

# **Telefonovanie cez Internet Protokol na zariadeniach Cisco**

Martin Macko

---

Bakalárska práca  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Macko**

Osobní číslo: **A11137**

Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Telefonování přes Internet Protokol na zařízeních Cisco**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte přehled řešení, které nabízí společnost Cisco.
2. Uvedte jednotlivé součásti, které jsou nutné pro provoz telefonie.
3. Popište postup konfigurace všech prvků.
4. V simulačním prostředí vytvořte ukázkové příklady.
5. Zprovozněte reálná zařízení v laboratorních podmínkách.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **SOSINSKY, Barrie A.** Mistrovství – počítačové sítě: I vše, co potřebujete vědět o správě sítí. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 840 s. ISBN 978-80-251-3363-7.
2. **HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER.** Počítačové sítě pro začínající správce. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
3. **PALOVSKÝ, Radomír.** Informační a komunikační sítě. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2010-, ISBN 978-80-245-1729-21.
4. **WALLACE, Kevin.** Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.
5. **WALLACE, Kevin.** VoIP: bez předchozích znalostí. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří Korbel, Ph.D.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

**28. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**13. června 2014**

Ve Zlíně dne 28. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

### **Prohlašuji, že**

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Bakalárska práca sa zaoberá telefonovaním cez internet, protokol na zariadeniach firmy Cisco. V teoretickej časti sú popísané základné informácie a pojmy potrebné na pochopenie danej problematiky. Čitateľ je zoznámený so základnými súčasťami VoIP siete, protokolmi VoIP siete a s konfiguráciou týchto protokolov. Praktická časť pozostáva z praktických konfigurácií zariadení potrebných pre telefóniu. Ukážky sú vytvorené v simulačnom programe a na reálnych zariadeniach v laboratórnych podmienkach.

Kľúčová slova: VoIP, hlasová brána, agent volania, IP telefón, H.323, MGCP, SIP

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis deals with telephony through internet, protocol on Cisco devices. In theoretical part are described basic information which are necessary for understanding the problematics. Reader is introduced with fundamental components of VoIP network, with protocols of VoIP network and with configuration of these protocols. Practical part consists of practical configurations needed for telephony. Demonstrations are made in simulation program and on real devices in laboratory conditions.

Keyword: VoIP, voice gateway, call agent, IP phone, H.323, MGCP, SIP

Chcel by som sa poďakovať svojmu vedúcemu Ing. Jiřímu Korbelovi Ph.D za odborné vedenie a poskytnuté rady pri spracovávaní bakalárskej práce.

Taktiež ďakujem mojej rodine a priateľke za podporu počas celého štúdia.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 VOIP ZÁKLADNÉ PRVKY .....</b>	<b>11</b>
1.1 VÝHODY IMPLEMENTÁCIA VOIP SIETE.....	11
1.2 SÚČASTI VOIP SIETE .....	12
1.3 FUNKCIE VOIP SIETE.....	13
1.4 PREVOD HLASU NA DIGITÁLNY SIGNÁL .....	15
1.5 DIAL PEERY .....	16
1.5.1 Dial peery POTS. ....	17
1.5.2 Dial peery VoIP.....	17
1.6 PROTOKOLY PRE PRENOS MÉDIÍ.....	18
1.6.1 RTP .....	19
1.6.2 RTCP.....	20
1.6.3 cRTP a sRTP .....	20
<b>2 HARDWAROVE KOMPONENTY VOIP SIETE .....</b>	<b>21</b>
2.1 VOIP KONCOVÉ ZARIADENIA.....	21
2.2 VOIP BRÁNY .....	22
<b>3 BRÁNY VOIP A ICH PROTOKOLY .....</b>	<b>25</b>
3.1 SADA PROTOKOLOV H.323.....	25
3.1.1 Typy hovorov .....	25
3.1.2 Prispôsobenie H.323 pre IP .....	27
3.1.3 Výhody protokolu H.323 .....	27
3.1.4 Konfigurácia brány H.323.....	28
3.2 PROTOKOL MGCP .....	30
3.2.1 Hlasové brány a agent volania MGCP .....	30
3.2.2 Riadiace príkazy MGCP .....	32
3.2.3 Výhody protokolu MGCP .....	33
3.2.4 Konfigurácia brány MGCP .....	33
3.3 PROTOKOL SIP .....	35
3.3.1 Architektúra protokolu SIP .....	35
3.3.2 Typy hovorov .....	36
3.3.3 Výhody protokolu SIP.....	38
3.3.4 Konfigurácia protokolu SIP .....	38
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>40</b>
<b>4 KONFIGURÁCIA PRVKOV VOIP SIETE.....</b>	<b>41</b>

4.1	CISCO PACKET TRACER.....	41
4.2	KONFIGURÁCIA HLASOVÝCH PORTOV .....	44
4.3	KONFIGURÁCIA DIAL PEEROV.....	47
4.4	NASTAVENIE IP TELEFÓNU.....	50
4.5	IMPLEMENTÁCIA VoIP DO DÁTOVEJ SIETE .....	51
4.6	KONFIGURÁCIA VoIP SIETE .....	56
4.7	KONFIGURÁCIA BRÁNY H.323.....	61
4.8	KONFIGURÁCIA BRÁNY MGCP .....	65
4.9	KONFIGURÁCIA UŽÍVATEĽSKÉHO AGENTA SIP .....	67
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>69</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>77</b>



## ÚVOD

Už od osemdesiatych rokov minulého storočia sa zároveň s vývojom ARPANETU začal vyvíjať aj VoIP protokol. VoIP protokol pod sebou združuje sadu protokolov, pomocou ktorých je možné cez dátovú IP sieť posilať analógový hlas. Na začiatku celého procesu sa analógový hlas vzorkuje a kvantuje do digitálneho signálu a následne posiela vo forme paketov po dátovej sieti.

Nakoľko v dnešnej dobe je používanie dátovej IP siete pre drvivú väčšinu ľudí a firiem absolútnou samozrejmosťou, logicky sa ponúka integrovanie hlasových služieb do týchto sietí. Takto riešená telefónia ma veľké výhody a je hojne používaná mnohými inštitúciami. Nespornou výhodou pre inštitúcie používajúce VoIP sieť je to, že im odpadá správa dvoch sietí, dátovej a hlasovej, pomocou VoIP sa tieto siete totiž integrujú do jednej. Táto technológia taktiež prináša značné finančné úspory vzhľadom na to, že odpadá potreba platenia poplatkov za verejnú telefónnu sieť.

Táto práca môže slúžiť ako študijná pomôcka ku získaniu certifikácie CCNA Voice. Čo je certifikát firmy Cisco zaoberajúcou sa práve fungovaním a správou VoIP siete. Prípadne ako pomôcka pri vytváraní vlastnej VoIP siete a konfigurácii jednotlivých zariadení na to potrebných.

Teoretická časť práce sa skladá z troch kapitol. V prvej kapitole sú rozobraté základné princípy, na ktorých VoIP pracuje. Ďalej výhody a funkcie spolu so základnými prvkami potrebnými k prevádzke takejto siete. Nasleduje kapitola, ktorá zobrazuje krátky prehľad zariadení firmy Cisco, ktoré sú potrebné k prevádzke VoIP siete. Posledná kapitola teoretickej časti sa zaoberá hlasovými bránami a ich protokolmi, konkrétne protokolmi H.323, MGCP a SIP. Hlasové brány sú dôležitou súčasťou VoIP siete, tvoria prechod medzi VoIP sieťou a inými telefónnymi sieťami. Protokoly hlasových brán buď sami, alebo pomocou agenta volania riadia hlasovú komunikáciu.

Praktická časť pozostáva z praktických ukážok konfigurácie zariadení potrebných pre IP telefóniu. Tieto ukážky sú zväčša tvorené na reálnych zariadeniach v laboratórnych podmienkach, prípadne v simulačnom programe Cisco Packet Tracer. V ukážkach je obsiahnutá konfigurácia koncového zariadenia, jednoduchej VoIP siete cez CME, implementácia telefónnych zariadení do dátovej siete a konfigurácie protokolov hlasových brán.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VOIP ZÁKLADNÉ PRVKY

VoIP je súbor technológií, pomocou ktorého je možné využívať dátové siete IP na hlasové aplikácie, medzi ktoré môže patriť napríklad telefonovanie, posielanie rýchlych hlasových správ alebo telekonferencie. Definuje spôsob prenosu hlasových volaní cez IP sieť, vrátane digitalizácie a paketizácie hlasových dátových prúdov. Protokoly, ktoré sú používané pre prenos hlasu cez dátovú sieť, sú súhrnne označované ako VoIP protokoly. Pomocou protokolov VoIP je hlas prevedený na digitálny signál, ktorý je prenášaný cez dátovú sieť založenú na IP protokole. Technológie VoIP umožňujú volanie priamo cez počítač, cez VoIP telefón alebo štandardný analógový telefón. Pre firmy prináša implementácia VoIP značné výhody.<sup>[12]</sup>

### 1.1 Výhody implementácia VoIP siete

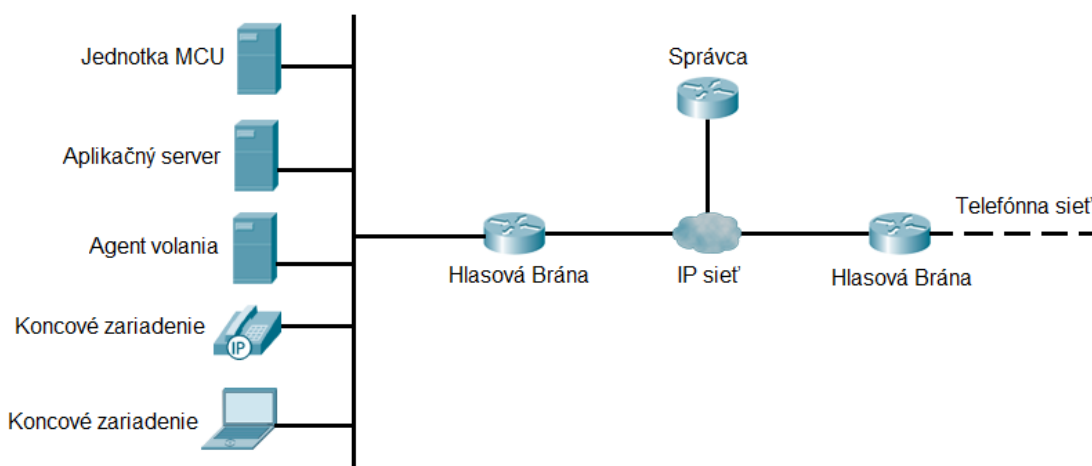
V prvých rokoch zavádzania VoIP protokolu sa za najväčšiu a vlastne jedinou podstatnú výhodu zavedenia internetovej telefónie pre firmy považovalo zníženie nákladov. A to hlavne tým že bolo možné vyhnúť sa plateniu poplatkov za separátnu telefónnu sieť. Veľké pokroky v službách VoIP už v dnešnej dobe okrem spomínaného zníženia nákladov, ktoré je stále relevantným faktorom, ponúkajú rôzne výhody oproti bežnej telefónnej sieti. Uvedené teda budú niektoré podstatné výhody ktoré VoIP ponúka.

- **Zníženie nákladov.** Bežná telefónna sieť používa na riadenie hlasového kanálu štandardnú metódu časového simplexu. Táto metóda funguje jednoducho tak, že vyhradený hlasový kanál má pevnú šírku. Keď teda neprebíha hovor, ostáva vyhradená šírka pásma nevyužitá. Naproti tomu protokol VoIP zdieľa šírku pásma kanálu viacerých logických kanálov. Tým znižuje výslednú potrebnú šírku pásma a znižuje tak náklady na jej zaobstaranie. Ďalším príkladom zníženia nákladov je situácia, keď organizácia nevyužíva na plno svoju dátovú sieť. Miesto toho, aby boli platené a udržiavané dve siete (dátová IP sieť a bežná telefónna), je ohľadom na náklady výhodnejšie zlúčenie do jednej siete.
- **Flexibilita.** Funkcie dátovej IP siete vo svojej podstate umožňujú logické segmentovanie užívateľov. Tým aj VoIP siete dovoľujú firmám, ktoré ich používajú poskytovať svojim zákazníkom a užívateľom rôzne aplikácie, vlastné služby a sadzby v závislosti na potrebách z hľadiska objemu dát, či logického zaradenia užívateľa.

- **Pokročilé smerovanie volaní.** Umožňuje pri existencii viacerých možných prenosových trás uprednostňovať trasy ohľadom na náklady, vzdialenosť, kvalitu alebo záťaž z hľadiska dodávky. Ako príklad možno uviesť smerovanie s najmenšími nákladmi, alebo smerovanie podľa dennej doby.
- **Zabezpečenie.** Mechanizmy v IP sieti umožňujú šifrovanie hlavičiek, prípadne celých tiel paketov a chránia pakety v prípade, že by došlo k neoprávnenému prijatiu paketov. Tým pádom poskytuje zabezpečenie potenciálne citlivej hlasovej komunikácie.<sup>[4]</sup>

## 1.2 Súčasti VoIP siete

Každá VoIP sieť potrebuje určité základné súčasti, bez ktorých by nemohla fungovať. Niektoré z nich sú fyzické (IP telefóny), ale taktiež logické, ktoré bežia na niektorom bežnom komponente IP siete, ako je napríklad smerovač, poprípade na špecializovanej hlasovej bráne.



Obrázok 1 Obecné schéma zapojenia VoIP.

Ďalej budú popísané jednotlivé základné súčasti VoIP siete.

1. **Koncové zariadenia.** Ako koncové zariadenia hlasovej paketovej siete sa najčastejšie používajú IP telefóny. Možné je však použiť obyčajné PC, ktoré obsahuje hlasovú a sieťovú kartu, čo je v dnešnej dobe bežný štandard.
2. **Správca (gatekeeper).** Ide o logickú súčasť dátovej siete, ktorá pracuje na smerovači. Zaisťuje riadenie CAC, spravuje hlasové pásmo a prekladá adresy.

3. **Brána (gateway).** Další logická součást pracující na směrovači, alebo specializované hlasové brány. Na rozdíl od správce však, ako už z názvu vyplývá, sa brána stará o spojenie medzi VoIP sieťami a sieťami, ktoré pracujú na inom princípe (bežná telefónna sieť). Okrem toho umožňujú pripojenie lokálnych analógových a digitálnych hlasových zariadení (telefóny, faxy atď.).
4. **Jednotky MCU (Multipoint Control Unit).** Tieto jednotky zaisťujú pre účastníkov hovoru (konferencie) na rozličných miestach sveta pripojenie v reálnom čase. Ide o fyzické zariadenie, ktoré sa skladá z radiča, prípadne procesoru.
5. **Agent volania.** Poskytuje v podstate rovnaké služby ako správca, na rozdiel od neho však nebeží na smerovači ale na serverovej platforme. Príkladom takéhoto agenta je Cisco aplikácia Cisco Unified Communications Manager. Cisco UCM je softwarový agent volania starajúci sa o správu hovorov.
6. **Aplikačné servery.** Zabezpečujú doplnkové služby, ako je napríklad hlasová pošta či jednotné zasielanie správ.<sup>[5]</sup>

### 1.3 Funkcie VoIP siete

VoIP je, ako už bolo písané vyššie, súbor protokolov ktoré zabezpečujú možnosť prenášania hlasu po dátovej IP sieti. Obsahuje teda sadu protokolov ktoré ip telefonovanie umožňujú. Tieto protokoly teda musia zabezpečovať funkcie ktoré sú pre telefonovanie nevyhnutné. Medzi hlavné funkcie ktoré VoIP zabezpečuje a umožňuje tak prenos hlasu patria.

- **Signalizácia.** Signalizácia je jednou s najdôležitejších funkcií VoIP protokolu. Je to funkcia, ktorá generuje a preposiela informácie o riadení komunikácie medzi dvoma koncovými bodmi. O signalizáciu v technológii VoIP sa stará hneď niekoľko protokolov. Obsahuje protokoly pracujúce na princípe peer-to-peer (sieť s rovnocennými uzlami), ako sú protokoly SIP alebo H.323, kde koncové zariadenia, alebo brány sami inicializujú, ukončujú a interpretujú riadiace správy. Alebo protokoly typu klient-server ako protokol MGCP, kde koncové body neobsluhujú riadiace informácie sami, ale odosielajú, alebo prijímajú riadiace informácie od serveru. Tomuto serveru sa hovorí agent volania, ako už bolo spomenuté vyššie. Pokiaľ napríklad brána detekuje zdvihnutie slúchadla nevie,

že má automaticky generovať oznamovací tón. Brána posiela oznámenie o tejto udalosti na server (agent volania), čím mu oznamuje že bolo zdvihnuté slúchadlo. Agent volania potom riadiacimi signálmi inštruuje bránu o ďalšom postupe. Medzi protokoly zaobstarávajúce sa signalizáciu, patrí taktiež SCCP. Tento protokol je definovaný a spravovaný firmou Cisco a slúži na signalizáciu spojenia medzi Cisco zariadeniami a agentom volania firmy Cisco.<sup>[3]</sup>

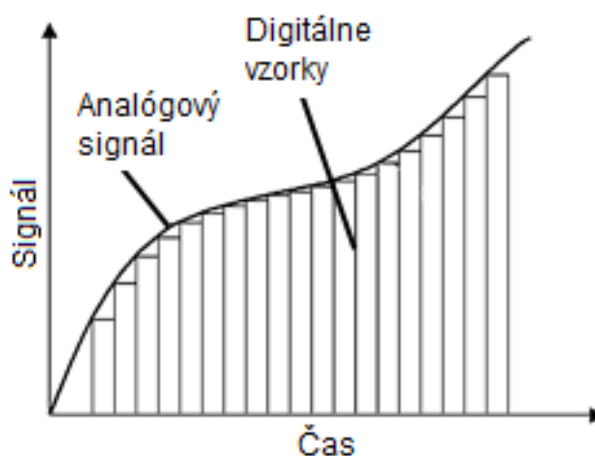
- **Databázové služby.** Tieto služby poskytujú nadštandardné funkcie, pre ktoré je potrebné zadávať dotazy do databáze. Takýchto služieb je vo všeobecnosti mnoho a samotný správca siete väčšinou rozhoduje, ktoré do siete aplikuje a ktoré nie. Medzi často používané služby patrí napríklad zistenie ID volajúceho, doručovanie mena volajúceho (CNAM), alebo služba oznamovania volania pomocou ktorej je možné prostredníctvom vopred nahratých volaní v stanovený čas oznamovať, upozorňovať na určité udalosti (napr. uzavretie inštitúcie) .<sup>[4]</sup>
- **Riadenie nosných služieb (bearer).** Kanály nosných služieb slúžia k prenosu hlasových volaní. K riadnemu chodu týchto kanálov je potrebná správna signalizácia začiatku a koncu hovoru. Nevyhnutné je, aby bol pri začiatku volania vytvorený kanál na prenos dát. Tento kanál pri ukončení volania musí byť následne správne zrušený, aby sa uvoľnilo odpovedajúce šírka pásma. V IP sieti tieto služby môžu obsluhovať protokoly : SIP, H.323, H.248 a MGCP.<sup>[4]</sup>
- **Kodeky.** Vzhľadom na to, že hlas je analógová (spojitá) veličina a IP siete pracujú s paketmi, teda digitálnymi (číslcovými) signálmi musí byť zabezpečená obojstranná konverzia medzi analógovým a digitálnym signálom. Jednotlivé kodeky potom definujú metódu tejto konverzie, prípadne následnú kompresiu hlasového dátového toku na ten digitálny a späť. Najpoužívanejším kodekom v sieti WAN je kodek G.729, ktorý digitalizuje a komprimuje analógový hlas na šírku pásma 8 kb/s.<sup>[5]</sup>
- **QOS.** Pokiaľ chceme dátovú sieť používať na prenášanie hlasu zariadenia pracujúce na druhej vrstve OSI modelu by mali podporovať QOS. QOS umožňuje udeliť vyššiu prioritu a prednostne spracovávať pakety, ktoré sú označené ako hlasové oproti tým dátovým. To je vo VoIP sieti veľmi dôležité. Pokiaľ si niekto napríklad prezerá internet, môže sa sice postávať, že sa mu stránka načítavala až dve sekundy, avšak nebude to mať fatálny vplyv a informácia sa nestratí.

