

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VoIP telefonie na ZČU

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá nasazení VoIP technologie na ZČU. První část popisuje obecný princip přenosu telefonních hovorů po IP síti. Další část pojednává o připojení VoIP terminálu do telefonní sítě ZČU. V prvním kroku je popsáno připojení a prozkoumání parametrů telefonního adaptéru SPA2102 do telefonní sítě ZČU. Druhým krokem je samotné nastavení potřebných parametrů pro funkčnost volání přes počítačovou IP síť. To se úspěšně povedlo. Další krok spočívá v nastavení hlasové brány a možnosti volání jak přes VoIP tak přes klasickou telefonní síť PSTN. Třetí část je zaměřena na nasazení VoIP technologie na ZČU.

Klíčová slova

IP telefonie na ZČU, VoIP, kodeky, protokol H.323, SIP

Abstract

This thesis deals with the deployment of VoIP technology on UWB. The first part describes the general principle of transmission of telephone calls via an IP network. Another section discusses the VoIP terminal connection to the telephone network of UWB. The first step explains how to connect and explore the parameters SPA2102 Phone Adapter to the telephone network of UWB. The second step is the actual setting parameters required for calling functionality via computer IP network. It been successfully managed. The next step is to set the voice gateway and call options over both VoIP and traditional telephone via the PSTN. The third part focuses on the deployment of VoIP technology on UWB.

Key words

IP telephony on University of West Bohemia, VoIP, protocol H.323 and SIP

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 26.5.2016

Vojtěch Klíma

Obsah

OBSAH	6
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
1 ÚVOD	10
2 HISTORIE	11
3 DRUHY TELEFONNÍCH SÍTÍ	11
3.1 VEŘEJNÁ TELEFONNÍ SÍŤ	11
3.2 MOBILNÍ TELEFONNÍ SÍŤ	12
3.3 SOUKROMÉ MOBILNÍ SÍTĚ	12
3.4 IP SÍŤĚ	12
4 ZPRACOVÁNÍ HLASU	13
4.1 DIGITALIZACE ANALOGOVÉHO SIGNÁLU	13
4.2 KOMPRESCE.....	14
4.3 KODEKY	15
4.3.1 Kodek G.711	15
4.3.2 Kodek G.723.1	15
4.3.3 Kodek G.726	15
4.3.4 Kodek G.729	16
4.3.5 Kodek G.729a	16
4.3.6 Kodek GSM.....	16
4.3.7 Kodek iLBC.....	17
4.3.8 Kodek SPEEX.....	17
5 SIGNALIZAČNÍ PROTOKOLY	17
5.1 H.323	17
5.1.1 H.323 verze 1	19
5.1.2 H.323 verze 2	20
5.1.3 H.323 verze 3	20
5.1.4 H.323 verze 4	20
5.1.5 H.323 verze 5	20
5.1.6 H.323 verze 6	21
5.1.7 H.323 verze 7	21
5.2 SIP.....	21
5.2.1 Architektura a komponenty SIP	22
5.2.2 Metody a odpovědi v SIP	23
5.2.3 Adresace a signalizace	24
6 OVĚŘENÍ PŘIPOJENÍ VOIP TECHNOLOGIE NA ZČU	27
6.1 PROZKOUMÁNÍ PARAMETRŮ KONFIGURAČNÍ NABÍDKY	27
6.2 PARAMETRY OD POSKYTOVATELE VOIP	29
6.3 DŮLEŽITÉ PARAMETRY K NASTAVENÍ.....	30
6.3.1 Dial Plan.....	30
6.3.2 Pravidla tónů	31
6.4 NASTAVENÍ VOIP PRO ZČU	32
7 NASAZENÍ VOIP TECHNOLOGIE NA ZČU	36
8 ZÁVĚR	40
9 SEZNAM LITERATURY	41

10 PŘÍLOHY.....42

Seznam symbolů a zkratek

ACELP – Algebraic code-excited linear prediction
ADPCM – Adaptive differential pulse code modulation
ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line
BI-LPC – Block Independent Linear Predictive Code
CEPL – Code Excited Linear Prediction
CS-ACELP – Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction
DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EFR – Enhanced Full Rate
FR – Full Rate
GEF – Generic Extensibility Framework
GK – Gatekeeper
GSM – Globální Systém pro Mobilní komunikaci
GW – Gateway
HR – Half Rate
HTTP - Hypertext Transfer Protocol
IETF – Internet Engineering Task Force
iLBC – Internet Low Bitrate Codec
IP – Internet Protocol
ISDN – Integrated Services Digital Network
ITU – International Telecommunication Union
LAN – Local Area Network
MCU – Multipoint Control Unit
MMUSIC – Multiparty Multimedia Session Protocol
MOS – Mean Opinion Score
MP-MLQ – Multi-pulse Maximum Likelihood Quantization
PCM – Pulse-code modulation
PSTN – Public switched telephone network
QoS – Quality of Service
RAS – Registration Admission, Status
SDP – Session Description Protocol
SIP – session Initiation Protocol
TPC – Transmission Control Protocol

UA – User Agent

UAC – User Agent Client

UAS – User Agent Server

UDP – User Datagram Protocol

UTP – Unshielded Twisted Pair

VoIP – Voice over internet protokol

1 Úvod

Úkolem této práce je prostudovat principy přenosu telefonních hovorů přes počítačovou síť VoIP, ověřit funkčnost připojení VoIP terminálu do telefonní sítě ZČU a popis parametrů a implementované funkce.

První kapitola je zaměřena na historii vzniku telefonie a důležité okamžiky při vývoji. V druhé kapitole se dozvíme, jaké jsou druhy sítí využívané pro komunikace mezi účastníky. Třetí část je zaměřena na zpracování hlasu. V této části se dozvíme o digitalizaci hovorového signálu a o použití komprese, která snižuje nároky na šířku pásma. Je zde uveden popis jednotlivých kodeků využívaných v digitální telefonii a přehled jejich parametrů. Čtvrtá část detailně popisuje dva nejpoužívanější a nejrozšířenější signalizační protokoly využívané ve VoIP. Poslední část této práce je zaměřena na popis parametrů použité pro nastavení VoIP terminálu a konkrétní nastavení telefonního adapteru (brány) využité pro telefonní síť na ZČU a pro komerční uživatele.

2 Historie

V roce 1875 byl vynalezen první telefonní přístroj, který sestrojil Alexander Graham Bell, tím se změnila a usnadnila komunikace hlavně na delší vzdálenosti. Tato možnost komunikace zlepšila perspektivu policejní a hasičské služby, mohly se rychleji dozvědět o případných požárech či krádežích a mnoho dalších zločinech.

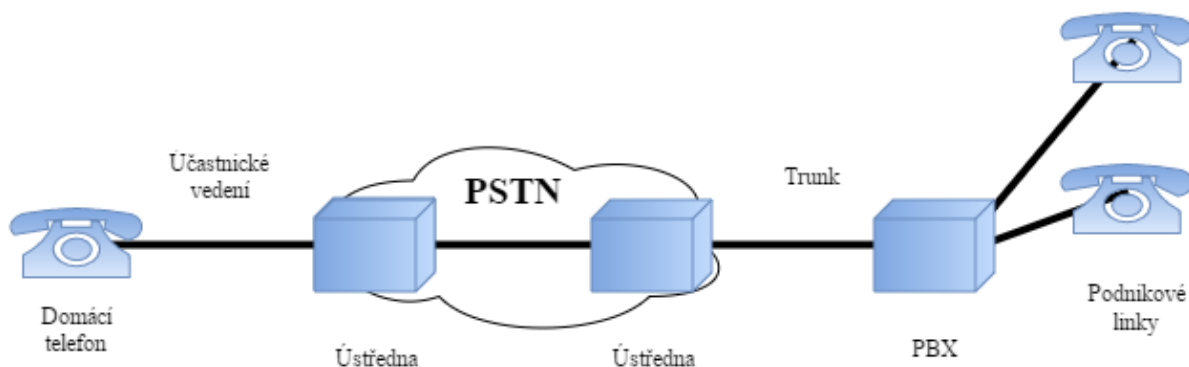
Přenos hlasových hovorů byl průběhem času zdokonalován a vyvíjely se nové možnosti přenosu. Jednou z nich je digitalizace řeči, která má lepší vlastnosti na přenos takto zpracovaného signálu. Dalším krokem je přenos telefonních hovorů po počítačové síti, která byla objevena v roce 1995 izraelskou firmou Vo-caltec, se svým novým revolučním trendem se jménem "Internet Phone", který uskutečňoval hovor z jednoho PC na druhý pouze za pomoci použití softwaru. Hlavní výhodou internetové telefonie je relativní úspora nákladů, toho využily především velké firmy.

3 Druhy telefonních sítí

3.1 Veřejná telefonní síť

Veřejná telefonní síť nebo hovorově „pevná telefonní síť“ je označena jako PSTN (Public Switched Telephone Network), což můžeme přeložit do českého jazyka jako „Veřejná přepínatelná telefonní síť“. Veřejná telefonní síť je určena pro veřejné účastníky, která umožňuje přenos řeči mezi dvěma koncovými zařízeními, ale i jiné možnosti komunikace jako je fax nebo přenos dat. Koncová zařízení (telefonní přístroje) jsou spojeny účastnickým vedením s telefonní ústřednou.

Postupem času se začalo digitalizovat i v telekomunikační technice. Analogové telefonní sítě postupně přecházely na digitální, kvůli lepšímu přenosu a snadnější zpětné rekonstrukci telefonního hovoru. Postupně se zavedla technologie ISDN (Integrated Services Digital Network) a technologie ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).



Obrázek 1 Schéma veřejné telefonní sítě

Dalším představitelem je VoIP (Voice over Internet Protocol). Tato technologie umožňuje přenos hlasu v digitalizované podobě pomocí paketů rodiny protokolů UDP/IP/TCP prostřednictvím počítačové sítě nebo dalších medií využívající protokol IP.

3.2 Mobilní telefonní síť

Mobilní nebo bezdrátové telefonní sítě vznikly v 70. letech 20. století. Mobilní sítě využívaly pro přenos hlasu rádiových frekvencí. Uživatel se může pohybovat po oblasti, kde je pokrytí touto sítí. Jedna z prvních technologií byla technologie NMT (Nordic Mobile Telephone), která využívala analogovou technologii tzv. první generace (1G) pracující na frekvenci 450MHz.

S příchodem digitalizace na začátku 80. let přišla i nová technologie GSM (Globální Systém pro Mobilní komunikaci) původní znění bylo z francouzštiny „Groupe Spécial Mobile“. GSM pracuje v České Republice na frekvencích 900, 1800 MHz.

3.3 Soukromé mobilní síť

Soukromá (privátní) telefonní síť, je skupina telefonních přístrojů připojených k telefonní pobočkové ústředně, za pomoci ústředny jsou připojeny také k veřejné telefonní síti. Soukromá síť je primárně určena ke komunikaci uvnitř sítě, kterou hlavně využívají firmy. Používá se technologie DECT.

3.4 IP síť

IP sítě jsou sítě využívající protokol TCP/IP a pomocí něhož je umožněn přenos hlasu po

datových sítích. Jedná se tedy o přenos hlasu po internetové struktuře. K uskutečnění hovoru po IP síti můžeme použít IP telefon nebo PC s mikrofonom a sluchátky popřípadě můžeme použít analogový telefonní přístroj připojený přes VoIP bránu.

4 Zpracování hlasu

4.1 Digitalizace analogového signálu

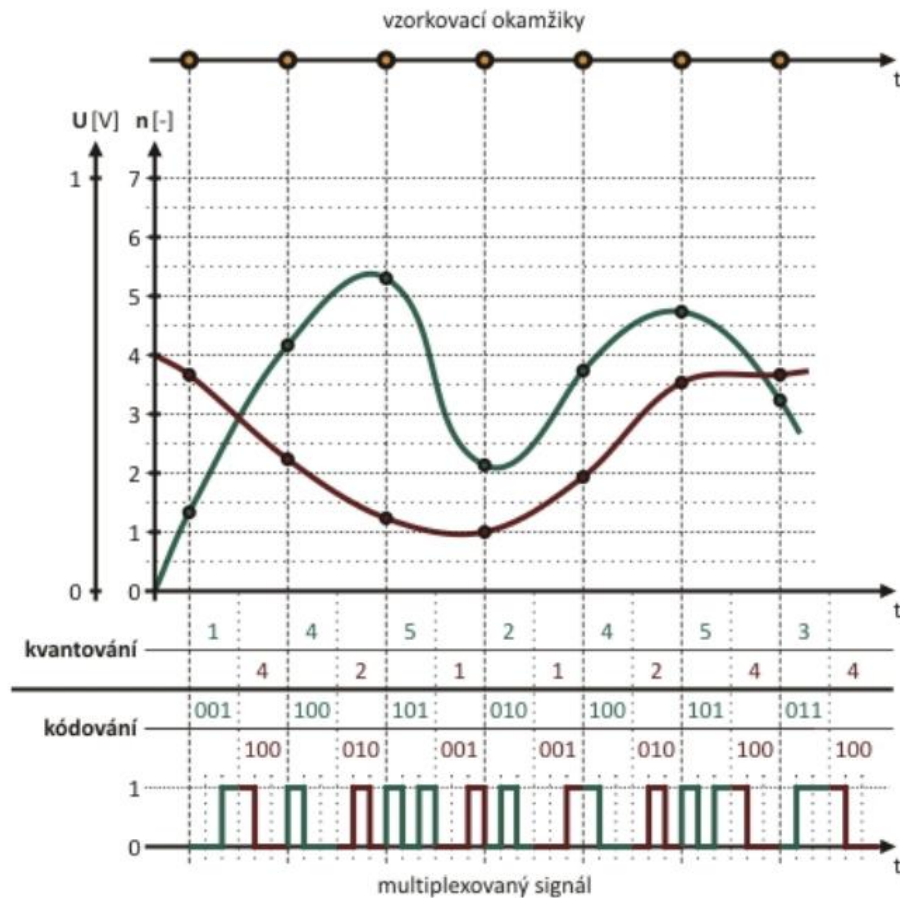
Lidský hlas ve formě zvukové vlny musíme převést na elektrický signál pomocí mikrofону. Převedený signál pomocí mikrofónu je v analogové podobě tzn., že analogový signál je spojitý v čase i amplitudě.

