

# 11. přednáška

---

## **Měření kvality služby v IP telefonii**

# Co byste měli být schopni

---

- Vysvětlit, proč je QoS pro sítě VoIP zásadní
- Rozlišit řízení zabezpečení od předcházení zahlcení
- Popsat, jak omezit šířku pásma používanou určitými typy provozu
- Určit strategii pro maximalizaci dostupné šířky pásma sítě WAN pro provoz VoIP

# Obsah

---

1. Co a čím měříme
2. Jak vyhodnocujeme
3. Čím vyhodnocujeme
4. Diagnostika problémů

---

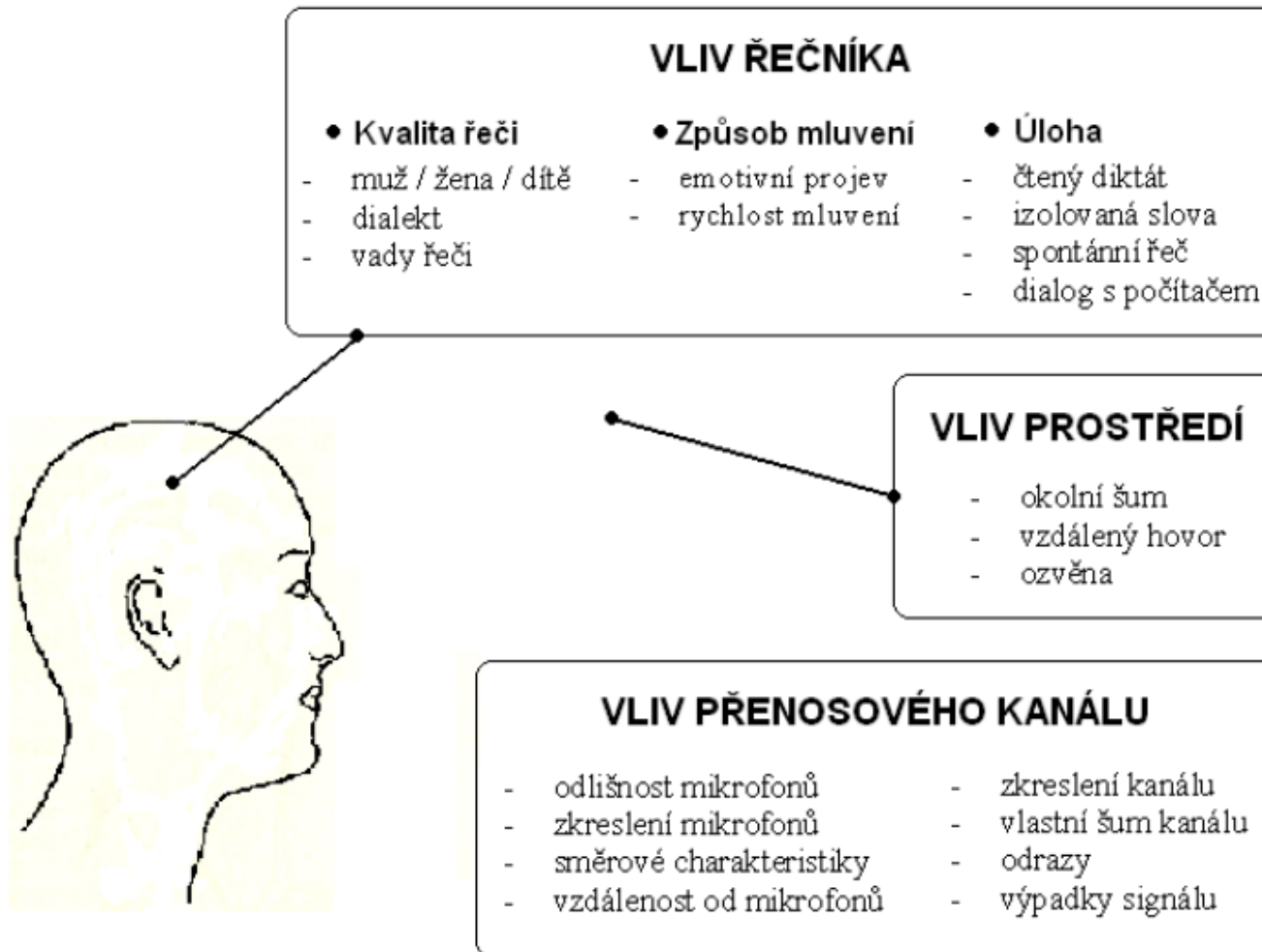
# 1. Co a čím měříme

# Co zatěžuje kvalitu služby

---

- Zpoždění
- Časová nestabilita, kolísání velikosti zpoždění paketů při průchodu sítí (angl. jitter) způsobující zrychlování a zpoždování v hovoru, případně mezery v hovoru
- Zahazování paketů v důsledku zahlcení vyrovnávacích pamětí
- Kódování a dekódování

# Vlivy ovlivňující kvalitu řečového signálu



# Specifika VoIP

---

- Čas: do 150 ms
- Zpožděné pakety se ignorují
- Dopady výpadků: zdrcující
- Uživatelé: Kdokoliv
- Komplexnost: velmi velká
- Podpora: přes všechny organizace

# Příklad nabídky CoS v závislosti na parametrech služby

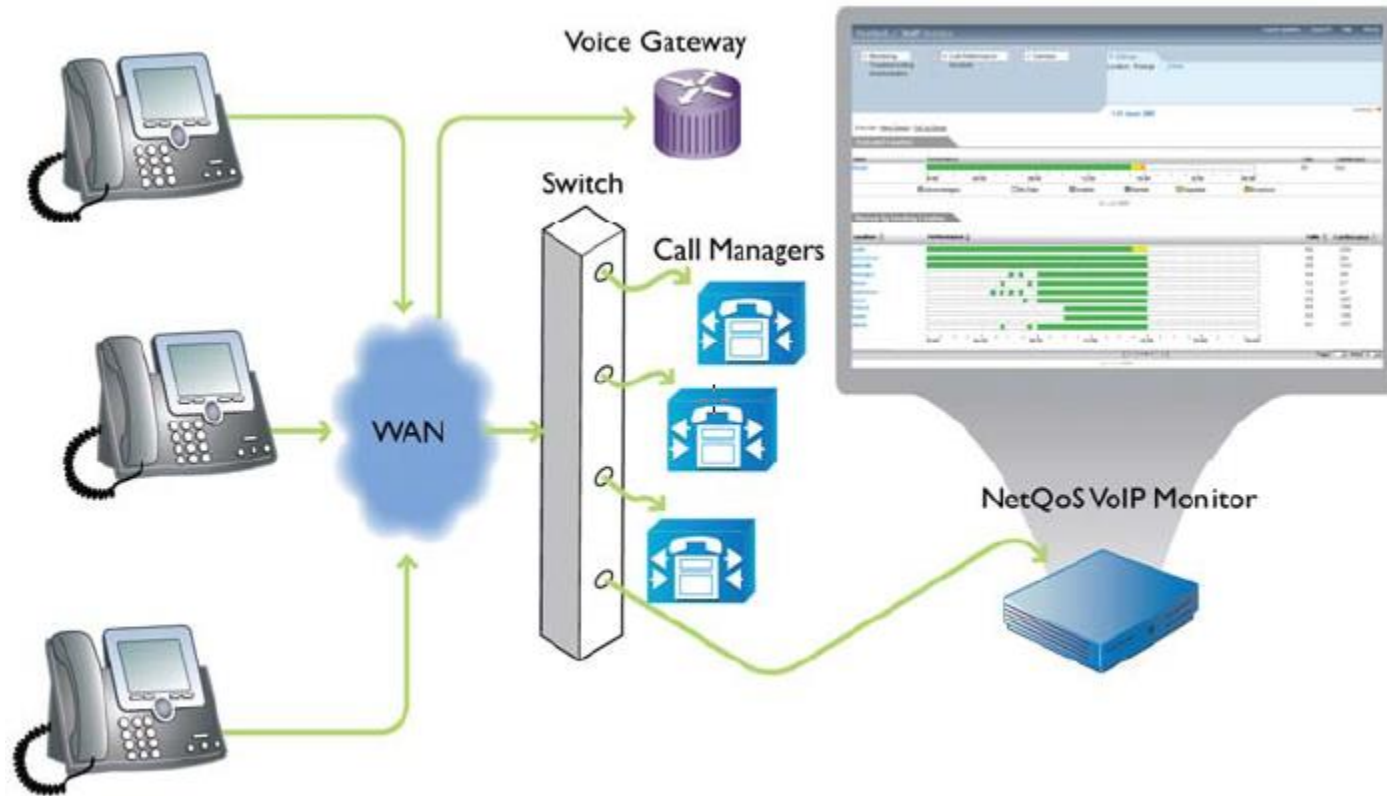
MPLS Service Performance Guarantees (US Domestic Traffic)							
AT&T Enhanced VPN Service <sup>1</sup>				Verizon Business Private IP Service			
Service Class	Performance Parameters			Service Class	Performance Parameters		
	Jitter	Delay (Round Trip)	Packet Delivery		Jitter	Delay <sup>2</sup> (Round Trip)	Packet Delivery
CoS 1	<9 msec	<104 msec	99.9%	Real Time/ Voice	<5 msec	<100 msec	99.995%
CoS 2	Not Applicable	<108 msec	99.9%	Assured Forwarding <sup>3</sup>	Not Applicable	<100 msec	99.99%
CoS 3	Not Applicable	<120 msec	99.8%				
CoS 4	Not Applicable	Not Applicable	Not Applicable	Best Effort	<5 msec	<100 msec	99.995%

<sup>1</sup>- AT&T's SLA targets are defined end-to-end, and are applicable to USA Eastern region to USA Western region. They assume T1 access connections at each end point with tail circuits within 250km.  
<sup>2</sup>- Verizon Business computes round trip delay from provider edge to provider edge, so it is not directly comparable to AT&T's delay performance  
<sup>3</sup>- Verizon Business actually defines three sub-categories within the Assured Forwarding class, but they all provide the same delay and packet delivery parameters.

