QoS v sítích s technologií VoIP

Status:	V 0.1 Released
Issue date:	13.1.2004
Author:	Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.

Technical University of Ostrava
Department of Electronics and Telecommunications
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science
17. Listopadu 15, 708 33 Ostrava Poruba

1 O dokumentu

Verze č.	datum změny	autor	změna	e-mail
0.1	13.1.20042	M.Vozňák	vytvoření dokumentu	mailto:miroslav.voznak@vsb.cz

2 Obsah

3 Zabezpečení přenosu dat

V sítích ISDN, kde se vychází z modelu ISO-OSI, je zabezpečení přenosu řešeno hned na druhé (linkové vrstvě), k užitečné informaci se přidávají další pomocné bity umožňující pomocí různých důmyslných mechanizmů opakování rámců, chybovost je ošetřena na nižších úrovních, a to před směrováním či dalším zpracováním.

Na rozdíl od modelu ISO-OSI je zabezpečení přenosu v modelu IP záležitostí koncových zařízení, spoléhá se na vyšší úrovně (např. TCP), které řeší úspěšné doručení dat. U datagramů přenášených protokolem IP není před zpracováním garantován čas doručení a ani množství přenesených dat, vše je záležitostí až finálního zpracování. To je zásadní rozdíl v pohledu na zabezpečení přenosu. Tato vlastnost nebyla u IP problémem pro tradiční Internetovské aplikace jako web, email, file transfer, atd... Ale nové aplikace (hlas, video,...) vyžadují garanci pásma a nízké zpoždění. IP datagram užívá dostupné pásmo co nejefektivněji metodou sdílené kapacity.

Proto je v sítích IP mnohdy nutností použít nástroje, které jsou souhrnně označovány jako QoS (Quality of Service). Cílem implementace nástrojů QoS je:

- minimalizovat zpoždění doručení
- minimalizovat proměnné zpoždění (jitter)
- poskytnout aplikaci konstantní kapacitu

4 Definice QoS

Důvody, které vedou k nasazení QoS:

- latence, příčiny zpoždění:

- zpoždění v přepínání, šíření signálu a serializaci, frontování (buffering, queuing) při přetížení

- jitter, příčiny proměnného zpoždění:

- přetížení způsobí zachycení paketů ve výstupní frontě směrovače/přepínače, doba doručení paketů se mění v závislosti na aktuálním zatížení směrovačů/přepínačů

- packet-loss, příčiny ztrát paketů:

- výstupní ztráty (output drops), vyčerpání front směrovačů/přepínačů

- výstupní ztráty (input drops), přetížení procesoru/přepínacího systému zařízení

4.1 QoS z pohledu aplikace

QoS je schopnost sítě sloužit dané aplikaci efektivně bez omezení její funkce či výkonu. Aplikaci, která má přísné nároky na QoS nazýváme jako kritickou. QoS je sada nástrojů sloužící k ovládání:

- Bandwith – šířky pásma přenosové trasy
- Delay – zpoždění
- Jitter – proměnného zpoždění
- Packet loss – ztráty paketů

4.2 QoS z pohledu provozu

Šířka pásma, zpoždění a ztráty mohou být chápány jako zdroje, protože každé aplikaci lze přidělit je aktuálně dostupné množství dle situace. QoS z pohledu provozu je pokročilé řízení zdrojů sítě.

5 Důsledky provozování kritických aplikací bez QoS

Vedlejší provoz může zabrat pásmo kritickým aplikacím, především se jedná o přenos velkých objemů dat generující dlouhé pakety (protokol FTP), problém se objevuje ve většině sítí WAN, kde dochází při saturaci linek k vytváření front na hraničních směrovačích, neřešení QoS má dopad na kvalitu provozování Real-time aplikací (např. VoIP). Zatímco tradiční IP aplikace jako web, e-mail, atd... se dokáží se saturovaným provozem na linkách WAN vyrovnat, tak aplikace v reálném čase ztrácejí neúnosně mnoho informací především díky nadměrnému zpoždění, hovor je trhaný, chvílemi se zcela přeruší, případně může docházet k rozpadům navázaného spojení. Jako maximálně únosné zpoždění informace mezi odesílatelem a příjemcem (účastníky spojení) je empiricky označována hodnota *200 ms*, přičemž doporučení ITU-T G.114 stanoví pro High-Quality hodnotu zpoždění nižší než *150 ms*.

IP telefonie je kritickou aplikací. S rozvojem Internetu a hektickým zvyšováním výkonů výpočetní techniky trh vyvinul silný tlak na vývoj standardů pro IP telefonii a v posledních třech letech především na mechanizmy, které umožňují kontrolu pásma v IP sítích. Hovor může mít relativně skromné nároky na pásmo, ale nikoliv na zpoždění. Aplikace požaduje zabezpečení kvality služby QoS (Quality of Service). Mechanizmus zajištění QoS vypadá následovně:

ToS	**-----> CoS**	**-----> QoS**
označení paketu (hlavička IP)	-----> roztřídění paketů	-----> kvalita služby

Základním cílem QoS je dosáhnout pásmo a zpoždění potřebné pro konkrétní aplikaci. CoS umožňuje roztřídit do skupin různé toky paketů mající odlišné požadavky na zpoždění a pásmo. ToS je pole v hlavičce protokolu IP umožňující nastavit CoS. V současné době ToS pole používá tři bity, jež dovolují vyčlenit osm skupin, neboli CoS (0-7), což je označováno jako IP Precedence, novější mechanizmy označované jako *DiffServ* používají v ToS šest bitů a další dva pro řízení toku.

6 Způsoby dosažení QoS v IP

- řešení IntServ,
- řešení DiffServ

6.1 IntServ

QoS pro konkrétní tok dat.