Analogový signál je potřeba převést do digitální formy, aby jej bylo možné přenášet v digitální síti, k tomu se využívá PCM modulace. Prvním krokem je vzorkování analogového signálu, kdy v pravidelných časových úsecích vytváříme vzorky. Tyto vzorky se vzorkují vzorkovací frekvencí $f_v = 8\text{kHz}$ pro telefonní signály, který vyplývá ze Shannonova vzorkovacího teorému. Viz: (4.1). Tímto krokem provádíme operaci, kterou vznikne nespojitý signál v čase, ale stále spojitý v amplitudě nabývající libovolných hodnot amplitudy.

$$f_v > 2 * f_{max} \quad (4.1)$$

Druhým krokem je tzv. kvantování, kdy libovolnou velikost amplitudy rozdělíme na přesně definovaný počet intervalů. Jednotlivým intervalům přiřadíme jedinou konkrétní hodnotu tzv. kvantizační úroveň. Hodnotám spadajícím do jednoho intervalu je poté přidělena jedna kvantizační úroveň. Tímto procesem jsme získali diskrétní signál nespojitý jak v čase, tak v amplitudě.

V třetím a posledním kroku digitalizace nazvaným kódování přiřadíme jednotlivým kvantizačním úrovním jedinečný kód. Pro kódování se využívá binární soustavy nul a jedniček. Pro lepší kvalitu signálu potřebujeme více kvantizačních hodnot a tím i vícebitové kódování. Nyní jsme získali digitální signál jak je vidět na Obrázek 2.



Obrázek 2 Digitalizace analogového signálu [2]

4.2 Kompresie

Kompresie nebo také kódování má za úkol snížení počtu bitů digitálního hovorového signálu, které také sníží přenosovou rychlost (datového toku) a nároky na přenosovou cestu. Kompresí odstraňujeme přebytečnou (redundantní) část signálu, která nemusí být přenášena a nijak neovlivní srozumitelnost při zpětné dekompresi. Kompresie a následná dekomprese je realizována tzv. kódovacími a dekódovacími algoritmy, zkráceně kodeky. Tyto algoritmy jsou implementovány v softwaru koncových zařízení nebo bran ve VoIP síti. [2]

Kompresie dělíme na dvě skupiny a to na bezztrátovou kompresi, která zachovává veškerou informaci původního hovorového signálu a dosahuje až polovičního datového toku. Druhou je ztrátová komprese, která dosahuje až 5% původního datového toku. Ztrátová komprese využívá speciálních algoritmů pro snížení objemu dat. Ztrátová komprese obecně

využívá nedokonalosti lidského ucha. Příkladem je využití maskovacího jevu, kdy dochází k navýšení šumu a tím dojde ke snížení bitovosti.

4.3 Kodeky

Nejvíce používané jsou kodeky normované mezinárodní normovanou unií ITU (International Telecommunication Union) z řady G.7xx. Další používané kodeky jsou GSM, iLBC a speex. Srovnání jednotlivých kodeků ukazuje Tabulka 1.

4.3.1 Kodek G.711

Je standardem pro PSTN. Využívá osmibitového kódování s 8000 vzorky za sekundu a přenosovou rychlostí 64 kbit/s. Dříve využívalo 13 bitů, které jsou převáděny na zmiňovaných 8 bitů pomocí nelineární komprese. Nelineární komprese se využívá zejména díky vlastnostem lidského ucha. Kdy při nízkých úrovních signálu vnímá změnu intenzity více než při vyšších úrovních. Dalším důvodem je, že v řečovém signálu se více objevují vzorky s nižší intenzitou akustického tlaku. Pro tento převod existují dvě možnosti kódování. Jedená se o A-law a μ -law. V Evropě A-law se využívá pro úpravu dynamického rozsahu signálu a v Severní Americe a Japonsku se používá μ -law, který využívá vyšší komprese, protože se hovor přenáší v 7 bitech a osmý bit se využívá pro signalizaci.

4.3.2 Kodek G.723.1

Kodek využívá velkých kompresních poměrů pro snížení přenosové rychlosti. Tento kodek zpracovává hovorový signál o délce 30 ms a využívá dvou kódování: MP-MLQ (Multi-pulse Maximum Likelihood Quantization) nebo ACELP (Algebraic code-excited linear prediction). MP-MLQ používá přenosovou rychlost 6,3 kbit/s a ACELP používá 5,3 kbit/s. Tento kodek je patentován a je nutné si zakoupit licenci pro jeho používání.

4.3.3 Kodek G.726

Kodek používá ADPCM kódování (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) a přenosové rychlosti 16, 24, 32 a 40 kbit/s. Tento kodek je alternativou pro G.711 a ušetření šířky pásma. Nižší přenosové rychlosti slouží na provoz v zahlceném kanálu.

4.3.4 Kodek G.729

Kodek používá algoritmu CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction). Kodek zpracovává hovorový signál o délce 10 ms se vzorkovací frekvencí 8 kHz a přenosovou rychlostí 8 kbit/s. Tento kodek je zpoplatněn kvůli licencím.

4.3.5 Kodek G.729a

Tento kodek je upravenou verzí kodeku G.729 se sníženou náročností na výpočetní algoritmy, ale to snižuje kvalitu přenášeného hovorového signálu. Kodek je též zpoplatněn, ale přesto se hojně používá.

Tabulka 1 Vlastnosti jednotlivých kodeků

kodek	přenosová rychlost [kbit/s]	MOS
GSM EFR	12,2	4,5
iLBC	15,2	4,14
G.711	64	4,1
G.729	8	3,92
G.723.1	5,3/6,3	3,8/3,9
G.726	32	3,85
GSM FR	13	3,7
G.729a	8	3,7
GSM HR	5,6	3,5
SPEEX	2,15-22,6	-

MOS (Mean Opinion Score) je číselné vyjádření kvality hovorového signálu přenášené různými kodeky. Kvalita hovorového signálu je v rozsahu od 1 do 5, přičemž hodnota 5 odpovídá největší kvalitě.

4.3.6 Kodek GSM

Kodek GSM pochází z mobilních sítí a není licencován. GSM kodek má rychlejší zpracování než kodeky založené na CEPL kódování, které využívají kodeky z řady G.7xx. Tento kodek má několik modifikací, které jsou FR (Full Rate), HR (Half Rate) a EFR (Enhanced Full Rate). HR používá sníženou přenosovou rychlost na polovinu oproti FR. Nejpoužívanější z těchto tří modifikací kodeku GSM je EFH, který má největší kvalitu hovorového signálu.

4.3.7 Kodek iLBC

Kodek iLBC (internet Low Bitrate Codek) byl vyvinut společností Global IP Solutions (GIPS). Kodek je patentován a pro jeho využití postačí pouhá registrace. Používá vzorkovací frekvenci 8 kHz a 16 bitové kódování. Použitý algoritmus BI-LPC (Block Independent Linear Predictive Coding) umožňuje podle aktuálních podmínek (ztráty, zpoždění v síti) měnit parametry (kvalitu, přenosovou rychlost) kódování. [2]

4.3.8 Kodek SPEEX

Tento kodek využívá tři vzorkovacích frekvencí 8 kHz, 16 kHz a 32kHz v závislosti na podmínkách v síti respektive na kapacitě přenosového kanálu. Při zachování kvality srozumitelnosti dosahuje velmi slušných kompresních poměrů, které využívají ztrátovou kompresi.

5 Signalizační protokoly

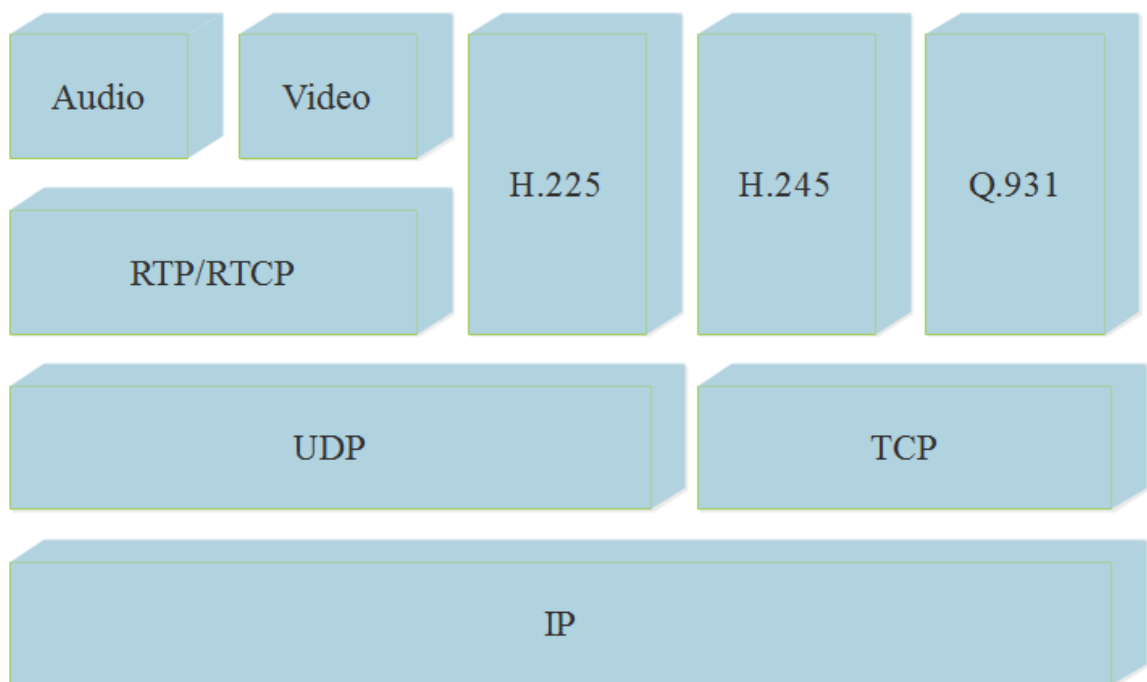
Signalizační protokoly slouží k navázání spojení, udržení spojení a ukončení spojení mezi koncovými zařízeními, případně mezi koncovým zařízením a centrální ústřednou. Většina VoIP systémů podporuje víc signalizačních protokolů, které umožňují uživatelům lepší rozhodovací svobodu v použití různých signalizačních protokolů. Signalizační protokoly dělíme na standardizované (H.323, SIP, MGCP a další) a na lokální protokoly (např. SKINNY od firmy Cisco nebo známý SKYPE). Mezi běžně používané standardizované signalizační protokoly patří protokol H.323 a protokol SIP.

5.1 H.323

Internetová telefonie měla zásadní problém se vzájemnou komptabilitou v začátcích, nyní komptabilitu řeší standardy a jedním z prvních nejznámějších standardů je H.323. Tento standard je tzv. zastřešující, to znamená, že se odkazuje na celou řadu jiných standardů. Standard vyvinula Mezinárodní telekomunikační unie (ITU), která se zabývá multimediální komunikací (audio, video a data) v LAN síti nenabízející žádnou garanci kvality služby (QoS – Quality of Service), přičemž audio (hovorové) komunikace jsou povinné, datová a video komunikace jsou nepovinné. H.323 umožňuje propojení systémů, které nemají stejné vlastnosti, např. při video konferenci s obrazovým přenosem i zvukem může tuto

videokonferenci přijímat zařízení, které pracuje pouze se zvukovým signálem. Standard vznikl pro účely videokonference v síti LAN, ale později byl využit pro IP telefonii. H.323 se skládá z několika protokolů, které se zabývají jinou částí signalizace. Protokolovou architekturu H.323 ukazuje Obrázek 3.