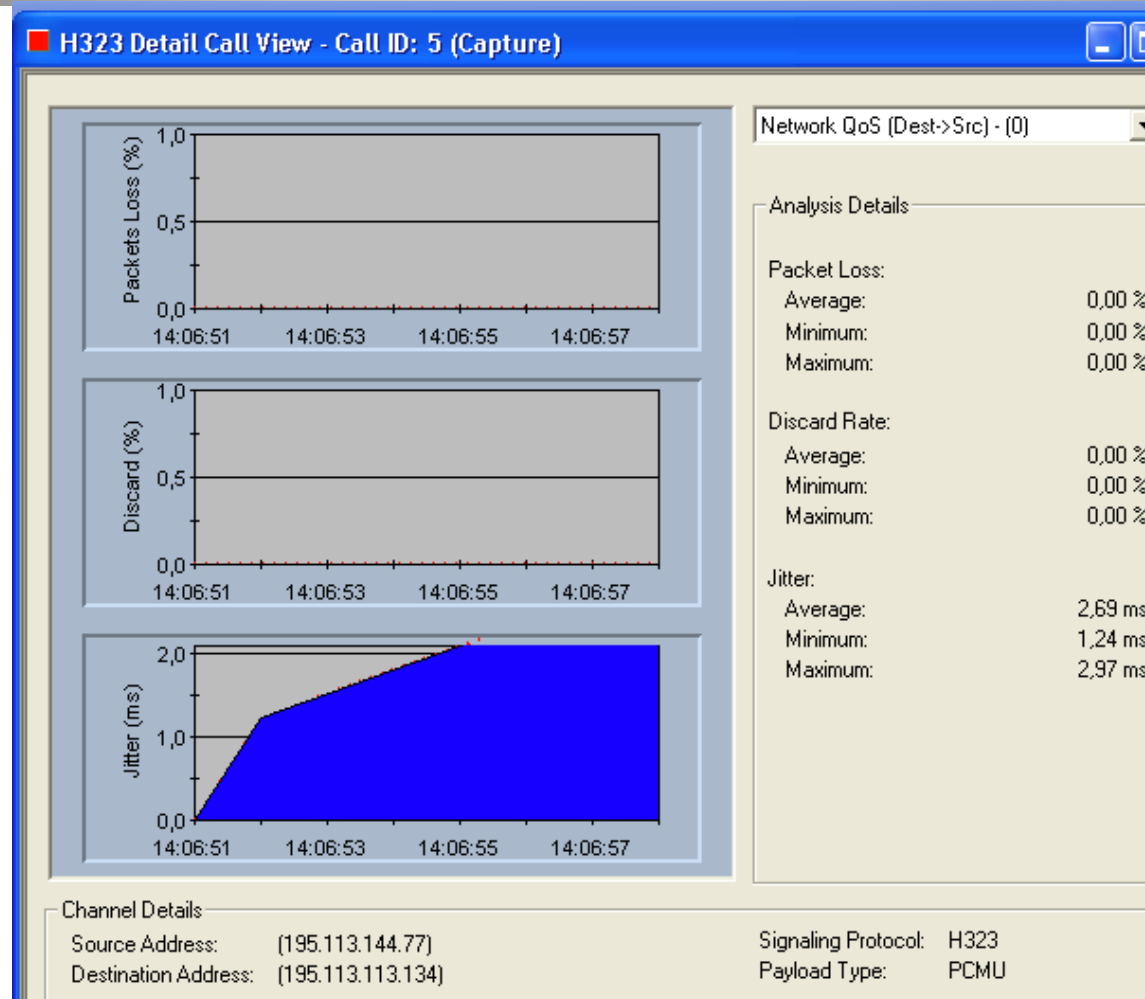


# Jak ale parametry služby naměříme?

## Příklad: NetQoS VoIP monitor








# Surveyor



# Observer

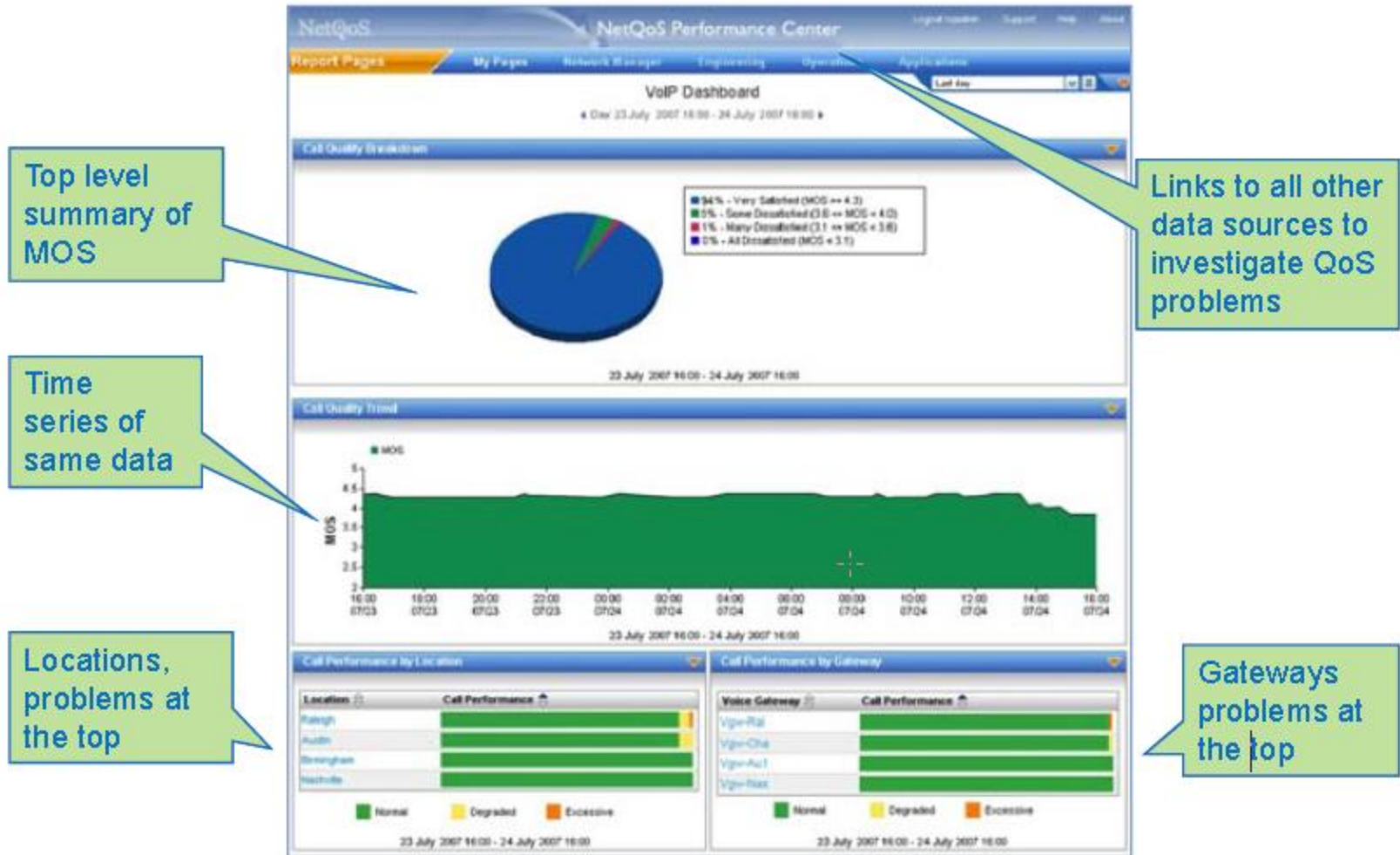
Měření hodnot, sestavy QoS, expertní hloubková analýza, agregované statistiky, predikce

ID / Stream	Station 1 / Port	Station 2 / Port	Status
→ RTP	20012	33000	
 1769786691-277	207.218.140.178		Closed
 Zultys MX250 - "Dev4"	207.218.140.178	207.218.141.123	Closed
← SIP/SDP	5060	5060	
→ SIP/SDP	5060	5060	
 Connection 3	207.218.141.123	207.218.141.125	Closed
← RTP	33000	33000	
→ RTP	33000	33000	
← RTCP	33001	33001	
→ RTCP	33001	33001	
 1930103421-277	207.218.140.178		Closed
 Zultys MX250 - "Dev4"	207.218.140.178	207.218.141.123	Closed

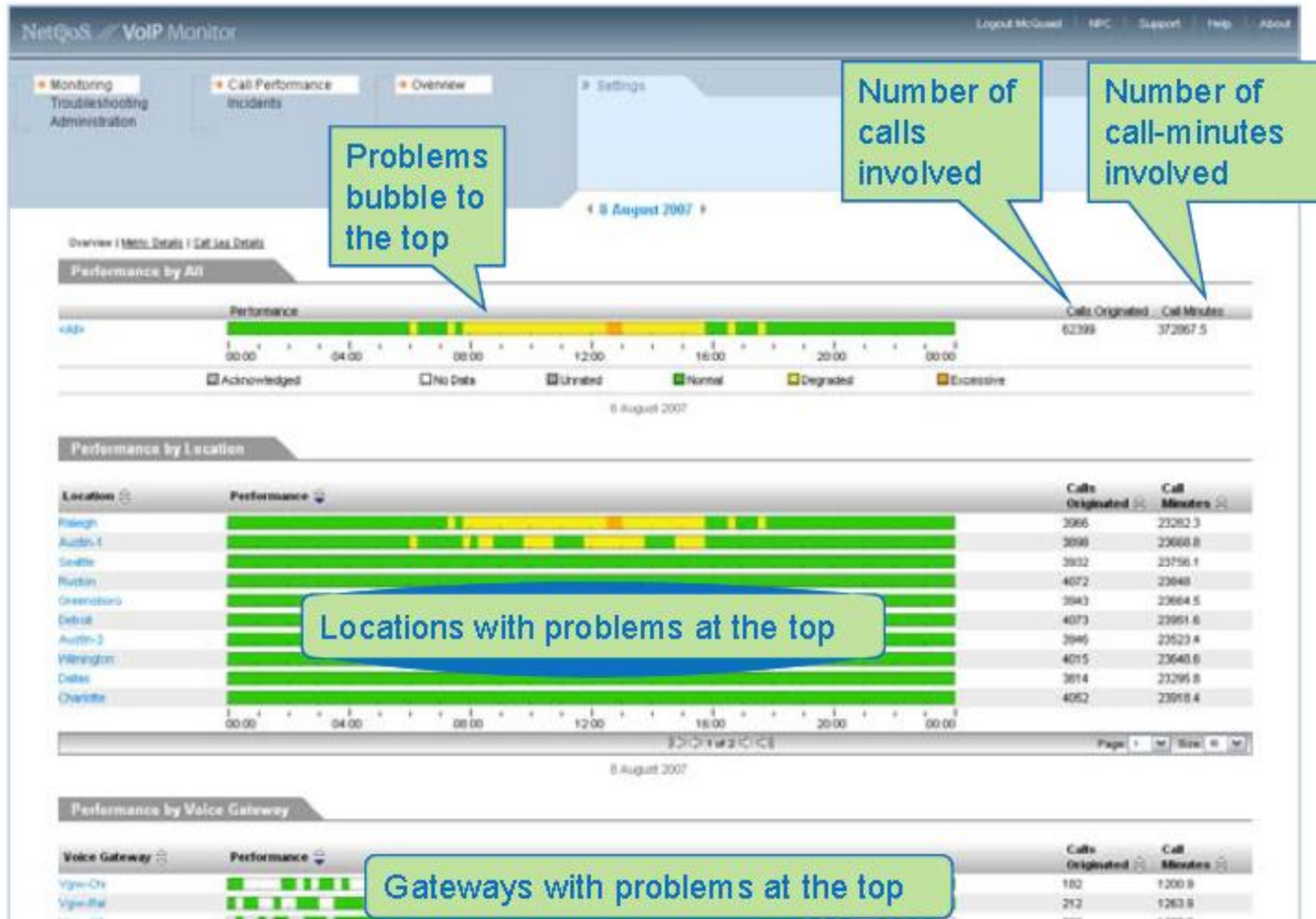
# Observer – čtení zpráv NetFlow agentů



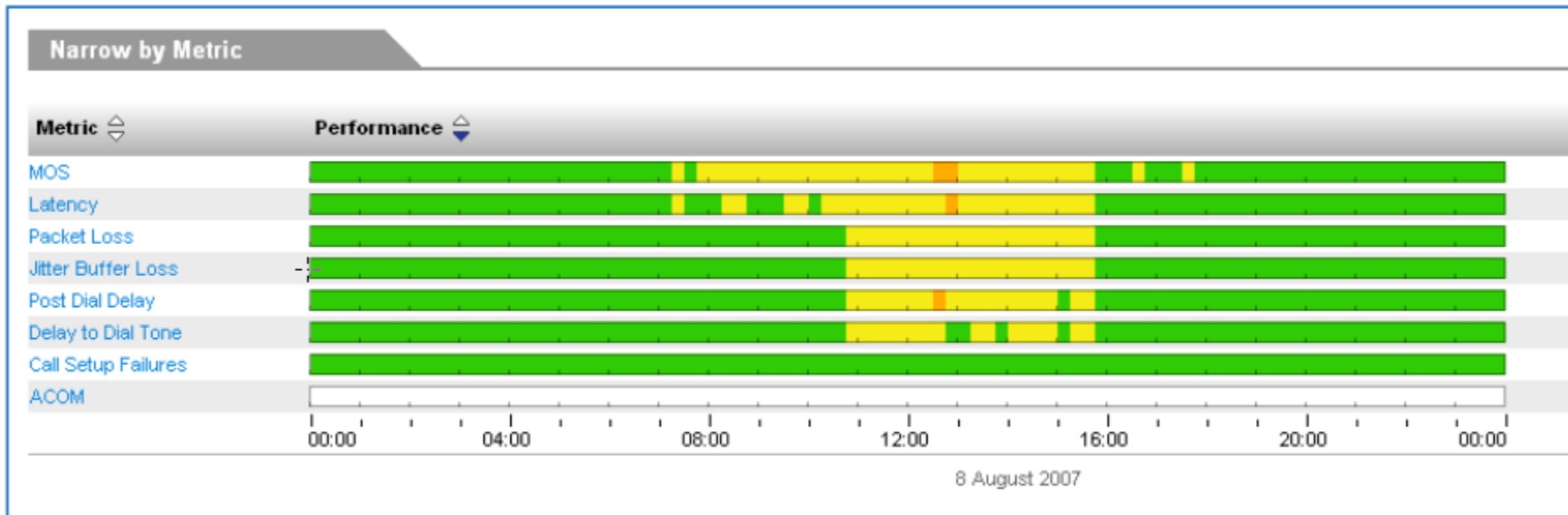
# Ukázka lokalizace problému



# Ukázka lokalizace problému



# Co měříme

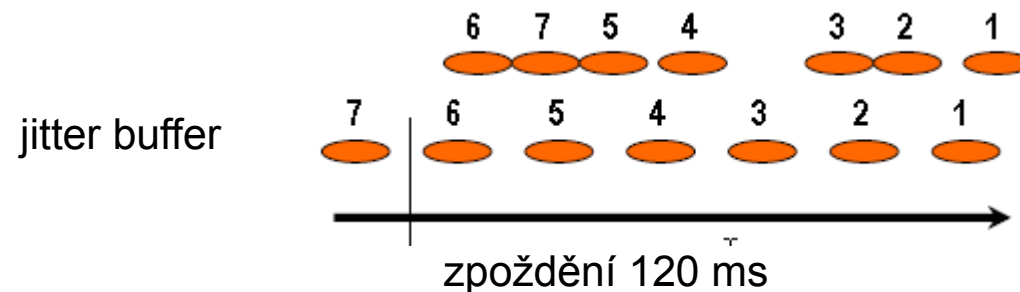
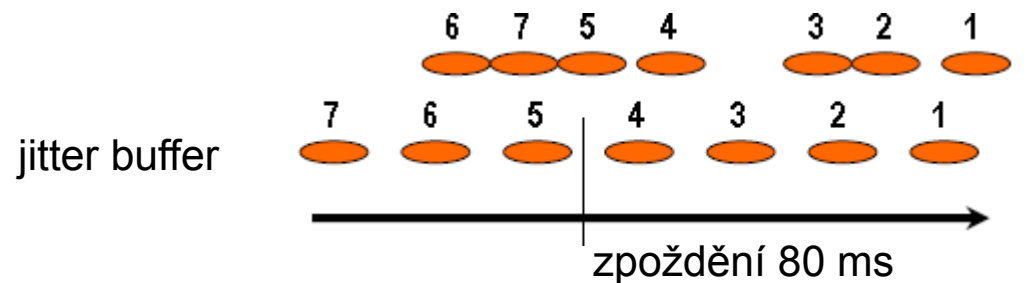


# Rozkmit (jitter)

Volající: kodek G.711 generuje bloky 10 ms, dva vytvoří paket 20 ms

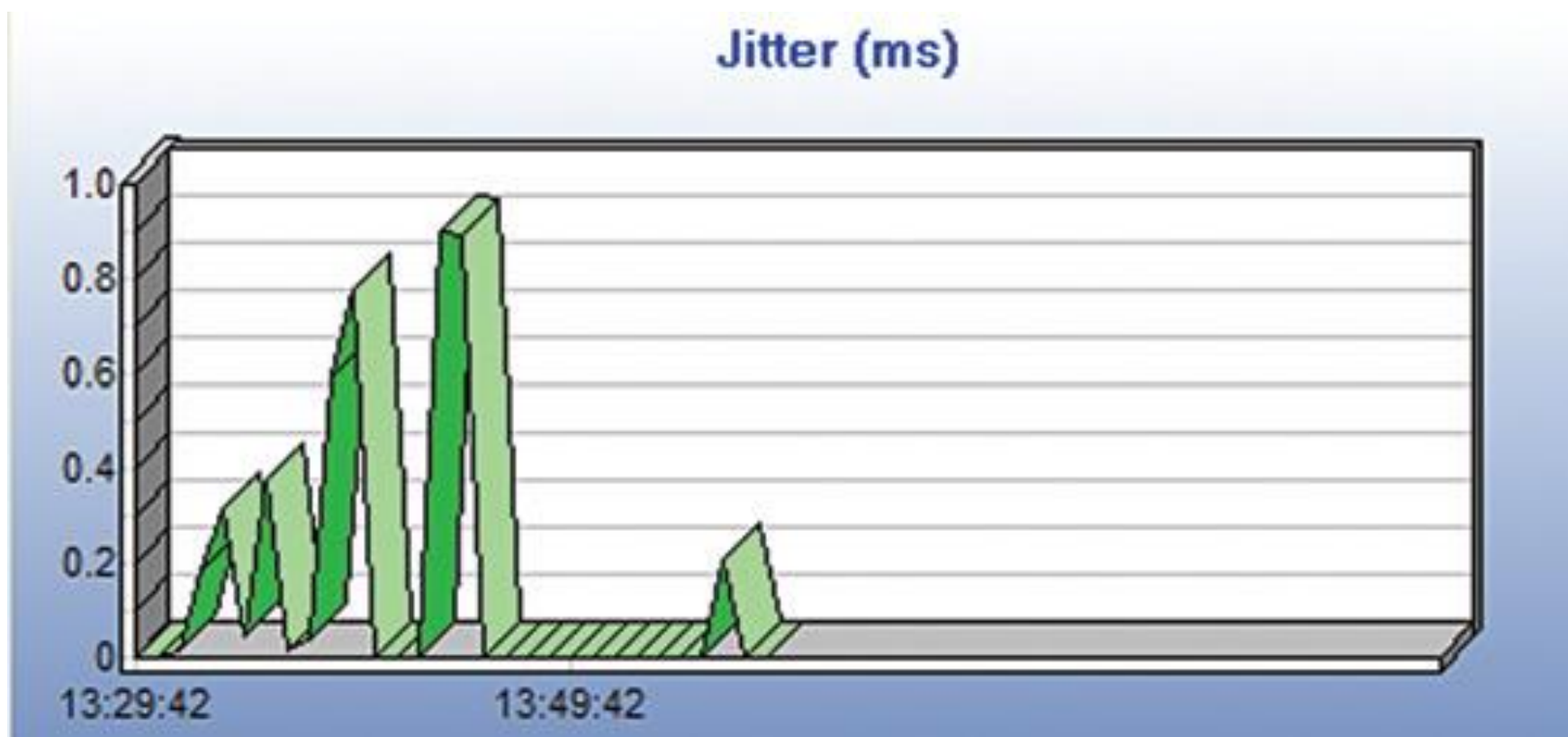
Volaný je dává do „jitter buffer“ vyhlazuje problémy s jitter, na druhé straně způsobuje zpoždění. Je zde problém optimální délky bufferu (optimalizace výkonu při minimalizaci zpoždění).

