

Přechod na internetovou telefonii ve firmě ADIP, spol. s r.o.

Bc. Petr Skala

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Skala**
Osobní číslo: **A13503**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Přechod na internetovou telefonii ve firmě ADIP, spol. s r.o.**
Téma anglicky: **The Transition to IP Telephony in the Enterprise: ADIP, spol. s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární řešení na dané téma.
2. Analyzujte současný stav ve firmě ADIP, spol. s.r.o.
3. Navrhněte vhodné řešení přechodu z ISDN na VoIP.
4. Vyberte zařízení, dodavatele HW a poskytovatele služeb.
5. Proveďte návrh konfigurace aktivních prvků sítě a VoIP telefonů.
6. Vyhodnoťte přínosy daného řešení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **SOSINSKY, Barrie A. Mistrovství počítačové sítě. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 840 s. ISBN 978-80-251-3363-7.**
2. **WALLACE, Kevin. Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.**
3. **EMPSON, Scott. CCNA kompletní přehled příkazů: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 336 s. ISBN 978-80-251-2286-0.**
4. **ODOM, Wendell, Rus HEALY a Naren MEHTA. Směrování a přepínání sítí: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 879 s. ISBN 978-80-251-2520-5.**
5. **SELECKÝ, Matúš. Penetrační testy a exploitace. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2012, 303 s. ISBN 978-80-251-3752-9.**
6. **WALLACE, Kevin. VoIP bez předchozích znalostí. Vyd. 1. Překlad Jan Gregor. Brno: Computer Press, 2007, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.**
7. **BAZALA, David. Telekomunikace. Vyd. 1. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0201-9.**
8. **HUCABY, David. Konfigurace směrovačů Cisco. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, 632 s. ISBN 80-722-6951-8.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Matýsek, Ph.D.

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

6. února 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2015

Ve Zlíně dne 6. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na realizaci přechodu na internetovou telefonii ve firmě Adip, spol. s r.o.. Díky množství telefonních přípojek bylo možné ušetřit značné finanční prostředky vynakládané na pravidelné paušální poplatky za vedení pevných linek. Také, vzhledem k cenám a tarifkaci volání byla možná další úspora finančních prostředků za hovorné.

Klíčová slova: internetová telefonie, úspory nákladů, pevná linka

ABSTRACT

This work is focused on realization of transition to internet telephony in company ADIP. Thanks to the number of telephone lines, it will be possible to save a lot of money expended for telephone lines regular monthly fees. Also, given the prices and tariffs for calling allow further financial savings for airtime.

Keywords: internet telephony, cost savings, fixed line

Chtěl bych touto cestou poděkovat:

Ing. Miroslavu Matýskovi, Ph.D., Fakulta aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, za pomoc při výběru tématu, sestavování obsahu a poskytnutí cenných rad při tvorbě diplomové práce.

Jednatelům a zaměstnancům společnosti ADIP, spol. s r.o., díky kterým mi byla tato práce umožněna.

Panu Danielu Barcuchovi, fa. TeleTech, za pomoc s výběrem VoIP brány ke stávající ústředně a jejím testování před jejím ostrým nasazením.

Ing. Jaroslavu Plachému, fa. MOPOS Communications, za pomoc s výběrem MikroTik routeru a za cenné rady pro jeho konfiguraci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 11 |
| 1 TELEFONIE OBECNĚ | 12 |
| 1.1 VZNIK TELEFONIE | 12 |
| 1.2 TELEGRAF | 12 |
| 1.3 TELEFON | 13 |
| 1.4 ZPRACOVÁNÍ HLASU | 13 |
| 1.5 POKROK TECHNOLOGIÍ | 14 |
| 1.5.1 ISDN..... | 14 |
| 1.5.2 ISDN - rozhraní základní rychlosti | 15 |
| 1.5.3 ISDN - rozhraní primární rychlosti | 15 |
| 1.5.4 Širokopásmové ISDN..... | 15 |
| 1.5.5 ADSL | 16 |
| 1.5.6 VDSL | 17 |
| 1.5.7 Systémy pobočkových ústředn | 17 |
| 2 VOIP | 18 |
| 2.1 PRINCIP FUNKCE | 18 |
| 2.2 PROTOKOLY VOIP | 20 |
| 2.2.1 H.323 | 20 |
| 2.2.2 SIP | 21 |
| 2.2.3 RTP | 21 |
| 2.2.4 IAX..... | 22 |
| 2.2.5 STUN | 22 |
| 2.2.6 MGCP | 23 |
| 2.3 KODEKY VOIP..... | 23 |
| 2.4 VÝHODY VOIP TELEFONIE..... | 24 |
| 2.5 VOIP JAKO NÁSTROJ TRHU | 25 |
| 2.6 ROZDĚLENÍ SLUŽEB NA BÁZI VOIP | 26 |
| 2.6.1 Služby nahrazující pevnou telefonní linku | 26 |
| 2.6.2 Služby vytvářející vlastní síť | 26 |
| 2.6.3 Hlasové služby v rámci Instant messagingu..... | 27 |
| 3 VOIP HARDWARE | 28 |
| 3.1 ROUTER..... | 28 |
| 3.2 VOIP BRÁNA | 29 |
| 3.3 VOIP TELEFON..... | 29 |
| 3.4 VOIP TELEFONNÍ ÚSTŘEDNA..... | 30 |
| 4 PROVOZ VOIP TELEFONIE | 32 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.1 | TEORETICKÉ POŽADAVKY PRO PROVOZ | 32 |
| 4.1.1 | Šířka pásma | 32 |
| 4.1.2 | Odezva..... | 33 |
| 4.1.3 | Rozptyl odezvy..... | 33 |
| 4.1.4 | Chybovost..... | 34 |
| 4.1.5 | Přístupnost portů | 35 |
| 4.2 | ZPŮSOBY DOSAŽENÍ POŽADOVANÝCH VLASTNOSTÍ INTERNETOVÉ KONEKTIVITY..... | 35 |
| 4.2.1 | Priorizace toku dat..... | 35 |
| 4.2.1.1 | Způsoby použití QoS | 35 |
| 4.2.1.2 | Využití QoS v sítích..... | 36 |
| 4.2.1.3 | Mechanismy implementace QoS | 36 |
| 4.2.2 | Směrování portů | 36 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 37 |
| 5 | ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU..... | 38 |
| 5.1 | CHARAKTERISTIKA FIRMY | 38 |
| 5.2 | TELEFONIE - SOUČASNÝ STAV..... | 38 |
| 5.2.1 | Telefonní rozvody centrála..... | 39 |
| 5.2.2 | Stávající telefonní ústředna centrála | 39 |
| 5.2.3 | Stávající telefonní přístroje centrála..... | 40 |
| 5.2.4 | Stávající telefonní přístroje pobočky..... | 42 |
| 5.3 | INTERNETOVÁ KONEKTIVITA | 43 |
| 5.3.1 | Konektivita poboček | 43 |
| 5.3.2 | Konektivita centrály | 43 |
| 5.4 | TESTOVÁNÍ PŘÍPOJEK..... | 44 |
| 5.4.1 | Testování šířky pásma připojení, stability, odezvy a jitteru | 44 |
| 5.4.2 | Vhodnost internetové konektivity | 45 |
| 6 | VOLBA VHODNÉHO ŘEŠENÍ..... | 47 |
| 6.1 | HOTOVÉ ŘEŠENÍ NA MÍRU | 47 |
| 6.1.1 | Specifikace HW..... | 47 |
| 6.1.2 | Specifikace služeb | 47 |
| 6.1.3 | Cenová nabídka | 48 |
| 6.2 | VLASTNÍ ŘEŠENÍ | 50 |
| 6.2.1 | Volba vhodného operátora | 50 |
| 6.2.2 | Volba vhodného HW řešení | 53 |
| 6.2.2.1 | VoIP brána centrála..... | 54 |
| 6.2.2.2 | Telefonní přístroje centrála | 54 |
| 6.2.2.3 | Telefonní přístroje pobočky | 55 |
| 6.3 | POROVNÁNÍ A VOLBA VHODNÉHO ŘEŠENÍ..... | 55 |
| 7 | KONFIGURACE ZAŘÍZENÍ..... | 56 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 7.1 | KONFIGURACE VOIP TELEFONU SIEMENS GIGASET C530IP | 56 |
| 7.2 | KONFIGURACE VOIP BRÁNY CENTRÁLA | 60 |
| 7.3 | KONFIGURACE CISCO ROUTERU NA POBOČKÁCH..... | 67 |
| 7.4 | KONFIGURACE MIKROTIK ROUTERU | 70 |
| 8 | KALKULACE ÚSPOR..... | 76 |
| 8.1 | STÁLÉ MĚSÍČNÍ ÚSPORY..... | 76 |
| 8.1.1 | Paušální poplatky | 76 |
| 8.1.2 | Náklady na volání..... | 76 |
| 8.2 | NÁKLADY NA POŘÍZENÍ HW | 78 |
| 8.3 | NÁKLADY NA PŘENOS ČÍSEL | 78 |
| 8.4 | NÁKLADY NA PRÁCI | 78 |
| 8.5 | ÚSPORY NA HOVORNÉM | 79 |
| 8.6 | CELKOVÉ VYČÍSLENÍ | 79 |
| 8.7 | NÁVRATNOST INVESTICE | 80 |
| | ZÁVĚR | 83 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 84 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 87 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 90 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 92 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 93 |

ÚVOD

Stejně tak, jako celý svět v současné době slyší na slovo úspory, tak i úkol vedení firmy zněl jasně. Snížit náklady na provoz některé z využívaných technologií spojené s informačními technologiemi, pokud možno bez vysokých investic. V případě potřeby, nebo nutnosti dalších investic do potřebného vybavení byl stanoven požadavek na co nejkratší návratnost těchto investic. Dalším požadavkem byly jen minimální změny ve stylu práce pracovníků tak, aby jejich případné zaškolení ještě více nezvýšilo náklady.

Díky těmto požadavkům se zmenšil počet realizovatelných možností požadovaných úspor. Po přibližném vyčíslení jednotlivých nákladů se jako největší jevila položka nákladů za poskytnuté hlasové služby. Z tohoto důvodu volba přechodu běžných telefonních linek na Internetovou telefonii se ukázala jako vhodný krok.

Investice do přechodu na Internetovou telefonii nedosahují závratných částek, pro většinu uživatelů nedojde k žádné viditelné změně ve stylu práce, ergonomii nebo pracovních postupu. Z pohledu technologického jde o zásadní změnu k lepšímu.

Před započítáním samotné realizace musí samozřejmě dojít k důkladné analýze – a to jak finanční, tak i technické stránky věci. Z pohledu finanční jsou nejdůležitější celkové náklady na tento přechod a doba návratnosti investovaných finančních prostředků. Z pohledu technického je třeba ověřit, zdali je možné bez problémů realizovat na všech prodejních místech, za jakých podmínek a případně specifikovat potřebné změny. Jak již z názvu vyplývá, je pro provoz Internetové telefonie potřebné připojení k Internetu. Linka musí splňovat potřebné minimální požadavky na stabilitu, odezvu a přenosovou rychlost. Pokud je toho splněno, nebrání nic v realizaci přechodu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TELEFONIE OBECNĚ

Pod pojmem telefonie si lze představit okruh telefonních služeb. Není tomu ještě tak dávno, kdy většina z nás si pod tímto pojmem představilo klasickou pevnou linku. V dnešní době zájem o tuto službu klesá díky rozšíření mobilních telefonů a také díky nárůstu využití komunikace přes celosvětovou síť Internet. Pro firemní účely je ale pevná linka považována za standart, z pohledu zákazníka jako číslo, na které se vždy dovolá a nestane se, že by bylo toto číslo nedostupné [7].

Podstatnou výhodou telefonu oproti emailu je možnost komunikace v reálném čase. Telefonický kontakt pak působí na zákazníka více osobně, dojde k jeho rychlejšímu odbavení a ve velkém procentu případů také ušetří osobní návštěvu prodejny.

1.1 Vznik telefonie

Z pohledu historického je vynález telefonie a hlasové formy komunikace na dálku důležitým krokem v lidské historii. Potřeba komunikace a předávání informací je stará jako lidstvo samo. Lidé si před vynálezem telefonie předávali informace různými způsoby: kouřovými signály, světelnými signály, případně předáváním zpráv osobně - a to jak ústně, nebo písemně. Prvním krokem byl vynález abecedy sloužící pro přenos, která usnadnila a sjednotila styl komunikace. Jejím vynálezem byl v roce 1832 pan Samuel Finlay Breese Morse. Tato abeceda byla pojmenována po jejím autorovi - Morseova abeceda. Našla uplatnění v mnoha různých oblastech lidské činnosti. Podstatnou výhodou byl její úsporný návrh, kdy počet znaků kódu byl přizpůsoben četnosti výskytu jednotlivých znaků abecedy. Čím častější výskyt, tím kratší kód - výsledkem byla úspora znaků, které bylo potřeba přenést [7].

1.2 Telegraf

Předchůdcem telefonu a zcela jistě průkopníkem dorozumívání s využitím elektrické energie byl telegraf. Během roku 1837 prováděl pan Morse první úspěšné pokusy s telegrafním přístrojem. Z principu funkce se vlastně jednalo o jednoduché zařízení digitálního charakteru. Digitální proto, jelikož se zpráva musela před odesláním kódovat. V roce 1844 bylo vybudováno první telegrafní spojení mezi městy Baltimore a Washington. O rok později na této trase odvysílal první telegram [7].

Jednoduše byly budovány také přenosové trasy, kdy k vedení signálu byl použit pouze jeden měděný vodič a jako druhý vodič byla použita zem. Rychlost přenosu byla 2 bity za sekundu a díky použité Morseově abecedě byl velmi efektivní. Telegrafní vedení byla v této době dlouhé stovky kilometrů [7].

Rozmach telegrafu v těchto letech velmi rychlý, za což vděčí také stejně rychlému rozmachu budování železnic. Telegrafní vedení bylo věšeno na sloupy podél železničních tratí. V roce 1847 byla vybudována telegrafní trasa i na našem území Vídeň – Brno – Praha. O tři roky později byly položeny první podmořské telegrafní kabely přes průliv La Manche. K položení prvních transatlantických telefonních kabelů mezi Evropou a Amerikou došlo v roce 1858. Nutným krokem pro standardizaci bylo založení Mezinárodní telegrafní unie v roce 1865. Ta byla později přejmenována na Mezinárodní telekomunikační unii ITU (International Telecommunication Union) [7].

1.3 Telefon

Telegraf byl pro osoby ovládající Morseovu abecedu zařízení jednoduché na obsluhu, ne však pro osoby neovládající kód. Vynález, který se objevil o pár let později, zcela zastínil telegraf. Jednalo se o telefon, jehož vynálezcem byl Alexander Graham Bell a stalo se tak v roce 1876.

Telefon, stejně jako telegram se dočkal velmi rychlého rozšíření - a to i díky jeho prezentaci na světové výstavě ve Philadelphii v roce 1876. O rok později Alexander Graham Bell zakládá společnost Bell Telephone Co., v roce 1878 byla uvedena do provozu první telefonní ústředna ve městě New Haven. První veřejný telefonní přístroj se v Americe objevuje v roce 1880. Již šest let po světové výstavě dostává první telefonní ústřednu také Praha.

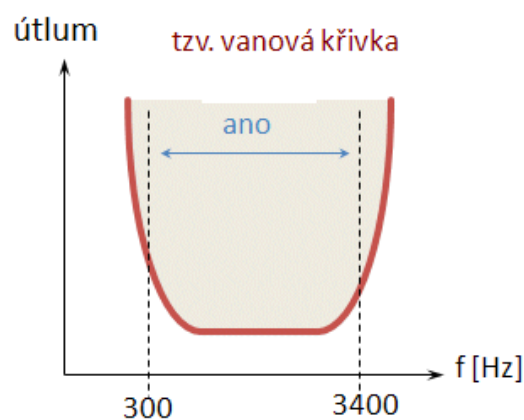
Tyto telefonní ústředny zpočátku vyžadovaly, aby jednotlivé hovory přepínala operátorka ručně. Brzy však byla vynalezena i ústředna pracující automaticky, bez nutnosti ručního přepojování hovorů [7].

1.4 Zpracování hlasu

Až do nedávné doby byla telefonní síť budována jako analogová. To znamenalo, že přenos hlasu probíhal po celé trase od volajícího až k volanému ve formě analogového signálu.

Takto budované linky byly založeny na technologii TDM (Time Division Multiplexing) neboli přepínání okruhů. A to z toho důvodu, že mezi volajícími stranami je vždy vytvořen souvislý okruh s vyhrazenou přenosovou kapacitou a volající platí za dobu existence tohoto okruhu - tedy podle počtu spojených minut.

Šířka pásma takto vytvořeného okruhu byla uměle omezena na 3100 Hz, realizované pásmovou propustí v místě, kde místní smyčka vstupuje do telefonní ústředny. Pro přenos lidského hlasu se ukázal jako dostačující rozsah frekvencí od 300 do 3400 Hz – viz obrázek (Obr. 1) [18].



Obr. 1. Frekvenční pásmo [18].

Mezi jednotlivými ústřednami došlo k využití tzv. frekvenčního multiplexu, kdy se více telefonních hovorů o šířce pásma 3,1 kHz skládalo do určité šířky pásma poskytovanými vedeními mezi ústřednami. Důvodem byla snaha vystačit si s co nejmenší přenosovou kapacitou mezi jednotlivými telefonními ústřednami, čím menší frekvenční pásmo zabíral jednotlivý hovor, tím více se jich dalo „naskládat vedle sebe“ [18].

1.5 Pokrok technologií

1.5.1 ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) neboli digitální síť integrovaných služeb. Jedná se o následovníka analogové telefonie. Data jsou v této síti zasílány v digitální podobě prostřednictvím telefonní sítě s přepínanými okruhy. Velkou výhodou je to, že ISDN umožňuje provozování datové i telefonní komunikace na stejných linkách, jelikož se skládá z datových kanálů o propustnosti 64kb/s. Pořád se ale jedná o vytáčené připojení,

takže pokud je vyžadován přístup k síti, ISDN modem vytočí číslo služby a připojí se ke vzdálenému směrovači, který mu poskytne identifikátor profilu služby SPID (Service Profile Identifier).

ISDN linka se připojuje do veřejné telefonní sítě prostřednictvím ISDN modemu, nebo síťového terminátoru NT-1, NT-2 (Network Terminator) a terminálního adaptéru TA (Terminal Adapter). Síťový terminátor má úlohu rozbočovače, zatímco terminální adaptér slouží k připojení analogového telefonního přístroje. ISDN bylo jedno z raných podob širokopásmového spojení pro domácnosti [1], [18].

1.5.2 ISDN - rozhraní základní rychlosti

BRI (Basic Rate Interface) - jedná se o rozšíření základní ISDN linky. Vytváří spojení o rychlosti 144kb/s s využitím měděných telefonních kabelů. BRI je rozděleno do dvou 64kb/s datových kanálů (B-kanály) a jednoho 16kb/s řídicího kanálu (D- kanál). Na tento formát linky narazíme u spojení nad dvěma nebo čtyřmi měděnými dráty, v podobě sériového spojení s digitálním modemem nebo mezi zařízením a TA adaptérem [1].

1.5.3 ISDN - rozhraní primární rychlosti

PRI (Primary Rate Interface) - jedná se o službu s rychlostí 1544 kb/s (23-krát B- kanál) nebo 2048 kb/s (30-krát B- kanál), která se přenáší přes síť T1, respektive E1. Využívá se přitom jeden D-kanál pro trasu řídicích signálů. PRI nachází uplatnění na celém světě a často se jeho prostřednictvím propojují pobočkové ústředny s telefonní sítí. U nás známý jako EuroISDN 30 - jak název napovídá, na takovéto lince je možné provádět současně až 30 hovorů [1].

1.5.4 Širokopásmové ISDN

Neboli B-ISDN (Broadband ISDN). Tento standart byl vyvinut v 80. letech 20. století jako rozšíření obyčejného ISDN a jeho účelem byla zejména podpora multimediálních přenosů, jako například video a televize na přání. Počítalo se totiž s velkým rozmachem těchto technologií i v domácnostech. Další motivací bylo vysokorychlostní propojení výzkumných laboratoří firem a univerzit či jiných vědeckých organizací. Pro přepínání se v B-ISDN používá ATM (Asynchronous Transfer Mode) a pro vysoké rychlosti pak SONET

(Synchronous Optical Network). Navzdory vysokým přenosovým rychlostem oproti běžnému ISDN se však nikdy nedočkalo komerčního úspěchu [1].

Tyto B-kanály bylo možné agregovat do takzvaných H-kanálů takto:

- H0 - slučuje 6 B-kanálů do linky o rychlosti 384 kb/s,
- H10 - slučuje 23 B-kanálů do linky o rychlosti 1,47 Mb/s,
- H11 - slučuje 24 B-kanálů do linky o rychlosti 1,54 Mb/s,
- H12 - slučuje 30 B-kanálů do linky o rychlosti 1,92 Mb/s.

1.5.5 ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) - jak již název napovídá, jde o asymetrickou digitální linku, kde rychlosti ve směru k uživateli jsou vyšší než rychlosti směrem od uživatele. V prvních komerčně dostupných verzích ADSL linky dovolovaly reálně nahrávání dat rychlostmi v řádu desítek kilobitů za sekundu (kbit/s) i když teoreticky byly schopné přenosu až kolem 1 Mbit/s. A to jak z důvodu režie přenosu, tak z důvodu sdílení linky s ostatními uživateli (agregace).

K připojení klasického telefonního přístroje k tomuto typu linky slouží speciální rozbočovač - tzv. splitter, který odděluje frekvenční pásmo pro běžný telefon a ADSL modem. Zatímco klasický telefon využívá frekvenční pásmo 300 - 3400 Hz, ADSL využívá frekvence od 25 do 1104 kHz. Modemy pro připojení PC (Personal Computer) k ADSL lince se vyráběly postupně ve verzích tak, jak byla tato technologie postupně inovována [7], [18].

Přenosové rychlosti jednotlivých verzí:

- ADSL - 8 / 1 Mbit/s,
- ADSL2 - 12 / 1 Mbit/s,
- ADSL2+ - 24 / 1 Mbit/s.

