

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Principy VoIP a jeho nasazení  
Pavla Melegová

Bakalářská práce

2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavla Melegová**  
Osobní číslo: **I10136**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Problematika VoIP a jeho nasazení**  
Zadávající katedra: **Katedra informačních technologií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Autor práce podrobně představí principy technologií VoIP, podrobně popíše využívané protokoly na jednotlivých vrstvách modelu TCP/IP a představí hardwarové a softwarové technologie pro reálné nasazení VoIP. V implementační části autor provede konfiguraci prvků pro VoIP telefonii a zrealizuje jednoduchou komunikaci využívající VoIP v laboratoři počítačových sítí NET101.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

**\*LANAGAN, William A. VoIP and unified communications: internet telephony and the future voice network. Hoboken, N.J.: Wiley, c2012, xv, 298 p. ISBN 978-111-8019-214.**

**\*KABELOVÁ, Alena a Libor DOSTÁLEK. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008, 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Josef Horálek**

Katedra softwarových technologií

Datum zadání bakalářské práce: **21. prosince 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2013**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



L.S.



Ing. Lukáš Čegan, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. března 2013

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 04. 05. 2013 Pavla Melegová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Mgr. Josefovi Horálkovi za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

## **Anotace**

Tato práce si klade za cíl představit základní principy VoIP komunikace, uvést jednotlivé druhy protokolů používaných technologií VoIP a popsat jejich konkrétní zástupce. Také je v této práci navržen jednoduchý model sítě umožňující VoIP komunikaci, který byl vytvořen v softwarovém i hardwarovém prostředí.

## **Klíčová slova**

VoIP, hlasová komunikace po síti, IP telefonie

## **Title**

VoIP and its deployment

## **Annotation**

This work aims to present the basic principles of VoIP communications, introduce different types of protocols used in VoIP technology and describe their specific representatives. In this paper is also designed a simple model network which enables VoIP communication, which was created in software and hardware environment.

## **Keywords**

VoIP, voice communication over network, IP telephony

# Obsah

Seznam zkratk.....	9
Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	11
Úvod.....	12
1 Rodina protokolů TCP/IP.....	13
1.1 Síťové rozhraní.....	13
1.2 Vrstva Internetu – IP.....	13
1.3 Transportní vrstva – TCP, UDP.....	14
1.4 Aplikační vrstva.....	15
2 Principy protokolu VoIP.....	16
2.1 Základní funkce VoIP.....	16
2.2 Rozšířené funkce VoIP.....	16
2.3 Součásti sítě VoIP.....	17
3 Převod hlasu na digitální data a zpět.....	18
3.1 Vzorkování.....	18
3.2 Nyquistova věta.....	18
3.3 Komprimace hlasu.....	19
3.4 Příklady kodeků.....	19
4 Protokoly VoIP.....	20
4.1 Aplikační vrstva – Komunikační protokoly.....	20
4.1.1 RTP – Real-Time Transfer Protocol.....	20
4.1.2 RTCP – RTP Control Protocol.....	20
4.1.3 CRTP – Compressed RTP.....	20
4.1.4 SRTP – Secure RTP.....	21
4.2 Aplikační vrstva – Signalizační protokoly.....	21
4.2.1 H.323.....	21
4.2.2 MGCP.....	21
4.2.3 SIP.....	22
5 Co je dobré zvážit při implementaci technologie VoIP.....	24
5.1 Problémy při implementaci VoIP a jejich řešení.....	24
5.2 Kvalita služeb.....	24
5.2.1 Mechanismy QoS.....	25
6 Hardwarové prostředky používané v IP telefonii.....	26

6.1	IP telefony .....	26
6.2	Brány.....	26
6.2.1	Směrovače ISR řady Cisco 2800.....	27
6.2.2	Hlasové brány jako samostatná zařízení.....	28
6.3	Servery .....	28
7	Softwarové prostředky používané v IP telefonii .....	29
7.1	Softwarové IP telefony .....	29
7.1.1	Cisco IP Communicator .....	29
7.1.2	Cisco IP SoftPhone.....	29
7.1.3	Linphone.....	29
7.1.4	X-Lite .....	30
7.2	Softwarové aplikace pro řízení hovorů.....	30
7.2.1	Cisco CallManager .....	30
7.2.2	Agent volání .....	31
8	Představení modelové implementace VoIP.....	32
9	Konfigurace prvků využitých pro implementaci VoIP.....	33
9.1	Konfigurace směrovače .....	33
9.2	Konfigurace přepínače .....	34
9.3	Nastavení Cisco IP Communicator.....	38
	Závěr.....	40
	Literatura .....	41
	Příloha A – Konfigurace směrovače.....	42
	Příloha B – Konfigurace přepínače .....	47



## Seznam zkratek

Zkratka	Význam
ADPCM	Adaptivní diferenční pulsně-kódová modulace
AES	Advanced Encryption Standard
CS-ACELP	Code Excited Linear Prediction
CCM	Cisco Call Manager
CME	Call Manager Express
CRTP	Compressed Real-Time Transfer Protocol
CUCM	Cisco Unified Communications Manager
CUCME	Cisco Unified Communications Manager Express
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
IBM	International Business Machines Corporation
ICMP	Internet Message Control Protocol
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol verze 4
IPv6	Internet Protocol verze 6
ITU	Internatiol Telecommunication Union
JTS	Jednotná Telefonní Síť
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
HP	Hewlett-Packard
HW	hardware
LD-CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction
Mac	Macintosh
MAC	Media Access Control Address
MCS	Media Convergence Servers
MCU	Multipoint Control Unit
MGCP	Media Control Gateway Protocol
MMUSIC	Multiparty Multimedia Session Control
NAC	Network Access Control
PCM	Pulsně-kódová modulace
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RTCP	Real-Time Control Protocol
RTP	Real-Time Transfer Protocol
SCCP	Skinny Call Control Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SQL	Structured Query Language
SRTCP	Secure Real-Time Transfer Protocol
SW	software
TCP	Transmission Control Protocol

TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TTL	Time To Live
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
XML	Extensible Markup Language

## Seznam obrázků

Obrázek 1- IP datagram [3] .....	14
Obrázek 3- Kodeky [4] .....	19
Obrázek 4- IP telefon [5] .....	26
Obrázek 5- Využití brány .....	27
Obrázek 6- Směrovač CISCO 2800 [6] .....	28
Obrázek 7- CISCO IP Communicator [7] .....	29
Obrázek 8- Linphone pro Android [8] .....	30
Obrázek 9- Modelová IP síť .....	32
Obrázek 10- Síť IP s připojeným IP telefonem .....	35
Obrázek 11- IP telefon s přiděleným telefonním číslem .....	36
Obrázek 12- Hovor z IP telefonu .....	37
Obrázek 13- Příchozí hovor .....	38
Obrázek 14- Nastavení Cisco IP Communicator .....	39

## Seznam tabulek

Tabulka 1- Vrstvy TCP/IP .....	13
--------------------------------	----

## Úvod

Cílem této práce je představení základních principů VoIP komunikace. VoIP je technologie, která umožňuje přenos hlasové komunikace prostřednictvím IP sítě. Pro umožnění tohoto přenosu jsou specifikovány síťové protokoly, které lze zařadit do několika různých kategorií.

Komunikace prostřednictvím VoIP sítě se běžně používá například v rámci středních a velkých firem a také pro hlasovou komunikaci přes Internet. V závislosti na konkrétním použitém modelu VoIP může být nicméně vyžadováno použití a konfigurace specifických síťových prvků.

Koncová zařízení, tedy telefony, mohou být obecně buď hardwarová zařízení, nebo softwarové aplikace.

# 1 Rodina protokolů TCP/IP

Předmětem této bakalářské práce je popis protokolů používaných technologií VoIP na síťovém modelu TCP/IP. TCP/IP je skupina protokolů, které určují, jak má probíhat komunikace v počítačové síti. Protokol je množina pravidel, která přesně vymezuje syntaxi a význam zpráv při komunikaci. TCP/IP se dělí do čtyř vrstev.

