3.1	H.323	22
3.3.1.1	Terminál	22
3.3.1.2	Gateway	22
3.3.1.3	MCU.....	23
3.3.1.4	Gatekeeper	23
3.3.2	Soubor standardů v H.323.....	25
3.3.2.1	Signalizace a řízení hovoru	25
3.3.2.2	RTP (Real-time Transport Protocol).....	26
3.3.2.3	RTCP (Real-time Control Protocol)	27
3.3.2.4	Představa spojení hovoru	27
3.3.3	Historie H.323	28
3.3.3.1	H.323 v2.....	28
3.3.3.2	H.323 v3	30
3.3.3.3	H.323 v4.....	31
3.3.3.4	H.323 v5.....	32
3.3.3.5	H.323 v6.....	32
3.3.3.6	Bezpečnostní aspekty	32
3.3.4	SIP	33
3.3.4.1	Architektura SIP.....	35
3.3.4.2	SIP žádosti.....	36
3.3.4.3	Identifikace uživatelů.....	38
3.3.4.4	Signalizace v SIP	38
3.3.4.5	Registrace SIP uživatele.....	40
3.3.4.6	SIP CGI	41
3.3.4.7	Bezpečnostní aspekty.....	42
3.3.4.8	NAT a firewall	43

3.3.5	H.232 vs. SIP	43
3.3.6	MGCP	44
3.3.7	IAX.....	44
3.4	QoS (Quality of Services)	45
3.4.1	Jitter.....	46
3.4.2	Latence (zpoždění).....	47
3.4.3	Ztráta paketů	48
3.4.4	Přijatelné síťové parametry pro VoIP	49
3.4.5	Kvalita hlasu	49
3.4.6	Řešení QoS.....	50
3.5	Skype.....	51
3.5.1	Důvody, proč Skype používat.....	52
3.5.2	Architektura Skype	54
3.5.3	Pro někoho nevýhody.....	56
3.6	Instalace a ovládání VoIP programů	57
3.6.1	Skype.....	57
3.6.2	SkypeOut.....	63
3.6.3	SkypeIn	65
3.6.4	Skype Hardware.....	66
3.6.5	TeamSound	66
4	Závěr	68
5	Seznam použitých zdrojů	69

1 Úvod

Hlasová komunikace, jedna z nezákladnějších možností dorozumění, byla rozvíjena několik století a tisíciletí. Díky komunikaci se i samotný člověk mohl vyvíjet a dělit se o své poznatky, myšlenky s ostatními. V průběhu minulého století člověk dokázal hlasovou komunikaci povýšit na další úroveň, odbourat vzdálenost mezi lidmi, dokázal dříve neuvěřitelné, spojit lidi na celém světě. První přenos hlasu uskutečnil Alexander Graham Bell dne 10. 3. 1876, kdy jeho spolupracovník Watson uslyšel z přístroje památná slova: "Pane Watsone, přijďte sem. Potřebuji Vás."

Cílem této práce je zpracovat technologii VoIP jako aktuální alternativu ke klasické telefonii. IP telefonie je založena na přenosu digitalizovaného hlasu využívající sítě určených původně pro přenos dat a fungující na paketovém principu. Především využití Internetu jako páteří infrastruktury pro telefonní systém je velmi lákavé, protože stávající telefonní systém je neefektivní – hlasový signál není nijak komprimován a navíc je mu pásmo přidělováno staticky bez ohledu na to, zda účastníci právě hovoří. Technologie počítačových sítí jsou podstatně pokročilejší a od jejich nasazení lze očekávat mnohem efektivnější využití přenosových médií. Součástí práce bude i popis instalace a ovládání dostupných softwarových produktů, využívající tuto moderní technologii přenosu hlasu (např. Skype)

Téma jsem si vybral z důvodu vytvoření první publikace v ČR, která by se tomuto tématu podrobně věnovala. Další důvody pro výběr tématu jsou, že **IP telefonie je budoucnost ve volání** a díky programu Skype se stal sen o **volání do celého světa zdarma** skutečností.

Informace jsem čerpal převážně z internetových zdrojů, jako jsou odborné zprávy, články, které zpravidla popisují pouze úzkou část celé problematiky.

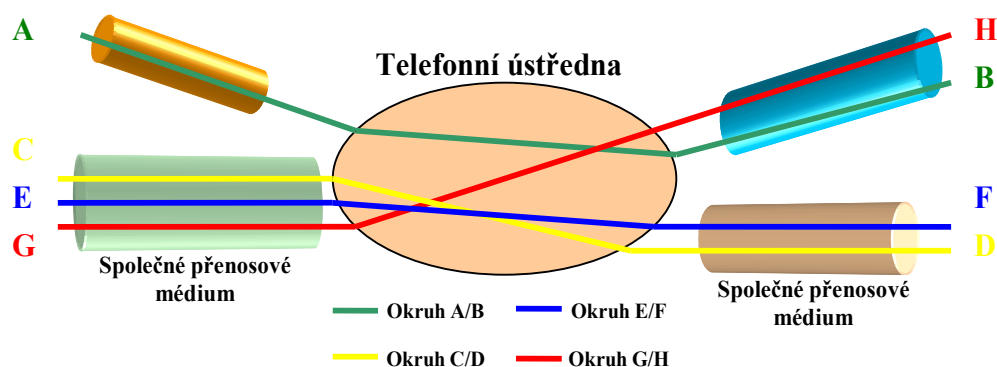
2 Vysvětlení pojmů

2.1 PSTN (Public Switch Telephone Network)

V průběhu 20. století se začaly rozvíjet PSTN, tedy veřejné telefonní sítě, ovšem v době, kdy se tak dělo, byla sice velká poptávka po komunikaci, ale méně zdrojů k budování a provozu sítí, které by komunikaci zajišťovaly. Problémem byla i malá „výpočetní kapacita“. Prakticky všeho v telekomunikacích bylo málo, bylo to drahé a nepružné. Proto se nedostatek zdrojů stal limitujícím faktorem v rozvoji sítí a celého oboru. Díky tomu se stalo běžným faktem, že zákazník platí podle toho, kolik zdrojů mu je dáno k dispozici, bez ohledu, jaký užitek mu přinesou. Příkladem je platba za provolané minuty, které zákazník může celé „promlčet“. Neexistovaly totiž vhodné mechanismy, které by dokázaly přidělit jen tolik zdrojů, kolik uživatel potřebuje, proto vždy dostane určitý objem a platí za něj bez ohledu na to, kolik z něj využívá. Tyto vyhrazené, ale fakticky nevyužité zdroje pak nemohou být přenechány nikomu jinému, a je to tudíž neefektivní hospodaření se zdroji. Zákazník platí za maximum toho, co může využít. Pozitivum je, že dostupnost těchto zdrojů je garantována. Telekomunikační sítě tedy poskytují služby s garantovanými parametry.

2.1.1 Přepojování v PSTN

Aby mohli dva účastníci spolu hovořit, je třeba zajistit mezi nimi příslušné spojení. V PSTN hovoříme o tzv. **přepojováním okruhů**. Mezi dvěma komunikujícími stanicemi je propojením příslušných uzlů vytvořena přenosová cesta. Tato cesta se udržuje do doby, kdy jedna z komunikujících stanic neukončí spojení. Uzly v této hierarchii představují telefonní ústředny. Dříve bylo spojování prováděno manuálně, později elektromechanicky, nyní jsou ústředny digitální. PSTN síť lze tedy charakterizovat jako „**Chytrá síť s hloupými koncovými zařízeními**“.



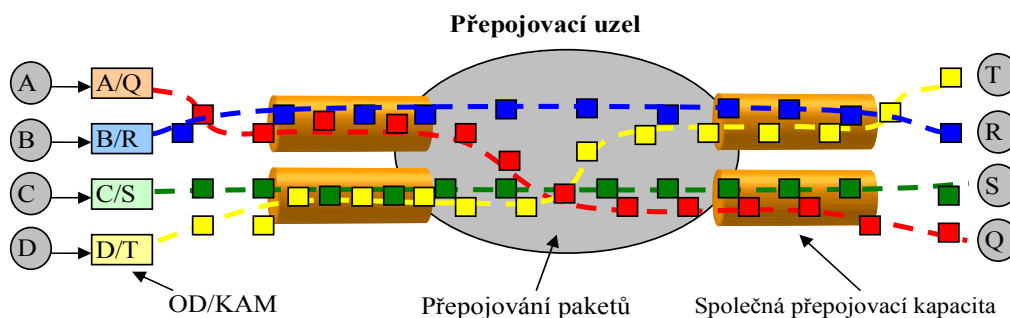
Obrázek 1 - Přepojování okruhů v PSTN

2.2 Počítačové sítě

Jako paralelní proces lze označit vývoj počítačových sítí, avšak dělo se tak v době, kdy zdrojů pro rozvoj bylo již více, a ty také přestaly být hlavním limitujícím faktorem tohoto rozvoje. Např. síť ARPANET, z níž vznikl dnešní Internet, který pracuje zcela odlišným způsobem. Komunikace v takovéto síti je pak převážně nespojová. Cíl takovéto sítě je, aby médium bylo využíváno v celé míře, tzn. není rozkouskováno na okruhy, ale data se šíří pohromadě, a dochází tak k vyšší efektivnosti využití. Ovšem pokud médium nestačí pro všechny přenosy, dochází ke krácení, omezování rychlosti a to nekompromisně všem přenosům stejně. Tato technika je běžně nazývána jako Best effort. Není zde tedy žádná garance jako u PSTN, kde sice platíme za část media, ale je nám kdykoliv k dispozici v plné míře.

2.2.1 Přepojování v PC síti

V PC sítích se data sdružují do paketů a ty následně putují sítí. Paket je tedy blok dat obohacený adresou příjemce a odesílatele. Na základě těchto údajů je paket v uzlech sítě přepojován a vyslán patřičným směrem, neputuje tedy po jasně vyznačené cestě, která je udržována komunikujícími stanicemi, ale pohybuje se v médiu společně s ostatními pakety. Hovoříme o **přepojování paketů**.



Obrázek 2 - Přepojování paketů v PC síti

O tom, jakou cestou se k příjemci dostane, zda-li se vůbec dostane, je pak nepodstatné a samotná síť se o to nestará. Starají se o to koncové body, které jsou obdařeny jistou inteligencí. Dalo by se tedy říct, že tato síť má charakter „**hloupé sítě s chytrými koncovými zařízeními**“. Je tedy možné a pravděpodobné, že pořadí, v jakém jsou pakety k příjemci doručeny, nesouhlasí s pořadím, ve kterém byly odeslány. Což v PC světě nevadí, uveďme jako příklad obrázek, který má být stažen z internetu, nejdříve je zahájen přenos a až po doručení posledního paketu se celý obrázek vykreslí. Přičemž některé pakety se během přenosu ztratí a je nutné aby příjemce vyžádal od odesílatele o opětovné zaslání.

2.2.2 Model TCP/IP

V počítačových sítích se nejčastěji používá komunikační model TCP/IP. „Protokolová architektura TCP/IP je definována sadou protokolů pro komunikaci v **počítačové síti**. Komunikační protokol je množina pravidel, které určují syntaxi a význam jednotlivých zpráv při komunikaci.

Vzhledem ke složitosti problémů je síťová komunikace rozdělena do tzv. vrstev, které znázorňují hierarchii činností. Výměna informací mezi vrstvami je přesně definována. Každá vrstva využívá služeb vrstvy nižší a poskytuje své služby vrstvě vyšší. Celý význam slova TCP/IP je Transmission Control Protocol/Internet Protocol (Primární transportní protokol - TCP/protokol síťové vrstvy - IP)

Architektura TCP/IP je členěna do čtyř vrstev:

- aplikační vrstva (application layer)
- transportní vrstva (transport layer)
- síťová vrstva (network layer)
- vrstva síťového rozhraní (network interface)

Internet Protocol (IP) je základní protokol síťové vrstvy a celého Internetu. Provádí vysílání datagramů na základě síťových IP adres obsažených v jejich záhlaví. Poskytuje vyšším vrstvám síťovou službu bez spojení. Každý datagram je samostatná datová jednotka, která obsahuje všechny potřebné údaje o adresátovi i odesílateli a pořadovém čísle datagramu ve zprávě. Datagramy putují sítí nezávisle na sobě a pořadí jejich doručení nemusí odpovídat pořadí ve zprávě. Doručení datagramu není zaručeno, spolehlivost musí zajistit vyšší vrstvy (TCP, aplikace).¹

V současnosti se používá IP protokol verze 4, jež používá 32 bitové adresy, což je pro současný a budoucí počet počítačů nedostačující. Proto byl vyvinut protokol verze 6, který používá adresy 128 bitové a svým zápisem je podobný fyzickým MAC adresám, má podporu mobilních zařízení, zaručuje větší bezpečnost a má funkce pro QoS (Quality of Service).

2.3 Konvergence sítí

Jak se postupně rozvíjely obě sítě, přičemž každá byla původně určena k odlišnému účelu, začaly se objevovat požadavky na vzájemnou propojitelnost či využití jedné sítě ke službám, které poskytovala spíše síť druhá, začínáme tak mluvit o konvergenci sítí, kdy telekomunikační operátoři poskytují skrze své sítě připojení k internetu a po PC sítích se začíná šířit hlas. Důvody pro konvergenci jsou jednoduché, telekomunikační sítě jsou rozšířené, a PC sítě naproti tomu nabízejí levnější a efektivnější provoz.

¹ Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 2001 , 9. 3. 2007 [cit. 2007-03-19]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sada_protokolů_Internetu>.

2.3.1 ISDN

První snaha o konvergenci vznikla ve světě spojů a nesla jméno ISDN. Avšak své uplatnění nenašla, protože spíše byla šita na míru telekomunikačním potřebám nežli potřebám světa počítačů. Rychlost ISDN linky byla 64kbps, což odpovídá rychlosti potřebné pro přenos hlasu zakódovaného do PCM kodeku (o kodecích více v kapitole 3.2), avšak těžko mohla konkurovat vznikajícímu ethernetu 10Mbps, 100Mbps či dokonce 1Gbs.

2.3.2 ATM

Další snaha, která již myslela i na potřeby počítačového světa, byla technologie ATM (Asynchronous Transfer Mode), která již nestavěla na původních telefonní síti, ale měla již charakter širokopásmových spojů, a zvládala tedy rychlejší přenosy. Zdálo se tedy, že se v ATM shlédne jak svět spojů, tak i svět počítačů. Kompromisně byla zvolena velikost paketu ATM na 48 bytů plus 5 bytová hlavička, což v důsledku umožnilo garanci určité kvality služeb. Linkou totiž byla přenášena všechna data bez ohledu na charakter po 48 bytových paketech, a bylo tedy možné vyhradit každý n-tý paket určitému kanálu bez ohledu na to, zda ji využije či ne, tím vzniká iluze samostatného okruhu. Ovšem tato výhoda se postupem času jevila jako nevýhoda kvůli své komplikovanosti. Většina PC aplikací psaných pro jinou technologii nedokáže využít garanci kvality v ATM. Dalším negativem je nemožnost poslat všesměrové vysílání, které mnoho aplikací používá k hledání svých serverů a k dalším účelům.

„Technologie ATM se ve světě spojů i ve světě počítačů významně prosadila, ale zase nikoli tak, že by naprosto dominovala a vytlačila jakoukoli svou konkurenci. Praxe totiž ukázala, že taková řešení, která "usilují o vlastní dokonalost" (což je právě případ ATM), v praxi nemusí být vůbec optimální - táhnou totiž za sebou zátěž složitosti, komplexnosti a velké režie, které se nedokáží zbavit.“²

² Jiří Peterka, Jednoduché IP síť Softwarové noviny [online]. Softwarové noviny, č. 33, r. 1999 [cit. 2007-04-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a912s200/a912s234.php3>>.

2.3.3 IP síť

Protokol IP má velkou výhodu ve své jednoduchosti a tím možnost implementace prakticky nad čímkoli, nad jakýmkoliv přenosovým médiem. Přes svoji jednoduchost však jde o přizpůsobivý a poměrně otestovaný protokol. O jeho implementaci se snaží všichni výrobci a doslova se předhání v jeho kompatibilitě, což se příjemně odráží na ceně, která je konkurencí tlačena dolů. „Budování přenosových sítí na bázi protokolu IP, zamýšlených primárně k přenosu dat, proto dnes doslova "exploduje". Je ale stále nutné budovat tyto sítě odděleně od sítí určených pro potřeby přenosu hlasu a obrazu?“²

2.4 VoIP, IP telefonie

IP telefonie, VoIP jsou pojmy často diskutované a zmiňované v odborné i „laické“ veřejnosti. Uvedeme si tedy význam těchto pojmů.

