

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra telekomunikační techniky

Signalizace QSIG

květen 2014

Student: Bc. Petr Ovesný

Vedoucí práce: Ing. Ján Kučerák

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou prací zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo její části se souhlasem katedry.

Datum: 9. 5. 2014

.....

podpis studenta

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra telekomunikační techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc.Ovesný Petr**

Studijní program:
Obor: Sítě elektronických komunikací

Název tématu: **Signalizace QSIG**

Pokyny pro vypracování:

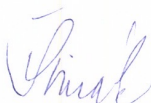
Zpracujte přehled vlastností Open-Source implementací signalizace standardu QSIG. Zaměřte se podrobněji na implementaci použitou v softwarové ústředně Asterisk. Pokuste se modifikovat kód pro práci s proprietární verzí signalizace použité v ústřednách MD110. Zaměřte se na zprovoznění doplňkových služeb: callingName, calledName a connectedName.

Seznam odborné literatury:

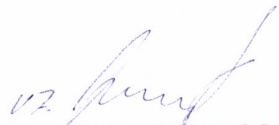
- [1] ETSI EN 300 172
- [2] ETSI ETS 300 239
- [3] ETSI ETS 300 238
- [4] ETSI ETS 300 257
- [5] ETSI ETS 300 261
- [6] www.asterisk.org

Vedoucí: Ing. Ján Kučerák

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2014/2015


prof. Ing. Boris Šimák, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 9. 12. 2013

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jánovi Kučerákovi, svému vedoucímu diplomové práce, za cenné rady, připomínky a veškerou pomoc, kterou mi poskytl během zpracování této práce.

Anotace

Hlavním tématem této diplomové práce je signalizace QSIG. Teoretický úvod je věnován popisu vývoje telekomunikací, principům signalizace a virtuální ústředně Asterisk. V další části jsou zmíněny možnosti využití ústředen nové generace. Praktická část je zaměřena na propojení digitální ústředny ISDN s ústřednou Asterisk pomocí signalizace QSIG. Hlavní náplní je příprava všech součástí vytvářeného systému. Po propojení obou ústředen byl závěr této práce věnován konkrétnímu problému, zobrazení jména volajícího volanému.

Klíčová slova

Signalizace QSIG, Asterisk, telekomunikace, analogová telefonie, ISDN, VoIP, SIP, doplňkové služby, identifikace volajícího, pobočková ústředna.

Summary

The main topic of this diploma thesis is signalling QSIG. Theoretical introduction is devoted to the description of telecommunications, principals of signalling and the virtual private branch exchange Asterisk. There are mentioned some alternatives of the application of the new generation of PBX in the next section. Practical part is focused on interconnection of the ISDN exchange with open-source PBX Asterisk with help of signalling QSIG. The main content of the thesis is preparation of all the components of the connected system. After the successful interconnection is the final part of the thesis devoted to the particular problem, displaying complete caller identification on the target telephone.

Keywords

Signalling QSIG, Asterisk, telecommunications, plain ordinary telephone systems, ISDN, VoIP, SIP, supplementary services, caller identification, private branch exchange.

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Teoretická příprava.....	9
2.1 Vývoj komunikací.....	9
2.1.1 Spojovací systémy.....	11
2.1.2 První generace.....	12
2.1.3 Druhá generace.....	12
2.1.4 Třetí generace.....	13
2.1.5 Čtvrtá generace.....	14
2.1.6 Pátá generace.....	15
2.2 Náklady.....	16
2.3 Analogová telefonie.....	16
2.4 Digitální komunikace.....	17
2.4.1 Přenos dalších typů uživatelských dat.....	18
2.4.2 ISDN.....	18
2.5 Přenos telefonních hovorů přes internet.....	20
2.5.1 SIP.....	21
2.5.2 Přednost různých typů provozu v síti.....	22
2.6 Signalizace.....	23
2.6.1 Signalizace DSS1.....	23
2.7 QSIG.....	24
2.7.1 Základní funkce signalizace QSIG.....	26
2.7.2 Základní funkce pro hovor.....	26
2.7.3 Obecná podpora doplňkových služeb.....	28
2.8 Asterisk.....	29
2.8.1 Historie programu Asterisk.....	30
2.8.2 Možnosti využití programu Asterisk.....	30
2.8.3 Doplňkové služby a funkce Asterisku.....	31
2.8.4 Doplňkové balíčky.....	33
2.8.5 Architektura Asterisku.....	33
2.9 Ericsson MD-110.....	35
2.9.1 Digium Wildcard TE110P.....	36
3 Praktická část.....	37
3.1 Výběr vhodného hardwaru.....	37
3.1.1 Procesor.....	38
3.2 Příprava systému a instalace.....	39

3.2.1	Instalace Asterisku.....	41
3.2.2	Instalace hardware.....	42
3.2.3	Nastavování systému Asterisk.....	43
3.2.4	Číslovací plán.....	43
3.3	Doplňkové služby.....	47
3.3.1	Vytvoření klientů pro internetovou telefonii.....	48
3.3.2	Chan_dahdi.conf.....	50
3.3.3	Tvorba číslovacího plánu.....	51
3.4	Prezentace volajícího.....	53
4	Závěr.....	56
5	Použité zkratky.....	58
6	Zdroje.....	60
7	Přílohy.....	62

1 Úvod

Za téma své diplomové práce jsem si zvolil téma s názvem signalizace QSIG. Jedná se o signalizaci hojně používanou v privátních sítích k propojení více ústředen. Zaujala mě zejména možnost propojení některé ze starších generací ústředen se softwarovou ústřednou Asterisk. Jedná se o otevřený projekt publikovaný pod licencí GPL, má tedy volně stažitelný zdrojový kód a nabízí široké možnosti jeho úpravy. Obsahuje bohatou paletu rozšiřujících balíčků pro připojení telekomunikačních zařízení podporujících různé standardy. Software je možné nainstalovat na libovolný počítač, na kterém běží operační systém používající linuxové jádro. Před samotnou instalací bylo nutné prostudovat základy některých telekomunikačních systémů, kterým se budu věnovat během teoretického úvodu své práce.

Na začátku práce jsem zvolil popis vývoje lidské komunikace a vývoj zejména telekomunikací. Byla zpracována teorie spojovacích polí a jejich generací. V další části byly shrnuty hlavní pojmy analogové a digitální telefonie. V dnešní době se budují konvergované sítě, které sdružují jednak přenos telefonních hovorů i uživatelských dat. Základní myšlenka je podobná jako u systému ISDN, ale princip je zcela opačný. Uživatelská data nejsou přenášena přes telefonní síť, ale naopak telefonní hovory jsou přenášeny skrz datovou síť. Poslední část teoretické přípravy je věnována signalizaci, jejím jednotlivým typům a zejména je zaměřena na signalizaci QSIG.

Začátek praktické části diplomové práce bude věnován teoretickým informacím ohledně virtuální ústředny Asterisk a jejímu protějšku v podobě digitální ústředny Ericsson MD-110. Bude zde zpracována problematika instalace softwarové ústředny Asterisk a jejího nastavení tak, aby obě ústředny bylo možné propojit na základě protokolu QSIG. Hlavním cílem práce bude přenos doplňkových informací mezi oběma ústřednami ale hlavně mezi koncovými zařízeními. Zvláště bude kladen důraz na zobrazení jména volajícího na telefonu volaného.

2 Teoretická příprava

Tato část práce bude věnována teoretické přípravě. Jedná se o základní přehled vývoje lidské komunikace s postupným zaměřováním na dnešní trendy. Jedná se o zpracování teoretických standardů praktických využití. Vše v této kapitole bude směřování pro následné propojení dvou ústředen pomocí signalizace QSIG.

2.1 Vývoj komunikací

Komunikace mezi lidmi byla vždy velmi důležitá. V minulosti se lidé dorozumívali pouze posunky, gesty, nebo později mluvenou řečí z očí do očí. Za první počátky dálkové komunikace můžeme považovat různé posly, kteří přenášeli zprávy v ústní nebo psané podobě. Jako první dálkovou komunikaci, kde nebylo potřeba člověka, jakožto média pro přenos zprávy, můžeme považovat kouřové signály. Velmi podobné signálům přerušovaného dýmu jsou různé světelné signály, a pokud se jednotlivým znakům přiřadí určitý typ signálu, vznikne signální abeceda. Každý znak může být tvořen například počtem, délkou trvání nebo jejich různou kombinací. Nejznámějším příkladem může být například Morseova abeceda. Ta byla základem pro původní elektronické dálkopisy, kde se zpráva přenášela jako sled dlouhých a krátkých elektrických impulsů.

Revoluci v tomto odvětví způsobil vynález telefonu. Za jeho vynálezce je považován Alexander Graham Bell, jehož prvenství je sice občas zpochybňováno, ale rozhodně si jako první nechal svůj vynález patentovat na patentním úřadu ve Washingtonu roku 1876. Telefon se skládá z mikrofону, sluchátka, hovorového transformátoru, zvonku a číselnice. Základem telefonu je elektromagnetický mikrofón a sluchátko. Zvuková vlna rozechvívá membránu, která při pohybu mění odpor. Při napájení stejnosměrným proudem je výsledkem časově proměnný proud. Sluchátko plní opačnou funkci. Po přivedení časově proměnného proudu na elektromagnet vzniká proměnné magnetické pole, které pohybuje membránou připevněnou na pevný magnet umístěný uprostřed elektromagnetu a vzniká opět akustická vlna. Dnes existuje celá řada různých druhů mikrofónů, princip převodu akustické vlny na elektromagnetickou ale zůstává stejný.

Hovorový transformátor je důležitý pro potlačení místních vazeb. Nejčastěji se používá jeho můstkové zapojení. Slouží k oddělení mikrofonu a sluchátka, jinak by při hovoru byl ve sluchátku silně slyšet vlastní hlas mluvícího.

Co se týče zvonku, ten je dnes nahrazen vyzváněcím obvodem, který spočívá v zapojení elektroakustického měniče buzeného jednoduchým klopným obvodem nebo zdrojem na bázi čipu s možností výběru melodie. Číselnice slouží k předávání informace spojovacímu systému o cíli volání. Vyzváněcí signál indikuje příchozí volání na koncovém analogovém zařízení. Během spojování s ústřednami jsou generovány kontrolní kódy, které informují o průběhu spojení. Mohou to být tóny oznamovací, obsazovací, vyzváněcí nebo odkazovací. Oznamovací tón je zvukové znamení, kdy ústředna oznamuje svoji připravenost k přijetí volby. Kontrolní obsazovací tón je tón, kterým se určuje obsazenost volaného účastníka. Vyzváněcí tón indikuje vyzvánění u volaného účastníka a poslední odkazovací tón signalizuje oznámení ústředny o neexistenci volaného čísla.

Původní telefony umožňovaly pouze spojení z bodu A do bodu B po jedné konkrétní lince. I přes rozrůstající se infrastrukturu telefonních spojů nebylo možné spojení do jiných směrů. Lidem ale již po poměrně krátké době přestalo stačit, že si mohou zavolat jenom z jednoho konce linky na druhý, a proto začaly vznikat první primitivní rozbočky a křížení linek. To zapříčinilo vznik prvních spojovacích uzlů. Zpočátku v těchto uzlech hrál hlavní roli člověk, který měl na starost propojení hovoru do příslušného směru. Hlavním účelem bylo, aby si člověk mohl zatelefonovat s kýmkoli na světě. Přepojování jednotlivých telefonních hovorů bylo obstaráváno lidmi, kteří propojovali jednotlivé linky na spojovací matici. Účastník sdělil spojovatelce, s kým by si přál hovořit, a ta jej propojila do požadovaného směru.

Technologie se neustále vyvíjí a pokrok se dá jen stěží pozdržet, přesto základní principy zůstávají víceméně stejné. Další podstatnou úlohu v rozvoji telefonie sehrály automatizované ústředny, které zvládly bez lidského zásahu směřovat hovory. Takovou automatizací vznikl ale další problém, jak uživatel předá přístroji informaci kam by chtěl telefonovat. První telefony měly pouze sluchátko a vidlici, do které se sluchátko odkládalo, když uživatel dohovořil. Volající byl připojen přímo na ústřednu, kde následně sdělil svůj požadavek na spojení spojovatelce. Bylo proto nutné vymyslet zařízení, které by ovládal volající, a to pak předalo informaci ústředně. Nová generace telefonů tedy byla vybavena

ještě rotační číselnicí, která se otočením do požadované polohy odpovídající jedné číslici telefonního čísla, vrátila zpět do výchozí polohy. Tímto navrácením zároveň docházelo k periodickému přerušení účastnické smyčky, a podle počtu těchto přerušení byla ústředna schopna rozpoznat jakou číslici uživatel volil, a nastavit krokový volič do požadované pozice.

2.1.1 Spojovací systémy

Ke komunikaci mezi dvěma účastníky koncových bodů sítě je nutné vytvořit prostor, ve kterém by se tato komunikace odehrávala. K vytvoření komunikačního kanálu v telekomunikacích slouží spojovací systémy. Ty se z pohledu použité technologie dělí na voličové, s křížovými spínači, digitální s časovým multiplexováním a spojovací systémy s přepojováním zpráv. Nově přicházející generace pracuje na protokolu IP a místo přepojování okruhů používá přepojování paketů. S touto generací úzce souvisí pojem softswitch, který označuje programovou ústřednu nainstalovanou jako speciální software na stolní počítač. Tento počítač po přidání specializovaných přídatných karet dokáže plně spolupracovat se systémy předešlých generací. Podle způsobu řízení a typu spojovacího pole se rozdělují na následující generace:

- 1. generace telefonních ústředen používá voliče ve spojovacím poli.
- 2. generace využívá ve spojovacím poli křížové spínače.
- 3. generace ústředen má centrální řízení mikropočítačem (řízení uloženým programem), spojovací pole může být řešeno různými způsoby elektronického spojování.
- 4. generace má buď plně nebo částečně decentralizované řízení, vždy se jedná o soustavu řídicích jednotek, které plní konkrétní úkoly, spojovací pole umožňuje změnu časové polohy.
- 5. generace je označována jako softswitch, pracuje s přepojováním paketů a umožňuje multimediální komunikaci, garantuje interoperabilitu s konvenčními ústřednami prostřednictvím bran.

