

10. QoS (Quality of service)

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

dr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

QoS

- Uvod
- Oblikovanje saobraćaja
- Scheduling
- WFQ

QoS

Uvod

- ❑ Internet nudi best-effort servis
- ❑ Internet aplikacije imaju različite zahtjeve u pogledu performansi poput minimalne propusnosti R_{min} i maksimalnog kašnjenja D_{max}
- ❑ Velike razlike u pogledu zahtijevanih performansi sugeriše potrebu različitog tretmana paketa koji prenose saobraćaje različiti aplikacija

Aplikacija	$R_{min}(kb/s)$	$D_{max}(s)$
Video streaming	60	10
VoIP	10	0,2
Download	30	200
Web Browsing	50	2
Video Conference	80	0,2

QoS

Oblikovanje saobraćaja

- ❑ Zagušenje se javlja kada paketi dolaze brzinom koja je približna ili veća od brzine kojom se poslužuju
- ❑ Paketi na Internetu obično dolaze u velikim grupama (bursts)
- ❑ Mreža neprekidno nadzire saobraćajne tokove da bi obezbijedila poštovanje dogovora
- ❑ Kada neki paket nije poslat u skladu sa dogovorom, mreža ga može odbaciti ili mu dodijeliti niži prioritet što može dovesti do naknadnog odbacivanja ako se za to javi potreba
- ❑ Ako se zagušenje pojavi, paketi označeni sa nižim prioritetom se prvi odbacuju
- ❑ *Leaky Bucket Algoritam (Algoritam probušenog bureta)* je najčešće korišćeni mehanizam ove namjene
 - Bucket (Bure) ima brzinu oticanja koja odgovara srednjoj ugovorenoj brzini
 - Bucket ima određenu dubinu tako da može podržati varijacije dolazne brzine
 - Dolazni paketi su prihvatljivi ako ne izazivaju prekoračenje

Leaky Bucket algoritam se koristi za administrativni nadzor dolazne brzine paketa



Brzina oticanja odgovara nekoj brzini u ravnotežnom stanju

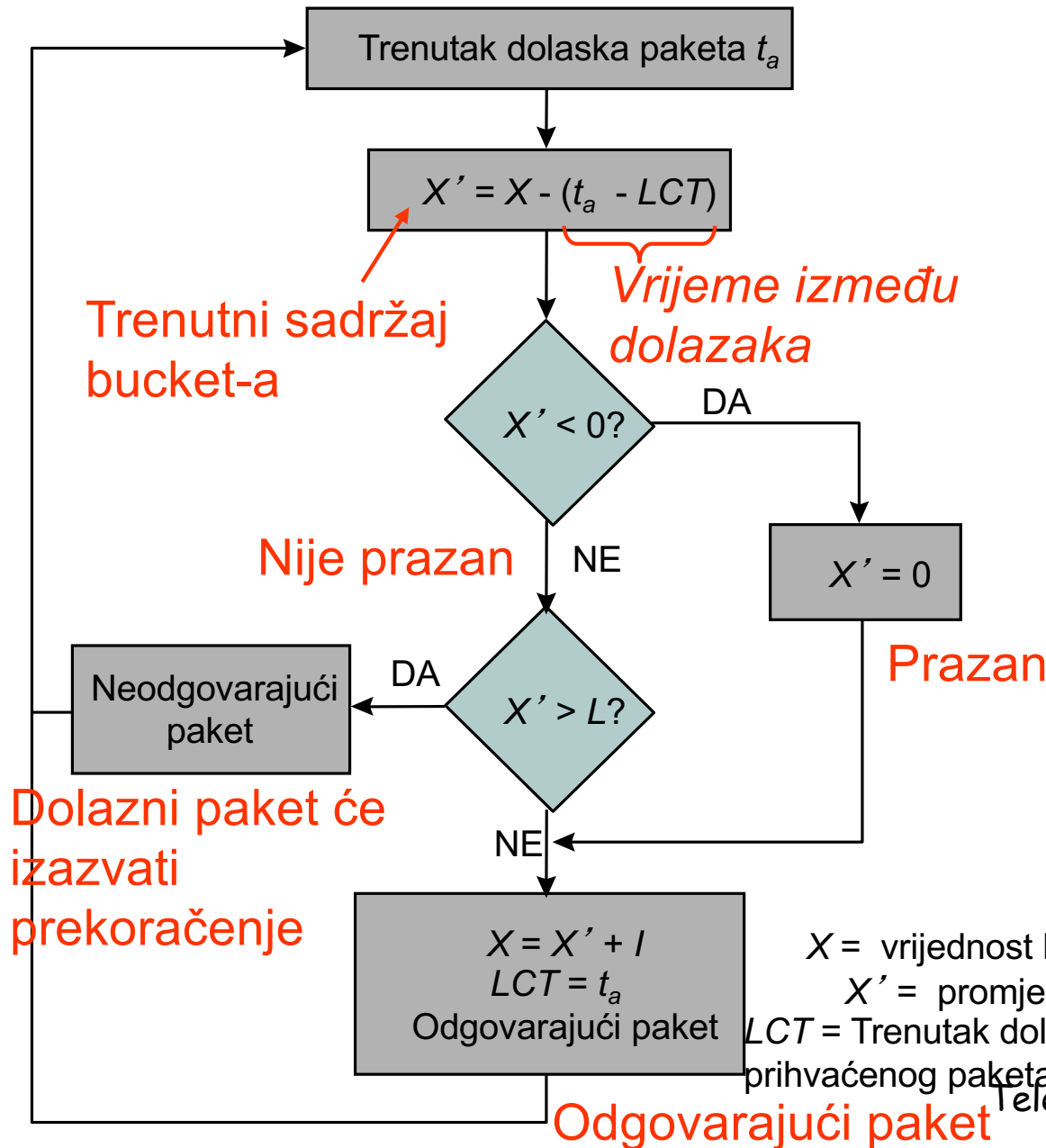
Dubina Bucket-a odgovara maksimalnom dozvoljenom dolaznom nivou bursta