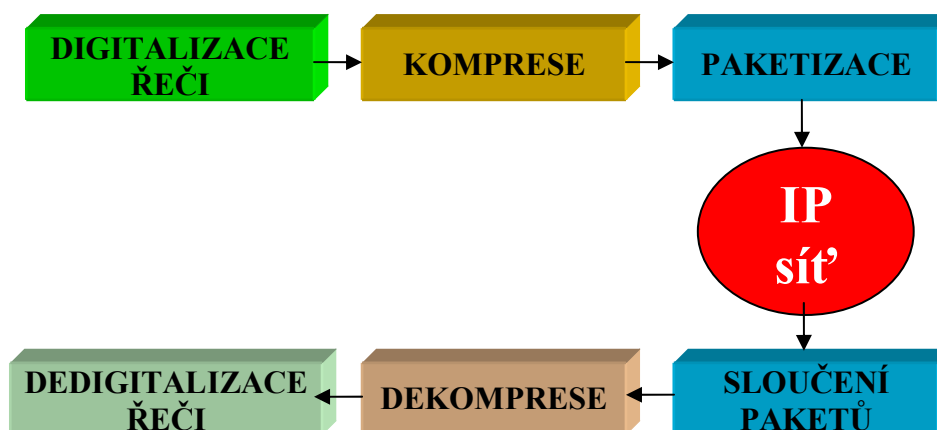
VoIP je technologie přenosu digitálního hlasu po IP síti. Může být realizována různými standardy H.323, SIP... Může být užita k různým účelům, jako veřejná služba, privátní, či jako technologické řešení páteřních sítí.

IP telefonii rozumíme službu buď veřejnou, nebo privátní využívající pro svoji činnost technologii VoIP. Je to služba hlasová využívající jako médium přenosu klasickou IP sítí ať už internet či privátní síť. Internetová IP telefonie je druh IP telefonie, stejně tak jako firemní IP telefonie.

3 VoIP

3.1 Přenos hlasu po IP síti

Pokud chceme spolehlivě přenášet hlas po IP síti, je třeba položit si několik otázek a domluvit se na určitých pravidlech, která nám zaručí správné fungování. Obecný princip je následující: hlas vstupující do mikrofonu se převede do digitální podoby, zkomprimuje se, převede na pakety, ty jsou přeneseny po IP síti, poté jsou pakety sloučeny, dekomprimovány a následně převedeny na spojitý signál, který je přiveden na sluchátko či reproduktor.



Obrázek 3 - Princip přenosu hlasu v IP síti

V následujících podkapitolách si tedy řekneme, jak se dané části řeší, vysvětlíme si principy a popíšeme definované standardy.

3.2 Kódování řeči

Procesy a algoritmy, které slouží k digitalizaci a komprimaci hlasu do digitální podoby, respektive i naopak můžeme shrnout do jednoho slova -kodek. Je to vlastně složenina ze slov kodér a dekodér. Kodeky lze dle principu rozdělit na tři skupiny:

- WaveForm kodeky – kódování tvaru vlny. Mezi tyto postupy patří pulzně kódová modulace PCM, delta modulace DM, adaptivní delta modulace, diferenciální pulzně kódová modulace DPCM a adaptivní pulzně kódová modulace APCM

- Source kodeky – tj. parametrické kódování. Mezi základní metody patří vokodérové metody spočívající na principu lineární predikce a homo-morfního přístupu využívající keprstrální analýzy. Hybridní kodeky - do této kategorie patří kodeky založené na adaptivních predikčních metodách APC, kodeky s multiimpulzním MPELPC, či regulárním buzením RELP nebo kodeky využívající vektorové kvantizace (CELP, LD-CELP). Dále mezi hybridní kodéry patří metody založené na složkovém kódování (SBC – Sub-Band Coding) nebo adaptivních transformačních kódování (ATC – Adaptive Transform Coding) využívající rychlé diskretní transformace (DFT, DCT).³

To, jak se výstupní signál bude lišit od vstupního, záleží na kvalitě a stupni komprese daného kodeku.

Kvalita přenosu hlasu je stanovena subjektivní metodou MOS (Mean Opinion Score). Na stupnici MOS se nula rovná nejhorsí kvalitě a pět nejlepší.

Dále k určování kvality telefonních zařízení slouží standard PSQM Perceptual Speech Quality Measurment definovaný Mezinárodní telekomunikační unií. PSQM hodnoty jsou charakterizovány takto:

- méně než 5.0 SNESITELNÁ
- méně než 4.0 DOBRÁ
- méně než 3.0 VÝJIMEČNÁ

3.2.1 Digitalizace hlasu v PSTN

PSTN je síť telefonních stanic napojených na telefonní ústředny a tyto ústředny jsou pak propojeny mezi sebou. Při vývoji a propojování ústředen byl zvolen princip společného komunikačního kanálu, po kterém budou vhodně přeneseny všechny hovory probíhající mezi ústřednami. Způsob, jak se hovory přenášejí, se nazývá technika tzv. frekvenčního multiplexu, kdy jednotlivé hovory jsou posunuté

³ ING. SOCHATZI, Karel. Monitorování kvality hlasových služeb v prostředí IP [online]. Sdělovací technika 2004, č. 12/2004 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.stech.cz/articles.asp?idk=330&ida=445>>.

do určitého frekvenčního pásma, samozřejmě každý do jiného, a takto poskládané jsou přeneseny k druhé ústředně, kde jsou zpětně převedeny, tzv. demultiplexovány. Počet hovorů takto frekvenčně poskládaných byl závislý na kapacitě přenosového média a také na šířce pásma jednotlivého hovoru. Pokud jednotlivý hovor zabíral menší pásmo, dalo se naskládat více hovorů na sebe. To vedlo k myšlence, že by k hlasové komunikaci stačilo pouze určité pásmo. Experimentálně pak bylo zjištěno, že ke srozumitelnosti hovoru postačí přenést pásmo 300 až 3400 Hz (neboli se "šířkou" 3100 Hz, resp. 3,1 kHz). Implementace tohoto zjištění byla realizována pomocí omezení na vstupu ústředen a mezi nimi byl hovor přenášen pouze v šířce 3,1 kHz.

Tento způsob fungoval dlouhá léta, avšak limitujícím faktorem se stala šířka pásma přenosových médií, a tak vznikla snaha o digitalizaci ústředen.

3.2.2 PCM (Pulse-code modulation)

Pulzně kódová modulace (PCM z anglického Pulse-code modulation) je modulační metoda převodu analogového zvukového signálu na signál digitální, vytvořená roku 1937 Britem Alecem Reevsem.

Princip PCM spočívá v pravidelném odečítání hodnoty amplitudy signálu pomocí A/D převodníku a jejím záznamu v binární podobě. Je to tedy metoda typu Waveform. Určujícími parametry jsou vzorkovací frekvence a jemnost rozlišení jednotlivých hodnot. Pro rozlišení se běžně používají 8bitové vzorky. Vzorkovací frekvence musí být vhodně zvolena, podle tzv. vzorkovacího teorému (1930 – Shannon, Kotělnikov) platí jednoznačný vztah mezi vzorkovací frekvencí a maximálním kmitočtem. Vzorkovací kmitočet musí být teoreticky alespoň dvojnásobný, než je maximální požadovaný kmitočet přenášeného signálu. Vzorkovací frekvence u digitálních telefonních linek ISDN je 8 kHz ($2 * 3,4\text{kHz}$). Pro takovéto parametry je třeba přenosová rychlost 64 kbps ($8\ 000 * 8 = 64\ 000$).

3.2.3 ADPCM (Adaptive Differential Pulse-code modulation)

Je to metoda založená na PCM, ale předpokládá spojitý charakter analogového signálu lidského hlasu. Díky této skutečnosti dokáže snížit náročnost tím, že se snaží odhadnout na základě aktuálního vzorku vzorek následující. Přenosová rychlost byla původně 32 kpbs, později pak 16, 24 a 40 kpbs.

3.2.4 Digitalizace hlasu v IP síti

Digitalizace hlasu v IP síti je jistě opodstatněnější a zřejmější než v PSTN. Nežli uvedu přehled používaných kodeků, zamysleme se hlouběji nad principem kódování hlasu. Již jsme si řekli, že kodeky mají různou úroveň komprese a na ní poté závisí datový proud, ale je třeba brát v úvahu i čas, který daná komprese zabere. Kódování s minimální kompresí bude jistě rychlejší než kódování s vysokým kompresním poměrem, tato skutečnost hraje také velkou roli. Dále si je třeba uvědomit, že při velkém stupni komprese je třeba zpracovávat více dat najednou, ideální by tedy bylo nejdříve hovor nahrát, zkomprimovat a poté přenést, což je samozřejmě nemyslitelné. Lze tedy konstatovat, že při malé kompresi jsou kladeny malé nároky na schopnosti kódovacího zařízení, ať je hardwarové či softwarové, avšak o to větší nároky klademe na přenosovou síť. Při velké kompresi hraje roli časová náročnost komprimace, ale hodí se pro případy, kdy přenosová síť nevyhovuje rychlejším přenosům. Díky těmto skutečnostem byly dle doporučení ITU definovány následující kodeky. V tabulce 1. jsou uvedeny používané standardy kódování, názvy algoritmů, náročnosti na zpracování vyjádřené parametrem MIPS (počet miliónů instrukcí za sekundu), přenosové rychlosti kodeků a jejich kvalita ohodnocená parametrem MOS dle ACR (Absolute Category Rating). Všechny kodeky počítají s tím, že přenášet ticho je zbytečným zatěžováním sítě, proto ticho detekují a nepřenášejí, tato metoda se běžně nazývá silence suppression.

Kodek	Algoritmus	MIPS	Bitová rychlost (kb/s)	MOS
G.711	PCM	0	64	4,1

G.726	ADPCM	1	32	3,85
G.728	LD-CELP	30	16	3,61
GSM 06.10	RPE-LTP	10	13	3,5
G.729	CS-ACELP	20	8	3,92
G.723.1	MP-MLQ	16	6,3	3,9
G.723.1	ACELP	30	5,3	3,65

Tabulka 1 - Přehled kodeků s MIPS MOS a přenosovou rychlostí

Dále si popíšeme kodeky GSM a G.729. Jednotlivými algoritmy kódování se nebudeme detailně zabývat, postačí nám pouze nastínění funkčnosti, údaje o náročnosti a požadovaném datovém toku kodeků.

3.2.5 GSM

„Při počátečním výběru typu zdrojového kódování pro použití v GSM (Global System for Mobile communications) bylo ve hře celkem dvacet návrhů z devíti zemí Evropy. Do posledního výběrového kola postoupily čtyři návrhy, které nejlépe vyhověly požadavkům na kvalitu výsledného zakódovaného hovorového signálu a byly na tom také nejlépe, pokud jde o schopnost transkódování. Testování kódovacích algoritmů se provádělo pro těchto sedm jazyků: angličtina, němčina, francouzština, finština, japonština, španělština a hindština. Testy probíhaly také pro tři různé úrovně signálu, různou přednastavenou bitovou chybovost BER (Bit Error Rate), což je poměr špatně přenesených bitů k celkovému počtu všech bitů, a také se zkoumal vliv šumového prostředí.

V následující tabulce 2. jsou uvedeny zmíněné čtyři metody kódování hlasu s uvedením hlavních parametrů a s celkovým hodnocením MOS. Hodnotící parametr MOS (z anglického Mean Option Score) se pohybuje v rozmezí 1 až 5 a vyjadřuje kvalitu hovorového signálu podle této stupnice: 5 – vynikající, 4 – dobrá, 3 – přijatelná, 2 – špatná, 1 – nepříjemná.

Typ kódování	MOS	Přenosová rychlost(kb/s)	MIP S	Výrobce
RPE - LPC	3,54	14,77	1,5	Philips (Německo)
MPE - LTP	3,27	13,20	4,9	IBM (Francie)
SBC - APCM	3,14	13,00	4,9	Ellemtel (Švédsko)
SBC - ADPCM	2,92	15,00	4,9	Telecom Res. (Anglie)

Tabulka 2 - Kodeky pro systém GSM

Výsledkem byla nakonec kombinace řešení od firmy Philips a IBM. Vznikl tak kodek (zkratka slov kodér - dekodér) s označením RPE - LTP (Regular Pulse Excitation – Long Term Prediction). Obvody kodéru a deko-déru jsou realizovány signálovými procesory a lze je podle funkce rozdělit na tyto hlavní bloky:

- předzpracování signálu,
- analýza LPC,
- krátkodobá analýza a filtrace,
- kódování RPE a analýza LTP.⁴

Jednotlivé vzorky řečového signálu v podobě skupinek bitů se řadí za sebe a vytvářejí bitový tok. U systému GSM, stejně jako u jiných digitálních telekomunikačních systémů, se řečový signál vzorkuje s kmitočtem 8 kHz a vznikne tak bitový tok $13 \times 8 \text{ kHz} = 104 \text{ kbit/s}$.

Celková bitová rychlost signálu se po analýze RPE – LTP změní z původní rychlosti 104 kbit/s na 13 kbit/s, což představuje osminásobnou redukci přenosové rychlosti. Podrobným poměrně složitým principem se nebudeme zabývat.

3.2.6 G.729

Doporučení ITU-T G.729 bylo schváleno 19. března 1996 a popisuje kódování řeči s výstupním bitovým tokem 8 kbit/s použitím metody CS-ACELP (Conjugate-

⁴ SNÁŠEL, Jaroslav. Zpracování hlasu v mobilu: když se řekne haló haló. MobilMania [online]. 2004 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?article=1107779>>.

Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction). CS-ACELP kodér pracuje s rámci řeči o délce 10 ms, což při vzorkovací frekvenci 8000 Hz odpovídá 80 vzorkům. Každý 10 ms rámec řečového signálu je analyzován pro získání parametrů CELP modelu. Tyto parametry jsou kódovány a přenášeny komunikačním kanálem. V dekodéru jsou tyto parametry použity k obnovení excitačního signálu a koeficientů syntetického filtru. Řečový signál je pak rekonstruován filtrací excitačního vektoru přes syntetický filtr. Kvalita řečového signálu je pak ještě zvýšena post-filtrem. Celkové zpoždění nutné pro výpočet algoritmu je 15 ms, další přídavná zpoždění mohou vzniknout během přenosu v komunikačním kanálu nebo při multiplexování dat. Velkou nevýhodou je zde, stejně jako u G.728 LD-CELP, velký výpočetní výkon potřebný k prohledání celé kódové knihy a nalezení nejlepšího excitačního vektoru.

3.3 Signalizační protokoly

Jestliže máme vyřešenou digitalizaci hlasu, dalším krokem bude přenos takto překódovaného hlasu po IP síti.

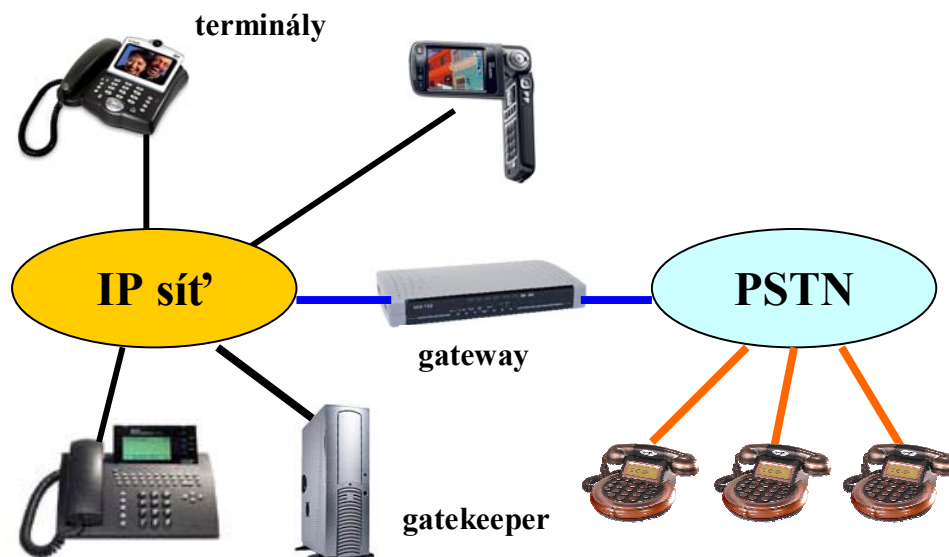
„Jedna z nejdůležitějších věcí, která se musí řešit při nasazování IP telefonie, ať už z operátorského nebo uživatelského pohledu, je správný výběr signalizačního protokolu. Na tomto výběru pak závisí, s kým a za jakých podmínek se bude moci uživatel propojit. Na druhou stranu je třeba říci, že většina systémů VoIP v dnešní době podporuje více signalizačních protokolů, čímž má uživatel větší rozhodovací svobodu.“⁵

Jeden z protokolů je H.323. Plným jménem Visual Telephone System And Equipment For Local Area Network Which Provide a Non Guaranteed Quality of Service pochází od mezinárodní telekomunikační unie a snaží se pokrýt všechny aspekty telefonie, avšak kromě toho pokrývá i přenosy videa či multimedií. Dnes již ustupuje ve prospěch SIP, který je flexibilnější a jednodušší. SIP využívá podobné syntaxe jako HTML jazyk.