- použitelnost v rozsáhlých sítích
- jedná se o mechanismus pro dynamickou změnu QoS
- aplikace provede požadavek rezervace trasy pro přenos

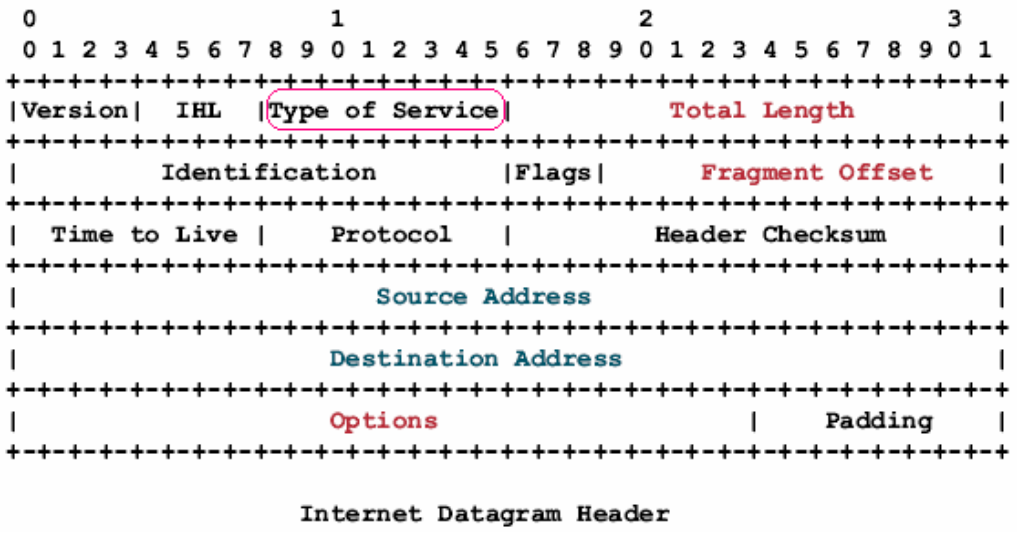
definované modely:

- RFC2211 (Controlled - load), pro rezevaci pásma mezi dvěma body
- RFC2212 (Guaranteed service), pro garanci maximálního zpoždění

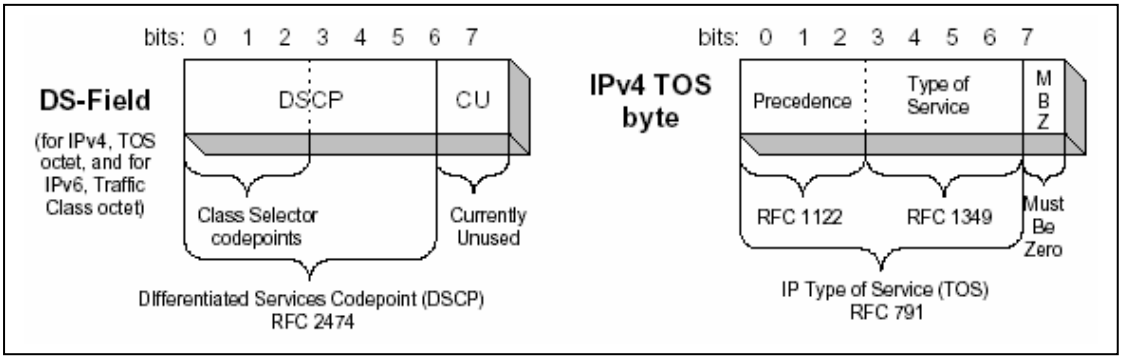
Používá se signalizační protokol RSVP (Resource Reservation Protocol, RFC 2205), rezervace se provádí krok za krokem po celé cestě daného přenosu od příjemce k odesílateli. Umožňuje vytvoření, zrušení, změnu a obnovení rezervace, podporován je na IPv4 i IPv6.

6.2 DiffServ

Architektura definuje třídy služeb založené na klasifikaci toků. Označení paketů je provedeno pomocí vzorků v oktetu TOS u IPv4 nebo nastavením parametru třídy provozu u IPv6 (Traffic Class Octet).



Definováno v RFC2475 a RFC2747, smyslem je umožnit provozování rozdílných tříd služeb na společné síťové infrastruktuře. Každý tok je kontrolován a označen v souladu s profilem služby. K označení se používá TOS pole v hlavičce IP paketu, ve kterém definuje vlastní stav DSCP (DS Code Point).



Diffserv označuje IP třídu služby a využívá třech základních principů:

-- Per-Hop Behaviors (PHBs) - deliver special treatment to packets at forwarding time

-- Traffic Conditioners - alter packet aggregates to enforces rules for services

-- Bandwidth Brokers (Policy Managers) - apply and communicate policy

7 Standardy 802.1p, 802.1Q, 802.1D

IEEE 802.1p, 802.1Q a 802.1D standardy definují mechanizmy přepínaného Ethernetu pro klasifikaci rámců a umožňují urychlit propojování toků kritických aplikací (VoIP).

7.1 Standard 802.1p

Standard IEEE 802.1p umožňuje zajistit QoS v sítích Ethernet a Token Ring, podporuje mechanizmy klasifikace provozu na přepínaném ethernetu, a to na třetí i druhé vrstvě. Pomocí Tos v hlavičce IP paketu lze nastavit osm úrovní priorit pro QoS aplikace v rozsahu 0 až 7, to je nastaveno na třetí vrstvě (Network Level). Minimalizace zpoždění je ale prioritně záležitostí druhé vrstvy (Data Link), pro podporu klasifikace typu provozu je nutné implementovat síťový hardware (směrovače, přepínače) s podporou 802.1p.

7.2 Standard 802.1Q

IEEE standard 802.1.Q umožňuje vytváření virtuálních LAN (VLAN) v sítích Ethernet a Token Ring. Mechanizmus podpory tvorby VLAN probíhá na druhé vrstvě ozanočováním rámců (frame tagging).

7.3 Standard 802.1D

Některé prvky (bridges) jsou založeny na principech, které nepodporují mechanizmy kontroly toků, ale mohou dočasně zamezit zahlcení vstupních bufferů, tuto vlastnost podporuje standard 802.1D. Standard 802.1p byl zahrnut i pod 802.1D

8 Mechanizmy QoS.

V následujících odstavcích jsou popsány dosud standardizované mechanizmy pro dosažení QoS.

Řízení přístupu / Admission control

Admission Control determines whether a requested "connection" is allowed to be carried by the network. The main considerations behind this decision are current traffic load, current QoS, requested traffic profile, requested QoS, pricing and other policy considerations. For QoS enabled IP networks, Admission Control, for example, could be performed in the setting up of RSVP flows or MPLS paths.