- Aplikační – specifikuje, v jakém formátu mají být data používané aplikacemi.
- Transportní – poskytuje transportní služby spolehlivým protokolem TCP, nebo nespolehlivým protokolem UDP.
- Vrstva Internetu – zajišťuje adresování, směrování a předávání paketů.
- Síťové rozhraní – nejnižší vrstva, s přístupem k přenosovému médiumu.

Následující tabulka popisuje vrstvy TCP/IP modelu a příklady použití jednotlivých vrstev.

Tabulka 1- Vrstvy TCP/IP

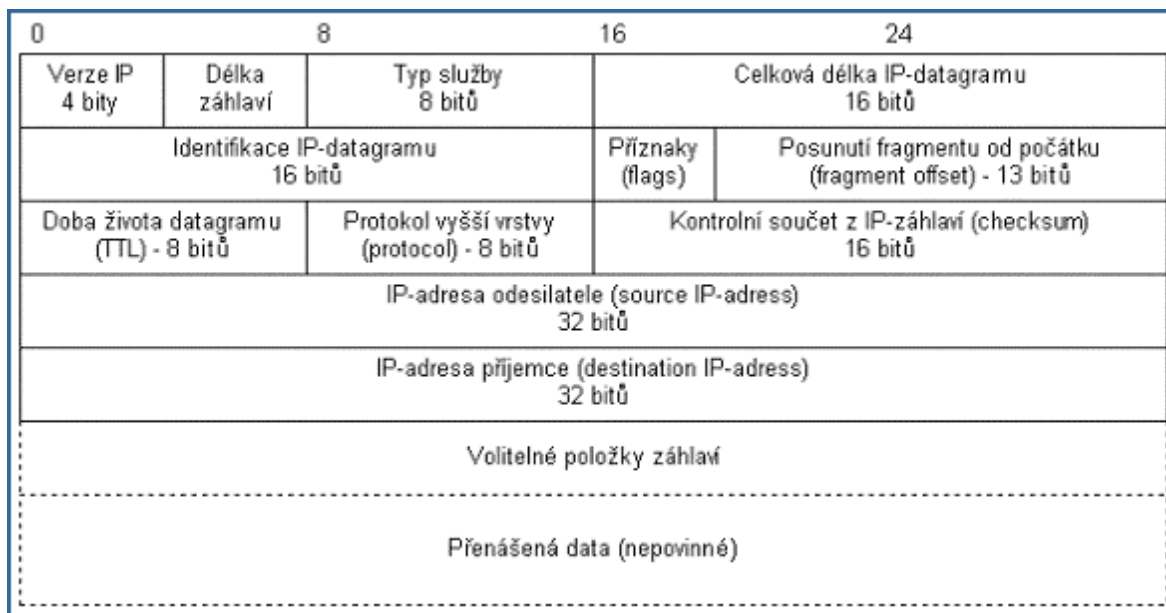
Vrstva	Použití
Aplikační	Email (SMTP), správa sítě (SNMP), WWW (HTTP), přenos souborů (FTP)
Transportní	Integrita zpráv (UDP, TCP)
Internet	Doručování paketů (IP)
Síťové rozhraní	Skoro jakákoliv síťová technologie, například Ethernet, Token Ring, ATM

## 1.1 Síťové rozhraní

Jak již bylo uvedeno, tato vrstva zajišťuje přístup k přenosovému médiumu. Přenáší rámce mezi dvěma přímo propojenými počítači. Počítače se rozlišují na základě MAC adresy. Každé zařízení má jedinečnou MAC adresu. Nezáleží na konkrétní použité technologii, může se používat Ethernet, Token Ring, nebo HDLC a další. Síťový model TCP/IP na této vrstvě nespécifikuje žádné vlastní protokoly.

## 1.2 Vrstva Internetu – IP

IP je zkratka slovního spojení – internetový protokol. Pracuje na vrstvě Internetu modelu TCP/IP. Směruje pakety mezi zdrojovým a cílovým bodem v rámci jedné, nebo více IP sítí. Jednotlivé síťové prvky rozlišuje podle IP adresy. Byl navržen jako protokol s nízkou režii, proto zajišťuje jen nejnútnejší funkce pro přenos dat po síti. Nezajišťuje tedy spolehlivý přenos, to je úkolem vyšší vrstvy – transportní (záleží na konkrétní aplikaci, pokud se používá protokol UDP, není ani na transportní vrstvě zaručen spolehlivý přenos a toto je pak úkolem aplikace). V současnosti se využívají dvě verze IP a to IPv4 a IPv6. Každý prvek sítě je určen svojí IP adresou a podle ní IP přenáší data od zdroje k cíli. V síťové vrstvě se data dělí na tzv. pakety neboli IP datagramy. IP datagram je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 1- IP datagram [3]

Význam vybraných položek hlavičky IP datagramu je následující:

- Verze IP – verze IP protokolu (Ipv4, nebo IPv6).
- Typ služby – Umožňuje specifikovat prioritu paketu, nebo požadavek na směrování s nízkým zpožděním, vysokou propustností, nebo vysokou spolehlivostí.
- Identifikace – jedinečná identifikace datagramu.
- Posunutí fragmentu – využívá se při dělení paketů na části. Udává pozici začátku fragmentu vzhledem k začátku originálního datagramu.
- TTL – doba životnosti IP datagramu. Souží k zamezení nekonečného cestování paketu v síti.
- Protokol vyšší vrstvy – definuje protokol vyšší vrstvy, přes který je IP datagram přenášený. Např. TCP, UDP, ICMP, IGMP.
- Checksum – slouží ke kontrole, zda nedošlo k chybě.
- Source IP address – zdrojová IP adresa.
- Destination IP address – cílová IP adresa.
- Data – přenášená data.

### 1.3 Transportní vrstva – TCP, UDP

Úkolem transportní vrstvy je přenášet data mezi dvěma konkrétními aplikacemi běžícími na počítačích. Aplikace se rozlišují číslem portu. Hlavními protokoly transportní vrstvy jsou TCP a UDP. Data se na této vrstvě rozdělují na segmenty.

TCP je spolehlivý protokol. Před přenosem dochází k navázání spojení (vytvoření virtuálního okruhu). Zároveň umožňuje znovu odeslat již odeslaný segment, pokud neodrazí do cíle, nebo cestou k cíli dojde k jeho poškození. Z tohoto důvodu se segmenty číslovají. Po každém odeslaném segmentu protokol TCP očekává potvrzení, že segment s daným číslem byl doručen. Pokud potvrzení nedostane, neposílá další segmenty.

UDP je protokol nespolehlivý, nezaručuje, že budou segmenty doručeny, ani že budou doručeny ve správném pořadí. Také před přenosem nenavazuje spojení. Výhodou tohoto protokolu je jeho rychlost. V podstatě jedinou funkcí tohoto protokolu je rozlišování příjemců podle čísla portu.

#### **1.4 Aplikační vrstva**

Aplikační vrstva zajišťuje síťovým aplikacím přístup do sítě. Dále specifikuje, v jakém formátu mají být data přenášena mezi síťovými aplikacemi. Protokoly aplikační vrstvy používají protokoly z transportní vrstvy. K rozlišení konkrétní aplikace slouží číslo portu. Příkladem síťové aplikace je elektronická pošta (protokol SMTP), přenos souborů (protokol FTP), nebo vzdálené přihlašování (protokol Telnet).

Konkrétní protokoly používané technologií VoIP na aplikační vrstvě jsou uvedeny v kapitole 4.

