



1. přenáška

Základy IP telefonie

Obsah předmětu

Prvky infrastruktury IP telefonie. Kodeky a jejich požadavky na pásmo.

Signalizační a komunikační protokoly v IP telefonii. Hlasové brány.

Přenosové plány v IP sítích, číslování veřejných pevných a mobilních sítí, přenositelnost čísel.

Využití DNS pro IP telefonii. Koncová zařízení a ústředny IP telefonie, otevřená a komerční řešení.

Provisioning VoIP koncových zařízení.

Škála služeb IP telefonie a konfigurační možnosti dostupných síťových prvků.

Specifika kvality služeb (Quality of Service – QoS) z hlediska hlasových služeb.

Sledování kvality služeb (QoS) datových sítí z hlediska VoIP. Principy a použití dohledových systémů.

Monitorování, měření a hodnocení QoS hovorového signálu v IP telefonii.

Možnosti síťových prvků z hlediska zajištění požadované QoS.

Alternativní, přelivové a zálohové směrování v telefonních sítích.

Směrování a obsluha tísňových hovorů.

Útoky na bezpečnost IP telefonie, metody jejího zajištění v rámci síťové infrastruktury.

Doporučená literatura

- Ahmed, Adeel – Madani Habib – Siddiqui, Talal. VoIP Performance Management and Optimization (Networking Technology: IP Communications). Cisco Press 2010, 448 s.
- Collins, Daniel. Carrier Grade Voice Over IP. McGraw-Hill Professional, 2002. 522 s.
- Hersent, Olivier – Petit, Jean-Pierre – Gurle, David. Beyond VoIP Protocols. Wiley, 2005, 416 s.
- Kaza, Ramesh, Asadullah, Salman. Cisco IP Telephony: Planning, Design, Implementation, Operation, and Optimization. Cisco Press, 2005, 672 s.
- Minoli, Daniel. Voice over IPv6. Elsevier Inc., 2006.
- Natsvlishvili, Irakli – Collins, Daniel. Carrier Grade VoIP. McGraw-Hill, 2010. 608 s.
- Park, Patrick. Voice over IP Security. Cisco Press, 2009. 362 p.
- **Vozňák, Miroslav. Voice over IP. Skripta VŠB – TU Ostrava, 2008. 176 s.**
- **Wallace, Kevin. Cisco VoIP. Computer Press 2009.**
- Teorie a praxe IP telefonie. Ročníky 2004, 2006, 2008 a 2010.
Přednášky z konferencí na <http://www.ip-telefon.cz/>.
- Raake, Alexander. Speech Quality of VoIP. John Wiley & Sons, Ltd. 2006. 310 s.

Osnova přednášky

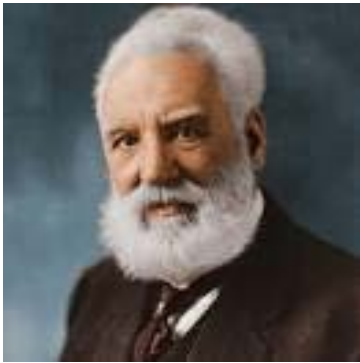
1. Klasická telefonie
2. Digitalizace hlasu
3. Na cestě k IP telefonii

1. Klasická telefonie

Historie



141 let od vynálezu telefonu



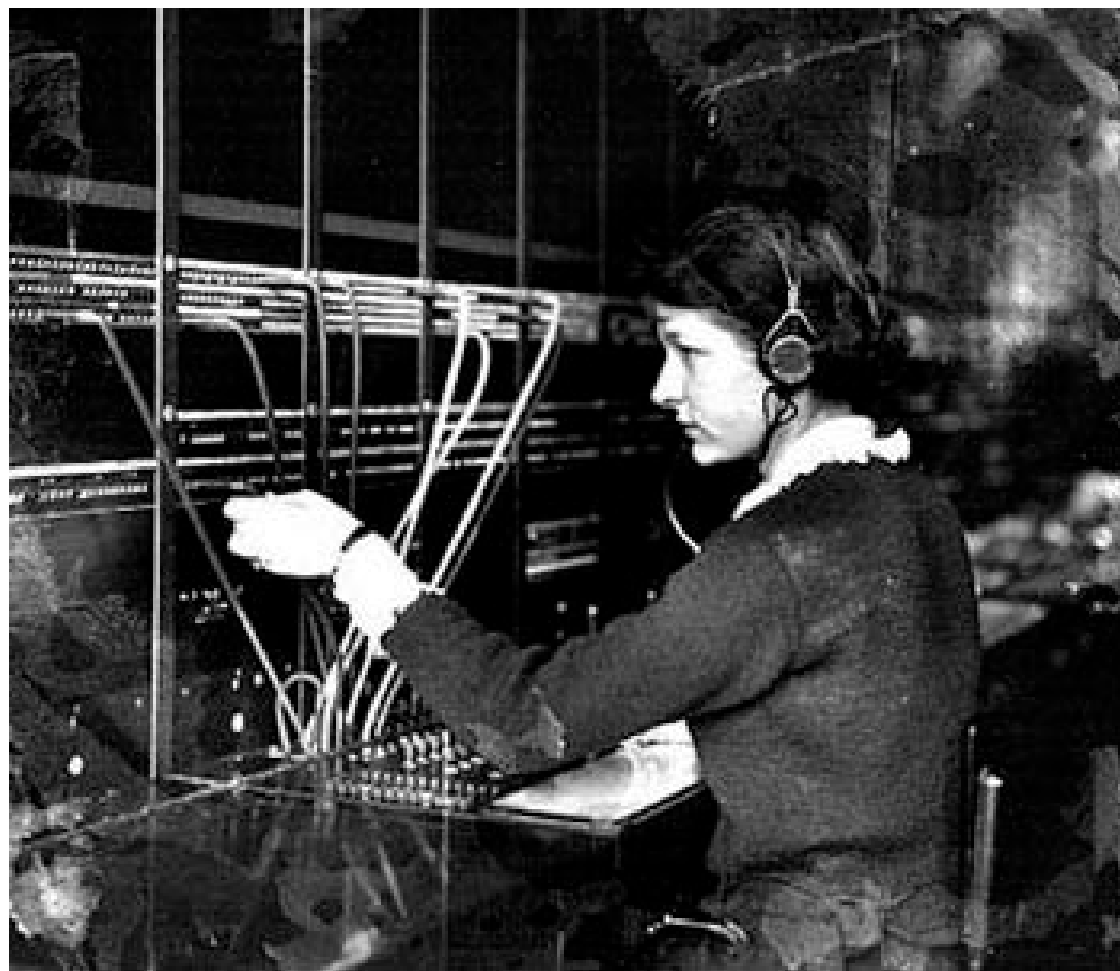
Alexander Graham Bell roku 1875 v Bostonu ve státě Massachusetts učinil objevy, které vedly k vynálezu telefonu. V únoru **1876** si podal žádost o udělení patentu (Je zajímavé, že jiný vynálezce, Elisha Gray, přihlásil k patentování podobný přístroj ve stejný den jako Bell, jenomže o pár hodin později.)

Krátce po udělení patentu Bell svůj telefon vystavoval na výstavě ve Filadelfii. Práva na tento vynález nabídl za 100 000 dolarů firmě Western Union Telegraph Company, ale ta ho odmítla koupit. Proto Bell se svými společníky založil v červenci 1877 vlastní firmu, předchůdce dnešní společnosti American Telephone and Telegraph Company (AT&T).

Přenos hlasu v paketových sítích začal v roce **1995** (Izraelská firma VocalTec)

Telefony a operátoři

Od r. 1876



Reléové ústředny



Ústředny tranzistorové

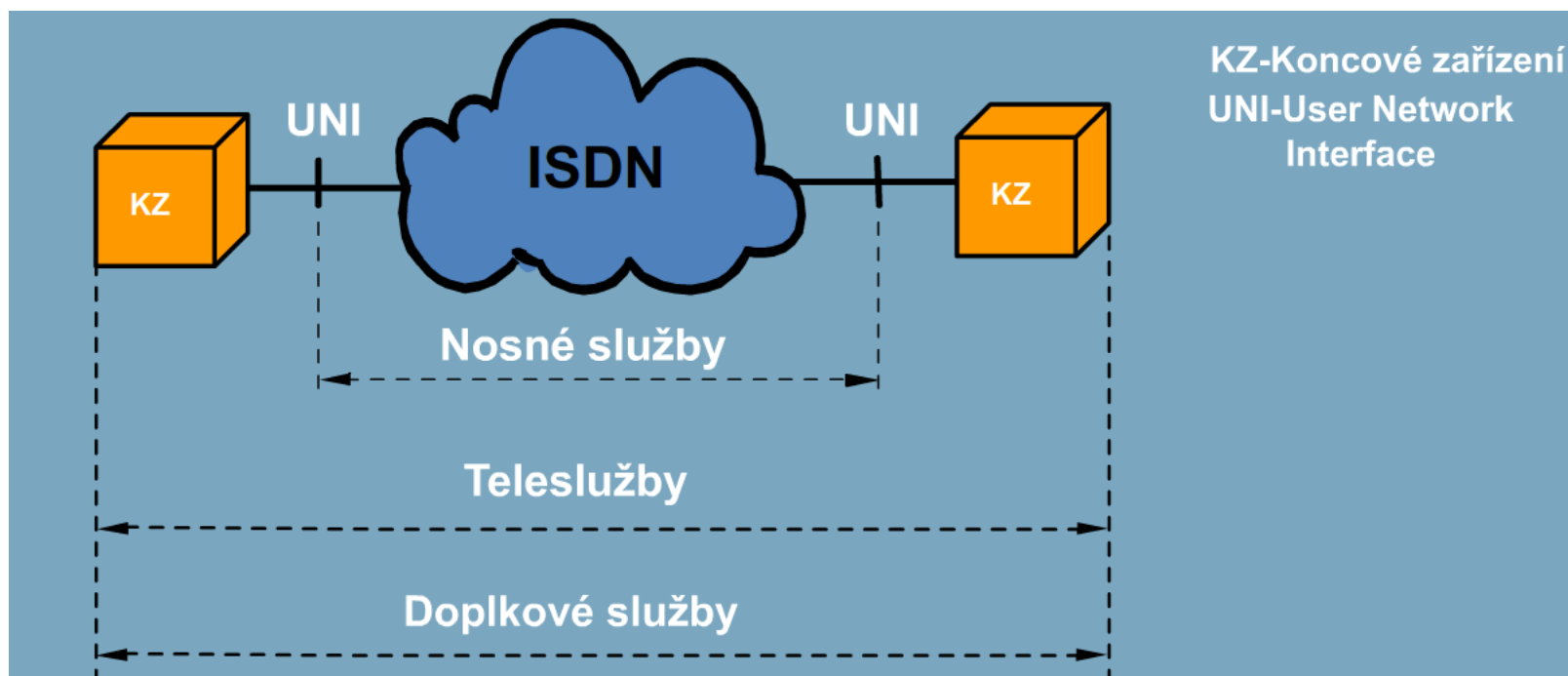


Již cca 20 let

5. generace spojovacích systémů

0. generace – manuální spojovací pole
1. generace – plně decentralizované, ústředny na elektromechanické bázi
2. generace – ústředny stále na elektromagnetické bázi, ale částečná centralizace řízení do registrů a zejména určovatelů. Určovatel sestavuje spojení a slouží pro větší počet spojovacích cest
3. generace – centrální (programové) řízení a spojovací pole s prostorovým dělením (analogové) spojovacích cest
4. generace – centrální (programové) řízení nebo částečně decentralizované řízení. Soustava řídicích jednotek koordinovaně plní jednoznačně přidělené úkoly.
5. generace – softswitche, viz <http://www.phonet.cz/protel.html>

Úzkopásmové služby



Podle ITU-T se služby v ISDN rozdělují na nosné služby a teleslužby, které se společně nazývají telekomunikační služby.

Nosné služby jsou standardizovány pro 1. až 3. vrstvu RM OSI.

Teleslužby jsou popisovány pomocí všech sedmi vrstev RM OSI.

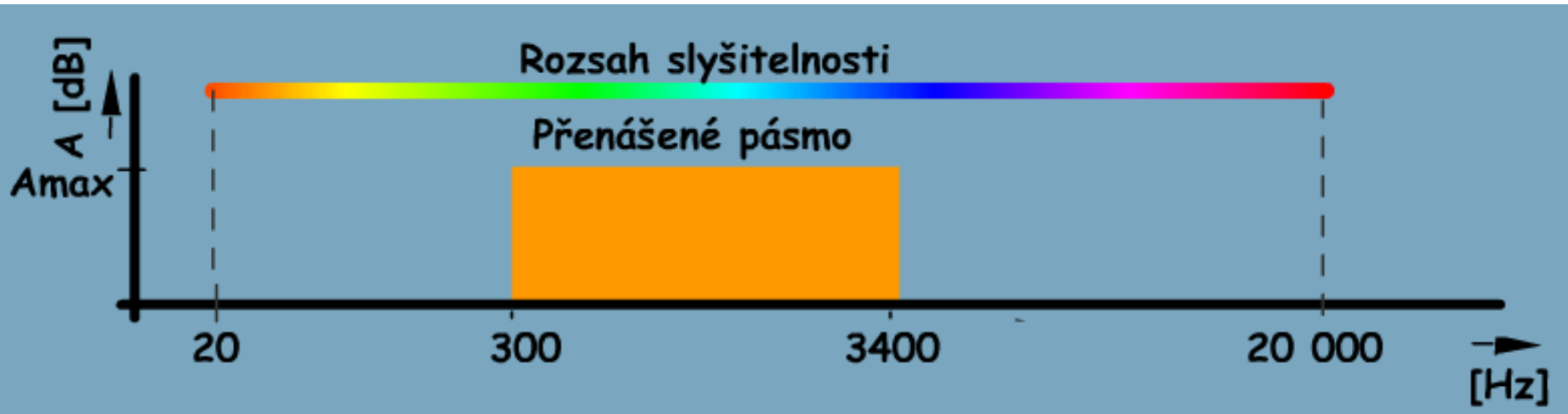
Doporučuji animace na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FEI/ISDN/animace/3.swf>

Nosné služby

- hovor – tato služba je určena pro přenos digitalizovaného hovorového signálu. V síti umožňuje využívat různé speciální techniky jako jsou zábrany ozvěn nebo kódování s nižším počtem bitů
- audio 3,1 KHz – tato služba je určena pro přenos digitalizovaných audiosignálů, je určena pro aplikace pracující v hovorovém kanálu 300 – 3400 Hz
- přenos 64 kb/s – tato služba je určena pro neomezený přenos digitálních signálů. Datová informace se přenáší transparentně bez úpravy, lze ji použít pro všechny aplikace

Poznámka: širokopásmové služby využívají kanály až do přenosové rychlosti 622 Mb/s.

