

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE
FAKULTA MANAGEMENTU V JINDŘICHOVĚ HRADCI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009 **BC. TOMÁŠ JIRÁK**



VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE
FAKULTA MANAGEMENTU V JINDŘICHOVĚ HRADCI
KATEDRA MANAGEMENTU INFORMACÍ

IP TELEFONIE PRO STŘEDNÍ A VELKÉ SPOLEČNOSTI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VYPRACOVAL:
BC. TOMÁŠ JIRÁK

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:
ING. PAVEL POKORNÝ

PRAHA, DUBEN 2009

Zadání diplomové práce

VŠE

FAKULTA MANAGEMENTU

Vysoká škola ekonomická v Praze
Jarošovská 1117/II, 377 01 Jindřichův Hradec

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro akademický rok 2008/2009

Název práce:	**IP telefonie pro střední a velké společnosti**
Zadání práce:	Popis možností přenosu hlasu v sítích typu TCP/IP, možnosti využití VoIP služeb v oblasti malých a středních podniků a zvýšení efektivity služeb, ekonomicky zvládnutelné výdaje, dostupnost technologie a aplikovatelnost. Obecná ekonomická hlediska při volbě vnitropodnikové komunikace, integrování IP telefonie do současných telefonních systémů, analýza technického a ekonomického přínosu. Tři případové studie společností přecházející z běžného "drátového" telefonního systému na VoIP - malá společnost s plným zlomovým přechodem, střední společnost s dvoufázovým urychleným přechodem, velká společnost s velmi konzervativním a kontrolovaným přechodem ve třech fázích.
Jméno studenta:	Bc. Tomáš Jirák
Obor:	MANAGEMENT
Vedoucí práce:	Ing. Pavel Pokorný
Katedra:	Katedra managementu informací
Termín zadání:	16.12.2008
Termín odevzdání:	Dle harmonogramu příslušného akademického roku

V Jindřichově Hradci 16.12.2008

Ing. Vladimír Přibyl
proděkan pro pedagogickou činnost

tel.: 0331-361342-4
0331-517911
fax: 0331-361349
IČO 61384399
bank.spoj. KB a.s. J. Hradec
č.ú.19-0304 340207/0100

Obrázek 1 - Kopie oficiálního zadání diplomové práce

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma
IP TELEFONIE PRO STŘEDNÍ A VELKÉ SPOLEČNOSTI
jsem vypracoval samostatně.

Použitou literaturu a podkladové materiály
uvádím v přiloženém seznamu literatury.

Praha, duben 2009

……
podpis Bc. Tomáš Jirák

ABSTRAKT

Cílem práce je představit možnosti přenosu hlasu v IP sítích a především Internetu. Práce se věnuje problematice od samotného chování IP sítí, přes způsoby připojení k Internetu a komunikační možnosti z pohledu přenosových protokolů (včetně fenoménu Skype) a jejich směrování až po ekonomické důsledky. Jsou zmapovány klady a zápory celé technologie včetně možných implementačních úskalí. Práce veškeré ekonomické srovnání provádí vůči společnosti Telefonica O_2 Czech Republic a.s., která stále představuje majoritní společnost na českém telekomunikačním trhu. Pro ekonomické úvahy jsou použity vzorky poskytovatelů VoIP služeb s přihlédnutím na trvání společnosti, minimální cenu a garanci kvality služeb. Práce přes modelové situace směřuje k detailnímu popisu případových studií, kdy jsou popsány výchozí ekonomické a technické situace společností, jež se technologii VoIP rozhodly zavést, přes popis implementace až k výslednému zhodnocení celého projektu. Součástí případových studií jsou rozpočty přechodu, uvažovaná úspora a ekonomické vyhodnocení dosažené reality. Případové situace popisují tři reálné společnosti s odlišným přístupem k zavádění technologie VoIP – malá společnost s plným zlomovým přechodem, střední společnost s dvoufázovým urychleným přechodem a velká společnost s velmi konzervativním a kontrolovaným přechodem ve třech fázích.

PODĚKOVÁNÍ

Za cenné rady, náměty, inspiraci a především za trpělivost a vstřícnost se mnou samotným bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce

Ing. Pavlu Pokornému

z Vysoké školy ekonomické v Praze,
Fakulty managementu v Jindřichově Hradci.

Obsah

ÚVOD **1**

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY **2**

Co je to VoIP 2
Co je to Internet 2
Přenosový protokol - IP *3*
Transportní protokol - TCP *3*
Transportní protokol - UDP *3*
Co se v návrhu TCP/IP nepovedlo *3*
Jakou rychlost internetového připojení považují firmy za ideální 4
Jaký typ internetového připojení zvolit 4
Dial-up připojení *5*
GSM – mobilní připojení *5*
CDMA – mobilní připojení *6*
Pevné připojení – analogová linka *7*
Pevné připojení – digitální linka *7*
Frame Relay *8*
Internet po rozvodech kabelové televize *8*
ADSL *9*
SDSL *10*
Bezdrátové připojení – 2,4 GHz (5 Ghz) *10*
Mikrovlnné připojení 3,5 GHz *11*
Mikrovlnné připojení 10,5 Ghz – volné pásmo *12*
Mikrovlnné připojení technologií FWA 26 Ghz *12*
Připojení k optickým sítím *13*

2. JAK VLASTNĚ VOIP FUNGUJE **15**

Obecné hardwarové požadavky 15
Nakročení do světa IP telefonie 16
Sestavení telefonního hovoru ve VoIP 16
Směrování telefonních hovorů 17
Přímé směrování *17*
Centrální směrování hovorů – Gatekeeper, Proxy server *18*
Propojení telekomunikačních sítí – přechod VoIP x JTS *18*

3. KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY VE VOIP SÍTÍCH **20**

Protokol H.323 20
Historie *20*
Hlavní výhody protokolu H.323 ..... *20*
Protokolová výbava protokolu H.323 ..... *21*
Komponenty H.323 sítě *22*
Protokol SIP 25
Historie *26*
Komponenty SIP sítě *27*
Způsoby spojování hovorů v síti SIP *28*
Identifikace uživatelů a směrování hovorů *29*
Komunikační kodeky *30*
Unikátní komunikační protokoly 31
Fenomén Skype 31
Historie *31*
Komponenty sítě Skype *32*
Zcela geniální řešení síťové infrastrukry *33*
Ke Skypování není potřeba sedět u počítače *33*
Srovnání z uživatelského hlediska 34
Vzájemná komunikace mezi protokoly VoIP 35

4. LIDSKÉ ROZHRANÍ **36**

PRACOVNÍ STANICE SE SLUCHÁTKY S MIKROFONEM ... 36
SAMOSTATNÝ VOIP PŘÍSTROJ ... 37
VOIP GATEWAY ... 38
Port typu FXS ... *39*
Port typu FXO ... *39*
TELEFONNÍ ÚSTŘEDNA S PODPOROU VOIP ... 40
ČISTĚ VOIP SYSTÉM ... 40
CENOVÉ A FUNKČNÍ SROVNÁNÍ ... 41

5. PROBLÉMY S PROVOZEM VOIP ... 42

NEKVALITA INTERNETOVÉHO PŘIPOJENÍ ... 42
TECHNOLOGICKÉ PŘEKÁŽKY - NAT, FIREWALLY, QOS ... 42
NAT – překlad adrese ... *42*
Firewall ... *43*
QoS – prioritizace paketů ... *44*
Dynamická IP adresa ... *44*
BRZDA VOIP – VLÁDA USA ... 45
Policie ČR má také své pojistky ... *45*
MOBILNÍ TELEFONY ... 46
VELMI NÁROČNÁ TECHNOLOGIE ... 46

6. EKONOMICKÝ PŘÍNOS IMPLEMENTACE VOIP DO FIREMNÍHO ŘEŠENÍ KOMUNIKACE ... 47

POSKYTOVATELÉ SLUŽEB ... 47
Telefonica O_2 – běžná pevná linka ... *47*
Fayn – VoIP s protokolem H.323 ... *47*
802.CZ – VoIP s protokolem SIP ... *48*
VoIPEX – VoIP s protokolem SIP ... *48*
Skype ... *48*
Poskytovatel sám sobě ... *48*
KOMUNIKACE S VNĚJŠÍM SVĚTEM ... 49
VNITROPODNIKOVÁ KOMUNIKACE ... 50
MODELOVÉ NASAZENÍ TECHNOLOGIE VOIP V NEJJEDNODUŠŠÍ FORMĚ ... 51
Společnost A ... *51*
Společnost B ... *51*
Společnost C ... *52*
VEDLEJŠÍ TECHNOLOGICKÝ PŘÍNOS ... 53

7. PŘÍPADOVÉ STUDIE ... 54

MALÁ SPOLEČNOST – PLNÝ ZLOMOVÝ PŘECHOD ... 54
Charakteristika společnosti ... *54*
Důvody pro přechod na VoIP ... *54*
Způsob přechodu ... *55*
Realizace změny ... *56*
Zhodnocení implementace ... *57*
STŘEDNÍ ORGANIZACE – DVOUFÁZOVÝ URYCHLENÝ PŘECHOD ... 57
Charakteristika organizace ... *57*
Důvody pro přechod na VoIP ... *57*
Způsob přechodu ... *58*
Realizace změny ... *61*
Zhodnocení implementace ... *62*
VELKÁ SPOLEČNOST – TŘÍFÁZOVÝ KONZERVATIVNÍ PŘECHOD ... 63
Charakteristika společnosti ... *63*
Důvody pro přechod na VoIP ... *63*
Způsob přechodu ... *64*
Realizace změny ... *67*
Zhodnocení implementace ... *74*
PODTRŽENO, SEČTENO ... 75

8. ZÁVĚR ... 77

9. POUŽITÁ LITERATURA 78
10. SEZNAM TABULEK 79
11. SEZNAM OBRÁZKŮ 80

Kdo za to všechno může

Alexander Graham Bell vlastně nezamýšlel vynalézt telefon. Původně chtěl vyvinout násobný telegraf, přístroj, který by umožnil najednou přenést více zpráv - Bell přístroj pojmenoval harmonický telegraf.
Na dovolené v roce 1874 v Ontariu Bell sestrojil ušní fonoautograf. Použil stéblo sena a ucho mrtvého muže. Když Bell mluvil do ucha, stéblo přenášelo zvukové vlny. Bell začal uvažovat o přenosu zvukových vln elektřinou.
V červnu 1875 (2. 6.) zjistil přenos zvuku mezi 2 píšťalami v různých místnostech. Bell zjistil, že se zvuk podobný hlasu přenáší i po přerušení proudu, který byl následně generován slabým magnetickým polem. Princip telefonu byl na světě a Bell mohl v září 1875 začít psát podklady pro podání patentové přihlášky.
15. 2. 1876 ve svých 29 letech si Bell podal patent na vynález telefonu (ve stejný den o pár hodin později tak učinil i Elisha Gray). Patent obdržel Bell 7. 3. 1876. V té době ještě přístroj přenášet hlas neumožňoval. První přenos hlasu Bell uskutečnil 10. 3. 1876, kdy jeho spolupracovník Watson uslyšel z přístroje památná slova: "Pane Watsone, přijďte sem. Potřebuji vás."
Alexander Graham Bell představil svůj telefon 25. 6. 1876 na stoleté výstavě v Philadephii (Centennial Exhibition). Telefon se stal hlavním exponátem výstavy uspořádané ke 100. výročí podepsání Deklarace nezávislosti.

zdroj converter.cz

Úvod

Tato diplomová práce vzniká jako reakce a na stále prohlubující se možnosti výpočetní techniky a především datových přenosů mezi nimi. Kancelářská resp. manažerská práce se v dnešní době nemůže obejít bez možnosti účinné komunikace, ať již mluvíme o komunikaci vnitropodnikové nebo komunikaci mezi podnikatelskými subjekty navenek. Stále více si integrujeme do našich životů moderní technologie, ať již přímo založené na digitálních technologiích nebo kde digitální technologie jsou použity jako podpůrný nebo kontrolní prvek. Důvod je zcela zřejmý a ve svém důsledku ekonomický. Informační technologie jsou stále levnější a levnější, z tohoto důvodu taktéž mnohem dostupnější, a lidská práce je dražší a dražší.
Oblibu samozřejmě ovlivňuje kompaktnost a komplexnost nabízených technologií. Jakékoliv jednotící prvky, stavění na ověřených a funkčních technologiích jsou uživateli velmi vítány.
To jak jsou digitální technologie stále více a více přítomné v různých typech výrobků je samozřejmě vnímáno i samotnými spotřebiteli/uživateli. Toto tvrzení je například možné ověřit vývojem v posledních dvou až třech letech, kdy distribuční kanály informačních technologií začínají čím dál tím více na sebe vázat ostatní distribuční kanály zboží, které si dříve vůbec nekonkurovaly. Takovýmto příkladem je zajisté obchod s fotoaparáty nebo „plochými“ televizory. Zatímco poptávka po fotoaparátech a fotografování zažívá boom, tak obvyklí prodejci fotografický potřeb zaznamenávají pokles tržeb. Tento pokles je samozřejmě způsoben tím, že spotřebitelé se obracejí na specializované prodejce výpočetní techniky, aby uspokojili svoji potřebu. Stejně tak je tomu v prodeji televizorů; lidé již preferují „ploché“ televizory v podobě plazmových nebo LCD obrazovek. V roce 2008 bylo zaznamenáno, že více jak 53% bylo distribuováno přes běžný IT kanál.[1]
Situace není nikterak odlišná ani v oblasti komunikací. Po desítky let byl jako velice účinný a flexibilní komunikační protokol počítačových sítí vyhodnocen TCP/IP protokol. Hlavním a zcela notoricky známým reprezentantem tohoto protokolu je Internet. Lidé mají zájem integrovat do tohoto média co nejvíce činností z reálného života tak, aby získali „vše v jednom“ – od získávání informací počínaje, přes internetové obchody nebo dražby, až po hledání celoživotních partnerů.
S dramatickým růstem penetrace internetových přípojek v České republice se tyto touhy čím dál tím více realizují. Významným krokem bylo uvedení linek typu xDSL do České republiky, kdy relativně rychlé internetové připojení přestalo být výsadou pouze nadnárodních korporací nebo gigantických společností.
Střední a malé podniky touží po službách založených na mediu, kterému říkáme Internet. Malé, střední a především velké podniky touží po fixaci a snižování svých nákladů. Internet přináší jak fixaci, tak snižování nákladů.
Náklady, které lze jen těžko fixovat jsou telekomunikační náklady. To snad nelze Internet využít pro klasické (hlasové) telekomunikační služby? Řešení se nazývá VoIP.

[1] Zpráva Reseller Magazine Information Technology.

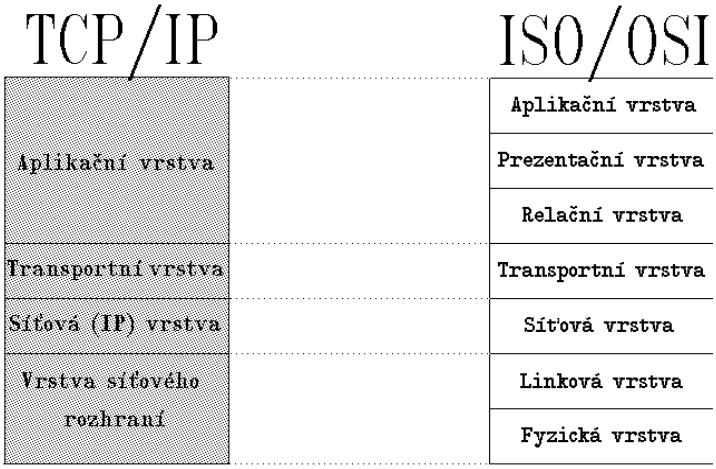
1. Úvod do problematiky

Co je to VoIP

Velmi hezky vypadající zkratka však běžnému člověku nic neřekne. Troufám si říct, že i leckterým IT odborníkům byla tato zkratka před dvěma nebo třemi lety cizí. VoIP je zkratka anglického Voice over IP.
Ačkoliv již zkratka nepůsobí tak cize, tak stále není jasné, co znamená onen pojem IP. Ano opravdu se jedná o pojem. IP je zkratka anglického Internet Protocol, což se dá chápat jako Internet. Tudíž zkratka VoIP je Voice over Internet Protocol a skrývá v sobě přenos hlasu po sítích typu Internet. Český užívaný pojem je IP telefonie[2].
Ve skutečnosti to znamená, že použijete Internet nebo intranet[3] k přenosu hlasu. Z toho plynou dvě podstatné výhody. První výhodou je, že můžete používat běžné telefonní sluchátko, známé od dob pan Bella a druhou výhodou je, že náklady na internetové připojení jsou obvykle fixní a tudíž jsou náklady na provoz VoIP nulové.

Co je to Internet

Internet je celosvětové propojení počítačových a datových sítí na komunikačním protokolu TCP/IP.
Pro internetovou síť není podstatná platforma ani způsob napojení, ale právě a de facto pouze schopnost komunikovat tímto typem protokolu. Tento protokol byl vyvíjen, jak už to tak u kvalitních věcí v naší společnosti bývá, pro armádní účely v sedmdesátých letech minulého století. Jednalo se o propojení počítačových sítí, kdy cesty spojení jsou vzájemně redundantní a zastupitelné. Porušení jednoho článku sítě nezpůsobí dysfunkci sítě jako celku. Určování cesty pro každý paket[4] je individuální a dynamické a zcela závislé na aktuálním stavu sítě v bodě směrování paketů.



Obrázek 2 - Porovnání síťového modelu OSI a modelu TCP/IP

[2] Telefonie je slangové označení pro uskutečňování telefonních hovorů, které se stává obecně závazným pojmenováním.
[3] Intranet je síť typu internet, taktéž založena na protokolu TCP/IP, ale má svého jasného vlastníka a známé uživatele. Obvykle se tak také označují jednotlivé články Internetu.
[4] Paket je základní přenosová jednotka v počítačových sítích. Paket obsahuje samotnou přenášenou informaci a pak dodatečné informace o svém původu a cíly a ostatní transportní informace jako je například kontrolní součet.

Ačkoliv je protokol TCP/IP jedním konkrétním protokolem, tak se spíš jedná o určitý pohled, resp. filosofii nahlížení na počítačové sítě a na jejich konstrukci či správu.
O správnosti této filosofie jasně hovoří úspěšnost celosvětové sítě Internet, která je z hlediska současných technologií naprostým dědečkem a od 70 let minulého století nezaznamenala dramatickou změnu ve svém fungování. Nebylo to prostě třeba.

Přenosový protokol - IP

Přenosový protokol je určen až na třetí vrstvě síťového modelu OSI, tzn. je zcela nezávislý na fyzickém propojení. Fyzické propojení může být tvořeno mnoha různými materiály nebo způsoby propojení. Jako fyzické přenosové médium může sloužit laserový paprsek, mikrovlnné spojení, metalické dráty, optická vlákna všech možných typů, koaxiální kabely, rozvod elektrického vedení nebo telefonní rozvod. IP (Internet Protokol) je navržen jako velice jednoduchý protokol, který upřednostňuje schopnost přenášet informace bez významného řešení samotné spolehlivosti přenosu. Právě tímto je tento protokol tak zajímavý a odlišný od jiných neboť vychází z předpokladu, že správnost a opravy přenášených dat si zajistí protokol vyšší vrstvy síťového přenosu.

Transportní protokol - TCP

Ruku v ruce s tímto síťovým protokolem jde transportní protokol TCP (Transmission Control Protocol). Právě až tato část přenosu zajišťuje aplikační vrstvě korektní a bezchybná data. TCP se stará, aby data byla vyšší vrstvě síťového modelu předávána v pořadí, v jakém byla odeslána a v nezměněné podobě. V případě výpadku anebo porušení jednotlivých paketů se TCP protokol postará o opětovné vyžádání informace a zařazení na správné místo v předávaných informací.

Transportní protokol - UDP

Druhým, a pro nás podstatným, transportním protokolem používaným v sítích typu Internet je UDP (User Datagram Protocol). Tento protokol na rozdíl od TCP nezajišťuje integritu dat. Jinými slovy se dá říci, že UDP pokud neobdrží paket nebo jej obdrží poškozený, tak takovýto paket vynechá a pokračuje. Tento protokol se používá především v situaci, kdy chceme rychle přenášet informace a ne zcela nám záleží na tom, zda informace je celistvá. Přestože se zdá být absurdní, že nám nezáleží na kvalitě a úplnosti přenášené informace, tak na úrovni transportní vrstvy tomu tak opravdu být může. S výrazně zvyšujícím se výkonem počítačů se dá očekávat určitá korekce a dopočítávání dat na úrovni aplikační vrstvy, neboť výpočet může být mnohem rychlejší než žádost o opětovné odeslání paketu.

Co se v návrhu TCP/IP nepovedlo

Hlavním a v podstatě jediným nepříznivým krokem pří návrhu celosvětové sítě Internet bylo určení její adresní schopnosti. Současný adresní plán Internetu je schopný teoreticky adresovat cca 4 miliardy připojených zařízení, což se stává čím dál tím užším prostorem, neboť dnes není výjimkou, že IP adresu mají mobilní telefony nebo televizní přijímače. Jinými slovy - IP adres je nedostatek a jejich přidělování je čím dál tím více složitější.
Současná záchrana v této svízelné situaci je, že existují technologie jak, s adresami šetřit. Jeden z hlavních[5] způsobů je použití technologie NAT[6].

[5] Dalším příkladem šetřením adresního prostoru je http protokol 1.2 a vyšší, který ve své hlavičce každé žádosti přenáší přesný kanonický popis požadavku. V tomto důsledku je možné budovat serverové farmy na provoz tisíců webových stránek pod jednou přidělenou IP adresou.

Dalším řešením je postupná migrace k IPv6. Jedná se o nový adresní plán, který by snad již nikdy neměl být vyčerpán. Jedná se o adresní prostor v řádu 10^{38}. Současný adresní prostor se nazývá IPv4.

Jakou rychlost internetového připojení považují firmy za ideální

Agentura Digimark vydala v listopadu minulého roku studii "Internet v českých firmách 1/2009", která se zabývá českým internetovým trhem business to business a jeho vývojem od roku 2000. Příslušný výzkum byl realizován v listopadu až prosinci 2008 a zúčastnilo se ho 2174 respondentů.

Pro naše účely v první fázi odstoupíme od hlediska, jaký typ internetového připojení považují firmy za ideální, ale hledisko přetransformujeme na velmi související a to „jakou rychlost internetového připojení považují firmy za ideální". Jedná se o dvojí pohled na stejnou problematiku.

Vzhledem k současné intenzivní snaze uspět v konkurenčním boji budeme vycházet z předpokladu, že dnešní střední a velký podnikatelský sektor vyžaduje připojení téměř v každý okamžik dne. Z tohoto pohledu se budeme nadále zajímat pouze o permanentní formy internetového připojení. Taktéž zde prozatím vyjdeme z předpokladu (jakkoliv nereálného), že permanentní typy připojení mají podobnou kvalitu a stabilní rychlost.

Z výzkumu vyplývá, že více než 63% používá rychlost připojení k internetu větší než 1 Mbps, zároveň však 48% firem používá ADSL připojení, které rychlosti ve směru od uživatele do internetu rychlosti 1 Mbps nedosahuje.

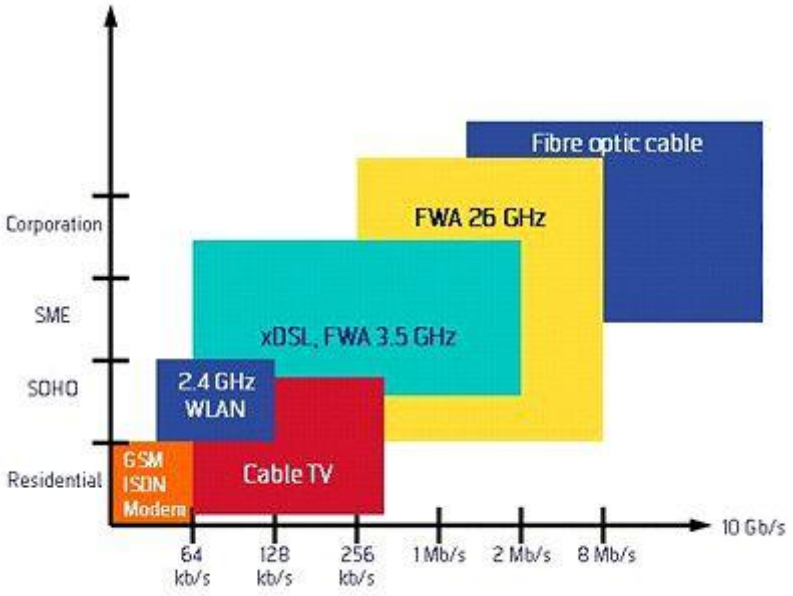
Ze studie taktéž vyplývá, že se svou rychlostí připojení k internetu je spokojeno jen 43% firem a že pouze 8% firem považuje rychlost pod 1 Mbps za dostatečnou.

Jaký typ internetového připojení zvolit

Na tuto otázku není vůbec jednoduché jednoznačně odpovědět. Stejně tak, jako si zákazník může koupit Škodu Fabii Junior nebo BMW řady 7 (oba tyto automobily vás dovezou do Brna), tak si může uživatel Internetu vybrat tzv. dial-up nebo optickou synchronní linku. Ačkoliv nechci svým přístupem kohokoliv urazit, ale po cestě do Ostravy se zmiňovanou Fabií alespoň jednou cestu přeruším, tak s BMW podniknu stejnou cestu, jak se říká na „jeden zátah". Můj původní záměr bezpečně navštívit severomoravskou metropoli bude jistě splněn, ale cena a možná i rychlost tohoto transportu bude neporovnatelná. Stejná situace je i v typech internetového připojení.

Je třeba si uvědomit, že nyní neřešíme pouze prostředí pro VoIP, ale i prostředí jakým budeme komunikovat a využívat veškeré služby celosvětové sítě Internet.

[6] Network Address Table – jedná se o metodu překladu IP adres v hlavičkách jednotlivých paketů.



Obrázek 3 - Rozvrstvení technologií připojení k internetu v závislosti na klientele a požadovaných rychlostí

Dial-up připojení

Jedná se o takzvané vytáčené připojení s teoretickou propustností 56 kbps[7]. V současnosti se jedná o nejrychleji zřiditelnou a dostupnou službu po běžné telefonní lince ať už analogové nebo ISDN (propustnost 64 kbps nebo 128 kbps). Telefonica O_2 Czech Republic, a.s. (dále jen Telefonica O_2 nebo pouze O_2) mívá přibližně 3x do roka marketingové akce, kdy zřízení analogové linky nebo linky ISDN je za 1,- Kč.
Náklady na provoz jsou účtovány podle času stráveného připojením k internetu a to přibližně za 1,31 Kč/minutu ve špičce za prvních deset minut a 0,75 Kč/minutu po desáté minutě připojení.
Tato forma internetového připojení je pro střední podnikatelský sektor nevhodná díky své značně omezené datové propustnosti a vysoké ekonomické nákladnosti. Dial-up připojení je 2x až 70x pomalejší než ADSL a tudíž lze tuto technologii považovat za morálně i technicky překonanou.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ne

GSM – mobilní připojení

Přenos dat je provozován přes mobilní síť jednoho ze třech mobilních operátorů v České republice – Telefonica O_2, T-Mobile, Vodafone. V současné chvíli se používají tři technologie přenosu dat v mobilních sítích GSM.
Datové volání – jedná se o stabilní formu datového přenosu, kdy GSM telefon nemůže být používán k dalším telekomunikačním službám. Propustnost je závislá na technologii sítě a pohybuje se od 9,6 kbps do 14,4 kbps. Zpoplatnění služby vychází od doby připojení cca

[7] kbps – základní jednotka rychlosti přenosu informací. Kilobite za sekundu. Obdobná jednotka je Mbps – Megabite za sekundu.

od 1,- Kč za minutu po 5,- Kč za minutu v závislosti na tarifu. Jedná se o téměř nepoužívanou technologii – obdoba Dial-up připojení z pevné linky.
HSCDS – jedná se o obdobu datového volání, kdy pro příchozí vysílání je využito více kanálů buňky GSM sítě což znamená, že data mohou přicházet až rychlostí 43,2 kbps. Opět se jedná o formu, kdy telefonní přístroj nemůže být vyžíván k jiným službám a zpoplatnění vychází z času stráveného připojením. Taktéž ani tento způsob není hojně používán.
GPRS a EDGE – velice zajímavá služba z pohledu zpoplatnění a zároveň dostupnosti. Nejedná se o nikterak garantovanou službu a služba je definovaná pouze na nevyužitých kapacitách sítě což způsobuje její značnou proměnlivost v čase. Služba se zpoplatňuje buď objemem přenesených dat anebo paušálně. Přenášená data začínají na 0,005 Kč za kB a paušální platby se pohybují cca od 600,- Kč až 800,- Kč za měsíc. Alternativou a technologickým pokračovatelem technologie je zpětně kompatibilní technologie EDGE, kde se za cenových parametrů GPRS dosahují přenosové rychlosti až 236,8 kbps k uživateli a 118,4 kbps od uživatele.
UMTS – jedná se o technologii tzv. 3. generace mobilní sítě. Ačkoliv teoretické maximum propustnosti v pojetí společností O_2 a T-Mobile[8] je 2,2 Mbps download a 1,1 Mbps upload, jedná se o technologii negarantovanou a vysoce geograficky omezenou (pouze velká sídla). Obecně se dá říct, že mobilní technologie přenosu dat v sítích GSM jsou pro nenáročné uživatele a mají sloužit jako doplněk na cestách a ne jako výchozí způsob připojení.

Použitelnost pro IP telefonii: Ne
Vhodnost pro IP telefonii: Ne

CDMA – mobilní připojení

Tato poněkud nová možnost, jak se mobilně připojit k celosvětové síti Internet, se svými technickými parametry jeví jako velmi použitelná, neboť přenosové možnosti jsou cca 1 Mbps k zákazníkovi a 256 kbps od zákazníka.
Toto přenosové médium má samozřejmě velkou výhodu ve své mobilitě a využívá přenosovou síť MNT telefonů mobilního operátora Telefonica O_2 (dříve síť Eurotel) na frekvenci 450 MHz. Nicméně v oblastech s vyšší penetrací služby má daná služba dlouhé odezvy přijímaných paketů, což je pro hlasové služby jeden z hlavních nepříjemných až neakceptovatelných aspektů.
Druhým ne příliš příznivým aspektem této služby je, že vždy potřebujete počítač s USB portem. V současné chvíli se na trhu vyskytují pouze čtyři zařízení, které se používá jako modem na CDMA a jsou výhradně distribuovány společností Telefonica O_2. Ovladače[9] jsou funkční pouze pod operační systémy[10] Microsoft Windows, což způsobuje, že k fungování tohoto typu internetového připojení potřebujete docela značný výpočetní výkon. Absence hardwarového řešení, které by umožňovalo připojení tohoto typu připojení na síťový router[11], činí z tohoto připojení nevhodné řešení. Existují se proprietarní řešení,

[8] Společnost svoji službu UMTS nazývá Internet 4G, jedná se o marketingový klam, neboť 4G mobilní síť není zatím definována a služba UMTS je definována jako 3G technologie. Bohužel však T-Mobile svojí službou Internet 4G nesplňuje parametry 3G sítě a proto nemůže použít označení 3G a používá marketingově 4G.
[9] Ovladač je softwarové vybavení sloužící ke komunikaci mezi současným softwarovým vybavením počítače a hardwarovou komponentou.
[10] Základní softwarové vybavení počítače.
[11] Router je síťové zařízení pracující na IP vrstvě síťového modelu, které má na starost směrování paketů sítí. Router je obvykle na rozhraní dvou a více fyzicky oddělených sítí.

ale spolehlivost pro účely IP telefonie je sporná. Tudíž toto řešení může být „použitelné“ pouze pro jednotlivého uživatele počítače, ale i tak lze pochybovat o vhodnosti pro naše účely. Nákladnost tohoto připojení je cca 700,- Kč za měsíc.

