
Riadenie pret'aženia

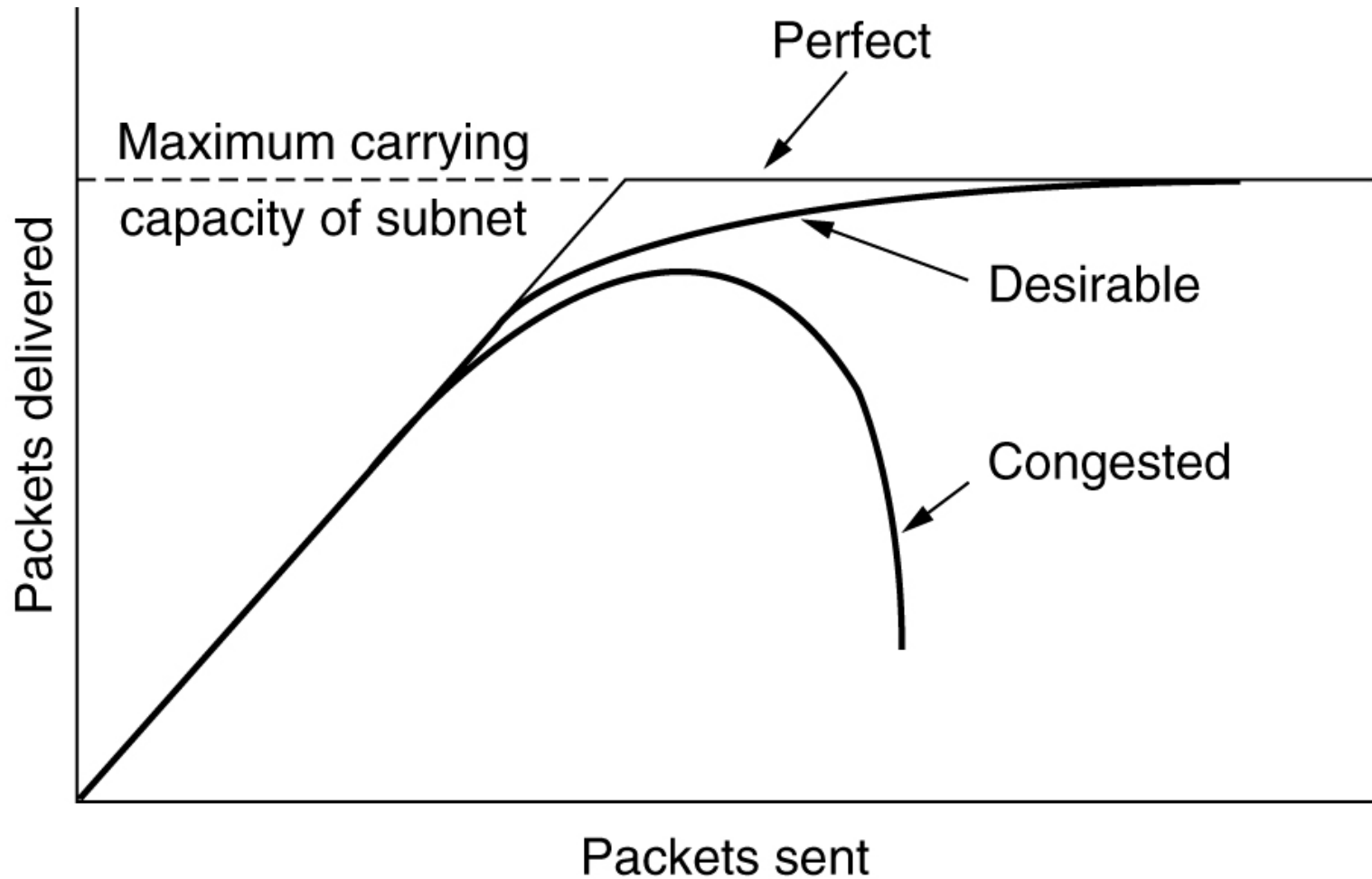
Congestion Control

Riadenie pret'aženia (Congestion Control)

- pret'aženie:
 - pamäte
 - pomalé procesory
 - pomalé linky
 - nesúlady častí systému

- rozdiel congestion control <-> flow control

Pret'azenie



Metódy riadenia pret'azenia

Bez spätnej väzby (open loop)	Prevenca dobrým návrhom siete	zdroj
So spätanou väzbou (closed loop)	<ul style="list-style-type: none">• Monitoruj systém• Detekuj miesto vzniku pret'azenia• Informuj o pret'azení• Uprav činnosť siete	cieľ
		explicitná sp. väzba
implicitná sp. väzba		