⁵ Stanislav Petřík. Protokoly pro IP telefonii [online]. Sdělovací technika 06. 01. 2006 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.stech.cz/articles.asp?id=659&idk=97>>.

3.3.1 H.323

První verze byla navržena v květnu 1996 a definuje základní architekturu včetně terminálu, gateway, gatekeeper a MCU. Jednotlivé pojmy si níže podrobněji popíšeme.



Obrázek 4 – znázornění H.323 architektury

3.3.1.1 Terminál

Terminál je koncové zařízení (telefon či PC), které je schopné navazovat obousměrné spojení. Primárně musí přenášet zvuk a volitelně i video. Terminál může být jak IP telefon, tak i klasický telefon připojený přes terminálový adaptér.

3.3.1.2 Gateway

„VoIP brána je síťové zařízení, tvořící spojovací prvek mezi částí, v níž je telefonní hovor přenášen pomocí VoIP a mezi částí využívající jinou metodu přenosu telefonního hovoru, např. digitální TDM či analogovou telefonii.“⁶ Úkolem brány je tedy zajistit převod mezi různými druhy komunikace, tento převod musí samozřejmě probíhat v reálném čase.

⁶ VoIP brána Wikipedie otevřená encyklopedie, 29. 11. 2006 [cit. 2007-04-01]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/VoIP_brána>.

3.3.1.3 MCU

Jednotka starající se o konferenční hovory umožňuje spojení tří a více účastníků. Jednotlivé hovory jsou přijímány a dále posílány ostatním účastníkům konference.

Jednotka MCU se skládá z modulů MP a MC :

MC (Multipoint Controller) - řídí sestavování konference, tj. zjišťuje vlastnosti terminálů, inicializuje a ukončuje kanály pro audio, video a datové přenosy.

MP (Multipoint Processor) - zpracovává data přenášená v konferenci. MP je modul volitelný. MP mohou být umístěny i samostatně v síti mimo jednotku MCU.

3.3.1.4 Gatekeeper

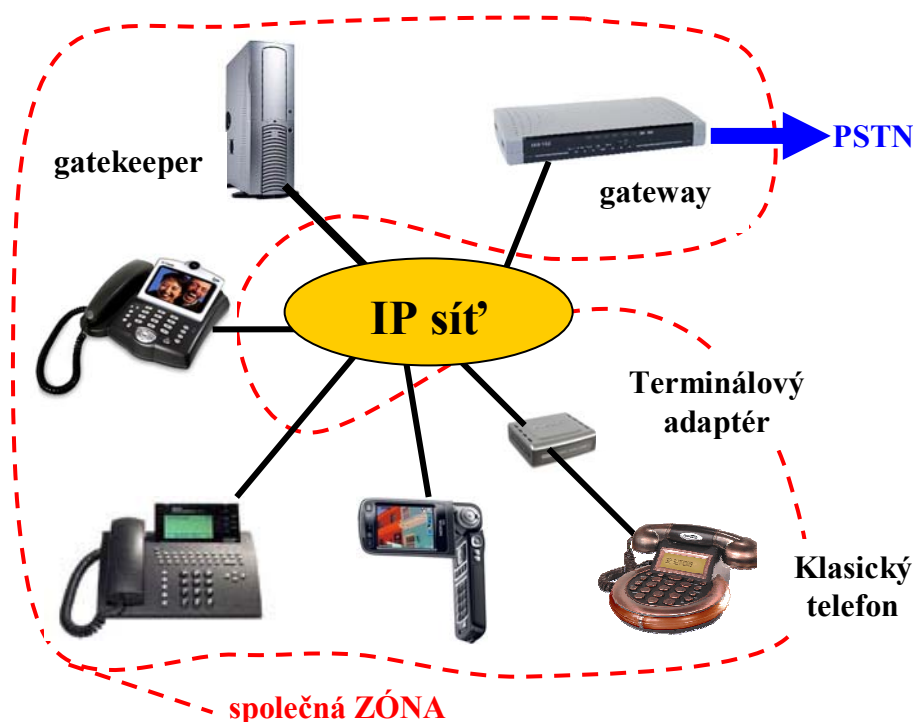
„Gatekeeper by se dal přeložit jako vrátný nebo strážce, někdy se v daném kontextu používá pojem spojovatelka. Tuto komponentu si můžete představit jako mozek sítě. Ačkoli je to volitelná komponenta, má na starosti velice důležité služby jako autorizaci, autentifikaci, překlad telefonních čísel na IP adresy, účtování služeb, směrování hovorů apod. Jedná se vlastně o analogii inteligentní ústředny.“⁷

Pokud bychom ale gatekeeper chtěli přirovnat ke klasické telefonní ústředně, je tady jeden zásadní rozdíl - gatekeeper hovor pouze spojí a ten již přes něj nepřechází. Samotná komunikace probíhá pouze mezi koncovými terminály. Kolem gatekeepera existuje tzv. zóna, pro kterou správce funguje jako centrální řídicí prvek. Všem svým terminálům pak poskytuje služby potřebné k navazování hovorů. „Provádí například překlad mezi síťovými aliasy (neboli symbolickými jmény terminálů) a jejich IP či IPX adresami, podle informací, které získává od terminálů pomocí protokolu RAS (viz výše). Dále zajišťuje i funkce týkající se regulace spotřeby přenosového pásma - pokud například provozovatel sítě stanoví určitý limit na počet souběžně probíhajících konferencí, správce může odmítnout zřízení dalších spojení, jakmile je nastavený limit dosažen. Smyslem samozřejmě je to, aby se omezila celková spotřeba přenosové kapacity sítě a něco zbylo i na ostatní služby, jako je např. elektronická pošta, web apod.

⁷ Martin Balík Architektura VoIP [online] [cit. 2007-04-02]. Dostupný z WWW: <http://dsn.felk.cvut.cz/education.cz/36MPS/referaty_2005/voip_balik.html>.

Významnou, byť nepovinnou schopností správců je směrování telefonních hovorů (v tom smyslu, že hovory mezi jednotlivými terminály pak nejsou přenášeny přímo, ale přes správce). To může být velmi užitečné pro celkovou manipulaci s vedenými hovory, včetně jejich účtování poskytovateli telefonních služeb. Kromě toho je ale možné využít vedení hovorů skrz správce například i k jejich přesměrování podle momentální dostupnosti přenosových cest, podle jejich vytíženosti apod.⁸

Existence správců v sítích komunikujících na H.323 je nepovinná. Terminály mohou komunikovat i přímo mezi sebou, pokud je ale správce přítomen, jsou povinné komunikovat přes něj.

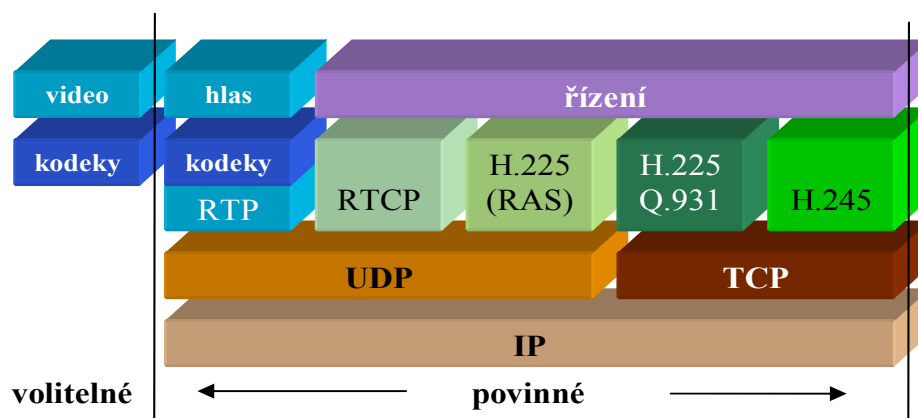


Obrázek 5 – Znázornění propojení jednotlivých zařízení do zóny

⁸ Jiří Peterka, Architektura H.323 verze1, [online]. Softwarové noviny č. 10/99 r. 1999 [cit. 2007-04-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a912s200/a912s237.php3>>.

3.3.2 Soubor standardů v H.323

Celá architektura H.323 zastřešuje protokoly a standardy, které řeší dílčí funkce, například H.261 a H.263 pro fungování video kodeků, G.711, G.722, G.728, G.729 a G.723 pro fungování audio kodeků, a T.120 jako multimediální protokol pro přenos dat atd.



Obrázek 6 - Jednotlivé protokoly H.323

Dříve než si popíšeme jednotlivé části, nastíním něco o protokolech TCP a UDP, jež se používají v IP síti. „Protokol TCP má spojovaný (connection-oriented) charakter, který pracuje s virtuálními okruhy (virtual circuits), a před vlastním přenosem předpokládá navázání spojení mezi odesílatelem a příjemcem. Naproti tomu protokol UDP má nespojovaný (connectionless) charakter a každý jednotlivý blok dat, označovaný v tomto případě jako uživatelský datagram (user datagram) přenáší samostatně a nezávisle na ostatních datagramech.“⁹ Dalo by se tedy říci, že protokol TCP je spolehlivější než UDP, který se nestará o doručení vyslaných dat.

3.3.2.1 Signalizace a řízení hovoru

Signalizaci máme na mysli telekomunikační záležitosti hovoru, zřizování, vedení a ukončování spojení. Zahrnuje např. překlad adres, zjištění, zda je k dispozici dostatečná přenosová kapacita, vyhledání cesty k volajícímu, identifikace volajícího vůči volanému a naopak. V architektuře H.323 se stará o signalizaci hovoru protokol

⁹ Jiří Peterka, Transportní protokoly TCP/IP - I., Co je čím ... v počítačových sítích, [online], č. 54/1992, [cit. 2007-04-02], Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a92/a250c110.php3>>.

H.225. Tento protokol je z velké části podobný protokolu z ISDN. Obsahuje protokol Q.931 (Setup, Connect, Alerting, Release apod.), sloužící pro navazování spojení, zvonění, tóny (Digital Subscriber Signaling). Dále obsahuje protokol RAS (Registration/ Administration/ Status), který zajišťuje komunikaci s gatekeeperem.

Typy zpráv H.225/Q.931	
SETUP	- inicializace spojení
CALL PROCEEDING	- sestavování spojení
ALERTING	- vyzvánění
CONNECT	- přihlášení
RELEASE	- ukončení spojení
Facility, Information, Progress, Status - další typy zpráv	

Tabulka 3 - Typy zpráv H.225

Řízením hovoru rozumíme především datové záležitosti. Týká se využití spojení pro potřeby přenosu hlasu či obrazu. Definiuje např.: které kodeky budou používány, jaké budou schopnosti zařízení, jaké se budou používat porty pro media streamy a další parametry přenosu. O řízení se stará protokol H.245 (Control Protocol for Multimedia Communication).

3.3.2.2 RTP (Real-time Transport Protocol)

V jedné z předchozích kapitol jsme si popsali mechanismy sloužící k digitalizaci řeči, v této kapitole si povíme, jak se z dat vyrobí balíčky (pakety) a ty se odešlou po IP síti, RTP je protokol, který se o tuto činnost stará. „RTP definuje standardní balíčkový (paketový) formát pro doručování zvukových a obrazových (video) dat po internetu. Byl vyvinut korporací Audio-Video Transport Working Group IETF a poprvé publikován v roce 1996 jako standard RFC 1889.“¹⁰

RTP tedy balí jednotlivá multimediální data do vlastních paketů a ty vkládá do paketů UDP. Do paketů přidává informaci o multimediálním obsahu. Např.:

- payload type 0: PCM, 64 kbps
- payload type 3: GSM, 13 kbps

¹⁰ RTP, Wikipedie otevřená encyklopedie, 20. 03. 2007 [cit. 2007-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/RTP>>.

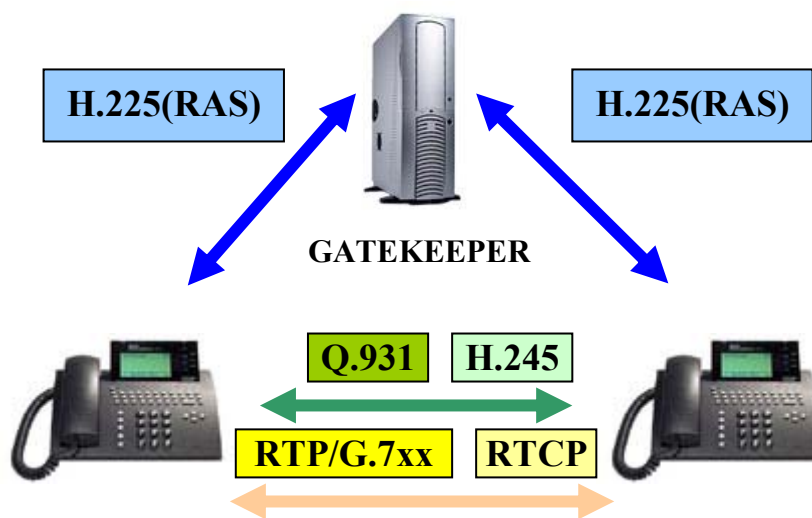
- payload type 26: Motion JPEG
- payload type 33: MPEG2 video

Dále pakety čísluje, čímž se usnadňuje detekce ztraceného paketu. Připojuje i časovou známku (timestamp), která informuje o čase vzniku, díky tomu se usnadňuje bufferování na straně klienta. A připojuje informaci i o konkrétním proudu (streamu), v jednom RTP přenosu totiž může být přenášeno více samostatných proudů (streamů).

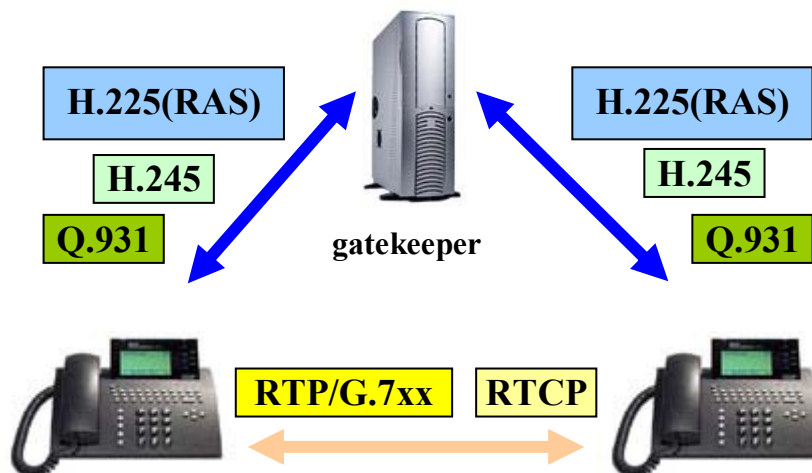
3.3.2.3 RTCP (Real-time Control Protocol)

RTCP úzce spolupracuje s RTP, používá se k zaslání kontrolních paketů účastníkům hovoru. Hlavní funkcí je poskytovat zpětnou vazbu o kvalitě služby RTP. Podává informace o procentu ztracených paketů o jejich zpoždění a podobně.

3.3.2.4 Představa spojení hovoru



Obrázek 7 – Standardní spojení



Obrázek 8 - Volitelné spojení

3.3.3 Historie H.323

První verze H.323 byla spíše zaměřena na potřeby videokonferencí v počítačové síti. Postupem času byla vyšší poptávka po telefonii a tím se H.323 začalo vyvíjet a přicházely další verze obohacené o další funkce.

3.3.3.1 H.323 v2

Druhá verze přišla v lednu 1998 a zde již byla větší podpora telefonie, hlavními zlepšeními jsou rychlejší navazování spojení, podpora zabezpečení, integrace datových služeb, identifikace volajícího a přesměrování hovorů.