1 paket u jedinici vremena
Neka su paketi konstantne veličine kao kod ATM

Neka je X = sadržaj bucket-a u momentu kada je stigao poslednji prihvatljivi paket

Neka je t_a – trenutak dolaska paketa

Leaky Bucket Algoritm



Brzina pražnjenja:
1 paket u jedinici vremena

$L+l$ = dubina bucket-a

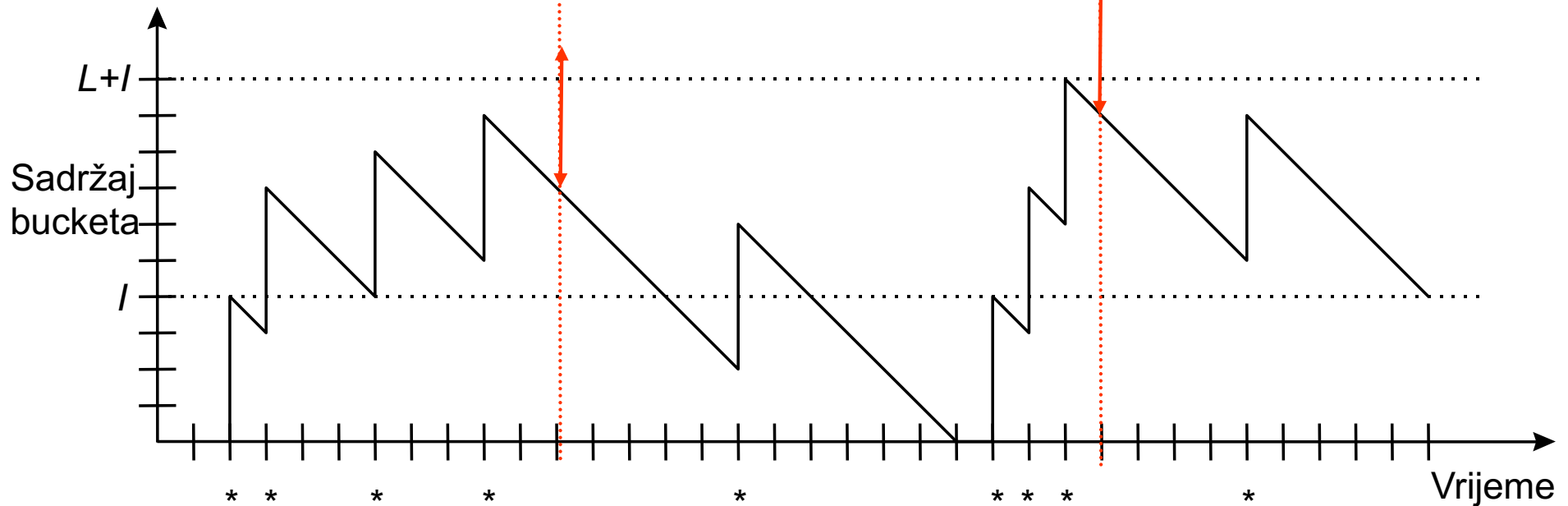
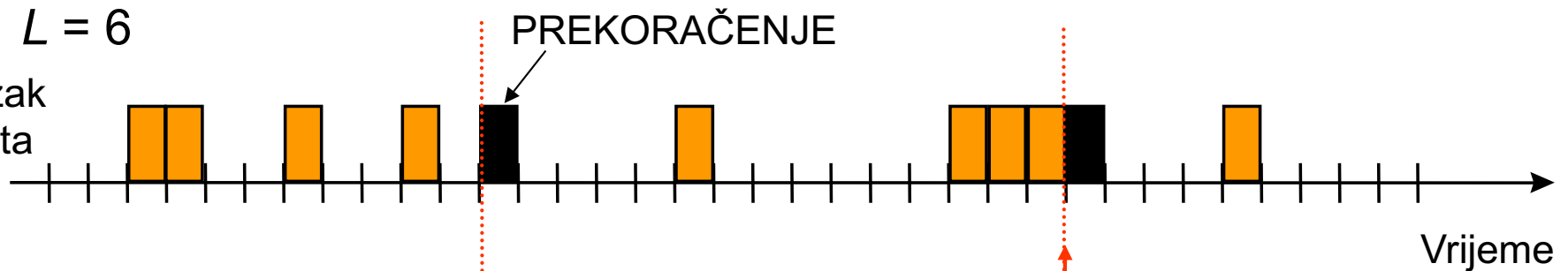
l = uvećanje bucketa po dolasku, nominalno vrijeme između dolazaka

X = vrijednost leaky bucket brojača
 X' = promjenljiva
 LCT = Trenutak dolaska posljednjeg prihvaćenog paketa

Leaky Bucket primjer

$I = 4$ $L = 6$

Dolazak paketa



Paketi koji izazovu prekoračenje ne ulaze u bucket jer nijesu uključeni u inicijalne kalkulacije

