



RNDr. Ing. Vladimír Smotlacha, Ph.D.

Katedra počítačových systémů
Fakulta informačních technologií
České vysoké učení technické v Praze
© Vladimír Smotlacha, 2019

Počítačové sítě BI-PSI

LS 2018/19, Přednáška 10

<https://courses.fit.cvut.cz/BI-PSI>



FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ČVUT V PRAZE



EVROPSKÁ UNIE



- Kvalita služeb v sítích
- Požadavky aplikací
- Parametry QoS
- Technické řešení
 - SLA, SLS
 - obsluha front
 - token bucket
 - příklad: Intserv, Diffserv



- Úroveň definice:
 - síťová - propustnost, zpoždění, atd.
 - aplikační - frame/s, doba přenosu, subjektivní hodnocení pro hlasové služby, dostupnost, atd.
- Typ definice:
 - kvantitativní
 - kvalitativní (relativní)
- Kvalita služeb je výsledkem společné činnosti:
 - aplikace, middleware, OS, síť, ..



Přesné definice:

- IETF: aktivity IPPM, IPFIX, atd.
 - popis měření (RFC2330, ...)
- ITU-T:
 - statistické vyhodnocování (I.350, I.381, Y.1541)
- neexistuje jednotná univerzální specifikace
 - standardizační organizace
 - jednotlivé projekty
 - stálé pokusy o lepší specifikace tříd přenosu



- zpoždění (delay)
- variace zpoždění (jitter)
- ztrátovost (loss)
- propustnost (throughput)
- dostupnost (availability)

Fyzikální popis reálného systému

- okamžitě změřená hodnota
- vztah k nějakému časovému intervalu
- absolutní limity („nikdy nepřekročí ...“)
- kvantil („po 99% času nepřesáhne ...“)
- střední hodnota a rozptyl (σ) – pro normální rozdělení



- obousměrné (RTT – Round-trip Time)
 - “tam a zpět”
 - snadné měření
- jednosměrné (OWD – One-way Delay)
 - může být různé v obou směrech
 - obtížné měření – vyžaduje znalost přesného času v obou místech měření



- přenosové zpoždění (transmission delay)
 - doba od prvního do posledního bitu na mediu

$$D_T = N / R$$

- N – počet bitů
- R – přenosová rychlost
- doba šíření (propagation delay)
 - fyzikální rychlost
 - rychlost světla ($3 \cdot 10^8$ m/s) pro vakuum resp. vzduch
 - cca $2 \cdot 10^8$ m/s pro el. kabel (činitel zkrácení 0.66)
 - cca $2 \cdot 10^8$ m/s pro optické vlákno (index lomu 1.5)



- doba zpracování (processing delay)
 - jak dlouho trvá síťovému prvku zpracování
 - analýza hlavičky, hledání v tabulce, atd.
- zpoždění ve frontě (queuing delay)
 - výstupní fronta síťového interface
 - vstupní fronta procesoru (např. u routeru)



- změny zpoždění (one-way delay variation)
- vyjádření
 - absolutně ($D_{\max} - D_{\min}$)
 - relativně (%)
- vliv na aplikace:
 - důležité pro přenosy v reálném čase
 - kompenzováno vstupní frontou v aplikaci
 - kritické pro aplikace typu NTP



- počet ztracených jednotek přenosu
 - pakety
 - bity (BER – bit error rate)
- vyjádření relativním číslem
- závisí na médiu
 - vysoké pro bezdrátové sítě (např. WiFi)
 - velmi nízké pro optické linky
- zahlcení linky
 - řízené zahazování paketů



- kapacita trasy / sítě (throughput, bandwidth)
 - linka s nejmenší kapacitou
 - omezená propustnost síťových prvků
 - vliv opravených ztrát
- goodput
 - propustnost na aplikační vrstvě
- available bandwidth
 - volná přenosová kapacita
 - velmi rychle se mění
 - obtížné vyhodnocení



- pravděpodobnost, že síť (služba) bude dostupná
 - relativní vyjádření (např. 0.99 doby během roku)
- doba nedostupnosti zahrnuje
 - technické záležitosti
 - poruchy, atd.
 - administrativní omezení
 - plánovaná údržba
 - update zařízení, atd.



