

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA APLIKOVANÉ INFORMATIKY

Analýza a návrh telekomunikačního systému ve výrobním podniku
Telecommunication System Analysis and Design in Manufacturing
Company

Student: Radek Vymětal

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Vymětal**

Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika

Studijní obor: 6209R001 Aplikovaná informatika

Téma: **Analýza a návrh telekomunikačního systému ve výrobním podniku
Telecommunication System Analysis and Design in Manufacturing
Company**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretická východiska řešení komunikačního systému
3. Popis současného stavu a požadavků podniku
4. Analýza variant a výběr vhodného řešení
5. Zhodnocení a implementace zvolené varianty
6. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

WALLACE, Kevin. *VoIP bez předchozích znalostí: Váš vstup do světa IP telefonie*. Překlad Jan GREGOR. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1458-2.

VOZŇÁK, Miroslav. *Voice over IP*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1828-3.

MEGGELEN, J. van, L. MADSEN a J. SMITH. *Asterisk™: The Future of Telephony*. 2nd ed. Sebastopol (USA): O'Reilly Media, 2007. ISBN 978-0-596-51048-0.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.**

Datum zadání: 23.11.2012

Datum odevzdání: 10.05.2013





Ing. Petr Rozehnal, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Analýza a návrh telekomunikačního systému ve výrobním podniku” jsem vypracoval včetně všech příloh samostatně pod vedením mého vedoucího bakalářské práce, odborného konzultanta a s použitím dostupné odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsem všechny uvedl v seznamu použité literatury.

V Ostravě dne 7. 5. 2013

.....

(podpis autora)

Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Rozehnalovi, Ph.D. za připomínky, konzultace a odborné vedení. Současně bych chtěl poděkovat mému konzultantovi panu Mgr. Michalu Vrbovi, za odborné konzultace, rady a náměty pro zpracování této bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod	4
2	Teoretická východiska řešení komunikačního systému	5
2.1	Komunikační systém.....	5
2.2	Historie telefonie.....	5
2.3	Telefonie.....	7
2.4	Voice over internet protocol (VoIP)	8
2.5	Kodování a Kodeky	13
2.6	Protokoly	16
2.7	Bezpečnost	19
2.8	Rozhodování.....	20
2.9	Náklady.....	22
3	Popis současného stavu a požadavků podniku	23
3.1	O společnosti	23
3.2	Současný stav	23
3.3	Požadavky firmy:	25
4	Analýza variant a výběr vhodného řešení	27
4.1	Rozhodovací analýza	28
5	Zhodnocení a implementace zvolené varianty	51
5.1	Zhodnocení varianty vlastního serveru s instalací Asterisk	51
5.2	Implementace	52
6	Závěr.....	57
	Zdroje:	58
	Seznam zkratk	61
	Seznam příloh.....	64

1 ÚVOD

Telefonie je způsob komunikace mezi osobami v reálném čase na velkou vzdálenost prostřednictvím přenosu lidského hlasu. Spojení lze navázat pomocí hardwarového telefonu nebo jeho dalších forem, například softwarovým řešením komunikace. Telefon a s ním celá telekomunikační technika začaly být již od svého vynalezení usilovně rozvíjeny. Od provozu první ústředny v roce 1878 uběhlo přes 130 let.

Indicií k napsání této bakalářské práce je převažující stav digitální telefonie ISDN v podnicích a současné moderní možnosti pro zajištění telekomunikace. Vývoj telekomunikační techniky nám umožňuje zajistit spojení ve firmě novými technologiemi virtuálních ústředen a VoIP technologií, které dovolují snižovat náklady a současně přinášejí nové možnosti využití.

Cílem mé bakalářské práce je analýza a návrh telekomunikačního systému ve výrobním podniku - konkrétně navrhnout řešení nedostatečné kapacity telefonní ústředny se záměrem dosáhnout úspory nákladů, širšího využití komunikačních možností ve firmě a tím přispět k jejímu dalšímu rozvoji.

První část mé práce je věnována teoretickému poznání komunikace se zaměřením na telekomunikaci. Na úvod se věnuji komunikaci obecně, ve zkratce uvádím vývoj telefonie a telefonních ústředen. Dále se zaměřuji na současné možnosti telefonie, stručně popisuji metody modulace signálu pro přenos neboli kódování a kodeky. Větší pozornost je věnována těm, které se v praxi nejvíce využívají. Zabývám se protokoly pro přenos signalizace a hlasových dat a bezpečností. V závěru teoretické části se věnuji rozhodovacímu procesu a využití rozhodovací analýzy.

V praktické části práce se po sestavení analýzy současného stavu věnuji návrhům možných řešení, jejich zhodnocení a následně výběru optimální varianty pro firmu a její následné implementaci. Věřím, že mé návrhy pomohou vedení firmy v orientaci při rozhodování a že navržená varianta bude nakonec realizována.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ŘEŠENÍ KOMUNIKAČNÍHO SYSTÉMU

2.1 KOMUNIKAČNÍ SYSTÉM

Aby byly lépe pochopitelné principy dnešní komunikace, musí zde být nejprve vysvětleno několik základních pojmů. Slovo komunikace vychází z latinského slova "communicare", což znamená sdílet, radit se. V současnosti má komunikace význam přenosu, sdělování a výměny informací [11]. Při komunikaci jsou tedy vyměňovány informace, které jsou chápány jako zprávy, údaje. Komunikaci může být rozdělena na verbální (slovní, písemnou), neverbální (mimika, gestikulace) a v dnešní době převažující elektronickou komunikaci, která se skládá z mediální komunikace, informačních technologií a telekomunikace. Obsahem telekomunikace je spojení na dálku s využitím telefonu, telegrafu nebo přenosu informací skrze internet. Jiné rozdělení komunikace je na interpersonální (mezi dvěma lidmi), skupinovou a masovou (televize, internet, tisk). Nyní bude třeba vysvětlit pojem komunikační systém, který znamená uskupení komunikačních sítí, přenosových systémů, relé a pomocných stanic a koncových zařízení propojených v jeden integrovaný spolupracující celek [12],[13].

V této práci bude řešena problematika telekomunikací, převážně oblastí telefonních ústředí, jakožto hlavního prvku telekomunikačního systému společnosti.

2.2 HISTORIE TELEFONIE

První telefon, byl vynalezen v roce 1876 Alexandrem Grahamem Bellem. Neobsahoval nic kromě telefonní krabičky, nebylo tedy možné žádným způsobem vytočit číslo. Spojení s dalším telefonem bylo realizováno pomocí operátora, který hovor v ústředně propojil [1]. Zajímavostí je, že prvním vynálezcem byl Antonio Meucci, který telefon vynalezl již v roce 1856, ovšem nepřihlásil svůj patent a ten mu vypršel [2].

Roku 1889 byl Almondem Brownem Strowgerem vynalezen mechanický telefonní přepínač, který umožnil uskutečnit hovor pouze mezi volajícím a volaným tedy bez interakce operátora [1].

Historii klasické telefonie může být rozdělena do dvou etap na telefonii analogovou a digitální, jejíž éra začala od roku 1972. Ze začátku došlo k digitalizaci přenosových systémů, následovaly pak systémy spojovací. Digitalizace byla založena na pulzní kódové modulaci

"Pulse Code Modulation" (dále uváděno ve zkratce PCM). Hlavní nedostatky analogové telefonie byly především v přenášení šumu a přeslechů [2].

Nyní si můžeme připomenout, jak probíhal vývoj telefonních ústředen v závislosti na technologii (spojovacího pole, řízení spojení) a kvality služby. Podle uvedených elementů je tento vývoj rozdělen do šesti generací.

Nultá generace, je generací prvních ústředen, které se označují jako manuální ústředny. Využívaly spojovatelku a přímého spojení, vyzvonění druhého účastníka spojovatelkou, následovalo ruční propojení drátů v ústředně.

První generace, již využívala automatického vyzvonění, spojení i zrušení hovoru. Ústředny pracovaly s relátky a elektromagnetickými prvky. Spojení probíhalo synchronně, ale byla zde velká poruchovost. Docházelo k prvnímu propojování meziměstských ústředen. Kapacita ústředen v praxi zajišťovala obsluhu pouze čtyř hovorů současně.

Druhá generace se vyznačovala elektromechanickými ústřednami s křížovými spínači. Uplatňovaly se zde první asynchronní technologie a bylo patrné mírné snížení poruchovosti na hodnotu jedné poruchy za 24 hodin. Na druhou stranu se provoz stal nákladnějším z důvodu potřeby vyšší odbornosti obsluhy. Zákazníkům přinesla tarifkaci hovorů.

Dva a půltá generace byla mezigenerací, ve které jsou využívány jak systémy obsahující relé, tak i polovodiče a to především z důvodu vysoké ceny za novou technologii na bázi tranzistorů.

Třetí generace byla charakteristická přechodem na polovodiče a nahrazením spojovacího pole za pole elektronické. Poruchovost se výrazně snížila, ovšem hovor byl stále analogový. Začala se objevovat nekompatibilita jednotlivých ústředen při spojení mezi sebou. Řešení tohoto problému přinesly až mezinárodní telekomunikační organizace a jimi vydávané normy.

Tři a půltá generace se vyznačovala využíváním digitálního spojovacího pole, při současném analogovém hovorovém signálu. Z důvodu převodů analogového signálu přes uzly telefonní sítě, docházelo k jeho útlumu, zkreslení a bylo nutné signál se vzrůstající vzdáleností zesilovat, což vedlo současně i k zesílení šumu.

Čtvrtá generace disponovala technologií časového spojovacího pole, které prohazovala digitální hovorová data mezi časovými rámci a zaváděla multiplování (sdružování spínačů v jednom článku za účelem zvětšení spojovacího pole). Tato generace je známá malými

rozměry ústředěn spolu s jejich velkou kapacitou. Docházelo ke sjednocení signalizačního systému na signalizační systém číslo 7 (SS7) a možnosti se připojit přes "Integrated Services Digital Network" (dále uváděno jako ISDN) terminál (jeho pomocí vytvářet plně digitální spojení).

Pátá generace se od ostatních generací velmi liší především z důvodu využívání internetové sítě a využívání "Voice over Internet Protokol" (VoIP) technologie. Jedná se o využívání jak tzv. „Soft telefonů“ tedy PC vybavené zvukovou kartou a mikrofonom, tak i hardwarových - IP telefonů. Využívají převážně protokol H. 323, SIP [3].

V následujících kapitolách bude proveden rozbor posledních dvou generací, poněvadž jsou využívány v současnosti.

2.3 TELEFONIE

Telefonie je rozdělena na analogovou, digitální a telefonii, jež využívá internet neboli VoIP telefonii. První dvě rozdělení budou popsána v této kapitole, VoIP telefonii bude z důvodu velkých rozdílů věnována následující kapitola.

2.3.1 ANALOGOVÁ TELEFONIE

Využívá síť "public switched telephone network" (dále uváděné jako PSTN) pro hlasové spojení a hovor dvou stran. Lidský hlas dosahuje frekvence 20–20 000 Hz, pro přenos se však využívá pouze pásma 300–3 500 Hz. I přes toto výrazné omezení je přenášena většina zvuků, které je při hovoru produkována. Ke ztrátám dochází převážně ve vyšších frekvencích.

Analogové telefony potřebují napájení 48 voltů stejnosměrného proudu pro stav zavěšení („on-hook“) a 7 voltů pro stav vyvěšení („off-hook“). Které je dodáváno po telefonním kabelu od telefonní společnosti nebo z ústředny společnosti.

Nedostatkem analogového signálu byl jeho šum, nízká hlasitost a další nežádoucí jevy vyskytující se převážně při přenosu na velké vzdálenosti v řádech tisíců km [4].

2.3.2 DIGITÁLNÍ TELEFONIE

Řešením nedostatku analogového signálu bylo měření charakteristických rysů originálního signálu a tyto výsledné informace následně přeposílat. Po přeposlání učinit zpětnou rekonstrukci signálu, tedy vytvořit nový signál se shodnými rysy jako měl signál původní. Rekonstrukce se ukázala natolik dobrou, že lidský sluch nebyl schopen rozpoznat žádný rozdíl. Tímto způsobem řešený přenos již neměl vliv na kvalitu signálu ani v delších

přenosových vzdálenostech z důvodu, že během přenosu signálu bylo možné nežádoucí jevy odhalit a eliminovat.

Převod signálu do podoby charakteristických rysů (digitálního signálu) je realizován prostřednictvím PCM [4]. Základní princip PCM kódování bude vysvětlen v kapitole 2.5.

Digitální telefonie využívá síť ISDN, která funguje na principu přepojování okruhů, digitalizaci analogového signálu pomocí kódování PCM a oddělení hlasové komunikace od řídicí. Po této síti se přenáší signál pomocí 8 bitového vzorku 8 000 krát za sekundu. Využívá tedy šířku pásma 65 536 b/s neboli zjednodušeně 64 kb/s. Ovšem pouze přenos hlasu po sítích ISDN nestačí. Je nezbytné přenášet navíc ještě signalizační informace pro správné směrování v síti [4]. Signalizačním informacím (protokolům) je věnována vlastní podkapitola 2.6.1.

ISDN je složena z informačního B-kanálu s kapacitou 64 kb/s pro přenos vlastního hlasu a D-kanálu o kapacitě 16 kb/s, který je určen pro přenos signalizace. Existují dva druhy přístupů a k nim dva druhy rozhraní.

- A) **Základní přístup** rozhraním o základní rychlosti (tzv. BRI – Basic Rate Interface) – obsahuje dva B-kanály a jeden D-kanál. Informační tok všech tří dohromady je 144 kb/s.
- B) **Primární přístup** rozhraním o primární rychlosti (tzv. PRI – Primary Rate Interface) – obsahuje 30 B-kanálů (Evropa) nebo 23 B-kanálů (USA). V obou systémech existuje jeden D-kanál tentokrát ovšem s kapacitou stejnou jako B-kanál tedy 64 kb/s. Tento přístup má informační tok 2 048 kb/s (v USA 1 544 kb/s) [5].

2.4 VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP)

Jak bylo uvedeno již při popisu historie telekomunikace, je VoIP další evoluční etapou telefonie. Namísto telefonních drátů se přechází k využívání datových linek.

2.4.1 VÝVOJ IP TELEFONIE

Začátek vývoje se převážně orientoval na využívání počítačových aplikací jakožto nástroje IP telefonie. Kde spojení probíhalo prostřednictvím dvou aplikací, které umožnilo odzkoušet možnosti nové technologie.

Následovalo propojení se sítí PSTN. Bylo možné využívat spojení mezi IP telefonii a telefonii digitální. Zde se zaměření rozděluje na korporátní (v rámci pobočkových ústředěn společnosti) a osobní, kde se realizuje převod z VoIP do PSTN sítě.

V zatím poslední vývojové fázi je možné digitální telefonii již plně nahradit IP telefonii a to jak v rámci podnikových ústředěn tak i domácností [2].

2.4.2 POŽADAVKY PRO NASAZENÍ IP TELEFONIE

V dnešních sítích, kdy se přenáší data, hlas i obraz v jedné fyzické síti [1], je vhodné, aby v rámci páteřní internetové i podnikové sítě byly aplikovány nástroje kvality služby, více známé pod anglickým názvem "Quality of Service" (dále uváděné jako QoS), aby především přístupové sítě měly dostatečnou přenosovou kapacitu v závislosti na souběžných hovorech. Samozřejmostí je předpoklad kvalitního, garantovaného (spolehlivého) připojení k internetové síti [2].

Jiné prameny uvádějí *jako základní požadavky trvalou dostupnost služby, jednosměrné zpoždění pod 150 ms*, [5, s. 289], přijímané pakety musí mít stejnou formu jak pakety odesílané, (ztráty či větší zpoždění mají výrazný vliv na kvalitu hovoru. Pokud je zpoždění překračující 300 ms, je obtížné se vyhnout vzájemnému přerušování a nad 500 ms je komunikace téměř nemožná nebo alespoň velmi frustrující) [4], *privátnost hovorů (ochrana proti odposlechu), garantovaná vysoká kvalita a odezva v reálném čase* [5, s. 289].

Quality of Service

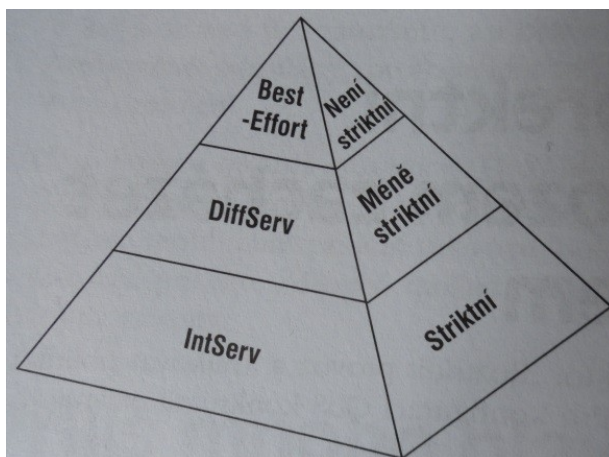
Pro přenos hlasu nebo videa v reálném čase je nezbytné zajistit co nejmenší odchylky ve zpoždění a minimalizovat ztrátu paketů. Z těchto důvodů je potřeba zajištění (garance) udržitelnosti kvality v rámci určitých mezí a k tomu slouží QoS [5].

U QoS se určují různé metriky. Jsou to například koncové zpoždění, kolísání zpoždění (jiter), ztráta paketů a šířka pásma. Nejvyužívanějším nástrojem k podpoře QoS v IP je "Differentiated Service Code Point" (DSCP), pomocí něhož lze provoz sítě roztrždit do 64 tříd za pomoci 6 bitů a využitím mechanismu diferencovaných služeb (DiffServ). Rozdělení do tříd se může realizovat podle několika znaků MAC adresy, fyzického portu přepínače, IP adresy nebo označení aplikace (podle portů které využívá). Mezi další funkce DSCP patří mapování QoS, řízení přístupu k médiu a přidělování síťových prostředků - rezervací nebo upřednostněním provozu [5].

Zmínili jsme pojem DiffServ, tento mechanismus využívá tři variant předávání dat mezi dvěma uzly. **Urychlené předávání** (Expedited Forwarding) - rezervuje všechny

potřebné vlastnosti pro daný typ provozu, **zajištěné předávání** (Assured Forwarding) - garantuje rychlost předávání a stanovuje pro různý provoz, jenž je rozdělen do 4 tříd, přičemž každá využívá určené prostředky, různé priority (ke každé třídě 3 úrovně, celkem tedy 12 pravidel). Poslední ze tří variant je **základní služba** (Best-Effort) – provoz je přenesen co nejlepším způsobem, využívá se nejvíce pro datové přenosy [5].