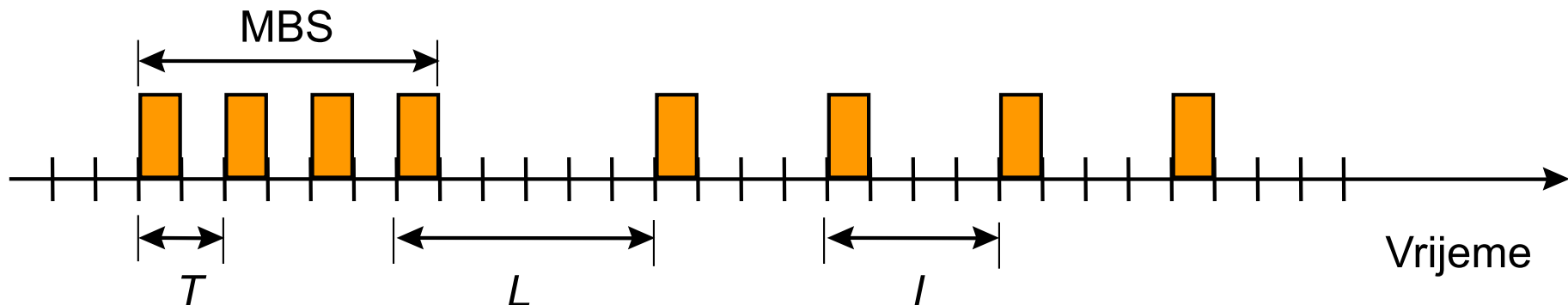
Parametri algoritma

$T = 1 /$ maksimalna brzina

MBS = maksimalna veličina burst-a

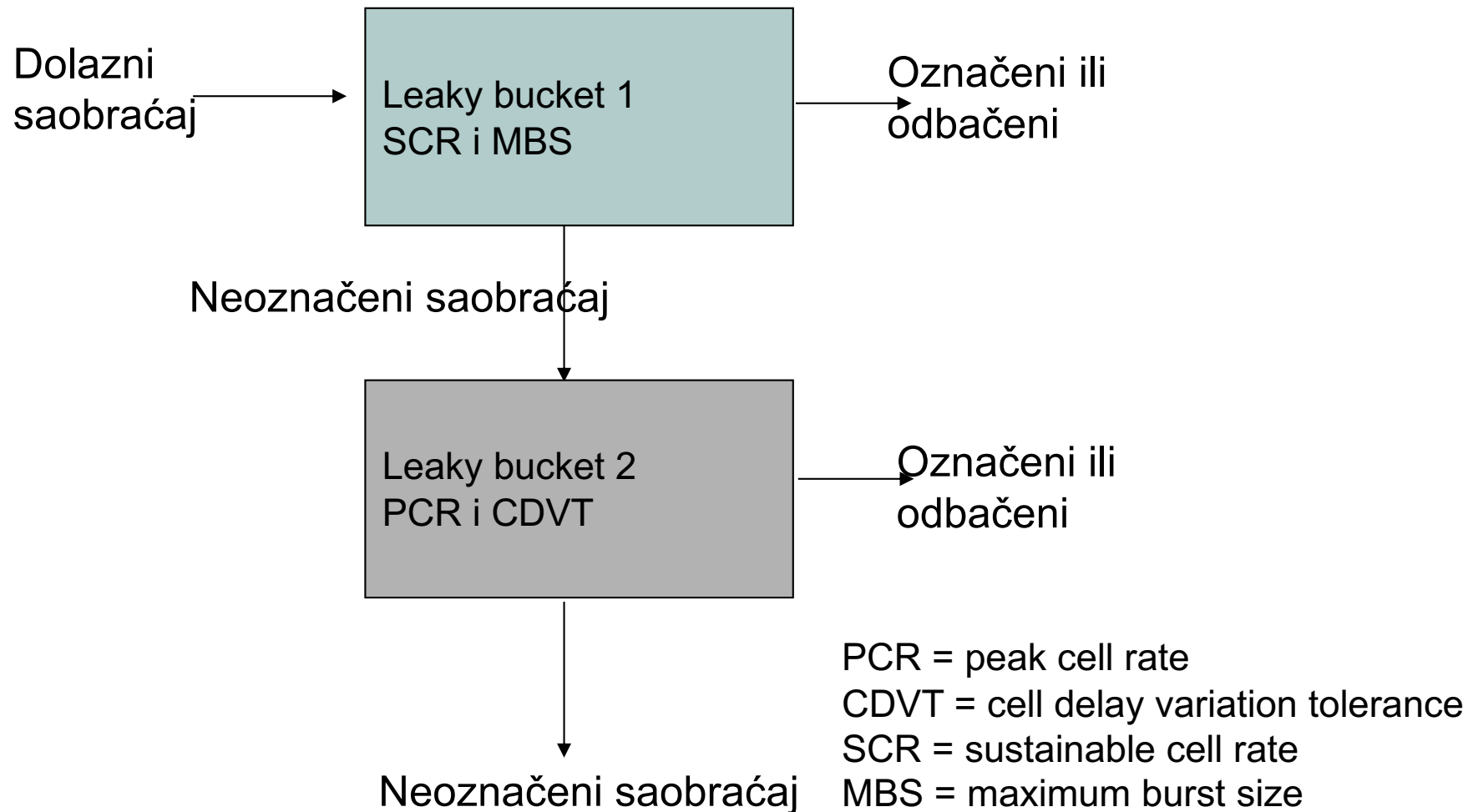
$I =$ nominalno vrijeme između odlazaka = $1 /$ prihvatljiva brzina