## 2 Principy protokolu VoIP

Protokol Voice over IP slouží k přenosu hlasových dat přes síť IP. Někdy se označuje také jako IP telefonie, ale je důležité uvést, že tyto pojmy mají odlišný význam. Odlišnost je v koncových bodech, kde u VoIP jsou koncové analogové, či digitální koncové body připojeny k síti IP prostřednictvím brány, kdežto u IP telefonie koncové body nativně komunikují se sítí IP. Základním principem je, že se hlas nasnímaný mikrofonom převede z analogového na hlas digitální a je pak přenášen přes datovou síť. Protože hlasová data mohou být velká, je důležité je komprimovat. Příjímácí zařízení pak musí data zpětně dekomprimovat. K tomu slouží různé kodeky. [2]

### 2.1 Základní funkce VoIP

Mezi povinné funkce VoIP patří:

- **Signalizace** – umožňuje generovat a vyměňovat informace, potřebné k navázání, monitorování a připojení mezi dvěma koncovými body. Technologie VoIP umožňuje použít dva druhy signalizačních protokolů. První skupina jsou tzv. peer-to-peer protokoly, kde koncová zařízení disponují inteligencí pro inicializaci a ukončování hovoru. Druhou skupinu tvoří protokoly typu klient-server, kde koncová zařízení nedisponují schopností řídit hovor, ale odesílají a přijímají oznámení událostí serveru – agentovi volání.
- **Databázové služby** – VoIP využívá databázi zejména k lokalizování koncových zařízení. Koncová zařízení jsou identifikována IP adresou a číslem portu.
- **Řízení nosných služeb** – kanály nosných služeb slouží k přenosu hlasových dat po síti. K bezproblémové funkčnosti je nutné, aby u všech koncových zařízení fungovala signalizace připojení a odpojení volání. Zprávy o připojení, resp. odpojení jsou přenášeny pomocí signalizačních protokolů.
- **Kodeky** – zajišťují kódování a dekodování hlasu.

### 2.2 Rozšířené funkce VoIP

VoIP disponuje dalšími užitečnými funkcemi:

- **Pokročilé směrování volání** – pokud k cíli existuje více cest, je možné mezi nimi vybrat optimální cestu a to s ohledem na náklady, vzdálenost nebo kvalitu přenosu.
- **Systém jednotného zasílání zpráv** – slouží k vylepšení produktivity. Umožňuje uživateli číst zprávy, faxy, či kontrolovat hlasovou poštu prostřednictvím jednotného uživatelského rozhraní.
- **Eliminace poplatků za meziměstské hovory** – bezpochyby se jedná o významnou výhodu pro firmy, kde se uskutečňuje vysoký počet meziměstských volání. Hovory můžou proudit přes síť IP a v případě, že dojde k zahlcení sítě IP WAN, hovory mohou přetéci do klasické telefonní sítě, což zajistí stále stejnou kvalitu hovorů.
- **Zabezpečení** – komunikaci lze šifrovat a chránit tak citlivé informace.
- **Služby telefonních aplikací** – Cisco IP telefony poskytují například XML služby, které umožňují uživatelům využívat adresář přímých volání a oznámení. Některé IP telefony jsou vybavené také grafickým displejem.



### 2.3 Součásti sítě VoIP

Abychom mohli využívat všechno co nám technologie VoIP poskytuje, potřebujeme určité vybavení. Mimo IP telefony jde především o:

- Správce (gatekeeper) – zajišťuje správu a řízení šířky pásma, překlad adres, běží obvykle na směrovači.
- MCU – jednotka MCU zajišťuje připojení pro účastníky komunikace.
- Agent volání – umožňuje řídit volání, také zajišťuje překlad adres a řídí šířku pásma, ale na rozdíl od brány běží na serverové platformě.
- Aplikační servery – zajišťují služby jako je hlasová pošta, nebo jednotné zasílání zpráv.
- Brány – zajišťují překlad mezi sítěmi s VoIP a bez VoIP, například JTS.

### 3 Převod hlasu na digitální data a zpět

Hlas je ve své přirozené podobě analogový, představuje vlnovou křivku, která se plynule mění v čase. V sítích IP se, ale přenáší v digitální podobě pomocí binárního kódování = série jedniček a nul. Je tedy jasné, že musí docházet k převodu vlnové křivky do binární podoby. A samozřejmě musí existovat i způsob jak jedničky a nuly převést zpátky na analogový hlas.

#### 3.1 Vzorkování

Převod hlasu do binární podoby funguje pomocí vzorkování. Vzorkování je technika, kdy z analogového hlasu odebíráme určitý počet vzorků během jedné sekundy a ty pak převádíme do binární podoby. Problém nastává při určení kolik vzorků za sekundu odebrat. Když jich odebereme málo, posluchač na druhé straně linky uslyší více skreslený zvuk, než pokud by bylo vzorků odebráno více – tento jev se nazývá aliasing. Naopak když budeme odebírat velké množství vzorků, bude se spotřebovávat větší šířka pásma. Šířka pásma udává, jaké množství je možné přenést během určitého časového intervalu. Je zřejmé, že sítě proudí velké množství dat, nejenom náš hlas a proto je nezbytné používat pouze skutečně nutnou šířku pásma.

#### 3.2 Nyquistova věta

Jak tedy určit kolik vzorků odebírat aby zařízení zpětně reprodukovalo dostatečně věrný zvukový signál a nespotebovávala se zbytečně velká šířka pásma? Odpověď poskytl Harry Nyquist, významný informatik a fyzik. Uvedl, že z analogového signálu musejí být vzorky odebírány v pravidelných intervalech a vzorkovací frekvence musí být alespoň na úrovni dvojnásobku nejvyšší frekvence v původním analogovém signálu.

Jako nejvyšší vzorkovací frekvenci pro hlas můžeme použít hodnotu 4 kHz a to z důvodu, že 90% hlasové informace je obsaženo ve frekvenčním rozsahu 0 – 4000 Hz.

Podle Harryho Nyquista tedy musíme odebrat 2 x 4000 vzorků za sekundu. Po odebrání vzorků je třeba vzorky kvantizovat. Pro kvantizaci lze používat lineární nebo logaritmickou stupnici. Nevýhodou lineární stupnice je, že kvantizační chyba způsobuje větší deformaci hlasu. Kvantizace znamená, že jednotlivým vzorkům původního analogového signálu přiřadíme některou z kvantizačních hodnot (např. nejbližší kvantizační hodnotu vzniklou zaokrouhlením). Tímto zaokrouhlováním vzniká kvantizační chyba. Ta je patrnější u nižších amplitud. Zároveň se tyto nižší amplitudy vyskytují častěji než vyšší frekvence. Řešením tohoto problému je odebírat vyšší počet vzorků při nižších frekvencích a nižší počet vzorků při vyšších frekvencích. Toto nám umožňuje logaritmická stupnice.

Odebíráme tedy 8000 vzorků za sekundu a zároveň každý vzorek obsahuje 8 bitů. Jakou tedy potřebujeme šířku pásma?

$8\ 000\ \text{vzorků} * 8\ \text{bitů za 1 sekundu} = 64\ 000\ \text{bitů za sekundu}$ .

Potřebujeme šířku pásma 64 kb/s. Kromě hlasu však musíme přenášet další informace, například zdrojovou a cílovou IP adresu apod. Ve skutečnosti je výsledná potřebná šířka pásma o něco větší.

### 3.3 Komprimace hlasu

Pro ušetření šířky pásma je nutné digitalizovaný hlas komprimovat. K tomu nám slouží tzv. kodeky. Kodek je program, který dokáže kódovat a dekódovat digitální data. Pro kódování se používají tři metody.

- PCM – pulsně-kódová modulace – dochází pouze ke snímání vzorků a následné kvantizaci bez komprese, jak bylo popsáno výše.
- ADPCM – adaptivní diferenční pulsně-kódová modulace – používá diferenční rozdíl. To znamená, že místo kódování celého vzorku, zasílá pouze rozdíly oproti předchozímu vzorku.
- CS-ACELP – na základě vzorků vytváří „knihu kódů“, poté odesílá pouze umístění v knize kódu, pokud vzorek odpovídá záznamu v knize kódů.
- LD-CELP – funguje podobně jako CS-ACELP, pouze používá menší knihu kódů, výhodou je menší zpoždění, které vzniká při vyhledávání v knize kódů, zároveň však vyžaduje větší šířku pásma.

### 3.4 Příklady kodeků

- G.711 – všechny IP telefony firmy Cisco podporují kodek G.711. Kodek G.711 využívá metodu PCM. Nepochází tedy ke komprimaci. Vyžaduje šířku pásma 64 kb/s.
- G.726 – používá metodu ADPCM při přenosové rychlosti 40, 32, 24 a 16 kb/s.
- G.729 – používá metodu CS-ACELP při přenosové rychlosti 8 kb/s. Vyžaduje sice méně výpočtů, ale kvalita hlasu je horší.