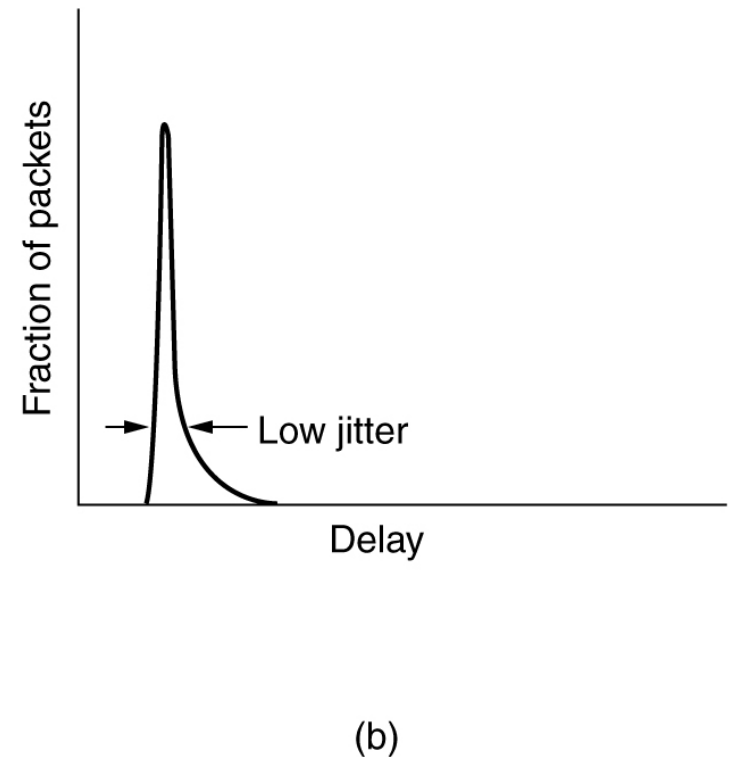
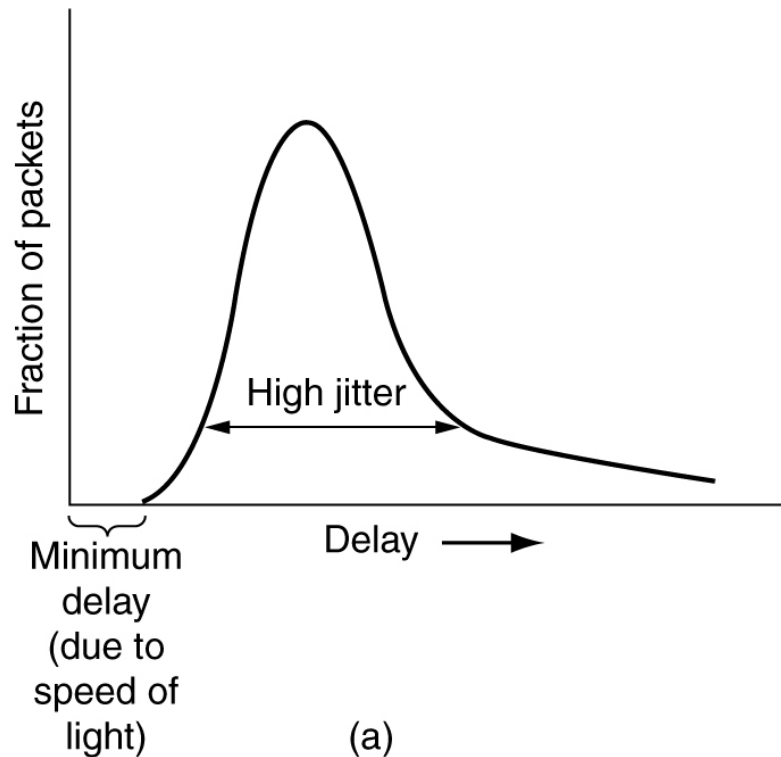
Aplikácia metód riadenia pret'azenia

- siete s virtuálnymi okruhmi
 - v sieťovej vrstve
- datagramové siete
 - v transportnej vrstve

Metódy prevencie pret'aženia – systémy bez spätnej väzby (open loop systems)

Layer	Policies
Transport	<ul style="list-style-type: none">• Retransmission policy• Out-of-order caching policy• Acknowledgement policy• Flow control policy• Timeout determination
Network	<ul style="list-style-type: none">• Virtual circuits versus datagram inside the subnet• Packet queueing and service policy• Packet discard policy• Routing algorithm• Packet lifetime management
Data link	<ul style="list-style-type: none">• Retransmission policy• Out-of-order caching policy• Acknowledgement policy• Flow control policy

Jitter



- dôležitý jav aplikácie v reálnom čase (audio, video)

Kvalita služby (Quality of Service)

QoS

QoS

- kvalita služby **QoS**: množina konkrétnych atribútov a ich parametrov, ktoré presne charakterizujú danú triedu služby
- definície QoS:
 - X.140 - QoS v rámci ref. modelu OSI
 - I.350 - QoS v ISDN
 - I.371 - QoS v ATM
 - I.380 - definícia parametrov dvojbodových spojení IP siete
- SLA (service level agreement) - kontrakt medzi koncovými používateľmi siete a sieťovým poskytovateľom

Kvalita služby (Quality of Service)

- QoS - vo všeobecnosti 4 parametre:
 - spoľahlivosť
 - oneskorenie
 - jitter
 - šírka pásma

Požiadavky

Application	Reliability	Delay	Jitter	Bandwidth
E-mail	High	Low	Low	Low
File transfer	High	Low	Low	Medium
Web access	High	Medium	Low	Medium
Remote login	High	Medium	Medium	Low
Audio on demand	Low	Low	High	Medium
Video on demand	Low	Low	High	High
Telephony	Low	High	High	Low
Videoconferencing	Low	High	High	High