$$MBS = 1 + \left[\frac{L}{I - T} \right]$$

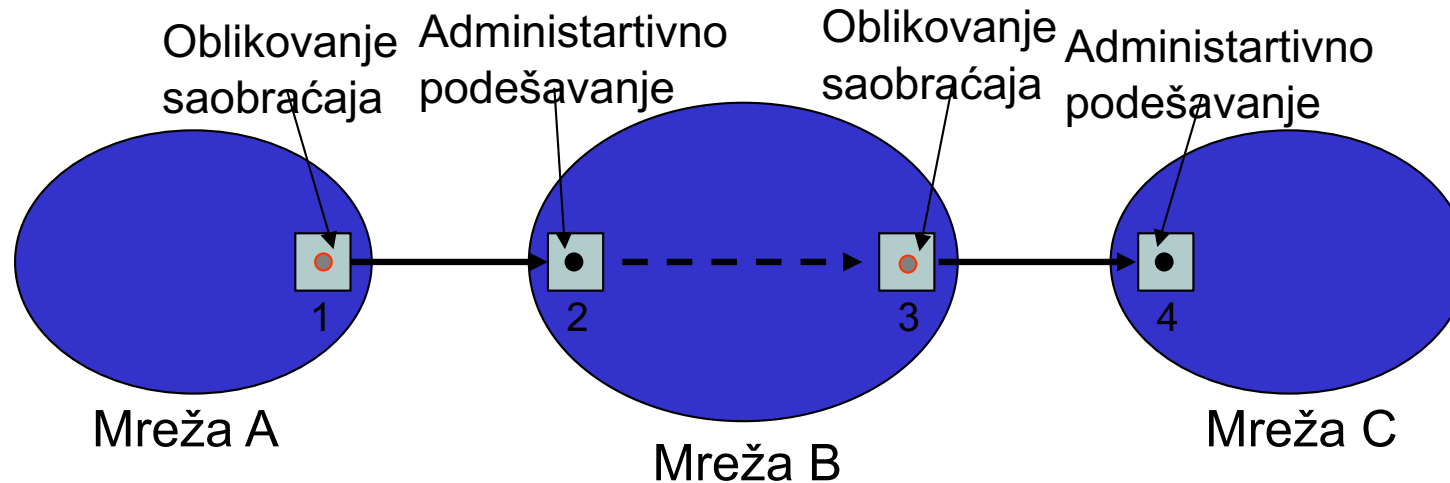


Dvojni Leaky Bucket

Dvojni leaky bucket za podešavanje PCR, SCR i MBS:

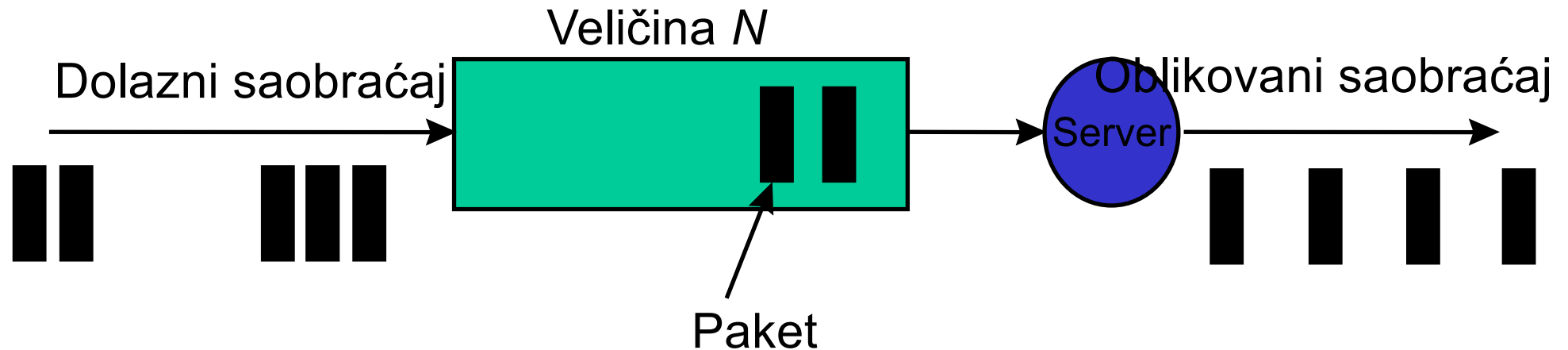


Oblikovanje sobračaja



- Mreže administrativno podešavaju dolazne saobraćajne tokove
- *Oblikovanje saobraćaja* se koristi kada se želi postići da određeni saobraćajni tok odgovara određenim parametrima
- Mreže mogu oblikovati svoj saobraćaj prije predaje narednoj mreži