Rozdělení do jednotlivých generací převzato z [9], str. 11. Jak sám autor publikace uvádí, pojem 5. generace je lehce diskutabilní. Původně byla tato generace navržena jako systém s optickým spojovacím polem. Dnes existuje řada přepínačů optického signálu, přesto byla koncem devadesátých let nahrazena novým návrhem spojovacích systémů na principu přepojování paketů. Jednotlivé generace spojovacích systémů budou blíže specifikovány v následujících kapitolách. [9]

2.1.2 První generace

Na počátku automatických pobočkových ústředen se používaly krokové voliče k vytvoření spojení mezi účastníky, kterým by bylo možné přenášet hovorové informace. Znamenalo to pospojovat jednotlivé úseky sítě tak, aby vznikla jedna spojitá cesta tvořená dvěma symetrickými metalickými vodiči. Jedná se o první generaci automatických systémů, která je typická decentralizovaným řízením. Cesta je vytvářena pomocí přepojování okruhů, stejně jako v následujících dvou generacích. [1]

První generace ústředen je řízena přímo na základě volby koncového účastníka, je tedy nazývána systémem s přímým řízením. Pro řízení směru jsou použity krokové voliče pracující na elektromechanickém principu. Po vyzvednutí sluchátka začne účastnickou smyčkou protékat proud a dojde k nastavení ramene voliče do výchozí polohy. Rameno je postupně vychylováno do deseti poloh dle volby zákazníka. Tyto polohy odpovídají volené číslici 0-9. Pohyb je řízen přerušování účastnické smyčky způsobené vracející se číselnicí do výchozí polohy. Po nastavení dané číslice se rameno posune na další stupeň a čeká na volbu. Každý takový volič má konstrukčně daný počet stupňů, a proto obsahuje většinou ještě poslední přídatný tzv. ochranný stupeň, který je trvale připojen ke generátoru obsazovacího tónu. První automatická ústředna pro několik desítek účastníků byla instalována v roce 1892 ve státě Indiana. [9]

2.1.3 Druhá generace

Pokročilejší druhá generace se vyznačuje zejména používáním křížových spínačů namísto krokových voličů. Spínače jsou maticově uspořádány. Vždy na jedné straně spojovacího pole jsou připojeny vstupy od účastníků a na straně kolmé ke vstupní jsou připojeny výstupy. Na tyto výstupy je pak možno připojit vstupy dalších matic křížových

spínačů, které pak tvoří další stupně. Volba účastníka se ukládá do registru, systém již tedy není řízen přímo volbou účastníka. Z registru se předává centrálnímu bodu, nazývanému markér nebo také určovatel, který poté spojí příslušné pozice ve spojovacím poli. Jedná se o asynchronní řízení.

Celé spojovací pole je rozděleno na účastnický a skupinářový stupeň. Jako vstup účastnického stupně se připojují tzv. účastnické sady. Ty obsluhují účastnickou smyčku. Mají za úkol připojit do smyčky příslušný tón, vyhodnocují přihlášení a řídí ukončení hovoru. Účastnický stupeň je na rozdíl od skupinářového obousměrný. Registr po přijetí volby od účastníka předá řízení markéru a ten sepne příslušné křížové voliče ve spojovacím poli. Registrů je v ústředně menší počet, a proto se po sestavení spojení odpojí a je k dispozici pro přijetí dalšího požadavku. Po ukončení hovoru určovatel dostane pokyn od účastnické sady a uvede celé spojovací pole do výchozí stavu. [1], [9]

2.1.4 Třetí generace

Ve třetí generaci pobočkových ústředen je používána k přepojování již číslicová centralizovaná logika. Využitím mikroprocesoru se stávají ústředny univerzálnějšími. Změnou řídicího programu (SPC, Stored Program Control) je možné jednoduše přizpůsobit přepojování provozu aktuálním požadavkům. První pobočkové ústředny začaly vznikat v USA v 60. letech a v následujícím desetiletí byly poprvé využity ve veřejné síti poskytovatele. Díky centrálnímu počítačovému řízení byl umožněn jednak přenos dat, ale i provozní změny. Mezi tyto změny patří například přestěhování účastníka nebo dočasné přesměrování hovorů. Spojovací pole bylo již ve většině použití spínané elektronicky. Spojovací systém byl obsluhován třemi základními částmi a byl řízen centrální řídicí jednotkou. Modul spojování pole, který měl na starost prostorové spínání. Modul spojovacích vedení obstarávající analogové přenašeče i digitální signalizaci CAS (Channel Associated Signalling). Posledním modulem je tzv. účastnický modul, který je čistě analogový. Většina ústředen třetí generace se vyvinula kompletní změnou architektury v systém čtvrté generace.[9]

2.1.5 Čtvrtá generace

Čtvrtá generace ústředny se vyznačuje svou kompletně digitální podobou. Tyto ústředny jsou programově řízené a jsou typické decentralizací řídicího systému. Digitální řízení vyžaduje nejenom prostorovou ale i časovou změnu polohy vzorku, proto jsou všechny vstupní analogové signály převedeny do číslicové podoby. V naší zemi při modernizaci spojovacího systému byla prakticky přeskočena třetí generace a začalo se rovnou s implementací čtvrté generace. V roce 2002 byla dokončena kompletní digitalizace a došlo k přečíslování koncových stanic.

Jak již bylo zmíněno výše, k přepojování hovorů se využívá nejen prostorové přepojování, ale nově i tzv. časový multiplex. Časový multiplex je typický tím, že se periodicky ve velmi krátkém časovém úseku postupně vystřídají všechny vysílací kanály. K tomuto časovému přepojování slouží T článek, který je charakterizován počtem vstupních a výstupních kanálů. Jednotlivé kanály pracují vždy jednosměrně, pro obousměrnou komunikaci musí systém obsahovat vždy dvě symetrické části obsahující samostatné T články. Jedna perioda, kdy se vystřídají všechny příchozí kanály, trvá 125 μ s, což odpovídá frekvenci 8000 Hz. Během této doby se vystřídá 32 kanálů z toho vyplývá, že jeden časový rámec trvá 3,9 μ s a během této doby se přenesou vždy 8 bitů. Při celkovém součtu, kdy se během 125 μ s přenesou 32 kanálů každý obsahující 8 bitů, vznikne celkový datový tok 2 Mbit/s.

Na vstupu jsou kanály pomocí T článku postupně přepínány a jejich obsah je ukládán do hovorové paměti. Data jsou vzápětí acyklicky vyčítána v pořadí, které určuje řídicí paměť. Tímto způsobem se mění pořadí kanálů, které znamená změnu časové polohy v rámci jednoho multiplexu. Pro změnu prostorové polohy se používá S článek, který je tvořený spojovacím polem s úplnou dostupností. Spojuje vždy po dobu trvání jednoho časového rámce danou cestu ve spojovacím poli.

V rámci celého systému je používána pulzně kódová modulace PCM (Pulse Code Modulation). Tento systém má více národních variant. V Evropě používaný se značí E1 a obsahuje celkem 32 časových rámců periodicky se opakujících z nichž jeden je vždy synchronizační, jeden signalizační. Zbýlých 30 slouží k přenosu uživatelských dat. [1]

2.1.6 Pátá generace

Za pátou generaci ústředen jsou považovány systémy s podporou směrování sítí s přepojováním zpráv. Ústředny zaměřené na volání přes paketové sítě, využívající protokoly například SIP, SCCP, nebo IAX. Do této kategorie spadají rovněž i softwarové ústředny, jako například Asterisk nebo 3CX. V dnešní době je čím dál častější pronájem virtuálních ústředen, které jsou poskytovány zpravidla přímo poskytovatelem internetového připojení. Koncový uživatel tedy nemusí mít vlastní zařízení, ale zaplatí si pouze tuto službu u poskytovatele, který je schopen vytvořit virtuální ústřednu plně odpovídající možnostem privátních pobočkových ústředen.

Pobočková telefonní ústředna byla v minulosti nedílnou součástí běžného vybavení kanceláře, instituce nebo společnosti. Přináší s sebou celou řadu výhod. Jednou z nejdůležitějších výhod pro většinu podniků je samozřejmě úspora financí. Jako další výhody můžeme jmenovat možnost vlastního nastavení a v neposlední řadě komfort vlastního číslovací plánu, který je snadno zapamatovatelný. Nevýhodou vlastní pobočkové ústředny je vyšší pořizovací cena. Na druhou stranu tato zařízení jsou schopna pracovat i několik desítek let bez dalších investic či zásahů. Prvotní investice se tak vrátí v podobě úspor za místní volání v rámci této pobočkové ústředny. Uživateli pak stačí, aby si pronajal od některého z operátorů alespoň jednu veřejnou linku, aby bylo možné se z ústředny dovolat i mimo lokální síť.

Vzhledem k velkému rozvoji IP sítí společnosti stále častěji využívají pro volání tento typ sítě. Bez stálého připojení k Internetu se dnes žádná společnost neobejde. Proč tedy nevyužít paketovou síť k přenosu telefonních hovorů. Zjednoduší se tím celková architektura sítě, není dále třeba instalovat oddělenou kabeláž pro počítačovou a telefonní síť a sníží se náklady. Navíc s sebou přináší další možnosti, jako například videokonference. V dnešní době je na trhu velké množství ústředen podporující službu volání přes paketové sítě, označovanou jako VoIP (Voice over IP). Tyto nové typy ústředen často obsahují i moduly pro využití klasických telefonních služeb, čímž je opět možné ušetřit pořizovací náklady na nové telefonní zařízení pro volání přes Internetové připojení.

2.2 Náklady

Náklady na výstavbu nových ústředen jsou obrovské. Operátoři se proto snaží co nejvíce ušetřit. Samozřejmě je možné ušetřit na používaných materiálech, ale volba méně kvalitních komponentů se neblaze podepíše na spolehlivosti celého systému. Následné odstávky a náklady na opravu, tak mohou mnohonásobně převýšit ušetřené investice.

Bylo zjištěno, že pravděpodobnost toho, že budou chtít všichni uživatelé hovořit najednou, je velmi nízká. Je tedy možné použít menší počet jednotlivých součástí, ať už křížových spínačů, markérů, registrů nebo procesorů. Za tímto účelem bylo vynalezeno zařízení zvané koncentrátor, kterým je možné připojit větší počet účastníků s využitím menších výpočetních i prostorových zdrojů. Ústředna tak může být menší, méně výkonná, při zachování dostatečného komfortu poskytovaného uživatelům. Tímto způsobem se také ušetří na počtu vedení nutných pro propojení jednotlivých směrovacích uzlů sítě.

2.3 Analogová telefonie

Na jakékoliv dnes používané síti je nejdůležitější signalizace. Tento fakt je možné pozorovat již v telefonních prvopočátcích, kdy jednotlivé hovory sestavoval člověk ručním přepojováním okruhů. Pokud chtěl účastník uskutečnit hovor, zvedl sluchátko telefonu z vidlice a telefonem začal protékat stejnosměrný proud, zatočil induktorem, zazvonil na spojovacím pultu spojovatelky zvonek a rozsvítilo se světlo u příslušné linky. Volající sdělil, s kým by si přál hovořit a spojovatelka propojila jeho linku s linkou požadovanou volajícím. Pokud se jeden z účastníků rozhodl ukončit hovor a položil sluchátko, byl rozpojen stejnosměrný okruh a na spojovacím pultu zhaslo u příslušné linky indikační světlo, což znamenalo možnost rozpojení dané linky pro spojovatelku.

U modernějších ústředen s automatizovaným řízením funguje signalizace dodnes na podobném principu. Při zvednutí sluchátka v koncovém bodě sítě se spojí elektrický okruh a telefon je dálkově napájen stejnosměrným proudem z baterie ústředny. To je znamení pro ústřednu, že si uživatel přeje telefonovat. Ústředna se připraví na volbu a začne do mikrotefonu pouštět oznamovací tón značící její připravenost přijmout volbu. Existují dva typy volby telefonního čísla. Vývojově starší, zejména s ohledem na krokové voliče, je volba pulsní. Tato volba probíhá periodickým přerušováním smyčky rotující číselnicí na

telefonním aparátu. Počet přerušení odpovídá volené číslici a vede k natočení krokového voliče do požadované pozice. Druhým a vývojově novějším typem je volba tónová, označována často jako DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency). Je dána maticí tvořenou osmi akustickými tóny. Příslušná číslice je dána vždy kombinací dvou těchto základních tónů. Frekvence těchto tónů jsou volené tak, aby jejich vzájemným součtem nemohly vzniknout dva stejné tóny. Takto máme možnost volit šestnáct jednotlivých znaků. Po ukončení volby se snaží ústředna spojit s volaným číslem a začne u něj vyzvánět. Volajícímu mezitím přehrává volací tón. [1]

2.4 Digitální komunikace

Telefonní hovor je ve své podstatě náhodný akustický signál, který je pomocí mikrofону převeden do elektrického analogového signálu. Naskytne se tedy otázka, zda je možné tento signál převést do digitální podoby a přenášet jej jako posloupnost dat. Pro tento převod je nutný proces, který ze spojitého signálu vytvoří jeho číslicovou podobu a na opačném konci linky proces přesně opačný.

Analogový signál je potřeba nejdříve navzorkovat, to znamená periodicky snímat aktuální hodnotu signálu. U systému ISDN se vzorkuje s frekvencí 8 kHz. Při snímání vzorku a jeho převodu do digitální oblasti není možné postupovat s nekonečnou přesností, je potřeba použít metodu kvantování. Konkrétně u ISDN máme k dispozici 8 bitů pro uložení jednoho vzorku, z čehož vyplývá, že veškeré hodnoty od nejmenší po největší musíme ohodnotit číslem od 0 do 255. Je nutné vzorkované hodnoty lehce zaokrouhlit, tím se zanáší chyba do diskrétního signálu. Jeho přenos zpět do analogové podoby bude mít horší kvalitu, než při použití více bitů na vzorek. Tím by se ale značně zvýšila bitová náročnost na přenos.

2.4.1 Přenos dalších typů uživatelských dat

S rozvojem moderních systémů, a zejména v souvislosti s rozvojem sítě Internet, začala stoupat potřeba přenášet i jiná data než pouze lidský hlas. I přes digitální řízení směrování provozu v síti, se stále přenáší pouze analogová data. Stoupající poptávka o připojení k datové síti znamenala vývoj zařízení, která budou schopna přenést po klasických telefonních sítích digitální data.

Odpovědí na tento požadavek bylo. vytáčené připojení. Počítač byl připojen k zařízení zvanému modem, který zajišťoval převod digitálních dat na analogová a jejich přenos ke vzdálenému serveru, kde je podobné zařízení opět převedlo do digitální podoby. Tento přenos dat dosahoval maximální rychlosti 56 kbit/s a jeho hlavní nevýhodou byla nutnost používání vždy jenom jedné služby v rámci dané telefonní linky. Jelikož tento systém využíval telefonní linky k přenosu dat, nebylo možné současně telefonovat a být připojen k síti.

2.4.2 ISDN

Přenos veškerých uživatelských požadavků, ať už dat nebo hovorů, pomocí jediné sítě byl umožněn poprvé díky síti digitálních integrovaných služeb, známou pod zkratkou ISDN (Integrated Services Digital Network). Jedná se o evolučně první síť, kterou je možné přenášet hovory, data i video. Síť ISDN vychází z referenčního modelu OSI (Open Systems Interconnection), který obsahuje celkem sedm vrstev. Na rozdíl od tohoto referenčního modelu se zde ještě dále člení roviny na uživatelskou (U) a řídicí (C). Používá se signalizační protokol označovaný jako DSS1 (Digital Subscriber Signaling System No. 1), který je přenášen kontrolní rovinou nazývanou D kanál. Uživatelská data jsou přenášena B kanálem. Paketová data je možné přenášet také D kanálem, ale pouze za předpokladu, že není využíván pro signalizaci.