Třídy (class)

- best effort
 - standard Internetu
- další třídy
 - v závislosti na technologiích (např. ATM)
 - různé specifikace, méně implementací
 - příklady:
 - Premium IP – zaručena šířka pásma, malá ztrátovost
 - LBE (Less Than Best Effort) – vyšší ztrátovost



- ITU-T
 - Class 0 – real-time
 - Class 1 – interactive
 - Class 2 – non-interactive
 - Class 3 – unspecified
- ATM
 - CBR – constant bit rate
 - VBR – variable bit rate
 - UBR – unspecified bit rate
 - ABR – available bit rate



- IPv4 má v hlavičce informační pole TOS (Type of Service)
 - různé specifikace, není běžně využíváno
 - např. RFC-1349 definuje
 - 1000 minimalizuj zpoždění
 - 0100 maximalizuj propustnost
 - 0010 maximalizuj spolehlivost
 - 0001 minimalizuj finanční náklady
 - 0000 normální služba
- IPv6 obsahuje v hlavičce pole Třída přenosu
 - také se nevyužívá

SLA - Service Level Agreement

Dohoda o technických i netechnických parametrech služby mezi zákazníkem a poskytovatelem

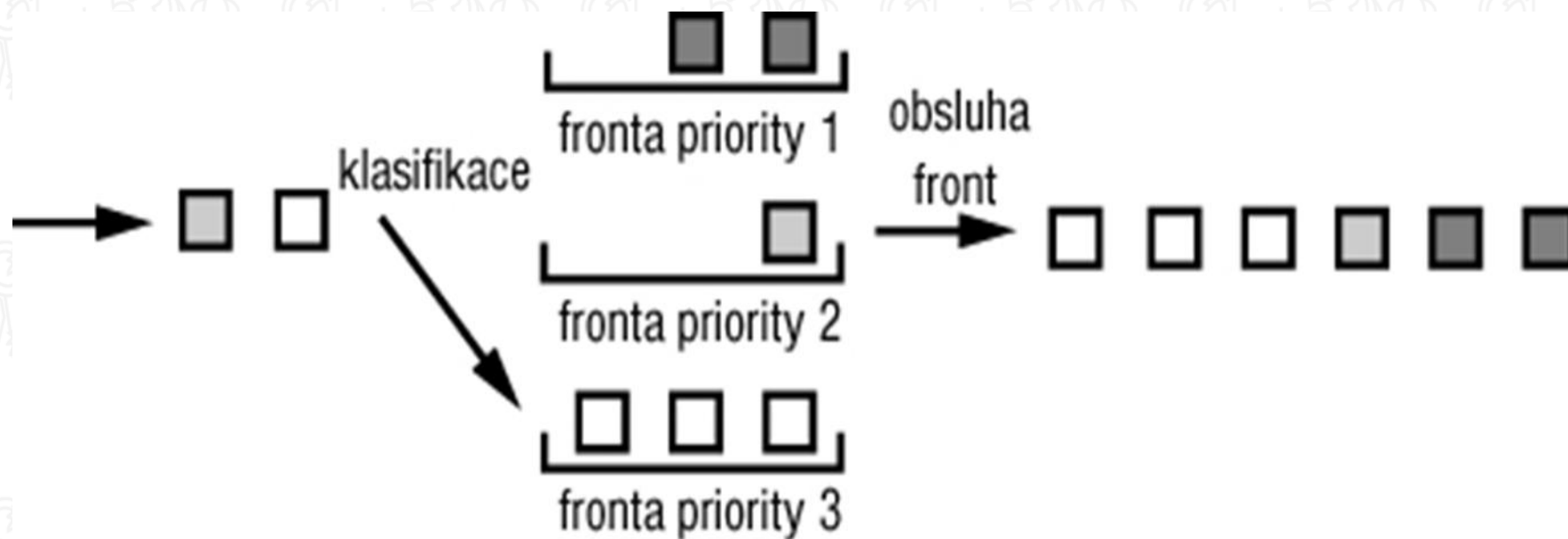
SLS - Service Level Specification

Specifikace technických parametrů SLA

- Scope (ingress, egress, ...)
- Flow description (IP addresses, ports, etc.)
- Traffic envelope (peak rate p , token bucket r, b)
- Excess treatment (drop, shape, remark)
- Performance (loss, throughput, delay, jitter, ...)
- Time
- Reliability



- Dle příchodu:
 - FIFO (First In First Out)
- Dle priorit:
 - PQ (Priority Queueing)
- Sdílení kapacity:
 - WFQ (Weighted Fair Queueing)
 - WRR (Weighted Round Robin)
 - MDRR / DRR (Modified / Deficit Round Robin)
- Prevence zahlcení
 - WRED / RED ((Weighted) Random Early Detection)