Konverzace: dva nezávislé procesy.





# Jitter měřený na Observeru

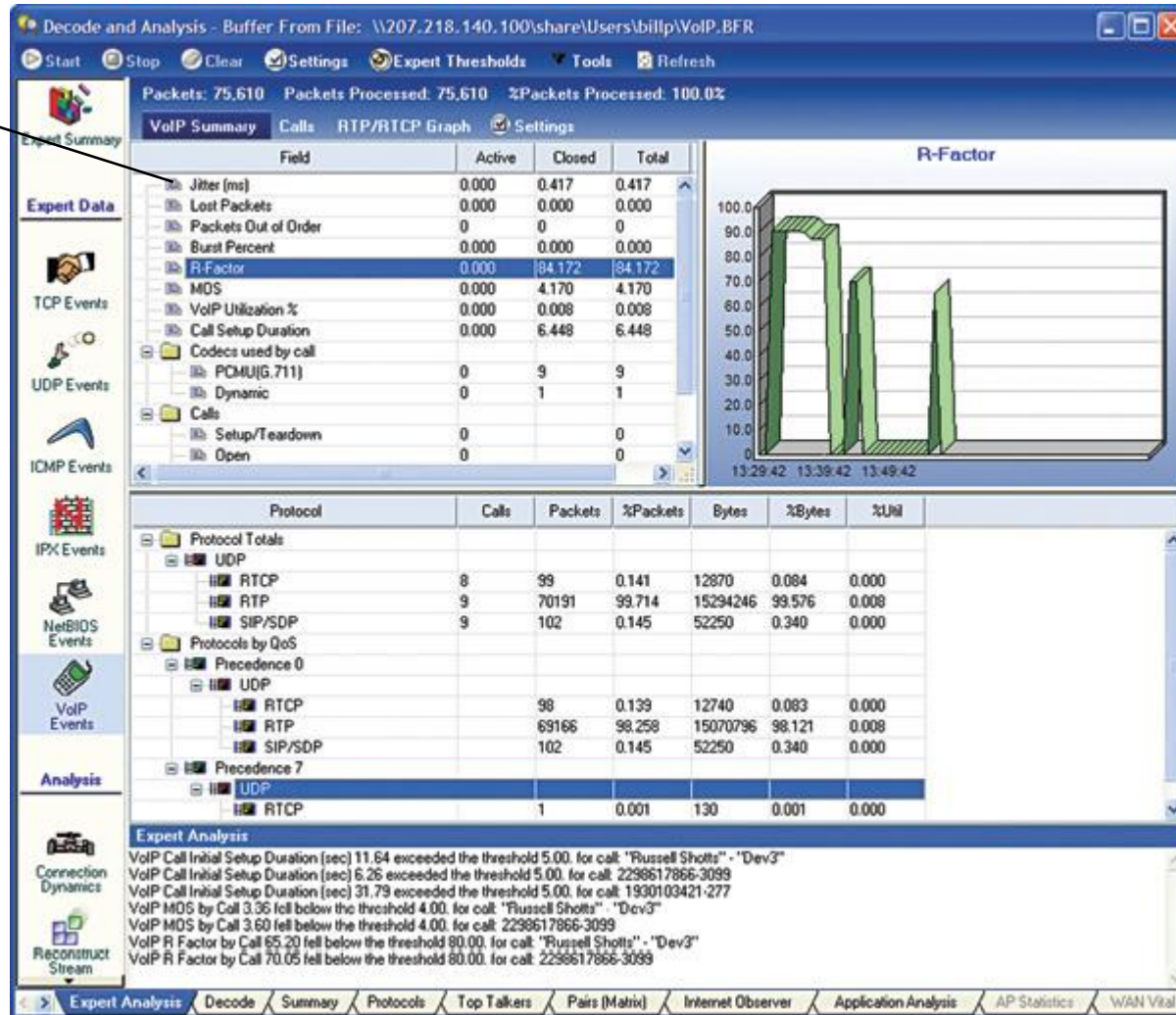


# Jitter individuálně mapovaný na Observeru



# Jitter– agregované hodnoty měřené na Observeru

Agregované hodnoty



# Ztráta paketu

Jeden paket 20 ms, 5 paketů sekunda.

Lze přehrát celý nebo část předchozího resp. následujícího paketu.

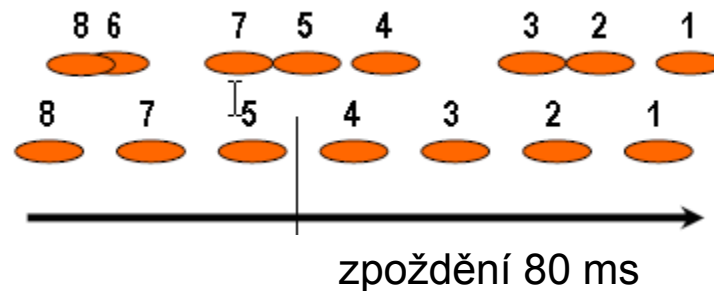
Důvody ztráty paketu: - zahlcení (např. u sítí FR),

- přetečení fronty (bráníme prioritou),

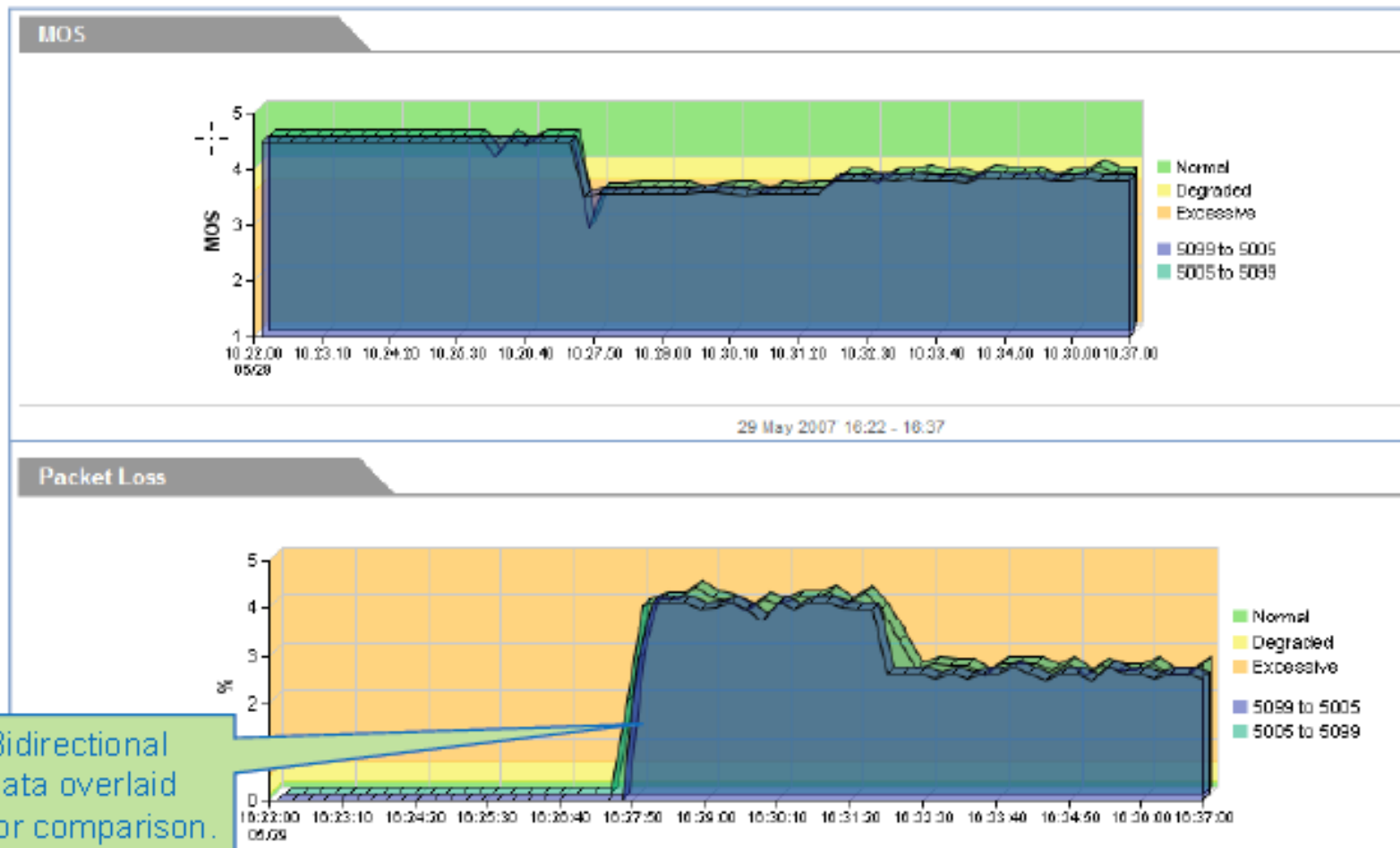
- přetečení bufferu

- odlišná rychlost vysílajícího a přijímajícího portu

Příklad: paket pozdě a mimo pořadí:



# Měření ztráty paketů



# Zpoždění

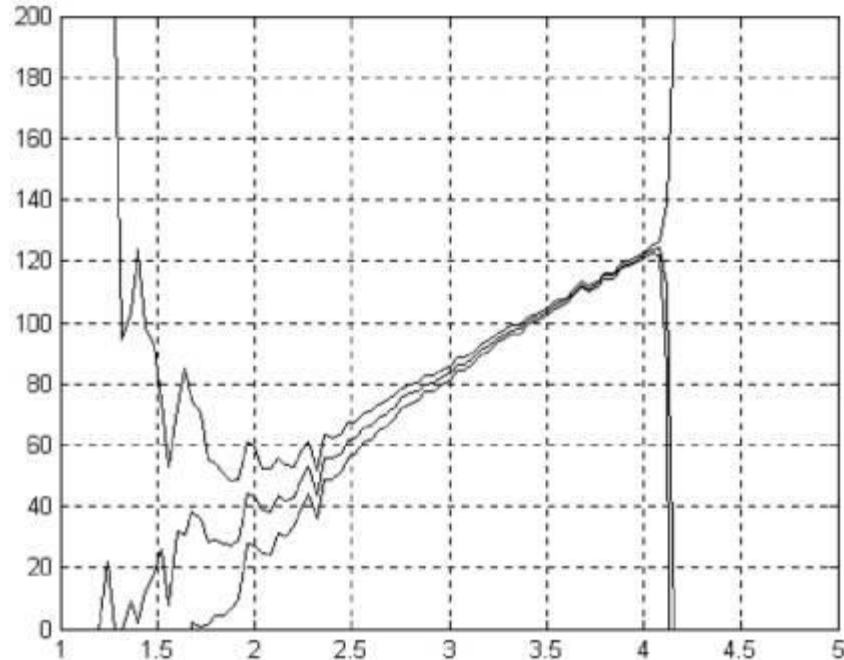
<b>Zpoždění při G.729 (8 kb/s)</b>	
vzorkování	0,1
kódování	17,5
paketizace	20
výstupní fronta	0,5
přístup na linku	10
směrování	x
přístup na linku	10
vstupní fronta	0,5
jitter buffer	60
dekódování	2
hlasové zařízení	0,5
<b>Celkem</b>	<b>121 + x</b>

Nejhůře se měří:

- vzorkované
- syntetické (generující umělý provoz)  
(oba způsoby s NTP)

# Měření závislosti doby hovoru na MOS

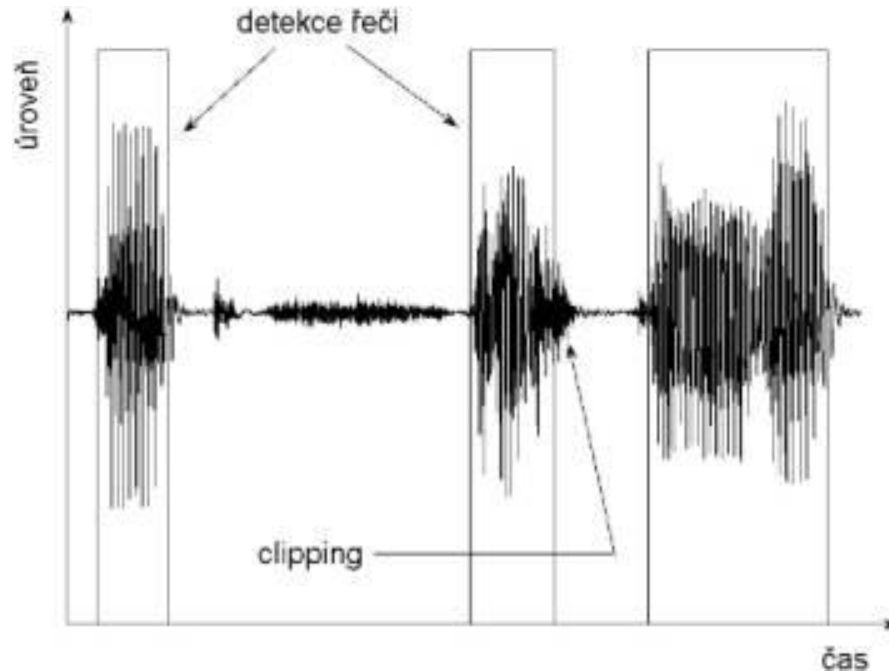
Příklad závislosti doby hovoru (svislá osa, sekundy) na průměrné kvalitě přenášeného hlasu během spojení (vodorovná osa, MOS). Vlastní závislost (prostřední křivka) je ohraničena křivkami 95% konfidenčních mezí.



# Detailní časová analýza

Součástí IP telefonů (i většiny mobilních) je detektor řečové aktivity VAD (Voice Activity Detektor). Jde o zařízení, které vyhodnocuje, zda účastník hovoří nebo je v hovoru pauza a tudíž není zapotřebí přenášet signál. Tímto lze uspořit až 50 % přeneseného objemu dat (hovoří většinou jeden z účastníků, není tedy zapotřebí přenášet hlas nepřetržitě oběma směry). To přináší úsporu energie, omezení vyzařování mobilní stanice a snížení zatížení sítě.

