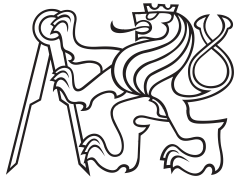


Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra telekomunikační techniky

Řešení komunikační sítě nemocnice na bázi VoIP technologie

Josef Sobotka

Vedoucí: Ing. Pavel Troller, CSc.
Obor: Elektronika a komunikace
Studijní program: Mobilní komunikace
Květen 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sobotka** Jméno: **Josef** Osobní číslo: **491857**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra telekomunikační techniky**
Studijní program: **Elektronika a komunikace**
Specializace: **Mobilní komunikace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Řešení komunikační sítě nemocnice na bázi VoIP technologie

Název diplomové práce anglicky:

VoIP-based Solution of the Telecommunication Network of a Hospital

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte moderní komplexní řešení telekomunikační sítě pro nemocnici s ohledem na její stávající řešení a umožněním postupného přechodu. Využijte závěry svého semestrálního projektu s tímto zaměřením.

Seznam doporučené literatury:

- [1] J. Davidson, J.F. Peters, M. Bhatia: Voice over IP Fundamentals 2nd Edition. Cisco Press; 2nd edition (July 27, 2006). ISBN 1587052571
[2] Nortel Networks: VoIP Technologies: A Comprehensive Guide to Voice over Internet Protocol (VoIP) First Edition. Nortel Press; First Edition (March 31, 2008). ISBN 0980107407
3. P. Bocker: ISDN - The Integrated Services Digital Network. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1988. e-book ISBN: 978-3-662-08036-8

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Pavel Troller, CSc. katedra telekomunikační techniky FEL

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **01.02.2024**

Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **21.09.2025**

Ing. Pavel Troller, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Pavlu Trollerovi, CS.c. za odborné vedení mé práce, za čas strávený nad problematikou nejen při konzultacích a za velmi přínosné rady, které umožnily tuto práci dokončit. Dále bych rád poděkoval panu Janu Pešákovi, správci telekomunikační sítě v brněnském nemocničním zařízení, který mi byl velice nápomocen a mimo jiné umožnil osobní prohlídku v areálu nemocnice. V neposlední řadě děkuji i své rodině, která mi byla velkou oporou nejen při psaní této práce, ale i během celého studia.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, že jsem svědomitě plnil veškeré úkoly zadané vedoucím této práce, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, 20. května 2024

Abstrakt

Práce má za cíl seznámit čtenáře s řešením telefonizace pomocí technologie TDM a popsat její základní charakteristiky. Následně je představena novější technologie VoIP, po níž následuje porovnání obou technologií. Poté se čtenář seznámí s brněnským zdravotnickým zařízením, ve kterém by se měl celý přechod realizovat. Následuje řešení náhrady jednotlivých technologií aktuálně využívaných v nemocničním zařízení. Jsou uvedeny námi doporučené komponenty nutné k přestavbě, včetně cenové kalkulace celého přechodu. Nechybí ani praktická ukázka demonstrující fungování obou technologií při postupném přechodu a implementace požadovaných vlastností od zadavatele práce.

Klíčová slova: Asterisk, DECT, pobočková ústředna, SIP, telefonní síť, TDM, VLAN, VoIP

Vedoucí: Ing. Pavel Troller, CSc.
České vysoké učení technické v Praze,
Fakulta elektrotechnická,
Katedra telekomunikační techniky,
Technická 2, B3-701
160 00 Praha 6

Abstract

The thesis aims to familiarize readers with the solution of telephone installation using the TDM technology and describe its fundamental characteristics. Furthermore, a newer technology called VoIP is introduced, and both technologies are compared. The thesis continues with the introduction of a medical facility in Brno, where the whole transition should be realised. This is followed by a solution for replacing current technologies in the medical facility. Our recommended components, essential for the conversion, are presented, including a price calculation of the entire transition. There is also a practical example demonstrating the function of both technologies in a phased transition and implementation of the required features from the ordering party.

Keywords: Asterisk, DECT, branch exchange, SIP, telephone network, TDM, VLAN, VoIP

Title translation: VoIP-based Solution of the Telecommunication Network of a Hospital

Obsah

1 Úvod	1		
2 Teoretické okénko	3		
2.1 Time Division Multiplexing (TDM)	3		
2.1.1 Digitalizace vstupního signálu	4		
2.2 Voice over IP (VoIP)	5		
2.2.1 TCP nebo UDP?	5		
2.2.2 Přenos hlasu	6		
2.2.3 Zařízení ve VoIP	8		
2.2.4 Jak funguje SIP s NATem?	9		
2.3 Porovnání VoIP a TDM	10		
2.3.1 Výhody a plusy VoIP	10		
2.3.2 Nevýhody VoIP	12		
2.3.3 Má přechod z TDM na VoIP technologii smysl?	14		
3 Seznámení s nemocničním zařízením v Brně	15		
3.1 Aktuálně používané technologie	16		
3.1.1 Ústředna MD-110	18		
4 Nutnosti při přechodu na VoIP	23		
4.1 Interní IP síť	23		
4.1.1 VLAN	24		
4.1.2 QoS	25		
4.2 Softswitch	28		
4.2.1 (M)asterisk	29		
4.3 Media Gateway	31		
4.4 Session Border Controller	33		
4.4.1 Load Balancer	35		
5 Přechod na VoIP	37		
5.1 Přechod na VoIP - realizace a postup	37		
5.1.1 QSIG	37		
5.1.2 Propojení ústředen	38		
5.1.3 Přenos analogových telefonů	40		
5.1.4 Přenos digitálních telefonů	43		
5.1.5 Přenos DECTů	47		
6 Praktická ukázka vyžadovaných funkcí	53		
7 Cenová kalkulace přechodu	59		
7.1 Cena přechodu jednotlivých zařízení	59		
8 Závěr	65		
A Základní zkratky a pojmy používané v práci	67		
B Literatura	71		

Obrázky

2.1 Znázornění principu fungování TDM [1]	3	5.7 Navrhovaný SIP telefon pro spojovatelku [14]	52
3.1 Plán areálu Psychiatrické nemocnice v Brně [2]	15	6.1 Ústředna MD-110 se dvěma digitálními telefony	53
3.2 Klispa využívaná v brněnském zařízení [3]	17	6.2 VoIP část pro testování	54
3.3 Pohled pod ochranný kryt ústředny MD-110 z brněnského zařízení	19	6.3 Funkční klávesy po zadefinování MNS	55
3.4 Detailnější pohled na LIM1 a MAG1	20	6.4 Nastavení pro registraci SIP telefonu	56
3.5 Zdroj (vpravo) a Ericsson BMG 906 01/2 (Switch)	21	6.5 Vytvoření funkce BLF na SIP telefonu	57
4.1 Rozdíl mezi VLAN a Ethernetovým rámcem [4]	25	6.6 BLF tlačítko signalizující volný stav linky 2167	57
4.2 Přehled používaných routerů v přístupové síti nemocnice	27	7.1 Ukázka výše popsaného typu telefonu [15]	61
4.3 Znázornění použití SIP trunk s TDM [5]	32		
4.4 Propojení TDM a VoIP přes propojovací brány [6]	33		
4.5 Použití SBC jako ochrana před útokem z vnějšku [7]	34		
5.1 Použití brány FXS pro připojení analogového telefonu [8]	41		
5.2 Příklad ATA se dvěma analogovými porty [9]	42		
5.3 Typický SIP telefon se třemi programovatelnými tlačítky [10] ..	43		
5.4 Příklad bezdrátového SIP telefonu [11]	44		
5.5 Buňkový systém W90 a jeho škálování [12]	49		
5.6 Headset navrhovaný jako vylepšená náhrada klips [13]	50		

Tabulky



Kapitola 1

Úvod

Pokud bych tuto práci dostal přidělenou zhruba před 15 lety, nejspíše bych začal slovy: "Jednotlivé společnosti, podniky a firmy se blíží k důležitému rozhodnutí v rámci plánování svých telefonních sítí. Tradiční telekomunikační systémy pomalu směřují ke svému konci a nyní je třeba se rozhodnout, zda je opravit, vyměnit, nebo se vydat novou, ale potenciálně životaschopnější a modernější cestou, kterou dnes již velmi dobře známe pod označením Voice over Internet Protocol (VoIP), tedy využít internetový protokol, jakožto řešení na bázi IP, pro přenos hlasu."

Nyní se však situace na trhu telekomunikací poměrně dosti změnila a i z běžné praxe můžeme vyzorovat, že se skutečně VoIP v mnoha společnostech nejenom zavedl, ale v současné době se stal řešením číslo jedna pro mnohé organizace či společnosti a počet podniků využívajících VoIP se rok od roku stále zvyšuje. Vzhledem k tomu, že má VoIP předpoklady a možnosti umožnit společnostem realizovat nové cesty, které mohou vést nejenom k úsporám nákladů, ale i dosáhnout poměrně vysoké úrovně flexibility a kontroly, nejsou tyto nárůsty míry přijetí nikterak překvapivé.

Možnosti, které VoIP nabízí, jsou až příliš velkým lákadlem a pokušením, než aby je bylo možné ignorovat. A nyní je ten pravý čas zjistit, jak může ona technologie pomoci v naší práci při přechodu z TDM právě na VoIP v jednom brněnském zdravotnickém zařízení.

Možnost uchopit do ruky telefon, ať už pevný či mobilní, a během pár sekund se spojit s kamarádem, zákazníkem či kolegou, klidně i na pomyslném druhém konci světa, je dnes pro mnohé z nás téměř samozřejmostí. Tato jedinečná technologie nám umožňuje být prakticky neustále v kontaktu s někým, kdo může být vzdálen libovolně daleko a přesto se s ním spojit během chvilky. Je však potřeba si uvědomit, že výše zmíněná vymoženost tu nebyla vždy a její začátky nebyly zrovna nejjednodušší. Jak tedy byla řešena telefonie dříve? A jaké jsou trendy v dnešní době?

Tyto otázky má za cíl zodpovědět práce, která seznamuje čtenáře s hojně užívanou a mnohými velice oblíbenou metodou Time Division Multiplexing, častěji označovanou zkratkou TDM, která byla v telefonii hojně využívaná,

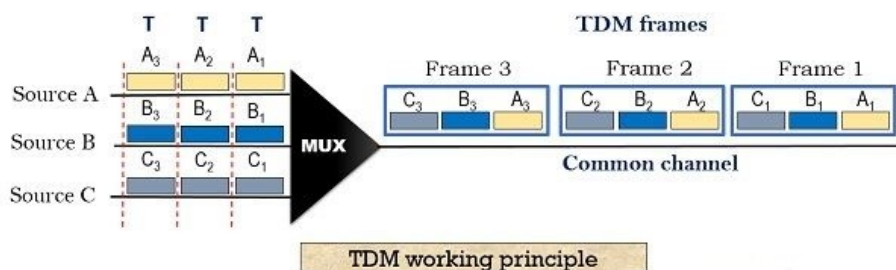
Kapitola 2

Teoretické okénko

Jak již bylo zmíněno v úvodu, prvotní náhled do problematiky, týkající se přechodu z TDM na VoIP technologii, bude zaměřen na charakterizaci jednotlivých technologií. Zatímco aktuálně po celém zdravotnickém zařízení dominuje TDM technologie, tak budoucnost telefonní sítě je ve VoIP. Pojďme si tedy společně představit obě výše zmíněné varianty, včetně srovnání a uvedení jejich hlavních výhod a nevýhod.

2.1 Time Division Multiplexing (TDM)

Time Division Multiplexing, častěji známá pod zkratkou TDM, je již poměrně stará telefonní technologie, která před příchodem IP představovala hlavní způsob realizace telefonní sítě. Hlavní myšlenka je založená na tom, že po společné signální cestě jsou přijímány i vysílány nezávislé signály, což nevyhnutelně vyžaduje časovou synchronizaci přepínačů na koncích přenosových linek. Jinými slovy, každý signál, ať už příchozí nebo odchozí, je na transportní lince vysílán jen v určitém časovém intervalu. Tyto intervaly, které jsou charakteristické tím, že mají poměrně krátkou a pevnou dobu trvání, pak nazýváme anglickým výrazem *time slots*, přičemž v češtině bychom volili výraz časové polohy. V praxi se pak většinou setkáváme s termínem rámeček, který označuje větší množství time slotů uskupených do pravidelně se opakujících bloků.



Obrázek 2.1: Znázornění principu fungování TDM [1]

telefonních ústředěn, konkrétně digitálních ústředěn 4. a 5. generace, přičemž 5. generace měla za cíl eliminovat konverzi optického vedení na metalické - řešila problém 4. generace ve smyslu toho, že představovala koncept optického přenosového pole.

S postupem času se však více začalo prosazovat IP, což nevyhnutelně znamenalo i jeho začlenění do telefonie. Na scénu tedy dorazila technologie VoIP, která hlas, který byl opět zdigitalizován, přenáší počítačovou sítí prostřednictvím paketů s využitím protokolů UDP či TCP. Oproti TDM zde již nemáme kanál speciálně vyhrazený pro hlasovou komunikaci a objevuje se zde řada nových prostředků pro přenos dat, o kterých si řekneme více v další sekci.

2.2 Voice over IP (VoIP)

Voice over Internet Protocol, v češtině bychom spíše použili označení hlas přes protokol IP, je poměrně mladá technologie, jejíž počátky sahají do poloviny devadesátých let. První, kdo s myšlenkou přenosu hlasu, tedy realizace volání prostřednictvím zařízení připojených k internetu přišel, byla společnost Vocal-Tec [21]. Hlavní motivací pro zavedení této technologie bylo vyhnout se, v té době velice drahým, mezistátním a meziměstským hovorům. I když počátky nebyly pro VoIP příliš úspěšné, tak postupem času došlo k rozmachu VoIP a po 8 letech od zavedení této nové technologie už celá čtvrtina hlasových hovorů byla realizována právě pomocí VoIP, přičemž v dalších letech se tento poměr ještě zvyšoval až na dnešní téměř třetinové zastoupení v rámci podniků [22].

2.2.1 TCP nebo UDP?

Celá myšlenka je založená na tom, že hlas je digitalizován pomocí převodníků a následně je pomocí média, nejčastěji počítačové sítě, přenášen v těle paketu transportního protokolu pro internetovou síť. Nejčastěji se jako transportní protokoly volí protokoly UDP nebo TCP. Ať už pro realizaci volíme ten či onen protokol, výsledná podoba přenášených dat je poměrně stejná, ovšem vlastnosti daných protokolů jsou velmi odlišné. Protokol TCP vyžaduje před posláním dat potvrzení navázání spojení, tedy uskutečnění tzv. 4-way handshakingu mezi klientem a serverem. Proto typickou vlastností protokolu TCP je především spolehlivost. Každý paket, který byl odeslán a následně přijat, musí být potvrzen. Není-li potvrzeno jeho přijetí pomocí zprávy *ack*, pak je uskutečněno jeho opětovné odeslání. S tímto souvisí i druhá důležitá vlastnost TCP, konkrétně zachování pořadí paketů na straně příjemce. Oproti tomu protokol UDP neposkytuje žádnou garanci doručení paketu - neexistuje zde žádné potvrzení přijetí ani žádost o znovuposlání. Dokonce nedisponuje ani schopností zachování stejného pořadí paketů na straně serveru, jako tomu bylo na straně klienta.

a jelikož budeme vysílat méně často, budou přijatá data méně kvalitní. Jako kompromis mezi velikostí paketu a účinností se ustálil standardní paketizační čas 20 ms. Tento čas je rozumný, neboť pro velké pakety se jednak zvyšuje kolísání velikosti zpoždění paketů při průchodu sítí, ale navíc při případné ztrátě daného paketu bychom přišli o již delší kus signálu.

U malých paketů by zase klesala účinnost, jelikož UDP a RTP hlavičky mají dohromady 40 B. Posílat pakety například každých 5 ms by tedy znamenalo, že na každých 40 B užitečné informace by připadalo 40 bajtů hlaviček, čili dostáváme značný overhead 50 %. Pro paketizační čas 20 ms, tedy 160 užitečných bajtů a 40 B pro hlavičky, je overhead mnohem menší a zároveň kolísání zpoždění paketů při průchodu sítí klesá do takové míry, že jsme schopni zajistit zpoždění mezi koncovými body sítě (tzv. end-to-end delay) nanejvýše 100 ms.

Z tohoto důvodu vysíláme pakety právě každých 20 ms. Použijeme-li však kompresní kodeky, například již zmíněný kodek G.729, tak ty už samy o sobě zhoršují kvalitu přenosu. Velikost hlavičky (40 B) se nezmění, ale přenášená data se zmenší. Proto se v takových případech někdy přistupuje na zvýšení paketizačního času na 30 ms. Není to však pravidlem a v praxi se běžně nechává původní hodnota 20 ms.

Jak již bylo zmíněno, IP síť, kterou data přenášíme, má poměrně zásadní nevýhodu. Objevuje se zde značná nestabilita v doručování paketů, tzv. *jitter*. Jinými slovy, čas doručení se liší pro každý paket. Řešení tohoto problému spočívá v zavedení tzv. *jitter bufferu*, který kompenzuje vzniklé zpoždění během přenosu v síti. Pakety, které jsou nejpomalejší, tedy přišly s největším zpožděním, projdou jitter bufferem nejrychleji, téměř okamžitě. Naopak ty, které přišly s minimálním zpožděním, sečkají v bufferu nejdéle tak, aby došlo k vykompenzování zpoždění ostatních paketů. Cílem je, aby se na výstupu opět objevily pakety s periodickým rozestupem 20 ms.