Výpis hlavních rozšířených vlastností verze 2	
Fast Connect	slouží k rychlejšímu navazování spojení
Call Transfer	Transformace hovoru na jiný koncový bod
Call Diversion	služby pro směrování hovoru
Call Identifier	úprava identifikace hovoru
Overlapped Sending	volající strana může předat při přihlašování správci pouze částečnou informaci o volaném

Conference List	MCU jednotka může poslat volající straně seznam probíhajících konferencí
Empty Capability Set	set prázdných vlastností slouží ke správnému přeroutování spojení od klienta, který nedisponuje doplňkovými službami
Dynamic Replacement of Channels	dynamická změna kodeku při spojení a eliminace výpadků při změně
Alternate Gatekeeper	správce může uvádět adresu náhradního gatekeepera, pro případ výpadku
Alternate Endpoint	koncový bod může uvádět náhradní bod
Time To Live A Keep Alive	parametry určující dobu života registrace u správce
Resource Availability	informace o dostupnosti zdrojů může rozhodovat o správném směrování hovoru na příslušnou bránu
QoS (Quality of Service)	přidány funkce pro řízení toku dat
Tunelování paketů	zabalení paketů do jiného protokolu
Nové typy aliasů	identifikace volané strany může probíhat ve formě emailu, URL, Transport ID...
Vylepšení protokolu T.120 pro videopřenosy	

Tabulka 4 - hlavní rozšíření verze 2

3.3.3.2 H.323 v3

Další, v pořadí třetí verze ze září 1999 přinesla hlavně rozšíření doplňkových služeb jako je parkování hovoru, čekající volání a zprávy.

Výpis hlavních rozšířených vlastností verze 3	
Maintaining and Reusing Connections	Udržování a opětovné použití spojení, může se použít otevřené spojení pro více hovorů
Conference Out of Consultation	Funkce spojovatele
Caller ID	Identifikace volajícího, lze i vypnout
Language Preference	Předávání hovoru na základě jazyka nastaveného v H.323, využití u Hotline služeb a v Call centrech
Remote Device Control	Umožnění dálkového ovládání zařízení přes protokol H.282
Generic Capabilities	Možnost přidání nových kodeků a vlastností bez úpravy původního H.245
Annex E/H.323	Doplněk definující navazování spojení v zatížených sítích, kde TCP zabírá příliš prostředků a je vhodnější použít nespojovaný UDP protokol
Annex F/H.323	Definována odlehčená H.323 verze, která se může hodit k implementaci do určitých zařízení
H.341	Definuje prostředky, s nimiž je možné protokol H.323 spravovat pomocí SNMP, což je protokol pro správu síťových zařízení

Tabulka 5 - hlavní rozšíření verze 3

3.3.3.3 H.323 v4

Verze 4 z listopadu 2000 zajišťuje větší spolehlivost, snazší rozšiřitelnost a větší ohled na velké sítě, což naznačuje dobrý vývoj v oblasti páteřních sítí telekomunikačních operátorů.

Výpis hlavních rozšířených vlastností verze 4	
Gateway Decomposition	Nutnost budování stupňovatelných řešení v oblasti gateway
Multiplexed Stream Transmission	Díky problému synchronizace videa a Audia v RTP přenosu, přináší tato funkce multiplexovat obě složky do jednoho proudu dat
Annex L/H.323	Přídavek protokolu H.323 pro stimulaci vývojářů, kteří mohou svá řešení nahrávat na tzv. feature server a nemusí čekat na schválení komisí
Additive Registrations	Řešení velkého počtu registrací u gatekeepera
Alternate Gatekeeper	Malé rozšíření náhradního správce a vysvětlení jeho funkce
Usage Information Reporting	Pro přesnější účtování může správce požadovat po koncovém bodu průběžné zasílání účtovacích informací
Endpoint Capacity	Přesnější informace o volné kapacitě brány, či jiného zařízení potřebného pro uskutečnění hovoru
Tones and Announcements	Detailní popsání procesy pro oznámení o nedostupnosti volaného
Bandwidth Management	Efektivnější řízení využívaného pásma pro hovor
H.323 URL	Možnost volání ve tvaru <h323:alias uživatele>@<adresa správce>
Call Credit-related Capabilities	Funkce pro volání s předplaceným kreditem

Tabulka 6 - hlavní rozšíření verze 4

3.3.3.4 H.323 v5

Ve verzi 5 z roku 2003 je lepší návaznost na protokoly TCP/IP. Zaměřuje se na zachování stability a zahrnuje pouze drobné změny a zlepšení.

3.3.3.5 H.323 v6

Verze 6 byla oficiálně přijata v červnu 2006, opět přinesla jen malé změny, například drobné zlepšení ohledně náhradního správce. Důvodem malých změn v posledních verzích H.323 je to, že více zlepšení je prováděno pomocí GEF (Generic Extensibility Framework), což umožňuje přidávat nové vlastnosti bez změny původního protokolu. Dokumenty H.460.x popisují takto přidané vlastnosti.

3.3.3.6 Bezpečnostní aspekty

Zabezpečení architektury H.323 lze vidět ve třech rovinách. Při použití IPsec se obecně zabezpečí komunikace protokolu IP a to je vhodný způsob v otevřených neznámých sítích.

„IPsec je bezpečnostní rozšíření IP protokolu. Toto rozšíření je nezávislé na dalších (vyšších) protokolech TCP/UDP. Je definován v několika desítkách RFC, ale základní jsou 2401 a 2411. Vytváří logické kanály - security agreements (SA), které jsou vždy jednosměrné, pro duplex se používají dva SA.

Bezpečnostní rozšíření vypadá následovně:

Ověřování - při přijetí paketu může dojít k ověření, zda vyslaný paket odpovídá odesílateli, či zda vůbec existuje.

Šifrování - obě strany se předem dohodnou na formě šifrování paketu. Poté dojde k zašifrování celého paketu krom IP hlavičky.

Základní protokoly:

Authentication Header (AH) - zajišťuje autentizaci odesílatele a příjemce, integritu dat v hlavičce, ale vlastní data nejsou šifrována.

Encapsulation payload security (ESP) - přidává šifrování paketů¹¹

¹¹ IPsec, Wikipedie otevřená encyklopedie, 30. 3. 2007 [cit. 2007-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/IPsec>>.

Další způsob je zabezpečení přenášeného obsahu pomocí H.235 (jak RTP, tak i autentizaci) a třetí je SRTP (Secure Real Time Protocol), který umožňuje šifrovaný přenos obsahu hovoru.

Pro autentizaci je důležitý standard H.235. Autentizace je založená na předání hesla v poli CryptoToken ve zprávách RAS, může se ovšem předávat i v H225.0 Q931. Šifrování obsahu RTP se řeší předáním klíčů přes H.245, což je popsáno v doporučení H.235. Pro kryptování hesla se používá hash funkce HMAC-SHA1 nebo MD5.

3.3.4 SIP

SIP (Session Initiation Protocol) je dalším signalizačním protokolem pro technologii VoIP, vznikl jako reakce na výše popsany protokol H.323, který je oproti SIP dosti propracovaný a tím i složitý. SIP již od svého počátku vychází z jednoduchosti a ověřených principů. SIP je stejně jako protokol HTTP textově orientovaný a svými zprávami připomíná emailový protokol SMTP.

Za vznik SIP vděčíme orgaizaci IETF (Internet Engineering Task Force), která se stará o doporučení ohledně Internetových protokolů. Protokol je popsán v RFC2543 a dokumenty týkající se tohoto protokolu jsou na rozdíl od H.323 volně šiřitelné. Mezi výhody SIP patří především snazší implementace, díky své jednoduchosti a větší prostupnosti přes jednotlivé prvky v síti, jako je třeba překlad adres NAT.

SIP protokol slouží pouze k navázání spojení a samotný přenos multimediálních dat probíhá již jiným protokolem. Proto je uvnitř SIP zprávy zapouzdřena zpráva protokolu SDP, který specifikuje použitá kódování pro multimediální data, jejich parametry a čísla portů, na kterých se data vysílají či přijímají. Protokol SDP (Session Description Protocol) je též textový.

Ukázka zprávy protokolu SIP se zapouzdřenou zprávou protokolu SDP

```
INVITE sip:ty@tam.cz SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 195.113.147.120:1912
Date: Tue, 17 Apr 2001 10:56:34 GMT
From: <sip:ja@tady.cz>
To: <sip:ty@tam.cz>
Subject: Hovor 1
Priority: normal
Expires: 3600
CSeq: 1691095645 INVITE
Call-ID: 884664559@195.113.147.210
Contact: <sip:ja@195.113.147.120:5060>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 143
v=0
o=ja 987504994 987504994 IN IP4 195.113.147.120
s=Hovor 1
c=IN IP4 195.113.147.120
t=3196493794 3196493794
m=audio 10000 RTP/AVP 0
```

3.3.4.1 Architektura SIP

Protokol využívá klasického vztahu klient - server, ale bez problémů může fungovat i klient - klient. Architekturu SIP lze tedy rozdělit na dvě základní části:

- User Agent
- Server

„Klient neboli User Agent je klíčovou součástí sítě, která je zároveň koncovým zařízením. Může se jednat jak o software, tak i o hardwarový telefon připojitelný obvykle k Ethernetu. User Agent implementuje SIP, stará se o sestavení samotného spojení a vyřízení hovoru. Spojení probíhá přímo mezi dvěma User Agency.

Server v SIP síti zastává jen roli jakési ústředny a k samotnému spojení není potřeba. Pokud jej ale použijeme, přinese nám mnoho výhod, jako je širší základna uživatelů, možnost peeringu (přepojování spojení) mezi jednotlivými SIP servery a podobně. Navíc nebudete potřebovat veřejnou IP, což je pro mnoho uživatelů podstatné.“¹²

Proxy server

Pokud volající nezná IP adresu serveru, u kterého se nachází volaný, pošle žádost proxy serveru, který pomocí lokalizační služby vyhledá volaného a spojí s ním hovor.

Redirect server

Pracuje podobně jako proxy server s tím rozdílem, že volaného pouze najde, tážajícím odešle nalezenou IP adresu a spojení musí navázat sám volající.

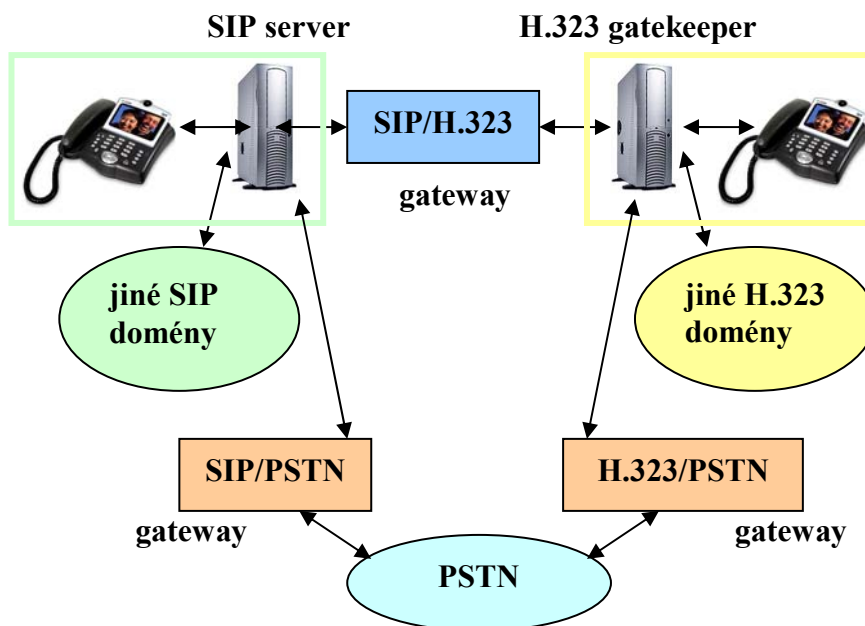
Registrar server

Registrar server přijímá registrace od jednotlivých telefonů (User Agent). A údaje poskytuje lokalizační službě, většinou tyto dvě součásti bývají implementovány v jedné aplikaci.

Všechny typy serverů většinou bývají implementovány do jednoho serveru, který přijímá registrace od UA a zároveň je buď proxy nebo redirect server.

¹² KRČMÁŘ, Petr. Telefonujeme se SIP. Root.cz [online]. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/telefonujeme-se-sip/>>.

Samozřejmostí je přítomnost bran, které zajistí komunikaci s jinými komunikačními protokoly (H.323, PSTN, GSM).



Obrázek 9 - Příklad možné VoIP architektury se zapojením různých bran

3.3.4.2 SIP žádosti

SIP využívá k signalizaci textových zpráv. V nichž jsou obsaženy žádosti, někdy se jim říká metody. Mezi hlavní žádosti patří:

- REGISTER** - registrace účastníka na SIP Proxy serveru
- INVITE** - zahájení komunikace o plánované nové relaci
- ACK** - potvrzení zahájení relace
- CANCEL** - přerušení zahajování relace ještě před jejím navázáním
- BYE** - ukončení relace

Jak již bylo zmíněno, vychází z protokolu HTTP a z něj si tak bere stovkové označení pro své chybové hlášení, např. 200 - OK, 100 - Trying, 180 - Ringing, atd. Chyby se dělí do následujících skupin:

- 1xx - průběh - krok probíhá bez problémů, ale ještě není ukončen
- 2xx - úspěch - krok byl ukončen bez problémů

- 3xx - přesměrování - krok probíhá, ale ještě se v souvislosti s ním něco očekává
- 4xx - chyba klienta - požadavek je chybný a nemůže být serverem zpracován
- 5xx - chyba serveru - požadavek je zřejmě v pořádku, ale chyba je na straně serveru
- 6xx - fatální chyba - zcela fatální chyba, kterou nelze jakkoliv zpracovat

Tedy například známá chyba z internetového prohlížeče 404 – „page not found“ je zde použita se stejným kódem, pokud je volaný nenalezen.

Žádost začíná řádkou se jménem metody, Request-URI a verzí protokolu SIP. Dále jsou uváděny hlavičky a poté následuje tělo zprávy.

Hlavičky mají totožný tvar jako v protokolech HTTP nebo SMTP, tedy jméno hlavičky, dvojtečka a hodnota. Hlaviček je celkem asi 40.

Význam nejdůležitějších hlaviček je:

Authorization - Informace pro autentizaci klienta vůči serveru

Call-ID - Identifikace hovoru nebo registrace, kterou pro každý hovor resp. registraci vygeneruje klient.

Contact - SIP adresa, na které může být uživatel posílající tuto hlavičku příště dosažitelný, používá se například v odpovědi redirect serveru.

CSeq - Pořadové číslo žádosti v rámci jednoho hovoru. Při opakování žádosti je číslo stejné.

From - Odesílatel žádosti, tedy volající uživatel nebo uživatel provádějící registraci.

Require - Odesílatel uvede funkce, které musí příjemce implementovat. Pokud některou z funkcí příjemce neimplementuje, vrátí zpět chybový kód a seznam funkcí, které implementuje. Funkce jsou registrovány organizací IANA.

To - Volaný uživatel nebo adresa.

Via - Každý proxy server vloží svoji adresu na začátek této hlavičky. Umožňuje detekovat smyčky.