Metódy pre dosiahnutie QoS

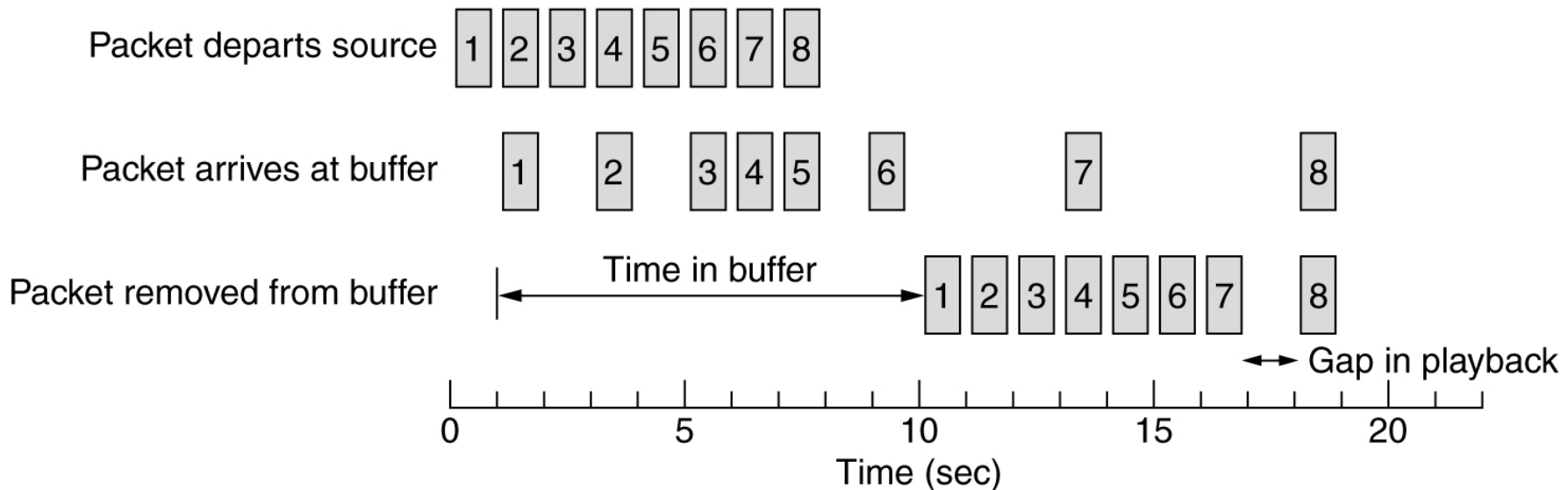
- „nadzabezpečenie“ (overprovisioning)
- využitie vyrovnávacej pamäte (buffering)
- tvarovanie prevádzky (traffic shaping) a dohľad nad ňou (traffic policing)
 - leaky bucket, token bucket
- vyhradenie prostriedkov (resource reservation)
- riadenie vstupov (admission control)
- proporčné smerovanie (proportional routing)
- plánovanie paketov (packet scheduling)

„Nadzabezpečenie“ (overprovisioning)

- toľko kapacity smerovačov, veľkosti vyrovnávacích pamätí a šírky pásma koľko treba 😊
- drahé riešenie ☹️

Využitie vyrovnávacej pamäte (buffering)

- v prijímači:
 - nezvyšuje spoľahlivosť ani šírku pásma
 - znižuje jitter (pre multimediálne aplikácie)



Tvarovanie prevádzky a dohľad nad ňou (traffic shaping, traffic policing)

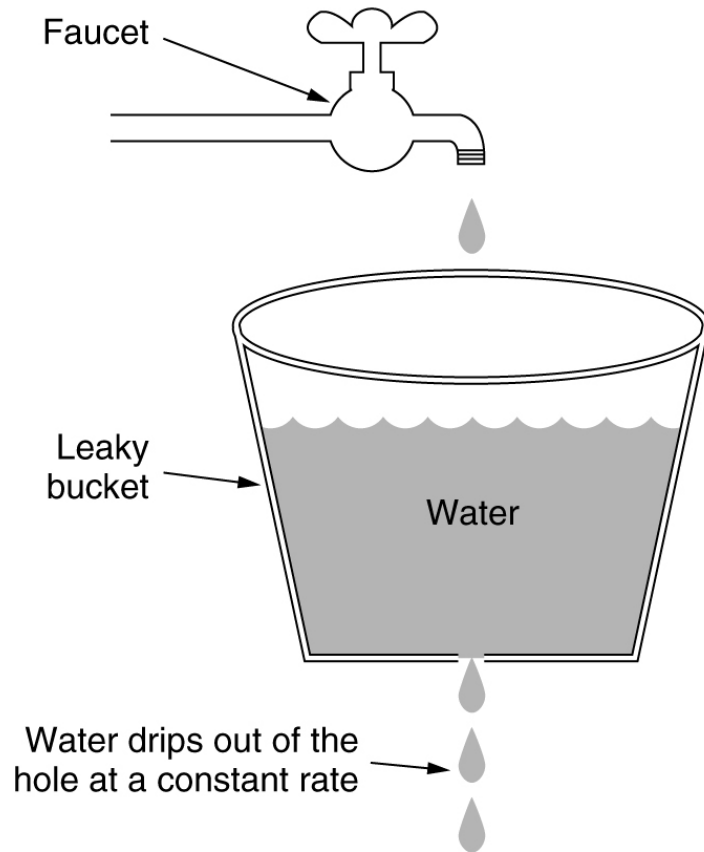
Traffic shaping - tvarovanie prevádzky :

- nerovnomerný výstup zo zdroja
- tvarovanie prevádzky - vyrovnanie prevádzky na strane servera (nie na strane klienta)
- dohoda
 - SLA - service level agreement
 - Traffic Contract
 - ...