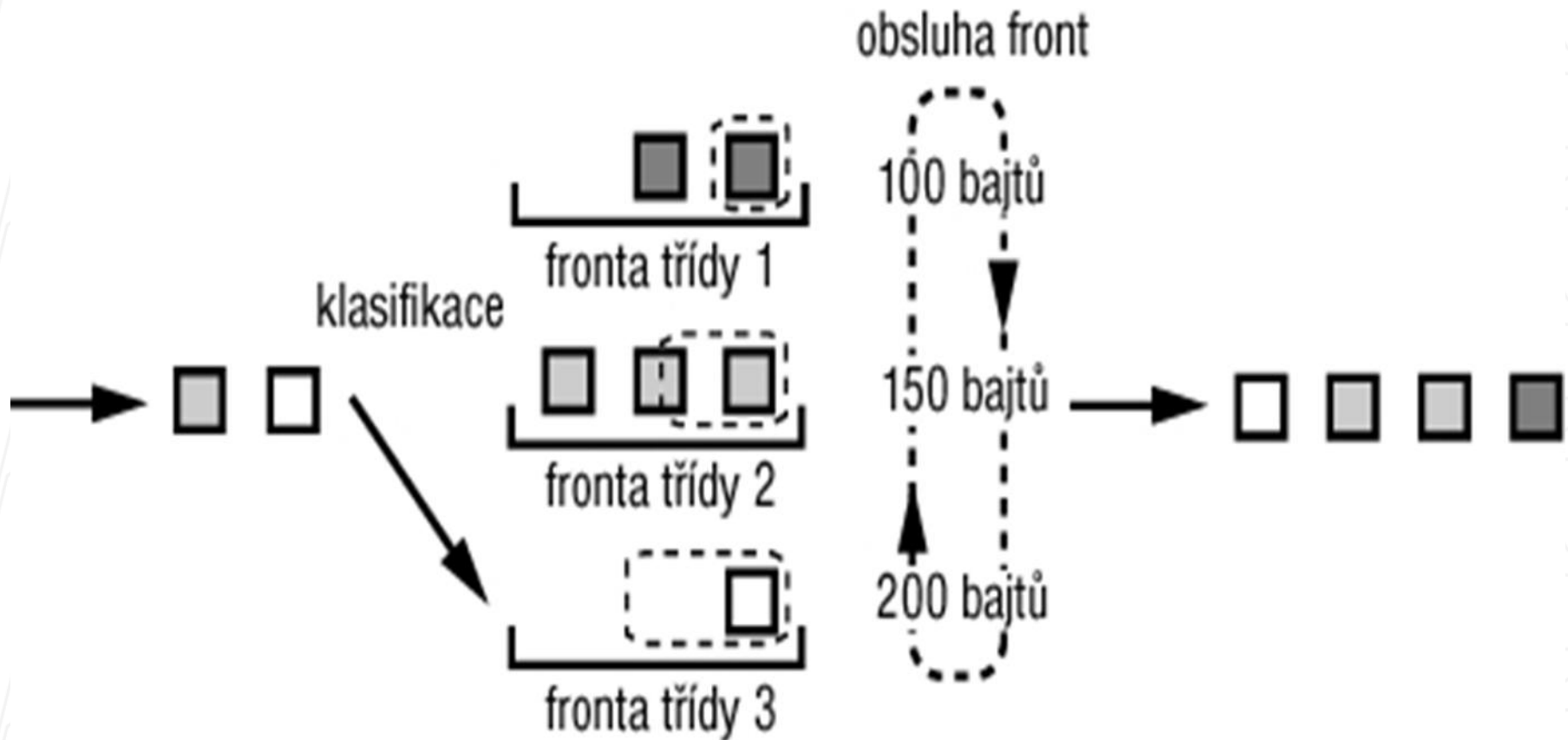


Absolutní přednost front podle priorit

- Cisco: 2 resp. 4 priority