VoIP můžeme rozdělit na dvě části - User Plane a Control Plane. User Plane představuje média, čili konkrétní přenášená data. Naopak Control Plane je v podstatě signalizace. Jelikož VoIP nemá zavedenou pouze jednu implementaci, je zde hned několik variant, které se liší dle standardu použitého v daném VoIP spojení. Dříve byl nejběžnější protokol H.323, což je v podstatě normální binární protokol doplněný o přidané funkcionality. Jednalo se o ITU IP standard.

Dnes je však na ústupu a vedoucí roli přebírá protokol SIP, což je textový protokol aplikační, sedmé vrstvy OSI modelu. Byl vytvořen přímo pro prostředí internetu a umožňuje koncovým zařízením velkou míru samostatnosti, ať už rozhodování či fungování. SIP sám o sobě není komunikačním protokolem, pouze pomáhá komunikaci navázat. Samotná komunikace je zajištěna jinými protokoly, konkrétně u VoIP protokolem RTP a přenos je realizován protokolem UDP.

by neutvořilo síť v pravém slova smyslu, nýbrž by vznikl pouze propoj mezi dvěma koncovými zařízeními. Chceme-li realizovat síť, srovnatelnou například s běžnou telefonní sítí, jsou přepínače (switche) a směrovače (routery) nezbytné. Bez jejich začlenění by vzniklo za použití čistě ethernetového kabelu spojení jen mezi dvěma uživateli.

Většina dnešních VoIP telefonů podporuje tzv. SIP protokol. Session Initiation Protocol, česky protokol pro zahajování relací, je jedním z nejdůležitějších a nejvíce využívaných protokolů. Daný IP telefon, který podporuje SIP, pak k provozu nevyžaduje vůbec žádné speciální komponenty, jelikož obsahuje vše potřebné k tomu, aby zařízení bylo samostatně funkční. Konfiguraci a obsluhu totiž obstará samotný SIP protokol. Máme-li tedy VoIP telefon a přístup k internetu, můžeme si vybrat z řady poskytovatelů služeb VoIP (u nás je tato služba poskytována všemi standardními operátory), přičemž daný operátor následně přidělí údaje pro přístup do SIP účtu. Po správné konfiguraci již nic nebrání realizování hovoru.

■ 2.2.4 Jak funguje SIP s NATem?

V čem však spočívá zřejmě největší úskalí protokolu SIP je způsob, jakým se vypořádává s NATem. NAT, celým označením Network Address Translation, je místo v síti, kde dochází k překladu či výměně IP adresy v hlavičce za jinou. NAT prvkem může být například počítač či router. Tento NAT prvek se pak nachází na rozhraní mezi vnitřní a vnější sítí, přičemž vnitřní síť lze chápat jako LAN a vnější síť většinou myslíme internet. Vnitřní síť je pak charakteristická tím, že používá své privátní adresy, zatímco internet používá IP adresy globální. Aby se zabránilo zbytečnému překladu platných adres, lze pomocí access listů nastavit, které adresy se při průchodu NATem budou, nebo naopak nebudou překládat.

Jedna z možností, jak si SIP může s NATem poradit, je pomocí protokolu STUN [23]. Jen v krátkosti zde zmíníme, že funkcí protokolu STUN je zajistit, aby SIP zařízení za NATem zjistilo svou veřejnou IP adresu a vědělo, se kterým portem mohou SIP zařízení navázat komunikaci. Tento protokol se ovšem v praxi nepoužívá, podobně jako další řešení s názvem SIP ALG (SIP Application Layer Gateway). To funguje na bázi toho, že router modifikuje pakety, které klient posílá serveru a to tím způsobem, že pozmění privátní adresy v nich uvedené za veřejnou adresu, kterou router zná (jelikož v tomto modelu klient svou veřejnou IP adresu nezná). Může případně dojít k tomu, že router pozmění i port, čili dále v síti to vypadá tak, že daný paket byl generován klientem přímo z veřejného internetu.

U obou zmíněných řešení je velmi důležitá implementace, jinak dochází k pokažení spojení. Konkrétně u SIP ALG může dojít k tomu, že jednoduše neodhalí všechny IP adresy (jelikož je zde opravdu velký počet míst, kde se IP adresy zasílají), a tak některé zůstanou nepozměněné a to následně vede k chybám v komunikaci.

cestu pro pokročilé komunikační aplikace, jako jsou dnes velmi oblíbené a hojně využívané videokonference. Přídavný faktor srážející cenu provozu ještě níže je skutečnost, že VoIP přepínače mohou fungovat na klasickém hardwaru, jako je například osobní počítač. Opět není nutné přidávat žádná speciální zařízení. Proto většina firem a podniků dnes volí cestu pomocí VoIP.

- IP architektura také umožňuje agregovat všechny pobočky dané společnosti do jediného vstupního a výstupního bodu, případně gatewaye. To umožňuje větší kontrolu nad telekomunikačními výdaji a sledování síťové aktivity.

Kromě ceny je dalším plusem jistě pohodlnost pro účastníky. V dnešní době, kdy řada firem dovoluje svým zaměstnancům pracovat z domova či ze vzdálených lokalit, je možnost připojení se na schůzku vzdáleně či realizovat hovor se zákazníkem mimo kancelář velice vítaná. V případě, kdy je nutné vést hovor s účastníkem, který se právě nenachází na území stejného státu, je dalším příjemným zjištěním nižší sazba pro mezinárodní hovor. Když bychom chtěli realizovat mezinárodní hovor pomocí pevné linky, tak dojde k "pronajmutí" kabelového spoje pro hovor do dané země. Nic takového ve VoIP nehledejme. K volání i v tomto případě využije VoIP internet, čili s daným hovorem zachází jako s úplně obyčejným provozem - na první pohled je tedy zřejmé, že bude hovor výrazně levnější.

Moderní síťové technologie však nabízejí i řadu přídavných funkcí, z nichž lze převážnou většinou využívat i v případě VoIP.

- Jednou z nich je i funkce PoE, tedy Power over Ethernet. Jedná se o vlastnost, která umožňuje daný IP telefon napájet přes datový kabel, a tak není potřeba další napájecí zdroj.
- Další vítanou vlastností je i snazší integrace aplikací. IP je široce přijímaný standard, na kterém je postavena většina dnešních aplikací. Podniky, které používají IP jako základ, mohou dosáhnout téměř bezproblémové integrace mezi aplikacemi, jako jsou systémy interaktivní hlasové odezvy (IVR) nebo již zmíněné webové konference, které jsou v dnešní době již nutností pro každou větší firmu.
- IP poskytuje zaměstnancům, kteří pracují na dálku, přístup k podnikové síti odkudkoli na světě, což jim umožňuje zůstat v kontaktu i mimo pracovní prostor. IP také poskytuje uživatelem definované funkce, které lze nastavit na stolních počítačích uživatelů, včetně hlasové pošty na bázi IP či e-mailu.
- Vlastnost, kterou ocení zejména vedoucí pracovníci a majitelé je, že podniky mohou používat IP k nasazování aplikací pro produktivitu, díky nimž jsou vzdálení pracovníci efektivnější, a zavádět nástroje pro správu, které umožňují nadřazeným lépe podporovat a hodnotit tyto pracovníky.

pakety začnou hromadit ve vyrovnávacích pamětech, které se jimi následně začnou plnit. To ovšem vede ke zvětšení zpoždění vlivem čekání na zpracování paketů, které přišly dříve.

Jelikož je ale VoIP služba pracující s real-time daty, je vzniklá latence velice nežádoucí, protože tím dochází ke zhoršení kvality hovoru či jiné služby. Naštěstí námi zmiňovaný QoS tento problém perfektně řeší pomocí jednoduchého triku spočívajícího v nastavení priorit pro daný provoz. V našem případě by tedy bylo potřeba nastavit vyšší prioritu pro pakety hlasové oproti ostatním paketům. Nevýhodou je ovšem nutnost podpory QoS operátorem. Pokud by operátor QoS nepovolil či by o jeho používání nebyl obeznámen, dojde ke smazání priorit na prvním routeru v síti. V našem případě, kdy se zaměřujeme na síť primární, je však QoS velmi vítaným pomocníkem.

Další velkou nevýhodou je fakt, že při výpadku elektrické energie daná služba nebude fungovat. Tento problém lze však poměrně elegantně vyřešit přidáním záložního napájení ve formě baterie. Další řešení se poté nabízí v podobě automatického přeměrování na jiné číslo (službu), pokud je aktuální zařízení nefunkční.

Podobný problém jako u nekvalitního internetového připojení může nastat i při přetížení sítě. Jelikož oproti klasické telefonní lince nemáme ve VoIP garantovanou přenosovou kapacitu, tak při velmi velkém zatížení dané sítě může docházet vlivem ztráty či zpoždění paketů mezi uzly sítě k výpadkům hlasu na přijímací straně. Podobný jev sledujeme i v sítích, kdy mezi koncovými zařízeními evidujeme velký počet směrovačů. Dnes již menším problémem, než tomu bylo v minulosti, je posílání faxů prostřednictvím sítí VoIP. Hlavní úskalí spočívalo v tom, že ve VoIP není zaručena kvalita služby, a tak snadno mohlo dojít ke ztrátě integrity dat. Řešení však záhy přinesl protokol T.38, ve kterém každý paket obsahuje část dat, které byly součástí předchozího paketu. Muselo by tedy dojít ke ztrátě dvou po sobě jdoucích paketů, což je již velmi nepravděpodobné. Další možností je nahlížet na přenos faxové zprávy jako na non-real time službu, čili například zasílat faxovou zprávu jako e-mail. Dnes se navíc od faxových služeb ustupuje, a tak tento problém postupně přechází do ústraní.

Velkým problémem je i bezpečnost, kdy část aktuálních řešení VoIP služeb nepodporuje šifrování. Případný odposlech od potencionálního útočníka je tak poměrně jednoduše proveditelný. Řešení však přináší protokol SRTP, přesněji Secure RTP. Jedná se o protokol, který poskytuje šifrování a integritu přenášených informací. Je tedy potřeba ověřit, zda námi zakoupené zařízení tento protokol podporuje. Plně využitý SRTP protokol je v momentě, kdy šifrujeme i samotný SIP. To je označováno zkratkou SIPS, tedy Secure SIP. Základní myšlenka spočívá v tom, že se při navazování RTP spojení ustanoví i klíče, tzv. session key.

Je ovšem nutné mít na paměti, že se stále bavíme o službě v reálném čase, a tak není možné generovat tyto klíče příliš dlouhé. Krátký klíč má ovšem nevýhodu, že při použití techniky hrubé síly, často označované pojmem brute

byly propojeny a nevzniklo zde žádné podstatné hluché místo. Samozřejmě jsou zde místa, jako kotelna či skleník, kde nebude nutné zavedení telefonu uvažovat. V podstatě při návrhu budeme vycházet z aktuálního rozmístění ústředny a telefonů staré technologie a půjde nám především o nahrazení stávajících zařízení.

3.1 Aktuálně používané technologie

V současnosti celému objektu dominuje a vévodí ústředna MD-110 od firmy Ericsson, které je věnována následující subsekce. Tyto ústředny jsou zde v provozu hned 2. Mimo ně zde nalezneme i několik stovek poboček, mezi něž patří analogová, digitální a bezdrátová telefonní zařízení. Všechny výše jmenované pobočky řadíme do účastnické kategorie, tedy zjednodušeně řečeno slouží účastníkovi pro uskutečnění či akceptování hovoru.

Analogová linka je k ústředně připojena prostřednictvím klasické měděné dvoulinky, páru měděných kabelů vedoucích k ústředně od daného zařízení. Dnes je již běžné, že tyto analogové telefony nabízejí poměrně vysoký uživatelský komfort. Jsou-li navíc vybaveny i displejem, pak může účastník dokonce vidět číslo volajícího, jeho jméno a v některých variantách dokonce i seznam zmeškaných hovorů. Tyto vymoženosti zde však nevyužívají všechna analogová zařízení, ale jen některá. V současné době je v provozu v celém zařízení kolem 210 analogových telefonních přístrojů.

Co se týče digitálních zařízení, tak těch se aktuálně v celém komplexu nachází okolo 70. V tomto případě se jedná výhradně o speciální zařízení, které byly navrženy a konstruovány firmou Ericsson přímo pro ústřednu MD-110. Z pohledu účastníka nabízí větší komfort, zejména díky schopnosti přímé komunikace a spolupráce s ústřednou, čímž jsou schopny získat, oproti právě analogovým zařízením, další informace navíc.

Třetí, zde nejpodstatnější skupinou telefonních zařízení, jsou tzv. DECTy. DECT, celým názvem Digital Enhanced Cordless Telecommunications, je v podstatě standardizovaná bezdrátová technologie, která v lokálním měřítku umožňuje vybudovat bezdrátové spojení řídicího bodu s dalšími body. Velkou výhodou je, že při využívání této služby není nutné řešit nižší vrstvy OSI modelu, neboť přenos hlasu je již zabezpečen kódováním. Standardně se přenos uskutečňuje na frekvencích 1800 - 1900 MHz. To je velká výhoda například v dnes hojně využívaných dětských chůvičkách, jelikož chůvičky založené na jiném principu často pracují na frekvenci 2,4 GHz, kde může docházet k rušení s jinými technologiemi, například Wi-Fi, což může vést ke snížení rychlosti připojení k internetu.

V našem případě tyto DECTy představují klasické bezšňůrové telefonní aparáty, které ke svému správnému fungování potřebují, podobně jako ostatní bezdrátové technologie, základnovou stanici. Tato základnová stanice pak plní roli úplně stejnou jako klasická BTS, čili řeší připojení uživatele se samotnou

sítí (zde ústřednou). Je tedy zřejmé, že komunikace těchto bezdrátových zařízení s ústřednou probíhá pomocí rádia.

V samotné ústředně MD-110 se nachází karty pro DECTy, které ovšem nedisponují žádnými radiovými moduly a ani nic nevysílají. Z těchto karet však vedou speciální vedení, která se následně zapojují do základnových stanic. Jedna tato karta v ústředně umožňuje připojení až osmi základnových stanic, přičemž na jedné této stanici může v jednu chvíli probíhat až 8 hovorů současně. Pokud by oněch 8 hovorů již probíhalo a účastník by přeci jen chtěl hovor realizovat, došlo by k uskutečnění hovoru přes jinou základnovou stanici, která má v daném místě také pokrytí. V případě, kdy by v daném místě bylo dostupné pokrytí pouze od jedné základnové stanice, pak by hovor nebylo možné uskutečnit.

Je jistě zřejmé, že nelze mít na celý areál pouze jednu základnovou stanici, jelikož každá stanice má omezený radius pokrytí a také, jak již bylo zmíněno, je v celém areálu několik desítek budov a dalších překážek, které pro šíření signálu znamenají další útlum. Proto je v celém objektu rozmístěných celkem 49 základnových stanic tak, aby bylo pokrytí co možná nejlepší. Výhodou je jistě i fakt, že systém disponuje i funkcí handover, čili je schopen si probíhající hovor při pohybu účastníka přebírat mezi jednotlivými základnovými stanicemi. Jsou dokonce systémy, které umí i roaming, což se nás ale netýká.

Kromě již zmíněných technologií najdeme v areálu ještě tzv. klipsy, což jsou v podstatě jednoduché DECT aparáty sloužící k rychlému uskutečnění hovoru. Účel používání těchto zařízení je z velké části kvůli bezpečnosti personálu, hlavně doktorů a sestřiček, kteří pracují s problematickými či potenciálně nebezpečnými pacienty. Zjednodušeně se dá říci, že se jedná o malou oválnou či hranatou krabičku s velkým tlačítkem, které v případě nouze umožňuje jednoduché zmáčknutí a tím se uskuteční hovor na předem definované číslo (ochranka, sesterka). Spojení se drží do té doby, než volaná strana zavěsí.



Obrázek 3.2: Klispa využívaná v brněnském zařízení [3]

Pojmenování "klipsa" je odvozeno od faktu, že personál má tato zařízení upevněna pomocí klipsny k opasku či kapse tak, aby v případě potřeby bylo na co nejdostupnějším místě a nemusel ho daný uživatel zdlouhavě hledat, například v kapse. Velkou výhodou je jistě i fakt, že je zařízení vybaveno i mikrofonem, což umožňuje například ostraze slyšet, co se na místě děje, případně daný uživatel může celou situaci slovně doprovodit.

■ 3.1.1 Ústředna MD-110

Jak jsme si již řekli, jádrem celé sítě je ústředna MD-110, kterou vyvinula švédská firma Ericsson. Její největší rozmach, včetně povolení soukromých instalací a dodávek po téměř celém světě, začal v 80. letech [24]. Jedná se o pobočkovou ústřednu 4. generace, tedy již jednu z prvních automatických digitálních ústředen.

Komunikační systém MD-110 přinesl novou architekturu pro přizpůsobení stále se měnících způsobů práce pro stále mobilnější uživatele. Ve své době představovala MD-110 nejpokročilejší systém PBX na světě, který nabízel výkonná řešení pro tehdejší, ale stále i pro některé dnešní sítě. Systém kombinuje znalosti v oblasti přepínání i sítí tak, aby uživatelům poskytoval co možná největší komfort.

MD-110 poskytuje základ pro jednotnou síť, která podporuje integrované hlasové, datové a multimediální aplikace. Díky své distribuované architektuře nabízí MD-110 vysoký stupeň odolnosti proti chybám. Další velkou výhodou je i vynikající škálovatelnost. Pro představu se zde bavíme o rozmezí několika stovek až po zhruba 30 000 uživatelů v různých typech prostředí, ať už kancelářském, školním nebo podnikovém [25].

Tato PBX již nebyla samostatným systémem pro hlasovou komunikaci. V dané době, kdy podniky potřebovaly jednotnou síť pro hlas i data, nabízela MD-110 jedinečný koncept otevřené platformy, která podporovala téměř všechny tehdejší existující i nově vznikající standardy a funkce správy sítě. Poskytovala tedy velkou flexibilitu při podpoře toku většiny typů informací do a z dané organizace.