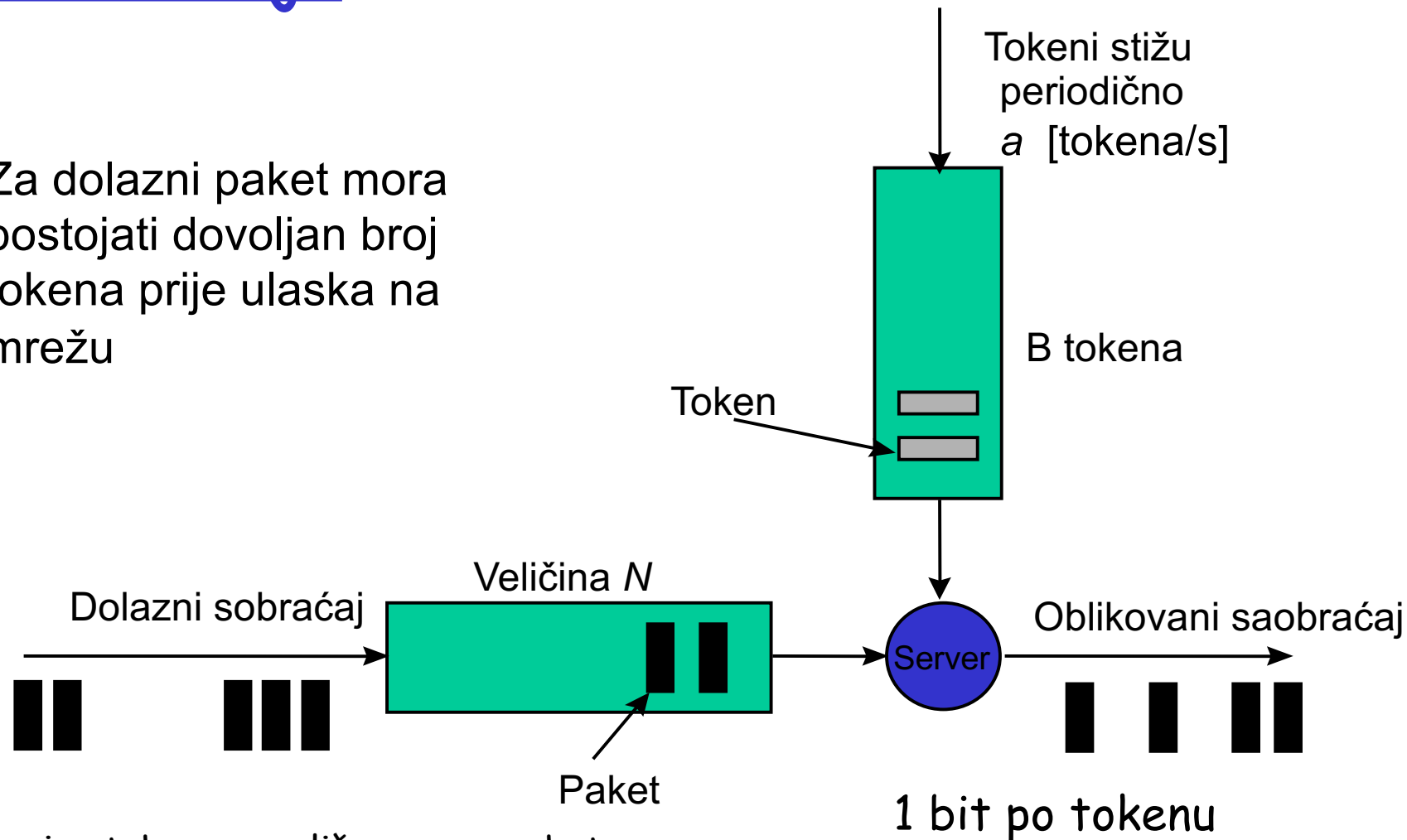
Leaky Bucket oblikovanje saobraćaja



- ❑ Baferovanje dolaznih paketa
- ❑ Periodično se poslužuju saglasno odgovarajućim parametrima
- ❑ Skokovi saobraćaja se baferuju i poravnavaju
- ❑ Moguć je gubitak paketa zbog prekoračenja bafera
- ❑ Previše restriktivno podešavanja, pošto željeni saobraćaj ne treba da bude u potpunosti ravnomjeran