3.3.4.3 Identifikace uživatelů

Základní adresa v SIP má podobu emailové adresy „ucastnik@server.cz“. Lze ji zapsat i jako URL ve formátu sip:ucastnik@server.cz. Zde je opět vidět, že SIP přebírá již ověřené způsoby. Takto tedy použije adresu volající, pokud chce uskutečnit hovor. Adresa však může obsahovat i další volitelné údaje. Úplný tvar adresy:

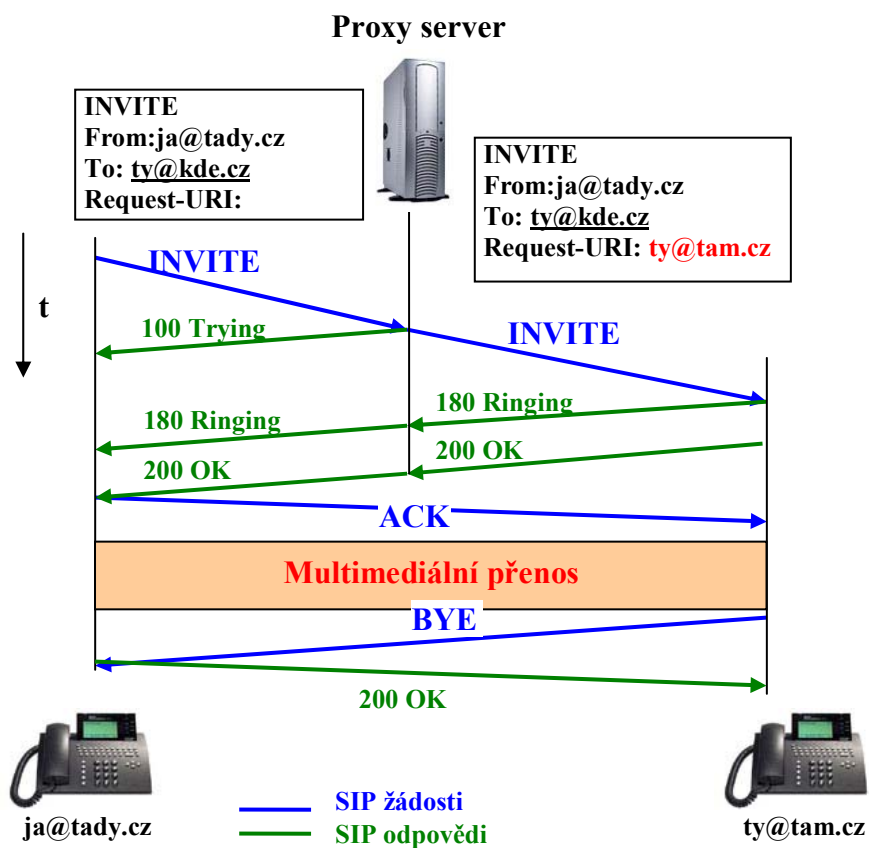
sip: [username [:heslo] @] hostname [:port] [;parametr;parametr ...][/hlavička&hlavička ...]

V hranatých závorkách jsou uvedeny nepovinné údaje, jako třeba jméno uživatele, heslo zařízení, nebo pokud voláme přes bránu do PSTN, tak klasické telefonní číslo. Dále může být jako parametr uveden typ spojení TCP nebo UDP. Takto uvedené parametry se stávají součástí samotné signalizační zprávy.

3.3.4.4 Signalizace v SIP

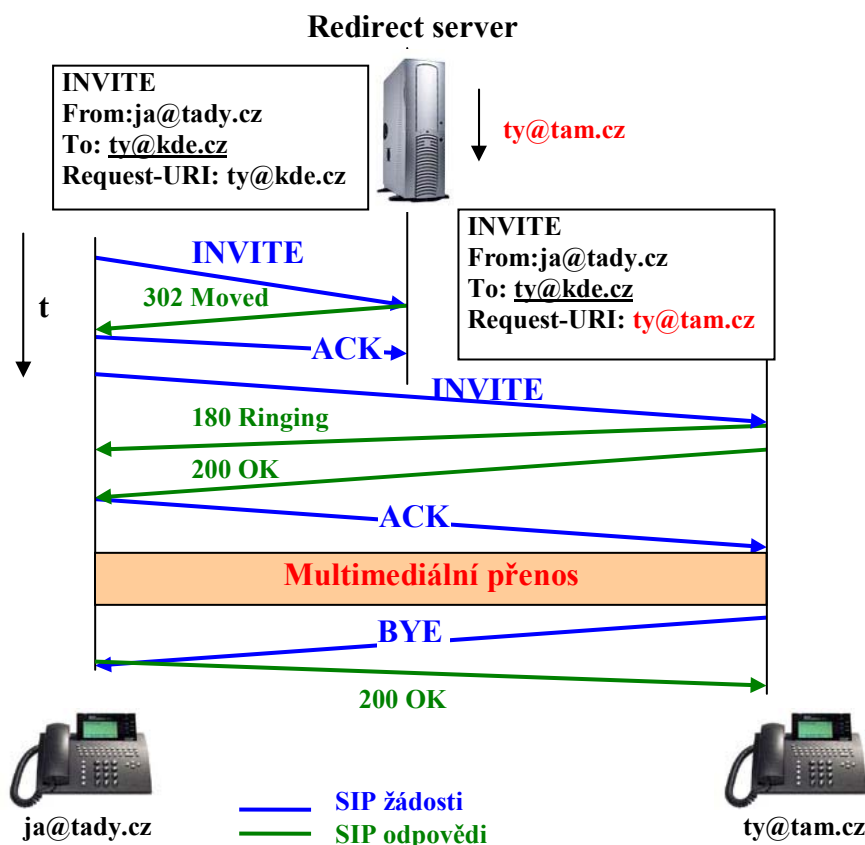
Samotné spojení může probíhat několika způsoby, na jednoduchých diagramech si je ukážeme a popíšeme.

První případ ukazuje spojení přes proxy server, kdy volající odešle požadavek směrem k proxy serveru, který vyhledá pomocí lokalizační služby adresu volaného a spojí hovor. V signalizačních zprávách jsou nejdůležitější tři adresy: adresa volajícího uživatele v hlavičce From, adresa volaného uživatele v hlavičce To a adresa uživatele, kterému je právě posílána daná zpráva, která se uvádí v tzv. Request-URI, ta je nejprve shodná s adresou To. Je-li však zpráva přenášena přes proxy server, může být adresa v Request-URI přepsána proxy serverem na adresu následujícího serveru. Hlavička To zůstává stále stejná i při průchodu zprávy přes proxy servery.



Obrázek 10 - Spojení přes Proxy server

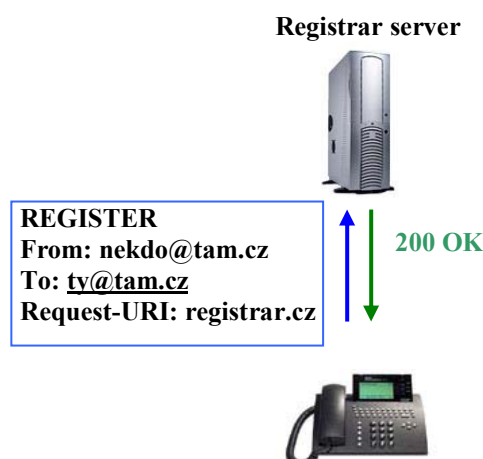
Dalším případem je spojení přes redirect server. Volající zašle žádost INVITE směrem k redirect serveru, ten pomocí lokalizační služby najde adresu volaného a tu odešle zpět volajícímu, který již sám uskuteční hovor.



Obrázek 11 - Spojení přes Redirect server

3.3.4.5 Registrace SIP uživatele

Pokud má být klient správně nalezen lokalizační službou, je třeba, aby se registroval u registrar serveru. Při registraci je poslána žádost register. Adresa, která má být registrována, je uvedena v hlavičce `To`. Adresa uživatele, který posílá žádost o registraci, je uvedena v hlavičce `From`. Uživatel si registraci provádí sám, nebo to může provádět i jiný uživatel. V hlavičce `Expires` je uvedena doba, po kterou má být adresa uživatele registrována. Pokud není doba zvolena, server zvolí standardní dobu 1 hodina. Zrušení registrace může klient provést zprávou s hodnotou `Expires = 0`.

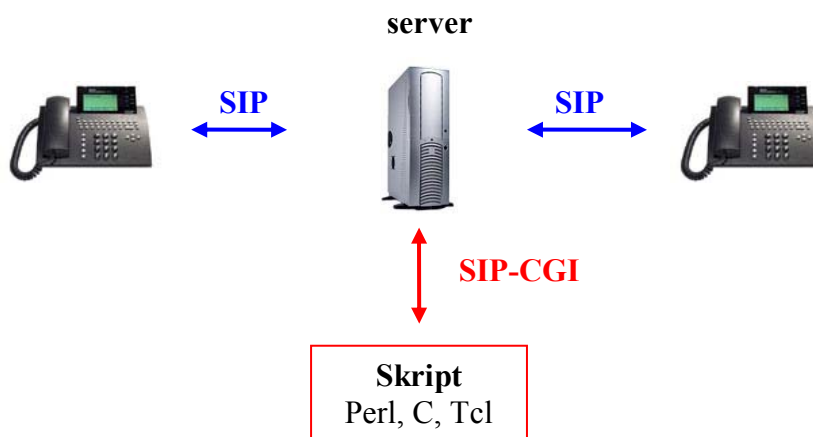


Obrázek 12 - Registrace

Tento proces umožňuje pohodlnou přenositelnost. Během dne mohou být registrováni v zaměstnání, doma či v jiných lokalitách stále pod jedním URI.

3.3.4.6 SIP CGI

SIP CGI (Common Gateway Interface) je rozhraní, které bylo navrženo k přidávání různých funkcí řízení hovoru. Například přesměrování, blokování hovorů a podobně. Jde o jakýsi skriptovací mechanismus podobný HTTP CGI. Skripty jsou psány v např. Perl, C či Tcl. Spouštění skriptů je prováděno na proxy, redirect nebo registrar serveru. Skript se může spouštět u všech příchozích zpráv, nebo reagovat pouze na zvolené hlavičky.



Obrázek 13 - Skriptování pomocí SIP-CGI

3.3.4.7 Bezpečnostní aspekty

Autentizace

SIP díky svým převzatým mechanismům používá v současné době schéma HTTP Digest. Rozlišujeme dva druhy autentizace. Mezi uživateli (User-to-User) a mezi uživatelem a proxy serverem (Proxy-to-User). První případ se týká procesu registrace klienta. Pokud nejsou autorizační údaje vyplněny, cílový klient posílá odpověď 401 Unauthorized a WWW-Authenticate hlavička obsahuje výzvu. Klient doplní do požadavku hlavičku WWW-Authorization s patřičnými údaji. V případě, že proxy server potřebuje před zpracováním požadavku uživatele ověřit, žádá o to v odpovědi 407 Proxy Authentication Required a v hlavičce Proxy-Authenticate je obsažena výzva. Klient doplní do požadavku hlavičku Proxy-Authorization s patřičnými údaji. Běžně se používá hashování funkce MD5. Při těchto technikách se používá samozřejmě hashovacích funkcí, běžně MD5.

Šifrování obsahu

Samotná autentizace však zprávu samotnou nijak nechrání. Obsahem těla může být kromě obvyklého SDP pro požadavky také elektronický podpis hlaviček. Příjemce je pak schopen ověřit, zda nedošlo po cestě ke změně zprávy. Některé hlavičky (například Request URI, Route, Via, Max-Forwards) mění během cesty svůj obsah, je proto účelné podepisovat pouze neměnné části jako hlavičky To, From, CSeq, Call-ID, Contact a případně další hlavičky mající význam pouze pro koncové body.

Další možností je S/MIME šifrování. Například vložené SDP můžeme zašifrovat, aby případný posluchač nebyl schopen okamžitě určit zdroje, cíle a kodeky použité při transportu médií.

3.3.4.8 NAT a firewall

Díky problému ohledně dostupnosti veřejných IP adres je běžné použití privátního adresového prostoru a překladu adres NAT. Překlad je zpravidla realizován síťovým zařízením běžně označovan jako router, společně s firewallem, či s dalšími mechanismy jako je řízení datového toku apod.

Způsob, jak zaručit přechod SIP přes překlad adres, je nasazení aplikační brány (ALG – Application Layer Gateway), která realizuje proxy službu pro SIP a RTP. Umístíme do DMZ (Demilitarizovaná zóna) a na fire-wallu pro ni povolíme doručování SIP a RTP paketů. Použití tzv. RTP proxy, znamená však další zpoždění, které v určitých případech může být neúnosné.

Jinou možností je zřízení inspekce SIP paketů přímo na firewallu (např. SIP fixup na Cisco PIX firewallu). SIP paketům, které firewallem procházejí, jsou podle aktuální konfigurace NATu měněny údaje uvnitř hlaviček (především SDP) a následně je pak povolena (a správně NATována) RTP komunikace.

Další možnost, jak přejít přes NAT, je, že někteří SIP klienti mají ve své konfiguraci možnost zadat externí veřejnou IP adresu, kterou použijí uvnitř hlaviček SIP. Signalizace tak odchází od klienta v privátní části sítě s hlavičkami obsahujícími veřejnou adresu.

3.3.5 H.232 vs. SIP

V minulosti měl protokol H.323 dominantní postavení ve světě VoIP. V současné době je tomu ale jinak. Díky technologickým náskokům, lepší flexibilitě a jednoduchosti se masivně rozšířilo použití SIP protokolu. Většina telekomunikačních poskytovatelů provozuje IP telefonii na bázi SIP.

3.3.6 MGCP

S rozvojem IP telefonie vznikaly potřeby na řízení velkého počtu hovoru a bran. Reakcí na tyto požadavky byl MGCP Media Gateway Control Protocol. Umožňuje řízení telefonních bran z externího objektu, kterým může být MGC (Media Gateway Controller) nebo CA (Call Agent). Řízení je tedy realizováno nějakým centrálním prvkem s vyšší inteligencí. Řízení jednotlivých hovorů je ponecháno samostatným signalizačním VoIP protokolům. MGCP dokáže komunikovat s H.323 i SIP.

3.3.7 IAX

IAX (Inter-Asterisk eXchange) je komunikační protokol navržený pro komunikaci mezi open-source ústřednami Asterisk firmy Digium. V současné době se však také prosazuje v oblasti spojení mezi servery a klienty (tedy začíná konkurovat oblíbeným SIP a H.323). Důvodem jsou některé jeho dobré vlastnosti.

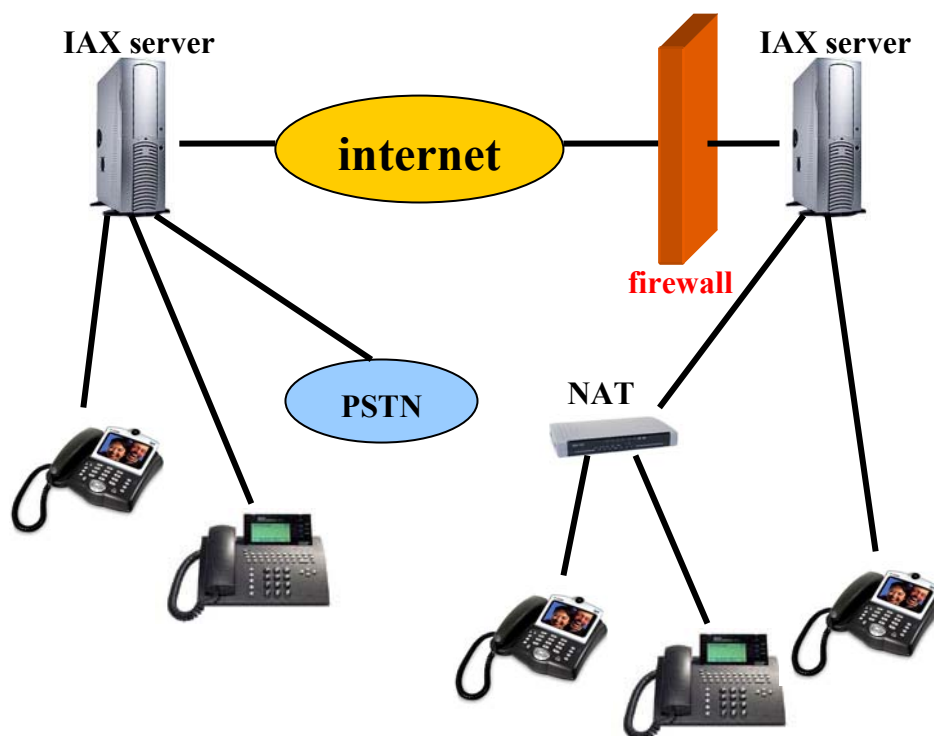
Při vzniku byl kladen důraz na minimalizaci šířky pásma pro signalizaci a vlastní přenášení hlasu. Dalším důležitým cílem bylo poskytnout podporu pro NAT průchodnost. Protokol je vytvářen s ohledem na pozdější rozšiřitelnost a vylepšení.

„V současné době je aktuální protokol IAX verze 2 (publikováno leden 2005). Vlastní dokument je typu Internet-Draft, tedy pracovním dokumentem IETF (Internet Engineering Task Force) skupiny[1]. Což však značí, že dokument již není platný (platnost IETF dokumentů je půl roku), projektu by velice prospělo, kdyby byl standardizován např. RFC nebo IEEE norma. Duchovním otcem komunikačního protokolu IAX i open-source ústředny Asterisk je Mark Spencer.“¹³

IAX používá namísto RTP protokolu, klasický UDP (obvykle používá port 4569), a to jak pro data, tak i pro signalizaci. Veškeré média streamy multiplexuje do jediného datového toku. Díky tomu snáze překoná firewall a NAT. Uvádí se, že dokáže ztrojnásobit počet volání přes 1 megabit.