Distribuovaná architektura pobočkové ústředny MD-110 je založena na několika principech. Prvním z nich je distribuovaný řídicí systém. Ten umožňuje, že každý zásobník je řízen vlastním procesorem a přepínačem, což přirozeně poskytuje velkou míru redundance. Dalším základem jsou softwarové bloky. Setkáváme se zde s centrálním a regionálními softwary. Regionální softwary slouží pro autonomní řízení, manipulaci a poskytování funkcí pro všechny uživatele obsluhované daným zásobníkem. Naopak centrální část softwaru slouží čistě pro mezimodulové zpracování. Aby byla zajištěna vysoká spolehlivost a odolnost proti chybám, je tento software vždy nahrán do několika PSM (Processor Switch Module) současně.

Uvnitř PBX je tzv. Group Switch (GS), tedy skupinové spojovací pole. To

má u sebe řídicí jednotku Control, která však sama o sobě pouze poslouchá příkazy. Kolem jsou jednotky, které již obsahují vyšší míru inteligence a nazýváme je LIMy. Tyto LIMy jsou číslované a ke Group Switchy jsou připojeny pomocí PCM, přičemž řídicí kanál je v 16. kanále. Dá se říct, že Control jednotka je něco jako IP Switch, čili podle hlavičky vybere číslo LIMu a tím umožňuje přeposílat zprávy mezi jednotlivými LIMy. Můžeme si zjednodušeně představit, že si LIMy mezi sebou povídají.



Obrázek 3.3: Pohled pod ochranný kryt ústředny MD-110 z brněnského zařízení

V každém LIMu je přítomna LPU, neboli LIM Processor Unit (řídicí jednotka LIMu), což je 32 bitový procesor + 96 MB RAM. Je možná architektura i se dvěma LPU v jednom LIMu. Pak mluvíme o tzv. zdvojeném řízení, se kterým se však v našem případě nesetkáváme. Každý LIM na první pozici vždy obsahuje jednotku GJUL (PCM kartu), která propojuje daný LIM s GS a umí primární signalizaci. V samotném GS jsou také PCM karty, ty se jmenují GJUG.

Výsadní postavení má LIM1, který obsahuje navíc speciální kartu NIU2, což je vlastně periferní karta, ke které je připojen disk a zároveň je zde vedená tarifkace účastníků. V samotném disku je pak řídicí služba dané ústředny, program a data pro ústřednu. Data se nejčastěji konfiguruje přes terminál, přičemž k přepisu dochází pouze v paměti RAM, ovšem nikoli v pevném disku. V RAM jsou programy a data, ostatní informace jsou semipermanentní data (například stav zásobníků) a tyto informace se při restartu vymažou.

Oproti prvnímu LIMu ostatní LIMy neobsahují paměťové jednotky. Jinými slovy, při startu dochází k bootování pouze prvního LIMu a ostatní se pak

rozběhnou pomocí Group Switchu. Klasická doba, kterou potřebuje GS pro naboťování prvního LIMu, se nejčastěji pohybuje do 2 minut. Poté po naboťování ostatních LIMů GS pošle příkaz pro nalezení ostatních LIMů, čímž se ústředna zasynchronizuje a přejde do stavu připraveného k použití.



Obrázek 3.4: Detailnější pohled na LIM1 a MAG1

Každý LIM se skládá nanejvýše ze 4 magazínů. Jako v případě LIMů, i zde existuje magazín s významnějším postavením, konkrétně se jedná o magazín 0. Magazín 0 vždy obsahuje LPU a desku LSU. Také zde najdeme desku DSU (Distribution Switch Unit), která je ovšem v každém magazínu. Mezi LSU a DSU je vždy vzájemné propojení a obě tyto desky dohromady tvoří spojovací pole celého LIMu. V každém LIMu najdeme taky jednotku TMU, což je tónový generátor pro oznamovací, vyzváněcí či jiný tón. Ovšem není nutné, aby každý magazín měl vlastní TMU. Většinou jediným magazínem, který v daném LIMu obsahuje TMU, je právě již zmíněný magazín 0. Zbytek magazínu je zaplněn deskami ELU a TLU, což jsou rozšíření pro účastníky, resp. trunk pro připojení vedení do jiných ústředn.

Maximální počet účastníků na desce ELU je 32. Je to dáno tím, že PCM karta má pouze 32 kanálů a budeme-li brát 1 kanál pro účastníka, pak dostáváme právě vrchní hranici účastníků pro ELU. Bylo však nutné rozlišit, do které pozice (pozice na desce se pojmenovávaly čísly) se PCM karta zavedla. Jednalo-li se o pozici končící nulou (0, 10, 20, ...), pak daná karta mohla využít všech 32 time slotů. Pokud daná karta mohla využít jen 16 TS, tedy maximálně 16 účastníků, tak se umísťovala do pozic končících 2 (22, 32, 42, ...). Možná umístění karet byla například taková, že v pozici 50 byla využita

celá PCM (32 kanálů). Další možností bylo umístit dvě karty pro 16 účastníků (dohromady opět 32) do pozic 50 a 52, případně volit variantu s pozicemi 50, 52 a 53 pro 16, resp. 8 účastníků. (opět v součtu 32 kanálů). Dnes se nejčastěji využívají 32 kanálové PCM, které jsou ovšem neoptimální pro staré karty (příliš široké).

V každém magazínu nalezneme na konci napájení PU (Power Unit). Napájení je 48 V, takže jsou nutné měniče napětí. A právě tyto magazínové zdroje jsou největším nedostatkem ústředny MD-110, jelikož postupně odcházejí a přitom jsou schopny zničit až půlku desek v magazínu. Sousední desky jsou nepoužitelné a další desky často vyhoří. Dnes již desky nejsou jednoduše k dostání a každé vyhoření znamená, že se daná deska musí nahradit novou. Tomuto je ovšem možné částečně předcházet tím, že se dá zdroj preventivně opravit. Lze totiž poznat, že zdroj postupně odchází tím, že je patrné vyteptání spoje elektrolýtem, což vede ke snížení napětí a dojde k přehřívání, které může vyvolat až požár.



Obrázek 3.5: Zdroj (vpravo) a Ericsson BMG 906 01/2 (Switch)

To, zda PBX MD obsahuje nebo neobsahuje Group Switch, záleží na její velikosti. U malých MD, které mají pouze jeden LIM, LIM1, je GS absolutně zbytečný a není v nich přítomen. U malinko větších MD, které obsahují LIMy 2, je již možné volit variantu s i bez GS. Výhodnější je varianta s GS, která je sice složitější, ale nabízí jednodušší rozšíření v podobě dalších LIMů. Při přítomnosti 3 a více LIMů je GS již zcela nezbytný.

PBX MD mají samozřejmě různé verze a modely. MX-1 navazuje na modelovou řadu BCx, přičemž poslední verzí BC je verze BC13, po které

následuje již MX-1 jako softswitch. V brněnském zařízení se setkáváme právě s verzí BC13. Pro zajímavost, velký skok nastal mezi modely BC7 a BC8, kde se přešlo z 8 bitového na 32 bitový procesor firmy Motorola. Od verze BC10 byla firmou Ericsson zavedena funkce licencování, které ovšem v Brně také není a řešit ho nebudeme.

Následovníkem MD-110 je ústředna MX-1, která je ale ve skutečnosti softswitch, čili může běžet v Cloudu a umí realizovat většinu funkcí, kterými disponovala klasická MD-110. MX-1 je čistě softwarová a LIMy má jako Gatewaye a ty poté komanduje. V našem zařízení se však s MX-1 nesetkáme, vše je založeno čistě na technologii PCM a GS. Přesto se o něm ještě jednou v práci zmíníme.

Kapitola 4

Nutnosti při přechodu na VoIP

Aby bylo možné zrealizovat bezproblémovou migraci z TDM na VoIP, tak je v první řadě nutné se nejprve pustit do postupného a promyšleného rozvoje sítě. Prvky VoIP by zpočátku měly být pouze jakýmsi klínem či doplňkem pro tradiční služby pobočkové ústředny. To znamená, že daná společnost nemusí kvůli přechodu na VoIP rychle eliminovat svou původní, často velmi dobře fungující architekturu. Spíše je třeba VoIP vnímat jako stále běžící proces, který bude postupně nahrazovat původní technologii. I proto se budeme v naší práci soustředit na postupnou náhradu a poskytnou vodítko tak, aby případný zásah do struktury sítě byl co možná nejméně složitý a hlavně finančně únosný.

4.1 Interní IP síť

Je ovšem nutné mít na paměti, že tento proces předpokládá jednu kruciólní počáteční akci – zajištění, aby byla na místě základní infrastruktura pro vybudování a přemostění stávající sítě. To vyžaduje především dostatečně dimenzovanou interní IP síť pro přechod na VoIP. Jinými slovy, tato IP síť by měla obsahovat zařízení, která dokáží oddělit VoIP provoz od běžného datového toku. V našem případě se tedy potřebujeme prvně ujistit, zda případný VoIP nebude degradován datovým tokem nemocnice a jestli současná zařízení, především aktuálně využívané switche, dokáží provoz bez problému zvládat a VoIP provoz prioritizovat.

Toho lze docílit například tak, že můžeme pro dopravování VoIP paketů využít VLAN, čili přenášet VoIP v jiné VLAN, než je interní provoz běžných dat. Následně bude možné implementovat QoS, neboli prioritizaci služeb, na základě priority jednotlivých VLAN (když by VoIP tvořil svou vlastní), popř. zvolit i jiná kritéria, například volit priority dle využívaného protokolu, popř. portu a podobně. Pojdme si tedy nejprve vysvětlit, co to VLAN je a jak nám vlastně s dopravováním VoIP v síti pomůže.

4.1.1 VLAN

VLAN, celým názvem Virtual LAN (Local Area Networks), je označení pro logické rozdělení sítě nezávisle na jejím fyzickém uspořádání[26]. To zajišťuje, že je možné síť rozdělit na menší segmenty (podsítě) v rámci fyzické struktury původní sítě. Byť segmentace sítě obecně přináší řadu úskalí, zejména v nutnosti přidání dodatečného hardwarového vybavení sítě, tak VLAN je v tomto směru světlou výjimkou, kdy v případě, že stávající přepínače, směrovače a přístupové body sítě VLAN podporují, tak nemusíme přidávání hardwaru, a tedy další náklady navíc, řešit. Ve většině případů je totiž možné, aby měl jeden fyzický přepínač v sobě nakonfigurováno více sítí VLAN. To pochopitelně umožňuje lepší organizaci provozu v síti.

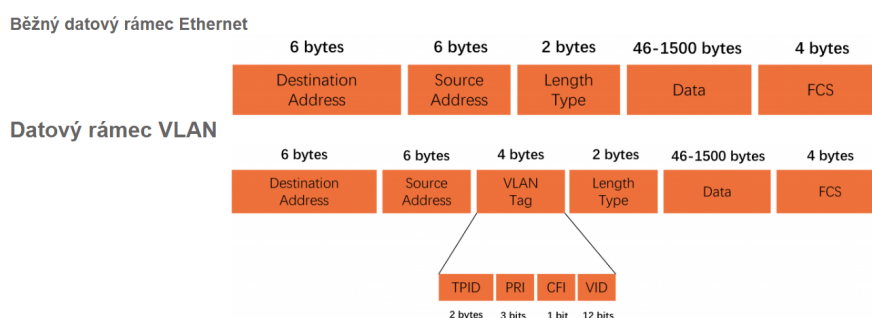
Nabízí se jistě otázka, proč bychom vlastně chtěli onu síť dělit. V krátkosti řečeno, VLAN nám umožní oddělit jednotlivé provozy od sebe a to z jakýchkoli důvodů, ať už z pohledu zabezpečení nebo aplikace různých zásad na různé VLAN či separovat skupiny uživatelů od sebe. Nás primárně zajímá VoIP, pro který je velmi výhodné oddělit datový a hlasový provoz v síti, především kvůli tomu, že VoIP, jakožto hlasová real-time služba, je velice závislá na zpoždění (latenci), a proto VoIP prioritizujeme před ostatními službami.

Jednou z výhod jistě je, že díky VLAN můžeme na hovorové pakety, tedy hlasový provoz v síti, aplikovat QoS (Quality of Service) pomocí tzv. VLAN tagů. Tyto tagy fungují následovně; představme si VLAN, jakožto logickou síť tvořenou přepínači. Pokud dané zařízení odesílá data do sítě, tak pakety těchto dat obsahují pole zvané tag, které identifikuje, do které VLAN mají být pakety odeslány. Přepínač se pak jednoduše podívá na hodnotu v tomto poli, a poté předá data zařízením v dané VLAN, ke kterým má být provoz směrován.

Druhým typem je VLAN založená na portech, kde každý port přepínače je přiřazen ke konkrétní podsíti. Každá z nich tak obsahuje jenom ty porty přepínače, které jsou k ní přidruženy. Tyto porty jsou označeny jedinečným identifikátorem nazývaný VLAN ID, což umožňuje izolovat provoz mezi různými VLAN. Ve zkratce se dá říci, že typ založený na portech je běžnější, ale je méně flexibilní. Obecně platí, že pro podnikové a větší sítě, případně v případě velkého počtu VLAN, je lepší (někdy i nutné) využít z variant tu, která je založená na tagách (značkách).

Jak již bylo zmíněno, na jednom fyzickém přepínači je možné mít nakonfigurováno více VLAN sítí, přičemž dle informací obsažených ve svých značkách daný přepínač identifikuje pakety z různých sítí. Pro variantu založenou na značkách pak IEEE 802.1Q přidává pro účel oddělení značku VLAN o velikosti 4B mezi pole Source address a Length/Type ethernetového rámce k identifikaci VLAN, ke kterému rámec patří. Označit daný rámec pak může jak vysílací strana, tak ji může upravovat - přidat či odebrat, i samotný přepínač, ale to už záleží na zvolené politice sítě.

První 2 byty jsou jakési identifikátory typu rámce, které slouží k tomu, aby



Obrázek 4.1: Rozdíl mezi VLAN a Ethernetovým rámcem [4]

zařízení pracujícími s VLAN předaly informaci, že následující 2 byty nesou informaci o podsíti. Následuje tříbitová hodnota informující o prioritě rámce - to rozhodne, do jaké fronty daný rámec zařízení zařadí. Poté přichází na řadu CFI identifikátor o hodnotě 0/1, který pouze sděluje, zda je rámec přenášen tvarem tzv. little endian či big endian. Hodnota 0 odpovídá kanonickému, tedy little endian tvaru, který je například využíván i v ethernetu. Pole je zakončeno 12 bity, které už konečně identifikují danou VLAN.

Další z řady výhod je fakt, že VLAN pro VoIP jednoduše ochrání VoIP zařízení před situací, kdy by byly nuceny "soupeřit" s jiným provozem v síti, aby se vyhnuly vzniku potenciálního zpoždění při doručování hlasových paketů. Izolování provozu VoIP pak také zjednodušuje případný troubleshooting.

Výhodou používání sítí VLAN také je, že jsme schopni snížit objem přenášených dat v síti. Vysílací provoz tvoří data, která jsou odesílána všem zařízením v síti, bez ohledu na to, zda je potřebují nebo ne. Oddělením zařízení do různých VLAN můžete ovládat, jaké vysílání dané zařízení přijímá, což může pomoci zlepšit výkon v síti.

4.1.2 QoS

K zajištění bezproblémového a kvalitního provozu vyžaduje VoIP více než jen spolehlivé připojení k internetu. Právě z důvodu zaručení optimálního výkonu pro real-time služby, jakou VoIP beze sporu je, je využíván QoS, který síťový provoz v podstatě řídí tím, že upřednostňuje určité pakety před jinými.

Quality of Service, běžněji označováno zkratkou QoS, je základem pro poskytování služeb VoIP tak, aby došlo k vyhovění požadavkům na jejich provoz. QoS si můžeme představit jako soubor technik navržených pro řízení a upřednostňování určitého provozu před jiným s cílem zajištění optimálního výkonu sítě pro konkrétní aplikace, jež vyžadují speciální zacházení. Cílem QoS je tedy zaručit úroveň kvality služby, která splňuje předem stanovené požadavky.

Co se týče VoIPu, jakožto real-time služby, kde zpoždění, výrazná ztráta paketů či velký jitter výrazně ovlivňují uživatelský zážitek, tak zde je cí-

v drtivé většině routery firmy Mikrotik, především pak konkrétní typy routerů Mikrotik RB750r2, Mikrotik CRS328-24P-* a RB*011UiAS. Detailní přehled používaných routerů a představu o jejich počtu dobře shrnuje následující tabulka.