Token Bucket oblikovanje saobraćaja

Za dolazni paket mora postojati dovoljan broj tokena prije ulaska na mrežu

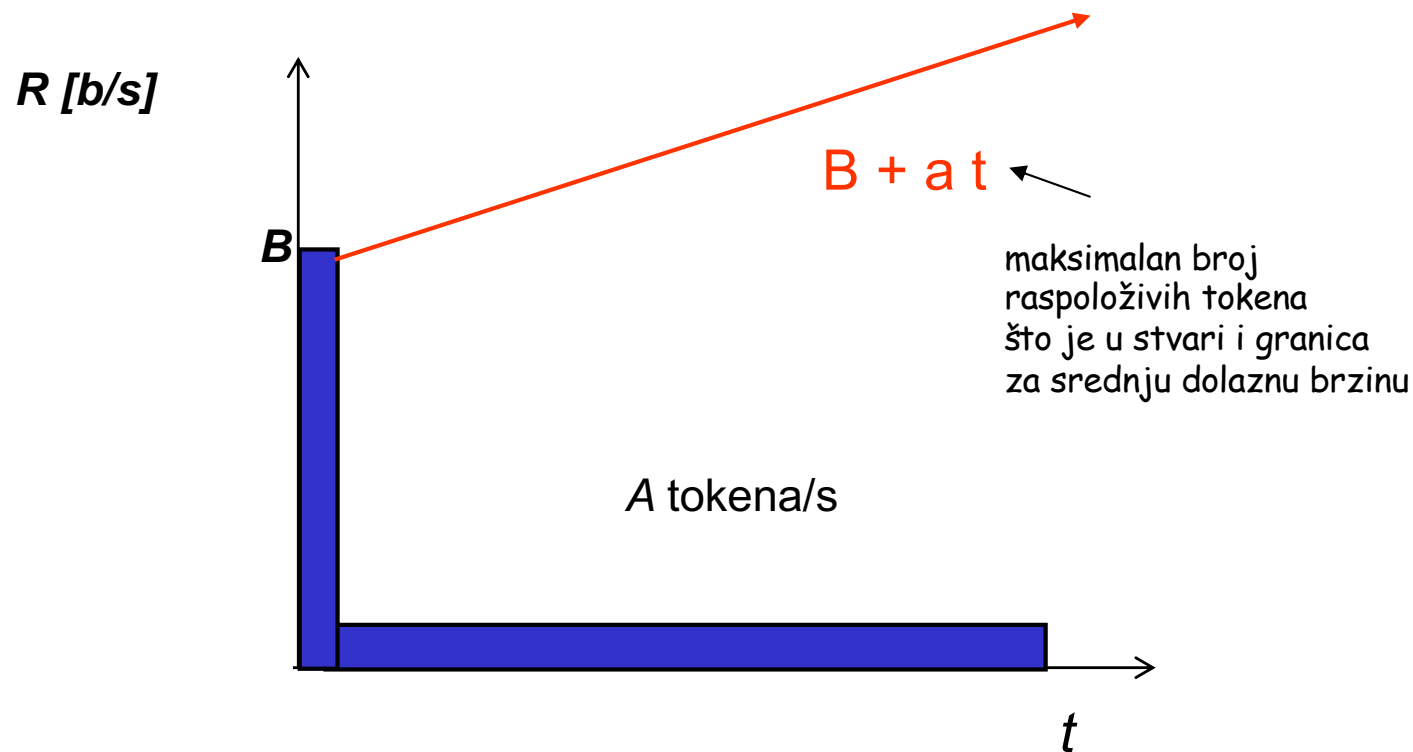


- Brzina tokena reguliše prenos paketa
- Ako je dovoljan broj tokena na raspolaganju, paketi ulaze na mrežu bez kašnjenja
- K određuje kolika je grupisanost saobraćaja dozvoljena na mreži

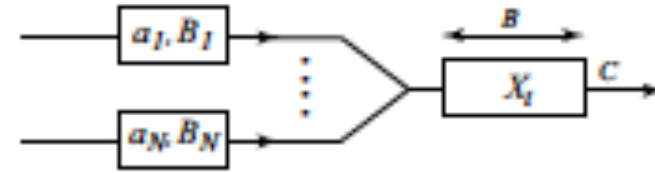
Token Bucket efekat oblikovanja

Token bucket ograničava saobraćaj koji dolazi od izvora tako da je

- srednja brzina R je manja od $B + r t$ u intervalu trajanja t
- Maksimalna veličina bursta je manja od B



QoS



Granice kašnjenja

- Kao što se može ograničiti brzina toka i veličina burst-a može se ograničiti i kašnjenje u baferu
- Neka N saobraćajnih tokova oblikovanih token bucket sistemima parametara a_i i B_i dolazi na ulaz bafera koji se prazni brzinom C
- X_t - broj paketa u baferu u trenutku t
- B - veličina bafera izražena u bajtima
- Veličina paketa u toku i je ograničena sa B_i
- Paket može imati maksimalnu veličinu P , dolazi na ulaz bafera bez prekida (ne miješaju se bajti različitih paketa)
- Neka je $a_1 + a_2 + \dots + a_N \leq C$
- Može se pokazati da važi:

$$X_t \leq B_1 + B_2 + \dots + B_N + NP$$

- Odnosno da je kašnjenje bilo kojeg paketa ograničeno sa

$$\frac{B_1 + B_2 + \dots + B_N + NP + P}{C}$$

QoS

Scheduling

□ Scheduling: izbor narednog paketa za slanje

- FIFO/Prioritet
- Round Robin/ DRR
- Weighted Fair Queuing

□ Odbacivanje paketa:

- Kada je bafer pun
- Ne samo kada je bafer pun
 - Aktivni menadžment bafera

□ Signalizacija zagušenja

- Explicit Congestion Notification (ECN)

QoS

Scheduling

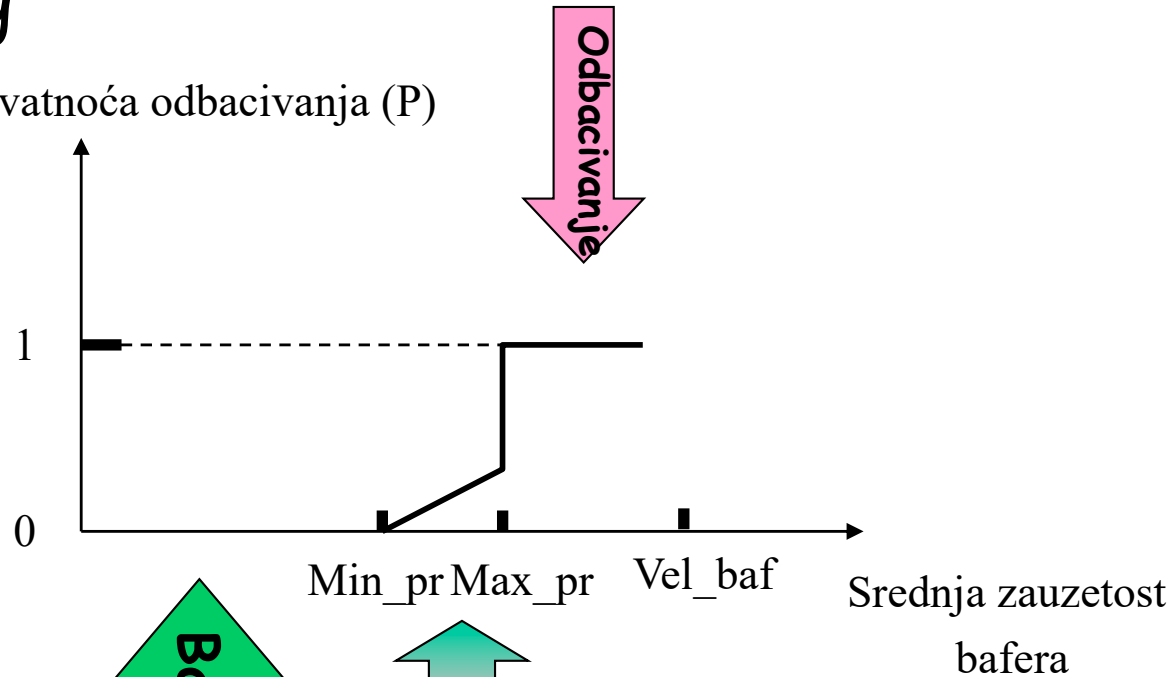
- ❑ Zašto ne koristiti beskonačno velike bafere?
 - Nema odbacivanja paketa!
- ❑ Mali baferi:
 - Često odbacuju pakete zbog pojave burstova
 - Unose malo kašnjenje
- ❑ Veliki baferi:
 - Smanjuju odbacivanje paketa
 - Povećavaju kašnjenje
- ❑ Kompromis je RED (Random Early Detection)