Kodek	Datový tok v kbps	Popis
G.711	64	Vysoká kvalita, vyšší náročnost na šířku pásma
G.723.1	6,3 nebo 5,3	Minimální náročnost
G.726	32	Rozumný kompromis mezi náročností a kvalitou
G.729	8	Často používaný, nízká náročnost se zajištěním dobré kvality
GSM	13	Používá se v GSM sítích

Obrázek 2- Kodeky [4]

Obrázek znázorňuje jednotlivé kodeky, jejich přenosové rychlosti a stručně popsané vlastnosti.

## 4 Protokoly VoIP

V předchozí kapitole bylo vysvětleno jak hlas převést do digitální podoby tak aby vyhovoval požadavkům na přenos v síti IP. Přenos dat v síti IP zajišťují protokoly síťového modelu TCP/IP. Protokoly pro síťovou vrstvu, vrstvu Internetu a transportní vrstvu používané VoIP jsou standardně používané protokoly TCP/IP a jsou stručně popsány v kapitole 1. Pro aplikační vrstvu se pro VoIP v modelu TCP/IP používají protokoly popsané v této kapitole.

### 4.1 Aplikační vrstva – Komunikační protokoly

K samotnému přenosu hlasu slouží komunikační protokoly. Jedná se o protokoly RTP, RTCP a jejich varianty. Pracují na aplikační vrstvě TCP/IP.

#### 4.1.1 RTP – Real-Time Transfer Protocol

RTP přenáší data v reálném čase. RTP běží nad transportním protokolem UDP. Jak bylo uvedeno v 1. kapitole, UDP je protokol transportní vrstvy. Je to nezabezpečený a nespolehlivý protokol. Nezaručuje, že paket bude doručen, nezaručuje ani to, že pakety budou doručeny ve správném pořadí.

Protokol RTP zajišťuje všechny funkce potřebné pro přenos dat po síti IP s požadavky na přenos dat v reálném čase. Mezi tyto funkce patří:

- Identifikace typu datové části paketů,
- číslování podle číselné řady,
- označení časovým razítkem,
- a monitorování doručení. [2]

Číslování a časové razítko, umožňuje přijímacímu zařízení reprodukovat příchozí pakety ve správném pořadí.

RTP lze použít pro přenos libovolných dat s požadavkem přenosu v reálném čase.

#### 4.1.2 RTCP – RTP Control Protocol

RTCP spolupracuje s protokolem RTP na doručování dat, ale sám data nepřenáší. Primární funkcí je zajišťovat zpětnou vazbu ke kvalitě služeb zajišťovaných protokolem RTP. Shromažďuje informace o odeslaných paketech, ztracených paketech atd. Tyto informace jsou využívány ke zvýšení kvality služeb, například změnou kodeku.

#### 4.1.3 CRTP – Compressed RTP

RTP se skládá z hlavičky a dat. Hlavička obsahuje segment IP, segment UDP a segment RTP. Hlavička tedy může být větší než samotná přenášená data a proto je vhodné ji komprimovat. Kompresi hlavičky zajišťuje CRTP.

Hlavička RTP má 40 bytů, pomocí komprese ji lze zmenšit na 2 – 4 byty. Komprese využívá fakt, že většina informací hlavičky v datovém paketu je redundantní.

Kompresi hlaviček RTP je vhodné použít zejména ve všech rozhraních WAN, kde je potřeba efektivně využívat šířku pásma. [1]

#### 4.1.4 SRTP – Secure RTP

SRTP byl navržen za účelem zajistit šifrování, pro data přenášená protokolem RTP.

SRTP standardizuje používání pouze jediné šifry a to AES. Protokol dále zajišťuje ověřování a integritu zpráv a také funkci ochrany proti vícenásobnému přehrání.

Aby bylo možné zabránit vícenásobnému přehrání, musí příjemce uchovávat index dříve přijatých zpráv, ty pak porovnává s nově přichozími zprávami a povoluje přehrání zprávy pouze v případě, že ještě nebyla přehrána.

## 4.2 Aplikační vrstva – Signalizační protokoly

Úkolem signalizačních protokolů je poskytovat informace o připojení, odpojení volání koncovým zařízením. Správná signalizace zajišťuje, aby vyhrazený kanál byl po ukončení hovoru zase uvolněn. Pracují na aplikační vrstvě TCP/IP.

### 4.2.1 H.323

H.323 je sada protokolů definována organizací ITU (International Telecommunication Union). Specifikuje protokoly a postupy pro přenos zvuku, videa a dat v reálném čase prostřednictvím sítí IP. V dnešní době je to nejrozšířenější signalizační protokol pro přenos hlasu pro sítě používající pro přenos dat techniku přepínání paketů.

H.323 specifikuje několik protokolů:

- H.225 - používá se k navázání připojení mezi dvěma koncovými body H.323.
- H.245 - používá se pro výměnu řídicích zpráv v obou směrech komunikace. Jedná se například o informace týkající se podporovaných kodeků mezi koncovými systémy.

Dále H.323 definuje hardwarové komponenty:

- Terminály – terminál tvoří koncový bod konverzace a komunikuje s jiným terminálem.
- Hlasové brány – převádí zvuk mezi různými formáty.
- Gatekeepers (řadiče spojení) – Sleduje dostupnou šířku pásma a povoluje hovory, pokud je dostupná dostatečná šířka pásma. Řadiče spojení tak poskytují ochranu před zahlcením sítě.
- Jednotka MCU – používá se pro konferenční hovory. Přidává nebo odebírá účastníky hovoru. Zároveň provádí míchání audio a video proudů.

### 4.2.2 MGCP

MGCP je zkratka z Media Control Gateway Protocol. I když se jedná o protokol firmy Cisco, v dnešní době je standardem. Je to protokol typu klient-server. Na rozdíl od protokolu H.323 postrádá MGCP inteligenci směrování. Ta je nahrazena zprostředkovatelem volání tzv. call agent. Protokol MGCP pouze přeposílá vytáčené čísla zprostředkovateli volání a ten rozhoduje o jejich směrování.

Zprostředkovatel volání tedy sestaví pravidla pro komunikaci mezi dvěma koncovými body a dále se komunikace neúčastní.

MGCP specifikuje komponenty – fyzické součásti a koncepty – logické součásti pro komunikaci.

Mezi komponenty specifikovaná MGCP patří:

- Koncové body.
- Hlasové brány – mají stejnou funkci jako hlasové brány protokolu H.323, tedy převádějí zvuk mezi různými formáty.
- Zprostředkovatele volání – jedná se o „inteligenci“ sítě MGCP. Hlasová brána předává zprostředkovateli volání události, na které zprostředkovatel volání reaguje. Například jaký typ signálu má být zaslán telefonu apod. Zprostředkovatel volání je například server CCM firmy Cisco.

Koncepty sítě MGCP:

- Hovor – propojení dvou, nebo více koncových bodů.
- Událost – koncový bod může sledovat události, např. vyvěšení sluchátka telefonu.
- Signál – zprostředkovatel volání instruuje koncový bod, aby vyslal specifický signál pro každý typ události. Například po vyvěšení tlačítka dojde k zaslání signálu oznamovacího tónu.

#### 4.2.3 SIP

Protokol SIP vyvinula skupina MMUSIC jako alternativu k protokolu H.323. SIP je snadno implementovatelný a to je důvod proč jej nasazuje na proxy servery a brány mnoho poskytovatelů služeb VoIP. Není vázaný na konkrétní transportní protokol, může využívat TCP i UDP.

SIP byl navržen jako textový protokol, který převzal mnohé vlastnosti od protokolu HTTP.

Využívá dva typy zpráv:

- Požadavek – zpráva od klienta pro server.
- Odpověď – zpráva od serveru pro klienta.