Traffic shaping/conditioning

In QoS enabled IP networks, it's necessary to specify the traffic profile for a "connection" to decide how to allocate various network resources. Traffic Shaping/Conditioning ensures that traffic entering at an edge or a core node adheres to the profile specified. Typically, this mechanism is used to reduce the burstiness of a traffic stream. This involves a key tradeoff between benefits of shaping (e.g., loss in downstream network) and the shaping delay. Leaky Bucket based traffic shaping is an example of this mechanism.

Packet classification

In order to provide the requested QoS, it's critical to classify packets to enable different QoS treatment. This can be done based on various fields in IP headers (e.g., source/destination addresses and protocol type) and higher layer protocol headers (e.g., source/destination port numbers for TCP or UDP). Efficient and consistent Packet Classification is a key problem under active research. The IP QoS FAQ - brought to you by The Quality of Service Forum

Packet marking

Either as a result of a traffic monitoring mechanism or voluntary discrimination, a packet can be annotated for a particular QoS treatment in the network (e.g., high/low loss/delay priority). IP Packet Marking is proposed to be done using the IP header's Type of Service (TOS) byte for IPv4 and Traffic Class byte for IPv6.

Priority and scheduling mechanisms

To satisfy the QoS needs of different "connections," nodes need to have Priority and scheduling Mechanisms. The Priority feature typically refers to the capability of providing different delay treatment, e.g., higher priority packets are always served before the lower priority ones, both in the context of packet processing and transmission on outbound links. Nodes also implement different loss priority treatment, i.e., higher loss priority packets are lost less often than the lower loss priority ones. Nodes also need to have the closely related Scheduling Mechanisms to ensure that different "connections" obtain their promised

share of the resources (i.e., processing and link bandwidth). This mechanism also ensures that any spare capacity is distributed in a fair manner. Examples of this

mechanism include Generalized Processor Sharing (GPS), Weighted Round Robin (WRR), Weighted Fair Queueing (WFQ), and Class Based Queueing (CBQ). Efficient implementation of these mechanisms, and extending them to include (a) both delay and bandwidth needs simultaneously, and (b) hierarchical scheduling are the areas of active

research.

Signalling protocols

To obtain the required QoS from a network, end-systems need to signal the network the desired QoS as well as the anticipated offered traffic profile. This has been a fundamental part of various connection-oriented networks (e.g., ATM). However, for connectionless networks (e.g., IP), this is relatively new. Corresponding examples are the signaling associated with Resource ReSerVation Protocol (RSVP) and Label Distribution Protocol (LDP). Implementation scalability and the corresponding capabilities to signal different QoS needs are issues under current examination.

Queuing (WFQ, CFQ, SFQ)

Some network elements enable "fair queuing" algorithms so a misbehaving application--one that continues to send during times of congestion--won't punish other, better-behaved applications (e.g. TCP applications), or so the average of dropped packets is evenly

distributed across flows [Queuing]. Basically, they determine how packets are dropped when congestion occurs in a router (i.e. when a queue is full). CFQ (Class-based Fair Queuing), WFQ (Weighted Fair Queuing), SFQ (Stochastic Fair Queuing) are examples of these algorithms.

Congestion Control (RED, ECN)

For QoS IP networks to operate in a stable and efficient fashion, it’s essential that they have viable and robust Congestion Control capabilities. These capabilities refer to the ability to flow control and shed excessive traffic during the periods of congestion. Random Early Detection (RED) and Explicit Congestion Notification (ECN) are two of the proposed capabilities. RED prescribes discard probability to drop packets in a fair and robust way (i.e., consistent with behavior of higher layer protocols like TCP) based on the measured average queue length. RED (Random Early Detection) attempts to avoid congestion rather than reacting to it (and

thereby avoid TCP synchronization problems that can result when hosts decrease or increase TCP traffic simultaneously after congestion occurs). It randomly drops packets before queues fill, to keep them from overflowing. Unlike the queue management algorithms mentioned above, it does not require flow-state in the routers. ECN is a recently proposed mechanism for routers to notify existence of congestion to ECN-capable end-systems.

9 Serializační zpoždění.

Serializační zpoždění je doba, která je nutná pro průchod paketu linkou. Ve směrovači dochází k řazení paketů do fronty. Pakety mají různou délku, serializační zpoždění je závislé na délce konkrétního paketu, který je směrovačem zpracováván na portu linky WAN. V úvahu musíme brát nejnepříznivější konstelaci, k té kupříkladu dochází u přenosu objemných dat protokolem FTP, kdy jsou odesílány pakety délky 1500 Bytes, což je maximální možná velikost paketu definována pro rámec Ethernet II. Maximální možná velikost paketu, která může být odeslána, je definována parametrem MTU (Maximal Transfer Unit). Protokol IP byl navržen tak, aby umožňoval efektivní rozdělení informace a hlavička paketu je k tomu uzpůsobena. Parametr MTU můžeme definovat i na koncovém zařízení (např. síťová karta v PC), IP telefon a veškeré hlasové H.323 aplikace používají protokol RTP (Real Time Protocol), který definuje paket o max. délce 200 Bytes (160+40) a minimální délce 60 Bytes (40+20).

Proces rozdělování dlouhých paketů na směrovači je označován jako fragmentace a je účelným nástrojem pro minimalizaci serializačního zpoždění. Např. firma Cisco doporučuje používat fragmentaci na všech linkách s rychlostí < 768 kbps.

Dle vztahu [rov. 1] zobrazuje tabulka [tab. 1] velikosti serializačního zpoždění v závislosti na velikosti paketu a přenosové rychlosti linky.

L .... Latence [ms]
Ps .... Packet size [Bytes]
V ..... Transmission speed [kbps]

$$L = Ps \cdot 8 / V \qquad \text{[rov. 1]}$$

velikost paketu

rychlost linky / **zpoždění**	Latence [ms]	64 [Bytes]	128 [Bytes]	256 [Bytes]	512 [Bytes]	1024 [Bytes]	1500 [Bytes]
	64 [kbps]	8	16	32	64	128	187,5
	128 [kbps]	4	8	16	32	64	93,75
	256 [kbps]	2	4	8	16	32	46,88
	512 [kbps]	1	2	4	8	16	23,44
	768 [kbps]	0,67	1,33	2,67	5,33	10,67	15,63
	1024 [kbps]	0,5	1	2	4	8	11,72
	2048 [kbps]	0,25	0,5	1	2	4	5,86

Tab. 1 .