Traffic policing - monitorovanie prevádzky, dohľad nad prevádzkou

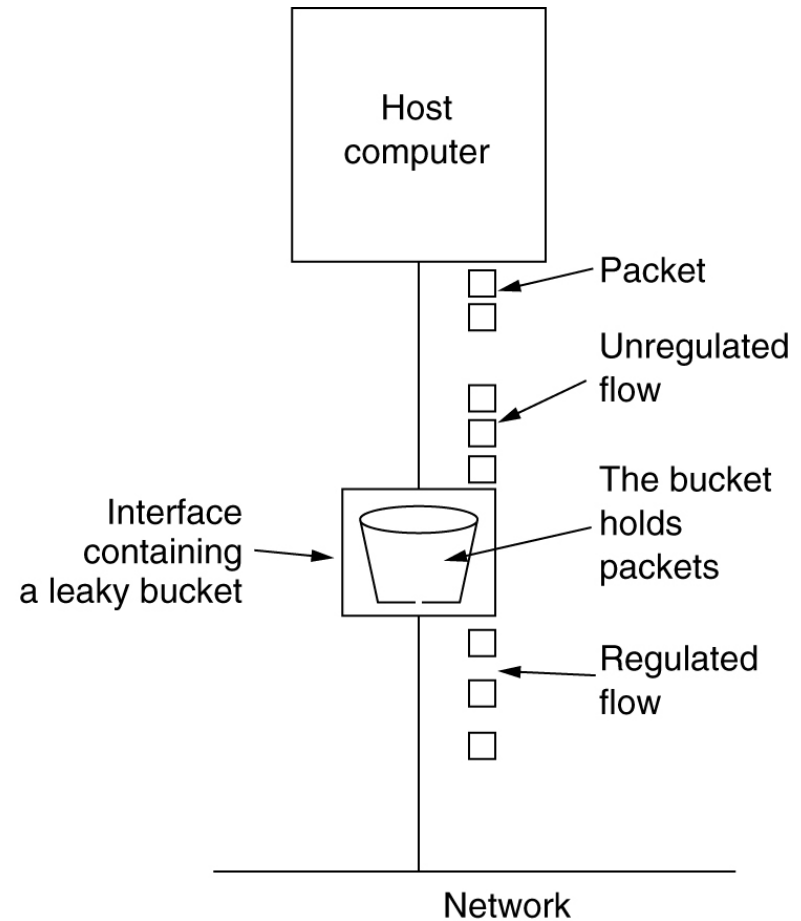
- leaky bucket algorithm
- token bucket algorithm

Algoritmus deravého vedra (The Leaky Bucket Algorithm)



(a)

(a) Deravé vedro s vodou

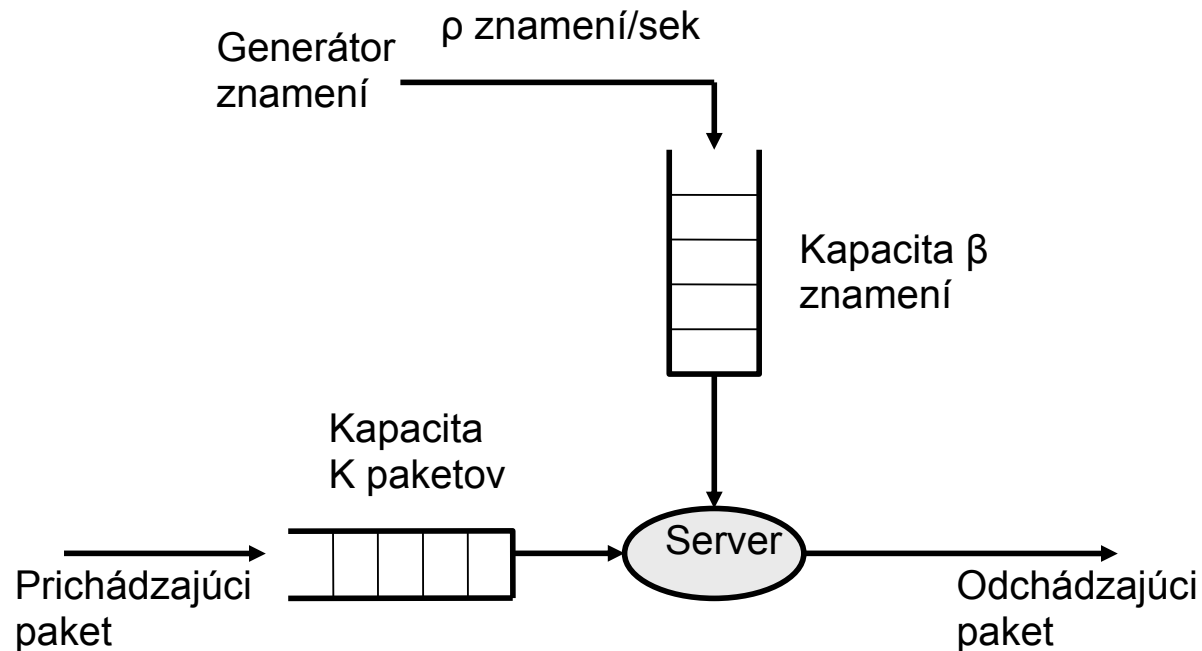


(b)