U hlasovej siete však takýto výpadok môže byť kritický a môže dôjsť ku strate prenášanej informácie. <sup>[14]</sup>

## 1.4 Prevod hlasu na digitálny signál

Pri hovorení do telefónu ľuďom z úst nevychádzajú jednotky a nuly, ktoré je schopná IP sieť prenášať a tak treba hlas, ktorý je v čase plynule sa meniaci signál previesť práve do tohto formátu. Na druhom konci slúchadla zase naopak, vzhľadom na to, že človek nie je schopný porozumieť rýchlemu prúdu núl a jednotiek, je potrebné digitálny signál previesť späť na hlasový signál. <sup>[5]</sup>

Prenos hlasu na digitálny signál začína vzorkovaním daného analógového signálu. Teda, odoberaním hodnôt analogového signálu v určitých okamihoch. Pri tejto činnosti je dôležitá frekvencia vzorkovania. Pričom sme tlačení dvoma protichodnými myšlienkami. Jednak nechceme, aby bolo frekvencia moc nízka a nedošlo tak k aliasingu (podvzorkovaniu a nesprávnej spätnej interpretácii na hlasový signál) teda, aby sme po spätnej konverzii na hlas niečomu aj rozumeli. A na druhej strane nechceme, aby bola frekvencia moc veľká a nám tak jeden prebiehajúci hovor zabral veľkú šírku pásma a zahlcoval zvyšok siete. Túto dilemu našťastie už dávno vyriešil Harry Nyquist. Ten uviedol, že rýchlosť odoberania vzoriek musí byť aspoň dvakrát tak vysoká ako najväčšia vzorkovaná frekvencia.



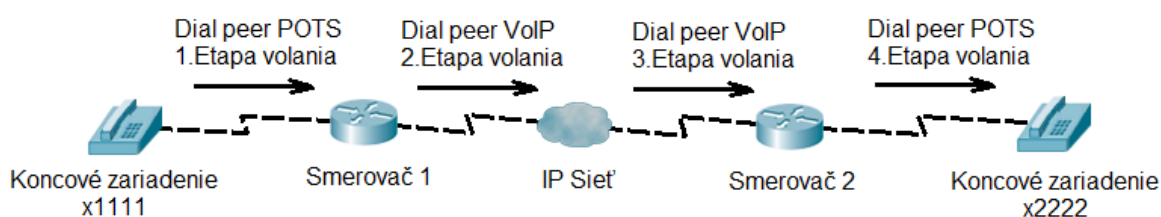
Obrázok 2 Ukážka vzorkovaného signálu.

Po navzorkovaní signálu však stále máme analógový signál. V ďalšom kroku teda treba zobrať vzorkované dáta (amplitúdy) a priradiť im vytúžené číslo. Tento proces sa nazýva kvantizácia. Pri kvantizácii však vzniká určitá chyba, keďže máme iba obmedzený počet

kvantizačných úrovní. Táto chyba je potom najviac viditeľná pri malých intenzitách hlasu a vzniká tak deformácia hlasu. Pri kvantizácii sa preto používa, miesto lineárnej stupnice, stupnica logaritmická a pri nízkych intenzitách je teda stupnica hustejšia a pri vyšších naopak redšia. Vzorkovaním a kvantizovaním sme teda dostali digitálny signál, ten ešte sám o sebe zaberá veľkú šírku pásma a ďalej sa teda komprimuje pomocou rôznych algoritmov na znesiteľnú šírku.

## 1.5 Dial Peery

K pochopeniu činnosti a princípu Dial peerov si najskôr popíšeme jednotlivé etapy volania (call legs). K zaisteniu volania cez sieť je potrebné zaistiť logické spojenia medzi telefónnymi zariadeniami. Teda medzi bránami, smerovačmi či koncovými zariadeniami. Hovor medzi dvoma koncovými bodmi vo všeobecnosti prechádza štyrmi etapami, ktoré sú popísané na obrázku. Tieto štyri etapy volania využívajú dva druhy dial peerov, ktoré budú vysvetlené nižšie.



Obrázok 3 Etapy volania.

V prvej etape volania sa koncové zariadenie spojí s prvým smerovačom. Smerovač vytvorí dial peer POTS (vonkajšie spojenie) a priradí mu identifikátor. Následne, v druhej etape, smerovač podľa vytočeného spojenia určí východiskový dial peer VoIP a priradí mu identifikátor. Požiadavka volania dorazí cez IP sieť na druhý smerovač. Ten priradí prichádzajúci hovor vnútornému dial peeru VoIP a opäť sa priradí identifikátor volania. V tomto momente sa smerovače dohodnú na podporovaných prvkoch a aplikáciách volania ak je to potrebné. Volajúci smerovač totiž môže podporovať aplikácie, ktorý volaný smerovač nepodporuje a naopak. V poslednej štvrtej etape vytvorí druhý smerovač von smerujúci dial peer POTS.

Z jednotlivých etáp vyplýva, že smerovač vytvára v podstate všetky dial peery. Musí teda prehľadať nakonfigurované dial peery a rozhodnúť ako naložiť s prichádzajúcim hovorom. Dial peery si je teda možné predstaviť ako statické cesty, ktorými určujeme smerovaču ako

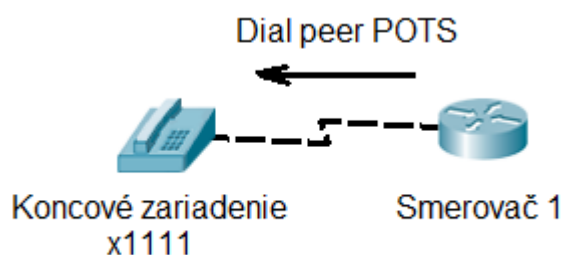


dosiahnuť dané číslo, teda ako obdobu statického smerovania dátových paketov. Tento systém je možno použiť hlavne v malých sieťach, problém totiž nastáva v momente, keď chceme do siete pridať ďalší smerovač. V tom prípade by sme totiž museli pridať VoIP dial peery, smerujúce na nové pridané čísla, na všetky smerovače. Preto je výhodnejšie použiť niektorý dynamický protokol hlasovej brány.<sup>[2]</sup>

### 1.5.1 Dial peery POTS.

Sú vonkajšie logické spojenia. Pripojujú teda smerovač k tradičným telefónnym sieťam ako je JTS, PBX, alebo k okrajovému zariadeniu, ako je napríklad telefón. Poskytujú adresy (telefónne čísla) okrajovej siete, alebo zariadeniu a odkazujú na konkrétny hlasový port k cieľovému zariadeniu.

Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť príklad, kde je koncové zariadenie priamo pripojené k hlasovému portu smerovača. V tomto prípade teda bude potrebné nakonfigurovať POTS dial peer.



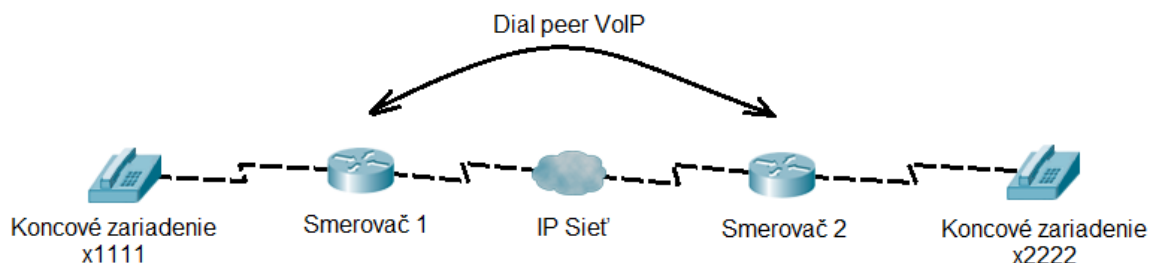
Obrázok 4 Ukážka dial peru POTS.

Pri konfigurácii teda stačí dial peeru priradiť príznač, cieľové číslo, port na ktorom môže smerovač toto číslo nájsť a oznámiť mu že ide o POTS dial peer. Príznač dial peeru môže byť ľubovoľné číslo, ale obvykle sa pre prehľad vyberá číslo zhodné s cieľovým volaným číslom. Pri prichádzajúcej požiadavke na vytvorenie dial peeru na smerovači potom smerovač prehľadá zoznam nakonfigurovaných dial peerov a prepojí hovor na príslušný port.<sup>[4]</sup>

### 1.5.2 Dial peery VoIP

Sú logické spojenia, ktoré vytvárajú relácie vo vnútri siete VoIP. Zaisťujú cieľovú adresu (telefónne číslo) okrajového zariadenia umiestneného v inej časti siete a priradujú cieľovú adresu ku smerovaču.

Pokiaľ chcú medzi sebou komunikovať nasledujúce koncové zariadenia, je potrebné smerovanie cez IP sieť a tým pádom dial peer VoIP. Konfigurácia VoIP dial peeru je podobná ako konfigurácia POTS dial peeru.



Obrázok 5 Ukážka dial peeru VoIP.

Treba teda smerovaču oznámiť, že ide o VoIP dial peer, taktiež tomuto dial peeru nastaviť volané číslo a príznak (v tomto prípade 3333 na prvom smerovači). Rozdiel však nastáva vo východiskovom porte. Pri POTS dial peere bolo možné nastaviť číslo portu, nakoľko k nemu bolo priamo pripojené koncové zariadenie. VoIP dial peer však ukazuje ďalej do siete na iné sieťové zariadenie. Treba teda zadať IP adresu, na ktorej je možné nájsť volané číslo (v tomto prípade 3333). A to buď IP adresou východiskového portu na smerovači, alebo portu na smerovači na ktorom je pripojené telefónne zariadenie na ktoré sa snažíme pripojiť. Konvencia je používať práve adresu na cieľovom smerovači. Kebyže je zadaná adresa východiskového portu a ten z nijakého dôvodu nie je dostupný celé smerovanie nie je ďalej možné a my sa nikam nedovoľáme. Naopak k cieľovému portu môže existovať viac redundantných ciest a pri výpadku jedného portu na smerovači nevypadne automaticky celé smerovanie.

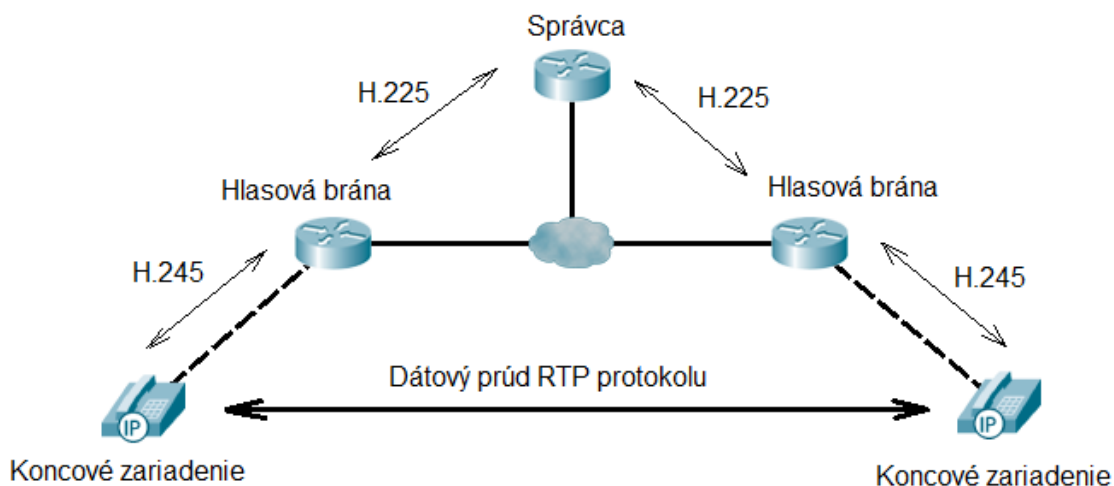
V prípade, že smerovač nepriradí prichádzajúci hovor žiadnemu dial peeru použije sa východiskový (defaultný) dial peer. Ide o virtuálny dial peer často označovaný ako dial peer 0. <sup>[4]</sup>

## 1.6 Protokoly pre prenos médií

Sú protokoly, ktoré sa starajú o samotný prenos hlasových dát po sieti. Tieto protokoly sú navrhnuté pre prenos po sieti pomocou dátových prúdov. Všetky fungujú nad protokolom UDP.

### 1.6.1 RTP

Je základným protokolom pre prenos hlasového toku po sieti. Všetky ostatné protokoly pre prenos médií, ktoré budú spomenuté nižšie (cRTP, sRTP) v podstate iba rozširujú jeho vlastnosti. RTP zaisťuje funkcie pre prenos dát po dátovej sieti v reálnom čase. To je vyžadované aj v hlasovej VoIP sieti vzhľadom na to, že vyžadujeme počuť to čo nám hovorí druhý účastník hovoru, keď nám to hovorí, prípadne s oneskorením, ktoré neovplyvní kvalitu hovoru. Aby bol prenos dát v reálnom čase možný RTP zabezpečuje funkcie ako identifikáciu typu dátovej časti paketu, číslovanie podľa číselnej rady, označovanie časovým pečiatkou a monitorovanie doručenia. Aplikácie používajúce protokol RTP sú veľmi citlivé na oneskorenie, naopak občasná strata paketov im tak moc neprekáža. Preto je výhodnejšie použitie protokolu UDP pred protokolom TCP. RTP protokol cieľovému zariadeniu umožňuje pre usporiadať hlasové pakety a prestaviť im časovanie predtým, ako sú prehrané užívateľovi. Časová pečiatka a poradové číslo umožňujú koncovému zariadeniu ukladať dáta do vyrovnávacej pamäte (bufferu) a zoskupiť ich do správneho poradia. V prípade straty dát nevyžaduje opätovné posielanie.



Obrázok 6 Schéma činnosti RTP protokolu.

Na obrázku je ukázaná činnosť RTP protokolu. Hlasové brány sa najskôr pomocou sady protokolov dohodnú na parametroch spojenia a následne predajú nadviazané spojenie RTP protokolu ktorý sa následne stará o prenos daných dát.<sup>[5]</sup>

### 1.6.2 RTCP

Je sesterským protokolom protokolu RTP. RTCP vo svojej podstate žiadne dáta neprenáša. Jeho hlavným cieľom je poskytovať spätnú väzbu o kvalite služieb zabezpečovaných protokolom RTP. Zhromažďuje informácie o prebiehajúcej komunikácii, ako napríklad odoslané bajty, odoslané pakety, stratené bajty alebo oneskorenie. Tieto informácie sú ďalej používané ku zvýšeniu kvality služieb. Pri veľkom oneskorení je napríklad možné dynamicky zmeniť kodek na kodek používajúci nízku kompresiu.<sup>[4]</sup>

### 1.6.3 cRTP a sRTP

Sú nadstavbami RTP protokolu. Podľa názvu protokolu cRTP by daný protokol mať prevádzať určitú kompresiu dát. To však nie je úplne presné. cRTP totiž kompresiu neprevádza skôr potlačuje posielanie redundantných informácií po sieti a tým odľahčuje celú sieť a šetrí šírku pásma. Napríklad, po nadviazaní toku volania VoIP má každý posielaný paket rovnakú hlavičku s cieľovou a zdrojovou IP adresou, rovnaké čísla portov a rovnaký typ dátovej časti RTP. Tieto redundantné informácie je možné uložiť do medzi-pamäte na bráne a následne posielat iba skrátené hlavičky a kompletnú hlavičku si zostrojiť na koncovom zariadení.

Secure RTP (sRTP) zase zaistuje šifrovanie pre dáta posielané pomocou protokolu RTP, overovanie správ a ochranu proti prehrávaniu. Štandardne používa iba šifru AES.<sup>[4]</sup>

## 2 HARDWAROVE KOMPONENTY VOIP SIETE

Nepostrádateľnou súčasťou VoIP siete sú samozrejme hardwarové komponenty. Aj keď už bolo spomenuté že VoIP sieť možno zaviesť na obyčajnej dátovej IP sieti sú potrebné niektoré dodatočné komponenty. Logicky ponúkajúcim sa hardwarom bez ktorého by telefonovanie bolo obtiažne sú koncové zariadenie z hlasovou podporou, teda IP telefóny. Ďalšou potrebnou komponentov sú hlasové brány.

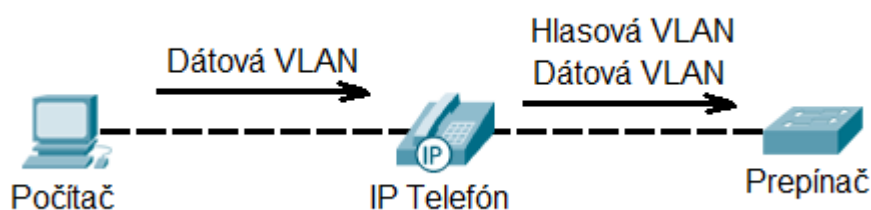
### 2.1 VoIP koncové zariadenia

Čo sa týka koncových zariadení spoločnosť Cisco, ako aj iné spoločnosti ponúkajú mnoho riešení. Od najjednoduchších telefónov podobných bežným telefónom cez bezdrôtové telefóny, videotelefóny až po zvukové konferenčné stanice. Takmer všetky ip telefóny podporujú službu PoE. Teda, možnosť napájania telefónu po cez sieťový kábel, čím odpadá potreba napájacieho káblu a pripojenia na energetickú sieť.<sup>[7]</sup>



Obrázok 7 Ukážka koncových zariadení firmy Cisco.<sup>[6]</sup>

Ďalšou dôležitou funkciou koncových zariadení spoločnosti Cisco je takzvaný prídavný port pomocou ktorého je možné viesť na jedno pracovisko iba jednu sieťovú prípojku, tá sa potom pripája na telefónne zariadenie a až z neho na počítač. Týmto spôsobom sa značne šetrí ako kabeľáž, tak porty na prepínačoch. Linka medzi telefónnym zariadením a prepínačom na ktorý je pripojená je trunková linka. Prenášajú sa ňou teda zároveň dátové aj hlasové pakety ktoré patria rozdielnym VLAN sieťam.<sup>[7]</sup>



Obrázok 8 Pripojenie koncového zariadenia na prepínač.

Vzhľadom na to, že väčšina Cisco telefónnych zariadení už dnes má LCD displej zariadenia podporujú štandard XML. XML, je štandard pre prenos textu a obrázkov v sieti. Je tak možné na telefóne zobrazovať užitočné informácie ako napríklad zoznamy zamestnancov aj s fotkami alebo dôležité správy.<sup>[6]</sup>

Okrem základných vytáčacích tlačidiel majú telefóny Cisco mnoho dodatkových multifunkčných tlačidiel. Tieto multifunkčné tlačidlá nemajú pevne pridelenú funkciu. Ich funkcia sa mení v závislosti od danej fáze hovoru. Ak je napríklad telefón zavesený multifunkčné tlačidlo, môže slúžiť na znovu vytočenie posledného hovoru, naopak ak je slúchadlo zdvihnuté môžeme ním hovor pridržať. Ďalším druhom tlačidiel, ktoré nájdeme na takmer každom IP telefóne sú tlačidlá rýchlej voľby a tlačidlá na prepínanie liniek. Na tlačidlách rýchlej voľby je možno nastaviť číslo a pri vytáčaní iba zdvihnúť slúchadlo a volať. Tlačidlá na prepínanie liniek potom slúžia na prepínanie medzi viacerými súbežne prebiehajúcimi hovormi.<sup>[7]</sup>

## 2.2 VoIP brány

Hlasové brány sú dôležitou súčasťou každej VoIP siete, spoločnosť Cisco ponúka v podstate tri možné riešenia. Prvým je použiť ako hlasovú bránu smerovač, tento smerovač potom samozrejme musí podporovať funkcie potrebné pre hlasovú bránu. Druhou možnosťou sú špeciálne zariadenia, ktoré plnia iba funkciu hlasovej brány. Posledným možným riešením je použitie prepínača.