V síti je možné používat více technologií zároveň, proto byl definován pojem rozhraní. Na tomto rozhraní se musí jednotlivé systémy chovat vždy podle definovaných pravidel, doporučení. Jinak by nebylo možné, aby mezi sebou tyto sítě komunikovaly a uživatelé by se nedovolali nikam jinam než v rámci dané sítě. Není prakticky možné, aby všichni používali zařízení se stejnými parametry. Proto musí vždy existovat určité zařízení,

keré je schopné překládat požadavky jednoho systému, tak aby byla zaručena kompatibilita. V dnešních sítích spolu mohou existovat systémy různých generací i různých typů používaných technologií. Hraniční zařízení, zajišťující vzájemnou spolupráci mezi různými systémy, je nazýváno brána, adaptér nebo přenašeč. Další podmínkou nutnou pro vzájemnou kooperaci, je sestavený seznam instrukcí určených pro vzájemnou komunikaci. Operátoři provozující sítě ISDN musí navzájem propojit své ústředny. Používají k tomu protokol nazývaný SS7, signalizační systém číslo 7.

U systémů ISDN rozlišujeme dva typy uživatelských rozhraní. Základní přípojka tzv. BRI (Basic Rate Interface) je často označována 2B+D. Obsahuje dva B kanály, které jsou schopny přenášet data rychlostí 64 kbit/s a jeden D kanál slouží primárně k přenosu řídicích zpráv. Pokud nejsou D kanálem přenášeny signalizační zprávy, je možné jím přenést i uživatelská data, a to maximální rychlost 16 kbit/s. Celková bitová rychlost tohoto rozhraní, včetně synchronizačních dat, je 192 kbit/s.

Rozšířené rozhraní, PRI (Primary Rate Interface), se používá k propojení ústředn. Využívá se zde časového multiplexu s dvaatřiceti časovými kanály. Je často označována jako 30B+D. Dosahuje celkové přenosové rychlosti 2048 kbit/s. Každý kanál je schopen přenést 64 kbit/s. Jeden D kanál slouží pro signalizaci a poslední volný časový interval slouží k synchronizaci. Tento typ přípojky má více národních implementací, které se liší zejména počty kanálů. Výše uvedený princip je označován jako E1.

U systému ISDN jsou definována různá síťová rozhraní, odvíjející se od použití a požadavků na tato rozhraní.

- **Rozhraní U**

Jedná se o dvoudrátové vedení propojující ústřednu operátora se sítí uživatele, kde musí být použita vhodná ukončovací jednotka, označovaná jako NT1. Toto zařízení převádí signál (demodulace) a zajišťuje synchronizaci s ústřednou.

- **Rozhraní T**

Sériová linka vedoucí ze zařízení NT1 do terminálového adaptéru (TA), který zajišťuje kompatibilitu sítě ISDN a klasické analogové sítě (POTS)

- **Rozhraní S**

Tento referenční bod sítě obsahuje čtyřdrátové spojení NT1 a koncového digitálního telefonního přístroje účastníka, označovaného jako zařízení TE1, nebo zařízení TA, které slouží jako rozhraní mezi ISDN a analogovým telefonním přístrojem.

Rozhraní typu T a S se v běžné praxi slučují a ve většině používaných zařízení se označují jako rozhraní S/T.

- **Rozhraní R**

Definuje rozhraní mezi terminálovým adaptérem a zařízením nepodporujícím ISDN.

2.5 Přenos telefonních hovorů přes internet

I přesto, že digitální síť ISDN nedosáhla takového rozmachu, jak bylo původně plánováno, těší se dodnes velké oblibě zejména u firem a společností. Do soukromé sféry se prakticky nerozšířila. Rychlost přenosu dat tímto systémem je však již na dnešní poměry poměrně nízká. Proto jsou používány ve velké míře dvě oddělené sítě. Jedna určená k přenosu telefonních hovorů a druhá zajišťující rychlý přenos dat. Logicky se tedy nabízí otázka, zda není možné tyto sítě opět spojit, podobně jak to bylo zamýšleno systémem ISDN.

Odpovědí na tuto otázku nabízí systém VoIP, česky nazývaný internetová telefonie. Jedná se o soubor technologií umožňujících přenos telefonního hovoru přes síť používající protokol TCP/IP. Podobně jako u integrovaných digitálních sítí se pro přenos hlasu používá třetí vrstva referenčního modelu OSI. Kromě pouhého hlasu můžeme přenášet například i video. Paketové sítě pracují na principu označovaném Best effort, velmi volně přeloženo nejlepší snaha. Znamená to, že každý prvek v síti se snaží udělat všechno, aby data doručil, ale v žádném případě to nemůže zaručit. To představuje jeden z hlavních problémů pro přenos hovorů. Tato síť je využívána spoustou různých služeb, každé s jinými požadavky na rychlost datového přenosu nebo na zpoždění. Například pro protokol http, přenášející

internetové stránky, není až tak podstatné, jestli dostane odpověď od serveru o půl sekundy později, na druhou stranu pro volání je to zásadní. Telefonní službu, která má půl sekundové zpoždění by nevyužíval nikdo.

K přenesení lidského hlasu přes paketovou síť je nutné jej převést do digitální podoby. Pro tento účel byla navržena řada metod pro zakódování hlasu na jedné straně a na druhé straně jeho zpětné dekódování, nazývajících se kodeky. Existuje řada typů těchto kodeků, pro přenos hlasu se používají například typy H232, G711 nebo ALAW.

Základní funkce klasického telefonu a telefonu pro volání přes paketovou síť se příliš neliší. Oba telefony mají klávesnici pro zadání volby a sluchátko s mikrofonem a reproduktorem. Jelikož je VoIP telefon ve své podstatě specificky navržený počítač, může uživateli nabídnout řadu dalších funkcí. Umožňuje například přenos videa s možným zapojením více účastníků. Tato služba se dá s výhodou použít pro videokonference a různé pracovní porady. Dále v sobě mají integrovaný například kalendář, prohlížeč různých dokumentů nebo přehrávač hudby. Většina zařízení v dnešní době umožňuje šifrovat přenášená data, čímž se zamezí úniku citlivých informací i při možném odposlechnutí paketů přenášených po síti mezi koncovými body.

2.5.1 SIP

SIP (Session Initiation Protocol) je signalizační protokol pracující na aplikační vrstvě referenčního modelu OSI. Je používán zejména pro správu přenosu multimediálního obsahu v reálném čase. V telefonii je využíván k přenosu hovorů i s možností videohovorů. Jako jiné signalizační protokoly slouží zejména pro vytvoření, dohled a rušení spojení. Nejčastěji pracuje s provozem typu UDP, kvůli nižšímu zpoždění paketů při průchodu sítí. Zpravidla používá pro komunikaci s klienty pro signalizaci port 5060, nebo port 5061, který je většinou šifrován metodou TLS. Hlavní úlohou je lokalizace cílového bodu v IP síti a vytvoření spojení. Samotný přenos dat nemusí nutně probíhat přes server SIP, ale přímo mezi klienty. K vytváření spojení využívá několik typů zpráv:

- REGISTER – používá klient pro oznámení SIP serveru své adresy v rámci IP sítě, kde bude přijímat hovory.

- INVITE – slouží jako požadavek na vytvoření spojení.
- RINGING – zpětná signalizace o vyzvánění u cílového účastníka.
- OK – zpráva cílového účastníka o přijetí předchozí předchozí žádosti.
- TRYING – zpětná zpráva o přijetí požadavku INVITE zdrojovému účastníku.
- CANCEL – informace o nemožnosti serveru vytvořit požadované spojení.
- BYE – zpráva pro zrušení probíhajícího spojení.
- ERROR – zpráva generovaná serverem SIP při chybě v některém kroku vytváření spojení. Obsahuje i důvod vzniku chyby.
- ACK – dopředné potvrzení o spojení, reakce na zprávu OK. Pro této zprávě může docházet k přenosu paketů s vlastními daty uživatelů.

2.5.2 Přednost různých typů provozu v síti

Při přenosu dat paketovou sítí je nutné počítat s možnou ztrátou dat, jejich zpožděním, proměnnou velikostí tohoto zpoždění, nebo i tím, že data mohou dorazit v jiném pořadí než byla poslána. Většina těchto problémů je způsobena vytížeností sítě a jejích jednotlivých komponent. Je potřeba začít rozlišovat typy provozu putujícího sítí a zjistit jeho klíčové vlastnosti.

Byla definována řada parametrů, které je možné u jednotlivých typů provozu měřit. Podle těchto naměřených parametrů je pak možné určité typy provozu na síti upřednostňovat. U telefonního hovoru nás zajímá zejména velikost zpoždění, způsobeného průchodem dat sítí a jejich správné pořadí. Pro protokol FTP, který je určený pro sdílení souborů, je důležitá zejména spolehlivost.

Parametry hodnotící kvalitu nejsou definovány pouze pro telekomunikace. Je možné je aplikovat na kterýkoliv obor lidské činnosti. Existuje řada institucí zabývajících se definováním parametrů nejrůznějších produktů. Je důležité tyto parametry jednoznačně definovat, výstižně je pojmenovat a definovat princip a četnost získávání měřených hodnot.

2.6 Signalizace

V běžném každodenním životě je možné se setkat s nejrůznějšími typy signalizace. Hlavním účelem signalizace je sestavení spojení, dohled nad tímto spojením po celou dobu trvání a jeho uvolnění.

Dělení signalizace s ohledem na místo přenosu, podle Vozňáka [9].

- Mezi spojovacími systémy se přenáší signalizace sít'ová.
- Signalizace v rámci přístupové sítě, tedy mezi koncovým bodem sítě a nejbližší ústřednou, se nazývá účastnická.
- V rámci jednoho spojovacího systému probíhá signalizace vnitřní.

Další možností dělení signalizace v závislosti na typu provozu. Zde existují dva principy přenosu informace. Prvním typem signalizace je signalizace analogová. Ta vyjadřuje jednotlivé stavy jako změnu napěťové úrovně, směrem protékajícího proudu nebo například akustickými signály. Druhým typem signalizace je signalizace digitální, pro kterou je typické bitové vyjádření jednotlivých stavů. I tohle dělení je možné ještě dále specifikovat. Například účastnickou signalizaci na analogových linkách je možné ještě dále rozdělit na pulzní a tónovou, jak bylo zmíněno v kap. 2.3.

2.6.1 Signalizace DSS1

K signalizaci mezi ústřednou a koncovým zařízením typu ISDN se používá signalizace DSS1. Ta slouží podobně jako ostatní signalizace k navázání, dohledu a zrušení daného spojení. Kromě této základní funkce umí realizovat i jiné tzv. doplňkové služby. Podle obecného hierarchického OSI modelu využívá ke své činnosti signalizace DSS1

spodní 3 vrstvy. Referenční model systému ISDN obsahuje jednak rovinu pro tok uživatelských dat, které je realizováno v B kanálu, tak i paralelní rovinu řídicí, ve které jsou separátně posílány signalizační zprávy.

Fyzická vrstva obstarává přenos informací daným bitovým tokem. Tato data jsou zakódována do jednotlivých sledů napěťových úrovní. Jsou zde přenášeny zaprvé jednotlivé B kanály, každý rychlostí 64 kbit/s, a zadruhé signalizační D kanál. U toho je rychlost definována na 16 kbit/s pro základní přípojku BRI a 64 kbit/s pro PRI.

Na úrovni druhé vrstvy se k přenosu signalizace využívá protokol LAPD, který zajišťuje zabezpečený přenos zprávy D kanálem. Obsahuje ochranu proti přenosovým chybám, algoritmus pro opravu pořadí jednotlivých zpráv a v neposlední řadě obstarává jednoznačnou identitu terminálu TEI. Identifikátor TEI je přiřazen každému jednotlivému zařízení. Zpravidla je přiřazován ústřednou nebo je nastaven přímo terminálem. Pokud je hodnota identifikátoru nastavena na 0, jedná se o spojení pouze mezi dvěma body.

V rámci třetí vrstvy OSI modelu jsou definovány procedury pro služby přenosu rámců a popis kódování informačních prvků. Definuje kompatibilitu mezi různými telekomunikačními službami. Zpráva síťové vrstvy se vždy skládá ze záhlaví a doplňujících prvků. Záhlaví zprávy obsahuje tři části. V první části je vyjádřen typ protokolu. V další části je uloženo Call Reference, hodnota, kterou je vždy označena jedna konkrétní aktivita. Přiděluje se dynamicky při zahájení spojení a je použita stejná hodnota ve všech zprávách týkající se daného spojení až od jeho ukončení. Poslední část vyjadřuje typ řídicí zprávy. Záhlaví zprávy je pevně dáno, ale v těle zprávy mohou být přenášeny volitelné informační prvky (Optional information elements). Tyto elementy obsahují například typ provozu v příslušné B kanále, důvody rozpojení volání, informace o postupu nebo volající a volané číslo.

2.7 QSIG

Signalizace QSIG slouží k propojení pobočkových telefonních ústředen v rámci privátní telekomunikační sítě. Používá se k tomu integrované digitální síť ISDN. Je určena zejména pro nasazení v soukromém sektoru. Signalizační zprávy jsou přenášeny mezi ústřednami pomocí D kanálu. Je definována standardizační organizací ETSI (European

Telecommunications Standart Institut), neboli česky Evropský ústav pro telekomunikační normy. Signalizace mezi ústřednami vychází z doporučení ITU-T Q.931 pro signalizace DSS1 a je shrnuta v doporučeních ETSI a standardech ECMA. Za přímého předchůdce je možné považovat signalizaci DPNSS (Digital Private Network Signaling System), která vznikla v Anglii na počátku 80. let. Její standardizací se vyvinul signalizační protokol PSS1 (Private Signaling System no. 1), jímž QSIQ rovněž často označován.

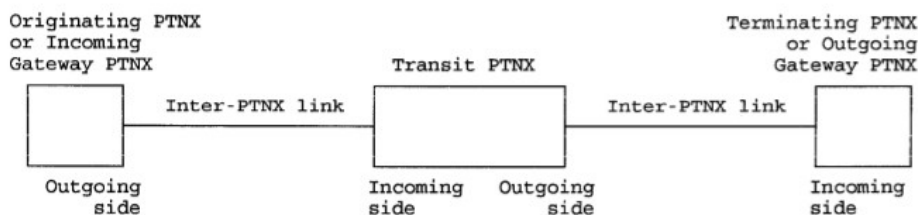
Jedná se o řídicí protokol okruhově přepínané sítě. Při použití časového multiplexu PCM s celkovou rychlostí 2048 kbit/s (specifikace E1, používaná zejména v Evropě) se tato signalizace zpravidla přenáší v 16. časovém intervalu rychlostí 64 kbit/s. U přípojek BRI se signalizace přenáší klasicky v D kanálu sítí ISDN. Na rozdíl od DSS1 se jedná o symetrickou signalizaci, kde mezi sebou komunikují dvě ústředny. Kromě obecných procedur pro vytvoření spojení obsahuje rovněž širokou podporou doplňkových služeb (více v kap. 2.7.3).