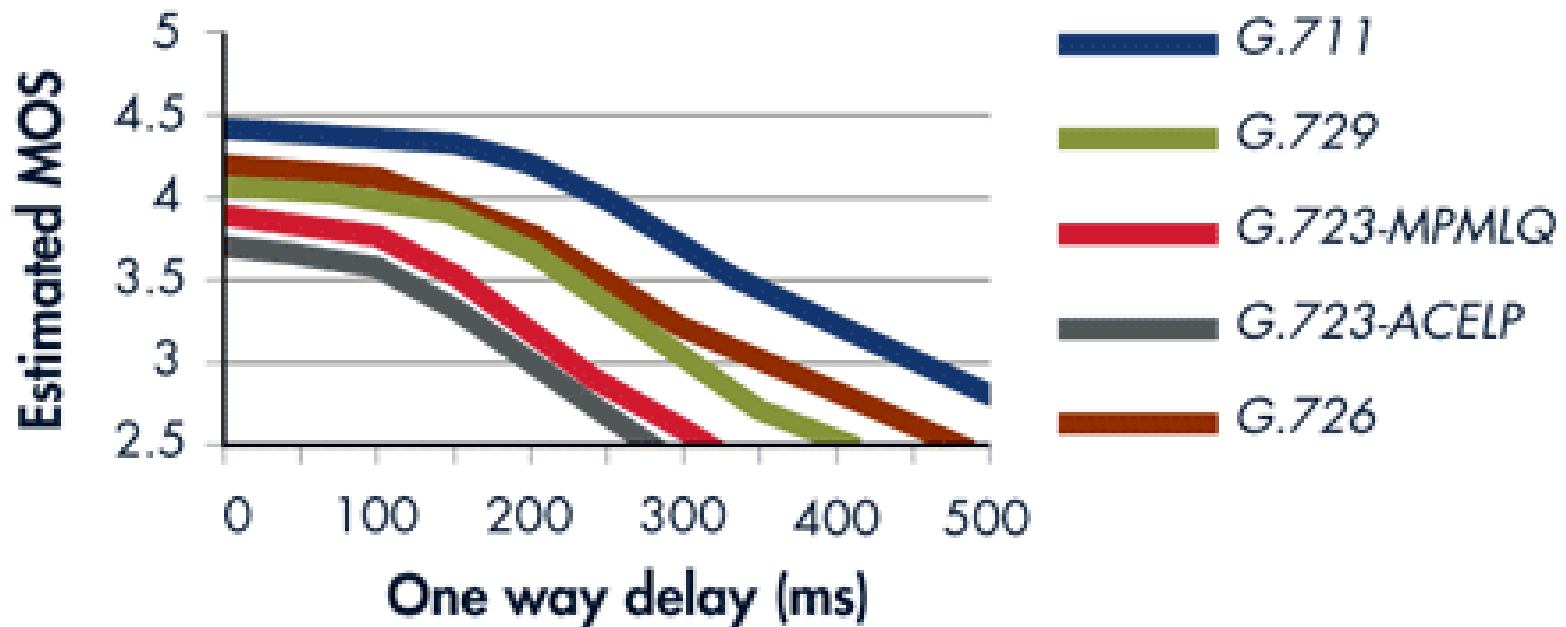
Detektor je nutné nastavit tak, aby spolehlivě rozpoznal řeč od intervalů ticha, tzv. "promlk". Chybným nastavením dochází k ořezání řečových intervalů – (clipping)



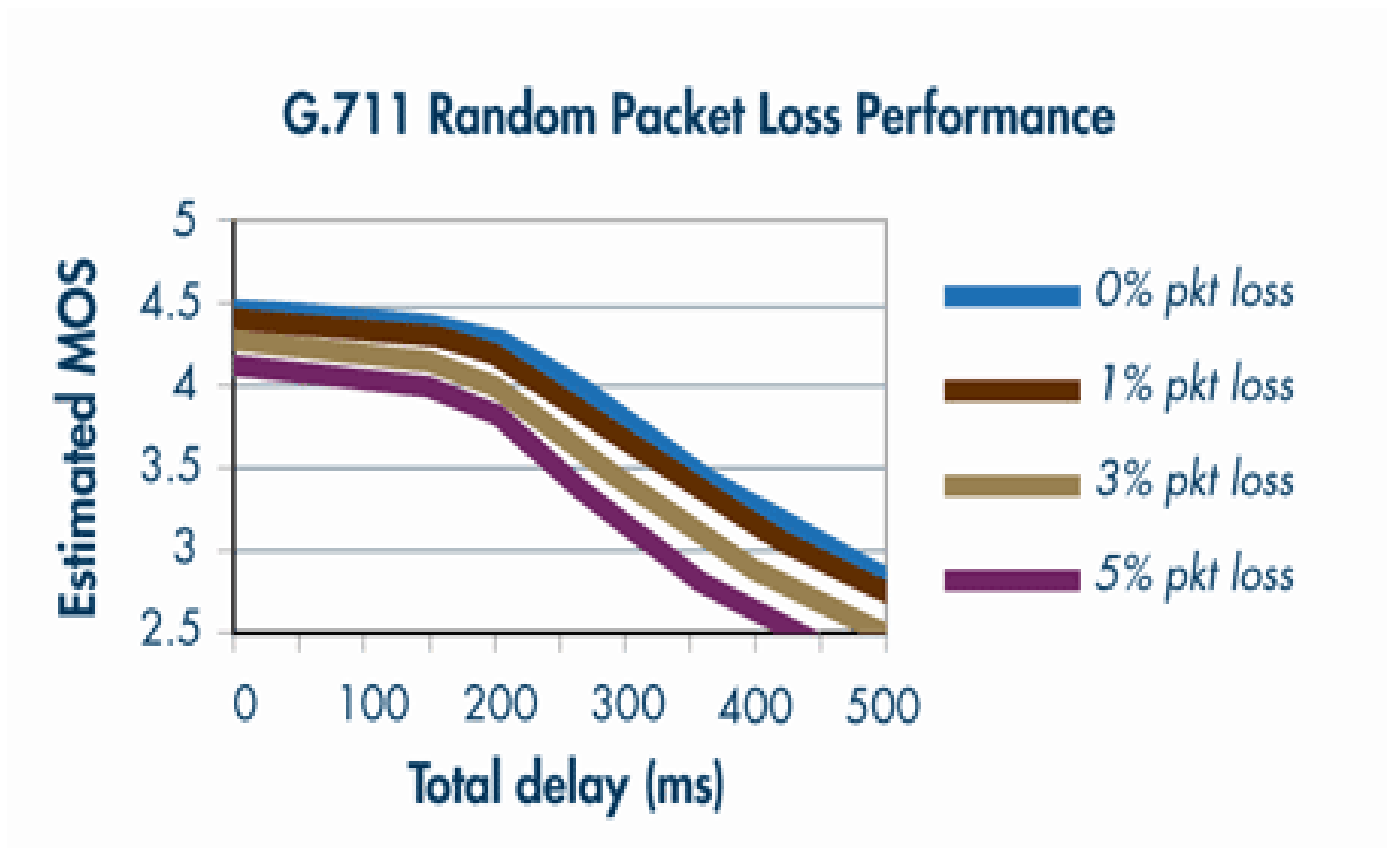


# Podle požadavků zpoždění vybíráme např. kodeky

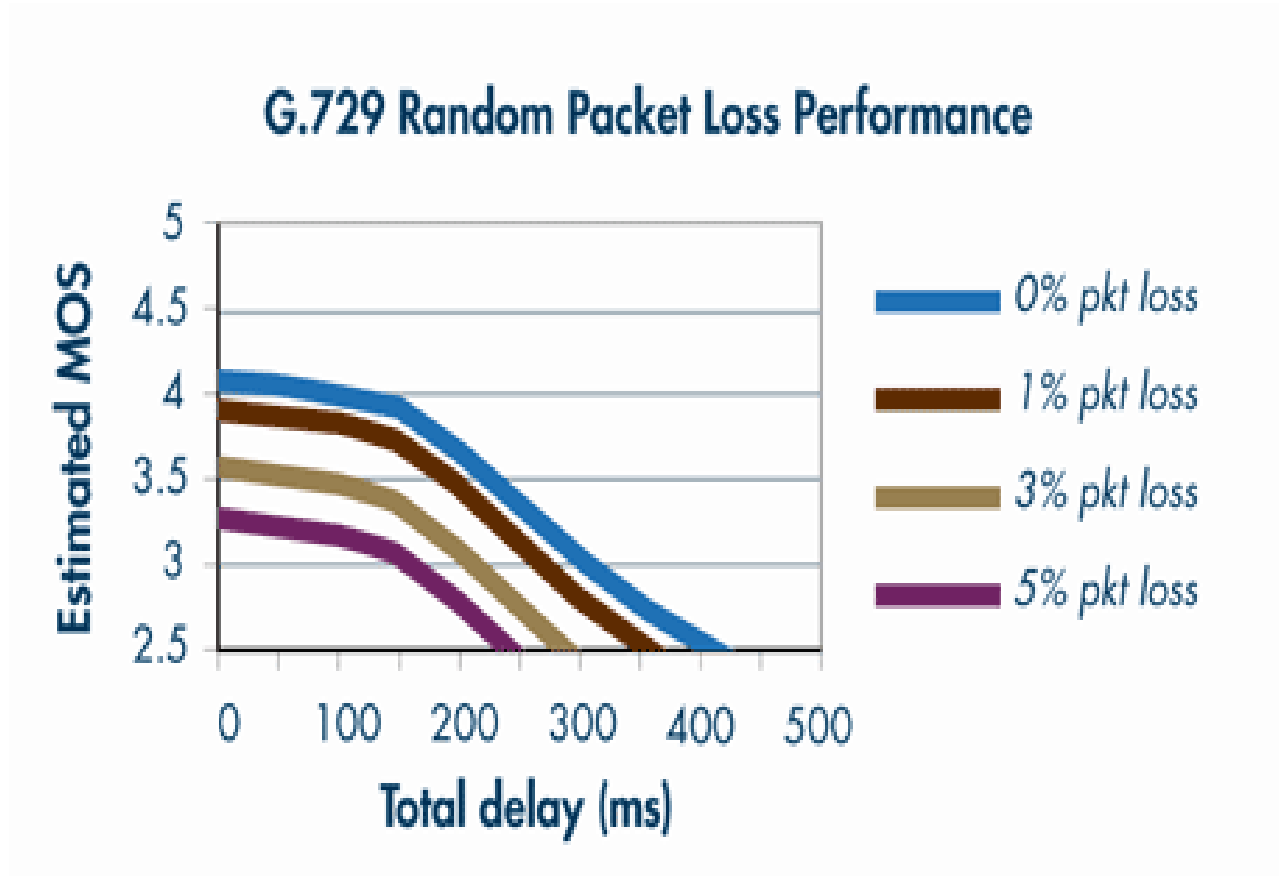
Codec comparison – no packet loss



# Ztráty paketů navyšují zpoždění



# G.729 – menší MOS, ale i menší zpoždění, než u G.711



---

## 2. Jak vyhodnocujeme

# P.861 – PSQM

## (Perceptual Speech Quality Measurement)

---

Doporučení ITU-T P.861 (PSQM – Perceptual Speech Quality Measurement) byl donedávna nejpoužívanější algoritmus pro posuzování kvality přenosu hlasu. Skládá se ze dvou částí, kdy první je určena pro měření kvality hlasových kodeků a druhá pro měření kvality přenosu hlasu v celém telekomunikačním řetězci. Princip P.861 spočívá v porovnání amplitud výkonových spekter sobě odpovídajících úseků původního a přeneseného signálu. Délka rámců, na které je řečový signál dělen, je přibližně 16 ms (s časovým překryvem sousedních rámců 50 %). Jsou přitom rozlišovány okamžiky aktivního hovoru (speech periods) a úseky ticha (odmlky mezi slovy ap. - silent periods). Obě skupiny jsou hodnoceny odlišně při posuzování vlivu šumu a na závěr výpočtu je toto hodnocení kombinováno do jediného výsledného parametru.

Blíže Doc. Ing. Jan HOLUB, Ph.D. ČVUT FEL / Katedra měření  
„Měření a hodnocení QoS v IP telefonii“

# PAMS

## (Perceptual Analysis Measurement System)

---

Jeden z problémů IP telefonie spočívá ve skutečnosti, že IP přenosy jsou ve své podstatě paketově orientované, tzn. přenášejí se skupiny bitů, které mohou do místa určení putovat navzájem odlišnými cestami s odlišným zpožděním. To vede k proměnlivému zpoždění rekonstruovaných úseků signálu (které lze do určité míry kompenzovat ukládáním dat do pomocného registru na přijímací straně hloubku tohoto registru však nelze libovolně zvětšovat vzhledem k neúměrně se prodlužujícímu zpoždění).

Žádný z předešle popsaných standardů bohužel neumožňuje měření kvality těchto hlasových přenosů, neboť i nepatrné změny ve zpoždění během přenosu jednoho hlasového vzorku vedou k selhání časové synchronizace (která se u P.861 provádí pro celý - obvykle několikasekundový - vzorek řeči najednou). Navíc u těchto typů datových přenosů vzrůstá počet krátkodobých výpadků, které výše uvedené standardy také nehodnotí v souladu s lidským vnímáním - toto hodnocení je navíc velmi obtížně algoritmizovatelné.

Tyto nedostatky vedly ke zvýšenému úsilí o návrh nového standardu pro měření kvality hlasových přenosů. Existuje více proprietárních algoritmů, např. PAMS (Perceptual Analysis Measurement System), navržený expertní skupinou při British Telecom, vedenou M. Hollierem a A. Rixem.

Blíže Doc. Ing. Jan HOLUB, Ph.D. ČVUT FEL / Katedra měření  
„Měření a hodnocení QoS v IP telefonii“

# Od PANS k PESQ

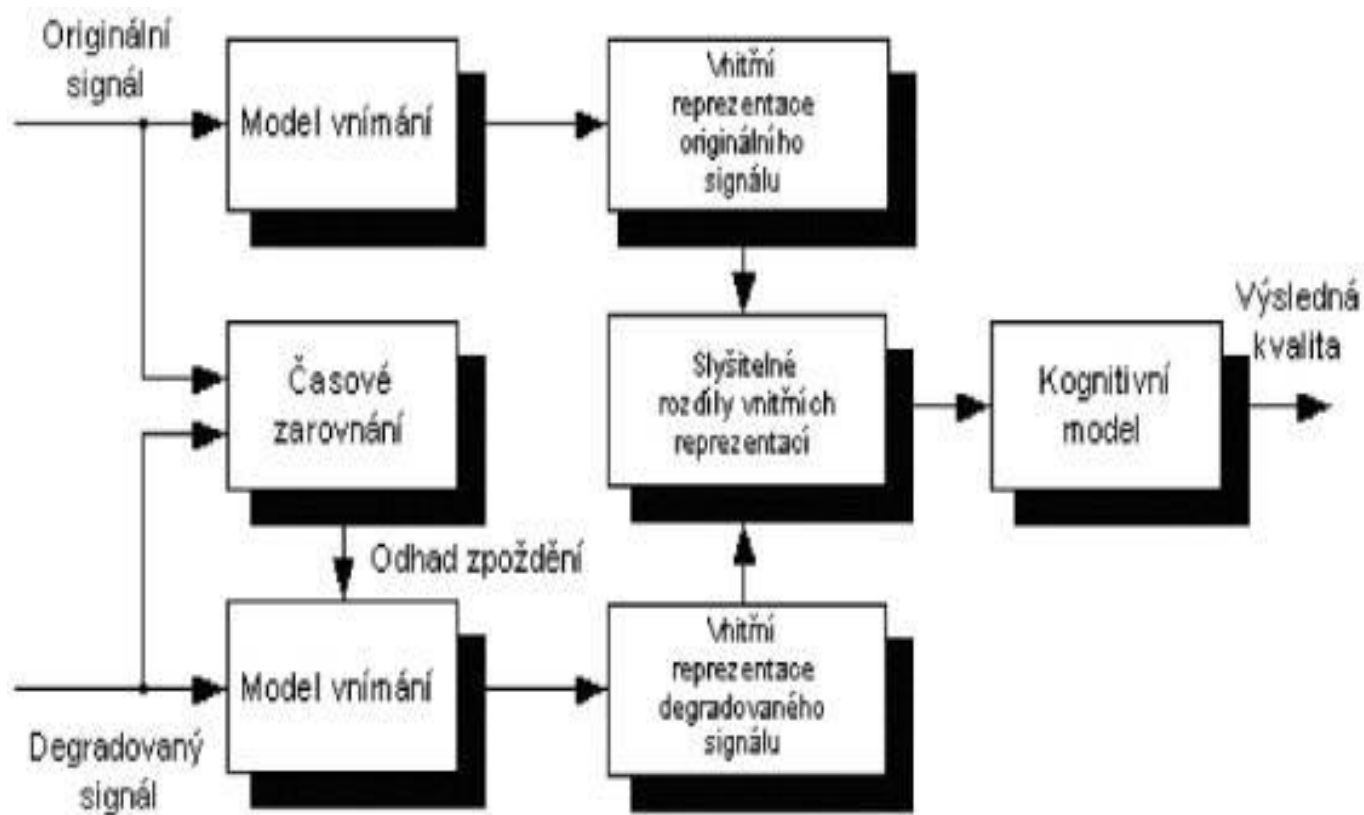
## (Perceptual Evaluation of Speech Quality)

---

Referenční (původní) a zkreslený (přenesený) signál jsou nejprve časově a amplitudově korelovány. Tato korelace je však realizována na dílčích blocích, nikoli na celém záznamu najednou. Tím je umožněno zachycení proměnného časového zpoždění přeneseného signálu. Oba signály jsou potom zpracovány algoritmem, jehož výsledkem je potom dvourozměrné (časově-frekvenční) pole hodnot (tzv. poslechová plocha), který odpovídá přibližně lidskému vnímání tohoto signálu. Rozdíl sobě odpovídajících hodnot těchto dvou souborů potom tvoří tzv. poslechovou odchylku (chybovou plochu), která je použita pro odhad hodnotících parametrů. PAMS používá dva takové výsledné parametry, a to odhad poslechového úsilí ( $Y_{le}$  - listening effort) a kvality poslechu ( $Y_{lq}$  - listening quality). Tyto parametry nabývají hodnot 1 až 5.