Použitelnost pro IP telefonii: Spíše ne
Vhodnost pro IP telefonii: Ne

Pevné připojení – analogová linka

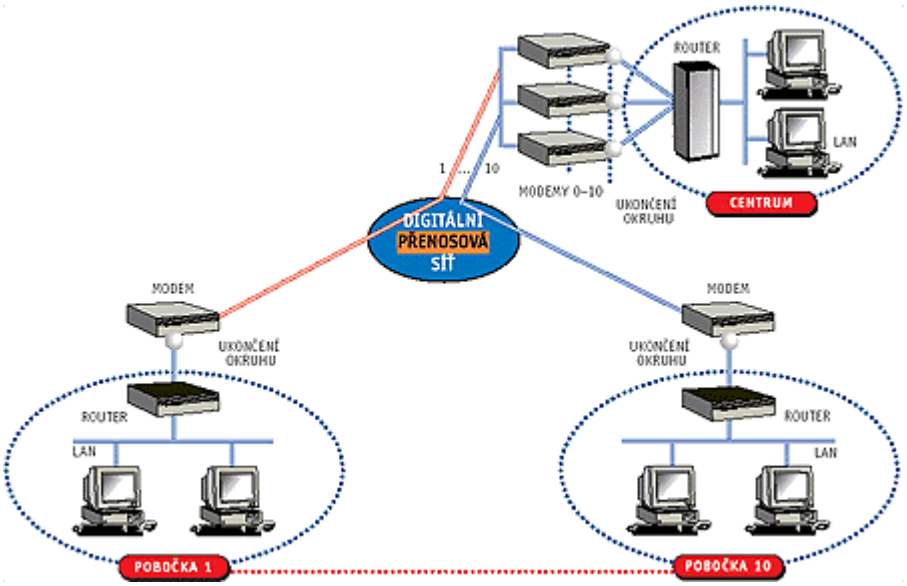
V podstatě se jedná o obdobu běžné vytáčené linky s tím rozdílem, že jste připojeni stále z bodu A do bodu B. Přenosová kapacita na takovéto lince je O_2 garantovaná na rychlosti 33,6 kbps. Výhodnost či nevýhodnost tohoto typu připojení spočívá kontrolovatelnosti provozu a fixním měsíčním paušálu, který se v rámci jednoho kraje pohybuje od cca 1.000,- Kč až 2.500,- Kč podle počtu ústředen, přes které je připojení realizováno. Zajímavostí této linky zajisté je, že díky tomu, jak Telefonica O_2 ještě za dob Českého Telecomu významně zkvalitnila své rozvodné sítě a kabelážní rozvody, tudíž je po tomto datové okruhu možné provozovat rychlost až 2 Mbps v rámci několika kilometrů. Bohužel ironií je, že O_2 si je této situace vědoma a ve chvíli zřízení, přeložení nebo opravy takovéto analogové linky, vkládá do spoje datové zádrže, které omezují frekvenční rozsah přenosového média. V důsledku toho je přenosová rychlost reálně omezena na 33,6 kbps.
V době existence ADSL připojení se význam těchto linek výrazně omezil.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ne

Pevné připojení – digitální linka

Jedná se opět o propojení dvou bodů, ale tentokrát po digitálním okruhu, kdy zákazník nedostává od O_2 pouze pronajatý pár drátů, ale i digitální modemy. Pro zákazníka je situace z tohoto pohledu jednoduší neboť o celou přenosovou trasu se stará O_2 a zákazník dostává data v podobě, kterou si zvolí. Jedná se o přenosovou synchronní[12] kapacitu s rychlostí 64 kbps až 2 Mbps a dokonce i více (34 Mbps a 155 Mbps). Jedná se o velice kvalitní spoj, což bohužel reflektuje i cena, která se v rámci jedné obce pohybuje od 9.000,- Kč za zřízení a 6.800,- Kč měsíčně až po 36.000,- Kč za zřízení a 36.000,- Kč měsíčně.

[12] Synchronním spojem budeme označovat takový typ připojení, který vykazuje stejné parametry a kvalitu na obou stranách spojení a to především ve vysílaných a přijímaných datech.



Obrázek 4 - Digitální okruh

Společnost v naší ukázce využívá digitální pronajaté okruhy k datové komunikaci mezi hlavním centrem společnosti a deseti regionálními pobočkami na celém území České republiky. Centrum je spojeno s pobočkami jednotlivými pronajatými okruhy v digitální síti SDH nebo místní po metalických vodičích. Okruhy jsou u účastníka vybaveny ukončujícím zařízením (modemem), které tvoří digitální rozhraní služby. Toto zařízení je součástí služby.
Zdroj: Telefonica O_2, a.s.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Frame Relay

Máme i možnost neobjednat si vyhrazenou pevnou linku pro svoji komunikaci, ale sdílet přenosové médium s ostatními. Jedná se o technologii Frame Relay. Data se posílají v malých částech, paketech, a my tak využíváme linku, jen když opravdu na Internetu něco potřebujeme. Tarifikace je v těchto případech podle objemu dat, rychlosti jsou stejné jako u předchozího, tedy 64 kbps - 2048 kbps.
Vzhledem k tomu, že se v posledních několika letech objevilo mnoho alternativních a levnějších způsobů jak se na internet připojit, stává se právě tato alternativa ne příliš preferovaná.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Internet po rozvodech kabelové televize

Tento způsob připojení uživatelů k internetu dosáhl v posledních letech velký boom. Hlavní důvodem je, že se jedná o opravdu levný způsob připojení a přitom velice kvalitní. Nákladnost spoje je především z pohledu centrálního/řídicího prvku. Koncová zařízení jsou velmi jednoduchá a díky početné produkci i velmi levná. Hlavním důvodem, proč se Internet po kabelové televizi tak rozšířil je, že došlo k pohlcení drobných kabelových televizí a na českém trhu zůstali de facto pouze dva významní hráči. Společnost UPC a Tesmedia ovládají více jak 95% trhu kabelové televize a svůj Internet provozují pod obchodními názvy Chello a Karneval.

Nespornou výhodou jistě je, že k přenosu se využívají vlastní metalické linky. Na těchto linkách se pak v nevyužitých kmitočtových pásmech posílají data k a od uživatele. Je třeba si však uvědomit, že se jedná o nesymetrické linky, kdy propustnost k uživateli je několikanásobně větší než od uživatele.
Významnou nevýhodou však je, že „prodrátování" kabelovou televizí je vesměs pouze v bytové zástavbě a to především na velkých sídlištích, tudíž obecná dostupnost služby je významně omezena. Cena připojení se pohybuje od cca 400,- Kč až po cca 2.000,- Kč.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

ADSL

Asymetric Digital Subscriber Line neboli ADSL je jednoznačně nejznámější a nejpoužívanější forma DSL technologie. Principiálně se jedná o využití nepoužitých frekvenčních pásem na páru vodičů pro analogovou nebo ISDN telefonní linku. Označení „asymetric" spočívá v tom, že data odesílaná k uživateli proudí mnohonásobně vyšší rychlostí než data od uživatele. Asymetrie většině uživatelů vyhovuje, neboť pokrývá běžné potřeby pro nejpoužívanější službu Internetu, kterou je prohlížení www stránek a e-mail. Stejně tak je možné považovat asymetrii za problém v rozvoji služeb typu Web 2.0 nebo právě IP telefonie.
Současné ADSL linky jsou marketingově nabízeny v rychlostech 8192 kbps pro download[13] a 512 kbps pro upload[14]. Je však nutné poznamenat, že ne ve všech lokalitách jsou takovéto rychlosti technicky možné. Jednak existuje omezení plynoucí ze vzdálenosti přípojky od ústředny, pak také plynoucí z počtu již existujících přípojek na současné ústředně a obsazenosti / existenci zařízení DSLAM[15] a v neposlední řadě na kvalitě kabelů. Tudíž není výjimkou se setkat s ADSL linkami o rychlostech 1024 kbps download a 128 kbps upload nebo dokonce 512 kbps download a 64 kbps upload.
Další omezení plyne z řízení samotného TCP/IP provozu na ADSL linkách. Naštěstí v roce 2008 většina poskytovatelů ADSL služeb ustoupila od používání FUP[16]. Omezení v podobě datové agregace znamená, že smluvně specifikovaná datová propustnost může být sdílena příslušným počtem jiných uživatelů. Nejběžnější ADSL linky mají datovou agregaci 1:50, což v nejhorším případě znamená 163 kbps pro download a 10 kbps pro upload v případě linky 8192/512 kbps (u pomalejších linek je výsledek ještě horší). S cenovým navýšením lze objednávat linky s agregací 1:30, 1:20, 1:4 až dokonce 1:1. Poslední omezení, které zde zmíním, spočívá v tom, že ADSL služba je obecně negarantovanou telekomunikační službou a zákazník vlastně souhlasí s tím, že za službu bude platit, když bude zcela nefunkční. Nízké ceny ADSL přípojek cca 500,- Kč až 2.000,-

[13] Download – rychlost příchozí dat z internetu k uživateli.
[14] Upload – rychlost odchozích dat od uživatele do internetu.
[15] DSLAM je zařízení, které instaluje poskytovatel na telefonní ústředně k poskytování ADSL služeb. V podmínkách České republiky zařízení DSLAM vlastní a provozuje společnost Telefonica O2 Czech republic i v případech, kdy samotnou ADSL službu poskytuje jiný poskytovatel.
[16] Fair User Policy (zkracované FUP) se používá u internetového připojení, kde je datové pásmo sdíleno mezi více uživatelů. Jeho smyslem je zamezit tomu, aby jeden uživatel přílišným využíváním svého internetového připojení omezoval ostatní uživatele. Jeho funkce spočívá v tom, že pokud uživatel během určitého časového období (např. 24 hodin, den, měsíc) stáhne z internetu větší množství dat než smí, tak je nějak postižen. Nejčastěji tím, že se výrazně sníží rychlost jeho internetového připojení. Toto omezení trvá pouze do konce výše zmíněného časového období a pak opět funguje normálně. Internetová připojení s FUP bývají obvykle levnější. Jsou vhodná pro ty, kteří nestahují z internetu větší množství dat.

Kč měsíčně také znamenají, že v případě jednotlivých výpadků operátor nemá patřičný důvod se snažit o odstranění závady v co nejkratším termínu.
Ačkoliv zmíněné negativní argumenty ohledně přípojek ADSL, které zde zazněly, jsou vážné, tak praxe ukazuje, že ADSL je velmi použitelná technologie a pro domácnosti a menší společnosti kvalita převyšuje cenu a je pro IP telefonii s vědomím těchto vlastností dobře použitelná.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

SDSL

Symetric Digital Subscriber Line neboli SDSL, v Čechách označované také jako SHDSL, je vysoce kvalitní a garantovaná forma DSL připojení k Internetu po páru vodičů, který slouží běžně pro analogovou nebo ISDN telefonní linku. Na rozdíl od ADSL na vodiči je provozovaná pouze datová služba a žádná hlasová služba a služba vykazuje symetričnost jak pro upload tak pro download. Po jednom páru vodičů zle dosáhnout rychlost 2 Mbps oběma směry a po dvou párech vodičů dokonce 4 Mbps taktéž oběma směry. Pro zajímavost je dobré uvést, že přenosová rychlost v podstatě vychází z hlasové služby Euro ISDN 30, která disponuje 30 hlasovými kanály, jedním signalizačním a jedním rezervním kanálem o šířce pásma 64 kbps (tato šířka pásma bude vysvětlena níže u popisu přenosových kodeků g.711) tzn. 32 x 64 kbps = 2048 kbps = 2 Mbps.
Díky své ceně pohybující se od 4.000,- Kč měsíčně za 1 Mbps přes 6.000,- Kč za 2 Mbps až po 10.000,- Kč za 4 Mbps a smluvní garanci, jsou výpadky minimální a v případě výskytu jsou jednotlivými operátory velmi rychle a s patřičnou vážností řešeny. Zřízení se pohybuje od 5.000,- Kč až 15.000,- Kč jednorázově. Nicméně je vhodné říci, že se přibližně 2 až 3 krát ročně objevují marketingové akce, které snižují nebo eliminují zřizovací poplatky zcela nebo snižují měsíční paušál jako protiváhu určitého časového závazku.
Obecně lze SDSL službu pro účely IP telefonie více než doporučit.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Bezdrátové připojení – 2,4 GHz (5 Ghz)

Právě tato oblast zažívá boom, neboť technologie jsou široce rozšířené a v důsledku se stávají velmi levnými. Bohužel díky tomuto jevu se tyto technologie dostávají do rukou ne příliš zkušeným „odborníkům“, kteří technologii zneužívají v rozporu se záměrem výrobců nebo navrhovatelů. Mnoho malých firem působících v oblasti informačních technologií používá mikrovlnné spojení na frekvenci 2,4 GHz pro propojování objektů a připojování zákazníků k síti Internet. Tento jev je způsoben především tím, že zařízení pracují právě na této frekvenci tzn. 2,4 GHz, která je českou legislativou označená jako veřejná (znamená to, že kdokoliv a bez jakýchkoliv znalostí nebo odbornosti, může danou frekvenci používat ke svým účelům). Nicméně většina takto používaných zařízení se řadí do kategorie WiFi - technologie, která byla a je designovaná k indoorovému[17] použití. Nasazování takovýchto

[17] Indoorovým nasazením se myslí používání uvnitř budov, ke kancelářským nebo domácím účelům.

indoorových zařízení k outdoorovém[18] účelům vytváří především ve větších městech doslova mikrovlnnou džungli. Právě takoví rádoby odborníci způsobují „bezdrátu“[19] negativní reklamu a naopak pro odborníky, kteří používají outdoorově designované zařízení způsobují nepříjemnosti díky vysokému zarušení prostředí. Indoorová zařízení vysílají informace opakovaně a jsou navržená tak, aby informaci raději zopakovala, než aby ji nějak složitě dopočítávala. Stejně tak tato zařízení poslouchají mnoho přeslechů a odrazů, které vyhodnocují. Toto všechno způsobuje, že města typu Prahy nebo Brna jsou signálem 2,4 MHz zcela zahlcena. K přenosu je možné využít pouze 13 vysílacích kanálů, které jsou od sebe 5 kHz, přičemž šíře jednoho kanálu je 22 kHz.
Pokud se budeme zajímat o propustnost technologie, tak výrobci na svých zařízeních popisují propustnosti 11 Mbps, 54 Mbps nebo 108 Mbps, reálná datová propustnost se dle kvality výrobce liší a pohybuje se v rozmezí 2,5 Mbps až 13 Mbps, a to pouze pokud se bavíme právě o designovaném indoorovém nasazení. V outdoorovém nasazení je situace výrazně odlišná, kde reálná propustnost se pohybuje od 32 kbps po cca 8 Mbps. Je třeba si však uvědomit, že mnoho poskytovatelů „bezdrátu“ však nemá technologii pod kontrolou, nebo dokonce používá zcela nevhodnou technologii (jak bylo zmíněno výše). Troufám si tvrdit, že se na trhu internetového připojení vyskytuje více jak 50% nekvalitní či zcela nepoužitelných „bezdrátů“. Bohužel i ti „dobří“ jsou negativně ovlivňováni těmi „špatnými“.
Díky problému nazvanému „problém skryté stanice“[20], jsou výrazně problematická data vysílaná od zákazníka než data vysílaná k zákazníkovi. V takovýchto bezdrátových sítích se vyskytují vysoké výpadky paketů, což činí toto médium nevhodné pro IP telefonii. Vhodnost takovéhoto řešení je například v rámci internetových kaváren nebo hotelů. Cena se pohybuje cca od 500,- Kč za měsíc až po cca 6.000,- Kč za měsíc.¨

Použitelnost pro IP telefonii: Ne
Vhodnost pro IP telefonii: Ne

Mikrovlnné připojení 3,5 GHz

Nejedná se o nikterak profesionální technologii s velkými propustnostmi, ale z pohledů mikrovlnných spojů se jedná o první kvalitní technologii s centrálními distribučními body tzv. Point-to-Multipoint[21]. Zařízení je velmi vhodné právě pro distribuci internetu a nabízí symetrický datový provoz. Ekonomickou nevýhodou, ale provozní výhodou, je nutnost přidělení a taktéž placení přidělené licence Českým telekomunikačním úřadem, který provoz částečně prodražuje, ale na druhou stranu zajišťuje oproti technologii 2,4 GHz v kmitočtovém pásmu pořádek. Většina technologie nasazená na území České republiky je od výrobců Lucent Technology nebo Brezecom.

[18] Outdoorovým nasazením se myslí používání ve venkovním prostředí a to především k přenosu mezi objekty.
[19] Slangové a vžité označení mikrovlnné technologie.
[20] Problém skryté stanice je způsoben tím, že jedna bezdrátová stanice neví o radiovém provozu druhé stanice a začne vysílat ve chvíli, kdy vysílá ještě druhá stanice a v tu chvíli centrální přístupový bod nevyřídí komunikaci ani od sanice A ani od stanice B a musí se oba přenosy opakovat, což značně zatěžuje pásmo. Tento problém nastává především v topologii Point-to-Multipoint. Problém přímo souvisí s indoorovým designováním zařízení neboť v indoorovém nasazení je vysoký předpoklad, že stanice A bude vědět o provozu stanice B.
[21] Point-to-Multipoint je topologické řešení s jedním centrálním vysílacím bodem, který slouží jako komunikační protějšek více samostatným připojeným klientům. Obvykle je centrální vysílací bod několikanásobně nákladnější než klientské strany komunikace.

Poskytovatelé Internetu a provozovatelé této technologii jsou obvykle profesionální společnosti, které dokáží zákazníkům nabídnout plný komfort TCP/IP protokolu za cenu od cca 1.000,- Kč do cca 6.000,- Kč.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Mikrovlnné připojení 10,5 Ghz – volné pásmo

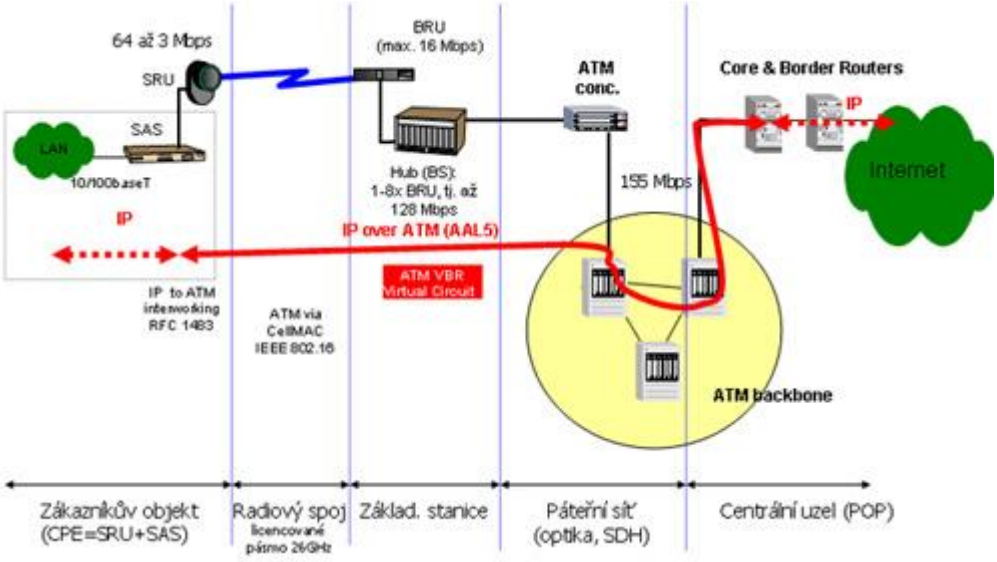
Technologie provozované v České republice na volném pásmu 10 GHz jsou sice v bezlicenčním pásmu, ale jedná se o profesionální zařízení, která jsou určena čistě pro provoz na propojení a přenášení dat mezi objekty. Technologie nabízejí velmi rychlou odezvu a jsou značně stabilní i v nepříznivém počasí. Přenosové rychlosti, které jsou v současnosti na trhu nabízeny se pohybují od 10 do 100 Mbps, ale existují i spoje pro 1 Gbps.Výhodou této technologie je, že se na toto licenční pásmo vztahuje Generální licence Českého telekomunikačního úřadu 4/R/2000, která má prodlouženou platnost do 31.12.2009. Spoje v této technologii se vzájemně téměř neovlivňují a pro zákazníka se chovají jako garantovaný pronajatý digitální okruh. Nespornou výhodou této technologie je, že si ji může zakoupit jakýkoliv subjekt a nemusí následně platit další provozní poplatky ani státu v podobě pronájmu kmitočtového pásma, ani Telefonice O_2 za pronájem kabelů. Tato nezávislost velmi napomáhá uplatňování konkurence, což má za důsledek velmi příznivou cenu v porovnání k získané kvalitě. Hlavními hráči na českém trhu jsou společnosti Miracle, Alcoma a Kontes, kde se cena za pořízení jednoho spoje pohybuje okolo 100.000,- Kč při přenosových kapacitách 10 – 22 Mbps. Za další výhodu této technologie lze považovat možnost nasazení technologie prioritizace paketů na fyzické vrstvě síťového modelu a chování podle standardů ATM. Omezením technologie je, že se jedná výhradně o spoje Point-to-Point[22]. Cena za připojení 8 Mbps se pohybuje okolo 13.000,- Kč měsíčně.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Mikrovlnné připojení technologií FWA 26 Ghz

Snad nejprofesionálnější technologie na hromadnou distribuci datových sítí v místech s vysokou penetrací klientů. Sám za sebe mluví fakt, že odborníci o této technologii mluví jako o „optice vzduchem“. Tato ATM technologie je provozována v licencovaném kmitočtovém pásmu obvykle metodou Point-to-Multipoint. Na fyzické i síťové vrstvě nabízí veškerý komfort současného stavu TCP/IP od běžného routování přes prioritizaci paketů až po automatickou redundanci[23] spojů.

[22] Point-to-Point je spojení v překladu Bod-na-Bod, že distribuce vždy obsahuje dvě totožná zařízení na obou stranách spoje, které jsou vyhrazeny pouze na spolupráci mezi sebou.
[23] Redundance znamená v překladu nadbytečnost a v informačních technologiích se tento termín používá především k označení zabezpečeného výpadku služeb v neočekávaných situacích, kdy systémy automaticky a bez nutnosti zásahu obsluhy, převezmou funkci nefunkčního prostředku. Obecně lze chápat toto slovo jako „záloha“ nebo „záložní“.



Obrázek 5 - Topologie připojení FWA 26 GHz

O tuto technologii respektive kmitočet se v České republice dělí tři společnosti: GTS Novera, BroadNet a Star21; přičemž první dvě jsou internetoví poskytovatelé služeb a společnost Star21 se zabývá čistě pronájmem datových okruhů na této technologii třetím subjektům (samozřejmě i jiným ISP[24]). Přenosové možnosti jsou v řádu do 10 mbps a na vzdálenosti až několika kilometrů při zachování distribučního topologie Point-to-Multipoint. Cena za internetové připojení 1 Mbps se pohybuje okolo 5.000,- Kč, přičemž poznamenejme, že se jedná o naprosto vynikající a bezproblémovou technologii.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

Připojení k optickým sítím

Mluvíme zde o nejmodernější a nejpropustnější technologii, která však je velice omezená svoji dostupností a dá se s ní kalkulovat pouze ve velkých obchodních nebo kancelářských centrech, neboť pouze v budovách s vysokou koncentrací podnikatelských subjektů lze očekávat návratnost investic do této technologie nebo na přenos na velkou vzdálenost.
Běžně používané optické vlákno je určeno k přenosu 100 Mbps nebo 1 Gbps ethernetu na vzdálenost 550m až po vlákna přenášející 10 Gbps na vzdálenosti delší než 60km.
To co dělá tuto velmi efektivní technologii cenově méně přístupnou je samotné pokládání nebo zafukování optických vláken, protože stejně jako jakékoliv jiné inženýrské sítě potřebují souhlas veškerých dotčených subjektů a orgánů veřejné správy jako jsou stavební úřady a s přibývající vzdáleností dotčených subjektů roste náročnost i náklady.
Osobně bych tuto technologii vyčlenil z výčtu alternativ na připojení malého a středního podniku, neboť tato technologie je určena spíše poskytovatelům internetových služeb než samotným uživatelům respektive koncovým zpracovatelům dat a informací.

[24] ISP – Internet Service Provider = poskytovatel internetových služeb

K výše uvedeným skutečnostem je naprosto nerelevantní uvádět ceny v tomto omezeném segmentu a spíše poukázat na odkaz technologie FWA 26 GHz, Point-to-Point spoje 10 GHz nebo SDSL.

Použitelnost pro IP telefonii: Ano
Vhodnost pro IP telefonii: Ano

2. Jak vlastně VoIP funguje

Obecné hardwarové požadavky

Z rozsáhlého úvodu o způsobu jak se v dnešní době připojit k Internetu je patrné, že hlavní důraz v externích hardwarových nárocích hraje významnou roli technologie poslední míle[25].

Mezi základní charakteristiky, které je třeba splnit k úspěšnému provozování Voice over IP jsou:

- **Rychlá odezva linky** – jedná se o tzv. „pingy“[26], které nemusejí probíhat v absolutně nejnižších číslech, ale musejí vykazovat stabilitu (nevýznamnou směrodatnou odchylku). Pro provozování VoIP služeb lze považovat jako dostatečnou odezvu do 50ms, nicméně kvalitního provozu lze dosáhnout i s dvojnásobně trvající odezvou. (ačkoliv mezi dobou odezvy a propustností linky není přímá souvislost, tak na lince 512 kbps se odezva pohybuje okolo 22ms)
- **Nízká chybovost linky** – dalším velmi podstatným faktorem je nízká chybovost linky, která se dá opět ověřit pomocí „pingů“. „Pingem“ nejen že jsme schopni zjistit odezvu linky, ale i ztrátovost či chybovost. Neboť výsledkem testu pomocí příkazu PING je i procentuální chybovost linky. Za chybu se považuje, pokud paket nedojde vůbec anebo se vrátí v pozměněné formě. Třetí formou chybovosti je i tzv. duplikace, která spočívá v tom, že určitý paket se vrátí více než jedenkrát. Tato chyba sice zatěžuje linku a dá se považovat za nepříznivou, ale veškerým současným službám toto nečiní velké obtíže (v případě TCP spojení si daný problém opraví protokol sám a aplikační část se tímto problémem vůbec nezabývá). Jako kritickou chybovost linky lze považovat veškeré hodnoty nad 2% včetně.
- **Minimální datový tok** – ačkoliv by si laik představoval, jak moc je přenos hlasu náročný na propustnost, tak opak je pravdou[27]. V případě přenosu hlasu datovými sítěmi, i obecně při převodu do digitálního světa, se setkáváme s mnoha tzv. kodeky[28]. Reálně používaných kodeků je přibližně 6, přičemž jejich náročnost se pohybuje od 9,6 kbps do 32 či 64 kbps. Nicméně je třeba poznamenat, že oblast přenosu hlasu po Internetu zahrnuje řádově desítky kodeků, mezi kterými jsou „střelci“ s náročností 5 kbps a nebo také „zabijáci“ s náročností 128 kbps (stále se bavíme pouze o hlasových kodecích). Ze zde uvedeného lze snadno vyvozovat, že v současnosti minimální preferované připojení do Internetu s kapacitou 128 kbps je více než dostačující i pro více souběžně probíhajících hovorů. Je však důležité si

[25] Vzhledem k tomu, že vnitřní intranetová infrastruktura poskytovatelů má mnohonásobně vyšší kvalitativní požadavky než jednotlivá připojení zákazníků je determinujícím článkem kvality celého internetového připojení technologie užitá nejblíže k zákazníkovi. Tento poslední článek připojení se nazývá „poslední míle“. Nutno však poznamenat, že se na českém trhu vyskytuje mnoho rádoby ISP, kteří jsou naprosto neodborní a i jejich páteřní síť není vybudována na kvalitní technologii a tudíž nekvalita připojení může pocházet právě z těchto neprofesionálních topologií.

[26] PING – základní příkaz TCP/IP sítí. Podle doporučení RFC musí každé zařízení pracující na TCP/IP síti umět pracovat a především odpovídat na příkaz/paket PING. Jedná se o příkaz, který otestuje průchodnost cesty TCP/IP síti z bodu A do bodu B a nazpět, přičemž výsledem je časový údaj, který udává zpoždění od vyslání paketu do jeho přijetí.

[27] Pozn. autora: Když jsem se v praxi, přibližně před sedmi roky, setkal s VoIP, byl jsem nadmíru překvapen, jak může být záznam hlasu nenáročný, neboť při datových tocích například při přehrávání CD a nebo jistě velice úsporných mp3 jsem očekával náročnost mnohonásobně vyšší.

[28] Kodek = způsob zakódování analogového signálu do digitální podoby. Slouží k ukládání hlasu/zvuku na digitální nosiče a ke zpětnému přehrávání.

uvědomit, že se jedná o neustálý a vyrovnaný datový tok, což znamená, že i když nemluvíte anebo mluvíte málo je obsazena celá šíře datové náročnosti a nedostatky v datové propustnosti jsou trestány naprostou nefunkčností služby.

Jednoznačně platí, že zájemci, kteří by rádi využívali VoIP, by měli zapomenout na připojení přes dial-up (z ekonomických důvodů), GSM (z technologických a datových důvodů), CDMA (z důvodů nepřipojitelnosti k LAN a částečně z datových důvodů) a především a naprosto nekompromisně WiFi – 2,4 GHz (z důvodů zarušenosti kmitočtového pásma a zneužívání indoorových technologií k outdoorovým řešením viz. kapitola Bezdrátové připojení – 2,4 GHz (5 Ghz).

Dalšími hardwarovými požadavky mohou být nároky na firewall[29], NAT[30] router, výpočetní výkon jednotlivých pracovních stanic nebo na audio soustavu uživatelů VoIP. Tyto aspekty probereme u jednotlivých řešení.

Nakročení do světa IP telefonie

Obecně se dá říct, že existují tři způsoby jak do světa Voice over Internet Protokol vstoupit.

- Využití obyčejné pracovní stanice s přístupem na Internet, zvukovou kartou pro záznam a přehrávání zvuku a samozřejmě patřičným software
- Využití tzv. VoIP telefonů připojených do počítačové sítě, která je opět připojena k Internetu. V podstatě se jedná telefonní přístroj, který na první pohled uživatel nerozezná ani vzhledem ani chováním. Jediný a pro nás hlavní rozdíl oproti běžnému telefonnímu aparátu je, že je připojen k počítačové síti místo k JTS[31].
- Nasazení VoIP Gateway buď ve funkci telefonní ústředny nebo pouze jako poskytovatele vnější linek (možnost připojení běžného analogového aparátu nebo analogové ústředny).

Sestavení telefonního hovoru ve VoIP

Jestliže budeme vycházet z předpokladu, že již víme, na jaké IP adrese máme hledat protistranu naší komunikace, tak již zbývá zahájit samotné spojení - telefonní hovor. Úplně zpočátku se pošlou signalizační pakety (data), která zjistí, zda protistrana je ochotna navázat hovor (protistrana může právě hovořit, nebýt dostupná nebo může přijímat pouze preferované hovory). Jestliže je všechno v pořádku, tak systém VoIP začne vysílat informace o sestavení hovoru, kdy se strany domlouvají na parametrech hovoru, kde jedním z nejdůležitějších jsou komunikační porty[32] na jedné a druhé straně a pak hlasový kodek. Do této chvíle probíhá veškerá komunikace pomocí protokolu TCP (viz. Transportní protokol - TCP), neboť doručení veškerých informací je zcela nezbytné pro správnou funkci.

V této fázi se zahajuje samotné sestavení hlasového hovoru s parametry, které byly vyjednány v předchozích krocích. Jelikož již není nezbytně nutné, aby veškeré informace přišly ve správném pořadí, a už vůbec ne zcela neporušené nastupuje na řadu komunikační

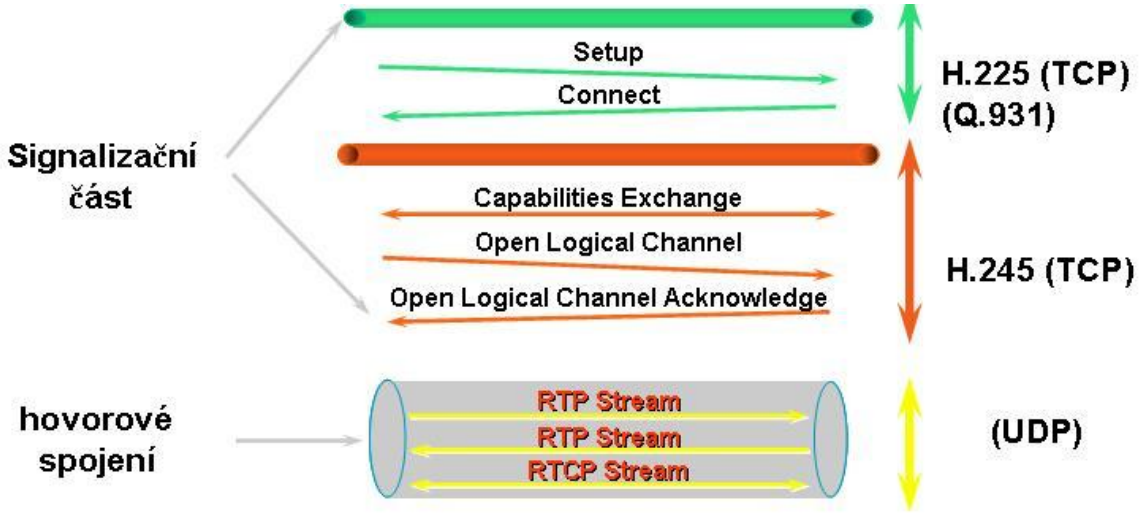
[29] Bezpečnostní brána zabraňující komunikaci pro nežádoucí aplikace, komunikaci nežádoucím způsobem s žádoucími aplikacemi nebo komunikaci s nežádoucími uživateli či systémy.

[30] Network Address Table – technologie sloužící překladu IP adres v hlavičkách IP paketů. Slouží k připojení i rozsáhlé lokální sítě k Internetu přes jednu tzv. veřejně doroutovatelnou IP adresu.