Tento protokol je popsán v několika samostatných dokumentech, rozdělených do logických celků.

- ETS 300 172 (r. 1992) deklaruje základní principy této signalizace, fungující na okruhově přepínaném nosném systému.
- ETS 300 239 - obsahuje obecné protokolové funkce podporující doplňkové služby.
- ETS 300 238 - popisuje doplňkové služby ohledně prezentace jména volaného, volajícího.
- ETS 300 257 – přesměrování hovorů jako doplňkový servis.
- ETS 300 261 – doplňkové služby pro přenos hovorů.

2.7.1 Základní funkce signalizace QSIG

Tato signalizace patří do třetí vrstvy referenčního modelu OSI. Používá se k propojení více ústředen v rámci jedné privátní sítě a definuje komunikaci okruhově přepínané sítě v referenčním bodě Q, tedy bodě propojující tyto spojovací systémy. Specifikuje vzájemnou komunikaci pro sestavení, udržení a ukončení hovoru, nebo datového přenosu přes PTN. Důležité termíny pro základní komunikaci jsou termíny jako odchozí hovor, příchozí hovor nebo například odchozí ústředna, tranzitní ústředna, cílová ústředna, viz Obr. 2.1. Všechny nové pojmy jsou uváděny v souvislosti s PTNX (Private Telecommunication Network Exchange), jedná se o pojem definující uzel privátní ústředny na rozhraní Q. V literatuře je možné se setkat s pojmem PINX (Private Integrated Network Exchange), jedná se o totéž rozhraní akorát nazvané jinak. Veškeré pojmy jsou definovány v doporučení ETS 300 172.



Obr. 2.1: Ukázka termínů používaných pro směrování hovoru mezi ústřednami v PTN. (převzato z [2])

2.7.2 Základní funkce pro hovor

Pro efektivní řízení hovorů je potřeba konkrétní sada pravidel. Nestačí pouhá komunikace typu požadavek a odpověď na něj. Pro sestavení hovoru, udržení nebo ukončení hovoru jsou zde použity určité sekvence zpráv, které si nutně musí přeposlat obě ústředny podílející se na komunikaci.

- SETUP-REQUEST / INDICATION / RESPONSE / CONFIRMATION
(Požadavek na sestavení / Oznámení / Odpověď / Potvrzení)

- slouží pro sestavení hovoru
- MORE_INFORMATION-REQUEST / INDICATION
(Požadavek pro více informací / Oznámení)
 - posílá pro získání více informací pro adresaci cílového bodu během sestavování hovoru
- INFORMATION-REQUEST / INDICATION
(Poskytnutí informací / Oznámení)
 - odpověď na zprávu MORE_INFORMATION-REQUEST, s požadovanými informacemi
- PROCEED-REQUEST / INDICATION
(Požadavek na postup / Oznámení)
 - slouží jako ukazatel přijetí dostatečného množství adresních informací a požadavek k dalšímu pokračování
- ALERTING-REQUEST / INDICATION
(Upozornění)
 - indikace pro odchozí stranu, že volaná strana je upozorňována
- PROGRESS-REQUEST / INDICATION
(Stav postupu / Oznámení)
 - dotaz na stav systému, jeho dostupnost
- REJECT-REQUEST / INDICATION
 - okamžité odmítnutí hovoru
- DISCONNECT-REQUEST / INDICATION
 - požadavek na rozpojení hovoru, uvolnění kanálu

- RELEASE-REQUEST / INDICATION
 - úplně uvolnění hovorového kanálu, po této zprávě je spojení úplně rozpojeno
- DATA_LINK_RESET-INDICATION
 - Oznámení o restartování řízení hovoru

Seznam jednotlivých zpráv byl převzat z [3] a byl doplněn stručným popisem.

2.7.3 Obecná podpora doplňkových služeb

Kromě základní funkce volání, může signalizace na Q rozhraní poskytnout i další doplňkové služby pro volání, nebo přidat rozšiřující prvky do této sítě. K tomu je potřeba, aby byla zajištěna jejich obecná podpora a řízení. Dodatečné funkce jsou dvou typů, jedny jsou závislé na telefonních hovorech a přenáší k nim dodatečné informace. Druhý typ je propojen s konkrétní službou, které jsou nezávislé na hovorech informující například o stavu systému. Pro představu o možnostech doplňkových služeb může posloužit následující výčet několika podporovaných služeb.

- Identification – nastavuje odesílání číslo volajícího.
- Name identification - nastavuje odesílání jména volajícího.
- Call diversion – přesměrování volání.
- Call transfer – přepojení hovoru.
- Transit counter – tarifování.
- Advice of charge – zobrazení tarifkace účastníkovi.
- Do not disturb – nastavení nedostupnosti.

2.8 Asterisk

Vzhledem k postupné tendenci realizace konvergentních sítí, které integrují jak telefonní tak datovou síť, se zvýšil zájem o nejrůznější zařízení podporující volání přes tuto síť. Zavedené společnosti působící na trhu již delší dobu jsou dosud většinou navyknuté na systém volání pomocí svých vlastních ústředen. S novým trendem přichází nutnost dalších investic a možností, kterých je celá řada. Je samozřejmě možné koupit kompletní komunikační řešení, což jsou poměrně rozsáhlé investice do nové infrastruktury. Další možností je využít stávající architekturu sítě, která většinou zahrnuje analogové nebo ISDN zařízení všeho druhu a pořídit si telefonní adaptér, který umožní propojení stávající a IP sítě.

Dalším možným řešením je vytvoření vlastní pobočkové ústředny pro internetové volání. Takové řešení je možné například s využitím softwarové ústředny Asterisk. Tento systém je založen na open source platformě a jedná se v podstatě o aplikaci běžící na libovolném unixovém počítači. Jedná se o komunitně vyvíjenou platformu spadající pod licenci GNU GPL, spravovanou a podporovanou společností Digium. Velkou výhodou je snadný přístup ke zdrojovému kódu a jeho možné modifikaci. Asterisk zvládá stejné funkce jako klasická telefonní ústředna - směrovat hovory, vytvářet vlastní číslovací plán. Navíc ale umožňuje propojení s nejrůznějšími dalšími systémy, například databázovými servery.

Motivací pro vytvoření vlastní pobočkové ústředny mohou být individuální, specifické požadavky na vlastnosti a správu pobočkové ústředny. Nevyžaduje nákup žádného specializovaného zařízení, je možné jej nainstalovat na libovolný počítač. Důležitou otázkou ale zůstává očekávané využití. Pokud bude cílem propojení této ústředny se stávající infrastrukturou, například klasickými telefonními aparáty, bude potřeba již koupit specializovaný hardware schopný realizovat toto propojení. Při použití telefonů s implementovanou vhodnou komunikační sadou je možné softwarovou ústřednu nakonfigurovat a připojit do stávající sítě.

Asterisk má integrovanou celou řadu standardních komunikačních protokolů a další dodatečné protokoly je možné jednoduše doinstalovat nebo vlastnoručně naprogramovat. Asterisk je nejčastěji přirovnáván k webovému serveru Apache, který je vydáván pod

stejnou open source licenci. Apache má za úkol zpracovávat požadavky na zobrazení internetových stránek a Asterisk zpracovává podobným způsobem telefonní hovory. Podporuje také nejrůznější signalizační protokoly, jako například SIP, IAX, H.323 nebo MGCP. Asterisk umožňuje vytvoření jednoduchého hlasového menu s nahranými povely ovládané hlasem nebo častěji DTMF. Tato funkce je nazývána IVR (Interactive Voice Responce).

2.8.1 Historie programu Asterisk

Asterisk byl vytvořen Markem Spencerem v Alabamě v roce 1999. Spencer ho vytvořil z finančních důvodů, jelikož si údajně nemohl dovolit zakoupit žádnou v té době dostupnou PBX. V roce 1999 byl tedy vytvořen základ pro tento open source program, který je dodnes hojně využíván. Zmíněný zakladatel Asterisku Mark Spencer stojí také za založením firmy Digium, která se zabývá vývojem Asterisku dodnes. Jelikož Asterisk je uvolněn jako open source, zisk z něj je přinášen zejména z technické podpory a z prodeje hardwaru, který je kompatibilní se softwarem Asterisk. Dnešní další rozvoj a vývoj Asterisku je v rukou především open-source komunity a za aktuálním vývojem stojí téměř 400 jejích účastníků.

2.8.2 Možnosti využití programu Asterisk

Software Asterisk se nejčastěji používá pro:

- pobočkové ústředny včetně rozhraní do PSTN,
- VoIP brány,
- voicemail služby s adresářem,
- konferenční servery,
- překlady čísel,
- systémy předplacených volání,
- centra volání (Call Center),

- rozšíření telekomunikačních služeb v rámci VPN,
- TDM přes Ethernet [8].

2.8.3 Doplnkové služby a funkce Asterisku

Virtuální ústředna Asterisk, stejně jako ostatní ústředny, podporuje celou řadu doplňkových služeb. Některé služby by mohly být zařazeny do služeb základních, ostatní služby jsou zařazeny mezi služby pokročilé. Bude následovat výčet vybraných doplňkových služeb:

- ACCOUNT CODE, slouží k tarifování.
- AUTOMATIC HOLD, umožňuje provést další hovor bez zavěšení původního hovoru.
- BLACKLIST, seznam čísel, které bude ústředna odmítat.
- CALL DETAIL RECORD, záznam hovorů v PBX, obsahuje volající číslo, volané číslo, datum, délku hovoru.
- CALL FORWARDING ON BUSY, hovor je automaticky přeměrován, pokud je číslo obsazeno.
- CALL FORWARDING ON NO ANSWER, hovor je automaticky přeměrován, pokud jej číslo nepřijímá určitou dobu.
- CALL FORWARDING UNCONDITIONALLY, okamžité přeměrování hovoru.
- CALLER ID, zobrazení čísla a jména volajícího.
- CALL WAITING, upozornění na příchozí hovor během probíhajícího hovoru, možnosti přepnutí mezi hovory.
- CALL ID ON CALL WAITING, zobrazení a identifikace dalšího volajícího při právě probíhajícím hovoru.

- DATABASE STORE/RETRIEVAL, ukládání informací o hovorech do databáze pro pozdější využití.
- DATABASE INTEGRATION, poskytování informací o volajícím volanému před přijetím hovoru nebo během hovoru.
- DISTINCTIVE RING, odlišný typ vyzvánění založený na identifikaci volajícího.
- DO NOT DISTURB, při této funkci je volání přesměrováno na ohlášení, spojovatelku nebo jinou pobočku.
- ENUM, Asterisk podporuje vyhledávání telefonních čísel přes DNS, kde je prováděno mapování telefonních čísel na jmenné identifikátory (URI).
- INTERACTIVE VOICE RESPONSE, systém pro obsluhu příchozích volání, pomocí hlasového menu a volby čísel voleno spojení.
- MUSIC ON HOLD, při přidržení linky hraje hudba, audio soubory jsou vytvářeny jednoduchým způsobem.
- PROTOCOL CONVERSION, zpřístupní spojení mezi sítěmi, které nepoužívají stejné protokoly.
- REMOTE OFFICE SUPPORT, možnost přihlásit telefon z jiné PBX.
- SMS MESSAGING, pomocí SMS upozorňuje na zmeškaná volání a zanechané vzkazy, SMS jsou posílány přes SMS bránu.
- SPELL/SAY, umožňuje přečíst text.
- TRANSCODING, možnost konverze mezi různými kodeky.
- VOICEMAIL, při aktivaci této funkce je možné nahrát vzkaz pro volaného, poslechnout si nahrané vzkazy, odeslat vzkaz jako email nebo jej zpřístupnit přes web.

2.8.4 Doplnkové balíčky

Asterisk nabízí širokou škálu různých využití a přizpůsobení v závislosti na konkrétních potřebách daného systému. Například pokud bude Asterisk provozován čistě jako virtuální ústředna určená ke směrování hovorů v IP síti, plně postačí nainstalovat tento program na libovolný server, který bude dostupný z příslušné sítě. Poté stačí jen nakonfigurovat SIP protokol na virtuální PBX a připojit se pomocí libovolného klienta, ať se bude jednat o program pro počítač nebo VoIP telefon. Jedná se o čistě síťové řešení.

Asterisk nabízí ale i spoustu dalších technologicky složitějších řešení. Nejpravděpodobnější situace bude propojení virtuální ústředny s dalšími telekomunikačními systémy, jako například linkami ISDN, propojujícími privátní ústřednu do veřejné sítě telefonního operátora, nebo připojení klasických telefonních přístrojů. Nabízí se i propojení se stávající analogovou či jinou ústřednou. K tomu bude nutné opatřit systém specializovaným hardwarem, nejčastěji v podobě rozšiřující karty do základní desky, podporující danou technologii.

Pro správnou podporu rozšiřujících karet nainstalovaných do platformy Asterisku je nutné dodat příslušné ovladače. Tyto ovladače jsou vydávány spolu s Asteriskem společností Digium a jsou volně stažitelné spolu se základním balíčkem. Jedná se o soubor knihoven nazvaných DAHDI (Digium/Asterisk Hardware Device Interface), dříve označovaných zkratkou ZAPTEL vzniklou spojením Zapata Telephony, společností podílejících se na vývoji Asterisku. Balíček podporuje všechny karty vyrobené společností Digium, která stojí i za vývojem Asterisku. Podporuje i některé typy těchto přídatných karet od jiných výrobců a přidává jejich ovladače přímo do linuxového jádra.

2.8.5 Architektura Asterisku

Základním kamenem Asterisku je logika umožňující směrování hovorů, jedná se o samotné jádro ústředny. Hned pod tímto ústřednovým základem se nachází číslovací plán, který je uložen v souboru *extensions.conf*. Podle tohoto plánu se řídí celé jádro ústředny kam bude každý hovor směrován. Asterisk se ovládá pomocí tzv. CLI (Command Line Interface). Jedná se o textovou příkazovou řádku, ve které je možné měnit parametry

ústředny a spouštět některé aplikace. Aby byl výčet kompletní, je nutno přidat ještě nejrůznější tóny sloužící například k signalizaci účastníkovi nebo různé předpřipravené hlasové pokyny. Tyhle součásti je možné nazvat základem ústředny Asterisk.