Reálná dosažitelná rychlost je samozřejmě nižší a závisí také na vzdálenosti od ústředny.

1.5.6 VDSL

VDSL (Very High Speed DSL) - jedná se o vysokorychlostní ADSL linku, kdy první verze tohoto standartu nabízela teoretické rychlosti stahování až 55 Mbit/s a odesílání až 16 Mbit/s. Stejně tak jako u standartu ADSL závisí na vzdálenosti od ústředny. Novější standart VDSL2 byl původně navržen pro symetrické připojení rychlostí až 100 Mbit/s (ale jen pro vzdálenost do cca 300 metrů od ústředny).

Bohužel služba v tomto provedení není u nás nabízená, ani dostupná. Nejvyšší nabízené rychlosti jsou až 40 Mbit/s pro stahování a až 2 Mbit/s pro odesílání. Tyto platí pro maximální vzdálenost 1,3 kilometru od ústředny [7, 18].

1.5.7 Systémy pobočkových ústředen

Důležitým mezníkem pro firemní sféru byly systémy pobočkových ústředen. Jde o telefonní síť, která je ve většině případů instalována ve středně velkých až velkých firmách. Ta je pak napojena na veřejnou telefonní síť prostřednictvím jedné, nebo více telefonních linek pro uskutečnění hovorů [1].

Typy pobočkových ústředen:

- ISDN PBX (Private Branch eXchange) - jak je patrné z názvu, jedná se o typ připojený pomocí ISDN linky,
- PBX - často se jedná o ústředny připojené pomocí analogové telefonní sítě s přepínáním okruhů, nebo se jedná o systémy privátní. Odchozí linka je pevně stanovena,
- PABX (Private Automatic Branch eXchange) - prakticky stejné jako PBX, ale ústředna automaticky vybírá dostupnou odchozí linku,
- IP PBX nebo IPBX - ústředny s implementací digitálních sítí a podporou internetové telefonie.

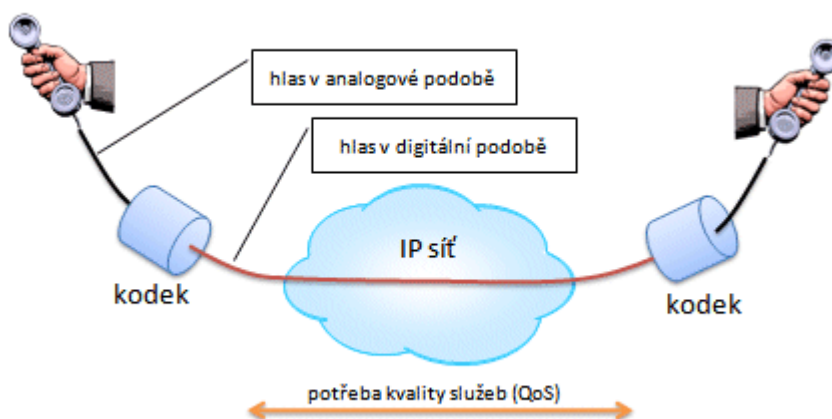
2 VOIP

VoIP (Voice over Internet Protocol) – jedná se o název protokolu pro přenos hlasové komunikace po sítích s přepínáním paketů. Protokol VoIP používá datovou síť, typicky Internet, která slouží jako přenosové médium pro přenos hlasových dat. VoIP může být implementována buď softwarově, nebo prostřednictvím IP (Internet Protocol) telefonů, nebo prostřednictvím ATA (Analog Telephone Adapter) adaptéru (VOIP brány) - v tomto případě zůstává uživateli stávající telefonní přístroj.

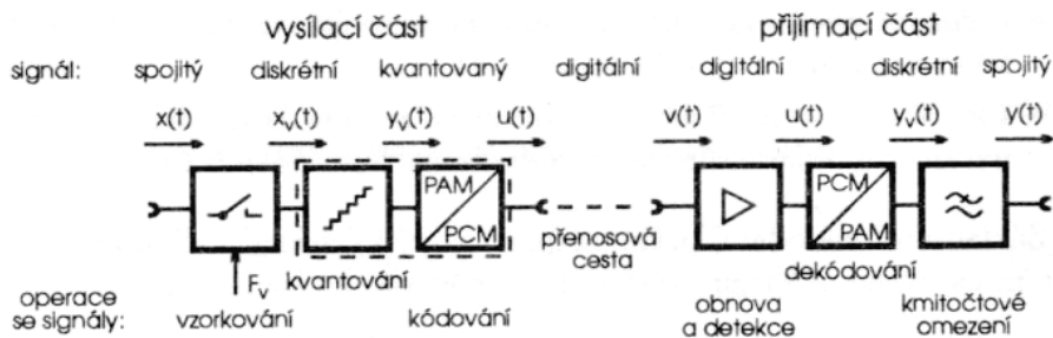
Z historického hlediska bylo hlavním důvodem nasazení značné úspory za dálková volání (meziměsto, zahraničí) a také úspory na měsíčních paušálech v případě úplného přechodu na VoIP telefonii [1], [6], [17].

2.1 Princip funkce

Princip fungování technologie VOIP je založen na tom, že lidský hlas, nasnímaný mikrofonem, se převede z analogové do digitální podoby a ten je pak po vhodné kompresi přenášen skrz datovou síť využívající přenosový protokol IP, viz obrázek (Obr. 2). Výsledný objem dat a tím i velikost využití šířky pásma pro příjem i odesílání by měla být co nejmenší. Data jsou protokolem TCP (Transmission Control Protocol) rozděleny na pakety a odesílány přes síť IP. Z toho byla také odvozena zkratka VoIP (Voice over IP, neboli hlas po IP). Stejně tak existují i technologie přenosu hlasu po jiných datových protokolech - například VoFR (Voice over Frame Relay), či VoATM (Voice over ATM), a spolu s VoIP se jim dohromady říká VOD (Voice over Data) [1], [6], [17].

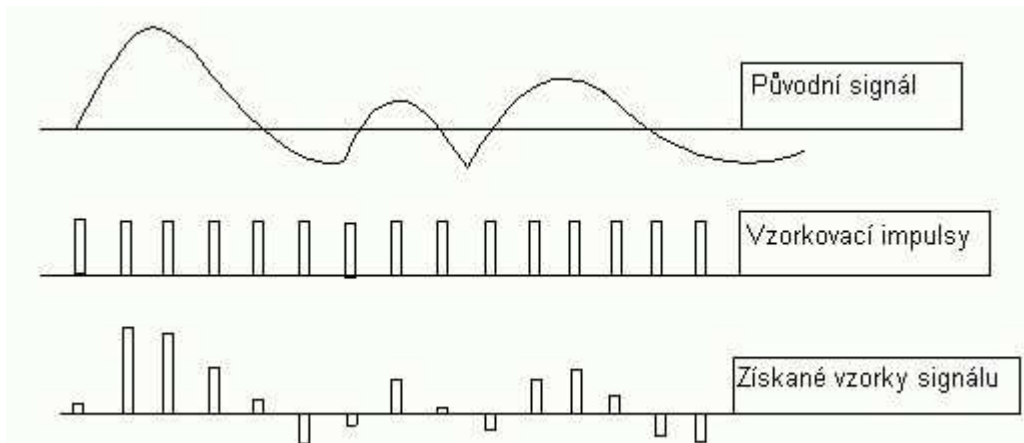


Obr. 2. Princip funkce VoIP [17].



Obr. 3. Princip vysílání a příjmu hlasu přes VoIP [19].

Schéma přenosu signálu je na obrázku (Obr. 3) a signály na obrázku (Obr. 4). Hlas v původní, analogové podobě je nasnímán mikrofonom a dále pak pomocí A/D (Analog / Digital) převodníku je provedeno vzorkování signálu. Toto si můžeme představit jako odebírání vzorku signálu určitou rychlostí. V tomto případě pro frekvenci 3400Hz se používá vzorkovací frekvence 8kHz, čímž je zajištěno, aby z nejvyšší přenášené frekvence byly získány alespoň 2 vzorky, potřebné na straně příjmu k rekonstrukci na původní signál. Z hlediska časového to znamená odebírání vzorku každých 125 ms. Řídíme se Shannon-Kotelnikovým teorémem, který udává, že vzorkovací frekvence musí být vyšší, než dvojnásobek přenášeného kmitočtu [7], [18], [19].



Obr. 4. Vzorkování a kvantování signálu [11].

Takto navzorkovaný signál je potřeba dále kvantovat, což znamená, že je provedeno ohodnocení velikosti vzorku. Tímto způsobem je každému vzorku přiřazena určitá binární hladina - tzv. kvantizační hladina. Počet hladin odpovídá potřebě kvality ohodnocených vzorků. Pro hlasové pásmo a jeho rozsah frekvencí stačí 256 hladin, čemuž odpovídá 8

bitové slovo, protože $2^8 = 256$. Nejvyšší bit je vyhrazen pro určení polarity (příznak polarity) signálu, takže je 128 úrovní určeno pro kladnou půlvlnu signálu a 128 pro zápornou polovinu signálu. Poslední bit je tedy 0, pokud je signál záporný a 1, pokud je signál kladný. Ostatní bity pak vyjadřují velikost získaného vzorku. Takto získáme posloupnost bitů - například pro kladné hodnoty 11000000, 10011111 a pro záporné hodnoty 01000000 a 00001111.

Dalším krokem při přenosu je zakódování pomocí vhodného kodeku a rozdělení na jednotlivé pakety. Takto vytvořené pakety jsou pak přenášeny prostřednictvím datové sítě - ve většině případů přes síť Internet. Konkrétní použité kodeky a protokoly jsou vysvětleny dále.

Na přijímací straně je postup získání analogového hlasu z přenášeného signálu opačný. Pakety jsou dekodovány pomocí vhodného dekodéru a poté pomocí D/A převodníku převáděny zpět na hlas a reprodukovány prostřednictvím sluchátka nebo reproduktoru [11], [19].

2.2 Protokoly VOIP

Tak, jako v síťové komunikaci, i zde bylo potřeba vytvořit protokol - jakýsi domluvený standart, pomocí něhož budou komunikovat jednotlivá zařízení mezi sebou. O návrh se ve většině případů postaral ITU. Vývoj odpovídal požadavkům a schopnostem v době návrhu jednotlivých protokolů [1].

2.2.1 H.323

Byl prakticky prvním používaným protokolem pro VoIP komunikaci (audiovizuální relace, signalizace, řízení a správa šířky pásma). Vznikl v roce 1996, původně ale pro účely poskytování video konferencí přes IP protokol. Stal se standardem v IP video konferencích a postupně se dostává i na půdu IP telefonie. Tato sada standartů se týká dvoubodových relací, stejně jako konferenčních hovorů. Používá ke komunikaci RTP (Real-time Transport Protocol) protokol a nativně neobsahuje podporu šifrování. K přenosu médií mezi koncovými body je použit RTP protokol a je využita celá řada čísel portů v rozmezí 10000 až 20000. Toto může způsobovat problémy v případě, že se zařízení nachází za NATem (Network Address Translation). Je pak nutné povolit příslušné porty v odchozí

komunikaci. U příchozí komunikace je třeba povolit TCP port 1720 a UDP (User Datagram Protocol) porty RTP média a RTCP kontrolního streamu [1, 6].

2.2.2 SIP

SIP (Session Initiation Protocol) je oproti protokolu H.323 značně jednodušší. Vznikl po několika revizích v roce 1999. Jeho prosazení na trhu bylo postupné, zprvu o něj nebyl zájem. Jedná se o protokol aplikační vrstvy využívající ke komunikaci port 5060. Může být přenášen přes TCP i UDP protokol transportní vrstvy. Slouží k vybudování, modifikaci a ukončení multimediálních relací - například telefonní hovory. Je ale rovněž používán pro videokomunikaci, streamování multimédií a objevuje se i v aplikacích pro rychlé zasílání zpráv a dokonce ve videohrách. Samostatný SIP protokol nepřenáší u telefonních hovorů média, k tomu využívá další protokol RTP. Je implementován šifrovaný přenos s využitím TLS a požadavek je poslán bezpečně ke koncovému zařízení. Neplatí to ale pro samostatný přenos RTP streamu (hlasu). Podporuje dvoustranné relace typu P2P nebo relace jednosměrného vysílání, stejně jako relace s podporou vícenásobných datových proudů či vícestranné relace [1].

2.2.3 RTP

RTP (Real-Time Transport Protocol) je standardní paketový formát pro multimediální obsah posílaný v reálném čase po sítích s protokolem IP buď jako data TCP, nebo UDP. Je možné jej použít pro jednosměrová, nebo vícesměrová data. Nezaručuje doručení dat ani správné pořadí jednotlivých paketů, ale definuje jejich pořadová čísla, podle kterých mohou být rozpoznány chybějící pakety. Zakládá se na synchronizaci časového přenosu a zjištění ztráty nebo nesprávného pořadí dat. Nejčastěji RTP používá UDP protokol a porty v rozsahu 16384 – 32767, ale je možné, aby využil i jiné protokoly a porty.

K multimediálnímu obsahu RTP připojuje záhlaví, které obsahuje pořadové číslo paketu sloužící pro zjištění ztrát nebo duplicity paketů a označení typu obsahu, tj. informaci o formátu multimediálního souboru, který tvoří obsah paketu (např. JPEG, G.722, H.261). Kódování obsahu se může změnit, pokud se má přizpůsobit rozdílu v šířce pásma. Dále RTP pakety obsahují indikaci začátku a konce rámce, identifikaci zdroje a synchronizaci pro detekci různého kolísání zpoždění v rámci daného toku a pro potřebnou kompenzaci tohoto kolísání při vlastním přehrávání obrazů a zvuků. Data protokolu RTP mohou

existovat v reálném čase a mohou být interaktivní, pakety RTP vyžadují nějaký relační protokol, jakým je například SIP nebo H.323 pro VoIP[1].

2.2.4 IAX

IAX (Inter-Asterisk eXchange Protocol) - používá Open Source systém pobočkových ústředen Asterisk. Protokol IAX2 umožňuje trunking, při kterém mnozí klienti sdílí stejnou sadu kanálů a dochází k multiplexování kanálů na jedné lince. IAX2 přenáší data prostřednictvím protokolu UDP a obvykle využívá port 4569. Takto vytvořený proud dat je řízen sadou příkazů a parametrů, které umožňují potřebnou kontrolu nad multiplexováním VoIP signálů a řízením toku dat. Bez problému prochází branou firewall a zvládne si poradit i s překladem síťových adres, neboť signalizace a data používají stejný způsob přenosu. Takovýto postup je podobný protokolům SIP a H.323 a jejich metody spoléhají při řízení relací na komunikaci prostřednictvím protokolu RTP - dedikovaně, je využit jiný kanál [1].

2.2.5 STUN

STUN (Session Traversal Utilities for NAT) slouží ke snadnějšímu vytvoření spojení v případě, že je na přenosové trase přítomný firewall a také v sítích, kde se ke slovu dostává překlad síťových adres NAT. Překlady síťových adres řídí přístup aplikací ke konkrétním portům a přístup klientů k různým aplikacím pro příchozí a odchozí provoz. Každé zařízení má většinou jinak implementovanou podporu síťových služeb a to může mít za následek omezování různých aplikací pracujících s protokolem IP. Může tak dojít k omezení přístupu k internetovým zdrojům, nebo je umožněno, aby se komunikace z vnější strany směrovače dostala k aplikačnímu serveru. Například protokol RTP díky využití dynamického přiřazování portů je citlivý vůči problémům s přechodem přes překlad síťových adres. Řešením může být využití protokolu STUN, který bývá jako služba použit na straně připojení WAN (Wide Area Network), kde získá veřejnou IP adresu a číslo portu, které vyžaduje protokol UDP pro cestu k danému zařízení. Je zaslána vždy série zpráv STUN prostřednictvím naslouchajícího portu STUN číslo 3478 ke klientovi STUN v místní síti. Klient obdrží informaci o odpovídajícím portu a vrátí ji serveru STUN. Nelze jej ale použít při využívání obousměrného překladu síťových adres - často tedy v

podnikových sítích. Někteří klienti STUN nejsou schopni použít přenosové informace ze svého umístění v síti - v tom případě jej nelze použít [1].

2.2.6 MGCP

MGCP (Media Gateway Control Protocol) popisuje architekturu, kterou lze použít k řízení zařízení bran v sítích s protokolem IP nebo ve veřejných telefonních sítích. Protokol popisuje sadu signálních a řídicích příkazů, které se používají k řízení provozu VoIP, a často tento protokol používají provozy protokolů H.323 a SIP. Protokol MGCP je interním protokolem, který používají tzv. Media Gateway Controller (MGC) a Media Gateway (MG). MGC je zařízení, které provádí obsluhu hovorové komunikace, která tvoří spojení mezi signalizačním IP zařízením. MGCP protokol používá k převodu VoIP signálů procházejících různými obvody tzv. Call Agenta a Media Gateway.

Protokol MGCP se stal populárním v aplikacích VoIP, neboť neprovádí kódování, ani nepřenáší provoz VoIP. Tyto funkce jsou přenechány jiným protokolům. Protokol MGCP nabízí mechanismus přepínání, signalizační funkce a funkce pro správu cesty používané různými mediálními bránami [1].

2.3 Kodeky VoIP

To, jaké nároky na přenos dat konkrétní služba generuje, ovlivňuje i způsob převodu lidského hlasu mezi analogovou a digitální formou. Tento převod zajišťují tzv. kodeky, které se lze představit jako části softwaru, fungující podle určitých algoritmů. Jejich základní přehled je uveden v tabulce (Tab. 1). Objemy dat, které je třeba přenést při převodu totožného hlasu prostřednictvím různých kodeků, se mohou i dosti podstatně lišit. Stejně tak se mohou podstatně lišit i další požadavky, například na pravidelnost doručování jednotlivých dat a také na výkon obvodů zpracovávající hlas dále.

Proto jsou použité kodeky velmi důležité. Většina služeb, postavených na bázi VoIP, si ale umí volit kodek sama, tak aby s tím nemusela uživatele zatěžovat. Na druhé straně uživatel, znalý věci, může do volby kodeků obvykle zasáhnout a tím i pozitivně ovlivnit kvalitu hovoru, či jen minimalizovat objem přenášených dat [6].

Tab. 1. Přehled kodeků [6].

| Typ kodeku | Přenosová rychlost (kbit/s) | Algoritmus | Standart |
|----------------|-----------------------------|------------|----------|
| G.711 | 64 | PCM | ITU |
| GSM FR | 13 | RPE LP | ETSI |
| G.723.1 | 5.3/6.4 | ACELP | ITU |
| G.726 | 16/24/32/40 | ADPCM | ITU |
| G.728 | 16 | LD-CELP | ITU |
| G.729A | 8 | CS-ACELP | ITU |
| IS-641 | 7.4 | ACELP | TIA/EIA |

2.4 Výhody VoIP telefonie

K získání komplexního přehledu o podstatě služeb využívajících ke svému fungování technologie VoIP je nutné si ještě stručně naznačit, v čem jsou jejich hlavní přednosti.

Koncovým zařízením, ze kterého lze uskutečnit hovor nemusí být pouze klasický telefonní přístroj. Může se jednat i o mobilní telefon s nastaveným VoIP profilem, případně softwarem emulujícím VoIP telefon, nebo i software nainstalovaný na PC. Samozřejmě ve všech těchto případech je nutné připojení k Internetu - a to o dostatečné rychlosti a kvalitě. Softwarový telefon využívá v PC zvukovou a síťovou kartu a připojený mikrofon se sluchátky. V případě notebooků, tabletů, mobilních telefonů jsou již veškeré potřebné vybavení přítomno.

Některé mobilní telefony v podpoře VoIP telefonie předběhly dobu, zvláště značka NOKIA. Tam byla podpora integrovaná už v základu a také operační systém Symbian tuto technologii podporoval. Samozřejmě ne všechny modely této značky tuto podporu měly. Toto byl zajímavý krok, jelikož mobilní telefony byly primárně určeny pro potřeby telefonování v mobilní síti - a to ať již v GSM (Groupe Spécial Mobile), CDMA(Code Division Multiple Access), 3G (3. Generation), atd.. Zpočátku bylo vhodnější VoIP telefonii využívat v případě internetového připojení přes bezdrátovou síť Wi-fi (Wireless Fidelity), ale s narůstajícími rychlostmi na datových sítích operátora je možné využívat i

mobilní připojení. Uživatel se tak může svobodně rozhodnout, zdali bude telefonovat přes klasickou mobilní síť, nebo využije VoIP telefonii.

Do tzv. chytrých telefonů stačí pro podporu VoIP telefonie většinou jen doinstalovat potřebný aplikační software a tím se z něj stane plnohodnotný VoIP telefon [7], [17], [18].

2.5 VoIP jako nástroj trhu

Snad nejvýznamnější předností telefonních služeb na bázi technologie VoIP je to, že umožňují využití širokého spektra datové konektivity od různých poskytovatelů. Odpadá tak nutnost použití standardní pevné linky a s tím spojených pravidelných paušálních poplatků za vedení pevné linky. Většina VoIP operátorů poskytuje telefonní číslo a vedení linky zdarma, nebo za symbolický měsíční poplatek. Díky tomu, že poskytování služeb VoIP telefonie je vcelku jednoduché, byl umožněn vstup mnoha operátorů na trh hlasových služeb, a zde soupeřit o přízeň zákazníka. Může přitom jít o poměrně malé subjekty, protože stát se VoIP operátorem a poskytovat služby IP telefonie je relativně málo nákladné. Díky tomu vzniká na tomto trhu čím dál tím větší konkurence a postavení bývalých monopolů, které i po ztrátě formálního monopolu měly značně dominantní postavení, je oslabováno [17].

Pro zákazníka toto znamená větší svobodu a volnost při výběru služeb i cen - ale také přenáší odpovědnost nad volbou na zákazníka. Za dob existence monopolu na trhu, či kdy působil jen dominantní operátor, byly jeho služby a jejich kvalita pod přísným dohledem národního regulátora ČTÚ (Český telekomunikační úřad). Ale čím více je trh otevřený, tím hůře se provádí dohled nad operátory.