Smerovače, ktoré je možno použiť ako hlasové brány sú smerovače ISR (Integrated Services Router). Cisco ponúka mnoho radov a typov týchto smerovačov. Staršie série 2800 a 3800 a novšie série 2900 a 3900.



*Obrázok 9 Cisco ISR smerovače. [8]*

Tieto smerovače ponúkajú na základnej doske 3-4 sloty na DSP procesory, ktoré spracovávajú hlasový signál. Taktiež ponúkajú systém IPS a funkcie brány firewall, podporu hlasovej pošty. Samozrejmosťou pre smerovače rady ISR je podpora PoE. [8]

Hlasové brány ako samostatné zariadenia majú väčšinou určený účel. Neplnia teda všetky funkcie hlasovej brány vo VoIP sieti, ale iba špecifické úlohy na ktoré sú konštruované. Takýmto zariadením sú hlasové brány Cisco rady VG. [9]



*Obrázok 10 Hlasová brána rady VG. [9]*

Tieto hlasové brány slúžia na pripojenie analógových zariadení do VoIP siete. Jednotlivé modely tejto rady sa líšia počtom analógových portov, v závislosti od modelu 24-160 portov. Tieto hlasové brány sú založené na systéme Cisco IOS. [9]

Druhou väčšou skupinou sú univerzálne brány rady AS. Sú to vlastne prístupové servery.





Obrázok 11 Hlasová brána AS 5400.<sup>[10]</sup>

Hlasové brány tejto série sú robustnejšie a majú vyšší výkon. Podporujú signalizáciu PTSN siete, teda bežnej telefónnej siete, rôzne hlasové kodeky, hlasové XML alebo RADIUS protokol. Zariadenia série AS taktiež podporujú všetky protokoly hlasových brán, ktoré sú rozobraté v nasledujúcej kapitole.<sup>[10]</sup>

Prepínače (switche) Catalyst rady 6500 je po inštalácii prídavného modulu Cisco CMM možné využívať ako hlasové brány.



Obrázok 12 Prepínače Catalyst rady 6500.<sup>[11]</sup>

CMM je doplnková karta podporujúca mediálne služby a tak aj podporu hlasu. Tieto prepínače navyše môže podporovať vyše 100 pripojení T1/E1 a sú tak vhodné pre prepojenie analógovej telefónnej siete na VoIP sieť.<sup>[11]</sup>



### 3 BRÁNY VOIP A ICH PROTOKOLY

Hlasové brány sú vo VoIP sieťach základným stavebným prvkom celej siete. Ako už bolo písané v základoch VoIP, hlasová brána je logickou časťou siete. Brána teda nie je fyzické zariadenie, je to smerovač či prepínač z prídavnými modulmi a funkciami prípadne špecializovaná brána, ktorá dokáže VoIP sieť prepojiť zo zvyškom sveta. Hlasová brána je tvorí vlastne prah medzi sieťou VoIP a inými telefónnymi sieťami ako napríklad PTSN (verejná telefónna sieť). Smerovač pracujúci v sieti ako brána teda musí obsahovať rozhrania pre pripojenie do IP siete a rozhrania pre pripojenie do verejnej telefónnej siete (FXO, T1).

Technológia VoIP obsahuje sadu protokolov, ktoré je možné aplikovať na VoIP bránach. V ďalšej časti teda popíšeme základné protokoly hlasových brán vo VoIP sieťach ich vlastnosti, výhody a postup pri ich konfigurácii.<sup>[3]</sup>

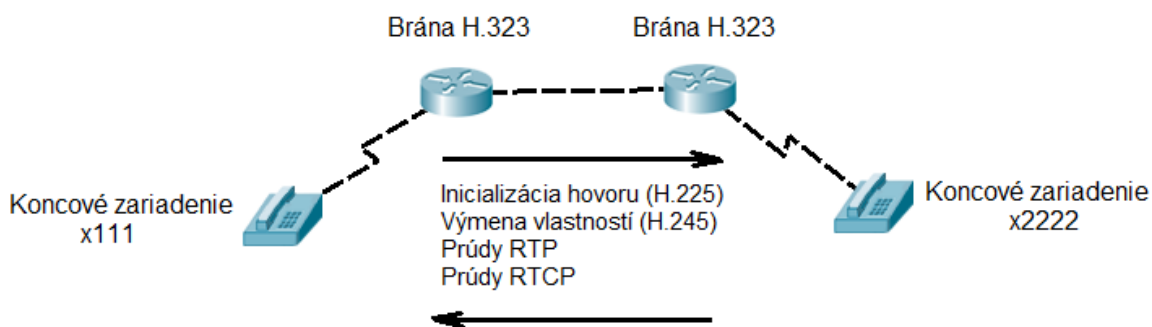
Vo VoIP sieťach je možné používať viac signalizačných protokolov pričom každý má určité výhody a nevýhody a väčšinou ich zastrešujú a spravujú rôzne organizácie. Tieto protokoly sa znova dajú všeobecne deliť na dve skupiny, a to protokoly pracujúce na princípe peer-to-peer a protokoly klient-server. Hlavnou funkciou týchto protokolov je podpora priameho prenosu dátových prúdov RTP protokolu.<sup>[3]</sup>

#### 3.1 Sada protokolov H.323

Je považovaný za peer-to-peer protokol aj keď nie je jeden protokol, ale skôr sada protokolov. Bol vyvinutý ako protokol, ktorý implementuje funkcie tradičnej telefónnej siete do IP dátovej siete. Podobne ako SIP protokol je potrebná komplexná konfigurácia brány. Pomocou protokolu H.225 zabezpečuje signalizáciu volaní a používa sa na nadviazanie pripojenia medzi dvomi koncovými bodmi. RAS protokol sa používa pre postup registrácie, riadenie prístupu, zmenu šírky pásma, stavu a odpojeniu medzi koncovými bodmi a správcami. A na koniec protokol H.245 slúži na výmenu riadiacich signálov v oboch smeroch prenosu.<sup>[1]</sup>

##### 3.1.1 Typy hovorov

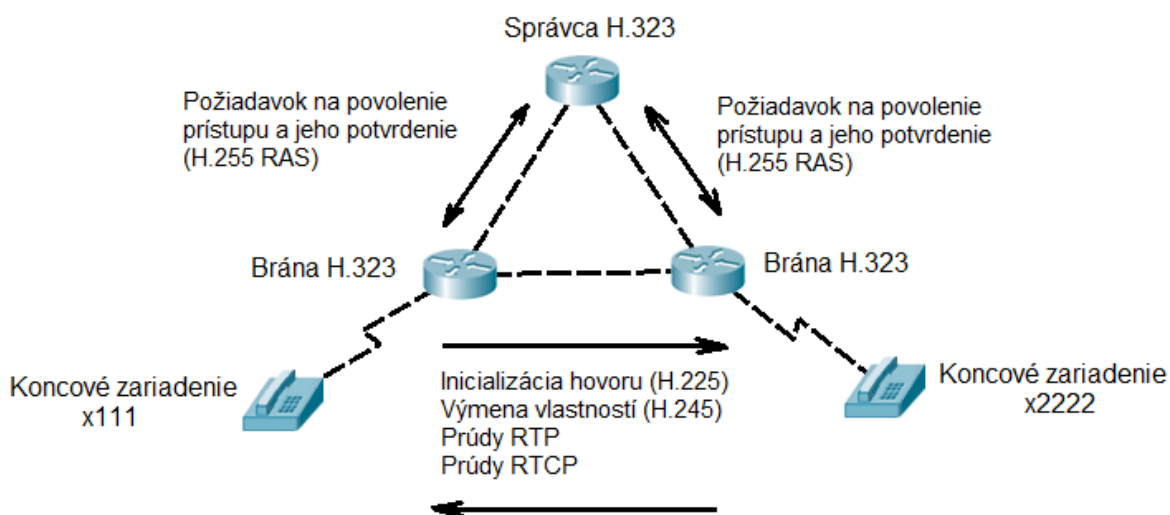
Protokol H.323 podporuje dva typy hovorov. Prvým je hovor typu hlasová brána - hlasová brána. Tento druh volania ako vidno z obrázka nevyžaduje žiadneho sprostredkovateľa (správcu). Hlasové brány pri nadviazaní hovoru komunikujú iba medzi sebou.



Obrázok 13 Inicializácia hovoru typu hlasová brána – hlasová brána.

Najskôr sa pomocou protokolu H.255 inicializuje hovor, potom si smerovače cez protokol H.245 vymenia informácie o svojich vlastnostiach a spustia samotnú komunikáciu pomocou protokolu RTP. Sprievodný protokol RTCP potom riadi kvalitu hovoru. Tomuto systému hovorov však chýba škálovateľnosť a používa sa iba v jednoduchých topológiach a sieťach.

Oveľa používanejším systémom volania je volanie pomocou správcu. Ten vlastne sprostredkuje hovor pre hlasové brány. V sieti, ktorá používa volanie pomocou správcu musia hlasové brány žiadať správcu o povolenie na inicializáciu hovoru. Žiadosť na povolenie sa vysiela prostredníctvom špeciálneho paketu ARQ (žiadost' o prístup), načo odpovedá správca paketmi ACF (prístup povolený), alebo ARJ (prístup odmietnutý). Správcu vysiela ako zdrojová brána hovoru, tak aj cieľová brána. Pokiaľ správca komunikáciu povolí pokračuje inicializácia ako v predošlom prípade.<sup>[4]</sup>

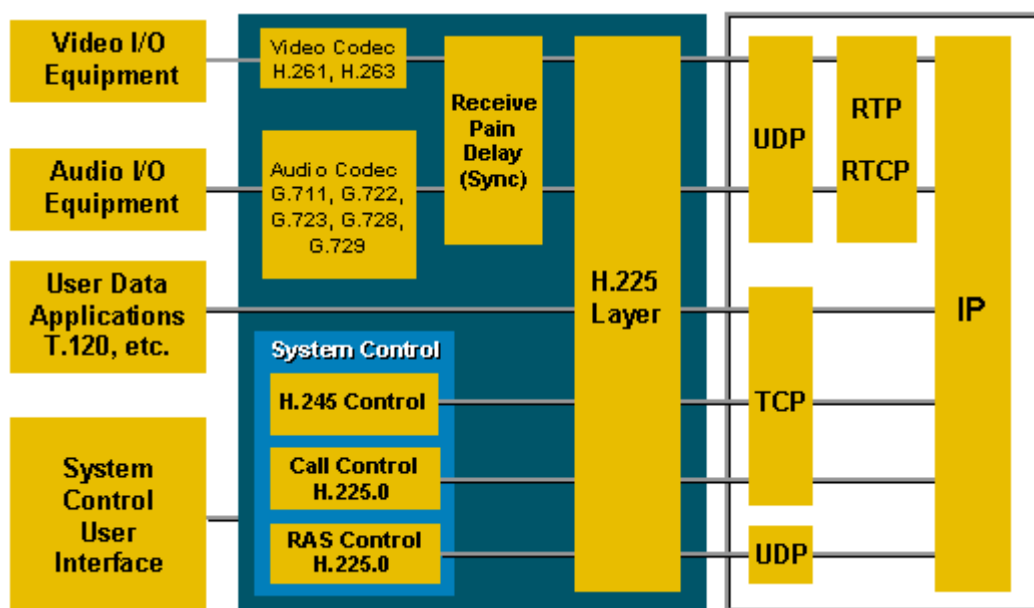


Obrázok 14 Inicializácia hovoru pomocou správcu.

Ako je vidieť na obrázku najskôr prebehnú požiadavky prístupu medzi oboma bránami a až následne prebehne inicializácia hovoru. Dátové prúdy RTP sa potom už posielajú priamo medzi bránami.<sup>[4]</sup>

### 3.1.2 Prispôsobenie H.323 pre IP

Nakoľko protokol H.323 pracuje na protokole IP musí byť na IP prispôsobený. Obrázok ukazuje typickú aplikáciu H.323 na sieti IP.



Obrázok 15 Prispôsobenie protokolu H.323 na IP.<sup>[16]</sup>

Na obrázku je vidieť, že aspekty H.323 pre prenos dát (RTP a RTCP), ktoré prenášajú skutočný hovor v reálnom čase pracujú nad protokolom UDP vzhľadom nato, že kritické tu je rýchlosť doručenia. Naopak protokoly, ktoré sa starajú o riadenie komunikácie pracujú nad protokolom TCP kde je dôležitá presnosť prenosu.<sup>[13]</sup>

### 3.1.3 Výhody protokolu H.323

Protokol H.323 je pravdepodobne najpoužívanejším protokolom hlasových brán a prináša oproti ostatným protokolom mnoho výhod plynúcich hlavne z jeho princípu (peer-to-peer).

- Číslovanie priamo na bráne. Čím je možné spracovávať špeciálne volania lokálne na bráne bez toho, aby museli byť posielané k Cisco UCM.

- Preklady priamo na bránach. Tým pádom je možné prekladať všetky prichádzajúce hovory priamo na bráne, aby spĺňali číselný formát internej siete. Na clusteroch Cisco UCM sa potom spracovávajú iba príslušné interné čísla.
- Veľké možnosti konfigurácie smerovania. Dovoľuje preklady a priradenie volaného aj volajúceho čísla, čo zlepšuje smerovanie hovorov. Je teda možné smerovať hovory od nežiaducich čísiel na špeciálne miesto.
- Viac typov hlasových rozhraní. Podporuje omnoho viac kariet rozhraní. Nakoľko Cisco UCM nemusí riadiť karty rozhraní prostredím H.323.
- Zlepšená ochrana hovoru. Vylepšuje ochranu hovoru v prípade zlyhania spojenia WAN. Ochrana je užitočná pokiaľ sa v topológii používa agent volania, ktorý je vzdialený, čím sa zvyšuje pravdepodobnosť straty konektivity.<sup>[5]</sup>

### 3.1.4 Konfigurácia brány H.323

Pri konfigurovaní brány je treba nutne nastaviť nasledujúce parametre:

- Aktiváciu služieb H.323 volania VoIP.
- Konfigurácia rozhrania ako brány H.323.

Nasledujúce parametre sú konfigurovateľné voliteľne:

- Konfigurácia kodekov.
- Konfigurácia DTMF
- Prispôsobenie nastavení H.225

Následne si prejdeme konfiguráciu H.323 v krokoch a popíšeme dané konfiguračné príkazy.

V prvom rade je treba aktivovať služby H.323 globálne.

Typ zapuzdrenia hlasu:

```
Router(config)#voice service [pots / voatm / vofr / voip]
```

Aktivovanie služby H.323:

```
Router(conf-voi-serv)#h323
```

```
Router(conf-voi-serv)#no shutdown
```

V ďalšom kroku je treba nakonfigurovať rozhranie ako bránu H.323. A to rozhranie, ktoré je pripojené na správcu brány.

```
Router(config)#interface [rozhranie]
```

Priradenie adresy tomuto rozhraniu.

```
Router(config-if)#ip address [adresa ip] [maska siete]
```

Identifikácia tohto rozhrania ako brány VoIP.

```
Router(config-if)#h323-gateway voip [rozhranie]
```

Definícia názvu H.323 danej brány.

```
Router(config-if)#h323-gateway voip h323-id [názov]
```

Určenie zdrojovej adresy hlasovej brány.

```
Router(config-if)#h323-gateway voip bind srcaddr [IP adresa]
```

Pokiaľ chceme nastaviť preferované kodeky, treba najskôr vytvoriť triedu hlasových kodekov a tú následne naplniť kódečkmi v poradí akom ich uprednostňujeme.

Vytvorenie hlasovej triedy kodekov.

```
Router(config)#voice class codec [priznak]
```

Zadanie zoznamu uprednostňovaných kodekov.

```
Router(config-class)#codec preference [hodnota] [typ kodeku]
```

Aplikácia vytvorenej hlasovej triedy na dial peer VoIP.

```
Router(config)#dial-peer voice [priznak] voip
```

```
Router(config-dial-peer)#codec [názov kodeku / vytvorená hlasová trieda]
```

Ďalšou možnosťou pri konfigurovaní H323 je nastavenie časovačov pre potreby siete.

Vytvorenie hlasovej triedy.

```
Router(config)#voice class h323 [priznak]
```

Nastavenie času vypršania TCP H.255 pre dial peery VoIP.

```
Router(config-class)#h225 timeout tcp establish [sekundy]
```

Nastavenie času vypršania reakcie na odchádzajúcu správu SETUP.

*Router(config-class)#h225 timeout setup [sekundy]*

Časovače sú prednastavené na 15 sekúnd, 30 sekúnd je maximálna hodnota a pri nastavení 0 sú časovače vypnuté.

Priradenie nakonfigurovanej časovej triedy dial peeru VoIP.

*Router(config-dial-peer)#voice-class h323 [priznak]*

Určenie doby po ktorú je zachované vytvorenie TCP po skončení hovoru.

*Router(conf-serv-h323)#h225 timeout tcp call-idle [hodnota]*

Hodnotu je možné zadať ako číslo v minútach s rozsahom (0 až 1440). Pokiaľ chceme spojenie zachovať, až kým ho neukončí druhý koncový bod zadáme miesto hodnoty v minútach kľúčové slovo never.<sup>[4]</sup>

### 3.2 Protokol MGCP

MGCP je protokol typu klient- server. Ponúka výhodu centralizovanej správy brán a poskytuje veľké možnosti škálovateľnosti. Celý vytáčací plán je uložený na úložisku agenta volania. Samotný agent volania riadi porty na bráne a tým aj celý proces volania. Brána MGCP môže prevádzať preklad medzi sieťou JTS a VoIP, umožňuje tak externé volanie. Podporuje taktiež Cisco Communications Manager ako agenta volania. Cisco UCM vďaka protokolu MGCP pozná jednotlivé hlasové porty na bráne a môže ich tak riadiť. Označuje sa taktiež termínom stimulačný, pretože koncové body a bráne nepracujú samostatne, sú riadené agentom volania. Protokol MGCP je nástupcom protokolu SGCP a je možné spätne používať jeho funkcie.

Na komunikáciu medzi agentom volania, bránami a koncovými bodmi používa protokol príkazy v čistom texte, ktoré sú odosielané cez UDP port. Príkazy definujú chod dátových tokov medzi agentom volania a bránami. Brána MGCP zaisťuje preklad medzi zvukovým signálom a paketovou sieťou. Samotné brány komunikujú s agentom volania, ktorý spracováva signalizáciu a samotný hovor. Protokol definuje dva druhy hlasových brán.<sup>[3]</sup>

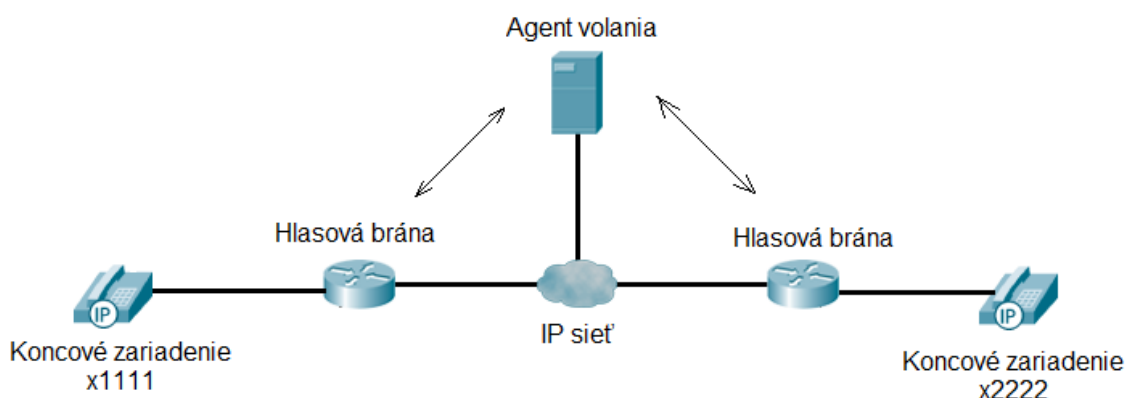
#### 3.2.1 Hlasové brány a agent volania MGCP

Pomocou operačného systému Cisco IOS je možné smerovače nakonfigurovať ako brány MGCP, Cisco UCM potom môže fungovať ako agent volania MGCP. Ako už bolo spomenuté, hovory sa smerujú cez Cisco UCM nie priamo cez VoIP dial peery

nakonfigurované na bránach. Hlasové porty na bráne musia byť potom nakonfigurované na správnu signalizáciu, aby bol celý systém kompatibilný. Samotný protokol podporuje dva druhy brán.