K tomuto jádru se přidávají další moduly, které lze rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří moduly ovládající moduly různých telekomunikačních protokolů. Druhá část slouží ke správné prezentaci dat, jako například kodeky a další rozšířené možnosti sledování toku hovorů. Mezi nejpoužívanější moduly hovorových kanálů patří:

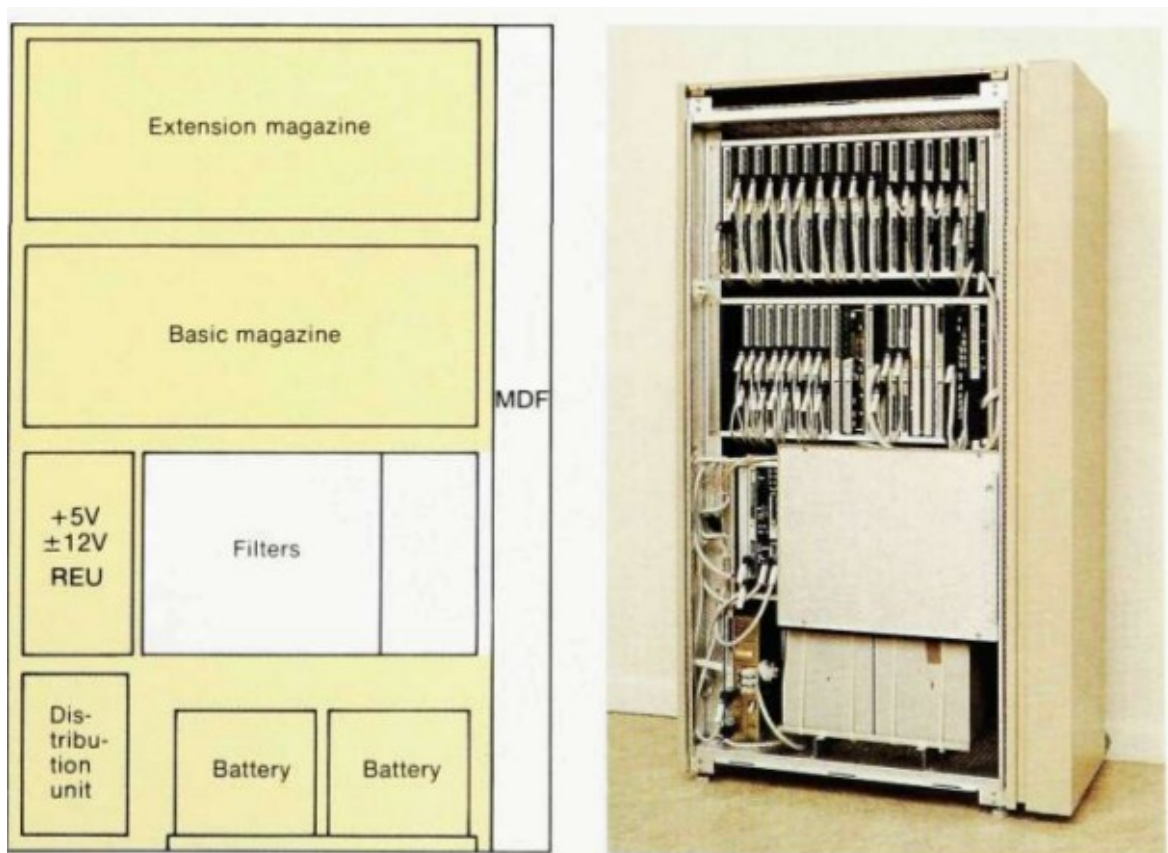
- DAHDI – modul zajišťující připojení klasických telefonních rozhraní typu POTS nebo ISDN. K vlastnímu propojení je vždy nutný specializovaný hardware podporující danou technologii.
- SIP – ovladač pro připojení VoIP telefonních přístrojů, nebo nejrůznějších SIP klientů, programů umožňující telefonovat z klasického počítače nebo chytrých telefonů.
- IAX2 – rozhraní vyvinuté speciálně pro Asterisk, v základě podobné jako SIP, umožňující propojit například dvě ústředny. Jedná se také o přenos hovorů skrz IP síť
- H323 – standard real-time komunikace, umožňující přenos hovoru přes síť paketové IP, ISDN, PSTN a QSIG

Do druhé skupiny patří různé kodeky, viz následující kapitola. Různé řadiče pro formáty dat, umožňují zápis dat na pevný disk, nebo vytvoření datové toku pro správné odeslání po síti. Dále sem patří ještě různé záznamové systémy pro zaznamenávání hovorů nebo pořizování nahrávek.

2.9 Ericsson MD-110

Jedná se o pobočkovou ústřednu s modulární stohovatelnou architekturou, díky čemu je vhodnou volbou pro malou i velkou společnost. Zvládne směřovat až 10000 telefonních čísel. Umožňuje připojení jak ISDN tak i běžných analogových telefonů. Celý systém je postaven na modulárních blocích LIM (Line Interface Modules) propojených centrální skupinovou sběrnici, označovanou GS (Group Switch).

Hlavní část je tvořena skříní, do které je možné umístit veškeré rozšiřující jednotky. Obsahuje napájení včetně záložních baterií. Dále je zde možné nalézt převodník střídavého a stejnosměrného proudu, tónový generátor a filtry. Do této skříně je možné nainstalovat dva moduly, zvané magazíny. Ty obsahují zejména zadní konektorovou desku tvořící centrální sběrnici v rámci jednoho modulu, řídicí systém a spojovací systém pro 256 časových rámců. Do běžných modulů je možné umístit až třináct základních rozšiřujících karet s daným rozhraním. [12][13]



2.2: Schematický obrázek ústředny MD-110 (vlevo) a reálné zapojení (vpravo), převzato z [12]

2.9.1 Digium Wildcard TE110P

Pro propojení ústředny Ericsson MD-110 a virtuální ústředny Asterisk běžící na stolním počítači je nutné vybavit obě zařízení hardwarem s příslušným rozhraním. Pro tento účel byla zvolena karta Digium Wildcard TE110P, kterou vyrábí společnosti podílející se na vlastním vývoji Asterisku. Není tedy problém s ovladači pro toto příslušenství, jelikož jsou obsažené v knihovně DAHDI.



Obr. 2.3: karta Digium Wildcard TE110P (převzato z [18])

Jedná se o přídatnou kartu do PCI slotu na základní desce počítače. Karta obsahuje jeden port pro podporu rozhraní s časovým multiplexem a modulací PCM. Na kartě je možné přepínat mezi dvěma verzemi tohoto multiplexu. První varianta je označována T1 a používá celkem 24 kanálů. Druhá varianta, používaná zejména v Evropě, označovaná E1 s 32 kanály. Tato karta obsahuje přímo realizovanou detekci DTMF volby. Je osazena LED diodami pro signalizaci stavů na fyzické vrstvě. Podporuje více komunikačních protokolů jak pro data, tak pro přenos telefonní hovory. Jedná se konkrétně o:

- Primary Rate ISDN (PRI).
- Point To Point protocol (PPP).
- Cisco HDLC.
- Frame Relay.

3 Praktická část

Před samotným začátkem práce je nutné si rozmyslet, co se od celého systému očekává, co by měl všechno umět a jaké jsou možnosti toho docílit. V tomto konkrétním případě byla k dispozici digitální ústředna Ericsson MD-110, která představuje stávající telefonní ústřednu a která je dosud používána v řadě institucí. Hlavním cílem bude rozšíření možností tohoto systému o možnost připojení dalších účastníků pomocí technologie VoIP se zachováním stávající funkcionality.

Nabízí se více možností propojení obou ústředen, například signalizací CAS nebo pomocí jedné linky POTS či ISDN. Ve zmíněných případech se bohužel omezí některé doplňkové funkce, které ústředna poskytuje. Proto byla zvolena meziústřednová linka se signalizací QSIG. Tato signalizace je určena přímo k propojování dvou ústředen v rámci privátní sítě a podporuje řadu doplňkových služeb viz kapitola 2.7.3.

3.1 Výběr vhodného hardwaru

Vzhledem k tomu, že základem pro Asterisk není žádný specializovaný hardware, ale v podstatě jakýkoliv počítač s nainstalovaným operačním systémem na bázi Linuxu, je nutné zvážit otázku výpočetního výkonu. Vždy je nutné zohlednit účel, k jakému budeme ústřednu využívat. Zejména je nutno zvážit, kolik uživatelů bude ústředna obsluhovat. Neexistuje žádný předpis nebo vzorec, kolik výpočetního výkonu potřebujeme na jeden hovor. Je nutné vzít v úvahu velmi mnoho okolností počínaje samotnou platformou, konkrétní základní deskou, specializovanými kartami nebo například dalšími systémy, se kterými bude virtuální ústředna propojena. Při instalaci na firemní server středně velké společnosti, kde běží další aplikace, jako například webový server, zálohovací nebo databázový systém, je potřeba vzít v úvahu potřebu prakticky okamžitého zpracování tzv. real-time processing, prakticky během celého hovoru. V tomto okamžiku může Asterisk vyžadovat velkou část celkových výpočetních schopností počítače na úkor ostatních aplikací.

3.1.1 Procesor

Při používání virtuální ústředny nainstalované na platformě linuxového operačního systému s použitým procesorem architektury x86, může nastat problém při častém volání přerušení. Rozšiřující karty, které umožňují propojení počítače s dalšími telekomunikačními systémy, mohou generovat velké množství požadavků na přerušení na procesor. Tato situace může jednak vést k omezení využití serveru ostatními službami, které zde běží a nebo ke zhoršení kvality telefonních hovorů.

Moderní procesory podporují tzv. multitasking, to znamená, že v rámci jednoho stroje běží více aplikací současně. Tato funkce, je zajištěna tak, že každý požadavek na procesor dostane přidělený určitý časový interval, během kterého je mu procesor k dispozici. Při zavolání přerušení musí procesor dokončit aktuálně rozpracovaný požadavek, zpracovat výsledky a obsloužit proces přerušení. Problém nastává v situaci, kdy některá aplikace vyžaduje okamžitý přístup k CPU. Nelze totiž nikdy přesně říci, za jak dlouho se procesor dostane ke zpracování přerušení. Tento rozdíl je velmi malý, ale v reálném využití může znamenat ztrátu synchronizace.

Dalším problémem většiny moderních CPU je, že podporují různé úsporné režimy. Jednou z možností jak snížit spotřebu energie je snížením taktovací frekvence procesoru. Další možností je snížení napětí nebo až úplně vypnutí hlavní jednotky. V tomto případě zůstanou aktivní pouze subsystemy, které zajistí opětovný přechod do plného režimu. Oba způsoby jsou pro většinu uživatelů žádoucí, procesor spotřebovává méně energie a také není potřeba jej aktivně chladit. Ovšem přechody do úsporných režimů se negativně podepíší na odezvě na přerušení. CPU trvá delší dobu přechod do aktivních stavu.

V operačních systémech linux se řídí stavy procesoru tzv. C-state a jsou běžně používány a zabudovány přímo v jádru systému. Například stav C0 znamená, že CPU běží ve standardním aktivním režimu. Počet stavů záleží vždy na konkrétním procesu a často i na samotném systému.

Pro zaručení maximální možné dostupnosti a spolehlivosti virtuální ústředny je doporučeno ponechat procesor stále v aktivním stavu. Například u procesorů značky Intel se o dynamické přepínání stavů systému stará modul jádra, *intel_idle*. Je možné omezit

maximální počet stavů parametrem jádra systém `intel_idle.max_cstate=0`. Zejména u starších systémů přebírá systém jednotlivé parametry k procesoru od systému BIOS a je tedy nutné vše nastavit přímo v BIOS.

3.2 Příprava systému a instalace

Výběru vhodného hardware byla věnována předchozí kapitola. V tomto konkrétním případě byl zvolen klasický stolní počítač s jednojádrovým procesorem od společnosti Intel. Vzhledem k tomu, že Asterisk je vyvíjen zejména pro operační systém Linux a ostatní unixově založené platformy, byla pro dané využití zvolena linuxová distribuce Gentoo. Ve své podstatě je možné zvolit jakoukoliv jinou distribuci, která používá verzi linuxového jádra 2.6 a vyšší, jako například Debian, Fedora nebo CentOS. Vzhledem k instalaci Asterisku přímo ze zdrojových balíčků, je instalace stejná na všech systémech. Instalace se liší většinou pouze v umístění jednotlivých součástí softwaru. Ovšem některé operační systémy nabízí možnost instalace Asterisku přímo ze svých zdrojových archivů pomocí předkompilovaných balíčků.

Pro ruční instalaci je nutné získat zdrojové kódy jednotlivých součástí. Ty jsou k dispozici na stránkách *asterisk.org* v sekci *Download*. Jedná se o volně použitelný zdrojový kód vydávaný pod licencí GPL, což znamená, že je možné jej volně používat i upravovat jeho kód. V této konkrétní situaci byla použita verze 11.8.1, která má prodlouženou dobu podpory, tzv. LTS (Long Term Support). Vývojáři vydávají 2x – 4x do roka novou aktualizaci. Existují i aktuálnější verze, pro které se vydávají aktualizace v rámci několika týdnů. Ale na druhou stranu nejnovější balíky mohou obsahovat chyby, což má poté negativní dopad na stabilitu celého systému.

Asterisk dokonce vytvořil svou vlastní linuxovou distribuci nazvanou AsteriskNOW. Jedná se o kompletní systém s nainstalovaným Asteriskem, ovladači DAHDI a grafickým webovým rozhraním FreePBX.

Pro snadnější správu bylo nutné vyřešit vzdálený přístup, aby administrátor mohl spravovat systém odkudkoliv a nebyl nutný přímý přístup k počítači. K tomu byl použit zabezpečený komunikační protokol SSH (Secure Shell). První umístění serveru v lokální

síti neumožňovalo přímý přístup k počítači. Vše usnadnilo přidělení veřejné adresy přímo na server. Jelikož byl systém dostupný na veřejné síti Internet, bylo nutné provést některá bezpečnostní opatření proti neoprávněnému přístupu.

Po instalaci a zajištění vzdáleného přístupu bylo nutné osadit počítač dodatečným zařízením, které umožní propojení digitální a virtuální ústředny. Byla vybrána karta Digium Wildcard TE110P, jejíž bližší popis je zmíněn v kapitole 2.9.1. Pro správnou funkci karty je nutná instalace příslušných ovladačů. Jelikož se jedná o kartu vyráběnou společností Digium, která se přímo podílí na vývoji Asterisku, jsou tyto ovladače přímo součástí balíčku DAHDI.

Veškerá instalace virtuální ústředny probíhala pomocí vzdáleného přístupu přes SSH. Pro začátek bylo nutné získat instalační balíčky Asterisku a dalších potřebných knihoven DAHDI a LibPRI. Ty byly staženy ze serveru *Asterisk.org* ze sekce *download*, stahování bylo realizováno pomocí programu *wget*. Zdrojové kódy byly staženy v té době aktuálních verzích, konkrétně Asterisk 11.8.1, DAHDI 2.9.1.1 a LibPRI 1.4. Před samotnou instalací bylo nutné splnit všechny závislosti a požadavky na programové vybavení operačního systému. K tomu bylo potřeba doinstalovat následující programy:

- build-essential (obsahuje seznam pravidel pro vytváření instalačních balíčků pro linuxový operační systém),
- subversion (nástroj, který usnadňuje správu revizí nejrůznějších zdrojových kódů nebo binárních dat),
- libncurses5-dev (knihovna umožňující vytvářet textová menu v terminálově založených programech),
- libssl-dev (soubor nástrojů realizující zabezpečení šifrovacími algoritmy SSL (Secure Sockets Layer) a TLS (Transport Layer Security)),
- libxml2-dev (knihovna pro zpracování zdrojových kódů jazyka XML),
- vim-nox (terminálový textový editor s podporou skriptovacích jazyků).