Pro signalizaci hovoru je použit protokol H.225, který definuje signalizační zprávy pro sestavení spojení, dohled a pro rozpojení spojení. Protokol H.255 RAS (Registration, Admission, Status) zajišťuje komunikaci mezi GK a koncovým zařízením. Stará se o registraci, šířku pásma a další. Další částí je protokol H.245, který se stará o správné dohadování kodeků a vyjednává správné vlastnosti přenosového kanálu. Protokol H.235 zajišťující bezpečnost a procedury pro šifrování. Q.931 se stará o navázání, udržení

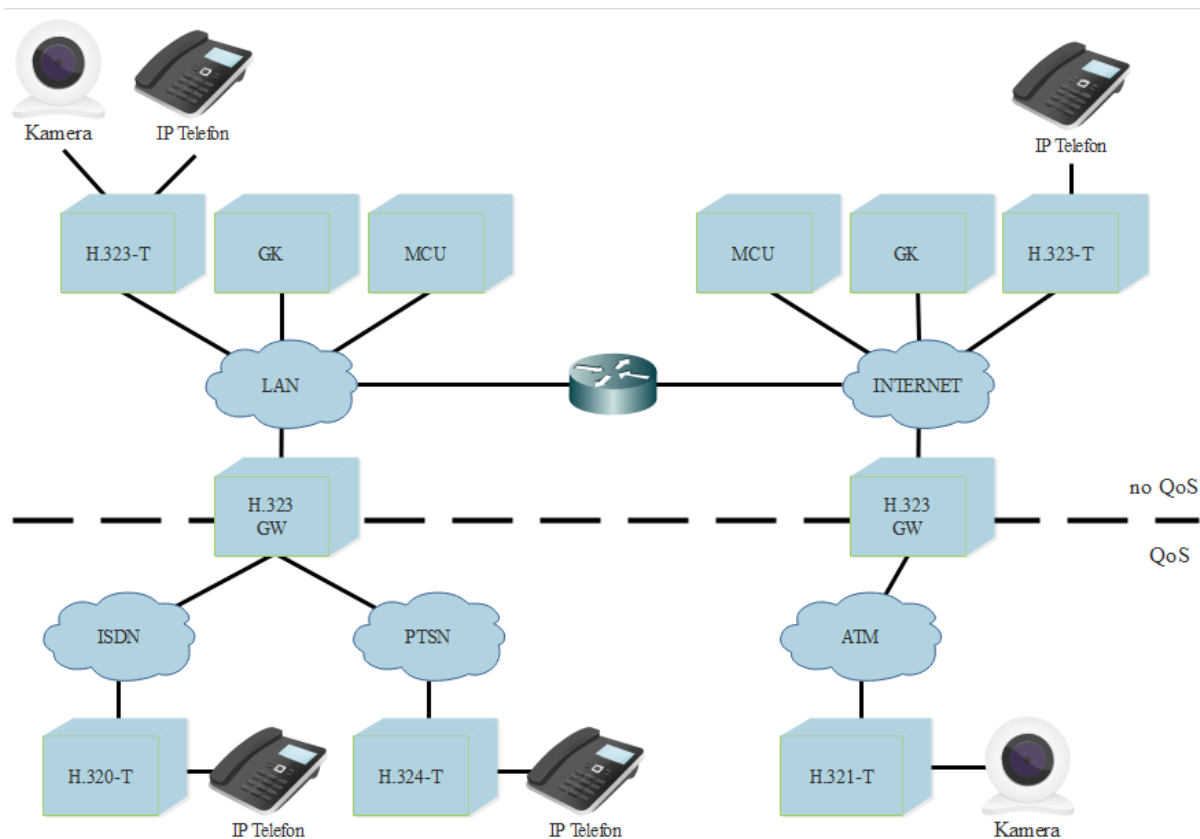


Obrázek 3 Protokolová architektura Standardu H.323

a ukončení spojení v síti ISDN. Dále se odkazuje na další standardy video kodeků a audio kodeků. Kódování zvuku je povinné, a proto musí každý terminál podporovat kodek G.711, ale může podporovat i další kodeky (G.723.1, G.729 a další). Kóduje se na vysílacím terminálu, dekodování se pak provádí na přijímací straně. Kódování video signálu je volitelné a pokud je zahrnuto, musí podporovat standard H.261. RTP (Real-Time Transport Protokol) zajišťuje multimediální přenos v reálném čase mezi koncovými prvky. Zajišťuje správné pořadí doručených paketů za pomoci časových razítek tzv. timestamp. RTCP (Real-Time Transport Control Protokol) se využívá pro synchronizaci audio a video signálů.

5.1.1 H.323 verze 1

První verze tohoto standardu byla schválena v roce 1996 Studijní skupinou č. 16 v rámci ITU-T pod názvem „Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a non-guaranteed quality of service“. [5] V první verzi standardu H.323 se stará o obecné potřeby videokonference v počítačových sítích. Na Obrázek 4 je znázorněna architektura sítě podle standardu H.323, která je vytvořena směrovačem a vzájemným spojením sítě LAN a Internet, která negarantuje kvalitu přenosu (no QoS). V této architektuře mohou terminály H.323-T komunikovat na přímo nebo pomocí jiných komponentů (GK, MCU). Standard H.323 umožňuje komunikovat s jinými druhy terminálů jako jsou např. H.320-T, H.324-T a H.321-T pomocí externí brány H.323-GW, který garantuje kvalitu služeb (QoS).



Obrázek 4 Architektura sítě standardu H.323

Standard H.323 rozeznává čtyři komponenty komunikačního systému v síti:

- Terminál (terminal - T) – je koncový prvek pro oboustrannou komunikaci v reálném čase
- Brána (gateway - GW) – slouží pro spojení H.323 s ostatními sítěmi, např. sítě, které pracují na principu přepojování okruhů nebo garantují kvalitu (QoS)

- Správce zóny (gatekeeper - GK) – uskutečňuje řídicí interakce spojení. GK není povinný, ale pokud je použit, tak koncové body musí využívat jejich služby
- Jednotka pro řízení konferenčního spojení MCU (Multipoint Control Unit) – zajišťuje funkčnost konferenčních hovorů mezi třemi a více účastníky

5.1.2 H.323 verze 2

Druhá verze standardu H.323 byla schválena v lednu 1998 se zjednodušeným a zpřesněným názvem „Packet-based multimedia communication systems“. Při používání internetové telefonie bylo zapotřebí dodělat některé části systému, zejména šlo o dopracování zabezpečení, zrychlení navazování spojení a větší integraci datových služeb. V původní verzi se nejprve navázalo spojení mezi terminály a pak teprve se dohadovaly parametry multimediálního přenosu, ve verzi 2 se obojí děje paralelně. [5] Další rozšíření, které přináší tato verze je kódování videa, přenos faxu, konferenční spojení, které využívá všesměrového adresování a doplňkové služby např. identifikace volajícího nebo přesměrování.

5.1.3 H.323 verze 3

Třetí verze standardu H.323 byla přijata v září roku 1999. Tato verze přinesla mnoho podstatných zlepšení. Větší část změn byla v doplňkových službách jako jsou např. parkování hovoru, čekající volání nebo čekající zprávy. Další zlepšení přineslo dohled nad spoluprací v paketových sítích mezi GK a nástroji pro rychlé sestavení spojení, které byly přidány v předchozí verzi.

5.1.4 H.323 verze 4

Tato verze protokolu H.323 byla přijata v listopadu 2000, která zlepšila spolehlivost, snazší rozšiřitelnost a další doplňkové služby. Dalším zlepšením vzhledem k problémům synchronizace audio a video signálů se multiplexují obě složky do jednoho datového proudu.

5.1.5 H.323 verze 5

Verze 5 byla přijata v květnu 2003 a přinesla drobné změny. Např. návaznost na protokol TCP/IP nebo zlepšenou spoluprací a GK.

5.1.6 H.323 verze 6

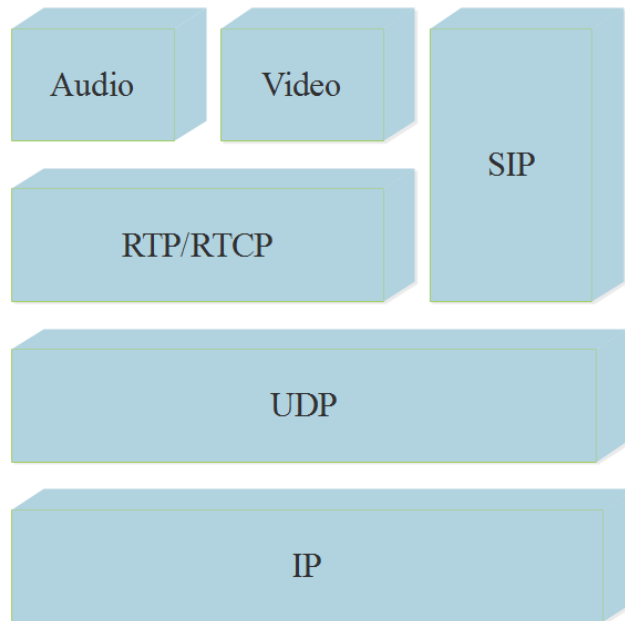
Verze 6 byla přijata v červnu 2006 a přinesla jen drobné změny. Například tzv. náhradního GK. To znamená, že když selže původní, tak by se měl koncový bod přepnout na náhradního GK.

5.1.7 H.323 verze 7

Verze 7 byla přijata v listopadu 2009 a tím byla dokončena práce na H.323. První novinkou byl „Single transmitter multicast“, který umožňuje koncovým bodům v hovoru otevřít multicast stream dalším koncovým bodům. Další novou funkcí je umožnění připojení síťových zařízení jako je MCU k H.323 terminálu a dodat seznam účastníků konference do terminálu, což umožňuje připojení ke konferenci aniž by bylo nutné znát kontaktní údaje předem. Více vylepšení přináší GEF (Generic Extensibility Framework), která umožňuje třetím stranám vytvoření nových funkcí pro H.323 bez potřeby změnit základ specifikací.

5.2 SIP

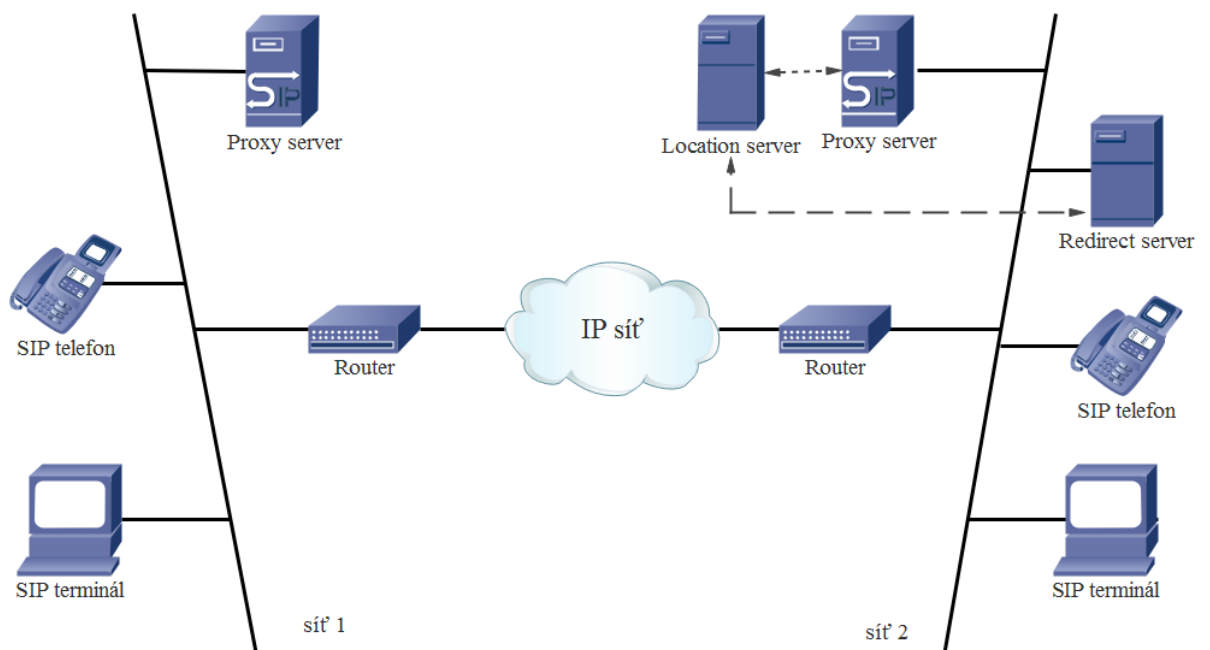
Protokol SIP (Session Initiation Protocol) byl vyvíjen pracovní skupinou MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) od roku 1996 v rámci organizace IETF (Internet Engineering Task Force). SIP je signalizační protokol pracující na aplikační vrstvě TCP/IP a je protokolem pro sestavení, dohled a rozpad spojení mezi dvěma a více účastníky. Spojením může být vnímán jak hovorový tak video hovor mezi koncovými body nebo jiné spojení vyžadující sestavení např. systém okamžité výměny zpráv a souborů. SIP je na rozdíl od protokolu dle standardu H.323 v textové podobě a svojí strukturou obdobný protokolu HTTP, který je používán WWW službou. Protokol SIP je navržen tak, aby byl snadno využitelný a rozšiřitelný. Protokol SIP nespécifikuje, jaký má být použit transportní protokol a není svázán s žádnými konkrétními komunikačními protokoly pro vlastní přenos multimediálních dat, jak je vidět na Obrázek 5. Obvykle používané protokoly jsou RTP, RTCP, UDP a IP. Uvnitř signalizační zprávy protokolu SIP je proto zapouzdřena zpráva jiného protokolu, který specifikuje použítá kódování pro multimediální data, jejich parametry a čísla portů, na kterých mají být data vysílána nebo přijímána. Obvykle se pro tento účel používá protokol SDP (Session Description Protocol). [5]



Obrázek 5 Protokolová architektura SIP

5.2.1 Architektura a komponenty SIP

Architekturu SIP mohou tvořit routery, které vzájemně propojují sítě. V této architektuře mohou SIP terminály komunikovat přímo nebo pomocí uzlů. Celková architektura sítě SIP je na Obrázek 6.