Požadavek může být typu:

- INVITE – žádost o navázání spojení, nebo o změnu parametrů existujícího spojení.
- BYE – žádost o ukončení probíhajícího hovoru.
- ACK – potvrzení sestavení spojení. Následuje po kladné odpovědi na INVITE.
- CANCEL – žádost o zrušení sestavení spojení. Po záporné odpovědi na INVITE.
- REGISTER – žádost o registraci klienta na registračním serveru.
- OPTIONS – žádost o zaslání informace o podporovaných funkcích serveru.
- INFO – přenos informací během hovoru.
- Dále UPDATE, PRACK, SUBSCRIBE, NOTIFY a MESSAGE.

Odpovědí je kód tvořený trojmístným číslem:

- 1xx – informace, například žádost se zpracovává.
- 2xx – OK.
- 3xx – přesměrování.
- 4xx – chyba na straně klienta.
- 5xx – chyba na straně serveru.
- 6xx – obecná chyba. Například nedostupnost klienta.

SIP také specifikuje komponenty UA (User Agent). Jsou to koncové body a dělí se na:

- UAC – User Agent Clients. Jsou to klienti, kteří iniciují spojení pomocí zprávy INVITE.
- UAS – User Agent Servers. Jsou to servery, které odpovídají na zprávy INVITE.

Servery sítě SIP:

- Server registrar – registruje umístění současných klientů.
- Server redirect – uplatňuje se v případě, že klient nezná IP adresu serveru, u kterého se nachází volaný uživatel. Prostřednictvím lokalizační služby zjistí požadovanou adresu a odešle ji zpátky klientovi.
- Server proxy – chová se podobně jako server redirect, ale po zjištění adresy sám naváže spojení se serverem volaného uživatele.
- Server location – překládá adresy pro servery proxy a servery redirect.

## 5 Co je dobré zvážit při implementaci technologie VoIP

Ve standardních telefonních sítích je pro každé volání vyhrazena šířka pásma. Uvádí se, že dostupnost JTS je 99,999%. Abychom zajistili stejnou dostupnost také v datové síti, je nutné použít mechanismy redundance, správně nakonfigurovat QoS, dále také zajistit bezpečnost datového proudu hlasové komunikace.

### 5.1 Problémy při implementaci VoIP a jejich řešení

- Latence (zpoždění)

Latence představuje čas, které uběhne mezi odesláním a přijetím paketu. Latenci je možné řešit zvýšením šířky pásma, změnou kodeku, nebo nastavením priority hlasových paketů.

- Proměnlivé zpoždění

Proměnlivé zpoždění, neboli jitter nabírají pakety při zpracování, při přetížení sítě, případně z důvodu změny směrování. Pro minimalizaci proměnlivého zpoždění stačí správně nakonfigurovat kvalitu služeb, nebo použít vyrovnávací paměť.

- Šířka pásma

Důležité je správně určit potřebnou šířku pásma v závislosti na použitém kodeku.

- Ztráta paketů

Tento problém řeší návrh sítě tak, aby bylo minimalizováno zahlcení sítě a také nastavení priority hlasových paketů.

- Spolehlivost

Problémy se spolehlivostí odstraní zajištěním redundance použitých hardwarových prostředků, připojení a napájení. Důležitá je také kvalitní správa sítě.

- Zabezpečení

Abychom vyloučili možné problémy se zabezpečením, je dobré zabezpečit:

- Sítíovou infrastrukturu,
- systémy zpracování volání,
- koncové body,
- aplikace. [2]

### 5.2 Kvalita služeb

Přenos hlasu probíhá v reálném čase, a proto je nutné zajistit co nejmenší zpoždění při přenosu hlasu po síti. Kvalitu přenosu snižuje například proměnlivé zpoždění a ztráta paketů a proto musíme tyto faktory minimalizovat. Efektivní přenos hlasových dat nám umožňuje QoS. Jedná se o skupinu mechanismů zajišťujících spolehlivé doručování hlasových paketů.



QoS je definována následujícími parametry:

- Podpora zaručené šířky pásma,
- zlepšení charakteristiky ztrát,
- zabránění a zpráva zahlcení sítě,
- tvarování síťového provozu,
- nastavení priorit přenosu v rámci sítě.

Základní konfigurace QoS se provádí ve dvou krocích:

- Stanovení požadavků na výkonnost sítě pro různé typy provozu (data, hlas, video). Například pro hlasový provoz požaduje maximální zpoždění 120 ms, ztrátovost paketů maximálně 1%.
- Roztřídění provozu do specifických kategorií. Podle doporučení firmy Cisco by se nemělo vytvářet více než 10 kategorií. Příklad kategorií – „Nízká priorita“, „Malé zpoždění“ atd.

### 5.2.1 Mechanismy QoS

Mezi mechanismy QoS patří:

- Klasifikace – provoz na síti se umístí do jednotlivých kategorií.
- Značkování – při značkování se manipuluje s bity uvnitř rámce, nebo paketů a tím je síť informována o tom, jak s rámcem, nebo paketem zacházet.
- Řízení zahlcení – určuje v jakém pořadí a v jakém množství pakety výstupnou frontu opouští.
- Předcházení zahlcení – při zahlcení výstupné fronty jsou nově příchozí pakety zahazeny bez ohledu na jejich priority. Abychom tento jev minimalizovali, používá se technika WRED (Weighted Random Early Detection). Při dosažení určité hloubky fronty pro některou prioritu WRED začne zahazovat pakety dané priority s určitou pravděpodobností. Při dosažení maximální hloubky fronty pro danou prioritu je pravděpodobnost zahazování paketů z této fronty 100%.
- Omezení rychlosti – používají se dva mechanismy – policing a shaping.

Policing je metoda, kdy se zahazují pakety, které by překročili šířku pásma.

Naopak shaping funguje tak, že pakety, které by šířku pásma překročili, řadí do fronty. Využívá faktu, že pakety neproudí pravidelně, ale nárazově. Tok paketů tedy rozkládá do delšího časového úseku. Samozřejmě fronta nemá nekonečnou velikost a při zaplnění se pakety zahazují i u této metody.

## 6 Hardwarové prostředky používané v IP telefonii

Mezi hlavní prostředky pro přenos hlasu sítí IP patří koncové body v podobě IP telefonů, bran a serverů.

### 6.1 IP telefony

Existují drátové, bezdrátové a softwarové IP telefony.

IP telefon má vzhled klasického telefonu a umožňuje přenášet hlas přes síť pomocí IP protokolu. Jedná se o počítač s vlastní IP adresou. Tato adresa může být statická (administrátorem přidělena ručně), nebo dynamická (IP telefon ji získá ze serveru DHCP automaticky). Pro připojení do sítě slouží RJ45 konektor.

Každý IP telefon obsahuje numerickou klávesnici, pomocná tlačítka, sluchátko a často také display.

Na obrázku je IP telefon firmy Cisco.



Obrázek 3- IP telefon [5]

### 6.2 Brány

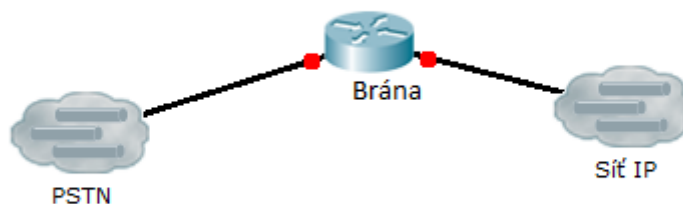
Hlasová brána slouží jako překladač mezi různými typy sítí, využívajícími různé typy protokolů. Umožňuje například překládat hlasová data z klasické telefonní sítě do IP sítě.

Existují analogové a digitální hlasové brány.

Mezi jejich hlavní funkce patří:

- Komprese/dekomprese hlasu,
- směrování hovorů,
- kontrola signálů.

Dále může hlasová brána provádět administraci hovorů, nebo účtování. Pomocí účtování lze sledovat využití šířky pásma. Tyto informace mohou sloužit například pro fakturaci.



Obrázek 4- Využití brány

Obrázek 5 znázorňuje využití brány pro překlad signálů mezi klasickou telefonní sítí a sítí IP.