Pro úplnost je nutné zmínit, že je potřeba doinstalovat software pro překlad zdrojových kódů *gcc*, jelikož není vždy součástí standardní výbavy operačního systému. Splnění závislostí systému bylo ověřeno příkazem *./configure*, který při úspěšném průběhu vytvoří instrukční soubor nutný pro správný překlad celého zdrojového kódu.

3.2.1 Instalace Asterisku

Pro správnou funkci všech součástí systému je nutné nainstalovat doplňkové balíčky, které nejsou nezbytné k instalaci samotného systému Asterisk, ale budou potřebné, pokud je k ústředně připojeno jiné telekomunikační zařízení, například ISDN telefony. Dle doporučení pro instalaci ústředny Asterisk [16] byl jako první nainstalován soubor ovladačů DAHDI. Po rozbalení staženého souboru je nutné se přepnout do složky s rozbalenými soubory. Knihovna LibPRI umožňuje podporu komunikace skrz linky ISDN rozhraní.

Doporučené místo pro umístění pro instalaci na linuxových systémech je */usr/src* a je dobré rozbalit oba balíky rovnou do zmíněné složky. Přepnutím do adresáře s knihovnou ovladačů DAHDI a spuštěním příkazu *make* je knihovna zkompileována a připravena k instalaci. Ta se provádí příkazem *make install*, pro který jsou nutná práva super uživatele. Bližší informace o instalaci ovladačů jsou v následující kapitole 3.2.2. Obdobně se nainstaluje i knihovna LibPRI. Po příkazech *make* a *make install* je nutné použít ještě příkaz *make config*, který provede základní konfiguraci.

Teď, když jsou v systému nainstalovány obě podpůrné knihovny, je možné přejít k instalaci Asterisk. Vlastní instalace opět spočívá nejdříve v rozbalení komprimovaných zdrojových kódů. K přesunu do složky s rozbaleným obsahem slouží příkaz *cd*. Instalace se provede stejnou kombinací příkazů jako v případě knihovny DAHDI. Po úspěšném dokončení instalace je možné spustit ještě dodatečný příkaz *make samples*, který do instalované virtuální ústředny dodá přednastavené soubory se základní konfigurací, například soubor *extensions.conf* obsahující ilustrativní číslovací plán. Tyto ukázkové soubory slouží zejména pro lepší pochopení funkce ústředny. Po instalaci je možné Asterisk spustit příkazem */usr/sbin/asterisk*. Po spuštění příkazu *asterisk -r* se objeví

příkazový řádek ústředny, který je označen *CLI>. V tomto módu je možné zadávat vlastní příkazy Asterisku. Pro správnou funkci je ale nutné nejdříve program správně nastavit pomocí konfigurační souborů.

3.2.2 Instalace hardware

Ústředna Ericsson MD-110 byla osazena modulární kartou s rozhraním PCM E1. Za účelem propojení obou ústředen je nutné osadit a uvést do provozu rozšiřující kartu Digium Wildcard TE110P. Po instalaci karty na základní desku a zapnutí počítače stačí pomocí automatické funkce nainstalovat ovladače nového zařízení. Balíček DAHDI jež byl nainstalován dříve, obsahuje několik skriptů, které jsou určeny pro usnadnění práce administrátora.

Správnou instalací knihovny DAHDI se vytvoří ovládací moduly do jádra operačního systému. Příkaz *dahdi_hardware* najde karty podporované knihovnou, které jsou v počítači přítomny a vypíše je i s příslušným potřebným modulem. Modul lze nahrát do jádra příkazem *modprobe <příslušný modul>*. Za názvem modulu se objeví symbol +, pokud je komponenta již ovládaná tímto modulem. V opačném případě zobrazí symbol -.

Dalším nástrojem je *dahdi_genconf*, který zajistí vytvoření konfiguračních souborů. Jedním z nich je *system.conf*. Obsahuje základní nastavení rozhraní DAHDI. Dalším vygenerovaným souborem je soubor nacházející se v konfiguračním adresáři Asterisku, *dahdi-channels.conf*. Ten tvoří základní kostru pro soubor *chan_dahdi.conf*, který využívá už samotná ústředna. Posledním důležitým nástrojem je *dahdi_cfg*, který nastaví vlastní jádro knihovny DAHDI, podle souboru *system.conf*, tak aby bylo rozhraní DAHDI připravené k provozu.

Úplně posledním krokem ke správnému chodu celého systému je fyzicky propojit ústřednu MD-110 s kartou Digium. K tomu se používá rollover kabel s koncovkami typu RJ-45. Karta by měla být sesynchronizována s ústřednou a v počítači po spuštění příkazu *dahdi_scan* by se měla objevit příslušná karta s parametry *active=yes* a *alarms=OK*. Pokud je vše správně nastaveno, měli bychom vidět rozhraní DAHDI v příkazovém řádku Asterisku.

3.2.3 Nastavování systému Asterisk

Teď už by měl být celý systém plně připraven a je možné se pustit do vlastní konfigurace ústředny Asterisk. Konfigurace Asterisku probíhá pomocí několika konfiguračních souborů, které jsou uloženy ve většině případů v adresáři `/etc/asterisk`. Jsou psané vlastním skriptovacím jazykem Asterisku, který je poměrně přehledný a intuitivní.

- `/etc/asterisk/chan_dahdi.conf`, konfigurace kanálu pro volání přes ISDN rozhraní DAHDI (např. ISDN PRI),
- `/etc/asterisk/extension.conf`, kompletní konfigurace číslovacího plánu,
- `/etc/asterisk/sip.conf`, konfigurace SIP kanálu včetně definování jednotlivých uživatelů,
- `/etc/asterisk/iax.conf`, konfigurace IAX kanálu,
- `/etc/asterisk/h323.conf`, konfigurace h323 kanálu,
- `/etc/asterisk/skinny.conf`, konfigurace sccp kanálu,
- `/etc/asterisk/meetme.conf`, doplňková služba - konferenční místnost,
- `/etc/asterisk/voicemail.conf`, doplňková služba - hlasová pošta,
- `/etc/asterisk/followme.conf`, doplňková služba – přesměrování,
- `/etc/asterisk/dundi.conf`, směrovací protokol pro cluster s Asterisk servery.

3.2.4 Číslovací plán

Nejdříve je nutné se zaměřit na konfigurační soubor `extensions.conf`. Stejně jako u klasické ústředny je i v Asterisku součástí hlavní logiky pro směrování hovorů číslovací plán. Obvykle se nachází v adresáři `/etc/asterisk`. Extension je v telekomunikačním odvětví časté označení koncové stanice, tedy nejčastěji je přímo myšleno telefonní číslo. Tento soubor je tvořen vlastním skriptovacím jazykem a definuje zpracování příchozích

a odchozích volání. Při nalezení shody vstupního řetězce a proměnné uložené v *exten =>* se pokračuje krok po kroku podle definovaných akcí viz ukázka číslovacího plánu na (Obr. 3.1).

Číslovací plán je tvořen čtyřmi základními stavebními bloky: contexts, extensions, priorities a applications. Již anglické názvy napovídají, k čemu slouží každý blok a více ke každému pojmu budou popsány v následujících odstavcích.

Contexts

Vlastní soubor je rozdělen do několika kontextů, nebo lépe řečeno oddílů, které dělí dialplan na jednotlivé navzájem izolované části, pokud není specifikována interakce mezi nimi. Může být použito například pokud dvě společnosti používají jednu ústřednu Asterisk, nebo pro rozdělení práv pro volání do určitých skupin. Jednotlivé kontexty jsou zadávány do hranatých závorek, mohou být složeny ze znaků A-Z, a-z, 0-9, které mohou mít maximálně 79 znaků. Každý jeden oddíl je vždy ukončen až dalším kontextem. Každý číslovací plán na začátku obsahuje dva základní oddíly [general] a [globals]. Oddíl general slouží k obecnému nastavení plánu. V oddíle globals jsou definovány hlavně proměnné platné v rámci celého číslovacího plánu.

Extensions

Ve světě telekomunikací znamená tento pojem obvykle označení koncové stanice, tedy telefonní číslo. V případě Asterisku může být názvem prakticky jakýkoliv jednoznačně zadaný řetězec znaků. Umožňuje definovat souslednost kroků, které se mají vykonat, pokud se na vstup ústředny dostane řetězec shodný s proměnnou uloženou v *exten =>*. Konkrétní ukázka je na (Obr. 3.1), který obsahuje context [demo], a na základě libovolného vstupu bude hovor přeměrován do hlasového automatu předdefinovaných nahrávek Asterisku a po vytočení 600 bude hovor směřován na funkci *Echo test*.

Priorities

Každá extension obsahuje několik kroků, které se mají provést při splnění *exten =>*. Tyto kroky jsou prováděny podle čísla priority. Musí se vždy začínat od jedničky a pak se pokračuje dále. Je možné vytvořit si libovolné pořadí kroků, ale nejčastěji se používá

proměnná *n*, která je inkrementována a tím jsou aplikace spouštěny řádek po řádku. Tímto typem zápisu je možné se vyhnout přečíslování celé posloupnosti priorit, pokud je nutné vložit další krok na začátek řady. Ihned za číslo priority je možné uvést popisek do kulatých závorek. Slouží pro administrátora, pro lepší orientaci v pořadí jednotlivých aplikací a taky je možné se na ně odkazovat v aplikaci Goto().

Applications

Jsou to hlavní výkonné prvky celého číslovacího plánu. Každá aplikace vykonává určitou činnost na konkrétním kanálu. Aplikace se píšou jako poslední parametr pro dané číslo a můžou jím být přiřazeny různé parametry, které se píšou jak je zvykem i v jiných jazycích do kulatých závorek za danou funkci. Jsou aplikace jako Answer(), nebo Hangup(), které nepotřebují žádné další parametry pro svou funkci. Další jako například Playback() by měla mít v parametru zadáno co má přehrát.

Přehled některých aplikací a stručný popis:

- Answer(delay) - vyzvedne kanál při vyzvánění. Je možné zadat parametr delay, který zdrží vyzvednutí hovoru.
- Hangup() - bezpodmínečné rozpojení spojení.
- Busy(delay) – posílá pro daný kanál signál o obsazení cíle.
- Dial(type/identifier, timeout, options, URL) – tento příkaz vede k vytvoření spojení do daného kanálu. Po úspěšném spojení je zavolána automaticky funkce Answer. Používá se zejména k propojení dvou kanálů.
- Ringing() - indikuje vyzvánění.
- Wait(time[s]) – má pouze jediný argument, a to kolik sekund se má čekat. Během této doby jsou ignorovány všechny zvuky v kanále včetně DTMF volby.
- WaitExten(seconds) – čeká definovanou dobu na zadání volby účastníka.
- Goto(context,extension,priority) – používá se pro určení následujícího kroku, typicky se používá při přepojení do jiného kontextu.

- SendDTMF(digits[,timeout_ms[,duration_ms[,channel]]) – posílá příslušnou DTMF volbu, v závislosti na parametrech určitou dobu, v rozmezí do zvoleného kanálu.
- Log(<level>,<message>), pošle záznam s předdefinovaným textem do textové konzole Asterisku. Má celkem šest úrovní (ERROR, WARNING, NOTICE, DEBUG, VERBOSE, DTMF).
- Playtones – přehrává signalizační tóny, které jsou definované v souboru *indications.conf*, zvlášť pro každou zemi.
- BackGround – přehrává zvuk během čekání na další volbu, typické použití v IVR.
- NoOp – znamená doslova No Operation, je ale možné její pomocí vypsat cokoliv do textové příkazové řádky Asterisku včetně obsahu různých proměnných.

```
[demo]
include => stdexten
;
; We start with what to do when a call first comes in.
;
exten => s,1,Wait(1)           ; Wait a second, just for fun
exten => s,n,Answer           ; Answer the line
exten => s,n,Set(TIMEOUT(digit)=5) ; Set Digit Timeout to 5 seconds
exten => s,n,Set(TIMEOUT(response)=10) ; Set Response Timeout to 10 seconds
exten => s,n(restart),BackGround(demo-congrats) ; Play a congratulatory message
exten => s,n(instruct),BackGround(demo-instruct) ; Play some instructions
exten => s,n,WaitExten        ; Wait for an extension to be dialed.
;
; Create an extension, 600, for evaluating echo latency.
;
exten => 600,1,Playback(demo-echotest) ; Let them know what's going on
exten => 600,n,Echo                ; Do the echo test
exten => 600,n,Playback(demo-echodone) ; Let them know it's over
exten => 600,n,Goto(s,6)          ; Start over
```

Obr. 3.1: Část ukázkového číslovacího plánu ústředny Asterisk uloženého v souboru *extensions.conf*

Plný seznam všech aplikací dostupných v Asterisku je možné najít na [19], odkud byla část aplikací převzata a doplněna stručným popisem.

Asterisk umožňuje nastavit ještě celou řadu parametrů v sekci :

- `Static` – pokud nebude nastaven na `yes` může být přepsán funkci `pbx_config` při změně některé z linek.
- `Writeprotection` – nastavuje možnost přepsání číslovacího plánu z příkazové řádky Asterisku.
- `Autofallthrough` – umožňuje indikaci problému v podobě vhodného tónu směrem k volajícímu, pokud během zpracování dané položky dojde k chybě. Může taky dojít k rozpojení hovoru.
- `Clearglobalvars` – nastavují vymazání hodnot proměnných při opětovném načtení konfigurace příkazem `reload`.

3.3 Doplnkové služby

Hlavním cílem diplomové práce bylo propojení klasické ústředny Ericsson MD-110 a virtuální ústředny Asterisk pomocí linky QSIG. Tuto linku mezi ústřednami je možné uskutečnit i dalšími způsoby, například pomocí linky PRI. Hlavní výhodou použití tohoto řešení je, že signalizační protokol QSIG podporuje přenos řady doplňkových informací k hovoru. Pokud tedy jsou využívány některé doplňkové služby digitální ústředny je možné tyto funkcionality přenést i do nového systému. Rozšíří se tak možnosti připojení uživatelů ke stávající digitální ústředně o možnosti připojení dalších typů periférií jako například VoIP telefonů nebo klientského softwaru nainstalovaného na počítači koncového uživatele. A to vše při zachování všech výhod klasických ústřed.

Nabízí se otázka, proč se do něčeho takového vůbec pouštět a nekoupit raději celé hotové řešení, kterých je na trhu velká spousta. Odpověď je poměrně jednoduchá a člověk se nemusí ani moc zamýšlet. Je to otázka financí. Při nákupu kompletního nového řešení, se musí často změnit celá infrastruktura včetně všech koncových zařízení, telefonů i kabeláže.

