

Performanse računarskih mreža

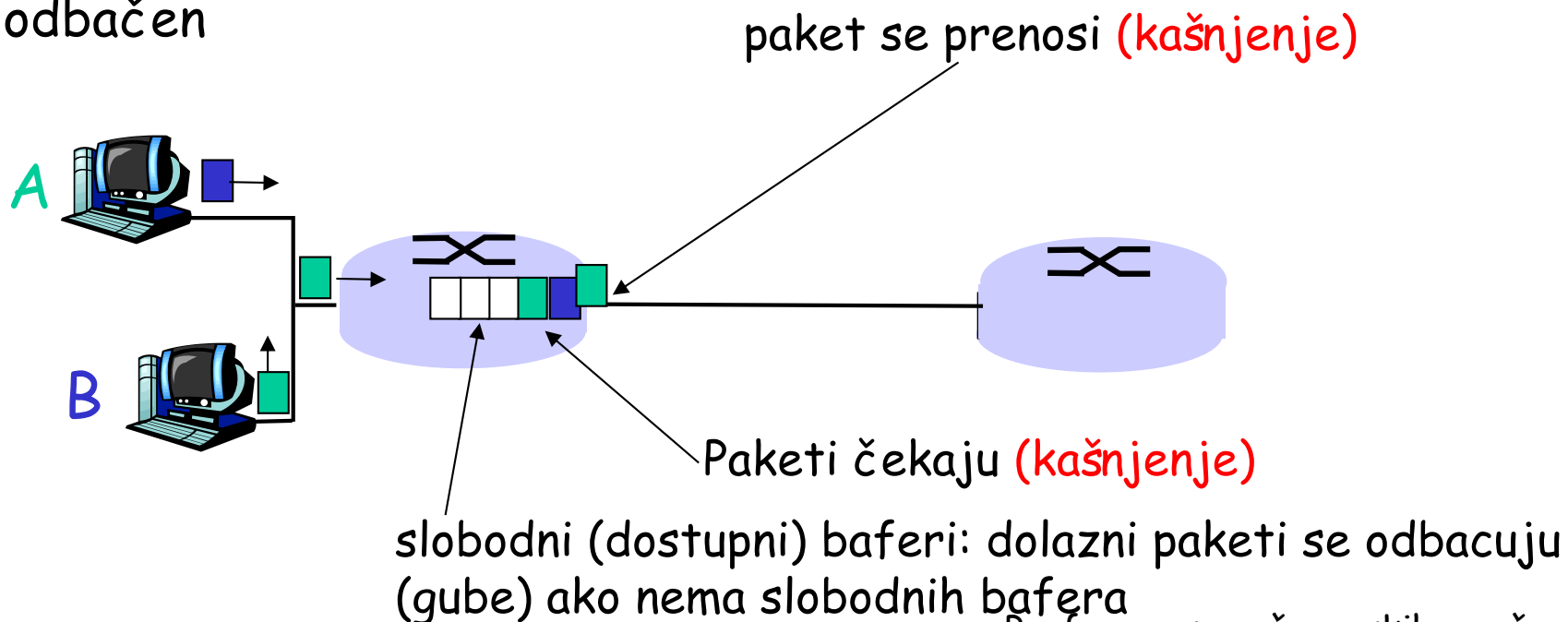
Performanse računarskih mreža

- Kašnjenje
- Gubici
- Propusnost

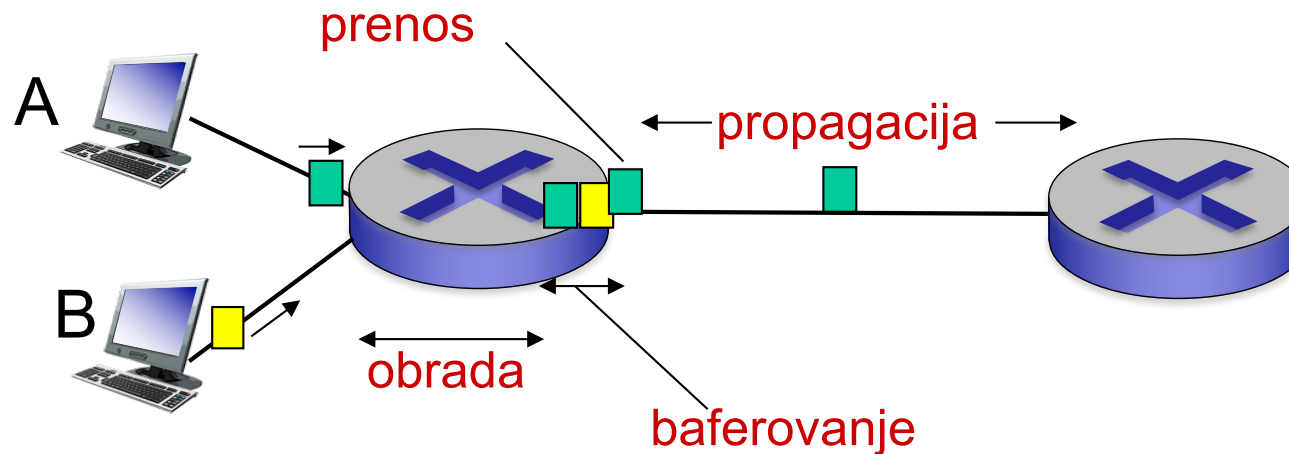
Kako nastaju gubici i kašnjenje?