Často uváděnou předností služeb na bázi technologie VoIP je jejich nižší cena, mnohdy až cena nulová. Ovšem je třeba si uvědomit, že nezanedbatelnou část nákladů na tyto služby nesou zákazníci sami, tím že právě oni hradí náklady na připojení k Internetu. Uživatelé pak platí jen provolané hovorné, které obvykle skutečně vychází podstatně nižší než u klasických nebo mobilních telefonních služeb, nebo i nulové - v případě volání ve vlastní síti [7], [17].

2.6 Rozdělení služeb na bázi VoIP

2.6.1 Služby nahrazující pevnou telefonní linku

Uživatelé tyto služby připojují k již existující pevné telefonní síti, ovšem s využitím VoIP. Je mu přiděleno telefonní číslo z rozsahu veřejné telefonní sítě, je vázané na geografickou lokalitu - a to konkrétně na kraj (tzv. geografické číslo) a vypovídá tedy o umístění uživatele. Například uživatelé z Prahy dostanou přidělena čísla začínající číslicí 2.

Toto číslo je normálně dostupné, stejně jako běžná pevná linka, uživateli lze volat a on sám z tohoto čísla volá [7, 17].

Tyto služby by se dále daly rozdělit na tři podskupiny:

- koncové zařízení musí být umístěno ve vlastní síti poskytovatele a hovor v podobě dat prochází jen přes privátní IP síť příslušného poskytovatele, který tak může garantovat QoS (Quality of Service) pro přenos hlasu,
- geograficky omezená varianta internetové telefonie - v tomto případě je potřebné jen internetové připojení, na jehož kvalitě pak závisí i kvalita telefonie. Omezení je tady použití jen v kraji, v kterém je číslo zaregistrováno,
- geograficky neomezená varianta internetové telefonie - tomto případě není závislé ani na kraji, ani na poskytovateli připojení k Internetu. Jsou přidělovány telefonní čísla ve tvaru 91x xxx xxx, které jsou v ČR vyhrazeny pro tento druh služeb na bázi technologie VoIP.

2.6.2 Služby vytvářející vlastní síť

Tyto služby využívají připojení k Internetu a vytvářejí vlastní síť, ve které propojují jednotlivé uživatele této služby. Nejsou závislé na poskytovateli Internetu ani na službách fungujících na klasické pevné lince. Uživatelé nedostávají v tomto případě přidělené telefonní číslo, ale jen identifikátor. Příkladem budiž služba Skype, kde si uživatel volí své Skype jméno (přezdívku), pod kterou bude v této síti vystupovat a lze jej podle něj v síti najít. Služba Skype také nabízí volání do pevných, nebo mobilních sítí, ale je zde jen jako doplňková služba [17].

2.6.3 Hlasové služby v rámci Instant messagingu

Hlasové služby nabízí také někteří klienti pro zasílání zpráv. Například dříve velmi populární ICQ, v současné době třeba Viber. Jde o aplikace, které existují jak pro klasické PC, tak i pro mobilní zařízení (tablety, telefony) [17].

3 VOIP HARDWARE

3.1 Router

Router (směrovač) je aktivní zařízení v počítačové síti fungující na třetí vrstvě OSI protokolu, které propojuje alespoň dvě různé sítě. Směrovače rozdělují kolizní domény, fitrují a blokují všesměrové vysílání a zjišťují optimální trasu pro směrování paketů v cíli. Analyzuje adresu každého paketu, který obdrží na jednom ze svých síťových rozhraní a na jejím základě pak rozhoduje, kterému síťovému rozhraní dále paket předá, aby dorazil na místo určení. Takovéto směrování může být buď statické, nebo dynamické. Typickým příkladem použití je například rozmezí Internetové přípojky WAN a domácí sítě LAN (Local Area Network).

Pro firemní použití bývají ve většině případů použity routery značky CISCO (Obr. 5), Juniper Networks nebo MikroTik. Tyto routery nabízí kromě běžných funkcí také vytváření vnitropodnikových sítí VPN, umožňují vytvořit zabezpečený tunel mezi jednotlivými routery - a to i na běžných linkách. Jejich velkou výhodou je rozšířená funkčnost, oproti klasickým, běžně dostupným routerům, nevýhodou je poněkud vyšší cena.

Také z pohledu nastavení, běžný router je schopný nastavit pro připojení k síti Internet i méně zkušený uživatel, kdežto v případě profesionálního řešení je třeba odbornou znalost. Konfigurace se většinou provádí prostřednictvím připojení přes SSH (Secure Shell) a příkazový řádek [1], [2], [6], [8].



Obr. 5. Router CISCO 851 [2].

3.2 VoIP brána

Je vhodným zařízením v případě, že potřebujeme využívat služby VoIP telefonie a zároveň máme doma starší analogový telefonní přístroj, nebo ve firemním prostředí starší telefonní ústřednu. Slouží jako převodník mezi dvěma typy rozhraní - například analogové telefonní linky a IP sítě. Také existuje ve variantě, která převádí některý typ ISDN linky na IP síť, nebo opačně. Takto je pak možné využívat starší typy analogových přístrojů pro VoIP telefonii. Z pohledu uživatele zůstává obsluha telefonních přístrojů stejná.



Obr. 6. VoIP brána Linksys PAP2T.

Na obrázku (Obr. 6) je VoIP brána Linksys, typ PAP2T. Tato obsahuje dva ethernetové porty - jeden sloužící k připojení do počítačové sítě, druhý pro připojení dalšího zařízení. Dále dva FXS (Foreign eXchange Station) porty sloužící k připojení dvou analogových telefonních přístrojů, nebo faxu [2], [6].

3.3 VoIP telefon

Jedná se o zařízení, které je téměř nerozeznatelné od běžného telefonního přístroje. Uvnitř se však nachází veškeré hardwarové i softwarové vybavení potřebné pro uskutečnění hovoru prostřednictvím VoIP telefonie. Rozdílem oproti klasickému telefonu je potřeba Internetového připojení a také aktivního napájení. Tento problém částečně vyřešila podpora napájení prostřednictvím sítě LAN - tzv. PoE (Power over Ethernet). Tento telefon je ve většině případů zapojován do vnitřní sítě LAN pomocí metalického vedení, některé modely lze připojit i prostřednictvím bezdrátové sítě. Nejčastěji používaným protokolem pro VoIP telefonii je SIP, který je velmi populární a drtivá většina zařízení jej podporuje.

Bezdrátové VoIP telefony by bylo možné zařadit jako podkategorii VoIP telefonů. Jejich podstatná výhoda spočívá ve snadné přenosnosti a mobilitě.

VoIP telefon je třeba po připojení k síti nakonfigurovat - a to jak nastavit místní síť, tak i profil pro internetovou telefonii. Až poté je možno uskutečnit hovor [2], [17].



Obr. 7. VoIP telefonní přístroj Yealink SIP - T20.

Na obrázku (Obr. 7) je VoIP telefonní přístroj značky Yealink, typ SIP - T20. Tento telefonní přístroj nabízí běžnou funkčnost pro VoIP telefonii, podporuje napájení přes ethernet (PoE) a hlasitý odposlech.

3.4 VoIP telefonní ústředna

Jedná se o telefonní systém na bázi IP PBX. Hlavní výhodou je velká modularita - umožňují využívat buď úplný IP telefonní systém, nebo v případě potřeby jej rozšířit o několik přídatných karet s podporou FXS portů a připojit tak stávající analogové telefonní přístroje nebo digitální systémové telefony. Standardně je podporován protokol SIP a kodeky G.711 a-law a u-law. Funkčnost je oproti původním PBX ústřednám rozšířena o možnost záznamu hovorů, hlasovou schránku, integraci s bezdrátovými telefony DECT a hlavně plnou podporu VoIP telefonních přístrojů. Výhodou je také podpora vzdálené správy přes webové rozhraní [2].

Na obrázku (Obr. 8) je telefonní ústředna značky Telesis, typ PX24m-IP. Tato ústředna umožňuje kombinovat plnou IP telefonii s klasickými analogovými telefony a také s možností rozšíření o GSM modul. Takto pak je umožněno připojení ústředny jak k mobilní

síti GSM, tak k linkám ISDN a také k Internetu. Zvládne připojení až 160 IP zařízení, s omezením na 30 vstupních kanálů, vnitřní spojení nejsou nijak omezována. Správa ústředny se v tomto případě provádí již přes webové rozhraní, kde je možné provést veškeré nastavení [25].



Obr. 8. VoIP telefonní ústředna Telesis PX24m-IP [25].

4 PROVOZ VOIP TELEFONIE

4.1 Teoretické požadavky pro provoz

Základní problémy při přenosu dat, se kterými se můžeme setkat při přenosu paketů, jsou následující a QoS se snaží upravit jejich dopad na kvalitu hovoru [9]:

- **šířka pásma** (bandwidth) - je využíváno nárazově a neekonomicky, bez řízení toku. (např. při stahování velkého souboru může být zabráno i pásmo původně určené telefonii), lze komprimovat hlavičky paketů (ty mohou být větší než datový obsah),
- **zpoždění** (delay) - data dorazí do cíle příliš pozdě, skládá se z propagace (jak rychle se šíří signál médiiem), serializace (jak rychle můžeme data vkládat na linku, musí jít za sebou), zpracování (routery na cestě), zdržení ve frontách, dejitter buffer,
- **variace zpoždění** (jitter) - pakety dosáhnou rozdílného zpoždění, nejvíce záleží na frontách po cestě,
- **ztrátovost** (packet loss) - paket se ztratí cestou (vyskytne se chyba při jeho přenosu) nebo je zahozen (kvůli propustnosti), pokud se ztratí, tak se musí vyslat znovu, navíc se změní pořadí,
- **doručení mimo pořadí** (out of order delivery) - pakety mohou putovat různou cestou nebo se vysílají znovu.

4.1.1 Šířka pásma

Šířka pásma neboli přenosová rychlost potřebná pro přenos jednoho hlasového kanálu v obou směrech. Úzce souvisí s potřebnou propustností linky v obou směrech. Udává se potřebná šířka 12 - 106 kbit/s v závislosti na vzorkování, kodeku a L2 režii (režie přenosového protokolu). Například u protokolu G.711 jde o 64 kbit/s, včetně režie pak 84 kbit/s v obou směrech. V případě nedostatečné šířky pásma linky dochází k výpadkům přenášeného hlasu, vynechávání slov. Konkrétní symptomy výpadků záleží i na použitém kódování [17].

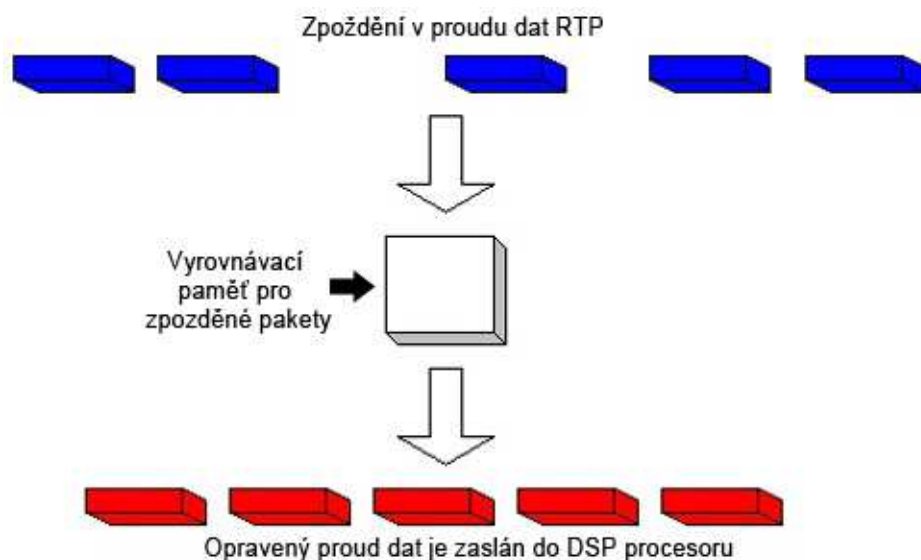
4.1.2 Odezva

Neboli také latence - definujeme ji jako koncové zpoždění. Jedná se o dobu mezi vysláním paketu a jeho doručení. Doporučovaná maximální odezva by v ideálním případě neměla přesáhnout hodnoty maximálně 150 ms, nejlépe do 100 ms. Pokud je z nějakého důvodu odezva vyšší, dochází opět k výpadkům přenášeného hlasu [9], [17].

4.1.3 Rozptyl odezvy

Rozptyl odezvy je také známý pod pojmem jitter. Je definován jako změna ve zpoždění přijatých paketů. Na vysílací straně jsou pakety vysílány v nepřetržitém proudu s jejich rovnoměrným rozložením. Doporučenou hodnotou je čas < 30 ms. Při přetížení sítě, nesprávném zařazování, nebo chybách v konfiguraci se tento rovnoměrně rozložený proud paketů může zastavit, nebo se bude měnit mezera mezi každým paketem. Takovéto změny mají za následek zhoršení kvality hovoru.

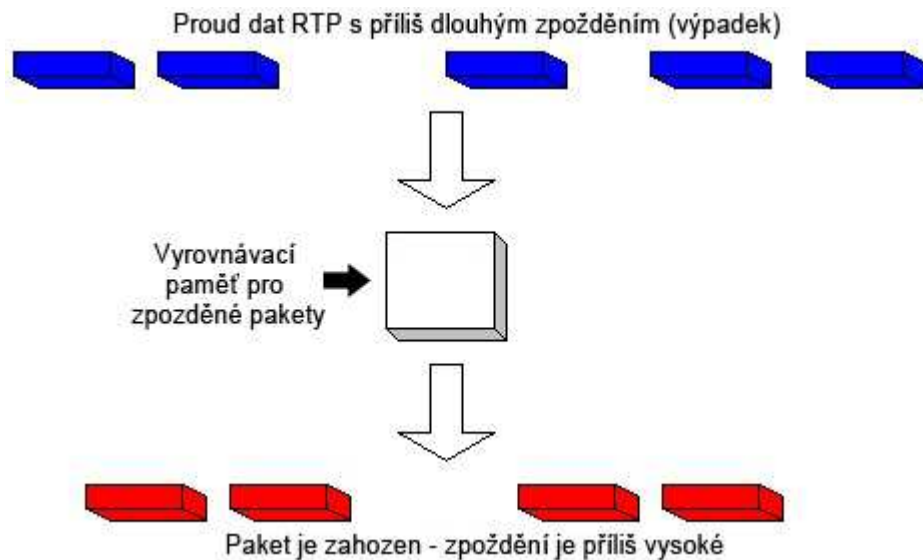
Pokud router obdrží pakety se zpožděním, musí tyto chyby kompenzovat. Mechanismus, který zpracovává pakety, využívá vyrovnávací paměť o určité velikosti, v závislosti na nastavení. Díky vyrovnávací paměti pak dojde nejprve k uložení přijatých paketů a až pak k odeslání paketů dále. Nemělo by docházet k výpadkům, jelikož pak by při převodu zpět na analogový signál došlo k chybě v reprodukováném zvuku [9].



Obr. 9. Jitter - upravený stream paketů [9].

V případě, že je variace zpoždění příliš velká, dojde k tomu, že pakety budou přijaté mimo rozsah této vyrovnávací paměti, pakety doručené mimo pořadí jsou vyřazeny a výpadky

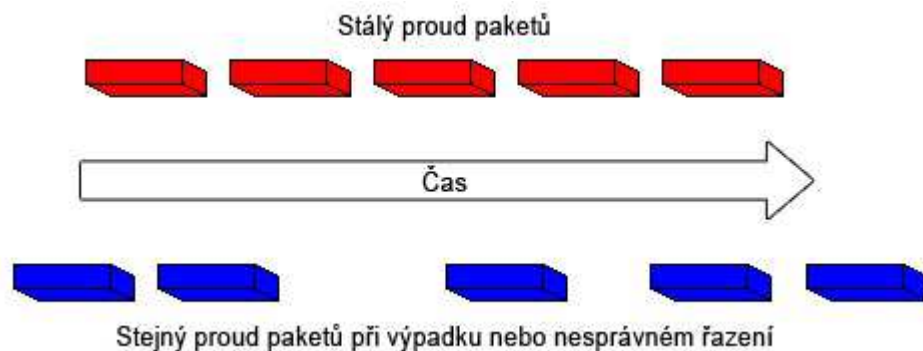
jsou slyšet ve zvuku. V případě, že jde pouze o výpadek jednoho paketu, zvukový procesor DSP (Digital Sound Processor) je schopný dopočítat chybějící výpadek ve zvuku. Výpadek by tak neměl být slyšitelný. V případě delšího výpadku už zvukový procesor není schopný ztrátu dorovnat a ve výsledném zvuku se objeví výpadek.



Obr. 10. Jitter - zahozený paket v důsledku zpoždění [9].

4.1.4 Chybovost

Chybovost vyjadřujeme ztrátou paketů a v procentech z celkového počtu a to jako podíl přijatých a vyslaných paketů za čas. Pro bezproblémový přenos zvuku je nutná chybovost menší jak 1%. Takovéto procento ztracených paketů nemá zásadní vliv na kvalitu hovoru.



Obr. 11. Chybovost [9].

4.1.5 Přístupnost portů

V některých případech, pokud je VoIP telefon, nebo brána zapojena za routerem je třeba zpřístupnit některé z portů potřebných pro úspěšné navázání spojení, registraci a přenos streamu s hlasem. Může tak nastat v případech, kdy je na routeru zapnutý firewall a porty jsou blokovány [5], [17].

4.2 Způsoby dosažení požadovaných vlastností Internetové konektivity

4.2.1 Priorizace toku dat

QoS (Quality of Service) - jedná se o soubor řady technologií řešící několik problémů týkajících se řízení přenosu dat. Jeho cílem je umožnit nastavení určité kvality přenosu pro data přenášená v síti a také rozlišovat mezi jednotlivými přenosy a každému z nich nastavit jinou kvalitu a prioritu. Hlavní oblastí využití je právě priorizace dat při přenosu hlasu nebo videa přes IP protokol [1].

4.2.1.1 Způsoby použití QoS

Pomocí QoS můžeme [1], [2], [17]:

- **omezit provoz** - tedy nastavit maximální pásmo, které může být použito. Takto lze třeba omezit stahování, P2P provoz, streamování,
- **vyhradit provoz** - nastavit minimální (v některých případech i stejné maximální) pásmo, které může být použito. V tomto případě například vyhrazení pásma o šířce 128 kbit/s pro 2 kanály VoIP telefonie,
- **priorizovat provoz** - upřednostnit určitý druh provozu před ostatním, aby nedocházelo ke zpoždění. Opět například u VoIP telefonie nastavení nejvyšší priority pro pakety SIP a RTP protokolu,
- **třídit provoz** - rozdělit provoz do kategorií podle řady parametrů,
- **spravedlivě rozdělit pásmo** - různé druhy provozu přicházející k routeru má odejít jedním pomalejším portem. Pomocí nastavení můžeme zařídit, aby jeden provoz neobsadil odchozí pásmo a ostatní nebyl pouze zahazován, ale aby se pásmo spravedlivě rozdělovalo.

4.2.1.2 *Využití QoS v sítích*

Nejvíce se QoS využije na hranicích sítí, například na hranici mezi LAN a WAN. V LAN síti je typicky použita 100 Mbit/s, nebo 1 Gbit/s. Internetová konektivita oproti tomu bývá maximálně v desítkách Mbit/s. V rámci sítě LAN většinou nedochází k problémům, protože příchozí rychlost je většinou menší než možná odchozí rychlost. Pokud je potřeba omezovat rychlost, tak většinou kvůli nějakým speciálním účelům.

V případě hranice LAN - WAN často přichází data mnohem rychleji, než je můžeme odesílat. Proto je třeba řešit problémy s prioritizací a vyhrazením a rozdělením pásma, obzvláště při rychlostech do 2 Mbit/s. Konfigurace QoS je tedy nejvíce prováděna na routerech na rozhraní LAN - WAN [1], [2], [17].

4.2.1.3 *Mechanismy implementace QoS*

- **Best-effort service** - znamená žádný QoS, klasický TCP/IP provoz, bitrate a doba doručení je proměnlivá a nespifikovatelná a mění se podle zatížení sítě,
- **Integrated services** - méně často používaná technologie garantovaného QoS. Tento musí podporovat jak aplikace, tak všechny routery v přenosové cestě. Nejprve dojde k domluvení a rezervaci cesty, až následně dochází k posílání dat. Používá se k tomu RSVP (Resource reSerVation Protocol) pro rezervace cesty a je značně náročný na zdroje,
- **Differentiated services** - dnešní hlavní metoda, řeší se na každém routeru zvlášť. Pakety se rozdělí do tříd podle typu při příchodu na router, klasifikace se většinou zaznamená do hlavičky paketu, s třídami se zachází podle konfigurovaných parametrů.

4.2.2 **Směrování portů**

V případě, že VoIP telefon, nebo brána není schopná navázat spojení pomocí SIP protokolu, ověřujeme přístupnost portů zvenčí. Pokud je zjištěno, že porty pro komunikaci nejsou přístupné, je třeba na routeru provést směrování portů. Pro SIP protokol je nutný pro správné navázání spojení přístupný port 5060 UDP. V některých případech je také třeba přesměrovat porty pro RTP protokol, které slouží pro posílání paketů samotného datového proudu. V tomto případě jde o náhodné porty v rozsahu 16384 – 32767 UDP [1], [2], [5].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

5.1 Charakteristika firmy

Adip, spol. s r.o. se zabývá prodejem náhradních dílů pro lehká užitková vozidla, nákladní vozidla a autobusy. Tvoří ji 14 poboček v České republice a 7 poboček na Slovensku. Centrála společnosti se nachází v Březnici, kde je umístěna serverovna a hlavní Cisco router, vytvářející propojení centrály a poboček společnosti pomocí vnitřní firemního VPN tunelu na bázi IPSec protokolu. Slovenské pobočky nebudou zatím zahrnuty do plánu přechodu na VoIP, jelikož se jedná o frenšízny a náklady na telefony nesou jednotliví frenšízanti - majitelé jednotlivých prodejen.

5.2 Telefonie - současný stav

Stolní telefonní přístroj je vnímán jako jeden z komunikačních prostředků pro kontakt se zákazníky i kolegy v rámci poboček a jednotlivých oddělení na centrále společnosti. Zrušení pevných linek bez náhrady a přechod pouze na mobilní telefony by znamenal nejspíše odliv zákazníků ke konkurenci a nepřipadá v úvahu. V tabulce (Tab. 2) je uveden stav telefonních linek k 1. 7. 2014, před započítáním přechodu na VoIP telefonii.