Následující tabulka [tab.2] zobrazuje velikosti fragmentů k dosažení zpoždění dle vztahu [rov. 2]. Např. firma Cisco doporučuje dimenzovat fragmenty na pomalých linkách na 10 ms serializačního zpoždění.

$$Ps = V \cdot L / 8 \qquad \text{[rov. 2]}$$

zpoždění

rychlost linky / **velikost fragmentu**	**Packet size [Bytes]**	**5 [ms]**	**10 [ms]**	**20 [ms]**
	64 [kbps]	40	80	160
	128 [kbps]	80	160	320
	256 [kbps]	160	320	640
	512 [kbps]	320	640	1280
	768 [kbps]	480	960	x
	1024 [kbps]	640	1280	x
	2048 [kbps]	1280	x	x

Tab. 2 .

10 Nároky kodeků na pásmo používaných ve VoIP.

Kvalita nejpopulárnějších hlasových kodeků byla měřena mnoha skupinami, většinou používajícími Mean Opinion Score (MOS). Na stupnici MOS se nula rovná nejhorší kvalitě a 5 té nejlepší. Následující tabulka uvádí bitovou rychlost a MOS pro několik hlasových kodérů. Algoritmy pracující v nižší rychlosti potřebují delší dobu pro rozkódování. Obecně znamená nižší přenosová rychlost větší možné zpoždění.

Kodek (použitý algoritmus)	Bitová rychlost (kbps)	MOS
G.711 (PCM)	64	4,1
G.726 (ADPCM)	32	3,8
G.728 (LD-CELP)	16	3,61
MS-GSM	13	3,1
G.729 (CS-ACELP)	8	3,92
G.723.1 (ACELP)	5,3	3,65

Tabulka 2: Hlasové kodeky a MOS

Nejpoužívanějšími kodeky VoIP jsou G.711, G.729 a G.723.1 .

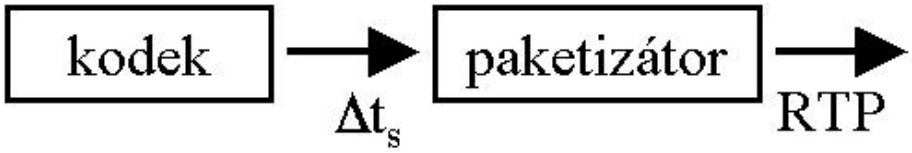
Při vytváření paketů zásobuje kodek v definovaných intervalech paketizátor hovorovými vzorky, tento čas je označen jako vzorkovací interval Δt_s (sample time), z těchto informací můžeme definovat velikost užitečné zátěže v RTP paketu označené jako p_s (payload size), viz. obr.2., pro výpočet použijeme rovnici 3.

$$p_s = c_r \cdot \Delta t_s / 8 \qquad \text{[rov. 3]}$$

Při určení velikosti užitečné zátěže neopomeňme podmínku pro RTP paket,

$$p_s \geq 20\ Bytes \ \wedge \ p_s \leq 160\ Bytes.$$

Vzorkovací interval se v praxi pohybuje mezi 10 až 40 ms, v závislosti na typu kodeku, dlouhé intervaly zásobování paketizátoru se pochopitelně nepříznivě projeví v kvalitě hovoru. Pro vysokou kvalitu hovoru nesmí dle ITU-T G.114 celkové zpoždění mezi účastníky spojení překročit hodnotu 150 ms, pro interval 40 ms se vzhledem k opačné proceduře depaketizace na vzdálené straně generuje dvojnásobné zpoždění 80 ms, navíc při přenosu a zpracování se uplatňují další typy zpoždění.



Obr. .: Zobrazení RTP a cRTP paketu.

Ze znalosti velikosti užitečné zátěže a formátu paketu můžeme zobecnit přenosouvou režii při konkrétním typu kódování v rovnici 4.

$$B_T = [8 \cdot (h_0 + h_1) + c_r \cdot \Delta t_s] / \Delta t_s \qquad \text{[rov. 4]}$$

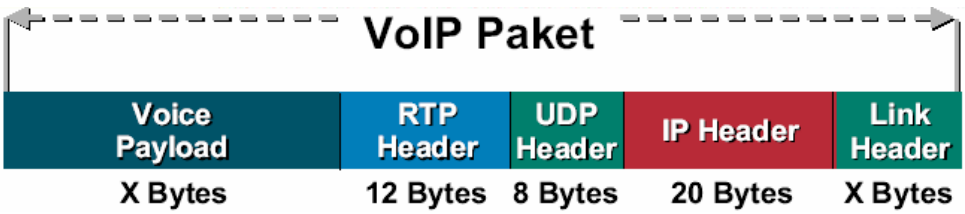
Δt_s [ms] ..... sample time, vzorkovací interval
p_s [Bytes]..... voice payload size, užitečná zátěž
c_r [kbps] ..... codec rate, vlastnost kodeku – přenosová rychlost
B_T [kbps] ..... bandwith tax, režie přenosu
h_0 [Bytes]..... IP/UDP/RTP header,RTP hlavička, komprimovaná cRTP

konstanta pro RTP h_0 = 40 Bytes
konstanta pro cRTP h_0 = 3 Bytes

h_1 [Bytes]..... link header, hlavička druhé vrstvy

konstanta pro Ethernet h_0 = 14 Bytes
konstanta pro PPP h_0 = 6 Bytes

formát paketu VoIP



Následující tabulky vyjadřují nároky hovorového spojení na datovou síť při kódování dle ITU-T G.711, G.729 a G.723.1. Interval vzorkování je zvolen tak, aby užitečná zátěž byla v rozsahu 20 až 160 Byte, v souladu s doporučením RFC 1889. Pro nejvyšší kvalitu hovoru při zpracování je nutné dosáhnout co nejmenšího kompresního a algoritmického zpoždění, to lze dosáhnout vytvářením paketů s minimální délkou, to však klade vysoké nároky na propustnost IP sítě a zvyšuje se vliv proměnného zpoždění *(jitter)* , ten se projevuje trhaným hovorem.