- Trunková brána (TGW). Je rozhraním medzi trunkami JTS a VoIP sieťou. Ako trunková brána môže slúžiť prístupový server alebo smerovač.
- Rezidenčná brána (RGW). Ponúka prepojenie medzi analógovými hovormi a sieťou VoIP. Ako rezidenčná brána môže byť použitý káblový modem alebo smerovač.

Pri vytvorení hovoru prebieha mnoho signálov a je hlásených mnoho udalostí. Každá udalosť v sieti, ako napríklad zdvihnutie slúchadla pred hovorom, spôsobí zasielanie týchto signálov agentovi volania.<sup>[15]</sup>



Obrázok 16 Agent volania v protokole MGCP.

Agent volania MGCP je „mozgom“ celého systému ako je vidieť na obrázku. Od všetkých hlasových brán agent požaduje sledovanie a hlásenie spomínaných udalostí v sieti. Vzhľadom na reakcie potom inštruje koncové body k vysielaniu signálov telefónnemu zariadeniu. Koncovým bodom v sieti používajúcej MGCP sa nemyslí samotné telefónne zariadenie, ale koncová hlasová brána. Z princípu činnosti teda vyplýva, že agent volania musí podporovať všetky typy pripojených hlasových brán a telefónnych zariadení na nich pripojených.

Agent si udržiava adresár koncových bodov a logické vzťahy medzi koncovými bodmi. Pomocou tohto adresáru následne smeruje hovory. Na rozdiel od H.323, kde inicializácia

hovoru prebiehala medzi samotnými hlasovými bránami, poprípadе správcom, v protokole MGCP inicializuje všetky etapy volania agent volania.

Samotný proces volania prebieha v niekoľkých krokoch. V prvom kroku agent volania oznámi bráne, že má vytvoriť spojenie s iným koncovým bodom. Brána inštruuje agenta volania o parametroch svojho spojenia a ten tieto informácie prepošle druhej bráne. Tým pádom má každá brána parametre potrebné k ustanoveniu RTP spojenia medzi dvoma bodmi. Toto spojenie potom bude mať jedinečný identifikátor a jeden mediálny prúd dát. V poslednom kroku po ukončení hovoru agent volania pošle inštrukciu na ukončenie spojenia. Celé komunikácia je riadená riadiacimi príkazmi MGCP.<sup>[15]</sup>

### 3.2.2 Riadiace príkazy MGCP

MGCP riadiace príkazy sú pakety zabalené v porte UDP. Tieto pakety sa delia na príkazové a reakčné. Pomocou riadiacich príkazov agent riadi hlasové brány. Hlasové brány potom naopak používajú tieto príkazy k hláseniu udalostí a reagujú nimi na riadiace príkazy od agenta volania. MGCP podporuje osem takýchto príkazov a súhrnne sa im tiež hovorí slovesá.

Slovesá používajúce sa k zisteniu stavu brány (vyvoláva ich agent volania).

- AuditEndpoint (AUEP). Dotaz na stav koncového bodu.
- AuditConnection (AUCX). Dotaz na stav spojenia.

Slovesá slúžiace ku správe RTP spojenia.

- CreateConnection (CRCX). Inštruuje bránu k vytvoreniu spojenia s inou bránou (vyvoláva ho agent volania).
- DeleteConnection (DLCX). Inštruuje príjemcu k odstráneniu spojenia (vyvoláva ho agent volania alebo hlasová brána). Brána príkaz vyvoláva v prípade, keď potrebuje informovať agenta volania, že nemá prostriedky potrebné pre vykonávanie hovoru.
- ModifyConnection (MDCX). Inštruuje bránu o zmene parametrov vytvoreného spojenia (vyvoláva ho agent volania).

Jedno sloveso sa používa ako požiadavka na upozornenie na udalosť (vyvoláva ho agent volania).



- NotificationRequest (RQNT). Prikazuje bráne sledovanie danej udalosti na koncovom bode a hovorí bráne, ako na danú udalosť reagovať.

Ďalším slovesom odpovedá brána na jeho RQNT (vyvoláva ho hlasová brána).

- Notify (NTFY). Oznamuje agentovi volania, že nastala udalosť na ktorú sa pýtal cez NotificationRequest.

A na koniec sloveso používané pri reštartovaní brány (vyvoláva ho hlasová brána).

- RestartInProgress (RSIP). Informuje agenta volania o tom, že brána a jej koncové body nie sú momentálne dostupné. <sup>[4]</sup>

### 3.2.3 Výhody protokolu MGCP

Tak ako protokol H.323 aj MGCP skrýva výhody oproti ostatným protokolom. V nasledujúcej kapitole budú zhrnuté tie najdôležitejšie.

- Jednoduchá konfigurácia VoIP dial peerov. Protokol MGCP používa agenta volania v prostredí VoIP, čím odpadá nutnosť konfigurovať VoIP dial peery staticky. Agent volania zaistňuje funkcie veľmi podobné VoIP dial peerom. Konfigurácia dial peerov POTS však neodpadá a je potrebná aj pri protokole MGCP.
- Dobrá migrácia. Novšie verzie protokolu sú spätne kompatibilné stými staršími.
- Centralizované číslovanie v Cisco UCM. Systém číslovania je centralizovaný v Cisco UCM a dovoľuje konfiguráciu číslovania priamo na clustery Cisco UCM.
- Centralizovaná konfigurácia brány v Cisco UCM. Podobne ako pri centralizovanom číslovaní sú konfigurácie všetkých brán spravované na jednej konfiguračnej stránke.
- Jednoduchá konfigurácia brány. Nakoľko väčšina systému sa konfiguruje práve na Cisco UCM, odpadá množstvo potrebnej konfigurácie priamo na bráne.
- Podpora doplnkových služieb Q Signaling (QSIG) <sup>[5]</sup>

### 3.2.4 Konfigurácia brány MGCP

Konfigurácia rezidenčnej a trunkovej brány v protokole MGCP sa líši, preto budú ďalej uvedené príkazy pre konfiguráciu oboch typov brán.

Najskôr teda príkazy potrebné pri konfigurácii rezidenčnej brány.

Aktivácia MGCP protokolu na smerovači sa prevádza v konfiguračnom móde príkazmi. Prvý z príkazov určuje že agent volania je Cisco UCM. <sup>[15]</sup>

```
Router(config)#ccm-manager mgcp
```

```
Router(config)#mgcp
```

Nastavenie IP adresy agenta volania.

```
Router(config-mgcp)#mgcp call-agent [IP adresa] service-type mgcp
```

Nastavenie dial peerov pre hlasový port. Keďže rezidenčná brána slúži ako brána k pripojeniu koncových zariadení nastavujú sa dial peery POTS. Pri konfigurácii dial-peeru sa nekonfiguruje adresa koncového zariadenia, nakoľko adresy spravuje agent volania.

```
Router(config)#dial-peer voice [ID-číslo] pots
```

```
Router(config-dialpeer)#application mgcpapp
```

```
Router(config-dialpeer)#port [číslo-portu]
```

Voliteľne je potom možné zadať balíčky udalostí, ktoré budú podporované na bráne.

```
Router(config)#mgcp package-capability [druh žiadaného balíčku]
```

```
Router(config)#mgcp default-package [požadovaný východzí druh balíčku]
```

Pri konfigurovaní trunkovej brány MGCP sú potrebné nasledujúce príkazy.

Nastavenie typu riadenia brány, IP adresy, agenta volania a číslo portu cez, ktorý bude služba komunikovať.

```
Router(config)#mgcp [port]
```

```
Router(config)#mgcp call-agent [IP adresa] [port]
```

Určenie čísla radiča trunku, ktorý bude používaný pre analógové volania.

```
Router(config)#controller t1 [použitý port]
```

Konfigurácia kanálových časových slotov T1 na príjem analógových hovorov za použitia protokolu MGCP.

```
Router(config-controller)#framing [požadovaný formát]
```

```
Router(config-controller)#clock source [požadovaný časovač]
```

*Router(config-controller)#ds0-group 1 timeslots [rozsah slotov] type none service mgcp*  
[15]

### 3.3 Protokol SIP

Protokol SIP je jedným z hlavných protokolov vo VoIP sieťach. Podporuje ho väčšina systémov od rôznych výrobcov VoIP zariadení. Preto je hojne používaný pri vzájomnom prepojení rôznych systémov.

Protokol SIP pracuje na aplikačnej vrstve OSI ISO modelu a vychádza z ASCII textu, ktorý sa používa na inicializáciu, priebeh a ukončenie hovoru. Každý účastník komunikácie je v SIP sieti identifikovaný adresou SIP. Táto adresa má formát podobný e-mailovej adrese v tvare *sip:ID@brana.com*. ID môže byť voliteľne meno užívateľa alebo adresa E.164 (telefónne číslo). Hlasovou bránou siete môže byť buď doména hostiteľa, alebo IP adresa. [5]

#### 3.3.1 Architektúra protokolu SIP

Protokol SIP pracuje na peer-to-peer princípe. Účastníkom komunikácie sa v protokole SIP hovorí užívateľské agenty (UA). V protokole majú títo agenti dve role.

- Klientský užívateľský agent (UAC). Ide o klientské aplikácie generujúce SIP požiadavky.
- Serverový užívateľský agent (UAS). Ide o serverovú aplikáciu, ktorá užívateľa informuje o prijatí žiadosti SIP na začatie komunikácie. Následne vracia reakciu od užívateľa odosielateľovi žiadosti v mene prijímateľa.

Užívateľský agent funguje behom relácie buď ako UAC, alebo ako UAS. To či užívateľský agent funguje ako UAC, alebo UAS závisí na tom, kto inicializoval komunikáciu, pričom inicializujúci UA využíva režim UAC a reagujúci UA využíva UAS režim.

Komponenty SIP siete sa delia na klientov a servery.

Medzi klientov patria IP telefóny alebo brány. Oba komponenty môžu fungovať ako UAS, alebo UAC. Brány riadia hovor a ponúkajú služby na preklad komunikácie medzi koncovými bodmi SIP a inými typmi zariadení.

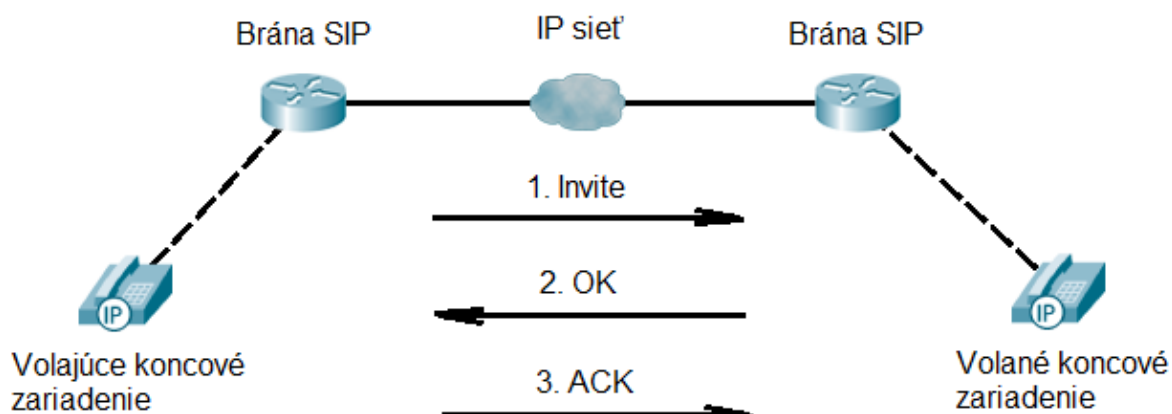
Serverové komponenty sa ďalej delia na proxy servery, servery presmerovania, registračné a lokačné servery.

- Proxy servery. Primajú SIP požiadavku od klienta a posielajú ho ďalšiemu SIP serveru v sieti, ktorým môže byť iný proxy server alebo UAS. Tieto servery taktiež overujú a oprávňujú prístup k sieti.
- Servery presmerovania. Predávajú klientovi informácie o ďalšom skoku pri smerovaní. Klient potom môže tento server priamo kontaktovať. UA potom môže presmerovať požiadavku na server, ktorý mu stanovil server presmerovania.
- Registračný server. Na tomto druhu servera sa registrujú užívatelia priradenými SIP adresami a tieto údaje sprostredkuje na požiadanie lokálnemu serveru.
- Lokačný server. Lokačný server slúži na prekladanie adries pre proxy servery. Využíva k tomu databázu registrácii, alebo prevodné protokoly Finger, RWhois, alebo LDAP.<sup>[1]</sup>

### 3.3.2 Typy hovorov

Podobne ako protokol H.323 podporuje protokol SIP viac druhov volania. A to buď priame volanie, volanie cez proxy server, alebo cez server presmerovania.

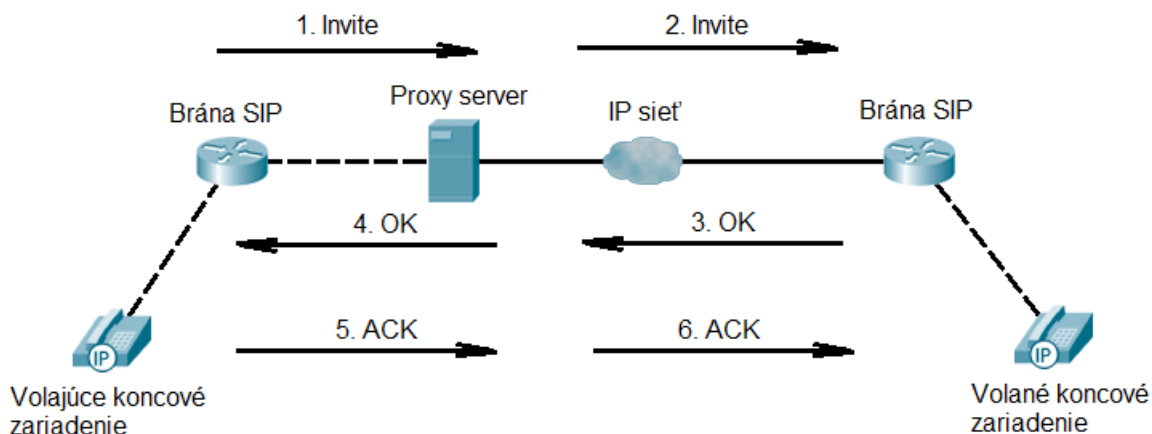
**Priame volanie.** Pri tomto typu hovoru volajúce koncové zariadenie (UAC) odošle pozvánku (Invite) serveru príjemcu ktorá obsahuje popis koncového bodu. Pokiaľ sú pre server príjemcu (UAS) parametre hovoru prijateľné odpovie serveru odosielateľa. V Poslednom kroku UAC pošle ACK paket. Po tomto kroku už majú obidva koncové body informácie potrebné k ustanoveniu RTP spojenia.<sup>[4]</sup>



Obrázok 17 Nastavenie Priameho hovoru v protokole SIP.

Tento typ hovoru je možný iba v prípade, že UA rozpozná adresu volaného koncového bodu v medzipameti alebo ju dokáže získať interným mechanizmom.

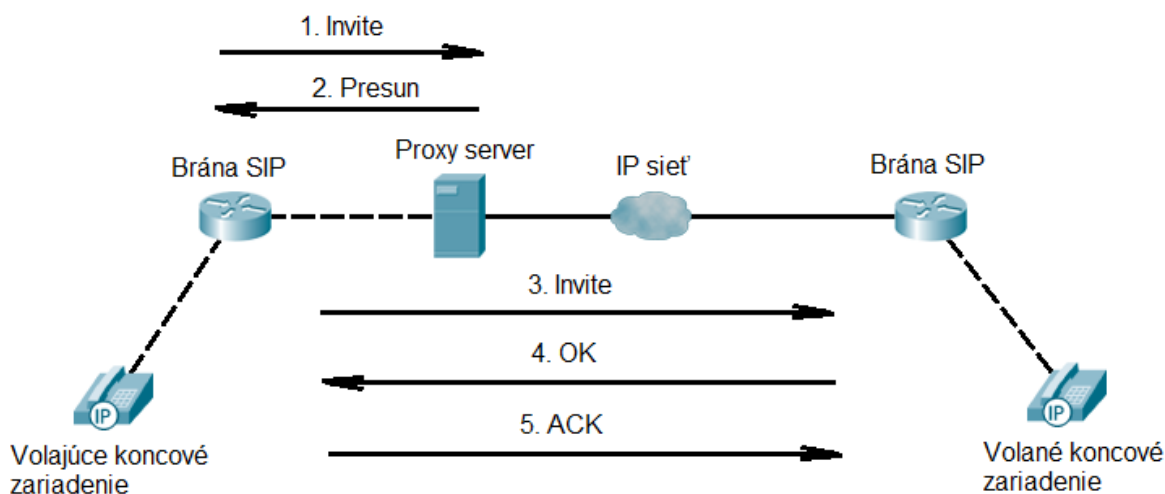
Volanie cez proxy server. Tento typ volania má výhodu v tom, že UA nemusí poznať umiestnenie volaného koncového zariadenia. Adresu koncového zariadenia pre UA sprostredkuje proxy server. Naopak nevýhodou je to, že na ustanovenie relácie je potrebných viacero inicializačných správ a pri výpadku proxy serveru nedokáže UA ustanoviť spojenie. Ak je to potrebné proxy server sa spája s lokálnym serverom k určeniu cesty k volanému koncovému zariadeniu a jeho IP adresy.<sup>[4]</sup>



Obrázok 18 Nastavenie hovoru cez proxy server v protokole SIP.

Postup ustanovenia hovoru je podobný ako pri priamom volaní s tým rozdielom, že všetka komunikácia musí prechádzať cez proxy server.

Volanie cez server presmerovania funguje na princípe toho, že server odhaduje cestu ku volanému koncovému zariadeniu. Následné pozvanie na vytvorenie RTP relácie potom inicializuje volajúci UA.



Obrázok 19 Nastavenie hovoru cez server presmerovanie v protokole SIP.

Z toho vyplýva, že v priebehu inicializácie hovoru je volajúce koncové zariadenie vyťaženejšie ako pri použití proxy serveru. Pri nadviazaní komunikácie najskôr volajúce koncové zariadenie odošle pozvánku (invite) serveru presmerovania. Server presmerovania sa spojí s lokačným serverom a vráti volajúcemu cestu k volanému a jeho IP adresu cez špeciálny paket nazývaný presun. Následne komunikácia prebieha rovnako ako pri priamom volaní.<sup>[1]</sup>

### 3.3.3 Výhody protokolu SIP

- Číslovanie priamo na bráne.
- Preklady priamo na bránach.
- Podpora telefónnych systémov iných výrobcov. Protokol SIP je široko využívaný vo VoIP systémoch od rôznych výrobcov. Obsahuje prvky vo forme štandardných inštrukcií.
- Kompatibilita s bránami iných výrobcov. Väčšina hlasových brán od iných výrobcov je kompatibilných s protokolom SIP. Preto je možné prepojiť hlasové brány s hlasovými bránami iných výrobcov.<sup>[5]</sup>

### 3.3.4 Konfigurácia protokolu SIP

Pri konfigurácii protokolu SIP treba nastaviť UA SIP a VoIP dial peery, ktoré používajú protokol SIP ako relačný protokol.