Tab. 2. Telefonie - stav v roce 2014.

| Pobočka | Přípojka pevné linky | Počet telefonních čísel | Počet telefonních přístrojů |
|-------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Brno | ISDN2 | 2 | 2 |
| Břeclav | ISDN2 | 2 | 2 |
| Čáslav | ISDN2 | 2 | 2 |
| České Budějovice | ISDN2 | 2 | 2 |
| Hradec Králové | ISDN2 | 2 | 2 |
| Krnov | ISDN2 | 2 | 2 |
| Olomouc | ISDN2 | 2 | 2 |
| Ostrava | ISDN2 | 2 | 2 |
| Plzeň | ISDN2 | 2 | 2 |
| Praha - Malešice | bez | 2 (požadavek) | 2 (požadavek) |
| Praha - Zlíchín | ISDN2 | 2 | 2 |
| Šumperk | ISDN2 | 2 | 2 |
| Teplice | ISDN2 | 2 | 2 |
| Valašské Meziříčí | ISDN2 | 2 | 2 |
| Centrála Březnice | ISDN30 | 100 | 60 |

V případě pobočky Praha - Malešice se jedná o nové prodejní místo, rozšíření prodejní sítě. Zde nebylo o ISDN2 linku ani žádáno, došlo přímo k nasazení VoIP telefonie.

5.2.1 Telefonní rozvody centrála

Pro telefonní rozvody na centrále společnosti je využita kabeláž počítačové sítě, včetně počítačových zásuvek, vše v provedení kategorie 5e. Rozdělení PC - telefon je provedeno až v rackovém rozvaděči v serverovně. V případě, že by bylo potřeba vyměnit původní telefony za VoIP telefony, bylo by to snadné. Stačilo by pouze přidat další aktivní prvek - switch a vyměnit propojovací telefonní kabely za patch kabely a tyto propojit s patch panelem.

Propojení jednotlivých budov v areálu je realizováno pomocí optického kabelu. Je provedeno spojení hlavní administrativní budovy s dalšími budovami v areálu - jde o zapojení typu hvězda.

5.2.2 Stávající telefonní ústředna centrála

Jedná se o 8 let starou ústřednu vyrobenou firmou Siemens, a to konkrétně typ HiPath 3800 – na obrázku (Obr. 12). Ústředna byla připojena do veřejné telefonní sítě prostřednictvím EuroISDN30 linky. Tato, kromě podpory analogových a systémových digitálních telefonních přístrojů je rozšířena o podporu bezdrátových sluchátek, včetně několika opakovačů signálu sloužící k pokrytí celého areálu centrály společnosti.

Specifikace ústředny [20]:

- podpora až 500 účastníků pro samostatný systém a až do 1000 účastníků v síti,
- propojení systémů HiPath 2000/3000/4000 v IP i TDM síti,
- podpora IP protokolů Cornet IP a SIP,
- podpora duálních telefonů (WLAN/GSM),
- koncová IP zařízení (optiPoint 410 / 420, optiPoint 150S, optiClient 130, OpenScape Personal Edition, WL2),
- DECT bezdrátové telefony Gigaset,
- systémové digitální telefony (OpenStage T, optiPoint 500).



Obr. 12. Stávající telefonní ústředna centrála [20].

5.2.3 Stávající telefonní přístroje centrála

Na centrále společnosti využívá většina pracovníků stolní telefonní přístroj, vyjma zaměstnanců oddělení skladu. Jedná se o klasické analogové telefonní přístroje značky Siemens, typ Euroset 2005 – na obrázku (Obr. 13). Tyto přístroje mají základní funkčnost pro volání a přepojování hovorů v rámci centrály společnosti. Bez možnosti zobrazení čísla volajícího a hlasitého odposlechu [22].

Jednatelé a vybraní pracovníci na manažerských pozicích mají k dispozici digitální systémové telefonní přístroje s rozšířenou funkčností. Konkrétně jde o typ Siemens Optipoint 500 Economy – na obrázku (Obr. 14.). Tyto přístroje podporují zobrazení čísla volajícího, do jejich vnitřní paměti lze uložit telefonní seznam. Umožňují možnost přiřazení rychlé volby pomocí jednoho tlačítka a hlasitý odposlech hovorů. Identifikaci volajících z vnitřních klapek zajišťuje vnitřní telefonní seznam ústředny - je zde uložena klapka a jí přiřazené jméno pracovníka [23].



Obr. 13. Stolní telefonní přístroj Siemens Euroset 2005 [21].



Obr. 14. Stolní systémový telefonní přístroj Siemens Optipoint 500 Economy [22].

Vybraní pracovníci oddělení provozu a skladu mají k dispozici několik přenosných bezdrátových telefonů Siemens Gigaset C450 - a to z důvodu větší mobility – obrázek (Obr. 15). O šíření signálu v rámci areálu centrály se stará několik opakovačů signálu. Je takto zajištěn nepřerušovaný hovor v rámci celého areálu, opakovače si hovor předávají. Tyto telefonní přístroje podporují také identifikaci volajícího a obsahují vlastní paměť pro uložení telefonních čísel. Navíc telefonní seznam lze mezi telefony automaticky distribuovat a aktualizovat. Ovládání a obsluha je tak daleko komfortnější. Podporují také odesílání krátkých textových zpráv [23].



Obr. 15. Přenosný telefonní přístroj Siemens Gigaset C450 [23].

Příjem a odesílání faxů je řešeno klasickým stolním faxovým přístrojem Siemens HF 2440 – na obrázku (Obr. 16). Příchozí faxy jsou ještě paralelně zachytávány pomocí faxmodemu a softwarově zpracovávány. Jsou převedeny softwarově do souboru ve formátu PDF, který je přiložen do emailu a automaticky odeslán na k tomu určenou emailovou adresu.



Obr. 16. Stolní telefonní / faxový přístroj Siemens HF 2440.

5.2.4 Stávající telefonní přístroje pobočky

Na pobočkách společnosti je vždy po jednom telefonním přístroji pro hlavní telefonní linku a faxový přístroj se sluchátkem připojený na faxové číslo. Z rozsahu 4 čísel, které ISDN2

linka nabízí, jsou použita pouze dvě telefonní čísla a zbývající dvě čísla zůstávají nevyužitá. Stolní telefonní a faxové přístroje jsou totožné jako na centrále společnosti – opět jde o značku Siemens, typ Euroset 2005 (Obr. 13) a HF 2440 (Obr. 14). Faxy jsou na pobočkách využívány opravdu sporadicky, na některých pobočkách vůbec. Odesílání faxů nebylo tedy součástí poptávaného a následně realizovaného řešení [22, 23].

5.3 Internetová konektivita

Internetová konektivita centrály společnosti a jednotlivých poboček je sjednána smlouvou, včetně udaných rychlostí. V lokalitách, kde se jevílo připojení pomocí technologie ADSL jako nevyhovující, chybující a problémové, bylo nahrazeno individuálním bezdrátovým spojením s garantovanou šířkou pásma (přenosovou rychlostí) bez agregace, v některých případech symetrické, a jinde asymetrické. V případě ADSL přípojek se jedná o připojení asymetrické, bez garance rychlosti a agregace [18].

5.3.1 Konektivita poboček

Tab. 3. Internetová konektivita poboček.

| Pobočka | Technologie konektivity | Sjednaná rychl. DOWN [kbit/s] | Sjednaná rychl. UP [kbit/s] |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Brno | WiFi 5GHz | 12288 | 4096 |
| Břeclav | ADSL | 8192 | 512 |
| Čáslav | ADSL | 8192 | 512 |
| České Budějovice | ADSL | 8192 | 512 |
| Hradec Králové | WiFi 5GHz | 8192 | 8192 |
| Krnov | WiFi 5GHz | 10240 | 5120 |
| Olomouc | ADSL | 8192 | 512 |
| Ostrava | ADSL | 8192 | 512 |
| Plzeň | WiFi 5GHz | 30720 | 5120 |
| Praha - Malešice | WiFi 5GHz | 12288 | 6144 |
| Praha - Zlíchín | WiFi 5GHz | 10240 | 10240 |
| Šumperk | ADSL | 8192 | 512 |
| Teplice | ADSL | 8192 | 512 |
| Valašské Meziříčí | ADSL | 8192 | 512 |

5.3.2 Konektivita centrály

Centrála společnosti je do Internetu připojena dvěma linkami:

Tab. 4. Internetová konektivita centrála.

| Centrála | Technologie konektivity | Sjednaná rychl. DOWN [kbit/s] | Sjednaná rychl. UP [kbit/s] |
|----------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Primární spoj | WiFi 5GHz | 20480 | 20480 |
| Záložní spoj | kabel | 4096 | 4096 |

- primární připojení vyhrazeným bezdrátovým spojem na frekvenci 5GHz s šířkou pásma 20/20Mbit/s, agregace 1:1,
- záložní připojení vyhrazenou kabelovou přípojkou s šířkou pásma 4/4Mbit/s, agregace 1:1.

V rámci přechodu na VoIP telefonii vznikl požadavek na využití záložní linky pouze pro provoz VoIP telefonie, pouze v případě výpadku primárního spoje by došlo k jejímu využití i pro provoz datové sítě. Toto by v případě výpadku mělo probíhat zcela automaticky, včetně přepnutí zpět.

5.4 Testování přípojek

Parametry, které je třeba otestovat pro potřeby vhodnosti použití VoIP telefonie:

- šířka pásma - download (směr k uživateli) - (v tabulkách jako DOWN),
- šířka pásma - upload (směr od uživatele) - (v tabulkách jako UP),
- rychlost odezvy - minimální, maximální a průměrná,
- chybovost (počet výpadků) = stabilita (v %),
- průměrný rozptyl odezvy (jitter).

5.4.1 Testování šířky pásma připojení, stability, odezvy a jitteru

Pro testování šířky pásma byla využita aplikace Siptest, pro test rozptylu odezvy byl použit test pomocí Java aplikace z webových stránek www.pingtest.net. Tyto testy byly prováděny vždy minimálně 10x, v různých časech. Pro testování stability, minimální a maximální doby odezvy byla použita aplikace Ping for life. Testování probíhalo po dobu 24 hodin, ve stejném časovém období [2], [25].

Tab. 5. Testování kvality konektivity - stabilita, odezva, jitter.

| Pobočka | Naměř. rychl. DOWN [kbit/s] | Naměř. rychl. UP [kbit/s] | Odezva MIN. [ms] | Odezva MAX. [ms] | Odezva průměr [ms] | Rozptyl odezvy [ms] | Stabilita [%] |
|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| Brno | 10055 | 5058 | 32 | 517 | 37,12 | 9 | 99,92 |
| Břeclav | 5853 | 2815 | 35 | 511 | 42,12 | 12 | 99,95 |
| Čáslav | 5921 | 453 | 37 | 582 | 46,79 | 14 | 99,94 |
| České Budějovice | 4823 | 460 | 42 | 525 | 51,04 | 7 | 99,94 |
| Hradec Králové | 7598 | 7355 | 44 | 525 | 47,15 | 15 | 99,92 |
| Krnov | 7284 | 3022 | 38 | 575 | 48,01 | 8 | 99,88 |
| Olomouc | 4704 | 477 | 45 | 530 | 54,85 | 9 | 99,96 |
| Ostrava | 4775 | 494 | 43 | 534 | 52,40 | 15 | 99,94 |
| Plzeň | 27392 | 4679 | 33 | 517 | 45,25 | 8 | 99,91 |
| Praha - Malešice | 8339 | 7724 | 28 | 511 | 37,12 | 9 | 99,58 |
| Praha - Zličín | 10559 | 5144 | 30 | 515 | 42,13 | 11 | 99,93 |
| Šumperk | 4245 | 384 | 47 | 986 | 58,04 | 12 | 99,95 |
| Teplice | 7016 | 476 | 41 | 526 | 51,69 | 14 | 99,83 |
| Valašské Meziříčí | 4723 | 438 | 43 | 530 | 52,50 | 7 | 99,93 |
| Centrála - hlavní | 20317 | 27658 | 30 | 502 | 38,47 | 7 | 99,98 |
| Centrála - záloha | 3864 | 3905 | 25 | 485 | 36,18 | 9 | 99,96 |

Výsledky testování šířky pásma a rozptylu odezvy byly z provedených deseti měření zprůměrovány, stabilita a minimální a maximální doba odezvy byly vyhodnoceny automaticky za celých 24 hodin měření.

Během testování došlo k několika drobným výpadkům na linkách, které se ale neprojeví v celkové chybovosti a stabilitě. Pro VoIP telefonii je udávána minimální stabilita 99%, což odpovídá 1% chybovosti - z 1440 minut denně to představuje výpadek v délce 14 minut.

5.4.2 Vhodnost internetové konektivity

Na každou pobočku byly uvažovány 2 telefonní linky. Při použití kodeku G711 jde o datový tok 64 kbit/s pro každou linku, celkem tedy 128 kbit/s v obou směrech pro samotný hlas. Je třeba připočítat režii pro přenos, celkem tedy včetně režie by se tak jednalo o 2 x 84 kbit/s, tedy o 168 kbit/s. Pro zbytek datového provozu je třeba, aby zbyla volná šířka pásma alespoň 128 kbit/s, především ve směru od uživatele. Zde by mohl nastat problém především u ADSL linek. Na centrále společnosti se jedná o 30 linek, kdy bylo počítáno s maximálním počtem 30 souběžně vedených hovorů, což je kapacita VoIP brány [2].

Tab. 6. Vhodnost Internetové konektivity.

| Pobočka | Počet linek [ks] | Rychlost DOWN vyhovuje | Rychlost UP vyhovuje | Odezva vyhovuje | Stabilita vyhovuje | Jitter vyhovuje |
|-------------------|------------------|------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Brno | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Břeclav | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Čáslav | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| České Budějovice | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Hradec Králové | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Krnov | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Olomouc | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Ostrava | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Plzeň | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Praha - Malešice | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Praha - Zličín | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Šumperk | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Teplice | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Valašské Meziříčí | 2 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Centrála - hlavní | 30 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Centrála - záloha | 30 | ANO | ANO | ANO | ANO | ANO |

Z uvedených měření vyplývá, že všechny parametry veškerých linek jsou ve všech případech vyhovující. Na pobočce Šumperk byly parametry linky nejhorší, ale stále vyhovující. Nic tedy nebrání samotné realizaci.

Před přechodem na VoIP telefonii byla provedena několikadenní zkouška na každém z prodejních míst, kdy bylo možné provádět odchozí hovory a tímto předem odzkoušet kvalitu hovoru. Už v tuto chvíli bylo na routerech nastaveno řízení datového toku QoS tak, aby byl nasimulován reálný provoz. Až poté došlo k objednání portace telefonních čísel a portace provedena.

6 VOLBA VHODNÉHO ŘEŠENÍ

6.1 Hotové řešení na míru

Byla vybrána nabídka od firmy STAND CZ spol. s r.o. - a to z důvodu komplexnosti řešení a přidané hodnotě v podobě dodaného software.

Nabídka obsahovala:

- novou telefonní ústřednu na centrále společnosti,
- výměnu systémových telefonů na centrále společnosti,
- výměnu stolních telefonů na pobočkách společnosti,
- portaci pevných linek,
- linka SHDSL (Symmetrical High-speed Digital Subscriber Line) včetně SIP trunku,
- neomezené hlasové kanály,
- dodávku software pro správu a identifikaci hovorů,
- konfiguraci, testování, zaškolení obsluhy a zprovoznění.

6.1.1 Specifikace HW

Součástí dodávky byl tento hardware:

- 1x pobočková ústředna Panasonic KX-NS500 s konfigurací vstupní linky pro 16 hlasových kanálů, 64 analogových a 10 digitálních vnitřních linek pro klasické a systémové telefony,
- 13x základnová stanice Panasonic KX-TGP500,
- 13x přídavné sluchátko Panasonic KX-TGPA50,
- 10x systémový telefon Panasonic KX-DT543,
- veškerý potřebný instalační materiál.

6.1.2 Specifikace služeb

Nabídka také obsahovala nutnou dodávku služeb pro VoIP telefonii a to konkrétně:

- 10x neomezené volání - hlasový kanál (neomezené volání na pevné linky v ČR a okolních státech – Slovensko, Polsko, Rakousko, Německo),
- připojení SHDSL 2/2 Mbit včetně SIP trunk.

Záruka na zařízení rozšířená na 5 let (v případě pronájmu), jinak 36 měsíců od uvedení do provozu na ústřednu a rozšiřující karty, 24 měsíců na ostatní komponenty systému

- v případě poruchy zapůjčení náhradní komponenty nebo celého systému,
- instalace a oživení systému, konfigurace dle zadaných požadavků,
- konfigurace a drobné změny v průběhu 14 dní od instalace zdarma,
- společné školení všech uživatelů a individuální zaškolení správce systému,
- 100x software ANTS CTI Suite pro komfortní obsluhu hovorů.

6.1.3 Cenová nabídka

První verze cenové nabídky obsahovala pouze:

- 1x pobočková ústředna Panasonic KX-NS500 s konfigurací vstupní linky pro 16 hlasových kanálů, 64 analogových a 10 digitálních vnitřních linek pro klasické a systémové telefony,
- 10x základnová stanice Panasonic KX-TGP500,
- portaci pevných linek,
- dodávku software pro správu a identifikaci hovorů,
- konfiguraci, testování, zaškolení obsluhy a zprovoznění.

Dle této nabídky vycházela měsíční splátka při rozložení na 60 splátek na částku 3.096,- Kč bez DPH měsíčně. Tato měla zahrnovat veškeré náklady na navrhované řešení, včetně prací a materiálu. Úspory by pokryly náklady na pořízení nového systému a celý nový systém by bylo možné pořídit díky úspoře na pravidelných měsíčních poplatcích. Vycházelo se z kalkulace, kdy stávající náklady na telefonii jsou ve výši 12.434,- Kč bez DPH, po nasazení VoIP telefonie by došlo ke snížení na částku 6.586,- Kč a vedlo by tedy k měsíčním úsporám ve výši 5.848,- Kč bez DPH.

Bohužel po upřesnění nabídky se výdaje na pořízení takového hotového řešení na míru a tím i dané úspory zdály malé a takové řešení se začalo zdát z pohledu návratnosti investice neefektivní.

Součástí upřesněné nabídky byla:

- dodávku HW dle 6.1.1,
- dodávku služeb dle 6.1.2,
- 10x neomezené volání (hlasový kanál) = 4.235,- Kč vč. DPH měsíčně (každý další kanál za 423,- Kč vč. DPH měsíčně),
- připojení SHDSL 2/2 Mbit/s včetně SIP trunk = 3.734,- Kč vč. DPH měsíčně.

Zde bylo již počítáno s poplatky za měsíční paušál určený pro neomezené volání a datovou přípojku se SIP trunkem. Linka se SIP trunkem z důvodu, že všechny linky na pobočkách společnosti by byly obsluhovány z nové ústředny a fungovaly by jako klapky.

Tab. 7. Cenová nabídka hotového řešení.

| Forma financování | 60 měsíců pronájem (Kč bez DPH) | 48 měsíců pronájem (Kč bez DPH) | 36 měsíců pronájem (Kč bez DPH) | Nákup (Kč bez DPH) |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Měsíční úspory | 6.435,- | 6.435,- | 6.435,- | 6.435,- |
| Měsíční náklady | 5.036,- | 6.104,- | 7.884,- | - |
| Celkové úspory (za 60 měsíců provozu) | 386.100,- | | | |
| Jednorázové náklady | - | - | - | 254.330,- |
| Okamžitý měsíční zisk | 1.399,- | 331,- | - | - |
| Celkový zisk (za 60 měsíců provozu) | 83.956,- | 93.112,- | 102.268,- | 131.770,- |

Z tabulky (Tab. 7) vyplývá, že v tomto případě je maximální měsíční úspora 1.399,- Kč bez DPH při 60 měsíčním pronájmu. Další variantou, která připadala v úvahu, by byl přímý

nákup veškerého HW vybavení, kde by úspora po 60 měsících provozu dosáhla výše 131.770,- Kč bez DPH.

V případě pořízení formou splátek, byla vždy na konci splácení možnost odkupu celého řešení.

6.2 Vlastní řešení

Jelikož doba návratnosti investice do hotového řešení na míru nebyla úplně uspokojivá, bylo přistoupeno k návrhu vlastního řešení. Byl proveden výběr operátora, vybrán vhodný HW pro pobočky a také pro centrálu společnosti. Došlo k vytvoření koncepce a časového průběhu řešení, navržen vhodný postup k provedení kompletního přechodu na VoIP telefonii. Dle požadavků jednatelů společnosti bude vhodnější postupný přechod.

6.2.1 Volba vhodného operátora

Vzhledem k celkovému počtu provolaných minut měsíčně a ceně neomezených paušálů na mobilních telefonech nebylo uvažováno o využití pořízení paušálů s neomezeným voláním na pobočky, ani na centrálu společnosti. Do výběru se tak dostali operátoři, kteří vynikají nízkou cenou poskytovaných služeb a jejich kvalitou. Díky vlastním zkušenostem s několika operátory na českém trhu byl výběr učiněn z následujících tří [12], [13], [14]:

- Odorik (miniTel s.r.o.).
- Sbohempevnálinko (Ceteris s.r.o.).
- mujtelefon (Canistec s.r.o.).

Zkoumanými údaji byly:

- měsíční paušální poplatek za linku,
- jednorázový poplatek za přenos čísla (portace čísla),
- tarifkace,
- ceník hovorného,
- přidaná hodnota.

Srovnání jednotlivých zkoumaných údajů je uvedeno v tabulce (Tab. 8).