Každá fronta má přiděleno část výstupní kapacity

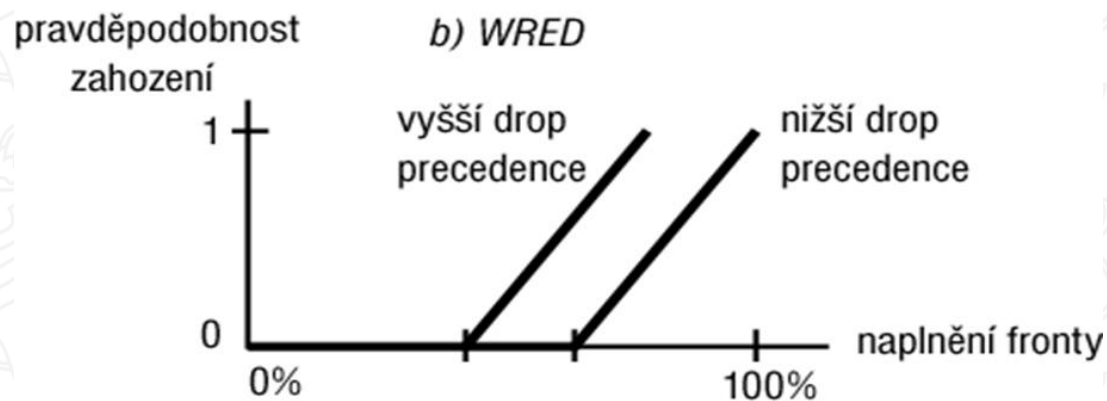
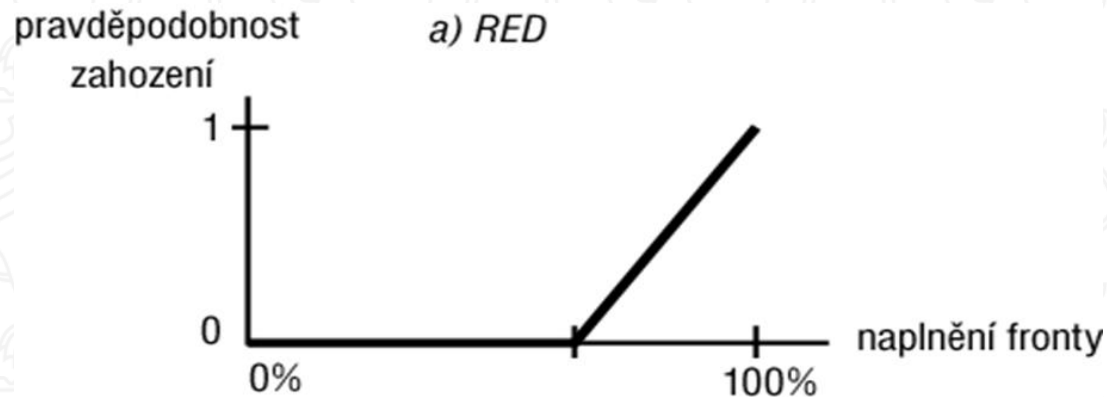


