

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Domáca práca

**Voice over Internet Protocol (VoIP)**

*Juraj Koutný*

Studijní program: Elektrotechnika a informatika strukturovaný magisterský

Obor: Informatika a výpočetní technika

november 2007

# Obsah

<b>Zoznam obrázkov</b>	<b>iii</b>
<b>Zoznam tabuliek</b>	<b>iii</b>
<b>1 VoiP</b>	<b>1</b>
1.1 Čo to je . . . . .	1
1.1.1 Výhody . . . . .	1
1.1.2 Nevýhody . . . . .	1
1.2 VoIP ako náhrada pevnej linky . . . . .	1
1.2.1 Zostava . . . . .	1
1.2.2 Riadiace a sprostredkujúce zariadenia . . . . .	2
1.2.3 Koncové zariadenia . . . . .	2
1.2.4 Schéma . . . . .	3
<b>2 Prenos hlasu</b>	<b>4</b>
2.1 Spracovanie hlasu . . . . .	4
<b>3 Kodeky</b>	<b>5</b>
3.1 Mean Opinion Score . . . . .	5
<b>4 Protokoly</b>	<b>6</b>
4.1 Otvorené protokoly . . . . .	6
4.2 Uzavreté protokoly . . . . .	6
<b>5 H.323</b>	<b>7</b>
5.1 Základné informácie . . . . .	7
5.2 Prvky siete . . . . .	8
5.3 Zostavenie spojenia . . . . .	8
<b>6 SIP</b>	<b>9</b>
6.1 Základné informácie . . . . .	9
6.2 Prvky siete . . . . .	9
6.3 Zostavenie spojenia . . . . .	10
6.3.1 Adresácia . . . . .	11
<b>7 H323 vs. SIP</b>	<b>12</b>
7.1 H.323 . . . . .	12
7.2 SIP . . . . .	12
<b>A Zoznam použitých skratiek</b>	<b>13</b>

## Zoznam obrázkov

1.1	Telefónny adaptér Sipura . . . . .	2
1.2	VoIP schéma . . . . .	3
2.1	Spracovanie hlasu - kvantovanie signálu . . . . .	4
3.1	Prehľad kodekov . . . . .	5
5.1	H323 . . . . .	7
6.1	SIP . . . . .	9
6.2	Schéma komunikácie v SIP bez redirect servera . . . . .	10
6.3	Schéma komunikácie v SIP s Redirect serverom . . . . .	11
7.1	H323 vs. SIP . . . . .	12

## Zoznam tabuliek

3.1	Hodnotenie kvality hovoru metódou MOS . . . . .	5
-----	---	---

# 1 VoiP

## 1.1 Čo to je

Voice over Internet Protocol (VoIP) je technológia, ktorá umožňuje prenos digitalizovaného hlasu v tele paketov rodiny protokolov UDP/TCP/IP prostredníctvom počítačovej siete alebo iného média, prístupného pre protokol IP. Používa sa pre telefonovanie prostredníctvom Internetu, Intranetu alebo akéhokoľvek iného dátového spojenia. Jedná sa v podstate o telefonovanie cez internet jednoducho a lacno.

Nutnou podmienkou pre bezproblémové a spoľahlivé fungovanie VoIP telefónneho spojenia je zaistenie tzv. kvality služby, Quality of Service (QoS).

### 1.1.1 Výhody

- prenosnosť telefónneho čísla
- podpora presmerovaní, konferenčných hovorov
- použiteľnosť všade, kde je dostupný internet
- integrácia s ostatnými internetovými službami
- cena

### 1.1.2 Nevýhody

- nutnosť zaistiť Quality of Service (QoS)
- bezpečnosť, riziko odposluchu

## 1.2 VoIP ako náhrada pevnej linky

VoIP sa dá použiť ako plnohodnotná náhrada pevnej linky. Potrebujete k tomu ale telefón podporujúci VoIP, alebo analógový telefónny adaptér (napr. SIPURA), ktorý umožňuje pripojiť bežné domáce telefóny. Z hľadiska ceny je SIPURA výhodnejšia, ale nepodporuje všetky funkcie VoIP telefónu, takže z hľadiska komfortu je lepší určite VoIP telefón.