Obrázek 6 Architektura sítě SIP

Komponenty SIP architektury můžeme rozdělit na User Agent a Servery.

- **User Agent**

User Agents (UA) jsou koncové prvky sítě SIP, které se starají o navázání spojení s jinými UA. Nejčastějšími koncovými prvky jsou SIP telefony, které mohou být softwarové nebo hardwarové, anebo brány do ostatních sítí. Každý UA obsahuje User Agent Client (UAC) a User Agent Server (UAS). UAC se stará o inicializaci spojení a UAS má na starosti příchozí žádosti a odeslání odpovědí. Jak UAC tak UAS jsou součástí koncových prvků.

- **Servery**

Servery poskytují své funkce UA a jsou obdobou ústředny. Servery nemusí být při komunikaci využity, a proto komunikace mezi jednotlivými UA může probíhat přímo. Rozdělujeme na tři typy serverů:

- Proxy Server – od UA nebo jiného proxy serveru převezme žádost o spojení s jiným UA a žádost předá. Pokud ve své správě nemá volaný UA, tak žádost předá dalšímu proxy serveru, a když volaný UA má ve své správě, tak jej předá přímo volanému UA.
- Redirect server – pracuje obdobně jako proxy server, ale žádost posílá ve směru volaného. Volajícímu posílá pouze informaci o nalezení volaného a ten sám musí navázat spojení s volaným.
- Location server – nebo také registrační server má za úkol přijímat registrace od jednotlivých UA a aktualizovat databázi koncových prvků v dané spravované doméně.

V praxi jsou servery realizovány jako jeden celek, který má za úkol přijímat registrace od jednotlivých UA a zároveň se může chovat jako proxy nebo redirect server.

5.2.2 Metody a odpovědi v SIP

Signalizace mezi koncovými prvky a servery probíhá za pomoci metod, které jsou v textové podobě. Šesti základními metodami používaných v SIP jsou:

- INVITE – žádost o sestavení spojení koncových prvků. UA, který žádá o spojení, vyšle INVITE a zpráva je předána přímo volanému nebo je zpracovávána proxy serverem. Na základě této vyslané zprávy se dozví, zda volaný je dostupný, obsazený nebo přesměrovaný.
- ACK – potvrzení na žádost o sestavení spojení se provede po vyzvednutí sluchátka volaného a vyšle odpověď 200 OK volajícímu, který potvrzuje sestavení spojení pomocí ACK.

- CANCEL – zrušení sestavovaného spojení. V případě kdy se volající rozhodne přerušit právě probíhající sestavování spojení před tím než by bylo potvrzeno tak vyšle zprávu CANCEL a protistrana na to zareaguje chybovou hláškou, že nedošlo k sestavení spojení.
- BYE – zrušení probíhajícího spojení jednou stranou a druhá strana odpoví potvrzením a ukončí se probíhající spojení.
- REGISTER – registrace UA do sítě, tato registrace umožní uživateli předat informace o jeho IP adrese a portu do proxy serveru, na kterém je možné uživatele najít při možném sestavení spojení.
- OPTIONS – žádost o informace, vlastnosti UA nebo serveru bez nutnosti navázat spojení.

Odpovědi na metody protokolu SIP jsou číselně vyjádřené zprávy, které vychází z HTTP odpovědi a jsou doplněny o nové odpovědi. Odpovědi jsou rozděleny do šesti skupin:

- 1xx – informativní zprávy, které informují o průběhu akce (např. 100 Trying, 180 Ringing, 181 Call Is Being Forwarded)
- 2xx – odpovědi o úspěšném ukončení žádosti (např. 200 OK, 202 Accepted)
- 3xx – odpovědi o přesměrování (např. 301 Moved Permanently, 305 Use Proxy)
- 4xx – chybové odpovědi na straně odesílatele (např. 400 Bad Request, 404 Not Found)
- 5xx – chybové odpovědi ze strany serveru (např. 503 Service Unavailable, 504 Server Time-out)
- 6xx – globální selhání (např. 603 Decline, 604 Does Not Exist Anywhere)

Více informací o těchto odpovědích je v příloze, převzato z [12].

5.2.3 Adresace a signalizace

Standard SIP pro adresaci jednotlivých uživatelů používá již vytvořené standardy. Identifikace jednotlivých účastníků je vytvořena obdobným způsobem, jako je vytvořena emailová adresa tzn., skládá se z uživatelského jména, symbolu „@“ a domény. Úplný tvar SIP adresy má následující syntaxi:

```
sip:[uživatelské_jméno[:heslo]@]doména[:port][;parametr;parametr..][?hlavička&hlavička?]
```


Příklady SIP adresace:

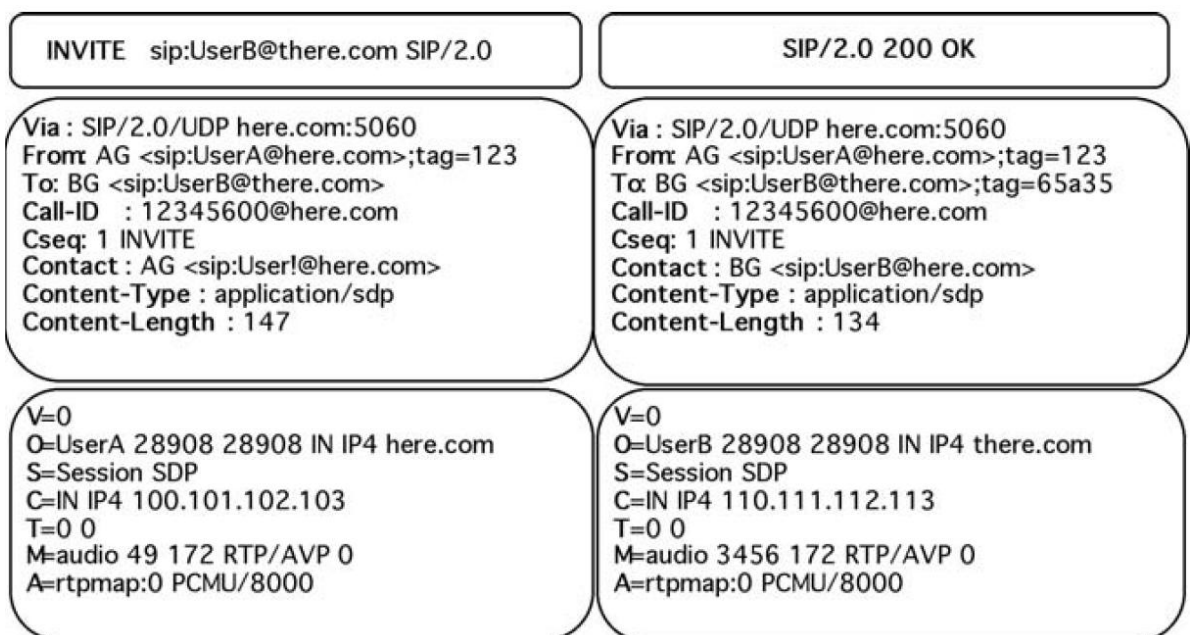
- sip:uzivatel@domena.cz
- sip:321654987@firma.cz
- sip:uzivatel@1.1.1.1

V případě třetího formátu se dá INVETE poslat přímo k uživateli, neboť známe jeho IP adresu, která je napsána za znakem '@'. V případě ostatních dvou formátů je nutné mít k dispozici proxy server, který dohledá uživatele a přepošle mu INVITE od volajícího.

V hlavičce SIP zprávy jsou použity následující prvky:

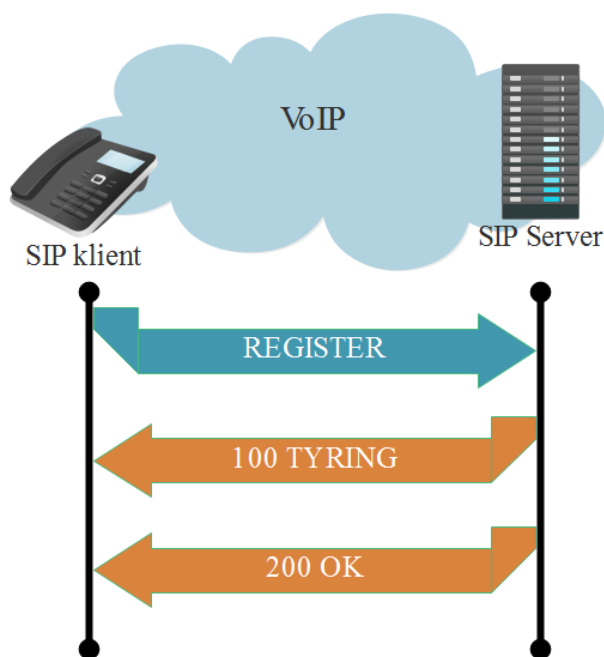
- Via – využití pro záznam cesty požadavku a následně ke směrování odpovědi touto samou cestou
- From – identifikace volajícího a v průběhu zprávy se nemění ani při odesílání odpovědi na žádost
- To – identifikace volaného
- Call-ID – slouží k identifikaci zpráv v rámci jednoho volání
- CSeq – využívá se pro číslování požadavků při nespolehlivosti přenosu a jednotlivé zprávy mohou dorazit v nesprávném pořadí
- Contact – nachází se zde IP adresa a port, na kterém lze volajícího účastníka přímo kontaktovat

Na Obrázek 7 je příklad žádosti INVITE a následná odpověď.



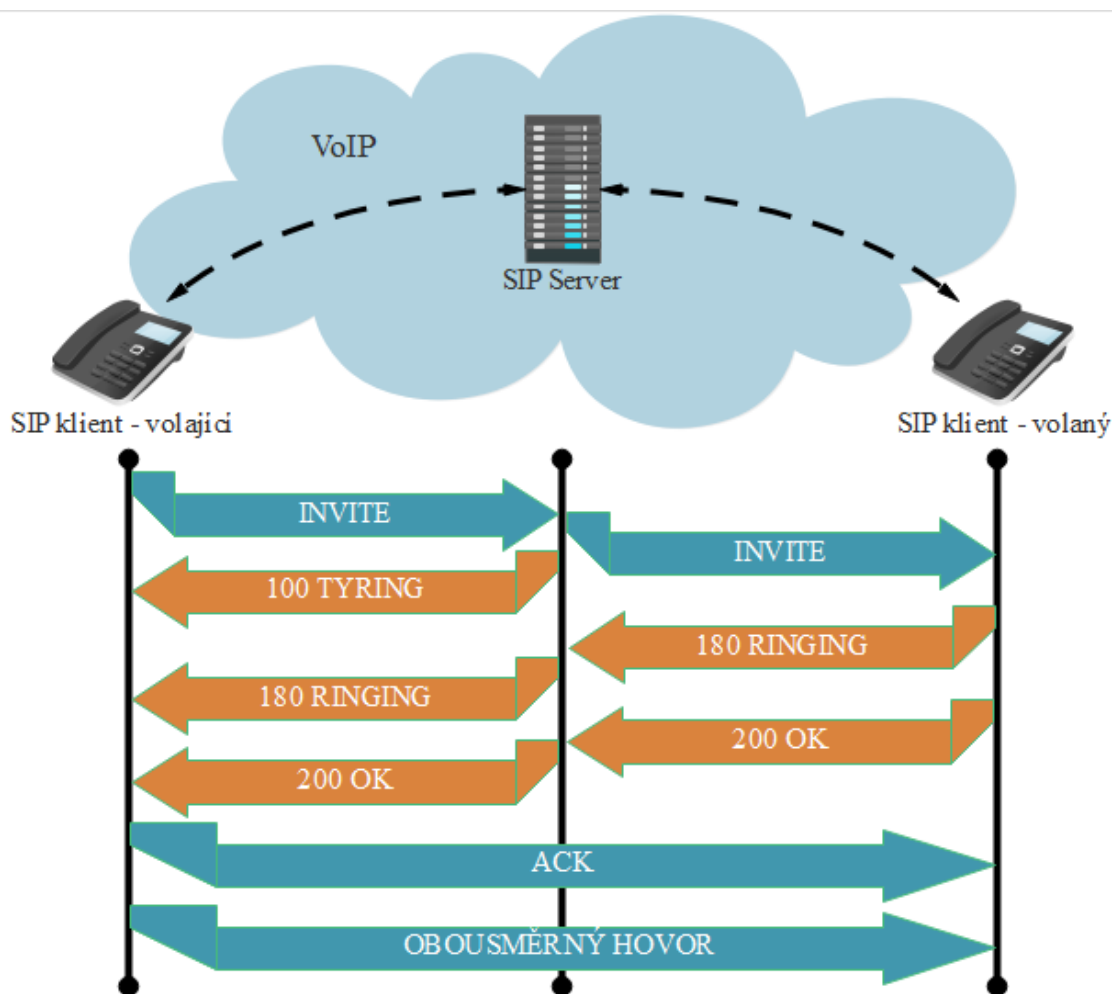
Obrázek 7 Žádost a Odpověď [6]

Pro volání uživatele s touto SIP adresou musí být uživatel nejprve zaregistrován. Registrace probíhá v proxy serveru za předpokladu, že uživatel vložil adresu do koncového zařízení. Při registraci dochází ke spojení uživatelské adresy s IP adresou. Průběh SIP registrace je na Obrázek 8. Klient vyšle SIP nebo IP adresu pro SIP server, ten následně odpovídá přijetím (kódem 100). Následně SIP server odešle odpověď, že registrace proběhla v pořádku (kód 200) a tím je klient informován o úspěchu registrace.