Tab. 8. Srovnání VoIP operátorů.

| Operátor | Měsíční paušální poplatek | Tarifikace (s) | Portace HTS | Portace ISDN2 | Volání pevná linka (špička) | Volání pevná linka (mimo špičku) | Volání mobil |
|-------------------------|---------------------------|----------------|-------------|---------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------|
| Odorik | 0 | 1+1 | 1.300,- | 2.500,- | 0,49 | 0,25 | 0,59 |
| Sbohempevnalinko | 1 | 1+1 | 1.000,- | 2.100,- | 0,48 | 0,26 | 1,64 |
| mujtelefon | 1 | 1+1 | 999,- | 2.033,- | 0,67 | 0,59 | 0,59 |

Tab. 9. VoIP operátoři - srovnání poplatků.

| Operátor | 14 x | | Volání (1000 minut hovoru) | | |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------|
| | Měsíční paušální poplatek (Kč) | Portace ISDN2 (Kč) | Pevná linka (špička)(Kč) | Pevná linka (mimo špičku) (Kč) | Mobil (Kč) |
| Odorik | 0,- | 35.000,- | 490,- | 250,- | 590,- |
| Sbohempevnalinko | 14,- | 29.400,- | 480,- | 260,- | 1.640,- |
| mujtelefon | 14,- | 28.462,- | 670,- | 590,- | 590,- |

Celkové srovnání je pak uvedeno v tabulkách (Tab. 9) a (Tab. 10).

Tab. 10. VoIP operátoři - souhrnná roční kalkulace

| Operátor | 12 x měsíční paušální poplatek + 12 x portace ISDN2 (Kč) | Volání (5000 minut hovoru) | | | Celkem (Kč) |
|-------------------------|--|----------------------------|--------------------------------|------------|-------------|
| | | Pevná linka (špička) (Kč) | Pevná linka (mimo špičku) (Kč) | Mobil (Kč) | |
| Odorik | 35.000,- | 2.450,- | 1.250,- | 2.950,- | 41.650,- |
| Sbohempevnalinko | 29.568,- | 2.400,- | 1.300,- | 8.200,- | 41.468,- |
| mujtelefon | 28.630,- | 3.350,- | 2.950,- | 2.950,- | 37.880,- |

Na základě souhrnu všech zkoumaných položek byl vybrán operátor mujtelefon (Canistec s.r.o.) jako nejvýhodnější operátor. Nejnižší cena nebyl při výběru jediný a rozhodující faktor, podle kterého bylo vybráno nejvhodnější řešení [12], [13], [14].

Dalším faktorem při výběru vhodného operátora byly:

- doplňkové služby (přesměrování hovorů, informace prostřednictvím emailu),

- možnosti a přehlednost nastavení přes webové rozhraní,
- flexibilita technické podpory operátora.

Některé z těchto služeb operátoři nenabízí, nebo nabízí za měsíční, nebo jednorázové poplatky. Z tohoto pohledu se jeví nejlépe operátor Odorik (MiniTel s.r.o.).

Shrnutí výhod Odorik.cz [12]:

- příjem faxů prostřednictvím emailu (linku lze nastavit jako faxovou),
- vteřinová tarifkace a cenová výhodnost,
- v případě nedostupnosti telefonního čísla lze nastavit automatické přesměrování – a to na tzv. záložní číslo, které si sami zvolíme,
- emailové upozornění v případě přesměrování hovorů na záložní číslo,
- emailové upozornění v případě zmeškaných hovorů,
- možnost přesměrovat příchozí SMS, hlasových zpráv a faxů,
- přehledné webové rozhraní určené ke správě účtu a linek,
- možnost nahrávání hovorů.

Široké možnosti nastavení je vidět v přehledu nastavení linky na obrázku (Obr. 17). Lze také povolit či zakázat více registrací zařízení, nebo zakázat možnost registrace zařízení z IP adres mimo Českou a Slovenskou republiku - toto nastavení lze brát jako součást zabezpečení proti zneužití, nebo napadení útočníkem přes síť Internet.

Na základě vyhodnocení zkušeností jiných uživatelů a osobních zkušeností byl zvolen Odorik.cz jako nejlépe vyhovující.

pro linku

Nastavení libovolného zařízení/programu podporujícího standard

Všechny důležité údaje jsou v následující tabulce, veškeré ostatní volby je obvyklé

| | |
|---|--|
| Jméno linky [?]: | <input type="text" value="Centrala"/> |
| SIP proxy server: / Proxy server IP address: Registrar server / Domain / Realm / Oblast [?]: | sip.odorik.cz |
| Přihlašovací jméno: / telefonní číslo v síti User ID / User name / User Auth. Name [?]: | 714900 |
| Heslo:[?]: | jcWBMRzr (<input type="checkbox"/> vygenerovat nové) |
| Protokol SIP [?]: | <input checked="" type="radio"/> aktivní <input type="radio"/> neaktivní |
| Protokol IAX [?]: | <input type="radio"/> aktivní <input checked="" type="radio"/> neaktivní |
| NAT keep alive směr Odorik->zákazník [?]: | <input type="radio"/> aktivní <input checked="" type="radio"/> neaktivní |
| Zakázat SIP registraci z IP adres mimo Českou/Slovenskou republiku [?]: | <input checked="" type="radio"/> aktivní <input type="radio"/> neaktivní |
| Povolit více registrací [?]: | <input checked="" type="radio"/> aktivní <input type="radio"/> neaktivní |
| Vynucení SRTP pro příchozí hovory [?]: | <input type="radio"/> aktivní <input checked="" type="radio"/> neaktivní |
| Záložní číslo [?]: | <input type="text" value="00420577991076"/> |
| Email pro informování o použití záložního čísla: | <input type="text" value="pskala@adip.cz"/> |
| Email nebo číslo pro zmeškané hovory [?]: | <input type="text"/> |
| Email pro SMS, faxy a hlasové zprávy [?]: | <input type="text"/> |
| Email pro zasílání nahraných hovorů: | <input type="text"/> |
| Email pro sledování stavu přihlášených zařízení [?]: | <input type="text" value="pskala@adip.cz"/> |
| SMS odpověď na prozvonění [?]: | <input type="text"/> |
| Formát čísla volajícího u příchozího hovoru: | <input type="text" value="xxxxyyzzz nebo *xxxxyy"/> |
| Podpora písmen v identifikaci volajícího ve VoIP zařízení: | <input checked="" type="radio"/> ano <input type="radio"/> ne |
| <input type="button" value="Uložit"/> | |

Obr. 17. Ukázka možností konfigurace linky [12].

6.2.2 Volba vhodného HW řešení

Stávající telefonní ústřednu na centrále společnosti je možné dle informací od dodavatele rozšířit o kartu obsahující VoIP převodník. Problém je však v tom, že firma Siemens v roce 2008 prodala divizi vyrábějící ústředny. Díky tomu by byly veškeré díly již použité nebo repasované a problém by byl dle sdělení dodavatele ústředny hlavně s licencemi k této

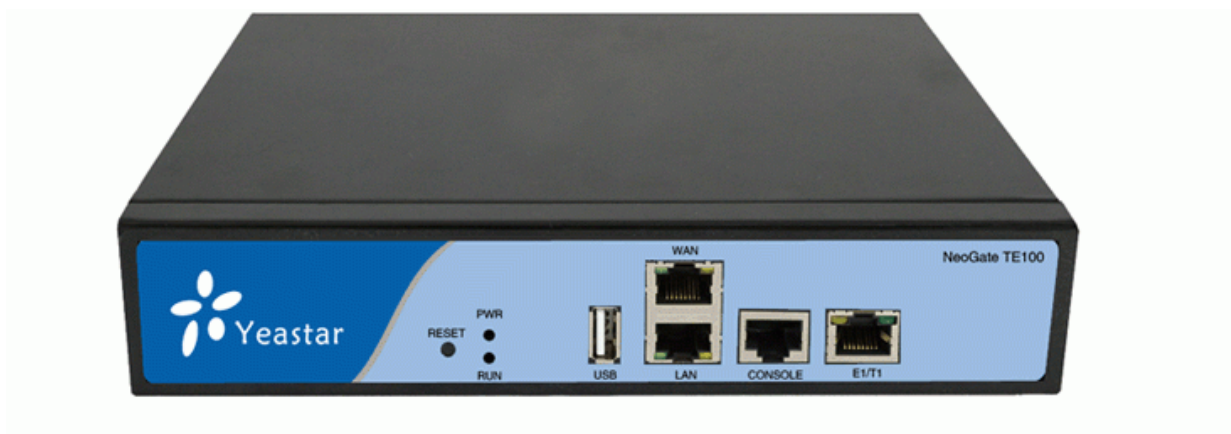
VoIP kartě - tzn. šlo by o řešení bez jakékoliv záruky, s nejistou funkčností. Proto bylo nakonec zvoleno řešení, které mohlo být dopředu otestováno a odzkoušeno a byl vybrán externí převodník ISDN30 - VoIP (VoIP brána) [2], [10].

6.2.2.1 VoIP brána centrála

Jako nejvhodnějším řešením se ukázala VoIP brána Yeastar NeoGate TE100 - jedná se o VoIP bránu - převodník mezi EuroISDN30 linkou a VoIP - obrázek (Obr. 18). Podporuje až 30 souběžných hovorů. Podle požadavků bylo potřeba připojit ke stávající telefonní ústředně, což se povedlo bez problému [15].

Technické parametry:

- 2x Ethernet port 10/100 Mb/s (LAN a WAN),
- 1x PRI (EuroISDN 30 port),
- VoIP protokoly: SIP/IAX/RTP/SRTP,
- Hlasové kodeky: G.711a/u, G723.1, G.726, G.729,
- Zobrazení čísla volajícího (CLIP): Ano.



Obr. 18. VoIP brána Yeastar NeoGate TE-100 [15].

6.2.2.2 Telefonní přístroje centrála

Vzhledem k tomu, že nedojde k výměně telefonní ústředny, zůstanou zachovány původní analogové telefonní přístroje, včetně digitálních systémových telefonů. Pro uživatele se z pohledu obsluhy nic nezmění.

6.2.2.3 Telefonní přístroje pobočky

Požadavkem bylo zachování stávajícího počtu pevných linek a přístrojů tak, aby bylo možné provádět 2 telefonní hovory nezávisle na sobě. Dalším požadavkem byla přenosnost. Byly vybrány telefonní přístroje Siemens Gigaset C530IP DUO - jedná se o sadu bezdrátových telefonních přístrojů s podporou VoIP telefonie – obrázek (Obr. 19). Set se skládá ze základny s integrovanou VoIP bránou a dvou přenosných sluchátek. Každému ze sluchátek je možné přiřadit jedno telefonní číslo - tímto způsobem vyhovuje požadavku provozu dvou telefonních linek současně a nezávisle na sobě [25].



Obr. 19. Bezdrátový telefonní přístroj Siemens Gigaset C530 IP Duo [24].

6.3 Porovnání a volba vhodného řešení

Bylo provedeno porovnání vlastního řešení s nabídkou firmy STAND CZ spol. s r.o. Tato nabídka hotového řešení byla znovu kalkulována, jelikož prvotní nabídka byla nižší, s kratší návratností a větší úsporou.

Bohužel rozdíl mezi hotovým a vlastním řešením byl opravdu markantní. Jednoznačně vlastní řešení vede k výraznějším úsporám a také ke kratší době návratnosti investice. K rozhodnutí přispěla i skutečnost, že takto provedené řešení je možné spravovat pouze ve vlastní režii, odpadají platby za licence software a správu.

Bylo proto vybráno vlastní řešení.

7 KONFIGURACE ZAŘÍZENÍ

7.1 Konfigurace VoIP telefonu Siemens Gigaset C530IP

Konfigurace VoIP telefonu se provádí pomocí webového rozhraní v internetovém prohlížeči. Je třeba zadat do adresního řádku prohlížeče IP adresu VoIP telefonu - v tomto konkrétním případě *http://10.0.6.252*. Při zapnutém DHCP je možné ji zjistit pomocí sluchátka - volba tlačítka *Menu - Nastavení - Systém - Místní síť*. V řádku *IP adresa* je tato uvedena. V případě, že není přítomen v síti DHCP server, přes toto nastavení manuálně nastavíme parametry naší sítě pomocí sluchátka. Taktéž je možné nastavit název, pod jakým se VoIP telefon bude prezentovat v síti – obrázek (Obr. 20) [24].



The screenshot displays the web interface for a Gigaset C530 IP phone. The interface is divided into three main sections: Home, Settings, and Status. The 'Settings' section is active, and the 'IP Configuration' menu item is highlighted in the left sidebar. The main content area shows the 'Address Assignment' section, where the IP address type is set to 'Static'. The IP address is configured as 10.0.06.252, with a subnet mask of 255.255.255.000 and a default gateway of 10.000.006.254. The preferred DNS server is 10.000.001.199, and the alternate DNS server is blank. Below this, there is a 'Remote Management' section with 'Allow access from other networks' set to 'Yes'. The 'Device Name in the Network' is set to 'C530-IP'. The 'HTTP proxy' section has 'Enable proxy' set to 'No' and the proxy server address and port are blank.

Obr. 20. Ukázka konfigurace C530 IP - nastavení sítě.

Dále je třeba nastavit účty pro VoIP telefonii. Toto nastavení se nachází v menu *Settings - Telephony - Connections*. V tomto nastavení je přehledně vidět veškeré účty, které jsou v telefonu nastaveny a jejich stav. Kliknutím na tlačítko *Edit* lze jednotlivé účty upravovat.



Obr. 21. Ukázka konfigurace C530 IP - přehled účtů.

V dalším kroku – obrázek (Obr. 22) - po kliknutí na tlačítko *Edit* u jednotlivých účtů bude nutné nastavit krok po kroku 2 uživatelské účty. Každý uživatelský účet lze pojmenovat, v tomto případě byl název účtu pod položkou *Connection Name or Number* nastaven na telefonní číslo. Podle něj pak budou nastaveny i sluchátka.

Zde je nutné zadat údaje, které jsme získali od poskytovatele.

- *Connection name or number* - zadáme jméno, nebo telefonní číslo,
- *Authentication name*: zadáme jméno, nebo číslo linky u poskytovatele,
- *Authentication password*: zadáme heslo k lince obdržené od poskytovatele,
- *Username*: zadáme stejný údaj jako u *Authentication name*,
- *Display name*: zadáme buď stejný údaj jako u *Authentication name*, nebo telefonní číslo, kterému je linka přiřazena,
- *Domain/Proxy server address/Registration server*: zadáme IP adresu, nebo doménu na kterou se má VoIP telefon přihlašovat (každý operátor má svoji),

- *Proxy server port/ Registration server port*: zadáme číslo portu (pro SIP většinou port 5060),
- *Registration refresh time*: zadáme počet sekund, po kterých se telefon bude pokoušet znovu o registraci (doporučeno ponechat na výchozí hodnotě).

Další položky není dle operátora třeba vyplňovat. Pouze v případě, pokud bychom využívali pro přístup k Internetu proxy server, bylo by nutné vyplnit dle našeho nastavení položky v sekci *Outbound proxy mode* – obrázek (Obr. 23) [2, 12].

The screenshot displays the configuration page for a Gigaset C530 IP phone. The interface is titled "Gigaset C530 IP" and has a navigation menu on the left with options like "Home", "Settings", and "Status". The "Settings" section is active, and the "Connections" sub-menu is highlighted. The main content area is titled "1. IP Connection" and contains the following fields and sections:

- 1. IP Connection**: Assign a connection name or actual phone number for identification. Field: 216216901.
- VoIP Configuration / Profile Download**: Includes a "Start Configuration Assistant" button.
- Provider**: Other Provider.
- Profile Version**: (Empty field)
- Personal Provider Data**:
 - Authentication name: 708519
 - Authentication password: (masked with dots)
 - Username: 708519
 - Display name: 216216901
- General data for your service provider**:
 - Domain: sip.odorik.cz
 - Proxy server address: sip.odorik.cz
 - Proxy server port: 5060
 - Registration server: sip.odorik.cz
 - Registration server port: 5060

Buttons for "Start Configuration Assistant" and "Hide Advanced Settings" are visible.

Obr. 22. Ukázka konfigurace C530 IP - VoIP profily.

Registration refresh time: 180 sec

Network data for your service provider

STUN enabled: Yes No

STUN server address: sip.odorik.cz

STUN server port: 3478

STUN refresh time: 240 sec

NAT refresh time: 20 sec

Outbound proxy mode: Always Automatic Never

Outbound server address: sip.odorik.cz

Outbound proxy port: 5060

Select Network Protocol: Automatic

Set Cancel Delete Connection

Obr. 23. Ukázka konfigurace C530 IP - VoIP profily - servery.

V posledním kroku je třeba nastavit přiřazení jednotlivých účtů (telefonních čísel) jednotlivým sluchátkům. Toto nastavení se nachází v menu: *Settings - Telephony - Number Assignment*.

Je třeba nastavit následující položky – obrázek (Obr. 24):

Sluchátko č.1 - INT 1

- *Name*: 216216901.

Connection:

- *for outgoing calls* - zakliknout u položky 216216901,
- *for incoming calls* - zatrhnout pouze u položky 212216901.

Vše ostatní u INT 1 ponechat prázdné.

Sluchátko č.2 - INT 2

- *Name*: 216216902.

Connection:

- *for outgoing calls* - zakliknout u položky 216216902,
- *for incoming calls* - zatrhnout pouze u položky 212216902.

Vše ostatní u INT 2 ponechat prázdné.



Obr. 24. Ukázka konfigurace C530 IP - přiřazení sluchátek.

Lze také nastavit alternativní připojení - v sekci *Alternative Connection*. Toto v případě, pokud by jsme měli k dispozici funkční záložní pevnou linku, na kterou by se spojení automaticky přepojilo v případě výpadku VoIP linky.

Funkci automatického přesměrování v případě výpadku podporuje přímo operátor – obrázek (Obr. 17), takže v případě výpadku některé z linek je zaslán informační email na zvolenou adresu a linka je přesměrována na námi definované telefonní číslo - mobilní telefon [2], [12].

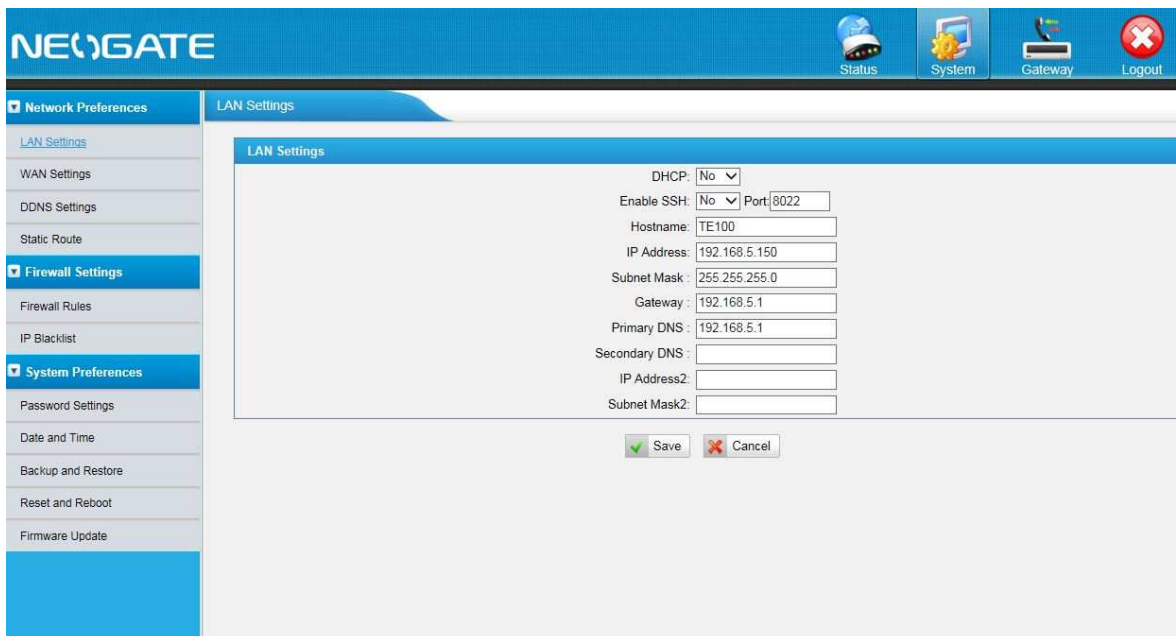
7.2 Konfigurace VoIP brány centrála

Konfigurace VoIP brány se provádí pomocí LAN portu a webového rozhraní v internetovém prohlížeči zadáním *http://192.168.5.150* a potvrzením. Po zadání přihlašovacích údajů se otevře základní nabídka konfigurace. Prvním krokem je nastavení sítě WAN, konfigurace směrování hovorů a nastavení VoIP účtů – obrázek (Obr. 25) [2], [16].

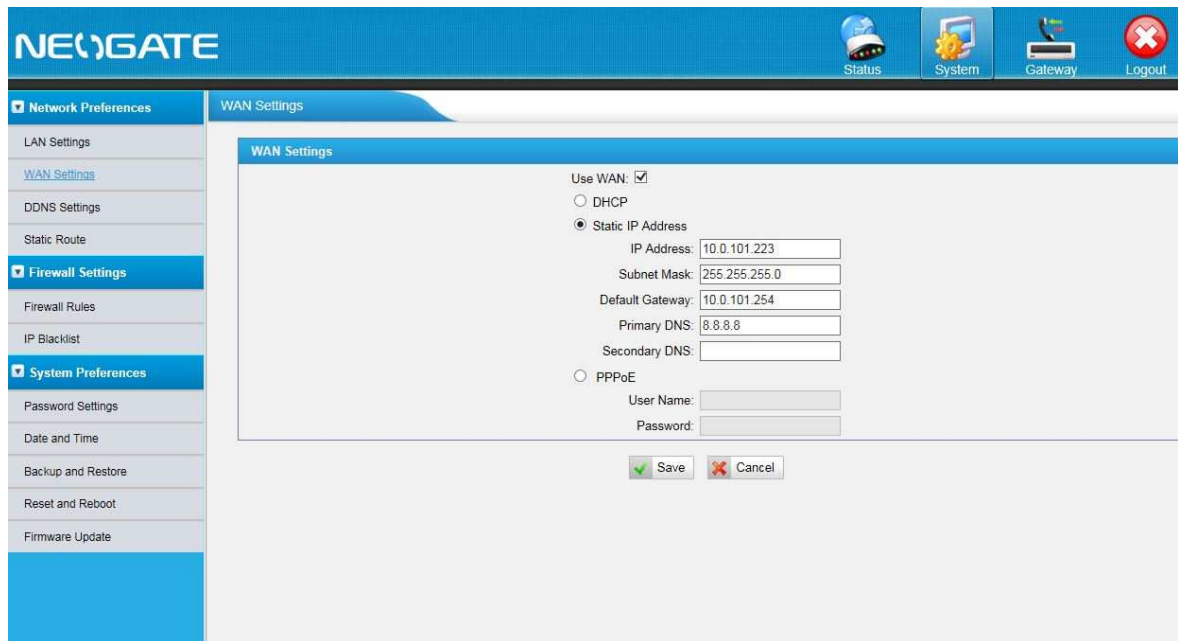


Obr. 25. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - přehled nastavení.