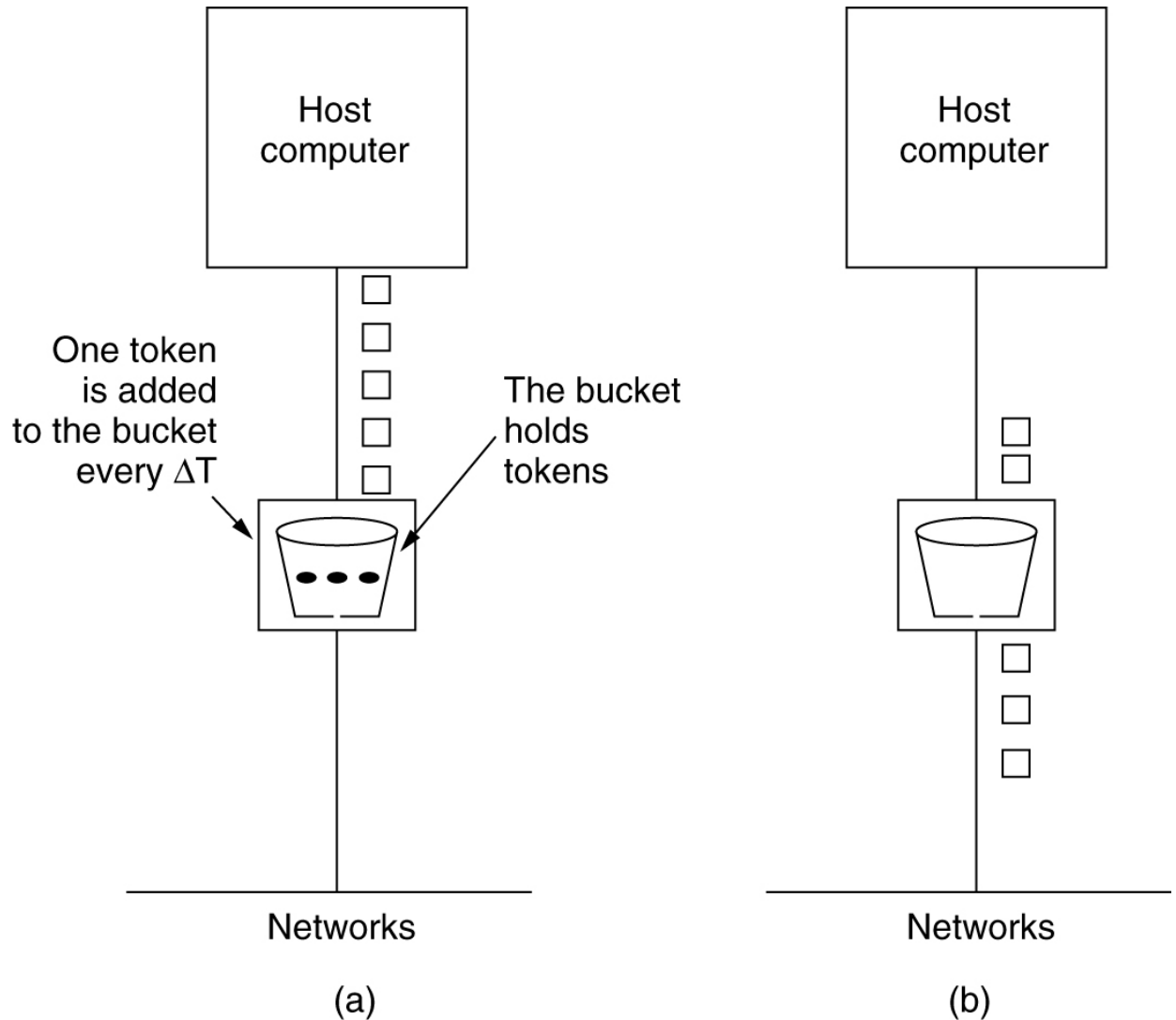
(b) Deravé vedro s paketmi

Algoritmus vedra s povoleniami (The Token Bucket Algorithm)

- Tvarovanie prevádzky (traffic shaping)
- Vyhladzovanie toku buniek, redukovanie zhlukovosti buniek
- Jedna z možností - TOKEN BUCKET (forma leaky bucket)



Algoritmus vedra s povoleniami (The Token Bucket Algorithm)



Vyhradenie prostriedkov (resource reservation)

- 3 typy prostriedkov
 - šírka pásma
 - veľkosť vyrovnávacej pamäte
 - rýchlosť CPU

Riadenie vstupov (admission control)