### 1.2.1 Zostava

Najzákladnejšia VoIP zostava pre uskutočnenie jednoduchého hovoru sa skladá z dvoch VoIP koncových zariadení a prenosového média. V praxi sa potom používa ešte množstvo ďalších zariadení, ktoré rozširujú funkčnosť a dostupnosť rôznych služieb:

- hlasová brána (VoIP Gateway)
- vrátny (Gatekeeper)
- konferenčná jednotka (MCU)



Obr. 1.1: Telefónny adaptér Sipura

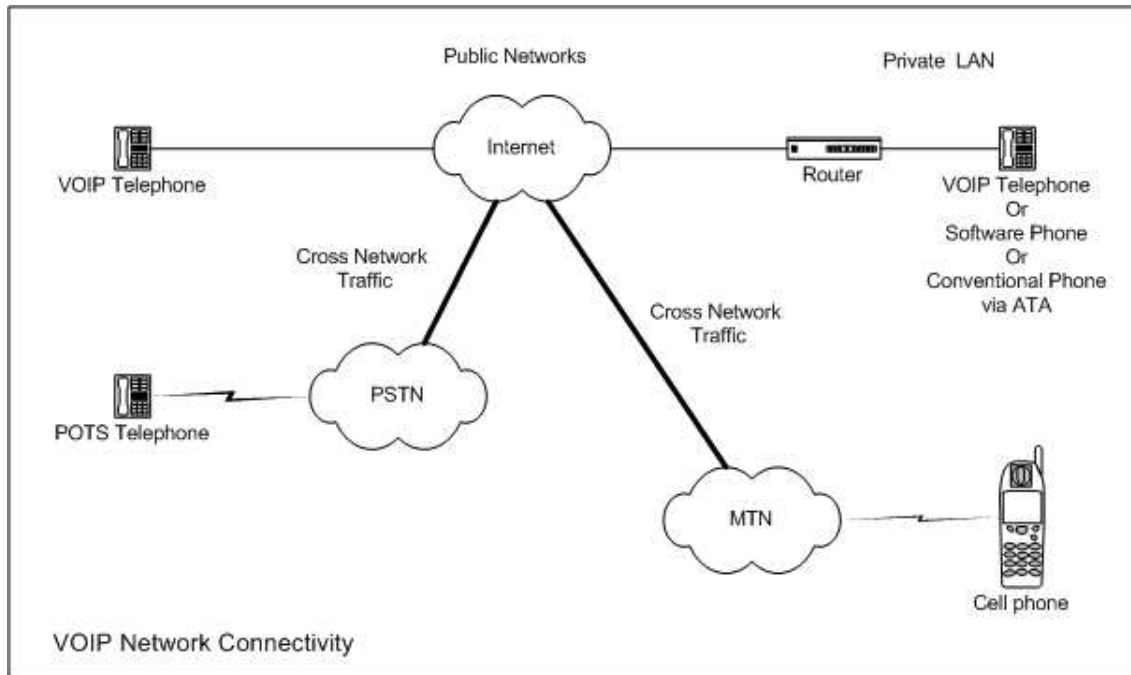
### 1.2.2 Riadiace a sprostredkujúce zariadenia

- komunikačný server
- SIP proxy server
- hlasová brána (VoIP Gateway)
- vrátny (Gatekeeper)
- konferenčná jednotka (MCU)

### 1.2.3 Koncové zariadenia

- hardvérovo riešené IP telefóny
- VoIP adaptéry - zmenšená podoba VoIP brány, určená len pre koncové zariadenia typu analógový telefón, fax atď.
- hlasová brána (VoIP Gateway)
- softvéroví klienti na bežnom počítači so zvukovou kartou