Version	Board
6.49.8 (long-term)	RB3011UiAS
6.37.1 (stable)	RB2011iLS
6.45.7 (stable)	CRS125-24G-1S
6.49.8 (long-term)	CRS112-8P-4S
6.49.8 (stable)	RB750r2
6.49.8 (long-term)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (stable)	RB750r2
6.49.6 (stable)	CRS328-24P-4S+
6.45.7 (stable)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (stable)	RB750r2
6.49.8 (stable)	RB750r2
6.49.8 (stable)	RB2011UiAS
6.44.4 (stable)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (long-term)	RB3011UiAS
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.49.7 (stable)	CRS354-48G-4S+2Q+
7.12.1 (stable) Nov/1...	CRS326-24G-2S+
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.47.4 (stable)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (stable)	RB750r2
6.42.10 (long-term)	CRS112-8P-4S
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.37.1 (stable)	RB2011iLS
6.39.2 (stable)	CRS125-24G-1S-2HnD
6.49.8 (long-term)	RB3011UiAS
6.47.7 (stable)	CRS212-1G-10S-1S+
6.49.8 (long-term)	RB3011UiAS
6.49.8 (long-term)	CCR1036-8G-2S+
6.49.6 (stable)	CRS328-24P-4S+
6.47.4 (stable)	CRS354-48P-4S+2Q+
6.49.13 (stable)	CRS328-4C-20S-4S+
6.37.1 (stable)	RB2011iLS
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.49.8 (stable)	RB3011UiAS
6.44.5 (long-term)	CRS328-24P-4S+
6.49.10 (long-term)	CRS112-8P-4S
6.49.1 (stable)	CRS326-24G-2S+
6.37.1 (stable)	CRS125-24G-1S
6.44.5 (long-term)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (long-term)	CRS326-24G-2S+
6.49.10 (long-term)	CRS328-24P-4S+
6.49.8 (long-term)	RB4011iGS+
6.49.8 (stable)	RB3011UiAS

Obrázek 4.2: Přehled používaných routerů v přístupové síti nemocnice

Vyjma již zmíněných routerů od firmy Mikrotik, které tvoří převážně přístupovou síť pro uživatele, najdeme v nemocniční síti i routery od firmy Cisco, které jsou základním stavebním prvkem páteřní sítě. Konkrétně se jedná o čtyři routery Cisco Catalyst řady 1000, což jsou prepínače s vlastností Gigabit Ethernet. Jedná se o jednoduché, flexibilní a bezpečné prepínače fungující na softwaru Cisco IOS, který umožňuje jednoduchou správu prostřednictvím rozhraní příkazového řádku, a také webového uživatelského rozhraní na místě.

Velkou výhodou je, že absolutní většina aktuálně používaných routerů podporuje jak VLAN, tak i QoS. Z mého pohledu by největší problém mohl

představovat fakt, že některé routery mají poměrně značně omezený počet portů použitelných pro VLAN. Tento problém by se však dal poměrně elegantně vyřešit hned několika metodami. Jednou možností je, že bychom přistoupili na tagování, čili by nebyl VLAN založen na portech, ale na tagách.

Druhým, dle mého názoru zřejmě nejelegantnějším řešením, by bylo v místě, kde by koncová zařízení typu analogový a digitální telefon nebylo možné z tohoto důvodu nahradit, přistoupit na nahrazení pevné stanice pomocí DECTu či jiného bezdrátového telefonu. Jak již víme, pokrytí základnovými stanicemi je téměř po celém areálu velmi dobré, takže by v tom jistě problém nebyl. Dalším alternativním řešením, které by ovšem bylo nejvíce nákladné, je nahradit problematické routery jinými, jež budou například disponovat větším počtem portů. Konkrétní náhrada by pak samozřejmě závisela na preferencích zákazníka a jeho finančním rozpočtu.

4.2 Softswitch

Pokud splníme podmínky na kvalitní vybavení sítě podporující VLAN a zavedení QoS, můžeme přistoupit na, v pořadí již druhou nutnou komponentu celé sítě - softswitch. Čili jakmile máme připravenou půdu pro vedení a přenos hlasových paketů IP sítí, musíme do ní ještě začlenit základní inteligenci pro řízení provozu VoIP sítě, k čemuž je softswitch, často označován i jako programová ústředna, naprosto ideální volbou.

Jelikož softswitch sám o sobě obecně pouze řídí provoz a kontroluje, zda vše funguje, jak má, tak jsme nuceni použít další komponenty, které již budou práci skutečně vykonávat. Jedná se o Media Gateway, což je velmi důležitá část sítě, jelikož funguje jako takový zprostředkovatel v komunikaci mezi různými technologiemi. Druhou veledůležitou komponentou je Session Bordered Controller, který nám zajistí ladný styk s okolním světem v případě, že chceme komunikovat mimo naši privátní síť. S oběma výše zmíněnými komponenty nás detailněji seznámí následující sekce. Nyní si však pojďme představit softswitch jako takový.

Z toho, co zatím víme, si je možné softswitch představit jako zařízení pro propojování hovorů v telekomunikační síti. Oproti klasické pobočkové ústředně však nebývá implementován za pomoci speciálního hardwaru. Místo toho používá programová ústředna k ovládání telefonních hovorů software na standardním hardwaru. To je velká změna oproti předchozím ústřednám, protože starší přepínací zařízení typicky používaly účelově vyrobený přepínací hardware.

Stále však platí, že stejně jako tradiční ústředny, tak i softswitch propojuje telefonní hovory mezi účastníky nebo jinými přepojovacími systémy připojenými IP sítí, případně i pomocí tradičních telekomunikačních linek. V all-IP síťové infrastruktuře, kde není třeba konvertovat mezi různými technologiemi a jsou zde využívány pouze VoIP hovory, může být softswitch zcela virtualizo-

ván a jeho provoz je realizován pomocí univerzálního hardwaru s ethernetovým připojením. V případě, kdy však nemáme čistě IP síť, si musíme pomoci již zmíněnou Media Gateway. V případě TDM je pro fyzická připojení TDM stále vyžadován specifický hardware.

Programové ústředny můžeme rozdělit na dvě skupiny dle toho, v jaké části sítě a za jakým účelem jsou nasazeny. Ty, které mají za úkol přenášet VoIP provoz mezi jednotlivými operátory, se obvykle nazývají programové ústředny třídy 4. Jejich hlavní funkcí je směřovat volání mezi mobilními operátory a přenášet data na dlouhé vzdálenosti. Bezpochyby musí podporovat konverzi protokolů a různé typy kódování. Nejvíce nás u nich zajímají parametry jako je maximální počet uskutečněných spojení za sekundu, průměrný čas směřování jednoho volání, případně kolik souběžných hovorů jsou schopné zvládnout bez přetížení [27].

Druhou skupinou, která cílí na obsluhu koncových účastníků, jsou soft-switches třídy 5. Jedná se o jakési analogie k místním telefonním ústřednám PBX. Disponují službami pro koncové uživatele, jako jsou například služby Call centra, různé typy autorizace, QoS, podpora firemních skupin a další [27].

Protože jsem od svého vedoucího práce, pana Ing. Pavla Trollera, CSc., dostal svolení o použití platformy Asterisk, která je jeho výtvořem a představuje velice kvalitně koncipovaný softswitch, včetně mnoha přídatných funkcí, tak jsme se rozhodli, že pro náš návrh použijeme právě ji.

■ 4.2.1 (M)asterisk

Asterisk je z velké části založen na Asterisku, ovšem je podstatně více vylepšený a nabízí mnohem více možností konfigurace a dostupných funkcí. Proto si úvodem nejprve řekněme pár slov o Asterisku. Asterisk je open source platforma a zjednodušeně si ji můžeme představit jako aplikaci běžící na počítači s operačním systémem UNIX (v praxi nejčastěji Linux). Tato platforma je díky komunitnímu vývoji velice oblíbená, neboť nabízí snadný přístup ke zdrojovému kódu a není velkým problémem její případná modifikace.

Asterisk byl vytvořen na konci 90. let v USA a za jejího zakladatele je označován Mark Spencer. Úsměvně je, že hlavní motivací pro vznik Asterisku byly nikoli technologické požadavky, ale finanční důvody, kdy sám Spencer neměl finanční prostředky na koupi, v té době vyráběné, pobočkové ústředny. Protože se Asterisk ukázal jako velmi oblíbený a hojně využívaný, založil Spencer také firmu Digium, která se zabývá vývojem Asterisku dodnes [28]. Mimo tuto firmu se na rozvoji a dalším vývoji Asterisku podílí členové komunity, přičemž autorů, kteří přispěli k dalšímu rozvoji a svoji část zveřejnili, je dnes už v řádech stovek účastníků.

Velkou výhodou jistě je, že nevyžaduje (sama o sobě, viz dále) pořízení žádného specializovaného zařízení, jelikož k jejímu fungování je nutné mít k

kam bude daný hovor směrován. Ovládání Asterisku probíhá přes tzv. CLI (Command Line Interface), což je vlastně příkazový řádek, kde je možné nastavovat a pozměňovat různé parametry ústředny a spouštět vybrané aplikace. Aby byl přehled kompletní, musíme ještě uvést nejrůznější tóny sloužící například k signalizaci či k hlasovým pokynům.

■ Největší změny provedené v Masterisku

Navíc, v Masterisku je volací logika čistě výtvořem vedoucího této práce, pana Ing. Pavla Trollera, CSc., který ji vytvořil nezávisle na ostatních variantách a je tudíž jejím jediným právoplatným autorem. Celkem se jedná o zhruba 3100 řádků programu v jazyce AEL. Samotná volací logika je nejdůležitějším kouskem skládky, jelikož utváří ústřednu jako takovou, například jaké funkce nabízí či jak se případně ovládají.

Kromě volací logiky jsou největšími změnami, které byly uskutečněny v Masterisku především:

- Úprava tónového generátoru - Tónový generátor byl upraven tak, aby generoval tóny s plynulým náběhem či doběhem. V klasické verzi tóny začínají a končí poměrně razantně a ostře. To vede k výskytu relativně značných spektrálních špiček na začátku a konci, což může představovat problém pro některé typy kodeků, přičemž následně tóny nezní dobře. S podobnou vlastností se setkáme například i u ústředny EWSD.
- Různé úpravy signalizace - Zejména signalizace SS7, ISDN či QSIG prošly úpravami tak, aby se doplnily chybějící funkce, čímž se zlepšila spolupráce například na zmíněné ústředně firmy Ericsson MD-110.
- Doplnění funkcionalit - Byly přidány dodatečné funkcionality pro zlepšení nejenom komfortu uživatele. Například možnost registrovat další číslice odeslané v překryvném módu (overlapu) do spolupracující ústředny. Toto v Asterisku vůbec není, přičemž se jedná o důležitou vlastnost v případě detailního výpisu hovoru či pro funkce typu opakování posledního volaného čísla.

■ 4.3 Media Gateway

Media Gateway, v češtině bychom se setkali s označením propojovací brána, je převodní zařízení, které má za úkol konvertovat digitální toky, především přenos hlasu či videa, mezi různými systémy telekomunikačních sítí. Těmi mohou být například tradiční analogová telefonní síť, sítě používající SS7, různé rádiové sítě (2G, 3G, atd.) či pro nás důležité pobočkové ústředny. Nejčastěji se s nimi setkáme v situacích, kdy převádíme mezi technologiemi založenými na PSTN, což je například PRI (Primary Rate Interface) či SS7, a

protokoly založené na VoIP, jako je například H.323 nebo SIP. Tato vlastnost nám velice pomůže v případě, že bychom chtěli TDM částečně zachovat.

Z logiky věci tak propojovací brána musí podporovat různé typy sítí. Proto je jednou z její hlavních funkcí nutnost umět nejenom převádět mezi různými přenosovými technikami, ale zvládat i převod kódovacích technik. Mimo tuto hlavní činnost zajišťuje také další doplňkové funkce pro přenos komunikace, například potlačování echa při hovoru.

Při nahrazování tradiční veřejné telefonní sítě (PSTN), kde se používají především E1 či PRI, přenosovými linkami pro přenos hlasu přes IP - VoIP, je v dnešní době nejpopulárnějším protokolem pro VoIP protokol SIP. Proto se svazek (častěji nazýván trunk) VoIP obvykle nazývá SIP trunk. Následující obrázek nastiňuje případ jednoduché konverze s využitím Media Gateway.



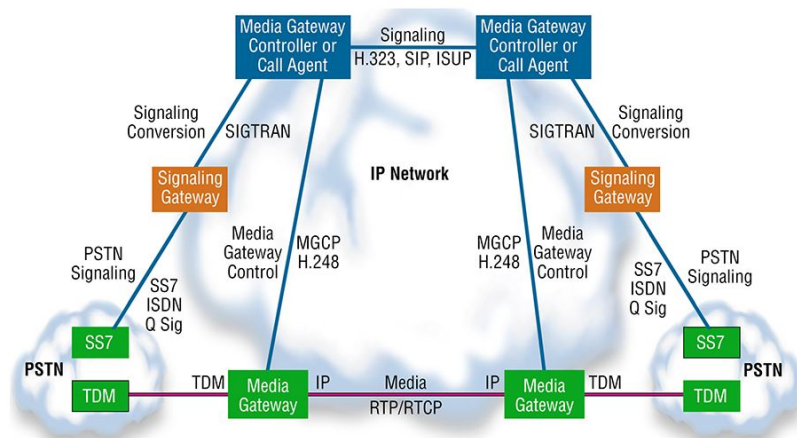
Obrázek 4.3: Znárodnění použití SIP trunk s TDM [5]

Velkou výhodou jistě je, že propojovací bránu může využít téměř jakýkoli podnik, nehledě na svou velikost. Dalším bonusem je, že nám umožňuje přechod na VoIP vykonat postupně, tedy zkombinovat obě technologie dohromady, takže nejsme nuceni vyměnit veškeré komponenty najednou. VoIP brána však nabízí i prodloužení životnosti tradičních TDM zařízení – včetně starších PBX či analogových telefonů. To jistě ocení zejména provozovatelé, jelikož je možné se vyhnout drahým upgradům a nákladným změnám.

Velice často se setkáme s tím, že jsou Media Gateways řízené tzv. Call Agentem, což je v podstatě jakýsi řadič této brány, který, podobně jako řadič v mikroprocesoru, řídí spojení a signalizaci. Tento Call Agent není nic jiného, než označení pro náš softswitch, jenž danou Media Gateway řídí a ovládá a ta jen poslouchá jeho příkazy. Call agent může řídit přes IP síť i větší počet různých propojovacích bran.

Pro komunikaci mezi propojovací branou a Call Agenty lze využít například nám již dobře známý protokol aplikační vrstvy, tedy SIP. Dnešní propojovací brány, které právě protokol SIP podporují, pak vytváří samostatné jednotky s vlastním řízením spojení a signalizací. To jim umožňuje fungovat jako nezávislé a poměrně inteligentní body sítě. Tato architektura, která zahrnuje souběžný chod dvou odlišných sítí pomocí propojovacích bran, je znázorněna na následujícím obrázku.

Existuje několik typů propojovacích bran, které řeší různé požadavky síťových aplikací. Je třeba vzít v úvahu typ starší technologie, kterou chceme



Obrázek 4.4: Propojení TDM a VoIP přes propojovací brány [6]

na VoIP konvertovat, počet požadovaných souběžných hovorů (aby nedošlo k přehlcení sítě) a jakékoli další požadované funkce (QoS, zabezpečení SRTP, firewall, podpora kodeků a podobně).

Obecně však platí, že se propojovací brány dají využít dvěma způsoby. Jednak, dle uvedeného obrázku, jako propojení mezi PBX a světem IP (či jiným), ale také jako zařízení pro připojení většího množství analogových telefonů. Protože jsme však dospěli k závěru, že náš softswitch bude Masterisk, který v sobě má interní Media Gateway, jež propojení mezi PBX a IP světem zvládne, budeme se zaměřovat především na první využití. Masterisk by také zvládl větší množství analogových telefonů propojit, ovšem za cenu nutné přítomnosti velkého množství karet pro analogové porty. Toto řešení je cenově drahé a v porovnání se samotnou Media Gateway, kterou Masterisk bude přes SIP řídit, je mnohem nákladnější. Detailnější popis přenosu analogových telefonů bude uveden v dalších sekcích.

4.4 Session Border Controller

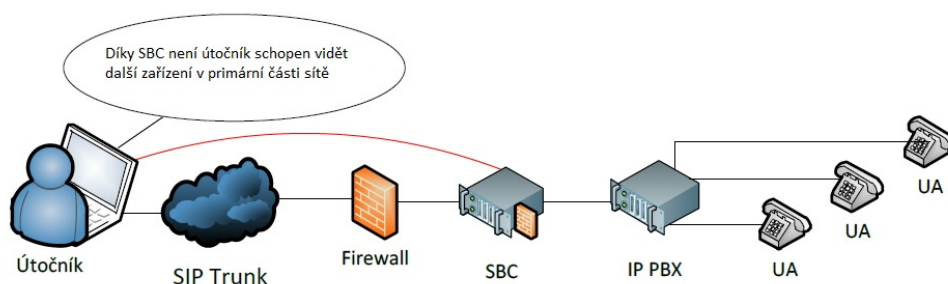
Session Border Controller (SBC), v české terminologii se můžeme setkat s označeními jako SIP či VoIP firewall, funguje jako oddělovací bod mezi privátní, tedy naší vlastní, a veřejnou sítí VoIP. Jeho primárním účelem je zvýšit bezpečnost telefonie samotné. Toho SBC dosahuje tak, že se pokouší o utajení používané struktury SIP technologie.

Hlavní myšlenka spočívá v tom, že ústředna, fungující jako klasická SIP proxy, předává v SIP zprávách IP adresy volajícího i volaného zařízení. Také však předává i IP adresy těch ústřed, které se podílejí na obsluze samotného volání. To má za následek, že potenciální útočník, který povede komunikaci se SIP proxy, může zjistit IP adresy dalších zařízení v síti a pokusit se je tak napadnout. Nejčastěji mají tyto podvody formu podvodných či falešných SIP

žádostí.

Aby se tomuto útoku zabránilo, případně alespoň došlo k jeho ztížení, je právě SBC implementován do architektury sítě. Na každé straně SBC, tedy jak na straně privátní, tak na straně veřejné sítě, se v SIP zprávách vyskytují pouze IP adresy z dané strany sítě, nikoli z druhé. To samé lze konstatovat i o paketech RTV pro hovory, které SBC přeposílá mezi oběma VoIP sítěmi. SIP firewall proto bývá umístován mezi firewallem pro data a IP-PBX. Tím docílíme toho, že potenciální útočník, jenž by chtěl komunikaci získat IP adresy dalších SIP zařízení, které by bylo možné eventuelně dále napadnout, tak nebude schopen tyto informace získat.