- predpoklad: vstupná prevádzka je už dobre tvarovaná
- smerovač sa rozhoduje, či zdroj prijme alebo odmietne
- treba dohodnúť parametre toku (vysielač, prijímač, smerovače, ...)
- špecifikácia toku

Parameter	Unit
Token bucket rate	Bytes/sec
Token bucket size	Bytes
Peak data rate	Bytes/sec
Minimum packet size	Bytes
Maximum packet size	Bytes

Príklad špecifikácie toku

Proporčné smerovanie (Proportional Routing)

- rozdelenie prevádzky pre každý cieľ cez viacero ciest

Plánovanie paketov (Packet Scheduling)

- keď smerovač spracováva viacero tokov
- v prípade, že spracováva pakety podľa poradia ich príchodu hrozí, že agresívny vysielateľ zaberie väčšiu časť pásma - dosah na QoS iných zdrojov
- fair queueing alg. - smerovač má osobitné rady pre každý tok
- weighted fair queueing - vyššia priorita pre niektoré zdroje (video, ...)

IntServ, Integrated Services

- pre streaming multimédií, unicast aj multicast
- RFC 2205-2210, flow-based algorithms, integrated services
- rezervácia sieťových zdrojov smerovačmi siete
- tok - prúd datagramov s IP adresou cieľa, identifikátorom protokolu vyššej vrstvy, adresou aplikačného portu procesu
- IntServ - triedy služieb:
 - služba s riadenou záťažou (control load) - podobne ako best effort pri slabej záťaži siete
 - zaručovaná služba (guaranteed service) - definovaná šírka pásma a oneskorenie pre daný tok v sieti TCP/IP
- hlavný protokol pre IntServ - RSVP

RSVP

- Resource reSerVation Protocol
- RFC 2205

- umožňuje viacerým vysielačom vysielať viacerým skupinám prijímačov, umožňuje jednotlivým prijímačom zmeniť kanál, optimalizuje šírku pásma, eliminuje preťaženie

- multicastové smerovanie využívajúce spanning trees
- smerovací algoritmus nie je súčasťou RSVP

DiffServ, Differentiated Services

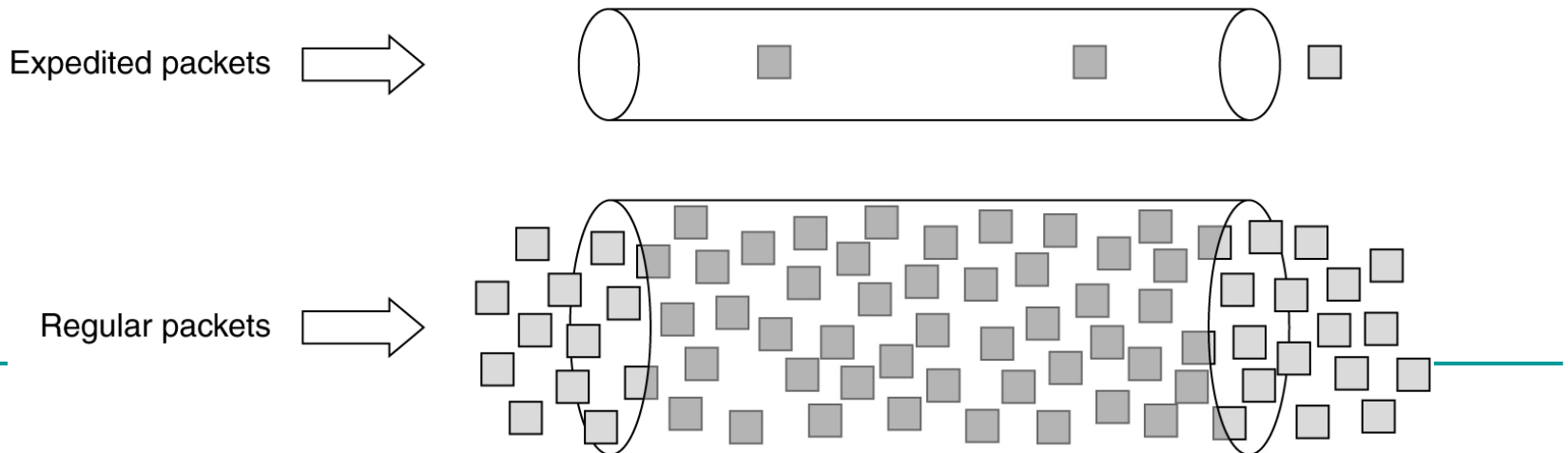
- IntServ-vyžaduje nastavovanie parametrov tokov vopred
- DiffServ - lokálny prístup ku QoS, v každom smerovači samostatne, bez ohľadu na celkovú cestu
- RFC 2474, 2475

- IntServ - tzv. „flow-based“ prístup
- DiffServ - tzv. „class-based“ prístup

- skupina smerovačov - administratívna doména - definuje sa množina tried služieb
- pole v pakete *Type of Service* (IPv4: ToS, IPv6: TClass)
- bez nastavovania vopred, bez rezervovania zdrojov, bez dohodovania každého toku