Po telefonu nepřenášíme vše, co slyšíme



Rozhraní

a) analogová

- FXS (Foreign Exchange Station)
- FXO (Foreign Exchange Office)
- E&M (Ear and Mount anebo Earth and Magneto)

b) digitální

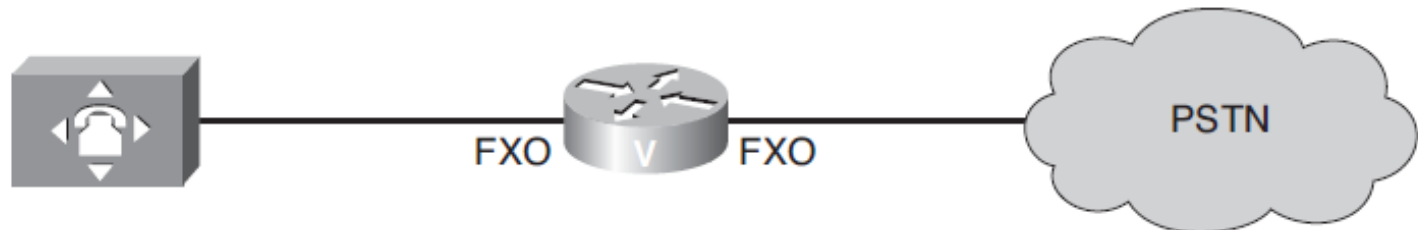
- ISDN BRI
- T1/E1 CCS (Common Channel Signaling)
- T1/E1 CAS (Channel Associated Signaling)

Hlasové porty



■ FXS

- Connects directly to end-user equipment such as telephones, fax machines, or modems



■ FXO

- Used for trunk, or tie line, connections to a PSTN CO or to a PBX that does not support E&M signaling

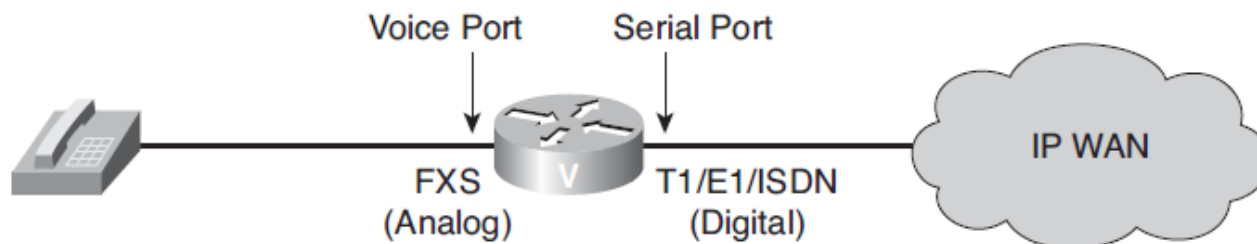


■ E&M

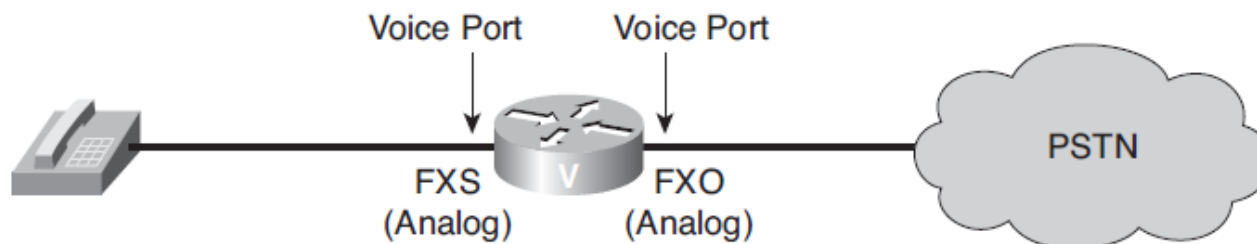
- Most common form of analog trunk circuit

Varianty hlasových portů

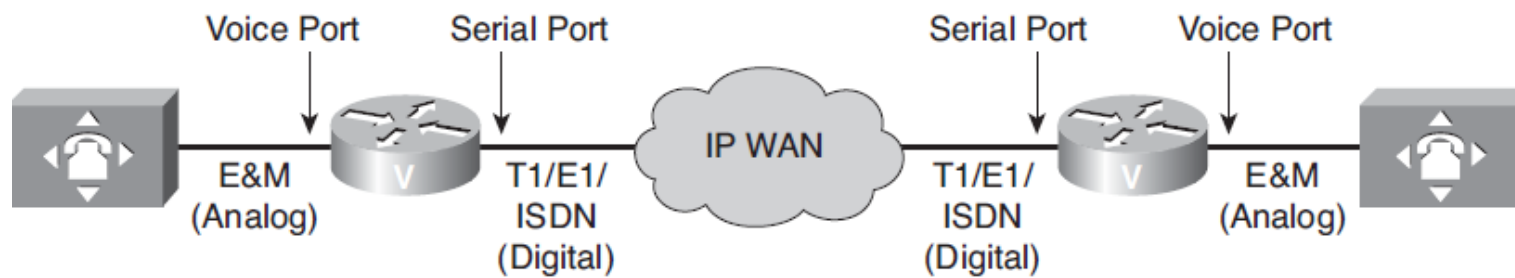
Telephone to WAN



Telephone to PSTN



PBX to PBX over WAN



Blíže k rozhraním

FXS rozhraní zajišťuje napájení a používá se k připojení analogového telefonu nebo faxu. **FXO rozhraní** emuluje analogové koncové zařízení – ať již analogové zařízení nebo směrovač.

Zatímco porty FXS a FXO používají stejný kanál pro signalizaci i hlas (in-band signalizace), **porty E&M** pro signalizaci používají samostatné porty (out-of-band signalizace). Je tomu tak proto, že se porty E&M používají pro trunky (agregované spoje) a u trunků je signalizace mimořádně důležitá.

Rozhraní ISDN BRI (Basic Rate Interface) tvoří dva B (Bearer) kanály pro hlas, video či data po 64 kb/s a 16 kb/s D (Delta) kanál (Norma ITU I.430 sice uvádí i 64 k/b D kanál, v praxi se však tato jeho varianta nepoužívá) určený pro signalizaci podle protokolu Q.931.

Rozhraní T1 a E1 s out-of-band **signalizací CCS** jsou podobná rozhraní BRI. Pokud je rozhraní určeno pro trunk, varianta T1 (americká) je tvořena 23 digitálními kanály, zatímco varianta E1 (evropská) 29 digitálními kanály; pro signalizaci slouží obvykle protokol Q.931 anebo QSIG.

Signalizace CAS je typu in-band a poskytuje 24 (30) hlasových kanálů pro rozhraní.

Součásti telefonní sítě

- Koncová zařízení
- Místní smyčky
- Telefonní přepínače
- Okruhy (přenášejí více souběžných hovorů)

Koncové zařízení

- a-vodič (anglicky tip wire)
- b-vodič (anglicky ring wire)
- napájen stejnosměrným napětím -48 V

Signalizace

- Dohlížecí (kontrolní)

- smyčková

- Ize začít vytáčet po zvednutí sluchátka

- nevýhoda: **oslnění**, tj. účastník i ústředna si zaberou stejnou linku najednou

- signalizace přizemněním

- signál uzemnění identifikuje obsazení

- zvonění

- USA: 90 V stř. pr., **20 Hz**, Evropa 60–90 V stř. pr., 25 Hz

- Adresní

- pulzní (otočný číselník) volba (DEC volba)

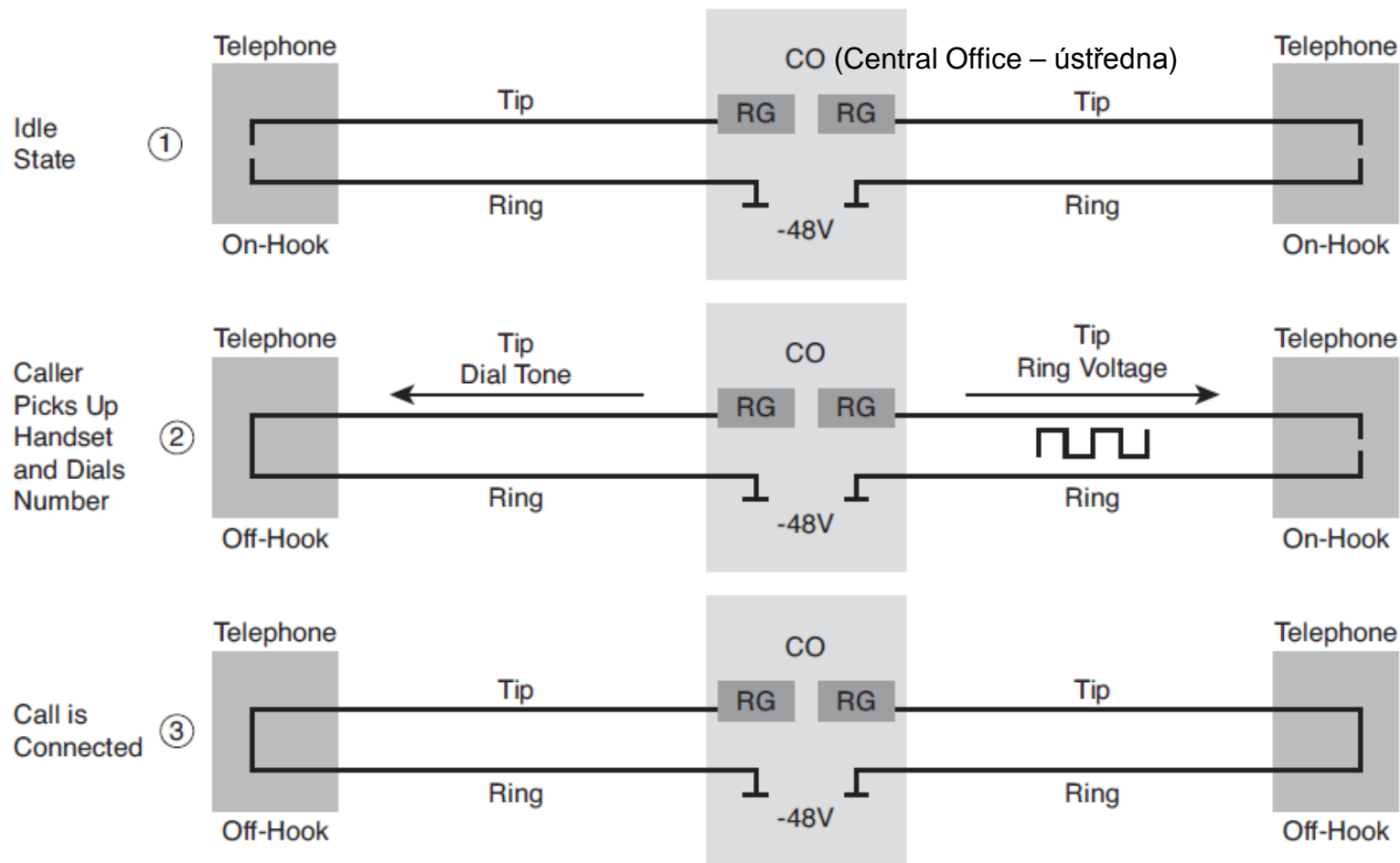
- tónová resp. frekvenční volba (DTMF Dual-Tone Multi Frequency)

- Informační

- oznamovací tón, vyzváněcí tón, výzva k uvolnění vedení (obsazení)

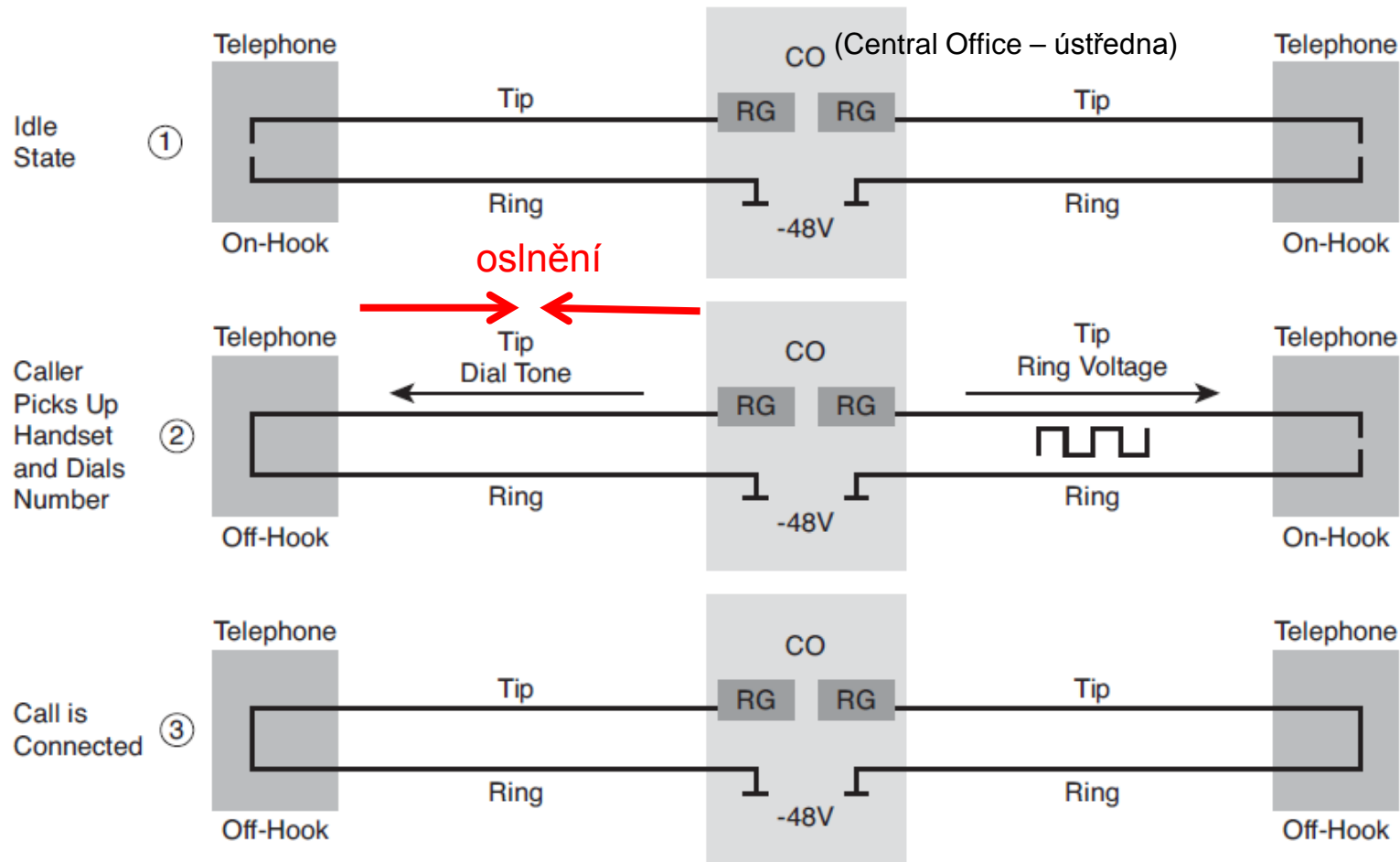
Signalizace smyčková (loop-start)

běžnější technika signalizace přístupu



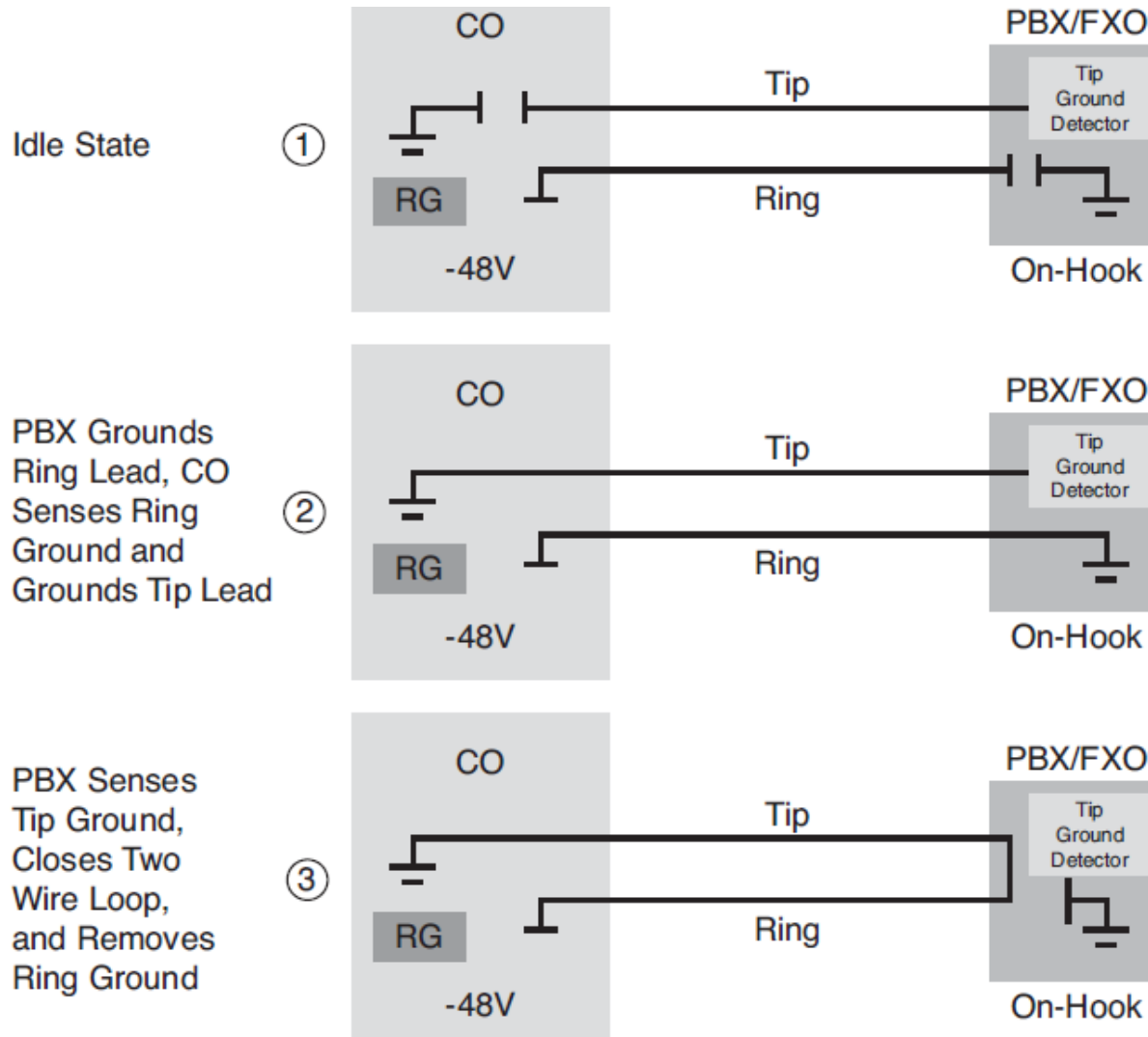
Oslnění (angl. glare)