Paketi se smještaju u bafere rutera i formiraju redove čekanja (*queue*)

- ❑ Paket se smješta u bafer ako odlazni link nije slobodan
- ❑ Ako je dolazna brzina paketa približna ili prevazilazi brzinu prenosa odlaznog linka bafer počinje da se puni
- ❑ Ako paket koji dolazi zatiče pun bafer onda on, po pravilu, biva odbačen



Četiri izvora kašnjenja paketa



$$d = d_{\text{obrade}} + d_{\text{baferovanja}} + d_{\text{prenosa}} + d_{\text{propagacije}}$$

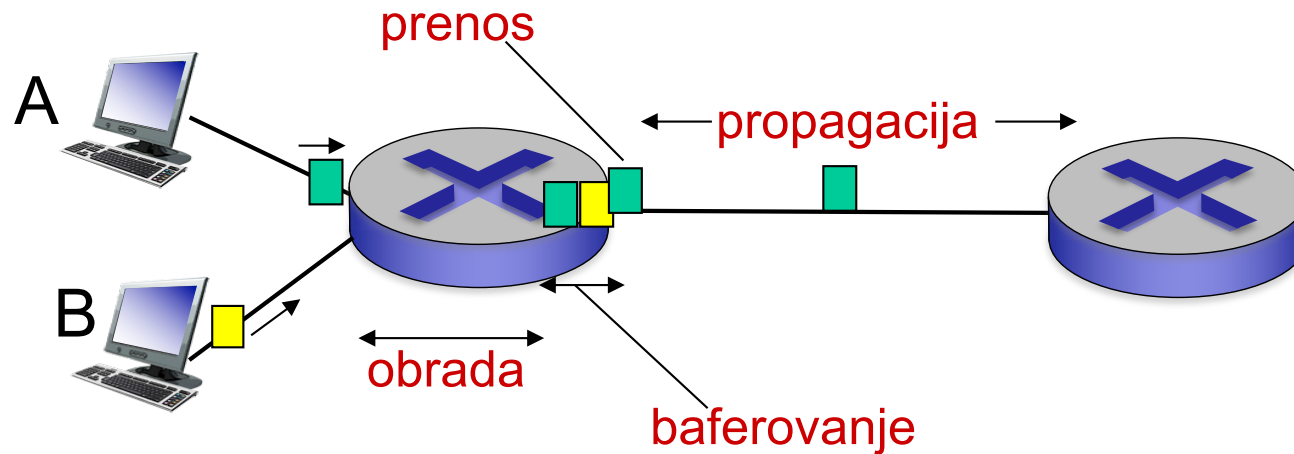
d_{obrada} : obrada paketa

- Provjera greške
- Izbor izlaznog linka
- Tipično je manja od ms

$d_{\text{baferovanje}}$: čekanje u baferu

- Vrijeme čekanja pri odlasku na link
- Zavisí od zauzetosti bafera, odnosno odnosa dolazne i odlazne brzine

Četiri izvora kašnjenja paketa



$$d = d_{\text{obrada}} + d_{\text{baferovanje}} + d_{\text{prenosa}} + d_{\text{propagacije}}$$

d_{prenosa} : kašnjenje uslijed prenosa:

- L : veličina paketa (b)
- R : kapacitet linka (b/s)
- $d_{\text{prenosa}} = L/R$