Algoritmus PAMS se stal zárodkem nejnovější normy ITU-T P.862, která používá metodu rekurentní časové korelace, převzatou z PAMS a doplňuje ji hodnotícím aparátem, obdobným P.861. Koeficient korelace s poslechovými testy se pohybuje u běžných typů zkreslení v rozmezí 0.85- 0.93.

# Blokové schéma algoritmu PESQ





# P.561 a P.562 (INMD a CCI)

---

Toto doporučení je typickým příkladem tradičního neintrusivního měření kvality přenosu hlasu. Standard P.561 (INMD In-Service Non-intrusive Measurement Device) obsahuje seznam parametrů, které je třeba vyhodnocovat na přenesené verzi hlasového vzorku (např. úroveň signálu, odstup signál šum, řečová aktivita, echo) a P.562 (CCI - Call Clarity Index) obsahuje návod, jak hodnoty těchto parametrů zkombinovat do jediného výsledného parametru.

# P.563 (P.SEAM)

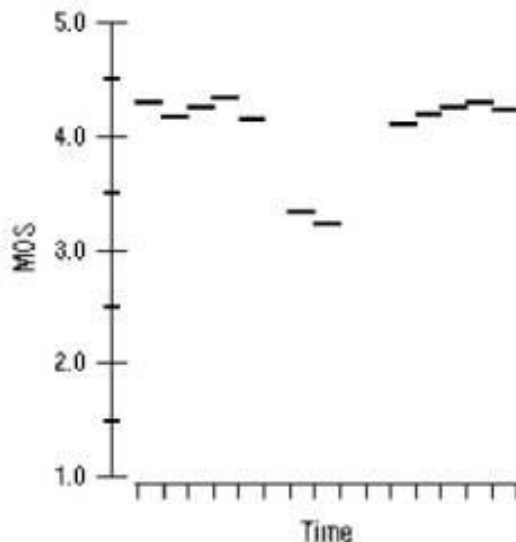
---

P.563 je nejnovějším počinem ITU-T (duben 2004) v oblasti neintrusivních měření. Zpracovává přenesený hlasový vzorek pomocí třech odlišných algoritmů a kombinuje jejich výsledné hodnocení do jediného výstupního parametru. Podrobný popis vnitřní struktury není zatím zveřejněn. Koeficient korelace s poslechovými testy se pohybuje u běžných typů zkreslení v rozmezí 0.78- 0.86.

# PsyVoIP

Algoritmus PsyVoIP je proprietární metoda, vyvinutá firmou Psytechnics Ltd., pro odhad výsledné kvality přenosu hlasu v IP přenosech. Nepracuje s hlasovými vzorky, nýbrž pouze s parametry přenosu jako je zpoždění a jeho změny, typ kodeku či ztráta paketů. Pomocí neuronové sítě je získán odhad výsledné kvality ve stupnici MOS.

## psyVoIP: Call Analysis



### Call Data:

```
IP-src: 192.168.43.27
IP-dst: 192.168.43.29
total packets: 15213
lost packets: 187
start of call: 19/03/2002 17:00:32
call duration: 05:08 mins
```

### Measurement Data:

```
length [ms]: 10000
total packets: 469
lost packets: 31
```

# P.862 – PESQ

---

ITU standard (P.862) vyvinutý společností Pystechnics.  
Vkládá do sítě vzorek a srovnává výsledek s originálem.

Výhody: - může být použit pro VoIP i analogovým spojení.  
- velmi dobře odpovídá MOS

Nevýhody - časově i výpočetně náročná měření  
- nelze provádět v reálném čase, na reálné komunikaci  
- vkládá příliš moc umělého provozu do sítě

# Proč E-model

---

Je dán ITU standardem G.107.

Poskytuje dobrý mechanismus pro převod „výkonnostní metriky“ na „míru kvality“.

Měření může být vykonáno na každý tok RTP samostatně.

Registruje se jednocestné zpoždění.

Výhody:

- měření může být prováděno v reálném čase na každé konverzaci
- výsledky snímané po jedné minutě dávají velmi dobrou granualitu
- vstupní měření napomáhá síťovým inženýrům bezprostředně řešit problémy

Nevýhody: - měření mohou být použita pouze na sítě IP a ukazují na problémy jenom těchto sítí

Primárním výstupem E-modelových výpočtů je skalární hodnocení kvality, známá jako "Transmission Rating Factor, R". Hodnota R může být transformována na jinou míru kvality, jako je MOS, Percentage Good or Better (GoB) nebo Percentage Poor or Worse (PoW). Při porovnávání těchto mír kvality je však třeba být opatrnými, protože hodnoty nemusí být získány za srovnatelných podmínek.

# R-faktor

---

$$R = RO - IS - ID - IE-EFF + A$$

RO - základní koeficient signál-šum

IS - součet všech znehodnocení, která mohou nastat současně s přenosem hlasu

ID - faktor znehodnocení reprezentující všechny znehodnocení způsobené zpožděním signálů hlasu

IE-EFF - paketová ztráta, Efektivní faktor znehodnocení zařízením (Effective Equipment Impairment Factor)

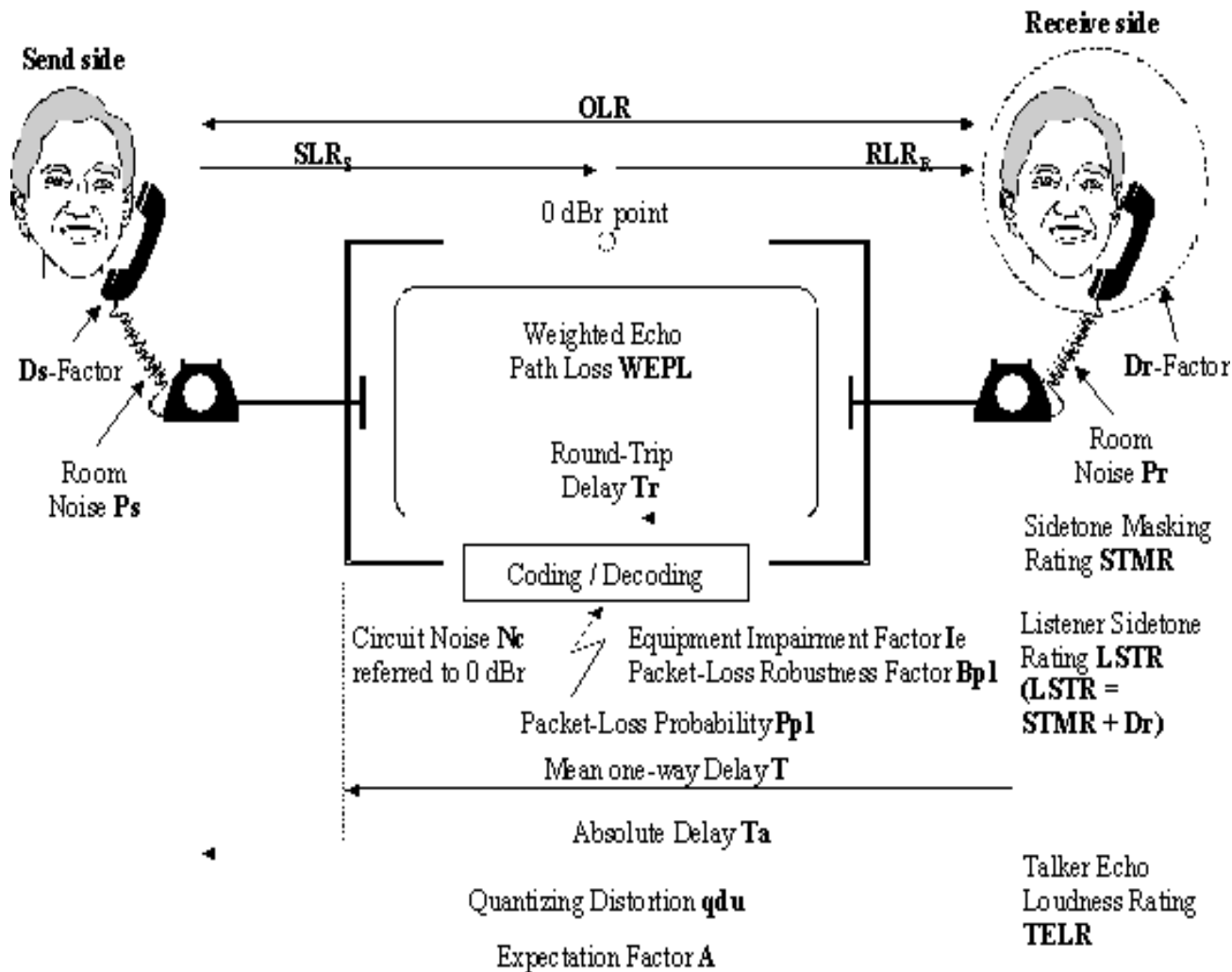
A - faktor zvýhodnění (přípustný rozsah 0 až 20)

# Parametry, které vstupují do hry

---

- SLR Send Loudness Rating
- RLR Receive Loudness Rating
- OLR Overall Loudness Rating<sup>1</sup>
- STMR Sidetone Masking Rating<sup>2</sup>
- LSTR Listener Sidetone Rating<sup>2</sup>
- D<sub>s</sub> D-value of telephone at send-side
- D<sub>r</sub> D-value of telephone at receive-side<sup>2</sup>
- TELR Talker Echo Loudness Rating,  $TELR = SLR_R + EL + RLR_R$
- WEPL Weighted Echo Path Loss
- T Mean one way delay of the echo path
- T<sub>r</sub> Roundtrip delay in a closed 4-wire loop
- T<sub>a</sub> Absolute one-way delay in echo free connections
- Q<sub>du</sub> Number of quantization distortion units
- I<sub>e</sub> Equipment impairment factor
- P<sub>pl</sub> Random packet-loss probability
- B<sub>pl</sub> Packet-loss robustness factor
- N<sub>c</sub> Circuit noise referred to the 0 dBr-point
- N<sub>for</sub> Noise floor at the receive-side
- P<sub>s</sub> Room noise at the send-side
- P<sub>r</sub> Room noise at the receive-side
- A Advantage factor

# Kde tyto parametry měříme





# Defaultní hodnoty a doporučené rozsahy

Parametr	zkratka	jednotka	Defaultní hodnota	Doporučený rozsah	Poznámka
Send Loudness Rating	SLR <sub>S</sub>	dB	+8	0 to +18	1
Receive Loudness Rating	RLR <sub>R</sub>	dB	+2	-5 to +14	1
Sidetone Masking Rating	STMR	dB	15	10 to 20	2
Listener Sidetone Rating	LSTR	dB	18	13 to 23	2
D-value of telephone, send side	Ds	-	3	-3 to +3	
D-value of telephone receive side	Dr	-	3	-3 to +3	2
Talker Echo Loudness Rating	TELR	dB	65	5 to 65	
Weighted Echo Path Loss	WEPL	dB	110	5 to 110	
Mean one-way delay of the echo path	T	ms	0	0 to 500	
Round trip delay in a 4-wire loop	Tr	ms	0	0 to 1000	
Absolute delay in echo free connections	Ta	ms	0	0 to 500	
Number of Quantization distortion units	qdu	-	1	1 to 14	
Equipment impairment factor	Ie	-	0	0 to 40	
Packet-loss Robustness Factor	Bpl	-	1	1 to 40	3
Random Packet-loss Probability	Ppl	%	0	0 to 20	3
Circuit noise referred to 0 dBr-point	Nc	dBm0p	-70	-80 to -40	
Noise floor at the receive Side	Nfor	dBmp	-64	-	3
Room noise at the send side	Ps	dB(A)	35	35 to 85	
Room noise at the receive side	Pr	dB(A)	35	35 to 85	
Advantage factor	A	-	0	0 to 20	