¹³ David Kovář IAX protokol [online] [cit. 2007-04-16]. Dostupný z WWW: <http://dsn.felk.cvut.cz/education.cz/36MPS/referaty_2005/IAX_kovar.html>.

IAX je protokol typu peer-to-peer, koncové body udržují stavy asociované s protokolovými operacemi. Lze použít jako transportní protokol pro všechny typy přenášených dat. U hlasového přenosu nerozeznává používané kodeky. IAX byl vytvořen na základě zkušeností s mnoha dnešními řídicími a přenosovými standardy včetně SIP, MGCP a RTP.



Obrázek 14 -Možná struktura IAX sítě

3.4 QoS (Quality of Services)

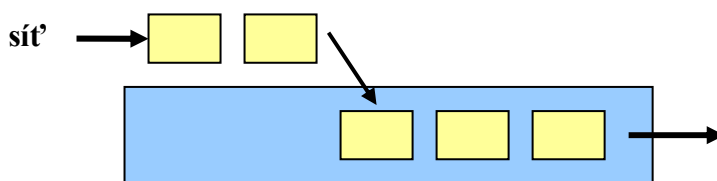
Problémem se kterým se IP telefonie potýká je QoS, neboli kvalita služeb. Díky charakteru IP sítě, dochází v jedné síti k současné komunikaci několika kanálů. Hlasová komunikace náchylná na zpoždění a pravidelnost doručování paketů, pak může být ohrožena ostatními komunikačními kanály.

Tři nejdůležitější parametry, určující kvalitu hovoru v paketové síti jsou:

- jitter (změny ve zpožděních)
- latence (zpoždění)
- ztráta paketů.

3.4.1 Jitter

Jitter je variace v čase příchodu paketu porovnaném s očekávaným časem příchodu, jak ho změřil přijímač. Aby výrobci vyřešili nepravidelnosti v příchodu paketů, používají jitter buffers.



Obrázek 15 - Schéma fungování jitter bufferu

První paket je umístěn do středu bufferu. Jak jsou pakety přijímány, jsou umístěny za předcházející paket relativně k tomu, jak budou přehrávány. Velikost bufferu se měří časem, který potřebuje paket k tomu, aby se ze středu posunul až k přehrávání, a je obvykle nastaven v softwaru. Čím delší je buffer, tím více odchylek zvládne. Čím je buffer kratší, tím spíše se zaplní.

Pokud se buffer přeplní předčasným příchodem paketů, budou další pakety zahozeny. Podobně, pokud se pakety zpozdí a buffer se vyprázdní, bude muset přijímač simulovat nějaký zvuk nebo počítat s úsekem ticha.

Další komplikací je, že buffer přináší zpoždění odpovídající času, který potřebuje paket pro cestu z centra bufferu až k přehrávání. Je tedy důležité vědět, jaký jitter způsobuje vaše síť, abyste mohli správně nastavit buffer.

Měření jitteru provádí přijímající telefon nebo software, který je používán pro monitorování připojení, který čte údaje z RTP paketů. Každý RTP paket totiž obsahuje hlavičku, ve které je umístěna časová známka. Na základě této známky a vnitřních hodin přijímače mohou být spočítány odchylky. Každý přijímač zvuku pak reportuje spočítanou hodnotu jitter v paketu v RTCP (real time control protocol).

3.4.2 Latence (zpoždění)

Latence představuje další důležitou metriku, která má značný vliv na kvalitu VoIP. Jitter buffery zvětší zpoždění hovoru, ale to není jediný typ zpoždění, který musíme vzít v úvahu.

Měřit vysílací zpoždění v síti může být těžké. Je tomu tak proto, že výpočet rozdílu času, ve kterém byl paket vyslán, a času, kdy byl přijat, musí být založen na "společných stopkách" a měření provedených na obou koncích hovoru. Pokud jsou vysílatel a příjemce daleko od sebe, může být implementace měřících zařízení a připojování k takovým stopkám složitá.

Druh zpoždění	Popis zpoždění
Zpoždění Jitter Bufferu	Způsobené jitter bufferem tím, že zadržuje pakety předtím, než je pošle na výstup. Čím větší je buffer, tím delší zpoždění.
Zpoždění kodeku	Způsobené samotným kodekem a je výsledkem toho, že když je hlas samplován, je na krátkou dobu pozdržen. Je tomu tak proto, aby informace v aktuálním samplu mohly být použity pro úpravu a kompresi informací v následujícím samplu.

Zpoždění store and forward	Způsobené fungování zařízení, která posílají pakety dál - routery, přepínače a firewally. Celý paket musí být před odesláním uložen.
Zpoždění propagace	Čas, který zabere bitům samotný přenos mediem (drát, optika, bezdrát)
Zpoždění serializace	Zpoždění serializace je neměnné zpoždění potřebné pro načasování (clock) hlasového nebo datového rámce do síťového rozhraní. Je přímo úměrný frekvenci (clock rate) na trunku.
Zpoždění paketování	Čas, který potřebuje koncový bod na umístění části hlasu do paketu.
Zpoždění přenosu	Součet store and forward, serializačního a propagačního zpoždění.

Tabulka 7 - druhy zpoždění

3.4.3 Ztráta paketů

Ztráta paketů představuje rychlost, jakou jsou zahazovány pakety zařízeními v síti nebo přijímačem. Zahození paketů může v paketových sítích způsobit řada věcí. Častou příčinou zahození rámců je zahlcení sítě. Pokud čelí routery příliš velkému provozu, je pravděpodobné, že zahltní své vstupní buffery. Pokud k tomu dojde, jsou další příchozí pakety zahazovány. Routery mohou také pakety zahazovat v souladu se schématem kvality služby (Quality of Service), který implementují. Mohou to dělat proto, aby pustily jako první pakety, které jsou označeny za prioritní.

Ztráta paketů díky číslování v RTP je přijímacím telefonem detekována a ten musí překlenout chvíli ticha během času, kdy měl být zahozený paket přehrán.

3.4.4 Přijatelné síťové parametry pro VoIP

Výrobcům trvalo řadu let, než se dohodli na společné sadě standardů výkonu, které budou podporovat vysoce kvalitní VoIP. V současné době většina provozovatelů navrhuje rozsah ztracených paketů 1 – 5 %.

Přijatelná úroveň zpoždění se určuje hůř. Čas mezi tím, co jeden účastník hovoří domluví, a tím, kdy ho druhý uslyší, je někdy označován jako doba obratu (turn-around time). Většina uživatelů není v rozpacích, ani když se tento čas dostane až na 500 ms, především pokud vědí, že je odděluje velká vzdálenost. To znamená, že jednosměrné zpoždění 250 ms by bylo přijatelné. Na druhou stranu se musíme zamyslet i nad jinými faktory. Ozvěnu často ještě zhoršuje zpoždění. Ozvěna je odražená kopie původního hlasu, která se vrátí do uší hovořícího. Často je slabší a trochu zpožděná. Ve skutečnosti se ozvěna při hovorech objevuje téměř vždy. Jestli ji hovořící slyší nebo ne, záleží především na síle odraženého signálu a na době, o jakou je zpožděn. Zpoždění může mít také na svědomí ztrátu paketů. Je tomu tak proto, že pakety, které dorazí pozdě a nemohou být už přehrány, budou ztraceny. Důsledkem toho jsou doporučení výrobců VoIP vybavení o maximální přijatelné úrovni ztráty paketů, zpoždění a jitter.

3.4.5 Kvalita hlasu

Nejpoužívanějším měřítkem kvality přenosu hlasu se stal mean opinion score (MOS - výsledek průměrného názoru). Tento výsledek tvoří průměr z individuálních hodnocení uživatelů na stupnici od 1 (nízká kvalita) do 5.

Nedávno byla představena nová metoda, která používá pro spočítání MOS analytické techniky. Je označována jako R-factor, je založená na analýze ztráty paketů, zpoždění, jitter a odhadu rozpoznávacích schopností uživatele.

Požadovaná kvalita	R-Factor	MOS
Chtěná	80-94	4.4 - 5.0
Přijatelná	70-80	3.6 - 4.4
Dostatečná	50-70	2.6 - 3.6
Nepřijatelná pro spojení	0-50	0 - 2.6

Tabulka 8 - vztah mezi měřeními R-factor a MOS

Kvalita hlasu podléhá subjektivnímu soudu uživatelů. Doporučení pro síťové charakteristiky jsou uvedeny výše, ale experimenty ukázaly dvě důležité skutečnosti: Zaprvé - VoIP telefony a brány za pár posledních let výrazně zlepšily způsob, jakým zvládají jitter, ztrátu paketů a zpoždění. Zadruhé - špatná kvalita výstupu je více patrná, když se v síti zkombinuje jitter, ztráta paketů a zpoždění. Například 35 ms jitter způsobí pouze malé zhoršení kvality hlasu, dokud je poměr ztracených paketů a zpoždění nepatrné.

3.4.6 Řešení QoS

Existují však mechanismy, které eliminují riziko zpoždění či ztráty paketů což znamená, že uzly sítě jsou řízeny a nevyužívají jen princip „First In – First Out“ (datová jednotka, která došla do uzlu nejdříve, je také nejdříve zpracována).

Technologie Diffserv

„Pro řízení kvality služeb byla vyvinuta řada řešení, z nichž se nejvíce rozšířila technologie diferencovaných služeb (Differentiated Services – Diffserv). Tato technologie pracuje tak, že provoz rozděluje do několika tříd. Každá třída má svou vlastní frontu a při odesílání datových jednotek jsou některé třídy upřednostňovány před jinými. Oblasti, ve kterých je zacházení se třídami provozu řízeno stejným způsobem, se nazývají Diffserv doménami.

Pokud je pro VoIP služby nastavena nejvyšší priorita, což představuje standardní řešení, tak, aby nedošlo k monopolizaci linky, je pro tuto třídu vyhrazena striktně

omezená část šířky pásma. Pokud přicházející provoz zařazený do této třídy překročí přidělenou kapacitu, jsou datové jednotky zahozeny.“¹⁴

Technologie Intserv

„Technologie Intserv přistupuje k řešení problému řízení kvality služeb jiným způsobem. Zatímco Diffserv rozděluje veškeré přenášené datové jednotky do tříd a podle toho s nimi zachází, Intserv pracuje na principu rezervace pásma. Rezervace síťových prostředků je iniciována aplikací a rezervaci potvrzují (příp. odmítnou) všechny síťové uzly na trase mezi zdrojovým a cílovým uzlem.. Pro rezervaci prostředků je využit protokol Resource Reservation Protocol – RSVP. Jestliže je nutno na trase překlenout uzly, které nepodporují technologii Intserv, je protokol RSVP přes tyto prvky sítě protunelován. Rezervaci je nutno provádět pro každý směr komunikace zvlášť. Řízení kvality služeb pomocí Intserv není vhodné pro nasazení v sítích s velkým provozem, protože silně zatěžuje síťové prvky. Proto se využívá hlavně v přístupových sítích.“¹⁴

Praktické nasazení

„V praxi lze nejlepších výsledků dosáhnout kombinací služeb Diffserv a Intserv, kdy Diffserv se využívá v páteřních sítích a Intserv v přístupových.“

3.5 Skype

„Skype je peer-to-peer program, který umožňuje provozovat internetovou telefonii. Jeho autory jsou Niklas Zennström a Janus Friis, tvůrci populárního softwaru Kazaa. Program umožňuje telefonovat mezi svými uživateli zdarma, za poplatek lze telefonovat do tradičních telefonních sítí (služba SkypeOut) a případně získat telefonní číslo a přijímat telefonáty z pevných a mobilních sítí se službou SkypeIn.“¹⁵



¹⁴ Ing. Petr Kovář, Ing. Karol Molnár, Ph.D., doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D., Současnost a budoucnost VoIP sítí [online]. Elektrorevue 2007/10 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW: <www.elektrorevue.cz/cz/download/soucasnost-a-budoucnost-voip-siti/>.

¹⁵ Skype Wikipedie otevřená encyklopedie, 21. 03. 2007 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Skype>>.

Skype je tedy software umožňující nejen hlasovou komunikaci, ale i video přenosy, datové přenosy a samozřejmě chatování. V loňském roce zaznamenal 100 miliónů registrovaných uživatelů, které dokázal získat během dvou a půl roku.

3.5.1 Důvody, proč Skype používat

V čem je Skype tak výjimečný, že zaujal širokou sortu lidí na celém světě? Pojďme se podívat na několik důvodů, které stojí za úspěchem Skype.

Ceny volání

Programem Skype lze volat po internetu komukoliv na světě zadarmo, samozřejmě protější strana musí mít též Skype. Registrace je zdarma, program je též zdarma. Skype umožňuje volat i do pevných sítí díky službě SkypeOut, toto volání je však již zpoplatněno. Volání z pevných sítí do Skype je podporováno též díky službě SkypeIn. O obou službách si ještě povíme v dalších kapitolách.

Průchodnost přes NAT

Překlad adres je hrozbou pro běžné VoIP protokoly a musí se zavádět speciální mechanismy pro průchod. Skype má v tomto směru obrovskou výhodu, dokáže přes NAT bez problémů přejít.

Multiplatformní přehledný klient

Instalaci programu Skype zvládne i začátečník a jeho používání je velmi intuitivní. Je dostupný ve verzích pro Windows, mobilní zařízení i Unix systémy.

P2P komunikace

Skype pochází od tvůrců Kazu, kteří mají s P2P (Peer-to-peer) sítěmi velké zkušenosti, a tak i Skype využívá této technologie.

„P2P je označení architektury počítačových sítí, ve které spolu komunikují přímo jednotliví klienti (uživatelé). Opakem je architektura client-server, ve které jednotliví klienti komunikují vždy s centrálním serverem či serverem, prostřednictvím kterého i komunikují s jinými klienty, pokud je to potřeba. Čistá P2P architektura vůbec pojem server nezná, všechny uzly sítě jsou si rovnocenné (a působí současně jako klienti i servery pro jiné klienty). Jednou ze základních výhod P2P sítí je fakt,

že s rostoucím množstvím uživatelů celková dostupná přenosová kapacita roste, zatímco u modelu client-server se musí uživatelé dělit o konstantní kapacitu serveru, takže při nárůstu uživatelů klesá průměrná přenosová rychlost.¹⁶

Další služby

Skype dokáže nejen přenášet hlas, ale také video, data a samozřejmě zvládá i chat. Další doplňkové služby jsou:

SkypeOut – Placená služba pro telefonování do tradičních telefonních sítí.

SkypeIn – Placená služba, kdy je účastníkovi přiděleno telefonní číslo, na které se lze dovolat z tradičních telefonních sítí.

VoiceMail – Placená služba. Poskytuje funkčnost hlasové schránky.

Skype Video Calling – Videokonference mezi uživateli sítě Skype, dostupné od verze 2.0; zdarma.

Skype SMS - Placená služba. Umožňuje posílat SMS na mobilní telefony.

SkypeFind - Od verze 3.1 pro Windows. Služba umožňuje uživatelům vytvářet a hledat v databázi firem.

Skype Prime - Od verze 3.1. Umožňuje nechat si platit za příchozí hovory (vyžaduje účet u PayPal).

Call forwarding - Umožňuje přesměrovat hovory, když nejste online. Je zpoplatněno pouze na klasické telefony.

Skype Extras - Doplňkové programy jako hry, nahrávání hovoru, sdílení pracovní plochy; za některé je nutno platit.

Skypecasts - Velké hlasové konference (až 100 účastníků). Mohou být moderované (moderátor rozhoduje, kdo může právě mluvit). Lepší přenos hlasu než tradiční telefon, ale v nouzi stačí Internet i jen přes dial-up,

¹⁶ Peer-to-peer Wikipedie otevřená encyklopedie, 30. 03. 2007 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/P2P>>.