[31] Jednotná Telefonní Síť

[32] Každé zařízení pracující na protokolu TCP/IP používá ke své komunikaci tzv. porty, kterých máme k dispozici 65.536. Každá aplikace mívá své standardní komunikační porty a každé jednotlivé spojení je přesně definováno dvěmi dvojicemi IP adresy a portu. Příkladem standardních komunikačních portů je např. služba http s portem 80, http s portem 443, smyl s portem 25, terminálová služba 3389, ….

protokol UDP (viz. Transportní protokol - UDP). Tento protokol posílá do sítě data, aniž by čekal na odezvu, zda data docházejí nebo zda jsou na druhé straně správně interpretována. Protokol se nikterak nestará o opravu. Pokud je nějaká korekce potřeba, musí se o ni postarat již pouze aplikační vrstva. Toto chování je právě typické pro služby typu VoIP, neboť nás, zjednodušení řečeno nezajímá, zda protistrana řekla „š“ nebo „č“ a zda řekla nebo neřekla „e“, ale je pro nás důležité, aby hlas přicházel z místa A na místo B v realném čase a případné výpadky jsme ochotni tolerovat. Tolerence spočívá v tom, že jeden paket neobsahuje jedno písmeno nebo slovo, ale pouze nicotný fragment, který pokud neuslyšíme, tak ani nezaznamenáme jeho absenci. Zároveň hlasové kodeky provádějí své vlastní korekce, které možnost absence těchto fragmentů ještě snižuji. Dále je pro nás nezajímavé, aby kvůli jednomu „toulavému“ paketu se pozdržoval celý provoz anebo pozdě příchozí paket byl zařazen do hovoru později, kde by spáchal více škody než užitku.



Obrázek 6 - Průběh navázání VoIP spojení

Na ukončení hlasového spojení opět poslouží TCP komunikace stejného charakteru jako při sestavování hovoru, kterou se celé spojení řádně ukončí.

Směrování telefonních hovorů

V současném stavu VoIP se dá rozlišovat mezi dvěma způsoby jak telefonický hovor přes IP protokol zahájit. Pravděpodobně nás napadá, že hlavním problémem jak si s někým po Internetu popovídat je vědět kde náš požadovaný protějšek je. Problém ani tak nespočívá v geografickém rozmístění, ale právě ve znalosti IP adresy protějšku, resp. IP adresy zařízení, které jedné a druhé straně zajišťuje možnost VoIP.

Přímé směrování

Jestliže budeme znát přesné rozmístění (IP adresy) protějšků, se kterými chceme komunikovat je situace velice jednoduchá, neboť můžeme zahájit pokus o navázání VoIP spojení bez žádosti třetí straně o informaci kam vlastně spojení směřovat.
Velice jednoduše se dá představit, že náš počítač (zařízení) disponuje pro nás dostatečným telefonním seznamem a umí se vypořádat s každým požadavkem o spojení.
Výhoda je zřejmá: nejsme závislí na žádné třetí straně, která by si mohla, a většinou to tak bývá, nechat platit za poskytování informací. Podstatná nevýhoda je, že pokud máme naši oblast zájmu VoIP o počtu několika desítek zařízení či snad tisíců, je udržování aktuálnosti těchto telefonních systémů velice problematická záležitost. V takovou chvíli je vhodné zvážit poněkud flexibilnější řešení v podobě nějakého centralizovaného systému, který náš

„telefonní seznam“ bude udržovat a všichni se ho budou dotazovat. Je třeba však zmínit, že takovéto systémy nejsou úplně levnou záležitostí a i jejich provoz potřebuje značnou dávku zkušeností a tudíž nákladů na provozování.
Přímé směrování je velice vhodný způsob jak za velmi nízkých nákladů do světa VoIP vstoupit a pokusit se s ním seznámit. Všechna zařízení, která podporují přímé směrování hovorů, dokáží spolupracovat s centrálním systémem, tudíž při dalším kroku nedojde k znehodnocení investic.

Centrální směrování hovorů – Gatekeeper, Proxy server

Jestliže jsme mluvili o centralizovaném směrování hovorů, měli jsme namysli jakousi obecnou autoritu, která je informovaná, kde se právě jaký účastník nachází. Zároveň je tato autorita informovaná o jeho stavu (telefonuje, odmítá hovory, odpojeno, …) a jeho možnostech komunikace. Ačkoliv se v této práci věnuji jen a pouze přenosu hlasu po Internetu, tak je třeba upozornit, že do služeb VoIP se řadí i videokonference, televize, video on demand a jiné realtime[33] přenosy.
Takovéto centralizované autoritě se říká Gatekeeper. Gatekeeper znamená v překladu „strážný“, což docela dobře vystihuje jeho funkci. Jedná se v podstatě o rozsáhlou databázi o VoIP zařízeních a jimi požadovanými nebo poskytovanými službami. Z hlediska sítě se jedná o server poskytující určitý typ informací sloužící výhradně pro VoIP služby. Z tohoto pohledu se dá chápat server Gatekeeper jako server DNS[34]. Podstatou Gatekeeperů je, že sdružují větší či menší množství informací, na které jsou dotazováni a v případě, že dotaz neumějí vyřídit pomocí svých znalostí, znají odkazy na jiné Gatekeepery, které opět buď dotaz dokáží vyřídit, nebo znovu přesunou dotaz na svého chytřejšího kolegu. Tento proces probíhá tak dlouho dokud není požadovaná informace zjištěna anebo pokud není vyčerpán celý systém Gatekeeperů na zodpovězení dotazu a dotaz se tak stane nevyhodnotitelným.
Celý problém se dá také popsat z druhé strany. Pokud chcete, aby se Vám na vaše VoIP zařízení mohli dovolat předem neočekávaní telefonisté, tzn. aby VoIP zařízení fungovalo stejně jako běžná telefonní linka, potřebujete Gatekeepera. Ještě k jedné věci poslouží Gatekeeper: může se dovolat „omyl“, neboť informace o vašem VoIP zařízení se stane veřejnou a tudíž i dotelefonování bude dostupné široké veřejnosti.

Propojení telekomunikačních sítí – přechod VoIP x JTS

Jestliže máme na mysli telefonní síť, tak jak si ji dokáže představit většina lidstva, máme na mysli zařízení, které po navolení správného kódu (telefonní číslo, slovo, jméno, …) nás dokáže spojit s protějškem. Uživateli telefonního přístroje, který tuto komunikaci zprostředkovává, je vcelku jedno zda jeho hovor jde podmořským optickým kabelem, přes čtyři satelity na oběžné dráze Země, nebo po vodiči umístěným pod omítkou. Uživatel chce pouze mluvit s druhou stranou. Zrovna tak je uživateli lhostejné, zda telefonuje z modrého nebo zeleného telefonního přístroje nebo z multimediálního počítače.

[33] Real-time je obecné označení v informačních technologiích, kdy dochází výměně informaci nebo zpracování dat v reálném čase. Znamená to, že nedochází k dodatečným zpracováním dat po pořízení anebo před spotřebou.
[34] Domain Name Servis – zjednodušeně se dá vysvětlit jako systém překladu adres. Jelikož pamatování si adresy ve tvaru například 195.47.85.77 je příliš obtížné, tak pro lidské zapamatování je mnohem snazší zapamatovat si pouze www.seznam.cz. Systém DNS právě dokáže tento převod obstarat. Situace je samozřejmě mnohem komplikovanější při adresaci IPv6, kdy adresa vypadá například 3ffe:ffff:100:f101:210:a4ff:fee3:9566, což už jistě zapamatovatelné moc není.

Je zřejmé, že aby v průběhu přenosu hovoru mohly být měněny transportní technologie, je třeba, aby existovaly určité převodníky. Těmito převodníky označujeme tzv. gatewaye neboli brány.
Brána je zařízení na rozhraní dvou nebo více komunikačních technologií například VoIP, JTS[35] a GSM[36]. Takovéto zařízení zná a umí komunikovat se všemi připojenými sítěmi a především umí komunikaci z jedné technologie překládat do druhé a naopak. Tímto zařízením je zajištěna propojitelnost těchto systémů a zároveň uživatelům nabídnuta možnost komunikovat v naprosto technologicky rozdílných sítích.

[35] Jednotná telefonní síť – historicky užívané označení o běžnou telefonní síť (často označovaná také za „pevnou linku“). Odborně se JTS označuje jako PSTN.
[36] Označení pro mobilní telefonní přístroje využívající celulární způsob komunikace.

3. Komunikační protokoly ve VoIP sítích

Protokol H.323

Protokol H.323 je stěžejním protokolem pro Voice over IP. Obvykle se pojem VoIP a H.323 považují za téměř synonyma jen s rozdílem pohledu na stejnou věc. Musíme však poznamenat, že protokol H.323 je robustní a relativně hodně starý protokol, který zastřešuje velkou rodinu protokolů. Díky této robustnosti nebo lépe komplexnosti je tento protokol značně určujícím v celé technologii VoIP, kde zavádí terminologii. Ačkoliv terminologie je v každém protokolu odlišná, principy funkčnosti jsou vesměs zachovány.
Z tohoto důvodu jsem se pro obecnou pochopitelnost tématu rozhodl používat především terminologii z protokolu H.323 místo striktního používání terminologie, kterou s sebou váže daný protokol. Příkladem může být označení Gatekeeperu, který je například u protokolu SIP (viz. kapitola Protokol SIP) nahrazen funkcí zařízení, které se označuje jako SIP proxy.

Historie

Protokol označený jako H.323 doposud prošel čtyřmi verzemi: H.323v1, H.323v2, H.323v3 a H.323v4. Verze 1 nazvaná "Visuální telefonní systémy a zařízení pro LAN, které neposkytují zaručenou kvalitu služeb" byla přijata 16 v říjnu 1996. Tato verze neposkytovala garantovanou kvalitu služeb. Zařízení vyráběná v této době pro VoIP komunikaci byla nekompatibilní z důvodu neexistence doporučení, kterým by se měli výrobci řídit. S rozšiřováním VoIP vyvstaly požadavky uskutečňovat spojení mezi klasickými telefonními sítěmi a přístroji založenými na technologii VoIP. Z těchto důvodů byla v lednu 1998 sestavena H.323 verze 2 nazvaná "Systémy paketové multimediální komunikace". Verze 3 byla přijata v září 1999. Tato verze přinesla jen několik důležitých vylepšení do hlavního doporučení. Většina změn se týkala doplňků H.323. Naproti tomu verze 4 přinesla mnoho vylepšení, týkajících se zejména spolehlivosti, rozšiřitelnosti a pružnosti - byla přijata v listopadu 2000.
V dnešní době je H.323 stále upravován a obohacován o dosud nespecifikované části, jako je např. komunikace mezi gatekeepery (viz. kapitola Gatekeeper), přenos faxů po paketových sítích a mechanismy rychlého sestavování spojení.

Hlavní výhody protokolu H.323

- **Kompatibilita zařízení**
  H.323 ustanovuje doporučení pro kompresi a dekompresi multimediálních dat, a tak zaručuje kompatibilitu zařízení, která jsou vyráběna různými výrobci. H.323 také určuje společné nastavení těchto zařízení a společné řídící protokoly.
- **Síťová nezávislost**
  H.323 je zkonstruován k běhu na nejvyšších vrstvách OSI[37] modelu, a tak je umožněna jeho nezávislost na určitém druhu sítě. Nicméně je však třeba poznamenat, že sítě typu TCP/IP se jeví jako nejvíce vhodné, resp. nemají závažné nedostatky, čímž by získával výhodu jiný síťový protokol.
- **Podpora různých platforem**

[37] Open Systems Interconnection

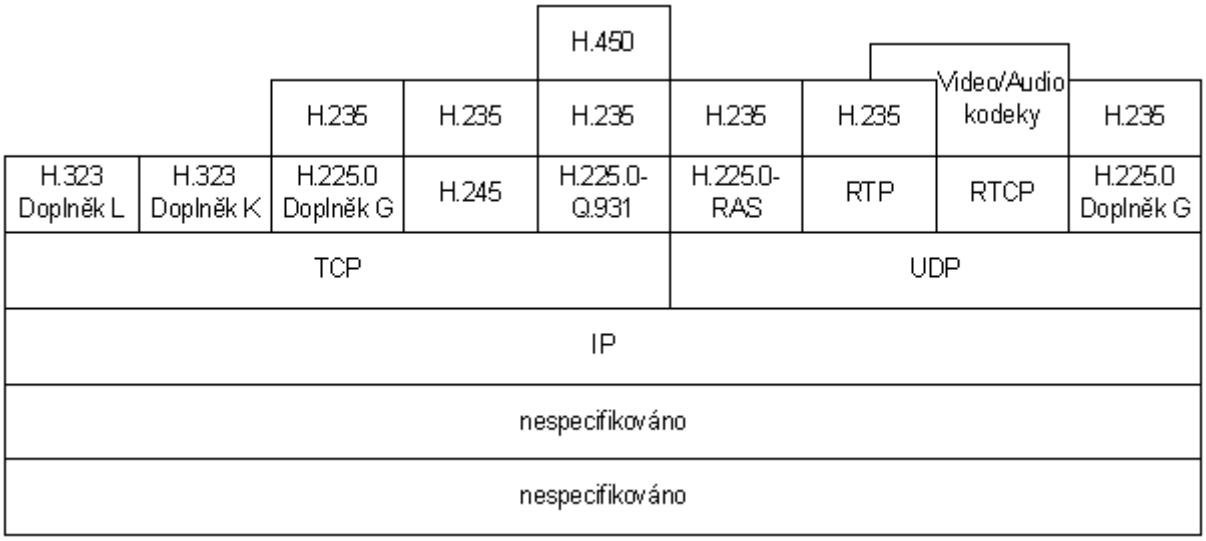
H.323 není vázán na žádný hardware nebo operační systém. Spolupracující systémy mohou být např. multimediální osobní počítače, jednoúčelové platformy, IP telefony atd.

- **Podpora konferenčních spojení**
  H.323 umožňuje konference se třemi a více terminály bez vyžadovaní speciální řídící jednotky. Při použití této speciální jednotky, označované jako MCU[38], lze však uživatelům poskytnout více výkonnou a flexibilní architekturu. Konferenční schopnosti mohou být implementovány i v jiných komponentách H.323.
- **Řízení zatížení sítě**
  Přenosy multimediálních dat v reálném čase jsou náročné na šířku přenosového pásma a mohly by zahltit síť. H.323 řeší tento problém poskytováním řízení zatížení sítě. Toto řízení může omezovat počet současných H.323 spojení v síti nebo množství přenosové kapacity pro jednotlivá spojení. Tyto omezení zajišťují, že "kritický" provoz nebude nijak omezován.
- **Podpora skupinového šíření**
  H.323 podporuje v konferenčních spojeních skupinové šíření dat tzv. multicast. Skupinové šíření posílá jeden paket do podmnožiny cílů. V protikladu jednoduché šíření (unicast) posílá data zvlášť každému zúčastněnému terminálu a tím je síť využívána neefektivně. Skupinové šíření využívá přenosovou kapacitu lépe, pokud všechny stanice ve skupině přijímají jediný datový tok.
- **Pružnost / flexibilita**
  H.323 konference může zahrnovat terminály s různými vlastnostmi, např. terminál s vybavením pro přenos hlasu se může zapojit do konference, kde se používá video a datový přenos. Dále terminál může např. sdílet datovou část video konference jen datovým terminálům, zatímco sdílí hlas, video a data s jinými terminály.

Protokolová výbava protokolu H.323

Protokoly zajišťující signalizaci a zabezpečený přenos dat: H.225.0-Q.931, H.245, H.225-RAS, H.450, H.235
H.323 doplňky: H.225.0 doplněk G, H.323 doplněk K, H.323 doplněk L
Protokoly pro přenos multimediálních dat: RTP, RTCP
Audio kodeky: G.711, G.723.1, G.726, G.728, G.729
Video kodeky: H.261, H.263, H.263 verze 2
Související doporučení: H.320, H.324, T.120

[38] Multipoint Control Unit



Obrázek 7 - Schéma protokolů rodiny H.323

Rodina protokolů H.323 je velmi obsáhlou sadou ke komplexnímu řešení komunikace v přenosu hlasu nebo obrazu.

Tabulka 1 - Přehled hlasových kodeků v protokolu H.323

Kodek	Přenosová rychlost (kb/s)	Zpoždění algoritmu (ms)	MOS
G.711	64	0.125	4.0
G.723.1	5.3	37.5	3.9
G.723.1	6.3	37.5	3.6
G.726	32	0.125	3.85
G.728	16	0.625	3.61
G.729	8	15	3.9

MOS (Mean Opinion Score) popisuje kvalitu přijímaného hovorového signálu pomocí stupnice v rozsahu 1 až 5.

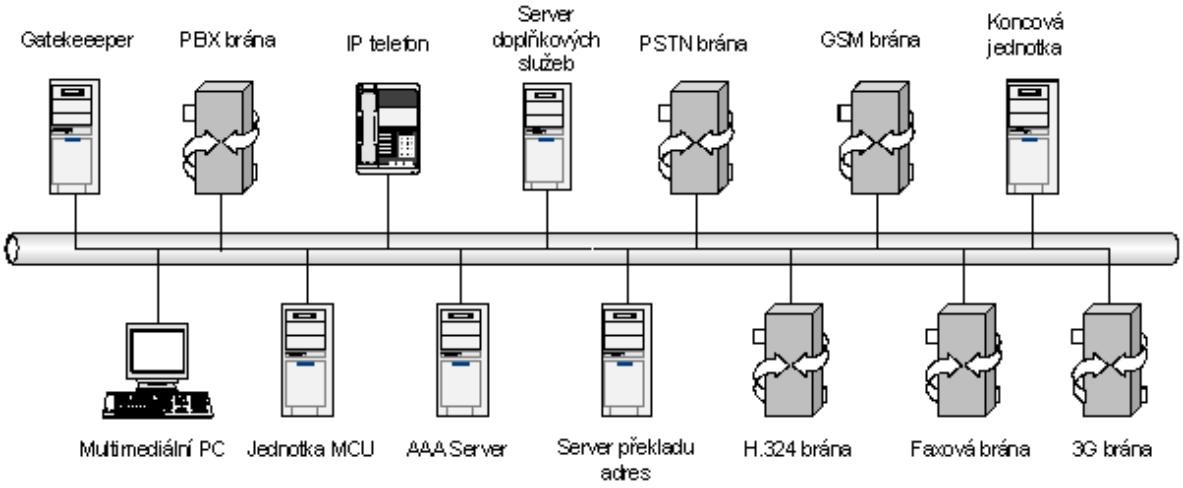
Tabulka 2 - Význam hodnoty MOS

MOS	Kvalita přijímaného hovorového signálu
1	nevyhovující
2	nízká
3	střední
4	dobrá
5	vysoká

Komponenty H.323 sítě

Síť zařízení pracujících na protokolu H.323 se rozděluje do tzv. zón. Jedna zóna obsahuje veškerá zařízení připojená k jednomu Gatekeeperu. Někdy se také místo označení zóna užívá pojem administrativní doména. De facto pod zónou si můžeme představit všechna zařízení, které se chovají a dodržují určitá pravidla správce/provozovatele této zóny.

Vzhledem k robustnosti protokolu H.323 a k tomu, že uživatelé chtějí integrovat co nejvíce služeb do jedné, může a obvykle bývá škála připojených zařízení dosti rozmanitá.



Tabulka 3 - Zóna H.323 sítě

Gatekeeper, brána a jednotka MCU jsou logická zařízení H.323, mohou však být realizována v jakýchkoliv kombinacích s využitím jednoho fyzického zařízení. Je dokonce možné, že veškerá zařízení kromě terminálů jsou integrovaná v jednom fyzickém zařízení. Na druhou stranu toto nebývá příliš častý jev, neboť se pak stává velice problematická redundance (dostupnost systému v případě havárií).

Terminál

Terminály jsou koncové body, které umožňují obousměrnou multimediální komunikaci v reálném čase. Všechny terminály musí podporovat hlasovou komunikaci; video a datové přenosy jsou nepovinné. Stejně tak je i nepovinná schopnost používat MCU jednotku pro skupinové / konferenční hovory.
Terminály jsou nejčetnější jednotky ve VoIP sítích.
V našem schématu zóny se jedná o: IP telefon a Multimediální PC

Brána – gateway

Brána je nepovinný prvek v H.323, který slouží k propojování H.323 sítí s jinými druhy sítí (většinou se jedná o sítě pracující na principu přepojování okruhů - H.323 sítě pracující na principu přepojování paketů). Dále brána provádí transformaci audio a video formátů (kodeků) a provádí zřízení a ukončení spojení v obou propojovaných sítích.
Brány nejsou vyžadovány v případě, že není potřeba uskutečnit spojení s jinou sítí tj. pokud koncový bod komunikuje s druhým koncovým bodem ve stejné sítí. Terminál pro komunikaci s bránou používá protokoly rodiny H.323. Na straně propojované sítě používá brána specifické protokoly pro danou síť.
Nejběžnější typy H.323 bran jsou pro propojení následujících sítí:

- PSTN (hlas)
- PSTN (fax)
- PSTN (H.324)
- GSM
- PBX

Mnoho funkcí brány není doposud definováno, např. počet současně komunikujících terminálů, počet současných nezávislých konferencí, konverze audio/video/dat, funkce pro konferenční spojení atd. Implementace těchto funkcí je závislá na konkrétním výrobci.

Gatekeeper

Gatekeeper vykonává dvě důležité funkce při řízení přenosu. První je převod adres do tvaru použitelného pro H.323. Druhá funkce je řízení přenosové kapacity. Řízení přenosové kapacity se použije např. v případě, že v síťovém managementu byl specifikován maximální počet současných spojení v LAN - gatekeeper pak může odmítnout uskutečnit další spojení při překročení této hodnoty. Účelem je limitovat celkovou přenosovou kapacitu využívanou H.323, zbytek kapacity může být použit pro ostatní síťové služby jakou jsou elektronická pošta a www stránky. Rozsah oblasti správy gatekeeperu definuje H.323 zónu.Gatekeeper je pro každou zónu centrální řídící prvek, který určuje a zároveň vynucuje pravidla chování v H.323 síti.
Doporučenou (ale užitečnou) funkcí gatekeeperu je schopnost směrovat H.323 přenosy. S využitím této funkce může být mimo jiné hovor efektivněji kontrolován nebo přesměrován na jiný koncový bod v případě nedostupnosti původního.
Gatekeeper není povinnou komponentou H.323. Pokud ale je přítomen, všechny terminály jsou povinny využívat jeho služeb. V opačném případě komunikují terminály přímo mezi sebou. (viz. Směrování telefonních hovorů)
Vyžadované funkce gatekeeperu:
Překlad adresy - Překlad "aliasové[39]" adresy na transportní adresu pomocí překladové tabulky.
Řízení přístupu - Přístup může být založen na autorizaci, momentální přenosové kapacitě a několika dalších kritériích. Pokud je řízení přístupu vypnuto, tak jsou přijímány všechny požadavky na spojení.
Řízení přenosové kapacity - Řízení přenosové kapacity zahrnuje provádění požadavků na šířku přenosového pásma. Je-li řízení přenosové kapacity vypnuto, tak jsou přijímány všechny požadavky na změnu šířky pásma.
Oblastní management - Gatekeeper poskytuje doplňkové služby pro terminály, jednotky MCU a brány, které jsou registrovány uvnitř zóny řízené gatekeeperem.

Jednotka MCU

Jednotka MCU (Multipoint Control Unit) umožňuje konferenci mezi třemi a více terminály a zároveň určuje přenosové vlastnosti konference (např. volba kodeku). Jednotky MCU mají schopnost převádět multicastový typ přenosu dat (data jsou posílána z jedné stanice do skupiny stanic) na unicastový typ přenosu (data jsou posílána jen k cílové stanici a obráceně). Jednotka MCU se skládá z MC (Multipoint Controller) a MP (Multipoint Processor). MC řídí sestavování konference tj. zjišťuje vlastnosti terminálů v konferenci, inicializuje a ukončuje kanály pro hlasové, obrazové a datové přenosy. MP zpracovává multimediální data přenášená v konferenci. Použití MC je povinné, zatímco použití MP je volitelné. Pokud jsou použity MP tak jedna nebo více MP mohou být umístěny samostatně v síti (mimo jednotku MCU).

[39] Alias je v počítačové terminologii obvykle považován za synonymum, ale v jiném systému označení. Například www.seznam.cz může být alias pro IP adresu 212.13.45.47

Koncová jednotka

Koncová jednotka poskytuje přístup vnějším zařízením do H.323 zóny. Tato jednotka je využívána při překladu adres, ověřování přístupu a hlášení o využívání síťových prostředků.

Server překladu adres

Tento server je využíván pro překlad adresy koncového bodu, kterou nelze použít pro směrování v sítí. Jsou to např. URL (Universal Resource Locator) adresy, e-mailová adresa atd. Protokol pro komunikaci mezi serverem překladu adres a jednotlivými H.323 koncovými body není dosud definován. Komunikace se serverem může probíhat přímo nebo nepřímo za využití gatekeeperu (častější případ).

AAA server

AAA (Authentication, Authorization, Accounting) server provádí ověřování, autorizaci a účtování u definovaných služeb. Protokol pro komunikaci mezi AAA serverem a jednotlivými H.323 elementy není dosud standardizován. Koncové body mohou komunikovat s AAA serverem pomocí gatekeeperu.

Server doplňkových služeb

Tento server poskytuje doplňkové služby H.323 sítím jako např. zaparkování a vyzvednutí hovoru, hlasovou schránku nebo informace o zmeškaných hovorech. Protokol pro komunikaci s jednotlivými H.323 elementy je standardizován v H.323. Koncové body mohou komunikovat se serverem přímo nebo nepřímo pomocí gatekeeperu.

Protokol SIP

Protokol SIP (Session Initiation Protocol) je založen na jiné koncepci než je tomu u robustního H.323 protokolu. Jedná se o textový protokol, svojí strukturou obdobný protokolu HTTP[40] nebo protokolu SMTP, používanému pro přenos elektronické pošty. Jednotlivé zprávy sestávají z posloupnosti textových hlaviček. Vytváření a rozpoznávání těchto zpráv na straně odesílatele, resp. příjemce je jednodušší než u binárních zpráv, které používá protokol H.323. Implementační problémy se také mnohem snadněji ladí[41]. K analýze postačí pouhé zachytávání paketů namísto u binárních zpráv, kde je třeba použít složitých analyzátorů.
Protokol SIP nespecifikuje jaký má být použit transportní protokol. Obvykle se proto používá protokol UDP, který lze snadno implementovat. Protokol SIP je určen pro spojování, rozpojování a správu spojení mezi dvěma nebo více účastníky. Není svázán s žádnými konkrétními protokoly pro vlastní přenos multimediálních dat. Uvnitř zprávy protokolu SIP pro navázání spojení je proto zapouzdřena zpráva jiného protokolu, který specifikuje použitá kódování pro multimediální data, jejich parametry a čísla portů, na kterých mají být data vysílána nebo přijímána. Obvykle se pro tento účel používá protokol SDP (Session Description Protocol), který je rovněž textový.

SIP poskytuje následující služby:

[40] Hyper Text Transfer Protokol – protokol sloužící k přenosu WWW stránek
[41] Laděním se označuje postup odzkoušení funkčnosti v informačních technologiích, kdy postupnými kroky je možno přesně identifikovat funkční a nefunkční části a následně učinit kroky k odstranění těchto nedostatků.

- **lokalizace uživatele** – určení koncového systému pro danou komunikaci,
- **navázání spojení** – stanovení parametrů pro volající a i volanou stranu,
- **dostupnost uživatele** – zjištění (volitelné) dostupnosti volané strany a sledování přítomnosti,
- **uživatelské možnosti** – určení média a jeho parametrů.

SIP naproti tomu :

- **neprovádí management** interaktivních relací po jejich navázání,
- **neumí zajistit požadovanou kvalitu služby (QoS[42]),** protože neumí upřednostňovat některý provoz ani rezervovat potřebné síťové prostředky, ale může spolupracovat s protokoly, které se o zajištění QoS mohou postarat (např. RSVP),
- **není protokol určený k přenosu velkého objemu dat**, jako je třeba HTTP, místo toho přenáší pouze malý objem dat potřebných pro navázání interaktivních relací, kromě toho je ještě schopen přenášet krátké textové zprávy.

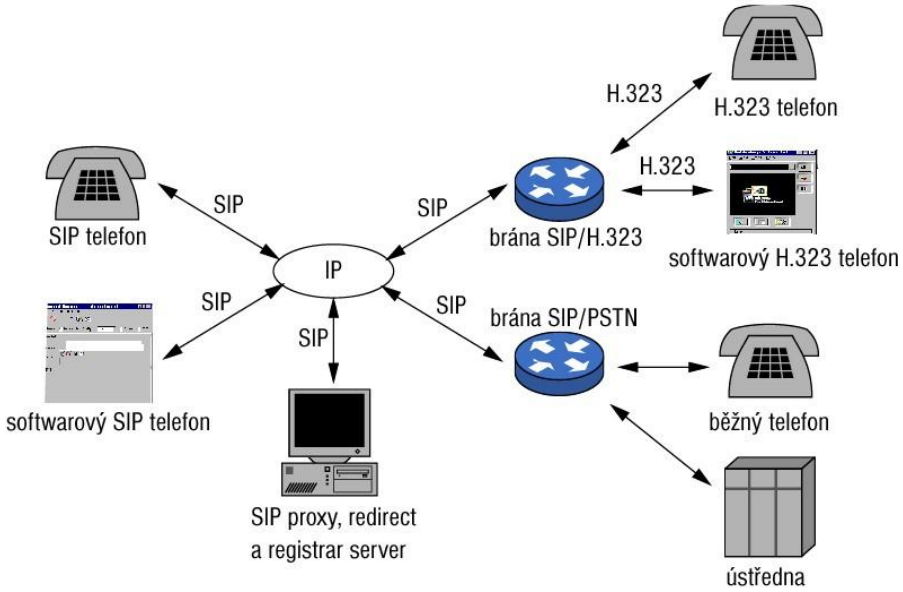
Protokol SIP plní ještě jednu funkci – registraci uživatelů, která umožňuje používat pro identifikaci uživatelů logické adresy nezávislé na fyzickém umístění uživatele.
SIP protokol je celkově flexibilnější, čitelnější, výpočetně méně náročný protokol a v důsledku toho efektivnější protokol pro přenos hlasu po datových sítí než protokol H.323. Z těchto důvodů se mnoho provozovatelů VoIP uchyluje k SIPu, nicméně je třeba poznamenat, že robustní protokol H.323 je stále používanějším a jeho obecná potřebnost je odborníky potvrzována.

Historie

Historie podpory multimediální komunikace v reálném čase na Internetu je velmi krátká. V roce 1996 vznikly základy a začal se vyvíjet nový protokol, který v sobě zahrnul prvky tehdy navrženého protokolu SCIP (Simple Conference Invitation Protocol). Výsledný protokol SIP byl přijat Internetovou komunitou v roce 1999 jako RFC 2543. O jeho rozvoj se stará IETF[43] a SIP Forum[44].
Z tohoto pohledu je protokol mnohem připravenější na změny než protokol H.323, který při každé nové implementaci ustanovuje novou verzi, přičemž zpětná kompatibilita není vždy zachována.

[42] Quality of Service - je řízení datových toků v síti. Tento protokol zajišťuje spravedlivé dělení rychlostí tak, aby nedocházelo k zahlcování sítě.
[43] http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html
[44] http://www.sipforum.org/

Komponenty SIP sítě



Obrázek 8 - Komunikace SIP protokolu s H.323 a PSTN

SIP pracuje na principu klient-server. Mezi koncové body, uživatelské agenty (obsahující klienta UAC, UA Client, a server UAS, UA Server), patří uživatelská zařízení jako SIP telefony a PC s klientským softwarem a brány do jiných sítí (zejména brány pro IP telefonii). Servery mohou fungovat jako zástupci (proxy – viz dále), kdy zastupují klienty při předávání požadavků SIP na další server. Servery mohou podporovat přesměrování (redirect), kdy klienta informují o dalším skoku v síti, kam se má zpráva poslat, a klient nebo proxy následně kontaktuje doporučené zařízení sám.

Terminály

Terminálem opět mohou být VoIP telefony, telefonní ústředny nebo počítače s multimediálním software pro hlasovou nebo i obrazovou komunikaci v sítích VoIP.

Servery proxy

V podstatě se jedná o zařízení pracující ve funkci Gatekeepera v sítích H.323. Tyto servery zastupují jednotlivé klienty, kde předávají informace o umístění jednotlivých koncových zařízení, či případně řeší dotazy pomocí komunikace s dalšími proxy servery.
Ačkoliv SIP protokol z principu nevyžaduje přílišná pravidla, tak právě proxy server je určujícím elementem této omezené sady pravidel.

Redirect servery

Mají na starost informovat klienty o dalším skoku v síti – kam se má zpráva poslat. Klient nebo proxy server pak následně kontaktuje doporučené zařízení sám. Operace se může opakovat tak dlouho, než je nalezena uspokojivá odpověď anebo je daný požadavek vyhodnocen jako nerealizovatelný. Systém přesměrování má výhodu v tom, že klientům známý a obvykle nejbližší redirect server nemusí ani znát typ dotazu a přesto je schopen odpovědět kdo by podle něj odpověď mohl znát. Tímto je síť SIP velice flexibilní a připravené na nové technologie mnohem pohotověji.