Přepínač CO potřebuje cca 4 s, aby prošel všemi linkami, které je třeba prozvonit
Důsledek: volající a volaný jsou spojeni takřka okamžitě, a to bez vyzvánění



Signalizace přizemněním (ground-start)

používá se na truncích a u velkých ústředn s rizikem oslnění



Ne vždy jde o – 48 V

FXS Interface	Idle Voltage
VG248	-36 Volts
VIC-2FXS	-26 Volts
VIC-2DID	-24 Volts (low) -48 Volts (high)
ASI 81 and ASI 160	-24 Volts (low) -48 Volts (high)
IAD 24xx-FXS	-24 Volts (low) -48 Volts (high)
1730 IAD	-24 Volts (low) -48 Volts (high)
VIC-4FXS/DID	-24 Volts (low) -48 Volts (high)
VIC2-2FXS	-48 Volts
NM-HDA	-36 Volts
VG224	-24 Volts (low) -43 Volts (high)

Příklad nastavení klidového napětí a frekvence zvonění na směrovači Cisco

```
Router(config-voiceport)#idle-voltage {low | high}
! -24 V nebo -48 V
```

```
Router(config-voiceport)#ring frequency ?
25 ring frequency 25 Hertz
50 ring frequency 50 Hertz
```

Jiné routery mají jiné hodnoty, je se třeba vždy podívat

Konfigurace analogových hlasových portů na Cisco

1. `enable`
2. `configure terminal`
3. Do one of the following:
 - `voice-port slot / port`
4. Do one of the following:
 - `signal {loop-start | ground-start}`
5. `cptone locale`
6. `dial-type {dtmf | pulse}`
7. `operation {2-wire | 4-wire}`
8. `type {1 | 2 | 3 | 5}` **jen pro EaM**
9. Do one of the following:
 - `ringfrequency {25 | 50}`
 -
 -
 - `ringfrequency {20 | 30}`
10. `ring number number`
11. `ring cadence {[pattern01 | pattern02 | pattern03 | pattern04 | pattern05 | pattern06 | pattern07 | pattern08 | pattern09 | pattern10 | pattern11 | pattern12] | [define pulse interval]}`
12. `description string`
13. `no shutdown`

Konfigurace hlasového portu FXS 1

```
Router#configure terminal
Router(config)#voice-port 1/1/1
!Nastavení hlasového konfiguračního modu na port
Router(config-voiceport)#signal groundstart
!Vyber typu signalizace
Router(config-voiceport)#cptone CZ
!Nastavení místního tonu
Router(config-voiceport)#ring cadence pattern01
!Vzor vyzvanení (vzorek zvonění, doba pauzy...)
```

Konfigurace hlasového portu FXS 2

```
Router(config)#voice-port 1/1/2|
Router(config-voiceport)#signal loopstart
Router(config-voiceport)#impedance 600r
Router(config-voiceport)#ring cadence pattern02
Router(config-voiceport)#output attenuation -2
Router(config-voiceport)#input gain 3
Router(config-voiceport)#echo-cancel coverage 32
```

Impedance je nastavena na 600 Ω .
Výstupní útlum je 2 dB, vstupní zisk 3 dB,
doba registrace echa byla posunuta z implicitních 8 ms na 32 ms.

Konfigurace hlasového portu FXO 1

imituje nastavení telefonu

```
Router(config)#voice-port 1/2/1
```

```
Router(config-voiceport)#signal loopstart
```

```
Router(config-voiceport)#ring number 3
```

```
Router(config-voiceport)#dial-type pulse
```

Nastavuje se typ signalizace (loop-start, ground-start), typ vytáčení (pulzní, DTMF), počet zazvonění, po kterých FXO odpoví (např. 3)

Konfigurace hlasového portu FXO 2

```
Router(config)#voice-port 0/0/0
Router(config-voiceport)#signal groundstart
Router(config-voiceport)#connection plar opx 4001
Router(config)#dial-peer voice 90 pots
Router(config-dialpeer)#destination-pattern 0T
Router(config-dialpeer)#port 0/0/0
```

Určení OPX (Off-Premises eXtension) PLAR, touto volbou si zajistí lokální reakci před vzdálenou odpovědí. Příchozí hovory typu plar jsou přesměrovány na číslo 4001.

Dial peer je adresovatelný koncový bod spojení.
T označuje řetězec číslic s proměnlivou délkou.

Informační signalizace

oznamovací tón 425 Hz a 330 ms / 330 ms / 660 ms / 660 ms

vyzváněcí tón 425 Hz a 1 s / 4 s

obsazovací tón 425 Hz a 330 ms / 330 ms

napojovací tón 425 Hz a 330 ms / 330 ms / 330 ms / 1,5 s

odkazovací tón 950 Hz a 330 ms / 30 ms +
+ 1400 Hz a 330 ms / 30 ms +
+ 1800 Hz a 330 Hz / 1 s

Moderní telefonní ústředny umožňují definovat různé druhy tónů které se liší frekvencemi i časováním, v praxi je ale dobré zachovávat běžné zvyklosti.

Adresní signalizace

(frekvenční resp. tónová resp. DTMF resp. MFC (MF code))

Frekvenční volba je dána kombinací dvou frekvencí z přesně definované tabulky skupin nižších a vyšších kmitočtů.

číslice 1 ... 697 Hz + 1209 Hz

číslice 2 ... 697 Hz + 1336 Hz

číslice 3 ... 697 Hz + 1477 Hz

znak A ... 697 Hz + 1633 Hz

číslice 4 ... 770 Hz + 1209 Hz

číslice 5 ... 770 Hz + 1336 Hz

číslice 6 ... 770 Hz + 1477 Hz

znak B ... 770 Hz + 1633 Hz

číslice 7 ... 852 Hz + 1209 Hz

číslice 8 ... 852 Hz + 1336 Hz

číslice 9 ... 852 Hz + 1477 Hz

znak C ... 852 Hz + 1633 Hz

znak * ... 941 Hz + 1209 Hz

číslice 0 ... 941 Hz + 1336 Hz

znak # ... 941 Hz + 1477 Hz

znak D ... 941 Hz + 1633 Hz

Přítomnost vysílaných frekvencí) je min. 70 ms

mezera volby (tj. pauza mezi vysíláním frekvencí) je min. 75 ms

Příjem frekvenční volby je prováděn pomocí DSP (signálového procesoru) jako frekvenční analýza hovorového pásma účastnického vedení.

Tlačítka tónové signalizace

(Kombinace vyšších a nižších frekvencí kódu MFC)

697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz

tarifikační impulzy

Signál vysílaný ke koncovému zařízení, který je přenášen pomocí frekvence 16 kHz o napětí 22 až 44 mV, jehož kadence (resp. perioda) odpovídá množství tarifních jednotek příslušejících konkrétnímu hovoru a shoduje se tak s počtem tarifních impulzů registrovaných na tzv. účastnickém počítadle. Délka impulzu byla 30 až 180 ms a max. kadence 3 imp/s. Jelikož se však dnes hovorné již zpravidla účtuje z tzv. CDR záznamů o jednotlivých hovorech a principy účtování hovorů mohou být součástí různých balíčků, byla tato orientační metoda signalizace ceny hovorného zrušena a už se nepoužívá.

postup signalizace

Zjednodušený příklad výměny signálů mezi volajícím telefonem, ústřednou i volaným telefonem, a to pro úspěšné volání na neobsazeného reagujícího účastníka:

CLIP

resp. MFC identifikace volajícího anebo DTMF identifikace volajícího

CLIP (Calling Line Identification Presentation) – zobrazení telefonního čísla volajícího na displeji telefonu volaného uživatele. Pouze u nových analogových ústředen. Neboli jde o

- Signál vysílaný ke koncovému zařízení, který je předáván ve stejném kódu jako tzv. tónová volba, a to v mezeře mezi prvním a druhým vyzváněním.
- První číslice smí být vyslána až se zpožděním 250 ms po konci prvního vyzvánění a poslední číslice musí být vyslána nejpozději 200 ms před začátkem druhého vyzvánění.

Nové ústředny umí také na základě telefonního čísla nebo jeho části směřovat příchozí hovor na libovolný telefon, i když bylo voláno číslo jiného telefonu.

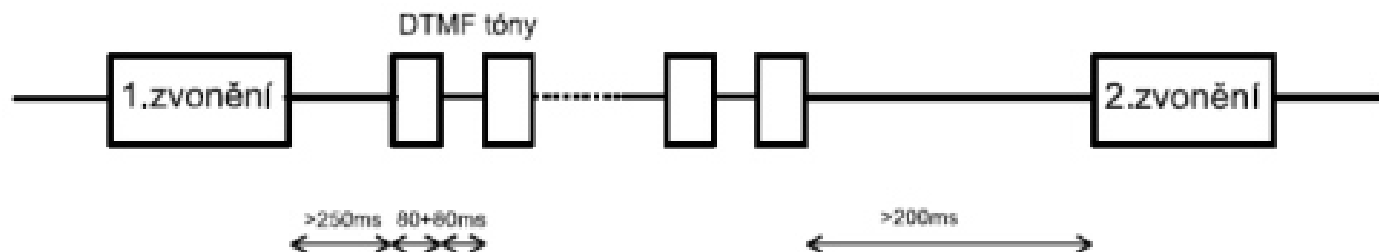
Použití: Hovory z Vietnamu na vietnamsky mluvícího pracovníka call centra.

Dva způsoby realizace CLIPu

- a) Linkový protokol FSK1-V23 (čísllice nebo jména, do, zprávy služeb a další zprávy), v praxi spíše Evropa – ETS 300 659-2



- b) DTMF signály (pouze číslice) – Dual Tone Multi Frequency – je jednodušší



- DTMF značky mají délku impulzu a mezery 80 ms / 80 ms.
- Max. počet vyslaných číslic během 4 s mezery ve vyzvánění je tedy 20, což dostačuje pouze pro předání čísla volajícího.

Přerušení smyčky (poklep na vidlici) FLASH

Signál vysílaný koncovým zařízením, který je předáván pomocí přerušení smyčky delšího než je impulz dekadické volby a kratší než je zavěšení, tj. snížením proudu stejnosměrné smyčky min. o 2 mA pod proud uzavřené smyčky na dobu 75–25 ms.

3. Opytovacie spojenie

Ste v hovorovom spojení s prvým účastníkom (domácim, alebo vonkajším).

Potrebuje sa poradiť s druhým účastníkom (domácim, alebo vonkajším), vrátiť sa k prvému účastníkovi.



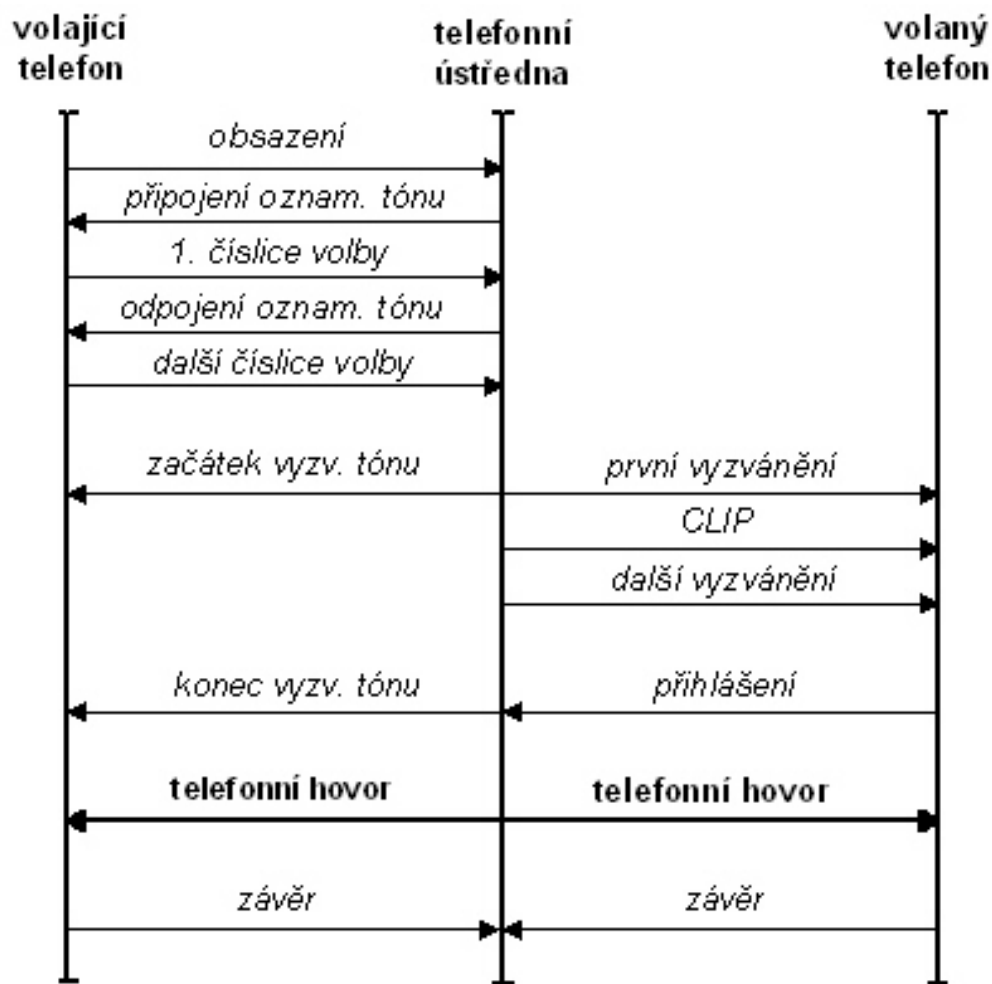
4. Automatické preloženie spojenia

Máte vytvorené opytovacie spojenie.

Manipuláciou môžete preložiť pridržiadaného účastníka volaného v opytovacom spojení. Volaným účastníkom opytovacieho spojenia môže byť aj spojovateľka.



Příklad výměny signálů



Druhy analogové signalizace

Přístupová:

U – smyčková signalizace

Síťová:

E&M – příčková signalizace

P – třídrátová provolba

DC-loop – příčková signalizace

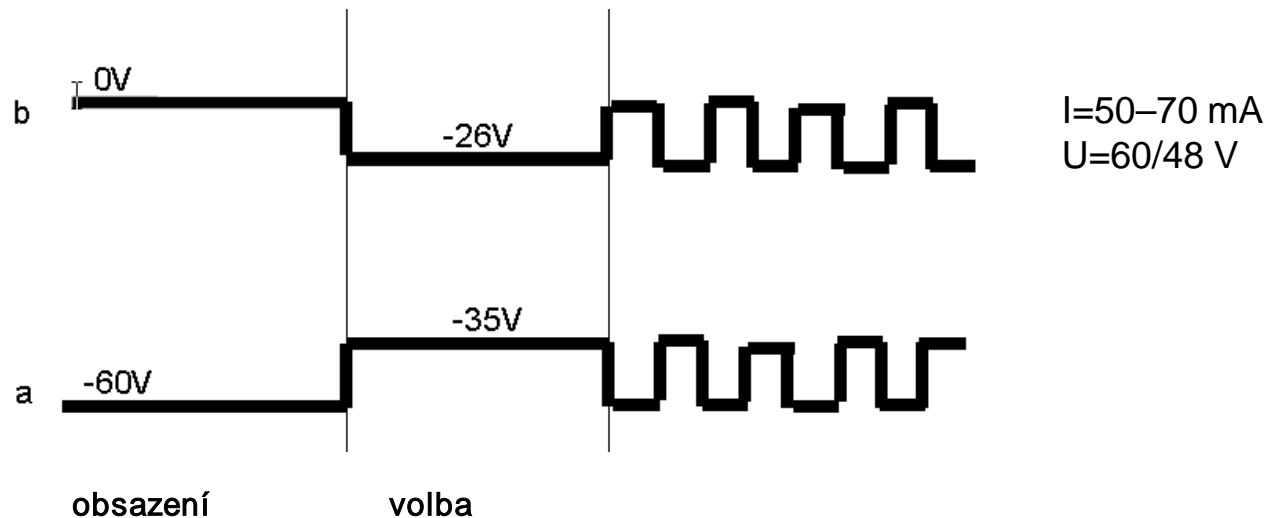
I, T - tónová signalizace

Signalizace U – klasická telefonní signalizace

- Dvoudrátová signalizace mezi analogovým účastníkem a ústřednou (veřejnou nebo poboční)
 - U1 s impulsní nebo frekvenční volbou
 - U2 navíc s přijímačem 16 kHz tarifních impulsů
- Pobočkové ústředny mohou U signalizaci používat také ke svému napojení na veřejné telefonní ústředny, na GSM brány nebo někdy i k napojení na VoIP brány.
- Tento druh signalizace se používal už v ústřednách 1. generace (dnes 5. generace) , později byl jen doplněn o dva způsoby identifikace čísla volajícího (tzv. CLIP) a část signálů se dnes již nevyužívá (např. tarifikační impulzy).
- Lze předpokládat, že signalizace U+CLIP bude nadále nejpoužívanějším „protokolem“ mezi analogovými telefony a telefonními ústřednami.