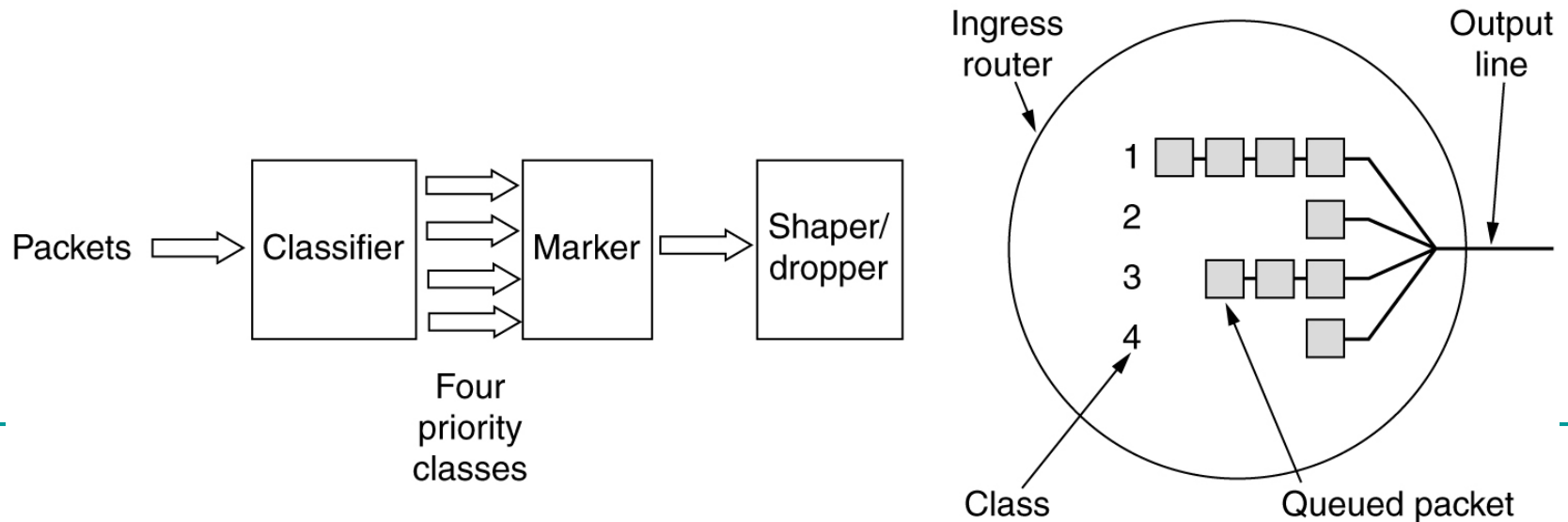
DiffServ - Expedited Forwarding

- RFC 3246
- definovanie tried služieb nezávisle od siete
- 2 triedy služieb
 - obyčajná
 - expedited (pakety s prednostným doručením)
- smerovač - 2 nezávislé rady (fronty) pre obe triedy služieb



DiffServ - Assured Forwarding

- Assured Forwarding - zaručené posielanie
 - RFC 2597
 - 4 prioritné triedy
 - 3 vyrad'ovacie triedy (nízka, stredná, vysoká)
 - spolu 12 tried služieb
-
- možná implementácia toku dát pre zaručené posielanie:



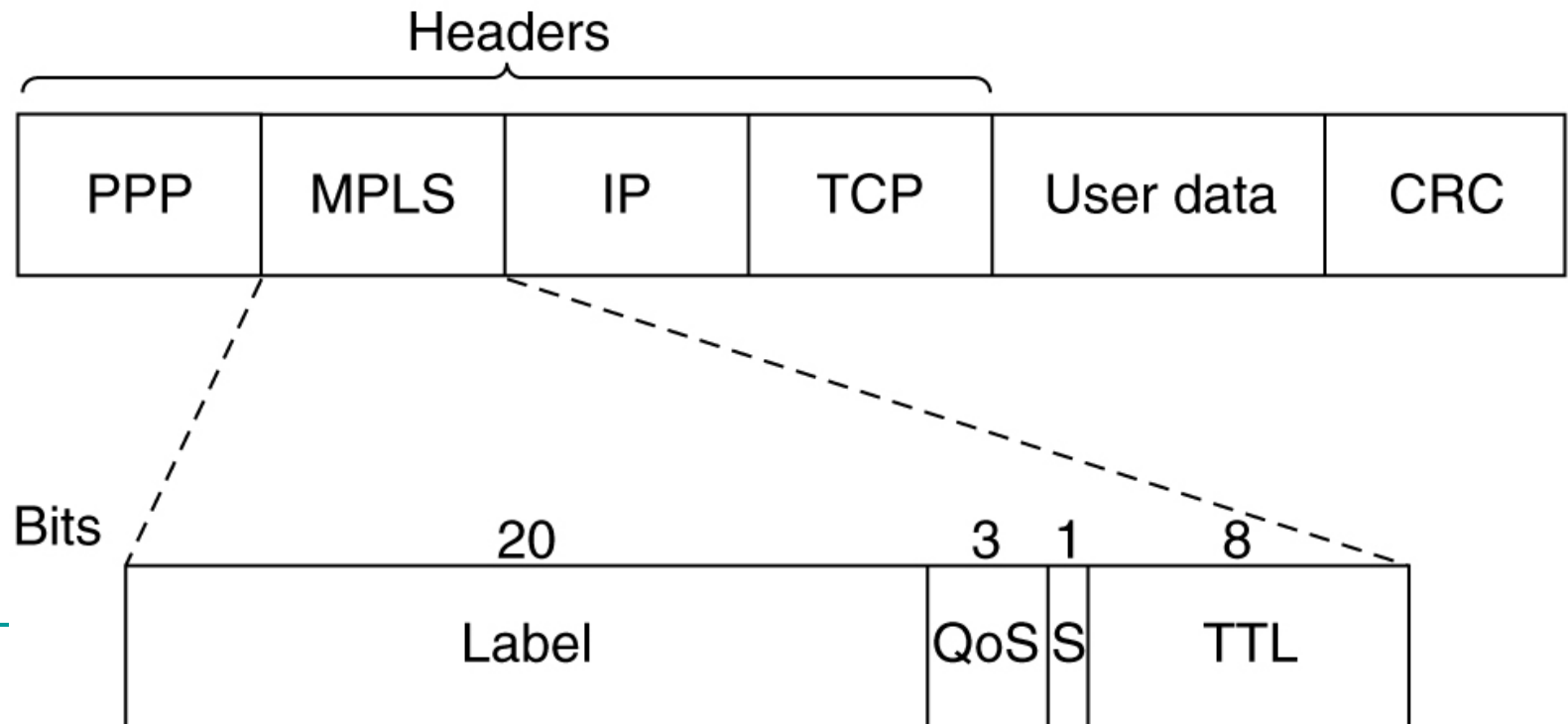
Prepínanie návěstí (Label Switching) a MPLS