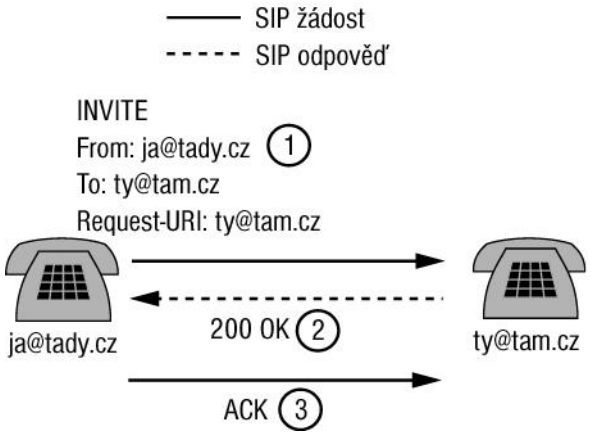
Registrar server

Registraci momentálního umístění klientů zpracovávají registrátoři (registrar), kteří informace o uživatelských agentech aktualizují v serveru umístění (location) nebo databázi.
Registrar server předá informaci o tom, kde se uživatel právě nachází lokalizační službě. Obvykle bývají registrar server a lokalizační služba realizovány společně v jedné aplikaci.

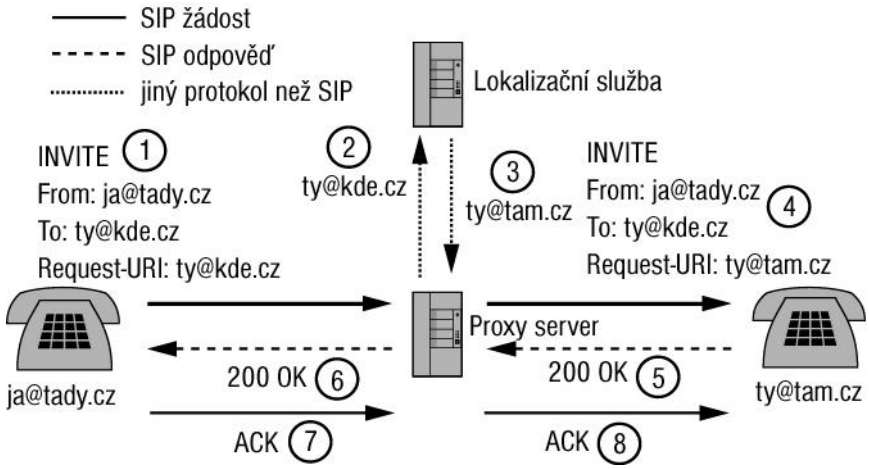
Brány – Gatewaye

Stejně tak jako v protokolu H.323, tak uživatelé VoIP sítě založené na SIP protokolu požadují komunikaci s jinými sítěmi než je právě jejich domovská síť. Pro tyto účely opět existují různé typy bran, které tuto komunikaci zprostředkují. Jedná se o zařízení na jedné straně komunikující pomocí SIP a na druhé straně způsobem druhé komunikační sítě.

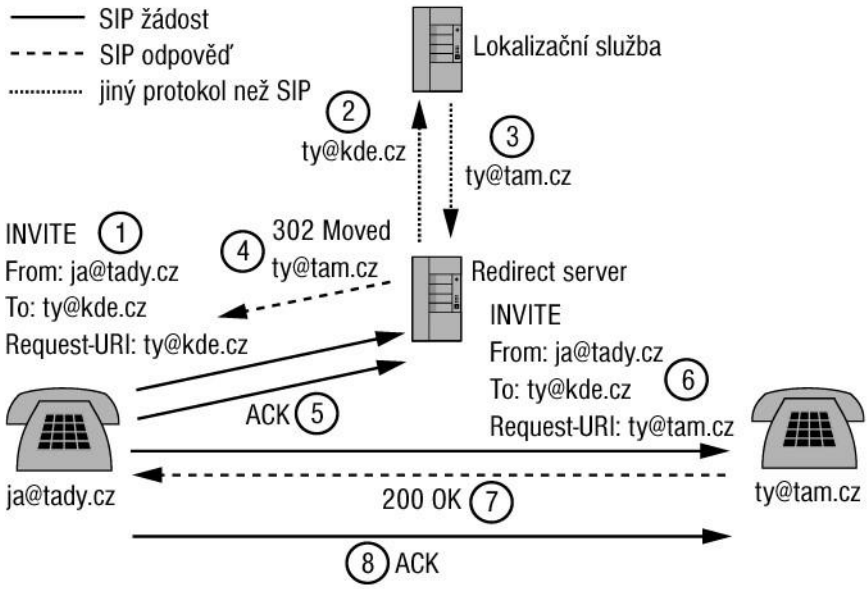
Způsoby spojování hovorů v síti SIP



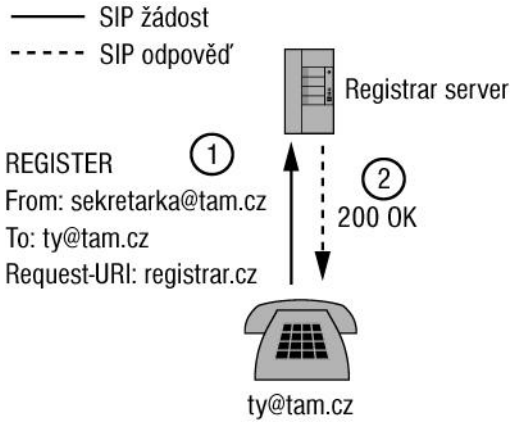
Obrázek 9 - Přímé volání - volající X volaný



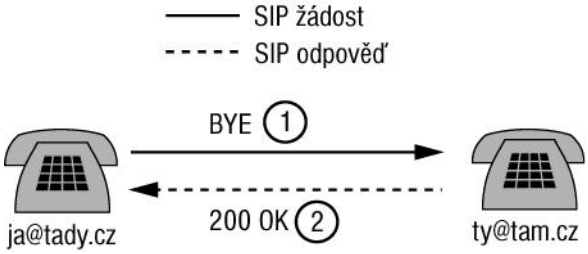
Obrázek 10 - Navázání spojení přes proxy server



Obrázek 11 - Navázání spojení přes redirect server



Obrázek 12 - Registrace uživatele na registrar serveru



Obrázek 13 - Ukončení spojení

Identifikace uživatelů a směrování hovorů

Základní adresa uživatele má tvar e-mailové adresy, například svoboda@firma.cz. Lze ji též zapsat jako URL ve tvaru sip:svoboda@firma.cz. Toto je adresa, kterou normálně použije uživatel, chce-li navázat spojení s jiným uživatelem. Adresa také může obsahovat i další údaje popisující způsob kontaktu uživatele.

Úplný tvar adresy je následující:

```
sip:[username[:heslo]@]hostname[:port][;parametr;parametr…][?hlavička&hlavička …]
```

Hranaté závorky označují nepovinné části. Jediným povinným údajem je ve skutečnosti jméno zařízení (počítače, telefonu, atd.). Místo jména může být uvedena přímo IP adresa zařízení. Před jméno zařízení lze volitelně uvést jméno uživatele případně heslo na tomto zařízení. Pracuje-li zařízení jako brána do klasické telefonní sítě, ve které se uživatelé označují telefonními čísly, uvádí se místo jména uživatele jeho telefonní číslo. Za jménem zařízení může následovat seznam parametrů a hlaviček. Parametry určují, jaký protokol má být použit v transportní vrstvě (UDP nebo TCP), zda je uvedeno jméno nebo telefonní číslo uživatele a další údaje.
V signalizačních zprávách se přenáší současně několik adres výše uvedeného tvaru. Nejdůležitější jsou 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 na začátku zprávy v tzv. *Request-URL*. Adresa v *Request-URL* je nejprve shodná s adresou v hlavičce *To*. Je-li však zpráva přenášena přes proxy server, může být adresa v *Request-URL* přepsána proxy serverem na adresu následujícího serveru, kterému proxy server zprávu postupuje. Hlavička *To* zůstává stále stejná i při průchodu zprávy přes proxy servery. Všechny hlavičky a většina parametrů v adrese se používají jen při použití adresy v určitých hlavičkách signalizačních zpráv. V *Request-URL* a v hlavičkách *From* a *To* se nepoužívají. V žádostech REGISTER je v *Request-URL* adresa registrar serveru jako jeho doménové jméno (bez jména uživatele).
IP adresa proxy nebo redirect serveru může být buď obsažena v konfiguraci volajícího zařízení a nezávislá na jménu volaného zařízení nebo může být získána ze jména volaného zařízení pomocí služby DNS. V takovém případě je poslán na DNS server dotaz na záznamy typu SRV pro jméno volaného zařízení, před které se připojí _sip._udp nebo _sip._tcp podle použitého transportního protokolu. Jako odpověď je vrácen seznam IP adres a portů SIP serverů s uvedenými prioritami. Volající zařízení pak kontaktuje tyto servery v pořadí podle priorit, dokud některý z nich neodpoví. Pokud DNS server nevrátí žádné SRV záznamy, je poslán ještě jeden dotaz na DNS server na záznamy typu A pro jméno volaného zařízení. Je-li vrácena IP adresa, je použita jako adresa SIP serveru. Číslo portu, na který má být otevřeno spojení je uvedeno buď v SRV záznamu nebo v *Request-URL* nebo je použit standardní port 5060.
Je-li kontaktované zařízení koncovým zařízením (UAS), je s ním přímo navázán nový hovor. Je-li kontaktované zařízení SIP proxy nebo redirect server, potom, jak jsme se již zmínili, tento server nejprve použije registrar server k určení aktuální adresy uživatele a následně buď sám naváže s touto adresou spojení, nebo jí vrátí zpět volanému zařízení. Registrar server může vrátit seznam více možných adres uživatele. Proxy server může navázat spojení na všechny zjištěné adresy současně a redirect server vrátí všechny adresy zpět. Proxy server potom obvykle potvrdí navázání spojení s prvním dalším serverem, který mu odpoví. Tento další server může být buď již koncové zařízení, nebo opět další SIP server. Tímto způsobem mohou být SIP servery zřetězeny za sebou.

Komunikační kodeky

Jakoby chybějícím prvkem celé komunikace jsou kodeky pro převod hlasu do digitální podoby a dalšímu transportu na protější zařízení, kde dojde o opačnému převodu. Z hlediska SIP protokolu kodek není příliš podstatná záležitost a obvykle se používají stejné algoritmy jako v případě H.323. Výhodou však zůstává, že díky neuvedení kodeků do standardu SIP není tato část nějak omezena. V důsledku toho se v protokolu SIP můžeme setkat s mnohem širší podporů kodeků než u protokolu H.323. Nicméně pravdou je, že reálně se používají tři nebo čtyři kodeky.

Unikátní komunikační protokoly

Unikátním komunikačním protokolem nemám tendenci označit nějaký zvlášť dobrý nebo výjimečný protokol, ale označit jednoúčelové protokoly jako celek. Protokol SIP nebo H.323 jsou standardy v pravém slova smyslu. Mnoho zařízení, které chtějí plnit víceméně stejnou funkci, si vybírá jeden z těchto protokolů a to z důvodů, aby byly schopny vzájemně a bezproblematicky komunikovat a to především mezi rozdílnými platformami nebo výrobci. Na druhou stranu existuje mnoho jednoúčelových (proprietárních) protokolů respektive výrobců, kteří si řeší komunikaci svým software a předpokládají, že stejný software bude aplikován i na druhé straně spojení. Tento systém má sice výhodu, že o principech a pravidle rozhoduje jeden (např. výrobce hardware), ale značnou nevýhodu neboť většinou neexistuje vůbec žádná kompatibilita a investice do této oblasti mohou rychle zastarat a být zcela znehodnoceny. Mezi příklady takovéhoto chování jsou různí výrobci tzv. web kamer, kde každý výrobce vyvíjí svůj software. Není výjimkou, že software nižší verze nedokáže komunikovat se software vyšší verze a stejně tak novější hardware nespolupracuje s takovýmto programovým vybavením. Dokonce jsem se setkal i s případy, že různé modelové řady takovéhoto hardware nebyli schopny společně komunikovat, ačkoliv měly uvedené stejné parametry pro kompatibilitu.
Jako příklad se dají uvést aplikace: Mac X Phone, PC Phone, Internet Phone, ICQ Phone, Gecko phone, ….

Fenomén Skype

Protože Skype by měl rozhodně patřit do kategorie unikátních protokolů, tak si rozhodně zaslouží pozici na úrovní protokolu SIP nebo H.323. Jak bylo u předchozí kapitoly dementováno označení „unikátní“ ve smyslu „jedinečný“, tak Skype rozhodně jedinečnou záležitostí je.
Stejně tak jako nikdo zpočátku nevěnoval pozornost komunikačnímu nástroji ICQ[45], tak ani Skype nevypadal, že se stane příliš velkým hráčem. Nicméně lehkost a přímočarost, kterým řeší obtíže při implementaci VoIP služeb do dnešních architektur sítí a zároveň jeho kvalita přenosu hlasu, nastartovala nebývalý úspěch ve službách používaných na Internetu.
Skype je software pro hlasovou komunikaci mezi uživateli Internetu, přičemž základním komunikačním rozhraním jsou reproduktory a mikrofon běžného počítače, který je připojen k Internetu.

Historie

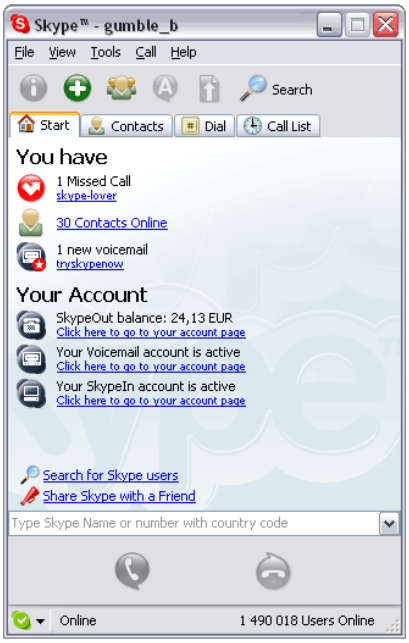
Myšlenka podobná Skype probíhá v hlavách novátorů informačních technologií jistě od první poloviny devadesátých let minulého století. Během své praxe v oblasti IT jsem se setkal s více či méně povedenými pokusy o průlom, ale vždy se objevily problémy. Tyto problémy spočívaly v nedostatečných kapacitách připojení k internetu, v nízkém výpočetním výkonu pracovních stanic, nevhodné nebo těžko překonatelné infrastruktuře lokální sítě atp. Domnívám se, že velký úspěch projektu Skype, který se mimochodem stal novým slovem ve slovníku mnoha lidí, spočívá v tom, že přišel ve správnou dobu a že od počátku fungoval. První pokusy o vytvoření Skype komunity byly v roce 2002, přičemž osobně jsem se setkal s tímto softwarem v beta verzi v roce 2003 a díky mým, ne příliš dobrým, zkušenostem s VoIP jsem byl velmi pozitivně překvapen, že vše fungovalo tak,

[45] Komunikační nástroj pro předávání rychlých textových zpráv a pro komunikaci uživatelů v reálném čase. Jedná se o hlavní komunikační nástroj v oblasti Instant Messagingu v ČR. ICQ je slangová zkratka termínu „I Seek You“ neboli „hledám tě“.

jak jsem si představoval. Podobný pocit z této technologie získávalo stále více lidí a mnoho odborníků přispělo k odstranění bezpečnostních problémů ve velmi krátké době - v tu chvíli se stává Skype (v roce 2009) opravdovým fenoménem.
Aby měl Skype své místo v této práce je třeba poznamenat, že již v roce 2004 začala existovat služba SkypeOut, která zajišťuje možnost uskutečňování telefonických hovorů do běžné telefonní sítě. Podstatným rozdílem oproti podobně úspěšné aplikaci Phode-direct se však cílem nestaly pouze Spojené státy americké, ale i všechny evropské a mimoevropské destinace.
Současný vývoj pokračuje a služba SkypeIn, která naopak zajistí „dotelefonovatelnost“ z běžné telefonní sítě, se objevuje stále ve více zemích. Nicméně SkypeIn dost podstatně naráží na legislativu jednotlivých zemí jako je například i Česká republika spočívající v zákonech, omezujících geografické umístění v případě použití telefonního čísla.
Důležité je u tohoto systému poznamenat, že Skype je zcela závislý na provozu na TCP/IP protokolu, který dokázal velice elegantně využít.

Komponenty sítě Skype

Vzhledem tomu, že síť Skype je provozována jedinou společností, která jednak celý standard a princip komunikace určuje, ale i řídí topologii této sítě zcela neveřejně, má možnost efektivně ovlivňovat fungování jednotlivých klientů.
Stejně jako v protokolech SIP a H.323 jsou zde terminály typicky reprezentovány v podobě běžné pracovní stanice opatřené zvukovou kartou, reproduktory a mikrofonem. Dále jako centralizované jednotky - Skype servery, kde princip připojování je přes jeden centralizovaný systém, který Vás přepojí na nejbližší resp. nejlépe dostupný Skype server. Tento centralizovaný systém udržuje databázi aktivních uživatelů, vyřizuje požadavky na jejich vzájemné spojování a především při použití služby SkypeOut zajišťuje i funkcionality účtovacího systému. Skype serverem resp. super node se může stát jakýkoliv počítač s veřejnou IP adresou a dostatečně velkou internetovou konektivitou. Tento fakt bývá projektu Skype velmi často vyčítán, neboť uživatel nemám možnost ovlivnit, zda se super node stát může nebo nemůže. Skype dle neveřejných informací provozuje desítky super node na vlastní náklady, přičemž jsou rozseté po celém světě, aby této oprávněné kritice co nejvíce ubral na argumentaci.



Obrázek 14 - Ukázka základního panelu Skype

Samozřejmostí v síti Skype jsou přestupové brány mezi běžnými telefonními systémy – především se jedná o službu SkypeOut, která slouží celosvětově a částečně pro SkypeIn ve vybraných zemích světa.
Software je velice dobře lokalizován téměř do všech počítačově užívaných jazyků.

Zcela geniální řešení síťové infrastrukry

Software Skype řeší problémy s implementací zcela geniálním způsobem. Geniální je v tom, že se nejedná o žádný technologický převrat, ale o pouhé využití základních principů TCP/IP protokolu. Ačkoliv se implementace VoIP obecně neobejde bez problémů (viz. *Technologické překážky - NAT, Firewally, QoS*), tak v pojetí Skype tyto problémy neexistují. Z mé vlastní zkušenosti musím říci, že jsem se nesetkal s žádným, ani sebemenším problémem na úrovni sítě při implementaci Skype.
Hlavním problémem pro VoIP zařízení je překonávání Firewallu a NAT routerou - blíže v *Technologické překážky - NAT, Firewally, QoS.*
Skype řeší problém otevírání příslušných portů tak, že způsobem, jakým komunikují nástroje Instant Messegingu (MSN Messenger, Yahoo messenger, ICQ, ….), obdrží zprávu o tom, odkud a kam bude spojení realizováno - a to včetně zdrojového a cílového portu. S danou specifikací spojení pak software Skype odešle pouze jediný paket typu UDP, který zcela automaticky otevře příslušný port na firewall nebo NAT routeru. Identická operace se odehraje i na druhé straně spojení. Znamená to, že po pouhých čtyřech paketech (dva pakety TCP s informací odkud kam se bude komunikovat a dva pakety UDP ve směru budoucí komunikace) je zcela automaticky a především dynamicky „zkonfigurován“ firewall nebo NAT router.
Funkčnost tohoto elegantního řešení spočívá také v tom, že Skype ke své komunikaci používá pouze jeden port a to předem definovaný (při instalaci je náhodně vygenerován a lze později změnit). Tento port je následně při registraci do sítě Skype pokaždé odesílán, aby mohl být komunikující protistraně oznámen a použit k sestavení spojení. Tento port může být uživatelem nebo síťovou politikou dodatečně určen, tudíž se dají zcela základními technologickými prostředky určovat pravidla pro provoz Skype.

Ke Skypování není potřeba sedět u počítače

Je třeba si uvědomit, že telefonování pomocí Skype za standardních podmínek s sebou nese problém, že musíte mít k dispozici počítač. To ale již není zcela pravda. Začala se objevovat zařízení, která jsou nezávislá na pracovní stanici a dokáží využít samostatné připojení bez nutnosti přímé práce s počítačem v podobě klávesnice nebo myši.



Obrázek 15 - DualPhone samostatný telefon pro Skype, VoIP a pevnou linku, cena cca 3.000,- Kč

Srovnání z uživatelského hlediska

Srovnání pro a proti není vůbec jednoduchá záležitost a to také díky tomu, že se pokouším srovnávat nesrovnatelné. Unikátní komunikační protokoly a Skype ve své technologické podstatě nepatří do VoIP, ale na druhou stranu se opravdu o telefonování po Internetu jedná.

V následující tabulce se pokusím porovnat tyto přístupy především z pohledu běžného uživatele - ne z technologického a systémově správného hlediska. Za běžného uživatele považuji v tuto chvíli člověka, který bezproblematicky ovládá svůj počítač, je mu jasné, jakým způsobem pracuje například elektronické pošta a v důsledku celý internet, je schopen bezproblematicky identifikovat zdířky konektorů na svém počítači pro připojení různých typů kabelů (mikrofon, reproduktory, USB port, síťový port, atd.), je seznámen se základním způsobem instalace software a zároveň není přespříliš znalý TCP/IP protokolu tzn. nastavování IP adres nebo firewallu je pro něho buď zcela nereálné, nebo velmi obtížné.

Tabulka 4 - Srovnání VoIP telefonních služeb

	Skype	VoIP – SIP a H.323	Unikatní software - ICQ Phone, Netmeeting, Yahoo Phone
Kvalita zvuku srovnání se standardní pevnou linkou	lepší	stejná	horší
Bezplatné volání v rámci vlastní sítě	Ano	Obvykle ano	Ano
Možnost volání do běžné sítě	Ano	Ano	Ne
Nízké náklady na volání	Ano	Obvykle ano, ale je třeba srovnávat	-
Konferenční hovory	Ano	Ano	Ano, ale problematicky
Konferenční hovory s pevnou linkou	Ano	Obvykle problematické	Ne
Textové zprávy	Ano	Ne	Ano
Kódovaný přenos hlasu	Ano	Obvykle ne	Ne
Přenos souborů	Ano	Ne	Obvykle problematické
Funkčnost za firewallem nebo NAT routerem	Ano bezproblematicky	Velmi obtížné až někdy nemožné	Problematické až někdy nemožné
Nezávislost na platformě	Ano	Ano	Ano, ale s výhradami

Produktu Skype je nutno přiznat, že funkcionalita této služby jde ruku v ruce s funkčností, což je u mladých informačních technologií v dnešní době ne příliš častý jev.

Ačkoliv jsem všemožně vychválil projekt Skype je nutné poznamenat, že ze systémového pohledu se jeví jako nesprávný. To je způsobeno především absencí bran, které by si uživatelé mohli zakoupit a implementovat do svého současného telefonního systému. Také

to, že se na projektu pracuje neveřejně a pouze jedna společnost určuje, že není možné se do projektu zapojovat jinak než jako pouhý uživatel.

Vzájemná komunikace mezi protokoly VoIP

Stejně tak jako jsme si řekli, že existují brány (gatewaye) pro komunikaci s běžnou telefonní sítí nebo GSM sítí, tak existují brány mezi hlavními protokoly VoIP. Zařízení pracující s protokolem SIP mohou komunikovat se zařízeními pracujícími s protokolem H.323 pomocí brány SIP/H.323. Tato brána převádí signalizační zprávy obou protokolů. Protože pro vlastní přenos multimediálních dat používají zařízení typu H.323 i SIP obvykle protokol RTP, mohou po navázání spojení prostřednictvím brány dále komunikovat přímo.
Unikátní komunikační protokoly však obvykle takovýmito bránami nedisponují a přechod mezi standardními VoIP službami je možný pouze díky veřejným telefonním sítím (pokud přechod do veřejných sítí vůbec existuje). Je nutné si uvědomit, že pokud potřebujete třetí stranu (veřejná telefonní síť), je obvykle cena spojení dražší než při přímém peeringovém[46] spojení.
Stejně tak je na tom i Skype, který nedokáže[47] zajistit přímý přechod mezi svoji sítí a protokolem H.323 nebo SIP. Jediná cesta, která v současnosti existuje je skrze službu SkypeOut, kdy hovor je směrován do veřejné telefonní sítě a následně pak může být skrz veřejnou telefonní síť směrován na PSTN/H.323 nebo PSTN/SIP bránu a spojen do VoIP sítě. Obrácená cesta ani přes veřejnou telefonní síť neexistuje.
Částečným řešením jsou telefonní přístroje, do kterých je integrované koncové zařízení z více telefonních sítí viz. zmiňovaný DualPhone.

[46] Peering – jedná se o přímé propojení dvou sítí bez nutnosti využít služeb třetích stran.
[47] Brány pro Skype a běžnou telefonní linku se střídavě objevují a mizí. Jedná se prozatím o velmi proprietarní řešení, které svoji funkcionalitu pokaždé, když se Skype rozhodne provést nějakou změnu na svém protokolu. Z tohoto důvodu nelze tyto brány považovat technicky funkční komponentu.

4. Lidské rozhraní

Pracovní stanice se sluchátky s mikrofonem

Vzhledem k faktu, že VoIP je záležitostí Internetu a Internet je záležitostí počítačů, tak je zřejmé, že jedním z možných lidských rozhraní bude osobní počítač s reproduktory a mikrofonem.

Jedná se opravdu o nejjednodušší implementaci VoIP, neboť k samotnému provozu obvykle stačí pouze příslušný software a přístup do sítě Internet. Současný výpočetní výkon i obyčejných kancelářských pracovních stanic je natolik dostačující, že i leckdy složité kodeky na zpracování hlasu nikterak počítač nezatíží a je možné stále bezproblematicky pracovat.

Důležité však je poznamenat, že použití stolního mikrofonu a reproduktorů je sice funkční, ale komunikace je velmi nepříjemná, neboť dochází ke zpětným vazbám mezi mikrofonem a reproduktory. Další obdobně nevhodnou konfigurací jsou sluchátka a stolní mikrofon, neboť mikrofon je obvykle umístěn na stejném stole jako celý počítač a v důsledku toho mikrofon snímá i běžně přehlížené vibrace docela tichých počítačů a snímaný zvuk je zarušen velmi nepříjemným pozadím. Mohlo by se zdát, že těmito nepříjemnostmi netrpí kompaktní počítače – notebook, ale opak je pravdou. Mikrofon sice bývá často integrován, ale vhledem ke kompaktnosti a blízkosti jednotlivých komponent, plasty přenášejí vibrace z pevného disku a opět komunikace není přespříliš dobrá.

Jako ideální se jeví tzv. headset neboli náhlavní souprava sluchátka/o s mikrofonem. Takováto souprava se dá pořídit již přibližně od 250,- Kč tudíž se jedná o prakticky bezvýznamný náklad.



Obrázek 16 - Kancelářský počítač a náhlavní souprava

Jako komunikační software do VoIP sítí H.323 lze doporučit Microsoft Netmeeting nebo jeho oblíbenou alternativu pro počítače Macintosh Oh Phone X nebo do SIP sítí X-Lite - Soft SIP VOIP Phone. Mezi unikátní software bych zmínil ICQ Phone, který měl tendence pracovat na H.323 protokolu, ale bohužel realita je jiná. V neposlední řadě je nutné zmínit software Skype, který je jednoúčelovou záležitostí pro komunikaci ve stejnojmenné síti, nicméně je provozuschopný na platformách Windows, Linux, Macintosh, Pocket PC a Windows Mobile.

Pro telefonování po Internetu s pomocí osobního počítače je používání náhlavní soupravy velmi pohodlné a rozhodně doporučení hodné ve chvílích, kdy si chcete VoIP „osahat“. Na druhou stranu připojením sluchátek obvykle přesměrujete veškerý zvukový výstup do sluchátek a ve chvílích, kdy zrovna netelefonujete, neuslyšíte zvukové projevy svého počítače. Tento problém je velmi snadno řešitelný přes USB zařízení, které vašemu

systému přidají další zvukovou kartu a vy si ve svém komunikačním software určíte, že budete k digitalizaci a přehrávání zvuků používat právě toto druhé zařízení.



Obrázek 17 - USB Phone nahradí reproduktory a mikrofon a vytvoří další zvukovou kartu Cena cca 650,- Kč

Samostatný VoIP přístroj

Cíl kam VoIP směřuje a i téma této práce jsou zařízení, která na první pohled nerozeznáme od běžného telefonního aparátu a to jak vzhledem, tak především funkčností a ovládáním. Rozdíl však spočívá v tom, že telefon není připojen do naší pobočkové telefonní ústředny nebo přímo k poskytovateli např. Českému Telecomu, ale je připojen do běžné počítačové sítě a skrze ni ke Gatekeeperu, Proxy serveru nebo i samostatně bez centrální autority. Blíže kap. Směrování telefonních hovorů.



Obrázek 18 - VoIP telefon, cena od 2.000,- Kč

Takováto zařízení jsou sama o sobě počítačem, který je vyhrazen pouze pro provoz jedné jediné služby a to právě VoIP. Obvykle se tyto zařízení vyznačují dobře zvládnutým užitným designem a dokáží pracovat ve funkci bridge[48], přičemž obě rozhraní jsou stejného typu. Jedno rozhraní je připojeno k síti LAN a druhé připojuje běžnou pracovní stanici. Toto zapojení dokáže bez nutnosti drahých síťových prvků řešit problémy, které se za normálních okolností řeší prioritizací paketů viz. kap. QoS – prioritizace paketů.

[48] Jedná se o označení síťového prvku na fyzické vrstvě, kdy zařízení je připojeno k dvěma rozhraním, mezi kterými překládá informace. Dá se taktéž chápat jako převodník.

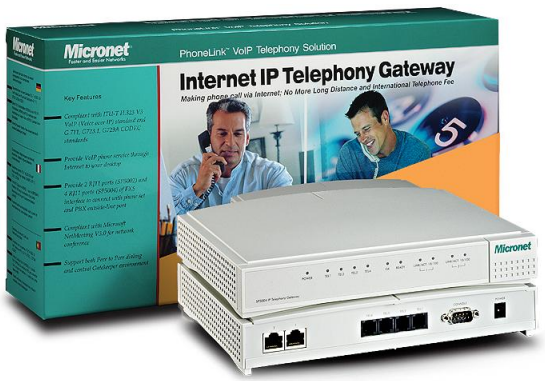
VoIP gateway

Všechna doposud zmíněná řešení mají omezení v tom, že řeší problém spíš jednotlivce než skupiny a především - jedná se o nový komunikační nástroj místo implementace nové komunikační cesty do stávajícího telefonního systému.
Můžeme se také setkat s odporem běžných uživatelů telefonních přístrojů, kdy argument může znít „To já radši normální telefon, než nějaké to cosi internetového“ nebo „Já s internetem neumím, takže ani přes něj raději volat nebudu“. Právě lidský faktor může být největším odpůrcem nasazení tohoto velice moderního a v důsledku velmi hospodárného systému. Znamená to, že implementace by měla proběhnout tak, aby uživatelé vůbec nezaznamenali, že se něco změnilo. Vždyť, jak už bylo zmíněno dříve, cílem je s někým hovořit a je nám jedno zda telefonujeme po modrých drátech nebo přes satelit, tak proč by nám nemělo být jedno, že telefonujeme přes Internet a ještě ke všemu levněji.



Obrázek 19 - Nejběžnější ISDN pobočková telefonní ústředna v sektoru středního podnikání Panasonic KX-TD612CE, cena cca 16.000,- Kč

Přesně toto řeší tzv. VoIP gatewaye neboli brány. Tentokrát se však nejedná o bránu ze sítě VoIP do veřejné sítě a naopak, ale jedná se o naší lokální bránu tzn. z pohledu VoIP sítě o terminál. Takováto brána disponuje jedním síťovým portem pro připojení do sítě LAN (LAN je připojena k Internetu) a jedním nebo více běžnými telefonními porty, které poskytují stejné parametry jako běžná telefonní linka například od Telefoniky O_2 (tzv. státní linka). Tyto porty pak poskytují současným telefonním ústřednám další analogový nebo digitální vnější (státní) linku. Znamená to, že i naprosto staré telefonní ústředny, které nikdy „neslyšely“ o nějakém Internetu nebo dokonce VoIP, dokáží využít možnost telefonovat po VoIP. V důsledku toho uživatelé (telefonisté) používají svůj běžný starý zaprášený pěti-kilový telefonní přístroj z poloviny minulého století a přitom telefonují přes Internet.