Vstup do konfiguračného režimu protokolu SIP.

```
Router(config)#voice service voip
```

```
Router(conf-voi-serv)#sip
```

Nastavenie protokolu transportnej vrstvy pre posielanie SIP správ.

```
Router(conf-serv-sip)#session transport [tcp / udp]
```

Pripojenie zdrojovej adresy pre signalizovanie k IP adrese rozhrania. Pokiaľ príkaz bind nie je použitý, IP vrstva nastaví najlepšiu lokálnu adresu.

```
Router(conf-serv-sip)#bind [control / media / all] source-interface [ID-rozhrania]
```

Vstup do konfiguračného režimu užívateľského agenta SIP.

```
Router(config)#sip-ua
```

Overovanie užívateľa.

*Router(config-sip-ua)#authentication username [meno užívateľa] password [heslo]*

Povolenie registrácie telefónnych čísiel u externého proxy serveru alebo registračného SIP serveru.

*Router(config-sip-ua)#registrar [dns názov serveru] expires [čas v sekundách]*

Určenie názvu hostiteľa, prípadne IP adresy rozhrania SIP serveru.

*Router(config-sip-ua)#sip-server [dns názov server / IP-adresa IP-číslo portu]*

Prispôsobenie časovačov protokolu SIP požiadavkám siete.

*Router(config-sip-ua)#retry [časovač] [sekundy]*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

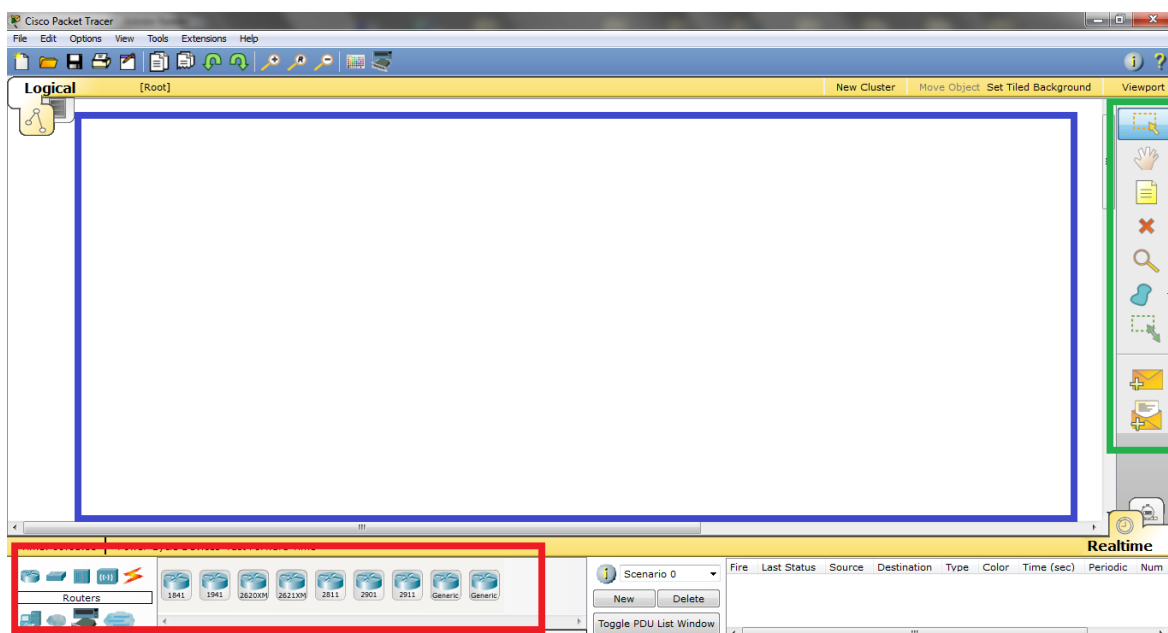


## 4 KONFIGURÁCIA PRVKOV VOIP SIETE

Po vysvetlení teoretických základov práce VoIP siete, budú ukázané praktické úlohy konfigurácie jednotlivých prvkov VoIP siete. Pri konfigurovaní budú použité ukážkové topologie a zapojenia. Na začiatku každého zapojenia bude uvedená jeho schéma a následne postup pri konfigurácii daných prvkov zapojenia. Praktické úlohy budú odsimulované v prostredí Cisco Packet Tracer verzia 6.0.1.0011.

### 4.1 Cisco Packet Tracer

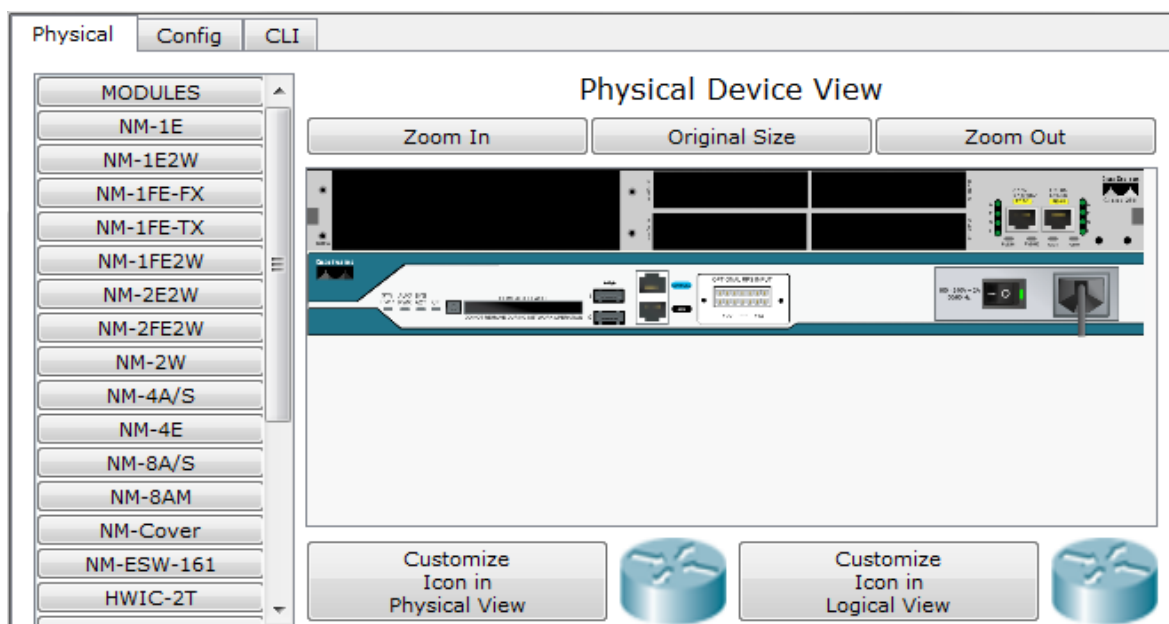
Cisco Packet Tracer je simulačné prostredie vyvíjané firmou Cisco slúžiace na simuláciu sieťovej topologie a následne možnú konfiguráciu danej topológie.



Obrázok 20 Ukážka pracovného prostredia Cisco Packet Tracer.

Pomocou ľavého spodného panelu, na obrázku označeného červenou, je možné vkladať sieťové zariadenia, pričom je možné vyberať medzi smerovačmi, prepínačmi, servermi alebo koncovými zariadeniami. Jednotlivé zariadenia sú vkladané na bielu plochu, na obrázku označenú červenou a následne prepájané do požadovanej logickej topológie. Panel na pravo, na obrázku označený zelenou, slúži na editáciu a testovanie zapojenia.

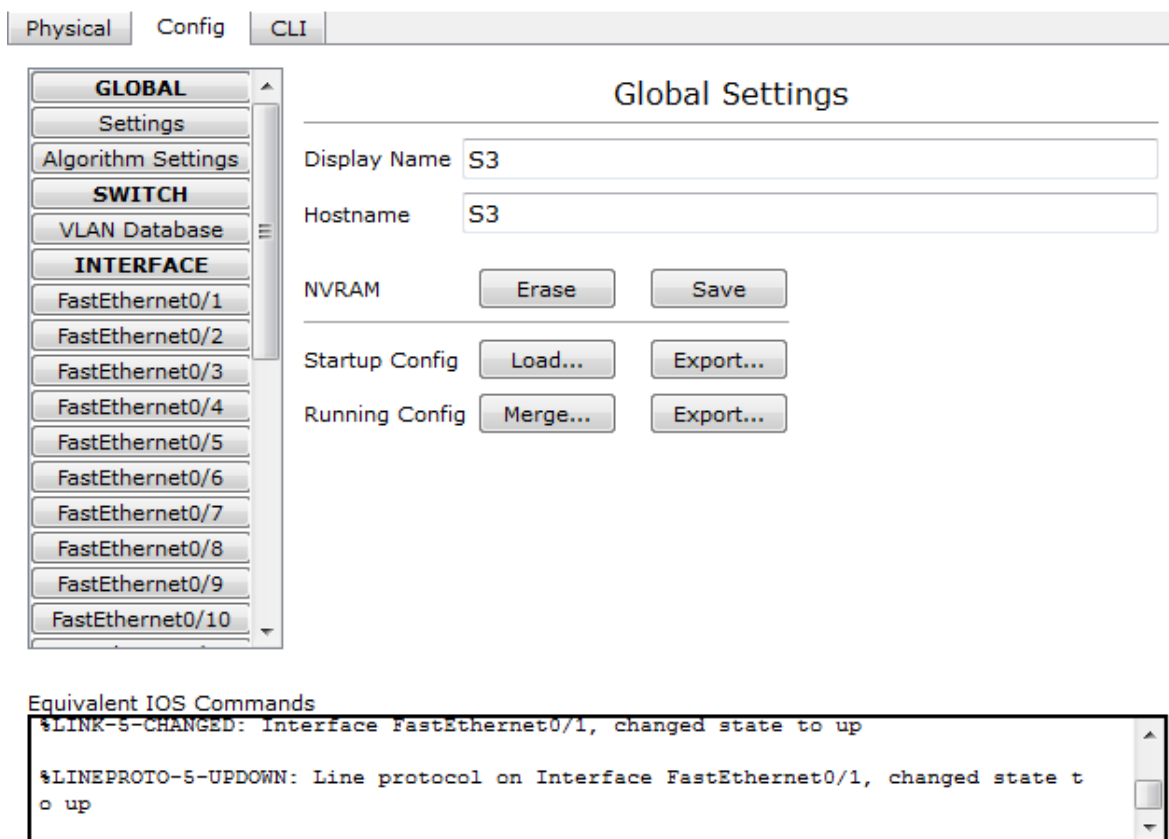
Každému zariadeniu sa dá následne editovať hardwarová časť. Je teda možné pridať modely či doplnkové karty, ktoré sú potrebné k danej topológii. Na obrázku sú na ukážku vidieť fyzické rozhrania smerovača.



Obrázok 21 Ukážka fyzického rozhrania smerovača v programe Cisco Packet Tracer.

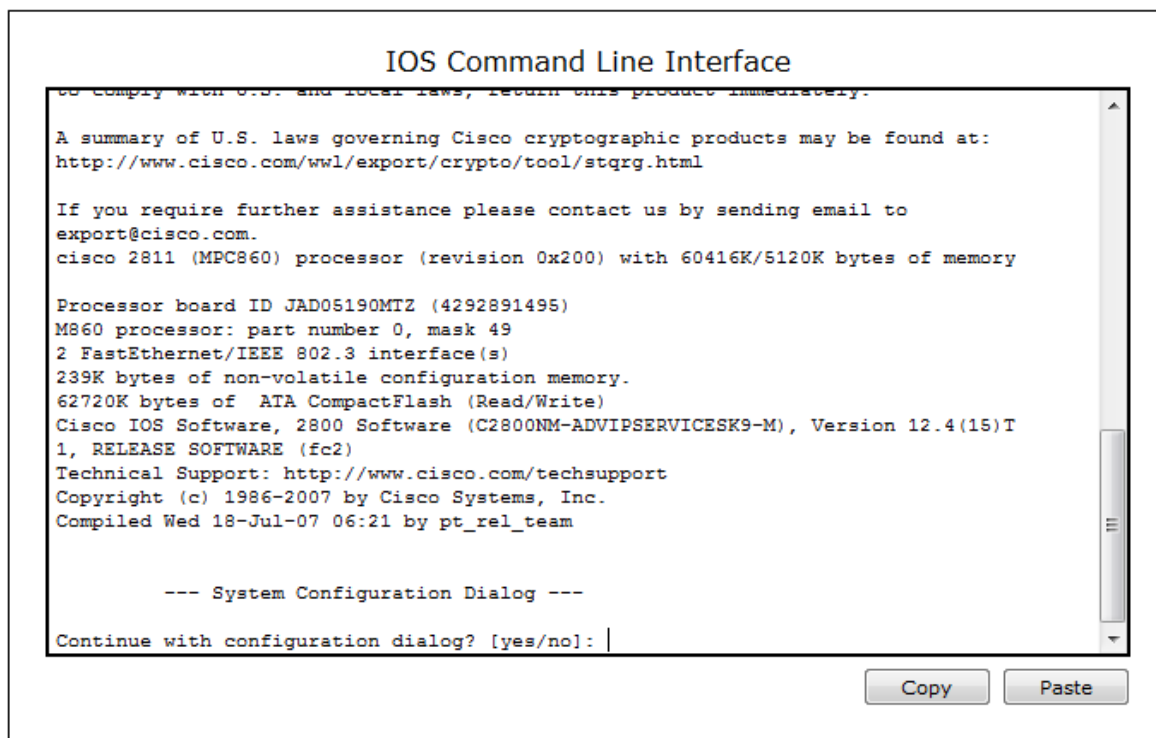
Ďalej simulátor Cisco Packet Tracer ponúka dva druhy rozhraní na konfigurovanie daných zariadení. A to grafické rozhranie a konfiguračný príkazový riadok.

V grafickom rozhraní je možné nastavovať základné parametre daného zariadenia.



Obrázok 22 Ukážka grafického konfiguračného rozhrania.

Základnou súčasťou je však CLI daného zariadenia, ktoré simuluje príkazový riadok operačného systému Cisco IOS. Toto CLI podporuje, až na pár výnimiek, všetky príkazy, ktoré podporuje aj reálne zariadenie. Je teda možné odskúšať si konfiguráciu rôznych zariadení, bez potreby kupovania drahého hardwaru.



Obrázok 23 Ukážka príkazového riadku v programe Cisco Packet Tracer.

Posledným prvkom je simulácia grafického rozhrania koncových zariadení.



Obrázok 24 Ukážka grafického rozhrania IP telefónu.

## 4.2 Konfigurácia hlasových portov

V tomto zapojení si ukážeme základnú konfiguráciu analógových a digitálnych portov.

Začneme analógovými portami FXS pomocou, ktorých sú pripojené koncové zariadenia. V tomto momente neriešime konektivitu medzi jednotlivými smerovačmi, predpokladajme, že tá už je správne nakonfigurovaná. Zapojenie z PSTN sieťou nebolo odskúšané kvôli tomu, že nebolo možné odsimulovať ani použiť reálnu PSTN sieť.



Obrázok 25 Schéma zapojenia pri konfigurácii hlasových portov.

Na začiatku sa prepne na konfiguráciu daného analógového rozhrania.

```
R1#conf term
```

```
R1(config)#voice-port 1/1
```

Nastavíme druh signalizácie a vyzváňací vzor.

```
R1(config)#signal groundStart
```

```
R1(config)#ring cadence ?
```

```
define      User Defined Cadence
pattern01   2sec on 4sec off
pattern02   1sec on 4sec off
pattern03   1,5sec on 3,5sec off
pattern04   1sec on 2sec off
pattern05   1sec on 5sec off
pattern06   1sec on 3sec off
pattern07   ,8sec on 3,2sec off
pattern08   1,5sec on 3sec off
pattern09   1,2sec on 3,7sec off
pattern10   1,2sec on 4,7sec off
pattern11   ,4sec on ,2sec off ,4sec on 2sec off
pattern12   ,4sec on ,2sec off ,4sec on 2,6sec off
```

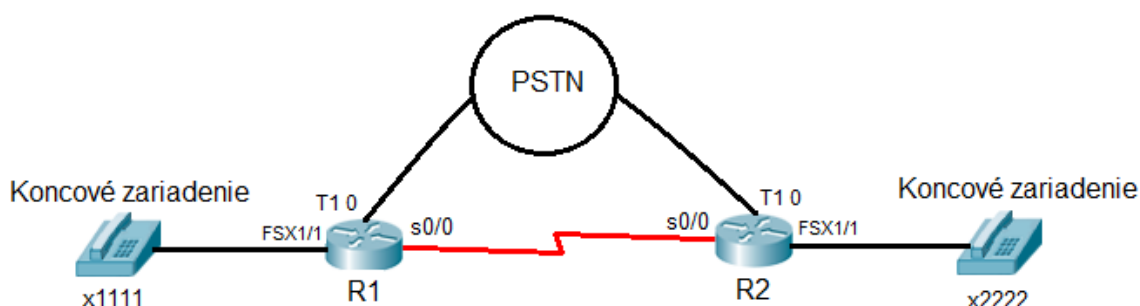
Obrázok 26 Možné vyzváňacie porty.

Na výpise je možné vidieť preddefinované vyzváňacie tóny. Ďalšou možnosťou je definícia vlastného vyzváňacieho vzoru. Toto je vhodné v prostrediach, kde máme viac telefónov v jednej miestnosti. Je takto možné rozlíšiť jednotlivé telefóny a akusticky tak rozpoznať zariadenie ktoré zvoní. Jednotlivé údaje sú zadane v 100-kách milisekúnd.

```
R1(config)#ring cadence define 40 10
```

Daný vzor bude vyzvárať 4 sekundy a jednu sekundu čakať.

Na ďalšom zapojení bude ukázaná konfigurácia T1 digitálneho portu, ktorý sa vo VoIP telefónii používa na pripojenie do PTSN siete. Konfigurácia takéhoto spojenia cez PTSN je ukázaná v nasledujúcich zapojeniach, teraz bude ukázaná konfigurácia daného digitálneho portu.



Obrázok 27 Schéma zapojenia pri konfigurácii digitálnych portov.

Uvažujeme teda nasledujúce zapojenie, na PTSN sieť sme pripojení cez T1 digitálne porty.

Pri konfigurácii T1 portu je potrebné vstúpiť do konfigurácie radiča daného portu.

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#controller t1 0
```

Nakoľko ide o digitálne port je potrebné nastaviť časovanie.

```
R1(config-controller)#clock source ?
```

internal	Internal Clock
line	Recovered Clock
loop-timed	Loop Timing

Obrázok 28 Možné zdroje časovania.

Pri vybratí možnosti internal je použitý časovač na smerovači, pri možnosti line, časovanie podľa poskytovateľa služieb. Zaužívanou praxou je používať časovanie podľa poskytovateľa služieb, pretože smerovač môže mať časovanie nastavené inak ako poskytovateľ služieb.