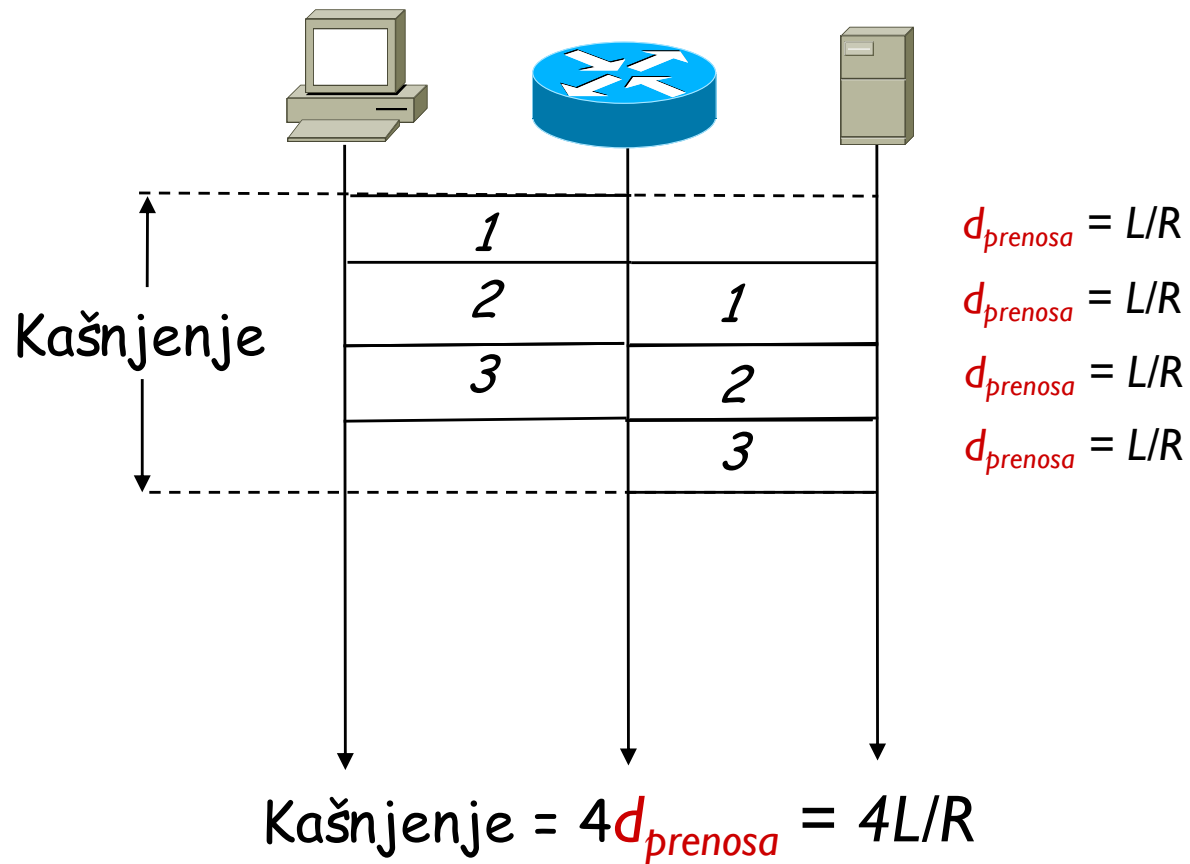
$d_{\text{propagacije}}$: kašnjenje uslijed propagacije:

- d : dužina linka
- s : brzina svjetlosti ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- $d_{\text{propagacije}} = d/s$