K této definici autorky Pužmanové, která vychází z RFC (Request For Comments – označení standardů internetu), je obdobná definice od autora Wallace, který definuje ještě nad úroveň zmíněných mechanismů s označením kategorie QoS (viz. obrázek 2-1 Kategorie QoS) a rozděluje je na **Best-Effort** – neprobíhá přeskupování paketů, využívá řídicí metodu FIFO, **DiffServ** – neprovádí se rezervace, pouze se označuje provoz a je na síťových prvcích, jak s ním naloží, **Integrated Services** (IntServ) – provádí striktní rezervaci pásma pomocí signalizací mezi síťovými zařízeními, ovšem s nedostatkem škálovatelnosti [1]. Dále se pak u podskupiny DiffServ shoduje s autorkou Pužmanovou.



Obrázek 2-1 Kategorie QoS
Zdroj: [1, s. 154]

2.4.3 VOIP ŘEŠENÍ

Podstatou je přechod ze současné digitální telefonie na telefonii založenou na datových linkách pomocí technologie (VoIP). Tento přechod má své výhody ale i nevýhody. V následující části budou ty hlavní z nich uvedeny a popsány jednotlivé komponenty VoIP teologie.

Jaké jsou výhody VoIP řešení? Je jich hned několik:

- I. úspora nákladů, z důvodu využívání pouze jedné datové sítě místo původních dvou sítí (datové a telefonní),
- II. snížení cen při volání do zahraničí (podobné ceny jako v tuzemsku),

- III. větší mobilita pracovníků (softwarový telefon připojený odkudkoliv, stačí pouze připojení k internetu),
- IV. nové funkce telefonie.

Na druhou stranu existují i nevýhody VoIP řešení:

- I. specifické požadavky na připojení k síti internet a závislost na něm. (blíže předchozí podkapitola 2.4.2 požadavky pro nasazení IP),
- II. vyšší investice do pořízení HW (ústředna, telefony) [1].

Sít' VoIP obsahuje následující komponenty.

IP telefony- jsou připojeny nejčastěji pomocí ethernetové sítě. Pro VoIP řešení je možné využívat i analogové telefony díky převodníkům. V tomto případě ale nejde o plnohodnotné VoIP řešení a přichází se tím o část nových funkcí.

Zprostředkovatele volání- slouží jako náhrada některých funkcí pobočkových telefonních ústředí (Private Branch exchange, dále uváděné ve zkratce PBX).

Brány- provádí vzájemnou konverzi mezi odlišnými druhy sítí. Nejčastěji mezi datovou sítí a sítí PSTN.

Řadiče spojení (gatekeeper)- předchází zahlcení a zajišťují, aby hovory měly dostatečnou kapacitu sítě. Neumožní další hovor, pokud by v síti způsobil zahlcení.

Řadiče konference (Multipoint Control Units, MCU) – využívají se pro konferenční hovory, při kterých plní funkci spojování hlasových proudů. Pro tuto funkci je potřeba velký výpočetní výkon, jenž mohou dodávat digitální signálové procesory (DSP).

Ethernetové přepínače (switche) s podporou hlasu. Jedná se o modifikaci standardních ethernetových přepínačů – (aktivních síťových prvků, které propojují segmenty sítě) s funkcí QoS a Power over Ethernet (PoE) [1].

VoIP řešení využívající IP telefony vyžaduje zajistit přísun elektrické energie pro jejich napájení, což může ve výrobních podmínkách způsobovat obtíže. Tuto závislost lze řešit napájením pomocí Ethernetu, jehož principy si nyní objasníme.

Napájení po Ethernetu (Power over Ethernet - PoE)

Je zaštitěno normou IEEE 802.3af, Jedná se o přenášení elektrického proudu po kabeláži UTP, které současně slouží jako přenosové médium pro datový tok. Je zaštitěno normou IEEE 802.3af, U této technologie bylo nejobtížnější zjištění, které z připojených zařízení napájet.

Řešením bylo vysílání nízkonapětového signálu do 25 kiloohmů a pomocí něho vyhledání zařízení, které se vyznačují určitou hodnotou Maintain Power Signature (MPS). S nalezením takového zařízení bylo zahájeno napájení. Tím se docílilo ochrany zařízení, jako jsou servery, tiskárny a dalších. Napájení je realizováno napětím 48 V s 15 W, na koncovém zařízení je však důsledkem ztráty napětí 13 W. Tento proud dostačuje pro napájení bezdrátových přístupových bodů a IP telefonů [5]. IP telefony mají průměrnou spotřebu 2 až 3 W a jejich napájení je nejčastěji realizováno pomocí PoE switche, který umožňuje vzdálené odpojení přívodu energie (portů) připojených IP telefonů nebo jejich napájení v určitém čase.

Nepřerušitelný zdroj energie (Uninterruptible Power Supply - UPS)

Jedná se o zařízení plnící funkci krátkodobé (rozmezí minut až hodin) dodávky energie z akumulátorů v případě výkyvů vstupního napětí či výpadku elektrické sítě. Hlavním cílem je ochrana dat a citlivých zařízení před poškozením vlivem nestability elektrické sítě či jejího výpadku. UPS můžeme rozdělit podle technologie na tři skupiny:

- off-line - mají jednoduchý princip, kdy napájení jde přímo ze vstupu na výstup a při přerušení napájení se přepne na napájení z akumulátoru s určitou prodlevou (cca 5-30ms),
- line-interactive - vylepšení předchozí varianty, umožňuje bez přechodu na akumulátor skokově stabilizovat výstupní napětí na napětí blízké předepsanému. K tomuto účelu využívá transformátor. Když nestabilita napětí překročí možnostmi transformátoru nebo vypadne síť, přepne se na baterii,
- on-line - nejpokročilejší typ UPS, napájí spotřebiče z akumulátoru, který se současně dobývá, nedochází tedy k žádným prodlevám při výpadku sítě. Napětí prvně prochází přes filtry, následně se usměrňuje (stabilizuje) a mění na výstupní napětí 230 V [19],[20].

2.4.4 VIRTUÁLNÍ ÚSTŘEDNA

Co vlastně pojem virtuální ústředna znamená? Jedná se nejčastěji o vzdálenou IP PBX, jejíž služby lze pronajmout s využitím internetu. Tento “pronájem” se nazývá software as a service (SaaS), při kterém externí hostující společnost spravuje celý telefonní systém společnosti. Výhodou je, že společnost může směřovat svou pozornost k hlavnímu poslání a nemusí sama řešit zajištění profesionálního telekomunikačního systému [17].

SaaS je druh cloud computingu a v tomto kontextu znamená, že poskytovatel virtuální ústředny má nad ní plnou administrativní kontrolu a zodpovídá za aktualizace SW, obnovu HW, údržbu a bezpečnost. Uživatelé za tyto služby platí zpravidla pravidelné měsíční

poplatky. Ty jsou buď fixní, nebo stanoveny podle toho jak využívají nasmlouvané služby [18].

Pro koho je vlastně virtuální ústředna vhodná? Především pro společnosti, které mají velké množství malých poboček nebo mobilních pracovníků, ale také pro malé, v některých případech i střední společnosti, jež mají pouze jednu pobočku. Takovým společnostem se často nevyplácí investice do pořízení vlastní PBX ústředny. Společnostem stačí vlastnit či pronajmout IP telefony. Pro velké společnosti toto řešení vychází zpravidla nákladněji než pořízení vlastní PBX [6].

2.5 KODOVÁNÍ A KODEKY

2.5.1 KÓDOVÁNÍ

Kódováním se rozumí algoritmus nebo zařízení pro zmenšení velikosti audiovizuálních dat.

Kódování, z něhož některá další vycházejí, je kódování "Pulse Code Modulation" PCM. Jak anglická zkratka napovídá, skládá se z vzorkování, kvantování a kódování. Tento typ kódování využívá i síť ISDN [2]. Vzorkování vychází z průběhu signálu, kde na amplitudě analogového signálu je prováděno v každém intervalu vzorkování s určitou vzorkovací frekvencí [4]. Jde vlastně o pulsně-amplitudovou modulaci – z analogové amplitudy do upravené amplitudy, která je tvořena odebranými vzorky, je ale stále v analogovém formátu [1]. Jak ale zvolit optimální vzorkovací frekvenci? Pokud by se odebíralo méně vzorků, docházelo by ke zkreslení signálu na straně příjemce – aliasing, naopak při více odebraných vzorcích nastává převzorkování, které zbytečně spotřebovává šířku pásma [1].

U telefonního hovoru byla jako dostačující určena hodnota 8 b (tzn. 8 000 vzorků za sekundu). Pod hranicí 8 b je již zvuková kvalita příliš nízká. Toto určení vycházelo z věty Harryho Nyquista: „*Při vzorkování signálu, vzorkovací frekvence musí být dvakrát větší, než je šířka pásma vstupního signálu k tomu, aby byla schopna dokonale rekonstruovat originální signál ze vzorkované verze*“ [4, s.176].

Na takto odebraný vzorek se následně aplikuje kvantování, což je prohledávání naměřené amplitudy a určení její hodnoty. Nebylo by účelné zaznamenat přesnou hodnotu (z důvodu jejich rozmanitosti), proto se využije zaokrouhlování. Zaokrouhlování ovšem způsobuje kvantizační chybu (deformaci hlasu). Pro zmírnění deformace využíváme místo lineární stupnice logaritmickou, u které v nižších intenzitách měříme častěji [1].

Podle výše uvedené Nyquistovy věty lze určit, že k přenosu hlasu postačuje 64 kb/s. 8 000 vzorků za sekundu krát 8 b za sekundu (každý vzorek je zaznamenán na 8 b) [1].

Na závěr se před odesláním provádí kódování, což je přiřazení kombinace binárních čísel každé úrovni [5]. Po provedení této operace je výsledný diagram vlastně řadou jedniček a nul připravených k přenosu [1]. Následuje přenos sítí, který je uskutečňován pomocí časových rámců multiplexu. Na straně příjemce se diagram rekonstruuje na analogový signál, jenž je téměř totožný s původním signálem [4], [5].

Využití našly i modifikace PCM například "Differential Pulse Code Modulation" (DPCM) – kóduje se pouze rozdíl oproti předpokládanému průběhu signálu. Výsledkem toho je snížení objemu přenášených dat [2], [1].

Druhou modifikací je "Adaptive Differential Pulse Code Modulation" (ADPCM) – jedná se zlepšení DPCM o adaptivní přizpůsobení specifickým jazykům/ řeči. Díky tomu dochází k ještě většímu snížení množství dat než v případě DPCM [2].

Odlíšný způsob kódování nabízí "Linear Predictive Coding" (LPC) – využívá znalosti o mluvčím ústrojí člověka a simuluje hlas člověka díky hlasitosti a frekvenci. Pracuje na principu filtru vytvořeného z lidského hlasu. Pro zachování věrohodnosti se proces opakuje v krátkých časových intervalech 30 – 50 rámců za sekundu.

Kódování "Code Excited Prediction" (CELP) – zlepšení kódování LPC, zavedením „codebooku“ neboli tabulky obsahující průběhy rezidua (zachycuje např. sykot, jde o informace o tom, jak má řeč znít). Tuto tabulku mají obě strany, přenášejí se ale pouze indexy jednotlivých prvků. Ve skutečnosti jde o tabulky dvě. Jedna zahrnutá v kodeku obsahuje vzorky jedné výšky hlasu a druhá, která se průběžně doplňuje vzorky rezidua [2].

Modifikace kódování CELP jsou "Algebraic Code Excited Linear Prediction" (ACELP), "Low Delay Code Excited Linear Prediction" (LD-CELP) [2] a "Conjugate Structure Algebraic Linear Code Prediction" (CS-ACELP) – dynamicky vytváří „codebook“ a využívá vyrovnávací paměti pro zjištění shody s dalším vzorkem v „codebooku“. Pokud je shoda, zjištěna přenáší se pouze index prvku [1].

2.5.2 KODEKY

Kodek je prostředek pro převod analogového hlasu na jeho digitální podobu a zpět pro přenos internetem. Slovo kodek pochází se slov coder a decoder (kódování a dekodování dat) [4].

G.711 – kodek využívající jednoduché kódování PCM, které je bezztrátové. Běžně jej využíváme v klasické telefonní síti (PSTN) a ISDN. Výhodou je minimální zátěž CPU, jde o základní kodek, ze kterého jsou odvozeny některé ostatní [4]. Podporují jej všechna VoIP zařízení [5].

G.723.1 a G.723.2 – kodeky využívající kódování MP-MLP nebo ACELP, použití našly v IP telefonii. Oba již signál komprimují [2].

G.726 – využívá kódování ACPCM. Předností je zpracování bloků různé délky v závislosti na zpoždění. Šířka pásma dosahuje 16, 24, 32 nebo 40 kb/s. Kvalita je téměř srovnatelná s G.711, ovšem s využitím poloviční šířky pásma. Asterisk podporuje tento kodek pouze v jeho 32 kb/s variantě, která je ovšem nejpoužívanější [2],[4].

G.729 – má nejlepší poměr kvality, zpoždění a výkonu, [5] zajímavá je i jeho modifikace s označením G.729a, jejíž předností je především relativně dobrá kvalita při využití šířky pásma pouhých 8 kb/s. Využívá kódování CS-ACELP. Její nevýhodou je licencování, které je nutné pro její využívání [4]. Na druhou stranu má jednodušší algoritmus, a proto není tolik náročný na CPU. Varianta G.729b využívá detekce hlasu a nepřenáší zbytečný šum (pokud nedochází ke konverzaci, místo toho na výstupu šum generuje a tím šetří šířku pásma WAN) [1].

G.728 - využívá LD-CELP kódování. Další z kodeků jsou například GSM a iLBC [2].

Kromě těchto neznámějších a nepoužívanějších kodeků existují mnohé další, ale jejich celkový výčet není předmětem této práce.

Jednotlivé uvedené kodeky a jejich kódování shrnuje následující tabulka 2-1 Shrnutí kapitoly kodeky a kódování, která přehledně uvádí i potřebnou šířku pásma, "Mean Opinion Score" (MOS) a "Million Instruction Per Second" (MIPS). Co tyto zkratky znamenají? **MIPS** jsou jednotky výkonnosti počítače, milión instrukcí zpracovaných za sekundu. **MOS** slouží k zhodnocení kvality hlasu, škála hodnot je od 5 - 1 (bez zhoršení kvality po nevyhovující). Pro telefonní kvalitu je dostačující kvalita kolem hodnoty 4. Měření hodnot MOS je bohužel založeno na subjektivním názoru, využívá totiž pro určení hodnoty cvičný sluch [1].

Kodek	Typ	Rychlost [kb/s]	MOS	MIPS
G.711	PCM	64	4,20	0,1
G.723.1	MP-MLQ	5,33	3,65	16
G.723.2	ACELP	6,4	3,90	16
G.726	ADPCM	32	3,85	12
G.728	LD-CELP	16	3,61	33
G.729	CS-ACELP	8	3,92	20
G.729a ¹	CS-ACELP	8	3,27	20
G.729b	CS-ACELP	8	2,68	20

Tabulka 2-1 Shrnutí kapitoly kodeky a kódování

Zdroj: [2, s. 43]

2.6 PROTOKOLY

Pro větší přehlednost je tato podkapitola rozdělena na protokoly signální a přenosové podle druhu využívaných sítí na ISDN (PSTN) a internetové sítě.

2.6.1 SIGNALIZAČNÍ PROTOKOLY

Signalizací v PSTN sítích, lze dále rozdělovat hned z několika úhlů pohledu. Základní členění je podle využití kanálu po vyhrazeném kanále nebo společně s daty. Jiné členění je podle místa použití - na účastnickou, síťovou a vnitřní [5], [2].

Signalizace probíhají po společném kanálu mezi dvěma ústřednami, v některých případech i po vlastní signální síti. Zástupcem vyhrazené komunikace, která odděluje řízení (signalizaci) od vlastního přenosu, je metoda "Common Channel Signaling" (CCS), která zahrnuje detekci a opravu chyb, následné rušení volání při chybě. Je možné po ní uskutečnit současně tisíce spojení. Praktickým příkladem je využití v ISDN a SS7 [5].

Druhou metodou je "Channel Associated Signaling" (CAS), na rozdíl od předchozí se signalizace realizuje po nevyhrazeném kanálu tj. přenáší se společně s daty [5]. CAS se využívá pro identifikaci volajícího (Caller ID) a v metodě „robbed-bit“ (u americké specifikace T1 23 kanálů u PRI) [4].

Podle druhého členění signalizací rozlišujeme signalizaci síťovou, jejímž úkolem je propojení spojovacích systémů k tomu používá SS7 a signalizaci účastnickou pro připojení koncových terminálů i PBX [2].

¹ Licencovaný kodek, bez licence možno využívat jako passthrough nebo-li průchozí kodek [4]

SS7 - znakem systému je přepojování okruhů a samostatný kanál pro signalizaci. Skládá se z uzlů, signalizačních míst, "Service Switching Point" (SSP), "Signal Transfer Point" (STP) a "Service Control Point" (SCP) [5]. SSP slouží jako konečné síťové body pro vznik a zánik (splnění) požadavků na spojení. STP pracují jako tranzitní body pro směrování zpráv SS7, dělíme je na tři úrovně – národní, mezinárodní a protokolové brány. Po propojení všech komponent SS7 je vytvořena signalizační síť [2].

Signalizace v IP sítích

Rodina protokolů H.323 je souborem několika různých protokolů. Jejich účelem je konverze signalizace v IP sítích na signalizaci v sítích PSTN. Obsahuje protokoly pro zahájení, ukončení hovoru, kódování hlasových přenosů a videa. Obsahuje protokol H.225 - pro inicializaci hovoru a signalizaci volání RAS(registrace, přijetí, stav), H.245 – řízení hovoru, H.255 – signalizaci volání, H.323 – určuje funkce terminálu, brány, gatekeeperu a "multipoint control unit" (MCU) [5]. Většina uvedených pojmů byla vysvětlena v podkapitole 2.4.3 VoIP řešení, pouze pojem terminál je nový, proto je třeba jej vysvětlit.

Terminál je konečným bodem komunikace a provádí komunikaci s dalším terminálem. Příkladem je počítač a IP telefon, ten ale nepodporuje všechny funkce terminálu [1]. H.323 je dlouhodobě vyvíjen. Vznikl již roku 1996 a v dnešní době jde o robustní, ale spolehlivý protokol, který využívá nástrojů QoS [2].