QoS

Scheduling

□ RED

Vjerovatnoća odbacivanja (P)



Baferovanje

**Probabilističko
Baferovanje/odbacivanje**

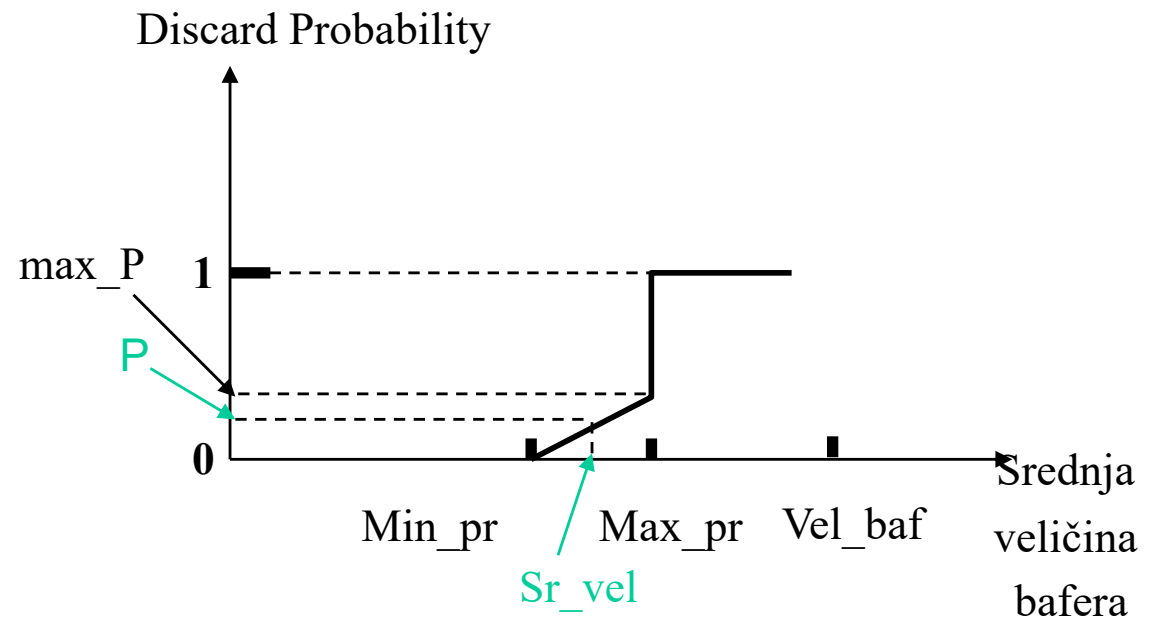
QoS

Scheduling

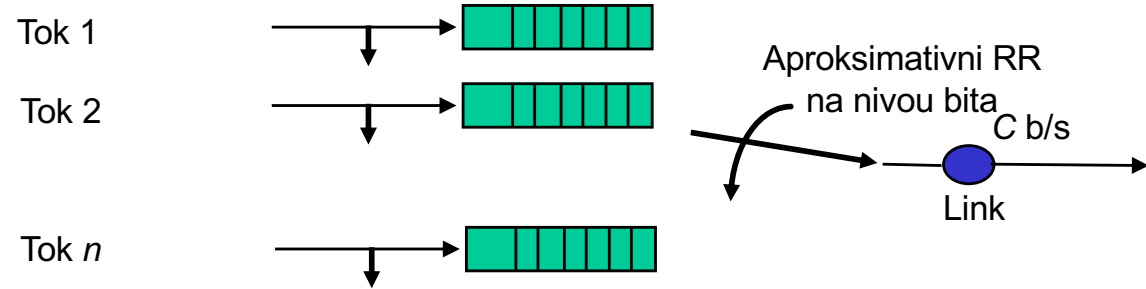
□ RED

Poděšavanje vjerovatnoće P:

$$P = \max_{-} P \frac{Sr_vel - Min_pr}{Max_pr - Min_pr}$$



QoS



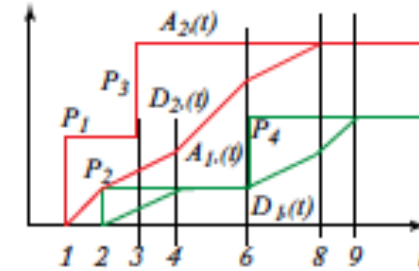
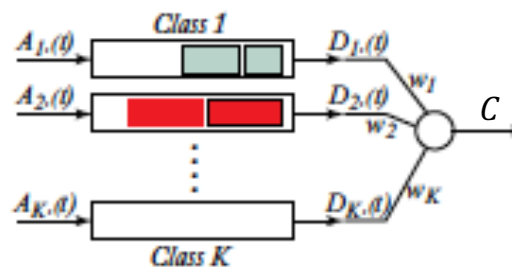
Scheduling