## 1.2.4 Schéma



Obr. 1.2: VoIP schéma

## 2 Prenos hlasu

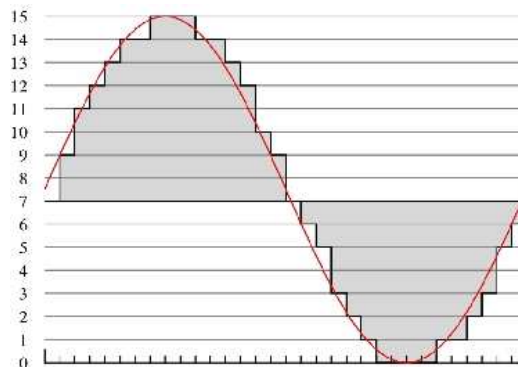
Prenos hlasu sa uskutočuje pomocou internetového protokolu. Kvôli oneskoreniu, ktoré je spôsobené opakovaným preposielaním paketu v prípade výpadku, sa nepoužíva protokol TCP, ale UDP. Ten zabráni časovým stratám práve vďaka tomu, že je nezabezpečený. Na prenos hlasu sa používa protokol o vrstvu nad UDP, tzv. Real-Time Protocol (RTP). Ten je schopný preniesť informáciu zakódovanú ľubovoľným typom kodeku. Bohužiaľ má aj svoje nevýhody, najväčšou je to, že nemá napevno priradené porty, čo spôsobuje problémy pri prenose komunikácie cez firewally a preklad súkromných a verejných adries.

### 2.1 Spracovanie hlasu

Na to, aby sme mohli náš hlas prenášať po sieti, potrebujeme spracovať analógový signál na digitálny:

1. vzorkovanie analógového signálu, približne 8000x/s
2. kvantifikovanie vzorkov a lineárna kompresia
3. zabalenie digitálneho signálu do paketov
4. prenos
5. rozbalenie digitálneho signálu z paketov
6. správne zoradenie a odovzdanie príjemcovi

Tento proces je pomerne komplikovaný, preto dochádza k oneskoreniu. Ďalšie oneskorenie môže nastať pri transfere paketov, keďže každý paket môže ísť rozdielnou cestou.



ZDROJ: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Obr. 2.1: Spracovanie hlasu - kvantovanie signálu

### 3 Kodeky

Kodek je program, ktorý sa používa na kódovanie/dekódovanie a kompresiu/dekompresiu. Pod pojmom kódovanie si môžeme predstaviť digitálne vyjadrenie kvantitatívnych úrovní. Kompresia sa snaží toto digitálne vyjadrenie čo najviac „stlačiť“ vynechaním nepotrebných alebo opakujúcich sa informácií. Väčšina štandardizovaných kodekov je patentovaná. Jedným z pomerne kvalitných free kodekov je SPEEX.

Název	Algoritmus	Prenosová rýchlosť (kb/s)	Náročnosť (MIPS)
<b>G.711</b>	<i>Pulzná kódová modulácia (PCM)</i>	64	0
<b>G.726</b>	<i>Adaptívni diferenciální PCM</i>	16 – 40	1
<b>G.723.1</b>	<i>hlas. kodek pro multimedia (ACELP, MP-MLQ)</i>	5,6 - 6,3	20 - 16
<b>G.728</b>	<i>lineární predikce (LD-CELP)</i>	16	30
<b>G.729</b>	<i>lineární predikce (CS-ACELP)</i>	8	20
<b>-&gt; G.729A</b>	<i>jednodušší varianta G.729 s menší kvalitou hlasu</i>		
<b>-&gt; G.729B</b>	<i>nekompatibilní varianta s G.729 nepřenášejíci ticho</i>		
<b>GSM</b>	<i>param. metoda zdrojového kódování (PRE-LTP)</i>	13	10
<b>Speex</b>	<i>'open source' kodek</i>	8-32	
<b>iLBC</b>	<i>internetový kodek pro malé přen. rychlosti</i>	8	

Obr. 3.1: Prehľad kodekov

#### 3.1 Mean Opinion Score

Testovanie kvality hovoru je veľmi subjektívna záležitosť. MOS je štandardizovaný subjektívny test kvality hlasu. Hodnotenie MOS sa robí náhodne vybratou skupinou ľudí, ktorá známkuje kvalitu preneseného hlasu v porovnaní s klasickým analógovým spojením. Z tohoto dôvodu je táto metóda hodnotenia hlasovej kvality veľmi nákladná a obtiažne realizovateľná a nedá sa automatizovať. Navyše sa stále jedná len o približný odhad, aj keď pomerne presný. V nasledujúcej tabuľke sú hodnoty známok a nim odpovedajúca kvalita hovoru.