Konfigurace sítě LAN se provádí v menu *System - Network Preferences - LAN Settings*. Jedná se o konfiguraci vnitřní sítě, pro naše účely není tak podstatná – obrázek (Obr. 26). Tento slouží spíše pro prvotní konfiguraci, jelikož brána je připojena přímo k internetu prostřednictvím WAN portu.

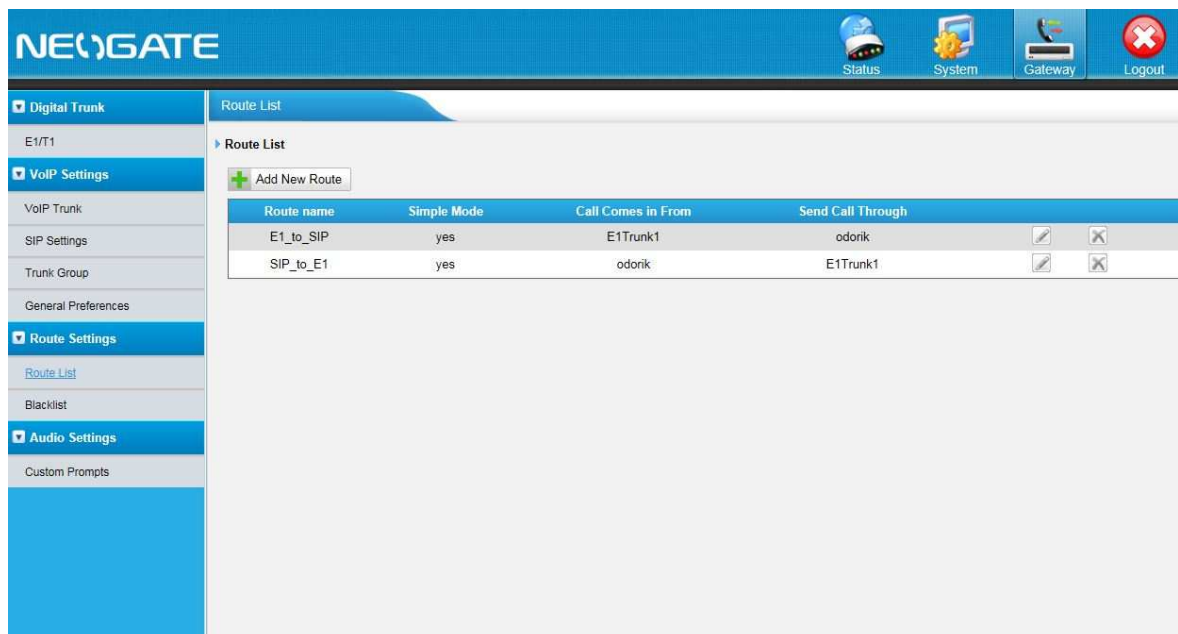


Obr. 26. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení sítě LAN.



Obr. 27. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení sítě WAN.

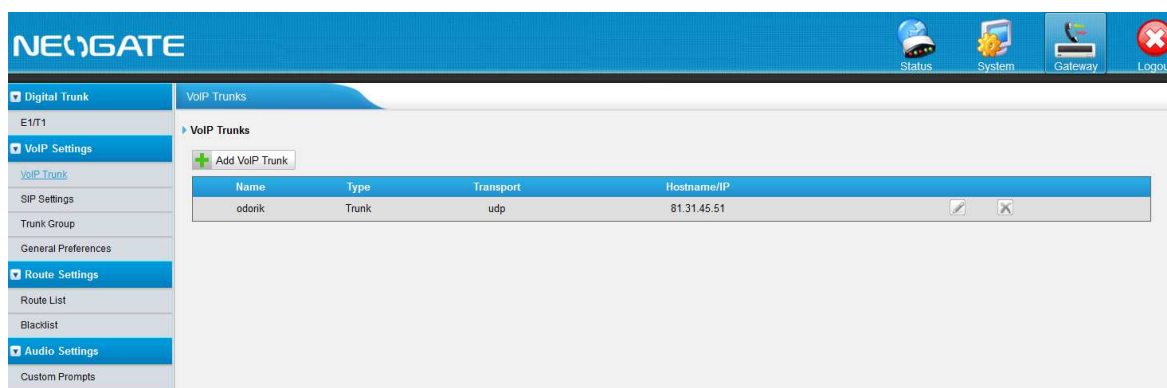
Konfigurace sítě WAN se provádí v menu *System - Network Preferences - WAN Settings* (Obr. 27). Ústředna je připojena prostřednictvím WAN portu přímo k routeru MikroTik, který slouží pro přepínání Internetové konektivity (primární - záložní spoj). Dalším krokem je nastavení routování telefonních hovorů – obrázek (Obr. 28) [16].



Obr. 28. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení směrování.

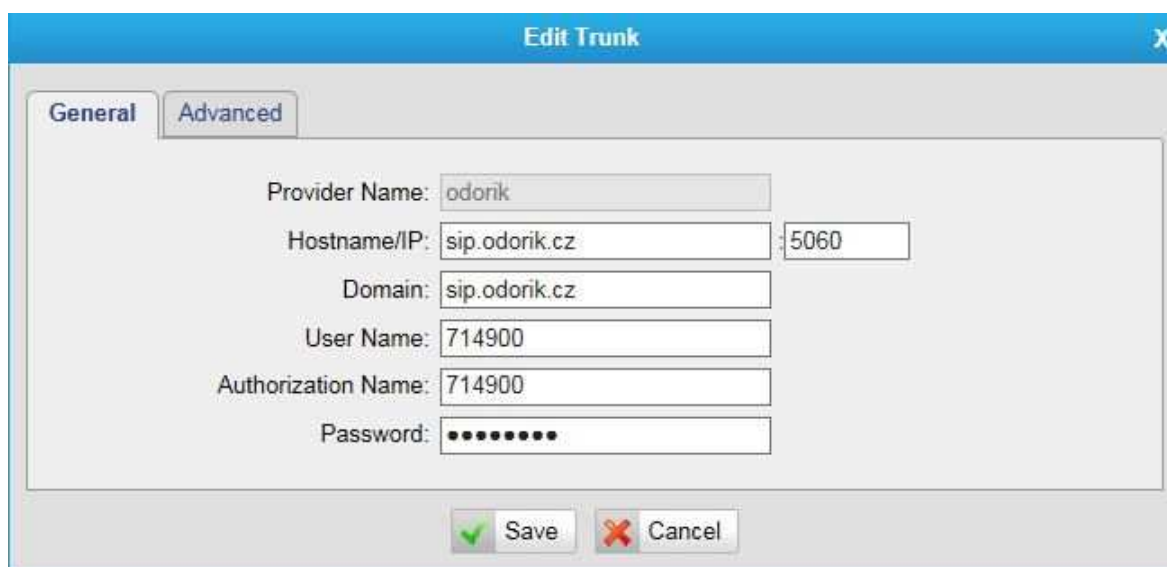
Toto nastavení lze nalézt v menu *Gateway - Route Settings - Route List*. Je třeba nastavit správně předávání hovorů směrem k ústředně i VoIP operátorovi. Konfigurace se provádí

zvlášť pro směr EuroISDN30 PRI (E1) - SIP a opačně. Tímto je zajištěn správný průchod telefonních hovorů na stávající ústřednu připojenou na portu E1 – obrázek (Obr. 29).



Obr. 29. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - přehled VoIP účtů

V menu *Gateway - VoIP Settings - VoIP Trunk* se nachází konfigurace VoIP účtů. Po kliknutí na tlačítko *Add VoIP Trunk* přidáme VoIP linku. Otevře se konfigurace účtu, je zde potřeba zadat konfigurační údaje linky - obrázek (Obr. 30) [16].



Obr. 30. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - konfigurace VoIP účtu.

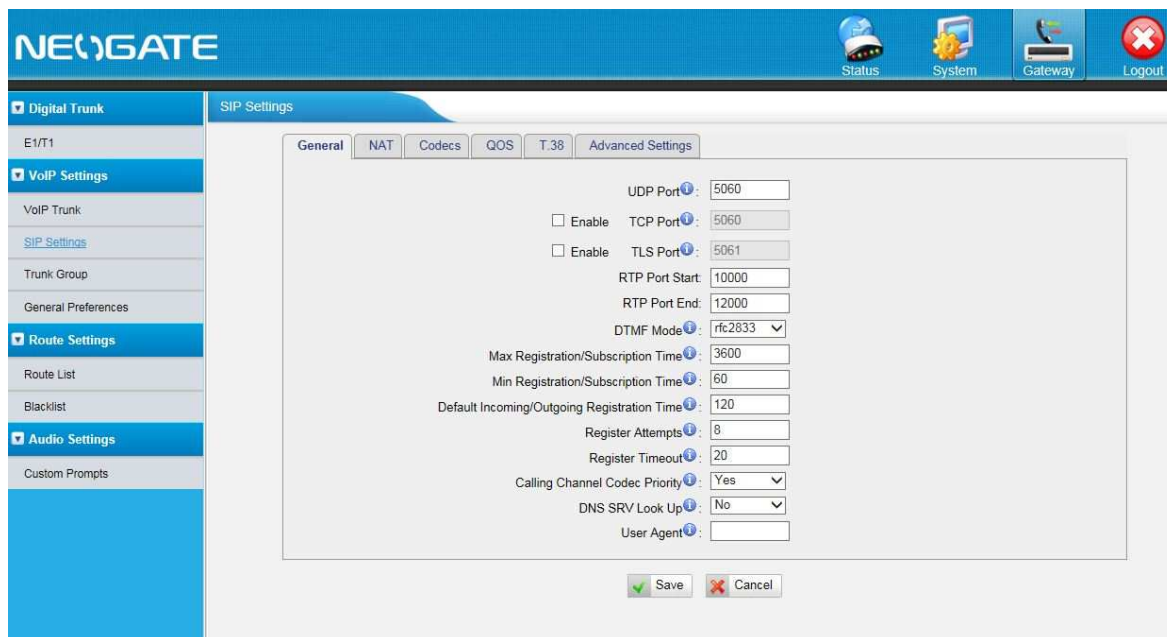
Zde lze nastavit [12]:

Hostname / IP / Domain : sip.odorik.cz nebo 81.31.45.51,

Port: zde je třeba zadat číslo portu, na kterém bude SIP dostupný,

User Name / Authorization Name : zde je třeba zadat přidělené číslo účtu,

Password : zde je třeba zadat přidělené heslo k účtu.



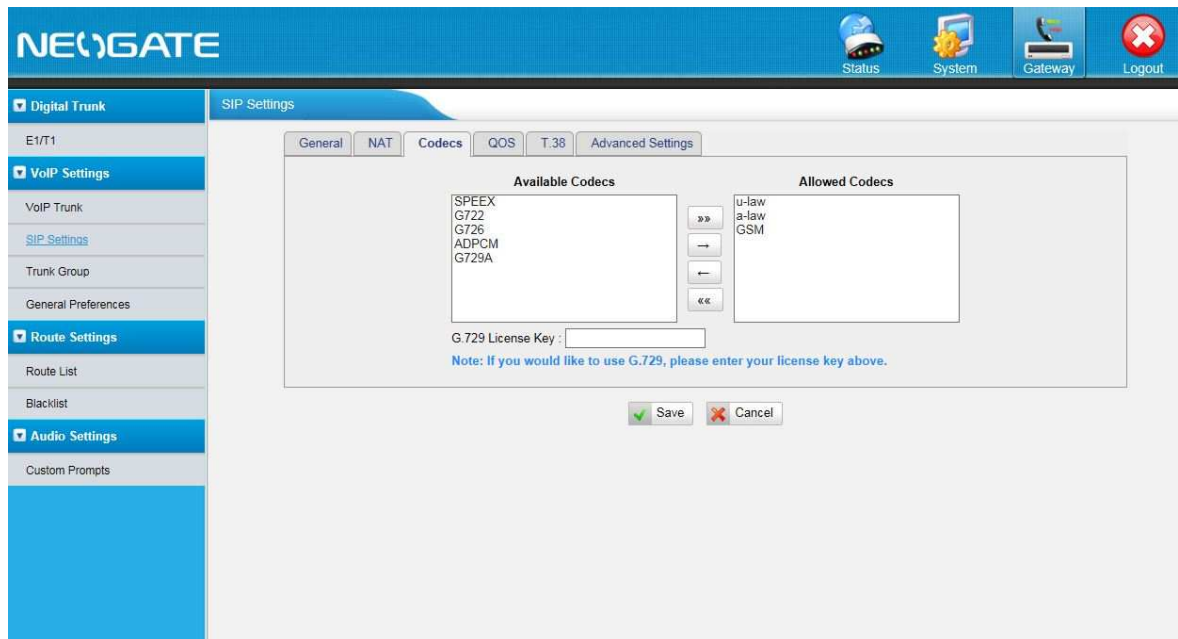
Obr. 31. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení SIP.

Dále je třeba nastavit protokol SIP – viz obrázek (Obr. 31). Jeho nastavení se nachází v menu *Gateway - VoIP Settings - SIP Settings - General*:

- *UDP Port*: 5060,
- *RTP Port Start*: 10000,
- *RTP Port End*: 12000,
- *Default Incoming/Outgoing Registration Time*: 120,
- *Register Attempts*: 10,
- *Register Timeout*: 20.

Tzn. nastavit port pro SIP protokol a pro samotný RTP stream, interval mezi registracemi a počet pokusů o registraci. Ostatní položky je doporučeno ponechat tak, jak jsou [12].

V dalším kroku nastavíme kodeky pro VoIP telefonii (Obr. 32). Jejich konfigurace se nachází v menu *Gateway - VoIP Settings - SIP Settings - Codecs*. V levém sloupci v kolonce *Available Codecs* se nacházejí dostupné kodeky, které brána umožňuje použít. V pravém sloupci v kolonce *Allowed Codecs* se nacházejí aktuálně použité kodeky. Vzhledem k tomu, že kodeky G722, G726, ADPCM, G729A a SPEEX jsou vázány na zakoupení licence, vystačíme si s kodeky G711 a-law a u-law. Tyto jsou nejméně náročné na výpočetní výkon a také nejkvalitnější s nejmenší kompresí [2], [6], [16].

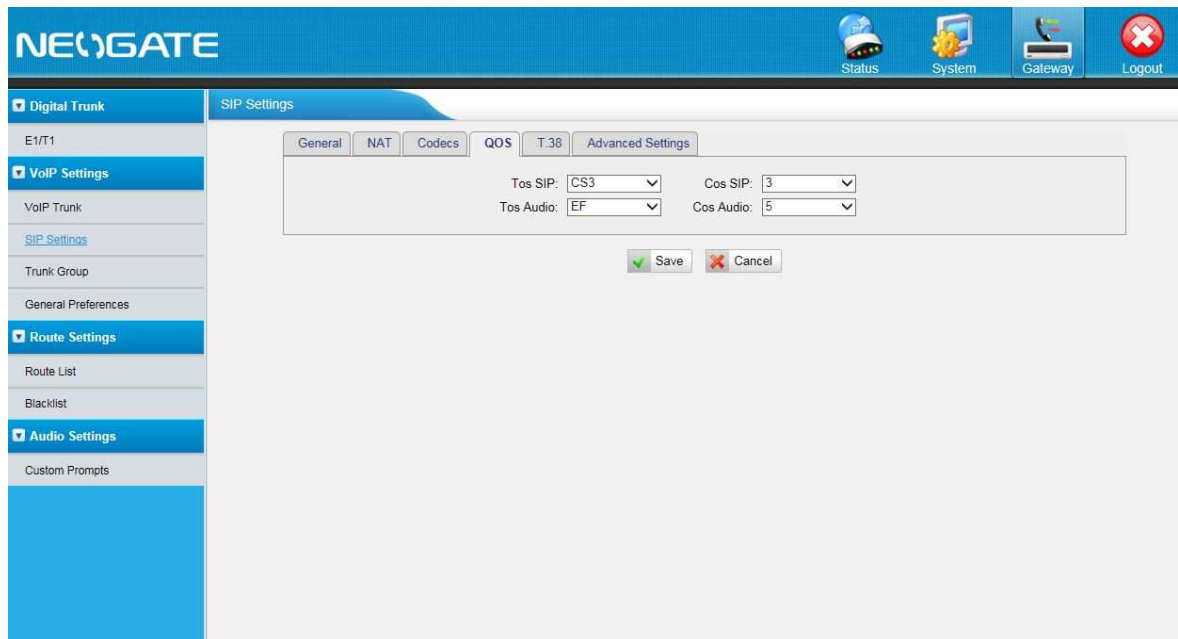


Obr. 32. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení kodeků.

V dalším kroku máme možnost nastavit řízení toku dat. Toto se nachází v menu *Gateway - VoIP Settings - SIP Settings - QoS*. Nastavení bylo provedeno dle doporučení [2], [6]:

Tos SIP: CS3 *Tos Audio: EF*

Cos SIP: 3 *Cos Audio: 5*



Obr. 33. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení QoS.

The screenshot shows the Neogate TE100 web interface. The top navigation bar includes 'Status', 'System', 'Gateway', and 'Logout' icons. The left sidebar has 'System Status' and 'Reports' sections. The main content area is titled 'IP Trunk Status' and contains the following table:

| Status | Trunk Name | Type | User Name | Hostname/IP | Reachability |
|------------|------------|------|-----------|---------------|--------------|
| Registered | odorik | SIP | 714900 | sip.odorik.cz | OK |

Below the table, there is a section for 'Account' with the message 'No Account Trunks Defined'.

Obr. 34. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - stav VoIP účtu.

Správné nastavení účtu je možné ověřit v menu *Status - System Status - IP Trunk Status*. V přehledu konfigurace je vidět, že VoIP brána je správně zaregistrována k serveru sip.odorik.cz na protokolu SIP – obrázek (Obr. 34).

The screenshot shows the Neogate TE100 web interface. The top navigation bar includes 'Status', 'System', 'Gateway', and 'Logout' icons. The left sidebar has 'System Status' and 'Reports' sections. The main content area is titled 'System Info' and contains the following information:

General

- Product Type: TE100
- Hardware Version: V1.20 0000-0000
- Firmware Version: 16.18.0.2
- Uptime: 9:17:33 up 17:59

Disk Usage

Note: If there is not enough disk space on the system, the oldest call log files will be automatically deleted as necessary.

| Disk Usage: | Used/Total (1K-blocks) | use% |
|-------------|------------------------|------|
| flash: | 6744/389120 | 2% |

Memory Usage

| Memory Usage: | Used/Total (1K-blocks) | use% |
|---------------|------------------------|------|
| Mem: | 165504/417776 | 39% |

Obr. 35. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - systémové informace.

Celkový přehled systémových informací o převodníku najdeme v menu *Status - System Status - System Information* (Obr. 35).

7.3 Konfigurace Cisco routeru na pobočkách

Změny konfigurace Cisco routeru byly provedeny prostřednictvím SSH přístupu. Uvedený příklad konfigurace QOS je konfigurace na routeru na pobočce Teplice, která je připojena k Internetu ADSL linkou. Tučně je vyznačeno nastavení pro prioritizaci toku dat. Jde jak o klasifikaci paketů VoIP telefonie, tak o povolení přístupu na UDP portu 5060 [2, 3, 4, 8].

```
Teplice#sh run
!
version 15.0
!
hostname Teplice
!
aaa new-model
!
aaa session-id common
memory-size iomem 10
!
ip source-route
!
ip cef
ip name-server 193.85.1.100 //nastavení nameserveru I.
ip name-server 193.85.2.100 //nastavení nameserveru II.
!
!
class-map match-all voip //značkování paketů pro VoIP
match access-group 100 //počet rozpoznávaných paketů
!
policy-map voipqueue //pravidlo VoIP
class voip //třída pro VoIP
set ip precedence 5 //nastavení priority pro VoIP
class class-default //nastavení třídy pro ostatní pakety
set ip precedence 0 //nastavení priority pro ostatní pakety
!
interface Tunnel0 //nastavení VPN tunelu
```

```
ip address 192.168.200.38 255.255.255.252 //nastavení IP adresy a masky podsítě
tunnel source Dialer0 //nastavení rozhraní pro VPN tunel
tunnel mode ipip //nastavení režimu VPN tunelu
tunnel destination 212.20.68.134 //nastavení cílové IP adresy VPN tunelu
!
interface FastEthernet0 //nastavení LAN portu 0
!
interface FastEthernet1 //nastavení LAN portu 1
!
interface FastEthernet2 //nastavení LAN portu 2
!
interface FastEthernet3 //nastavení LAN portu 3
!
interface FastEthernet4 //nastavení LAN portu 4
description To modem //port je připojen k ADSL modemu
no ip address
duplex auto //nastavení duplexního režimu
speed auto //nastavení rychlosti
pppoe-client dial-pool-number 1 //nastavení vytáčení modemem
!
interface Vlan1 //nastavení VLAN - VPN
ip address 10.0.9.254 255.255.255.0 //nastavení vnitřních IP adres
ip helper-address 10.0.1.199 //nastavení IP adres DNS, DHCP, proxy
ip helper-address 10.0.1.200 //záložního DNS serveru, poštovního serveru
ip helper-address 10.0.1.205
ip helper-address 10.0.1.210
ip helper-address 10.0.1.123
ip nat inside //zahrnutí NATu
ip virtual-reassembly //zapnutí funkce pro kontrolu paketů
ip tcp adjust-mss 1412 //nastavení velikosti paketu na interface Vlan1
!
interface Dialer0 //nastavení rozhraní pro modem
description Internet
ip address negotiated
```

```
ip mtu 1452 //nastavení velikosti MTU paketu
ip nat outside //zahrnutí NATu
ip virtual-reassembly //zapnutí funkce pro kontrolu paketů
encapsulation ppp //nastavení typu vytáčení modemem
dialer pool 1 //nastavení modemu
dialer-group 1 //nastavení parametrů vytáčení modemem
ppp authentication chap pap callin //nastavení autentikace
ppp chap hostname *****
ppp chap password 0 *****
ppp pap sent-username ***** password 0 *****
service-policy input voipqueue //nastavení fronty pro VoIP
!
ip forward-protocol nd //nastavení předávání paketů
no ip http server //zakázání http rozhraní konfigurace
no ip http secure-server ///zakázání https rozhraní konfigurace
!
ip nat inside source list 10 interface Dialer0 overload //nastavení NATu pro
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Dialer0 //rozhraní vytáčení
ip route 10.0.1.0 255.255.255.0 Tunnel0 //modemem
!
access-list 10 permit 10.0.9.0 0.0.0.255 //nastavení priority paketů VLAN
access-list 100 remark VoIP //nastavení priority paketů VoIP
access-list 100 permit udp any any eq 5060 //nastavení priority paketů portu 5060
dialer-list 1 protocol ip permit //povolení protokolu pro vytáčení
!
control-plane
!
line con 0
no modem enable
line aux 0
line vty 0 4
access-class 1 in
exec-timeout 5 0
transport input telnet ssh //nastavení vzdáleného přístupu přes telnet a SSH
```

```
!  
scheduler max-task-time 5000           //nastavení maximálního času provádění  
end
```

7.4 Konfigurace MikroTik routeru

Mikrotik router slouží pro přepínání primárního a záložního připojení na centrále společnosti. Na routeru je nastavený watchdog, který monitoruje dostupnost zadané veřejné IP adresy z jednotlivých přípojek.