Shrneme-li předchozí odstavce, pak můžeme zjednodušeně chápat SBC jako hraniční proxy, jejíž hlavním účelem je tzv. topology hiding, neboli skrytí topologie sítě, aby případný otcník znal jen jednu IP adresu použitou pro data i média. Její umístění a hlavní myšlenka je vyobrazena na následujícím obrázku.



Obrázek 4.5: Použití SBC jako ochrana před útokem z vnějšku [7]

Zde bych se však rád na chvíli zastavil a zdůraznil, že SBC je kruciólně důležitý pro telefonní operátory, jako jsou v České republice O2, T-Mobile nebo Vodafone. Ostatní poskytovatelé služeb, například menší operátoři, popřípadě provozovatelé privátních VoIP ústředěn, ho spíše nepoužívají. Je ovšem nutné mít na paměti, že stejně jako v případě, kdy budeme provozovat svou privátní LAN síť, kde nemůžeme bezmezně spoléhat na firewall poskytovatele internetu, tak ani v našem případě provozovatele privátní PBX nelze spoléhat na SBC veřejného telefonního operátora. Totéž samozřejmě platí mezi VoIP operátory navzájem, byť v takto velkém měřítku jsou jistě operátoři dohodlí o provozování mezi sebou dle interních politik.

Pro nás z toho však vyplývá, že použít samotné SBC by bylo zbytečné, ovšem nezačlenit ho do sítě vůbec by bylo srovnatelné s balancováním na laně nad propastí. Proto zvolíme kompromis a to ten, že SBC budeme provozovat ve spojení s tzv. Load Balancerem, který mimo jiné dokáže funkci SBC zastoupit.

4.4.1 Load Balancer

Load Balancer, v české terminologii bychom použili pojem vyrovnávač zátěže, je zařízení sloužící k rovnoměrnému rozložení síťového provozu do dostupných zdrojů, které provoz odbavují či jinak obsluhují. Pro zvládnutí vysokých objemů provozu má v dnešní době většina aplikací více zdrojových serverů s duplicitními daty mezi nimi. Vyrovnávač zátěže zde představuje zařízení, které "sedí" mezi uživatelem a skupinou serverů a funguje jako takový neviditelný prostředník, který zajistí, že všechny zdroje pro odbavení provozu jsou využívány stejně, a tedy pokud možno co nejefektivněji.

A proč vlastně v našem přechodu Load Balancer využijeme? Inu, ač jsme to ještě nezmínili, tak budeme nuceni použít a do provozu začlenit více softswitchů. To je dáno tím, že v případě, kdy bychom ponechali v síti jen jeden, který by pracoval samostatně, tak v daný okamžik představuje poměrně značně rizikové místo v síti. Jednalo by se totiž o případ, kdy jeden softswitch bude zodpovědný za fungování celého provozu a v případě jeho selhání by došlo k výpadku provozu. Z toho důvodu využijeme softswitche dva, čímž se vyhneme vytvoření tzv. SPoF, neboli Single Point of Failure. To je termín, který označuje místo v síti, při jehož výpadku hrozí zhroucení fungování celé sítě.

V případě, kdy však využijeme softswitche dva, tak je můžeme správně nakonfigurovat, aby v případě výpadku jednoho z nich druhý převzal iniciativu a funkci zastoupil. Máme na výběr v podstatě dva druhy implementace, buď zvolíme možnost sdílení zátěže, tedy že každý ze softswitchů zpracovává část provozního zatížení, nebo můžeme využít metodu záložního systému, kdy celý provoz bude řízen jedním softswitchem a druhý bude pouze připraven zastoupit primární v případě poruchy či výpadku. Obecně, ať už z hlediska efektivity či výkonu, bývá využívána první varianta, kterou použijeme i v našem návrhu.

Nyní jsme se ovšem dostali do situace, že role SPoF přešla do pozice Load Balanceru. Opět je tedy na místě vyžít alespoň dva, aby v případě poruchy jeden druhého zastoupil. Zde však práci hravě zvládne jeden Load Balancer sám, a tak nemá smysl jich udržovat v jeden časový okamžik aktivních více. Proto v tomto případě naopak zvolíme režim zálohy, kdy ponecháme aktivní pouze jeden z nich a druhý bude záložní.

Všechna ostatní zařízení, která s Load Balancery spolupracují, jako je například naše Media Gateway, je pak mají zařazené ve své směrovací tabulce v prioritním pořadí. To umožní, že schopnost potenciálně využít oba Load Balancery není řešena přidáním dalšího Load Balanceru před ně, ale je už na zařízeních takových, která jsou navázána na toto jádro naší VoIP sítě.

Jsou však situace, jako je například telefonní konference, kde je použití Load Balanceru nevhodné. To je dáno tím, že konference obvykle bývají hostované pouze v jednom switchi, jelikož by jich mohlo být založeno více a případní účastníci by byli přiřazováni do některé z nich, čímž by vznikly nechtěné

skupinky. Tato situace bývá obvykle řešena přidáním dalšího, speciálního softswitche, do kterého je provoz takovýchto speciálních služeb směrován nebo úpravou programu Load Balanceru, který sám pozná, že se jedná o konferenci a oba ho budou posílat do jednoho softswitche. Tento přídatný softswich už není v režimu zálohy, ovšem v případě výpadku nebude nedostupná celá síť, ale jen dané služby řízené přes tento speciální softswitch, což je dle nás akceptovatelné řešení.

Kapitola 5

Přechod na VoIP

Vzhledem k tomu, že možností přechodu je hned několik, tak jsme se rozhodli, že u dané technologie vždy uvedeme více možností, jak lze postupovat a pokusíme se předložit argumenty, které nás vedly k výběru konkrétního řešení. Například uvidíme, že při přechodu v jednom z návrhů ponecháme existující a dobře fungující ústřednu MD-110, což bude využito například u DECT technologie. Samozřejmě stále platí, že se zavedením VoIP bude nutné začlenit všechny komponenty, které jsme zmínili v předchozí kapitole.

5.1 Přechod na VoIP - realizace a postup

Prvním krokem k úspěšnému přechodu na VoIP je beze sporu nutnost propojit softswitche s aktuálně využívanou ústřednou MD-110. Způsobů, jakým ústředny propojit, je více. Můžeme zvolit kupříkladu signalizaci CAS, tedy přidruženou signalizaci k danému kanálu, případně lze uvažovat i začlenění linky POTS, což je hlasová telefonní služba, která využívá přenos signálu přes měděné smyčky.

Ani jedno z předchozích řešení nás však zcela neuspokojí, neboť bychom rádi využili služby softswitchem nabízené. Z tohoto důvodu použijeme pro propojení ústředny linku se signalizací QSIG, jež je určena přímo k propojování ústředny v rámci dané sítě.

5.1.1 QSIG

QSIG (Q Signaling) je signalizační protokol pro signalizaci mezi telefonními ústřednami v digitálních telefonních sítích. Jeho hlavním cílem je umožnit interakci mezi různými typy telefonních ústředny od více výrobců. QSIG poskytuje mnoho služeb, jako je přenos hlasu, faxů, dat a dalších informací v digitální formě[30]. Tento standard je často používán v podnikových prostředích, kde je důležitá kompatibilita mezi různými zařízeními a systémy.

Device Interface) ovladače, které se zkompilují pro danou verzi Linuxu a následně se nahrají do jeho jádra. Balíček podporuje drtivou většinu karet vyrobených již zmíněnou společností Digium, kterou v roce 2018 koupila společnost Sangoma, takže nyní nesou sice jiné označení, ale v zásadě se nezměnily. Mimo to podporuje i některé přídatné karty od jiných výrobců.

Konkrétně se jedná o rozšiřující karty PCI, které propojují počítač se systémem Asterisk přímo se staršími telefonními linkami, telefony a PBX. Tyto PCI karty převádějí starší signalizaci a média do interních formátů Asterisku.

Ještě je dobré si uvědomit, že Asterisky uvažujeme v síti dva. Nabízí se otázka, zda je chceme provozovat na společném PC, popřípadě jestli zvolit architekturu dvou počítačů zvlášť. Zde bude rozhodování poměrně jednoduché, neboť v případě jednoho společného počítače by vzniklo potencionálně nebezpečné místo v síti, již zmíněný Single Point of Failure, což rozhodně nechceme. Navíc Asterisk vyžaduje poměrně velkou část výpočetního výkonu počítače a dva současně běžící by spolu zbytečně o výkon soupeřily.

Pro konkrétní množství potřebného výpočetního výkonu na uskutečnění jednoho hovoru neexistuje žádný předpis. Je nutné vzít v úvahu velmi mnoho okolností, od typu samotné platformy, přes použitou základní desku až po další systémy, se kterými bude virtuální ústředna propojena.

Propojení MD ústředny s Asterisky bude, jak jsme si řekli, řešena přes rozšiřující karty a QSIG rozhraní. Musíme však propojit i Asterisky samotné. K tomu nám poslouží protokol IAX2 (Inter-Asterisk eXchange v. 2), který byl vyvinut za účelem propojení a přeposílání hovorů mezi dvěma ústřednami. Jednou z výhod použití protokolu IAX2 je funkce trunking. Ta využívá metodu odesílání hlasových dat z více hovorů najednou s jednou jedinou hlavičkou.

V případě, kdy posíláme velké množství hovorů mezi ústřednami, může tato koncepce znamenat velkou úsporu šířky pásma, jelikož tím minimalizuje overhead paketových hlaviček (ty totiž využívají značnou šířku pásma) normálně potřebný k přenosu informací o hovorech. Od ostatních VoIP protokolů se liší především tím, že signalizace a média jsou přenášena jedním datovým tokem na jednotném portu. Oproti IAX podporuje IAX2 i šifrování řídicích a mediálních toků pomocí symetrické blokové šifry AES-128. Na rozdíl od SIPu je protokol IAX2 velmi přátelský k firewallu[32].

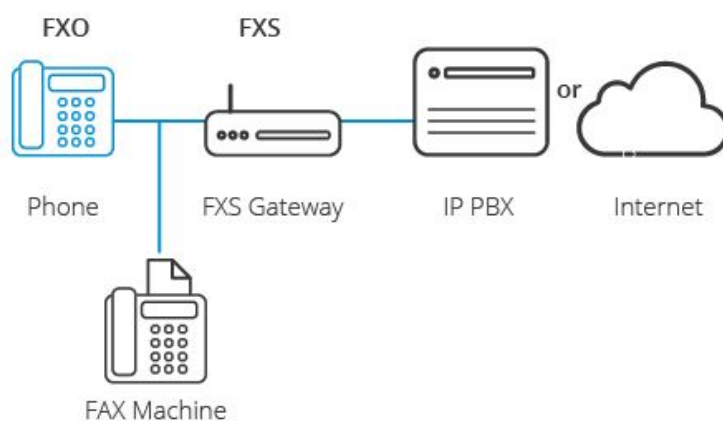
Zbývá otázka, jakou podobu bude mít výsledná topologie sítě, co se týče pobočkových ústředn. Bylo by nešikovné propojit ústřednu MD-110 pouze s jedním Asteriskem a druhý navázat sériově na něj. To by znamenalo i větší zátěž a nutnost strávit delší čas v síti pro hovory, které by musely projít přes propojovací Asterisk. Proto s MD-110 propojíme oba Asterisky přes QSIG rozhraní a zároveň dojde k propojení Asterisků pomocí IAX2.

je port, který zajišťuje analogovou linku zákazníkovi. Můžeme si ji představit podobně jako zásuvku ve zdi. Jejími funkcemi je například zajištění oznamovacího tónu, zvonění nebo napájení z baterie. Oproti tomu FXO (Foreign eXchange Office) přijímá analogovou linku. Ten si pro změnu lze nejnázat představit jako zásuvku na telefonu či jiném zařízení. Je zdrojem signálu přihlášení a odhlášení, tedy uzavírá smyčku či posílá volbu [8].

V případě pobočkové ústředny jako takové je situace malinko komplikovanější. Telefony jsou sice připojené k PBX, ale ta je dále připojena k poskytovateli telefonních služeb. Z tohoto důvodu musí PBX obsahovat jak porty FXO, které zde slouží pro připojení k portům FXS poskytovatele telefonních linek (v tomto schématu bude mít PBX vůči poskytovateli stejnou roli jako analogový telefon vůči PBX), tak porty FXS pro připojení analogových zařízení. Je však dobré si uvědomit, že připojení PBX k PSTN přes FXS/FXO se používá výhradně pouze u malých PBX, které mají jen pár linek, čímž v podstatě dojde k nahrazení telefonů, které původně na oněch FXS portech byly. Větší PBX se standardně připojují přes digitální rozhraní, nejčastěji pomocí ISDN či VoIP.

Nejčastěji se s výrazy FXS a FXO setkáme v případě, kdy budeme shánět zařízení se schopností připojení analogové linky k telefonnímu systému VoIP, což je přesně náš případ. My budeme totiž chtít připojit analogové telefony k Masterisku a dále na VoIP. Toto označení se tedy výhradně využívá u samotných MGW, kdy chceme popsat chování daného rozhraní.

Aby bylo možné analogové telefony k Masterisku připojit, tak je nezbytné mít bránu s porty FXS (počet závisí na výrobci), na které je možné zapojit koncová zařízení. Následně se již brána samotná postará o konverzi a převod. Výše popsany koncept je zachycen na následujícím obrázku.



Obrázek 5.1: Použití brány FXS pro připojení analogového telefonu [8]

Když už víme, co je to FXS port, můžeme se vrátit zpět ke konkrétním typům bran od firmy Sangoma. Tyto brány nám totiž poslouží jako skvělé řešení pro náš případ nemocničního zařízení, jelikož nabízí bezproblémovou

migraci poměrně velkého počtu analogových telefonů do jádra IP. Tím eliminují náklady na přepojování infrastruktury pro migraci na IP telefony. Konkrétní druh a počet bran se bude odvíjet od priorit správce sítě, ale jistě využijeme brány s 50 FXS porty, případně pro elegantnější oddělení, například určité budovy od ostatních, pak bránu s 24 FXS porty.

V oblastech, kde máme analogových telefonů jen pár a které nejsou dotažené až do ústředny, pak můžeme využít poměrně dobře koncipovaný adaptér ATA. ATA (Analog Telephony Adapter) disponuje jak portem pro svět IP, tak pro připojení konektoru RJ11/RJ12. Jedná se tedy o specializovanou MGW v malém měřítku fungující jako most mezi světem IP telefonie a analogovými telefony, protože umožňuje převádět digitální data na analogový signál a vice versa.



Obrázek 5.2: Příklad ATA se dvěma analogovými porty [9]

Velkou výhodou použití ATA namísto nahrazení analogového telefonu SIPovým je opět cena. ATA (i poměrně kvalitní) je značně levnější, než základní SIP telefon. Dalším faktorem hrajícím ve prospěch ATA je, že existují modely se dvěma či až čtyřmi analogovými porty, což umožňuje připojení více analogových zařízení na jeden ATA. To přirozeně znamená další úsporu nákladů. MGW ve smyslu VoIP brány je ve vztahu k ATA dražší, ale schopnější zařízení, jelikož oproti ATA disponuje schopností obsluhovat více linek najednou, což znamená umožnění současného volání.

Důležité je si uvědomit toto; dané VoIP funkce, které analogový telefon zvládne, závisí na použitém typu ATA. Většina dostupných ATA podporuje základní funkce, jako je čekání hovoru či zobrazení ID volajícího, ovšem jejich ovládání nemusí být zrovna snadné. To může hrát ve prospěch náhrady celého telefonního aparátu za skutečný SIP telefon. Lze proto uvažovat nad úplným přechodem na IP, uskutečnitelným nejspíše postupným odebíráním analogových zařízení ze sítě a jejich náhradou jinými, modernějšími zařízeními.

Existuje ještě alternativní řešení, které by případně znamenalo další ušetření nákladů. V případě, kdy máme poblíž analogového zařízení SIP telefon, lze SIP telefon využít jako tzv. splitter, protože většina dnešních SIP telefonů disponuje dvěma ethernetovými porty. Alternativně lze použít ATA se dvěma nebo více ethernetovými porty jako takový mini switch.

5.1.4 Přenos digitálních telefonů

Oproti analogovým telefonům se v celém komplexu nachází výrazně menší počet telefonů digitálních. Konkrétně se bavíme o zhruba sedmi desítkách aktuálně využívaných digitálních telefonů, které jsou poměrně specifické. V drtivé většině se jedná o digitální telefony navržené a konstruované firmou Ericsson pro fungování výhradně s ústřednou MD-110. Vzhledem k menšímu počtu telefonů, předpokladu budoucí úplné konverze na VoIP a energetické náročnosti provozu stávajících telefonů jsme se rozhodli, že aktuálně využívané digitální telefony nahradíme novými, konkrétně potom tzv. SIPovými telefony, které fungují výhradně na bázi internetu.

SIP telefon

Standardem posledních let při hledání vhodného firemního telefonního přístroje, ať už do kanceláře či do výrobního provozu, je telefon, který je označován jako SIP telefon. Ve zkratce by se dalo říci, že se jedná o zařízení, které k uskutečňování nebo přijímání hovoru využívá internet. K přenosu hlasových dat pochopitelně používá, nám dobře známou, technologii Voice over IP. To, jak víme, umožňuje oproti původním telefonům značné výhody, ať už co se týká stránky finanční, funkční či kvalitativní.



Obrázek 5.3: Typický SIP telefon se třemi programovatelnými tlačítky [10]

Existují dva typy telefonů SIP, a to konkrétně telefony hardwarové a softwarové. Hardwarové telefony, často označovány jako hardphones, jsou klasická telefonní zařízení, která vypadají jako tradiční telefony. Jednoduše řečeno, jedná se o jakousi náhradu telefonu pevného. Tento typ SIP telefonů funguje, stejně jako ostatní SIP telefony, na základě IP telefonie. Nutně tak potřebuje ke správnému fungování stabilní připojení k internetu. Nejčastěji

se k němu připojuje pomocí běžných ethernetových kabelů, ale vyrábí se i verze využívající připojení pomocí WiFi. Ty jsou pak bezdrátové a vzhledem a velikostí se mohou podovat běžným mobilním telefonům.