Session Initiation Protocol (SIP) – jde o nejmladší protokol pracující na aplikační vrstvě, slouží pro inicializaci, modifikaci a ukončování relací [5]. Směrování hovorů je rozmístěno do různých zařízení v síti. Konečná zařízení (PC, IP telefon,...) se nazývají "user agents" (UA) a vyskytují se ve dvou typech **klient** (inicializují spojení) a **server** (odpovídají na spojení). Role jednotlivých zařízení se střídá v závislosti na tom, zda hovor zahajují nebo přijímají. V síti, která využívá protokol SIP, se pro tvorbu infrastruktury využívají SIP servery – proxy (předávají zprávy dalším SIP serverům), registrar (aktualizuje informace o aktuálním umístění klienta), redirect (podporuje přesměrování), location (aktuální umístění). Pro komunikaci se využívá zpráv (request, response) v textovém formátu [1]. Nevýhodou SIP je, že pouze navazuje a ukončuje spojení. Nedokáže tedy v průběhu hovoru zajistit QoS, ovšem pro její zajištění využívá dalších protokolů TCP/IP [5].

Hlavní rozdíly protokolů SIP a H.323 nám shrnuje příloha 1 porovnání protokolů SIP a H.323.

Dalším z protokolů je například řešení od společnosti Cisco **Media Control Gateway Protocol (MGCP)** – síť tvoří koncové body (rozumí se jimi porty například před IP telefony, hlasovými bránami), sloužící pouze k předání volání k dalšímu prvku sítě a to ke zprostředkovatelům volání. Za zprostředkovatele volání se v sítích Cisco považuje server Cisco Call Manager (CCM). Protokol pracuje podobně jako SIP – pouze ustanoví hovor, následně do probíhající komunikace již nezasahuje [1].

2.6.2 PŘENOSOVÉ PROTOKOLY

Realtime Transport Protocol (RTP) protokol, jehož hlavním účelem je zajištění přenosu datových paketů mezi dvěma koncovými body. Využívá "User Datagram Protocol" (UDP), který zajišťuje nespolehlivé spojení [1]. Ke svému účelu využívá řazení odeslaných paketů, časové značkování, multiplexování a demultiplexování. RTP obsahuje i kontrolu v doručování pomocí "Real Time Control Protocol" (RTCP), jenž při přenosu poskytuje informace o ztracených paketech a zpoždění, jeho rozšíření s dovětkem XR k tomu přidává parametr MOS. Nepracuje s nástroji QoS a nezabezpečuje rezervaci šířky pásma [2].

V roce 2004 došlo ke standardizaci varianty "Secure RTP" (SRTP), jež umožňuje šifrovaný přenos a přibyla také bezpečnostní opatření vztahující se na integritu, autenticitu, důvěryhodnost a ochranu zabráňující přeposílání.

Vylepšením šifrovaného protokolu SRTP je protokol ZRTP od Phila Zeimermanna, které jej rozšiřuje o bezpečné předání šifrovacích klíčů použitím Diffie-Hellmanova algoritmu (pracuje na principu generování hash hned několika hodnot současně s autentizačním řetězcem). Přeposílání klíče probíhá pouze při prvním spojení. Tento způsob autentizace je velmi bezpečný z důvodu kombinace několika klíčových údajů a je schopen odolat většině možných útoků a snaze odposlechu. V roce 2011 byl tento protokol vydán jako standart RFC 6189 [2].

2.6.3 VÝPOČET ŠÍŘKY PÁSMO

Potřebná šířka pásma pro přenos hlasu je složena ze dvou druhů signálu – hlasových a signalizačních. Signalizační signály jsou přenášeny protokolem TCP nebo UDP a jsou zpracovány izolovaně. Používají se pro zjištění síťových prvků a cesty v síti, navázání spojení, jeho řízení. Naopak hlasové signály již podle názvu slouží pro přenos hlasu protokolem RTP. Pan Vozňák uvádí pro výpočet šířky pásma vzorec:

$$BW = \frac{(8 \cdot h + c_r \cdot \Delta t_s)}{\Delta t_s}$$

Kdy Δt_s značí časové rozestupy paketů se vzorky, h udává velikost hlavičky v bajtech a c_r přenosovou rychlost [2]. Nicméně pro výpočet můžeme využít například i online kalkulačku od společnosti Cisco dostupnou na adrese "<http://tools.cisco.com/Support/VBC/do/CodecCalc1.do>" [1], nebo hodnoty z tabulky uvedené v příloze 2.

2.7 BEZPEČNOST

Bezpečnost se chápe jako minimalizace zranitelných míst sítě. Snahou je ochránit informace a data, jejich přenos a zpracování, jakožto i HW a uživatele (jejich identitu). Ochranou se rozumí opatření převážně proti zničení, modifikaci, ztrátě informací nebo přerušení služeb. Rozlišujeme snahu o ohrožení bezpečnosti úmyslnou a neúmyslnou.

K ohrožení bezpečnosti dochází pomocí útoků, jež mohou být vedeny jak zvenčí tak zevnitř společnosti. Musíme proto vyhodnotit jednotlivá rizika a na jejich základě uskutečnit příslušná opatření. Každé opatření přináší s sebou náklady a zvyšuje nároky na uživatele (složitost). Výstupem je bezpečnostní politika organizace, která se nejčastěji aplikuje pomocí mechanismů kódování a šifrování (autentizace, ochrana proti odposlechu), řízením přístupu (ochrana integrity dat) a směřováním. Nesmíme opomenout ani bezpečnost fyzickou. Především zabezpečení serverů, ústředny, kabeláže a důležitých prvků sítě proti poškození či zcizení [5].

Bezpečnostních opatření, které je možné aplikovat na datovou síť, je celá řada. Je nutné síť ochránit před nejčastějšími hrozbami v podobě útoků na propustnost sítě, protokolovým a logickým útokům. Konkrétním příkladem útoku je „man in the middle“ (MITM), při kterém se původce útoku vydává za jednoho z účastníků komunikace. Dalšími příklady jsou odposlechy datagramů, viry a trojské koně, Denial of Service (DoS) útoky – vedou k nedostupnosti služby zahlcením požadavky ze strany útočníka [5]. Pro představu uvádíme tabulku 2-2 typy útoků a obrany, s typem útoku a obranou proti uvedenému typu útoku. Mimo uvedených existují útoky známé z elektronické komunikace spam a phishing, které se začínají využívat i u VoIP. V současnosti je největší riziko odposlouchávání z důvodu používání pouze RTP [14],[15]. Situace by se měla změnit rozšířením podpory již standardizovaného ZRTP uvedeném v podkapitole 2.6.2.

Typ útoku	Obrana
Protokolové analyzátory	zabezpečení komunikace pomocí autentizace, šifrování a zajištění integrity
Falešné adresování IP datagramů	kontrola správnosti IP adresy zdroje
Odposlouchávání	šifrování zpráv, autentizace
DoS	zničení dlouhých datagramů na hranici sítě, prevence zahlcení segmenty TCP
Neautorizovaná distribuce informací	autentizace při navazování spojení

Tabulka 2-2 Typy útoků a obrany

Zdroj: [5, s. 372-373]

Na druhou stranu nevhodně zvolená bezpečnostní strategie má své negativní dopady především na QoS, zpoždění (šifrováním a prověřováním) a ztráty paketů [16].

Podrobný výčet všech možných útoků a obrany proti nim není předmětem této bakalářské práce. Více informací o této problematice poskytne příslušná literatura a internetové zdroje [5],[14],[15],[16].

Bezpečnostní hrozby telefonie probíhající po telefonních linkách představuje především odposlech z důvodu, že přenos probíhá nešifrovaný² [14].

2.8 ROZHODOVÁNÍ

Je proces, při kterém se vybírá optimální varianta ze všech možností řešení. Rozhodováním se zabývá podstatná část praktického oddílu této práce, proto bude v této kapitole rozebrán teoretický postup rozhodování. „*Metoda rozhodování představuje vědecky zdůvodněné postupy získávání poznatků potřebných pro nalezení takového řešení problému, které nejlépe odpovídá stanoveným cílům*“ [7, s. 37].

2.8.1 ROZHODOVACÍ ANALÝZA

Je součástí logicko-analytických metod, jde o heuristickou metodu uplatňovanou pro řešení složitých rozhodovacích problémů. Výhodou této metody je, že bere v potaz jak užitečnost, tak i rizika jednotlivých řešení. Její struktura vychází z potřeb praxe, ze zkušeností a současně se velmi podobá obecnému rozhodovacímu procesu. Nevýhodou této metody je subjektivita vstupních a hodnotících úvah řešitelů. V porovnání s ostatními metodami, a po zvážení všech výhod a nevýhod, se tato metoda jeví jako nejvhodnější pro řešení rozhodování

² Podle dostupných informací není možné hovor probíhající po PSTN nijak zabezpečit.

z důvodu multikriteriálnosti a zvážení rizik. Metoda je univerzální a skládá ze sedmi bodů, které v následujících částech rozeberu podrobněji.

1) Vymezení problému, stanovení cílů

Tato etapa se pokládá za jednu z nejdůležitějších. Bez správného pochopení problému, cílů a jejich popisu ztrácí rozhodnutí smysl. Úkolem je zde přesné a jasné vyjádření cílů, kterých chceme dosáhnout. S tím souvisí co nejpřesnější vymezení problému.

2) Rozbor informací a podkladů

Druhá etapa se soustředí na dokonalé poznání problému. Snahou je nalézt informace pro následné stanovení možných variant řešení, kritéria pro jejich hodnocení a také pravděpodobná rizika a nepříznivé důsledky související s realizací jednotlivých variant.

3) Stanovení variant

Třetí etapa hledá možné varianty řešení problému. Cílem je nalezení všech reálných, uskutečnitelných možností řešení, které splňují zadané cíle z první fáze.

4) Stanovení kritérií

Čtvrtá fáze vymezuje kritéria pro zhodnocení jednotlivých variant. Kritéria jsou stanovena v návaznosti na plnění zadaných cílů a zvolena tak, aby se předešlo duplicitám.

5) Hodnocení a srovnávání variant

Pátá fáze využívá dat získaných v předcházejících čtyřech krocích, z nichž se vytváří model a to buď ve formě neformálního přehledu všech potřebných údajů, nebo jako rozhodovací matice. Po vytvoření modelu se v této fázi ohodnocují jednotlivá kritéria váhami. Jejich pomocí se vyjadřují preference jednotlivým variantám. Váhy se určují podle metod párového srovnávání, postupného rozvrhu vah, odborného posouzení nebo poměrovými čísly. Pomocí toho postupu je možné určit, která varianta nejlépe splňuje zadaná kritéria.

6) Zjištění nepříznivých důsledků

U každé varianty řešení se pravděpodobně mohou vyskytnout nepříznivé důsledky, které mohou negativně ovlivnit realizaci nebo funkčnost řešení. Cílem je zde odhalení a ohodnocení závažnosti těchto rizik. Zjištěná rizika zapisujeme pomocí slovního popisu nebo rozhodovací matice [7]. Pro určení rizik se využívá následující postup:

- I. „vytipování nepříznivých důsledků,
- II. stanovení závažnosti nepříznivých jevů,
- III. stanovení pravděpodobnosti výskytu nepříznivých jevů,
- IV. stanovení stupně ohrožení každé varianty vynásobením váhy a pravděpodobnosti výskytu každého nepříznivého důsledku,
- V. stanovení celkového stupně ohrožení varianty součtem dílčích stupňů ohrožení.“ [7, s. 57].

7) Volba nejvhodnější varianty - rozhodnutí

V této poslední fázi je zvolena nejvhodnější varianta a to taková, která splňuje kritérium co největšího přínosu za co nejmenšího rizika s využitím dvou přístupů

- I. globální – určení optimálního poměru mezi přínosy a riziky,
- II. analytický – vycházíme z hlavních předností a rizik jednotlivých variant [7].

2.9 NÁKLADY

Pro rozhodování, kterou variantu zvolit, je velmi důležité také nákladové hledisko. Co je těmito náklady myšleno?

"Náklady představují vynaložení ekonomických zdrojů na určitý výkon jako výsledek aktivity, jsou převoditelné na peníze, přinášejí očekávaný ekonomický prospěch" [9, s. 192]. Za souhrn nákladů jsou označovány celkové náklady, které obsahují všechny náklady vynaložené společností na výrobní faktory a dále se rozdělují na fixní (nedochází ke změně jejich objemu v návaznosti na využívání služeb) a variabilní náklady (mění se v návaznosti na rozsah využívání služeb) [8]. V praktické části práce budou náklady rozdělovány na náklady vstupní (pořizovací) a náklady provozní (fixní a variabilní).

3 POPIS SOUČASNÉHO STAVU A POŽADAVKŮ PODNIKU

3.1 O SPOLEČNOSTI

Historie firmy sahá až do roku 1899, kdy pod firmou „Hassmann a syn“ byla zavedena strojírenská výroba zaměřená na produkci kamenických strojů. V roce 1912 byla výroba rozšířena o ruční čerpadla, turbíny vodních elektráren, jakož i o stroje na zpracování dřeva a zařízení pro lihovary. V roce 1949 se závod stal součástí národního podniku Ostroj Opava a v roce 1961 se stal součástí Moravských chemických závodů Ostrava se zaměřením na kusovou výrobu pro chemický průmysl a tlakové nádoby.

V roce 1992 došlo k privatizaci závodu a výroba pokračovala pod názvem Ondřejovická strojírna spol. s.r.o. V roce 2010 pak dochází k transformaci na akciovou společnost.

Společnost se dnes orientuje na zakázkovou výrobu tlakových zařízení pro petrochemický průmysl a rafinerie s odbytem převážně v zahraničí. Největší odběratelé jsou z Ruska a Běloruska a dále ze zemí bývalého Sovětského svazu. Odbyt ale firma nachází i v zemích jižní Ameriky, například v Brazílii.

Společnost v současné době zaměstnává 80 zaměstnanců, probíhají investice do rekonstrukce a přístavby jedné z výrobních hal a pokračuje rozšiřování výroby společnosti [10].

3.2 SOUČASNÝ STAV

Firma potřebuje mít pro svůj další rozvoj zajištěnu kvalitní komunikaci jak v rámci firmy, tak i s okolním světem. Protože stávající telefonní ústředna firmy již nemá další kapacitu, rozhodlo vedení firmy vyřešit nové požadavky.

Dnešní analogová ústředna Ateus Omega od společnosti 2N Telekomunikace a.s., byla pořízena v roce 2001 původně pro 40 linek a 2 GSM brány. Připojení do vnější telefonní sítě bylo pomocí 6 externích analogových linek, takže bylo možno vést 6 souběžných hovorů mimo firmu.

V následujících letech vyvstala nutnost rozšíření kapacity, což bylo vyřešeno dokoupením dvou analogových modulů (jeden modul pro čtyři linky). Tímto krokem byla kapacita ústředny zvýšena na své maximum 48 vnitřních linek. Ústřednu v té době obsluhovala spojovatelka.

Následujícím krokem ve vývoji bylo zavedení tzv. „přímé provolby“, které vedlo k úspoře pracovního místa spojovatelky. Umožnilo to z veřejné telefonní sítě a při znalosti telefonního čísla se přímo dovolat na jednotlivá pracoviště, bez potřeby interakce spojovatelky. V případě, kdy někdo neznal konkrétní číslo na pracoviště, byl hovor přepojován sekretářkou.

V roce 2008 následovala výměna šesti externích analogových linek za tři digitální (ISDN2) linky, které umožňují vést šest souběžných hovorů. Z provedených měření vyplývá, že kapacita šesti současně vedených externích hovorů je dostačující a případné ztráty / nedostupnosti jsou přijatelné.

Ve firmě dochází k dalšímu rozšiřování počtu pracovišť s potřebou zajištění vnitřní komunikace, které vyvolalo potřebu zvýšit kapacitu ústředny v množství vnitřních linek. Protože technicky již není možné současnou kapacitu ústředny rozšířit, řešila firma situaci paralelním zapojením dvou telefonů na stejnou linku (sdílení linky). Výhodou řešení je, že zvoní pokaždé oba telefony v kanceláři a kterýmkoliv lze přijmout hovor. Současně má toto řešení nevýhodu v tom, že není možné z druhého přístroje během hovoru prvního telefonovat ani přijímat hovory a navíc zvednutím telefonu je možné hovor odposlouchávat, jakož i vstupovat do telefonního hovoru.

Využití datového připojení je v současné době komplikované, protože se společnost nachází ve velmi odlehlé lokalitě u hranic s Polskem, kde je minimální možnost výběru poskytovatele připojení. Společnosti se podařilo zřídit připojení přes Wi-Fi směrovač, které poskytovatel speciálně pro možnost připojení firmy umístil v nedaleké vesnici. Byla tak získána rychlost připojení 6 Mb/s za 6000,- Kč /měsíčně. V roce 2010 se rychlost navýšila na 8 Mb/s a měsíční platba činí 6600,- Kč / měsíčně.

Pokud dojde k výpadku Wi-Fi připojení, dochází k automatickému přepojení na záložní ADSL s rychlostí 512 kb/s a cenou 395,- Kč / měsíčně. V případě přepojení na toto nouzové řešení je ošetřeno dotazování, které každé 2 minuty zjišťuje, zda hlavní spojení již bylo obnoveno. Pokud ano, realizuje se automatické přepojení zpět na hlavní spojení.

Informační systém společnosti a potřeby řízení výroby jsou dnes zajištěny prostřednictvím čtyř fyzických serverů. V současném řešení není žádný záložní server a společnost pouze využívá softwaru pro kompletní zálohu serverů. Do budoucna se plánuje zvýšit počet serverů na sedm plus jeden záložní.

Po stránce kabeláže jsou pro telefonii nataženy dvojlinky, ale bohužel nejsou všude, kde by je společnost potřebovala. Práním společnosti je datové a telefonní připojení všech místností, dílen, výrobních hal a skladů.

Datovou kabeláž tvoří Ethernet kategorie 5 s rychlostí 100 Mb/s, který byl instalován v roce 2000. Záruka na tuto kabeláž je 15 let, blíží se tedy ke hranici životnosti.

Pokrytí Wi-Fi sítí je realizováno jen v administrativních budovách, výrobní haly společnosti nejsou tímto připojením pokryté.

Společnost zaměstnává pro účely dohledu a správy nad IT a telefonii jednoho IT specialistu, který je ve společnosti 2 dny v týdnu fyzicky přítomen. Zbylé požadavky se řeší vzdáleně – konzultace po telefonu, vzdálený přístup do počítačové sítě, aj.

3.3 POŽADAVKY FIRMY:

Základním požadavkem firmy je spolehlivá telekomunikační dostupnost v rámci firmy i mimo firmu s výhledem na možný budoucí rozvoj.

Dalším požadavkem je přepojování hovorů nejen v rámci společnosti, ale i v rámci detašovaných pracovišť (společnost v roce 2012 zřídila svou obchodní pobočku v Praze, tato pobočka disponuje dvěma telefony). U vybraných pracovníků pak možnost využití práce z domova s nulovou či minimální cenou za volání mezi centrálou společnosti a účastníkem nebo pobočkou společnosti.