Obrázek 20 - VoIP gateway poskytující 4 státní linky

Takovéto VoIP brány se vyrábějí v mnoha modifikacích a vždy záleží na možnostech současné pobočkové telefonní ústředny jaké porty má k dispozici a podle toho se teprve volí příslušná VoIP gateway. Základním členěním bran je, zda komunikují pomocí protokolu SIP nebo H.323. (Nutno poznamenat, že například výrobce Micronet vyrábí pro identické hardwarové provedení VoIP bran vždy dva firmware[49], a to jak pro SIP, tak pro H.323. To znamená, že během existence brány může být způsob jejich komunikace zcela bezproblematicky zaměněn bez nutnosti dalších investic).
Brána s jedním VoIP portem se dá dnes pořídit přibližně za 1.300,- Kč a brána se čtyřmi VoIP porty přibližně za 4.600,- Kč.
Způsob, jakým pak lze využívat volání skrze Internet, záleží již pouze na inteligenci dané pobočkové ústředny. Jestliže ústředna disponuje funkcionalitou na nalezení nejlevnější cesty, je situace naprosto jednoduchá. Ústředně stačí zadat, skrze jaké rozhraní se do jaké sítě spojí za určitých cenových podmínek a ústředna vždy při volbě čísla sama vybere, která trasa je v současné chvíli volná a přitom nejlevnější. Takovéto sofistikované systémy dokonce umí řešit otázky priorit, že například nedovolí (v případě obsazenosti) běžným zaměstnancům pro jejich hovor využít drahou síť GSM pro volání např. do USA, ale kdyby v tu chvíli požadovala spojení pobočka top-managementu, tak ke spojení dojde. Poněkud méně komfortním řešením volby sítě je předdefinování určitých předvoleb a jím příslušných tras. Jedná se o méně flexibilní řešení (může dojít k nemožnosti odchozího hovoru, ačkoliv ústředna má k dispozici i jiné, ale dražší trasy spojení), ale zato obvykle dostupné i starších telefonních ústřednách. Třetí variantou je spojování přes provolbu. Znamená to, že volbu, zda volání proběhne např. přes pevnou linku, T-Mobile nebo VoIP síť volí uživatel vytočením například dvojčíslí 82 nebo 83.
Dalším členěním je typ telefonních portů: FXS a FXO



Obrázek 21 - Schéma FXO a FXS telefonních portů

Port typu FXS

Foreign eXchange Subscriber zjednodušeně znamená státní linku (zásuvku ve zdi). Znamená, že na tento typ portu je přiváděno základní napětí, vybuzení zvonění a všechny ostatní služby jako poskytuje telefonní přípojka instalovaná od telekomunikačního operátora. Do této zdířky můžeme připojit obyčejné koncové zařízení tedy telefonní přístroj nebo fax. Opačným portem je FXO.

Port typu FXO

Foreign eXchange Office zjednodušeně znamená koncové zařízení (zásuvku na telefonu). Znamená to, že tento typ portu se chová jako telefonní přístroj, tzn. spotřebovává napětí, zvedá a zavěšuje sluchátko, vytáčí čísla. Existuje především proto, že standardní pobočková ústředna disponuje výrazně menším počtem portů pro připojení státních linek

[49] Firmware je označení základního obslužného a ovládacího programu pro jednoúčelová zařízení.

než vnitřních poboček. A právě ve chvíli, kdy jsou obsazené veškeré statní linky, tak VoIP brána připojí přes FXO porty a i již zaplněné ústředny dostanou de facto další státní linku. VoIP brána s FXO porty funguje tak, že automaticky každé příchozí volání automaticky zvedne a přijímá tónovou volbou telefonní číslo, které následně spojuje již přes VoIP.

Telefonní ústředna s podporou VoIP

Další možností jak začít pracovat s VoIP je instalace pobočkové ústředny přímo s podporou VoIP služeb. Rozhodně i tato investice stojí za zvážení neboť moderní ústředny s podporou VoIP obvykle disponují mnoha funkcionalitami, které dokáží zefektivnit a zpříjemnit provoz telekomunikačních služeb. Za zmínku rozhodně stojí i možnosti dohledu nad využíváním služeb jednotlivými uživateli nebo odděleními. Tyto analýzy, které obvykle ze starších typů ústředen nelze vůbec žádným způsobem získat, dokáží exaktně podpořit volbu alternativních operátorů či způsobů komunikace celkově.
Volba je zcela jednoznačná, pokud podnik pořizuje zcela novou pobočkovou telefonní ústřednu neboť ústředna bez možnosti dodatečného modulu pro VoIP obvykle stojí řádově o 3.000,- Kč méně než ústředna rozšiřitelná o tyto možnosti přímo.



Obrázek 22 - Ústředna Panasonic KXTDA30 s možností modulu VoIP

Na obrázku 24 je vyobrazena ústředna Panasonic KXTDA30, která je rozšiřitelná VoIP modulem, přičemž samotná ústředna stojí přibližně 16.000,- Kč a modul pro VoIP přibližně 16.000,- Kč. Tato ústředna se jeví jako ideální řešení pro střední podnikatelský sektor, neboť dokáže obsluhovat až 52 vnitřních poboček a 12 vnějších linek (započítány analogové, ISDN linky i VoIP rozhraní).

Čistě VoIP systém

Jako koncepčně nejlepší a ekonomicky velmi příznivé se jeví nasazení IP telefonie jak vněj organizace tak uvnitř. Realizace takovéhoto řešení na protokolu SIP představuje pořízení SIP proxy serveru například realizovaného pomocí software Asterisk[50]. Telefonní přístroje jsou taktéž VoIP a komunikují s lokálním SIP proxy serverem pomocí lokální počítačové sítě nebo dokonce přes internet.
Cena takového řešení spočívá v pořízení hardware (certifikovaný server Fujitsu-Siemens cca 20.000,- Kč) a přípravě prostředí, které se pohybuje od 8.000,- Kč za instalaci a

[50] Oficiálně je Asterisk open source hybrid TDM a packet voice PBX, jedná se o IVR (Interactive Voice Response) platformu s funkčností Automatic Call Distribution (ACD). Neoficiálně jde možná o jedno z „nejsilnějších“, flexibilních a rozšiřitelných řešení v oblasti integrovaného telekomunikačního softwaru. Zdroj: https://sip.cesnet.cz/cs/swahw/asterisk

konfiguraci. Telefonní přístroje se pohybují ve stejné cenové hladině jako přístroje v případě klasický telefonních ústředen.

Cenové a funkční srovnání

Jak již jsem zmínil dříve, tak jedno-portová VoIP brána se dnes může pořídit za cca 1.300,- Kč, 2portovou cca za 1.900,- Kč a 4portovou cca za 5.000,- Kč. Modul pro VoIP do modulární pobočkové telefonní ústředny Panasonic KX-TDA30, který dokáže přenášet až 4 souběžné VoIP kanály, se dá pořídit za cca 16.000,- Kč. SIP proxy server na bázi Asterisk serveru se dá pořídit za cca 28.000,- Kč

Tabulka 5 - Srovnání nejběžnějších pobočkových ústředen

	Typ ústředny	Státních linek	Poboček	Nadstandardní funkcionality	Cena
1. generace Panasonic KX-TA308	analogová	3 analogové	8	téměř žádné	2.000,- Kč (pouze na sekundárním trhu)
Panasonic KX-TA308CE	analogová	3 analogové	8 (rozšiřitelnost o 8)	téměř žádné + drobnosti	11.000,- Kč
Panasonic KX-TA616CE	analogová	6 analogové	16 (rozšiřitelnost o 8)	téměř žádné + drobnosti	16.800,- Kč
Panasonic KX-TD612CE	Super hybridní analog/digital	2x EuroISDN2 + 1x analog/digital	12	standardní + drobnosti	17.000,- Kč
Panasonic KX-TDA30	Digitální možnost i analog	12 (analog, digital, VoIP	52	nadstandardní + moderní	16.000,- Kč (bez modulů)
Asterisk server	SIP softwarová ústředna	neomezeně	Neomezeně	Vše je realizovatelné (3 GHz čtyřjádrový procesor = cca 180 souběžných hovorů)	28.000,- Kč

5. Problémy s provozem VoIP

Nekvalita internetového připojení

Zcela zásadním problémem pro využívání VoIP je kvalita internetového připojení. Tento fakt je taktéž demonstrován relativně podrobným zmapováním trhu s internetovým připojením resp. především technologiích používaných přenosu. Technologie přenosu je určujícím parametrem, který může zcela zamezit implementaci VoIP. Bohužel však v poslední době čím dál tím více platí, že rozhodnutí i internetové připojení je pouze záležitost peněz. Zdá se, že na tomto místě by měl spíš být termín „ekonomická“ a ne „peněz“, ale vezmeme-li v potaz vynaložené náklady, úsilí a také například nemožnost implementace VoIP u „levných“ připojení, tak o ekonomičnosti rozhodně hovořit nemůžeme.
Hlavní problematickou technologií jsou tzv. „bezdráty“, respektive technologii na bázi WiFi 2,4 GHz. Druhé v pořadí jsou rozhodně ADSL přípojky s horším agregačním poměrem než 1:20. Dále jsou zde všechna mobilní připojení typu GSM data, GPRS, EDGA nebo CDMA. Obecně lze říci, že se jedná o veškerá připojení určená především k připojení jednotlivců a ne lokálních sítí zákazníků.
Pokud zaměříme naše určení „nekvalitního internetového připojení“ na technicky zaznamenatelné jevy tak se jedná o připojení s vysokou latencí (řádově nad 50 ms), nevyrovnanou latencí (směrodatná odchylka v řádu 10 ms) a s nezanedbatelnou ztrátovostí (cca více než 2% při paketech větších než 1000 byte).

Technologické překážky - NAT, Firewally, QoS

Pokud jsme překonali problémy s přenosovou technologií tzn. s fyzickou vrstvou síťového spojení (viz. Přenosový protokol - IP), musíme si poradit ještě s obtížemi na úrovni IP vrstvy, tedy se síťovou vrstvou modelu OSI.

NAT – překlad adrese

Network Address Table neboli tabulka adres. Jedná se o technologii, která tzv. provádí překlad adres obvykle zdrojových. Každý paket, který jde Internetem je opatřen zdrojovou a cílovou adresou IP. Znamená to, pokud k cíli dojde paket z určité zdrojové adresy tak odpověď je naopak odeslána na tuto zdrojovou adresu. NAT překlad zdrojových adres znamená, že ve chvíli průchodu paketu přes router provádějící NAT, je zdrojová adresa nahrazena adresou druhého rozhraní NAT routeru. Ve chvíli, kdy dorazí paket do cíle, daný cíl odesílá odpověď místo našemu počítači NAT routeru, který změnil zdrojovou adresu. Jakmile však odpověď dorazí, NAT router porovná odpověď podle tabulky adres, kam si zapsal informaci, že v nedávné minulosti na tuto adresu odesílal informace a naopak příchozí paket přeznačkuje v cílové adrese na adresu původního odesilatele požadavku. Tímto postupem je možné, aby „za“ jedním NAT routerem (neboli jednou IP adresou) bylo ukryto desítky, stovky nebo tisíce počítačů.
Tato technologie je vhodná především z důvodu šetření veřejných IP adres, kterých je nedostatek, neboť jedné lokální síti díky této technologii NAT postačí opravdu pouze jedna adresa. V lokální síti se pak používají IP adresy z privátních rozsahů[51].

[51] Privátní rozsah IP adres je určen k testovacím a privátním účelům pro provoz IP sítí tak, aby nekolidovaly s veřejným IP prostorem. Privátní adresní prostory jsou: 10.0.0.0 až 10.255.255.255, 172.16.0.0 až 172.31.255.255 a 192.168.0.0 až 192.168.255.255. Zároveň pro privátní adresy také platí, že je žádný veřejný router nesměruje a v případě komunikace z privátní IP adresy veškerou komunikaci zničí.

NAT router umí udělat překlad na desítky či stovky počítačů v lokální síti pouze díky tomu, že z daných počítačů nejdříve odešel požadavek, a odpověď na tento požadavek již má záznam v tabulce adres - a tudíž ji lze nahradit zpětně. Problém však nastává ve chvíli, kdy požadavek o spojení je inicializován z vnější strany, ze strany Internetu. V takovou chvíli není NAT router schopen cílovou adresu nahradit, neboť nemá žádný záznam ve své tabulce adres.
Pro překonání tohoto problému se používá metoda promapování portů, která zajistí, že pokud NAT router obdrží nějaký paket na určitý port, tak cílovou adresu nahradí právě jednou adresou v lokální síti. Počítač/zařízení v lokální síti na požadavek běžným způsobem odpoví a vše již může probíhat podle předešlého schématu. Nevýhodou však je, že takto promapovaný port je promapován pouze na jedinou IP adresu ve vnitřní síti, což v našem případě znamená na jediné VoIP zařízení.
Dalším souvisejícím problémem v případě VoIP zařízení je, že se k centrálnímu systému – Gatekeeperu či Proxy serveru – hlásí svoji IP adresou. Ta je v případě VoIP privátní, tzn. při jakémkoli pokusu o doručení informace na privátní IP adresu je požadavek zničen. Znamená to, že zařízení musejí být schopna při registraci na Gatekeeper nebo Proxy server sdělit IP adresu odlišnou od své, na které budou Gatekeeperem (či Proxy serverem a obecně „světem“) dosažitelní – jedná se právě o adresu, na kterou překládá NAT router. Je nutno poznamenat, že ne všechna VoIP zařízení touto funkcionalitou disponují, ale situace se v posledních letech významně zlepšila.
Zcela výjimečným stylem problematiku NAT routeru překonává Skype (viz. kap. Zcela geniální řešení síťové infrastrukry).

Firewall

Problematika firewallu ve VoIP implementacích je velmi úzce spojena s problematikou NAT routerů zmíněné v předchozí kapitole.
Firewall je zařízení, které zajišťuje, aby komunikace probíhala pouze s povolenými stroji nebo sítěmi či na povolených komunikačních portech (tzn. pouze povolené aplikace, které využívají určitou sadu komunikačních portů). Firewall může být jako ochránce nasazen v méně agresivní pozici, kdy jeho hlavní funkce není povolování žádoucích, ale zakazování nežádoucích strojů, sítí nebo portů. Jedná se o stejnou záležitost pouze s rozdílem pohledu, zda většina provozu je žádoucí nebo naopak.
Předpoklad, že firewall by nám zamezil VoIP spojení na zařízení, které by bylo v seznamu nežádoucích strojů nebo sítí je pro nás z hlediska problémů VoIP nezajímavá a tudíž ji pomineme.
Tak například prohlížení www stránek se odehrává na portu 80, zabezpečení www stránky komunikují po portu 443, elektronická pošta po portu 25 a 110 a DNS server na portu 53. Znamená to, že bezpečnostní politika v běžné síti mohla být omezena na porty 80, 443, 25, 110, 53 a vše ostatní by mohlo být zakázané.
Jestliže se však pokusíme do námi požadovaných služeb začlenit i VoIP, tak musíme povolit ještě porty 1720 pro signalizaci, 1719 pro registraci v případě protokolu H.323 nebo porty 5060 v případě protokolu SIP. Po sestavení hovoru se hlas přenáší relativně po náhodném portu z rozsahu 1024 – 65535. Vzhledem k tomu, že máme k dispozici komunikaci na portech 0 – 65535, tak povolení požadovaných portů máme povoleno 98,4% všech portů, což příliš bezpečné opravdu není.
Řešení spočívá v implementaci H.323 nebo SIP routeru přímo do zařízení zprostředkovávajícím firewall nebo vytvoření oddělené druhé lokální sítě pro provoz VoIP zařízení. Bohužel však takováto implementace není vždy možná a je potřeba nahradit hardware, který zajišťuje funkčnost firewallu. Na druhou stranu velká část firewallových

řešení je provozována na platformě Linux, kde H.323 nebo SIP překladače jsou téměř pro všechny známé distribuce Linuxu.
V řešeních, kde se používá NAT router je obvykle stejným zařízením řešen i firewall (opačně toto tvrzení neplatí), což znamená, že se problematika řeší pouze v jednom místě a řešení za větších či menších nákladů existuje. Řešení pro realizaci Firewallu, NAT routeru a H.323 či SIP routeru se může pohybovat cca od 4.000,- Kč, přičemž tyto náklady nelze započítávat pouze na úkor implementace VoIP.
Při překonávání firewallu má opět ohromnou výhodu řešení z laboratoří Skype, kde komunikace se odehrává na jednom předem ovlivnitelném portu (například i síťovou politikou) a tudíž povolování či zakazování skrze firewall je mnohem jednoduší záležitost.

QoS – prioritizace paketů

Zkratka QoS znamená Quality of Service a je v posledních několika letech vnímána jako velice podstatná záležitost a to především v kontextu provozu VoIP. Podpora QoS je také automaticky zapnuta v Microsoft Windows XP a výše, kde je označována jako „Plánovač paketů technologie QoS“ a nebo odlehčená podoba „Sledování zatížení sítě“.
Technologie QoS vznikla za účelem upřednostňování určitých služeb před jinými. Proč je potřeba určité služby upřednostňovat? Hlavním důvodem jsou služby v reálném čase, kterými jsou například Video on demand nebo - náš střed zájmu - VoIP. Představme si, že jsme uživatel, který chce Internet používat pouze k elektronické poště, nakupování na Internetu a k telefonování přes Internet. Jestliže budu odesílat elektronickou poštu rozhodně se nebudu zlobit, když místo za pět vteřin odejde za šest. Pokud budu naopak stahovat ohromnou zprávu elektronické pošty, už vůbec mě nebude trápit, že přijímání bude trvat 4 minuty nebo 4 minuty a 10 vteřin. Když se rozhodnu nakupovat na Internetu tak rozdíl 2 vteřin a 3 vteřin vůbec neznamenám. Ale pokud budu telefonovat a fragment slova (pro naše účely budeme považovat za fragment hlásku, ačkoliv fragment může být i podstatně menší) mi dorazí jen s pouhým zpožděním 1 nebo dokonce pouze 0,5 vteřiny později, nebudu druhé straně rozumět. Neustále se budu ptát „co jsi říkal?“ nebo „můžeš mi to říct ještě jednou?“. A právě z tohoto důvodu je třeba upřednostnit hlasová data před daty ostatními, kde rozdíl nebude téměř vnímatelný. A právě tomuto postupu se říká prioritizace paketů neboli QoS.
Mohlo by se zdát, že pokud máme internetovou konektivitu naddimenzovánu, tak problém, který by se měl řešit pomocí QoS, neexistuje. Je pravdou, že není tak podstatný, ale v žádném případě nezmizel zcela.
Prioritizaci paketů je třeba řešit ve všech VoIP sítích a především v takových, kde internetová konektivita je z větší části využívána. Levným a dostatečným řešením je zajištění QoS na úrovni IP vrstvy, kde vše může být implementované v zařízení, které provádí NAT router, Firewall a H.323 či SIP proxy server.
Opravdová řešení QoS se odehrávají na úrovni fyzické vrstvy tzn. bridge, switchů a hubů, kde však zařízení s podporou QoS a bez QoS liší minimálně 5 krát či dokonce i 50 krát.

Dynamická IP adresa

Dynamická adresa neboli adresa přiřazovaná DHCP[52] serverem je problém téměř neřešitelný. Dynamická adresa znamená, že v průběhu času můžete mít jinou veřejnou IP adresu, přičemž čas změny adresy může být i v řádu minut.

[52] Dynamic Host Configuration Protokol (DHCP) je protokol starající se o automatickou konfiguraci zařízení komunikujících v IP síti. Tento protokol se postará o veškeré nastavení zařízení tak, aby mohlo správně a bezproblematicky komunikovat v IP síti například Internetu.

Problém se týká pouze LAN připojených přes NAT router k Internetu (vyjma opět produktu Skype, nicméně Skype je individuální řešení). Ve chvíli, kdy danou veřejnou IP adresu dostává přímo VoIP zařízení, tak problém nevzniká, neboť i daná IP adresa je zaregistrována na Gatekeeperu nebo Proxy serveru.
Pomůcky jak řešit tento problém jsou rozličné a vždy nepostihují celou sadu problémů. Rozhodně mnohem přijatelnější variantou je dohoda s poskytovatelem internetového připojení a přidělení statické IP adresy, čímž celý problém zcela eliminujeme.

Brzda VoIP – vláda USA

Dalším neméně podstatným problém s implementací VoIP do běžného života a tudíž masovému rozšíření je i vláda Spojených států amerických Právě Spojené státy jsou v telekomunikacích určující oblastí a díky ohromnému trhu s vysokou penetrací Internetu mají sílu ovlivňovat celý svět. Vláda Spojených států vynaložila v posledních několika letech ohromné náklady na investice do globálního odposlouchávacího systému, který je schopen odposlouchávat miliony hovorů a zcela automaticky analyzovat jejich obsah a to jednak podle místa (odkud a kam se telefonuje), podle analýzy hlasu automaticky sledovat hovory nebezpečných osob, a pak samozřejmě i podle klíčových slov, které během hovorů proběhnou.
Tyto ohromné náklady na takový systém samozřejmě nechce nechat vláda Spojených států propadnout, a proto chce splnit i prvotní cíl – monitorovat hovory. VoIP technologie však je pro tento systém tvrdým oříškem, neboť hlas sítí obvykle probíhá zakódovaný, jeho cesta díky technologii IP není vždy stejná a obecně zachytávání digitálních dat je mnohem náročnější. V neposlední řadě je třeba zmínit, že i různorodost hlasových kodeků, software pro VoIP nepřináší špionům přespříliš radosti. Dalším problematickým aspektem také může být používání VPN[53], kdy přenášená data jsou ještě zapouzdřena do šifrovaných kanálů a jejich rozšifrování v reálném čase je téměř nemožná.
Vláda Spojených států a její Federální úřad pro vyšetřování (FBI) provozují velice diskutabilní projekt Carnivore, který má za úkol monitorovat a analyzovat provoz na digitálních komunikacích jako je Internet. Nicméně systém Carnivore a nebo jeho obdoba Echlon nedokáží kvůli výše zmíněným problémů dostatečně efektivně odposlouchávat hovory VoIP. Systémy především monitorují elektronickou poštu a www provoz.
Je třeba říci, že USA nejsou jedinou zemí s podobnou ambicí, neboť Velká Británie, Francie, Izrael nebo Japonsko činí podobné aktivity.
V roce 2005 se však popularita a funkčnost VoIP natolik zvýšila, že ani zájmy těchto významných zemí v odposlechu nedokáží ubrzdit fakt, že VoIP je technologií současnosti.

Policie ČR má také své pojistky

Nebudeme si nalhávat, že by vláda České Republiky měla faktickou moc zpomalit vývoj VoIP, ale i ona se svým způsobem bojí VoIP a tím i nemožnosti odposlechu, a proto ve svém zákoně 127/2005 Sbírky platného od 1.5.2005 vymezuje:
§97 zákona číslo 127/2005 Sbírky
(1) Právnická nebo fyzická osoba zajišťující veřejnou komunikační síť nebo poskytující veřejně dostupnou službu elektronických komunikací je povinna na náklady žadatele zřídit a zabezpečit v určených bodech své sítě rozhraní pro připojení koncového telekomunikačního zařízení pro odposlech a záznam zpráv Policií České republiky pro účely stanovené zvláštním právním předpisem.

[53] Virtual Private Network (VPN) – způsob jak zcela veřejnou sítí např. Internetem vytvořit prakticky zcela bezpečnou vnitropodnikovou síť tzv. virtuální privátní síť

(2) Při provádění odposlechu a záznamu zpráv podle odstavce 1 Policie České republiky prokazuje své oprávnění k této činnosti předáním písemné žádosti, která obsahuje číslo jednací, pod kterým je rozhodnutí soudu u tohoto orgánu vedeno, a která je podepsaná osobou odpovědnou za provádění této činnosti. V případě provádění odposlechu a záznamu zpráv podle zvláštních právních předpisů se v písemné žádosti uvádí číslo jednací, pod kterým je souhlas účastníka odposlouchávané stanice veden.

.....

(5) Zavede-li právnická nebo fyzická osoba zajišťující veřejnou komunikační síť nebo poskytující veřejně dostupnou službu elektronických komunikací při této činnosti kódování, kompresi, šifrování nebo jiný způsob přenosu vedoucí k nesrozumitelnosti přenášených zpráv, je povinna zajistit, aby v koncových bodech pro připojení zařízení uvedených v odstavci 1 byly požadované zprávy a s nimi spojené provozní a lokalizační údaje poskytovány srozumitelným způsobem.

Mobilní telefony

Kritickým pro rozvoj VoIP se ironicky stala také zcela moderní technologie, která VoIP často používá a to především k mezistátním hovorům a ke komunikaci mezi operátory navzájem (tzv. peering).

Mobilní operátoři sice svými investicemi do velkých VoIP center a řešení podporují vývoj a standardizaci VoIP, ale samotným faktem existence mobilní komunikace ničí vůli jednotlivců a podniků do VoIP investovat. VoIP je jen alternativa k běžné pevné lince, kde víte, v jaké kanceláři Váš přístroj má zazvonit.

Stále více se zvyšuje podíl mobilních operátoru na celkovém počtu uskutečněných hovorů, což znamená, že se i stále snižuje šance hledat alternativu k pevné lince ve VoIP. Nicméně je však třeba poznamenat, že mnohem dramatičtěji než podíl mobilních operátorů roste podíl hovorů uskutečňovaných právě přes Internet.

Velmi náročná technologie

Řešení implementace je velmi obsáhlé a náročné na lidské znalosti. Vše souvisí se vším a nestačí být odborníkem pouze na H.323 protokol, který je sám osobě velmi složitý. Je nutné rozumět síťovému hardware, síťovým technologiím, IP sítím a i samotnému chování uživatelů na Internetu.

Složitost a komplexnost problému taktéž demonstruje i rozsah kapitol zdánlivě ne příliš souvisejících s VoIP, nicméně jejich znalost může být zcela klíčová.

Ze své praxe musím konstatovat, že ve VoIP nic nefunguje samo a vše je na začátku problematické, ale na druhou stranu je třeba říci, že řešení problémů existují. Opakem tohoto tvrzení je již tolikrát kladně zmiňovaný produkt Skype.

6. Ekonomický přínos implementace VoIP do firemního řešení komunikace

Výchozím bodem veškerého ekonomického srovnání, který zde bude uveden, je že nebudeme přihlížet k nákladům na internetovou konektivitu jako takovou, neboť budeme vycházet z velké části správného předpokladu, že střední podnikatelský sektor nutně ke své práci potřebuje internetové připojení. Významná část komunikace se odehrává díky Internetu a to formou elektronické pošty. Taktéž značná část informací, které jsou získávány k samotnému fungování podniků, pochází z www stránek partnerů. Internet je pro mnohé společnosti taktéž nejčastějším formou pořizování objednávek u subdodavatelů. Pokud přihlédneme ještě k zákonu o elektronickém podpisu, tak i nemalá část komunikace se státními úřady bude nebo již probíhá pomocí Internetu, a proto náklady na internetové připojení neovlivní odpověď na otázku: Implementovat VoIP do komunikačních nástrojů společnosti?

Poskytovatelé služeb

Při našich analýzách budeme kalkulovat s několika poskytovateli, kteří jsou reálně schopni nám dodat dostatečně funkční telefonní službu ať již klasickým způsobem nebo VoIP. Stejně tak budeme vycházet pouze z tarifů určených pro podnikatelský sektor. Dále nebudeme uvažovat, že telefonní hovory probíhají v noci či o víkendu. Dalšího ne příliš podstatného zkreslení se dopustíme tím, že budeme předpokládat, že tarifikace probíhá každých 60 vteřin hovoru – někteří operátoři účtují po jedné vteřině, někteří po 30 vteřinách a někteří mění frekvenci tarifikace v rámci délky hovoru.

Telefonica O_2 – běžná pevná linka

V České republice se jedná o zcela klíčového operátora, který určuje vývoj trhu. Vzhledem k tomu, že Telefonica O_2 Czech Republic je vlastníkem a provozovatelem většiny metalických spojů určených k veřejným telekomunikačním službám je neopomenutelným partnerem pro všechny hráče na českém telekomunikačním trhu. O_2 je díky této pozici referenčním bodem, ke kterému vztahujeme jednak ekonomické hledisko tak i technologické kvality řešení.
Veškeré ekonomické úvahy a výpočty vycházejí z rozhodnutí ČTÚ[54] ze dne 25.4.2005, kdy dochází k zákazu zahrnovat volné minuty[55] do základních provozních balíčků pro poskytování telefonní linky.

Fayn – VoIP s protokolem H.323

Ačkoliv společnost Fayn doposud provozuje síť na bázi H.323 protokolu a historicky se jedná o nejstaršího poskytovatel VoIP služeb na českém trhu, tak hlavním protokolem se i zde stal SIP.
Jedná se o poskytovatele, který se zabývá čistě VoIP službami. Stejně jako O_2 v běžných telefonních přípojkách, tak společnost Fayn se stala referenčním bodem pro VoIP na českém trhu. Je třeba však poznamenat, že společnost Fayn se na začátku svého fungování potýkala s velkými problémy ve funkčnosti svého systému (do jisté míry se pravděpodobně jednalo o problémy kompatibility VoIP zařízení jednotlivých výrobců).

[54] Český Telekomunikační Úřad
[55] Volné minuty znamenají, že v rámci měsíčního paušálního poplatku za připojení k veřejné telekomunikační síti má zákazník bezplatně uskutečňovat telefonická spojení do vybraných sítí v rámci tzv. volných minut

802.CZ – VoIP s protokolem SIP

Dlouhodobě nejlevnější poskytovatel VoIP služeb na českém trhu vyznačující se nulovými měsíčními paušály a vteřinovou tarifikací. Významnou nevýhodou je, že společnost neposkytuje téměř žádnou podporu pro své produkty krom přímo specifikovaných nasazení na svých webových stránkách.
Služby jsou určené pro jednotlivé telefonní přístroje nebo VoIP brány. Nasazení pro firemní ústřednu s podporou SIP nebo IAX2 trunků není možné.

VoIPEX – VoIP s protokolem SIP

Společnost je zapojena téměř do největší aliance VoIP poskytovatelů včetně IP telefonie provozované Cesnetem (tzn. akademické instituce), což přináší možnost telefonování do partnerských sítí zcela zdarma.
Zřetel je kladen na kvalitu služby na podporu partnerů což reflektuje o něco vyšší cena než u společnosti 802.CZ, ale i přesto významně nižší než u společnosti Telefonica O_2 Czech Republic.
Pro firemní nasazení jsou podporovány SIP a IAX2 trunky.

Skype

Fenomén v oblasti hlasové komunikace přes Internet, kde hlavní periférií jsou sluchátka s mikrofonem a k Internetu připojený počítač. Produkt vychází z hlavních myšlenek instant messagingu jako je například ICQ nebo Microsoft Messenger.

Poskytovatel sám sobě

Forma VoIP, kdy návrh, realizaci a provoz zajišťuje uživatel služeb svými silami nebo pomocí IT outsourcingu. Jedná se především o vytvoření vnitropodnikové telekomunikační sítě v případě dislokovaných pracovišť.

Tabulka 6 - Srovnání ekonomické nekladnosti provozování VoIP

	O_2	Fayn	802.CZ	VoIPEX	Skype	Sám sobě
Měsíční paušál	495,- Kč	299,- Kč	1,- Kč	300,- Kč (minimální hovorné)	0,- Kč	0,- Kč
Místní volání	1,09 Kč	0,52 Kč	0,49 Kč	0,79 Kč	0,49 Kč	Nelze
Dálková volání	1,09 Kč	0,52 Kč	0,49 Kč	0,79 Kč	0,49 Kč	Nelze
Mobilní telefony	4,29 Kč	3,29 Kč	2,85 Kč	3,69 Kč	4,38Kč	Nelze
Volání v rámci vlastní sítě	1,09 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Mezistátní hovory						
Slovensko	2,99 Kč	0,79 Kč	0,42 Kč	1,80 Kč	1,60 Kč	Nelze
Německo	2,99 Kč	0,79 Kč	0,30 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
Francie	3,99 Kč	0,99 Kč	0,28 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
Polsko	2,99 Kč	0,79 Kč	0,33 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
Rakousko	2,99 Kč	0,79 Kč	0,36 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze

Velká Británie	3,99 Kč	0,99 Kč	1,56 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
USA	3,99 Kč	0,99 Kč	0,30 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
Brazílie	10,59 Kč	1,99 Kč	0,88 Kč	6,20 Kč	1,28 Kč	Nelze
Nový Zéland	8,83 Kč	5,99 Kč	0,74 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze
Rusko	10,59 Kč	1,99 Kč	1,10 Kč	3,80 Kč	1,14 Kč	Nelze
Japonsko	8,83 Kč	0,99 Kč	0,60 Kč	1,80 Kč	0,55 Kč	Nelze
Austrálie	3,99 Kč	3,99 Kč	0,40 Kč	1,80 Kč	0,49 Kč	Nelze

Komunikace s vnějším světem

Základní ekonomický přínos má VoIP jako alternativa využívání běžné pevné linky. Přičemž zajímavým se internetové telefonování stává s narůstající vzdáleností komunikujících stran. Tento fakt je zapříčiněn tím, že díky větším vzdálenostem se musí do spojení zapojit více a více technologií, kde samozřejmě musí být umořovány investice, ale především více provozovatelů – operátorů. Každý z těchto operátorů, potřebuje jednak zaplatit provozní náklady, ale hlavně vytvářet zisk, což způsobuje, že v delším řetězu operátorů (dálková, mezistátní nebo trans-kontinentální spojení) se náklady pro konečného uživatele navyšují.