Fronty obsluhovány cyklicky, odebráno definované množství dat

- snadná implementace v porovnání s WFQ



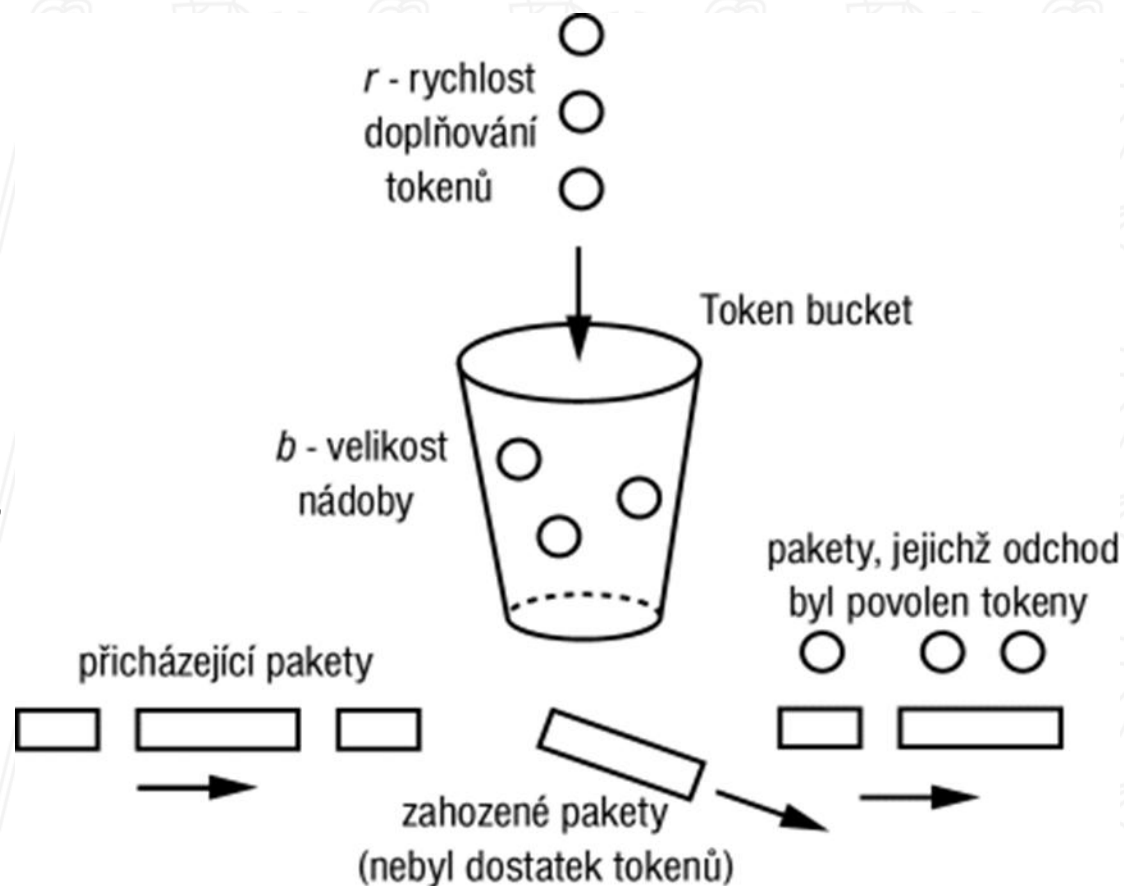
- zahlčení sítě (congestion)
 - prudký nárůst ztrátovosti
 - degradace parametrů sítě
 - prevence zahlčení (congestion avoidance)
 - rezervace pásma pro určité spoje
 - explicitní informace o volném pásmu
 - např. ABR
 - reakce na příznaky zahlčení
 - zvýšené zpoždění, zvýšená ztrátovost
- využito např. v TCP