- label switching - prepínanie návěstí, značiek
- pridanie návestia (značky) každému paketu, smerovanie podľa návestia namiesto cieľovej adresy
- návestie - index v internej smerovacej tabuľke, smerovanie je vyhľadávanie v tabuľke, VEĽMI RÝCHLE!
- blízko virtuálnym okruhom! (X.25, ATM, frame relay)

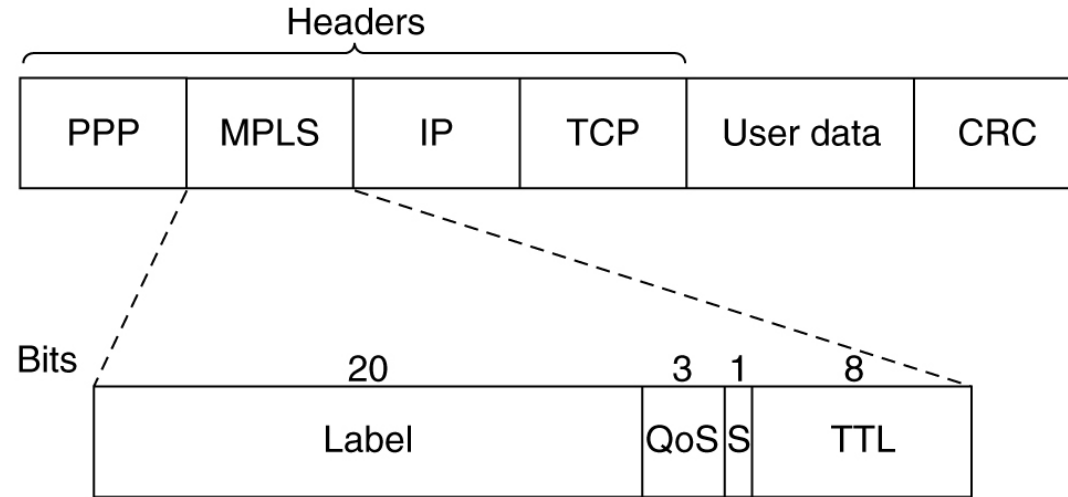
- label switching, tag switching → RFC 3031: Multiprotocol Label Switching, MPLS

MPLS

- smerovanie (routing) \leftrightarrow prepínanie (switching)
- kde dať návestie?
- formát rámca (na linke s protokolom PPP)



MPLS



■ hlavička MPLS:

- Label - obsahuje index (v internej smerovacej tabuľke)
 - QoS - trieda služby
 - S (Stack) - zásobník návěstí (viacnásobné návestia v hierarchických sieťach), ak S=0, paket sa vyradí (kvôli slučkám)
 - TTL
- MPLS - hlavička nie je časťou hlavičky link. ani sieť. vrstvy - nezávislosť od linkovej a sieťovej vrstvy - MPLS prepínače sú schopné prepájať IP pakety aj ATM bunky („**multiprotocol**“)

MPLS

- odlišnosť od tradičných virtuálnych okruhov: úroveň zoskupovania (agregácie)
 - smerovače zoskupia viaceré toky s rovnakým cieľom a použijú pre ne rovnaké návestia
 - FEC (Forwarding Equivalence Class) - toky zoskupené pod jedným návestím (nielen podľa paketu ale aj podľa ich triedy služby)

MPLS

- MPLS <-> tradičné virtuálne okruhy:
 - MPLS - pakety okrem návestia obsahujú aj svoju cieľovú adresu
- paket môže niesť celý zásobník návěstí
- bit S - info pre smerovač, či paket obsahuje ešte ďalšie návestie