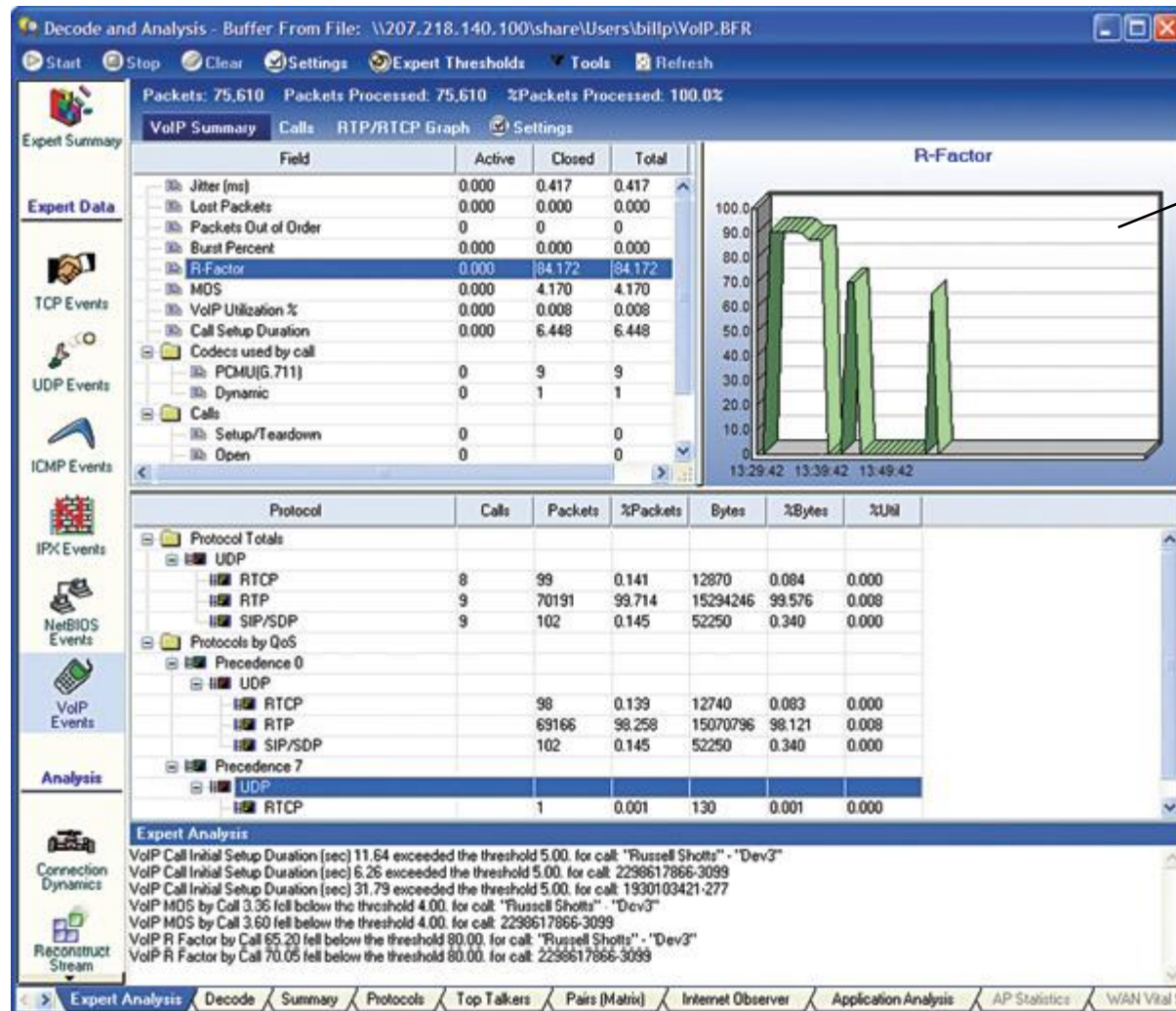
# Porovnání rozsahů R-faktoru a MOS

Stupnice vhodnosti	Rozsah R-faktoru	Rozsah MOS
žádané (desirable)	94 – 80	4.4 - 4.0
akceptovatelné (acceptable)	80 – 70	4.0 - 3.6
postačující spojení (reach connection)	70 – 50	3.6 - 2.6
nedoporučované (not recommended)	50 – 0	2.6 - 1.0

---

## 2. Jak vyhodnocujeme

# R-faktor měřený na Observeru

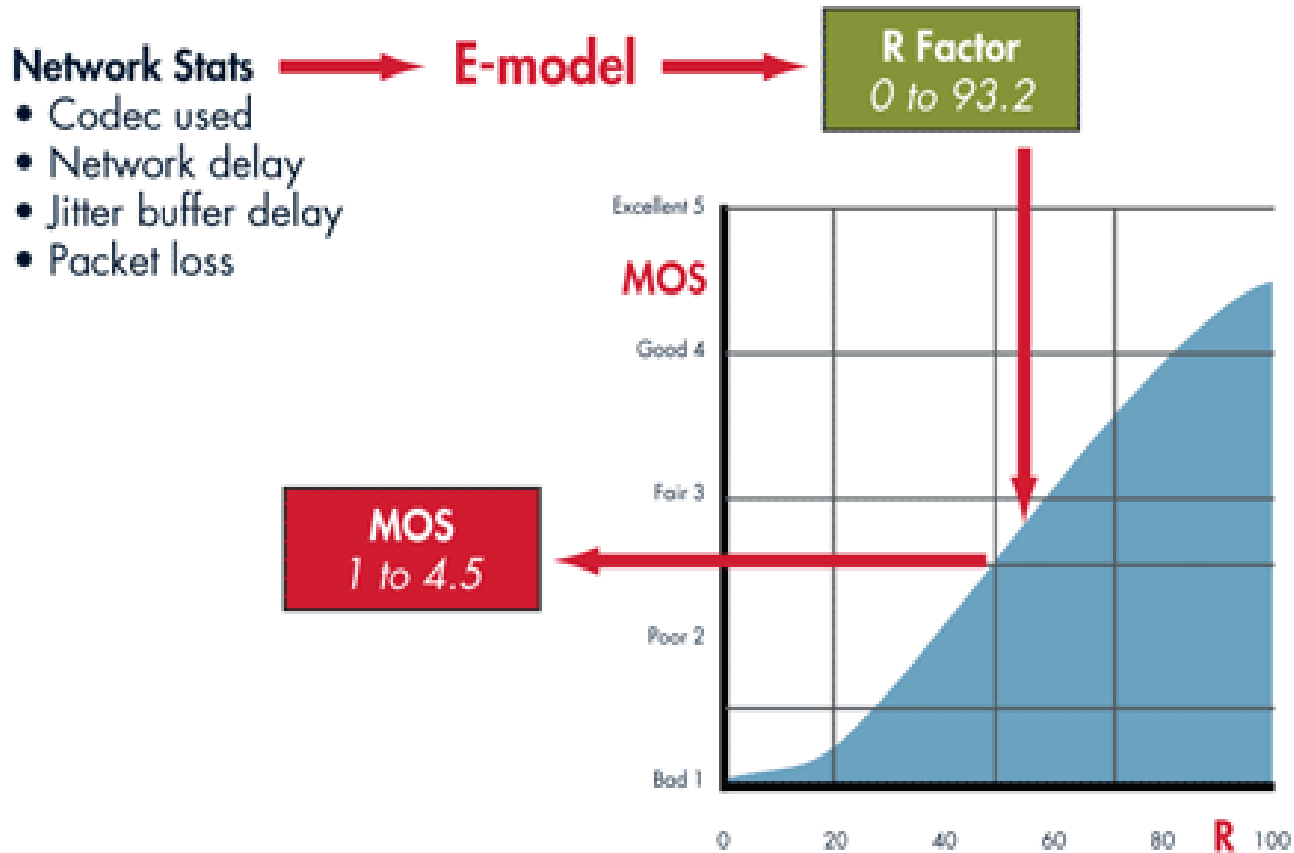


R-faktor

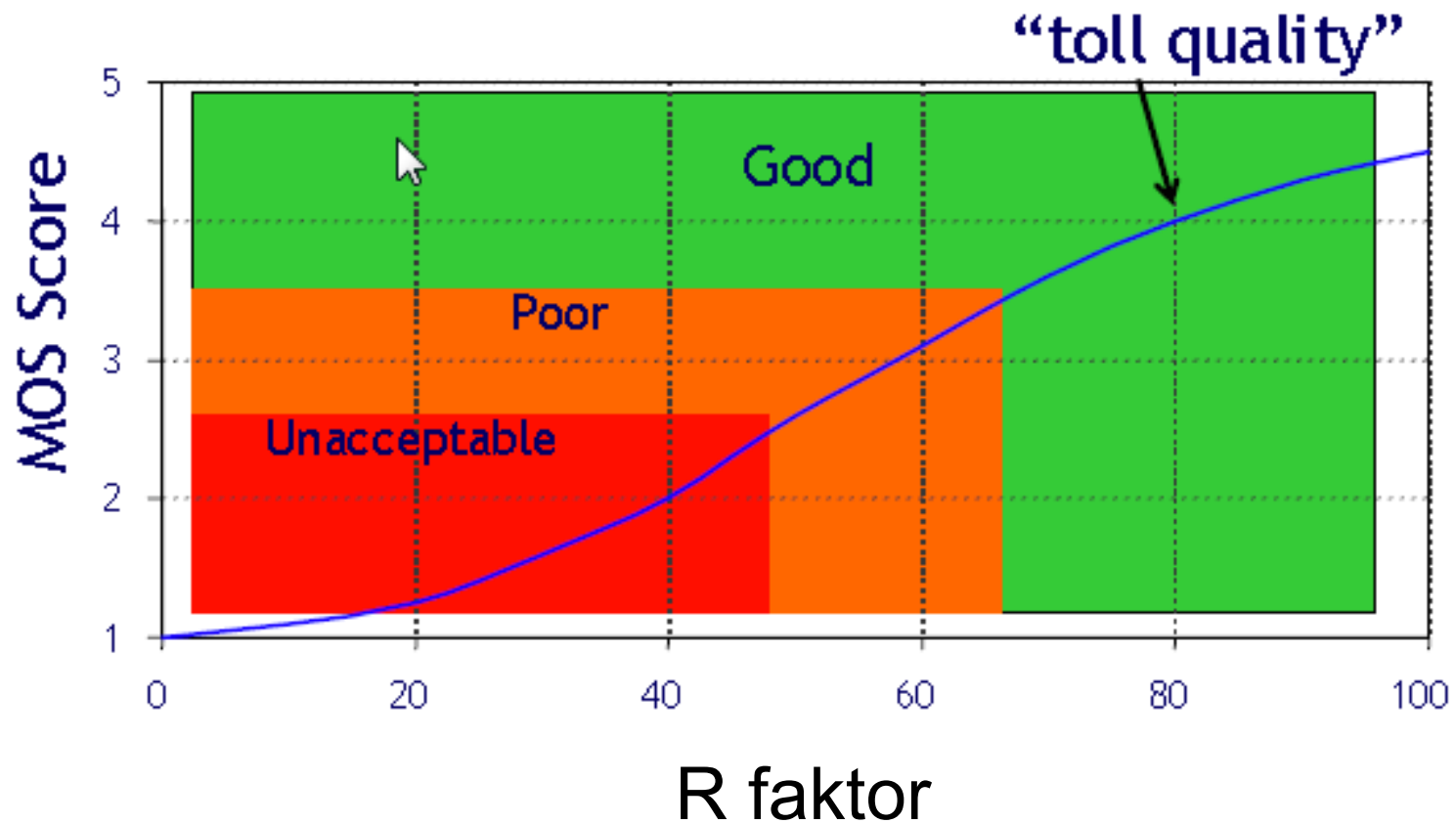
# Nejvyšší hodnota MOS po přepočtu je 4,41



# Vztah R-faktoru a MOS



# Vztah R-faktoru a MOS



---

# 3. Čím vyhodnocujeme

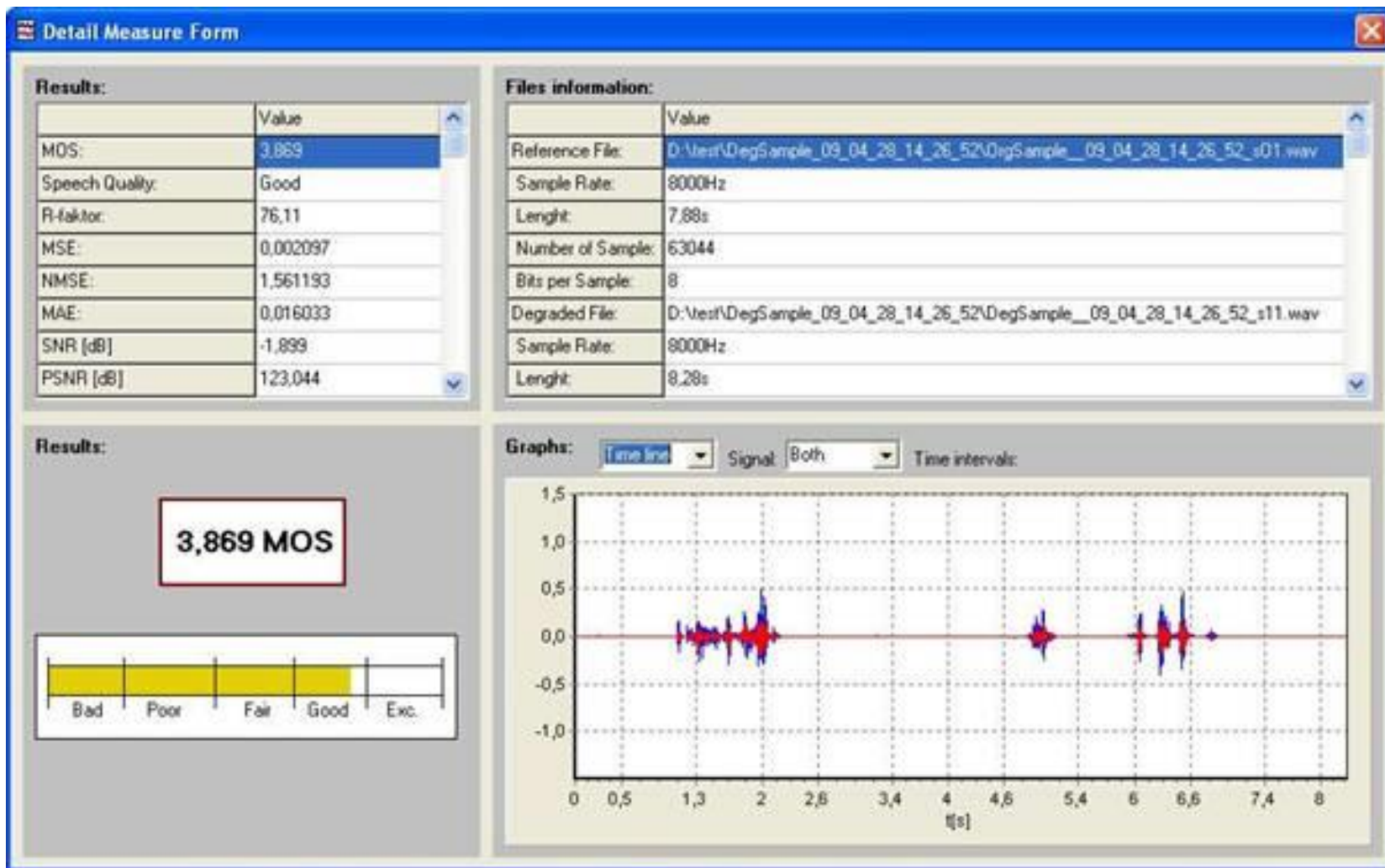


# Měřič kvality přenosu řeči ČVUT

<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2010010001>



# Detailní zobrazení jednoho měření



# Hlavní vyhodnocované parametry

---

MOS – Mean Opinion Score – parametr kvality řeči  
Speech Quality – Vyjadřuje slovní hodnocení kvality  
přenášeného hovorového vzorku.

R-faktor – Další z parametrů, který numericky vyjadřuje  
hlasovou kvalitu.

MSE – Mean Square Error – Průměrná kvadratická  
chyba

NMSE – Normalized Mean Square Error –  
Normalizovaná průměrná kvadratická chyba

MAE – Mean absolute error – Střední absolutní chyba

SNR – Signal-to-noise ratio – Poměr signálu k šum

PSNR – Peak signal-to-noise ratio – Poměr maximální  
hodnoty signálu k šumu

Crude delay – Přibližné zpoždění mezi vysláním a  
příjmem

# TR instruments, spol. s r.o. nabízí Performer VoIP

---

<http://www.trinstruments.cz/performer-voip>



# Možnosti použití hlavní komponenty QPro

---

- objektivní testy PAMS a PESQ pro posouzení kvality řeči end-to-end
- poskytuje spolehlivou predikci posudku reálného uživatele
- měří kvalitu hlasu a úroveň služby GoS
- simuluje provozní podmínky a zátěž reálné sítě

---

# 4. Diagnostika problémů

# http://www.voiptroubleshooter.com


s

Quick Links 


## VoIP Quality and Bandwidth Calculator

This tool calculates listening quality and bandwidth required for a given Codec. It is written in Javascript, is not compat Javascript be enabled.