Znamená to, že rentabilnost investic do VoIP je velice nízká pokud převážná většina telefonického provozu je směřována v rámci jednoho státu nebo dokonce města.

V následující tabulce je zaznamenána situace maximálních úspor v jednotlivých provozech, kde výchozím bodem je O_2 a porovnávanou variantou je vždy nejlevnější z alternativních způsobů.

Tabulka 7 - Porovnání úspor VoIP služeb vůči O_2

	Telefonica O_2	Nejlevnější alternativa	Relativní úspora	Absolutní úspora
Měsíční paušál	495 Kč	1,00 Kč	99,80%	494,00 Kč
Místní volání	1,09 Kč	0,49 Kč	55,05%	0,60 Kč
Dálková volání	1,09 Kč	0,49 Kč	55,05%	0,60 Kč
Mobilní telefony	4,29 Kč	2,85 Kč	33,57%	1,44 Kč
Volání v rámci vlastní sítě	1,09 Kč	0,00 Kč	100,00%	1,09 Kč
	Mezistátní hovory			
Slovensko	2,99 Kč	0,42 Kč	85,95%	2,57 Kč
Německo	2,99 Kč	0,30 Kč	89,97%	2,69 Kč
Francie	3,99 Kč	0,28 Kč	92,98%	3,71 Kč
Polsko	2,99 Kč	0,33 Kč	88,96%	2,66 Kč
Rakousko	2,99 Kč	0,36 Kč	87,96%	2,63 Kč
Velká Británie	3,99 Kč	0,49 Kč	87,72%	3,50 Kč
USA	3,99 Kč	0,30 Kč	92,48%	3,69 Kč
Brazílie	10,59 Kč	0,88 Kč	91,69%	9,71 Kč
Nový Zéland	8,83 Kč	0,49 Kč	94,45%	8,34 Kč
Rusko	10,59 Kč	1,10 Kč	89,61%	9,49 Kč

Japonsko	8,83 Kč	0,55 Kč	93,77%	8,28 Kč
Austrálie	3,99 Kč	0,40 Kč	89,97%	3,59 Kč

Průměrná úspora	**83,07%**
Průměrná úspora bez vlastní sítě	**81,95%**

Je až neuvěřitelné, že v dnešní době velmi dynamicky fungujících konkurenčních vztahů je možné dosáhnout úspor ne v řádu jednotek procent, ale v řádu desítek procent.
Překvapující rozhodně zůstává, že i úspory při telefonování na Slovensko jsou tak významné, ačkoliv existovala dlouhá historie a technická svázanost dominantních telekomunikačních operátorů.
Dalším velmi zajímavým faktem u rozdílů cen za mezistátní telefonické spojení je, že Telefonica O_2 (téměř 100% spojení u mobilních operátorů) se snaží do většiny států přenášet hlasové hovory pomocí technologie VoIP, aniž by se o to běžný uživatel musel zajímat. Destinace kam Telefonica O_2 nepoužívá technologii VoIP jsou obvykle blokovány smlouvami operátorů a netechnickými nebo technologickými omezeními.

Vnitropodniková komunikace

Dalším (a zcela stěžejním) důvodem, proč implementovat VoIP je vnitropodniková komunikace. Zatímco pro telefonování s okolím je VoIP alternativou, kterou je vždy třeba porovnat s aktuálními náklady na standardní telefonická spojení, tak pro vnitropodnikovou komunikaci je VoIP snížením provozních nákladů o 100%.
Takto zásadní úspora je také důvodem vzniku tohoto materiálu, který si klade za cíl identifikovat případná skrytá investiční rizika. 100% úspora zní až snivě a ve vztahu, že se uživatel nemusí vůbec ničeho vzdát až zcela nepředstavitelně.
Pokud budeme na takovéto úspoře – eliminování provozních nákladů – chtít nalézt „háček“, který bude „cenou“ za tuto technologii, nalezneme snižování umu telefonovat. Tento projev se dá pozorovat již od prvních krůčků s telegrafy. Jestliže přenos je náročný a v důsledku toho více zpoplatněný, tak místo rozsáhlých souvětí budeme používat jednoduché věty, místo celistvých vět budeme užívat spojení pouze plnovýznamových slov a místo slov pouze zkratky. Naopak pokud nám technologie dovolí bezplatně se „vykecávat“, tak proč bychom tak nečinili. Tento způsob neefektivní komunikace je například dobře vysledovatelný u mobilních operátorů ve Velké Británii, kde operátoři nabízí v rámci svých tarifů až nevyužitelné množství volných minut k volání (s určitými omezeními typu: pouze v rámci vlastní sítě nebo na vybraných 5 čísel). Uživatelé těchto služeb pak telefonují často zcela zbytečně, při rozhovorech obvykle řeší ještě další činnosti a podle www.zive.cz se obsazenost telefonických spojení hlasem pohybuje pouze kolem 35% až 50%. To vše je způsobeno tím, že provozní náklady jsou nulové a opakovatelnost spojení je snadná.
Vnitro-podniková komunikace (telefonická spojení) je nezanedbatelnou částí nákladu na hlasovou komunikaci především u společností s více provozovnami. Typickým příkladem jsou výrobní podniky, kde management a obchodní oddělení je geograficky umístěno jinde, než se odehrává výroba nebo společnosti s potřebou regionálních poboček. Mezi vnitro-podnikovou komunikaci lze samozřejmě zahrnout i výhradní dodavatele nebo odběratele, kde významná část hlasových spojení probíhá jedním předem známým směrem.
Jestliže ve společnosti probíhá vnitro-podniková hlasová komunikace mezi geograficky oddělnými pracovišti, je více než zajímavé zvážit investice do VoIP.

Modelové nasazení technologie VoIP v nejjednodušší formě

K analýze možného ekonomického přínosu implementace použijeme tři modely společností, které budeme dále značit jako A, B a C. Společnosti se významně liší cílovou skupinou zákazníků, typem produktů, počtem zaměstnanců a pracovními postupy.
Při všech úvahách budeme přihlížet ke všem dříve zmíněným faktům, omezením či zanedbatelným nepřesnostem k vytvoření srovnatelného modelu.

Společnost A

Předpokládejme společnost s přibližně patnácti zaměstnanci, pracujících v jedněch kancelářských prostorech. Současný telefonní systém je reprezentován nejrozšířenější pobočkovou ústřednou v ČR značky Panasonic KX616, která disponuje 6ti státními linkami a 16ti vnitřními linkami, přičemž je používáno 5 státních linek od Telefoniky O_2 a 15 vnitřních linek. Kapacita ústředny je pro společnost dostačující.
Internetová konektivita je přivedena po jedné z pěti linek pomocí technologie ADSL o rychlosti 8 Mbps download a 1 Mbps download.
Nejsnazší způsob zavedení VoIP pro společnost A je pořízení dvou dvouportových VoIP bran, každá za cca 1.900,- Kč a aktivování čtyřech VoIP linek u společnosti 802.CZ. U společnosti Telefonika O_2 by se zrušily čtyři analogové linky, na kterých není aktivní služba ADSL. Celková náročnost práce technika je maximálně 2 hodiny práce tzn. maximálně 2.100,- Kč. Celkové náklady 5.900,- Kč se změnou čtyřech telefonních čísel nebo 13.100,- Kč včetně převodu čísel k VoIP poskytovateli.

Tabulka 8 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost A

	Provolané minuty	před VoIP	po VoIP
Měsíční paušál - O_2		2 475,00 Kč	495,00 Kč
Měsíční paušál - 802.CZ		- Kč	4,00 Kč
Pevné sítě	885	964,65 Kč	433,65 Kč
Vnitropodnikové volání	0	- Kč	- Kč
Mobilní sítě	40	171,60 Kč	114,00 Kč
Rusko	480	5 083,20 Kč	528,00 Kč
Německo	0	- Kč	- Kč
Slovensko	0	- Kč	- Kč
Francie	0	- Kč	- Kč
Rakousko	0	- Kč	- Kč
Měsíční náklady celkem		**8 694,45 Kč**	**1 574,65 Kč**
Měsíční úspora			**7 119,80 Kč**

Společnost B

Společnost B bude charakterizována jako výrobní společnost se dvěma výrobními středisky a ústředím, odkud je celá výroba řízena. Společnost B velmi často komunikuje se svými výrobními středisky. První výrobní středisko je vybaveno čtyřmi samostatnými linkami, přičemž na jedné je aktivována služba ADSL, druhé výrobní středisko používá pouze dvě telefonní linky taktéž s ADSL. Ústředí je připojeno v rámci kancelářského komplexu na optickou linku a telefonní ústřednou s šesti státními analogovými linkami a

25 vnitřními linkami. Komunikace do zahraničí není zanedbatelná neboť společnost má svého vlastníka v Německu a prodává své produkty taktéž částečně v zahraničí.
Opět budeme kalkulovat pouze nejsnazší způsob zavedení VoIP pomocí VoIP bran. V prvním výrobním středisku budou nahrazeny tři linky VoIP linkami zakončenými v jedné dvouportové VoIP bráně za 1.900,- Kč a v jedné jednoportové za 1.350,- Kč, druhé výrobní středisko nahradí pouze jednu linku VoIP linkou zakončenou v bráně za 1.350,- Kč – vždy je nutné ponechat aktivní jednu linku, neboť po této lince je přivedena technologie ADSL. V ústředí je internetová konektivita přivedena jinou než ADSL technologií a proto je možné nahradit všech 6 linek VoIP linkami. Celková náročnost na práci technika je 5 hodin tzn. 5.250,- Kč. Celkové náklady 15.550,- Kč.

Tabulka 9 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost B

	Provolané minuty	před VoIP	po VoIP
Měsíční paušál - O_2		5 445,00 Kč	990,00 Kč
Měsíční paušál - 802.CZ		- Kč	9,00 Kč
Pevné sítě	1865	2 032,85 Kč	913,85 Kč
Vnitropodnikové volání	1238	1 349,42 Kč	- Kč
Mobilní sítě	340	1 458,60 Kč	969,00 Kč
Rusko	0	- Kč	- Kč
Německo	450	1 345,50 Kč	135,00 Kč
Slovensko	200	598,00 Kč	84,00 Kč
Francie	340	1 356,60 Kč	95,20 Kč
Rakousko	180	538,20 Kč	64,80 Kč
Měsíční náklady celkem		**14 124,17 Kč**	**3 260,85 Kč**
Měsíční úspora			**10 863,32 Kč**

Společnost C

Jedná se o osobu podnikatele pracujícího z domova s internetovým připojením přes kabelovou televizi UPC podnikajícího v oblasti služeb například konzultantská činnost. Telefonní linka je používána velmi málo a slouží hlavně k přijímání hovorů a k solidnímu vystupování podnikatele navenek.
Vzhledem k tomu, že není nutné zachovat telefonní linku jak z důvodu zachování telefonního čísla, tak ani z důvodu připojení k internetu (připojení přes kabelovou televizi) je řešení v podobě objednání jednoho VoIP čísla od společnosti 802.CZ a pořízení přenosného VoIP telefonního přístroje, který zároveň slouží jako router, za cenu cca 1.600,- Kč. Konfiguraci si provede dle návodu sám podnikatel, tudíž celkové náklady jsou 1.600,- Kč.

Tabulka 10 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost C

	Provolané minuty	před VoIP	po VoIP
Měsíční paušál - O_2		495,00 Kč	- Kč
Měsíční paušál - 802.CZ		- Kč	1,00 Kč
Pevné sítě	70	76,30 Kč	34,30 Kč
Vnitropodnikové volání	0	- Kč	- Kč
Mobilní sítě	0	- Kč	- Kč

Rusko	0	- Kč	- Kč
Německo	0	- Kč	- Kč
Slovensko	0	- Kč	- Kč
Francie	0	- Kč	- Kč
Rakousko	0	- Kč	- Kč
Měsíční náklady celkem		**571,30 Kč**	**35,30 Kč**
Měsíční úspora			**536,00 Kč**

Vedlejší technologický přínos

Za velice zajímavý technologický přínos může být velmi snadná integrace s CRM[56] systémy, neboť dochází přímé digitalizaci hlasového přenosu a propojení VoIP systémů s databázemi CRM je obvykle nativní. Propojitelnost je spjatá především se schopností duplikace pořizované digitalizace do jiného umístění než telefonního systému.
Ekonomická kalkulace je nad rámec tohoto materiálu. V případě propojení s CRM systémy je nutno vybírat z jiných (dražších) zařízení.

[56] Customer Relationship Management (CRM) – systém zabývající se kompletní správou a genezí mezi dodavatelem a zákazníkem s orientací na zákazníka.

7. Případové studie

V následující části této práce se budu věnovat ekonomicko-technickým aspektům v nasazování IP telefonie ve třech typech společností s vyšší či nižší mírou závislosti na telefonních službách.
Pozornost bude směřována k těmto hlediskům:

- rozhodovací proces o nasazení VoIP
- načasování přechodů
- hodnocení zda byl technicky naplněn záměr
- hodnocení slabých stránek implementace
- hodnocení předpokládaných a skutečných ekonomických důsledků

Malá společnost – plný zlomový přechod

Charakteristika společnosti

Společnost „P“ je společnost s cca 15ti zaměstnanci působící v oblasti financování právních služeb a poskytování právních služeb. Jedná se o společnost s jednou pobočkou v Praze pro obsluhování klientů v České Republice a jedním zaměstnancem působícím ve Slovenské Republice pro tamější klientelu. Společnost „P“ je vlastněna německým kapitálem a jedná se převzatý obchodní model společnosti dlouhou dobu působící ve stejném odvětví na německém trhu.

Důvody pro přechod na VoIP

Společnost disponovala službou Telefonica O_2 Euro ISDN 30 a blokem 1000 čísel. Telefonní systém byl zakončen v budově v neznámé tržně již nepodporované ústředně, která distribuovala službu pro účastníky v rámci budovy. Fluktuace zaměstnanců ve společnosti „P“ není významná, ale v průběhu roku 2008 docházelo k personálnímu rozšíření. Vznikající požadavky na telefonní systém spočívaly především v potřebě změny označení telefonní stanice z důvodu změny jména pracovníka a to buď z důvodu svatby nebo převzetí telefonní stanice nově příchozím zaměstnancem a použitím nevyužitého telefonního přístroje.
Nad ústřednou nebyl prováděn žádný servis, původní servisní organizace přestala existovat a ostatní poptávané společnosti nenabízely technickou podporu takto zastaralého modelu. Ačkoliv nakonfigurované služby byly funkční a relativně bezporuchové nebyl jasný žádný scénář co dělat v případě poruchy.
Služby jako nahrávání hovorů, přesměrování hovorů, statistiky volání nebo vytáčení hovorů z aplikace Microsoft Outlook nebyly ústřednou absolutně podporovány.
K ústředně byla připojena jedna analogová GSM brána, která zprostředkovávala hovory do českých mobilních sítí. Celkové hovorné bylo složeno z 80% do pevných sítí a z 20% do zahraničí především do Německa, Rakouska a na Slovensko, a ekonomicky včetně paušálu představovalo částku cca 10.000,- až 12.000,- Kč měsíčně.

Tabulka 11 - Porovnání telekomunikačních nákladů společnosti "P"

		Telefonica O_2 - Trend		Profík VoIP - Bstandard	
	Množství	Sazba	Cena	Sazba	Cena
Analogová linka	0	495,00 Kč	- Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN2	0	595,00 Kč	- Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN30	1	5 898,00 Kč	5 898 Kč	- Kč	- Kč
Pevná linka	1335	1,09 Kč	1 455 Kč	0,77 Kč	1 028 Kč

Mobilní čísla	0	4,29 Kč	- Kč	3,89 Kč	- Kč
Zahraničí - Zona I	349	2,99 Kč	1 044 Kč	1,90 Kč	663 Kč
Celkem			**8 397 Kč**		**1 691 Kč**
Úspora			- Kč		6 706 Kč
Roční úspora			- Kč		80 467 Kč

Důvody přechodu seřazené od nejdůležitějšího k nejméně důležitému:

1. Získání kontroly nad telefonním systémem
2. Zlevnění telekomunikačních nákladů
3. Rozšíření funkcionality systému

Způsob přechodu

Vzhledem k tomu, že původní telefonní systém byl technicky neovladatelný a díky nízkému počtu připojených telefonních přístrojů bylo rozhodnuto, že dojde k plnému přechodu na VoIP systém tzn. nebudou řešeny žádné propojení mezi novým telefonním systémem a původní telefonní ústřednou, ISDN 30 linkou od Telefonica O_2 ani použití žádných telefonních přístrojů z původního systému krom FAXového přístroje. Zároveň byl zachován požadavek na spojování hovorů do mobilních sítí pomocí GSM brány. Vzhledem k ceně VoIP GSM brány cca 20.000,- Kč bylo rozhodnuto, že bude pořízení VoIP analogová brána, která zajistí přechod z VoIP technologie na běžnou analogovou linku a na analogovou linku se připojí původní GSM brána.
Další položkou na seznamu rozhodnutí byla volba telefonních přístrojů z nabídky společnosti Linksys, které poskytují jednak velmi přijatelnou cenu, ale především velmi vysoký uživatelský komfort a stálou vysokou kvalitu hovorů. Rozhodnutí padlo na telefonní přístroje Linksys SPA942, které kromě dříve zmíněných vlastností jsou napájeny PoE[57]. Tím sice došlo ke značnému zjednodušení zapojení telefonních přístrojů, ale pro implementaci vznikla potřeba ethernetového přepínače (switche) s technologií PoE. Byl vybrán přepínač D-Link DES-1228P.
Pro zajištění kvality (zavedením prioritizace paketů) a lepšího monitoringu sítě bylo přistoupeno k nahrazení běžného broadbandového routeru profesionálním routerem s plnou funkcionalitou od Litevské společnosti Mikrotik. Internetová konektivita je zajištěna skrze optickou linku společnosti Pragonet s garancí 512 kbps a špičkovým výkonem 2 Mbps.
Společnost „P“ se taktéž rozhodla, že si zachová svá telefonní čísla a tudíž dojde převodu současných telefonních čísel ze služby Euro ISDN30 na VoIP službu, která bude zajišťována IAX2 trunkem.

Tabulka 12 - Investiční náročnost pro společnost "P"

Popis	Počet	Cena	Cena celkem
Server hardware	1	21 990 Kč	21 990 Kč
Server hardware Q	0	13 490 Kč	- Kč
Instalace Asterisk serveru	1	8 000 Kč	8 000 Kč
SPA921	0	1 499 Kč	- Kč
SPA941	0	1 799 Kč	- Kč
SPA922	0	1 949 Kč	- Kč

[57] PoE – Power over Ethernet – technologie 802.af, která na nevyužitých vodičích ethernetového rozvodu 10/100 Mbps vytváří napětí 9V až 48V pro napájení síťových přístrojů jako jsou VoIP telefony, IP kamaery nebo WiFi Access Pointy. Realizováno je buď pomocí PoE injektorů nebo přímo integrováno ethernetových switchů.

SPA942	11	2 099 Kč	23 089 Kč
SPA962	0	4 149 Kč	- Kč
SPA2102	1	1 650 Kč	1 650 Kč
Switch DES-1316K	0	6 999 Kč	- Kč
Switch DES-1228P	1	11 699 Kč	11 699 Kč
Mikrotik router	1	3 899 Kč	3 899 Kč
FXO gateway	1	3 999 Kč	3 999 Kč
Práce	16,46	1 050 Kč	17 283 Kč
Převod telefonní série	1	3 800 Kč	3 800 Kč

Celkem	**95 409 Kč**

Připojení VoIP systému se realizuje v tomto případě IAX2 trunkem. Cenová politika společnosti poskytující VoIP služby je, že se hradí pouze protelefonované hovorné tzn. absence měsíčního paušálu. Jako odměna za spravování přidělených telefonních čísel se účtuje pouze tzv. minimální hovorné, které chrání poskytovatele před minimální výnosností linky. V tomto případě se za 1000 čísel účtuje minimální hovorné 2.000,- Kč měsíčně, což znamená, že pokud společnost „P“ protelefonuje hovorné například 5.000,- Kč, zaplatí 5.000,- Kč, pokud by však protelefonovala pouze 1.600,- Kč zaplatí 2.000,- Kč.

Realizace změny

Od věcného odsouhlasení nabídky a podepsání závazné objednávky mohlo být přistoupeno k realizaci. Systém bude zaveden a ve stejný okamžik, kdy původní telefonní operátor, v tomto případě Telefonica O_2 převede zákazníkovu telefonní sérii 1000 čísel na nového VoIP operátora. K převodu telefonní série je potřeba řádně vyplněná žádost. Převod je možný nejdříve za 21 dní od potvrzení žádosti. Termín převodu byl stanoven na druhé pondělí v měsíci v 15:00, jakožto nejméně telefonně vytíženého dne v rámci měsíce.

Nový VoIP systém byl připraven, otestován a zahořen u dodavatele. V den D byla veškerá technologie dovezena do společnosti „P“ a byla zahájena finální implementace. Po nainstalování Asterisk serveru a zamontování PoE přepínače bylo přistoupeno k odpojování původního telefonního systému. Toto bylo nutné z důvodu, že kancelářské prostory společnosti „P“ disponují nižší penetrací strukturovaných rozvodů než aby bylo možné zprovoznit nový a původní systém paralelně. Pro VoIP přístroje byl nasazen samostatný VLAN[58], aby se na routeru dal VoIP provoz jednoznačně odlišit.

Na některých pracovištích bylo využito, že telefonní přístroj Linksys SPA942 disponuje dvěma RJ45 porty, které fungují jako switch, přičemž je zachována možnost, že připojené zařízení může používat jiný VLAN než samotný telefonní přístroj.

V čase, kdy byly připojovány jednotlivé přístroje a případně skrze ně připojovány pracovní stanice docházelo k nahrazení routeru routerem mikrotik, zavedením VLAN do sítě pro odlišení VoIP provozu, konfiguraci přepínače pro práci s VLAN a propojení s původním přepínačem bez managementu.

Zapojení FAXového přístroje proběhlo přes bránu Linksys SPA2102 s dvěma FXS porty a připojení analogové GSM brány přes dvou-portovou FXO společnosti Mikronet.

[58] VLAN (zkratka pro Virtuální LAN) je logicky nezávislá síť v rámci jednoho nebo několika zařízení. Virtuální sítě lze definovat jako domény všesměrového vysílání (stejně jako LAN) s cílem učinit logickou organizaci sítě nezávislou na fyzické vrstvě. Obvykle bývá realizována na zařízeních switch, který je rozdělen na několik logicky samostatných částí.

Číslovací plán byl převzat z číslovacího plánu z původního systému, tudíž pro pracovníky společnosti „P“ byla změna velmi přijatelná až neznatelná. V 15:00 došlo k přepojení telefonní série do IAX2 VoIP trunku, který byl odzkoušen s positivním výsledkem.

Zhodnocení implementace

Nasazení VoIP systému na bázi asterisk serveru probíhalo dle časového plánu a v rámci jednoho pracovního dne. Systém byl plně funkční, byl dodržen časový plán i rozpočet. Celou implementaci lze považovat za velmi zdařilou.
Jediné co se dá počáteční implementaci vytknout je odstavení původního systému dříve, než byl zaveden systém nový a to z důvodu nižší penetrace strukturovaných rozvodů.
Bylo dosaženo požadovaných cílů:

- Získání plné kontroly nad telefonním systémem
- Podrobné statistiky volání
- Získání funkcionalit jako přesměrování hovorů, follow me, hunting groups, nahrávání hovorů, digitální recepční, přijímání faxových zpráv v podobě PDF, zasílání hlasových zpráv pomocí e-mailu, atd.
- Mobilita pracovníků, kteří mohou na pracovních cestách používat své telefonní číslo z kanceláře na svých notebookách
- Možnost vybavit spolupracovníka na Slovensku číslem z pražského sídla společnosti a umožnění tak volání v rámci společnosti zdarma nebo přepojování hovorů jakoby pracovník byl v sídle společnosti
- Významná úspora hovorného

Tabulka 13 - Měsíční náklady společnosti "P" po zavedení VoIP systému

Měsíc	Hovorné
prosinec 2008	3 321 Kč
leden 2009	3 285 Kč
únor 2009	2 567 Kč
březen 2009	2 201 Kč

Z tabulky Tabulka 13 je vidět, že na společnost „P“ není aplikováno minimální hovorné. Nové hovorné v průměrné výši 2.844,- Kč je oproti původně fakturovaným částkám Telefoniky O_2 o cca 8.000,- Kč levnější, což představuje návratnost počáteční investice do jednoho roku.
Celá implementace je jak z pohledu zákazníka, tak i dodavatele hodnocena jako velmi zdařilá a bez komplikací.

Střední organizace – dvoufázový urychlený přechod

Charakteristika organizace

Organizace „Ž“ je organizace o cca 200 zaměstnancích působící v oblasti kultury, financována minoritně z veřejných rozpočtů a z vlastní činnosti a majoritně ze zahraničí. Hlavní budova má cca 150 zaměstnanců a ostatních cca 8 menších pracovišť má 3 až 15 stálých pracovníků.

Důvody pro přechod na VoIP

Vzhledem k tomu, že organizace „Ž“ má více pracovišť a ne zcela jednotnou koncepci, byl telefonní systém řešen pouze v hlavní budově. Hlavní budova disponovala jednou linkou

Euro ISND 30 od společnosti Telefonica O_2 Czech Republic a několika samostatnými analogovými linkami používanými například pro elektronický zabezpečovací systém nebo jako faxová čísla. Na ostatních pracovištích se obvykle vyskytovala jednotlivá telefonní čísla bez ústředny celkově cca 20 analogových linek.
V hlavní budově telefonní systém obsluhovala profesionální ústředna Siemens modelové řady HiPatch 2xx. Osazení ústředny bylo 100% využito a rozšířit ústřednu modulem pro další 20 vnitřních linek představovalo investici do hardware cca 34.000,- Kč. Celkově bylo třeba rozšířit počet vnitřních linek o 25 (investice 68.000,- Kč plus náklady na konfiguraci) nebo alternativně zřizovat paralelní linky (investice 34.000,- Kč plus náklady na konfiguraci).
Organizace „Ž“ má svého velmi schopného správce sítě, který požaduje mít nad systémem kontrolu a upřednostňuje koncepční řešení.
Velmi významná část hovorného představuje volání mezi jednotlivými pracovišti organizace, přičemž každá lokalita má své připojení na internet, tudíž nasazení VoIP technologie neznamená další náklady na jednotlivých pracovištích.
Přibližně 15% až 20% hovorů je směrováno do akademických institucí.
Organizace uskutečňuje pravidelně i zahraniční hovory včetně transkontinentálních. Průměrné měsíční telekomunikační náklady za pevné linky v hlavní budově představují cca 13.000,- Kč měsíčně a s ostatními lokalitami dohromady cca 20.000,- Kč.

Tabulka 14 - Porovnání telekomunikačních nákladů organizace "Ž"

		Telefonica O_2 - Trend		Profík VoIP - Bstandard	
	Množství	Sazba	Cena	Sazba	Cena
Analogová linka	15	495,00 Kč	7 425 Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN2	0	595,00 Kč	- Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN30	1	5 898,00 Kč	5 898 Kč	- Kč	- Kč
Pevná linka	1890	1,09 Kč	2 060 Kč	0,77 Kč	1 455 Kč
Mobilní čísla	900	4,29 Kč	3 861 Kč	3,89 Kč	3 501 Kč
Zahraničí – Zóna I	87	2,99 Kč	260 Kč	1,90 Kč	165 Kč
Celkem			**19 504 Kč**		**5 122 Kč**
Úspora			- Kč		14 383 Kč
Roční úspora			- Kč		172 592 Kč

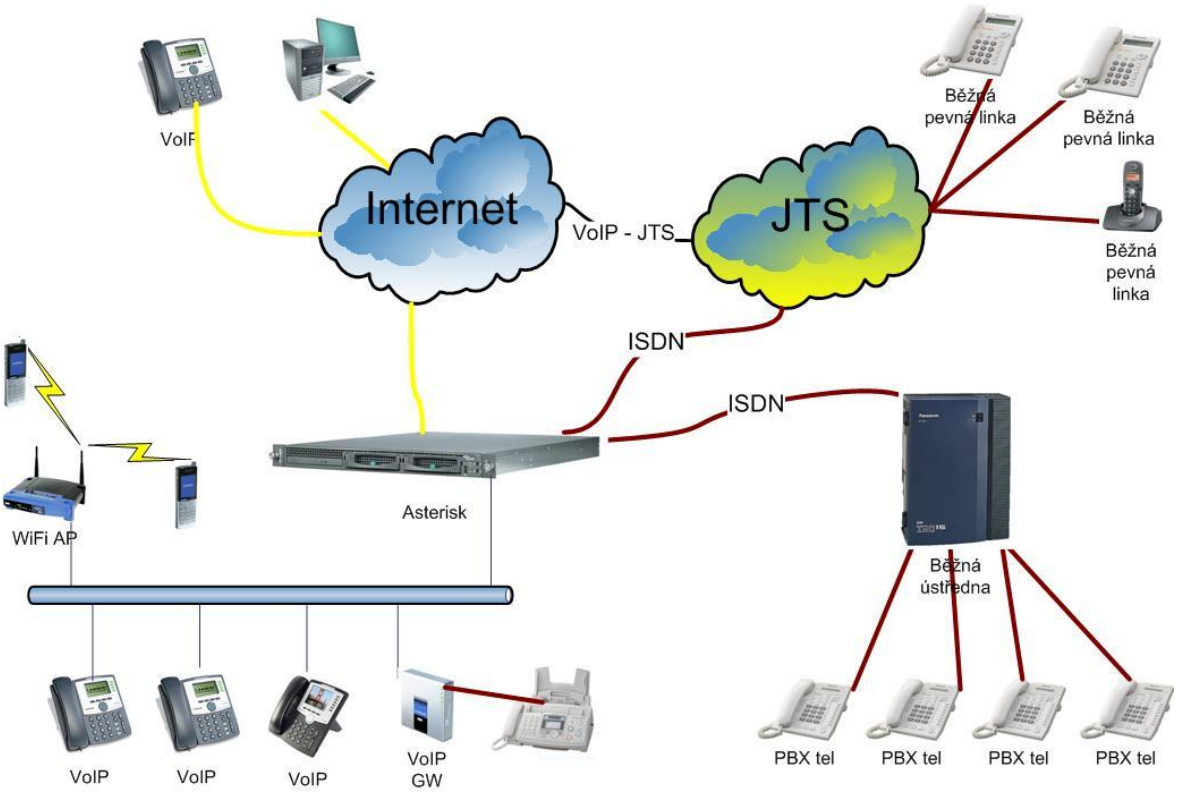
Důvody přechodu seřazené od nejdůležitějšího k nejméně důležitému:

1. Rozšíření počtu vnitřních linek o 25
2. Snížení nebo eliminování hovorného mezi jednotlivými pracovišti
3. Snížení nebo eliminování hovorného do akademických organizací
4. Zlevnění telekomunikačních nákladů
5. Rozšíření flexibility užití telefonních služeb pro účely home office
6. Rozšířená funkcionalita – statistiky, přesměrování hovorů, nahrávání hovorů

Způsob přechodu

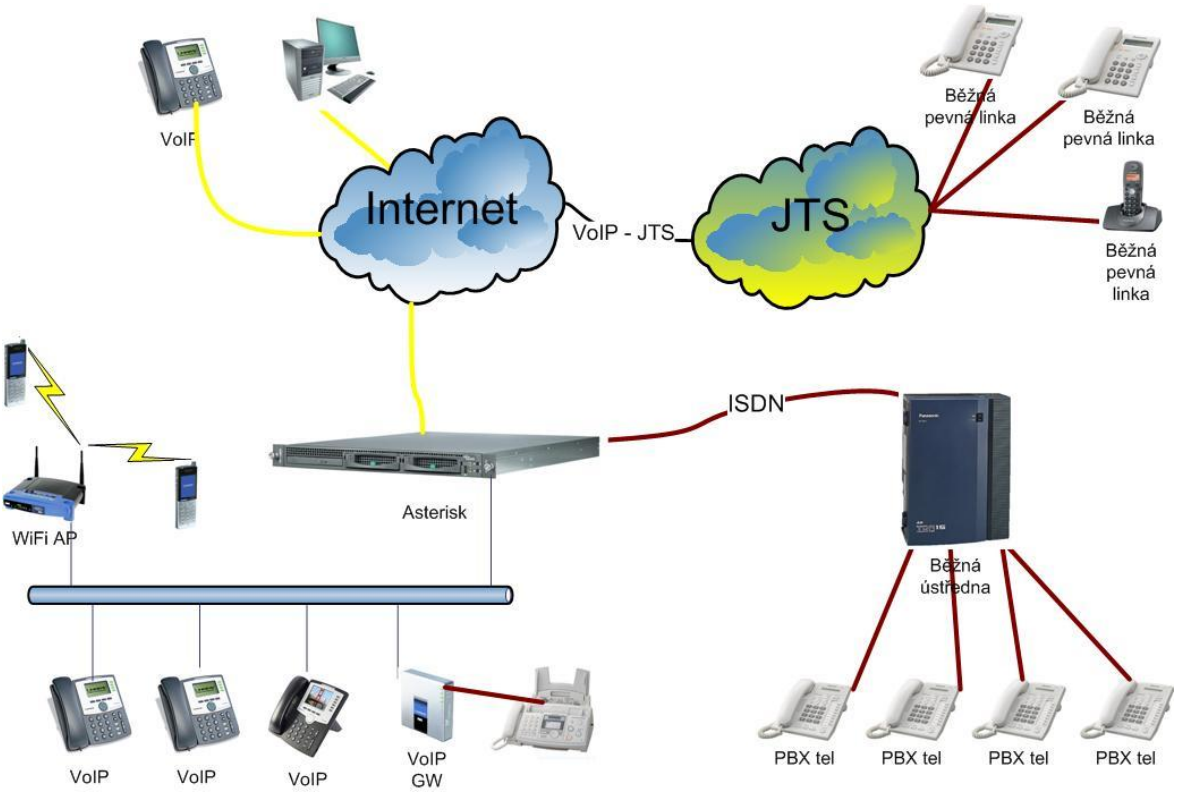
Ústředna Siemens byla a je plně funkční systém, který nemůže být rozšířen o VoIP technologii zapojením dodatečného modulu, přičemž k systému je připojeno 150 koncových telefonních přístrojů, které standardně fungují. Telefonní služba od Telefoniky O_2 je připojena přes port Euro ISDN 30. Smluvně jsou však služby zajišťovány přes různá referenční čísla zákazníka, tudíž se očekávají administrativní obtíže během převodu služeb.