G.711, PCM
c_r=64 kbps

Δt_s [ms]	p_s [Byte]	B_T [kbps] , pro RTP	B_T [kbps] , pro Ethernet	B_T [kbps] , pro PPP
2,5	20	192	236,8	211,2
5	40	128	150,4	137,6
10	80	96	107,2	100,8
20	160	80	85,6	82,4

G.729, CS-ACELP
c_r=8 kbps

Δt_s [ms]	p_s [Byte]	B_T [kbps] , pro RTP	B_T [kbps] , pro Ethernet	B_T [kbps] , pro PPP
20	20	24	29,6	26,4
30	30	18,7	22,4	20,3
40	40	16	18,8	17,2
50	50	14,4	16,6	15,4

G.723.1, ACELP
c_r= 5,3 kbps

Δt_s [ms]	p_s [Byte]	B_T [kbps] , pro RTP	B_T [kbps] , pro Ethernet	B_T [kbps] , pro PPP
30	20	16,0	19,7	17,6
35	30	14,4	17,6	15,8
40	40	13,3	16,1	14,5
50	50	11,7	13,9	12,7

11 VoIP Quality of Service for Low-Speed PPP

Implementace VoIP v sítích WAN s nízkorychlostním připojení vyžaduje řešení pro zabezpečení QoS hlasového spojení.

Níže uvedené řešení bylo otestováno v laboratorních podmínkách s routery Cisco 1751 a Cisco MC3810.

S popisovaným nastavením bylo dosaženo dobré kvality hovoru na lince, přestože linka WAN byla saturovaná datovým provozem z generátoru paketů:

64 kbps , dva současné hovory s kodekem G.729 při plné saturaci linky

Podmínkou je, aby routery byly propojeny PPP protokolem.

Pro konfiguraci QoS s PPP na routerech Cisco bylo použito doporučené nastavení výrobce:

http://www.cisco.com/warp/public/788/voice-qos/voip-mlppp.html

12 Principy použitého nastavení QoS

K dosažení kvality hovoru byla použita sada nástrojů umožňující klasifikovat datový a hlasový provozu do rozdílných kategorií a zajistit doručení real-time hlasových paketů.

12.1 Metoda LFI - Fragmentace velkých paketů a prokládání hlasovými

Velké datové pakety mohou nepříznivě ovlivnit doručení malých hlasových paketů a snížit kvalitu hovoru. Fragmentace těchto velkých datových paketů do několika menších s prokládáním hlasovými pakety umožní redukovat jitter a zpoždění. Problematika různých typů zpoždění je popsána např. v [lit. 1.]

Δt_S	..... serializační zpoždění linky (Serialization Delay)	[ms]
S_F	..... velikost fragmentu (fragment size)	[Bytes]
B_L	.....rychlost linky WAN (link bandwidth)	[kbps]

$$\Delta t_S = \frac{8 \cdot S_F}{B_L} \quad [\text{ms}] \quad [\text{rov. 1 }]$$

Následující tabulka [tab.1.] prezentuje výsledky serializačního zpoždění po dosazení do rovnice [rov. 1]. Doporučení ITU-T G.114 udává max. hodnotu zpoždění mezi účastníky hovoru *150 ms*. Pro hlasové aplikace by nemělo serializační zpoždění překročit *20 ms*.

	1 Byte	64 Bytes	128 Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1024 Bytes	1500 Bytes
56 kbps	143 us	9 ms	18 ms	36 ms	72 ms	144 ms	214 ms
64 kbps	125 us	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	126 ms	187 ms
128 kbps	62.5 us	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
256 kbps	31 us	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	46 ms
512 kbps	15.5 us	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms
768 kbps	10 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	10.24 ms	15 ms
1536 kbps	5 us	320 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	7.5 ms

Tab.1. : Serializační zpoždění linky v závislosti na velikosti paketu

Velikost fragmentu je na Cisco routeru nastavitelná příkazem

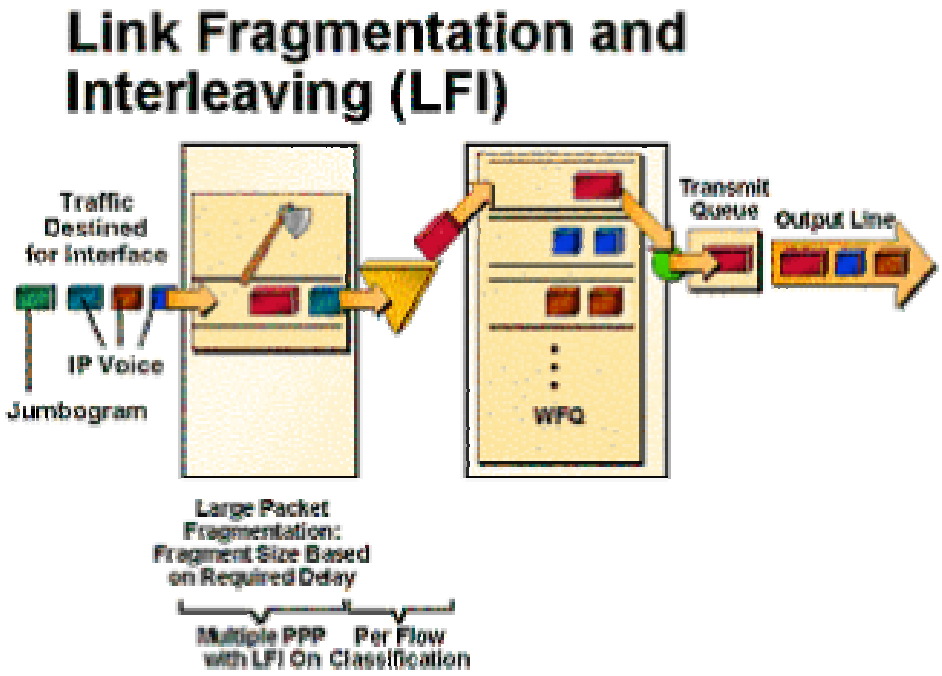
ppp multilink fragment-delay (nastavuje se čas v *ms*)

```
ppp multilink fragment-delay 20          (použito v experimentu)
```

ppp multilink interleave (zapne prokládání - *ON*)

LFI (Link Fragmentation and Interleaving) provádí rozseknutí velkých odesílaných paketů v nastaveném intervalu a prokládání fragmentovaných paketů hlasovými. Následující obrázek ilustruje funkci LFI.