Ve výchozím nastavení je veškerý provoz počítačové sítě provozován přes primární spoj. VoIP brána je připojena pomocí záložního spojení. V případě zjištění výpadku na primárním spoji je provoz počítačové sítě převeden na záložní připojení. Stejně tak to funguje opačně, v případě výpadku na záložním spoji je provoz VoIP telefonie přesměrován na primární spoj.

Konfigurace zahrnuje také zpřístupnění routeru pro centrální dohled, jednoduchý firewall [4], [5].

MikroTik RouterOS 6.27 (c) 1999-2015 <http://www.mikrotik.com/>

[?] Gives the list of available commands

command [?] Gives help on the command and list of arguments

*[Tab] Completes the command/word. If the input is ambiguous,
a second [Tab] gives possible options*

/ Move up to base level

.. Move up one level

/command Use command at the base level

apr/09/2015 18:41:45 system,error,critical login failure for user admin via bandwi

dth-test

[admin@Adip - prepinani zalohy] > export

apr/14/2015 20:47:51 by RouterOS 6.27

software id = K7DZ-BQ9J

#

/interface ethernet

```
set [ find default-name=ether1 ] name=ether1-primar
set [ find default-name=ether2 ] name=ether2-zaloha
set [ find default-name=ether3 ] name="ether3-LAN data"
set [ find default-name=ether4 ] name="ether4-LAN VoIP"
/interface gre
add comment="GRE Tunel zaloha" !keepalive local-address=10.5.1.98 name=\
    gre-tunnel1 remote-address=91.210.16.180
/ip neighbor discovery
set gre-tunnel1 comment="GRE Tunel zaloha"
/routing ospf area
add area-id=0.0.0.1 name=area1
/snmp community
set [ find default=yes ] addresses=212.20.64.0/25 name=mopos
add addresses=212.20.66.202/32 name=flowmon
/user group
add name=ftpbackup policy="ftp,!local,!telnet,!ssh,!reboot,!read,!write,!policy,\
    !test,!winbox,!password,!web,!sniff,!sensitive,!api"
/ip address
add address=10.5.1.98/24 interface=ether2-zaloha network=10.5.1.0
add address=10.0.101.254/24 interface="ether4-LAN VoIP" network=10.0.101.0
add address=212.20.68.130/30 interface=ether1-primar network=212.20.68.128
add address=212.20.68.133/30 interface="ether3-LAN data" network=212.20.68.132
add address=10.37.2.102/32 interface=gre-tunnel1 network=10.37.2.102
/ip dns
set servers=212.20.64.1,212.20.64.2
/ip firewall filter
add action=drop chain=input comment="Zahozeni \"spatnych\" paketu." \
    connection-state=invalid
add chain=input comment="Dohled - Povoleni vseho na ether1" src-address=\
    212.20.66.193
add chain=input comment="Dohled - Povoleni vseho z 212.20.64.0/24" src-address=\
    212.20.64.0/24
add chain=input comment="Pristup z okolnich zarizeni" src-address=\
    212.20.68.128/28
```

```
add chain=input comment="Pristup z VoIP site" src-address=10.0.101.0/24
add chain=input comment="Pristup pres tunel" src-address=10.37.2.0/24
add chain=input comment="ICMP echo request" icmp-options=8:0 protocol=icmp
add chain=input comment="Povoleni related (spojeni navazana z Mikrotiku)." \
    connection-state=related
add chain=input comment="Povoleni established (spojeni navazana z Mikrotiku)." \
    connection-state=established
add action=log chain=input comment="Log TCP 2000" disabled=yes dst-address=\
    !212.20.64.35 log=yes protocol=tcp src-address=212.20.68.130
add action=log chain=input comment="Log TCP 2000" disabled=yes dst-address=\
    212.20.68.130 log=yes protocol=tcp src-address=!212.20.64.35
add action=drop chain=input comment="Zakazani vseho, co nebylo povoleno .SSH" \
    dst-port=22 log=yes protocol=tcp
add action=drop chain=input comment="Zakazani vseho, co nebylo povoleno .FTP" \
    dst-port=21 log=yes protocol=tcp
add action=drop chain=input comment="Zakazani vseho, co nebylo povoleno .http" \
    dst-port=80 log=yes protocol=tcp
add action=drop chain=input comment=\
    "Zakazani vseho, co nebylo povoleno .winbox" dst-port=8291 log=yes \
    protocol=tcp
/ip firewall mangle
add action=mark-packet chain=prerouting comment="Znackovani paketu z ustredny pr\
    o NAT. Pakety z ustredny jsou routovany pres zalozni linku." \
    new-packet-mark=VoIP src-address=10.0.101.0/24
add action=mark-routing chain=prerouting comment="Znackovani paketu z ustredny p\
    ro NAT. Pakety z ustredny jsou routovany pres zalozni linku." \
    new-routing-mark=VoIP src-address=10.0.101.0/24
add action=mark-connection chain=prerouting comment="mark connection. Aby se pak\
    ety poslane na ether2 vracely vzdy zpatky pres ether2." in-interface=\
    ether2-zaloha new-connection-mark=eth2
add action=log chain=postrouting comment=test disabled=yes dst-address=\
    212.20.64.44 protocol=icmp
add action=mark-routing chain=output comment="mark routing na zaklade connection\
    \_mark z predchoziho pravidla. Aby se pakety poslane na ether2 vracely vzdy \
```



```
    zpatky pres ether2." connection-mark=eth2 new-routing-mark=eth2
add action=log chain=forward disabled=yes src-address=10.0.101.0/24
add action=log chain=forward disabled=yes out-interface="ether4-LAN VoIP"
/ip firewall nat
add action=src-nat chain=srcnat comment=VoIP packet-mark=VoIP src-address=\
    10.0.101.0/24 to-addresses=10.5.1.98
add action=dst-nat chain=dstnat disabled=yes dst-port=6040 protocol=tcp \
    to-addresses=10.0.101.223 to-ports=5060
add action=dst-nat chain=dstnat disabled=yes dst-port=6040 protocol=udp \
    to-addresses=10.0.101.223 to-ports=5060
add action=src-nat chain=srcnat disabled=yes protocol=tcp src-address=\
    10.0.101.223 src-port=5060 to-ports=6040
add action=src-nat chain=srcnat disabled=yes protocol=udp src-address=\
    10.0.101.223 src-port=5060 to-ports=6040
add action=dst-nat chain=dstnat disabled=yes dst-port=6041 protocol=tcp \
    to-addresses=10.0.101.223 to-ports=6041
add action=dst-nat chain=dstnat disabled=yes dst-port=6041 protocol=udp \
    to-addresses=10.0.101.223 to-ports=6041
/ip route
add comment=VoIP distance=1 gateway=10.5.1.1 routing-mark=VoIP
add comment="Aby se pakety poslane na ether2 vracely vzdy zpatky pres ether2." \
    distance=1 gateway=10.5.1.1 routing-mark=eth2
add distance=200 gateway=gre-tunnel1
add comment="Pro tunel do Praha-IP NIX" distance=1 dst-address=91.210.16.180/32 \
    gateway=10.5.1.1
add comment="IP adresa, na kterou probiha test linky. Musi byt vzdy routovana pr\
    es monitovanou linku." distance=1 dst-address=178.238.43.4/32 gateway=\
    10.5.1.1 pref-src=10.5.1.98
add disabled=yes distance=1 dst-address=212.20.71.168/29 gateway=212.20.68.134
add disabled=yes distance=1 dst-address=212.20.71.232/29 gateway=212.20.68.134
/ip service
set telnet disabled=yes
/routing ospf network
add area=area1 network=212.20.68.128/30
```

```
add area=area1 network=212.20.68.132/30
/snmpp
set enabled=yes location=Mikrotik
/system clock
set time-zone-autodetect=no time-zone-name=Europe/Prague
/system clock manual
set time-zone=+00:01
/system identity
set name="Adip - prepinani zalohy"
/system ntp client
set enabled=yes primary-ntp=212.20.64.10 secondary-ntp=195.113.144.238
/system scheduler
add interval=1d name=backup on-event="/export file=config" policy=\
ftp,reboot,read,write,policy,test,password,sniff,sensitive start-date=\
feb/23/2015 start-time=02:00:00
add interval=30s name="zaloha linky" on-event="/system script run zaloha" \
policy=ftp,reboot,read,write,policy,test,password,sniff,sensitive \
start-date=mar/05/2015 start-time=11:46:00
/system script
add name=zaloha policy=ftp,reboot,read,write,test,password,sniff source=":local \
pingcount 4\r\
\n#IP adresa rozhrani pro zalozni pripojeni.\r\
\n:local ipA 10.5.1.98\r\
\n#Adresa, na kterou probiha test pingem.\r\
\n:local pingaddr 178.238.43.4\r\
\n#Gateway pro VoIP.\r\
\n:local gatewayA 10.5.1.1\r\
\n#Gateway pro hlavni pripojeni.\r\
\n:local gatewayB 212.20.68.129\r\
\n:local pingresult [/ping \${pingaddr} src-address=\${ipA} count=\${pingcount}]\r\
\n:local actualgateway [/ip route get [/ip route find comment=\\"VoIP\" ] gate\
way ]\r\
\n:if ((\${pingresult} = 0) && (!\${actualgateway} = \${gatewayA})) do {\r\
\n /ip route set [/ip route find comment=\\"VoIP\" ] gateway \${gatewayB}\r\
```

```

\n /ip fire nat set [/ip fire nat find comment="VoIP"] to-addresses {$ipB}
\r
\n /ip fire connection remove [/ip fire connection find src-address="10.0.101.223:5060"]\r
\n /{:log info "Vypadek zalozniho pripojeni, VoIP je smerovan pres hlavni linku."}\r
\n /tool e-mail send subject=("Zaloha pripojeni do Internetu.") body=("Dobry den, oslo k vypadku zalozniho (VoIP) pripojeni do Internetu. VoIP je smerovan pres hlavni linku." . [/system clock get date]) to=("pskala@adip.cz")\r
\n } else={\r
\n :if (($pingresult = $pingcount) && (!$actualgateway = $gatewayA))\r
  _ do {\r
\n /ip route set [/ip route find comment="VoIP"] gateway $gatewayA\r
\n /ip fire nat set [/ip fire nat find comment="VoIP"] to-addresses {$ipA}\r
\n /ip fire connection remove [/ip fire connection find src-address="10.0.101.223:5060"]\r
\n /{:log info "hlavni pripojeni do Internetu bylo obnoveno"}\r
\n /tool e-mail send subject=("Zaloha pripojeni do Internetu.") body=("Zalozni pripojeni do Internetu bylo obnoveno. VoIP je smerovan pres zalozniho pripojeni." . [/system clock get date]) to=("pskala@adip.cz")\r
\n }\r
\n }\r
\n"
/tool e-mail
set address=212.20.71.172 from=<mikrotikadip@mopos.cz>
/tool graphing interface
add interface=ether2-zaloha
add interface="ether4-LAN VoIP"
/tool graphing resource
add
[admin@Adip - prepinari zalohy] >

```

8 KALKULACE ÚSPOR

8.1 Stálé měsíční úspory

Byly vyčísleny na základě úspor na pravidelně placených měsíčních paušálech za vedení pevných linek a také na předpokládané úspoře na volání - za předpokladu, že objem volání z pevných linek zůstane zachován.

8.1.1 Paušální poplatky

Měsíční poplatky za jednotlivé linky se skládají z:

- poplatky za ISDN2 linky na pobočkách 575,- / 696,- Kč bez/s DPH,
- poplatek za ISDN30 linku na centrále společnosti,
- poplatek za pronájem rozsahu 100 čísel na centrále společnosti.

Tab. 11. Kalkulace úspor - paušální poplatky.

| Poplatek | Počet kusů | Cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|----------------------------|------------|-----------|------------------|
| ISDN2 linka | 14 | 696,- | 9740,- |
| ISDN30 linka | 1 | 4234,- | 4234,- |
| Pronájem rozsahu 100 čísel | 1 | 483,- | 483,- |
| Celkem | | | 14457,- |

8.1.2 Náklady na volání

Byly vyhodnoceny náklady na volání za jeden kvartál v roce. Zvláště pro centrálu a pobočky společnosti. Parametry a ceny volání u operátora O2 byly nastaveny následovně:

Tab. 12. O2 ceny volání.

| Volání - typ spojení | Tarifikace (s) | Cena Kč/min |
|--------------------------------------|----------------|-------------|
| Pevná - mobilní síť | 60 + 60 | 5,20 |
| Pevná - pevná linka (kraj) | 60 + 60 | 1,32 |
| Pevná - pevná linka - dálkové volání | 60 + 60 | 1,32 |
| Pevná - pevná linka O2 Team Combi | 60 + 60 | 1,32 |

Telefonní přístroje na pobočkách byly používány hlavně pro příjem hovorů. Za sledované období 3 měsíců byly provolané částky na pobočkách v řádech desetikorun. Oproti tomu

byly náklady centrály za hovorné ve sledovaných třech měsících následující, včetně rozpisu jednotlivých položek.

Tab. 13. Hovorné centrála společnosti - přehled.

| Položka | Březen 14 (Kč) | Duben 14 (Kč) | Květen 14 (Kč) | Průměr (Kč) |
|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------------|
| mobil ČR 3-2014 | 244,58 | 139,45 | 287,45 | 223,83 |
| pevná ADIPSK | 360,81 | 375,87 | 334,20 | 356,96 |
| pevná Zahraničí | 53,92 | 53,93 | 96,77 | 68,20 |
| mob. ADIPSK | 644,90 | 879,18 | 568,96 | 697,68 |
| pevná region | 71,94 | 116,63 | 141,70 | 110,09 |
| pevná firma VPN | 51,23 | 49,05 | 78,48 | 59,58 |
| pevná meziměsto | 61,04 | 76,30 | 71,94 | 69,76 |
| neveř. síť | 2,18 | 9,81 | 17,44 | 9,81 |
| Součet | 1.490,60 | 1.700,22 | 1.596,94 | 1.595,92 |
| Součet s DPH | 1.803,62 | 2.057,26 | 1.932,29 | 1.931,05 |

Průměrná provolaná částka měsíčně byla 1.931,- Kč včetně DPH. Po kalkulaci, dle cen nabízených VoIP operátorem byla průměrná měsíční úspora 1.477,- Kč včetně DPH [12].

Tab. 14. Hovorné po nasazení VoIP telefonie.

| Položka | Období | | | Cena volání (Kč) | |
|------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | březen 14 (Kč) | duben 14 (Kč) | květen 14 (Kč) | celkem (Kč) | Průměr (Kč) |
| volání pevná linka O2 | 1.803,62 | 2.057,26 | 1.932,29 | 5.793,17 | 1.931,06 |
| volání VoIP operátor | 378,51 | 525,56 | 456,14 | 1.360,21 | 453,40 |
| rozdíl / úspora | 1425,11 | 1.530,70 | 1.476,15 | 4.431,96 | 1.477,32 |

8.2 Náklady na pořízení HW

Tab. 15. Kalkulace úspor - náklady na pořízení HW.

| Přístroj | Počet kusů | Cena (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|------------------------------|------------|-----------|------------------|
| Neogate Yeastar TE100 | 1 | 22.990,- | 22.990,- |
| Siemens Gigaset C530IP Duo | 14 | 3.509,- | 49.126,- |
| Mikrotik RouterBoard RB740GL | 1 | 1.507,- | 1.507,- |
| Celkem | | | 73.623,- |

8.3 Náklady na přenos čísel

Dle ceníku firmy MiniTel se jedná v případě ISDN2 i ISDN30 linky o komplexní portaci v ceně 2.500,- Kč vč. DPH. Celkem se tedy jednalo o portaci patnácti linek. Portace probíhala postupně, dle časového harmonogramu. Dále bylo započítáno pořízení nových telefonních čísel pro pobočku Praha - Malešice.

Tab. 16. Kalkulace úspor - náklady na přenos čísel.

| Položka | Počet kusů | Cena | Cena celkem |
|-------------------------------|------------|---------|-------------|
| Koupě 2 tel. čísel pob. Praha | 2 | 1.000,- | 2.000,- |
| Přenos ISDN30 | 1 | 2.500,- | 2.500,- |
| Přenos ISDN2 | 13 | 2.500,- | 32.500,- |
| Celkem | | | 37.000,- |

8.4 Náklady na práci

Do nákladů na práci nebudou započítány náklady na vlastní práci, jelikož tyto práce byly vykonávány v rámci pracovní doby a mimo pracovní dobu v rámci svého osobního volna dobrovolně. Jednalo se hlavně o konfiguraci VoIP telefonních přístrojů na pobočkách, konfiguraci Cisco routerů na pobočkách společnosti.

Konfigurace a testování VoIP brány Yeastar bylo vzhledem k nutnosti řádného otestování přenechána servisnímu partnerovi z firmy TeleTech. Brána byla úspěšně testována se stejným typem telefonní ústředny několik týdnů. Po dobu testování nedošlo k žádnému výpadku, fatální ani nekritické chybě. Bez problému bylo také provedeno několik desítek zkušebních hovorů - spolupráce s ústřednou probíhala bez chyb. Poté došlo k nasazení v naší společnosti.

MikroTik router byl nakonfigurován pro použití v tunelu vnitrofiremní VPN dohledem sítě, firmou Mopos Communications, a.s., nastavení přepínání primárního a záložního spoje bylo provedeno vlastními silami, výsledná konfigurace byla konzultována a odladěna.

Tab. 17. Kalkulace úspor - náklady na práci.

| Položka | Počet hodin | Cena za hodinu (Kč) | Cena celkem (Kč) |
|------------------------------------|-------------|---------------------|------------------|
| Konfigurace a testování VoIP brány | 10 | 634,- | 6.340,- |
| Konfigurace Mikrotik routeru | 5 | 786,40 | 3.932,- |
| Celkem | | | 10.272,- |

8.5 Úspory na hovorném

Úspory byly kalkulovány pouze na hovorném na centrále společnosti. Hovorné na pobočkách společnosti byly v zanedbatelné výši.

Tab. 18. Kalkulace úspor - úspory na hovorném.

| Položka | Hovorné za 3 měsíce (Kč) | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| | celkem | průměr |
| volání O2 (Kč) | 5.793,17 | 1.931,06 |
| volání VoIP operátor (Kč) | 1.360,21 | 453,40 |
| rozdíl / úspora (Kč) | 4.431,96 | 1.477,32 |

8.6 Celkové vyčíslení

Tab. 19. Kalkulace úspor - celkové vyčíslení.

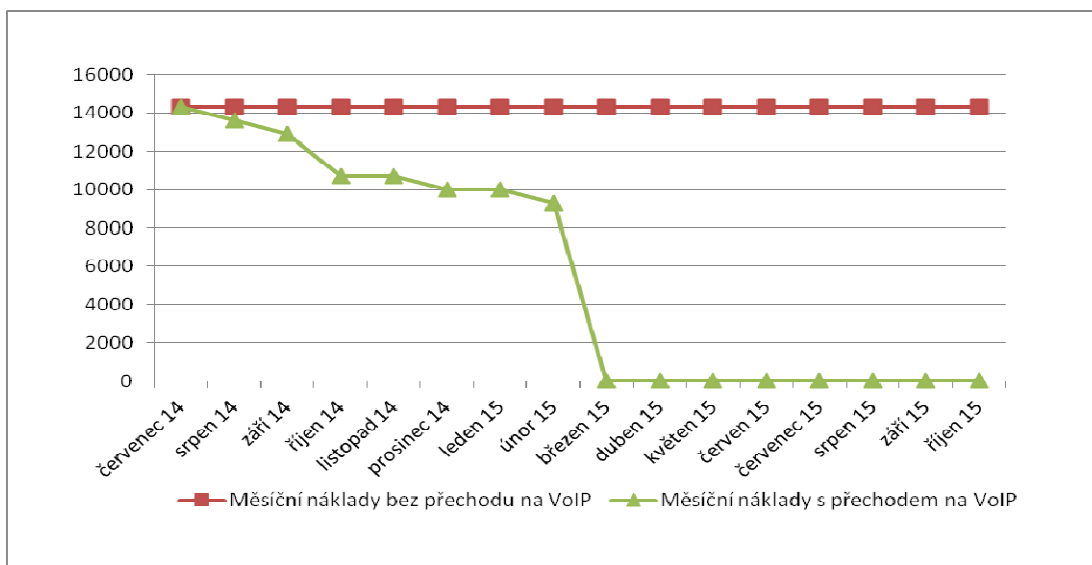
| Položka | Cena celkem (Kč) |
|--------------------------------------|------------------|
| Přenos čísel - portace O2 -> Minitel | 37.000,- |
| Pořízení HW centrála + pobočky | 73.623,- |
| Práce | 10.272,- |
| Celkem | 120.895,- |

8.7 Návratnost investice

Na základě vyhodnocení celkových nákladů na pořízení hardware, ceny portací pevných linek a ceny práce byla provedena kalkulace návratnosti investice. Bude porovnána návratnost při jednorázovém nákupu celé technologie a srovnána s postupným přechodem.