Obrázek 8 Průběh SIP registrace klienta

Sestavení spojení mezi dvěma uživateli přes SIP server je znázorněno na Obrázek 9 za pomoci výměny zpráv. Volající pošle požadavek na spojení hovoru směrem k SIP serveru, který obsahuje jak proxy server tak lokalizační server. SIP server najde volaného a sestaví spojení. V našem případě volaný přijme hovor vyzvednutím a odešle se odpověď 200 OK, následně volající posílá požadavek ACK a tím je sestaveno spojení. Poté probíhá samotný hovor mezi účastníky.

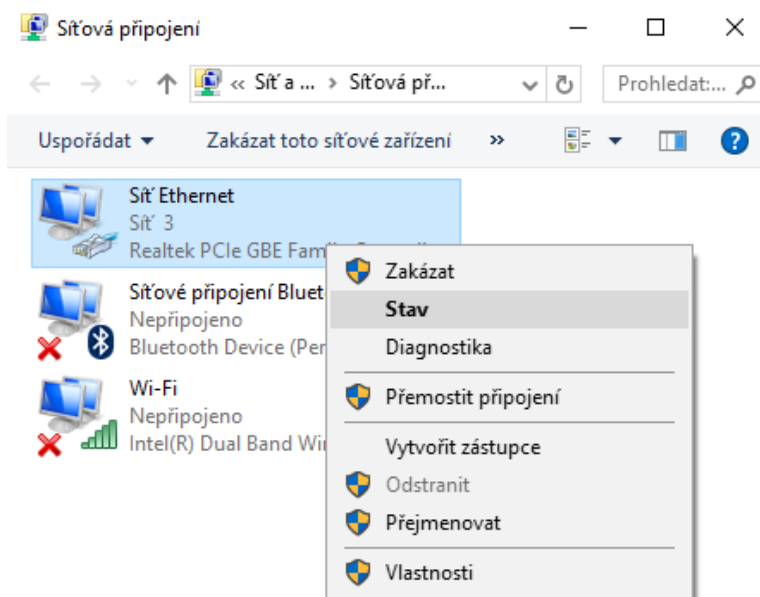


Obrázek 9 Sestavení spojení přes SIP server

6 Ověření připojení VoIP technologie na ZČU

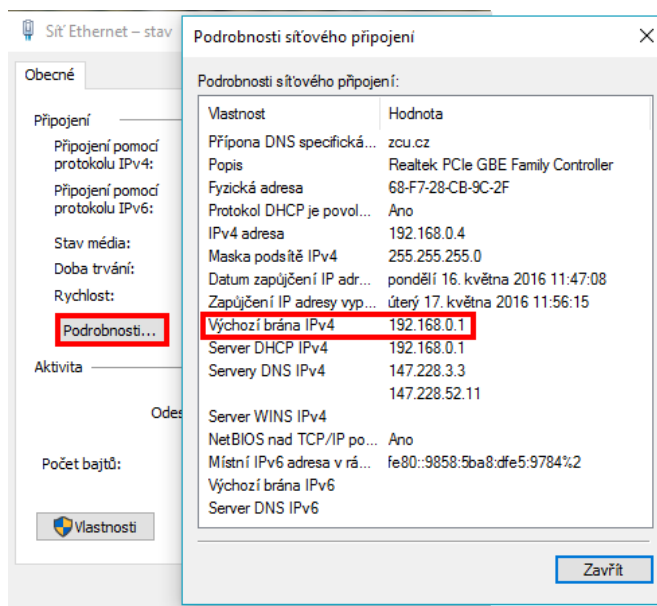
6.1 Prozkoumání parametrů konfigurační nabídky

Pro prozkoumání nastavení parametrů telefonního adaptéru, který již byl částečně nastaven, mi byl poskytnut telefonní adaptér Linksys SPA 3102, jeho součástí je router. Pro nastavení adaptéru slouží webové rozhraní, na které se připojíme pomocí IP adresy. Adaptéru je přidělena IP adresa z vnější sítě. Zjištění IP adresy provedeme připojením telefonního adaptéru s využitím ethernet portu k PC za pomoci UTP kabelu a připojením do internetové sítě. Poté najdeme v PC síťová připojení, pravým tlačítkem myši klikneme na správný síťový prvek a z nabídky vybereme možnost “stav“. Viz Obrázek 10.



Obrázek 10 Sít'ová připojení

Po otevření dialogového okna Sít' Ethernet - Stav klikneme na podrobnosti a vyhledáme řádek s Výchozí brána IPv4, viz Obrázek 11. Tuto IP adresu vložíme do internetového prohlížeče v tomto tvaru: "http://192.168.0.1/admin/advanced" a otevře se konfigurační nabídka, kterou můžeme vidět na Obrázek 12.



Obrázek 11 Podrobnosti síťového připojení

V konfigurační nabídce jsou dvě hlavní záložky Router a Voice. V záložce Router se nachází čtyři záložky (Status, Wan Setup, Lan Setup, Application) pro nastavení parametrů telefonního adapteru. Záložka Voice je rozsáhlejší a obsahuje devět záložek (Info, System,

SIP, Provisioning, Regional, Line 1, Line 2, User 1, User 2). Tato záložka Voice slouží k samotnému nastavení parametrů pro VoIP komunikaci.

LINKSYS
A Division of Cisco Systems, Inc.

Linksys Phone Adapter Configuration

Router | Voice

Status | Wan Setup | Lan Setup | Application | [User Login](#) | [basic](#) | [advanced](#)

Product Information

Product Name:	SPA-3102	Serial Number:	FM600F600257
Software Version:	5.1.10(GW)	Hardware Version:	1.1.5
MAC Address:	000E08CB0044	Client Certificate:	Installed
Customization:	Open		

System Status

Current Time:	5/5/2016 14:02:29	Elapsed Time:	01:13:11
Wan Connection Type:	DHCP	Current IP:	147.228.97.156
Host Name:	SipuraSPA	Domain:	zcu.cz
Current Netmask:	255.255.255.0	Current Gateway:	147.228.97.1
Primary DNS:	147.228.3.3		
Secondary DNS:	147.228.52.11		
LAN IP Address:	192.168.0.1	Broadcast Pkts Sent:	1
Broadcast Bytes Sent:	342	Broadcast Pkts Recv:	9697
Broadcast Bytes Recv:	657702	Broadcast Pkts Dropped:	0
Broadcast Bytes Dropped:	0		

[Undo All Changes](#) [Submit All Changes](#)

[User Login](#) | [basic](#) | [advanced](#)

Copyright © 1992-2006 Cisco Systems, Inc. All Rights Reserved.

Obrázek 12 Konfigurační nabídka telefonního adaptéru

6.2 Parametry od poskytovatele VoIP

Abychom mohli provádět konkrétní nastavení telefonního adaptéru, musíme kontaktovat poskytovatele VoIP služeb a zaregistrovat se u něj. Po registraci obdržíme od poskytovatele následující parametry:

- Telefonní číslo
- Proxy server – IP adresa proxy serveru
- Display name – jméno, které bude zobrazované na display zařízeních
- User ID – uživatelská identifikace
- Password – heslo k uživatelskému účtu

Pro ověření připojení a funkčnosti VoIP mi byly poskytnuty dva účty. Telefonní čísla v Tabulka 2 jsou ve zkráceném tvaru, které jsou poslední čtyři čísla z plného tvaru. Hesla jednotlivých účtů jsou z bezpečnostních důvodů nahrazeny „*“.

Tabulka 2 údaje jednotlivých účtů

účet	1	2
telefonní číslo	4222	4212
PROXY	147.228.210.5	147.228.210.5
Display Name	masopust-1	masopust-2
User ID	masopust-1	masopust-2
Password	*****	*****

6.3 Důležité parametry k nastavení

6.3.1 Dial Plan

Dial Plan se nachází v záložce Voice - > Line 1 a dá se přeložit jako vytáček plán a nastavují se v něm pravidla pro vytáčení volaného účastníka. Dial Plan specifikuje, jak interpretuje číselné sekvence volané uživatelem. Dial Plan se skládá ze sekvence číslic, které jsou odděleny charakterem „|“ a celá sekvence je uzavřena v kulatých závorkách (dial plan). Po vytočení řady číslic uživatelem (volané číslo druhého uživatele) je testována shodnost s každou sekvencí v dial plan. Uživatel vkládá další čísla, dokud není jedna nebo žádná shodná s dial plan. Některé ze zakončovacích událostí spouštějí SPA a jsou buď akceptovány uživatelem volané sekvence a jsou přeměrovány k zahájení hovoru a v případě neplatné sekvence jsou události odmítnuty.

Číselné sekvence v dial plan jsou tvořeny řadou prvků, které jsou přizpůsobené stisku uživatele. Vysvětlíme si co jednotlivé části dial plan znamenají.

- Inviduální klávesy ('0', '1', '2', '9', '*', '#')
- Písmeno x se shoduje s jednou libovolnou číslicí ('0' ... '9')
- Hranaté závorky [] umožňují rozsah číslic:
 - [2 – 6] ... 2, 3, 4, 5, 6
 - [157] ... 1, 5, 7
 - [235-7] ... 2, 3, 5, 6, 7
- Oddělovací znak '|' (odděluje jednotlivé číselné sekvence např. 0150|0158 znamená možnost vytočení 0150 nebo 0158)
- Element opakování se vytváří znakem tečky '.' (01. Znamená 0, 01, 011, 0111, ... atd)
- Sekvence záměny může automaticky vyměnit sekvenci za předem definovanou pomocí znaku '<' volaná sekvence ':' transformační sekvence '>' (např.

<6:1510>xxxxxx znamená zadáním sekvence: 6123456 zamění na 1510123456)

- Blokování čísel se provádí přidáním znaku '!' na konec sekvence (900xx.! Odmítá vytáčet čísla začínající na 900)
- S0 znamená okamžité vytáčení, pokud je ukončená sekvence pro vytáčení. Obvykle je umístěn na konci dial plan řetězce a obvykle se používá pro (112, 150, 155, 158)
- <#:> při vytočí # tak čírka ',' představuje druhý oznamovací tón a znak '#' nebude přenášen
- <#:> při stisku '#' se znak nebude odesílat
- <:1510> tzn., že se číslo 1510 vloží do volaného čísla
- <:@gwx> znamená vytočení brány. Toto je specifické pro SPA3000, SPA3102, SPA400, SPA9000 a je to volitelná část. Pokud toto není uvedeno v části dial plan, tak se bude vytáčet prostřednictvím poskytovatele VoIP. Jednotlivé brány se nastavují v záložce Line1 a specifickou bránou je gw0, která vytáčí přes PSTN port.

Dial plan se liší podle potřeby uživatele a regionu v kterém se VoIP používá.

6.3.2 Pravidla tónů

V telefonii se používají tzv. oznamovací a vyzváněcí tóny (call progress tones), které jsou slyšitelné a poskytují uživateli stav při volání. Tyto tóny jsou definovány technickými vlastnostmi v rámci ITU- E.180 a E.182. Tóny jsou popisovány tzv. ToneScript.

Přes jméno tónu se volá sekvence frekvencí, kadence a velikosti úrovně tónu. Obvykle jsou zařízení nastaveny na defaultní parametry, ale v rámci regionu jsou upraveny normalizačními orgány. Tonescript se využívá v Sipura, Linksys a Cisco. ToneScript může používat nanejvýš 120 znaků a volající tón může obsahovat až šest frekvencí. ToneScript dále obsahuje kadenci Z_i naznačující dobu trvání D_i a následně až šest podsekcí $ZZ_{i,j}$, které jsou v závorkách a jednotlivé podsekce se skládají z doby trvání sepnutí a doby trvání ticha. Doba trvání, doba trvání sepnutí a doba trvání ticha se uvádí ve vteřinách. FreqScript je posloupnost frekvencí F_i (Hz) a jejich velikostí úrovně signálu L_i (dBm). [7]

$$FreqScript = F_1@L_1[, F_2@L_2] \quad (6.1)$$

$$ToneScript = FreqScript; Z_1[Z_2] \quad (6.2)$$

Popis jednoho konkrétního tónu:

Busy tone: 425@-10; 10(0.33/0.33/1)

Frekvence@úroveň_signálu;Doba_trvání(doba_trvání_ON/doba_trvání_OFF/frekv_složka)

Kompletní seznam tónů použitý v nastavení telefonního adapteru je na Obrázek 13.