Můžeme se však také setkat s bezdrátovými hardwarovými SIP telefony, které využívají průmyslový standard bezšňůrové technologie, tzv. DECT. Tyto telefony pak komunikují se základnovou stanicí prostřednictvím rádiového rozhraní pomocí protokolu DECT. Základnová stanice komunikuje s IP-PBX prostřednictvím aplikačního protokolu SIP a transportního RTP protokolu. Velkou výhodou je podpora mobility uživatele, samozřejmostí je přítomnost baterie, bez které by realizace nebyla možná. Více se však těmito telefony budeme věnovat v další podkapitole.



Obrázek 5.4: Příklad bezdrátového SIP telefonu [11]

Ne všechny pevné SIP telefony disponují stejnými funkcemi, a tak je při jejich pořizování důležité promyslet, co od nich očekáváme. Vybavenost daného typu je přirozeně přímo úměrná ceně, a to napříč většiny hlavních výrobců pevných SIP telefonů, jako jsou společnosti Cisco, Panasonic, Grandstream či Gigaset. Obecně lze tyto pevné telefony rozdělit na základní, standardní a pokročilé.

Základní kategorie reprezentuje telefony, které jsou, co se týče funkcionalit, kterými disponují, osekány téměř na úplné minimum. Jinými slovy bychom mohli říci, že jsou primárně určeny pro uživatele, kteří od nich chtějí především jediné - uskutečnit úspěšně hovor, přičemž přídatné funkcionality pro ně nejsou důležité. Typicky se jedná o výbornou volbu pro pracovníky na recepci nebo ostrahu. Tyto telefony disponují číselníkem, dle konfigurace jsou schopné provádět interní i externí telefonní hovory, jsou cenově dostupné a velmi snadno se používají. Nejčastěji disponují malou barevnou LCD obrazovkou o velikosti 2,4" – 2,8", nechybí funkce PoE a v některých případech je dokonce i možnost využít Bluetooth. Nevýhodou je již zmíněný malý displej, poměrně malý počet řádků v něm (nejčastěji 4 řádky), nedostatečný počet tlačítek pro

rychlou volbu nebo také absence podpory kvalitnějšího, tzv. HD hlasu. Na internetu je možné tyto telefony dohledat i za cenu pod 1.000 Kč, ovšem s téměř holým vybavením.

Standardní telefony jsou pak nadstavbou pro základní kategorii pevných SIP telefonů. Oproti nim poskytují robustnější funkčnost včetně možnosti procházení adresářem, který je zde prohlížitelný. Standardem je již větší počet přidavných tlačítek pro další funkce či pro naprogramování uživatelem. Tyto telefony jsou poměrně dobrým kompromisem, pokud se bavíme o poměru cena/výkon. Displej je zvětšen na velikost 2,8" až 3,5", obsahuje až 6 řádků, nechybí možnost využít mimo Bluetooth i WiFi, ovšem výhradně za přítomnosti adaptéru. Najdeme zde USB porty nebo vstup pro sluchátka. Jedná se o velmi dobrý pevný telefon pro pracovníky call centra, kde je třeba vyřídit velké množství hovorů, což je díky dobře organizovanému rozhraní, většímu displeji a vylepšenému uživatelskému komfortu jistě možné. Cenově se zde pohybujeme již ve vyšších částkách kolem 1.500 - 3.000 Kč.

Nejvyšší třídou jsou pak pokročilé SIP telefony, které mimo vlastností, jimiž disponují předchozí třídy, nabízí také mnoho jiných vymožeností. Jsou vybaveny barevným displejem s velkým počtem řádků, často dvojnásobným, než u předchozí verze, přičemž velikost displeje je až 5". Navíc displej je v této třídě běžně již dotykový s vysokým rozlišením, což vede ke zvýšení uživatelského komfortu. Bluetooth a WiFi je již standardem, je možnost připojit sluchátka, a to jak kabelově, tak i bezdrátově. Také samotný zvuk při hovoru je díky HD hlasu ostrý a čistý. Díky dotykovému displeji mohou telefony disponovat menším počtem fyzických tlačítek, ovšem programovatelných tlačítek je zde často daleko více, než u předchozích modelů. Kvůli pořizovací ceně, která běžně přesahuje hranici 5.000 Kč, jsou určeny výhradně pro vedoucí pracovníky. Proto se jim také někdy říká manažerské telefony.

Druhým typem je softwarový SIP telefon, jednoduše označovaný jako softphone, kterým je, jak název napovídá, softwarový program, jenž lze nainstalovat do téměř libovolného typu komunikačního zařízení, jako je stolní počítač s operačním systémem Windows, Linux, případně Mac, nebo tablet či smartphone s operačním systémem Android nebo iOS. Stejně jako hardphone, tak i softphone využívá protokoly SIP a RTP pro nastavení a uskutečnění hovoru.

Do daného zařízení se jednoduše softphone stáhne jako aplikace, a to často bez nutnosti složitějšího nastavování. V nejjednodušším případě se stačí uživateli přihlásit k poskytovateli služeb SIP, což provede zadáním přihlašovacích údajů, a následně už může začít přijímat nebo vytvářet hovory. V zásadě se od zařízení, kde chceme softphone používat, vyžadují 3 vlastnosti; přítomnost mikrofону, reproduktoru a IP připojení k poskytovateli SIP serveru.

Byť se SIP telefony mohou podobat svým předchůdcům, tak vybavenost jejich funkcí je podstatně lepší, než tomu bylo u tradičních telefonů. Mezi hlavní funkce a vlastnosti SIP telefonů patří především

návrh byl po domluvě se správcem sítě poměrně striktně odmítnut. Uživatelé, v tomto případě zaměstnanci nemocnice, jeho realizaci neschvalují, jelikož často nechtějí nebo neumí dobře zacházet s PC či chytrým telefonem.

Bylo by tak nutné provést proškolení zaměstnanců a pro samotné uživatele by se velice zhoršil i komfort, protože například v případě počítače by bylo nutné tyto zařízení udržovat, byť jen kvůli občasným voláním, zapnuté a při jejich malém vytížení by tento aspekt nedával ekonomicky příliš smysl. Také neplatí, že by každé pracoviště disponovalo počítačem. Navíc tam, kde je, bylo by nutné pořídit dodatečné vybavení v podobě mikrofону, sluchátek a podobně, protože počítače v zařízení plní funkci spíše databáze pacientů. Proto od uvažování nad softwarovými telefony od této chvíle opouštíme.

5.1.5 Přenos DECTů

Poslední telefonní zařízení, jejichž přechod je nutné vyřešit, jsou DECTy. Specifikace a popis této technologie jsme si již uvedli v kapitole 3, kde jsme se s fungováním celého zařízení seznámili. Nyní si zopakujme jen to nejdůležitější, přičemž začneme architekturou. Aktuálně využívané DECTy jsou starší typy a jedná se o tzv. Enterprise DECTy. Hlavním centrem DECTové sítě, mající na starost správné fungování celého systému, je ústředna MD-110, která v sobě obsahuje speciální kartu pro podporu DECT technologie. Konkrétně se jedná o kartu ELU31. K této kartě se následně připojují jednotlivé základnové stanice. Aktuálně je v ústředně přítomno šest těchto karet.

Tyto stanice jsou specifické tím, že umí výhradně protokol poskytovaný kartou ELU31. To znamená, že jsou z pohledu migrace velmi problémovým místem. Oproti tomu se samotná DECT strana řídí specifikacemi DECT technologie, a proto jsou na ní připojitelná všechna DECTová zařízení splňující tato doporučení. Jako příklad nám může posloužit klipsna, která na jednu stranu sice DECT protokolu dobře rozumí, ale na stranu druhou netuší, že nějaká ústředna a v ní karta ELU31 existuje.

Je tak zřejmé, že z pohledu přechodu na VoIP se bude jednat o nejtěžší část a dle zvoleného řešení také o část nejnákladnější. V zásadě máme dvě možnosti, jak přechod uskutečnit, přičemž velmi záleží, co bude správce a vedení brněnského zařízení prioritizovat.

Možnost číslo jedna se může na první pohled zdát jako zcestná, ovšem po předložení faktů uvidíme, že má jistě své opodstatnění. Tato varianta je prostá; ponechat fungování DECTů tak, jak je aktuálně řešeno. To by znamenalo, že by vše zůstalo zachováno a původní ústředna MD-110 by sloužila v podstatě jako jednoúčelová gateway, jelikož digitální a analogová zařízení jsme již úspěšně na (M)asterisk převedli.

Důvodů k tomuto kroku je hned několik, přičemž primární z nich jsou dva. Prvním důvodem je stránka finanční, kdy, jak si ukážeme v následující kapitole kalkulace přechodu, je druhá možnost finančně velice nákladná a

volba zachování původní infrastruktury by nepřinesla žádné dodatečné finanční navýšení přechodu. Druhým hlavním důvodem je jednoduše fakt, že aktuální koncepce funguje velmi dobře, je skvěle zaběhlá a až na drobné výjimky i bezproblémová. Navíc by ostatní technologie přenesené na (M)asterisk byly stále dosažitelné i z pohledu DECTů, protože ústředny mezi sebou propojené máme, a tak není problém mezi nimi přecházet.

Je zde však zásadní problém, konkrétně ten, že bychom tím vlastně nic nevyřešili. Ano, z pohledu přechodu na VoIP bychom sice analogové a digitální telefony převedené měli, ale DECTy by zůstaly nedotčené, což znamená, že co se týče budoucího fungování problém nevyřešíme, ale pouze odsuneme. Dalším problémem je fakt, že daná technologie už není podporována, a bude tak čím dál tím těžší shánět potřebné náhradní komponenty. Proto bych tuto variantu ponechal čistě jako záložní v případě, že bude nutné přechod začít realizovat, ale nebudou k dispozici dostatečné finanční prostředky.

Nabízí se otázka, zda by nešlo pouze nahradit koncová zařízení za nová a ponechat stávající základnové stanice. Tím by se značně ušetřily náklady a práce spojená s rozmístěním nových základnových stanic. Tyto nové telefony, o kterých je řeč, jsou často označovány jako IP/SIP DECT telefony, což je, vzhledem k principu fungování, poměrně matoucí. Označení IP/SIP v tomto případě symbolizuje nikoli vlastnost telefonu, nýbrž základnové stanice. Ta má totiž místo konektoru pro kartu ELU31 klasický ethernetový konektor, čímž je možné tuto stanici připojit na síť internetu. Telefon jako takový neobsahuje nic, co by z něj mělo dělat SIPový telefon tak, jak ho známe.

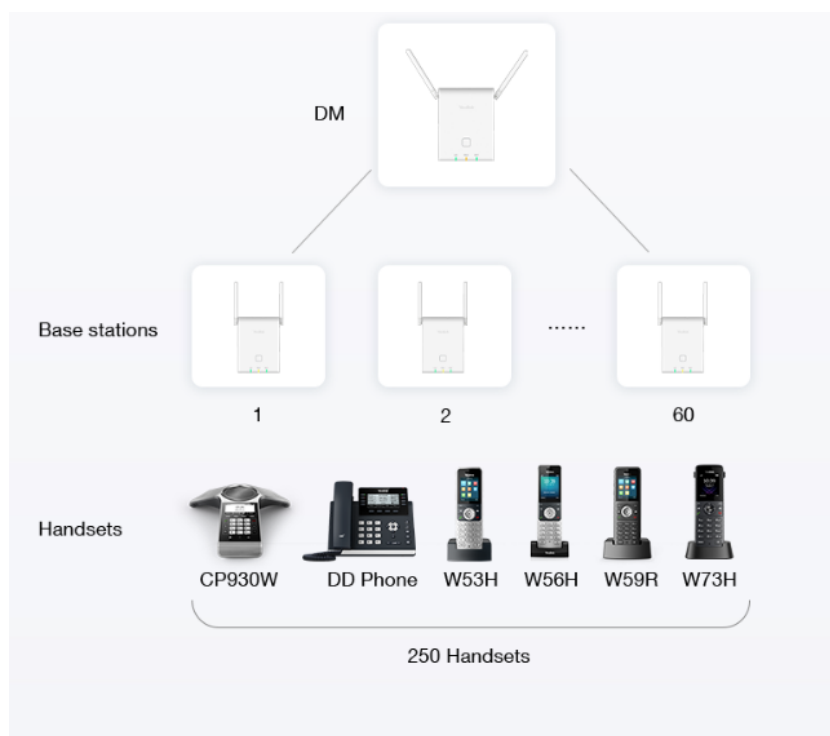
To znamená, že z principu věci není problém ony telefony propojit ke stávajícím základnovým stanicím. Problém ale nastane, když bychom chtěli aktuálně používané základnové stanice propojit s (M)asteriskem. Hlavním důvodem je fakt, že jednoduše nerozumí protokolu SIP, ale jsou vybaveny pouze rozhraním pro ELU31. Není tedy možné se od MD-110 odprostit a současně ponechat stávající základnové stanice.

Dle mého názoru tak zůstává nejlepším řešením kompletní náhrada, a to včetně základnových stanic. Pokud se nám podaří najít základnové stanice kompatibilní s (M)asteriskem, tak se bude možné odprostit od ústředny MD-110 úplně a všechno směřovat na Masterisky. Samozřejmě bychom ale nechtěli zvolit řešení takové, které by neumožňovalo základní funkce, jako je například handover.

Naštěstí řešení existuje, a to v podobě jakéhosi centralizovaného prvku, serveru, který se pomocí SIPu propojí do (M)asterisku, přičemž jednotlivé základnové stanice jsou poté propojeny právě s tímto prvkem. To zajistí, že jsou dané základnové stanice sesynchronizovány, čímž je umožněno zrealizovat ladný přenos hovoru z jedné základnové stanice na druhou.

Toto řešení nabízí hned několik firem, přičemž jako příklad jmenujme firmy Polycom, Spectralink nebo Yealink. A je to právě firma Yealink, konkrétně její produktová řada W90 - viz [12] (sám výrobcem popisován jako *IP DECT Manager Multi-Cell system*), který bychom jako náhradu za aktuální DECTové

řešení navrhovali zvolit, a to hned z několika důvodů.



Obrázek 5.5: Buňkový systém W90 a jeho škálování [12]

Především, jak již bylo zmíněno, chceme co možná nejvíce zachovat či vylepšit uživatelský komfort. Díky funkcím jako je handover a roaming je možné se volně pohybovat po areálu, aniž by došlo ke ztrátě hovoru. Další výhodou je, že na jeden centrální prvek (výrobce označován jako W90DM) lze připojit a sesynchronizovat až 60 základnových stanic. Nyní, jak víme, se v areálu nachází asi pět desítek základnových stanic, takže v tomto směru máme dokonce i rezervu.

Další velkou výhodou je fakt, že jedna základnová stanice zvládne až 8 současných hovorů, tedy stejně, jako tomu je v aktuálním provedení. To se osvědčilo a nejsou s tím v současném stavu problémy. Celkově je možné připojit až 250 koncových DECT zařízení, což vzhledem k počtu aktuálně využívaných DECTů a klips plně vyhovuje. Jen pro informaci, v současné době se bavíme o 110 kusech DECT telefonů a asi 120 klipsách, přičemž dle informací od správce jich je více jak třetina nevyužívaná. Bezpečnost je zajištěna díky podpoře TLS a SRTP. Samozřejmostí jsou základní funkce jako zobrazení data a času, historie příchozích, odchozích a zmeškaných hovorů nebo ID volajícího. Také je k dispozici nastavení a zavedení služby QoS. Díky podpoře SIP bude možné propojit tento prvek s Masteriskem, čímž se dostaneme do naší VoIP sítě.

Základnové stanice jsou pak výrobcem označovány jako W90B a vzhledem ke své velikosti a váze nepředstavují problém ani z pohledu designu a umístění v

prostoru. Navíc, pokrytí jedné stanice je podle parametrů udávaných výrobcem velmi slušné, a to 50 metrů ve vnitřních, respektive až 300 metrů ve venkovních prostorách. To umožní pokrytí nejenom vylepšit, ale pravděpodobně nebude potřeba využít základnových stanic tolik, kolik jich je v provozu nyní, což povede ke snížení spotřeby energie. Je však nutné mít na paměti limitaci v počtu současných hovorů na jedné základnové stanici, a tak by tato redukce byla vhodná pouze v méně využívaných prostorách. To už ale záleží na správci sítě, který ví nejlépe, kde a kolik hovorů průměrně probíhá. Tato data, bohužel, k dispozici nemáme.

Co se týče koncových zařízení, tak zde můžeme vybírat hned z několika typů (nejenom) telefonů, které jsou se základnovými stanicemi kompatibilní. To umožní vybrat vhodná zařízení pro každého zaměstnance zvlášť, ať už dle potřebných funkcí nebo zastupující pozice. Všechny tyto DECTové telefony jsou pak, mimo jiné, vybaveny podporou HD hlasu, což opět zvýší uživatelský komfort, a také baterií s velmi velkou výdrží, a to až 30 hodin při nepřetržitém volání.

Největší vráskou na daném řešení zůstává, jak vhodně nahradit aktuálně používané a oblíbené klipsy. Tato zařízení výrobce nevyrobí a ani jsme nedostali potvrzení o kompatibilitě s DECT zařízeními jiných výrobců. Každopádně, dle specifikací v datasheetu tuto možnost nevyklučujeme, ovšem vzhledem k okolnostem se na ní nemůžeme bezmezně spolehnout. Náhrada však přesto existuje, a to ve formě tzv. *DECT Headsets*, což není z funkčního hlediska nic jiného, než přímá náhrada daných klips, ovšem s tím rozdílem, že místo upevnění na opasku, je toto zařízení určeno pro nošení na hlavě.