Select Codec Type

G.711 no PLC 

Select Frame Size

20mS 

Note: Overriden by Codec selection

Packet Loss Rate (%)

0 

Calculate

MOS Score

4.4

R Factor

93

Bandwidth (kilobits per second)

80800

# Diagnostika problémů se zahájením hovoru

Problem	Problem Occurs		
	Always	Intermittently	After Start of Call
Call won't connect	<a href="#">Numbering Plan</a> <a href="#">Signaling Problem</a>	<a href="#">Packet Loss</a>	
No voice path			<a href="#">No voice path</a> Např. problém s FW/NAT <a href="#">Voice in one direction</a>
No ringback	<a href="#">No ringback</a>	<a href="#">No ringback</a>	
Loud noise	<a href="#">High echo at start of call</a>	<a href="#">High echo at start of call</a>	<a href="#">High echo at start of call</a>



# High echo at start of call

---

Example audio file - 25 milliseconds round trip delay

Example audio file - 200 milliseconds round trip delay

Example audio file - 400 milliseconds round trip delay

# Packet Loss

---

Ztráty paketů se obvykle vyskytují v dávkách 20-30 % v trvání 1-3 sekundy. To může znamenat, že průměrné ztráty paketů sazba za volání se ukazují jako nízké, ačkoli uživatel ohlašuje problémy s kvalitou hovoru

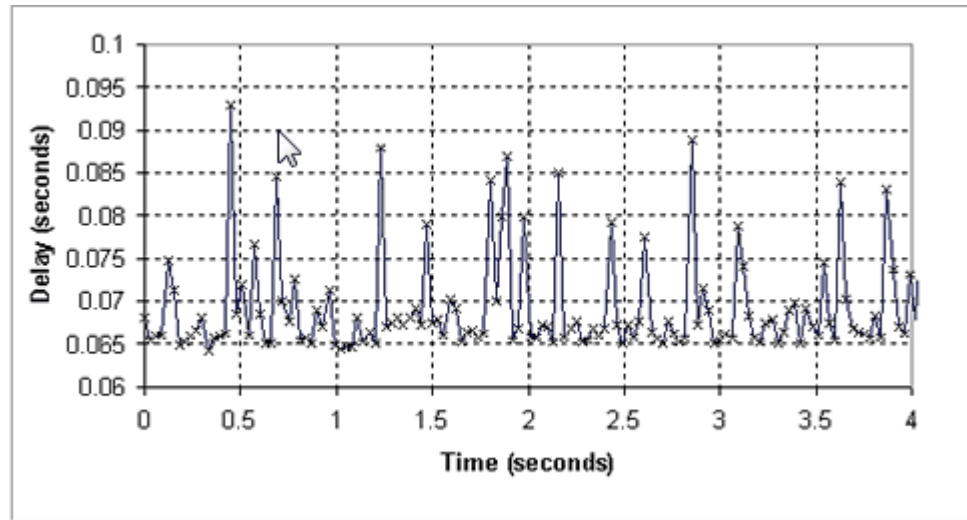
## Example G.711 audio file - 10% packet loss

Je třeba analyzovat statistiky

# Diagnostika problémů na základě síťových statistik

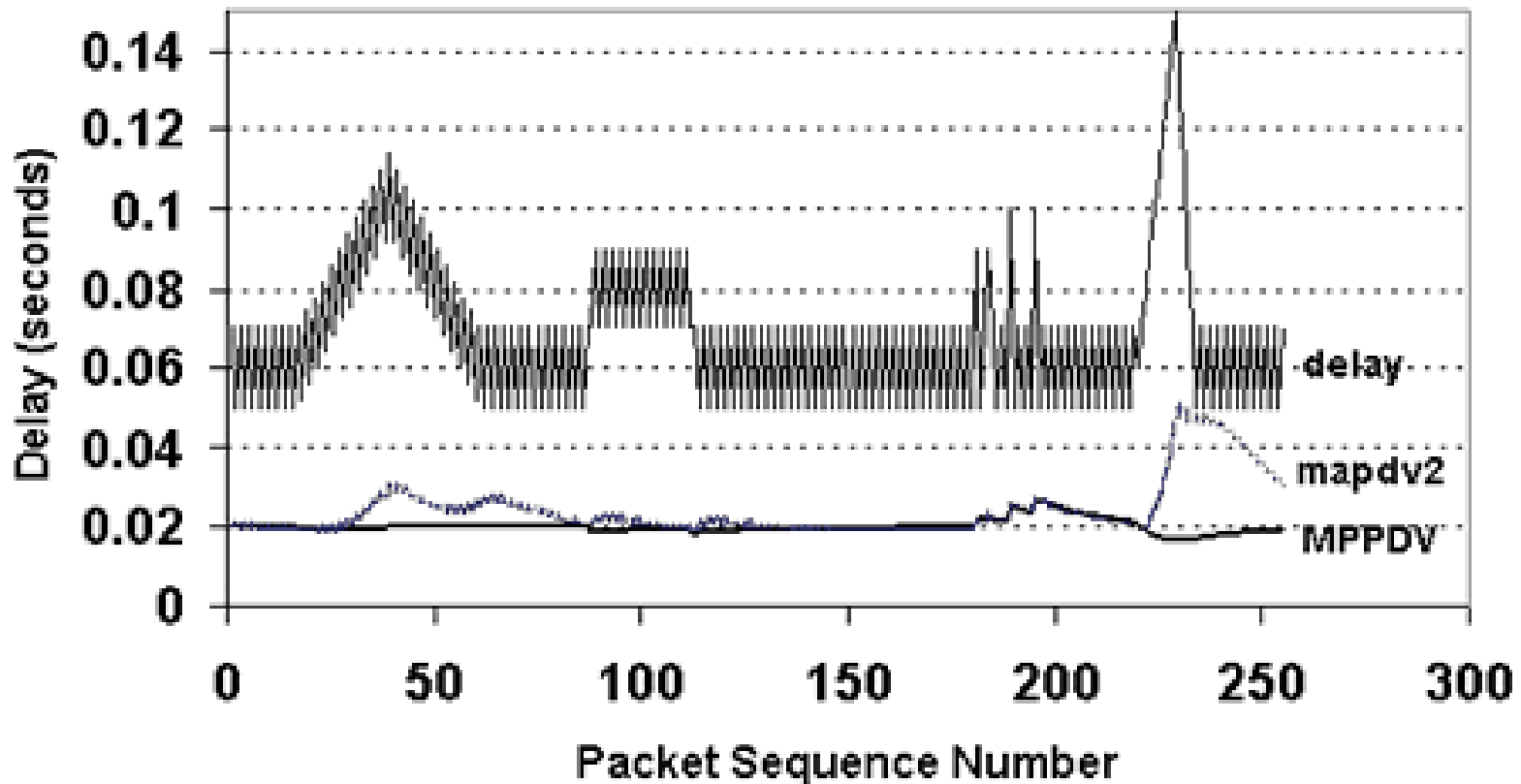
Problem			Problem occurs		
Loss	Jitter	Out of Order	Intermittently	Periodically	Continuously
Low	Low	Low	<a href="#">Grounding problem</a>		<a href="#">Loss Plan</a>
Low	High	Low	<a href="#">LAN congestion</a>	<a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Access Link Congestion</a>
			<a href="#">Access Link congestion</a>	<a href="#">Softphone timing</a>	<a href="#">LAN congestion</a>
High	Low	High	<a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Route flapping</a>	
Low	High	High			<a href="#">Load sharing</a>
High	Low	Low	<a href="#">Link Failures</a>	<a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Bad Ethernet Cable</a>
			<a href="#">Bad Ethernet Cable</a>	<a href="#">Router - RED</a>	<a href="#">Duplex Mismatch</a>
High	High	Low	<a href="#">Access Link congestion</a>	<a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">LAN congestion</a>
					<a href="#">Access link congestion</a>

# Problém: jitter

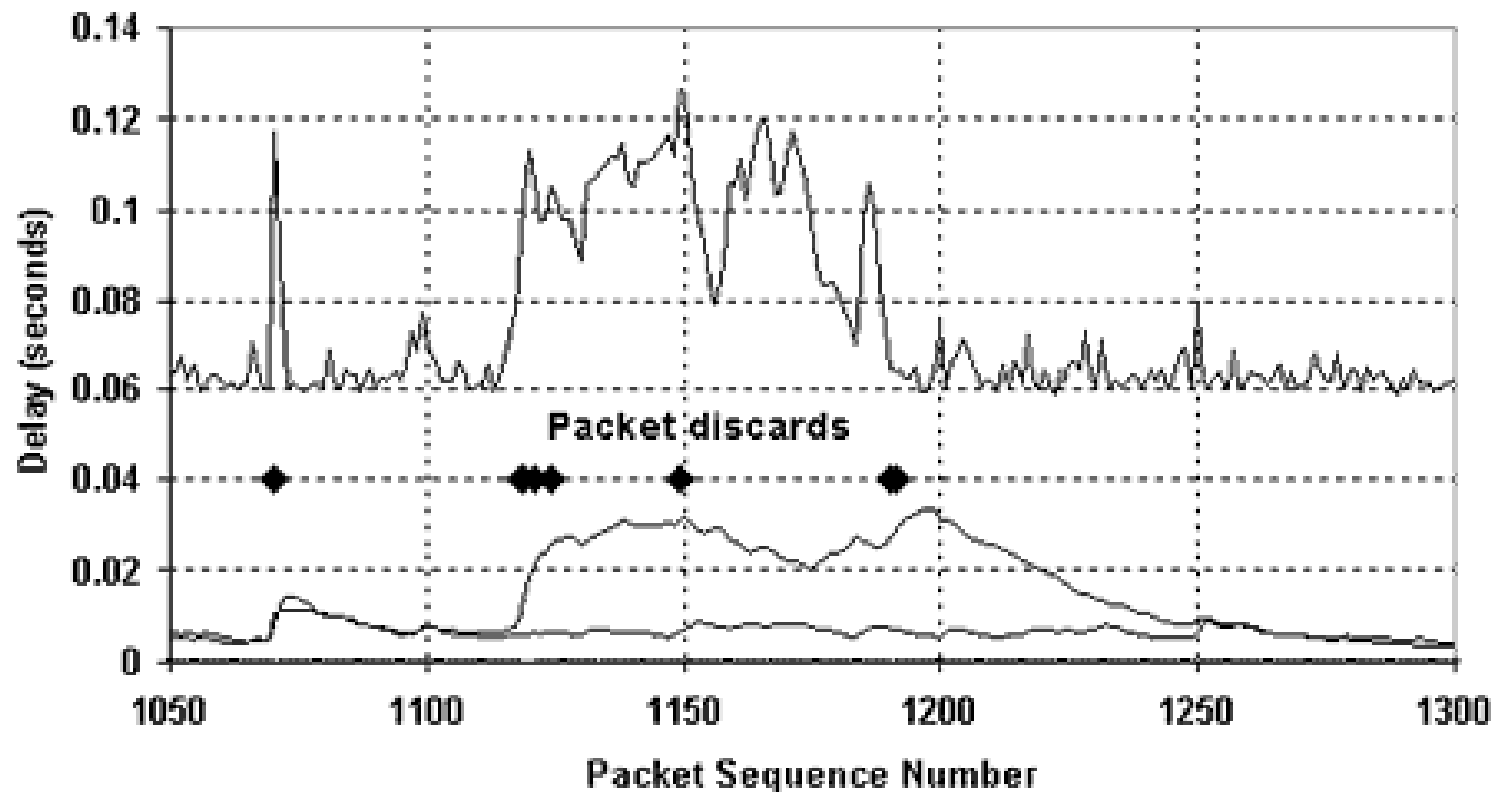


- Example audio file - 5% packet discard rate
- Example audio file - 10% packet discard rate
- Example audio file - 25% packet discard rate

# Záleží na tom, jak pečlivě jitter měříme



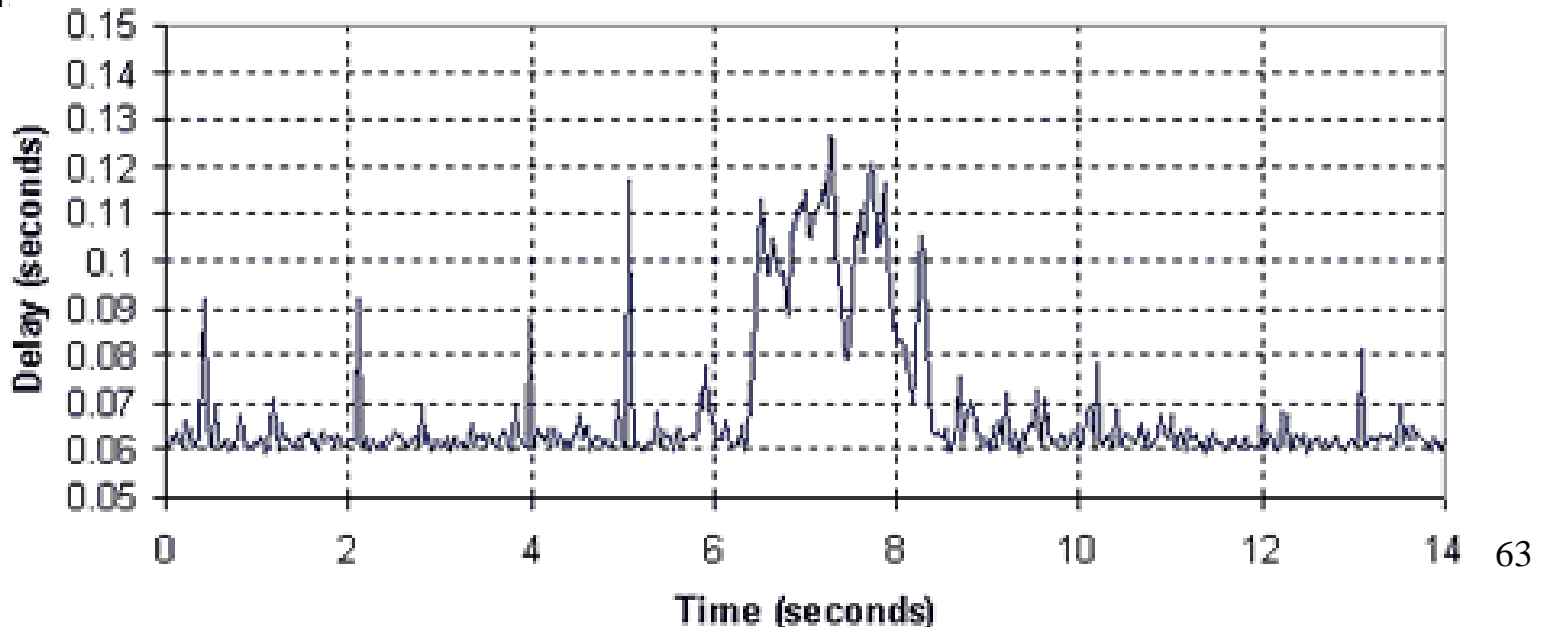
# Jitter buffer velká zahlcení už nezvládá