Zachování stávajícího systému umožňuje ponechat systém starší generace beze změny. Ponechá se mu stávající funkčnost, není nutné kupovat nová zařízení ani budovat novou kabeláž. Může se hodit též při růstu společnosti a potřebě připojit více koncových stanic. K instalaci virtuální ústředny postačí stolní počítač opatřený vhodným operačním systémem. Po instalaci a odzkoušení systému může přijít na řadu připojování uživatelů. Zde opět existuje celá řada nabízejících se řešení v podobě VoIP telefonů nebo programových řešení do stolních počítačů či chytrých telefonů. Odpadá také nutnost tažení dvojí kabeláže odděleně pro počítačovou a telefonní síť, postačí natažení jedné tzv. konvergované kabeláže, která umožní jak připojení do sítě, tak k telefonní službě. Zjednoduší se tak celková síťová infrastruktura.

Problémem zůstává propojení těchto dvou dosud oddělených systémů. Z pohledu Asterisku a celé řady standardů, které podporuje, by problém neměl nastat. Dosud používané ústředny jsou zpravidla staršího data výroby a jsou na tom z tohoto pohledu hůře, je nutné přizpůsobit propojení jejich možnostem. Na základě možností stávajícího systému je nutné počítač s Asteriskem osadit rozšiřujícím zařízením podporujícím potřebné rozhraní. Na trhu je nabízena celá řada analogových digitálních i hybridních rozšiřujících karet.

3.3.1 Vytvoření klientů pro internetovou telefonii

Kvůli testování celého systému byly vytvořeny dva uživatelské účty pro připojení a volání pomocí signalizačního protokolu SIP. Mimo protokol SIP existují ještě další protokoly pro volání pomocí VoIP. Nabízí se ještě například protokol IAX, nebo třeba SCCP, proprietární protokol společnosti Cisco. Vytvoření uživatele spočívá v editaci příslušného souboru, v tomto případě *sip.conf*. Nejdříve je potřeba nastavit obecně platné proměnné v rámci celého kanálu SIP. Kompletní soubor všech proměnných obsahuje

soubor vytvořený jako vzor při instalaci Asterisku. Přehled některých možností, zejména těch co byly použity:

- context=public – nastavuje kontext číslovacího plánu pro příchozí volání,
- allowguest=no – zakáže možnost anonymních volání přes Asterisk,
- allowoverlap=no – očekává celé číslo najednou, není možná postupná volba účastníka,
- transport=udp – upřednostní UDP provoz pro přenos hovoru,
- udpbindaddr=0.0.0.0 – definuje, na které adrese SIP sever naslouchá,
- tcpenable=no – zakáže přenos přes TCP,
- disallow=all – zakáže používání všech kodeků (standardně jsou všechny povoleny),
- allow= – umožňuje povolit pouze některé standardy (například GSM, ALAW, G.711),
- dtmfmode=rfc2833 – definuje typ používané DTMF volby,

Vytvoření jednotlivých uživatelů probíhá ve stejném souboru jako obecné nastavení. Název uživatele se píše do hranatých závorek a následuje řada nastavitelných parametrů. Kompletní výčet možných nastavení je opět možné najít ve vzorovém konfiguračním souboru. Následuje ukázka základního nastavení pro jednoho uživatele.

```
[1122]
port=5060
context=public
type=friend
username=1122
userid="Ovesny Android" <1122>
callerid="Ovesny Android" <1122>
host=dynamic
secret=Heslo123
```

Výše definovaný uživatel je pojmenován 1122. Jako jméno uživatele je možné zvolit libovolnou kombinaci písmen a číslic. V případě propojování s klasickými telefony je ale praktické dávat jim pouze číselná jména, aby jim bylo možné zavolat. Je zde možné definovat vlastní kontext v rámci číslovacího plánu pro každého uživatele zvlášť. Volba

port nastavuje číslo UDP nebo TCP portu, na který se má uživatel připojovat. Položka *type* má celkem tři možnosti nastavení: *friend* (jsou umožněny oba směry pro volání), *peer* (slouží pro odchozí volání, typicky do sítě operátora), *user* (slouží zejména pro příchozí volání, nedá se na něj dovolat). Proměnná *callerid* nastavuje jméno volajícího, které je zobrazeno volanému. Jedná se o jeden z doplňkových parametrů, který bude následně testován v rámci celého systému. Poslední položka *secret* nastavuje heslo uživatele. Je možné použít i heslo šifrované pomocí algoritmu MD5.

Podobným způsobem byl vytvořen i druhý uživatel, zejména kvůli otázce testování.. Aby bylo možné si mezi sebou navzájem zavolat, je nutné si vytvořit příslušnou položku v daném kontextu číslovacího plánu. Následoval výběr vhodného SIP klienta. Testování VoIP hovorů probíhalo na mobilním telefonu s operačním systémem Android a na přenosném počítači se systémem Linux. Pro oba operační systémy existuje celá řada volně dostupných klientů, schopných se připojit k serveru SIP. Pro systém Android byl zvolen zdarma dostupný program Zoiper a na počítač byl nainstalován program Linphone. Oba programy byly vybrány zejména pro svou jednoduchost a přehlednost.

3.3.2 Chan_dahdi.conf

Pro správnou funkci přídatné karty Digium je potřeba správně ji nastavit. Většinu základních nastavení obstará skript *dahdi_genconf*, který vytvoří ukázkové konfigurační soubory. Soubor *chan_dahdi.conf* obsahuje řadu proměnných, které upravují spojení kanálem skrz dodatečný hardware. Definiuje zejména chování kanálu, typ signalizace, obsluhu doplňkových služeb. Je možné zde vytvořit i číslovací plán týkající se pouze tohoto kanálu. Následuje seznam některých proměnných se stručným popisem. Syntaxe vypadá vždy *proměnná='hodnota'*.

- *Context*, nastavuje kontext číslovací plánu pro příchozí volání.
- *Switchtype*, definuje typ linky u připojení PRI (možné nastavení: *national,dms100,4ess,5ess,euroisdn,qig*).
- *Overlapdial*, povolí overlap volbu volaného čísla. Je možné specifikovat směr, kterým je povolena. Přiřazením hodnoty 'yes' je povolena pro oba směry.

- `Facilityenable`, umožní přenos ISDN doplňkových služeb, jako například jméno volajícího.
- `Signaling`, nastavuje metodu signalizace v rámci kanálu. Umožňuje nastavení spousty signalizačních metod používaných v telekomunikačních systémech.
- `Usecallerid`, povoluje používání identifikace volajícího.
- `Callwaiting`, umožní pozdržení hovoru na lince.
- `Callwaitingcallerid`, zobrazí se jméno volajícího volanému i při probíhajícím hovoru.
- `Echocancel`, zapne funkci potlačení ozvěny.
- `Group`, sloučí více kanálů do jedné skupiny. Pomocí dalších dvou proměnných, `callgroup` a `pickupgroup` je možné upřesnit, které kanály mají být použity pro odchozí a které v příchozím směru.
- `Chanel`, použití vždy pod danou skupinou. Definuje, které kanály do dané skupiny patří.

Konfigurační soubor pro systém DAHDI byl nastaven podle doporučeného nastavení vygenerovaného aplikací `dahdi_genconf`, postačující pro vytvoření kanálu a možnosti přenosu hovoru. Soubor bylo nutné ještě doplnit o další parametry, umožňující zejména přenos doplňkových služeb. Ty budou postupně zmíněny v následujících kapitolách. Konečný konfigurační soubor `chan_dahdi.conf` použitý v rámci toho systému bude součástí příloh.

3.3.3 Tvorba číslovacího plánu

Systém má teď připojeny dva telefony používající kanál SIP, pod telefonními čísly 1122 a 2233 a linku propojenou na ústřednu MD-110, kde je nastavena testovací linka 7888, na které se při zavolání ozve přehrávaná hudba. Pro účel testování byl k digitální ústředně Ericsson ještě připojen telefon s linkou 7851. Jak již bylo řečeno, číslovací plán je vytvářen vlastním skriptovacím jazykem Asterisku a jeho malá ukázka se nachází na obrázku Obr. 3.1. Výsledný soubor použitý v tomto řešení bude součástí příloh.

Nejjednodušším případem je statický dialplan, který přímo definuje jednotlivá čísla. Pro začátek bylo nutné upravit vše tak, aby bylo možné si zavolat navzájem mezi SIP účastníky. Pro tyto uživatele byl v *sip.conf* nastaven výchozí kontext [public]. Poté je nutné vytvořit příslušnou sekci i v číslovacím plánu a nastavit seznam jednotlivých kroků, které má Asterisk udělat, pokud přijde dané číslo. Například tento řádek číslovacího plánu *exten => 1122,1,Dial(SIP/1122)* definuje linku 1122. Pokud někdo v příslušné sekci vytočí číslo 1122, spustí se funkce Dial, která má jako parametr nastaveno, že se jedná o rozhraní SIP a má volat uživateli 1122. Od této chvíle závisí na signalizačním protokolu SIP, aby vytvořil příslušné spojení. Takto je možné vytvořit každou položku zvlášť pro všechny připojené koncové stanice. Ke každému číslu je možné přidat případně více funkcí a jejich pořadí definovat pomocí priorit. Standardně se používá pouze priorita jedna a následuje seznam kroků s prioritou *n*, Asterisk se postará o inkrementaci proměnné v každém kroku.

Další možností je použití proměnných, které Asterisk používá. Pak by mohla daná položka vypadat například *exten => s,1,Dial(SIP/\${EXTEN})*. Písmeno *s* označuje jakoukoliv volbu, která je splněna vždy, když přijde libovolné číslo. Volené číslo je uloženo v proměnné *EXTEN* a pomocí předpisu *\${}* je možné získat její hodnotu. V tomto případě není nutné zadávat každou položku zvlášť. Zároveň se jedná o velmi nepraktické řešení, jelikož nebude-li žádný definovaný SIP uživatel, hovor skončí chybovou zprávou a nedojde k žádnému spojení. Jedná se o neošetřenou možnost a taky možné bezpečnostní riziko.

Nejčastější je použití vzorových předpisů. Například *exten => _9X.,1,Dial()* spustí pro každou příchozí volbu začínající číslicí 9, funkci *Dial* s příslušnými parametry. To je typické využití pro volání mimo místní síť. Při připojení do veřejné telefonní sítě linkou od telefonního operátora, se typicky využívá předpis *_0XXXXXXXXXX*, který znamená, že při vytočení 10-místného čísla začínajícího číslicí nula se číslo vytočí číslo přes danou veřejnou linku operátora.

Při konkrétní použití byla v souboru *extensions.conf* čísla využívající protokol SIP nadefinována přímo, kvůli jednoduchosti a snadné možnosti úpravy. Pro spojení mezi ústřednami byl použit předpis *_9XXXX* což znamená každá 5-místná volba začínající číslicí 9.

Konkrétní položka: `exten => _9XXXX,1,Dial(dahdi/g2/${EXTEN:1},10)` znamená, že pro každou volbu odpovídající předpisu bude spuštěna funkce *Dial*, která přes jeden z kanálů DAHDI vytočí dané číslo, bez počáteční číslice (`${EXTEN:1}`). Počet oříznutých číslic se definuje pomocí předpisu s dvojtečkou. Pro příchozí hovory od ústředny Ericsson byla vytvořena vlastní sekce [*dahdi*], definovaná jako výchozí pro kanál DAHDI v příslušném konfiguračním souboru. Ze strany MD-110 byla jejím administrátorem nastavena volba 98 pro přepojení linky do směru k Asterisku. Při dovolání se na virtuální ústřednu byla volajícímu přehrána uvítací nahrávka z dílny Asterisku. Během této nahrávky byla možná volba další linky.

Ze strany MD-110 se jednalo o volbu zadávanou přímo účastníkem. Tato volba je nazývána *overlap*. Hlavním znakem je, že jednotlivé číslice jsou posílány ihned po jejich stisku účastníkem. A vznikají tak mezi nimi různé časové prodlevy. Například protokol SIP odesílá vždy volbu celou najednou až po jejím zadání a potvrzení uživatelem. K tomu, aby Asterisk mohl přijímat volbu přímo zadávanou koncovým uživatelem, bylo nutné nastavit větší čekací dobu mezi jednotlivými číslicemi, než ji bude považovat za dokončenou. Parametry upravující nastavení příslušných dob čekání je možné změnit u příslušné volby parametrem `TIMEOUT(digit)='pocet_sekund'`. Dalším parametrem `TIMEOUT(response)='pocet_sekund'` je možné nastavit celkovou dobu pro zadávání. Po jejím uplynutí dojde k vyhodnocení volby Asteriskem. Výsledný použitý číslovací plán je přiložen v Příloze 1.

Nyní je systém nakonfigurován tak, že je možné se dovolat ze všech nastavených koncových zařízení všemi směry. Pro možnost ověření všech směrů byla ještě na ústředně MD-110 poskytnuta veřejná linka, na kterou bylo možné se dovolat z veřejné sítě.

3.4 Prezentace volajícího

Jedna z doplňkových služeb je prezentace volajícího, kdy volaný uvidí na displeji svého telefonu nejenom číslo, ale například i jméno volajícího. Tuto službu by měly podporovat obě ústředny. Nejdříve byla tato funkce vyzkoušena na telefonech připojených protokolem SIP. Ke každému uživateli v souboru `sip.conf` byl přiřazen parametr *callerid* s hodnotou jména uživatele, které se má zobrazit protistraně během vyzvánění. Po studiu

ukázkového souboru *sip.conf* obsahující všechny možnosti nastavení bylo ještě nutné v sekci *general* nastavit parametr *callinpres=allowed*, který umožní odesílání prezentace tohoto jména volanému. Následovalo uložení souboru a vynucení načtení tohoto nového nastavení do Asterisku příkazem *reload*. Po vyzkoušení bylo hned vidět, že identifikace přichází viz Obr. 3.2



Obr. 3.2: Výřez z aplikace Linphone při příchozím hovoru od druhého uživatele SIP

Nyní zbývalo ještě nastavit systém tak, aby procházela identifikace i mezi ústřednami a zobrazovala se na koncových stanicích. Ústředna MD-110 měla sama o sobě vše nastaveno a identifikace jména volajícího byla povolena. Na telefonech připojených přímo k ústředně se zobrazovalo jméno uživatele, který na něj volá, pokud bylo toto jméno nastaveno. K dispozici byl telefon připojen přímo do ústředny Ericsson na lince 7851, který disponoval displejem a měl správně nastavenou identifikaci. Při volání z této linky směrem do Asterisku se však zatím zobrazovalo pouze telefonní číslo.

Jelikož provoz mezi digitální a virtuální ústřednou probíhá po ISDN lince, která je připojená k Asterisku přes kanály ovládané rozhraním DAHDI, bylo potřeba upravit nastavení tohoto rozhraní. Při bližším zkoumání automaticky generovaného vzorového souboru *chan_dahdi.conf* a hledání bližších informací v dokumentaci Asterisk byly nalezeny informace, které by se měly nastavit, aby se identifikace mohla zobrazovat. [8].

Velké množství informací ohledně Asterisku obsahují i internetové stránky voip-info.org, zejména seznamy všech možných funkcí a proměnných včetně jejich popisu a demonstračních příkladů.