Call Progress Tones	
Dial Tone:	425@-10;30(0.33/0.33/1,0.66/0.66/1)
Second Dial Tone:	400@-19;60(.330/.330/1,.660/.660/1)
Outside Dial Tone:	425@-19;60(.330/.330/1,.660/.660/1)
Prompt Tone:	520@-19,620@-19;10(*0/1+2)
Busy Tone:	425@-10;10(0.33/.33/1)
Reorder Tone:	980@-16,1410@-16,1770@-16;20(.380/0/1,.380/0/2,.380/0/3)
Off Hook Warning Tone:	425@-16;60(.220/.220/1;
Ring Back Tone:	425@-10;60(1/4/1)
Ring Back 2 Tone:	440@-19,480@-19;*(1/1/1+2)
Confirm Tone:	600@-16;1(.25/.25/1)
SIT1 Tone:	985@-16,1428@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.380/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT2 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.274/0/1,.274/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT3 Tone:	914@-16,1371@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.380/0/2,.380/0/3,0/4/0)
SIT4 Tone:	985@-16,1371@-16,1777@-16;20(.380/0/1,.274/0/2,.380/0/3,0/4/0)
MWI Dial Tone:	350@-19,440@-19;2(.1/.1/1+2);10(*0/1+2)
Cfwd Dial Tone:	425@-19,440@-19;2(.2/.2/1+2);10(*0/1+2)
Holding Tone:	600@-19;*(.1/.1/1,.1/.1/1,.1/9.5/1)
Conference Tone:	350@-19;20(.1/.1/1,.1/9.7/1)
Secure Call Indication Tone:	397@-19,507@-19;15(0/2/0,.2/.1/1,.1/2.1/2)
VoIP PIN Tone:	600@-10;*(0/1/1,.1/.1/1,.1/.1/1,.1/.5/1)
PSTN PIN Tone:	600@-10;*(0/.7/1,.2/.1/1,.2/.1/1,.2/.5/1)
Feature Invocation Tone:	350@-16;*(.1/.1/1)

Obrázek 13 Seznam tónů použitých v Call Progress Tone

6.4 Nastavení VoIP pro ZČU

Pro volání přes VoIP síť je možné použít IP telefon, ale v mém případě byl použit analogový telefonní přístroj s předřazenou VoIP hlasovou bránu (Linksys SPA2102), kterou je nutné nakonfigurovat. Nastavení parametrů se provádí v konfigurační nabídce telefonního adapteru. Do konfigurační nabídky se dostaneme pomocí IP adresy, kterou vložíme do internetového prohlížeče. Postup na zjištění IP adresy je popsán v kapitole: 6.1. Jako první nastavím parametry v záložce Voice - > Line_1. V této záložce v sekci SIP Settings nastavím parametr SIP port: 5060. Dalším nastavením parametrů jsou údaje účtu v záložce Voice - > Line_1 v sekcích Proxy and Registration a Subscriber Information, viz Obrázek 14. Dále v této sekci nastavím parametry:

- Use Outbound Proxy: yes
- Register: yes
- Make Call Without Reg: no

- Ans Call Without Reg: no
- Use Auth ID: no

LINKSYS
A Division of Cisco Systems, Inc.

Linksys Phone Adapter Configuration

Router | **Voice**

Info | System | SIP | Provisioning | Regional | **Line 1** | PSTN Line | User 1 | PSTN User | [User Login](#) | [basic](#) | [advanced](#)

Proxy and Registration

Proxy:	147.228.210.5
Outbound Proxy:	147.228.210.5
Use Outbound Proxy:	yes ▼
Register:	yes ▼
Register Expires:	3600
Use DNS SRV:	no ▼
Proxy Fallback Intvl:	3600
Voice Mail Server:	
Use OB Proxy In Dialog:	yes ▼
Make Call Without Reg:	no ▼
Ans Call Without Reg:	no ▼
DNS SRV Auto Prefix:	no ▼
Proxy Redundancy Method:	Normal ▼
Mailbox Subscribe Expires:	2147483647

Subscriber Information

Display Name:	masopust-1	User ID:	masopust-1
Password:	*****	Use Auth ID:	no ▼
Auth ID:			
Mini Certificate:			
SRTP Private Key:			

Obrázek 14 nastavení parametrů VoIP účtu

Dalším parametrem pro nastavení je audio kodek v sekci Audio configuration, zde se nastaví preferovaný kodek, který používá VoIP poskytovatel jako primární a zařízení musí tento kodek podporovat. V případě, když zařízení nepodporuje tento kodek, se nastaví sekundární preferovaný kodek, případně další třetí v pořadí. Na následujícím Obrázek 15 vidíme nastavené audio kodeky použité v našem případě. Všechna zařízení by měla podporovat základní audio kodek G711A, který je nastaven jako preferovaný.

Audio Configuration

Preferred Codec:	G711a ▼	Second Preferred Codec:	G729a ▼
Third Preferred Codec:	G723 ▼	Use Pref Codec Only:	no ▼
Silence Supp Enable:	no ▼	Silence Threshold:	medium ▼
G729a Enable:	yes ▼	Echo Canc Enable:	yes ▼
G723 Enable:	yes ▼	Echo Canc Adapt Enable:	yes ▼
G726-16 Enable:	yes ▼	Echo Supp Enable:	yes ▼
G726-24 Enable:	yes ▼	FAX CED Detect Enable:	yes ▼
G726-32 Enable:	yes ▼	FAX CNG Detect Enable:	yes ▼
G726-40 Enable:	yes ▼	FAX Passthru Codec:	G711u ▼
DTMF Process INFO:	yes ▼	FAX Codec Symmetric:	yes ▼
DTMF Process AVT:	yes ▼	FAX Passthru Method:	NSE ▼
DTMF Tx Method:	Auto ▼	DTMF Tx Mode:	Strict ▼
DTMF Tx Strict Hold Off Time:	90	FAX Process NSE:	yes ▼
Hook Flash Tx Method:	None ▼	FAX Disable ECAN:	no ▼
Release Unused Codec:	yes ▼	FAX Enable T38:	yes ▼
FAX T38 Redundancy:	1 ▼	FAX Tone Detect Mode:	caller or callee ▼

Obrázek 15 nastavení audio kodeků

Další velice důležitý parametr, který je potřeba nastavit je dial plan. V dial plan se nastavují pravidla pro vytáčení. Pro fungování volání mimo školní síť bylo potřeba nastavit vytáčení čísel, kde jako první číslice musela být použita nula '0'. Pravidla pro vytáčení použita na nastavení v síti ZČU je uveden na Obrázek 16.

Dial Plan	
Dial Plan:	(*xx 0112 015[0-9] 01x. xxxx 0xxxxxxxxx 0420xx. 000xx.)
Enable IP Dialing:	no <input type="button" value="v"/> Emergency Number: <input type="text"/>

Obrázek 16 nastavení pravidel pro vytáčení

Nyní si vysvětlíme jednotlivé sekvence v tomto dial plan.

- *xx – po zmáčknutí klávesy se znakem '*' můžeme zadat číselnou sekvenci, tato sekvence musí být podporována poskytovatelem VoIP a je určena pro speciální kódy.
- 0112 – volání na tísňovou linku přes '0'.
- 015[0-9] – volání na nouzová telefonní čísla (hasiči, záchranná služba, policie), vytáčení probíhá přes '0', dále je společná část telefonních čísel a v hranatých závorkách je uveden rozsah čísel (0 až 9)
- 01x. – je element opakování nula a více (0, 01, 011, ... atd.)
- xxxx – využití pro volání přes zkrácenou formu čísla použitou na ZČU
- 0xxxxxxxx – volání mimo ZČU na plný rozsah telefonních čísel
- 0420xx. – volání do České republiky na plný rozsah čísel

Pro využití funkce volání přes PSTN síť, kterou tato hlasová brána umožňuje, je nutné doplnit pravidla pro vytáčení o tuto funkci. Do dial plan je tedy nutné doplnit následující sekvence: <#,:>0xxxxxxxxS0<:@gw0> a <#,:>xxxx<:@gw0>. První sekvence nám umožňuje vytáčení čísel v plném rozsahu mimo telefonní síť ZČU, druhá sekvence umožňuje volání na zkrácený rozsah telefonních čísel využitý na ZČU. Vytáčení přes PSTN síť je uskutečněno pomocí stisknutí tlačítka se symbolem '#', poté je možné zadat číslo volaného účastníka v jedné ze zmiňovaných sekvencí pro vytáčení.

Nastavení není kompletní a nyní nastavíme české oznamovací tóny v záložce Voice - > Regional v sekci Call Progress Tone. Tyto vyzváněcí a oznamovací tóny byly zmíněny a popsány v kapitole: 6.3.2. Další parametr, který bychom měli nastavit je Time Zone v této záložce a v sekci Miscellaneous. Nastavíme jej na časové pásmo, v kterém se nacházíme (GMT+01:00).

Pro využití funkce hlasové brány Linksys SPA3102 volání přes síť PSTN je nutné, nastavit parametry v záložce PSTN Line. V sekci SIP Settings nastavíme SIP port na 5061. Dále nastavíme parametry druhého účtu v sekcích Proxy and Registration a Subscriber Information. Nastavení parametrů druhého účtu je vidět na Obrázek 17.

Proxy and Registration			
Proxy:	147.228.210.5		
Outbound Proxy:	147.228.210.5		
Use Outbound Proxy:	yes ▼	Use OB Proxy In Dialog:	yes ▼
Register:	yes ▼	Make Call Without Reg:	no ▼
Register Expires:	3600	Ans Call Without Reg:	no ▼
Use DNS SRV:	no ▼	DNS SRV Auto Prefix:	no ▼
Proxy Fallback Intvl:	3600	Proxy Redundancy Method:	Normal ▼
Subscriber Information			
Display Name:	masopust-2	User ID:	masopust-2
Password:	*****	Use Auth ID:	no ▼
Auth ID:			
Mini Certificate:			
SRTP Private Key:			

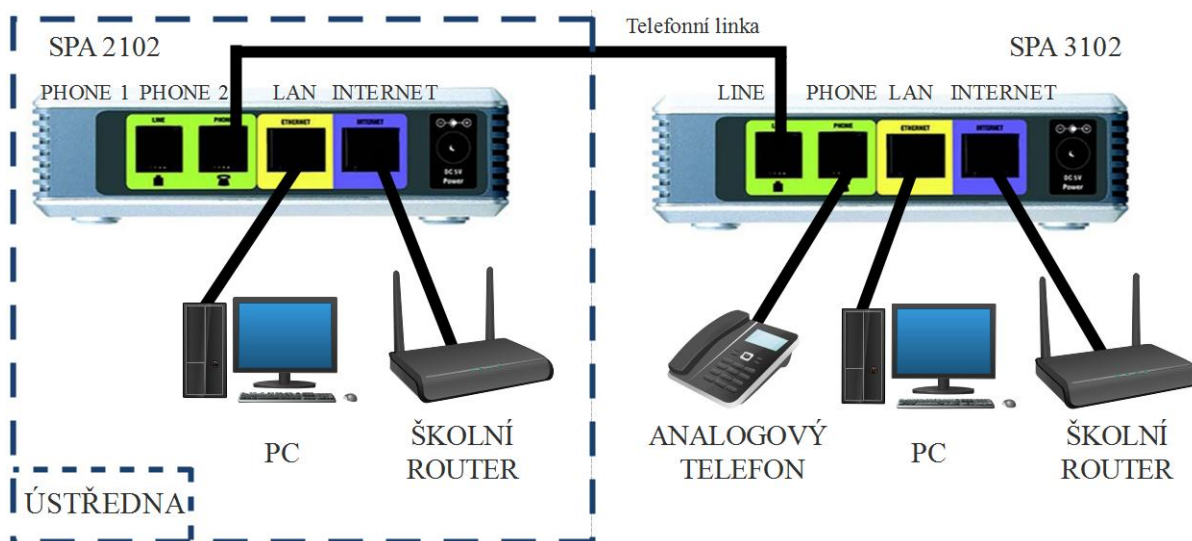
Obrázek 17 Nastavení parametrů v PSTN Line

V audio Configuration nastavíme preferovaný audio kodek na G.711A. Poté je potřeba nastavit Disconnect Tone v sekci PSTN Disconnect Detection. V tomto případě byl použit rozpojovací tón pro náš region, viz Obrázek 18.

PSTN Disconnect Detection			
Detect CPC:	yes ▼	Detect Polarity Reversal:	yes ▼
Detect PSTN Long Silence:	yes ▼	Detect VoIP Long Silence:	yes ▼
PSTN Long Silence Duration:	10	VoIP Long Silence Duration:	10
PSTN Silence Threshold:	medium ▼	Min CPC Duration:	0.2
Detect Disconnect Tone:	yes ▼		
Disconnect Tone:	425@-10;10(0.33/0.33/1)		

Obrázek 18 Nastavení rozpojovacího tónu

Kompletní schéma zapojení použité pro popisované nastavení je Obrázek 19.