Fair Queueing/Generalized Processor Sharing (GPS)

- ❑ Svaki tok ima svoj logički bafer:
- ❑ C b/s se alocira nepraznim baferima
 - Brzina prenosa = $C / n(t)$, gdje je $n(t)$ broj nepraznih bafera
- ❑ Idealizovani sistem podrazumijeva fluidni tok u baferima
- ❑ Implementacija zahtijeva aproksimaciju:
 - simuliranje fluidnog sistema;
 - sortiranje paketa prema vremenu završetka idealnog sistema

QoS

Scheduling GPS



- ❑ Paketi se klasifikuju u K klasa saobraćaja i čekaju u odgovarajućem baferu dok ih scheduler ne odabere
- ❑ Svakoj klasi k odgovara težinski factor w_k .
- ❑ C je brzina linka
- ❑ W je zbir težinskih faktora bafera koji u trenutku t nijesu prazni
- ❑ Scheduler bira pakete iz bafera sa vjerovatnoćom proporcionalnom težinskom faktoru njihove klase.
- ❑ Trenutna brzina posluživanja klase k je $\frac{w_k C}{W}$
- ❑ Ovaj model je samo matematički i nije primjenjiv jer da scheduler "miješa" bite iz različitih paketa i ne poštuje granice paketa.
- ❑ Može se pokazati da se toku k može obezbijediti minimalna brzina koja je jednaka

$$\frac{w_k C}{\sum_{i=1}^K w_i}$$

- ❑ Ovu brzinu tok dobija kada nijedan bafer nije prazan
- ❑ Ako na ulaz GPS schedulera dolaze tokovi saobraćaja oblikovani token bucket sistemima parametara (a_i, B_i) , kašnjenje paketa klase k je ograničeno vrijednošću

$$\frac{B_k \sum_{i=1}^K w_i}{w_k C}$$

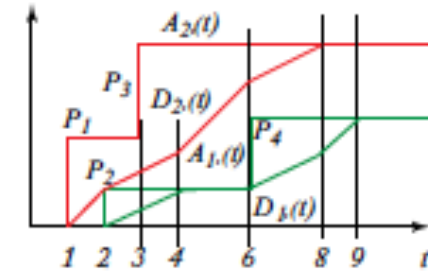
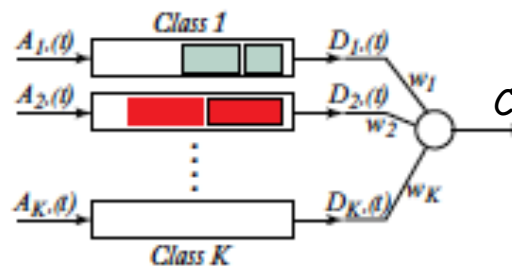
- ❑ pri čemu je $a_1 + a_2 + \dots + a_K \leq C$

QoS

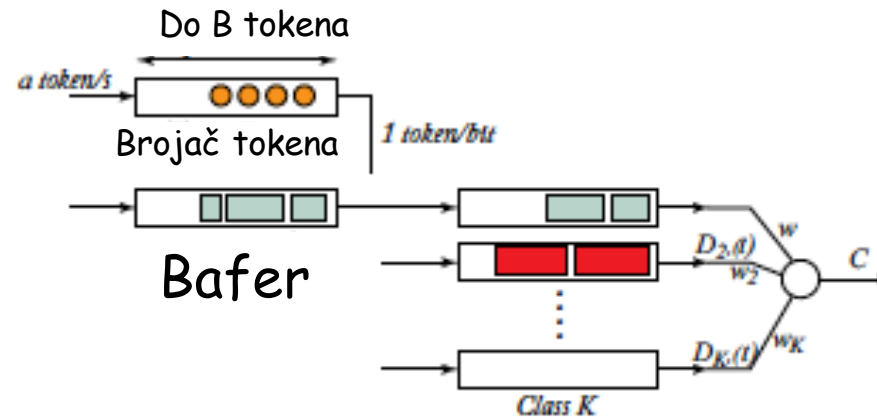
Scheduling WFQ

- Predstavlja aprokcimaciju GPS koja se može realizovati
- Paketi su klasifikovani i stavljeni u redove kao kod GPS.
- Scheduler prenosi istovremeno samo jedan paket brzinom linka C .
- Kad završi prenos paketa scheduler započinje sa slanjem paketa kojeg bi GPS, ako bi bio primijenjen, prvo poslužio.
- Ako su F_n i G_n vremena odlaska paketa n ako se koristi WFQ i GPS, a T vrijeme prenosa najvećeg paketa onda važi

$$F_n \leq G_n + T$$



QoS



Scheduling

WFQ

□ Može se pokazati da ako je

$$a < \frac{wC}{\sum_{i=1}^K w_i}$$

□ Maksimalno kašnjenje paketa je

$$\frac{B \sum_{i=1}^K w_i}{wC} + \frac{L}{C}$$

□ Gdje je L veličina paketa

Značaj WFQ

- ❑ WFQ može obezbijediti granice kašnjenja od kraja do kraja mreže
- ❑ WFQ nudi i fernost i garancije performansi
- ❑ Granice veće bez obzira na ponašanje ostalog saobraćaja
- ❑ Može biti generalizovan za mreže gdje su scheduleri varijante WFQ i gdje brzine prenosa variraju u vremenu
- ❑ Ne ograničava jitter