Další požadavky byly formulovány takto:

- využití automatických odpovědí neboli systému "Interactive voice response" (IVR),
- záznam údajů o hovorech do databáze,
- zlevnění telefonních hovorů se zahraničními partnery, s obchodníky na cestách (v tuzemsku i v zahraničí)
- automatické přesměrování příchozích hovorů na další linky (účastníky) v případě, že účastník hovor nepřijímá (v předdefinovaném pořadí a stanovených podmínkách),
- možnost nastavení současného vyzvánění na více linek současně (vytáček plán),
- úspora nákladů za telefonii,
- přijatelné pořizovací náklady,
- záložní řešení telekomunikace v případě výpadku,
- zvýšení přenosové kapacity sítě ze současných 100 Mb/s na 1 Gb/s,
- rozšíření počtu připojených míst datovou sítí.

Poslední dva body v praxi znamenají vyměnit stávající kabeláž kategorie 5 za kabeláž kategorie 5E nebo 6 a rozšířit ji do míst, kde v současnosti není. Podle propočtu společnosti bude celkově potřeba 5 km kabeláže metalické a pro propojení jednotlivých budov a hal přibližně 0,5 km kabeláže optické. V rámci této bakalářské práce se od výměny kabeláže abstrahuje, protože je součástí jiného paralelního projektu firmy. Tento požadavek nemá vliv na případné využívání telefonie po datových linkách, poněvadž většina IP telefonů využívá 100 Mb/s. My s tímto požadavkem kalkulujeme z důvodu, že se výměnou a rozšířením současné kabeláže zvýší i počet přípojných míst pro IP telefony.

4 ANALÝZA VARIANT A VÝBĚR VHODNÉHO ŘEŠENÍ

V návaznosti na současné trendy v rozvoji možností telekomunikace se tato práce bude zabývat možnostmi výměny telefonní ústředny, jakož i využitím technologií přenosu hlasu po datových linkách. Souběžně se bude realizovat projekt na výměnu kabeláže za novější, proto se lze domnívat, že nebude potřeba dodatečných nákladů za datovou kabeláž. Je však třeba kalkulovat se síťovými prvky s podporou QoS, PoE, které jsou nezbytné pro kvalitní přenos hlasu.

Před návrhem variant řešení, je nezbytné provést výpočet pro zjištění požadované šířky pásma.

Výpočet šířky pásma

Pro výpočet šířky pásma pro přenos hlasových dat skrze síť internet se může vycházet ze šířky pásma, kterou využívá digitální telefonie, tak aby současná kvalita hlasu zůstala zachována. Jedná se o kodek G.711, který má datovou náročnost 64 kb/s na jeden hovor. Při kalkulaci 6 souběžných hovorů je potřebná šířka pásma 6 krát 64 = 384 kb/s. Je nutno ale ještě připočítat signalizační přenos, který je v případě G.711 23,2 kb/s. V počtu 6 linek tedy 139,2 kb/s a celkovém součtu přenosu hlasu včetně signalizace 87,2 kb/s krát 6 linek 523,2 kb/s.³ Podrobněji viz příloha číslo 2.

Dopad výpočtů na připojení k internetu při využití VoIP technologie

Z výše uvedeného výpočtu vyplývá, že i v případě výpadku Wi-Fi připojení k internetu bude možné využívat záložní ADSL řešení k provozu VoIP telefonie, ovšem se ztrátou jedné linky (možno provozovat současně pouze pět linek při kodeku G.711). Pokud by došlo k nasazení VoIP, společnost předpokládá zachovat jednu ISDN linku pro záložní ADSL připojení.

Měření kvality Wi-Fi připojení

Na základě provedeného měření kvality Wi-Fi připojení jak dokládá tabulka číslo 4-1 bylo zjištěno, že doba odezvy, šířka pásma i ztrátovost splňují požadavky pro přenos hlasových paketů po datové síti. Hodnoty jsou tedy pod zpožděním 150ms a ztrátovostí 1%. Měření bylo provedeno pomocí pingu na bránu t-mobilu "sip.tmip.cz (62.141.13.1)" Byla provedena série měření, pro měření byly zvoleny čtyři náhodné pracovní dny s rozdílným počasím. V průběhu každé hodiny bylo posláno 3000 pingu, vzhledem k rozsahu celkového

³ Provedené výpočty vychází z teoretické části a z tabulky v příloze 2.

měření je uvedena pouze jeho průměrná sumarizace za jednotlivé hodiny. Výsledky těchto měření byly zprůměrovány do následujících hodnot v tabulce 4-1.

Čas měření	Min	Avg	Max	Mdev (ms)	Ztrátovost (%)
6:50-7:50	18,679	31,714	118,916	11,203	0,167
7:50-8:50	18,345	33,144	150,676	14,402	0,033
8:50-9:50	19,320	42,022	200,128	35,427	0,400
9:50-10:50	19,016	45,226	260,577	35,568	0,833
10:50-11:50	18,810	46,051	278,098	40,596	0,267
11:50-12:50	20,520	48,659	350,206	20,800	0,467
12:50-13:50	19,280	46,729	300,360	35,149	0,733
13:50-14:50	19,108	49,256	295,713	32,812	0,500
14:50-15:50	19,542	46,041	350,094	38,078	0,367
15:50-16:50	19,963	47,912	300,202	37,530	0,467
16:50-17:50	20,840	30,744	250,155	25,818	0,367
17:50-18:50	20,301	31,346	247,758	17,657	0,233
Průměr	18,345	41,57	350,206	28,753	0,403

Tabulka 4-1 Kvalita Wi-Fi

Zdroj: provedené měření

4.1 ROZHODOVACÍ ANALÝZA

Rozhodovací analýzu nejlépe využít proto, že by měla zabezpečit objektivní posouzení jednotlivých variant a jejich parametrů.

I. VYMEZENÍ PROBLÉMU A STANOVENÍ CÍLŮ

Potřeba vyřešení telekomunikačního zabezpečení pro firmu je popsána v kapitole 3.

Cílem je navrhnout způsob řešení nedostatečné kapacity současné telefonní ústředny s výhledem na další potřeby zvyšování počtu linek. Tento cíl je zabezpečen splněním požadavků, jež vycházejí ze zadání a z požadavků technicko-organizační povahy.⁴

Požadavky vycházející ze zadání:

- nízké pořizovací náklady,⁵
- úspory pravidelných měsíčních nákladů,
- přepojování hovorů,
- automatické přesměrování v případě nepřítomnosti účastníka,

⁴ Uvedená kritéria kvalita hovoru, přidávání dalších služeb, dostupnost a náročnost na šířku pásma vychází z technických údajů jednotlivých variant uvedených například v knize pana Vozňáka [2]. Další kritéria jsou podle názoru autora významné pro posouzení variant.

⁵ Cena je závislá na konkrétní smlouvě s dodavatelem. Z tohoto důvodu budou dále uvedeny pouze přibližné ceny vycházející z ceníků dodavatelů.

- záznam údajů o hovorech do databáze (délka hovoru, číslo volaného, volajícího),
- nízké náklady při volání se zahraničními partnery, pobočkami, obchodníky na cestě, home-office,
- aplikace vytáčekového plánu,
- IVR,
- záložní řešení
- funkčnost telefonie v rámci firmy při výpadku internetu, veřejné telefonní sítě,
- lineární zvyšování počtu linek (rezerva linek).

Požadavky technické a organizační:

- údržba a technická podpora
 - jak rychle (časové hledisko)
 - za jakou cenu (peněžní hledisko)
- bezpečnost
 - zabezpečení proti odposlechu, modifikaci
 - zabezpečení proti výpadku proudu
 - zabezpečení proti výpadku internetové sítě
- rychlost realizace
- přidávání dalších služeb (video-hovory, voice-mail, ...)
- kvalita hovoru
- dostupnost služby
- náročnost na šířku pásma

II. ROZBOR INFORMACÍ A PODKLADŮ

Z rozboru získaných informací vyplývá

- Současná ústředna má kapacitu 48 účastníků,
 - požadované zvýšení je minimálně na 70 interních linek plně pokrytých telefonními přístroji plus 30 linek rezervy. Pro další kalkulace je nutno vycházet ze současné potřeby 70 telefonů.
 - maximum připojených vnitřních linek bylo společností stanoveno na 200, z čehož vychází, že počet možných interních poboček pro ústřednu musí být v rozpětí 100 – 200. V tomto propočtu je již započítána dostatečná rezerva.

- pro připojené domácí telefony zaměstnanců, softwarové telefony v noteboocích nebo mobilní telefony je požadavek minimálně 30 linek (pokud by to řešení umožňovalo).
- Finanční náročnost projektu závisí na výsledcích výběrového řízení, po realizaci projektu dojde k proplacení 50% vložených prostředků z fondů Evropské unie. Předběžná kalkulace společnosti zahrnující i plánovanou výměnu staré kabeláže vychází na 730 000,- Kč bez DPH.

III. STANOVENÍ VARIANT

Možné varianty řešení vychází z analýzy požadavků, možností moderní telekomunikace a z očekávání firmy.

V podstatě lze možná řešení definovat takto:

- A. *Virtuální ústředna*
- B. *Pořízení digitální pobočkové ústředny s ISDN vstupem*
- C. *Pořízení digitální pobočkové ústředny s VoIP vstupem*
- D. *Vlastní server s instalací Asterisk*
- E. *Rozšíření současné analogové ústředny*

V rozboru jednotlivých variant není nutno věnovat se záložnímu řešení, jehož podstatou je využití mobilních telefonů, poněvadž toto řešení je u všech možností shodné. Jak bylo výše uvedeno, v případě VoIP (varianty A,C,D) by společnost zachovala jednu telefonní linku pro ADSL, kterou je možné využívat i jako nouzové záložní řešení telefonie. Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.

Popis variant:

A. Virtuální ústředna

Virtuální ústředna se velmi podobá vlastní VoIP ústředně, ovšem s tím rozdílem, že se ústředna pouze vzdáleně pronajímá (v rámci pravomocí se spravuje a konfiguruje vzdáleně přes webové rozhraní). Zodpovědnost a technickou správu má na starosti dodavatel (jak bylo uvedeno v teoretické části v podkapitole 2.4.4 jedná se o SaaS).

Hlavní předností varianty jsou nízké pořizovací náklady⁶, náklady na správu a údržbu ústředny a náklady na obnovu HW. Na druhé straně firma musí hradit správu virtuální

⁶ V případě pronájmu IP telefonů, pokud je rozhodnuto o koupi, náklady jsou srovnatelné s ostatními variantami. Z toho důvodu je dále počítáno se zakoupením telefonů.

telefonní ústředny a za jednotlivé služby navíc. Zpravidla je možný pronájem IP telefonů, IP brány nebo jejich koupě od poskytovatele služby v rámci zachování podpory/kvality spojení.

Je zde umožněno automatické přesměrování hovorů, například v případě nepřítomnosti účastníka v rámci pobočky či home-office a dále kamkoliv dle nastavení. Manuální přepojování hovorů, stejně tak volání v rámci obchodních zástupců a home-office lze i bezplatně na principu sítě "virtual private network" (VPN). Virtuální ústředna umožňuje vedení záznamů o hovorech a jejich statistiku u dodavatele, která je dostupná přes internet. Aplikace vytáčecího plánu bývá ve většině případů řešena jako doplňková služba nastavitelná přes webové rozhraní.

Záložní řešení pro případ výpadku internetového připojení realizovaného přes Wi-Fi síť je přístup k internetu pomocí ADSL. V případě výpadku obou dochází k nemožnosti komunikace po telefonních linkách i v rámci společnosti – bez ústředny se telefony nemohou spojit⁷. Další zálohu představuje jedna telefonní linka ISDN, která zůstane zachována.

Funkci IVR lze obvykle využít za poplatek. V některých případech je již součástí základního balíčku. Lineární zvyšování počtu připojených linek (koncových zařízení) jde vzhledem k virtualizaci ústředny velmi jednoduše. Údržbu a technickou podporu zajišťuje zpravidla dodavatel služby (operátor),⁸ její rychlost a cena závisí na smlouvě s dodavatelem.

Úroveň bezpečnosti neboli zabezpečení je závislé na několika faktorech – ochrana dodavatelské společnosti (proti útokům hackerů, výpadku proudu,...), zabezpečení linky (případným šifrováním hovorů), a úrovni redundance síťových prvků společnosti. Proti výpadku proudu u telefonů⁹ a síťových prvků je zabezpečení v použití záložního zdroje (UPS). Ústředna je proti výpadku proudu zabezpečena u dodavatele.

Rychlost realizace závisí na dodavateli a pohybuje se od 12 hodin do 30 dnů. Rychlostí realizace se rozumí časové období od podpisu smlouvy/objednávky po kompletní předání.

V Ondřejovické strojárně je potřeba zrealizovat projekt pro výměnu síťové kabeláže namísto kabeláže telefonní, po realizaci tohoto projektu by se jen připojily IP telefony. Předpokládá se připojení na samostatné přípojky. Je sice možné využít ethernetovou kabeláž,

⁷Údaj se nepodařilo ověřit z odborných zdrojů.

⁸Specifikace lhůt pro případné opravy, sankcí z nedodržení těchto lhůt a cenových podmínek je záležitostí konkrétní smlouvy s dodavatelem.

⁹V případě že nejsou napájeny po POE, pokud jsou stačí UPS použít u síťového prvku - switchu.

(k níž jsou napojeny počítače) s využitím dvou portových IP telefonů ale toto řešení má nevýhodu v degradaci rychlosti připojení počítače z 1 Gb/s na 100 Mb/s.

Dodatečné služby (voice-mail, konferenční hovory,...) jsou umožněny zakoupením služeb a pravidelnými platbami za ně. Poskytovateli nebývá zpravidla umožněna plná volnost v konfiguraci specialit a nastavení služeb.

Kvalita telefonie závisí na použitém kodeku využívají se například G.729a, G.711 a další v návaznosti na podpoře zařízení. Pro zajištění odpovídající kvality dochází od operátorů k průběžnému monitorování, problémy se mohou objevit při stahování větších souborů (snížení přenosové kapacity pro hovor). Těmto jevům lze předejít použitím nástroje QoS [17],[22],[23],[24].

Dostupnost služby je uváděna 99,4999% (roční nedostupnost tedy činí 43 hodin a 49 minut) tzn. je o 0,5% nižší, než u klasické ústředny - varianty B a E [1]. Společnost IPEX nicméně uvádí dostupnost až 99,9% (roční nedostupnost garantuje na 8 hodin a 46 minut), při současném využití jejich služeb pro připojení k internetu [24]. Vše ovšem závisí jak na záložních HW opatřeních (zdvojení síťových prvků) v rámci obou společností (poskytovatele služby, zákazníka), tak i na kvalitě a dostupnosti internetového připojení. Dostatečnou kvalitou internetového připojení rozumíme maximální zpoždění 150 ms, ztrátovost paketů do 1% a rychlost dle počtu současných hovorů. Potřebná šířka pásma je závislá na počtu souběžných hovorů a použitém kodeku (viz kapitola 2).

Službu virtuální ústředny nabízí například společnosti IPEX a.s., Daktela s.r.o, Livispace s.r.o. (pod obchodní značkou Tefla), Casablanca INT, s.r.o., SoftwareHosting (provozovatel služby je Sprinx Systems a.s), GTS a mobilní operátoři O2 a Vodafone na českém trhu.

V rámci cenové klasifikace byly jako zástupné společnosti zvoleny O2, Daktela, SoftwareHosting a IpeX, Je počítáno s pořízením 70 běžných telefonů.¹⁰ Společnost O2 nemá stanoven fixní poplatek za správu ústředny, ale místo toho se platí pravidelné poplatky za každého uživatele. Pro poskytnutí služeb je dále nutné využívat připojení k internetu od O2 [22]. Společnost Daktela má zavedeny poplatky za správu ústředny a za možnost vést 6 souběžných hovorů [17]. Obě společnosti nabízí telefony WELL SIP-T22P. SoftwareHosting nabízí službu (VoIP X) pouze za měsíční poplatek za správu ústředny ale jen telefony bez

¹⁰Na konci tabulky 4-2 je pro informaci uvedena i cena za pronájem, ale s touto cenou se dále nekalkuluje z důvodu srovnatelnosti s ostatními variantami a nevýhodnosti dlouhodobého pronájmu.

podpory POE (CISCO SPA303, SPA301) z toho důvodu bychom využili stejných telefonů jak v předchozích dvou nabídkách tedy SIP-T22P. Celkový počet připojených telefonů není společností nijak omezen, jen je potřeba uhradit instalační poplatek za zřízení služby [25]. Poslední z navržených společností je IpeX, která doporučuje telefony Aastra 6731i, jejich cena je 4.114,- Kč, z toho důvodu vybíráme z jejich nabídky alternativní zástupné telefony GXP-1200 s cenou 1.200,- Kč. Společnost vyžaduje poplatky za počet připojených telefonů [21],[24]. V tabulce je u všech variant uveden fixní náklad 472,- Kč představující pronájem jedné ISDN2 linky, jakožto zálohy.

Všechny možnosti by měly podporovat i připojení SW telefonů, ale ceny se podařilo zjistit pouze u společnosti IpeX, která nabízí licenci na jednu aplikaci za 30,- Kč. V našem případě by to bylo 30 krát 30 = 900,- + poplatek za uživatele v částce 3.000,- Kč. Celkem by nás tedy nasazení SW telefonů vyšlo na 3.900,- Kč [21]. Ceny konkrétních produktů nalezneme v tabulce číslo 4-2.

Jako UPS jsme u všech variant zvolili pro switche model "INFOSEC X3 500VA" za cenu 1.521,- Kč.¹¹ Ten je schopen udržet telefonii v provozu přibližně 10 minut při plné zátěži.

¹¹ Každý switch má maximální spotřebu 200 W (pokud by napájel všech 24 telefonů). V našem případě se předpokládá delší výdrž závislá na konkrétním počtu napájených telefonů switchem. Údaj o ceně switche získán z portálu Heureka 31.3.2013.