MOS	Kvalita hovoru	Popis
5	Vynikajúca	Vynikajúci hovorový signál
4	Dobrá	Zrozumiteľný a prirodzený signál ako v klasickej telefónnej sieti
3	Stredná	Komunikačná kvalita, vyžaduje úsilie na zrozumiteľný odposluch
2	Zlá	Zle zrozumiteľná reč
1	Najhoršia	Nezrozumiteľná reč

Tabuľka 3.1: Hodnotenie kvality hovoru metódou MOS



## 4 Protokoly

Na zostavenie spojenia sa využívajú signalizačné protokoly. Delia sa na dve základné skupiny, otvorené a uzavreté. Otvorené majú verejne prístupné zdrojové kódy a preto každý výrobca môže bez problémov vyrobiť zariadenie, ktoré dokáže komunikovať pomocou daného protokolu. Opakom otvorených protokolov sú uzavreté. Väčšinou sú navrhnuté súkromnými firmami a ich vlastnosti nie su verejné. Spolupráca so zariadeniami ostatných výrobcov je problematická, väčšinou nemožná.

### 4.1 Otvorené protokoly

- štandardizácia
- vzájomná komunikácia zariadení rôznych výrobcov
- napr. H323 a SIP

### 4.2 Uzavreté protokoly

- neštandardizované
- vzájomná komunikácia zariadení len od daného výrobcu
- napr. Skype, Skinny (CISCO), HFA (Siemens)

## 5 H.323

### 5.1 Základné informácie

Protokol H.323 využíva pre prenos informácií TCP. To zaisťuje spoľahlivý prenos medzi jednotlivými účastníkmi spojenia. Protokol definuje v sieti niekoľko centier a na ich existencii a funkčnosti je závislá funkčnosť celého systému, čo pochopiteľne prináša riziko zlyhania z dôvodu poruchy niektorej z častí. Na druhú stranu tieto centrá umožňujú adresáciu s využitím telefónnych čísiel, záznam dát nutných pre tarifikáciu, definovanie centrálnych brán pre určité smery atď.



Obr. 5.1: H323

## 5.2 Prvky siete

Logickú topológiu siete pre prenos hlasových dát s využitím protokolu H.323 definujú základné pojmy:

- Entita - každá komponenta H.323, vrátane terminálov, brán, riadiacich spojení, radičov konferencií a ďalších jednotiek nutných pre zaistenie spojenia
- Koncový bod (Endpoint) - každý koncový bod siete H.323 môže vytvárať a rušiť spojenia, prípadne byť volaný. Koncové body sú koncové terminály, brány a radiče konferencií (Multipoint Controller). Jedná sa o koncové terminály, brány a radiče konferencií.
- Brána (Gateway) - rozhranie medzi sieťou H.323 a inými sieťami. Je to koncový bod H.323 siete a zaisťuje dvojcestnú komunikáciu v reálnom čase medzi koncovými bodmi H.323 a koncovými bodmi iných sietí.
- Radič spojení (Gatekeeper) - zaisťuje preklad adres a riadenie prístupu pre všetky H.323 koncové body. Pomocou signalizácie môže dohliadať na všetky služby, ktoré sieť ponúka koncovým účastníkom, vrátane riadenia, dohľadu a zberu tarifných informácií.
- Radič konferencie (Multipoint Controller) - stanica, ktorá v reálnom čase riadi konferenciu viacerých užívateľov

## 5.3 Zostavenie spojenia

Celý systém môže bežať v dvoch rôznych režimoch:

1. Zostavenie spojenia priamo s koncovým účastníkom alebo s bránou. V tomto prípade musí koncový bod zostavujúci spojenie poznať telefónne číslo volaného účastníka a IP adresu cieľa. Ak má byť hovor mimo IP sieť, musí volajúci rozhodnúť aj o použití brány. Tento spôsob sa využíva len v malých sieťach, kde nie je potrebné sledovať tarifné údaje.
2. Zostavenie spojenia pomocou gatekeeperu. K realizácii spojenia stačí v tomto prípade poznať cieľové telefónne číslo a IP adresu gatekeeperu. Volajúci účastník osloví gatekeeper, a ten zistí IP adresu kam má byť volanie smerované, prípadne určí vhodnú bránu. Gatekeeper zároveň zaznamená údaje potrebné pre tarifikáciu.