.



12.2 Metoda PQ/WFQ – prioritizace RTP toků

PQ/WFQ – Priority Queue/Weighted Fair Queuing

Veškeré Cisco VoIP produkty pro RTP alokují při spojení UDP porty v rozsahu (16384-32767). Princip PQ/WFQ je jednoduchý a spočívá ve vytvoření fronty s prioritou, do které přicházejí RTP pakety toků s dedikovaným rozsahem UDP portů. Router dle adresy UDP rozezná VoIP provoz a automaticky ho řadí do fronty se striktní prioritou, pokud je prioritní fronta (PQ) vyprázdněna, tak jsou zpracovávány ostatní fronty v souladu se standardním vyváženým řízením alokujícím frontám poměrnou část kapacity linky (WFQ).

Pro nastavení na routerech Cisco :

ip rtp priority *starting-rtp-port-# port-#-range bandwidth*

starting-rtp-port-number	Lower bound of UDP port. The lowest port number to which the packets are sent. **For VoIP set this value to 16384**.
port-number-range	The range of UDP destination ports. A number, which added to the *starting-rtp-port-number*, yields the highest UDP port number. **For VoIP set this value to 16383 (32767 - 16384 = 16383)**
bandwidth	Maximum allowed bandwidth (kbps) in the priority queue. Set this number according to the number of simultaneous calls the system will support.

12.3 Protokol cRTP – komprimovaný RTP

cRTP – Compression Real-Time Protocol (cRTP)

Protokol cRTP má oproti RTP komprimovanou hlavičku IP/UDP/RTP ze 40 Bytes na 2 až 4 bytes, formát RTP paketu je popsán v RFC 1889/1890.

Pro nastavení na routerech Cisco :

ip rtp header-compression [passive]

Při nastavení cRTP si router jako *default* přidá i kompresi TCP hlavičky.

Komprese je náročná na výkon CPU, doporučuje se skutečně zapínat pouze v případě potřeby a pokud využití CPU překročí 75%, tak cRTP raději vůbec nepoužívat.

12.4 Komprese hlavičky TCP

Technika komprese hlavičky TCP je v souladu s doporučením RFC 1144.

Pro nastavení na routerech Cisco :

ip tcp header-compression [passive]

12.5 Nastavení detekce ticha - VAD

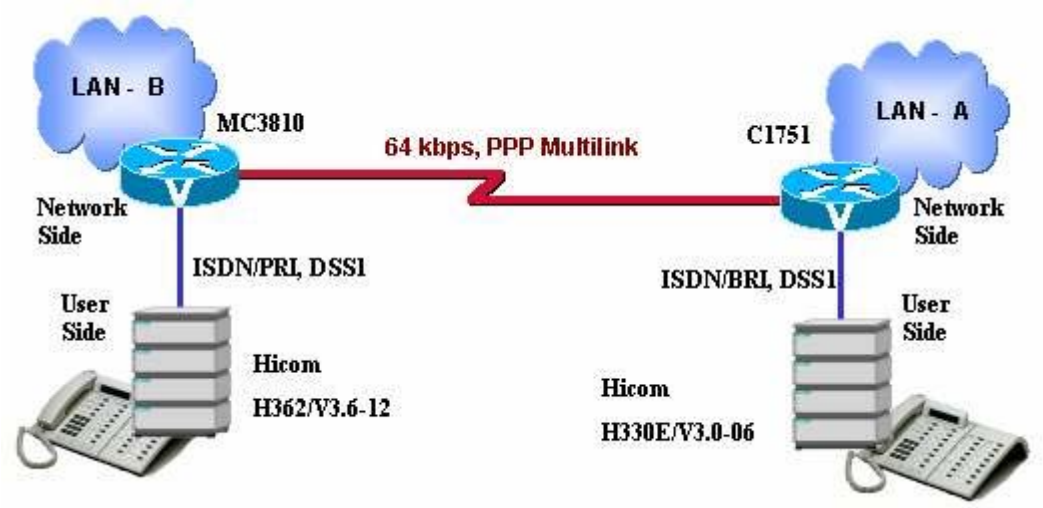
VAD – Voice Activity Detection

Hovor obsahuje 35 až 50 % ticha, použití VAD dosáhneme odesílání informací pouze při překročení dedikované akustické úrovně. VAD je nastaven jako default pro veškeré směry *VoIP dial-peers* a lze vypnout na konkrétní *dial-peer* parametrem ***no vad***.

13 Experiment

Popis konfigurace:

- Router MC3810 – propojený s H300 k modulu DIUS2 přes PRI/ISDN, na ústředně User-Side, nastavení jako na státní
- Router C1751 – propojený s H300E k modulu STMD přes BRI/ISDN, na ústředně User-Side, nastavení jako na státní
- Routery vzájemně propojené přes modemy Nokia (synchronní 64 kbps)
- pro VoIP použito kódování G.729 s funkcí VAD