RED / WRED - (Weighted) Random Early Detection

Token Bucket (r, b)

- specifikace datového toku
 - průměrná rychlost r
 - burst b
- algoritmus rozhoduje, zda paket splňuje stanovené podmínky
- reakce
 - klasifikace paketu
 - bezprostřední zahození





Single Rate Three Color Marker - srTCM (RFC 2697)

- 3 skupiny (zelená, žlutá a červená)
- parametry:
 - CIR (Committed Information Rate)
 - CBS (Committed Burst Size)
 - EBS (Excess Burst Size)
- implementace: 2x token bucket – C a E
- klasifikace
 - C [CIR, CBS] => zelená
 - E [CIR, EBS] => žlutá
 - ostatní => červená



Two Rate Three Color Marker - trTCM (RFC 2698)

- 3 skupiny (zelená, žlutá a červená):
- parametry
 - CIR (Committed Information Rate), CBR (Committed burst size)
 - PIR (Peak Information Rate), PBS (peak burst size)
- implementace: 2x token bucket - C a P
- klasifikace
 - C [CIR, CBR] => zelená
 - P [PIR, PBS] => žlutá
 - ostatní => červená



Tvarování výstupního toku - úprava parametrů datového toku

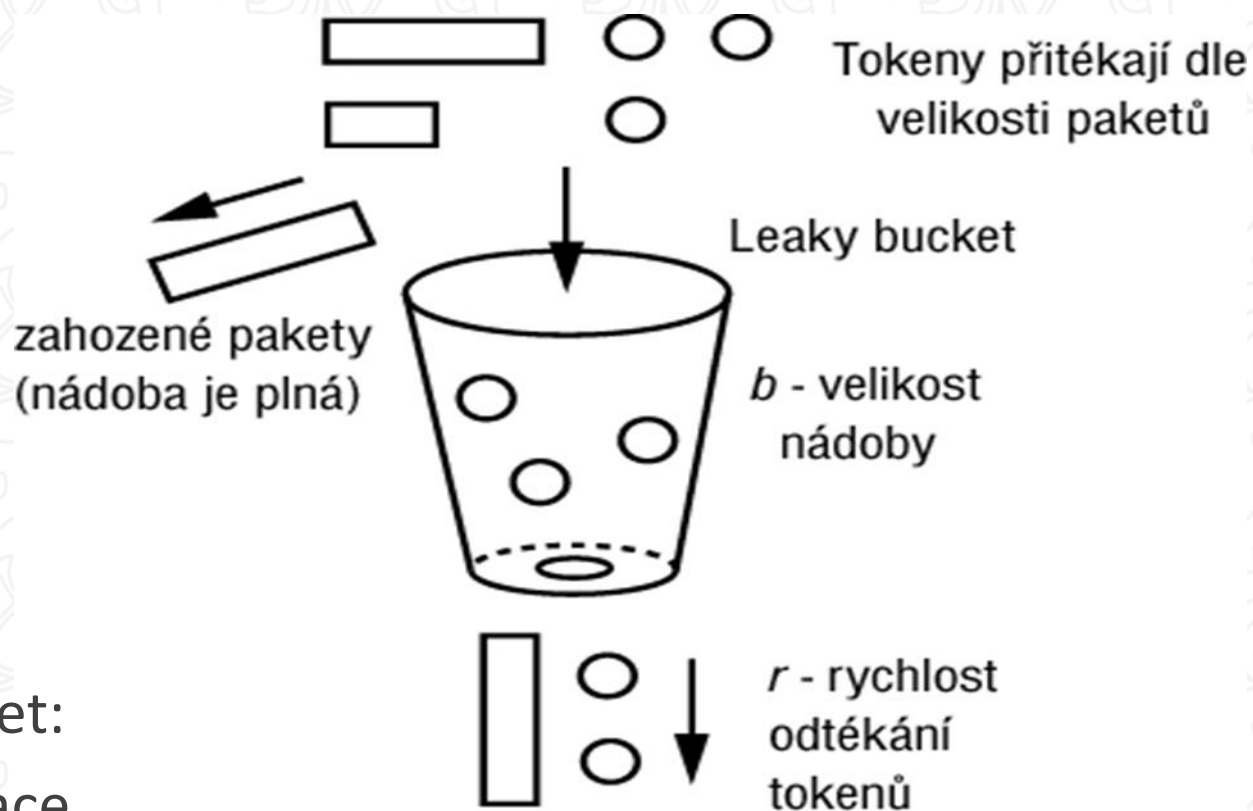
- regulace šířky přenosového pásma