	O2	Daktela	SoftwareHosting ¹²	Ipex
Variabilní ¹³	1.813,-	1.813,-	3.132,-	2.974,-
Fixní náklady	972,- ¹⁴	472,- ¹⁵		
Správa ústředny	3.500,-	13.840,- ¹⁶	1750,-	7.000,-
Celkem měsíčně	6.285,-	16.125,-	5.354,-	10.446,-
Telefony	155.750,- ¹⁷	154.210,- ¹⁸		84.000,-
Sítové prvky ¹⁹	93.996,-			
UPS	10.647,-			
Instalační p. ²⁰			3.800,-	
Celkem jednorázově	260.393,-	258.853,-	262.653,-	188.643,-
Doba realizace	14	24-48h	24-48h	30
<i>Telefony (pronájem)</i>	<i>3.500,-</i>	<i>7.070,-</i>	<i>6.650,-</i>	<i>3.500,-</i>

Tabulka 4-2 Kalkulace cen virtuální ústředny

Zdroj: jsou průběžně uvedeny v poznámkách

Kladem této varianty jsou minimální vstupní náklady v případě pronájmu telefonu, jinak jsou srovnatelné s ostatními možnostmi, nevýhodou jsou měsíční platby. Varianta splňuje všechna zadaná kritéria. Pokud pro srovnání provedeme výpočet nákladů provozu za 4 roky plus pořizovací náklady vychází nám nejlépe varianta od SoftwareHosting.

¹²Údaje získány z ceníku na www stránkách společnosti a potvrzeny elektronickou korespondencí dne 7.3.2013 [25].

¹³ Cena za volání do zahraničí jsou převzaty z faktur Ondřejovické strojírný za rok 2012, přesnou cenu nebylo možné vypočítat (v praxi se dá předpokládat mírně nižší cena, než která je uvedena), hovory v rámci mobilních a pevných sítí ČR jsou započteny dle ceníků jednotlivých společností z 30.3.2013.

¹⁴ 500,- za 1000 minut do mobilních sítí podle ceníku O2.

¹⁵ Cena za záložní ISDN2 linku.

¹⁶ Správa virtuální ústředny, včetně poplatku za 6 souběžných hovorů (jeden souběžný hovor za 1.990,- /měs.) a 1.900,-/měs. za správu ústředny dle ceníku ze dne 25.2.2013 [26] a emailové korespondence s obchodním zástupcem společnosti.

¹⁷ Zdroj: [27].

¹⁸ Z portálu Heureka z 26.3.2013 s cenou 2.203,-

¹⁹ V připraveném projektu společnosti je vyžadováno 7 POE switchů po 28 portech (24 po 100 Mb/s, 2 po 1 Gb/s a 2 porty optiky). Tento požadavek splňuje například "Cisco SFE2000P-G5" s cenou 13 428,- zjištěno z portálu Heureka 26.3.2013.

²⁰ Společnost SoftwareHosting si účtuje poplatek za zavedení – 3.800,- Ostatní uvedené společnosti si aktivační/ instalační poplatek neúčtují.

B. Pořízení digitální pobočkové ústředny s ISDN vstupem

Varianta počítá s nákupem vlastní pobočkové telefonní ústředny (PBX). Dnešní PBX již většinou umožňují využívat jak vnější připojení ISDN tak i VoIP.

Pořízení vlastní PBX s sebou přináší relativně vysoké vstupní náklady a současně nelze dosáhnout výraznější úspory pravidelných nákladů oproti stávajícímu řešení. Automatické přesměrování v případě nepřítomnosti i manuální přepojování hovorů je možné, bezplatné je ale pouze v rámci společnosti. Mimo společnost (home-office) je již zpoplatněno.

Záznam údajů o hovoru toto řešení bohužel nenabízí, ale je zde možnost nahrávání hovorů po zakoupení rozšiřující karty. Náklady za volání mezi pobočkami a home-office jsou záležitostí smlouvy s poskytovatelem telekomunikačních služeb a zpravidla jsou vyšší než při využití VoIP technologie. Citelnější cenový rozdíl vzniká při spojení s obchodníky na cestách v zahraničí, kteří využívají mobilní telefon nebo místní pevnou linku.

Vytáčecí plán nelze podle dostupných informací nastavit. Záložní řešení kromě již zmíněných mobilních telefonů tato varianta neumožňuje. Výhodou je, že v případě výpadku veřejné telefonní sítě bude vnitřní podniková síť stále v provozu. IVR je možné využívat po zakoupení licence/ rozšiřující karty.

Pro zvyšování počtu linek je nutno potřebnou kapacitu naddimenzovat (kapacita jednotlivých ústředen je omezená). Údržbu a technickou podporu si společnost musí zajistit ve vlastní režii nebo uzavřením servisní smlouvy. Například společnost O2 nabízí 3 možné druhy servisu A1 STANDARD (reakční lhůta je 8 hodin od poruchy v pracovní dny od pondělí do pátku 7-18h), A2 KLASIK(4 hodiny jinak shodné se Standard) a A3 PREMIUM (4 hodiny 24hodin denně 7 dní v týdnu) [28].

Zabezpečení proti neoprávněnému vzdálenému poškození a zneužití je zde vyšší než v případě řešení VoIP. Některé ústředny nabízí HW zabezpečení proti odposlechu. Bezpečnost tohoto typu ústředny je nejvyšší z uvedených alternativ a to především z důvodu fyzického oddělení hlasového provozu od paketového. Proti výpadku proudu je potřeba ústřednu zabezpečit pomocí UPS, telefony využívají elektrickou energii z ústředny. Při výpadku internetu není telefonie nijak dotčena.

Rychlost realizace je závislá na dodací lhůtě vybrané ústředny. Nároky na kabeláž jsou v této variantě nejmenší. Jde jen o doplnění kabeláže pouze pro nová koncová zařízení. U této varianty se předpokládá využívání současných analogových telefonů. Další služby je možno

přidávat zakoupením dalších modulů do ústředny (zvyšují se tím pořizovací náklady) [28], [29], [30], [31].

Kvalita hovoru je na úrovni MOS 4.2, dostupnost služby je uváděna jako 99,999% což znamená, že síť nefunguje pouze 5 minut v roce [1]. Společnost Aastra Matra dokonce propaguje 99,9999% (nedostupnost 30 sekund/rok) [29]. Ovšem v praxi se tyto hodnoty mohou velmi lišit v závislosti na konkrétních podmínkách.

Náročnost na šířku pásma stejně jako u předchozí možnosti závisí na počtu souběžných hovorů, využívá se kódování PCM tzn. bezztrátové, jde o 64 kb/s na jeden hovor (vzhledem k přenosu po telefonních kabelech není šířka pásma důležitá). Využívají se linky ISDN, kdy každá umožňuje vést dva souběžné hovory. Tato varianta neumožňuje připojení vzdálených IP a SW telefonů.

Ústředny nabízí například společnosti/výrobci Panasonic, 2N, AASTRA MATRA (NeXspan), Alcatel, Siemens. Všechny uvedené společnosti mají zastoupení na českém trhu [28]. Kalkulace je tvořena na dokoupení 22 analogových telefonů například "MaxCom KXT100" (rozdíl oproti současnému stavu 48 do 70 plánovaných).

Pro cenovou kalkulaci byl zvolen produkt společnosti 2N "ATEUS-101030", ke kterému je potřeba pořídit připojující rozhraní BRI "ATEUS-1011124", GSM bránu "ATEUS-1011702" a anténu k ní, k tomu 12 rozšiřujících karet pro analogové telefony "ATEUS-1011218", kartu pro zapojení rozšiřujícího modulu "ATEUS-1011001Q", samotný rozšiřující modul "ATEUS-101036" (pro nedostatek slotů v základním modulu pro zapojení všech rozšiřujícím karet) a zaslepující modul. Tento produkt má modulovou skladbu, přičemž v maximální konfiguraci lze získat až 424 analogových portů a to díky přidávání až 4 modulů (každý o 11 slotech) [32],[34].

Další uvedené produkty jsou od společnosti Panasonic konkrétně jde o modely "KX-TDA100DCE", k němu je potřeba BRI "KX-TDA0284CE" a 6ti rozšiřujících analogových karet pro telefony "KX-TDA1176X". Jedná se starší model, jenž nemá žádnou další rezervu a jeho maximální kapacita je 96 analogových telefonů [33],[32].

Posledním je model "KX-TDE200CE", v konfiguraci BRI "KX-TDA0284CE", analogové linky "KX-TDA0177X" a napájecí zdroj "KX-TDA0104X". Tento model umožňuje zapojit až 256 linek. Oba produkty bohužel neobsahují GSM bránu, ani není možné ji k nim připojit. GSM brána je v této možnosti uvedena z důvodu jejího obsazení již v současné ústředně společnosti [32]. UPS ke všem variantám volíme stejné a to

"APC SURT1000XLI". Ústředna Ateus by podle výrobce měla být s tímto UPS schopna po výpadku proudu nejméně hodinu fungovat. V případě Panasonic podle propočtu spotřeba proudu ku výdrži UPS taktéž přibližně hodinu. [34]

U všech uvedených příkladů jde již o hybridní ústředny, jež kromě připojení ISDN umožňují pořízení přídatných karet podporující připojení přes VoIP. Ceny k výše uvedeným komponentám a jejich přesné složení nám uvádí tabulku číslo 4-3.

Společnost	2N ²¹	PANASONIC 100DCE	PANASONIC 200CE
Základní modul	20.000,-	14.351,-	55.596,-
Připojovací rozhraní	11.000,-	17.760,-	17.760,-
GSM brána/anténa	16.650,-	neobsahuje	neobsahuje
Rozšiřující karty (pro zapojení telefonů)	116.400,-	65.220,-	125.040,-
Další rozšiřující zařízení, karty	47.610,-	zdroj zahrnut v základní jednotce	14.955,-
UPS	10.930,-		
Telefony	4.862,- ²²		
Celkem jednorázově	227.452,-	113.123,-	229.143,-
Variabilní náklady ²³	3.726,-		
Fixní náklady	1.416,-		
Celkem měsíčně	5.142,-		
Počet linek	96+4/424	96+8/96	96/256

Tabulka 4-3 Kalkulace cen PBX

Při celkovém zhodnocení varianty B, jsou klady v zachování analogových telefonů, vyšší bezpečnosti a spolehlivosti. Naopak zápory spočívají v nemožnosti využívat některé z požadovaných služeb a nesnížení měsíčních nákladů za hovorné. U této varianty je optimální produkt společnosti 2N, z důvodu dostatečné rezervy linek do budoucna, GSM bráně a ceně.

²¹ Údaje kromě ISC Communication Czech, a.s. ověřeny nabídkou společnosti Eurostar, s.r.o.

²² Z portálu Heuréka ze dne 31.3.2013 cena za kus 221,-

²³ Náklady za volání vychází z faktur společnosti, vzhledem k zachování stejné technologie se nepředpokládají změny těchto nákladů. Pouze ústředny bez GSM brány mohou mírně zvýšit náklady za volání do mobilních sítí.

C. Pořízení digitální pobočkové ústředny s VoIP vstupem

Jedná se o variantu podobou variantě B. Hlavním rozdílem je připojení ústředny přes VoIP a využití IP telefonů. Tento typ komunikace plně využívá datových linek a je možné je plně integrovat do podnikových informačních systémů [35].

Pořizovací náklady této varianty jsou nejvyšší ze všech zvažovaných, blíže viz. shrnující tabulka 4-4. Pravidelné náklady a to jak fixní tak i variabilní jsou srovnatelné s variantou D. Přepojování hovorů je umožněno stejně tak i automatické přesměrování kamkoliv podle nastavení. Záznam údajů o hovorech provádí zpravidla poskytovatel "VoIP Trunku", jedná se o operátora, ke kterému je ústředna prostřednictvím datových linek (VPN) připojena. Tvoří prostředníka mezi paketovou sítí a PSTN [36]. Vytáčecí plán je možné nastavit stejně tak i funkci IVR, která je již většinou obsahem základní výbavy ústředny [31],[33].

Záložní řešení je stejné jako v případě varianty A. Odlišností je, že telefonie je v rámci společnosti při výpadku internetu funkční. Zálohu tedy představuje ADSL připojení k internetu a ISDN telefonní linka. Lineární zvyšování počtu linek není možné bez dokoupení potřebných HW modulů a licencí (viz tabulka číslo 4-4).

Zajištění bezpečnosti proti odposlechu, modifikaci a zneužití je pomocí zabezpečení sítě šifrováním, firewallem [37], pro vyšší bezpečnost je možné dokoupit šifrovací karty pro šifrování hovoru mezi terminálem a ústřednou/směrovačem [32]. Proti výpadku proudu je potřeba zabezpečit ústřednu a switche pomocí UPS. Při výpadku internetového připojení wi-fi spočívá záloha v ADSL.

Rychlost realizace je záležitostí objednání, doručení a zapojení, přibližně 14 dnů - 30 dnů. Vše závisí na konkrétním dodavateli. Kvalita hovoru záleží na použitém kodeku. Například společnost Cisco podporuje převážně nekomprimovaný kodek G.711, dále pak SCCP a G.729a (G.729 s označením „a“ méně zatěžuje procesor) [37]. Dostupnost služby na bázi VoIP je stejná jako u možnosti A a D tj. 99,4999%. Náročnost na šířku pásma záleží na použitém kodeku. Varianta umožňuje přidávat další služby jako jsou vzdálená správa, konferenční hovory, voice-mail a to pomocí licencí nebo dokoupením HW. Je zde možnost připojení vzdálených IP a SW telefonů.

Nejnámějším poskytovatelem tohoto typu řešení je společnost Cisco. V našem případě by bylo nejvhodnější zvolit například směrovač "Cisco 3945/k9" a k němu dokoupit hlasové moduly "PVDM3-64" a "PVDM3-32", telefony "CP-7911G", které je potřeba zapojit

do switchu "WS-C2960-24PC-S". Při řešení poskytovaném společností Cisco, je nezbytné využívat jejich certifikovaného HW [37].

Další variantou je IP ústředna od společnosti 2N "ATEUS-101035IP", k ní moduly pro IP telefony "ATEUS-1011464", samotné IP telefony ("Well SIP-T18P"), licenci za slot "ATEUS-1011101". Výhodou je, že v základní výbavě umožňuje využívat IVR, konference (do 30 účastníků) a další²⁴[31].

Poslední možností je produkt "KX-TDE100CE" od společnosti Panasonic, u kterého po zakoupení zdroje "KX-TDA0104X" a modulů je potřeba ještě dokoupit licence "KX-NCS4716XJ" pro zapojení IP telefonů a modul "KX-TDE0111X". Při této konfiguraci pro další rozšíření stačí pouze dokoupit licence, ale maximální kapacita ústředny je jen 128 účastníků [33]. K ústřednám od 2N i Panasonicu je nutné zakoupit switch "Cisco SFE2000P-G5". Všechny varianty jsou utvořeny pro zapojení 96 IP telefonů bez nutnosti vynaložení nákladů na rozšiřující karty.

Všechny ústředny jsou tvořeny pomocí modulů/rozšiřujících karet pro poskládání na míru podle potřeb zákazníka a umožňují za licenční poplatek připojení vzdálených SW telefonů. Například Cisco má IP komunikátor za 1.644,-/uživatel [38], u Panasonic Communication Assistant Basic za 1.395,-/uživatel.²⁵ Využitelné pro home-office pracovníky a obchodníky na cestách.

Jako UPS je u všech variant zvolen switch a telefony k němu připojené "INFOSEC X3 500VA" za cenu 1.521,- Kč.²⁶ Ten je schopen udržet telefonii v provozu přibližně 10 minut při plné zátěži. Navíc je potřeba stejně jak u předchozí varianty použít UPS i na Router/PBX pro srovnatelné energetické nároky volíme taktéž "APC SURT1000XLI".

²⁴ Úplný výčet můžete navést na

http://www.isccz.eu/files/product/6/6/12772/data/2N_NetStar_popis_sluzeb.pdf

²⁵ [32] citováno dne 23.3.2013

²⁶ Každý switch má maximální spotřebu 200 W (pokud by napájel všech 24 telefonů). V našem případě se předpokládá delší výdrž závislá po konkrétním počtu napájených telefonů switchem. Údaj o ceně switchu získán z portálu Heureka 31.3.2013.

	Cisco	2N	Panasonic²⁷
Router/PBX	99.149,- ²⁸	37.000,-	36.871,-
Hlasové moduly	44.691,-	58.900,-	97.990,-
Switch	138.392,-	93.996,-	
Moduly/licence		6.000,-	43.355,-
IP telefon	181.657,-	92.190,-	
UPS	21.577,-		
TRUNK SIP	2.000,-		
Celkem jednorázově	487.466,-	311.663,-	387.979,-
Variabilní náklady	2.937,- ²⁹		
Fixní náklady	722,-		
Celkem měsíčně	3.659,-		
Počet zapojených telefonů	96/350	96/500	96/128

Tabulka 4-4 Kalkulace PBX využívající VOIP

Předností varianty je řešení postavené na VoIP technologii od renovované společnosti, která zpravidla poskytuje záruku a zajišťuje potřebný servis. Nevýhodou jsou vysoké vstupní náklady. U této varianty je optimální nabídka od společnosti 2N z důvodu nejnižší ceny a splnění všech požadavků.

D. Vlastní server s instalací Asterisk

Jedná se o řešení zahrnující nákup vlastního serveru, na který by byl nainstalován serverový operační systém Linux nebo případně Unix [2]. Na nainstalovaný server by následně byl nahrán software Asterisk, který by tvořil centrální prvek telekomunikačního systému [40]. Řešení by bylo realizováno s využitím IP telefonů (je možné zachovat i stávající přístroje pořízením převodníků, cena je cca 350,- Kč na jeden telefon), ale protože současné telefony jsou již zastaralé, nepodporují nové funkce a možnosti telefonie, je vhodnější pořídit nové přístroje. Proto je varianta zahrnující pořízení převodníků neperspektivní.

Pořizovací náklady (nákup serveru, IP telefonů, síťových prvků) jsou mírně nižší (viz. tab. 4-5), než v případě klasické VoIP PBX. Operační systém i software Asterisk jsou pod GNU licencí, lze je využívat zdarma [41]. Současně je předpoklad úspory pravidelných

Údaje o cenách produktu od 2N a Panasonic uvedené v tabulce získány dne 23.3.2013 ze zdroje: [32]

²⁸ Cena produktu je 5.005 USD přepočten kurzem 19,81,- ze dne 20.3.2013 cena získána z emailové korespondence od společnosti Yejian Technologies Co., Ltd.

²⁹ Cena vychází z faktur Ondřejovické strojírny pro zahraniční volání navýšena o místní hovory z ceníku TRUNK poskytovatele [39] ze dne 1.4.2013, cena za zahraniční hovory bude pravděpodobně nižší.

měsíčních nákladů díky využití VoIP technologie. Na rozdíl od virtuální ústředny se neplatí měsíční poplatky poskytovateli a lze si zvolit jakékoliv IP telefony.