13.1 Konfigurace pro H300E

/* popis konfigurace na straně LAN-A

/* STMD – User Side

```
AB-VEGAS;
H500:  AMO VEGAS GESTARTET
     ANLAGEN-NUMMER    AMO   AMO-TEXT-APS-NR   START           ANWENDER STATUS
SWU: L31999W3871A00001 REGEN P30252B4100B00106 08.02.02  06:22 VOZNAK   FERTIG
ADS: L31999W3871A00001 REGEN P30252B4100A00106 08.02.02  06:25 VOZNAK   FERTIG
AMO-VEGAS-111       VERWALTUNG DER GENERIERUNGSABLAEUFE AUF DEM SUPPORT-RECHNER
ABFRAGEN DURCHGEFUEHRT;


AB-ZAND:DATENALL;
H500:  AMO ZAND  GESTARTET

   ALLGEMEINE SYSTEM-DATEN:
   ========================

   UMLEGEN  = UEBERG  ,  HINWEIS  = NEIN,
   BERERH   = FBKW                      ,
   FREITON  = JA  ,      UMLVERH  = NEIN,      ENACHT   = NEIN,
   NACHTBER = FBKW                      ,
   VBZAUL   = NEIN,      HALTETON = MUSIK ,
   ANATESIG = TON   ,    DRPANZ   = 20,        AWTON    = JA  ,
   KONFAMT  = NEIN,      RWSAMT   = NEIN,      DATANZFO = TTMM,
   LANDKZ   = 1  ,       WANRBEG  = NEIN,      MELODIE  = 2,
   FANGKZ   =       ,    CPBLOWL  = 80 ,       CPBUPPL  = 100,
   DURCHZL  = NEIN,      PREDIA   = NEIN,      SIUSPKZ  = X,
   AMTRUF   = JA  ,      COEXN    = 0 ,        ANZRR    = 5 ,
   SEVDIG   = NEIN,      KNNR     =        96 ,
   DISPMODE = MODE1,     KNOTENKZ = 96    ,
   ROUTOPTE = NEIN,      ROUTOPTS = NEIN,      CALLOFF  = NEIN,
   PARARUF  = JA  ,
   DRZIELP  = JA  ,      ONEPARTY = JA  ,      MELDVER  = NEIN,
   RWSAMTB  = JA  ,      VAMTAMT  = JA  ,      WAKOZIVO = NEIN,
   ANSAMT   = NEIN,      ROEDEAKT = NEIN,      WAMAKELN = NEIN,
   AULPRUEF = NEIN,      HTONSAAO = NEIN,      NAWAVERZ = NEIN,
   VERMANKL = NEIN,      AUFSMZST = NEIN,      AUFSSA   = NEIN,
   AKNASTAS = JA  ,      WAUEBSAO = NEIN,      GESPNAUF = NEIN,
   NETZTEAM = NEIN,      AULSCHL  = NEIN;
```

```
AB-TDCSU:1-1-103-3;
H500:  AMO TDCSU GESTARTET

  +------------------------ DIGITALER SATZ (FORMAT=L) -------------------------+
  |             GER = S0AMT                    LAGE =  1-01-103-3              |
  |----------------------------------------------------------------------------|
  | COTNR    = 26            COPNR    = 62            WABE     = 0            |
  | VBZ      = 0             COS      = 3             LCOSS    = 7            |
  | LCOSD    = 7             SATZNR   = C1751         ZLNR     = 88           |
  | PROTVAR  = ETSI          SEGMENT  = 1             TCHARG   = N            |
  | ANZUNT   = 0             ZIVO     =               CHIMAP   = N            |
  | ISDNCC   =               ISDNAC   =               ISDNLC   =              |
  | ISDNIP   =               ISDNNP   =                                       |
  | PNPL2C   =               PNPL1C   =               PNPLC    =              |
  | PNPL2P   =               PNPL1P   =               PNPAC    =              |
  | TRACOUNT = 31            SATCOUNT = VIELE         KNNR     = 880          |
  | ALARMNR  = 2             FIDX     = 1             CARRIER  = 2            |
  | ZONE     = LEER          COTX     = 26            AULX     = 1            |
  | DOMTYP   =               DOMAINNR =               TPROFNR  =              |
  | ENACHT   =                                                                 |
  | CCHDL    =               UUSCCX   = 16            UUSCCY   = 8            |
  |----------------------------------------------------------------------------|
  | INBETR   = J             BUNR     = 97            SUCHART  = ZYK          |
  | PERMACT1 = J             PERMACT2 = J             TEIVERIF = J            |
  | FIXEDTEI = 0             CNTRNR   = 0             BKVER    = J            |
  +----------------------------------------------------------------------------+
  ANZAHL DER B-KANAELE IN DIESER AUSGABE: 2



AB-COT:26;
H500:  AMO COT   GESTARTET
   COT:  26  INFO: ISDN ETSI
   GERAET: S2AMT        QUELLE: DB
   PARAMETER:
        ANRUF BEI EINHAENGEN IN RUECKFRAGE                              AERF
        ABWURF ZUM VF WENN WAHL UNVOLLSTAENDIG                          AWWU
        ABWURF ZUM VF WENN NICHT VORHANDEN                              AWNV
        ABWURF ZUM VF IM BESETZTFALL                                    AWBF
        ABWURF ZUM VF WENN NICHT BERECHTIGT                             AWNB
        ABWURF ZUM VF BEI GASSENBESETZT                                 AWGB
        ABWURF ZUM VF BEI ANRUFSCHUTZ                                   AWAS
        ABWURF ZUM VF BEI FREI (NACH ZEIT)                              AWFR
        LEITUNG  MIT MELDEKRITERIUM                                     MVLT
        UEBERGABE IM BESETZT-, RUF- ODER GESPRAECHSZUSTAND              UELM
        NETZWEITER RUECKRUF IM BESETZTFALL                              RRBN
        ANRUFE ZU EINEM BESETZTEN SA WERDEN NICHT AUSGELOEST            SAAO
        KEINE KNOTENNUMMER ZUM PARTNER SENDEN                           LOKN
        KOMMENDE LEITUNG VON ANLAGE OHNE LCR                            OLCR
        TSC-SIGNAL. F. UEBERGR. LM BEI DIGITALEN NETZ (ERFORDERLICH)    TSCS
        VOREINGESTELLE KNOTENNUMMER DER LEITUNG VERWENDEN               VKNN
        KOMMENDE LEITUNG VON ANLAGE OHNE LCR (DATEN)                    OLRD
        KEIN REROUTING                                                  KRER
        KEIN TON                                                        KTON


AB-COP:62;
   COP:  62  INFO: ISDN ETSI
   GERAET: S0AMT        QUELLE: DB
   PARAMETER:

   AMTSBERECHTIGUNG:
        FERNBERECHTIGUNG                                                FBKW
   FERNBERECHTIGUNG:
        FERNBERECHTIGUNG                                                FBKW
```