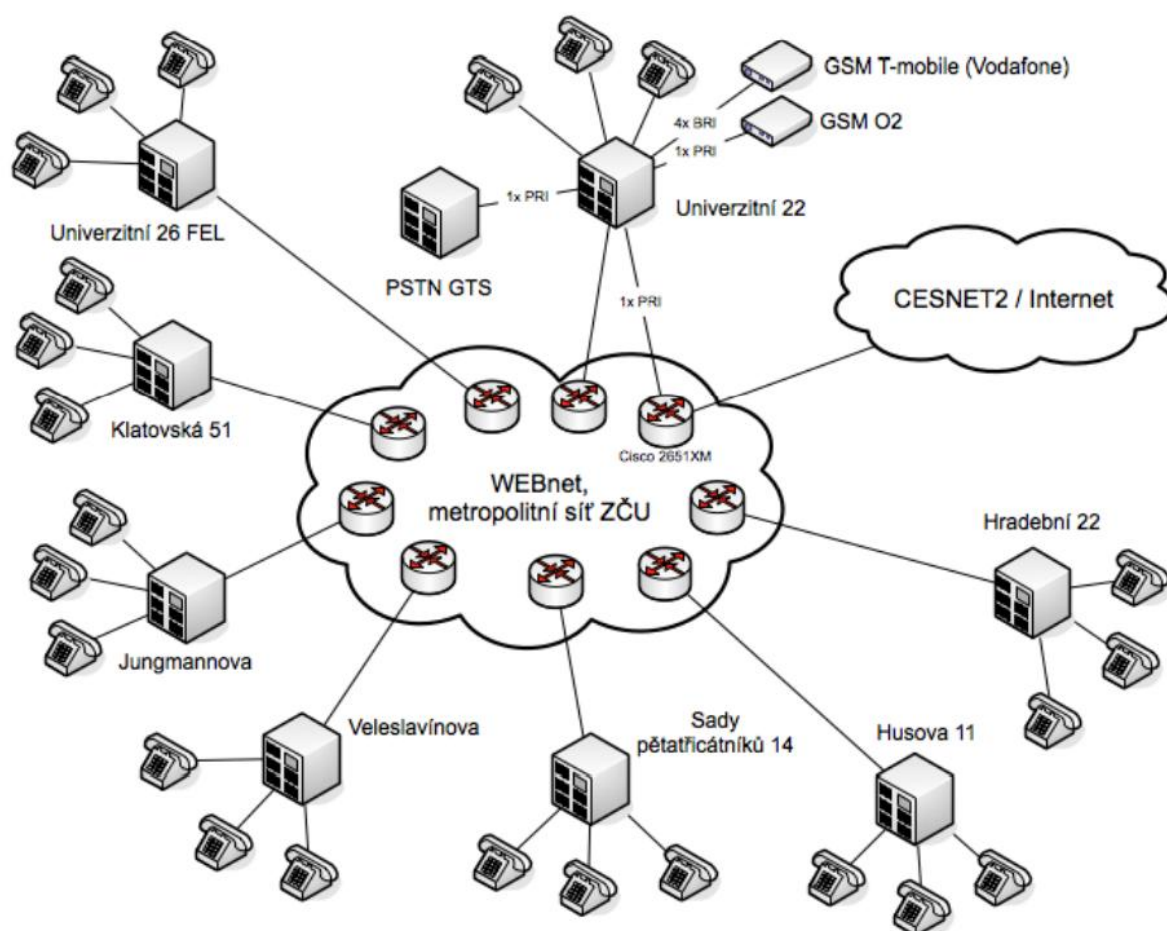


Obrázek 19 Zapojení VoIP připojené do sítě ZČU

Nutné bylo nastavit i telefonní adaptér Linksys SPA2102 a zapojit jej jako ústřednu tzn., že jsme nastavili parametry druhého účtu, který je použit v hlasové bráně Linksys SPA3102 pro volání přes PSTN. Parametry druhého účtu jsou nastavené v záložce Line_2, a proto je propojen port Phone_2 k portu Line u hlasové brány SPA3102. Dále jsou v telefonním adaptéru nastaveny parametry dial plan, vyzváněcí a oznamovací tóny, SIP port, preferovaný audio kodek a časové pásmo. Tyto parametry jsou nastaveny stejným způsobem, jak je popisována hlasová brána Linksys SPA3102.

7 Nasazení VoIP technologie na ZČU

Telefonie se na Západočeské univerzitě v Plzni používá od roku 2002. Infrastruktura původní sítě byla uspořádána z celkem devíti pobočkových ústředěn Siemens HiPath 4000. Tyto ústředny jsou rozmístněny v jednotlivých lokalitách na území Plzně a navzájem spolupracují jako jeden logický celek. Celek takto uspořádaných modulárních ústředěn sdílí číselný plán, který je jednotný a poskytuje přibližně 2000 telefonních linek.

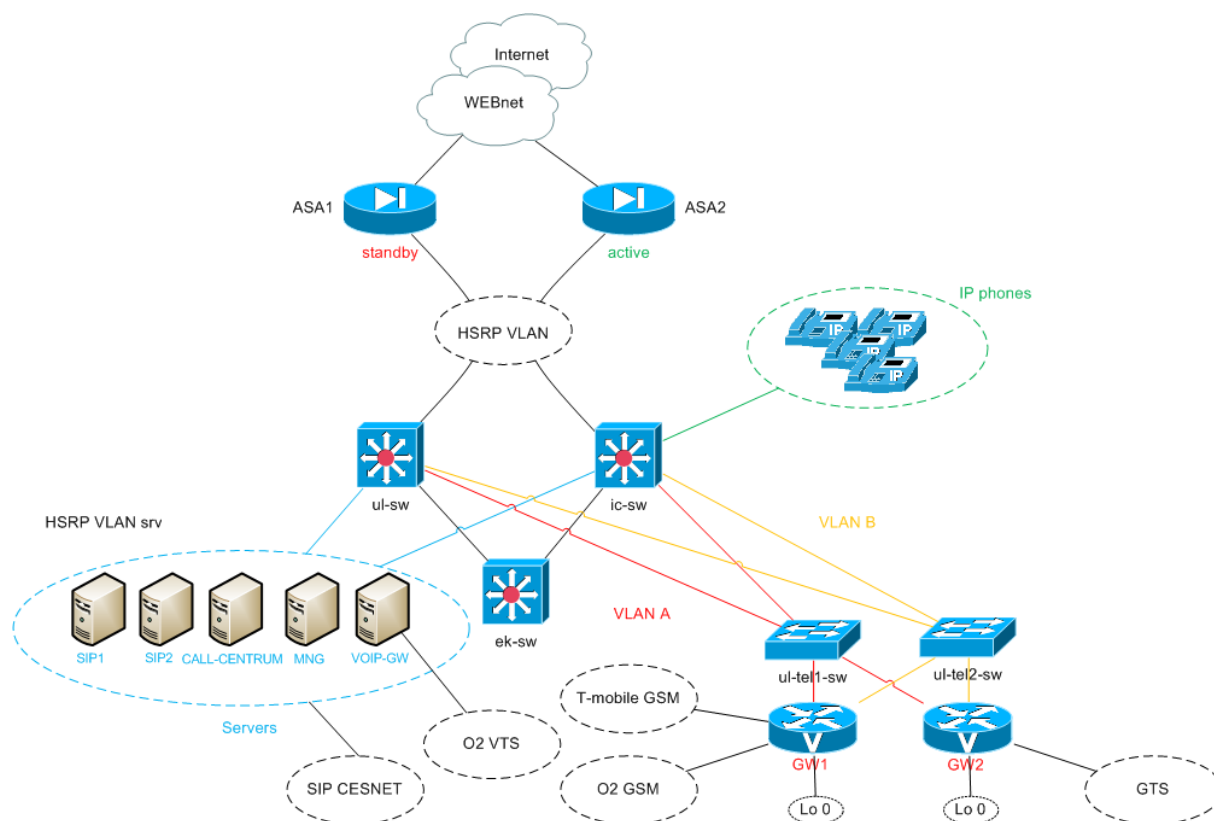


Obrázek 20 Blokové schéma infrastruktury telefonní sítě na ZČU [8]

Ústředny Siemens umožňují připojení vyhrazeným drátovým spojením různých koncových zařízení (analogové a digitální telefonní přístroje, faxy). Vzájemné propojení ústředen je uskutečněno pomocí počítačové sítě (IP příčky). VoIP příčky jsou provozovány na optické síti s přenosovou rychlostí 10GB/s. Výjimku tvoří spoj do Hradební ulice a Chebu. Bokové schéma infrastruktury telefonní sítě na Západočeské univerzitě v Plzni je na Obrázek 20.

Telefonní síť již není v záručním servisu, ale je provozována v pozáručním režimu tzn., že pokrývá pouze servisní práci nikoliv materiál. Pro existující budovy je dostatečná kapacita ústředen, ale pro další rozvoj a budování nových budov tato kapacita ústředen nedostačuje. Většina koncových zařízení jsou analogové.

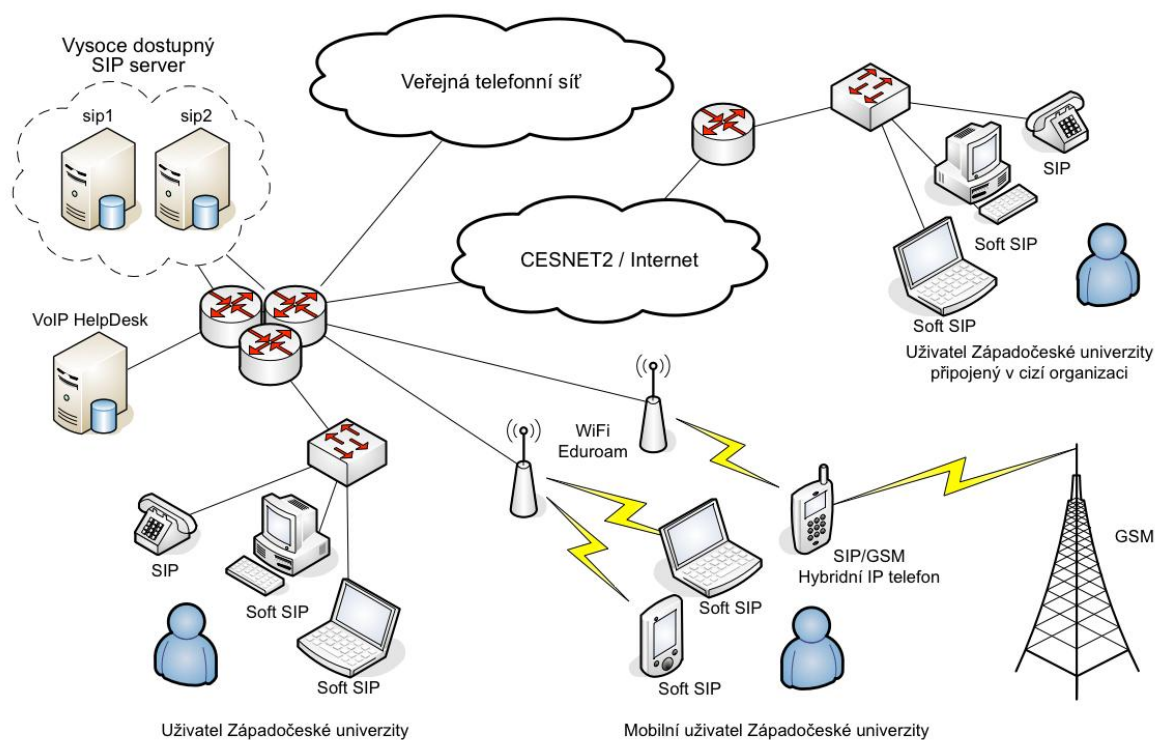
Do této infrastruktury byla přidána technologie VoIP. VoIP systém ZČU je složen z několika prvků. Obsahuje tři hlasové brány, dva SIP servery, jeden management server a redundantní síťové prvky jako jsou směrovače, přepínače a firewally. VoIP systém je napojen rozhraním E1 do hlasové sítě O2 a GTS, IP SIP trunkem do VoIP sítě O2, 4x rozhraním BRI do GSM bran t-mobile a 10x rozhraním BRI do pevné sítě O2. [8]



Obrázek 21 Redundantní topologie VoIP na ZČU [8]

S ohledem na trvalou dostupnost a spolehlivost IP telefonie se vytvořilo několik opatření. Většina opatření důležitých částí systému spočívá v redundanci neboli zdvojení systému, kdy jedna část je aktivní a druhá je v pohotovostním režimu (standby). Pomocí síťových protokolů HSRP, VRRP, Active/Active ASA high availability, OSPF redundant path a spanning-tree redundant path je zajištěna komunikace redundance a tím je zajištěna bezpečnost celého systému. Redundantní topologie je na Obrázek 21.