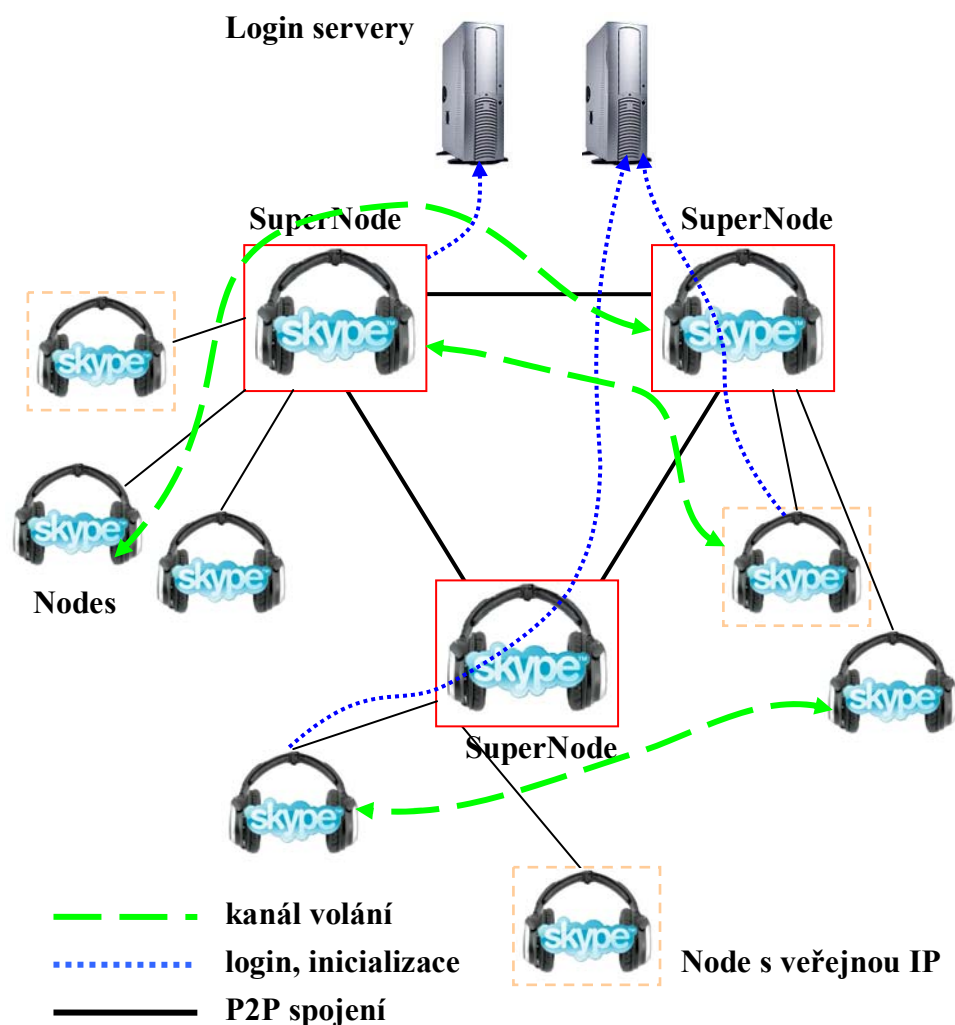
3.5.2 Architektura Skype

Jak již jsme si řekli, Skype používá P2P síť, výrobce označuje tuto síť jako P2P třetí generace. Samotný protokol, který Skype používá ke komunikaci se servery, ale i ostatními klienty, je uzavřený. Zdrojové kódy tedy nejsou k dispozici. V deduktivní analýze „An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol“ (Salman A. Columbia University, New York NY 10027)¹⁷ byla nastíněna následující architektura Skype.

Má tyto základní prvky a struktura je znázorněna na obrázku 16.

- **Nodes** – Uzly, na kterých běží Skype
- **SuperNodes** – Uzly, na kterých běží Skype v povýšeném režimu
- **Login servers** – Servery obsahující uživatelská data (loginy, kontakty)

¹⁷ Celá analýza k dispozici na WWW: < <http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0412/0412017.pdf>>



Obrázek 16 - Architektura Skype sítě

Jediným centralizovaným prvkem jsou login servery, sloužící k registraci a jsou zde uložena uživatelská data. Jako jediný prvek jsou provozovány firmou Skype.

SuperNode je uzel, který je připojen dostatečnou rychlostí k internetu, má veřejnou adresu a je na něm spuštěn klasický program Skype. SuperNode využívá výpočetní i přenosový výkon uzlu ke komunikaci ostatních uživatelů a jsou přes něj přepojovány hovory.

Node je běžný koncový uživatel, který může být schován za NATem či firewallem a není nijak využíván ostatními uživateli. Nodem může být i uživatel s veřejnou IP adresou.

Jednotlivý hovor mezi Nody je pak spojován po P2P síti tak, že cesta by měla být co nejkratší a jeden z uzlů je buď na veřejné IP adrese nebo popřípadě je spojení vedeno přes nějaký SuperNode.

3.5.3 Pro někoho nevýhody

Skype sice umožňuje volání po internetu zdarma a další skvěle popsané služby, ale princip, na kterém funguje, může někomu vadit a i odradit od používání. Uvedu zde na zamyšlenou několik možných nevýhod.

Uzavřenost protokolu

To, že je komunikační protokol, který Skype používá uzavřen, vadí především zastáncům Open Source, ale nese to s sebou i praktické nevýhody pro běžné uživatele, jako nemožnost alternativních klientů, které by umožňovaly další funkce či provoz na nestandardních platformách. Ovšem hlavní problém uzavřenosti protokolu je, že všeobecně není znám přesný princip a pak může být trochu podezřelé proč je vlastně volání zdarma. Na internetu je pak možné najít spoustu článků a diskuzí, které se zabývají různými nejasnostmi okolo Skype.

Funkce supernode

Je třeba přijmout fakt, že pokud se nacházím na rychlé lince a mám veřejnou adresu, můžu se stát SuperNodem a budu plnit jakési ústředny. Můj výpočetní i přenosový výkon bude využíván pro jiné uživatele. Tato skutečnost může být pro někoho neúnosná. Lze samozřejmě program Skype spouštět pouze pokud chci uskutečnit hovor, a tak omezit vytěžování svých zdrojů na nezbytně nutnou dobu. Je třeba ale zvážit, zda-li je opravdu neúnosné být SuperNodem, když díky tomu může cca 500 uživatelů volat s kýmkoliv na světě zdarma.

Licence

Pro někoho může být licence, pod kterou se Skype šíří, dosti přísná a určitě stojí za přečtení. Spousta uživatelů jistě ani o žádné licenci neví.

I přes uvedené nevýhody Skype je třeba říct, že takovéto využití P2P sítě je poměrně revoluční oproti předchozím projektům typu Kazaa, Napster a podobně. Skype je prvním programem, který hlasově v tomto rozsahu spojil lidi na celém světě zdarma. A počet Skype uživatelů naznačuje, že zmíněné nevýhody příliš nikomu nevadí.

3.6 Instalace a ovládání VoIP programů

Jako první si uvedeme aplikaci Skype, která je zástupcem internetové IP telefonie. Popíšeme si její instalaci a základní ovládání. Dále se zmíníme o službě SkypeIn a SkypeOut, které umožní spojení s pevnými či mobilními sítěmi.

Abychom se nevěnovali pouze internetové telefonii. Uvedeme si aplikaci pro volání i po IP síti bez nutnosti internetu, zástupcem může být program Team-Sound, který je využíván především během hráčských klání, kdy se pomocí této aplikace hráči mezi sebou domlouvají. Program umožňuje i syntetizaci uložených frází. Popíšeme si základní vlastnosti tohoto programu.

3.6.1 Skype

Pokud tedy ještě nemáte nainstalovaný program Skype a doposud si nevoláte s přáteli zdarma, v následujících krocích si popíšeme, jak Skype stáhnout z internetu a nainstalovat. Popíšeme si i ovládání programu.

Prvním krokem je tedy stažení programu z internetu, vždy je dobré stáhnout si poslední oficiální verzi programu, která může obsahovat opravení předchozích chyb, či nějaké nové funkce. Na českém webu <http://www.skype.cz> naleznete jak potřebné informace okolo Skype, tak novinky a aktuální verzi programu Skype pro různé operační systémy. V sekci „Stáhnout“ <http://skype.cz/stahovani/index.htm> si zvolíte příslušnou platformu.

skype.cz Kdokoliv na světě může volat zdarma. Cenik

Domů | Stáhnout | Produkty | Diskuze | Chat | Komunita | Obchod | Hardware | Pomoc | Kontakt | Právní podmínky

Skype pro Windows

Skype 3.1
19 MB

Stahování a instalace

Pro stažení Skype do vašeho počítače, jednoduše klikněte na download Skype pro Windows (nahore) a uložte instalační soubor . Zapamatujte si kam ukládáte instalační soubor (plocha je optimální místo).

Po úplném stažení instalačního souboru spusťte dvojklikem myši instalační soubor, který jste stáhli. Tímto začne instalace programu Skype .

Dále následujte dle instalačních instrukcí.

Minimální systémové požadavky

Proto, aby jste mohli používat program Skype pro Windows doporučujeme tyto systémové prostředky:

- PC běžící pod Windows 2000 nebo XP (k funkci videa zapotřebí Windows XP)
- 400 MHz procesor
- 128 MB RAM
- 15 MB volného místa na vašem pevném disku
- Zvuková karta, reproduktory a mikrofon
- Internetové připojení (bud' telefonní: minimum 33.6 kbps modem, nebo nějaký širokopásmový: kabel, DSL, atd)

- Zavolejte komukoli, kdo používá program Skype, kdekoli na světě.
- Videohovory vám umožňují vidět, s kým mluvíte.
- Můžete chatovat s jednou osobou nebo se skupinou až 100 lidí najednou.
- Můžete mít konferenční hovory s až 4 lidmi současně.
- Posílání souborů a fotek jiným osobám je velmi snadné.
- Můžete prohlédávat web pomocí ovládacího panelu Google (volitelná instalace).

Obrázek 17 - Stránka pro stažení aplikace Skype

Měli byste dodržet minimální požadavky, které Skype požaduje na výkon vašeho PC.

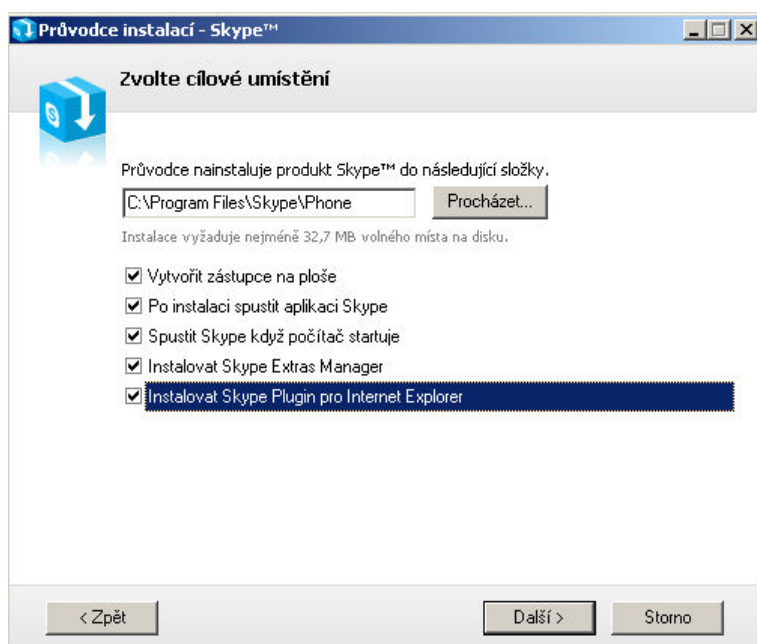
Po úspěšném stažení instalátoru Skype jej spusťte a tím se dostáváme do **druhého kroku, kterým je instalace.**

Při instalaci budete vyzváni k výběru jazyka a k odsouhlasení licenčního ujednání a s prohlášením společnosti Skype o ochraně soukromí. Licence bohužel není nabízena v českém jazyce, prohlášení o ochraně však ano.



Obrázek 18 - Instalace Skype, potvrzení licence

Po odškrtnutí můžete nakonfigurovat cíl umístění instalace a dodatečné možnosti, jako je spuštění Skype po startu počítače a Skype Plugin pro aplikaci Internet Explorer.



Obrázek 19 - Instalace Skype, volitelná konfigurace

Pokud zvolíte plugin pro Internet Explorer, tak po nainstalování Skype můžete spustit Prohlížeč Internet Explorer, kde se zobrazí následující informační zpráva.

Plugin umožňuje převádět uváděná čísla na internetu do formy odkazu, kterým se po kliknutí číslo otevře programem Skype a můžete uskutečnit volání. Princip je podobný jako u emailových odkazů na internetu, kdy se po kliknutí na odkaz otevře příslušný emailový klient.

skype

Doplněk Skype pro aplikaci Internet Explorer

Při instalaci aplikace Skype jste rovněž nainstalovali doplněk pro aplikaci Internet Explorer. Tento doplněk změní telefonní čísla na webových stránkách na tlačítka. Klepnutím na takové tlačítko můžete zahájit volání z aplikace Skype.

The Queen Victoria Pub
Great food, cold pints.
tel: [0871 3328068](tel:08713328068)

Telefonní čísla na stránkách se zobrazí jako šedivá tlačítka.

Doplněk se pokusí určit zemi, ve které se číslo nachází. Pokud země není správná, klepnutím na ikonu vlajky ji můžete změnit.

Vypnutí doplňku
Doplněk Skype vypnete jedním klepnutím na jeho ikonu na panelu nástrojů aplikace Internet Explorer.

Dalším klepnutím doplněk znovu zapnete.

Klepnutím na číslo zahájíte volání.

Koupit Skype kredit

K volání na pevné linky a mobilní telefony z aplikace Skype potřebujete kredit u společnosti Skype.

Tato stránka se zobrazí pouze jednou. Stejné informace lze najít v [sekci Nápověda na stránkách Skype.com](#).

© 2007, Skype Limited | [Zásady ochrany osobních údajů](#) | [Důležité právní informace](#)

Obrázek 20 - Plugin pro Internet explorer

Po úspěšném nainstalování se defaultně program Skype spustí, pokud jste tuto možnost odškrtnli v dodatečných možnostech instalace, musíte spuštění provést sami. Tím se dostáváme do **třetího kroku**, kterým je registrace uživatele.

Budete vyzváni následujícím formulářem k vyplnění osobních údajů a opět k odsouhlasení licenčního ujednání, opět doporučuji řádně prostudovat.

Ano, přečetl(a) jsem si a souhlasím s Licenční smlouvou společnosti Skype s koncovým uživatelem, Podmínkami poskytování služeb a se Zásadami ochrany osobních údajů společnosti Skype'. A note at the bottom states '* Položky označené červenou hvězdičkou jsou vyžadovány'. At the bottom right are buttons 'Další >' and 'Storno'."/>

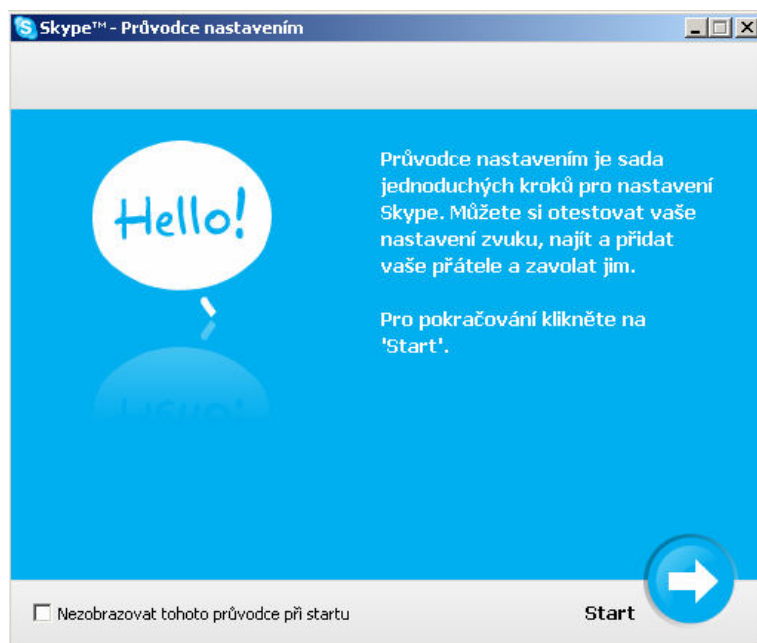
Obrázek 21 - Instalace Skype, založení účtu

Po vyplnění a odsouhlasení budete v dalším kroku vyzváni k zadání emailu a lokalizačním údajům. Je zde volba automatického přihlášení po spuštění programu Skype. Tuto volbu ponechte zaškrtnutou, pokud budete program používat sami. Jestliže se budete o Skype dělit s ostatními uživateli PC, je výhodnější volbu odškrtnout a při každém spuštění programu se přihlásit.