Mezi rozšířené funkce brány patří schopnost nepřerušného hovoru, podpora faxu a modemu, nebo práce s redundantními prvky VoIP, pokud dojde k selhání primárních prvků.

Hlasové brány mohou být samostatná zařízení, nebo mohou být součástí směrovačů.

### 6.2.1 Směrovače ISR řady Cisco 2800

Směrovače řady 2800 existují ve čtyřech modelech: Cisco 2801, Cisco 2811, Cisco 2821 a Cisco 2851.

Směrovače této řady nabízejí funkce brány firewall, volitelné integrované zpracování volání, šifrování, antivirovou ochranu zajištěnou nástrojem NAC.

Jsou vhodné pro malé až střední firmy.

Pro potřeby VoIP nabízí:

- Podporu pro analogové i digitální volání,
- podporu hlasové pošty,
- podporu CME až pro 36 telefonů,
- podporují protokoly H.323, MGCP, SIP a SCCP.



Obrázek 5- Směrovač CISCO 2800 [6]

### 6.2.2 Hlasové brány jako samostatná zařízení

Pro specifické účely existují hlasové brány i jako samostatná zařízení. Každá z hlasových bran může plnit jiný účel, například umožnit vyšší výkon, podnikové funkce, integrace analogových zařízení.

- Analogové brány Cisco VG224 a VG248 nabízejí podporu pro tradiční analogová zařízení. Umožňuje připojit 24, resp. 48 analogových zařízení.
- Univerzální brány Cisco řady AS5300 umožňují výrazně zvýšit výkon. Podporuje pouze H.323 protokol.
- Univerzální brána Cisco AS5850 je brána s vysokou dostupností, spolehlivostí a kapacitou. Podporuje pouze H.323 protokol. [2]

### 6.3 Servery

Na serverech běží aplikace potřebné pro inicializaci, směrování, spojování, ukončování, účtování hovorů.

Servery podporované firmou Cisco se označují zkratkou MCS (Media Convergence Servers). Většina těchto serverů se prodává pod značkou Cisco.

Tyto servery obsahují operační systém Microsoft Windows 2000 a vyšší a databázi Microsoft SQL 2000 a vyšší. Hardware většinou dodávají firmy IBM a HP.

Pro potřeby velkých organizací je možné servery seskupovat do clusterů. [2]

## 7 Softwarové prostředky používané v IP telefonii

Mezi hlavní softwarové nástroje patří softwarové IP telefony a také aplikace pro řízení hovorů.

### 7.1 Softwarové IP telefony

V současnosti existuje několik různých softwarových telefonů. Jeden z nejznámějších je jistě Skype.

#### 7.1.1 Cisco IP Communicator

Cisco IP Communicator je aplikace určená pro operační systém Windows, umožňující využívat všechny výhody IP telefonu na osobním počítači. Tato aplikace odráží vzhled i chování hardwarového IP telefonu Cisco 7970G. Podporuje kodeky G.711 a G.729. Má pět multifunkčních tlačítek.



Obrázek 6- CISCO IP Communicator [7]

#### 7.1.2 Cisco IP SoftPhone

Mezi další produkty firmy Cisco patří Cisco IP SoftPhone. Podporuje kodeky G.711, G.729. Vyžaduje založení uživatelského účtu a nepodporuje multifunkční tlačítka.

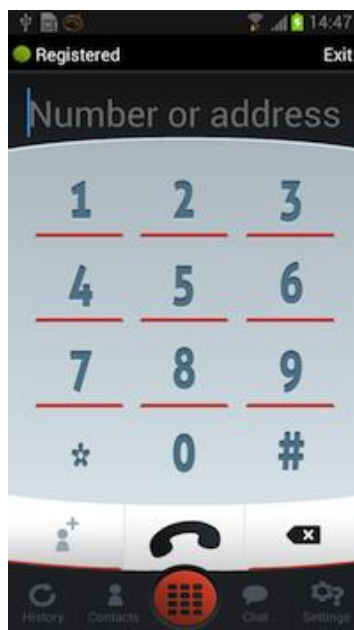
#### 7.1.3 Linphone

Jedná se o open-source IP telefon. Je dostupný pro Windows, Linux, Mac a také pro Android, iPhone a Blackberry. Je součástí distribucí založených na Debianu a Ubuntu, kde je možné jej jednoduše nainstalovat příkazem `sudo apt-get install linphone`.

Pro Windows a další OS, je ke stažení na webových stránkách <http://www.linphone.org/>.

Podporuje videohovory a posílání zpráv. Podporuje protokol SIP.

Na obrázku je Linphone pro Android.



Obrázek 7- Linphone pro Android [8]

#### 7.1.4 X-Lite

X-Lite je IP telefon vyvíjený firmou CounterPath Corporation. Je dostupný pro Windows, Linux i Mac. Ke stažení je na webových stránkách <http://www.counterpath.com>. Používá protokol SIP.

Umožňuje:

- Klasické volání i videohovory,
- posílání zpráv,
- seznam kontaktů a historii volání.

## 7.2 Softwarové aplikace pro řízení hovorů

Softwarové aplikace pro řízení hovorů běží na serverových platformách, kde zajišťují řízení komunikace mezi koncovými body.

### 7.2.1 Cisco CallManager

CCM je aplikace, která běží na serverech, které schválila firma Cisco. Hlavní funkcí CCM je řídit komunikaci mezi koncovými body. Dále podporuje volitelné funkce, například konferenční hovory.

Konfigurace se provádí pomocí webového rozhraní. Od verze CCM 4.1 je využíván protokol HTTPS pro větší bezpečnost.

CCM je vhodná pro velké organizace, ale vzhledem k ceně není vhodná pro menší firmy a domácnosti. Pro ně existuje varianta Cisco Call Manager Express, který je součástí operačního systému IOS, který běží na směrovači.

Směrovač tak nahrazuje server Cisco, navíc může sloužit také jako DHCP a TFTP server, čímž se značně snižují náklady na pořízení potřebného vybavení pro VoIP. Konfigurace je možná z příkazového řádku, nebo pomocí webového rozhraní.

### **7.2.2 Agent volání**

Agent volání je aplikace zajišťující řízení volání pro telefony, řízení šířky pásma, překlad adres.

CUCM je zkratka z Cisco Unified Communications Manager a je to agent volání firmy Cisco.

Konfigurace je možná z webového rozhraní. Podobně jako u CCM existuje i pro CUCM varianta pro menší podniky a to Cisco Unified Communications Manager Express.

## 8 Představení modelové implementace VoIP

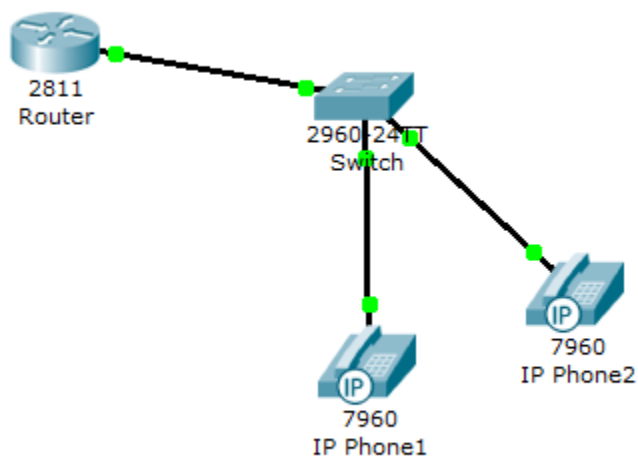
Za účelem zdokumentování implementace, byla popsána síť realizována nejen v laboratoři NET 101, ale také v síťovém simulátoru PacketTracer verze 5.3 firmy Cisco. Obrázky uvedené v této a následující kapitole zachycují realizaci sítě v PacketTraceru. Konfigurace všech prvků v PacketTraceru i v laboratoři NET 101 byla identická. Jediný rozdíl je ve využití IP telefonů, kde v PacketTraceru byly použity telefony hardwarové a v laboratoři softwarové.

Konfigurační soubory směrovače, přepínače a model v PacketTraceru jsou součástí příloh.