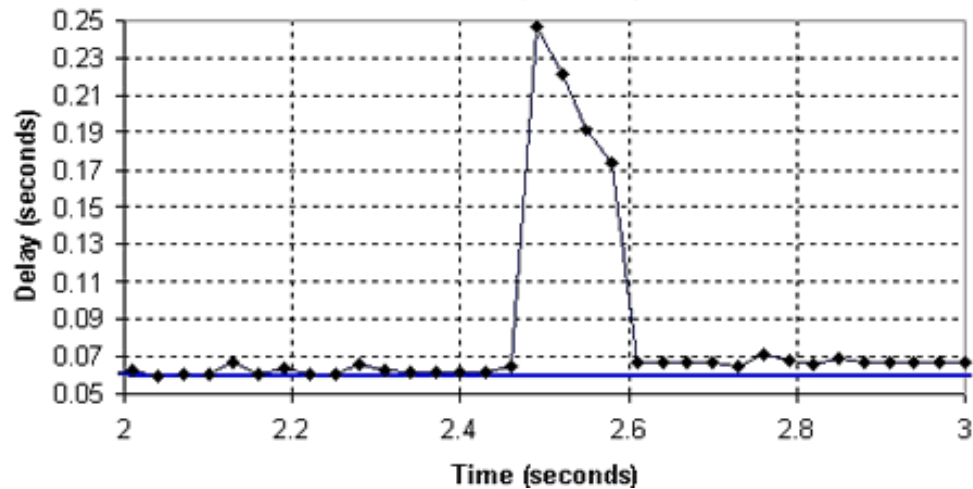
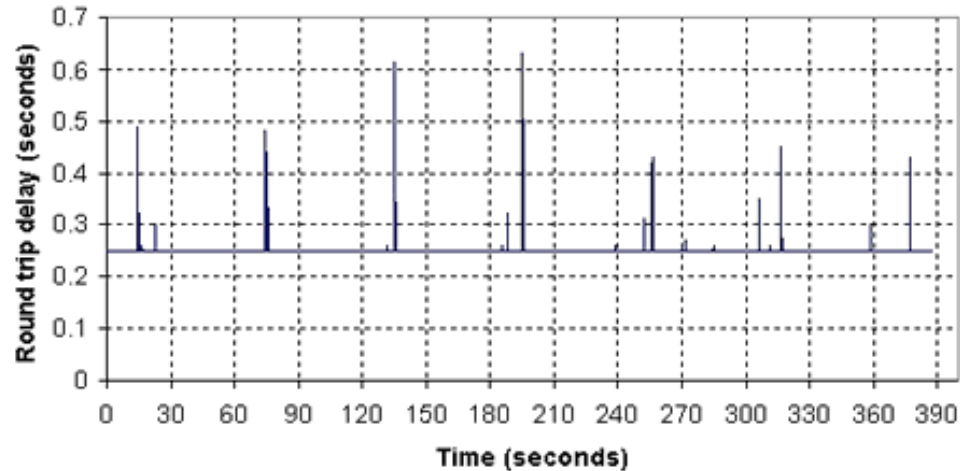
# Jitter způsobený přístupovými linkami

Přístupové linky jsou obvykle hlavní zdroj rozkmitu, neboť představují jednu z překážek na cestě paketu. Například, serializace zpoždění pro IP paket 1500 byte zaslaný přes T1 (1.544Mb/s) způsobuje zpoždění 8 milisekund, dalších 5 datových paketů ve frontě před hlasovými pakety pak dalších 40 milisekund.

Tento problém může být zvlášť závažný v případě ISDN, ADSL nebo kabelových modemů, u kterých lze šířku pásma ještě více omezit, např. v případě, že upstream má šířku pásma 384 kb/s za sekundu, pak každý rámeček 1500 bajtu způsobí ve frontě dalších 30 milisekund zpoždění!

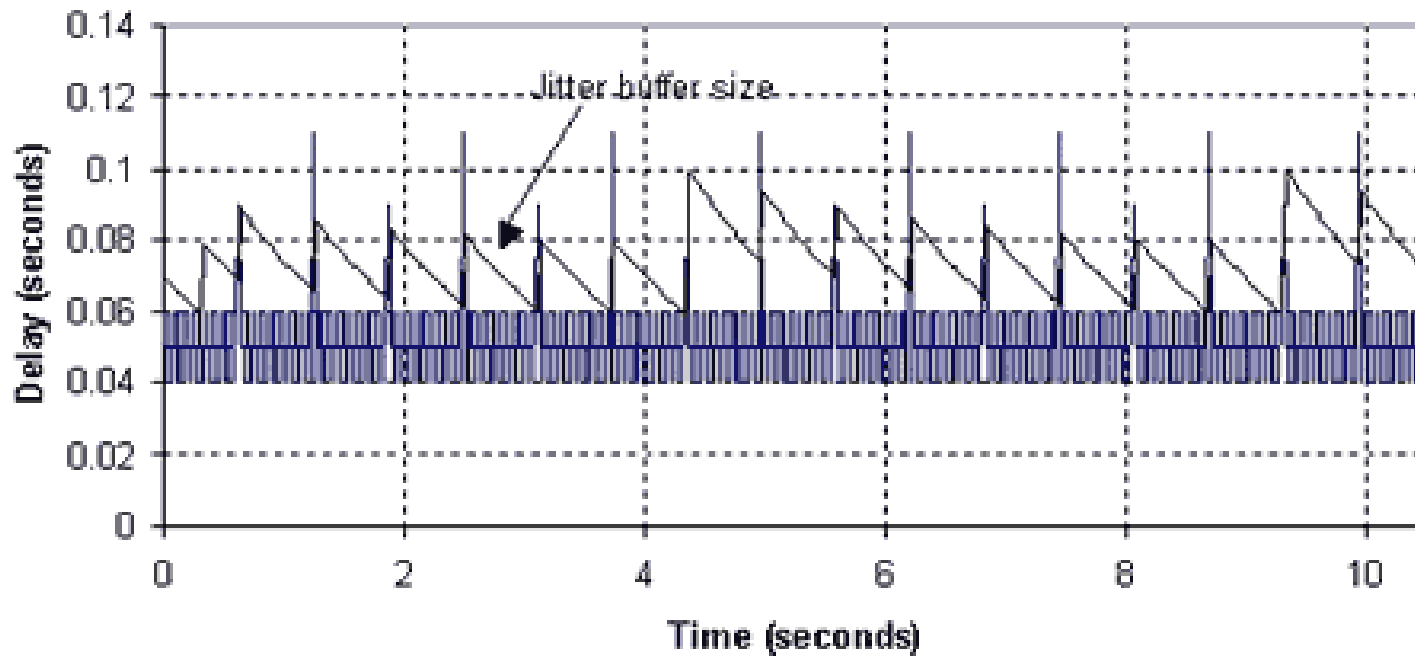


# Periodická zpoždění způsobená aktualizacemi směrovacích tabulek

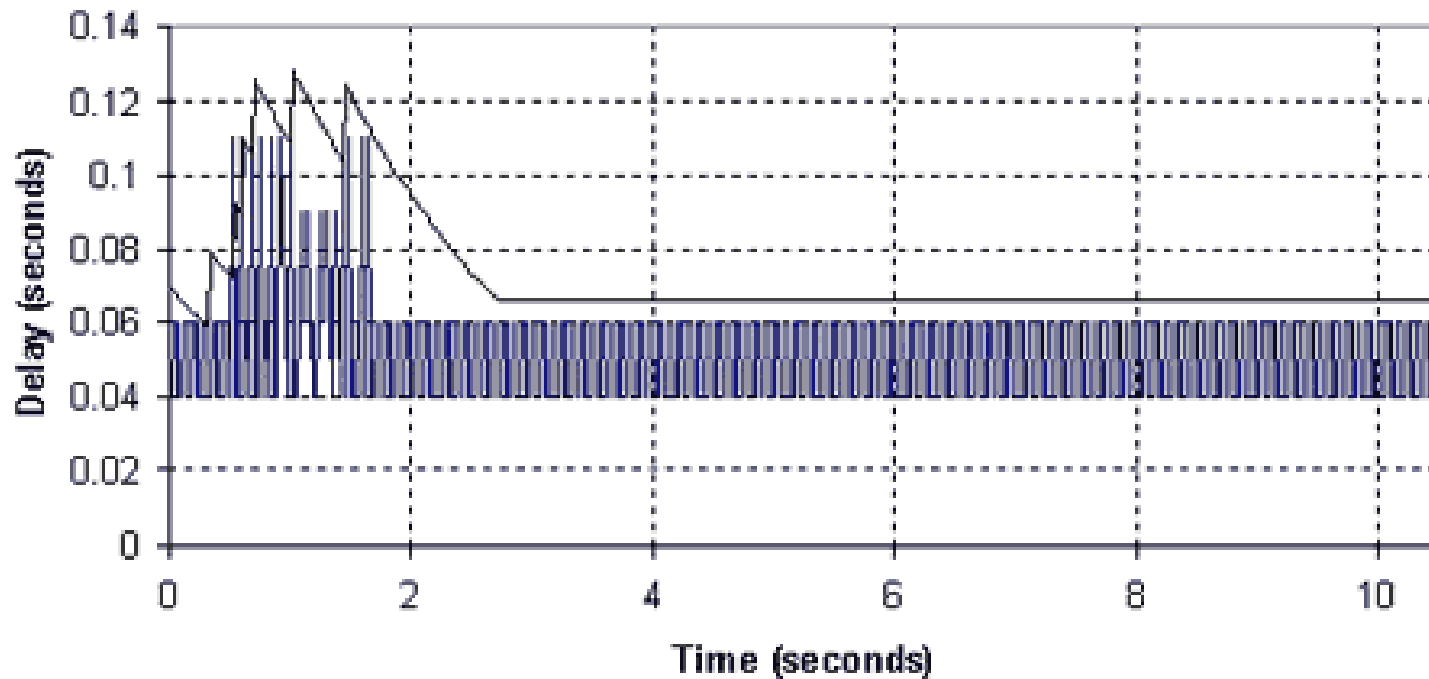




# Adaptivní jitter buffer nezvládá zahlcení typická pro LAN (nestíhá to)



# Adaptivní jitter buffer zvládá zahlcení ve WAN (není tak dynamické – stihne to)



# Typická konfigurace jitter bufferu

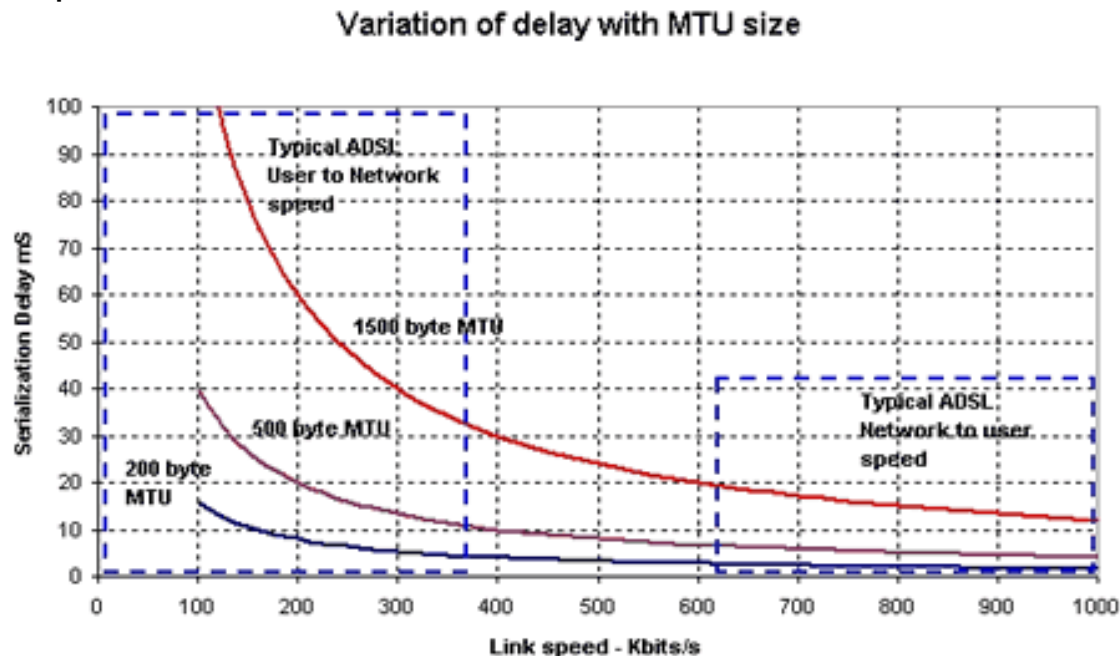
---

- Typicky: 30-50 ms.
- Adaptivní buffer má mez 100-200 ms.
- To ale způsobuje dodatečné zpoždění.
- Pak zpoždění nad 200 ms je problém.

# Problém přístupových linek

## Metody řešení

1. Použití prioritních front pro citlivou zpoždění hlasu a videa
2. Redukce MTU na nízkorychlostních linkách (512 kb/s nebo nižší) na 512 byte i méně
3. Navýšení kapacity přístupových linek
4. U více linek sdílení zátěže s cílem maximalizovat využití kapacit
5. Použití CAC (Call Admission Control) k omezení počtu hovorů
6. Fragmentace a prokládání



# Problémy uživatele

Problem	Problem Occurs		
	Intermittently	Periodically	Continuously
Conversational difficulty	<a href="#">High jitter level</a> <a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Echo problem</a> <a href="#">High delay</a>
Gaps in speech	<a href="#">Gaps in speech</a> <a href="#">Link failures</a> <a href="#">Start or end of words missing</a>	<a href="#">Route flapping</a> <a href="#">RED in Router</a> <a href="#">Wireless LAN handoffs</a>	<a href="#">Start or end of words missing</a>
Tick or Pop Sounds	<a href="#">Access link congestion</a> <a href="#">Grounding problem</a> <a href="#">LAN congestion</a>	<a href="#">Route flapping</a> <a href="#">Softphone timing</a> <a href="#">Timing drift</a>	<a href="#">Access link congestion</a> <a href="#">LAN congestion</a>
Audio quality poor or noisy, level too low or high	<a href="#">Access Link Congestion</a> <a href="#">Grounding problem</a> <a href="#">LAN Congestion</a>		<a href="#">Amplitude clipping - "buzzy"</a> <a href="#">Distortion</a> <a href="#">Hum on call</a> (hučení) <a href="#">Noisy call</a> <a href="#">Voice sounds dead</a> <a href="#">Voice sounds hollow</a> (dutý (tunel-like))
Speech broken up or distorted	<a href="#">Access Link Congestion</a> <a href="#">LAN Congestion</a>	<a href="#">RED in Router</a> <a href="#">Route flapping</a>	<a href="#">Access Link Congestion</a> <a href="#">Bad Ethernet cable</a> <a href="#">Distortion</a> <a href="#">LAN Congestion</a>

# Mezery v řeči

---

Example audio file - 10% packet loss with silence insertion

Example audio file - Voice Activity Detection problem

Example audio file - Echo suppression problem

# Clipping (oříznutí)

## Example audio file VAD\_clipping

Obvykle způsobuje VAD (Voice Activity Detector), problém se obvykle vyskytuje na začátky a konci slov