## 6 SIP



Obr. 6.1: SIP

### 6.1 Základné informácie

Vychádza z osvedčených a v praxi overených protokolov ako HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) a SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Protokol je znakov orientovaný, teda umožňuje v IP sieti diagnostiku prenosu, napr. pomocou tcpdump.

Na rozdiel od protokolu H.323 sa snaží o maximálnu decentralizáciu riadenia, neexistujú žiadne centrálné miesta v sieti, komunikácia prebieha výlučne medzi koncovými bodmi. Tento prístup zvyšuje odolnosť celého systému proti výpadkom. Nevýhodou je problematický záznam tarifikačných údajov, spoplatnenie telefónnych hovorov je nutné previesť na platby za množstvo prenesených dát do okolných sietí.

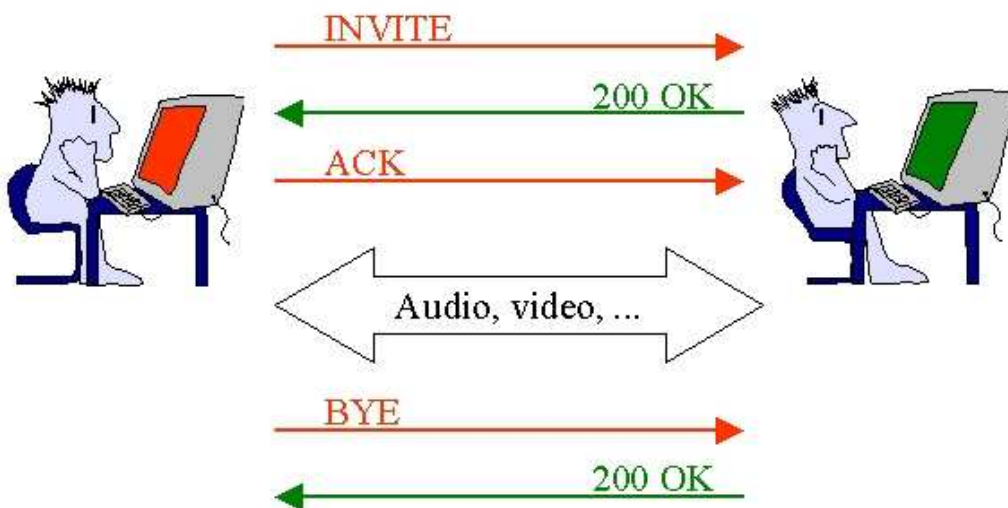
### 6.2 Prvky siete

- Užívateľský agent (User Agent) - aplikácia, umožňujúca koncovým účastníkom siete obojsmernú komunikáciu pomocou protokolu SIP. User Agent (UA) je rozdelený na dve časti:
  - klientská časť (UA Client), zostavuje a riadi odchodzie relácie
  - serverová časť (UA Server), prijíma a riadi prichodzie relácie

- SIP Proxy Server - má na starosti hľadanie účastníka v koncovej sieti, smerovanie hovorov (spolupráca s Firewallom, NATom), sprostredkovanie spojenia s inou sieťou.
- SIP Redirect Server - smeruje volania iným serverom v sieti
- SIP Registrar - slúži k registrácii koncových užívateľov (obdoba HLR u GSM)