Funkci automatického přeměrování hovorů v nepřítomnosti, i manuální přepojování hovorů systém zvládá bez problému. Záznamy údajů o hovorech se ukládají do vlastní databáze nainstalované na serveru (žádné záznamy o hovorech se nedostanou mimo společnost). Náklady na volání s pobočkami, obchodníky na cestě a home-office jsou nulové.³⁰ Varianta umožňuje služby jako například „Remote office support (připojení vzdáleného telefonu s vlastnostmi jako by byl místní). Vytáčecí plán lze velmi jednoduše nakonfigurovat na serveru.

Záložní řešení je stejné jako v případě varianty A - záložní připojení k internetu a telefonní síti v podobně ADSL řešení (v případě výpadku obou, není dotčena komunikace uvnitř firmy), IVR může obsahovat i hlasovou schránku, která po volbě zákazníkem nahraje příslušný vzkaz [2].

Je zde možnost libovolně měnit počet linek (koncových zařízení) – do maximálního využití výkonu serveru. Údržbu a technickou podporu je možno zajistit externě nebo v režii firmy. V popisovaném konkrétním případě by ji obstaral zaměstnaný IT odborník, kde rychlost realizace záleží na jeho schopnostech a náklady představuje pouze jeho plat (ten je zahrnut v komplexním zajištění podpory a správy IT společnosti).

Bezpečnostní řešení jsou závislá na zabezpečení sítě společnosti proti odposlechu, modifikaci a útokům hackerů (firewallem, antivirem a dalšími druhy ochrany). Na výpadek elektrického proudu je varianta více náchylná, řešení přináší ošetření představující využití UPS jak na server, tak na klíčové síťové prvky převážně switche. Po tomto opatření je riziko výpadku proudu minimalizováno. Pro případ výpadku internetu realizovaného přes Wi-Fi, je záložní připojení ADSL.

Realizace je většinou řešena etapově. Za určité časové období se postupně přechází od digitální telefonie k telefonii VoIP realizovanou přes Asterisk. Časová náročnost realizace po připravení všech potřebných komponent převážně serveru a kabeláže záleží na rozvržení etap pro postupnou výměnu analogových telefonů za IP telefony (možnost paralelního fungování obou systémů po nějakou dobu). U menších projektů s ohledem na jejich náročnost je možné realizaci uskutečnit naráz [1]. V našem případě by časová náročnost pro základní zprovoznění telefonie vzhledem k rozsahu projektu byla podle vyjádření správce IT a telefonie pouhé dva

³⁰Za předpokladu využívání VoIP telefonů (HW nebo SW) platí ceny dle ceníku operátora.

dny. Nasazení speciálních funkcí by bylo záležitostí budoucích požadavků uživatelů. Samozřejmě předpokladem je již ukončený projekt výměny ethernetové kabeláže, s kterou by se společně natáhla potřebná kabeláž k IP telefonům. Další služby, jako například voice-mail a talk-detection, jsou závislé na nainstalování příslušných aplikací (SW), popřípadě HW [2].

Kvalitu hovoru lze samozřejmě zachovat na úrovni klasické telefonie s kodekem G.711, ale nejčastěji se využívá kodeku G.729a a výsledná kvalita je 3,27 MOS (blíže jsme uvedli v podkapitole 2.5.2) [4]. Dostupnost je stejná jako u možnosti A tj. 99,4999% (maximální nedostupnost činí 43 hodin a 49 minut). Náročnost na šířku pásma byla určena na začátku 4 kapitoly. Omezením pro zvyšování počtu současných hovorů je pouze celková šířka pásma sítě WAN.

Výhodou tohoto řešení je, že by společnost měla k dispozici vlastní řešení a možnost připojení vzdálených IP a SW telefonů. Nevýhodou je nutnost budoucí modernizace, obměny a údržby vlastního hardwaru. Vzhledem k nárokům na HW by se jednalo převážně o výměnu dosluhujících součástí.

Realizace varianty by zahrnovala pořízení serveru, IP telefonů, potřebné síťové kabeláže a síťových prvků s podporou POE. Server je pořizován ve vyšší než potřebné konfiguraci, z důvodu zajištění shody platformy s dalšími servery ve firmě, pro snadnou zastupitelnost. Další výhodou vyšší konfigurace je možnost přidávat například video-hovory a další přídatné funkce bez zvýšení nároků na HW.

Ondřejovická strojírna si klade požadavek pro nákup serveru značky IBM nebo Dell. Dále požaduje vlastnosti - zrcadlení disku, duální napájecí zdroj, kartu pro vzdálenou správu, minimálně 4-jádrový CPU 2.4 GHz, s pamětí 8 GB RAM, HDD 2 x 250 GB SATA 7.200 RPM.

Z toho důvodu byly vybrány dvě konfigurace od IBM - server "x3100M4 Tower" a "Express x3200M3". K oběma bylo potřeba modul RAM "IBM 4GB DDR3 1333 MHz", dva pevné disky po 500 GB "S26361-F3670-L500" a jedna konfigurace od Dell - server "R510 E5620". Tento server je dražší, ale obsahuje již plnou konfiguraci [42].

Na UPS nebyly vzneseny bližší požadavky, proto bylo cílem zvolit takové, aby server při výpadku energie fungoval co nejdéle. Pro přijatelné pořizovací náklady byl zvolen typ "APC Smart-UPS SC 1500VA"³¹. Mimo server a UPS je potřeba ještě pořídit 70 IP telefonů (Well SIP-T18P) Všechny varianty by využívaly switche "Cisco SFE2000P-G5", jenž je také

³¹ Cena z portálu Heureka - 8.248,- ze dne 31.3.2013

nezbytné zajistit pomocí UPS "INFOSEC X3 500VA" za cenu 1.521,- Kč.³² Ceny jednotlivých konfigurací uvádí tabulka číslo 4-5.

	IBM 1³³	IBM 2	Dell³⁴
Server	18.825,-	28.420,-	52.600,-
RAM	1.702,-		obsažena
HDD	8.494,-		obsažena
Sítové prvky (PoE switch)	93.996,-		
UPS	18.895,-		
IP telefony	92.190,-		
TRUNK zřizovací poplatek	2000,-		
Celkem jednorázově	236.102,-	245.697,-	259.681,-
Telefonie náklady variabilní	2937,- ³⁵		
Fixní náklady	722,-		
Celkem měsíčně	3659,-		

Tabulka 4-5 Kalkulace varianty Asterisk

Předností varianty jsou nižší pořizovací náklady než u varianty C, při zachování stejného plnění požadavků. Jako zástupná možnost byla vybrána varianta IBM 1, z důvodu nejnižší ceny.

E. Rozšíření současné analogové ústředny

Poslední varianta je založena na principu propojení staré ústředny Ateus Omega z roku 2001 s novou ústřednou a celkově vytvoření minimálně 96 vnitřních linek. Toto propojení by bylo možné zrealizovat pomocí PBX Boosteru, což je vlastně speciálně nakonfigurovaná ústředna 2N ATEUS NetStar. Realizace řešení spočívá v připojení ISDN linky (BRI) do boosteru a z něj pak do staré ústředny, což by přineslo nové funkce a především rozšíření kapacity zapojením rozšiřujících karet do Boosteru.

Pořizovací náklady jsou nízké, z důvodu využití současné ústředny (přesná částka je uvedena v tabulce číslo 4-6). Pravidelné náklady a to fixní i variabilní zůstávají ve stejné výši jako doposud (v rámci připojení tato varianta nepřináší žádné změny). Přepojování hovorů je možné ale jen v rámci společnosti. Automatické přesměrování na základě zadaných pravidel tato varianta neumožňuje, stejně tak ani záznam údajů do databáze. Vytáčecí plán taky nelze

³² Každý switch má maximální spotřebu 200 W (pokud by napájel všech 24 telefonů). V našem případě se předpokládá delší výdrž závislá po konkrétním počtu napájených telefonů switchem. Údaj o ceně switchu získán z portálu Heureka 31.3.2013.

³³ Zdroj [42] ze dne 25.3.2013

³⁴ Zdroj [43] ze dne 25.3.2013

³⁵ Cena vychází z faktur Ondřejovické strojírny pro zahraniční volání navýšena o místní hovory z ceníku TRUNK poskytovatele <http://www.firemnivoip.cz> ze dne 1.4.2013 cena za zahraniční hovory bude reálně výrazně nižší.

nastavit. IVR varianta umožňuje - je součástí rozšíření [44]. Záložní řešení představují pouze mobilní telefony, žádná jiná alternativa není.

Lineární zvyšování počtu linek varianta neumožňuje, lze pouze dokoupit další rozšiřující karty pro zvýšení kapacity. Bezpečnost se podobá variantě B - vyšší zabezpečení než v případě VoIP řešení z důvodu většího oddělení hlasového provozu od paketového. Proti výpadku proudu zabezpečujeme obě ústředny záložními zdroji. Rychlost realizace je 7-14 dní (objednání, doručení, konfigurace). Kvalita hovoru je srovnatelná s ostatními, využívá taktéž jak varianta B šířku pásma 64 kb/s. Dostupnost 99,9999%, snížení dostupnosti mohou způsobit problémy vzniklé spojením staré a nové technologie. Přidávat nové služby nad rámec rozšíření, je možné jen velmi omezeně. V případě výpadku telefonní sítě by telefonie v rámci společnosti neměla být dotčena. Připojení vzdálených telefonů k ústředně není možné. [44] ,[34]

Řešení je sice technologicky možné, ale nelze zaručit, že praktická realizace bude úspěšná. Většinou se využívá pouze k rozšíření služeb. Booster je použit pouze jako průchozí. V našem případě by sám plnil funkci další ústředny a aktivně spolupracoval se stávající ústřednou,³⁶[44] což s sebou nese riziko špatné vzájemné komunikace, závad a poruch. V této konfiguraci zůstal zachován stejný výrobce ústředny, což by mělo zvýšit pravděpodobnost bezproblémového fungování.

V kalkulaci je využito následujících komponentů od společnosti 2N. PBX booster neboli speciálně nakonfigurovanou NetStar ústřednu "ATEUS-101030", s rozšiřujícími kartami - kartu s 8 rozhraními BRI "ATEUS-1011118" (tři pro připojení staré ústředny, tři pro připojení k PSTN), karty pro připojení analogových telefonů "ATEUS-1011218" v celkovém počtu šesti kusů [32]. Kromě uvedeného bylo potřeba pořídit analogové telefony ("MaxCom KXT100") v součtu 22 kusů. Jako záložní zdroj "APC SURT1000XLI", stejný jak v případě varianty B. Konkrétní hodnoty lze nalézt v tabulce 2-5 kalkulace s rozšířením současné ústředny.

³⁶ O technické proveditelnosti informace získány emailovou korespondencí s obchodním zástupcem společnosti 2N.

PBX booster	20.000,-
BRI připojení	12.750,-
Karta pro 8 analogových vnitřních linek.	52.800,-
Telefony analogové	4.862,- ³⁷
UPS	10.930,-
Celkem jednorázově	101.342,-
Variabilní náklady ³⁸	3726,23
Fixní náklady (měsíční) za ISDN linky	1.416,-
Celkem měsíčně	5.142,-

Tabulka 4-6 Kalkulace s rozšířením současné analogové ústředny

IV. STANOVENÍ KRITÉRIÍ

Kritéria vycházejí z cílových požadavků. Kvantitativní kritéria jsou vyjádřena hodnotovými parametry a kvalitativně pomocí stupnice 1-5, kde 1 je nejlepší a 5 nejhorší, u některých možností je uvedena varianta ano, ne.

Do rozhodování nebyla zahrnuta kritéria - údržba a technická podpora, kvalita hovoru a náročnost na šířku pásma. Tyto kritéria nezahrnujeme z níže uvedených důvodů.

Údržbu a technickou podporu nezahrnujeme proto, že firma předpokládá její zajištění vlastními silami pomocí vlastního IT pracovníka u všech uvedených variant. Kvalitu hovoru a šířku pásma jsme nezahrnuly proto, že všechny varianty je možné technicky sjednotit na stejné podmínky. Hodnoty obou jsou závislé na použitém kódování a kodeku. U každé varianty (kromě varianty B a E) je možné využít několik druhů kódování, ale všechny můžeme sjednotit na kódování PCM s kodekem G.711, v tomto případě bude kvalita na úrovni 4,2 MOS a náročnost na šířku pásma 64 kb/s.

³⁷ Z portálu Heureka ze dne 31.3.2013 cena za kus 221,-, stejné jak u varianty B.

³⁸ na stejné úrovni jako doposud

Nyní si v tomto bodě rozhodovací analýzy stanovíme parametry rozhodovacích kritérií:

- pořizovací náklady – minimalizovat (Kč)
- pravidelné náklady – minimalizovat (Kč)
- přepojování hovorů – ano, ne
- automatické přesměrování v případě nepřítomnosti účastníka – ano, ne
- záznam údajů o hovorech do databáze – ano, ne
- náklady při volání se zahraničními partnery, pobočkami, obchodníky na cestě, home office – minimalizovat (Kč)
- aplikace vytáčecího plánu - ano, ne
- IVR – ano, ne
- záložní řešení (kromě mobilních telefonů) – ano, ne
- funkčnost telefonie v rámci firmy v případě výpadku internetu, veřejné telefonní sítě – ano, ne
- lineární zvyšování počtu linek – ano, ne
- bezpečnost – maximalizovat (1-5)
- rychlost realizace – minimalizovat (čas)
- kvalita hovoru – jednotky MOS (1-5)
- dostupnost služby – vyjádřena v %
- náročnost na šířku pásma – kb/s
- přidávání dalších služeb (video-hovory, voice-mail..) - ano, ne
- home-office a SW telefony zaměstnanců pracujících mimo společnost připojeny k ústředně - ano/ne

V. HODNOCENÍ A SROVNÁVÁNÍ VARIANT

Číslo	Charakteristika	Jednotka	Varianty				
			A	B	C	D	E
1	pořizovací náklady	tis. Kč	263	227	312	236	101
2	pravidelné náklady	Kč	5354	5142	3659	3659	5142
3	přepojování hovorů	Ano/Ne	Ano				
4	automatické přesměrování	Ano/Ne	Ano				Ne
5	záznam údajů o hovorech	Ano/Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne
6	aplikace vytáčecího plánu	Ano/Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne
7	IVR	Ano/Ne	Ano				
8	záložní řešení	Ano/Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne
9	lineární zvyšování počtu linek	Ano/Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne
10	bezpečnost	1-5	4	2	3	3	2
11	rychlost realizace	Čas(dny)	15	14	14	4	18
12	dostupnost služby ³⁹	%	A	B	A	A	B
13	přidávání dalších služeb (video-hovory,..)	Ano/Ne ⁴⁰	Ano P	Ano P	Ano P	Ano Z	Ne
14	funkčnost telefonie v případě výpadku	Ano/Ne	Ne	Ano			
15	náklady při volání s pobočkami	Ano/Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano
16	home-office připojený k ústředně	Ano/Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne

4-7Srovnání variant z hlediska parametrů

Kritérium náklady při volání s pobočkami je již promítnuto do pravidelných nákladů, bylo zde doposud uvedeno samostatně z důvodu zdůraznění nulových nákladů této komunikace. Pro zamezení zkreslení rozhodovací analýzy jej do výpočtů dále neuvádíme.

Také poslední kritérium zohledňující připojení home-office a vzdálených stanic k ústředně, má jak můžeme vidět v tabulce 4-7 přímou závislost na nákladech při volání

³⁹ Kritérium má dvě varianty A = 99,4999, B = 99,9999

⁴⁰ Doplněno zda při zavedení další služby je potřeba platit P nebo je zavedení zdarma Z, samozřejmě závisí na konkrétní službě ale pro většinu by to tak mělo platit.

s pobočkami potažmo na pravidelných nákladech. Kritérium je v tabulce uvedeno především proto, že je to z hlediska zadání důležitý požadavek, ale jeho dopady jsou již zakalkulovány v pravidelných nákladech, nicméně tuto funkci je možno nahradit firemními mobilními telefony, které je možné využít u všech variant.

Stanovení vah jednotlivých kritérií pomocí metody párového srovnávání (Fullerova trojúhelníka) a výpočet užítlosti variant najdete v příloze číslo 3 a 4. Výsledné shrnutí užítlosti variant nám uvádí tabulka 4-8.

Varianty	A	B	C	D	E
Užitnost	6604	6471	7513	8738,5	6336,5

Tabulka 4-8 Shrnutí užítlosti

VI. ZJIŠTĚNÍ NEPŘÍZNIVÝCH DŮSLEDKŮ

Jednotlivé varianty jsou spojeny s nepříznivými jevy/riziky uvedenými v matici ohrožení variant z důvodu rozsahu ji najdete v příloze 5.

Pro přehlednost zde uvádíme výsledné shrnutí v tabulce 4-9.

Varianty	A	B	C	D	E
Riziko	875	580	770	810	1020

Tabulka 4-9 Shrnutí nepříznivých jevů

VII. VOLBA NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY

V předchozích dvou krocích je spočítána míra užítlosti a rizika jednotlivých variant, jejich společné srovnání je uvedeno níže.

a) Globální posouzení variant

Tabulka číslo 4-10 nám uvádí pořadí jednotlivých variant z pohledu užítlosti a rizika. První místo zaujímá varianta s největším užítkem, pod ní je napsána varianta s nejmenším rizikem.

Pořadí variant	1	2	3	4	5
Podle užítlosti	D	C	A	B	E
Podle rizika	B	C	D	A	E

Tabulka 4-10 Posouzení variant podle užítlosti a rizika

Podle globálního posouzení variant uvedeného v tabulce 4-10 má nejvyšší výsledný efekt varianta B, která má nejnižší míru rizika při střední užítlosti. Naopak nejnižšího efektu nabývá varianta E, a to díky tomu, že má nejnižší užítlost při nejvyšším riziku.

b) Analytické posouzení variant

A. Varianta virtuální ústředny

Předností varianty je zajištění servisu a plné správy třetí stranou, která by společností pronajala vzdáleně ústřednu. Odpadá tak potřeba obnovy HW a starost o bezpečnostní a jiné aktualizace. Využívá VoIP technologie, jež přináší úsporu nákladů za volání a nové možnosti. Nicméně pořizovací náklady jsou i tak na podobné úrovni jako u ostatních variant a v případě problémů mimo společnost dochází k nefunkčnosti telefonie v rámci společnosti. Nevýhodou je silná závislost na dodavateli/poskytovateli.

B. Varianta pořízení digitální hardwarové ústředny PBX s ISDN2 vstupem

Předností varianty je zachování vysoké dostupnosti a spolehlivosti z důvodu využívání ISDN linek. Na druhou stranu nevyužívá VoIP, což neumožňuje snížit pravidelné náklady a připojení vzdálených telefonů, nepřináší v zásadě žádné nové funkce oproti současnému řešení.