Síť v PacketTraceru i kompletní konfigurace použitých prvků je součástí příloh.

Pro simulaci reálné komunikace využívající VoIP byl použit směrovač firmy Cisco, konkrétně model 2811 a přepínač firmy Cisco, model 2960. Dále softwarové IP telefony firmy Cisco, jednalo se o produkt Cisco IP Communicator verze 8.6.

Na směrovači běží operační systém IOS verze 12.4(22)T, obsahující CME. Na přepínači běží operační systém IOS verze 12.2(53)SE1.



Obrázek 8- Modelová IP síť

Směrovač byl propojen s přepínačem pomocí ethernetového rozhraní. Také přepínač a notebook s nainstalovaným IP telefonem byl propojen ethernetovým kabelem. Tím vznikla síť uvedená na obrázku 9.



## 9 Konfigurace prvků využitých pro implementaci VoIP

Za účelem konfigurace směrovače a přepínače, bylo nutné tyto prvky propojit ethernetovým kabelem. Konfigurace byla provedena po připojení počítače ethernetovým kabelem. Pro konfiguraci byla použita aplikace Hyperterminal, která byla nainstalována na operačním systému Windows XP.

### 9.1 Konfigurace směrovače

Směrovač se může nacházet v několika konfiguračních režimech.

Po spuštění Hyperterminalu je směrovač v neprivilegovaném režimu. V tomto režimu není možné provádět konfiguraci. Pro přepnutí do vyššího režimu slouží příkaz `enable`.

Tím jsme se dostali do privilegovaného režimu, kde sice můžeme zjistit nastavení různých součástí IOS, ale ještě nemůžeme provádět konfiguraci.

Konfigurace je možná v globálním konfiguračním režimu, kam se přepneme po zadání příkazu `configure terminal`.

Ethernetovému rozhraní, do kterého jsme připojili přepínač, nastavíme IP adresu 192.168.0.1 s maskou 255.255.255.240. Všechna rozhraní jsou ve výchozím stavu deaktivována, povolíme je příkazem `no shutdown`.

```
enable
configure terminal
interface fastEthernet 0/0
ip address 192.168.0.1 255.255.255.240
no shutdown
exit
```

Dále nastavíme na směrovači server DHCP tak, aby všem připojeným telefonům přiřadil IP adresu automaticky a nemuseli jsme ji nastavovat ručně.

```
ip dhcp pool voice
network 192.168.0.0 255.255.255.240
default-router 192.168.0.1
option 150 ip 192.168.1.1
```

Následuje konfigurace telefonních služeb. Nastavíme maximální počet telefonů, které chceme připojit, zdrojovou adresu a automaticky přidělíme tlačítkům čísla.

```
telephony-service
```

```
max-dn 5
max-ephones 5
ip source-address 192.168.10.1 port 2000
auto assign 4 to 6
auto assign 1 to 5
```

Prvnímu připojenému telefonu nastavíme telefonní číslo 54001.

```
ephone-dn 1
number 54001
```

Dále by bylo možné nastavit jméno, popis, nebo uživatelské jméno pro přístup z webového rozhraní.

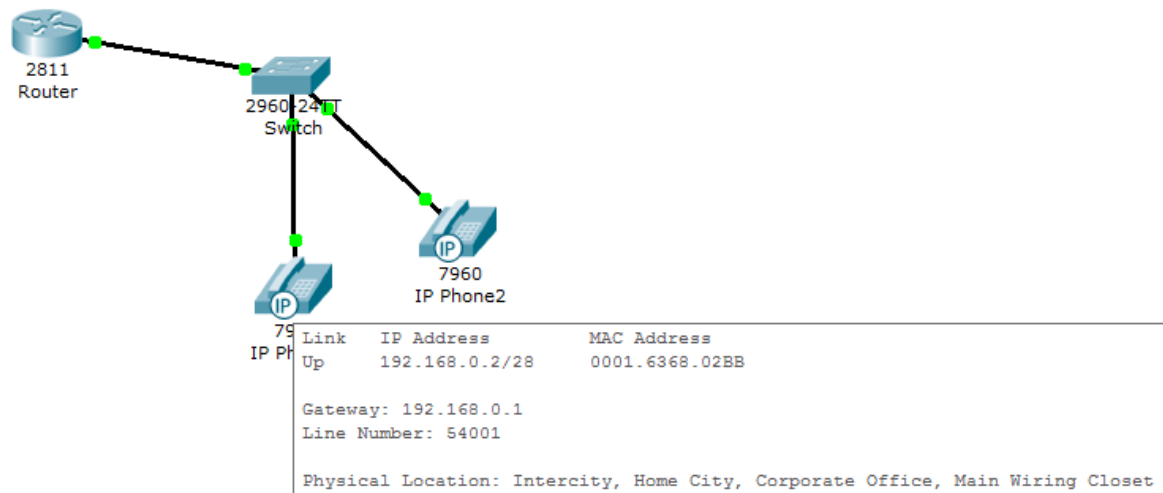
## 9.2 Konfigurace přepínače

Na přepínači nastavíme vlan pro hlasový provoz abychom oddělili hlasový a datový provoz.

```
interface range fa0/1 - 5
switchport mode access
switchport voice vlan 1
```

Po připojení IP telefonu do některého z prvních pěti portů přepínače telefon automaticky získá od DHCP serveru IP adresu z rozsahu 192.168.0.2 – 19.168.0.14. CME běžící na směrovači telefonu přidělí telefonní číslo 54001.

Obrázek znázorňuje síť po konfiguraci, s připojeným telefonem a ukazuje nastavení IP telefonu.



Obrázek 9 - Síť IP s připojeným IP telefonem

Nastavení pro každý další IP telefon probíhá na směrovači a je stejné jako u prvního telefonu.

Po zaregistrování telefonu se jeho telefonní číslo zobrazí v horním pravém rohu, jak znázorňuje následující obrázek.



Obrázek 10- IP telefon s přiděleným telefonním číslem

Na dalším obrázku se z telefonu volá na telefonní číslo 54001.



Obrázek 11- Hovor z IP telefonu

Další obrázek znázorňuje příchozí hovor z telefonního čísla 54002.

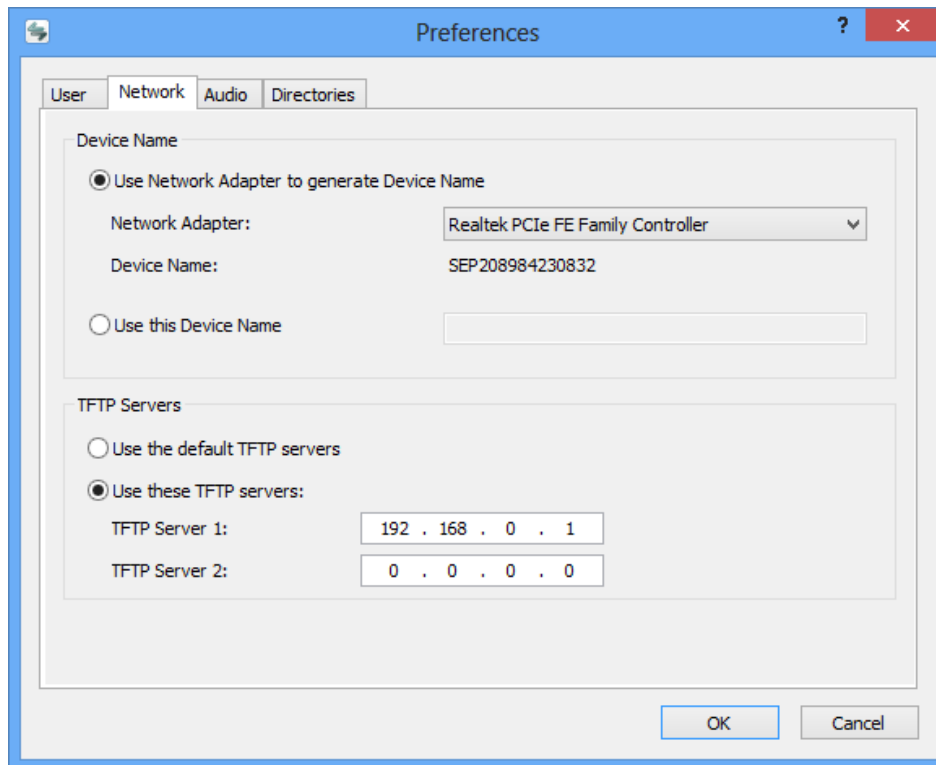


Obrázek 12- Příchozí hovor

### 9.3 Nastavení Cisco IP Communicator

Nastavení Cisco IP Communicator je jednoduché. V menu vybereme položku „Preferences“, přejdeme na záložku „Network“ a vybereme, kterým síťovým adaptérem se chceme připojit do sítě. Dále nastavíme IP adresu TFTP serveru, který běží na směrovači, takže stačí nastavit adresu směrovače. Vybrané nastavení potvrdíme tlačítkem OK.