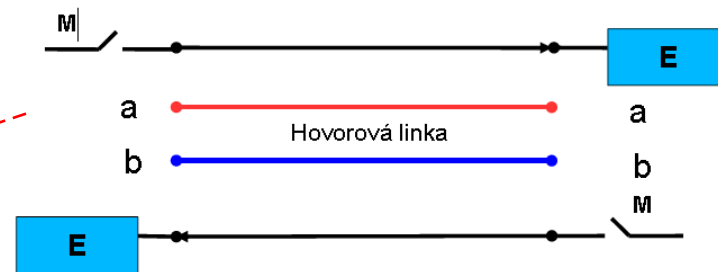
Průběh signálu

- Stavy účastníka jsou vyjádřeny stejnosměrným proudem.
- Vyzvánění probíhá střídavým proudem (1s/4s) (25Hz, 75V)



Signalizace E&M (Ear & Mouth)

- Slouží pro komunikaci mezi PBX či jinými telefonními přepínači (síťová signalizace pro příčky).
- Hlas a signalizace jsou přenášeny různými cestami.
- Konfiguruje se: typ signalizace E&M, operace (2 dráty a, b pro hlas FDX nebo 4 dráty a, b. a, b pro HDX).



- Je tedy čtyř (E, a, b, M) nebo šestidrátová (E, M, a, b, a, b).
- Je trvalá nebo impulzní a probíhá potvrzování příkazů z opačné strany.

Parametry signalizace E&M

- Při uzavření obvodové smyčky (vyvěšení) napětí klesá dle vnitřního odporu přístroje a uzavírá proud, který musí vyšší než 4mA.
- Oba a,b dráty musí být elektricky oddělené od zemnicích soustav a jejich odpor proti zemi musí být větší než 100 k Ω .
- Na rozpojených a,b drátech se může objevit střídavé vyzváněcí napětí do 75V, ale přístroj by měl vyzvánět i při 25V.
- V rámci JTS se délka vedení může pohybovat až do 7 km, pro připojení PBX se nepředpokládá delší vedení než 300 m.

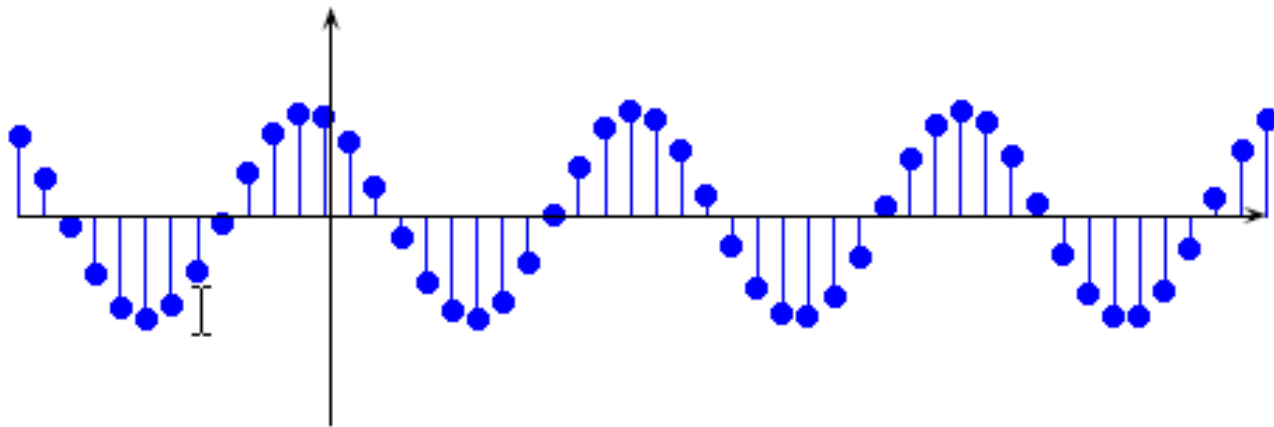
6 typů signalizace E&M

- Typ 1: nejběžnější v Severní Americe.
- Typ 2: Pro citlivé prostředí, protože generuje minimální interferenci.
- Typ 5: Mimo Severní Ameriku.
- SSDC5: Velká Británie,
- Zbývající dva typy se používají výjimečně.

Typ 1 a typ 2 jsou si podobné – pro signalizaci vedení E a M, zbývající dva páry se používají pro zvuk. Fyzickým rozhraním je konektor RJ-48.

2. Digitalizace hlasu

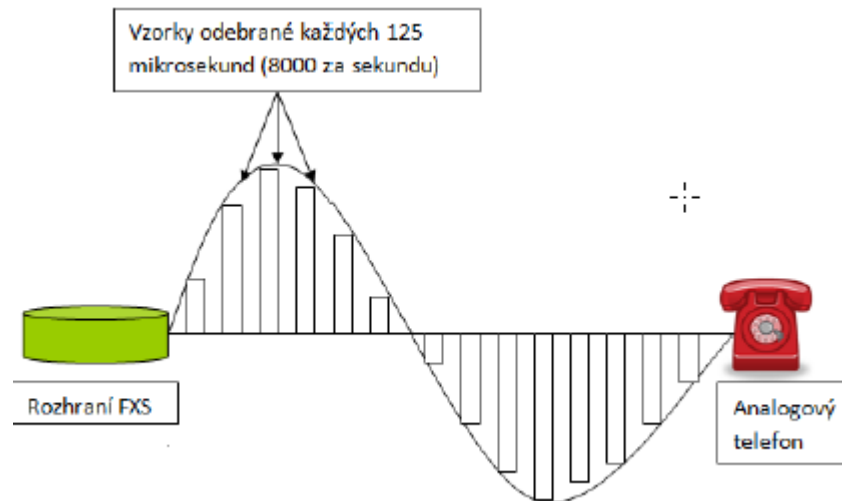
Vzorkování



$$x[n] = f(nT_s)$$

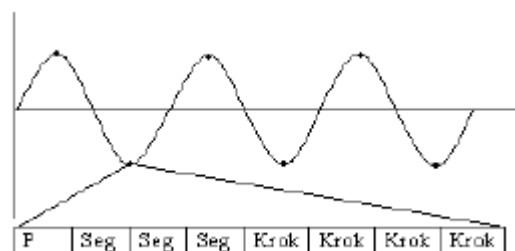
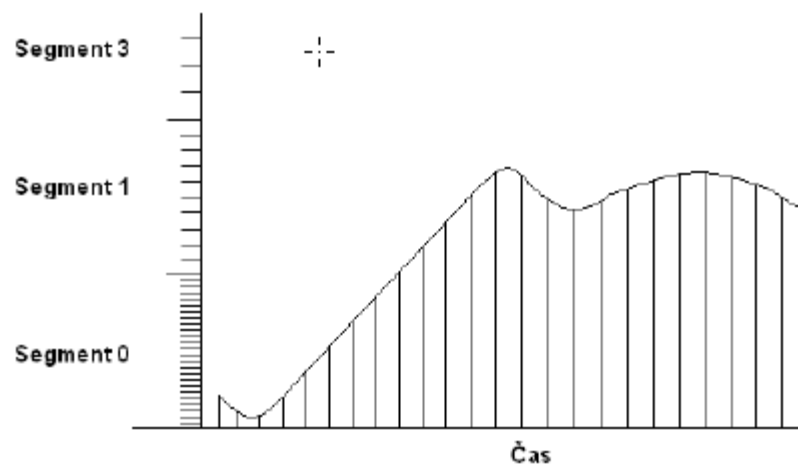
Shannonův-Nyquistův-Kotělnikovův teorém

„Přesná rekonstrukce spojitého, frekvenčně omezeného, signálu z jeho vzorků je možná tehdy, pokud byl vzorkován frekvencí alespoň dvakrát vyšší, než je maximální frekvence rekonstruovaného signálu.“



$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \frac{\sin(\pi(t - nT_s)/T_s)}{\pi(t - nT_s)/T_s}$$

Vzorkování a logaritmické kvantování



Model obsluhového systému

Na vstupu systému je homogenní poissonovský tok:

- tj. požadavky přicházejí individuálně, náhodně a vzájemně nezávisle;
- pravděpodobnost příchodu k požadavků v intervalu délky T je dána Poissonovým rozložením:

$$P_k(T) = \frac{(\lambda T)^k}{k!} e^{-\lambda T}; k = 0, 1, \dots$$

- rozložení intervalů mezi příchody je dáno distribuční funkcí:

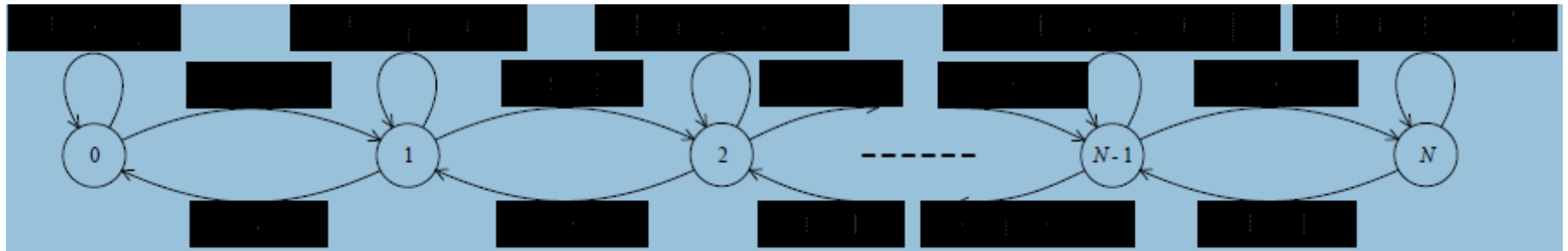
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}; t \geq 0$$
$$= 0; \quad t < 0$$

$\lambda [s^{-1}]$ je intenzita vstupního toku požadavků

Erlangův model systému se ztrátou

$M/M/N/0$

Stavový diagram modelu



Pravděpodobnost ztráty volání svazku je dána prvním Erlangovým vztahem B -formule (1917)

$$B = P_N = \frac{A^N}{N! \sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} = E_{1,N}(A)$$

$$\text{kde } A = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \cdot t_{os} \text{ [erl]}$$

Proces dimenzování spočívá ve stanovení

- potřebného počtu okruhů N
- nebo kapacity fronty R , počtu agentů S v případě call centra, tak, aby byly splněny požadavky na jakost obsluhy, např.
 - pravděpodobnost ztráty B příchozího volání (dimenzování svazků), zpravidla $B \leq 1 \%$
 - pravděpodobnost čekání na operátora $P\{ W \leq t \}$:
např. $P\{ W \leq 30 \text{ s} \} = 0,8$
 - doba zdržení v systému

Výpočet počtu požadovaných linek

Jeden Erlang představuje jednu hodinu nepřetržitého používání telefonu.

1. Provozní zatížení se vypočte pro nejvytíženější hodinu dne.

$$[\text{minuty_volání_v_hodině_nejsilnějšího_provozu}] = [\text{minuty_volání_měsíčně} / 22] * 0,15$$

kde

22 – průměrný počet pracovních dnů v měsíci;

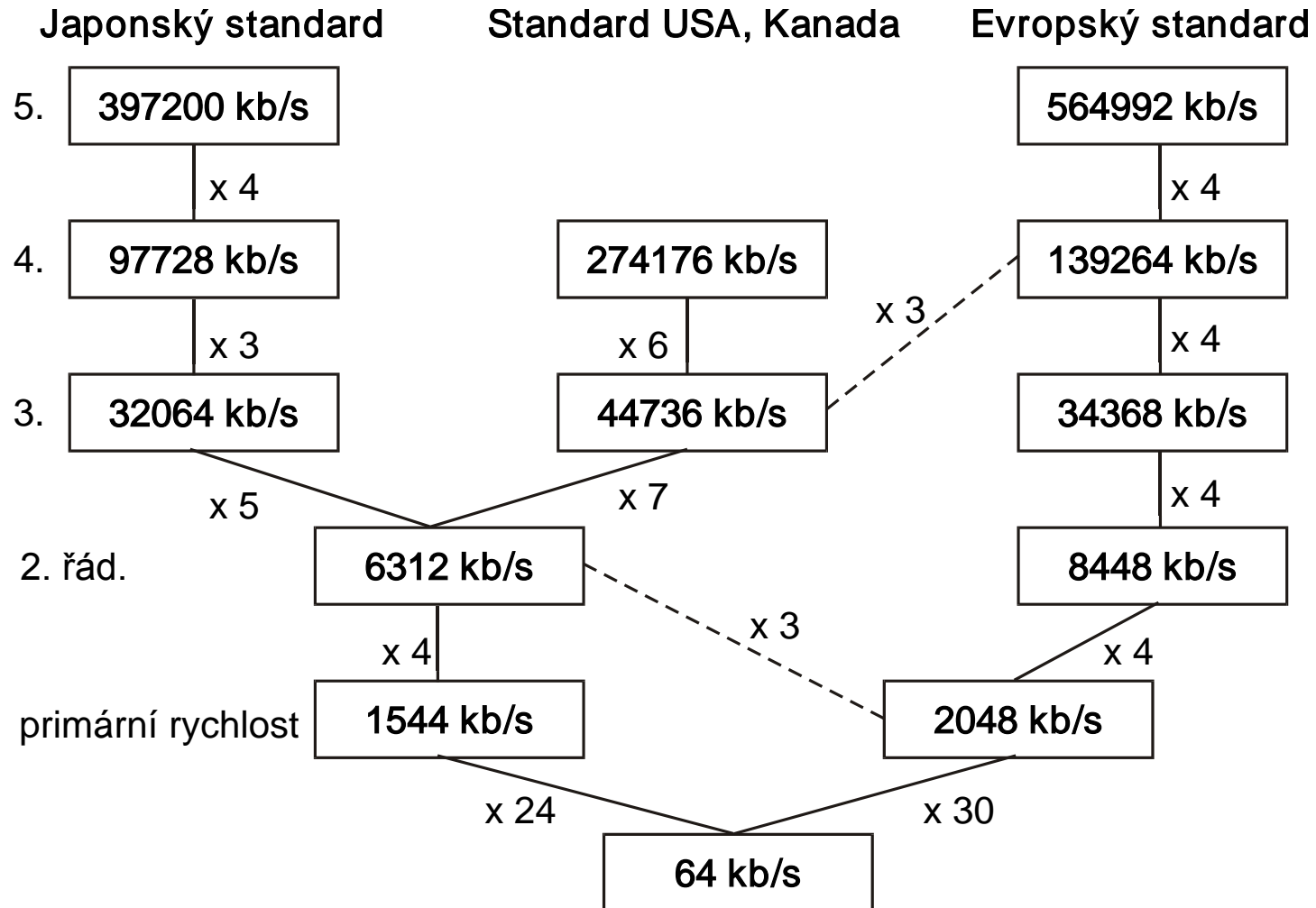
0,15 – 15 % denního objemu hovorů se uskutečňuje v nevytíženější hodině dne.

Pro výsledný počet Erlangů se vydělí výsledek číslem 60.

2. Stanoví se kvalita obsluhy GoS (Grade of Service). Je to přijatelné procento zamítnutých hovorů během nejvytíženější hodiny dne. V praxi je většinou použita 1% pravděpodobnost zamítnutí hovoru GoS P(0,01).

3. Na základě hodnot Erlang a GoS se vypočte počet požadovaných linek. Tuto hodnotu si lze spočítat pomocí webové kalkulačky Erlang B, jež se nachází na stránce: <http://erlang.com/calculator/erlb>.