### 6.3 Zostavenie spojenia

## SIP, Simple Example

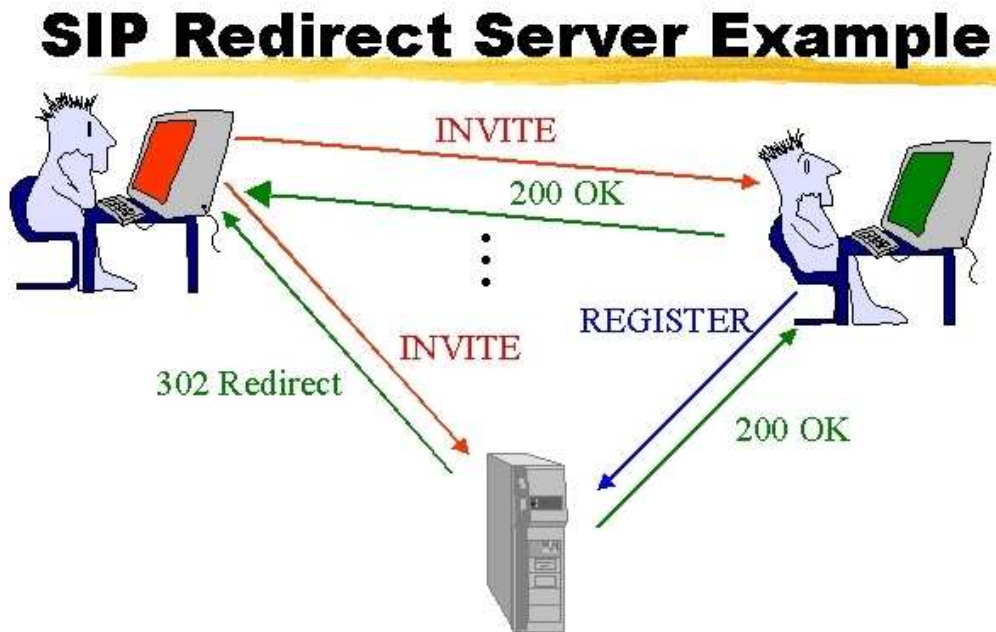


Obr. 6.2: Schéma komunikácie v SIP bez redirect servera

Pri zostavovaní spojenia sa používa doménové meno v sieti IP. V prvom kroku sa hľadá IP adresa koncového účastníka prípadne SIP serveru pomocou DNS (Domain Name Service). Potom sa nadviaže spojenie s koncovým účastníkom, prípadne SIP serverom. Ak sa smeruje spojenie mimo sieť SIP protokolu, musí volajúci účastník sám rozhodnúť, ktorú bránu pre spojenie použije a poznať jej IP adresu.

### 6.3.1 Adresácia

Adresácia v SIP protokole je formou e-mailovej adresy v tvare užívateľ@doména. Je to jednoznačný identifikátor užívateľa, ale neurčuje jeho presnú polohu. Preto sa užívateľ musí registrovať na registračnom serveri, čo vlastne znamená prihlásenie do VoIP siete (zadá svoju adresu a polohu)



Obr. 6.3: Schéma komunikácie v SIP s Redirect serverom

## 7 H323 vs. SIP



Obr. 7.1: H323 vs. SIP

### 7.1 H.323

- vyspelejší protokol
- ponúka viac služieb
- menej pružný
- vychádza z ISDN signalizácie
- doporučený ITU-T

### 7.2 SIP

- menej funkcií
- jednoduchší
- pružnejšia reakcia na požiadavky priemyslu
- vychádza z textovo orientovaných protokolov
- perspektívny do budúcnosti

## A Zoznam použitých skratiek

**FW** Firewall

**GSM** Global System for Mobile communications

**HLR** Home Location Register

**HTTP** Hyper Text Transfer Protocol

**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers

**IETF** Internet Engineering Task Force

**IP** Internet Protocol

**ISO** International Organization for Standardization

**ITU** International Telecommunication Union

**NAT** Network address translation

**QoS** Quality of service

**RTP** Real-time Transport Protocol

**SIP** Session Initiation Protocol

**SMTP** Simple Mail Transfer Protocol

**TCP** Transmission Control Protocol

**VoIP** Voice over Internet Protocol

**UA** User Agent

**UDP** User Datagram Protocol