C. Varianta pořízení digitální hardwarové ústředny PBX s VoIP vstupem

Předností varianty je pořízení ústředny od renovované společnosti, což snižuje riziko její poruchovosti, poněvadž tato zpravidla garantuje záruku a servis. Využívá VoIP, takže splňuje kritérium snížení měsíčních nákladů a umožňuje připojit vzdálené telefony. Nevýhodou je nejvyšší cena ze všech variant. Z důvodu této vysoké ceny nedoporučujeme k realizaci.

D. Varianta vlastního serveru s instalací Asterisk

Předností varianty je, že společnost by měla vlastní řešení a plně pod svojí kontrolou včetně všech funkcí, které lze přidávat i zdarma. Využíváním VoIP technologie dochází k úspoře pravidelných nákladů a možnosti připojení vzdálených HW a SW telefonů. Z těchto důvodů variantu doporučujeme k realizaci.

E. Varianta rozšíření současné analogové ústředny

Výhodou jsou nejnižší pořizovací náklady, na druhou stranu je u této možnosti vyšší riziko nekompatibility z důvodu propojení starší a nové ústředny. Varianta jen z malé části řeší cílové požadavky a nepřináší úsporu pravidelných nákladů. Není možné připojit vzdálené SW a IP telefony. Proto se tato varianta nedoporučuje k realizaci.

c) Výsledný efekt

Vyjadřují uvedené dvě tabulky první z nich (tabulka č. 4-11) uvádí srovnání v absolutních hodnotách, druhá (tabulka č. 4-12) srovnání relativní (vyjádřené v procentech).

Varianty	A	B	C	D	E
Absolutní užitnost	6604	6471	7513	8738,5	6336,5
Absolutní riziko	875	580	770	810	1020
Výsledný efekt (U-R)	5729	5891	6743	7928,5	5316,5
Výsledný efekt (U/R)	7,55	11,16	9,76	10,79	6,21

Tabulka 4-11 Srovnání absolutní užitnosti

Varianty	A	B	C	D	E
Relativní užitnost	63%	62%	72%	83%	60%
Relativní riziko	27%	18%	23%	25%	31%
Výsledný efekt (U-R)	36%	44%	49%	58%	29%
Výsledný efekt (U/R)	2,33	3,42	3,11	3,33	1,95

Tabulka 4-12 Srovnání relativní užitnosti

Podle hodnoty výsledného efektu vidíme, že optimální je varianta B, u které je nejlepší poměr užitnosti k riziku, druhá v pořadí je varianta D. Naopak nejhůře dopadla varianta E.

d) Závěr rozhodovací analýzy

Přestože dle propočtů byla vyhodnocena nejlépe varianta B a to především z důvodu nejnižší rizikovitosti realizace, navrhuje se k realizaci variantu D - vlastního serveru s instalací Asterisk a to z níže uvedených důvodů:

- v porovnání s variantou B, dosahuje lepšího plnění cílových požadavků, převážně ve snížení měsíčních nákladů (v praxi je předpoklad ještě nižších nákladů než jsou uvedeny z důvodů zlevnění hovorů do a ze zahraničí),
- varianta umožňuje vlastní nastavení parametrů podle specifikace vedení s potenciálem nasazování dalších služeb při nulových či nízkých nákladech (video-konference, voice-mail),
- technologie umožňuje kromě klasických telefonů využívat i SW telefony v počítačích či mobilech připojených k internetu,
- uváděné riziko varianty lze snížit zavedením bezpečnostních mechanismů a politik,
- lze očekávat budoucí technický potenciál například lepší kvalitu zvuku pomocí již zavádějící se technologie "High Definition Sound Performance / High Definition Voice" HDSP/HD Voice (G.722) nebo silnější zabezpečení přenosu zavedením ZRTP.

5 ZHODNOCENÍ A IMPLEMENTACE ZVOLENÉ VARIANTY

5.1 ZHODNOCENÍ VARIANTY VLASTNÍHO SERVERU S INSTALACÍ ASTERISK

V návaznosti na současný stav, ve kterém není možné nadále zvyšovat současnou kapacitu ústředny (počet připojených telefonů), je nejvýhodnější realizovat investiční akci, při které můžeme vycházet z variant navržených v této práci.

Realizace varianty by znamenala přechod ze současných analogových telefonů na IP telefony, které umožňují využívat moderních možností současné telefonie. Tím je myšleno například zobrazení čísla volajícího, pro vedoucí pracovníky přehled o probíhajících hovorech na jejich manažerských telefonech, možnost budoucího využívání video-konferencí. Další funkce je možné využít podle zvoleného typu telefonu.

V oblasti kabeláže by oproti současnému stavu začala telefonie využívat datové kabeláže. Současná telefonní kabeláž by byla po zprovoznění nové telefonie odstraněna - demontována.

Páteřním prvkem nového systému je server se SW ústřednou Asterisk. Výhodou tohoto řešení je, že v případě závažnější poruchy HW by bylo možné v krátké době zprovoznit Asterisk na záložním serveru, nebo virtualizovaně na jiném běžícím serveru.

Další změnou oproti současnému stavu by byla možnost úspory energie přes noc z důvodu vzdáleně spravovaných PoE switchů a na ně napojených IP telefonů, které by bylo možné automatizovaně popřípadě ručně vypínat.

Zavedením VoIP technologie se otevírá možnost připojit vzdálené SW i HW telefony například u home-office pracovníků a obchodníků na cestě. Takto připojené telefony přináší výhody v tom, že se volá číslem společnosti, úsporu nákladů, volání z/do ciziny v rámci připojených telefonů zdarma, jednoduché přepojování v rámci takto připojených telefonů a mnohé další. Kromě výše uvedených úspor se předpokládá i snížení nákladů při komunikaci se zahraničními partnery (o 30-60%)⁴¹

Varianta splňuje všechna požadovaná kritéria, jedinou nevýhodou je nižší bezpečnost a dostupnost, kterou však lze využitím vhodných opatření výrazně posílit.

⁴¹ Údaj zjištěn z ceníků a propagace společností poskytujících VoIP.

5.2 IMPLEMENTACE

Implementaci zvolené varianty můžeme rozdělit na několik spolu souvisejících částí - organizační, technickou a bezpečnostní, instalaci a konfiguraci serveru.

5.2.1 ORGANIZAČNÍ ZAJIŠTĚNÍ

Organizační zajištění zde chápeme v celém jeho průběhu od prvního impulzu až po následnou údržbu po zavedení.

Prvotní impulz vychází z plánů současného a budoucího rozvoje společnosti, uvědomění si nedostatků současného řešení a potřeby tento stav vhodným způsobem vyřešit.

Na tento prvotní impulz navazuje postupné určení požadavků na nové řešení a jejich písemná formulace, kterou utváří nově vytvořená pracovní skupina, jež je složena ze zástupců zainteresovaných stran, čímž je myšleno IT oddělení, management, zaměstnanci.

Po vypracování formulace požadavků dochází k návrhu možných variant řešení. Úkol návrhu jednotlivých variant již přebírá tato bakalářská práce. Po analýze variant a výběru té nejvhodnější z nich je podklad předán vedení organizace pro učinění rozhodnutí o realizaci či zamítnutí navržené varianty.

Pokud je rozhodnutí o realizaci přijato je potřeba určit pracovníky odpovědné za realizaci projektu, stanovit přesný časový harmonogram prací a vyčlenit potřebné prostředky - finanční, materiální a kapacitní. Odpovědní pracovníci mají za úkol seznámit ostatní pracovníky společnosti se schváleným projektem, plánem jeho realizace a představit výhody nového řešení. Následně je potřeba vypsání výběrového řízení na dodávku HW, z důvodu, že se jedná o dotační projekt v rámci operačního programu podnikání a inovace. Je projekt částečně sponzorovaný Evropským fondem pro regionální rozvoj. Takto dotované projekty musí mít veřejné výběrové řízení. Proto je potřeba výběrové řízení vypsát a umístit inzerát v obchodním věstníku.

Kromě určení odpovědných pracovníků vedením organizace je nezbytné stanovit i kontrolní mechanismy, stanovit dílčí cíle (mezníky) projektu, ve kterých se bude kontrolovat plnění postupu oproti plánu.

Po realizaci projektu je potřeba naplánovat školení zaměstnanců v obsluze nových funkcionalit telefonů a zpracovat a představit bezpečnostní politiku v oblasti telefonie.

Během provozu je nezbytné dodržovat zásady stanovené bezpečnostní politiky a provádět pravidelnou kontrolu funkčnosti a slabých míst systému s ohledem na požadavky vedení firmy a nové trendy v oblasti zabezpečení bezpečnosti.

5.2.2 TECHNICKÉ ZAJIŠTĚNÍ

Základním požadavkem je předpoklad funkční sítě, kterou zajistí projekt výměny kabeláže a síťových prvků. Po realizaci projektu výměny kabeláže můžeme přikročit k realizaci vlastního nasazení nové telekomunikace s určením požadavků na server.

Minimální HW nároky pro Asterisk serveru záleží na několika faktorech:

- celkovém počtu registrovaných uživatelů,
- celkovém počtu současných volání,
- využívaných kodecích,
- zamezení echa,
- ošetření redundance HDD (RAID pole) a napájecích zdrojů,
- využití dedikovaného serveru [45].

V návaznosti na požadavek společnosti pro zastupitelnost s dalšími jejich servery. Budeme vycházet z požadavků firmy na značku IBM nebo Dell, zrcadlení disku, duální napájecí zdroj, karta pro vzdálenou správu. Server by měl být v konfiguraci minimálně CPU 4-jádrový 2.4 GHz, 8 GB RAM, HDD 2 x 250 GB SATA 7.200 RPM.

Produkty splňující tyto parametry byly uvedeny v rozhodovací analýze u popisu varianty D v tabulce 4-5, včetně IP telefonů.

Po pořízení serveru je nezbytné ho fyzicky zabezpečit umístit do klimatizované místnosti, umožňující přístup jen povolaným osobám.

5.2.3 ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI

Pro zajištění bezpečnosti telefonie připojené pomocí VoIP. Je nezbytné využívat řady mechanismů, které se v mnohém liší od standardů zajištění bezpečnosti přístupu internetu. Především se jedná o:

- nasazení silných hesel a popřípadě i šifrování (IPSec) pro vzdáleně se připojující pobočky (uživatelé home-office, obchodníky na cestě,...) Jako ochrana před brutálním útokem,
- umístění serveru s Asteriskem až za firewall, na kterém budou povoleny jen porty nutné pro komunikaci ústředny,
- pravidelné bezpečnostní updaty softwaru Asterisk,
- oddělení hlasové a datové komunikace,
- provádění auditu bezpečnostních událostí a aktivit uživatelů, systém aktivní detekce,

- nastavení pravidel QoS na všech síťových prvcích, aby nedocházelo k zbytečnému zpoždění hlasových paketů,
- sjednání maximálních cenových limitů pro hovory u operátora, po jehož překročení by došlo k zamezení dalších volání (pro předcházení větším škodám v případě zneužití),
- monitoring veškerých hovorů (času, délky hovoru, čísla volajícího telefonu a volaného čísla) pro identifikaci kdo a z jakého telefonu volal.⁴²

5.2.4 SAMOSTATNÁ INSTALACE A KONFIGURACE ÚSTŘEDNY

Pro běh Asterisku je potřeba zvolit Linuxovou distribuci například CentOS. Tuto distribuci je možné stáhnout ze stránek <http://www.centos.org>, (v současnosti je aktuální verze 6). Obraz CentOS je potřeba vypálit na DVD a provést instalaci, po jejímž úspěšném dokončení je možno pokračovat v instalaci samotné ústředny.

Pro stažení Asterisku je nevhodnější využít přímo oficiální stránky projektu na adrese <http://www.asterisk.org/downloads>. Distribuce AsteriskNow 3.0 32 bit umožňuje vybrat si i 64 bit. Instalace se provede na již nainstalovaný CentOS, (Pro zkušební účely je možné provést instalaci s využitím virtualizačního SW - "Oracle VM VirtualBox"). V úvodu instalace je možné zvolit, zda současně nainstalovat i FreePBX webové rozhraní pro správu pomocí webových stránek. Instalace je velmi intuitivní a jednoduchá. Na závěr instalace je nezbytné využít příkazu "yum update" pro zaktualizování na nejnovější verzi.

Druhou variantou je nainstalovat Asterisk 11.0 či jinou z plných verzí. Výhodou je, že tento systém je pak stabilnější a bezpečnější, nevýhoda pak spočívá ve vyšší náročnosti na instalaci a konfiguraci, která probíhá výhradně v textovém režimu. Základem je mít nainstalovaný Linux (pouze v textové verzi) a přes příkazový řádek stáhnout potřebné balíčky Asteriku (asterisk,libpri,addons). Následně všechny stažené balíčky rozbalit (tar xzvf soubor.tar.gz) a postupně nainstalovat. Při instalaci musí být brán zřetel na to, aby byly vybrány jen balíčky, které jsou potřebné.

⁴² Zabezpečení VoIP telefonie je široké téma, pro více informací můžete čerpat například ze zdroje: http://www.ip-telefon.cz/archiv/dok_osta/ipt-2008_Bezpecnost_VoIP.pdf nebo různých diskuzních fór.

Konfigurace

Konfiguraci je možné provádět přes webové rozhraní (AsteriskNow) nebo textově, v textové editaci jsou důležité následující soubory.

extensions.conf - soubor pro konfiguraci volacího plánu (dial plan), směrování hovorů, IVR a dalších nastavení. Můžeme jej rozdělit do dvou sekcí general a globals. Úplná struktura souboru je obsáhlá a není předmětem této bakalářské práce se s jí dopodrobna zaobírat. Ukázku nejzákladnějšího nastavení pro tři linky vidíte níže.

```
[Uctarna]
exten => 100,1,Dial(SIP/100)
exten=> 100,2,Hangup
exten => 101,1,Dial(SIP/101)
exten=> 101,2,Hangup
exten=> 105,1,Dial(SIP/105,30); Volej pobočku 105, pokud do 30s hovor nikdo nezvedá
exten=> 105,2,Dial(SIP/100); přesměřuj hovor na telefon s klapkou 100
exten=>105,3, Hangup; ukonči (zavěš) hovor
exten=_9XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/trunk/${EXTEN:1}); nastavení pro odchozí hovor do veřejné telefonní sítě pro identifikaci se využívá číslo 9.
```

asterisk.conf - obsahuje adresáře a konfiguraci Asterisku například nastavení maximálního počtu souběžných volání a dalších hlavních parametrů.

sip.conf - soubor pro konfiguraci připojení pomocí SIP protokolu (SW a HW místních i vzdálených telefonů, SIP TRUNKU). Včetně využívaných portů a IP adres. Níže vidíte ukázku konfiguračního souboru pro jeden telefon. Pro nastavení home-office telefonu pouze zadáme příslušnou IP adresu.

```
[general]
context = dummy ; zabránění přístupu neautorizovaných uživatelům
allowguest = no; neregistrovaní uživatelé nemohou se nemohou připojit
bindport = 5060; port pro komunikaci
disallow=all; zakázání všech nepovolených protokolů
allow=alaw ;povolení jen určitých protokolů
allow=ulaw
auth=md5; nastavení šifrování
[100]
type=friend; může obdržet i odesílat hovor současně
username=100; uživatelské jméno
secret=@#Zabezpeceno265; zadání silného hesla
callerid=("Tomáš Překop" <100>); zobrazení identifikace
host=192.168.100.1 ; telefon má IP adresu, další možností je zadat dynamic
```

Dalším konfiguračním souborem je `iax.conf`, který je podobný svou strukturou `sip.conf` a slouží primárně pro konfiguraci propojení Asterisk serverů mezi sebou (protokol IAX2) z důvodu toho, že propojení s dalším Asterisk serverem společnost nevyžaduje, nebudeme se touto konfigurací zabývat.

Po provedení těchto konfigurací je potřeba ještě provést registraci SW a HW telefonů k Asterisku. Při ní je nutno přístrojům nastavit minimální nezbytné parametry pro připojení - uživatelské jméno, heslo, doménu a popřípadě další informace.

Na závěr je ještě potřeba propojit ústřednu se sítí PSTN. Cestou, jak je možno toto propojení zrealizovat, je vybrat vhodného VoIP (SIP, TRUNK) poskytovatele. Výběr konkrétního poskytovatele není součástí této bakalářské práce. Zvolený poskytovatel nám poskytne následující údaje uživatelské jméno, heslo, doménu, UDP port a seznam jím podporovaných kodeků. Konfiguraci propojení s poskytovatelem provedeme v nám již známém souboru `sip.conf`, do kterého zadáme získané údaje.

Poslední požadovanou funkcí je záznam údajů o hovorech. Ten může zprostředkovat buď SIP poskytovatel, nebo ji lze realizovat přes Asterisk nejčastěji propojením s databází [45].

Podrobná konfigurace ústředny a všech 70 telefonů není předmětem této bakalářské práce. Nicméně názorná ukázka, jakým způsobem by byla základní konfigurace provedena, je v této kapitole nastíněna.⁴³ Co se týče zabezpečení, je možné využít uvedených mechanismů v bodě 5.2.3, vzhledem k vzrůstajícím aktivitám hackerských skupin a útoků v rámci internetu je vhodné zvážit zvolení některé z renovovaných bezpečnostních agentur pro navržení optimálního zabezpečení.

⁴³ Bližší informace ke konfiguraci, instalaci a dokumentaci jsou dostupné na oficiálních stránkách podpory pro Asterisk [45].

6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vybrat vhodné řešení požadavků podniku na zvýšení počtu telefonních linek, snížení nákladů a rozšíření možností komunikace ve firmě. Tento cíl byl v práci řešen podrobnou analýzou současné situace společnosti, návrhem variant řešení, stanovením kritérií pro rozhodování a rizik realizace jednotlivých variant. Ke každé variantě byly vytvořeny zpravidla tři podrobné cenové kalkulace. Z těchto kalkulací byla vždy vybrána jedna optimální, se kterou se pak dále kalkulovalo při celkovém zhodnocení jednotlivých způsobů řešení. Pouze u poslední varianty byla cenová kalkulace pouze jedna z důvodu zajištění kompatibility se stávající ústřednou.

Pomocí rozhodovací analýzy bylo zhodnoceno pět variant řešení. V analýze byla věnována pozornost i zabezpečení proti výpadku systému a napájení. Po zhodnocení všech kritérií a stanovených cílů byla k realizaci doporučena varianta vlastního serveru s instalací Asterisk. Pro toto rozhodnutí je podstatná nejvyšší užitnost varianty s tím, že vyšší rizikovitost můžeme ošetřit.

Závěrečné část této práce je věnována zajištění realizace vítězné varianty. Popsána je organizace zabezpečení realizace, technické předpoklady, bezpečnostní doporučení pro server a síť včetně možností konfigurace serveru.