Hierarchie plesynchronních systémů

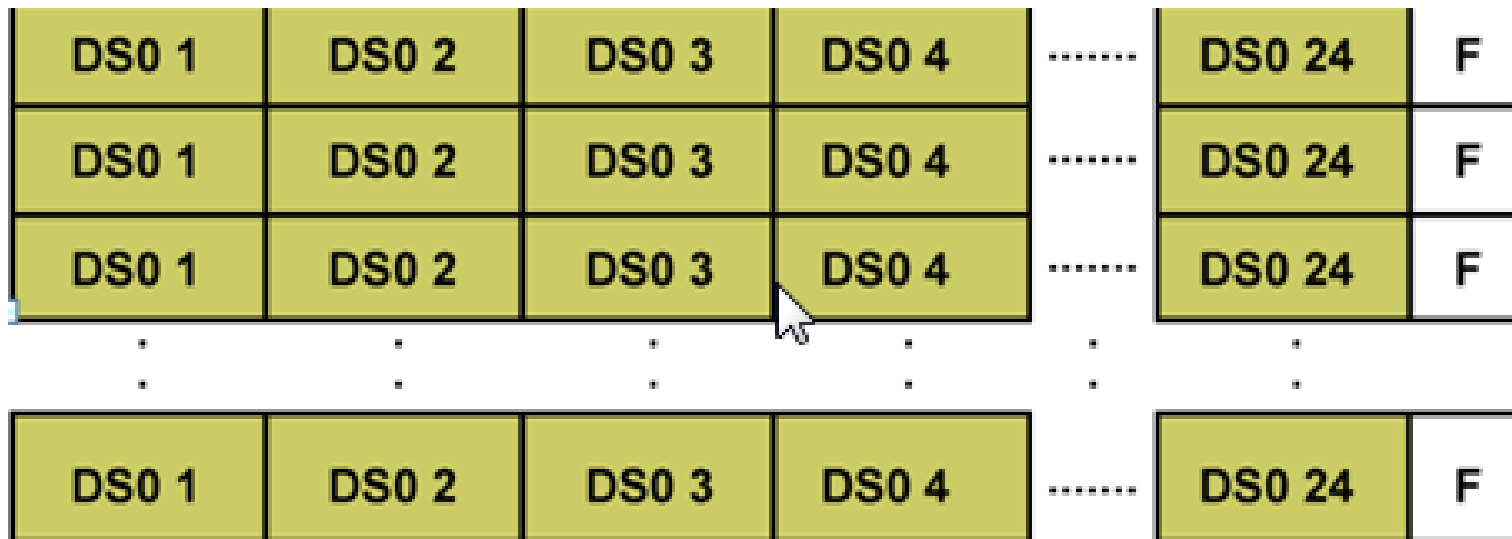


Kanály T1 a E1

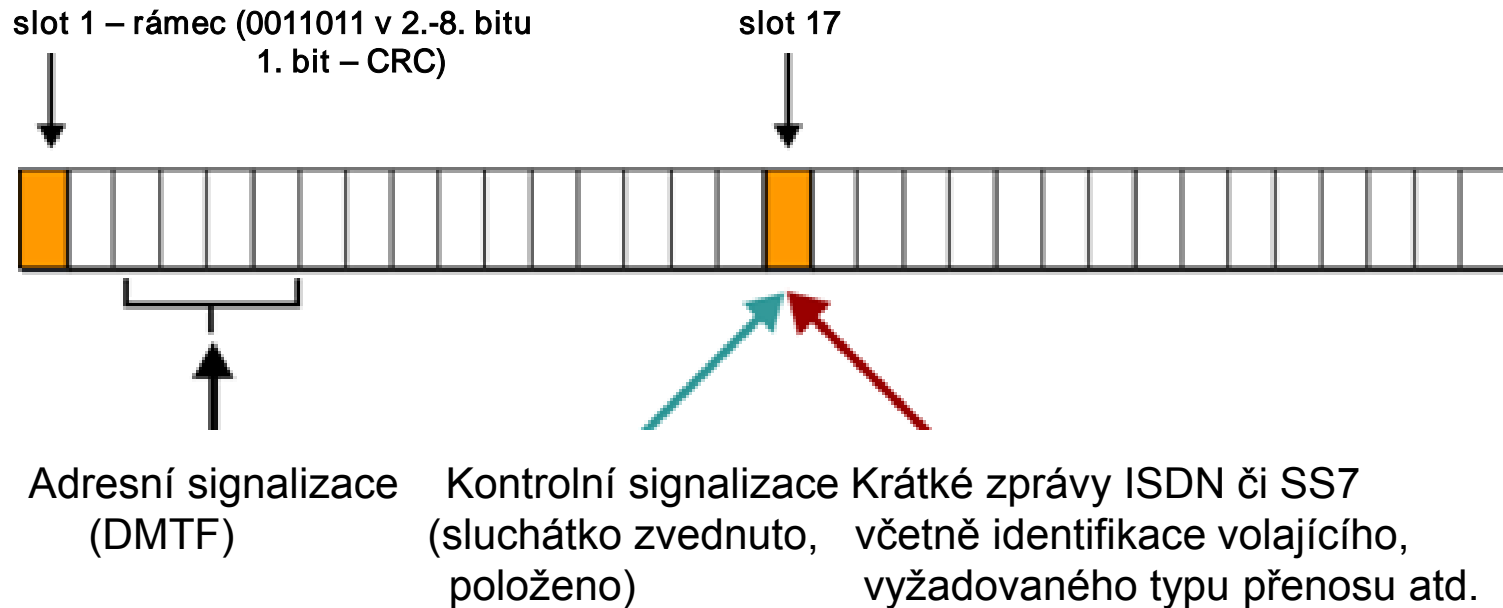
- Data jsou zde posílána po rámcích, přičemž každý rámec je tvořen 24 kanály po 8 bitech (celkem 192 bitů v rámci) a přenesen během 125 μ s.
- Mezi rámci je vysílán synchronizační bit, za sekundu je posláno 8000 rámců, celkem rychlost 1,544 Mb/s.
- Tento základní kanál dostal název T1 a byl zaveden v roce 1960 v USA, zatímco Evropa dala přednost základnímu kanálu E1.
- Kanál E1 je tvořen 30 kanály v jednom časovém rámci, z nichž 1. slouží pro synchronizaci a 17. pro signalizaci.

Formát signalizace T1

DS0 – 64 kb/s, F – Framing bit, 12 rámců – SF, 24 rámců – ESF $8 \times 24 + 1 = 193$ bitů



Formát signalizace E1



3. Na cestě k IP telefonii

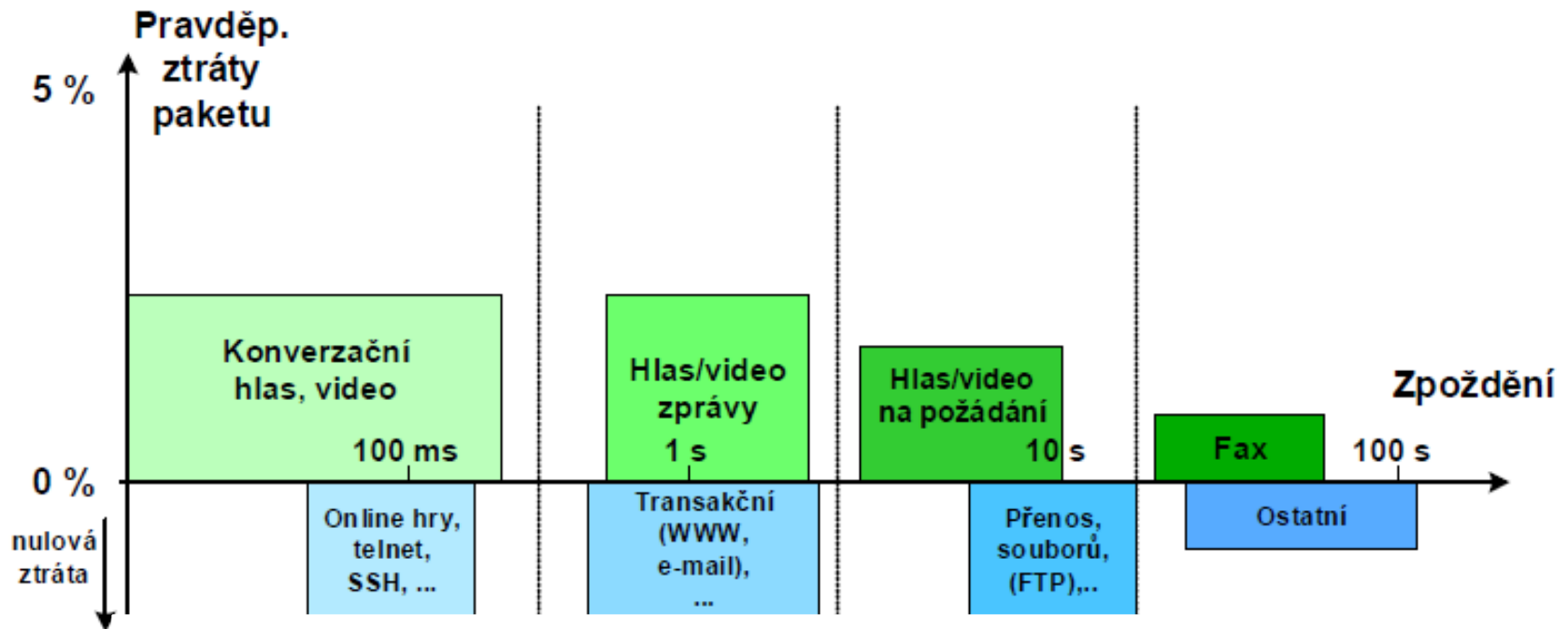
Vztah mezi IP telefonii a VoIP

- IP telefonie je celkový koncept
- VoIP je implementace tohoto konceptu
- V řadě případů lze tyto termíny zaměňovat

Rozdíly mezi tradičním hlasovým a IP provozem

<p>Spojově orientované přenosy</p> <p>Hovory trvají celé minuty (průměrně 3 minuty)</p> <p>Po navázání spojení je hovor garantován</p> <p>Hovoru je přiděleno pevné pásmo</p> <p>Přenos v reálném čase je velmi citlivý</p>	<p>Nespojově orientované přenosy</p> <p>Přenos paketu trvá několik ms</p> <p>Není stoprocentní garance zajištění celého hovoru</p> <p>Není žádná garance spolehlivého spojení</p> <p>IP datový přenos často není na zpoždění citlivý</p>
--	---

Požadavky QoS z pohledu uživatele (ITU-T G.1010)



Zobecněný Erlangův model pro Q toků

Vstupní tok tvoří Q různých služeb, každá s:

- nabízeným zatížením:

$$A_q = \frac{\lambda_q}{\mu_q} = \lambda_q t_{os} \text{ [erl]}; \quad q = 1, 2, \dots, Q$$

kde λ_q je intenzita příchozích požadavků q -té služby [s^{-1}]

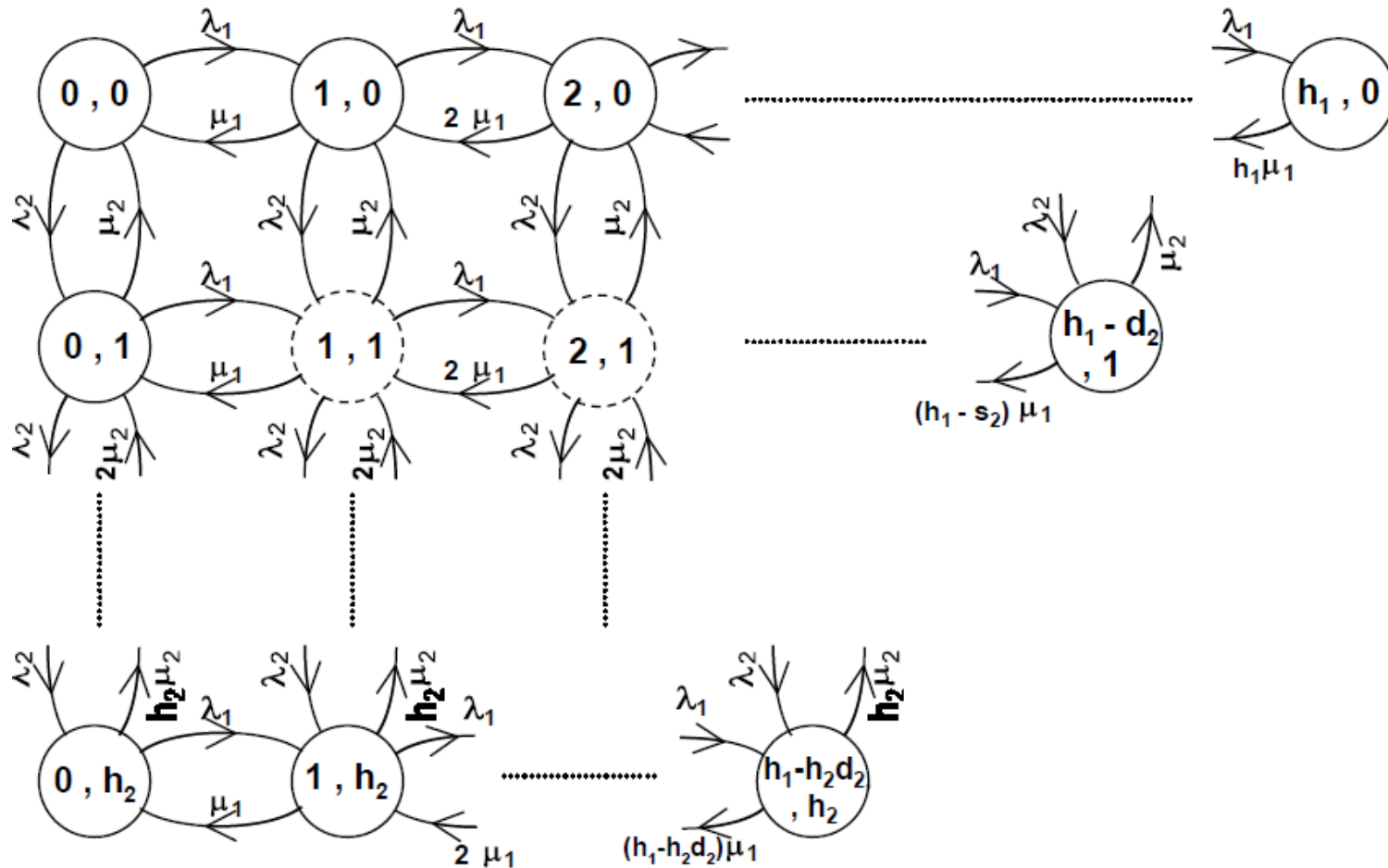
a $\mu_q = 1/t_{os}$ je intenzita obsluhy q -té služby [s^{-1}]

- přenosovou rychlostí pro jedno spojení:

$$v_q \text{ [kbit/s]}; \quad q = 1, 2, \dots, Q$$

Přidělování přenosové kapacity

stav systému – počet požadavků z jednotlivých toků v systému



Zobecněný Erlangův model pro Q toků

- stacionární pravděpodobnosti stavů systému:

$$P(s_1, K, s_Q) = \frac{A_1^{s_1}}{s_1!} \cdot K \cdot \frac{A_Q^{s_Q}}{s_Q!} \cdot P(0, K, 0)$$

- kde pravděpodobnost, že je systém prázdný je dána:

$$P(0, K, 0) = \left[\sum_{0 \leq s_1 v_1 + K + s_Q v_Q \leq v_R} \frac{A_1^{s_1}}{s_1!} \cdot K \cdot \frac{A_Q^{s_Q}}{s_Q!} \right]^{-1}$$

- pravděpodobnost ztráty q -tého toku:

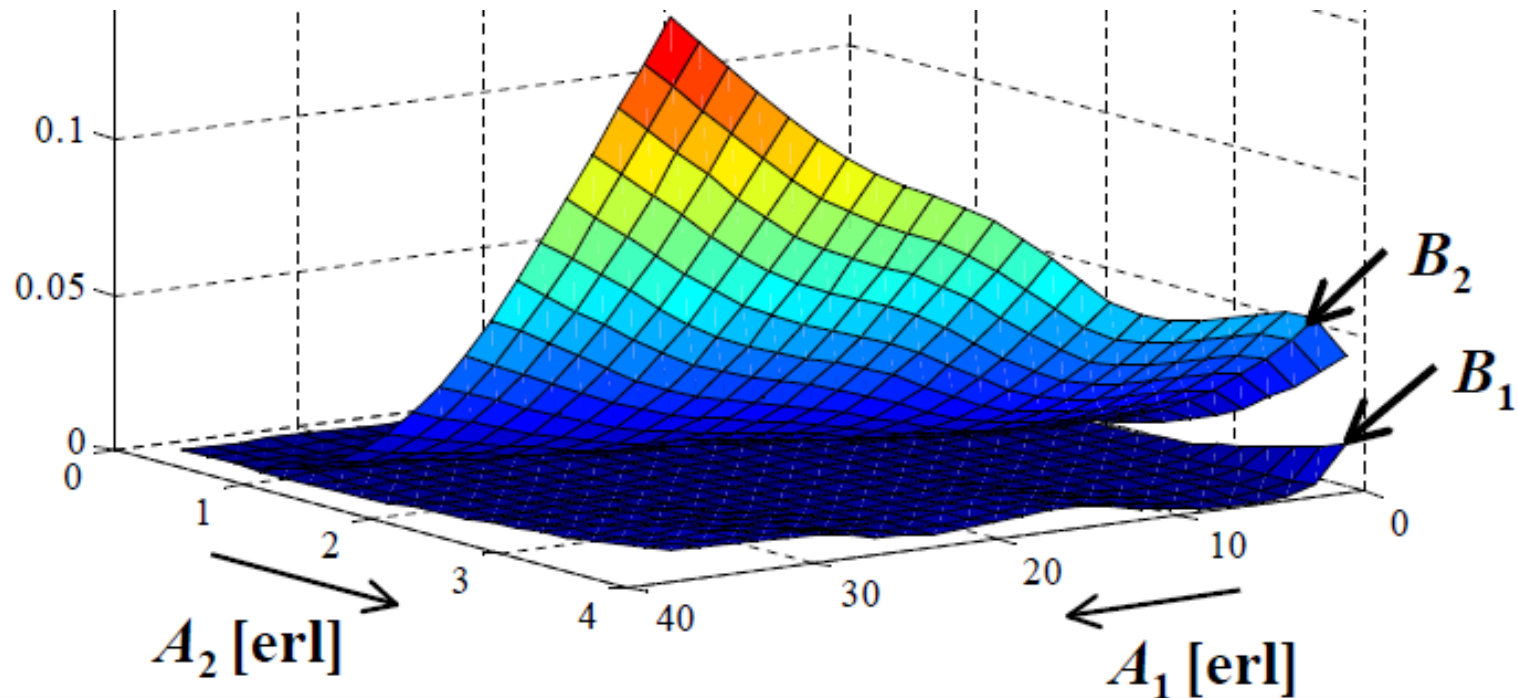
$$B_q = \sum_{v_1 s_1 + \dots + v_Q s_Q > v_R - v_q} P(s_1, \dots, s_Q)$$

- střední hodnota pravděpodobnosti ztráty všech toků:

$$B_S = \frac{\sum_{q=1}^Q A_q B_q v_q}{\sum_{q=1}^Q A_q v_q}$$

Model pro dvě služby VoIP

- jedno spojení $v_1 = 32$ kb/s
- videotelefon; jedno spojení $v_2 = 512$ kb/s



Příklady dimenzování (výsledky simulací)

A_1 [erl]	A_2 [erl]	ν_{R1} [Mbit/s]	ν_{R2} [Mbit/s]	distribuce	B_1 [-]	B_2 [-]
30	5	1,312	6,72	$H_2, c_v = 3$	0,0441 ± 0,9 %	0,0288 ± 1,8 %
				$M, c_v = 1$	0,0108	0,0100
				$E_2, c_v = 0,71$	0,0047 ± 0,8 %	0,0032 ± 1,7 %
				$D, c_v = 0$	0,0010 ± 1,7 %	0,0002 ± 5,2 %
60	10	2,368	11,088	$H_2, c_v = 3$	0,0472 ± 0,8 %	0,0326 ± 1,5 %
				$M, c_v = 1$	0,0108	0,0103
				$E_2, c_v = 0,71$	0,0054 ± 1,0 %	0,0040 ± 1,7 %
				$D, c_v = 0$	0,0014 ± 2,0 %	0,0005 ± 4,6 %
90	15	3,392	15,232	$H_2, c_v = 3$	0,0484 ± 0,8 %	0,3509 ± 1,0 %
				$M, c_v = 1$	0,0109	0,0100
				$E_2, c_v = 0,71$	0,0057 ± 1,0 %	0,0040 ± 2,0 %
				$D, c_v = 0$	0,0017 ± 1,6 %	0,0007 ± 3,8 %
120	20	4,416	19,136	$H_2, c_v = 3$	0,0465 ± 0,7 %	0,0393 ± 1,1 %
				$M, c_v = 1$	0,0103	0,0108
				$E_2, c_v = 0,71$	0,0056 ± 1,5 %	0,0048 ± 2,2 %
				$D, c_v = 0$	0,0018 ± 2,2 %	0,0008 ± 4,0 %

Poznámka: distribuce vyjadřuje různé rozložení intervalů mezi příchody (H_2 - hyperexponenciální, M - exponenciální, E_2 - Erlangovo 2 řádu; D -deterministické); c_v - je variační koeficient.

Výhody VoIP

- účinnější využití pásma a zařízení
- sdílení pásma mezi řadou spojení
- rentabilita zařízení i provozu
- jednotná infrastruktura
- kompletnější manažerské služby
- (na bázi XML)
- mobilita uživatelů
- široká škála nových služeb

Blíže k jednotlivým bodům

- **účinnější využití pásma a zařízení** – tradiční telefonie používá pro každé volání pásmo 64 kb/s, a to dokonce i když hlas není přenášen. VoIP naopak šetří pásmo, pokud hlas není přenášen, je na lince klid;
- **rentabilita** – tradiční telefonie musí použít řadu technických zařízení pro vytváření spojení na vyšších přenosových rychlostech. VoIP statisticky multiplexuje spojení na jednotné komunikační infrastrukturu a tím přispívá k rentabilitě zařízení i provozu;
- **jednotná infrastruktura** – místo dvou infrastruktur zde máme jednotnou infrastrukturu pro hlasové i datové služby, což opět šetří náklady;
- **manažerské služby** – IP telefony nejsou jen nástrojem na pouhé volání, nýbrž poskytují kompletnější manažerské služby na bázi aplikací jazyka Extensible Markup Language (XML);
- **mobilita** – softwarové a Wi-Fi telefony přispívají k mobilitě uživatelů;
- **široká škála nových služeb** – integrací s výpočetní technikou nabízí koncovému uživateli širokou škálu nových služeb ať již jde o videotelefony, multimediální telefony atd.



Hlavní komponenty sítí VoIP

- koncová zařízení
- analogové a IP telefony
- IP datová síť
- brány k ostatním hlasovým službám
- zařízení pro řízení přenosu
- aplikační servery
- agenti volání

Blíže ke komponentám VoIP

- **brány k ostatním hlasovým službám**, především mezi VoIP sítí a analogovými telefony. V této roli se obvykle používají směrovače, které jsou schopny telefonní signál digitalizovat, komprimovat, paketizovat, směrovat a v plném duplexu pakety v opačném směru zase převádět na analogový signál. Nejjednodušší bránou je zařízení ATA (Analog Telephone Adapter) sloužící k připojení analogového telefonu či faxu k síti VoIP;
- **aplikační servery** poskytující služby používající pro přístup do adresářů a databází služeb jazyka XML;
- **agenti volání** (call agent) slouží pro řízení volání, řízení přidělování pásma, převody adres na telefonní čísla a prevenci před zahlcením.

V terminologii protokolu MGCP (Media Gateway Control Protocol), viz RFC3435, se místo termínu call agent používá termín Media Gateway Controller.

Jako příklad lze uvést Cisco Unified Communications Manager (*CallManager*), který plní v IP síti obdobnou roli, jako pobočkové ústředny PBX v klasické telefonní síti.

Digitální telefony

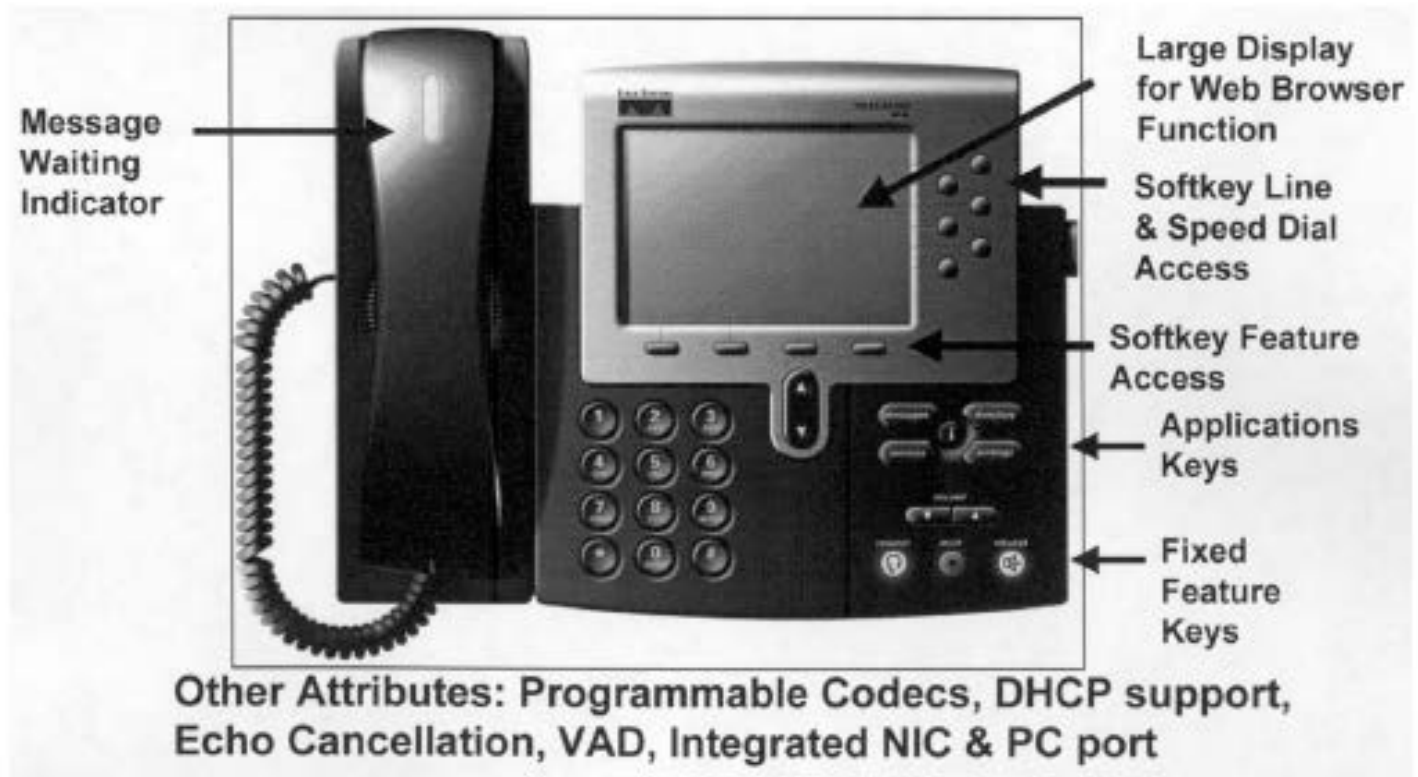
- Proprietární – ISDN 2B+D (proprietarita kvůli D kanálu)
- Integrované USB rozhraní (12 Mb/s)
- ISDN BRI (D kanál je standardizovaný)
- IP telefon – s webovým prohlížečem

Příklady IP telefonů



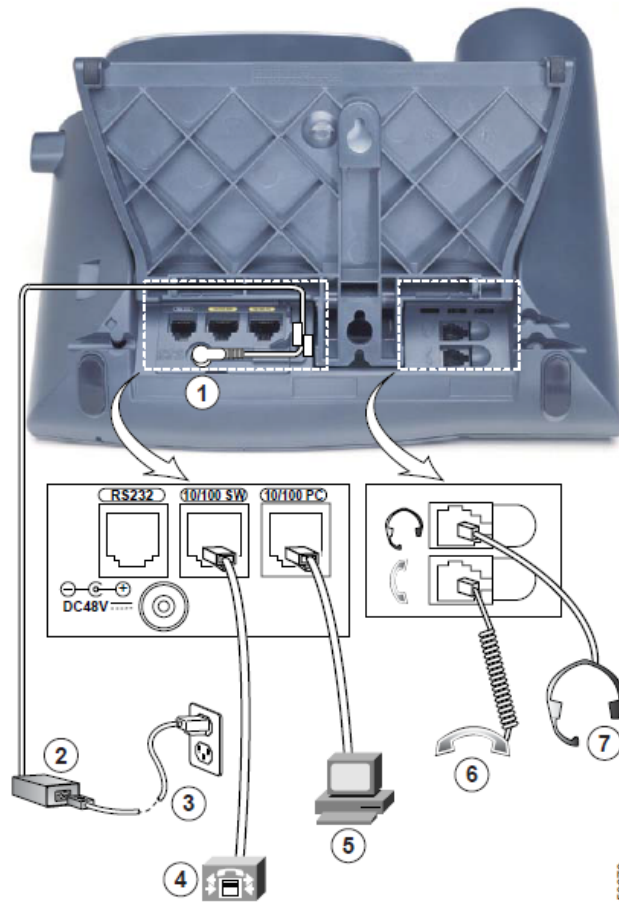
barevný displej
dotykové ovládání obrazovky

Cisco 7960 IP telefon



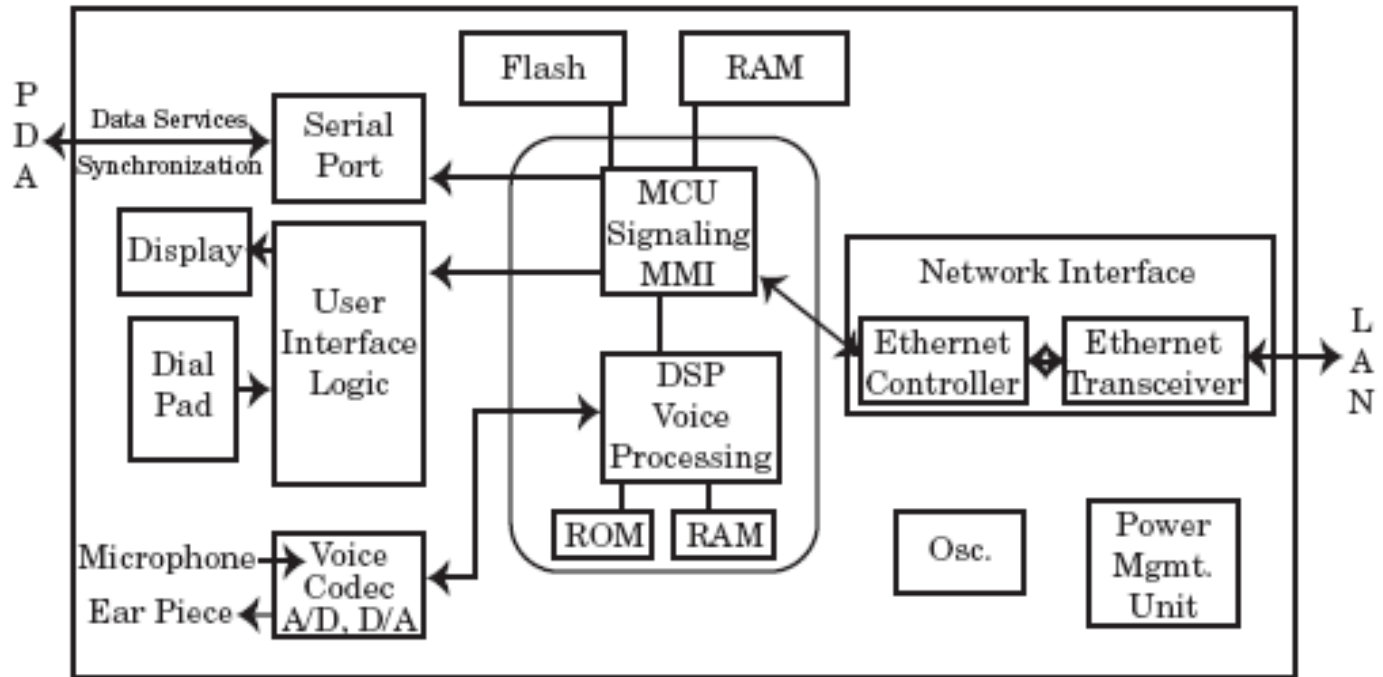
VAD (Voice Activity Detection) – potlačuje přenos klidového signálu (až 35% úspora)

Kabeláž Cisco IP telefonu



1	DC adapter port (DC48V)	5	Access port (10/100 PC)
2	Power supply with AC adapter port plug	6	Handset port
3	Power cable with wall socket plug	7	Headset port
4	Network port (10/100 SW)		

Komponenty IP telefonu

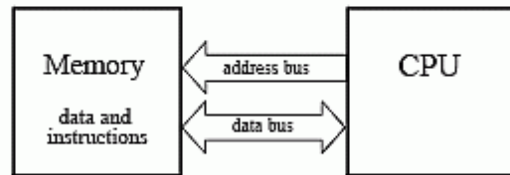


Source: Teleogy Networks

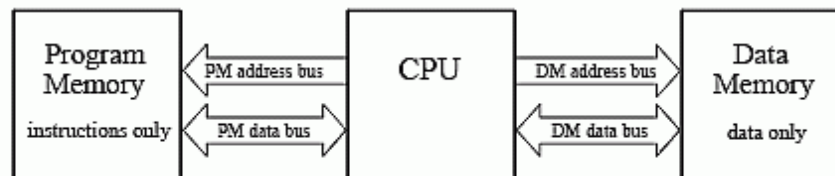
MCU – Multipoint Control Unit) – řídí konferenci 3 či více terminálů. Tvoří ho Multipoint Controller (MC), který určuje, který kodek použít a více či žádný Multipoint Processors (MPs), který mixuje a přepíná.