```
R1(config-controller)#clock source line
```

Nastavenie popisu daného spojenia čo je vhodné pre dobrú orientáciu v prípade poruchy.

*R1(config-controller)#description Spojenie 1*

Nastavenie druhu používaných T1 rámcov a kódovanie.

*R1(config-controller)#framing esf*

*R1(config-controller)#linecode b8zs*

Aktivovanie signalizácie CAS.

*R1(config-controller)#mode cas*

Nakoľko digitálny port T1 používa 24 kanálov na komunikáciu konfigurovať každý separátne by bolo zdĺhavé. Preto sa dané kanály konfigurujú v skupinách ako bude ukázané ďalej.

*R1(config-controller)#ds0-group 1 timeslots 1-8 type fxo-loop-start*

*R1(config-controller)#ds0-group 2 timeslots 9-12 type e&m-wink-start*

*R1#show voice port summary*

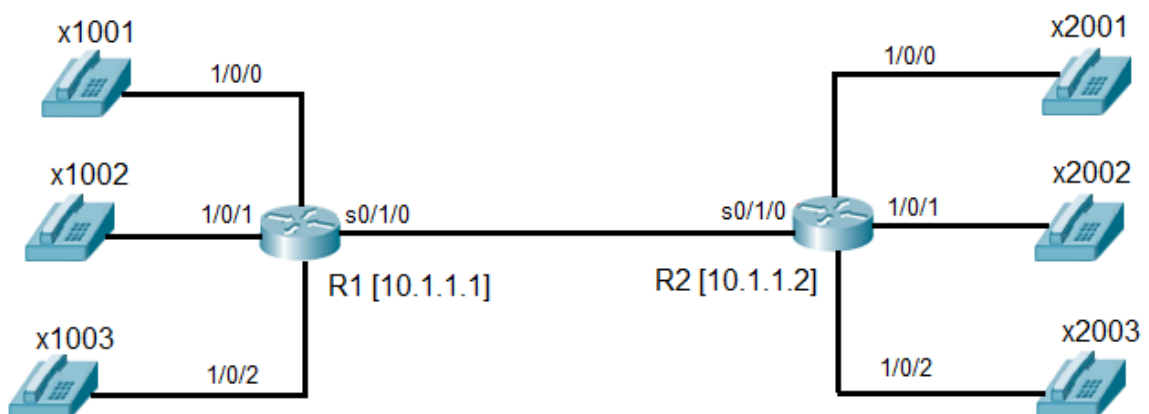
PORT	CH	SIG-TYPE	ADMIN	OPER	IN STATUS	OUT STATUS	EC
0:0	01	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	02	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	03	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	04	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	05	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	06	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	07	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:0	08	fxo-ls	up	dorm	idle	on-hook	y
0:1	09	e&m-wnk	up	dorm	idle	idle	y
0:1	10	e&m-wnk	up	dorm	idle	idle	y
0:1	11	e&m-wnk	up	dorm	idle	idle	y
0:1	12	e&m-wnk	up	dorm	idle	idle	y

Obrázok 29 Výpis aktívnych portov.

Na obrázku je vidieť 8 virtuálnych portov používajúcich signalizáciu loop-start a 4 porty používajúce signalizáciu e&m. Z jedného digitálneho portu T1 je teda možné získať až 24 analógových portov.

### 4.3 Konfigurácia Dial Peerov

Na nasledujúcom obrázku je uvedená schéma zapojenia. Ďalej bude ukázaná konfigurácia dial peerov POTS a VoIP pre dané zapojenie. Na obrázku sú uvedené požadované IP adresy aj požadované čísla telefónnych zariadení. Konfigurácia bola prevedená na reálnych zariadeniach.



Obrázok 30 Schéma zapojenia pri konfigurácii dial peerov.

Najskôr nakonfigurujeme dial peery POTS, pričom budeme vychádzať z teoretickej časti, kde bolo vysvetlené, čo je potreba v prípade dial peerov POTS konfigurovať. Dial peery POTS sú v tomto prípade na každom smerovači vlastne spojenia s koncovými zariadeniami.

#### R1:

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#dial-peer voice 1001 pots
```

```
R1(config)#destination-pattern 1001
```

```
R1(config)#port 1/0/0
```

```
R1(config)#end
```

#### R2:

```
R2#configure terminal
```

```
R2(config)#dial-peer voice 2001
```

```
R2(config)#destination-pattern 2001
```

```
R2(config)#port 1/0/0
```

```
R2(config)#end
```

Pri konfigurácii sa postupovalo tak, ako bolo popísané v teoretickej časti. Príznak sme volili podľa konvencie totožný s vytáčacím číslom dial peeru. Ukázaná je konfigurácia pre jedno koncové zariadenie na každom smerovači, konfigurácia ostatných by bola obdobná. Menili by sa iba čísla podľa schémy.

V ďalšom kroku bude ukázaná konfigurácia VoIP dial peerov, opäť iba pre jedno koncové zariadenie na každom smerovači. VoIP dial peery sú teda spojenia ktoré je potrebné nadviazať medzi oboma smerovačmi.

**R1:**

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#dial-peer voice 2001 voip
```

```
R1(config)#destination-pattern 2001
```

```
R1(config)#session target ipv4:10.1.1.2
```

```
R1(config)#end
```

**R2:**

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#dial-peer voice 1001 voip
```

```
R1(config)#destination-pattern 1001
```

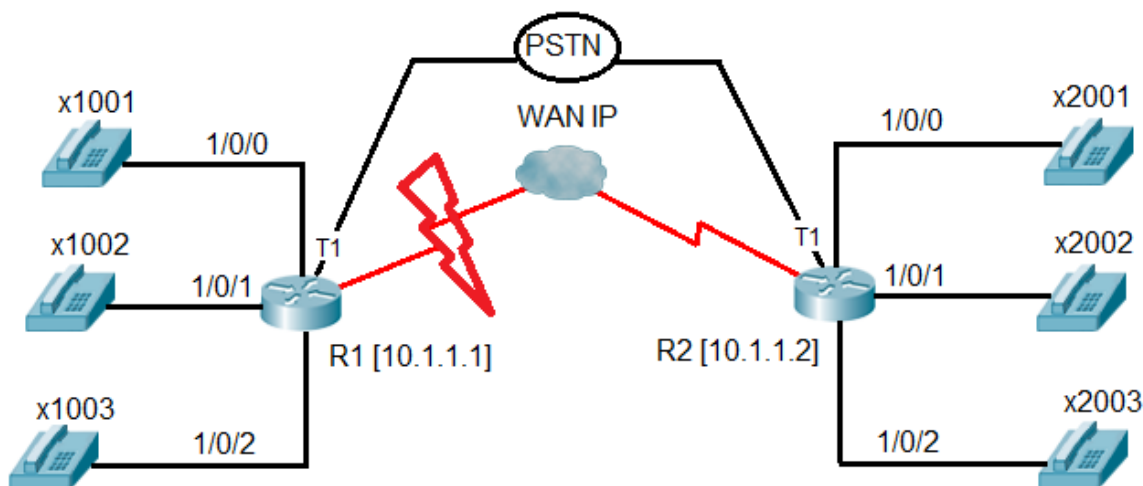
```
R1(config)#session target ipv4:10.1.1.1
```

```
R1(config)#end
```

Znovu sme postupovali podľa teoretickej časti. Pri VoIP dial peeroch sme nevolili adresu výstupného portu na smerovači, ale adresu portu smerovača na ktorom je pripojený telefón s ktorým sa snažíme spojiť. To je v síce v danej topológii zbytočné, nakoľko existuje iba jedna cesta zo smerovača R1 na R2, ale je to zaužívaná prax ktorú si je dobré osvojiť a následne dodržiavať.



Uvažujme, že máme nakonfigurované predchádzajúce zapojenie, alebo z nejakého dôvodu nám vypadne linka, ktorá prepája smerovač R1 s WAN IP sieťou. V tomto momente strácame konektivitu a hocijaký hovor okrem hovoru medzi zariadeniami priamo pripojenými na R1 nie je možný. V tomto zapojení bol nakonfigurované porty T1, ale nebolo možné odskúšať funkčnosť dial peerov, kvôli nemožnosti pripojenia na PSTN alebo jeho simulácie.



Obrázok 31 Schéma zapojenia pri konfigurácii záložného PSTN dial peeru.

Pre takéto prípady je vhodné nakonfigurovať záložné spojenie cez PSTN sieť.

```
R1(config)#dial-peer voice 300 pots
```

```
R1(config-dial-peer)#destination-pattern 2001
```

```
R1(config-dial-peer)#port 0:0
```

V tomto momente máme nakonfigurované dva dial peery ukazujúce na to isté zariadenie, jeden cez POTS sieť a druhý cez sieť VoIP. Je treba teda zmeniť preferenciu POTS dial peeru, aby bolo jasné, ktorý dial peer sa má prednostne použiť. VoIP dial peer má nastavenú východziu preferenciu 0. Preferenciu POTS dial peeru teda nastavíme napríklad na 1.

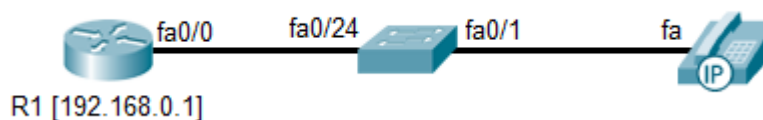
```
R1(config-dial-peer)#preference 1
```

V poslednom rade nastavíme posielanie celého vzorového čísla.

```
R1(config-dial-peer)#forward-digits all
```

#### 4.4 Nastavenie IP telefónu

V tomto praktickom príklade bude ukázaná konfigurácia, ktorá je potrebnú previesť na IP telefóne. V všetkých praktických zapojeniach sa potom predpokladá, že táto konfigurácia už bola prevedená. Konfigurácia bola prevedená na reálnych zariadeniach.



Obrázok 32 Schéma pripojenia IP telefónu do siete.

Pri zapojení IP telefónu do siete je potrebné previesť základnú konfiguráciu, telefón totiž nie je funkčný ihneď po spustení.

IP telefóny majú vo všeobecnosti dva ethernetové porty, jedným sa pripája zariadenie do siete a druhým je možné prepojiť telefón k PC.

Konfiguračným tlačidlom sa dostaneme do konfiguračného módu telefónu, z následného menu treba vybrať položku Network Configuration. Ďalej prejsť na položku IPv4 Configuration. A v tejto previesť základnú konfiguráciu zariadenia.

DHCP – Pokiaľ sa v sieti používa DHCP treba ho aktivovať v tejto položke.

DHCP Server – IP adresa DHCP serveru ktorý je používaný na pridelenie adresy.

IP Address – Statické nastavenie IP adresy pokiaľ sa DHCP nepoužíva.

Subnet Mask – Maska podsiete.

Default Router (1-5) – Brány na ktoré sa má IP telefón pripájať podľa preferencie. V tomto príklade by to bol port fa0/0 na smerovači R1 s IP adresou 192.168.0.1

TFTP Server – Adresa používaného TFTP serveru.

Ďalej je možné v konfiguračnom móde zistiť prípadne upraviť nasledujúce informácie.

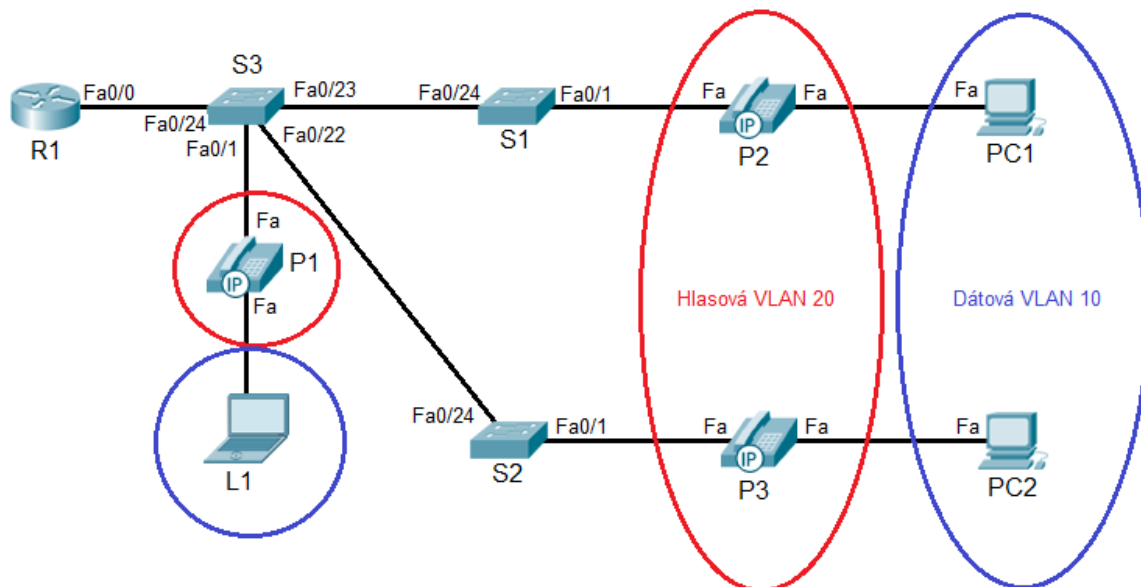
MAC Address – MAC adresa daného zariadenia.

Host Name – Symbolické meno pod ktorým bude telefón vystupovať v sieti.

Operational VLAN ID – Zvolenie hlasovej VLAN. Pokiaľ existuje v sieti viac hlasových VLAN.

## 4.5 Implementácia VoIP do dátovej siete

Ďalej bude ukázaná implementácia VoIP zariadení do LAB siete, kde nie je potrebné smerovať hovory do WAN siete. V ukážkovom príklade smerovač aj prepínače podporujú hlasové služby. Konfigurácia bola prevedená v simulačnom prostredí.



Obrázok 33 Schéma implementácie VoIP do dátovej siete.

Pri danom zapojení uvažujeme, že prepínač S1 a S2 sú v rozdielnych kanceláriách a sú prepojené do vonkajšej WAN siete cez prepínač S3 a smerovač R1. Telefóny P1, P2 a P3 sú pripojené do hlasovej VLAN 20, počítače PC1, PC2 a L2 sú potom pripojené do dátovej VLAN 10. Zapojenie je ukážkové a preto sú na každom prepínači pripojené iba dve zariadenia. Zapojenie si je možné predstaviť, ako dve pobočky (S1, S2) pripojené na ústredňu (S3, R1).

V tabuľke sú zapísané pridelené IP adresy ktoré majú budú použité.

Rozhranie	IP adresa	Maska podsiete	Sieť	Typ siete
Fa0/0.10 (R1)	192.168.0.1	255.255.255.0	VLAN 10	Dátová
Fa0/0.20 (R1)	172.16.0.1	255.255.255.0	VLAN 20	Hlasová

Tabuľka 1 Pridelené IP adresy.

Postup konfigurácie. Začneme s konfiguráciou prepínača.

Nastavíme porty, na ktorých sú pripojené zariadenia do prístupového módu a aktivujeme STP protokol.

```
S1#configure terminal
```

```
S1(config)#interface range fa0/1 – 23
```

```
S1(config-if-range)#switchport mode access
```

```
S1(config-if-range)#spanning-tree portfast
```

V ďalšom kroku vytvoríme na prepínači hlasovú VLAN 20 a dátovú VLAN 10 a pre ľahšiu orientáciu si ich premenujeme.

```
S1(config-if-range)#switchport access vlan 10
```

```
S1(config)#vlan 10
```

```
S1(config-vlan)#name Data
```

```
S1(config-if-range)#switchport voice vlan 20
```

```
S1(config)#vlan 20
```

```
S1(config-vlan)#name Hlas
```

Port fa 0/24 nastavíme ako trunkový port nakoľko bude prenášať dáta oboch VLAN.

```
S1(config)#interface fa0/24
```

```
S1(config-if)#switchport mode trunk
```

iba v tom, že ako trunkové budú nastavené aj rozhrania fa0/23 a fa0/22.

V ďalšom kroku sa presunieme na konfiguráciu smerovača, ktorá bude podstatne obsiahlejšia ako konfigurácia prepínača. V prvom rade si aktivujeme rozhranie, na ktorý je prepínač pripojený a rozdelíme ho na dve logické rozhrania, jedno pre každú pripojenú VLAN. Oboom logickým rozhraniám pridáme IP adresu.

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#interface fa0/0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R1(config-if)#interface fa0/0.10
```

```
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 10
```

```
R1(config-subif)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#interface fa0/0.20
```

```
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 20
```

```
R1(config-subif)#ip address 172.17.0.1 255.255.255.0
```

Nastavíme virtuálne rozhranie loopback 0 pomocou ktorého sa budú telefóny pripájať na smerovač.

```
R1(config)#interface loopback 0
```

```
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
```

Pomocou nasledujúceho príkazu skontrolujeme nastavené IP adresy.

```
R1#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	unassigned	YES	unset	up	up
FastEthernet0/0.10	192.168.0.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/0.20	172.16.0.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Loopback0	10.0.0.1	YES	manual	up	up
Vlan1	unassigned	YES	unset	administratively down	down

Obrázok 34 Výpis aktívnych portov.

Na nasledujúcom výpise je vidieť že nakonfigurované IP adresy sú správne, pripojené porty sú aktívne.

Počítačom a IP telefónom treba nastaviť IP adresy pripadajúce do VLAN sietí, v ktorých majú pracovať.

Následne je potrebné na smerovači aktivovať a nadefinovať hlasové služby. Vstúpime teda do konfigurácie hlasovej služby.

```
R1(config)#telephony-service
```

V prvom rade definujeme maximálne počet zariadení, pričom do úvahy musíme brať možnosť zaťaženia siete a to, že veľký počet zariadení zaťažuje procesor smerovača. V našom prípade nastavíme iba 3 používané.

```
RI(config-telephony)#max-ephones 3
```

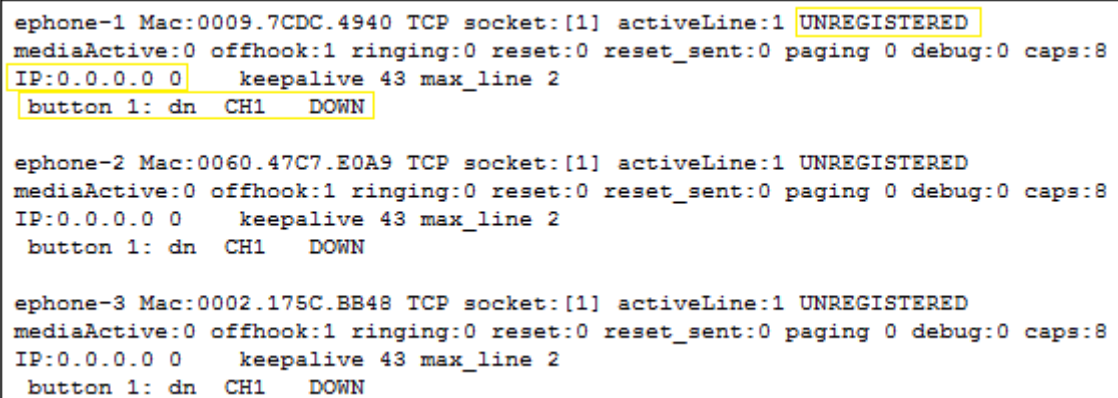
```
RI(config-telephony)#max-dn 3
```

Nasmerujeme zariadenia na adresu smerovača.

```
RI(config-telephony)#ip source-address 10.0.0.1 port 2000
```

V tomto momente je dobré skontrolovať či sú telefóny úspešne pripojené použitím príkazu.

```
RI(config-telephony)#do show ephone
```



```
ephone-1 Mac:0009.7CDC.4940 TCP socket:[1] activeLine:1 UNREGISTERED
mediaActive:0 offhook:1 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:0.0.0.0 0    keepalive 43 max_line 2
button 1: dn CH1 DOWN

ephone-2 Mac:0060.47C7.E0A9 TCP socket:[1] activeLine:1 UNREGISTERED
mediaActive:0 offhook:1 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:0.0.0.0 0    keepalive 43 max_line 2
button 1: dn CH1 DOWN

ephone-3 Mac:0002.175C.BB48 TCP socket:[1] activeLine:1 UNREGISTERED
mediaActive:0 offhook:1 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:0.0.0.0 0    keepalive 43 max_line 2
button 1: dn CH1 DOWN
```

Obrázok 35 Výpis pripojených telefónov pred registráciou.