Obrázek 22 - Instalace Skype, založení účtu

Po vyplnění údajů se provede přihlášení do sítě, pokud je zvolené uživatelské jméno již registrované, budete vyzváni k výběru alternativních jmen, či zvolení zcela jiného. Po úspěšném registrování se spustí již samotný program Skype.

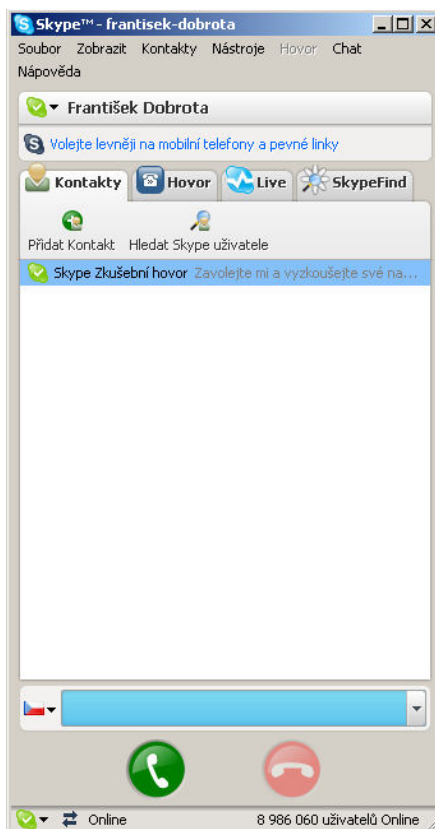
Nastavení programu Skype. Při spuštění programu se zobrazí automatický průvodce, který umožní nastavení mikrofону, otestování funkčnosti a přidání kontaktů do kontakt listu.



Obrázek 23 - Skype průvodce

Zkušenější uživatel může tohoto průvodce přeskočit a nastavit si vše manuálně. Tlačítkem Start tedy průvodce spustíme. Nebudu zde tedy popisovat samotného průvodce, jelikož je sám o sobě dosti názorný. Je zde vysvětleno, jak provést zkušební hovor a přidat uživatele do kontakt listu.

Po dokončení jednoduchého průvodce se objeví pracovní prostředí programu.

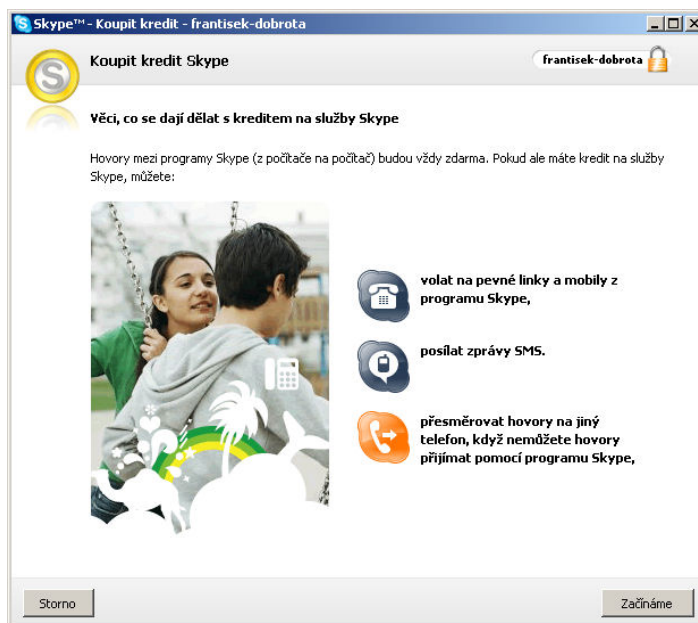


Obrázek 24 - Prostředí aplikace Skype

Pokud tedy máte připojen mikrofon a sluchátka, můžete provést zkušební hovor, kde se otestuje jejich funkčnost. Pokud test dopadne dobře, můžete přidat uživatele do kontaktů a začít volat, volat a volat. Přidání uživatele, můžete provést pokud znáte jeho Skype jméno, nebo popřípadě ho můžete zkusit najít pomocí Jména, Příjmení, Bydliště, či jiných údajů, zda-li je má dotyčný správně uvedeny.

3.6.2 SkypeOut

Po nainstalování programu Skype možná zatoužíte volat na pevné linky, či do GSM sítě. Slouží k tomu služba SkypeOut. Abyste tedy mohli volání uskutečnit, musíte mít nabitý tzv. Skype Kredit. K tomuto účelu opět slouží průvodce. Spustíte ho kliknutím na Informační zprávu v horní části aplikace „Volejte levněji na mobilní telefony a pevné linky“.



Obrázek 25 - SkypeOut průvodce

Skype kredit můžete koupit také na internetu na stránce <https://secure.skype.com/store/member/login.html?setlang=cz>, kde se přihlásíte a tím se dostanete do své uživatelské sekce, kde můžete provádět i změny osobních údajů a podobně.



Obrázek 26 - Uživatelská sekce na internetu

Určitým problémem při dobíjení kreditu může být vlastnictví devizového účtu, je-li platba probíhá v eurech. Ale jsou i další alternativy, existují internetové stránky, kde různé firmy či osoby nabízejí dobíjení kreditu. Vždy je dobré si ověřit důvěryhodnost nabízené služby. Uvážení, jakým způsobem nabíjet kredit, nechám na jednotlivých uživateli.

3.6.3 SkypeIn

Se službou SkypeIn dostanete své vlastní telefonní číslo, na které se dovolá kdokoliv na světě z pevné či mobilní sítě. Tato služba je zatím v testovacím provozu a čísla jsou nabízena pouze v několika zemích. Více informací se dozvíte opět ve své uživatelské sekci (<https://secure.skype.com/store/intl/cz/skypein/start.html>), na stránkách Skype. Na stránky se můžete dostat z aplikace Skype zvolením v menu Nástroje, SkypeIn.

The screenshot shows the SkypeIn user interface. At the top, there is a navigation bar with the Skype logo and menu items: Domů, Stáhnout, Volání na telefony, Prodejna, Sdílení, and Návoděda. Below the navigation bar, there is a section titled 'Vítejte zpátky, frantisek-dobrotal' with links for 'Koupit kredit', 'Váš účet', and 'Odhlásit se'. The main content area is divided into two columns. The left column contains a sidebar with links: 'Váš účet', 'Kupte si kredit na službu Skype', 'Inkasovat poukaz', 'Skype pro malé firmy', 'SkypeOut', 'SkypeIn BETA', 'Koupit číslo SkypeIn', 'O službě SkypeIn', 'Časté dotazy ke službě SkypeIn', 'Hlasová schránka', 'Skype Zones BETA', 'Příslušenství', 'Přizpůsobení programu Skype', and 'Odhlásit se'. The right column features a search bar for 'Země' and a section titled 'Získat číslo SkypeIn (a bezplatnou službu Hlasová schránka)'. Below this, there is a text block explaining the service and a link to 'Časté dotazy ke službě SkypeIn'. A blue button asks 'Ve které zemi chcete mít své číslo SkypeIn?'. Below the button is a grid of country flags and names: Austrálie, Brazílie, Dánsko, Dominikánská republika, Estonsko, Finsko, Francie, Německo, Hongkong, Japonsko, Polsko, Švédsko, Švýcarsko, Velká Británie, and Spojené státy americké.

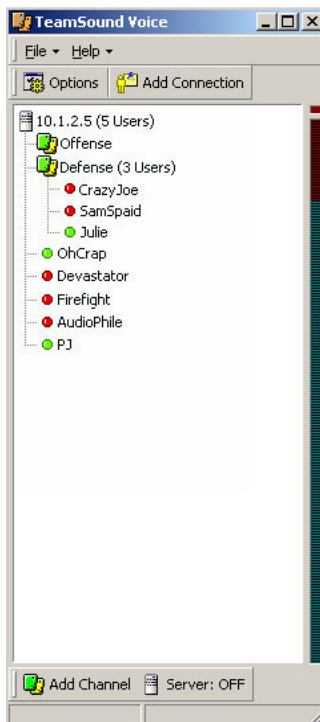
Obrázek 27 - Uživatelská sekce - SkypeIn

3.6.4 Skype Hardware

K programu Skype existuje celá řada příslušenství a hardwarových doplňků jako jsou USB a wifi telefony. Tyto telefony nabízejí zajímavé rozšíření aplikace Skype, kdy můžeme volat nejen v přítomnosti počítače, ale můžeme přes Skype volat z jiných částí domu či ze zahrady. Na stránkách společnosti SkypeHardware.cz <http://www.skypehardware.cz/> naleznete telefony, webkamery, náhlavní sety atd.

3.6.5 TeamSound

TeamSound je aplikace především pro síťovou hlasovou komunikaci pro hráče her. Funguje na základě dedikovaného nebo nededikovaného peer-to-peer spojení.



Obrázek 28 - Prostředí aplikace TeamSound

Nastavení programu je velice snadné. Je vám umožněno připojení na jakýkoliv TeamSound server, příp. si můžete vytvořit svůj vlastní. Umožňuje nastavení hesla na přístup k serveru. Server nemusí nutně ležet v místní síti, může být i ve veřejné síti. Pro připojení k takovému serveru však budete potřebovat správně

nastavit firewall, který se v cestě nachází. Potom aplikace umožní i internetové volání. Po připojení můžete komunikovat na více kanálech s několika skupinami ve vašem týmu, např. obrana a útok.

Pro pomalejší připojení dovoluje program výběr nejvhodnějšího přenosového formátu. Dále si můžete nastavit klávesové zkratky pro rychlou komunikaci na vybraném kanálu nebo nechat "Battlefiel Sequencing" mluvit za vás, pomocí tzv. syntetizátoru řeči. U řeči si můžete navolit, zda se má jednat o mužský či ženský hlas.

Základní vlastnosti:

Kanály, muting (ztišení), indikace přenosu

Možnost internetového volání a hlasové komunikace s přáteli

Převod textu do řeči

Volitelné klávesové zkratky

Zcela zdarma

4 Závěr

Již v současnosti lze říci, že nastává období boomu IP telefonie. Na trhu je poměrně dost solidních operátorů, kteří nabízejí kvalitní služby a další spousta jich vzniká. Hlavním lákadlem IP telefonie je cena, která je nižší než u klasické telefonie. Zdá se, že IP telefonie je budoucnost volání.

Cílem práce bylo zpracovat technologii VoIP jako alternativu ke klasické telefonii. Zvláště pak s využitím internetu jako infrastruktury. Tato práce měla být první publikací v ČR, věnující se tomuto tématu podrobně.

V práci jsem nejdříve nastínil, jak funguje klasická telefonní síť, poté jsem popsal princip počítačových sítí a uvedl odlišnosti, ze kterých vycházejí výhody či nevýhody jednotlivých sítí. Po úvodu do této tematiky, jsem již popisoval samotné části VoIP komunikace, jako je kódování řeči, paketizace, přenos apod.. Popsal jsem současné signalizační protokoly, uvedl možné komplikace a popsal princip, instalaci a ovládání, v dnešní době nejpopulárnějšího programu Skype, který dosáhl toho, že si celý svět může volat zdarma.

Myslím, že v práci se mi povedlo zpracovat souhrnně VoIP technologii a to do hloubky, která je pochopitelná pro čtenáře, zajímajícího se o počítačový svět a hledajícího informace o VoIP. V popisu jsem se snažil nepřeskakovat jednotlivé dílčí principy na kterých VoIP pracuje, avšak detailní rozbor všech principů je nad rámec této práce. Jeden z důvodů, proč jsem si toto téma vybral, bylo vytvořit první publikaci tohoto charakteru, která v té době neexistovala. Toto se mi zřejmě zcela nepovedlo, již vyšla publikace Telekomunikace a VoIP telefonie – 1.díl (Bazala, David). Kniha se však pravděpodobně nevěnuje pouze VoIP technologii.

5 Seznam použitých zdrojů

- [1] Pulzně kódová modulace -
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Pulzně_kódová_modulace>
- [2] Přehled kodeků a hodnocení MOS tabulka 1. – článek Monitorování kvality hlasových služeb 30.11.2004
<<http://www.stech.cz/articles.asp?ida=445&idk=330>>
- [3] Kodek G.729
<<http://www.volny.cz/amapro/>>
- [4] Články a seriály Jiřího Peterky
<<http://www.earchiv.cz>>
- [5] Protokol SIP (IV) – Bezpečnostní aspekty
<<http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=5012&idr=5&aid=0&hledej=>>>
- [6] IP telefonie se SIP signalizací Dr. Ing. Sven Ubik, CESNET, z.s.p.o.
<<http://staff.cesnet.cz/~ubik/publications/2001/sipSt2001.doc>>
- [7] IAX protokol
<http://dsn.felk.cvut.cz/education.cz/36MPS/referaty_2005/IAX_kovar.html>
- [8] Zaručení kvality VoIP - řešení problémů
<<http://www.fluketestery.cz/voip/voip-reseni.php>>
- [9] Skype
<<http://www.linuxexpres.cz/software/skype>>
<<http://www.skype.com/>>
- [10] Aktuality
<<http://www.1000webu.com/aktuality/?p=435>>
- [11] An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol“ (Salman A. Columbia University, New York NY 10027) WWW:
<<http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0412/0412017.pdf>>

Citace:

- [1] Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. 2001 , 9. 3. 2007 [cit. 2007-03-19]. Dostupný z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sada_protokolů_Internetu>.
- [2] Jiří Peterka, Jednoduché IP sítě Softwarové noviny [online]. Softwarové noviny, č. 33, r. 1999 [cit. 2007-04-03]. Dostupný z WWW:
<<http://www.earchiv.cz/a912s200/a912s234.php3>>.
- [3] ING. SOCHATZI, Karel. Monitorování kvality hlasových služeb v prostředí IP [online]. Sdělovací technika 2004, č. 12/2004 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW:
<<http://www.stech.cz/articles.asp?idk=330&ida=445>>.
- [4] SNÁŠEL , Jaroslav. Zpracování hlasu v mobilu: když se řekne haló haló. MobilMania [online]. 2004 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mobilmania.cz/default.aspx?article=1107779>>.
- [5] Stanislav Petřík. Protokoly pro IP telefonii [online]. Sdělovací technika 06. 01. 2006 [cit. 2007-03-21]. Dostupný z WWW:
<<http://www.stech.cz/articles.asp?ida=659&idk=97>>.
- [6] VoIP brána Wikipedie otevřená encyklopedie, 29. 11. 2006 [cit. 2007-04-01]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/VoIP_brána>.
- [7] Martin Balík Architektura VoIP [online] [cit. 2007-04-02]. Dostupný z WWW:
<http://dsn.felk.cvut.cz/education.cz/36MPS/referaty_2005/voip_balik.html>.
- [8] Jiří Peterka, Architektura H.323 verze1, [online]. Softwarové noviny č. 10/99 r. 1999 [cit. 2007-04-02]. Dostupný z WWW:
<<http://www.earchiv.cz/a912s200/a912s237.php3>>.
- [9] Jiří Peterka, Transportní protokoly TCP/IP - I., Co je čím ... v počítačových sítích, [online], č. 54/1992, [cit. 2007-04-02], Dostupný z WWW:
<<http://www.earchiv.cz/a92/a250c110.php3>>.

- [10] RTP, Wikipedie otevřená encyklopedie, 20. 03. 2007 [cit. 2007-04-01]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/RTP>>.
- [11] IPsec, Wikipedie otevřená encyklopedie, 30. 3. 2007 [cit. 2007-04-15]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/IPsec>>.
- [12] KRČMÁŘ, Petr. Telefonujeme se SIP. Root.cz [online]. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z WWW:
<<http://www.root.cz/clanky/telefonujeme-se-sip/>>.
- [13] David Kovář IAX protokol [online] [cit. 2007-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://dsn.felk.cvut.cz/education.cz/36MPS/referaty_2005/IAX_kovar.html>
- [14] Ing. Petr Kovář, Ing. Karol Molnár, Ph.D., doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D., Současnost a budoucnost VoIP sítí [online]. Elektrorevue 2007/10 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW:
<www.elektrorevue.cz/cz/download/soucasnost-a-budoucnost-voip-siti/>.
- [15] Skype Wikipedie otevřená encyklopedie, 21. 03. 2007 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Skype>>.
- [16] Peer-to-peer Wikipedie otevřená encyklopedie, 30. 03. 2007 [cit. 2007-04-17]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/P2P>>.