Nový VoIP systém reprezentovaný především Asterisk serverem bude vybaven dvou portovou ISDN 30 kartou, přičemž jeden port bude použit po přechodnou dobu pro spojení s Telefonikou O_2 a druhý port bude použit pro připojení ústředny Siemens (tentýž port, který sloužil pro připojení Telefoniky O_2).



Obrázek 23 - Schéma propojení běžné ústředny přes Asterisk server

Po administrativním převodu veškerých „podstatných“ telefonních čísel organizace „Ž“ bude spojení s vnějším světem realizováno pouze skrze VoIP technologii při zachování nasazení Siemens telefonní ústředny jako podmnožiny nového telefonního systému.



Obrázek 24 - Cílové zapojení telefonního systému v organizaci "Ž"

Organizace není citlivá na plánované výpadky v průběhu dne, tudíž i samotná implementace může být provedena téměř kdykoliv.
Jako VoIP telefonní přístroje byly vybrány základní jednolinkové manažerské telefony s displayem Linksys SPA921. Vnitřní elektronika nabízí stejnou kvalitu hovoru a komfort ovládání jako přístroje Linksys SPA942 použité u společnosti „P“ s tím rozdílem, že přístroje nejsou PoE (musejí mít připojený elektrický adapter jako zdroj napájení), nemají podsvícený display a disponují pouze jednou linkou, což není v tomto případě považováno za žádné omezení.
Internetová konektivita v hlavní budově organizace „Ž“ je SDSL 2 Mbps linka, která je řízena výkonným routerem/bezpečnostní bránou Fortigate 100. Zařízení Fortigate je schopno efektivně řídit prioritizace paketů, tudíž v managementu sítě není třeba další vybavení – bude se jednat maximálně o konfigurační změny.

Tabulka 15 - Investiční náročnost pro organizaci "Ž"

Popis	Počet	Cena	Cena celkem
Server hardware	1	27 990 Kč	27 990 Kč
Server hardware Q	0	13 490 Kč	- Kč
Instalace Asterisk serveru	1	8 000 Kč	8 000 Kč
SPA921	25	1 999 Kč	49 975 Kč
SPA941	0	1 799 Kč	- Kč
SPA922	0	1 949 Kč	- Kč
SPA942	0	2 099 Kč	- Kč
SPA962	0	4 149 Kč	- Kč
SPA2102	0	1 650 Kč	- Kč
Switch DES-1316K	0	6 999 Kč	- Kč
Switch DES-1228P	0	11 699 Kč	- Kč

2 porty ISDN PRI karta	1	26 400 Kč	26 400 Kč
FXO gateway	0	3 999 Kč	- Kč
Práce	19,75	1 050 Kč	20 738 Kč
Převod telefonní série	1	3 800 Kč	3 800 Kč

Celkem	**136 903 Kč**

Vhledem k urychlenému přechodu a zavedení jednotné telefonní koncepce organizace „Ž“ zažádala o přidělení nové telefonní série pro 400 čísel a převodu dvou sérií po 100 číslech k VoIP poskytovateli.
Připojení VoIP systému se realizuje v tomto případě taktéž IAX2 trunkem. Minimální hovorné v tomto případě za 400 + 200 čísel bylo stanoveno na 4.000,- Kč měsíčně.

Realizace změny

Díky historickému nabalování služeb Telefoniky O_2 nebylo možné administrativně provést zlomový převod jako v případě společnosti „P“, ale celá realizace byla rozdělena na dvě fáze.

Fáze 1

Po instalaci a odzkoušení Asterisk serveru včetně dvouportové ISDN PRI (ISDN 30) karty nastala fáze instalace u zákazníka. Nejdříve proběhla instalace 1U Serveru do rozvaděče a zprovoznění vnější IP adresy, kterou bude asterisk server vystupovat vůči světu a následně zkonfigurování vnitřní IP adresy pro provoz ve vnitřní síti a VPN spojeních. Z hlediska síťového provozu byl vyčleněn nový VLAN, sloužící pro připojení jednotlivých VoIP přístrojů. Nicméně již od počátku bylo jasné, že minimálně třetina provozu bude přicházet z běžné vnitřní sítě neoddělené VLANem, neboť v současné topologii není možné VLAN oddělení zavést v celé síti i když bude upřednostňováno.
Dalším krok spočíval k ověření IAX2 trunku pro nově přidělenou telefonní sérii o 400 číslech. Po úspěšném ověření bylo správci sítě organizace „Ž“ prakticky předvedeno fungování VoIP technologie a konfigurace jednotlivých přístrojů, neboť v rámci úspory implementačních nákladů bude zapojování přístrojů realizovat správce sítě sám. Po praktickém objasnění možností byly upraveny automatické konfigurace telefonních přístrojů a objasněno ovládání a fungování všech systémů od automatických konfigurací, přes vytváření nových linek, po směrování hovorů mezi VoIP systémem a budoucím propojením se Siemens ústřednou.
Posledním krokem v této fázi bylo odpojení ISDN30 linky Telefoniky O_2 Czech Republic od Siemens ústředny a připojení k Asterisk serveru a propojení Asterisk serveru se Siemens ústřednou pomocí rozhranní ISDN PRI (ISDN30). Vzhledem k široké flexibilitě Asterisk serveru bylo třeba zjistit, jaké signalizace a jaké volací plány používá Siemens ústředna a původní Euro ISDN 30 linka. Po několika testech odchozích volání a příchozích volání byla situace zmapována a upraveny volací plány v Asterisk serveru tak, aby nebyly třeba na ústředně Siemens učinit žádné konfigurační změny. Tento přístup nejenom, že je poměrně snadný, ale dává zákazníkovi pocit bezpečí s novu technologií neboť tím, že na Siemens ústředně nebyly provedeny žádné konfigurační změny je poměrně snadné odpojit dva konektory z Asterisk serveru a vzájemně je spojit přes spojku RJ45 a okamžitě tak navodit původní stav. Naštěstí se jednalo pouze o pomocný argument, který nemusel být realizován.
Během testování a konfigurace bylo znemožněno volání vně a dovnitř organizace. V rámci Siemens ústředny volání fungovalo po celou dobu konfigurace. Celkový výpadek nebyl delší než dvě hodiny.

Ještě během této fáze byla provedena konfigurace veškerých odchozích hovorů přes IAX2 trunk tzn. VoIP cestou. Tudíž aktivní a připojená linka Euro ISDN 30 sloužila pouze pro příjem hovorů z původních sérií. Nová série 400 čísel byla směrována jak vně tak dovnitř organizace pouze VoIP cestou.

Fáze 2

Přibližně týden před provedením fáze 1 Telefonica O_2 potvrdila správnost žádosti na převod dvou telefonních sérií a potvrdila datum převodu k 1. dni následujícího měsíce. Toto datum představovalo necelé tři týdny od zavedení nového VoIP systému.
Převod proběhl dle plánu v 15:00 zcela bez problémů.
Jediný negativní jev, který se objevil, byl, že při vyzvánění linky na Siemens ústředně (číslo z převáděných sérií) při příchozím vnějším hovoru volající neslyšel vyzvánění, ale až následně volajícího, když hovor začal. Tento jev se občas objevuje u ústředen, za které vyzvánění tón z nějakého důvodu generovala až ústředna Telefonky O_2. Pro systémově správné řešení tohoto problému byl pozván servisní technik ústředen Siemens, který změnil volbu, zda se má generovat vyzváněcí signál.
Tím že došlo k začlenění původního telefonního systému do nového VoIP telefonního systému, došlo k taktéž k 100% zachování číslovacích plánů a budování nového číslovacího plánu na nově přidělené telefonní sérii.
Již v době realizace fáze 2, měl správce sítě organizace „Ž“ zapojeno všech 25 telefonních přístrojů a objednával další pro další pracoviště, kde bylo odzkoušeno bezproblémové nasazení VoIP technologie.

Zhodnocení implementace

Celá implementace byla velmi zdařilá a vedla přímočaře k finálnímu řešení. K tomuto přispěla především velmi dobrá znalost prostředí správce sítě organizace „Ž“, od kterého byly snadno získatelné informace v době příprav a výborná spolupráce v době implementace. Taktéž lze positivně hodnotit možnost odpojení současného systému od vnější telefonní sítě v průběhu běžného pracovního dne.
Během implementace byl dodržen časový plán i rozpočet. Nicméně funkčnost systému způsobila téměř okamžité přiobjednávání nových telefonních přístrojů, jak pro ostatní pobočky, tak i jako náhražka původních telefonních přístrojů z důvodu získání nových funkcionalit a prezentace vedení, které investici schválilo.

Bylo dosaženo požadovaných cílů:

- Rozšíření počtu vnitřních linek o cca 10.000, počet souběžných hovorů stoupl z 30 na cca 180
- Volání v rámci vlastní VoIP sítě tzn. mezi hlavní budovou a ostatními pracovišti zdarma
- Volání v rámci aliance VoIP partnerů včetně volání do akademických institucí přes VoIP Cesnetu zdarma
- Zlevnění telekomunikačních nákladů
- Zachování původní Siemens ústředny v provozu – významné jako ochrana investic
- Rozšíření funkcionality telefonního systému o funkce digitální recepční, nahrávání hovorů, statistiky hovorů, přijímání faxů do PDF.
- Rozšířená funkcionalita – statistiky, přesměrování hovorů, nahrávání hovorů

Tabulka 16 - Měsíční náklady organizace "Ž" po zavedení VoIP systému

Měsíc	Hovorné	Fakturováno
květen 2008	4 053 Kč	4 053 Kč
červen 2008	3 991 Kč	4 000 Kč
červenec 2008	4 205 Kč	4 205 Kč
srpen 2008	3 965 Kč	4 000 Kč
září 2008	4 316 Kč	4 316 Kč
říjen 2008	3 716 Kč	4 000 Kč
listopad 2008	3 653 Kč	4 000 Kč
prosinec 2008	3 942 Kč	4 000 Kč
leden 2009	3 549 Kč	4 000 Kč
únor 2009	3 492 Kč	4 000 Kč
březen 2009	4 522 Kč	4 522 Kč

Některé telefonní linky od Telefonica O_2 byly zachovány z rozličných důvodů. Jednak například slouží k signalizaci elektronického zabezpečovacího systému, ke kterému se VoIP nehodí (z důvodu lokálního zdroje napájení telefonní linky) nebo prozatím jsou ponechána původní čísla z důvodu souběhu služeb a následného zrušení služby bez převodu čísla apod.
Úspora po zavedení systému je značná, neboť místo původních cca 19.500,- Kč měsíčně je účtováno od 4.000,- Kč (částka minimálního hovorného za 600 čísel) do 4.500,- Kč. Telefonica O_2 fakturuje na zbylých linkách přibližně 2.500,- Kč tudíž celková měsíční úspora je cca 12.500,- Kč, což představuje návratnost počáteční investice za 11 měsíců.

Velká společnost – třífázový konzervativní přechod

Charakteristika společnosti

Společnost „S“ je společnost s cca 250 zaměstnanci působící jako jeden z top 10 distributorů informačních technologií s třemi provozovnami: Morava (200 zaměstnanců), Praha (15 zaměstnanců), Bratislava (35 zaměstnanců).
Společnost „S“ se vyznačuje především tím, že převažuje počet příchozích hovorů nad hovory odchozími. Měsíčně se jedná o cca 2.500 hovorů odchozích a 15.000 hovorů příchozích.

Důvody pro přechod na VoIP

Hlavní zřetel ve společnosti „S“ je kladen na neustálé snižování nákladů, což je také jeden z důvodů, proč hlavní činnost je vytvořena v Moravském regionu. Původní telefonní systém byl realizován profesionální ústřednou Ericsson s jednou vnější linkou Euro ISDN 30 a 200 vnitřními analogovými linkami. Potřeba vnitřních linek převyšuje počet zaměstnanců a společnost stála před rozhodnutím, zda pořídit do ústředny Ericsson rozšiřující kartu v ceně cca 30.000,- Kč nebo investovat do nabízené VoIP technologie. Další fakt, který byl při rozhodovacím procesu zvažován, bylo brzké rozšiřování administrativních prostor, zvažování investic do rozšiřování současné telefonní kabeláže či použití jednotné unifikované strukturované kabeláže, která se bude využívat jak pro počítačová data, tak pro data VoIP.
Potřeba koncepčního řešení byla taktéž zřejmá z důvodu existence pobočky v Praze a v Bratislavě. Zájem vedení společnosti „S“ byl takový, aby společnost vystupovala vůči

svým odběratelům jednotně a jednotlivý produktový manažeři mohli svoji práci vykonávat kdekoliv z těchto tří provozoven.
Společnost ke své práci velmi intenzivně používá internet a provozuje vícero serverů pro své zákazníky a proto je internetová konektivita na Moravě 2 x 10 Mbps od dvou nezávislých poskytovatelů realizovaných po optických spojích, konektivita v Praze je realizována 2 Mbps spojem na technologii SDSL a dceřiná společnost v Bratislavě je připojena dvěma mikrovlnnými spoji o kapacitě 2 a 6 Mbps.
Hlasové služby byly realizovány na Moravě jednou linkou Euro ISDN 30 (série 1000 telefonních čísel) a jednou analogovou linkou pro FAX, v Praze byly celkem čtyři analogové linky s doplňkovou službou „sériová linka“ vše od společnosti Telefonica O_2 Czech Republic a v Bratislavě byla linka Euro ISDN 30 od společnosti T-Com. Mobilní hovory byly v pobočce na Moravě spojovány pomocí analogových GSM bran tudíž nejsou zahrnuty do původních telekomunikačních nákladů. Pro pobočky Praha a Bratislava byly všechny odchozí hovory včetně do mobilních sítí realizovány skrze běžné pevné linky. Měsíční náklady pro Prahu a Moravu se pohybovaly okolo částky 17.500,- Kč.
Při následné implementaci a změnách telefonního systému byla nejvyšší priorita kladena na dostupnost telefonních služeb, neboť společnost měsíčně na všech třech lokalitách odbaví cca 25.000 hovorů.

Tabulka 17 - Porovnání telekomunikačních nákladů společnosti "S"

		Telefonica O_2 - Trend		Profik VoIP - Bstandard	
	Množství	Sazba	Cena	Sazba	Cena
Analogová linka	5	495,00 Kč	2 475 Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN2	0	595,00 Kč	- Kč	- Kč	- Kč
EuroISDN30	1	5 898,00 Kč	5 898 Kč	- Kč	- Kč
Pevná linka	4515	1,09 Kč	4 921 Kč	0,77 Kč	3 477 Kč
Mobilní čísla	900	4,29 Kč	3 861 Kč	3,89 Kč	3 501 Kč
Zahraničí - Zóna I	150	2,99 Kč	449 Kč	1,90 Kč	285 Kč
Celkem			**17 604 Kč**		**7 263 Kč**
Úspora			- Kč		10 341 Kč
Roční úspora			- Kč		124 096 Kč

Důvody přechodu seřazené od nejdůležitějšího k nejméně důležitému:

1. Rozšíření počtu vnitřních telefonních linek
2. Propojení pracovišť Morava, Praha a Bratislava, tak aby vystupovaly jako jeden funkční celek s nulovými provozními náklady na spojení.
3. Snížení telekomunikačních nákladů
4. Rozšíření flexibility užití telefonních služeb na služebních cestách
5. Rozšířená funkcionalita – funkce follow me, hunting groups, nahrávání hovorů, vyhodnocování statistik přijatých a nepřijatých hovorů, vytáčení telefonních čísel přímo z informačního systému
6. Zavedení jednotné telefonní koncepce

Způsob přechodu

Ústředna Ericsson byla stejně vybavená jako ústředna Siemens u organizace „Ž“ tzn. jedním portem ISDN PRI s připojenou službou Euro ISDN 30 a plně funkčních 180 vnitřních linek. Společnost „S“ požaduje velmi konzervativní přechod, kdy VoIP systém, bude sloužit nejdříve jako doplňkový systém, tzn. jako rozšíření současného systému. Ačkoliv společnost „S“ má ve VoIP technologii důvěru, fakt 15.000 příchozích hovorů

způsobuje silné tlaky na využívání ověřených klasických technologii, reprezentovaných v tomto případě ústřednou Ericsson a službou od Telefoniky O_2.
Tím, že společnost „S“ je IT distributorem a že Asterisk server pro svoji práci potřebuje i386 kompatibilní hardware, tak jako hardware byl použit certifikovaný server s on-site zárukou ze skladových zásob společnosti „S“. Taktéž telefonní přístroje budou dodávány z vlastních skladů, čímž se ušetří část nákladů. Společnost „S“ bude tedy požadovat dodávku především služeb spojených s přípravou systému, zapojením a konfigurací prostředí a také hardware, jehož distribucí se přímo nezabývá. Asterisk server bude vybaven dvouportovou ISDN PRI kartou, přičemž jeden port bude použit pro spojení s Telefonikou O_2 a druhý port bude sloužit k propojení s ústřednou Ericsson (tentýž port, který sloužil pro připojení Telefoniky O_2). Veškeré odchozí i příchozí hovory budou realizovány skrze Asterisk server, který bude příchozí hovory směrovat na Ericsson ústřednu a odchozí hovory přes druhý port do Telefoniky O_2 Czech Republic. Prozatím nebude aktivován žádný VoIP trunk pro odchozí ani příchozí volání přes poskytovatele VoIP. Internetová konektivita bude používána pouze k připojení jednotlivých SIP telefonních přístrojů mimo prostory společnosti „S“. Hovory do mobilních sítí budou spojovány přes 4 SIM kartovou VoIP bránu Ateus Voice Blue od společnosti 2N.

Tabulka 18 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Morava

Popis	Počet	Cena	Cena celkem
Server hardware	0	27 990 Kč	- Kč
Server hardware Q	0	13 490 Kč	- Kč
Instalace Asterisk serveru	1	8 000 Kč	8 000 Kč
SPA921	0	1 999 Kč	- Kč
SPA941	0	1 799 Kč	- Kč
SPA922	0	1 949 Kč	- Kč
SPA942	0	2 099 Kč	- Kč
SPA962	0	4 149 Kč	- Kč
SPA2102	0	1 650 Kč	- Kč
Switch DES-1316K	0	6 999 Kč	- Kč
Switch DES-1228P	0	11 699 Kč	- Kč
2 porty ISDN PRI karta	2	26 400 Kč	52 800 Kč
GSM brána - 4 SIM	1	28 900 Kč	28 900 Kč
Práce	16	1 050 Kč	16 800 Kč
Převod telefonní serie	1	3 800 Kč	3 800 Kč

Celkem	**110 300 Kč**

Cílový stav provozovny na Moravě je zrušení veškerých služeb od Telefoniky O_2, a tím paušálních plateb. Tomuto cílovému stavu bude předcházet provoz s „vmezeřeným“ Asterisk serverem, provoz pro odchozí hovory přes VoIP trunk k poskytovateli VoIP služeb a příchozí hovory po lince Euro ISDN 30. Celý přechod bude pozvolný s praktickým ověřováním stability a výkonu systému.
Pocit bezpečí je pro společnost „S“ zajišťován tím, že celá konfigurace se bude přizpůsobovat ústředně Ericsson, tak aby v případě jakýchkoliv problémů mohlo dojít pouhým přepojením linky Euro ISDN 30 z Asterisk serveru zpět do Ericsson ústředny k navození původního stavu. Vzhledem k tomu, že nejslabším místem celého projektu je dvouportová ISDN PRI karta pro Asterisk serveru, budou objednány dvě karty a jedna bude použita jako záložní.

Po převodu telefonní série 1000 čísel bude účtováno minimální hovorné ve výši 2.000,- Kč měsíčně.
Projekt na zavedení VoIP technologie pro Pražskou pobočku bude probíhat relativně nezávisle na realizaci na Moravě. Bude se jednat o čistě VoIP systém s IAX2 trunkem na poskytovatele VoIP služeb s přidělením nové telefonní série s 20 telefonními čísly a instalací 2SIM kartové VoIP GSM brány Ateus Voice Blue od společnosti 2N. Realizace bude velmi podobná jako u společnosti „P“.

Tabulka 19 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Praha

Popis	Počet	Cena	Cena celkem
Server hardware	0	27 990 Kč	- Kč
Server hardware Q	0	13 490 Kč	- Kč
Instalace Asterisk serveru	1	8 000 Kč	8 000 Kč
SPA921	0	1 999 Kč	- Kč
SPA941	0	1 799 Kč	- Kč
SPA922	0	1 949 Kč	- Kč
SPA942	0	2 099 Kč	- Kč
SPA962	0	4 149 Kč	- Kč
SPA2102	0	1 650 Kč	- Kč
Switch DES-1316K	0	6 999 Kč	- Kč
Switch DES-1228P	0	11 699 Kč	- Kč
2 porty ISDN PRI karta	0	26 400 Kč	- Kč
GSM brána - 2 SIM	1	22 600 Kč	22 600 Kč
Práce	10	1 050 Kč	10 500 Kč
Převod telefonního čísla	1	1 800 Kč	1 800 Kč

Celkem	**42 900 Kč**

Projekt pro Bratislavskou pobočku (dceřinou společnost) bude taktéž čistě VoIP systém s IAX2 trunkem na slovenského poskytovatele VoIP služeb s převodem telefonní série o 100 číslech v jeden zlomový okamžik. Realizace bude totožná jako přechod společnosti „P“.

Tabulka 20 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Bratislava

Popis	Počet	Cena	Cena celkem
Server hardware	0	27 990 Kč	- Kč
Server hardware Q	0	13 490 Kč	- Kč
Instalace Asterisk serveru	1	8 000 Kč	8 000 Kč
SPA921	0	1 999 Kč	- Kč
SPA941	0	1 799 Kč	- Kč
SPA922	0	1 949 Kč	- Kč
SPA942	0	2 099 Kč	- Kč
SPA2102	0	1 650 Kč	- Kč
Switch DES-1316K	0	6 999 Kč	- Kč
Switch DES-1228P	0	11 699 Kč	- Kč
2 porty ISDN PRI karta	0	26 400 Kč	- Kč
GSM brána - 2 SIM	0	22 600 Kč	- Kč
Práce	6	1 050 Kč	6 300 Kč
Převod telefonní série	1	2 800 Kč	2 800 Kč

Celkem	**17 100 Kč**

Finální stav je propojení (vzájemné spojení IAX2 trunky) všech tří poboček - všech tří Asterisk serverů - a maximalizace dosaženého efektu.

Realizace změny

Společnost „S“ dodala ze svých skladů hardware, certifikovaný server Fujitsu-Siemens Primargy s doživotní on-site zárukou na netočící se komponenty. Do serveru byla zamontována dvou-portová ISDN PRI karta a celý systém nainstalován a předkonfigurován. Celá realizace probíhala přibližně 14 měsíců a to z důvodu postupných kroků v cílovému stavu.

Fáze 1

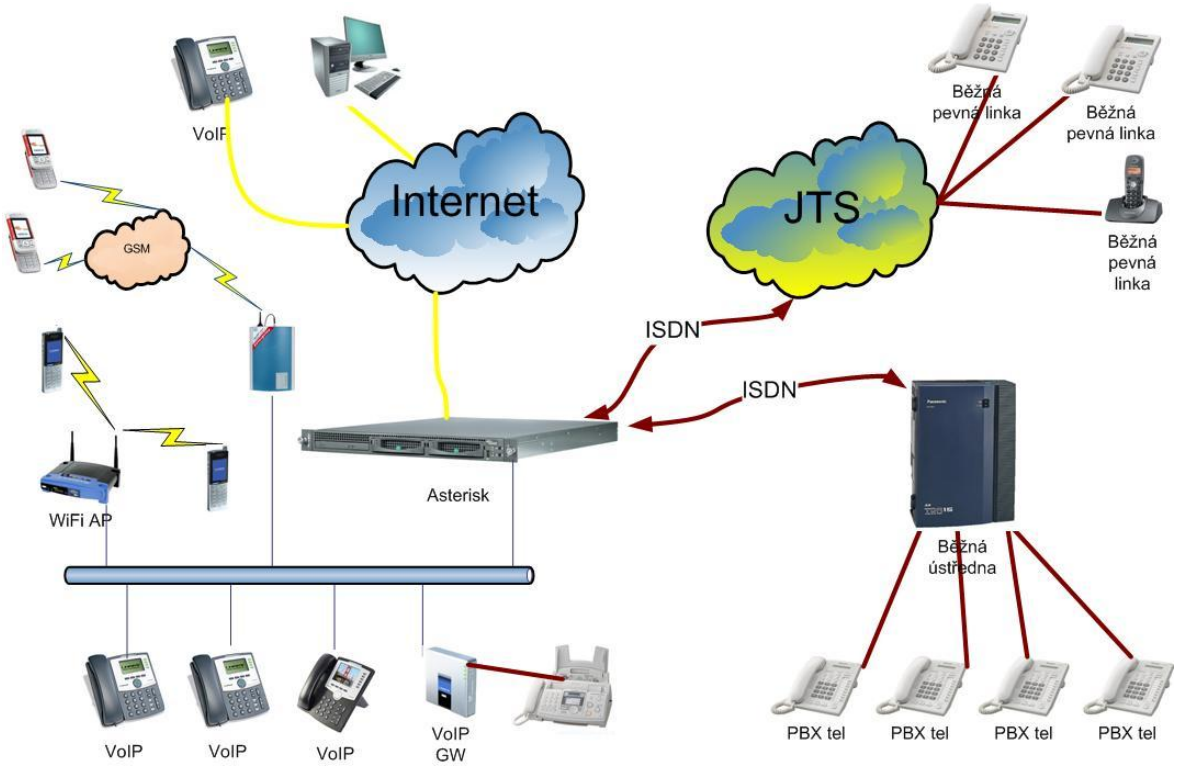
Nakonfigurovaný, odzkoušený a zahořený server byl dovezen do sídla společnosti „S“, kde byl zamontován do rozvaděče a připojen k místnímu přepínači. Po dohodě s místním správcem sítě byla serveru přidělena IP adresa pro vnější rozhraní a odsouhlasena navržená IP adresa pro vnitřní rozhranní. Vzhledem k tomu, že společnost „S“ se rozhodla používat zařízení Linksys SPA942 a SPA962 bylo použito PoE napájení a přepínače s touto technologií. Propojení přepínačů umožnilo, že jednotlivé přepínače sloužící pro VoIP mohly být fyzicky propojeny a nebylo nutné zavádění VLAN. Centrální router Fortigate disponoval technologií na prioritizaci paketů a nebylo tedy nutné cokoliv v topologii sítě měnit. Byla poskytnuta pouze součinnost s konfigurací prioritizace paketů, která na dvou 10 Mbps linkách a jejich vytíženosti tak zásadní.

Následovala část přizpůsobení automatických konfigurací telefonních přístrojů a zasvěcení správce sítě do ovládání systému jako je vytváření nových linek, směrování hovorů, vytváření hunting groups a jiných důležitých funkcí. Tato část probíhala bez problémů a bylo zodpovězeno mnoho otázek.

Nově stanovený číslovací plán vycházel z toho, že bude v novém systému stále existovat ústředna Ericsson, která spravuje číslovací plán 100 až 299. Pro VoIP systém bylo stanoveno, že jeho vnitřní linky budou obsluhovat čísla 400 až 599. Po přípravě veškerých konfigurací a odsouhlasení postupu se muselo vyčkat do devatenácté hodiny, kdy oficiálně končí pracovní doba a bylo možné odpojit Euro ISDN 30 linku o ústředny Ericsson a zapojit ji do prvního portu Asterisk serveru. Druhý port Asterisk serveru byl propojen s ústřednou Ericsson. Po prostudování signalizací a formátu odchozích volaných čísel z Ericsson ústředny a formátu příchozích volaných čísel z linky Euro ISDN 30 došlo k funkčními propojení obou systémů. Správce sítě společnosti „S“, který mezitím odzkoušel konfiguraci VoIP přístrojů a ovládání Asterisk serveru, byl v tento okamžik seznámen s tím, jakým způsobem nejrychleji přepojit kabely Euro ISDN 30 linky tak, aby byl v případě nouze navozen původní stav. K tomuto slouží obyčejná propojka RJ45 a kousek kabelu s RJ45 konektory, který zajistí prohození vysílacích a přijímacích párů drátu.

Do lokální VoIP sítě byla taktéž připojena GSM brána Ateus Voice Blue se čtyřmi SIM kartami, která bude zajišťovat spojování hovorů do GSM sítě a to bez ohledu na to zda hovor pochází z Asterisk serveru nebo z Ericsson ústředny. Významná funkcionalita této GSM brány oproti předešlému řešení je ta, že GSM brána si zaznamenává kdo kam volal a v případě zpětného volání z GSM sítě spojí hovor přímo na posledního volajícího. Toto chování je významným přínosem, neboť pokud je běžně voláno na číslo SIM karty použité v GSM bráně je hovor obvykle spojen na recepční, která absolutně neví, kdo ze společnosti o více než 200 zaměstnancích volal na dané telefonní číslo. V průběhu implementace byla nastavena paměť na 24 hodin. Po této době je původní volající číslo smazáno a případný příchozí hovor je směřován na recepční nebo na digitální recepční. GSM brána taktéž

disponuje volacími plány, kdy je možné určit, že přes určité SIM karty se volá do určitých mobilních sítí.
Připojení k internetu v této fázi slouží pouze k připojení SIP telefonních přístrojů k Asterisk serveru přes internet.



Obrázek 25 – Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 1

Výsledný číslovací plán v této fázi byl:[59]

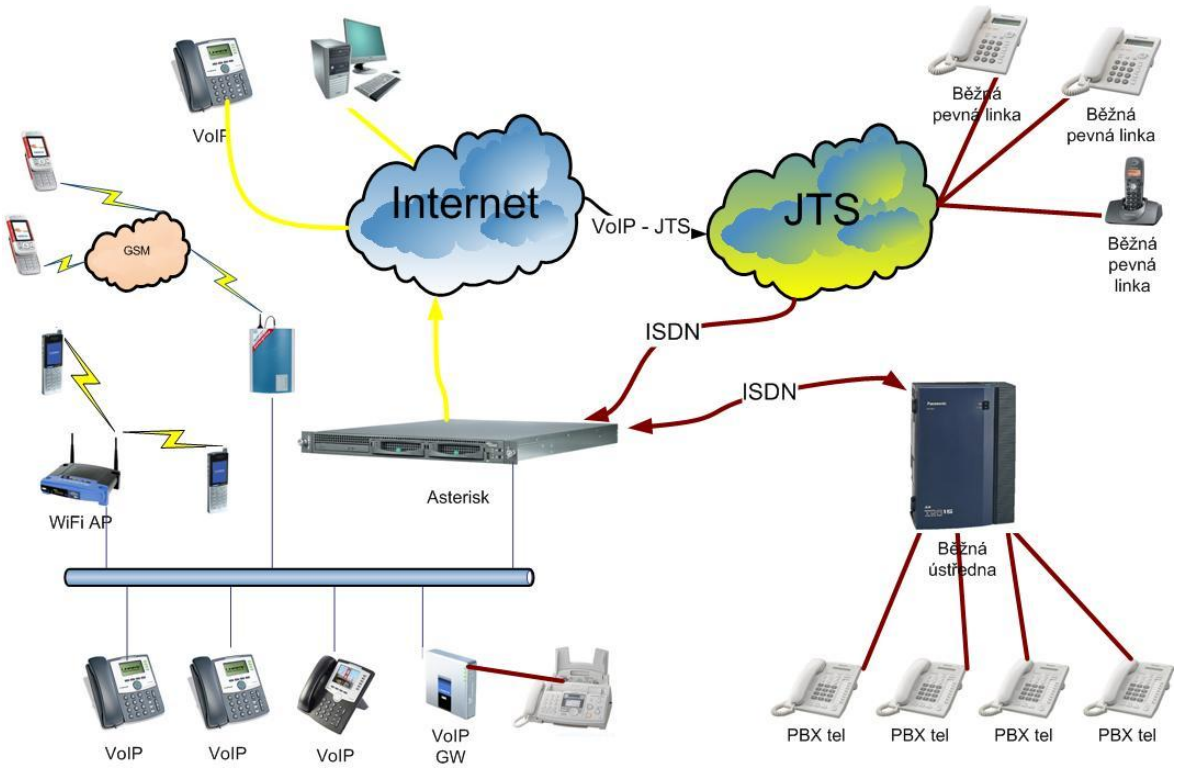
- 123 456 100 až 123 456 299 směřován na Ericsson ústřednu
- 100 až 299 směřován taktéž na Ericsson ústřednu
- 123 456 400 až 123 456 599 směřován na linky Asterisk serveru
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes Euro ISDN 30 do sítě O_2

Fáze 2

Po dvou a půl měsících zcela bezproblémového provozu systému, kdy Asterisk server spojoval hovory ze sítě O_2 na Ericsson ústřednu a pro přibližně 15 SIP telefonních přístrojů bylo rozhodnuto o provedení druhé fáze přechodu.
Od VoIP poskytovatele hlasových služeb byl připraven IAX2 trunk pro odchozí hovory z telefonní série 123 456 XXX. Tím, že čísla mají své umístění na adrese, kterou do

[59] Telefonní série 123 456 XXX slouží pouze pro ilustraci. Reálná telefonní série není prezentována pro zachování anonymity společnosti „S“.

databází Ministerstva vnitra předává Telefonica O_2, nedochází k porušení zákona o evidenci umístění telefonního čísla.
Po nakonfigurování IAX2 trunku a jeho odzkoušení došlo ke změně konfigurace tak, že veškeré příchozí hovory přicházely z Euro ISDN 30 linky O_2 neboť Telefonica O_2 stále byla správce série 123 456 XXX a všechny odchozí hovory byly směrovány přes IAX2 trunk přes VoIP poskytovatele za výhodnější sazby než v případě O_2. Tímto vznikla o něco příznivější ekonomická situace, nicméně Telefonica O_2 neustále fakturovala měsíční paušál ve výši cca 6.000,- Kč.