Obrázek 5.6: Headset navrhovaný jako vylepšená náhrada klips [13]

Výhodami těchto sluchátek je zaručená kompatibilita s řadou W90, velký dosah signálu, velmi malá hmotnost umožňující komfort při nošení, nastavi-

telná velikost rozpětí pro přizpůsobení se šíří hlavy a značná výdrž baterie, která se pohybuje dle typu výrobku od 7 do 14 hodin. Co však oceňujeme nejvíce je možnost tzv. push-to-talk funkce, která je přesnou kopií funkce, kterou aktuálně plní klipsy. Stačí, aby v případě potřeby personál zmáčkł velké tlačítko na boku sluchátka, čímž dojde k okamžitému vytvoření spojení s druhým účastníkem (zde by se přirozeně nabízelo propojení s ochrankou, jak je to ostatně i aktuálně řešeno).

Ještě jmenujme další užitečnou vlastnost, a to podporu takzvaného full-duplex režimu, který umožňuje, aby účastníci mohli současně poslouchat a mluvit, jako jsme tomu zvyklí při běžných skupinových hovorech. To u klips aktuálně není, a tak by zde opět byl uživatelský komfort zvýšen.

■ Spojovatelské pracoviště

Jelikož se jedná o projekt pro nemocniční zařízení, nesmíme při jeho návrhu opomenout na veledůležitou část telefonní sítě, a to konkrétně spojovatelku. V aktuálním řešení je zřízena telefonní linka, na kterou mohou volat příbuzní pacientů či jiné zájmové osoby, jež fyzicky obsluhuje zaměstnankyně nemocnice, která má za úkol vhodně přepojit volajícího účastníka na správné oddělení. Jistě mnoho z nás napadne, že v dnešní době, kdy je poměrně snadné zjistit si telefonní číslo na konkrétní nemocniční oddělení, ať už na internetu nebo jinde, je tato služba poměrně zbytečná a nemocnici akorát stojí peníze navíc. Je však potřeba si uvědomit, že zejména pro starší generaci není vyhledávání na internetu snadná záležitost. Nejenom tento důvod vedl k rozhodnutí, že spojovatelka v zařízení zůstane i nadále.

Patrně nejideálnější volbou telefonu pro spojovatelku bude stolní SIP telefon, který však bude muset splňovat některé požadavky, bez kterých by pro spojovatelku nebyl užitečný. Nejdůležitější vlastností, jak už název pracovní pozice napovídá, je bezesporu schopnost a možnost hovor přepojit. V typickém případě si představme, že volající se dovolá na spojovatelku a bude chtít přepojit na určité oddělení (jen pro představu jmenujme oddělení jako následná a dlouhodobá péče, standardní péče a zvýšená psychiatrická péče, popř. ambulantní péče pro příjem pacientů).

Spojovatelka nejprve vyhodnotí požadavky volajícího a hovor na dané pracoviště přepojí. Tato vlastnost je bezesporu mnohými SIP telefony podporována, nicméně to, jakým způsobem je možné je implementovat, se telefon od telefonu liší. Pro spojovatelku by také bylo vhodné, aby viděla, zda daná linka, kam je hovor přepojován, není náhodou obsazená již jiným hovorem. To se budeme ostatně pokoušet implementovat v následující kapitole.

V tomto ohledu se nám velice zalíbil konkrétní typ SIP telefonu, který, podobně jako řešení DECT, nabízí firma Yealink. Konkrétně se jedná o produkt SIP-T43U, který, mimo jiné, nabízí hned 21 programovatelných tlačítek, na které je možné nastavit jednotlivé linky do daných oddělení. Byť celkový počet telefonů v síti je mnohonásobně vyšší, daný počet programovatelných

tlačítek je více než dostačující, protože nebudeme chtít přepojovat na více než jeden telefon do každého oddělení.



Obrázek 5.7: Navrhovaný SIP telefon pro spojovatelku [14]

Mimo těchto tlačítek disponuje vlastnostmi, které jsme si představili již dříve a které bychom rádi měli k dispozici i zde, ať už se jedná o funkci PoE, USB porty pro připojení sluchátek (podpora i bezdrátových, která jsme si představili v sekci o DECT technologii), hlasitý odposlech, možnost uskutečnění třicestné konference či podpora kodeku Opus pro kvalitnější zvuk během hovoru. Díky podpoře SIP protokolu a možnosti integrace s Asteriskem tak tento výrobek představuje ideální řešení pro náš případ. Opět bychom však rádi upozornili, že se jedná pouze o příklad vhodného telefonu pro pracoviště spojovatelky, nikoli prosazování daného výrobku jakožto reklamy na daný výrobek. Konkrétní volba pak opět závisí na vedení nemocnice.

Navíc, každé programovatelné tlačítko je doplněno LED diodou a funkcemi BLF/BLA, což umožní velmi snadno rozpoznat, zda daná linka je volná nebo nikoli. To spojovatelce umožní lépe vyhodnotit, zda je možné volajícího v daný okamžik přepojit, či ne. V případě, kdy je linka obsazená, je možné hovor podržet do doby, než se linka uvolní a následně přepojení provést. Je dokonce možné přidržet více hovorů a jednoduše vybrat uvolnění určitého z nich pomocí navigačních tlačítek vedle displeje. V případě, kdy bude třeba přepojit na linku, která není obsazena v programovatelných tlačítkách, je možné zvolit funkci přepojení, následně ručně zadat číslo volaného, a poté hovor přepojit. S přepojením tak nejsme vázáni na počet programovatelných tlačítek. Ty nám pouze poslouží jako zrychlená volba pro vytočení dané linky.

Protože ani v aktuálním řešení není vytížení spojovatelského pracoviště nikterak velké, postačí i v aktuálním návrhu jedna spojovatelka. Není potřeba přidávat druhou, která by v případě vytíženosti první spojovatelku zastoupila.

Kapitola 6

Praktická ukázka vyžadovaných funkcí

Výše zmíněný teoretický návrh byl také otestován v praxi, byť s mnohem menším počtem zařízení. Konkrétně jsme pak dostali k dispozici od správce sítě ústřednu MD-110, respektive její část v podobě dvou magazinů. K této ústředně byly posléze připojeny dva digitální telefony (dále pro jednoduchost označeny jako "bílý" a "černý") speciálně navržené firmou Ericsson pro kompatibilitu s ústřednou MD-110. Tento popsany princip je dobře patrný na následujícím obrázku.



Obrázek 6.1: Ústředna MD-110 se dvěma digitálními telefony

MD-110 byla následně pomocí PRI připojena k Asterisku, který byl už ethernetovým kabelem připojen přes router rovnou do internetové sítě. Do ní byl také zapojen telefon Yealink SIP-T46G. Ten sice, jak se později dozvíme, není námi navrhovaný typ telefonu, ale vzhledem k testování nabízí stejné funkce, jako vybraný telefon uvedený v následující kapitole.



Obrázek 6.2: VoIP část pro testování

K dispozici pro otestování jsme tedy měli jak obě ústředny, tak i aktuálně používané digitální telefony a i zástupce SIP telefonů, které bychom rádi využili k náhradě aktuálních telefonů. Hlavním cílem testování byla konfigurace takzvané MDN funkce, neboli Multiple Directory Number, na digitálních telefonech a následně ukázat, že tato funkce, byť malinko jinak, půjde implementovat i na SIPových telefonech. Jinými slovy jsme chtěli docílit toho, aby v situaci, kdy je bílý telefon obsazen, byl o této skutečnosti informován i účastník u telefonu černého.

Postup byl následující. Nejprve jsme si museli zjistit v ústředně MD-110 hodnotu parametru DIR (Directory Number) tak, abychom tuto hodnotu mohli nastavit na telefonech pro funkci MDN. Toho lze jednoduše dosáhnout použitím příkazu `ksddp:dir=all;`. Jen pro zajímavost, všechny příkazy pro ústřednu MD-110 mají přesně 5 znaků, následuje dvojtečka s dodatečnými argumenty oddělenými čárkami a zakončení pomocí středníku. Příkazy nejsou citlivé na psaní velkými/malými písmeny, proto je jedno, jaký typ při zadávání zvolíme.

Výpis hodnot byl očekávatelný, neboť máme připojené dva telefony s čísly

550 (černý) a 551 (bílý), které jsme přesně ve výpisu obrželi. Následně si bylo možné vypsat funkční klávesy prvního telefonu pomocí příkazu *ksfkp:dir=550;*, kterým se zobrazí seznam funkčních kláves s aktuálně přiřazenými funkcemi. Jakmile jsme se rozhodli, kterou z kláves chceme pro aktivaci funkce MDN zvolit (volně například klávesu 22), bylo možné použít příkaz *ksmdi;*, který slouží k zakládání funkce MDN na námi vybranou klávesu. Příkaz bylo samozřejmě nutné doplnit o číslo klávesy a o DIR druhého telefonu, který chceme s prvním propojit. Po doplnění všech částí dostáváme příkaz *ksmdi:dir=550,key=22,mdn=551,dig=551;*, přičemž opětovný výpis funkčních kláves je vyobrazen na následujícím obrázku.

```
ksfkp:dir=550;
KEY SYSTEM FUNCTION KEY DATA PRINT

DIR = 550

KEY          KTYPE          VALUE          DIG
00           PGM
01           FCN          CAB
02           FCN          CAD
03           FCN          TNS
04           SKI          F1
05           SKI          F2
06           SKI          F3
07           SKI          F4
08           SKI          MENU
09           ODN          550
10           ODN          550
11           ODN          550
13           FCN          TNS
14           FCN          TNS
15           FCN          TNS
16           FCN          TNS
17           FCN          TNS
18           FCN          TNS

19           FCN          TNS
20           FCN          TNS
21           FCN          TNS
22           MNS          551
23           FCN          TNS

END
<:
```

Obrázek 6.3: Funkční klávesy po zdefinování MNS

Vidíme, že pro klávesu 22 skutečně máme MNS nastavenou pro telefon 551. V praxi to znamená to, že jakmile účastník zvedne sluchátko u bílého telefonu (ať už přijímá či vytváří hovor) nebo je linka jinak obsazená, je okamžitě informován druhý účastník u telefonu černého tím, že se červeně rozsvítí ukazatel u klávesy 22. Tuto konfiguraci jsme provedli i naopak, aby i bílý telefon informoval uživatele o vytíženosti účastníka operujícího u telefonu černého. Mimo jiné, na klávesu lze založit i přídatnou linku, na kterou lze vytvářet *ksmdi;* do dalších telefonů, ale to demonstrovat nebudeme. Celou konfiguraci je následně nutné uložit pomocí příkazu *dusyi;*

Aktuálně tak máme dva digitální telefony připojené na ústřednu MD-110, které jsou navzájem informovány o stavu druhého. Je ovšem dobré si uvědomit, že tato skutečnost nemění nic na tom, že se dá volat i mezi samotnými telefony navzájem. Nejde tedy o fyzické sdílení linky jako takové, kde by jeden telefon

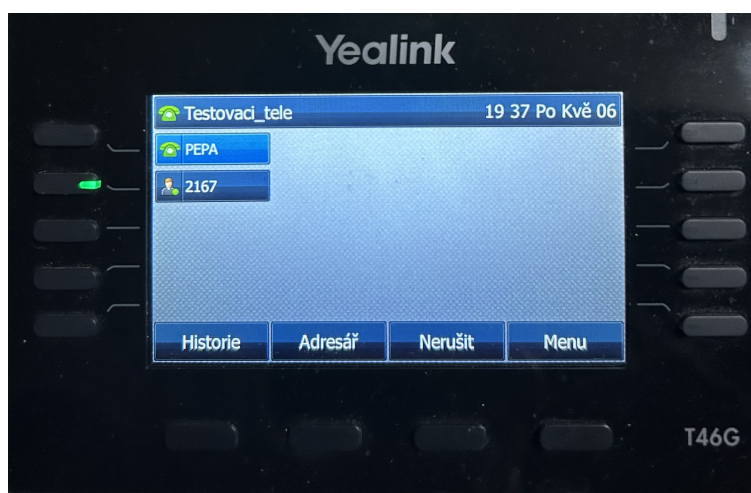
spárovat. V našem případě má druhý SIP telefon číslo 2167. Název pak už jen představuje, jaké označení bude mít tato funkce na displeji našeho telefonu.

Klávesa	Typ	Hodnota	Název	Linka	Klapka
Klávesa1	Linka	Výchozí	PEPA	Linka1	
Klávesa2	BLF	2167	2167	Linka1	*04
Klávesa3	Linka	Výchozí		Linka3	
Klávesa4	Linka	Výchozí		Linka4	
Klávesa5	Linka	Výchozí		Linka5	
Klávesa6	Linka	Výchozí		Linka6	
Klávesa7	Linka	Výchozí		Linka7	
Klávesa8	Linka	Výchozí		Linka8	
Klávesa9	Linka	Výchozí		Linka9	

Potvrdit Storno

Obrázek 6.5: Vytvoření funkce BLF na SIP telefonu

To, zda konfigurace proběhla správně, poznáme jednoduše tak, že například z digitálního telefonu napojeného na MD-110 zavoláme na číslo 2167. Nejprve svítí dioda u námi vybraného tlačítka zeleně, po vytočení začne červeně blikat a je-li hovor přijmut, bude svítit konstantně červeně. Po uvolnění linky dojde opět k přeměně na zelenou barvu signalizující volný stav.



Obrázek 6.6: BLF tlačítko signalizující volný stav linky 2167

Celkově tedy můžeme konstatovat, že praktická část dopadla podle našich přání. Nejenom, že je možné volat z digitálních telefonů na SIPové a vice versa, ale podařilo se nám také na obou typech telefonů implementovat funkce, které informují příslušného účastníka o stavu jiného uživatele, což bylo přesně to, co po nás zadavatel projektu požadoval. Je zřejmé, že k dispozici máme více programovatelných tlačítek, a tak toto spárování je u jednoho zařízení možné i pro více telefonů najednou.

Kapitola 7

Cenová kalkulace přechodu

Vzhledem k velké míře volnosti, jež je spjatá s konkrétní volbou nově zaváděných zařízení do provozu, bychom si rádi dovolili zmínit, že se jedná pouze o hrubý odhad, který se opírá o námi zjištěná a uvedená fakta. Přesto jsme tuto část do práce zařadili, aby byla k dispozici alespoň představa o potřebné finanční částce pro uskutečnění přestavby.

Začněme nejprve pořízením softwarových ústředen. V tomto případě předpokládáme, že nebude problém sehnat dva stolní počítače, kde by bylo možné Masterisky provozovat. I kdyby bylo nutné takový počítač pořídit, a to včetně potřebných dodatečných komponent jako jsou monitory nebo klávesnice, nemělo by se jednat o částku nikterak závratnou, aby celkovou cenu výrazně ovlivnila.

7.1 Cena přechodu jednotlivých zařízení

Analogové telefony

Co se týče analogových telefonů, tak zde se nám podařilo od správce aktuální sítě zjistit, že vyjma asi 15 analogových telefonů, určených výhradně pro údržbu objektu, jsou ostatní kabelově připojeny přímo do ústředen. Navíc jsme uvedli, že telefony jako takové nahrazovat nebudeme, pouze je překonvertujeme do světa IP. Proto nebude nutné z finanční stránky řešit prakticky nic jiného, než cenu adaptérů, konkrétních bran a případně ethernetové kabeláže s koncovkami. Budeme-li uvažovat adaptér pro co největší počet analogových zařízení (dle výrobce 48 nebo 50 FXS portů), pak se cena pohybuje od 24.000 Kč za jeden adaptér. Tyto adaptéry budou zřejmě potřeba 4, což v součtu dělá něco okolo 96.000 Kč.

Pro zajímavost jsme zkusili dohledat, jak se cenově liší adaptér s méně porty. U adaptéru s 24 FXS porty se pohybuje okolo 13.000 Kč, zatímco u adaptéru s 16 FXS porty jsme na částce okolo 10.000 Kč za jeden adaptér. Je patrné, že pořizovací cena v přepočtu na jeden port je, jak bychom čekali, výhodnější

při koupi adaptéru s nejvíce FXS porty. Ovšem příjemným zjištěním je fakt, že bychom při potřebě adaptéru s menším počtem portů nezaplatili příliš navíc.

Co se týče ATA, tak zde by bylo třeba využít jak modely se dvěma analogovými porty, tak model s jedním portem. Cena za adaptér se dvěma porty se běžně pohybuje kolem 1.200 Kč, zatímco pro jednoportový je hodnota okolo 1.000 Kč. Je tedy evidentní, a z úhlu pohledu ceny i údržby žádoucí, že tam, kde budou analogová zařízení blízko u sebe, využijeme ATA se dvěma porty. Bohužel přesnou lokaci těchto 15 vyčleněných zařízení aktuálně nevíme, proto stanovíme poměr pořizovaných adaptérů 1:1, což určuje částku 11.000 Kč pro 10 kusů ATA. Bude-li výsledný poměr jiný, cena se opět drasticky měnit nebude (vzhledem k celkové částce je zanedbatelná).

Narozdíl od víceportových MG je ovšem třeba započítat i cenu ethernetové kabeláže pro připojení do nejbližšího uzlu IP sítě, což ale opět, ani při velkém počtu metráže kabelu, výrazně neovlivní odhad ceny. Dovolujeme si tuto částku stanovit na hodnotu 1.000 Kč. Koncovky pro připojení do prvku IP jsou pak již doslova korunovou záležitostí, tedy pro nás naprosto zbytečnou.