13.2 Konfigurace pro C1751

/* popis konfigurace na straně LAN-A

```
C1751-Mirek#sh ver

Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C1700 Software (C1700-SV3Y-M), Version 12.2(4)XL, EARLY DEPLOYMENT RELEASE
SOFTWARE (fc1)
TAC Support: http://www.cisco.com/tac
Copyright (c) 1986-2001 by cisco Systems, Inc.
Compiled Fri 16-Nov-01 17:10 by ealyon
Image text-base: 0x80008124, data-base: 0x80D50920

ROM: System Bootstrap, Version 12.1(5r)T1, RELEASE SOFTWARE (fc1)
ROM: C1700 Software (C1700-SV3Y-M), Version 12.2(4)XL, EARLY DEPLOYMENT RELEASE
SOFTWARE (fc1)

cisco 1751 (MPC860P) processor (revision 0x200) with 55706K/9830K bytes of memory.
Processor board ID JAD05480333 (2793018017), with hardware revision 1187
MPC860P processor: part number 5, mask 2
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.
Basic Rate ISDN software, Version 1.1.
1 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
1 Serial(sync/async) network interface(s)
2 ISDN Basic Rate interface(s)
4 Voice NT or TE BRI interface(s)
32K bytes of non-volatile configuration memory.
32768K bytes of processor board System flash (Read/Write)
Configuration register is 0x2102


sh conf

Using 3311 out of 29688 bytes
!
! Last configuration change at 10:55:07 MET Tue Feb 5 2002
! NVRAM config last updated at 10:55:08 MET Tue Feb 5 2002
!
version 12.2
service timestamps debug datetime msec localtime
service timestamps log datetime msec localtime
no service password-encryption
!
hostname C1751-Mirek
!
logging count
logging buffered 64000 debugging
!
memory-size iomem 15
clock timezone MET 1
clock summer-time MET-DST recurring last Sun Mar 2:00 last Sun Oct 2:00
ip subnet-zero
!

isdn switch-type basic-net3
!

interface Multilink1
 bandwidth 64
 ip unnumbered Loopback0
 ip tcp header-compression iphc-format
 load-interval 30
 fair-queue
 no cdp enable
```

```
 ppp multilink
 ppp multilink fragment-delay 20
 ppp multilink interleave
 multilink-group 1
 ip rtp header-compression iphc-format
 ip rtp compression-connections 3
 ip rtp priority 16384 16383 48
!

interface BRI0/0
 no ip address
 isdn switch-type basic-net3
 isdn overlap-receiving
 isdn protocol-emulate network
 isdn layer1-emulate network
 isdn incoming-voice voice
 isdn static-tei 0
 isdn skipsend-idverify
!

interface BRI0/1
 no ip address
 isdn switch-type basic-net3
!

interface Serial1/0
 bandwidth 64
 no ip address
 encapsulation ppp
 no ip route-cache
 no ip mroute-cache
 load-interval 30
 ppp multilink
 multilink-group 1
!

call rsvp-sync
!

voice-port 0/0
 compand-type a-law
 cptone DE
 bearer-cap 3100Hz
!
voice-port 0/1
!
mgcp profile default
!
dial-peer cor custom
!
dial-peer voice 3 pots
 destination-pattern 42069731....
 progress_ind alert enable 8
 direct-inward-dial
 port 0/0
!
dial-peer voice 102 voip
 destination-pattern 42069732....
 session target ipv4:195.113.113.3
```

13.3 Dva současné hovory bez saturace 64 kbps linky WAN

Sestavení dvou cca 2 min. hovorů / G.729 s VAD:

Basic Call	OK
CLIP	OK
sestavení spojení SETUP-ALERTING	500 ms
kvalita hovoru	výborná
maxim. zpoždění	**70 ms**

---

max vytížení linky : 31 kbps	/*
pro jeden hovor : 15,5 kbps	

/* všechny sluchátka u reproduktoru s hudbou, zprůměrována 30 sec. perioda, pro běžný hovor půjdou výsledky o cca 30% dolů

```
C1751-Mirek#sh int ser 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
  Hardware is PowerQUICC Serial
  MTU 1500 bytes, BW 64 Kbit, DLY 20000 usec,
     reliability 255/255, txload 123/255, rxload 87/255
  Encapsulation PPP, loopback not set
  LCP Open, multilink Open
  Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 1w5d
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair  [suspended, using FIFO]
  FIFO output queue 0/40, 0 drops
  30 second input rate 22000 bits/sec, 101 packets/sec
  30 second output rate 31000 bits/sec, 106 packets/sec
```

13.4 Dva současné hovory se saturací 64 kbps linky WAN

Sestavení dvou cca 2 min. hovorů / G.729 s VAD:

Basic Call	OK
CLIP	OK
sestavení spojení SETUP-ALERTING	900 ms
kvalita hovoru	dobrá /* srovnatelná s mobil.
maxim. zpoždění	**210 ms**

---

max vytížení linky před sestavením hovoru:	62 kbps	/*
max vytížení linky po sestavení hovoru:	59 kbps	/* vliv PQ/WFQ na CPU

/* linka saturována UDP pakety

```
C1751-Mirek#sh int ser 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
  Hardware is PowerQUICC Serial
  MTU 1500 bytes, BW 64 Kbit, DLY 20000 usec,
     reliability 255/255, txload 247/255, rxload 247/255
  Encapsulation PPP, loopback not set
  LCP Open, multilink Open
  Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 1w6d
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair  [suspended, using FIFO]
  FIFO output queue 0/40, 0 drops
  30 second input rate 62000 bits/sec, 52 packets/sec
  30 second output rate 62000 bits/sec, 50 packets/sec
```

14 Závěr

V experimentu bylo ověřena možnost přenosu dvou současných hovorů s dobrou kvalitou při plném zatížení WAN datovým přenosem.

15 Literatura

[1] M.Vozňák: Problematika QoS v sítích s technologií VoIP, VŠB-TUO, TR 12/2001

[2] http://www.cisco.com/warp/public/788/voice-qos/voip-mlppp.html

16 Odkazy

[RFC 2205]

Resource ReSerVation Protocol – Version 1 Functional Specification, , September 1997

[RFC 2210]

The Use of RSVP with IETF Integrated Services, September 1997

[RFC 2211]

Specification of the Controlled-Load Network Element Service, , September 1997

[RFC 2212]

Specification of Guaranteed Quality of Service, Sept 1997

[RFC 2215]

General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements, September 1997

[RFC 2216]

Network Element Service Specification Template, Sept 1997

[RFC 2474]

DS Field in the IPv4 and IPv6 Headers", December 1998

[RFC 2475]

An Architecture for Differentiated Services,December 1998