Konfigurace kanálů rozhraní DAHDI probíhá přes soubor *chan_dahdi.conf*. V tomto souboru byly, kromě již zmíněného základního nastavení, vloženy další parametry. První na řadě byly parametry *usecallerid=yes*, který zajišťuje přenos identifikace volajícího čísla, a *usecallername=yes*, který povoluje přenos jména volajícího. Pro použití změněného nastavení pro kanály využívajících DAHDI je nutné restartovat celou ústřednu Asterisk. Při zavolání funkce *reload* v příkazové řádce Asterisk, nemusí dojít ke změně všech změněných nastavení.

I přes tato nastavení se identifikace zobrazovala pouze ve směru od ústředny MD-110. Při volání z linky 7851 se zobrazilo číslo i celé jméno volajícího, ale v opačném směru stále jenom telefonní číslo. Pro nalezení příčiny problému byly postupně v příkazové řádce vypisovány proměnné pro daný hovor, které souvisí s identifikací. Ukázalo se, že ve směru od ústředny Ericsson jsou jméno a číslo volajícího správně uloženy do proměnných *callerid(name)* a *callerid(num)*. V opačném směru, volání na linku 7851 z telefonu 1122, byly obě proměnné rovněž naplněny správnými hodnotami, ale identifikace volajícího se přesto nezobrazovala. K dispozici byl i přístroj pro analýzu dat ve vícekanálových vedení. Bohužel ale toto zařízení dokázalo rozpoznat pouze zprávy se základními informacemi o probíhajícím hovoru. Zprávy doplňkových služeb tedy nebylo možné dekodovat.

Při bližším zkoumání manuálu Asterisku a postupným zkoušením různých řešení byl tento problém nakonec vyřešen. Bylo nutné přidat parametr *facilityenable=yes* do souboru *chan_dahdi.conf*. Po restartování Asterisku a použití daného nastavení se zapnula příslušná funkce *facility*, která obstarává předání doplňkových služeb z Asterisku do systému ISDN. V tomto okamžiku se zobrazuje jméno volajícího na telefonech volaných napříč celým systémem.

4 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo propojení virtuální ústředny Asterisk s klasickou digitální ústřednou Ericsson MD-110, doteď běžně používanou v mnoha organizacích. K tomuto propojení byla použita signalizace QSIG, zejména kvůli široké podpoře doplňkových služeb.

V úvodní části této práce byly zpracovány teoretické podklady týkající se komunikace a vývoje oblasti telekomunikací. Byly rozepsány hlavní znaky jednotlivých generací telefonních ústředn. V teoretické části byly také popsány základní principy analogové a digitální telefonie. Další část byla věnována signalizacím se zaměřením na signalizaci QSIG, která je podstatná v rámci propojení obou telefonních systémů. Závěr teoretické části se zabývá open source ústřednou Asterisk, jejími hlavními rysy a možnostmi jejího využití. Asterisk byl vyvinut jako reakce na předražené komerční telefonní systémy v roce 1999 Markem Spencerem. V dnešní době se jedná o hojně používané řešení v rámci internetové telefonie, zejména díky rozsáhlým možnostem propojení se staršími druhy telekomunikačních zařízení.

Byl také zmíněn stručný popis použité ISDN telefonní ústředny Ericsson MD-110 a rozšiřující karty Digium Wildcard TE110P, která podporuje rozhraní s časovým dělením kanálů.

V praktické části byla nejdříve rozebrána otázka výběru vhodného hardwaru pro instalaci virtuální ústředny. V tomto konkrétním případě byl použit klasický stolní počítač s procesorem od společnosti Intel. Vzhledem k tomu, že Asterisk je vyvíjen zejména pro systémy využívající linuxové jádro od verze 2.6., byl pro praktickou realizaci vybrán operační systém Gentoo. Pro instalaci Asterisku byly staženy balíky se zdrojovými kódy a doplňkové knihovny ze serveru asterisk.org. Asterisk byl nainstalován ve verzi 11.8.1 a doplňkové knihovny DAHDI ve verzi 2.9.1.1 a LibPRI ve verzi 1.4.

Dalším krokem bylo nainstalování správných ovladačů přídavného hardwaru a jejich přidání jako modulů do jádra operačního systému. Jelikož byla použita karta od společnosti Digium, která se podílí na vývoji samotného Asterisku, byly tyto ovladače přímo součástí nainstalované knihovny DAHDI. Stačilo tedy přidat příslušný modul do jádra systému.

Po zprovoznění všech součástí systému následovalo přidání VoIP klientů pomocí protokolu SIP, kvůli možnostem testování. Jeden účastník byl připojen na mobilním telefonu s operačním systémem Android a druhý na počítači s operačním systémem Linux. Dalším krokem bylo vytvoření číslovacího plánu, aby bylo možné telefony navzájem propojit. Číslovací plán prošel několika modifikacemi. Jeho konečná verze je přiložena v Příloze 1.

Důležitou částí práce bylo nastavení rozhraní DAHDI. Vzhledem k rozsáhlému popisu ukázkových konfiguračních souborů nebyl problém nastavit systém pro volání i mezi ústřednami. Pro zprovoznění kompletní identifikace volajícího všemi směry bylo nutné hlubší studium manuálů k ústředně Asterisk. Po nastavení funkce *Callerid* v konfiguračním protokolu SIP a povolení přenosu identifikace byla umožněna kompletní identifikace volajícího klienta. Pro rozhraní DAHDI bylo nutné nastavit více parametrů, povolujících zobrazení jména volajícího. Ani při ručním nastavení proměnných obsahujících identifikaci se jí nepodařilo zobrazit na digitálním telefonu připojeném k ústředně MD-110. Nakonec byl i tento problém odstraněn povolením funkce *facility*, která má v Asterisku za úkol předání identifikace volajícího z rozhraní DAHDI do kanálu ISDN. Po nastavení tohoto parametru prochází identifikace volajícího všemi směry daného telefonního systému.

5 Použité zkratky

bit/s	datová rychlost, udává počet bitů přenesených za jednu sekundu
BRI	Basic Rate Interface, základní rozhraní ISDN
DAHDI	(Digium/Asterisk Hardware Device Interface), knihovna ovladačů pro rozšiřující karty podporující jiné telekomunikační systémy
DTMF	Dual-tone multi-frequency, dvoutónová multi frekvenční volba
GNU	jedná se o rekurzivní zkratku: GNU is Not Unix, GNU není unix
GPL	General Public License, licence pro svobodný software, umožňující jeho volné používání a úpravu, ale zároveň příkazují poskytnutí upraveného kódu rovněž volnému užívání
ISDN	Integrated Services Digital Network, digitální síť integrovaných služeb
IVR	Interactive Voice Responce, hlasové menu ovládané účastníkem
LAPD	Link Access Procedure on the D Channel
LIM	Line Interface modules, modulární bloky, ze kterých se skládá ústředna Ericsson MD-110
MDF	Main distribution frame, rozhraní pro proprietární propojení jednotlivých kabinetů v ústředne Ericsson MD-110
MD5	Šifrovací algoritmus
NT1	Network termination 1
POTS	Plain ordinary telephone service, označuje klasickou pevnou analogovou telefonní síť
PRI	Primary Rate Interface, rozšířený typ ISDN rozhraní

PTN	Privat Telecommunication Network, privátní telekomunikační síť, typicky v rámci jedné organizace
PTNX	Privat Telecommunication Network Exchange, ústředna použitá v PTN
RM OSI	Open System Interconnection, model sítě rozděluje komunikaci do jednotlivých vrstev a pro každou vrstvu je definována určitá činnost
SCCP	Skinny_Client_Control_Protocol
SS7	Signaling System No 7, signalizační protokol číslo 7, někdy též označován jako CCS7 (Common Channel Signaling 7)
SSH	Secure Shell, zabezpečený komunikační protokol používaný v počítačových sítích
SSL	Secure Sockets Layer, algoritmus pro šifrovaná data na čtvrté vrstvě OSI modelu
TA	Terminal adapter, zařízení převádějící síť ISDN na POTS
TE1	Terminal equipment, koncové zařízení na ISDN rozhraní S
TEI	Terminal Endpoint Identifier, 7-bitový identifikátor zařízení na S/T ISDN sběrnici
TLS	Transport Layer Security, algoritmus pro šifrovaná data na čtvrté vrstvě OSI modelu
VOIP	Voice over Internet Protocol, internetová telefonie

6 Zdroje

- [1] PRŮCHA, Svatopluk, PRAGER, Emanuel. Signalizace v telekomunikačních sítích. 1. vydání. Olomouc: Moravské tiskařské závody, 1979. 232 stran
- [2] BALOUN, Josef, BEZPALEC, Pavel, STRNAD, Ladislav. Uživatelské rozhraní ISDN. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2006. 108 s. ISBN 80-01-03388-0
- [3] ETS 300 172. Private Telecommunication Network (PTN); Inter-exchange signalling protocol , Circuit mode basic services (online doporučení). France, Sophia Antipolis. ETSI, 1992. ICS: 33.080. K dispozici na (staženo 7.2.2014): http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300100_300199/300172/02_60/
- [4] ETS 300 238. Private Telecommunication Network (PTN); Inter-exchange signalling protocol , Name identification supplementary services (online doporučení). France, Sophia Antipolis. ETSI, 1993. ICS: 33.080. K dispozici na (staženo 7.2.2014): http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300200_300299/300238/01_60/
- [5] ETS 300 239. Private Telecommunication Network (PTN); Inter-exchange signalling protocol Generic functional protocol for the support of supplementary services (online doporučení). France, Sophia Antipolis. ETSI, 1993. ICS: 33.080. K dispozici na (staženo 7.2.2014): http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300200_300299/300239/01_60/
- [6] ETS 300 257. Private Telecommunication Network (PTN); Inter-exchange signalling protocol Diversion supplementary services (online doporučení). France, Sophia Antipolis. ETSI, 1993. ICS: 33.080. K dispozici na (staženo 7.2.2014): http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300200_300299/300257/01_60/
- [7] ETS 300 257. Private Telecommunication Network (PTN); Inter-exchange signalling protocol Call transfer supplementary service (online doporučení). France, Sophia Antipolis. ETSI, 1993. ICS: 33.080. K dispozici na (staženo 7.2.2014): http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300200_300299/300261/01_60/
- [8] Jim Van MEGGELEN, Leif MADSEN, Jared SMITH. Asterisk : The Future of Telephony. USA, O'Reilly Media. 2007, 2. vydání, 574 s. ISBN-10: 0-596-51048-9
- [9] VOZŇÁK, Miroslav. Spojovací systémy. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2009. 196stran
- [10] BAZALA, David. Telekomunikace a VoIP telefonie. Praha: BEN – technická literatura. 2006, 1. vydání. 222 stran.

- [11] TELEFONNÍ ÚSTŘEDNY ASTERISK [online]. VOZŇÁK, Miroslav. Vydáno 2008. dostupné z (20.5.2014):
www.ip-telefon.cz/archiv/.../ipt-2008_Telefoni_ustredny_Asterisk.pdf
- [12] MD 110/20 - "The Greatest Little System in the World" [Online]. Britt-Inger Eriksson and Sven-Ake Forssell. Vydáno 1988. Dostupné z (13.4.2014):
http://ericssonhistory.com/global/Ericsson%20review/Ericsson%20Review.%201988.%20V.65/PDF/Ericsson_Review_Vol_65_1988_4.pdf
- [13] MD110 Convergence Communications System [online]. Vydáno v lednu 2005. Ericsson Enterprise AB. Dostupné z (15.4.2014):
http://www.ericssoncs.com/support/pdf/Ericsson_MD110Convergence.pdf
- [14] Komprese dat u ISDN [online]. Ing. Vladislav ŠKORPIL, CSc., Ing. Tomáš PROCHÁZKA. Vydáno 19.12.2002, dostupné z (8.2.2014):
<http://www.elektrorevue.cz/clanky/02068/index.html>
- [15] Telefon - jeden z největších vynálezů lidstva. Iveta Hamouzová, vydáno 14. 2. 2011. Dostupné z (7.2.2014):
<http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/veda-a-technika/5636-telefon-jeden-z-nejvetsich-vynalezu-lidstva/>
- [16] Asterisk [online]. Digium, INC. Vydáno 2014. Dostupné z (březen 2014):
<http://www.asterisk.org/>
- [17] QSIG [online]. Who, vydáno 4.1.2007. dostupné z (4.2.2014):
<http://codeidol.com/telecommunications/voiceip/Basic-Telephony-Signaling/QSIG/>
- [18] Digium Wildcard TE110P [online], poslední revize srpen 2012. Dostupné z (6.3.2014): <http://www.voip-info.org/wiki/view/Digium+Wildcard+TE110P>
- [19] Asterisk - documentation of application commands [online], poslední revize červenec 2012. Dostupné z (17.3.2014):
<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+-+documentation+of+application+commands>
- [20] Konfigurace Asterisku (7) - User, peer a friend, [online]. Petr Hruška. Vydáno 23.5.09, dostupné z (12.4.14):
<http://www.telegro.cz/2009/05/23/konfigurace-asterisku-7-user-peer-friend>

7 Přílohy

Příloha 1

_____extensions.conf_____

[general]

static=yes

writeprotect=no

clearglobalvars=no

[globals]

CONSOLE=Console/dsp

TRUNK=dahdi/g2

TRUNKMSD=1

[dahdi]

include=test

exten => s,1,Wait(1)

exten => s,n,Answer

exten => s,n,Set(TIMEOUT(digit)=5)

exten => s,n,Set(TIMEOUT(response)=10)

exten => s,n(restart),BackGround(demo-congrats)

exten => s,n,WaitExten

exten => s,n,Noop(\${CALLERID(all)}, \${EXTEN})

exten => 1234,1,Dial(SIP/\${EXTEN})

exten => 1234,n,Hangup

[public]

include => test

[test]

;include => demo

exten => 1122,1,NoOp(vola: \${CALLERID}, \${USERID})

exten => 1122,n,NoOp

exten => 1122,n,NoOp(connected: \${CONNECTEDLINE(name,i)}, \${SIPPEER(\${EXTEN}})

exten => 1122,n,Dial(SIP/1122)

exten => 1122,n,Hangup()

exten => 2233,1,Noop(\${CALLERID(all)})

exten => 2233,n,Dial(SIP/2233)

exten => 2233,n,Hangup()

```
exten => 3344,1,Noop(${CALLERID(all)})  
exten => 3344,n,Dial(SIP/3344)  
exten => 3344,n,Hangup()
```

```
exten => _9.,1,Dial(dahdi/g2/${EXTEN:1},10)  
exten => _9.,n,Hangup()
```


Příloha 3

_____chan_dahdi.conf_____

```
[channels]
allowoverlap=yes
context=dahdi
switchtype=qsig
signalling=pri_cpe
facilityenable=yes
usecallerid=yes
usecallername=yes
usecallingpres=yes
hidecalleridname=no
callwaiting=yes
usecallingpres=yes
callwaitingcallerid=yes
threewaycalling=yes
transfer=yes
canpark=yes
cancallforward=yes
callreturn=yes
echocancel=no
echocancelwhenbridged=no
group=1
callgroup=1
pickupgroup=1
group=2
channel=1-15
channel=17-31
```