Nastavení ukazuje obrázek 14.



Obrázek 13- Nastavení Cisco IP Communicator

Hardwarové Cisco IP telefony nevyžadují další konfiguraci, stačí je propojit s přepínačem ethernetovým kabelem a telefon se sám zaregistruje do CME, získá IP adresu, telefonní číslo a je připraven pro použití.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo představit základní principy technologie VoIP.

Za tímto účelem byl uveden popis technologie VoIP, způsob transformace analogového signálu na digitální signál, dále byly uvedeny jednotlivé kategorie používaných protokolů a pro každou z těchto kategorií bylo popsáno několik konkrétních zástupců.

V jednotlivých kapitolách byly dále popsány některé běžně používané síťové prvky a softwarové produkty pro VoIP a to primárně od firmy Cisco.

Dalším cílem bakalářské práce bylo vytvořit jednoduchý model včetně konfigurace jednotlivých síťových prvků. Tento model byl vytvořen v softwarovém simulačním nástroji PacketTracer a také byla podle tohoto modelu vytvořena počítačová síť z hardwarových síťových prvků firmy Cisco.



## Literatura

1. **Wallace, Kevin.** *VoIP bez předchozích znalostí.* [překl.] Jan Gregor. Brno : Computer Press, a.s., 2007. str. 231. ISBN: 978-80-251-1458-2.
2. **Wallace, Kevin.** *Cisco VoIP Autorizovaný výukový průvodce.* [překl.] Jakub Voráček, Karel Hegenbart. Brno : Computer Press, a.s., 2009. str. 527. ISBN: 978-80-251-2228-0.
3. **IP datagram - Jak vytvořit wifi. *Jak vytvořit wifi.*** [Online] [Citace: 04. 05. 2013] <http://jakvytvoritwifi.cz/ip-datagram.html>.
4. **Plexo.** *Nová dimenze VoIP - Volejte skoro zadarmo. *pctuning.** [Online] 15. 09. 2008 [Citace: 04. 05. 2013] <http://pctuning.tyden.cz/software/jak-zkrotit-internet/11564-nova-dimenze-voip-volejte-skoro-zadarmo?start=1>.
5. **Cisco Unified IP Phone 7970G - Cisco Systems.** *Cisco Systems, Inc.* [Online] [Citace: 04. 05. 2013] <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/phones/ps379/ps5440/index.html>.
6. **CISCO2801, CISCO2821, CISCO 2800 ROUTER, 2801, 2821, WIC-1DSU-T1-V2 | Townsend Networks.** *Townsend Networks.* [Online] [Citace: 04. 05. 2013] <http://www.townsendassets.com/2800-series-routers-cisco-2801-2821-freshly-landed/>.
7. **Install and Configure IP Communicator with CallManager.** *Cisco Systems, Inc.* [Online] [Citace: 04. 05. 2013] [http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps5475/products\\_tech\\_note09186a008026d36f.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps5475/products_tech_note09186a008026d36f.shtml).
8. **Android Screenshots | Linphone, an open-source video sip phone.** *Linphone, an open-source video sip phone.* [Online] [Citace: 04. 05. 2013] <http://www.linphone.org/eng/screenshots/android.html>.
9. **Cisco Unified Communications Manager - Wikipedia, the free encyclopedia.** *Wikipedia, the free encyclopedia.* [Online] 03. 05. 2013 [Citace: 04. 05. 2013] [http://en.wikipedia.org/wiki/Cisco\\_Unified\\_Communications\\_Manager](http://en.wikipedia.org/wiki/Cisco_Unified_Communications_Manager).
10. **Alena Kabelová, Libor Dostálek.** *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS.* Brno : Computer Press, a.s., 2008. str. 488. ISBN 978-80-251-2236-5.

## Příloha A – Konfigurace směrovače

```
Current configuration : 1948 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname Router
!
boot-start-marker
boot-end-marker
!
logging message-counter syslog
!
no aaa new-model
!
dot11 syslog
ip source-route
!
ip cef
!
ip dhcp pool VOICE
network 192.168.0.0 255.255.255.240
default-router 192.168.0.1
    option 150 ip 192.168.0.1
!
```

```
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
voice service voip
  redirect ip2ip
  sip
  call service stop
!
voice-card 0
!
archive
  log config
  hidekeys
!
interface FastEthernet0/0
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
!
interface FastEthernet0/1
  ip address 192.168.0.1 255.255.255.240
  duplex auto
  speed auto
!
interface Serial0/0/0
```

```
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
!
interface Serial0/0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface Serial0/2/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface Serial0/2/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface Integrated-Service-Engine1/0
no ip address
shutdown
no keepalive
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
control-plane
ccm-manager fax protocol cisco
mgcp fax t38 ecm
sip-ua
```

```
retry register 10
telephony-service
max-ephones 5
max-dn 5
ip source-address 192.168.0.1 port 2000
auto assign 4 to 6
auto assign 1 to 5
max-conferences 8 gain -6
transfer-system full-consult
create cnf-files version-stamp Jan 01 2002 00:00:00
ephone-dn 1
number 54001
ephone 1
device-security-mode none
mac-address 2089.8423.0832
type CIPC
button 1:1
line con 0
line aux 0
line 66
no activation-character
no exec
transport preferred none
transport input all
transport output lat pad telnet rlogin lapb-ta mop udptn v120
ssh
line vty 0 4
login
```

```
scheduler allocate 20000 1000  
end
```

## Příloha B – Konfigurace přepínače

Current configuration : 1808 bytes

!

version 12.2

no service pad

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

!

hostname Switch

!

boot-start-marker

boot-end-marker

!

no aaa new-model

system mtu routing 1500

vtp domain CCNA\_Troubleshooting

vtp mode transparent

authentication mac-move permit

ip subnet-zero

!

spanning-tree mode pvst

spanning-tree etherchannel guard misconfig

spanning-tree extend system-id

!

vlan internal allocation policy ascending

!

```
vlan 10
!
interface FastEthernet0/1
  switchport mode access
  switchport voice vlan 1
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/2
  switchport voice vlan 1
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/3
  switchport mode access
  switchport voice vlan 1
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
  switchport mode access
  switchport voice vlan 1
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/5
  switchport mode access
  switchport voice vlan 1
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/6
```



```
!  
interface FastEthernet0/7  
!  
interface FastEthernet0/8  
!  
interface FastEthernet0/9  
!  
interface FastEthernet0/10  
!  
interface FastEthernet0/11  
!  
interface FastEthernet0/12  
!  
interface FastEthernet0/13  
!  
interface FastEthernet0/14  
!  
interface FastEthernet0/15  
!  
interface FastEthernet0/16  
!  
interface FastEthernet0/17  
!  
interface FastEthernet0/18  
!  
interface FastEthernet0/19  
!
```

```
interface FastEthernet0/20
!
interface FastEthernet0/21
!
interface FastEthernet0/22
!
interface FastEthernet0/23
!
interface FastEthernet0/24
!
interface GigabitEthernet0/1
!
interface GigabitEthernet0/2
!
interface Vlan1
  no ip address
  no ip route-cache
!
ip http server
ip http secure-server
ip sla enable reaction-alerts
!
line con 0
line vty 0 4
  login
line vty 5 15
  login
```

!

end