V součtu se za převod analogové technologie dostáváme na částku kolem 108.000 Kč. Byť může tato hodnota působit na první pohled draze, tak při porovnání s úplným nahrazením analogové technologie a nahrazením stejným počtem digitální, by byla částka minimálně dvakrát až třikrát taková.

■ Digitální telefony

Zaměříme se nyní na částku potřebnou pro přechod digitálních telefonů. Pro ně jsme si uvedli hned několik důvodů, proč bude vhodné jejich nahrazení za nové telefony SIP. Opět vyjdeme z předpokladu, že budeme nahrazovat "kus za kus". To znamená, že budeme potřebovat pořídit odhadem 70 SIPových zařízení.

Velkou výhodou je, že aktuálně na trhu najdeme celou řadu výrobců nabízejících různé typy těchto telefonů. To vede k tomu, že se ceny za základní modely pohybují poměrně na únosných částkách. Opět jsme celou situaci konzultovali se správcem sítě, který nám sdělil, že uživatelé budou vyžadovat od zařízení především dvě věci; zobrazení jména a čísla volajícího a výpis zmeškaných hovorů. To nás může poměrně potěšit, neboť nemusíme nutně sahat po dražších modelech, které by celý přechod značně prodražily.

Budeme-li se držet těchto požadavků a přidáme-li k nim požadavky pramenící z naší stránky, tedy ze stránky technické, což budou především požadavky na zabezpečení (SIP/TLS, SRTV, AES atd.), disponování funkcí PoE, přítomnost programovatelných tlačítek, dostatečný počet míst na telefonním seznamu, ethernetový port 100, případně 1000 Mbps a možnost přepnout na hlasitý odposlech s potlačením ozvěny, tak se dostáváme do cenové kategorie střední třídy, kde se budeme pohybovat kolem ceny 1.500 Kč/kus.

Jednou z možností je pořízení například modelu Grandstream GXP-1628 IP, jehož cena se pohybuje právě okolo 1.500 Kč a kromě výše uvedených vlastností nabízí i funkci HD audio, vytvoření až 2 SIP účtů, 3-cestnou konferenci či BLF tlačítka, která umožní sledovat stav vybraných linek pomocí signalizace LED světel[15]. Protože se však jedná o práci na akademické půdě, která nemá v žádném případě propagovat žádný výrobek, slouží toto doporučení pouze jako demonstrace a ověření toho, že se na trhu podobné typy telefonů v této cenové relaci pohybují. Samozřejmě jich je mnohem více a tento konkrétní slouží jen jako ukázkový příklad.



Obrázek 7.1: Ukázka výše popsaného typu telefonu [15]

Drtivá většina telefonů, jež se budou pořizovat, bude určena především pro běžné uživatele, kterým s největší pravděpodobností daný typ postačí. Těchto uživatelů je kolem 60, takže celková pořizovací cena je zhruba 90.000 Kč. Zbýlých 10 telefonů bude určeno pro vedoucí pracovníky a zde vyvstává otázka, jaký typ telefonu bude vyžadován.

Dle informací z objektu víme, že aktuálně vedoucí pracovníci žádné manažerské telefony nemají a používají stejné či podobné modely jako ostatní zaměstnanci. Je ovšem velká pravděpodobnost, že si při přechodu budou chtít polepšit, a tak budeme pro tyto pracovníky uvažovat vylepšené modely. Nebude se jednat o klasické manažerské telefony, ale spíše nám půjde o zvětšení displeje a vylepšení celkového komfortu a požitku z obsluhy. Proto počítejme s cenou telefonů pro vedoucí pracovníky mezi 2000 - 2.500 Kč.

V součtu s předchozími telefony a po započítání nutné kabeláže, která je však v případě výše uvedeného typu telefonu díky funkci PoE součástí balení, se poté pohybujeme na částce okolo 115.000 Kč za výměnu aktuálně používaných digitálních telefonů za SIPové. Na druhou stranu je pravděpodobné, že se při koupi většího počtu zařízení celková cena sníží, neboť je takto velká

objednávka pro prodejce příliš lákavá, než aby si ji kvůli neposkytnuté slevě nechal ujít.

■ DECTy

Budeme-li se držet našeho návrhu na náhradu DECTů uvedeného v předchozí kapitole, pak jsme schopni poměrně přesně určit celkové náklady přestavby. Jak víme, budeme potřebovat jeden centrální prvek W90DM, který nám zařídí propojení a synchronizaci základnových stanic. Cena tohoto výrobku se běžně pohybuje okolo 7.000 Kč. Mimo něj musíme pořídit i samotné základnové stanice, přičemž jedna taková stanice vyjde na zhruba 6.500 Kč. Uvážíme-li, že aktuálně je využíváných 49 základnových stanic, pak bude celková pořizovací cena základnových stanic a řídicího prvku při zachování stejného počtu BS rovna 325.500 Kč.

Dále bude třeba pořídit samotná koncová zařízení. Začneme nejdříve telefony. Jak již bylo řečeno, k dispozici máme hned několik typů telefonů podporovaných danou řadou W90. Jednotlivé typy se mezi sebou liší většinou vlastnostmi jako je prodloužená výdrž baterie u lepších modelů, odlišný design, který je specifický pro daný model, a velikostí displeje. Nejlevnějším typem je model W53H, jehož pořizovací cena se u různých obchodníků pohybuje kolem hranice 1000 Kč. S lepšími modely pak roste i pořizovací cena, která se pro nejlepší model zastaví okolo částky 3.000 Kč. Předpokládejme, že opět půjde o prioritizaci hlavního účelu telefonu, tedy uskutečnit a přijmout hovor, a tak bude stačit pořídit telefony základní. Celkově jejich pořízení vyjde na částku minimálně 120.000 Kč.

Zbývá vyřešit poslední dílek skládky, a to klipsy. Půjde-li je zkompatibilizovat s aktuálním systémem, pak se vyhneme výdajům nutným k vynaložení nákupu výše zmíněných sluchátek. Protože však nechceme slibovat něco, co nemáme ověřené, počítejme, že kompatibilita nebude možná. To znamená, že budeme nuceni nahradit klipsy sluchátky. Ta se nám podařilo nejlevněji dohledat okolo 3.500 Kč za kus, včetně napájecího kabelu. Je velký předpoklad, že vzhledem k pořizovací ceně nebude pořizováno všech 120 sluchátek, aby se nahradily i klipsy, které jsou aktuálně pouze v záloze. Budeme-li se držet informace od správce sítě, pak postačí pořízení zhruba 80 kusů těchto sluchátek. Tím se dostáváme na pořizovací cenu 280.000 Kč. Je zcela evidentní, že sluchátka jsou mnohem dražší než DECTové telefony, což může při pořizování vést ke snížení počtu sluchátek a naopak navýšení počtu pořízení DECTových telefonů. To však nejsem schopni odhadnout, a proto se držíme informací, které máme k dispozici.

Vidíme, že naše obavy o celkové pořizovací ceně za náhradu DECT technologie byly více než oprávněné. V součtu se dostáváme na částku 725.500 Kč, což, jak jsme předpokládali, mnohonásobně převyšuje cenu obou předchozích technologií dohromady. Je však nutné mít na paměti, že při možnosti použít místo sluchátek klipsy se případně výsledná cena výrazně sníží.

■ Celková pořizovací cena

Z informací uvedených v předchozích částí je tedy velmi snadné si udělat představu o finální částce, kterou bude nutné na přechod vynaložit. Cenu za přechod analogových telefonů jsme stanovili na hodnotu 108.000 Kč, digitální telefony a jejich náhrada za SIPové vyjde na 115.000 Kč a konečně náhrada DECTové technologie se vyšplhá na částku 725.000 Kč. Nezapomeneme-li ještě na telefon pro spojovatelku, který, pokud by byl zvolen námi doporučený model, by vyšel na 4500 Kč, pak se dostáváme na částku 952.500 Kč, a to pouze v případě, že si výměnu bude správce, resp. další pracovníci nemocnice, dělat sami, čímž se vyhneme dalšímu navýšení kalkulace.

■ Jiné řešení?

Při pohledu na finální částku se tak přirozeně nabízí otázka, zda by se nenabízelo jiné řešení, jak náhradu uskutečnit. Odpověď je prostá; ano, existuje i další řešení. Konkrétně se bavíme o konvergovaném komunikačním systému pro sjednocenou komunikaci, jakou nabízí například firma Mitel a její MiVoice MX-One [34]. Jedná se o komplexní řešení podnikové telefonie v podobě stále se vyvíjející platformy, která nabízí možnost zachování současných technologií a jejich sjednocení. To znamená, že by například současné digitální přístroje zůstaly zachovány, ovšem bez příslušných karet, které by bylo nutné nahradit novými, jejichž cena je velmi drahá.

Navíc, licencování u této technologie je poměrně nákladné a i věci, které byly v technologii MD-110 v ceně, se zde musí dokupovat zvlášť. K tomu všemu bychom ani nemohli konstatovat, že se jedná o náhradu a přechod, ale spíše o jakousi formu upgradu stávající technologie, která je navíc velice drahá. Jen pro představu, podařilo se nám dohledat dokument popisující modernizaci telefonního systému v olomouckém zdravotnickém zařízení [35], kde rovněž využívali ústřednu MD-110, digitální, analogové a DECT telefony a celková částka modernizace zde vyšla na více než 10.000.000 Kč bez DPH, ovšem je nutné poznamenat, že analogových a digitálních poboček bylo mnohonásobně více, než máme zde. Více než cena nás ale musí odradit fakt, že se nejedná o přechod jako takový, čímž by zadání práce nebylo splněno. Pouze tento aspekt uvádíme jako jednu z možností, jak si s problémem (byť trochu jiným způsobem) poradit.

Kapitola 8

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo studium základních technologií využívaných v telekomunikacích dříve, ale i dnes. Byly uvedeny a rozebrány zejména dvě technologie, konkrétně TDM a VoIP, přičemž TDM technologie je aktuálně používána v Psychiatrickém zařízení v Brně, ve kterém bude realizován přechod na dnes již standardní a hojně využívanou technologii VoIP.

Kromě uvedených principů a hlavních výhod a nevýhod obou technologií jsme se také seznámili se zařízením samotným, získali jsme představu o jeho rozlehlosti, náročnosti provozu a počtu uživatelů.

Dozvěděli jsme se, jaká úskalí s sebou přechod na VoIP přináší a co vše je potřeba zajistit, aby taková síť úspěšně fungovala. Mimo jiné byla představena softwarová ústředna Masterisk, která by byla vhodným kandidátem pro nasazení do provozu při realizaci přestavby.

Následně jsme rozebrali jednotlivé technologie, které jsou v areálu aktuálně v provozu a pro každou z nich představili a uvedli vhodnou náhradu, kterou bychom zadavateli projektu doporučili. Byť byli uvedeni konkrétní výrobci a jejich produkty, důrazně jsme upozornili, že se jedná pouze o doporučení, případně ukázkou toho, co bychom od nově zvoleného řešení očekávali.

Praktická ukáзка nám pak demonstrovala, jak realizovat na nově zvolených SIP telefonech funkce, které jsou aktuálně na původní technologii v řadách uživatelů velice oblíbené. Také jsme oba typy ústředen úspěšně propojili, a tudíž není problém přechod zrealizovat postupně, jak bylo od zadavatele projektu, ostatně i od vedoucího práce, předem avizováno.

Poslední řádky pak byly věnovány cenové kalkulaci přechodu, která je u takového typu zadání zcela jistě nezbytná. Dostali jsme dobrou představu nejenom o ceně celkové, ale i o jednotlivých technologiích, což může usnadnit plánování postupného přechodu.

Pevně věříme, že práce splnila očekávání a nejenom správci sítě, ale i celému vedení brněnského zdravotnického zařízení, ukázala cestu, jakou se při náhradě aktuálně využívaných technologií vydat.

Příloha A

Základní zkratky a pojmy používané v práci

- **ATA (Analog Telephony Adapter)**; specializovaná MGW fungující jako most mezi světem IP telefonie a analogovými telefony.
- **BTS (Base Transceiver Station)**; zařízení v mobilní síti sloužící k přenosu a příjmu rádiových signálů od mobilních zařízení a jejich propojení s jádrovou sítí.
- **DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)**; standardizovaná bezdrátová technologie, která v lokálním měřítku umožňuje vybudovat bezdrátové spojení řídicího bodu s dalšími body.
- **FXO a FXS porty**; zkratky pro názvy portů používaných analogovými telefonickými linkami nejčastěji pro konverzi na IP.
- **GS (Group Switch)**; přepínač, jež je součástí MD-110 a jehož hlavní úlohou je přeposílání hlasu, dat a řídicích signálů mezi LIMy.
- **IAX2 (Inter-Asterisk eXchange v. 2)**; protokol, který byl vyvinut za účelem propojení a přeposílání hovorů mezi dvěma ústřednami.
- **ISDN (Integrated Services Digital Network)**; druh telekomunikační sítě, která poskytovala digitální přenos hlasu, dat a dalších služeb.
- **Jitter**; termín označující odchylky od očekávaného časového intervalu mezi jednotlivými přenosy dat.
- **Jitter buffer**; dočasná paměťová oblast sloužící k uchování příchozích dat a jejich časovému vyrovnání před následným zpracováním.
- **Kodek**; nástroj pro digitalizování a následnou kompresi audio nebo video signálu tak, aby byl možný jeho přenos.
- **LAN (Local Area Network)**; počítačová síť, která spojuje zařízení (počítače, tiskárny, servery) v omezeném geografickém prostoru, obvykle v rámci budovy nebo areálu.

Příloha B

Literatura

- [1] Electronics Coach. Time Division Multiplexing (TDM). Dostupné z (24.10.2023) <https://electronicscoach.com/time-division-multiplexing.html>.
- [2] FABRICA.CZ. Plán areálu PN Brno. Dostupné z (12.12.2023) https://www.pnbrno.cz/plan_arealu_pnbrno.asp.
- [3] DISTRELEC. L410 - Hands-free Clip for Cordless Telephones, Gigaset. Dostupné z (23.01.2024) <https://www.distrelec.de/en/hands-free-clip-for-cordless-telephones-gigaset-l410/p/11037028>.
- [4] Hayden Ali. Session Border Controller, 12.12.2019. Dostupné z (27.02.2024) <https://fiberroad.com/cs/resources/glossary/vlan-explained-what-is-vlan-how-does-it-work/>.
- [5] PATTON. Media Gateway in a SIP trunk Application. Dostupné z (22.02.2024) <https://www.patton.com/media-gateway/>.
- [6] PATTON. Hybrid Media Gateways in a Service Provider network. Dostupné z (22.02.2024) <https://www.patton.com/media-gateway/>.
- [7] Session Border Controller - SIP ústředna a telefony chráněné zařízením SIP firewallem. Dostupné z (25.02.2024) https://cs.wikipedia.org/wiki/Session_Border_Controller.
- [8] 3CX. Co znamenají výrazy FXS a FXO? Dostupné z (09.03.2024) <https://www.3cx.com/global/cz/voip-sip-webrtc/fxs-fxo/>.
- [9] Suntech comtuper. Grandstream HT812 [Handy-Tone analog telefonní adapter (ATA), 2xFXS]. Dostupné z (10.03.2024) https://www.suntech.cz/grandstream-ht812-handytone-analog-telefonni-adapter-ata-2xfxs-_d444198.html.

- [24] Thord Andersson Kari Malmström. Focus on business communications. Dostupné z (03.03.2024) <https://www.ericsson.com/en/about-us/history/products/other-products/focus-on-business-communications>.
- [25] Ericsson. MD110 Convergence Communications System, 01/2005. Dostupné z (08.05.2024) https://wwsinternational.com.au/Australian_Cordless_Communication/Ericsson/Ericsson_MD110Convergence.pdf.
- [26] V. Rajaravivarma. Virtual local area network technology and applications. *Cookeville, TN, USA*, 1997. Dostupné z (10.02.2024) <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/581577/metrics#metrics>.
- [27] Softswitch, 17.11.2021. Dostupné z (13.01.2024) <https://en.wikipedia.org/wiki/Softswitch>.
- [28] Sangoma. Revolutionizing Communications For 25 Years – Asterisk. Dostupné z (11.05.2024) <https://www.sangoma.com/revolutionizing-communications-for-25-years-asterisk/>.
- [29] Asterisk. Getting Started with Asterisk. Dostupné z (11.03.2024) <https://www.asterisk.org/get-started/>.
- [30] G.P. Barnicoat. Signalling in hybrid private telecommunication networks, 1993, ONLINE. Dostupné z (14.05.2024) <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/273207>.
- [31] Bc. Petr Ovesný. Signalizace QSIG, 2014. Dostupné z (23.02.2024) <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/24134/F3-DP-2014-Ovesny-Petr-prace.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- [32] Naktal Moaid Edan; Ali Al-Sherbaz; Scott Turner; Suraj Ajit. Performance evaluation of QoS using SIP IAX2 VVoIP protocols with CODECS. *London, UK*, 2016. Dostupné z (03.05.2024) <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7556048>.
- [33] Sangoma. The Most Reliable, Flexible, Analog Telephony Cards. Dostupné z (09.03.2024) <https://www.sangoma.com/products/network-connectivity/telephony-cards/analog-cards/>.
- [34] Mitel. MIVOICE MX-ONE. Dostupné z (04.04.2024) <https://www.mitel.com/products/mivoice-mx-one-onsite-phone-system>.
- [35] ERISERV. Přílohy smlouvy o dílo. Dostupné z (05.04.2024) https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjCx80R6rSFAXwgf0HHXs7D_gQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fsmlouvy.gov.cz%2Fsmlouva%2Fsoubor%2F317553%2FP%25C5%2599%25C3%25ADlohy%2520Smlouvy%2520o%2520d%25C3%25ADlo.pdf&usg=A0vVaw37Do9rKd6_Q3iSWJrfvpKe&opi=89978449.