Telefóny sú pripojené, ale je vidieť, že nie sú registrované, nemajú pridelenú IP adresu, linku ani telefónne číslo. Tieto veci teda nakonfigurujeme nasledujúcimi príkazmi.

```
RI(config-telephony)#ephone-dn 1
```

```
RI(config-telephony-dn)#number 1111
```

```
RI(config-telephony)#ephone-dn 2
```

```
RI(config-telephony-dn)#number 2222
```

```
RI(config-telephony)#ephone-dn 3
```

```
RI(config-telephony-dn)#number 3333
```

Pridáme zariadeniu jednu linku a špecifikujeme typ pripojeného telefónu.

```
RI(config-telephony)#ephone 1
```

*R1(config-telephony)#button 1:1*

*R1(config-telephony)#type 7960*

*R1(config-telephony)#ephone 2*

*R1(config-telephony)#button 1:2*

*R1(config-telephony)#ephone 3*

*R1(config-telephony)#button 1:3*

Opäť skontrolujeme pripojené telefóny príkazom *do show phone*.

```
ephone-1 Mac:0009.7CDC.4940 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 1
2 and Server in ver 8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:172.16.0.3 1072 7960 keepalive 43 max_line 2
button 1: dn 1 number 1111 CH1 IDLE

ephone-2 Mac:0060.47C7.E0A9 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 1
2 and Server in ver 8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:172.16.0.2 1074 7960 keepalive 43 max_line 2
button 1: dn 2 number 2222 CH1 IDLE

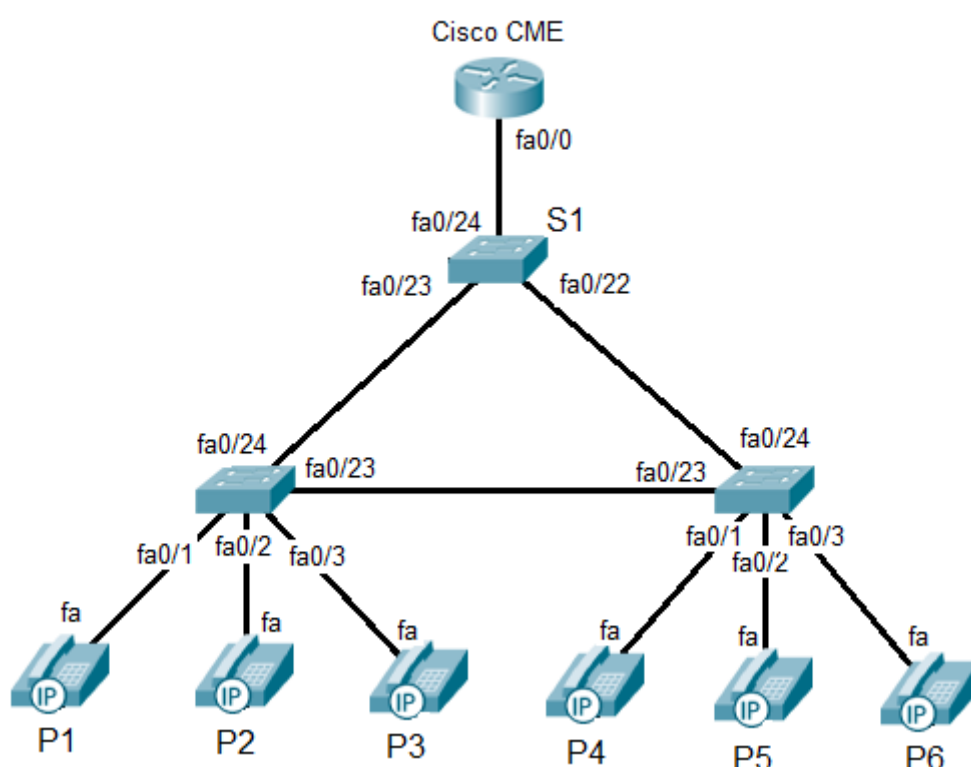
ephone-3 Mac:0002.175C.BB48 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 1
2 and Server in ver 8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:172.16.0.4 1073 7960 keepalive 43 max_line 2
button 1: dn 3 number 3333 CH1 IDLE
```

Obrázok 36 Výpis pripojených telefónov po registrácii.

V tomto momente už môžeme vidieť, že telefóny sú pripojené, majú pridelenú IP adresu telefónne číslo a linku. Taktiež sme definovali typ používaného telefónu. Hlasová aj dátová sieť je teda funkčná.

## 4.6 Konfigurácia VoIP siete

V ďalšom zapojení bude ukázaná komplexná implementácia VoIP LAN siete pomocou Cisco CME. V danom zapojení bude použitý hierarchický model s využitím DHCP serveru a redundantných ciest. Takto navrhnutá sieť má dynamickú správu IP adries, ako IP telefónov tak aj počítačov. Navyše, je zaistená redundancia, pokiaľ teda vypadne linka medzi prepínačmi, nevypadne automaticky celá sieť. Konfigurácia bola prevedená v simulačnom prostredí.



Obrázok 37 Schéma zapojenia LAN VoIP siete.

V tabuľke je uvedený požadovaný vytáčací plán.

Názov	Telefónne číslo	Názov	Telefónne číslo
P1	1001	P4	2001
P2	1002	P5	2002
P3	1003	P6	2003

Tabuľka 2 Vytáčací plán.



V prvom rade bude ukázaná konfigurácia prepínačov, aby oddeľovali hlasovú komunikáciu od tej dátovej, čo je nevyhnutná súčasť VoIP siete . Na redistribúciu VLAN sietí bude použitý VTP protokol.

**Prepínač S1:**

```
S1(config)#vtp mode server
```

```
S1(config)#vtp domain zona1
```

```
S1(config)#vtp password heslo
```

```
S1(config)#vlan 10
```

```
S1(config-vlan)#name DATA
```

```
S1(config)#vlan 20
```

```
S1(config-vlan)#name HLAS
```

```
S1(config)#interface range fa0/22-24
```

```
S1(config)#switchport mode trunk
```

**Prepínač S2:**

```
S2(config)#vtp mode client
```

```
S2(config)#vtp domain zona1
```

```
S2(config)#vtp password heslo
```

```
S2(config)#interface range fa01/01-22
```

```
S2(config-if-range)#switchport mode access
```

```
S2(config-if-range)#switchport access vlan 10
```

```
S2(config-if-range)#switchport voice vlan 20
```

```
S2(config)#interface range fa01/22-24
```

```
S2(config)#switchport mode trunk
```

Konfigurácia prepínača S3 je totožná s konfiguráciou prepínača S2.

```
S2#show vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/21, Fa0/22, Gig1/1, Gig1/2
10	DATA	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
20	HLAS	active	
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

Obrázok 38 Výpis portov priradených k jednotlivým VLAN.

Na obrázku je vidieť, že rozhrania sú pridelené dátovej sieti. Dané rozhrania totiž nemôžu patriť hlasovej VLAN. Sú iba inštruované že hlasová VLAN existuje a majú ju používať pre hlasovú komunikáciu.

*CME#configure terminal*

*CME(config)#interface fa0/0*

*CME(config-if)#no shutdown*

*CME(config)#interface fa0/1.10*

*CME(config-subif)#encapsulation dot1q 10*

*CME(config-subif)#ip address 192.168.0.1 255.255.255.0*

*CME(config)#interface fa0/1.20*

*CME(config-subif)#encapsulation dot1q 20*

*CME(config-subif)#ip address 172.16.0.1 255.255.255.0*

*CME(config)#interface loopback 0*

*CME(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.255*

*CME(config)#ip dhcp pool DATA*

*CME(dhcp-config)#network 192.168.0.0 255.255.255.0*

*CME(dhcp-config)#default-router 192.168.0.1 255.255.255.0*

*CME(config)#ip dhcp pool HLAS*

*CME(dhcp-config)#network 172.16.0.0 255.255.255.0*

```
CME(dhcp-config)#default-router 172.16.0.1 255.255.255.0
```

Adresa TFTP serveru ktorý budú IP telefóny používať.

```
CME(dhcp-config)#option 150 ip 10.0.0.1
```

V tomto momente je vhodné skontrolovať pridelenie adries cez DHCP pomocou nasledujúceho príkazu.

```
CME#show ip dhcp binding
```

IP address	Client-ID/ Hardware address	Lease expiration	Type
172.16.0.2	0090.0C59.308D	--	Automatic
172.16.0.4	0001.9713.AE95	--	Automatic
172.16.0.8	0090.2150.63D9	--	Automatic
172.16.0.7	00D0.5802.835C	--	Automatic
172.16.0.3	0010.11BA.B1E2	--	Automatic
172.16.0.5	00E0.B05E.0CBD	--	Automatic

Obrázok 39 Výpis priradených IP adries.

```
CME(config)#telephony-service
```

```
CME(config-telephony)#max-ephones 6
```

```
CME(config-telephony)#max-dn 6
```

Definujeme adresáre na ktoré sa budú IP telefóny pripájať na požadované telefónne čísla.

```
CME(config-telephony)#ephone-dn 1
```

```
CME(config-telephony)#number 1001
```

Rovnakými príkazmi vytvorím adresár pre každý IP telefón v sieti a pridelím mu požadované telefónne číslo.

Následne je potrebné smerovaču zadať MAC adresy pripojených IP telefónov. Tie sa dajú zistiť priamo z telefónu, ako bolo ukázané pri konfigurácii IP telefónu prípadne z výpisu IP adries na smerovači. Ďalej je nevyhnutné danému zariadeniu prideliť linku a adresárové číslo s nakonfigurovaným telefónnym číslom. V poslednom bode sa definuje typ používaného IP telefónu.

```
CME(config-telephony)#ephone 1
```

```
CME(config-ephone)#mac-address 0900.0C59.308D
```

```
CME(config-ephone)#type 7960
```

*CME(config-ephone)#button 1:1*

Pokiaľ registrovanie IP telefónu na smerovači prebehlo úspešne na príkazový riadok nám smerovač vypíše nasledujúcu systémovú hlášku.

```
%IPPHONE-6-REGISTER: ephone-1 IP:172.16.0.2 Socket:2 DeviceType:Phone has registered.
```

*Obrázok 40 Systémová hláška úspešne pripojeného IP telefónu.*

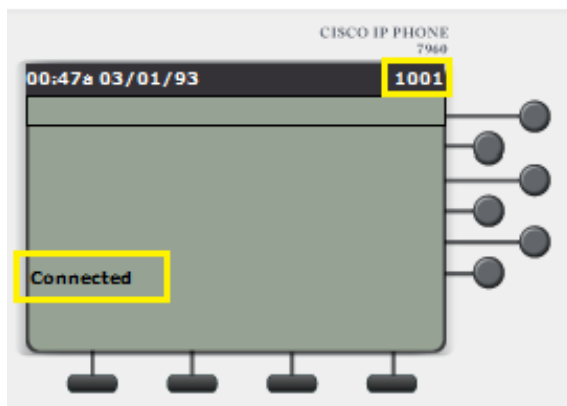
Nasledujúcim príkazom skontrolujeme registráciu telefónov. Výpis je skrátený na dve zariadenia.

```
ephone-1 Mac:0001.9713.AE95 TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 1
2 and Server in ver 8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:172.16.0.2 1097 7960 keepalive 43 max_line 2
button 1: dn 1 number 1001 CH1 IDLE

ephone-2 Mac:00D0.5802.835C TCP socket:[1] activeLine:0 REGISTERED in SCCP ver 1
2 and Server in ver 8
mediaActive:0 offhook:0 ringing:0 reset:0 reset_sent:0 paging 0 debug:0 caps:8
IP:172.16.0.7 1105 7960 keepalive 43 max_line 2
button 1: dn 2 number 2001 CH1 IDLE
```

*Obrázok 41 Výpis registrovaných zariadení.*

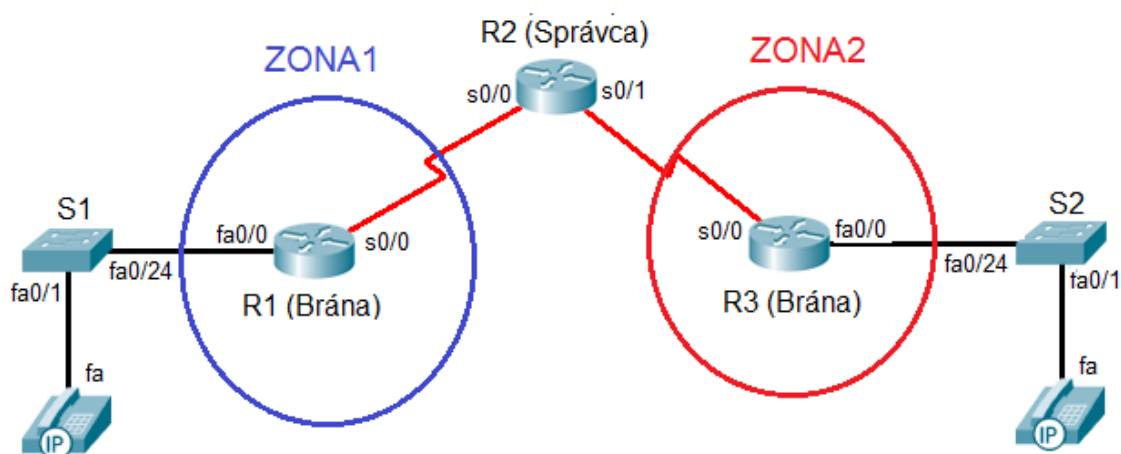
Na výpise je vidieť, že IP telefóny boli úspešne registrované pod danou MAC adresou, majú pridelenú IP adresu, typ telefónu kanál a registračné číslo na danom kanále. V tomto momente je IP telefónia v rámci celej siete aktívna. Na obrázku číslo 42 je vidieť displej aktívneho IP telefónu. Hláška v ľavom dolnom okraji hovorí, že telefón je úspešne pripojený v IP sieti. V pravom hornom rohu je potom vidieť pridelené telefónne číslo daného zariadenia.



*Obrázok 42 Ukážka displeja aktívneho IP telefónu.*

## 4.7 Konfigurácia brány H.323

Teraz uvažujeme, že daná sieť prepojuje niekoľko budov v rozdielnych geografických lokáciách. Ako už bolo ukázané v predošlom príklade, mohli by sme použiť statické dial peery VoIP. Toto riešenie je však ťažko škálovateľné, pri pridaní ďalšieho koncového zariadenia, prípadne smerovača je potrebné pridať všetky zariadenia na všetkých smerovačoch ručne. Toto riešenie je nepraktické a tak si ukážeme riešenie pomocou dynamického protokolu H.323. V danom zapojení vystupujú 3 smerovače, pričom smerovače R1 a R3 budú použité ako brány a smerovač R2 ako správca daných hlasových brán. Konfigurácia bola prevedená na reálnych zariadeniach.



Obrázok 43 Schéma zapojenia pri konfigurácii brány H.323.

Na danej schéme zapojenia sú farebne označené dve zóny (ZONA1 a ZONA2). Tieto zóny sú lokálne zóny a patria do nich všetky zariadenia pripojené k bránam. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené IP adresy pridelené k jednotlivým portom na smerovačoch R1-R3.

Zariadenie	Port	IP Adresa	Maska Siete
R1 (Brána)	s0/0	192.168.1.1	255.255.255.0
R2 (Správca)	s0/0	192.168.1.2	255.255.255.0
R2 (Správca)	s0/1	192.168.2.1	255.255.255.0
R3 (Brána)	s0/0	192.168.2.2	255.255.255.0

Tabuľka 3 Pridelené IP adresy.

Na začiatku nakonfigurujeme oba prepínače na prijímanie hlasovej komunikácie. Konfigurácia prepínača už bola popísaná a tak bude konfigurácia vypísaná bez komentára.

```
S1#configure terminal
```

```
S1(config)#interface range fa0/1 – 23
```

```
S1(config-if-range)#switchport mode access
```

```
S1(config-if-range)#spanning-tree portfast
```

```
S1(config)#vlan 20
```

```
S1(config-vlan)#name HLAS
```

```
S1(config-if-range)#switchport voice vlan 20
```

```
S1(config)#interface fa0/24
```

```
S1(config-if)#switchport mode trunk
```

Konfigurácia prepínača S2 je totožná.

Teraz si opäť už iba bez komentára ukážeme ako zaregistrujeme IP telefóny na danú bránu. Ukázaná je konfigurácia na smerovači R1 pre R3 je obdobná.

```
R1(config)#interface fa0/0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R1(config-if)#interface fa0/0.10
```

```
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 20
```

```
R1(config-subif)#ip address 172.17.0.1 255.255.255.0
```

```
R1(config)#interface loopback 0
```

```
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
```

```
R1(config)#ip dhcp pool Hlas
```

```
R1(dhcp-config)#network 172.17.0.0 255.255.255.0
```

```
R1(dhcp-config)#default-router 172.17.0.1
```

```
R1(dhcp-config)#option 150 ip 10.0.0.1
```

```
R1(config)#telephony-service
```

```
R1(config-telephony)#max-ephones 3
```

```
R1(config-telephony)#max-dn 3
```

```
R1(config-telephony)#ip source-address 10.0.0.1 port 2000
```

```
R1(config-telephony)#ephone-dn 1
```

```
R1(config-telephony-dn)#number 1111
```

```
R1(config-telephony)#ephone 1
```

```
R1(config-telephony)#button 1:1
```

```
R1(config-telephony)#type 7960
```

Teraz bude ukázaná konfigurácii správcu brány. Ku konfigurácii jednotlivých brán však ešte nie je kompletná.

Potrebné je vstúpiť do režimu konfigurácie brány a následne „povedať“ danému smerovaču, v našom prípade R2, aby pracoval ako správca.

```
R2#configure terminal
```

```
R2(config)#gatekeeper
```

Aktivujeme lokálne zóny, to sú teda zóny, ktoré sú priamo pripojené na správcu brány. Pridelíme danej zóne doménu a IP adresu slúžiacu na prijímanie a posielanie RAS správ. Nastavíme iba jednu IP adresu pre obe zóny.

```
R2(config-gk)#zone local ZONA1 domena.cz 192.168.2.1
```

```
R2(config-gk)#zone local ZONA2 domena.cz
```

Ďalej je treba logicky správcovi „povedať“ aké telefónne čísla môže nájsť v daných nakonfigurovaných zónach. Použijeme masku, ktorá hovorí, že štvormiestne čísla začínajúce jednotkou nájdeme v zóne ZONA1 a štvormiestne čísla začínajúce číslom dva v zóne ZONA2.

```
R2(config-gk)#zone prefix ZONA1 1...
```

```
R2(config-gk)#zone prefix ZONA2 2....
```

Správca brány H.323 podporuje výber služby podľa danej požiadavky. Nastavíme východiskovú službu, ktorá bude používaná pri volaní.

```
R2(config-gk)#gw-type-prefix 1#* default-technology
```

Nastavíme správcovi maximálnu šírku pásma jednotlivých liniek, aby potom mohol regulovať počet hovor, pokiaľ sa bude blížiť využívaná šírka pásma nastavenej maximálnej. Taktiež nastavíme maximálnu šírku pásma pre jeden hovor, aby sa nestalo to, že jeden hovor zaberie celú šírku pásma. Samotný protokol nepozná reálnu šírku pásma, ktoré je používané. Šírku pásma si odvodí podľa používaného kodeku. Nakoniec aktivujeme správcu brány.

```
R2(config-gk)#bandwidth interzone default 64
```

```
R2(config-gk)#bandwidth session default 16
```

```
R2(config-gk)#no shutdown
```

V tomto momente sme skončili s konfiguráciou správcu brán a vrátime sa na konfigurovanie hlasových brán.

Aktivujeme teda smerovač aby pracoval ako H.323 brána.

```
R1(config)#gateway
```

Ďalej sa prepne do konfiguračného módu rozhrania pripojeného na správcu brány. A definujeme toto rozhranie ako rozhranie pripojené na správcu brány.