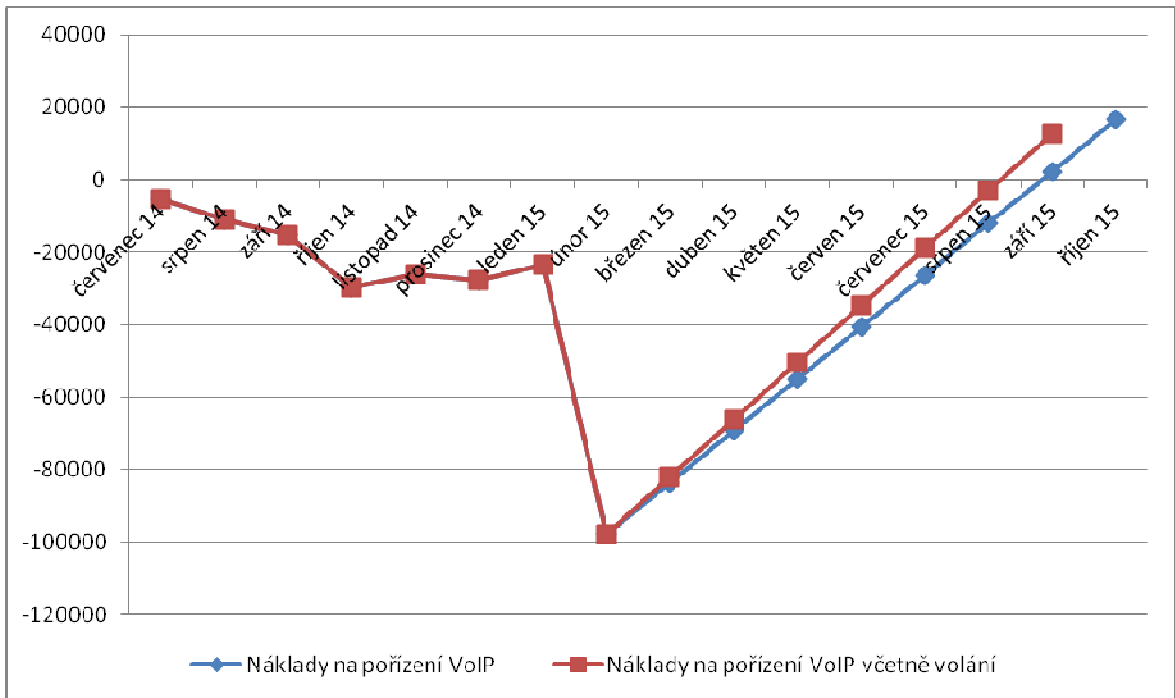
Jako výchozím stavem bude brán měsíc červenec 2014. Bylo nutné zajistit telefonní přípojku na nově vznikající pobočce Praha – Malešice. Po schválení plánu nasazení VoIP telefonie bylo provedeno pořízení dvou nových telefonních čísel v ceně 2.000,- Kč včetně DPH a VoIP telefonního přístroje se dvěma sluchátky v ceně 3.509,- Kč včetně DPH.

- srpen 2014 - nasazení na pobočce Plzeň,
- září 2014 – nasazení na pobočkách Břeclav, Praha, Teplice,
- listopad 2014 – nasazení na pobočce Krnov,
- leden 2015 – nasazení na pobočce Brno,
- únor 2015 – nasazení na pobočkách Čáslav, České Budějovice, Hradec Králové, Olomouc, Ostrava, Šumperk, Valašské Meziříčí a na centrále společnosti v Březnici.



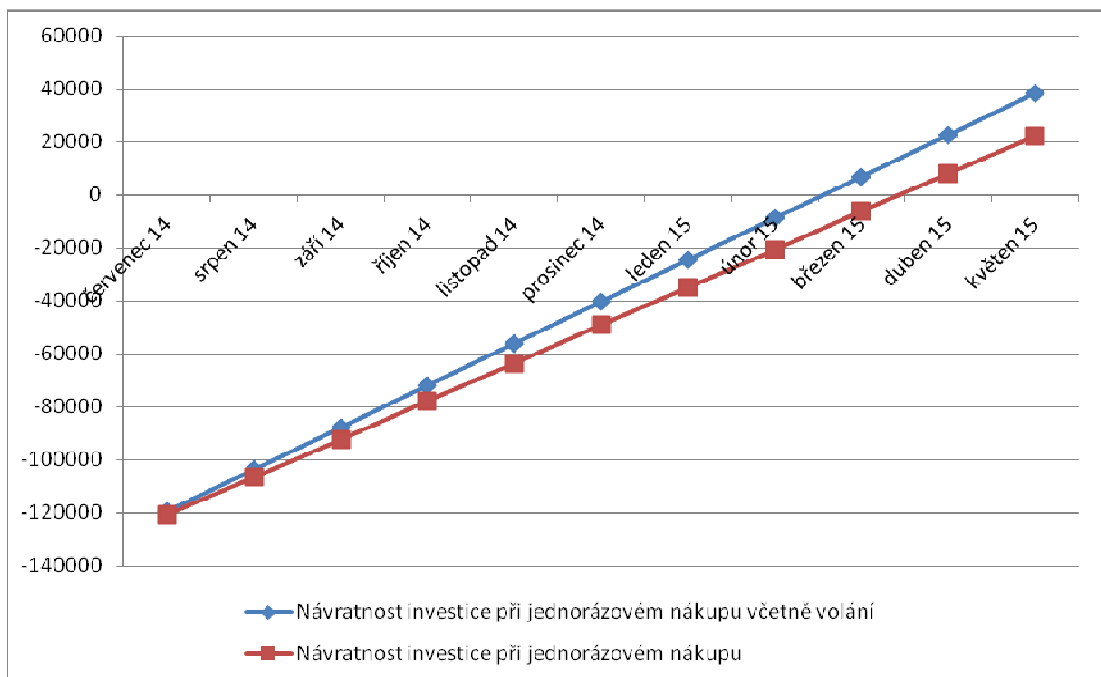
Graf 1. Vývoj měsíčních nákladů na paušály pevné linky.

Z grafu (Graf 1) je patrné, že náklady klesaly pozvolně dle počtu portovaných linek. Prvním měsícem, kdy nebyly placené žádné paušální poplatky za vedení pevných linek, byl březen 2015.



Graf 2. Vývoj nákladů na přechod na VoIP telefonii - postupný přechod.

Z grafu (Graf 2) je patrné, že investice do nákupu hardware a přechodu na VoIP telefonii, včetně prací se v případě postupného přechodu vrátí v měsíci srpnu 2015. Celkově tedy, počítáno od začátku přechodu za 13 měsíců. Pokud je započítána úspora na volání, návratnost investice se zkrátí zhruba o měsíc.



Graf 3. Návratnost investice při jednorázovém nákupu.

Toto lze porovnat s případem, kdy by bylo pořízeno vše jednorázově, celkem by se jednalo o investici ve výši 120.895,- Kč vč. DPH – viz graf (Graf 3). V tomto případě by byla návratnost investice kratší – a to konkrétně 8 měsíců. Pokud bude započítána úspora na volání, opět dojde ke zkrácení doby návratnosti zhruba o měsíc.

ZÁVĚR

Účelem této práce bylo zavedení internetové telefonie ve firmě ADIP, spol. s r.o. a s tím spojená úspora na pravidelných měsíčních paušálech za vedení pevné linky a na hovorném. Byl zvažován nákup hotového řešení a dodávka takzvaně „na klíč“. Toto řešení bylo následovně porovnáno s vlastním navrhovaným řešením. Úspora a s ní spojená návratnost investice byla u vlastního řešení mnohem lepší. S jednatelem společnosti byl dohodnutý postupný přechod na VoIP telefonii v řádu několika měsíců – a to z důvodu nutnosti investice do nového HW vybavení pro VoIP telefonii. V případě jednorázového nákupu by se jednalo o částku ve výši 120.895,- Kč.

Návratnost investice při okamžitém přechodu na VoIP je 8 měsíců, při postupném přechodu 12 měsíců. V našem případě byl přechod započat v srpnu roku 2014 a investice do přechodu bude zaplacená v polovině srpna roku 2015. Pokud by byly započítány úspory na hovorném, zkrátí se doba návratnosti přibližně o měsíc.

Pro uživatele na centrále společnosti se z pohledu ovládání nebo stylu telefonování nezměnilo prakticky nic. Na pobočkách společnosti došlo k výměně za bezdrátové telefonní přístroje, počet linek zůstal zachován.

Úspory na volání by dle předpokladů a kalkulace na základě průměrných fakturací měly dosahovat průměrně 1.477,- Kč a toto se potvrdilo po vyúčtování hovorného za březen a duben 2015. Úspory na pravidelných měsíčních paušálech dosáhnou výše 14.314,- Kč měsíčně, včetně DPH. Celkové úspory tedy dosahují 15.791,- Kč včetně DPH měsíčně.

Zajímavou přidanou hodnotou je u operátora Odorik.cz možnost přiřazení rychlých voleb u jednotlivých telefonních čísel. Takto by bylo možné, aby mezi jednotlivými telefonními čísly bylo možné volat vytočením pouze 2 - 3 číslic (podobně jako klapky na centrále).

Dalším krokem, úzce souvisejícím s voláním z VoIP telefonů, by mohla být optimalizace nákladů na volání z mobilních telefonů. Bylo by potřeba stejným způsobem analyzovat volání z mobilních telefonů a porovnat nastavené tarify. Podle výše hovorného, a dle požadavků zaměstnanců nastavit potřebné parametry na jednotlivých číslech. Hlavně v případě pobočkových mobilních telefonů je možné zvážit úplnou náhradu volání z VoIP telefonů, jelikož tyto telefony se nacházejí stále na jednotlivých pobočkách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SOSINSKY, Barrie A. *Mistrovství – počítačové sítě*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 840 s. Mistrovství (Computer Press). ISBN 978-80-251-3363-7.
- [2] WALLACE, Kevin. *Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. Samostudium. ISBN 978-80-251-2228-0.
- [3] EMPSON, Scott. *CCNA kompletní přehled příkazů: autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 336 s. ISBN 978-80-251-2286-0.
- [4] ODOM, Wendell, Rus HEALY a Naren MEHTA. *Směrování a přepínání sítí: autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 879 s. ISBN 978-80-251-2520-5.
- [5] SELECKÝ, Matúš. *Penetrační testy a exploitace*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2012, 303 s. ISBN 978-80-251-3752-9.
- [6] WALLACE, Kevin. *VoIP bez předchozích znalostí*. Vyd. 1. Překlad Jan Gregor. Brno: Computer Press, 2007, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.
- [7] BAZALA, David. *Telekomunikace*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0201-9.
- [8] HUCABY, David. *Konfigurace směrovačů Cisco*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, 632 s. ISBN 80-722-6951-8.
- [9] Understanding Jitter in Packet Voice Networks. *Understanding Jitter in Packet Voice Networks* [online]. 2006, s. 7, 2015-02-02 [cit. 2015-04-29]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/18902-jitter-packet-voice.pdf>
- [10] Siemens nebo Unify. *Apenex: Prodej a servis komunikačních systémů* [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.apenex.cz/telefonni-ustredny/telefonni-ustredny-pbx-siemens-unify/ustredny-siemens-nebo-unify>
- [11] Lekce - 7 Telefonní linky: Časový multiplex - PCM - digitální telefonie. PLHAL, Pavel. [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://telefon.unas.cz/jts/116.htm>
- [12] MINITEL S.R.O. *Odorik.cz: levné volání do celého světa* [online]. Brno, 2015, 2015-04-10 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.odorik.cz/>

- [13] CANISTEC S.R.O. *Mujtelefon: levné volání z pevné linky* [online]. Dřísy, 2015, 2015-03-01 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <https://www.mujtelefon.cz/>
- [14] *Ceteris s.r.o.: VOIP telefonování zdarma - Sbohem pevná linko* [online]. Zlín, 2015, 2014-11-10 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://sbohempevnalinko.cz/>
- [15] YEASTAR INFORMATION TECHNOLOGY CO., Ltd. *NeoGate TE100 Datasheet* [online]. Xiamen, China, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://yeastar.com/Products/NeoGate-PRI-VoIP-Gateway-TE100/>
- [16] YEASTAR INFORMATION TECHNOLOGY CO., Ltd. *NeoGate TE100 Administrator Guide* [online]. Xiamen, China, 2013 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://yeastar.com/Products/NeoGate-PRI-VoIP-Gateway-TE100/>
- [17] PETERKA, Jiří. Jiří Peterka: Není VOIP jako IP telefonie. *Jiří Peterka: Není VOIP jako IP telefonie* [online]. Praha, 2011, 2011-10-03 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b07/b1000001.php3>
- [18] PETERKA, Jiří. Jiří Peterka: Báječný svět počítačových sítí, část XXII:Gigabitový a ještě rychlejší Ethernet. *Jiří Peterka: Část XXVII: Pevná telefonní síť a její využití pro přenos dat* [online]. Praha, 2007, 2007-08-03 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b07/b0700001.php3>
- [19] Jihočeská univerzita, Základní principy přeměny analogového signálu na digitální. In: *Základní principy přeměny analogového signálu na digitální* [online]. České Budějovice, 2011, 2011-05-04 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_inf/externi/kat_inf_11440/07_zakladni_principy_premeny_analogoveho_signalu_na_digitalni.pdf
- [20] *HiPath 3000 V6.0: Výkonná, modulární komunikační platforma pro malé a střední podniky* [online]. Praha: Siemens AG, 2005, 2005-12-01 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.ustredny.cz/download/HiPath3000cz.pdf>
- [21] ALLEGRO. *Darmowe Archiwum Allegro: TELEFON SIEMENS EUROSET 2005 GW. FV SKLEP SIEDLCE* [online]. Siedlce, 2012, 2012-12-31 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://archiwumallegro.com.pl/telefon+siemens+euroset+2005+gw+fv+sklep+siedlce-1_2061592266.html

- [22] SIEMENS AG. OptiPoint 500 economy: Návod k použití. [online]. Praha, 2006, 2006-06-03 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://www.ignumtel.cz/download/navody/optipoint_500_ec.,_basic,_st.,_adv._pro_hipath_4000_cz.pdf
- [23] Siemens Gigaset C450: Téléphone DECT. *OneDirect: Achat de telephone fixe et sans fil, talkie walkie, casque telephonique, standard telephonique...* [online]. Saint Estève, 2015, 2015-04-30 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.onedirect.fr/produits/siemens/siemens-gigaset-c450>
- [24] Gigaset C530 IP DUO. ATEL SERVIS SPOL. S R.O. *SIEMENS GIGASET: BEZDRÁTOVÉ TELEFONY GIGASET* [online]. Praha, 2014, 2014-05-05 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: http://www.gigaset.cz/voip-telefony/260882_gigaset-c530-ip-duo.html
- [25] TELESIS PX24m: IP telefonní ústředna. TELESIS TECHNOLOGIES S.R.O. *IP telefonní ústředny* [online]. Praha, 2015, 2015-04-10 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.telesis.cz/product/ip-ustredny/px24m/telesis-px24m-ip-telefonni-ustredna/1078>
- [25] OOKLA. *Pingtest.net: The Global Broadband Quality Test* [online]. Seattle, 2014, 2014-08-15 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.pingtest.net/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|--------|--|
| 3G | 3rd Generation. |
| ADSL | Assymetric Digital Subscriber Line. |
| ATA | Analog Telephone Adapter |
| ATM | Asynchronnous Transfer Mode |
| B-ISDN | Broadband Integrated Services Digital Network. |
| BRI | Basic Rate Interface. |
| CDMA | Code Division Multiple Access. |
| CLIP | Calling Line Identification Presentation. |
| ČTÚ | Český Telekomunikační Úřad. |
| DECT | Digital Enhanced Cordless Telecommunications. |
| DSP | Digital Sound Processor. |
| GSM | Global System for Mobile Communications. |
| HTS | Hlavní telefonní stanice |
| HW | Hardware. |
| IAX | Inter - Asterisk eXchange. |
| ICQ | I Seek You (zkratka z hovorové angličtiny). |
| IP | Internet Protocol. |
| ISDN | Integrated Services Digital Network. |
| ITU | International Telecommunication Union. |
| LAN | Local Area Network. |
| MG | Media Gateway. |
| MGCP | Media Gateway Control Protocol. |
| NAT | Network Address Translation. |
| NT | Network Terminator |

| | |
|-------|---|
| P2P | Peer-to-peer. |
| PBX | Private Branch eXchange. |
| PC | Personal Computer. |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PDF | Portable Document Format. |
| PRI | Primary Rate Interface. |
| QoS | Quality of Service. |
| RSVP | Resource Reservation Protocol. |
| RTP | Real-Time Transport Protocol. |
| SHDSL | Symmetric High Speed Digital Subscriber Line. |
| SONET | Synchronous Optical NETwork |
| SIP | Session Inicialization Protocol. |
| SPID | Service Profile Identifier. |
| SSH | Secure Shell. |
| STUN | Session Traversal Utilities for NAT. |
| SW | Software. |
| TA | Terminal Adapter |
| TDM | Time-Divisioning Multiplexing. |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| UDP | User Datagram Protocol |
| VDSL | Very High Speed DSL. |
| VoATM | Voice over Asynchronous Transfer Mode. |
| VoD | Voice over Data. |
| VoIP | Voice over Internet Protocol |
| VoFR | Voice over Frame Relay. |

- VPN Virtual Private Network.
- WAN Wide Area Network.
- Wi-Fi Wireless Fidelity.
- WLAN Wireless Local Area Network.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 1. Frekvenční pásmo [18]. | 14 |
| Obr. 2. Princip funkce VoIP [17]. | 18 |
| Obr. 3. Princip vysílání a příjmu hlasu přes VoIP [19]. | 19 |
| Obr. 4. Vzorkování a kvantování signálu [11]. | 19 |
| Obr. 5. Router CISCO 851 [2]. | 28 |
| Obr. 6. VoIP brána Linksys PAP2T. | 29 |
| Obr. 7. VoIP telefonní přístroj Yealink SIP - T20. | 30 |
| Obr. 8. VoIP telefonní ústředna Telesis PX24m-IP [25]. | 31 |
| Obr. 9. Jitter - upravený stream paketů [9]. | 33 |
| Obr. 10. Jitter - zahozený paket v důsledku zpoždění [9]. | 34 |
| Obr. 11. Chybovost [9]. | 34 |
| Obr. 12. Stávající telefonní ústředna centrála [20]. | 40 |
| Obr. 13. Stolní telefonní přístroj Siemens Euroset 2005 [21]. | 41 |
| Obr. 14. Stolní systémový telefonní přístroj Siemens Optipoint 500 Economy [22]. | 41 |
| Obr. 15. Přenosný telefonní přístroj Siemens Gigaset C450 [23]. | 42 |
| Obr. 16. Stolní telefonní / faxový přístroj Siemens HF 2440. | 42 |
| Obr. 17. Ukázka možností konfigurace linky [12]. | 53 |
| Obr. 18. VoIP brána Yeastar NeoGate TE-100 [15]. | 54 |
| Obr. 19. Bezdrátový telefonní přístroj Siemens Gigaset C530 IP Duo [24]. | 55 |
| Obr. 20. Ukázka konfigurace C530 IP - nastavení sítě. | 56 |
| Obr. 21. Ukázka konfigurace C530 IP - přehled účtů. | 57 |
| Obr. 22. Ukázka konfigurace C530 IP - VoIP profily. | 58 |
| Obr. 23. Ukázka konfigurace C530 IP - VoIP profily - servery. | 59 |
| Obr. 24. Ukázka konfigurace C530 IP - přiřazení sluchátek. | 60 |
| Obr. 25. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - přehled nastavení. | 61 |
| Obr. 26. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení sítě LAN. | 61 |
| Obr. 27. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení sítě WAN. | 62 |
| Obr. 28. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení směrování. | 62 |
| Obr. 29. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - přehled VoIP účtů | 63 |
| Obr. 30. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - konfigurace VoIP účtu. | 63 |
| Obr. 31. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení SIP. | 64 |

| | |
|--|----|
| Obr. 32. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení kodeků..... | 65 |
| Obr. 33. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - nastavení QoS. | 65 |
| Obr. 34. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - stav VoIP účtu..... | 66 |
| Obr. 35. Ukázka konfigurace Neogate TE100 - systémové informace..... | 66 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1. Přehled kodeků [6]..... | 24 |
| Tab. 2. Telefonie - stav v roce 2014. | 38 |
| Tab. 3. Internetová konektivita poboček..... | 43 |
| Tab. 4. Internetová konektivita centrála..... | 44 |
| Tab. 5. Testování kvality konektivity - stabilita, odezva, jitter. | 45 |
| Tab. 6. Vhodnost Internetové konektivity. | 46 |
| Tab. 7. Cenová nabídka hotového řešení. | 49 |
| Tab. 8. Srovnání VoIP operátorů. | 51 |
| Tab. 9. VoIP operátoři - srovnání poplatků. | 51 |
| Tab. 10. VoIP operátoři - souhrnná roční kalkulace..... | 51 |
| Tab. 11. Kalkulace úspor - paušální poplatky..... | 76 |
| Tab. 12. O2 ceny volání. | 76 |
| Tab. 13. Hovorné centrála společnosti - přehled. | 77 |
| Tab. 14. Hovorné po nasazení VoIP telefonie. | 77 |
| Tab. 15. Kalkulace úspor - náklady na pořízení HW..... | 78 |
| Tab. 16. Kalkulace úspor - náklady na přenos čísel..... | 78 |
| Tab. 17. Kalkulace úspor - náklady na práci..... | 79 |
| Tab. 18. Kalkulace úspor - úspory na hovorném. | 79 |
| Tab. 19. Kalkulace úspor - celkové vyčíslení. | 79 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|--|----|
| Graf 1. Vývoj měsíčních nákladů na paušály pevné linky..... | 80 |
| Graf 2. Vývoj nákladů na přechod na VoIP telefonii - postupný přechod..... | 81 |
| Graf 3. Návratnost investice při jednorázovém nákupu..... | 81 |