Datový tok je upraven podle požadavků

- uživatel
 - zajistí, že jeho provoz vyhoví SLS
- síť
 - nabídne službu podle specifikace

Leaky bucket

- traffic shaping
 - výstup konstantní rychlostí r
 - akceptuje burst b
- leaky x token bucket:
tvarování x klasifikace





INTSERV – Integrated services

- spojově orientovaná služba

Služba s kontrolovanou zátěží - Controlled-Load Service

- obdobná kvalita služby jako na nezatížené síti
 - RFC 2211

Služba se zaručenou kvalitou - Guaranteed Quality of Service

- zajištění max. zpoždění, aproximace vyhrazené linky
 - RFC 2212



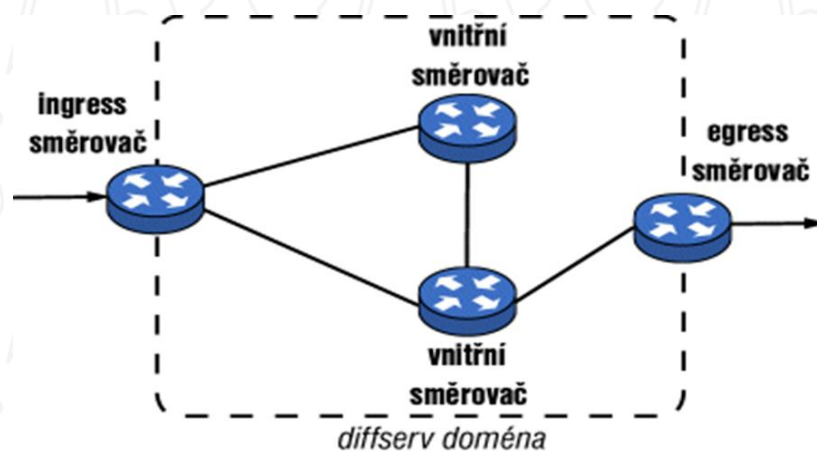
DIFFSERV – Differentiated services

Pakety klasifikovány do tříd (agregací) při vstupu do domény - oblast se shodnou interpretací značky třídy

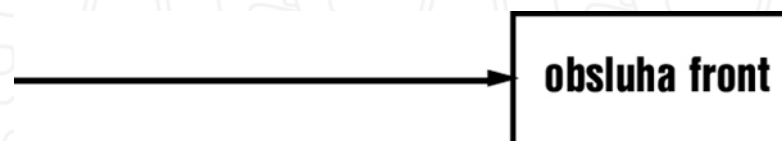
- nejsou vytvářeny spoje
- prostředky přiděleny třídě přenosu
- využívá pole TOS (IPv4) resp. Třída přenosu (IPv6)
- RFC 2474

Zpracování paketů ve směrovači

- Ingress směrovač:



- Vnitřní směrovač:





Děkuji za pozornost