Jaké známe architektury mikropočítačů

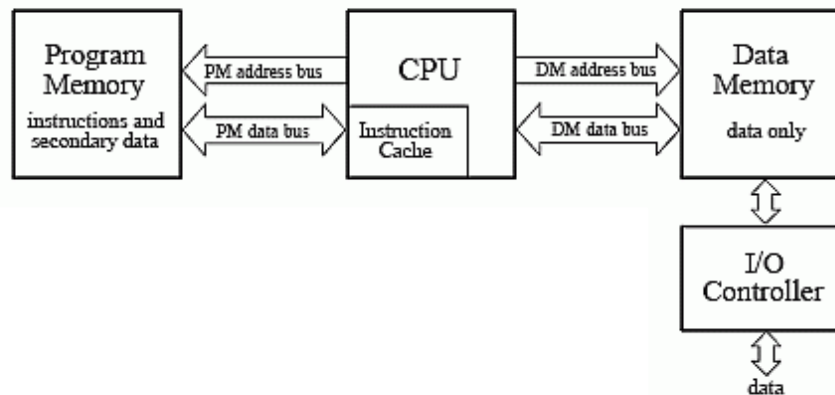
a. Von Neumann Architecture (*single memory*)



b. Harvard Architecture (*dual memory*)



c. Super Harvard Architecture (*dual memory, instruction cache, I/O controller*)



U IP telefonů se používá harvardská architektura

- Počítačová architektura, která fyzicky odděluje paměť programu a dat a jejich spojovací obvody. U harvardské architektury není potřeba mít paměť stejných parametrů a vlastností pro data a pro program. Paměti mohou být naprosto odlišné, mohou mít různou délku slova, časování, technologii a způsob adresování.
- V některých systémech se pro **paměť programu** používá typ paměti ROM (read only memory), přičemž **paměť dat** vyžaduje typ paměti RWM (Read-Write Memory).
- **Dvojitá paměť** umožňuje **paralelní přístup** k oběma paměťem, což zvyšuje rychlost zpracování. Umístění programu v paměti ROM může významně přispět k **bezpečnosti** systému (program nelze modifikovat).
- Harvardská architektura se používá mj. ve specializovaných DSP (digital signal processor) procesorech, obvykle v audio/video technice.

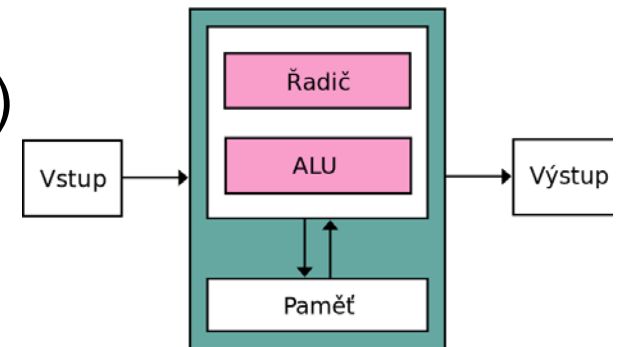
Stručně řešeno

Von Neumannova architektura (sekvenční)
stejná paměť pro data a program

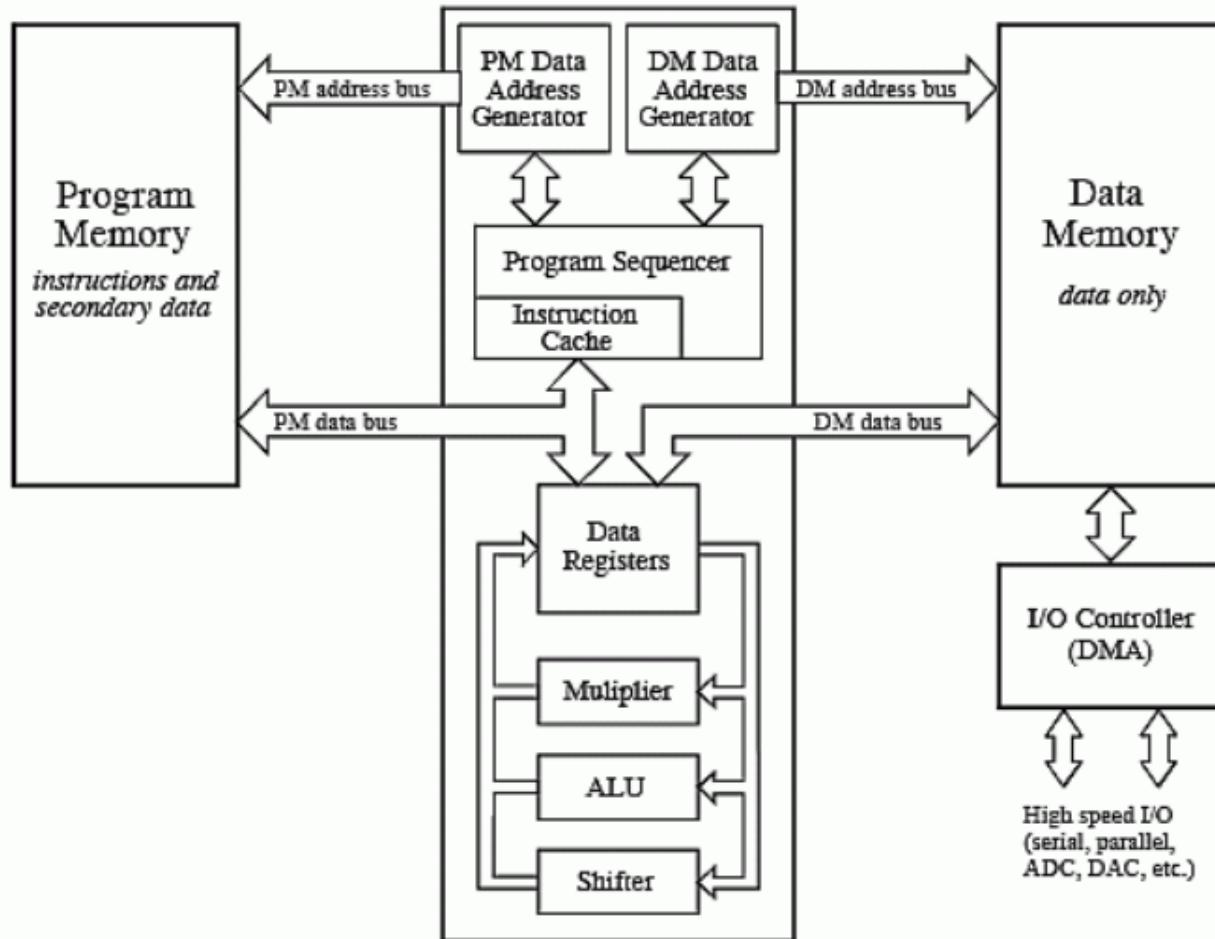
Harvardská architektura (paralelní)
odlišná paměť pro data a program

Modifikovaná Harvardská architektura

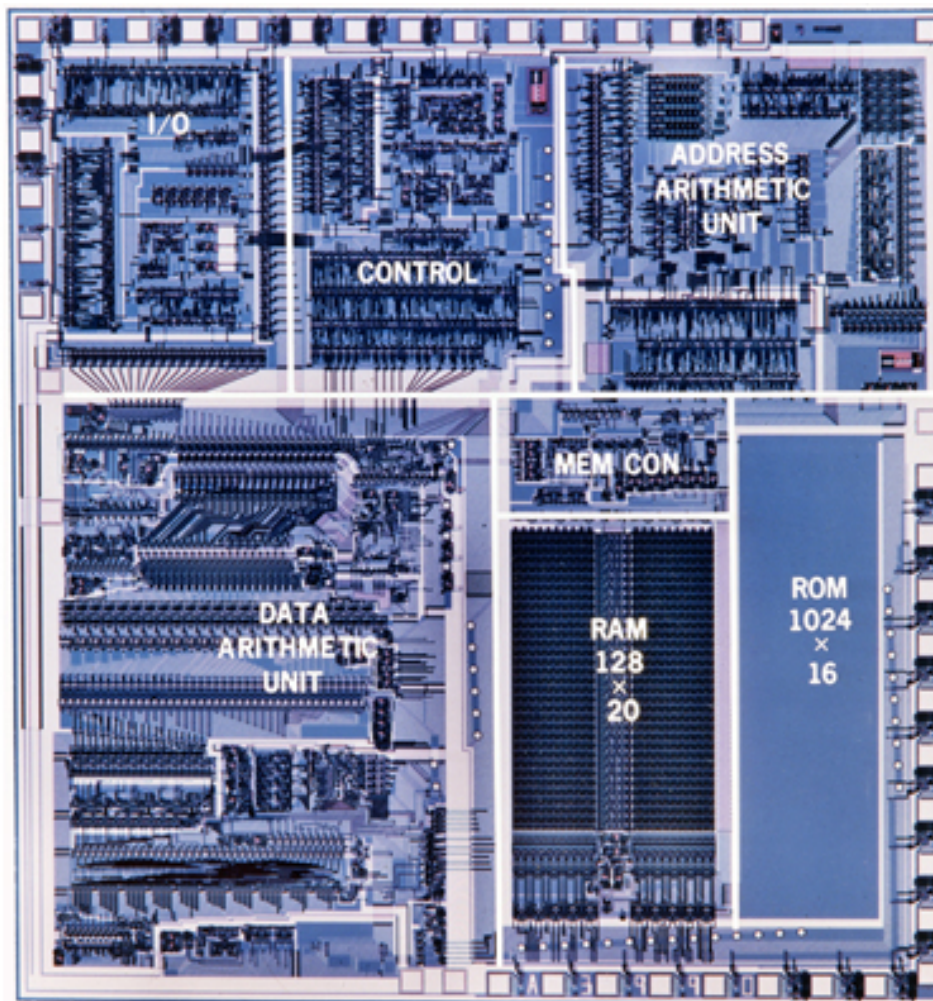
Kombinuje funkce Harvardské architektury a von Neumannovy architektury. Byla sice oddělena paměť dat a paměť programu, využívají však společná data a adresovou sběrnici. Architektura tak umožňuje snadný přenos dat mezi rozdělenými paměťmi. Umožňuje zacházet s instrukcemi jako s daty, tj. přenést část kódu do paměti dat.



Příklad DSP



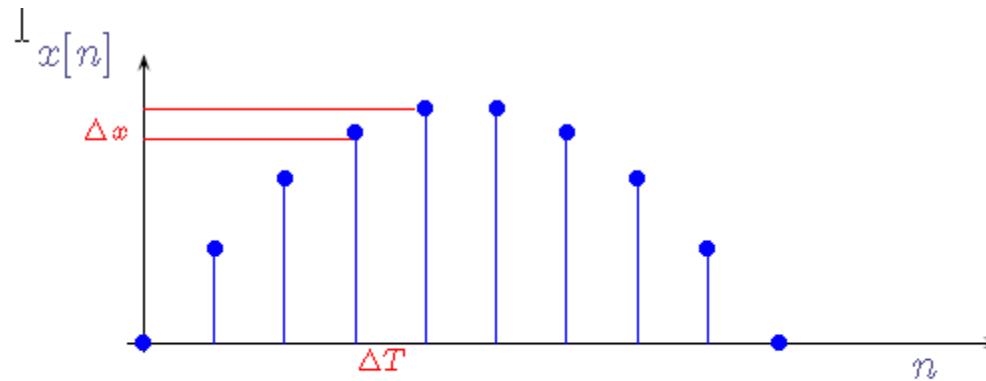
Příklad DSP



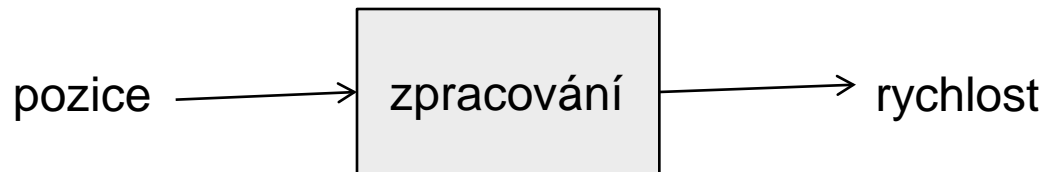
Digital signal processor (DSP)

1. generace: Harvardská místo von Neumannovy architektury speciální instrukce (load-and-accumulate, multiple-and-accumulate) 1983
2. generace Tři paměti pro práci se dvěma operandy
3. generace Aplikačně specifické obvody nebo koprocesory
4. generace Přidání SIMD (Single instruction, multiple data) pro paralelismus a instrukční sady MMX (MultiMedia eXtension), VLIW (Very long instruction word) instrukce se vykonávají i mimo pořadí, paralelní vykonávání instrukcí je určeno pro kompilaci, superskalární architektura (více instrukcí během cyklu hodin) používaná např. pro Cray MAC

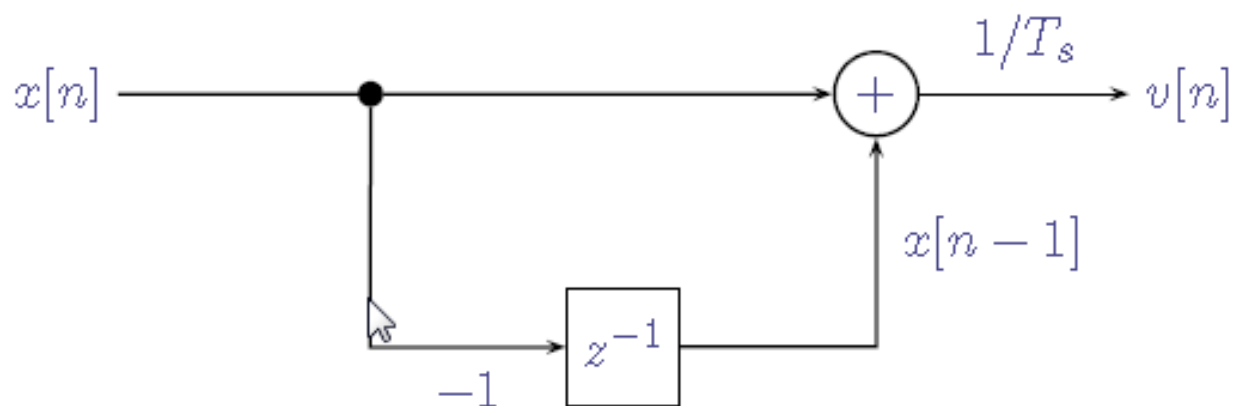
Rychlostní filtr



$$v[n] = (x[n] - x[n - 1]) / T_s$$



Co je uvnitř rychlostního filtru



Zpoždovací členy, násobičky, sčítací obvody

Funkce VoIP

Signalizace – výměna informace pro řízení spojení: navázání, monitorování a uvolnění spojení. Protokoly jsou dvojího typu

- **peer-to-peer** (H.323, SIP) – koncová zařízení (nebo brány) mají potřebnou inteligenci k inicializaci a ukončování spojení a interpretaci zpráv řízení volání.
- **klient-server** (SCCP, MGCP, H.248). Koncové zařízení či brána neobsahují inteligenci pro řízení, události oznamují agentovi volání a ten odpoví, co dělat.

Řízení nosných služeb (bearer) – vyhrazení kanálu, zrušení vyhrazení kanálu.

Databázové služby – přístup k fakturačním informacím, doručování jména volajícího CNAM (calling NAME) – pro zobrazení jména volajícího, bezplatná čísla, předem nahrané zprávy v určený čas, služba převodu faxu na e-mail.

Kodeky (nejrozšířenější je G.729, který komprimuje na 8 kb/s).

Signalizační protokoly

MGCP (Media Gateway Control Protocol). RFC 2705, 3435, 3660, 3661.

Zajišťuje centrální správu bran (např. JTS a VoIP).

Příkazy jsou v podobě prostého textu odesílaného prostřednictvím portu 2427 UDP.

H.323 – norma specifikující komponenty, protokoly, postupy zajišťující multimediální komunikační služby. Je součástí skupiny doporučení ITU-T H.32x (s H.320 pro ISDN, H.324 pro PSTN/Wireless, H.321 pro ATM atd.).