```
R1(config)#interface s0/0
```

```
R1(config-if)#h323-gateway voip interface
```

Ďalej povieme bráne, aby sa registrovala u správcu (na IP adrese 10.7.7.1) a ako identifikátor použila názov zóny. Aby teda vlastne správcovi oznámila, že je členom tejto zóny. Zadanie IP adresy nie je povinné, pokiaľ by sme adresu nenastavili, daná brána by túto adresu získala dynamicky cez RAS multicast pakety. Druhým príkazom nastavíme názov, pod ktorým bude správca danú bránu registrovať. Zaužívanou praxou je používať názov totožný s názvom smerovača.

```
R1(config-if)#h323-gateway voip id ZONA1 ipaddr 192.168.2.1
```

```
R1(config-if)#h323-gateway voip h323-id R1
```

Nastavíme bráne registráciu pod východzím prefixom.

```
R1(config-if)#h323-gateway voip tech-prefix 1#
```



Prepneme sa na konfiguráciu VoIP dial peeru. Ale na rozdiel od zadávania všetkých dial peerov staticky nastavíme bránu, aby použila protokol RAS a opýtala sa tak na vytočené číslo správcu brány.

```
R1(config)#dial-peer voice 200 voip
```

```
R1(config-dial-peer)#session target ras
```

Obdobne nastavíme druhú bránu. Tento krát už bez podrobného komentára.

```
R3(config)#gateway
```

```
R3(config)#interface s0/0
```

```
R3(config-if)#h323-gateway voip interface
```

```
R3(config-if)#h323-gateway voip id ZONA2 ipaddr 192.168.2.1
```

```
R3(config-if)#h323-gateway voip h323-id R3
```

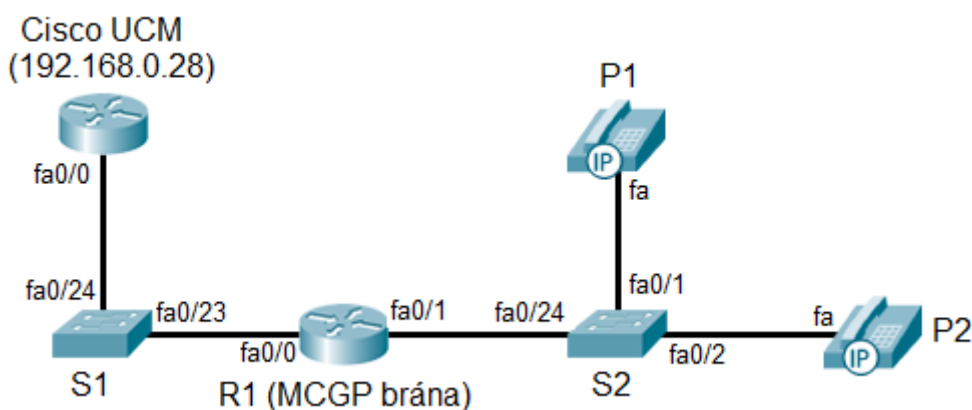
```
R3(config-if)#h323-gateway voip tech-prefix 1#
```

```
R3(config)#dial-peer voice 1111 voip
```

```
R3(config-dial-peer)#session target ras
```

## 4.8 Konfigurácia brány MGCP

V tomto bude ukázané pridanie MGCP brány k agentovy volania Cisco UCM. Daná konfigurácia je veľmi jednoduchá, nakoľko väčšina konfigurácie sa odohráva v grafickom prostredí Cisco UCM. Konfigurácia bola prevedená na reálnych zariadeniach.



Obrázok 44 Schéma zapojenia pri konfigurácii brány MGCP.

Komunikáciu v tomto zapojení riadi Cisco UCM a tak je v prvom rade potrebné nastaviť agenta volania Cisco UCM.

V prvom rade je nutné pridať agentovi volania bránu MGCP a špecifikovať jej parametre.

Obrázok 45 Vloženie brány.

Ako doménové meno použijeme názov smerovača, ktorý funguje ako MGCP brána. Nakoľko v danom zapojení nemáme žiadny DNS server.

Obrázok 46 Detail brány.

Ďalej je potrebné určiť doplnkové moduly, ktoré daný smerovač obsahuje.

Obrázok 47 Doplnkové moduly.

Konfigurácia brány MGCP. Je možné bránu konfigurovať ručne, ako bolo popísané v teoretickej časti. Alebo je možné použiť automatickú konfiguráciu pomocou Cisco UCM.

*R1#configure terminal*

*R1(config)#ccm-manager config server 192.168.1.1*

Po zadání tohoto příkazu je brána inštruovaná na akej adrese môže nájsť konfiguračné súbory, nasledujúcim príkazom ich potom stiahne.

*R1(config)#ccm-manager config*

Po prebehnutí načítania danej konfigurácie je dobré skontrolovať

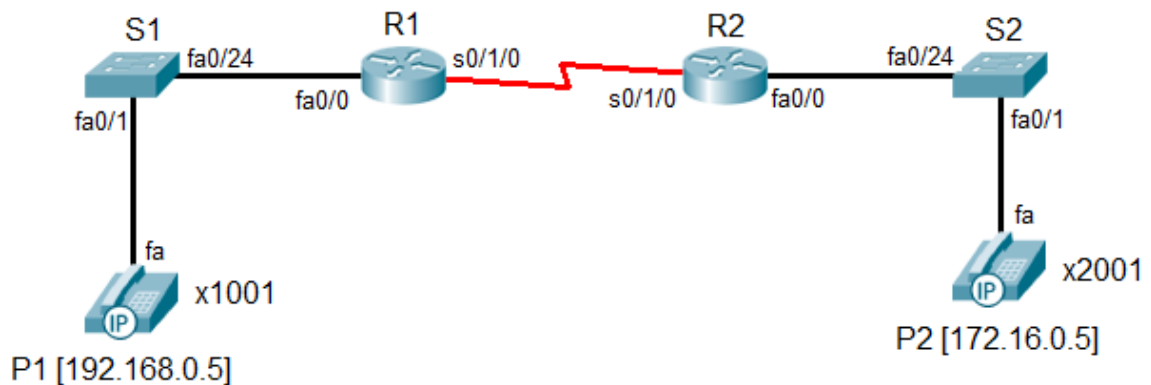
*R1(config)#show running config*

```
!  
ccm-manager mgcp  
ccm-manager music-on-hold  
ccm-manager config server 192.168.0.28  
ccm-manager config  
!
```

Obrázok 48 Potvrdenie načítania konfigurácie.

## 4.9 Konfigurácia užívateľského agenta SIP

V tomto príklade bude ukázané ako hlasovú bránu nastaviť na používanie SIP protokolu k inicializácii hovoru. Konfigurácia bola prevedená na reálnych zariadeniach.



Obrázok 49 Schéma zapojenia pri konfigurácii UA SIP.

Predpokladá sa, že zapojenie je nakonfigurované na prácu z hlasovými paketmi a úvodná konfigurácia preto bude preskočená. Ukázané bude iba nastavenie UA protokolu SIP. IP adresy a telefónne čísla koncových zariadení sú zobrazené v schéme zapojenia.

V prvom rade je potrebné na smerovači nastaviť dial peer VoIP smerujúci na dané koncové zariadenie.

*R1#configure terminal*

*R1(config)#dial-peer voice 2001 voip*

*R1(config-dial-peer)#destination-pattern 2001*

V ďalšom kroku je určené, že o nadviazanie samotného spojenia sa bude starať protokol SIP a za cieľový bod bude určený SIP server, teda príjemca hovoru.

*R1(config-dial-peer)#session protocol sipv2*

*R1(config-dial-peer)#session target sip-server*

V poslednom kroku je určená IP adresa adresáta daného hovoru.

*R1(config)#sip-ua*

*R1(config-sip-ua)#sip-server ipv4:172.16.0.5*

Konfigurácia druhého smerovača bude obdobná.

*R2#configure terminal*

*R2(config)#dial-peer voice 1001 voip*

*R2(config-dial-peer)#destination-pattern 1001*

*R2(config-dial-peer)#session protocol sipv2*

*R2(config-dial-peer)#session target sip-server*

*R2(config)#sip-ua*

*R2(config-sip-ua)#sip-server ipv4:192.168.0.5*

## ZÁVĚR

V bakalářské práci boli popísané základné komponenty nutné pre prevádzku IP telefónie a postupy k ich konfigurácii. Samotná problematika VoIP sietí je veľmi komplexná, v práci sú uvedené informácie potrebné pre vniknutie do tejto témy a môže slúžiť ako „odrazový mostík“ k ďalšiemu štúdiu hlasových sietí. Siete podporujúce

VoIP prešli od svojho počiatku veľkým vývojom. Spočiatku bol koncept prenosu hlasu po dátovej sieti vnímaný skepticky. V súčasnosti je už tento druh prenosu hlasu, vzhľadom na svoje nepopierateľné výhody, hojne používaný. Samotná implementácia a konfigurácia zariadení pre prácu s hlasovými paketmi je komplexnou úlohou. V prvopočiatku budovania takejto siete je potrebné vynaložiť pomerne veľké finančné prostriedky, hlavne na nákup potrebného hardwaru. Takáto investícia má však pre organizácie vysokú návratnosť.

V teoretickej časti práce boli popísané základné pojmy a mechanizmy siete fungujúcej na VoIP technológii. Čitateľ bol oboznámený so základnými prvkami VoIP siete a ich úlohou v procese digitalizácie a prenosu hlasu. Ďalej boli vysvetlené základné statické cesty, tzv. dial peery, ktoré si je možné predstaviť ako určitú obdobu statického smerovania v IP sieťach. V neposlednom rade boli predstavené protokoly obstarávajúce samotný prenos dát po sieti, protokoly RTP, sRTP a cRTP. Pre lepšie pochopenie princípov, sú niektoré pojmy doplnené názornými obrázkami, alebo vysvetlené na ukážkových schémach. Sú taktiež popísané protokoly hlasových brán, výhody a nevýhody ich použitia oproti ostatným protokolom.

Druhá, praktická časť práce sa skladá z konfiguračných úloh. Tieto úlohy boli konfigurované na reálnych zariadeniach v Cisco laboratóriu a v simulačnom programe Cisco Packet Tracer. Väčšina potrebnej konfigurácie sa lepšie pochopí práve na praktických príkladoch. Každá konfiguračná úloha v praktickej časti začína schémou pre lepšie pochopenie topológie a úlohy jednotlivých zariadení v sieti. V niektorých úlohách sú taktiež uvedené požadované IP adresy prípadne telefónne čísla. Nasledujú jednotlivé konfiguračné príkazy, potrebné ku sprevádzkovaniu daného zapojenia. Konfiguračné príkazy sú sprevádzané komentárom, ktorý dovysvetľuje, prípadne zdôvodňuje použitie daných príkazov. V praktických príkladoch je ukázaná konfigurácia všetkých základných súčastí potrebných pre IP telefóniu, od koncových zariadení, cez hlasové brány až po agentov volania.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HERSENT, Olivier. *Beyond VoIP protocols: understanding voice technology and networking techniques for IP telephony*. Chichester: John Wiley, 2005, 261 s. ISBN 04-700-2362-7.
- [2] DAVIDSON, Jonathan. *Voice over IP fundamentals*. 2nd ed. Indianapolis: Cisco Press, 2007, xxiv, 394 s. ISBN 978-1-58705-257-6.
- [3] DENISE DONOHUE, David Mallory. *Cisco voice gateways and gatekeepers*. [Online-Ausg.]. Indianapolis, Ind: Cisco, 2006. ISBN 978-158-7052-583.
- [4] WALLACE, Kevin. *Cisco VoIP: autorizovaný výukový průvodce*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 527 s. ISBN 978-80-251-2228-0.
- [5] WALLACE, Kevin. *VoIP: bez předchozích znalostí*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 231 s. ISBN 978-80-251-1458-2.
- [6] Cisco Unified IP Phones. *Cisco* [online]. 21-11-2013 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/ip-phones/product\\_comparison.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collaboration-endpoints/ip-phones/product_comparison.html)
- [7] Cisco Unified IP Phones and TelePresence System Video Endpoints Guide. *Cisco* [online]. 21.11.2013 [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-sip-phone-3900-series/guide\\_c07-685702.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-sip-phone-3900-series/guide_c07-685702.pdf)
- [8] Cisco 1861 and Cisco 2800, 3800, 2900, 3900, and 3900E Series Integrated Services Router. *Cisco* [online]. ©2013 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product\\_data\\_sheet0900aecd8057f2e0.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/routers/2800-series-integrated-services-routers-isr/product_data_sheet0900aecd8057f2e0.pdf)
- [9] Stand-Alone Analog Voice Gateways. *Cisco* [online]. © 2013 [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/unified-communications/vg224-voice-gateway/product\\_data\\_sheet09186a00801d87f6.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/unified-communications/vg224-voice-gateway/product_data_sheet09186a00801d87f6.html)
- [10] Cisco AS5400XM Universal Gateway. *Cisco* [online]. © 2011 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/unified-communications/as5400xm-universal-gateway/product\\_data\\_sheet0900aecd802efc92.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/unified-communications/as5400xm-universal-gateway/product_data_sheet0900aecd802efc92.pdf)

- [11] Cisco Catalyst 6500 Series Switches. *Cisco* [online]. © 2013 [cit. 2014-06-08]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-6500-series-switches/index.html>
- [12] SOSINSKY, Barrie A. Mistrovství - počítačové sítě: [vše, co potřebujete vědět o správě sítí]. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 840 s. ISBN 978-80-251-3363-7.
- [13] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. Počítačové sítě pro začínající správce. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [14] PALOVSKÝ, Radomír. Informační a komunikační sítě. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2010-, ISBN 978-80-245-1729-21.
- [15] Configuring System-Level Parameters. *Cisco Unified Communications* [online]. © 2013 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: [http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice\\_ip\\_comm/cucme/admin/configuration/guide/cmeadm/cmestym.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cucme/admin/configuration/guide/cmeadm/cmestym.html)
- [16] Understanding H.323 Gatekeepers. *Cisco* [online]. 2006 [cit. 2014-06-09]. Dostupné z: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ACK	Acknowledgment
ACF	Admission Confirm
ARJ	Admission Reject
ARQ	Admission Request
CAC	Call Admission Control
CLI	Command Line Interface
CNAM	Caller Name
cRTP	Crypted Real-Time Transport Protocol
DSP	Digital Signal Processor
DTMF	Dual-Tone Multi-Frequency Signaling
FXO	Foreign Exchange Office
ID	Identification
IOS	Internetwork Operating System
IP	Internet Protocol
IPS	Intrusion Prevention System
ISR	Integrated Service Router
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid-Crystal Display
MGCP	Media Gateway Control Protocol
OSI	Open Systems Interconnection model
PBX	Private Branch Exchange
PC	Personal Computer
PoE	Power over Ethernet
POTS	Plain Old Telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network



---

RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service
RAS	Registration, Admission nad Status
RGW	Residential Gateway
RTCP	RTP Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
QOS	Quallity Of Service
SCCP	Skinny Call Control Protocol
SGCP	Simple Gateway Control Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
sRTP	Secure Real-Time Transport Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TGW	Trunking Gateway
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
UCM	Unified Communications Manager
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
XML	Extensible Markup Language

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázok 1</i> Obecné schéma zapojenia VoIP.....	12
<i>Obrázok 2</i> Ukážka vzorkovaného signálu.....	15
<i>Obrázok 3</i> Etapy volania.....	16
<i>Obrázok 4</i> Ukážka dial peru POTS.....	17
<i>Obrázok 5</i> Ukážka dial peeru VoIP. ....	18
<i>Obrázok 6</i> Schéma činnosti RTP protokolu. ....	19
<i>Obrázok 7</i> Ukážka koncových zariadení firmy Cisco. <sup>[6]</sup> .....	21
<i>Obrázok 8</i> Pripojenie koncového zariadenia na prepínač. ....	22
<i>Obrázok 9</i> Cisco ISR smerovače. <sup>[8]</sup> .....	23
<i>Obrázok 10</i> Hlasová brána rady VG. <sup>[9]</sup> .....	23
<i>Obrázok 11</i> Hlasová brána AS 5400. <sup>[10]</sup> .....	24
<i>Obrázok 12</i> Prepínače Catalyst rady 6500. <sup>[11]</sup> .....	24
<i>Obrázok 13</i> Inicializácia hovoru typu hlasová brána – hlasová brána. ....	26
<i>Obrázok 14</i> Inicializácia hovoru pomocou správcu. ....	26
<i>Obrázok 15</i> Prispôsobenie protokolu H.323 na IP. <sup>[16]</sup> .....	27
<i>Obrázok 16</i> Agent volania v protokole MGCP. ....	31
<i>Obrázok 17</i> Nastavenie Priameho hovoru v protokole SIP. ....	36
<i>Obrázok 18</i> Nastavenie hovoru cez proxy server v protokole SIP. ....	37
<i>Obrázok 19</i> Nastavenie hovoru cez server presmerovanie v protokole SIP.....	37
<i>Obrázok 20</i> Ukážka pracovného prostredia Cisco Packet Tracer. ....	41
<i>Obrázok 21</i> Ukážka fyzického rozhrania smerovača v programe Cisco Packet Tracer. ....	42
<i>Obrázok 22</i> Ukážka grafického konfiguračného rozhrania.....	42
<i>Obrázok 23</i> Ukážka príkazového riadku v programe Cisco Packet Tracer. ....	43
<i>Obrázok 24</i> Ukážka grafického rozhrania IP telefónu. ....	43
<i>Obrázok 25</i> Schéma zapojenia pri konfigurácii hlasových portov. ....	44
<i>Obrázok 26</i> Možné vyzváňacie porty. ....	44
<i>Obrázok 27</i> Schéma zapojenia pri konfigurácii digitálnych portov. ....	45
<i>Obrázok 28</i> Možné zdroje časovania. ....	45
<i>Obrázok 29</i> Výpis aktívnych portov. ....	46
<i>Obrázok 30</i> Schéma zapojenia pri konfigurácii dial peerov. ....	47
<i>Obrázok 31</i> Schéma zapojenia pri konfigurácii záložného PSTN dial peeru.....	49

<i>Obrázok 32 Schéma pripojenia IP telefónu do siete.</i>	50
<i>Obrázok 33 Schéma implementácie VoIP do dátovej siete.</i>	51
<i>Obrázok 34 Výpis aktívnych portov.</i>	53
<i>Obrázok 35 Výpis pripojených telefónov pred registráciou.</i>	54
<i>Obrázok 36 Výpis pripojených telefónov po registrácii.</i>	55
<i>Obrázok 37 Schéma zapojenia LAN VoIP siete.</i>	56
<i>Obrázok 38 Výpis portov priradených k jednotlivým VLAN.</i>	58
<i>Obrázok 39 Výpis priradených IP adries.</i>	59
<i>Obrázok 40 Systémová hlášku úspešne pripojeného IP telefónu.</i>	60
<i>Obrázok 41 Výpis registrovaných zariadení.</i>	60
<i>Obrázok 42 Ukážka displeja aktívneho IP telefónu.</i>	60
<i>Obrázok 43 Schéma zapojenia pri konfigurácii brány H.323.</i>	61
<i>Obrázok 44 Schéma zapojenia pri konfigurácii brány MGCP.</i>	65
<i>Obrázok 45 Vloženie brány.</i>	66
<i>Obrázok 46 Detail brány.</i>	66
<i>Obrázok 47 Doplnkové moduly.</i>	66
<i>Obrázok 48 Potvrdenie načítania konfigurácie.</i>	67
<i>Obrázok 49 Schéma zapojenia pri konfigurácii UA SIP.</i>	67

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Pridelené IP adresy. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 2 Vytáčací plán. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 3 Pridelené IP adresy. ....</i>	<i>61</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

Príloha P I:CD s konfiguráciami prevedenými v simulačnom prostredí.

## **PŘÍLOHA P I: CD S KONFIGURÁCIAMI PREVEDENÝMI V SIMULAČNOM PROSTREDÍ.**

Na CD sa nachádzajú súbory z úloh, ktoré boli nakonfigurované v simulačnom prostredí.