Obrázek 26 -- Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 2

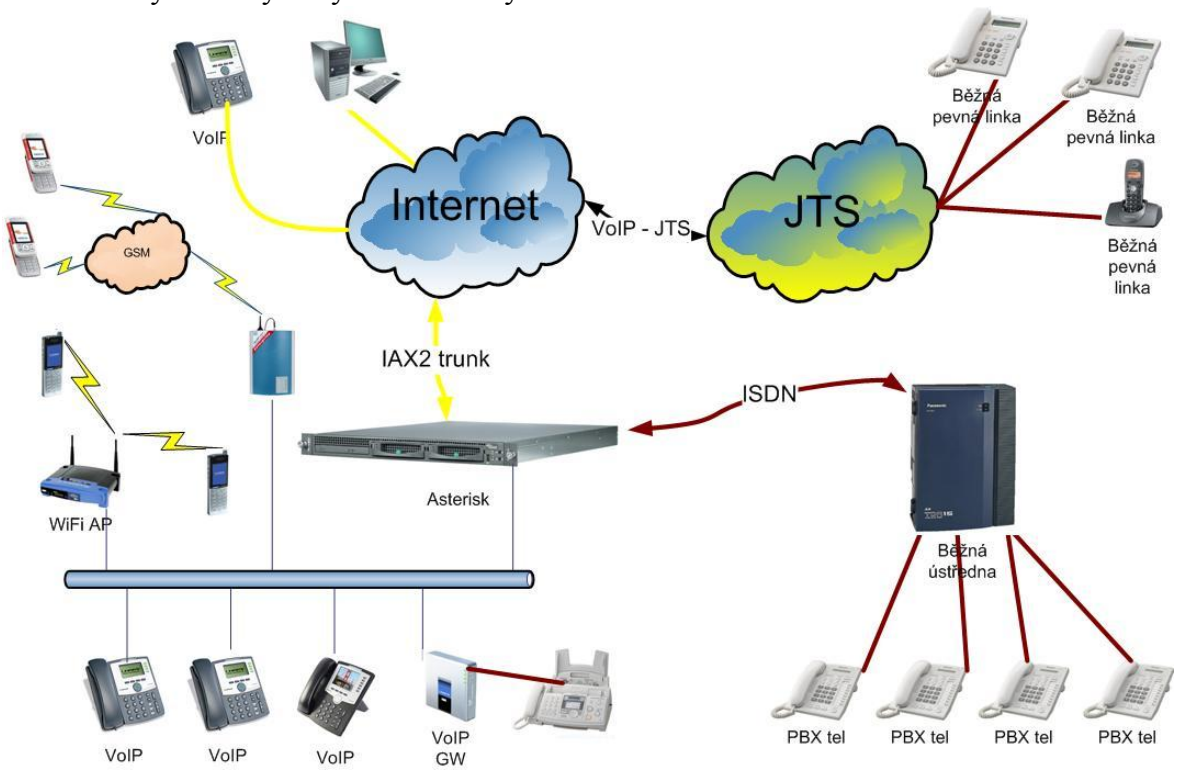
Výsledný číslovací plán v této fázi byl:

- 123 456 100 až 123 456 299 směřován na Ericsson ústřednu
- 100 až 299 směřován taktéž na Ericsson ústřednu
- 123 456 400 až 123 456 599 směřován na linky Asterisk serveru
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Fáze 3

Po deseti měsících od fáze 2 neboli 13 měsíců od prvotní fáze 1 bylo rozhodnuto společností „S“ k přistoupení k poslednímu kroku zavádění VoIP technologie o to převedením telefonní série 123 456 XXX od Telefoniky O_2 k poskytovateli VoIP služeb.
Vzhledem k tomu, že konfigurace směrování byly již hotovy z fáze 2, jednalo se především o administrativní krok, který spočíval ve vyplnění žádosti o převod telefonní série a následné její potvrzení.

V den převodu se změní směrování příchozí hovorů, které budou pro celou telefonní sérii ze všech sítí směřovány od poskytovatele VoIP služeb IAX2 trunkem přímo na Asterisk server.
Výpadek v době převodu směrování byl v řádu několika málo vteřin.
Touto fází došlo k ukončení platby paušálního poplatku Telefonice O_2 za linku Euro ISDN 30 včetně nyní nadbytečných dodatkových služeb.



Obrázek 27 - Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 3

Výsledný číslovací plán v této fázi byl:

- 123 456 100 až 123 456 299 směřován na Ericsson ústřednu
- 100 až 299 směřován taktéž na Ericsson ústřednu
- 123 456 400 až 123 456 599 směřován na linky Asterisk serveru
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Realizace pobočky Praha

Podle plánu byl připraven druhý Asterisk server pro pobočku Praha opět na hardware ze skladů společnosti „S“ (taktéž certifikovaný server Fujitsu-Siemens Primergy s doživotní on-site zárukou na netočící se komponenty). Vzhledem k tomu, že pražská pobočka nedisponovala ústřednou ani nebylo společností „S“ trváno na zachování původních čísel s výjimkou jednoho čísla, byl zažádán poskytovatel VoIP služeb o přidělení série 20ti pražských čísel.
Realizace byla odsouhlasena přibližně měsíc po dokončení fáze 2. Vzhledem k tomu, že správce sítě společnosti „S“ se vyskytuje především v sídle společnosti na Moravě, byla krom instalace a zapojení serveru taktéž svěřena instalace koncových SIP přístrojů

v pražské pobočce. Po zamontování serveru do rozvaděče a popropojování přepínače bylo zapojeno všech jedenáct SIP přístrojů. Všechny přístroje byly zkonfigurovány pro příslušné pracovníky. VoIP síť opět po konzultaci se správcem společnosti „S“ dostala přidělený vlastní privátní subnet. Z důvodu dohledu a správy bylo na routeru sítě provedeno nastavení prioritizace paketů a směrování VPN i do tohoto subnetu.
Zároveň byla vyplněna žádost na převod jednoho telefonního čísla od společnosti Telefonica O_2 k VoIP poskytovateli služeb. V mezidobí než dojde k převodu daného telefonního čísla do IAX2 trunku se sérií 20 čísel (222 333 620 až 222 333 639)[60], měl jeden pracovník přivedenu tuto analogovou linku na své pracoviště jeden pracovník, který vyřizoval příchozí hovory. Tímto způsobem bylo dosaženo možnosti okamžité implementace bez nutnosti načasování na termíny vyřízení žádosti Telefoniky O_2.
Zprovoznění celé pražské pobočky proběhlo v rámci jednoho dne a nijak závažně nenarušilo práci pracovníků společnosti „S“.
Pro efektivní fungování pražské pobočky a sídla společnosti na Moravě byly vytvořeny IAX2 trunky na obou Asterisk serverech, které zajistily, že linky 62X a 63X byly směrovány na pražský Asterisk server a že linky 100 až 599 byly směřovány na Asterisk server na Moravě.

Výsledný číslovací plán v této fázi byl - Morava:

- 123 456 100 až 123 456 299 směřován na Ericsson ústřednu
- 100 až 299 směřován taktéž na Ericsson ústřednu
- 222 333 620 až 222 333 639 směřován na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 620 až 639 směřován taktéž na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 123 456 400 až 123 456 599 směřován na linky Asterisk serveru
- V případě příchozího volání na 123 456 620 až 123 456 639 Asterisk server přesměruje IAX2 trunkem (tedy zdarma) hovor na 222 333 620 až 222 333 639 na pražském Asterisk serveru
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Výsledný číslovací plán v této fázi byl - Praha:

- 123 456 100 a 123 456 599 směřován na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 100 až 599 směřován taktéž na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Zapojení GSM brány na pražské pobočce

Ačkoliv se od začátku kalkulovalo se zapojení GSM brány i pro pražskou pobočku, tak z důvodu velmi nízkého hovorného do GSM sítě nebylo k realizaci přistoupeno. Přibližně 8 měsíců po zavedení VoIP technologie na pražské pobočce se začalo využívat jednotné koncepce telefonních čísel a někteří klíčoví pracovníci se přesunuli na pražskou pobočku. Tato organizační změna způsobila zvýšení hovorného do mobilních sítí a bylo přistoupeno k zavedení GSM brány.

[60] Telefonní série 222 333 6XX slouží pouze pro ilustraci. Reálná telefonní série není prezentována pro zachování anonymity společnosti „S“.

Tentokrát byla použita GSM brána pouze s dvěma SIM kartami, ale taktéž Ateus Voice Blue. Číslovací plán byl upraven tak, že v případě volání do mobilních sítí je použita GSM brána.
Vzhledem k tomu, že GSM brána na Moravě disponuje maximálně 4mi souběžnými hovory do mobilních sítí a pražská GSM brána maximálně 2ma souběžnými hovory do mobilních sítí (vychází z počtu SIM karet), byly změněny číslovací plány tak, že v případě obsazení jedné GSM brány, bude hovor poslán IAX2 trunkem na druhou GSM bránu a pokud ani tato druhá GSM brána hovor nespojí, bude hovor uskutečněn přes poskytovatele VoIP služeb.

Výsledný číslovací plán v této fázi byl - Morava:

- 123 456 100 až 123 456 299 směřován na Ericsson ústřednu
- 100 až 299 směřován taktéž na Ericsson ústřednu
- 222 333 620 až 222 333 639 směřován na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 620 až 639 směřován taktéž na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 123 456 400 až 123 456 599 směřován na linky Asterisk serveru
- V případě příchozího volání na 123 456 620 až 123 456 639 Asterisk server přesměruje IAX2 trunkem (tedy zdarma) hovor na 222 333 620 až 222 333 639 na pražském Asterisk serveru
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu. V případě obsazenosti je hovor přesměrován IAX2 trunkem na pražský Asterisk server a pokud není spojen, je směřován IAX2 trunkem do sítě VoIP poskovatele
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Výsledný číslovací plán v této fázi byl - Praha:

- 123 456 100 a 123 456 599 směřován na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 100 až 599 směřován taktéž na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- Všechny hovory 6XX XXX XXX a 7XX XXX XXX jsou směřovány na GSM bránu. V případě obsazenosti je hovor přesměrován IAX2 trunkem na Asterisk server na Moravě a pokud není spojen, je směřován IAX2 trunkem do sítě VoIP poskovatele
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

Realizace pobočky Bratislava

Bratislavská pobočka je organizačně dceřinou společnosti „S“ s vlastním managementem, který musel provést vlastní rozhodovací proces. Taktéž bylo nutné zajistit jiného poskytovatele VoIP služeb, který působí na slovenském území a splňuje technologické požadavky. K realizaci bylo přistoupeno cca 16 měsíců od fáze 1 v sídle společnosti „S“ na Moravě.
Jednalo se o zlomový přechod s převodem série 100 bratislavských telefonních čísel. Po přípravě Asterisk serveru, opět ze skladových zásob společnosti „S“, došlo k implementaci čistě VoIP řešení. Instalace řešení byla načasována na dobu, kdy se v bratislavské pobočce nainstaluje nová internetová konektivita 6 Mbps. Při této příležitosti bude instalován a nakonfigurován router Mikrotik, který zajistí jednak prioritizaci paketů a také load balancing mezi dvěma konektivitami.

Během instalace a konfigurace routeru byly zapojeny SIP telefonní přístroje a zprovozněno tak lokální volání. Vzhledem k rozdílnosti v národních volacích plánech mezi Českou Republikou a Slovenskou Republikou bylo nutné přizpůsobit konfiguraci regionálním nastavením a nastavením VoIP poskytovatele.
Vzhledem k dostatečné penetraci rozvodů strukturované kabeláže bylo možné nový VoIP telefonní systém zprovoznit paralelně s původním telefonním systémem. Původní telefonní systém byl demontován až po převodu telefonní série na VoIP poskytovatele. Odchozí hovory bylo možné uskutečňovat okamžitě a pod stejným odchozím číslem jako z původního systému. Do doby než byla telefonní série převedena na nového VoIP poskytovatele byly hovory směřovány stále do původního systému.
Číslovací plán společnosti „S“ byl dodržen i v rámci Bratislavské pobočky, která by pro číslování vnitřních linek vystačila s dvouciferným číslovacím plánem, ale byl zvolen tříciferný číslovací plán pro vnitřní linky 800 až 899. Dále byly vytvořeny dva IAX2 trunky na pražský a moravský Asterisk server, přičemž volání na linky 100 až 599 byly směřovány pomocí IAX2 trunku na Asterisk server na Moravě a linky 620 až 639 do IAX2 trunku na pražský Asterisk server. Taktéž byly zřízeny ekvivalentní směrování pro linky 800 až 899 na ostatních dvou Asterisk serverech.
U mateřské společnosti bylo vytvořeno i směrování při přijmutí vnějšího volání pro čísla 123 456 800 až 123 456 899 na Bratislavský server na linky 800 až 899. Tím bylo zajištěno jednotné vystupování společnosti z pohledu České republiky a eliminování nutnosti použití mezinárodních hovorů v případě potřeby volání na Bratislavskou pobočku.

Výsledný číslovací plán byl - Bratislava:

- +420 123 456 100 a +420 123 456 599 směřován na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 100 až 599 směřován taktéž na moravský Asterisk server přes IAX2 trunk
- +420 222 333 620 až + 420 222 333 639 směřován na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- 620 až 639 směřován taktéž na pražský Asterisk server přes IAX2 trunk
- Všechny ostatní hovory jsou směřovány přes IAX2 trunk do sítě VoIP poskytovatele

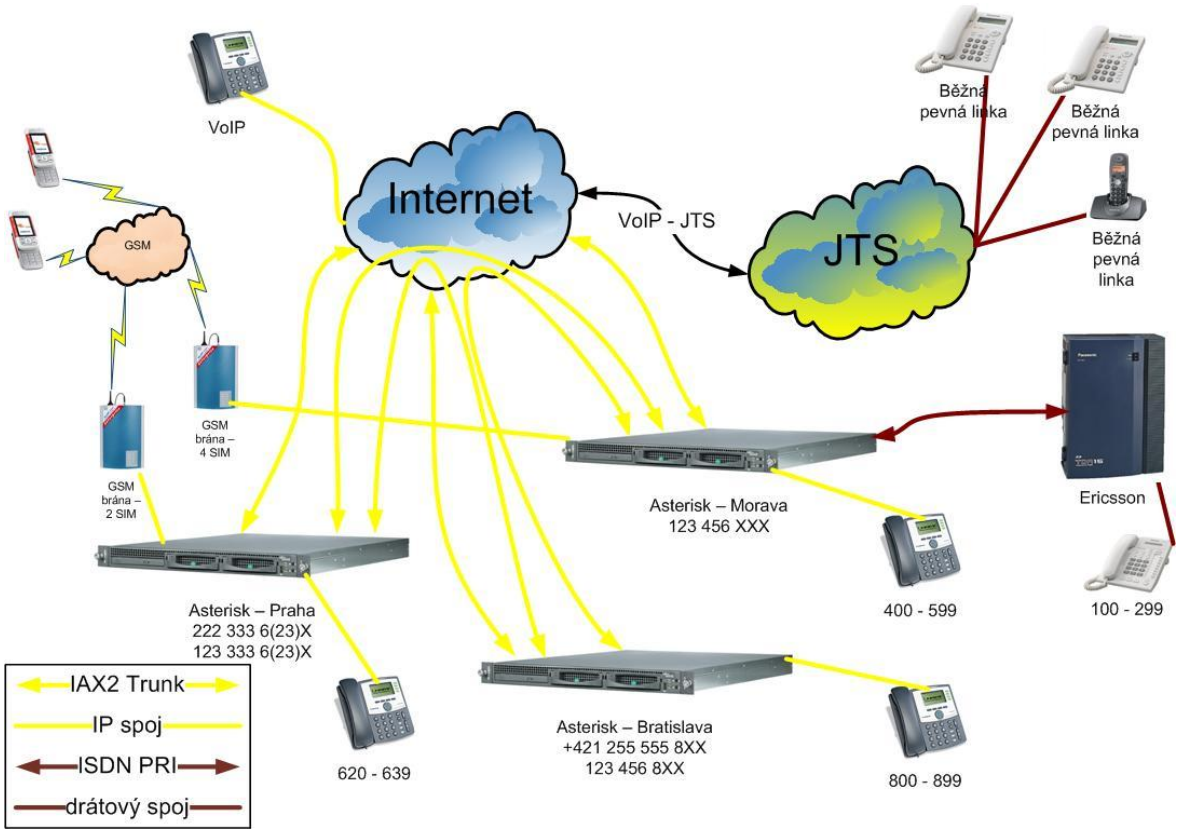
Výsledný telefonní systém

Získané telefonní řešení obsahuje tři Asterisk servery, dvě GSM VoIP brány s celkově 6ti SIM kartami a jednu ústřednu Ericsson. Série 1000 čísel umožnila stanovit jednotnou koncepci číslovacích plánů s tím, že z jakéhokoliv telefonního přístroje v rámci společnosti „S“ se lze dovolat na jiný telefonní přístroj voláním dle stejného schématu trojciferného čísla.

Tabulka 21 - Přiřazení vnitřních linek společnosti "S"

Linky	Technologie	Fyzické umístění
100 – 299	Ericsson	Morava
400 – 599	Asterisk	Morava
620 – 639	Asterisk	Praha
800 – 899	Asterisk	Bratislava

Propojení systému je v režimu každý s každým s klíčovou funkcí Asterisk serveru umístěného v ústředí společnosti „S“ na Moravě.



Obrázek 28 - Schéma kompletního propojení VoIP systému společnosti "S"

Zhodnocení implementace

Ačkoliv celý projekt se z důvodu opatrnosti managementu společnosti „S“ realizoval poměrně dlouho, lze důvody chápat a akceptovat. Implementace byla zdařilá po všech technických stránkách, bohužel však administrativní stránka při převodu bratislavské telefonní série selhala. Diskomfort dvou telefonních přístrojů trval cca měsíc a půl, neboť první žádost byla sice potvrzena, ale v den převodu byly sděleny formální nedostatky žádosti, která se musela následně podávat znovu.
Přibližně týden po převodu bratislavské série, přestaly fungovat směrování příchozích hovorů, neboť Slovak Telecom z neznámého důvodu obnovil databázi směrování na dobu, kdy ještě nebyla série směřována přes VoIP poskytovatele, což způsobilo výpadek cca půl dne.
Rozpočet i časový plán byl ze strany dodavatele plně dodržen, náklady společnosti „S“ však nelze absolutně hodnotit, neboť náklady na skladové zásoby nebyly získány. Lze však předpokládat, že se jednalo o zdařilou investici, neboť v současné době cca 2 roky od realizace fáze 1 VoIP systém obhospodařuje více než 200 kusů SIP telefonních přístrojů.
Rozšiřující konfigurace jako je směrování hovorů v případě obsazenosti GSM brány na Moravě na GSM bránu v Praze a obráceně byly účtovány nad rámec projektu.

Bylo dosaženo požadovaných cílů:

- Rozšíření počtu vnitřních telefonních linek o cca 3 x 10.000, počet souběžných hovorů stoupl z 30 na cca 180 na každém Asterisk server. Počet hovorů vně Ericcson ústředny nestoupl, ale migrace telefonní přístrojů z Ericosson ústředny na Asterisk server plně tento fakt kompenzuje.

- Bylo dosaženo plně transparentního propojení pracovišť Morava, Praha a Bratislava s jednotným číslovacím plánem.
- Snížení telekomunikačních nákladů
- Volání v rámci pracovišť společnosti „S“ zdarma
- Flexibilita užití telefonních služeb na služebních cestách byla taktéž dosažena
- Bylo dosaženo permanentního nahrávání hovorů a jejich archivace ve formátu mp3
- Masivní nasazení funkcí follow me a hunting groups
- Použití funkcí DISA[61] a konferenční místnosti
- Navázání vytáčení a přijímání příchozích hovorů na informační systém společnosti „S“
- Vyhodnocování statistik hovorů (náklady, počty, poměr přijatý a nepřijatých hovorů, rychlost odezvy, …)
- Zavedení jednotné telefonní koncepce

Tabulka 22 - Měsíční náklady společnosti "S" po zavedení VoIP systému

Měsíc	Hovorné - Praha	Hovorné - Morava
květen 2008	1 322 Kč	4 698 Kč
červen 2008	2 134 Kč	5 117 Kč
červenec 2008	2 329 Kč	6 615 Kč
srpen 2008	2 346 Kč	5 767 Kč
září 2008	2 136 Kč	5 727 Kč
říjen 2008	2 563 Kč	6 255 Kč
listopad 2008	939 Kč	5 874 Kč
prosinec 2008	943 Kč	5 344 Kč
leden 2009	781 Kč	5 069 Kč
únor 2009	840 Kč	6 156 Kč
březen 2009	811 Kč	4 653 Kč

Podtrženo, sečteno

Z uvedených ekonomických a technických faktů je vidět, že implementace VoIP do komunikačních nástrojů společností má rozhodně smysl. Otázkou však zůstává, zda majoritní poskytovatel telekomunikačních služeb – Telefonica O_2 nezačne na vznikající odliv zákazníků reagovat a své ceny ještě významně nepřiblíží. Telefonica O_2 na ceny IP telefonie již několik let nereaguje, místo toho se snaží zavést svoji VoIP službu IP Centrix, která však naráží na mnohá technická omezení například v podobě toho, že ji lze provozovat pouze na internetovém připojení od O_2 a podobně. Zatím se jedná spíše o testovací provoz než o reálnou službu.

Možnost plné přenositelnosti telefonních čísel i k VoIP poskytovatelům znamená, že odpadají dodatečné náklady spočívající v případě změn telefonních čísel na všech oficiálních materiálech společnosti od vizitek počínaje přes firemní marketingové materiály až po oficiální katalogy. Taktéž zveřejňování ve Zlatých stránkách jakožto hlavním katalogu telefonní čísel v České Republice je standardem i u VoIP poskytovatelů i když administrativně mnohem méně zvládnuté než v případě O_2.

V případě VoIP je přenositelnost zcela 100% a to doslova. VoIP nezáleží vůbec na zákazníkově lokalitě ani na konkrétní IP adrese, která je svým způsobem určující. Systém

[61] Funkce DISA zajišťuje přijmutí příchozího vnějšího volání telefonním systémem a umožnění volbu čísel jako by byl volaný přímo připojený k danému telefonnímu systému.

se vždy přihlásí z aktuální lokality a spáruje s příslušným účtem. Taková přenositelnost je možná i mezi kontinenty, tudíž přeznačení firemních materiálů nastává teoreticky pouze jedenkrát za celou genezi společnosti.

8. Závěr

Pokud se v současném světě má nějaká společnost prosadit, musí neustále a neúnavně pracovat na zvyšování kvality a snižování nákladů. Voice over Internet Protokol ctí přesně tyto dvě tendence a pevně věřím, že rozborem a praktickými ukázkami úskalí implementací se mi podařilo podtrhnout očekávaný přínos IP telefonie. Za výsledek považuji, že se jedná o moderní technologii, která je z ekonomického hlediska a z technologického hlediska aplikovatelná v oblasti středního podnikatelského sektoru, přičemž zůstává zachována podstata – tou je snížení provozních nákladů společností, což je hlavním záměrem každého manažera.

Filozofickou otázkou zůstává, zda je vhodné veškeré provozní aktivity soustřeďovat pouze do jednoho komunikačního média, neboť v případě výpadků či drobných komplikací může být celý provoz omezen či zcela zastaven. Na druhou stranu jestliže se Internet bude používat v tak masovém měřítku a stane se neodmyslitelnou součástí lidské činnosti, budou se technologie a způsoby zálohování internetové konektivity zdokonalovat.

Domnívám se, že současný možný odpor k VoIP je více než podobný postojům k elektronické poště na začátku devadesátých let minulého století. Pouze odvážní měli tu sílu s danou technologií experimentovat a snažit se mezi své známé zasít semeno zájmu. Dnes je elektronická pošta neodmyslitelným pracovním prostředkem většiny lidí pracujících v kancelářích. VoIP má jistě svoji budoucnost a troufám si tvrdit, že během následujících pěti maximálně deseti let bude stejně běžný jako elektronická pošta dnes.

9. Použitá literatura

[1] KUMAR V., KOPRI M., SENGODAN S. IP telephony with H.323, Wiley Computer Publishing, 2001
[2] Sbírka zákonů České Republiky
[3] URL: http://www.earchiv.cz/a92/a231c110.php3 dne 30.4.2005
[4] URL: http://www.ipv6.cz/v6about/ dne 30.4.2005
[5] URL: http://www.digimark.cz/ dne 17.1.2009
[6] URL: http://www.isdn.cz dne 30.3.2009
[7] URL: http://www.digimark.cz/inet-2009-1.htm dne 17.1.2009
[8] URL: http://www.fayn.cz dne 17.1.2005
[9] URL: http://www.telecom.cz/ dne 30.4.2005
[10] URL: http://www.eurotel.cz/ dne 17.1.2005
[11] URL: http://www.802.cz/ dne 15.4.2009
[12] URL: http://www.ipex.cz/ dne 15.4.2009
[13] URL: http://www.skype.com/ dne 15.4.2009
[14] URL: http://breta.wz.cz/typypripoj.html dne 30.4.2005
[15] URL: http://www.smc-europe.com dne 15.5.2005
[16] URL: http://www2.ctu.cz/art.php?iSearch=&iArt=78 ze dne 7.5.2005
[17] URL: http://www.tele2.cz dne 15.5.2005
[18] URL: http://www.earchiv.cz/b00/b0811001.php3 ze dne 12.12.2004
[19] URL: http://www.fwa.sk/ dne 15.5.2005
[20] URL: http://www.chello.cz dne 15.5.2005
[21] URL: http://www.protocols.com/pbook/VoIP.htm za dne 15.5.2005
[22] URL: http://www.h323.org/ dne 15.5.2005
[23] URL: http://www.iec.org/ dne 15.5.2005
[24] URL: http://www.ece.wpi.edu/ dne 15.5.2005
[25] URL: http://www.lupa.cz/clanek.php3?show=3139 dne 15.5.2005
[26] URL: http://www.lupa.cz/clanek.php3?show=3758 dne 15.5.2005
[27] URL: http://www.sogno.net/whyskype/ dne 15.5.2005
[28] URL: http://www.dualphone.cz/ dne 15.5.2005
[29] URL: http://www.micronet.info dne 15.5.2005
[30] URL: http://www.patton.com/technotes/fxs_fxo.pdf dne 15.5.2005
[31] URL: http://www.panasonic.cz dne 15.5.2005
[32] URL: http://www.isc.as dne 15.5.2005
[33] URL: http://www.britskelisty.cz/0008/20000811d.html dne 15.5.2005
[34] URL: http://www.1pcrevue.cz/ak0407.htm dne 15.5.2005
[35] URL: http://www.earchiv.cz/b07/b1200002.php3 dne 12.1.2009
[36] URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/VLAN dne 18.2.2009
[37] URL: http://www.gtsnovera.cz/file/cms/cs/zakaznicka_podpora/cenik_verejne_dostupne_telefonni_sluzby_080601.pdf dne 5.1.2009
[38] URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/FUP dne 20.3.2009
[39] URL: https://sip.cesnet.cz/cs/swahw/asterisk dne 26.3.2009
[40] WALLACE, K. VoIP bez předchozích znalostí. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 9788025114582.

10. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled hlasových kodeků v protokolu H.323 22
Tabulka 2 - Význam hodnoty MOS 22
Tabulka 3 - Zóna H.323 sítě 23
Tabulka 4 - Srovnání VoIP telefonních služeb 34
Tabulka 5 - Srovnání nejběžnějších pobočkových ústředen 41
Tabulka 6 - Srovnání ekonomické nekladnosti provozování VoIP 48
Tabulka 7 - Porovnání úspor VoIP služeb vůči O_2 49
Tabulka 8 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost A 51
Tabulka 9 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost B 52
Tabulka 10 - Porovnání měsíčních nákladů pro modelovou společnost C 52
Tabulka 9 - Porovnání telekomunikačních nákladů společnosti "P" 54
Tabulka 10 - Investiční náročnost pro společnost "P" 55
Tabulka 11 - Měsíční náklady společnosti "P" po zavedení VoIP systému 57
Tabulka 12 - Porovnání telekomunikačních nákladů organizace "Ž" 58
Tabulka 13 - Investiční náročnost pro organizaci "Ž" 60
Tabulka 14 - Měsíční náklady organizace "Ž" po zavedení VoIP systému 63
Tabulka 15 - Porovnání telekomunikačních nákladů společnosti "S" 64
Tabulka 16 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Morava 65
Tabulka 17 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Praha 66
Tabulka 18 - Investiční náročnost pro společnost "S" pobočka Bratislava 66
Tabulka 19 - Přiřazení vnitřních linek společnosti "S" 73
Tabulka 20 - Měsíční náklady společnosti "S" po zavedení VoIP systému 75

11. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Kopie oficiálního zadání diplomové práce 3
Obrázek 2 - Porovnání síťového modelu OSI a modelu TCP/IP 2
Obrázek 5 - Rozvrstvení technologií připojení k internetu v závislosti na klientele a požadovaných rychlostí 5
Obrázek 6 - Digitální okruh 8
Obrázek 7 - Topologie připojení FWA 26 GHz 13
Obrázek 8 - Průběh navázání VoIP spojení 17
Obrázek 9 - Schéma protokolů rodiny H.323 22
Obrázek 10 - Komunikace SIP protokolu s H.323 a PSTN 27
Obrázek 11 - Přímé volání - volající X volaný 28
Obrázek 12 - Navázání spojení přes proxy server 28
Obrázek 13 - Navázání spojení přes redirect server 29
Obrázek 14 - Registrace uživatele na registrar serveru 29
Obrázek 15 - Ukončení spojení 29
Obrázek 16 - Ukázka základního panelu Skype 32
Obrázek 17 - DualPhone samostatný telefon pro Skype, VoIP a pevnou linku, cena cca 3.000,- Kč 33
Obrázek 18 - Kancelářský počítač a náhlavní souprava 36
Obrázek 19 - USB Phone nahradí reproduktory a mikrofon a vytvoří další zvukovou kartu 37
Obrázek 20 - VoIP telefon, cena od 2.000,- Kč 37
Obrázek 21 - Nejběžnější ISDN pobočková telefonní ústředna v sektoru středního podnikání Panasonic KX-TD612CE, cena cca 16.000,- Kč 38
Obrázek 22 - VoIP gateway poskytující 4 státní linky 38
Obrázek 23 - Schéma FXO a FXS telefonních portů 39
Obrázek 24 - Ústředna Panasonic KXTDA30 s možností modulu VoIP 40
Obrázek 27 - Schéma propojení běžné ústředny přes Asterisk server 59
Obrázek 28 - Cílové zapojení telefonního systému v organizaci "Ž" 60
Obrázek 29 – Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 1 68
Obrázek 30 -- Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 2 69
Obrázek 31 - Schéma zapojení telefonního systému ve společnosti „S“ – Fáze 3 70
Obrázek 32 - Schéma kompletního propojení VoIP systému společnosti "S" 74