Služba SIP IP telefonie (VoIP ZČU) je určena nejen pro uživatele Západočeské univerzity v Plzni, ale i pro cizí uživatele volající směrem do univerzity. Velikou výhodou této služby je její cena za volání, je totiž ve většině případů zadarmo. Další výhodou této služby je možnost volání odkudkoliv ze světa nebo i ze svého domova do univerzity nebo do spřátelené organizace nebo do organizace s číslem dosažitelným pomocí systému ENUM, to vše za minimální poplatek případně rovnou opět zadarmo. [9]



Obrázek 22 Schéma IP sítě na ZČU [9]

Na Obrázek 22 je vidět zdvojení SIP serveru pro bezpečný a trvalý provoz. Uživatel se může k této VoIP síti připojit pomocí IP telefonu, softwarového klienta nebo hybridního IP telefonu. Použitím hybridního IP telefonu se může uživatel připojit do bezdrátové sítě

Eduroam a použít tak IP telefonii na ZČU. V případě, že se vzdálí od bezdrátové sítě, se hybridní IP telefon automaticky přepojí na GSM síť a využije služeb GSM poskytovatele. Seznam IP telefonů a dalších zařízení je vypsán níže ze zdroje [10].

Dříve se používali tyto přístroje:

- SPA502G
- SPA504G
- SPA508G
- SPA509G
- Linksys SPA 922
- Linksys SPA 942
- Linksys SPA 962
- Linksys SPA932
- Panasinic KX-TGP500
- Panasonic KX-TGP550

Aktuálně dostupné přístroje:

- SPA512G
- SPA514G
- SPA525G2
- SPA500S
- SPA500DS
- SPA112
- SPA232D
- SPA302D
- SPA302DKID
- PA100-EU

V průběhu následujícího času se budou odstraňovat ústředny Siemens HiPath 4000, analogové a digitální telefony. Tyto odstraněné zařízení budou nahrazeny IP telefony. IP telefony se připojují přímo do Internetové sítě a není potřeba klasická telefonní linka.

8 Závěr

Bakalářská práce splňuje všechny body zadání. V první části bakalářské práce byly prostudovány a popsány principy přenosu telefonních hovorů po počítačové síti tzv. IP telefonie nebo VoIP a podrobně popsány dva nejpoužívanější signalizační protokoly H.323 a SIP.

Druhou částí práce bylo popsat nasazení VoIP na Západočeské univerzitě v Plzni. Ze začátku telefonie na ZČU se používaly analogové telefonní přístroje a digitální telefonní přístroje připojené do infrastruktury devíti ústředen Siemens. V roce 2006 proběhla modernizace telefonie a nasadila se technologie VoIP. K VoIP technologii byly poskytnuty IP telefony, které jsou připojené ke stávající infrastruktuře a doplněné o SIP servery. V současné době se přechází na kompletní VoIP zařízení a odstraňují se ústředny Siemens, analogové a digitální telefonní přístroje.

Třetí částí práce bylo ověření připojení VoIP terminálu do telefonní sítě ZČU. Popis nastavení parametrů a implementované funkce. Při zapojení, které je na Obrázek 19 se objevila komplikace s přidělováním IP adres zařízením a nefunkčnost tohoto zapojení. Problém byl odstraněn připojením jednoho ze zařízení přes jiný router. Toto by se také dalo vyřešit nastavením rozsahu IP adres v jednotlivých zařízeních a to v záložce Router - > LAN Setup. Po nastavení všech parametrů a odzkoušení telefonování fungovalo. Toto zapojení umožňuje telefonování přes VoIP a také přes klasickou telefonní síť PSTN. Důsledkem toho je využití dvou čísel na jednom analogovém telefonním přístroji.

9 Seznam literatury

- [1] Kostěnek, Michal a Michal Petrovič. *Hlasové technologie*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2014. ISBN 978-80-261-0370-7
- [2] Pravda, Ivan. *Internetová telefonie (VoIP) a protokol SIP* [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/079.pdf
- [3] Bazala, David. *Telekomunikace a VoIP telefonie*. Praha: BEN, 2006.
- [4] Explaining Dial Plan. Cisco. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/collaboration-endpoints/spa901-1-line-ip-phone/108747-pqa-108747.html>
- [5] Bezpalec, Pavel. *Signalizační a komunikační protokoly IP telefonie*. [online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.ip-telefon.cz/data/download/70.pdf>
- [6] Vozňák, M. *SIGNALIZACE SIP. TEORIE A PRAXE IP TELEFONIE*. [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.ip-telefon.cz/data/download/57.pdf>
- [7] ToneScript. Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. 2001- [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/ToneScript>
- [8] Cesnet. [online]. 14.12.2009 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: https://sip.cesnet.cz/cs/implementace/voip_zcu#napojeni_na_ostatni_systemy_zcu
- [9] *Support.zcu.cz*. [online]. 20.5.2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://support.zcu.cz/index.php/IP_telefonie
- [10] *Seupport.zuc.cz*. [online]. 28.7.2014 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://support.zcu.cz/index.php/Telekomunikační_služby/Provozované_IP_telefony
- [11] *Support.zcu.cz*. [online]. 12.8.2009 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://support.zcu.cz/index.php/Aktuality:IP_telefonie
- [12] SIP – Response Codes. *TutorialsPoint*. [online]. 23.5.2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.tutorialspoint.com/session_initiation_protocol/session_initiation_protocol_response_codes.htm
- [13] *802.cz*. [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://www.802.cz/navody/navody.php?typ=SPA-3102>

10 Přílohy

- SIP –Response Code

Informational(1xx)

Informational responses are used to indicate **call progress**. Normally the responses are end to end (except 100 Trying). The main objective of informational responses is to stop retransmission of INVITE requests.

Informational responses include the following responses:

100 Trying

- This special case response is only a **hop-by-hop** request.
- It is never forwarded and may not contain a message body.
- It is used to avoid the retransmission of **INVITE** requests.

180 Ringing

- This response is used to indicate that an **INVITE** has been received by the user agent and **alerting** is taking place.

181 Call is Being Forwarded

- This response is used to indicate that the call has been forwarded to another endpoint.
- It is sent when the information may be of use to the caller.
- It gives the status of the caller, as a forwarding operation may result in the call taking longer to be answered.

182 Call Queued

- This response is used to indicate that the INVITE has been received and will be processed in a queue.

183 Session Progress

- It indicates that information about the progress of a session may be present in a message body or media stream.
- Unlike a 100 Trying response, a 183 is an end-to-end response and establishes a dialog.
- A typical use of this response is to allow a UAC to hear a ringtone, busy tone, or recorded announcement in calls through a gateway into the PSTN.

Success(2xx)

This class of responses is meant for indicating that a request has been accepted. It includes the following responses:

200 OK

- 200 OK is used to accept a session invitation.
- It indicates a successful completion or receipt of a request.

202 Accepted

- 202 Accepted indicates that the UAS has received and understood the request, but that the request may not have been authorized or processed by the server.
- It is commonly used in responses to SUBSCRIBE, REFER methods.

Redirection(3xx)

Generally these class responses are sent by redirect servers in response to INVITE. They are also known as redirect class responses. It includes the following responses:

300 Multiple Choices

- It contains multiple Contact header fields to indicate that the location service has returned multiple possible locations for the SIP URI in the Request-URI.

301 Moved Permanently

- This redirection response contains a Contact header field with the new permanent URI of the called party.
- The address can be saved and used in future INVITE requests.

302 Moved Temporarily

- This redirection response contains a URI that is currently valid but is not permanent.
- That is, the location is valid for the duration of the time specified.

305 Use Proxy

- This response contains a URI that points to a proxy server having authoritative information about the calling party.
- This response could be sent by a UAS issuing a proxy for incoming call screening.

380 Alternative Service

- This response returns a URI that indicates the type of service the called party would like.
- For example, a call could be redirected to a voicemail server.

Client Error(4xx)

Client error responses indicate that the request cannot be fulfilled as some errors are identified from the UAC side. The response codes are generally sent by UAS. Upon receiving an error message, the client should resend the request by modifying it based on the response. Discussed below are some of the important client error responses.

400 Bad Request

- It indicates that the request was not understood by the server.
- Request might be missing required header fields such as To, From, Call-ID, or CSeq.

401 Unauthorized

- It indicates that the request requires the user to perform authentication.
- 401 Unauthorized is normally sent by a registrar server for REGISTER request.
- The response contains WWW-Authenticate header field which requests for correct credentials from the calling user agent.
- A subsequent REGISTER will trigger from the User Agent with correct credentials.

403 Forbidden

- 403 Forbidden is sent when the server has understood the request, found the request to be correctly formulated, but will not service the request.
- This response is not used when authorization is required.

404 Not Found

- 404 Not Found indicates that the user identified by the SIP URI in the Request-URI cannot be located by the server or that the user is not currently signed on with the user agent.

405 Method Not Allowed

- It indicates that the server or user agent has received and understood a request but is not willing to fulfil the request.
- Example: A REGISTER request might be sent to a user agent.

- An Allow field must be present to inform the UAC as to what methods are acceptable.

406 Not Acceptable

- This response indicates that the request cannot be processed due to a requirement in the request message.
- The Accept header field in the request did not contain any options supported by the UAS.

407 Proxy Authentication Required

- This request sent by a proxy indicates that the UAC must first authenticate itself with the proxy before the request can be processed.
- The response should contain information about the type of credentials required by the proxy in a Proxy-Authenticate header field.
- The request can be resubmitted with the proper credentials in a Proxy-Authorization header field.

408 Request Timeout

- This response is sent when an Expires header field is present in an INVITE request and the specified time period has passed.
- It could be sent by a forking proxy or a user agent.
- The request can be retried at any time by the UAC.

422 Session Timer Interval Too Small

- The response is used to reject a request containing a Session-Expires header field.
- The minimum allowed interval is indicated in the required Min-SE header field.
- The calling party may retry the request without the Session-Expires header field or with a value less than or equal to the specified minimum.

423 Interval Too Brief

- The response is returned by a registrar that is rejecting a registration request because the requested expiration time on one or more Contacts is too brief.
- The response must contain a Min-Expires header field listing the minimum expiration interval that the registrar will accept.

480 Temporarily Unavailable

- This response indicates that the request has reached the correct destination, but the called party is not available for some reason.

- The response should contain a **Retry-After** header indicating when the request may be able to be fulfilled.

481 Dialog/Transaction Does Not Exist

- This response indicates that a response referencing an existing call or transaction has been received for which the server has no records or state information.

483 Too Many Hops

- This response indicates that the request has been forwarded the maximum number of times as set by the **Max-Forwards** header in the request.
- This is indicated by the receipt of a **Max-Forward: 0** header in a request.

486 Busy Here

- This indicates the user agent is busy and cannot accept the call.

487 Request Terminated

- This response can be sent by a UA that has received a **CANCEL** request for a pending **INVITE** request.
- A **200 OK** is sent to acknowledge the **CANCEL**, and a **487** is sent to cancel the **INVITE** transaction.

Server Failure (5xx)

This class response is used to indicate that the request cannot be processed because of an error with the server. The server failed to fulfil an apparently valid request. The response may contain a **Retry-After** header field. The request can be tried at other locations because there are no errors indicated in the request. Some of the important server failure responses are discussed below.

500 Server Internal Error

- **500** indicates that the server has experienced some kind of error that is preventing it from processing the request.
- It is one kind of server failure that indicates the client to retry the request again at this server after several seconds.

501 Not Implemented

- It indicates that the server is unable to process the request because it is not supported.
- This response can be used to decline a request containing an unknown method.

502 Bad Gateway

- This response is sent by a proxy that is acting as a gateway to another network.
- It indicates some problem in the other network is preventing the request from being processed.

503 Service Unavailable

- This response indicates that the requested service is temporarily unavailable at that time.
- The request can be retried after a few seconds, or after the expiration of the Retry-After header field.

504 Gateway Timeout

- This response comes when the request failed due to a timeout occurred in the other network to which the gateway connects.
- It is a server error class response because the call is failing due to a failure of the server in accessing resources outside the SIP network.

505 Version Not Supported

- The server denies a request when it comes with a different SIP version number. The denial is indicated in this message.
- Currently SIP version 2.0 is the only version implemented.

513 Message Too Large

- This response is used by a UAS to indicate that the request size was too large for it to process.

580 Preconditions Failure

- This response is used to reject an SDP offer in which required preconditions cannot be met.

Global Error (6xx)

This response class indicates that the server knows that the request will fail wherever it is tried. As a result, the request should not be sent to other locations.

Only a server having definitive knowledge of the user identified by the Request-URI in every possible instance should send a global error class response. Otherwise, a client error class response should be sent.

A Retry-After header field can be used to indicate when the request might be successful. Some of the important responses are discussed below:

600 Busy Everywhere

- This response indicates that the call to the specified Request-URI could be answered in other locations.

603 Decline

- This response could indicate the called party is busy, or simply does not want to accept the call.

604 Does Not Exist Anywhere

- This response is similar to the 404 Not Found response but indicates that the user in the Request-URI cannot be found anywhere.
- This response should only be sent by a server having access to all the information about the user.

606 Not Acceptable

- This response indicates that some aspect of the desired session is not acceptable to the UAS, and as a result, the session cannot be established.
- The response may contain a Warning header field with a numerical code describing exactly what was not acceptable.
- The request can be retried with different media session information.