Přínos své práce vidím především v podrobném zmapování a popisu možností řešení firmou zadaných cílů a v podání nestranného stanoviska. Při zpracování práce se mi podařilo shromáždit informace k navrhovaným řešením, které by firma pravděpodobně nezjišťovala a věřím, že má práce přispěje vedení firmy k objektivnímu rozhodnutí.

Cíl práce byl splněn - účel byl naplněn výběrem varianty, která nejlépe dosahuje požadovaných cílů stanovených firmou a to jak hlavního cíle, tzn. zvýšení kapacity současné ústředny, tak i cílů dílčích, jež spočívají v úspoře pravidelných nákladů a přijatelných pořizovacích nákladech, které činní 236 tis. Kč za nový telekomunikační systém a IP telefony. Firmou určené stropní náklady včetně výměny kabeláže byly stanoveny na 730 tis. Kč, z čehož vyplývá, že pro kabeláž a instalační práce zbývá necelých 500 tis. Kč, dá se očekávat, že tato částka bude plně dostačující. Další dílčí cíle zahrnují technické zabezpečení funkcí IVR, záznamu údajů o hovorech, automatického přesměrování příchozích hovorů, možnosti vytáčení plánu a záložního řešení.

ZDROJE:

Tištěné:

1. WALLACE, Kevin. *VoIP bez předchozích znalostí: Váš vstup do světa IP telefonie*. Překlad Jan Gregor. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1458-2.
2. VOZŇÁK, Miroslav. *Voice over IP*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1828-3.
3. BAZALA, David: *Telekomunikace a VoIP telefonie*. Praha : BEN – technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-201-9
4. MEGGELEN, Jim Van, Leif MADSEN a Jared SMITH. *Asterisk™: The Future of Telephony*. 2nd ed. Sebastopol (USA): O'Reilly Media, 2007. ISBN 978-0-596-51048-0.
5. PUŽMANOVÁ, Rita. *Moderní komunikační sítě od A do Z*. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1278-0.
6. GOKHALE, Anu A. *Introduction to telecommunications*. 2nd ed. Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning, 2005. ISBN 14-018-5648-9.
7. ZONKOVÁ, Zdeňka. *Rozhodování manažera*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1995. ISBN 80-707-8254-4.
8. JUREČKA, Václav. *Mikroekonomie*. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3259-6.
9. ČVANČAROVÁ, Zuzana, Vlasta HUMLOVÁ, Adéla HUJDUSOVÁ, Hana ŠTVERKOVÁ a Petr NĚMČÍK. *Podniková ekonomika A*. Ostrava: VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA Ekonomická fakulta, 2010. ISBN 978-80-248-1412-6.

Elektronické:

10. Ondřejovická strojírna a.s. Výroční zpráva 2011. Ondřejovice: Ondřejovická strojírna a.s., Dostupné z: <http://www.ondrstroj.cz/storage/images/Vron%20zprava%202011.pdf>
11. KUČERA, Radek. Pojem communicate est multum dare. *ABZ.cz: slovník cizích slov - online hledání* [online]. 2006 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/communicare-est-multum-dare>
12. KUČERA, Radek. Pojem communicate est multum dare. *ABZ.cz: slovník cizích slov - online hledání* [online]. 2006 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/telekomunikace>
13. Komunikace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Komunikace>
14. Chraňte svoji PBX před útoky. *IPEX* [online]. 2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.ipex.cz/kompletni-reseni/podle-funkce/chrante-svoji-pbx-pred-utoky>
15. VANĚK, Tomáš. Bezpečně nebezpečná IP telefonie (VoIP). In: *Ipex* [online]. Praha, 2009 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.authorstream.com/Presentation/IPEX-221556-bezpe-nebezpe-ip-telefonie-voip-ipex-pbx-security-voipex-telefonn-st-edny-forum-2008-product-training-manuals-ppt-powerpoint/>
16. ZABEZPEČENÍ HLASOVÉ KOMUNIKACE. *NextiraOne: The communications experts* [online]. 2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.nextiraone.eu/cz/reseni/security/voice_security
17. DAKTELA. *Asterisk™ VoIP Business Řešení* [online]. 2012 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.daktela.com/>

18. TVRDÍKOVÁ, Milena. *Ekonomické a ekologické efekty přechodu na Cloud Computing*. Ostrava, 2012. Dostupné z: <http://lms.ekf.vsb.cz/mod/resource/view.php?id=13827>
19. UPS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/UPS#cite_note-1
20. Záložní zdroje UPS: Co je to UPS?. *Elektro TOM* [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.elektro-tom.cz/zalozni-zdroje-ups/co-je-to-ups-3/>
21. IPEX. *Nabídka řešení VOIPEX FI*. Praha, 2013.
22. TELEFÓNICA CZECH REPUBLIC, a.s. Virtuální telefonní ústředna. [online]. 2006 [cit. 2013-02-21]. Dostupné z: http://www.o2.cz/corporate/191999-voip/109336-virtualni_telefonni_ustredna.html
23. LIVISPACE. *Tefla ovládněte hovory* [online]. 2009-2013 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://telfa.cz/>
24. VOIPEX Virtuální ústředna iPBX. IPEX. *Ipex* [online]. 2013 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.ipex.cz/volani-a-internet/vyhodne-volani/voipex-virtualni-pbx#specifikace>
25. VOIP virtuální ústředna. *Softwarehosting* [online]. 2011 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.softwarehosting.cz/katalog-reseni/virtualni-ustredna-voip>
26. Virtuální ústředna. *Daktela* [online]. 2012 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.daktela.com/sluzby/virtualni-ip-ustredna>
27. CENÍK SLUŽBY O2 Virtuální ústředna. *TELEFÓNICA CZECH REPUBLIC, a.s.* [online]. 2010 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.o2.cz/_pub/b4/20/e5/110779_470456_cenik_O2_virtualni_ustredna_2010_10_26.pdf
28. TELEFÓNICA CZECH REPUBLIC, a.s. Pobočkové ústředny (PBX) [online]. 2006 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://www.o2.cz/corporate/telefonny_a_zarizeni/102882-moderni_koncova_zarizeni.html
29. ATLANTIS TELECOM S.R.O. *Technický popis systému NEXSPAN*. Praha 10: Atlantis telecom s.r.o., 2008.
30. Digitální telefonní ústředny. STAND CZ SPOL.S R.O. *Ústředny.cz: Specializovaný server o telefonních ústřednách* [online]. 2004 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: http://ustredny.cz/scripts/index.php?id_nad=21
31. 2N TELEKOMUNIKACE. *PBX – pobočkové telefonní ústředny* [online]. 2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.2n.cz/cz/produkty/telefonni-ustredny/>
32. ISC Communication Czech, a.s. Telefonní ústředny. Praha 7: ISC Communication Czech a.s. , 1986. [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.isccz.eu/telefonni-ustredny/>
33. Product guide and specifications KX-TDE100 KX-TDE200. Panasonic [online]. 2011. Dostupné z: http://business.panasonic.co.uk/communication-solutions/sites/default/files/communication-solutions/files/specsheet_uploads/KX-TDE100_200%20spec.pdf
34. 2N. *Technické parametry: Ateus ® - NETSTAR*. Praha, 2013. Dostupné z: http://www.2n.cz/download/2/5/8/NetStar_Technicke_parametry.pdf
35. CISCO. *Cisco Unified Communications Manager Express*. USA, 2010. Dostupné z: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6788/vcallcon/ps4625/comms_manager_exp_overview.pdf

36. Trunk VoIP pro firmy: Hlasové služby. *Dial Telecom* [online]. 2009 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.dialtelecom.cz/cz/produkty_a_sluzby/firmy/hlasove_sluzby/trunk-voip.php
37. Cisco Systems, Inc. *Popis produktů Cisco*. USA San Jose: Cisco Systems, Inc., 1984. [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.cisco.com>
38. Yejian Technologies Co., Ltd. *Cenové nabídky*. USA: Yejian Technologies Co., Ltd., 2002. [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: <http://www.router-switch.com/>
39. VoIP pro každého. *802 TRUNK: Řešení firemní VoIP telefonie* [online]. [2008] [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.firemnivoip.cz/>
40. Asterisk: VoIP ústředna - 1 (plánování). VALOUŠEK, Ondřej. Abclinuxu [online]. 8.11.2006. [cit. 2013-02-13]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/site/asterisk-voip-ustredna-1-planovani>
41. Get Started. DIGIUM. *Asterisk* [online]. 2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.asterisk.org/get-started>
42. IBM x3100M4 Tower. *Alza* [online]. 2000-2013 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/ibm-x3100m4-tower-d376394.htm>
43. Servery. *Mironet: Computer* [online]. 2002 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.mironet.cz/servery+c25832/>
44. Každá firma s PBX může být váš zákazník. 2N. *2N Telekomunikace* [online]. 2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.2n.cz/cz/reseni/kazda-firma-s-pbx-muze-byt-vas-zakaznik/>
45. DIGIUM, Inc. Asterisk Project [online]. [2010] [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Home>
46. Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption. CISCO. Cisco [online]. 2006 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml

SEZNAM ZKRATEK

ACELP	Algebraic Code Excited Linear Prediction
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
B-kanál	Bearer channel
BRI	Basic Rate Interface
CAS	Channel Associated Signaling
CCM	Cisco Call Manager
CCS	Common Channel Signaling
CELP	Code Excited Linear Prediction
CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction
DiffServ	Differentiated Services
D-kanál	Delta channel
DoS	Denial of Service
DPCM	Differential Pulse Code Modulation
DSCP	Differentiated Service Code Point
DSP	digitální signálový (signální) procesor (Digital Signal Processor)
FIFO	první dovnitř, první ven (First In, First Out)
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci (Global System for Mobile Communications)
HDSP	High Definition Sound Performance
HD Voice	High Definition Voice
HW	Hardware
iLBC	Internet Low Bitrate Codec
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IP telefon	hardwarově řešený klient pro telefonii typu VoIP
IP telefonie	Internet Protocol telefonie
ISDN	digitální síť integrovaných služeb(Integrated Services Digital Network)
LD-CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction
LPC	Linear Predictive Coding
MCU	Multipoint Control Unit
MGCP	Media Control Gateway Protocol
MIPS	milion instrukcí za sekundu (Million Instruction Per Second)
MITM	Man in the Middle
MOS	Mean Opinion Score
MPS	Maintain Power Signature
PBX	pobočková telefonní ústředna (Private Branch exchange)
PCM	pulzní kódová modulace (Pulse Code Modulation)
PoE	napájení po datovém síťovém kabelu (Power over Ethernet)
PRI	Primary Rate Interface
PSTN	veřejná telefonní síť (Public Switched Telephone Network)

QoS	kvalita služby (Quality of Service)
RAS	registrace, přijetí, stav
RFC	žádost o komentáře - označení standardů (Request For Comments)
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Realtime Transport Protocol
SaaS	software jako služba (Software as a Service)
SCP	Service Control Point
SIP	protokol pro inicializaci relací (Session Initiation Protocol)
Soft telefon	softwarově řešený klient pro telefonii typu VoIP
SRTP	Secure Real Time Transport Protocol
SS7	signalizační systém číslo 7 (Signaling System Number 7)
SSP	Service Switching Point
STP	Signal Transfer Point
SW	Software
TCP	Transmission Control Protocol
UA	User Agents
UDP	User Datagram Protocol
UPS	nepřerušitelný zdroj energie (Uninterruptible Power Supply (Source))
UTP	User Datagram Protocol
VoIP	volání přes Internet (Voice over Internet Protocol)
VPN	virtuální privátní síť (Virtual Private Network)
ZRTP	Zimmermann Real Time Transport Protocol

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 7.5.2013

.....


Radek Vymětal

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1.....	Porovnání protokolů SIP a H.323
Příloha 2.....	Šířka pásma
Příloha 3.....	Určení vah
Příloha 4.....	Výpočet užítivosti variant
Příloha 5.....	Nepříznivé vlivy a rizika

Příloha č. 1
Porovnání protokolů SIP a H.323

	SIP	H.323	SIP oproti H.323
specifikace	IETF (1999)	ITU-T (1996)	určen pro práce po Internetu
použitý model	Internet/WWW (klient/server)	telefonie (Q.sig) <i>peer-to-peer</i>	
složitost	střední (modulární přístup)	vysoká (<i>vše v jednom</i>)	
kódování	textové	binární (založené na ASN.1, <i>Abstract Syntax Notation One</i>)	textové kódování snazší na porozumění i na řešení problémů
prvky	agenti UA, servery UAS	terminál/brána, <i>gatekeeper</i>	
adresace	URL, e-mailová adresa, H.323, E.164	E.164, alias stanice zjištěný pomocí <i>gatekeeper</i>	
transportní protokol	UDP (hlavně) nebo TCP	UDP nebo TCP (hlavně)	UDP je jednodušší
zpoždění při navazování spojení	1,5x RTT (<i>Round-Trip Time</i>)	1,5x RTT – 7x RTT	
využití v mobilních sítích 3G	ano	ne	nástup 3G může znamenat konec H.323
podpora pro instant messaging	ano	ne	
rozšiřitelnost	otevřené pro nové protokolové prvky	ASN.1 nestandardní změny podle výrobce pouze na předdefinovaných místech	
spolupráce s telefonní sítí	rozpracovaná (<i>SPIRITS, PINT, TRIP, ENUM</i>)	ano	

porovnání protokolů SIP a H.323

Zdroj: [5, s. 293]

Codec Information				Bandwidth Calculations					
Codec & Bit Rate (Kbps)	Codec Sample Size (Bytes)	Codec Sample Interval (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Voice Payload Size (Bytes)	Voice Payload Size (ms)	Packets Per Second (PPS)	Bandwidth MP or FRF.12 (Kbps)	Bandwidth w/cRTP MP or FRF.12 (Kbps)	Bandwidth Ethernet (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80 Bytes	10 ms	4.1	160 Bytes	20 ms	50	82.8 Kbps	67.6 Kbps	87.2 Kbps
G.729 (8 Kbps)	10 Bytes	10 ms	3.92	20 Bytes	20 ms	50	26.8 Kbps	11.6 Kbps	31.2 Kbps
G.723.1 (6.3 Kbps)	24 Bytes	30 ms	3.9	24 Bytes	30 ms	33.3	18.9 Kbps	8.8 Kbps	21.9 Kbps
G.723.1 (5.3 Kbps)	20 Bytes	30 ms	3.8	20 Bytes	30 ms	33.3	17.9 Kbps	7.7 Kbps	20.8 Kbps
G.726 (32 Kbps)	20 Bytes	5 ms	3.85	80 Bytes	20 ms	50	50.8 Kbps	35.6 Kbps	55.2 Kbps
G.726 (24 Kbps)	15 Bytes	5 ms	NA	60 Bytes	20 ms	50	42.8 Kbps	27.6 Kbps	47.2 Kbps
G.728 (16 Kbps)	10 Bytes	5 ms	3.61	60 Bytes	30 ms	33.3	28.5 Kbps	18.4 Kbps	31.5 Kbps

Kritéria		Určení vah jednotlivých kritérií metodou párového srovnávání													
1	Požizovací náklady	1	1	1	1	1	1	8	9	10	11	1	13	1	
2	Pravidelné náklady	2	2	2	2	2	8	9	2	11	2	13	2		
3	Přepojování hovorů	3	3	3	3	8	9	10	11	3	13	14			
4	Automatické přesměrování v případě nepřítomnosti účastníka	4	4	4	8	9	10	11	4	13	14				
5	Záznam údajů o hovorech do databáze	6	5	8	9	10	11	5	13	14					
6	Aplikace vytáčeního plánu	6	8	9	10	11	6	13	6						
7	IVR	8	9	10	11	7	13	7							
8	Záložní řešení (kromě mobilních telefonů)	9	8	11	8	13	8								
9	Funkčnost telefonie v rámci firmy v případě výpadku	9	11	9	13	9									
10	Lineární zvyšování počtu linek	11	10	13	14										
11	Bezpečnost	11	13	11											
12	Rychlost realizace	13	12												
13	Dostupnost služby	13													
14	Přidávání dalších služeb (video-hovory, voice-mail)														

Kritéria	Váha kritéria	Varianty - matice prostých uživatelských					Varianty - matice vážených uživatelských					
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	M
Požizovací náklady	9,5	38	45	32	43	100	361	427,5	304	408,5	950	950
Pravidelné nákladů	9,5	68	71	100	100	71	646	674,5	950	950	674,5	950
Přepojování hovorů	7	100	100	100	100	100	700	700	700	700	700	700
Automatické přesměrování v případě nepřítomnosti účastníka	5	100	100	100	100	0	500	500	500	500	0	500
Záznam údajů o hovorech do databáze	2,5	100	0	100	100	0	250	0	250	250	0	250
Aplikace vytáčeného plánu	5	100	0	100	100	0	500	0	500	500	0	500
IVR	2,5	100	100	100	100	100	250	250	250	250	250	250
Záložní řešení	11	100	0	100	100	0	1100	0	1100	1100	0	1100
Lineární zvyšování počtu linek	8	100	0	0	100	0	800	0	0	800	0	800
Bezpečnost	13	40	80	60	60	80	520	1040	780	780	1040	1300
Rychlost realizace	1	27	29	29	100	22	27	29	29	100	22	100
Dostupnost služby	14	50	100	50	50	100	700	1400	700	700	1400	1400
Možné přidat služby (videohovory,..)	5	50	50	50	100	20	250	250	250	500	100	500
Funkčnost telefonie v případě výpadku	12	0	100	100	100	100	0	1200	1200	1200	1200	1200
Celková uživatelská							6604	6471	7513	8738,5	6336,5	10500
Relativní uživatelská							63%	62%	72%	83%	60%	100%

Nepříznivé vlivy	Váha	A		B		C		D		E		Max	
		P (%)	SO	P (%)	SO	P (%)	SO	P (%)	SO	P (%)	SO	P (%)	SO
Špatná kvalita hlasu	10	30	3	10	1	30	3	30	3	10	1	100	10
Uživatelská náročnost	4	30	1,2	10	0,4	30	1,2	30	1,2	10	0,4	100	4
Odposlech a zneužití	5	35	1,75	20	1	30	1,5	30	1,5	20	1	100	5
Poruchovost	8	20	1,6	5	0,4	10	0,8	15	1,2	60	4,8	100	8
Nárůst pravidelných nákladů vlivem zvýšení komunikace se zahraničím	6	20	1,2	50	3	20	1,2	20	1,2	50	3	100	6
Stupeň ohrožení			8,75		5,8		7,7		8,1		10,2		33
Riziko			27%		18%		23%		25%		31%		100%