První verze z r. **1996** byla pro Ethernet. Od v2 rámec pro vývoj aplikačních služeb.

SIP (Session Initiation Protocol) – vyvinutý pracovní skupinou MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) v rámci IETF (Internet Engineering Task Force) **1999** RFC 2543, 2002 RFC 3261, 2003 RFC 3665

Textové zprávy s kódováním znaků ASCII umožňují snadnou implementaci.

SCCP (Skinny Client Control Protocol) – proprietární protokol Cisco.

Jakákoliv událost (např. zvednutí sluchátka) způsobí poslání zprávy do CUCM.

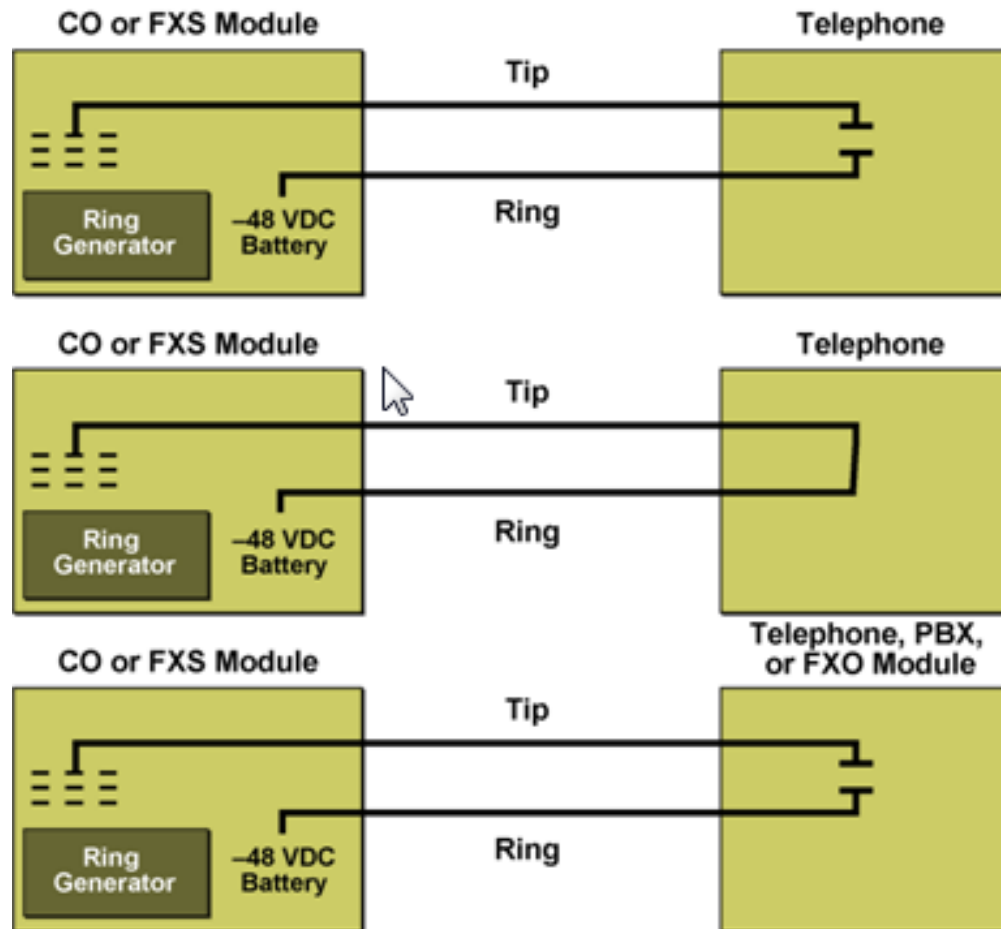
Proprietárnost umožňuje svižné přidávání funkcí.

Opakování

1. Co jsou nosné služby klasické telefonie?
2. Co je to DTMF a co je CLIP?
3. Co je to FLASH?
4. K čemu slouží signalizace U?
5. 4. Co je to jeden Erlang?
6. Co je to GoS?
7. Kolikadrátová je signalizace E&M?
8. Jaký je vztah mezi kvantováním a vzorkováním?
9. Jak se dospělo ke klasickému pásmu pro hovor 64 kb/s?
10. V čem spočívá rozdíl mezi tradičním hlasovým a IP provozem?
11. Jaká je rychlost T1 a E1?
12. Jaké jsou hlavní komponenty sítí VoIP?
13. Jaké znáte komponenty IP telefonu?
14. Jaký je rozdíl mezi in-band a out-band kanály?
15. Jaká znáte rozhraní?
16. Pomocí kterého z nich připojujete IP telefon?

Zvednutí a položení sluchátka

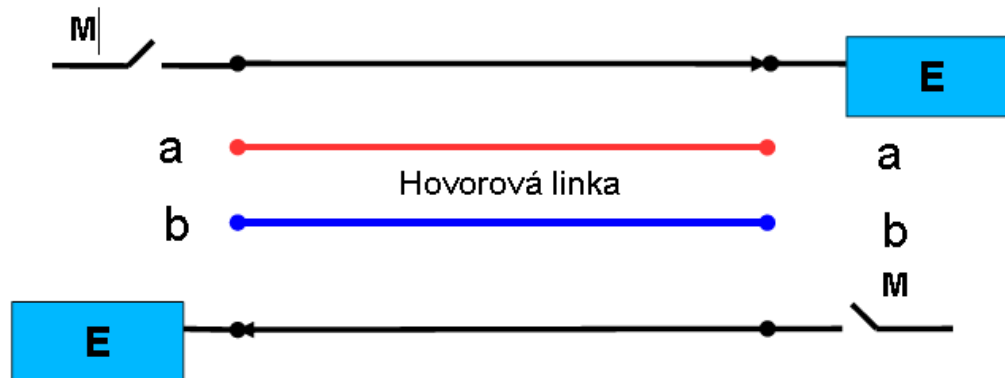
Co je to za signalizaci?



Popište signalizaci E & M

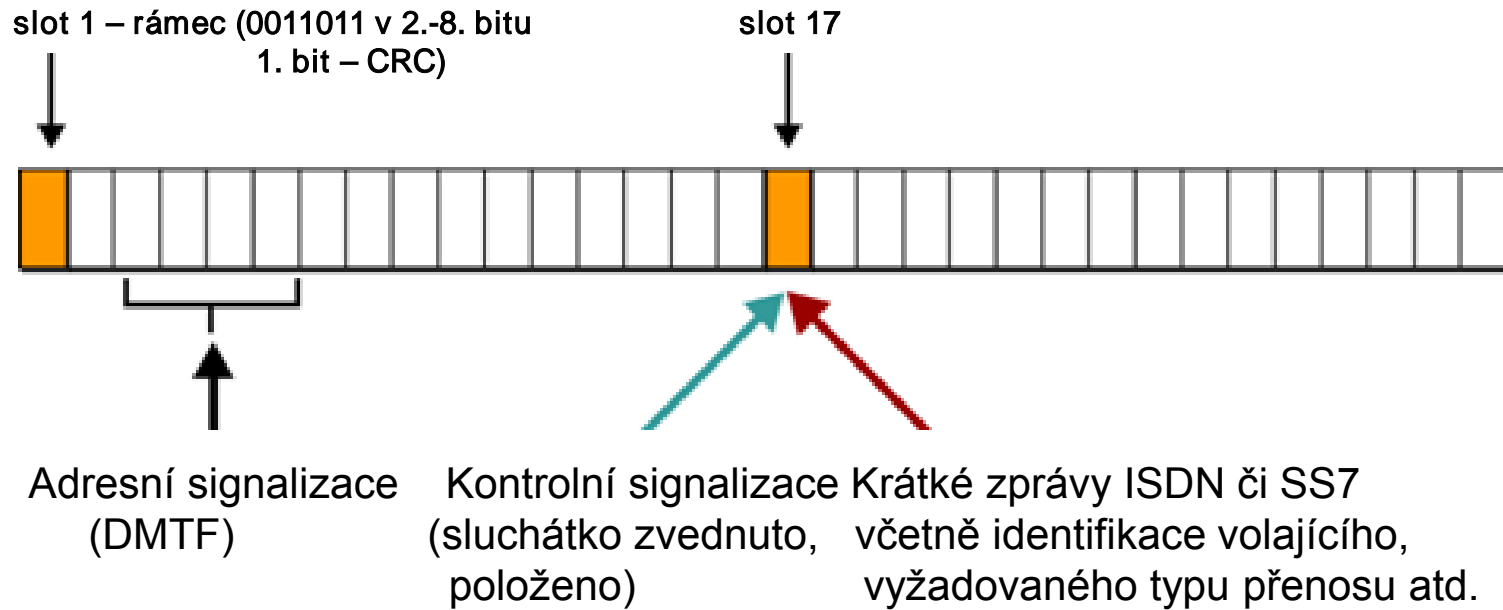
Signalizace E&M (Ear & Mouth)

- Síťová signalizace pro příčky
- Čtyř nebo šestidrátová (E, M, a, b, a, b)
- Trvalá nebo impulzní
- Mnoho variant (míra upovídání)
- Potvrzování příkazů z opačné strany



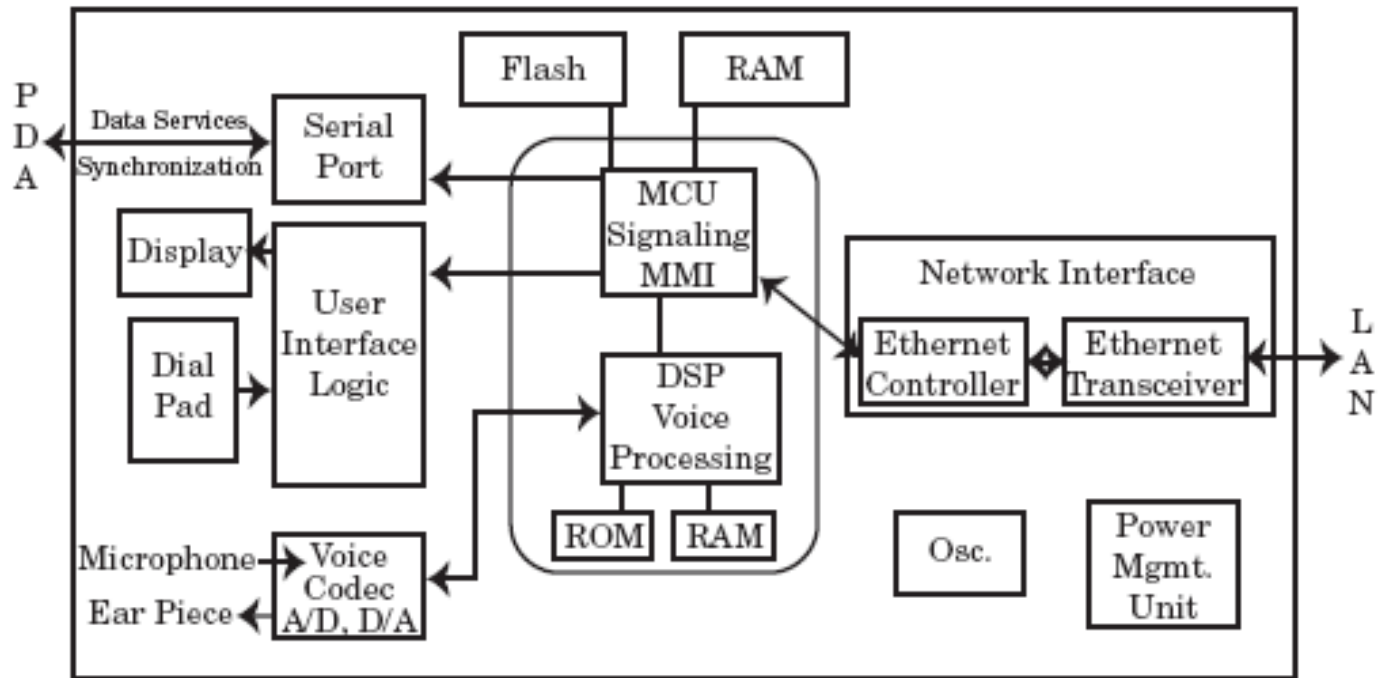
Nakreslete formát signalizace E1

Formát signalizace E1



Z jakých komponent se skládá IP telefon?

Komponenty IP telefonu



Source: Teleogy Networks

MCU – Multipoint Control Unit) – řídí konferenci 3 či více terminálů. Tvoří ho Multipoint Controller (MC), který určuje, který kodek použít a více či žádný Multipoint Processors (MPs), který mixuje a přepíná.

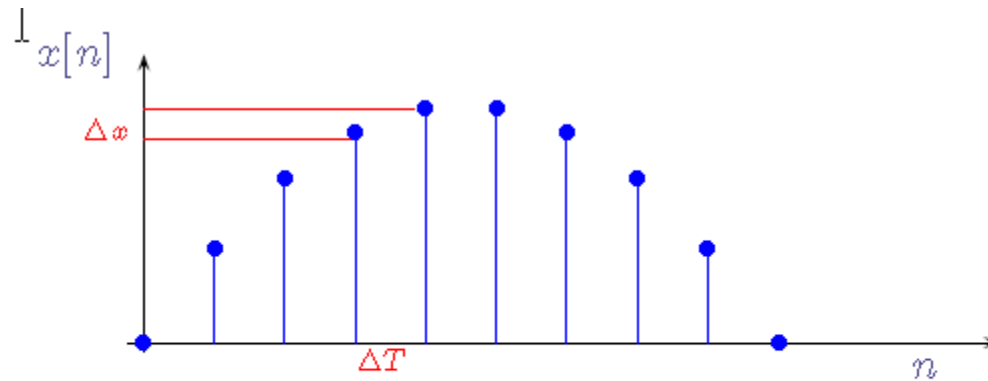
Co bylo přidáno do 4. generace DSP

Digital signal processor (DSP)

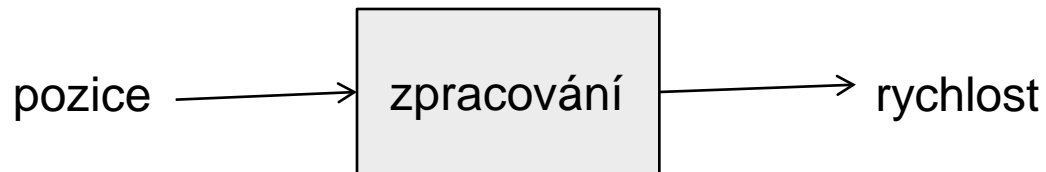
- SIMD (Single instruction, multiple data) pro paralerismus, paralelní vykonávání instrukcí je určeno při kompilaci
- instrukční sada MMX (MultiMedia eXtension) s VLIW (Very long instruction word) instrukce se vykonávají i mimo pořadí

K čemu slouží rychlostní filtr?

Rychlostní filtr

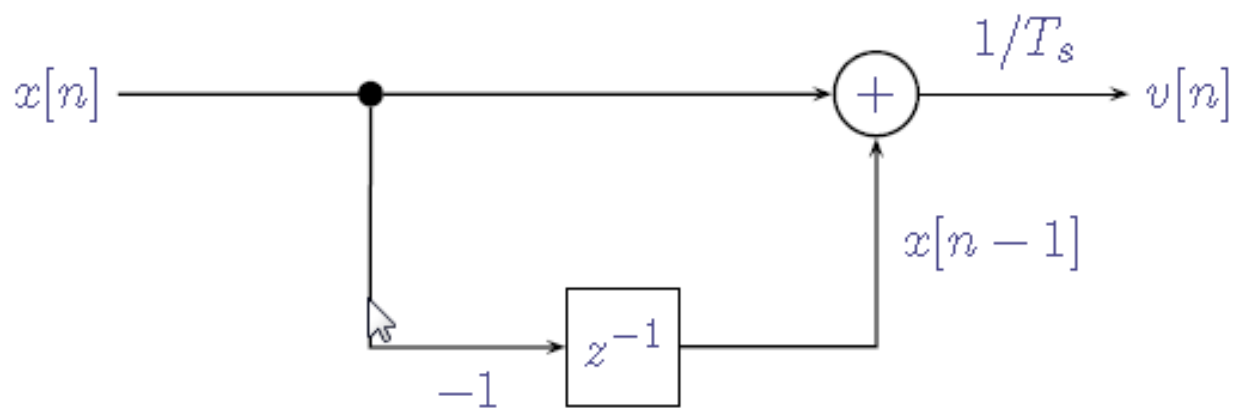


$$v[n] = (x[n] - x[n - 1]) / T_s$$



Co je uvnitř rychlostního filtru?

Co je uvnitř rychlostního filtru



Zpoždovací členy, násobičky, sčítací obvody