d_{prenosa} i $d_{\text{propagacije}}$
se veoma razlikuju

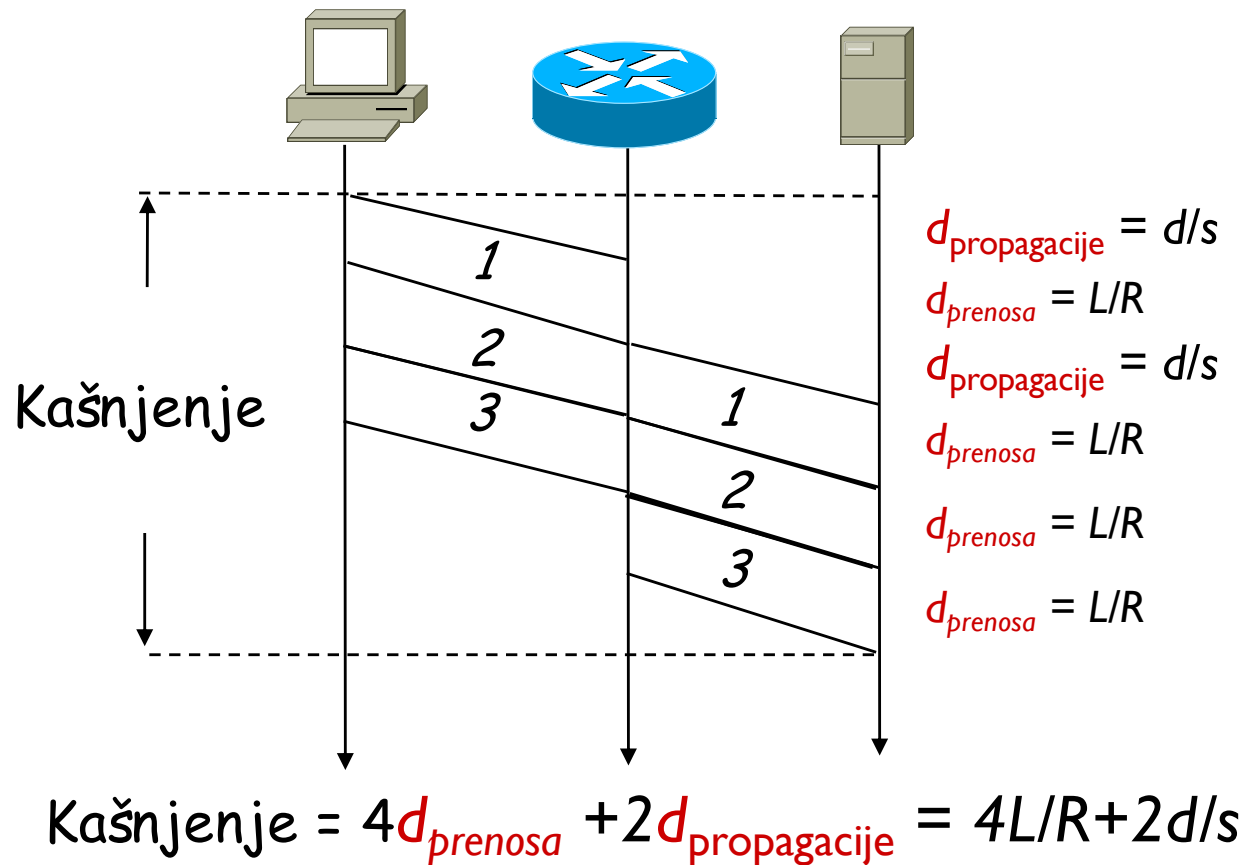
Kašnjenje

1. Postoji samo kašnjenje uslijed prenosa



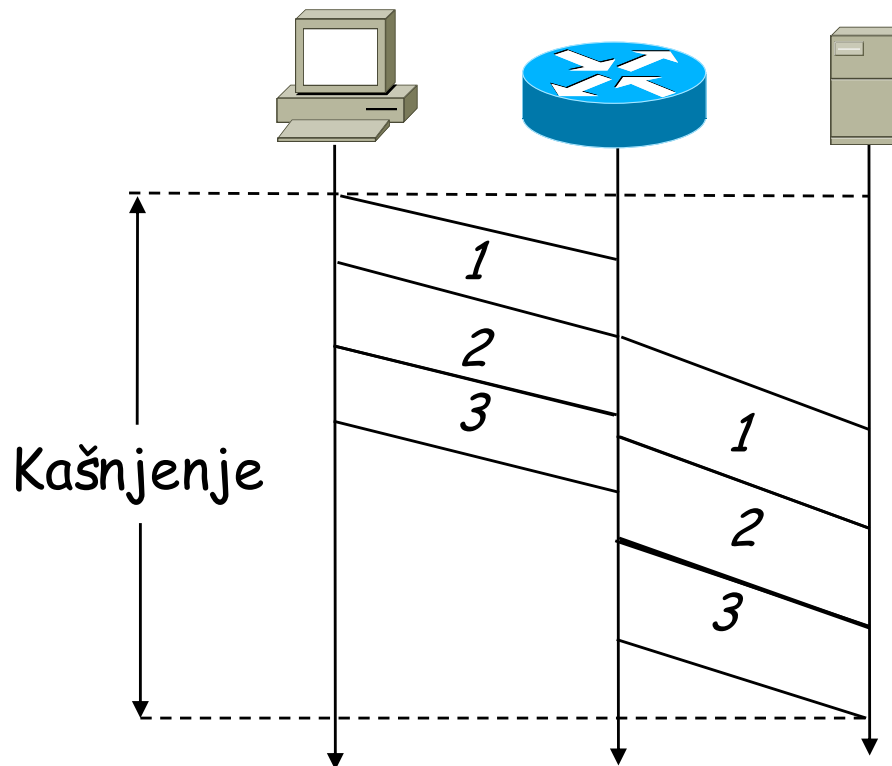
Kašnjenje

2. Postoje kašnjenje uslijed prenosa i kašnjenje uslijed propagacije (jednake brzine linkova, dužine i vrste medijuma)



Kašnjenje

3. Postoje kašnjenje uslijed prenosa i kašnjenje uslijed propagacije (Različite brzine linkova, dužine i vrste medijuma)



$$R_1 > R_2 \Rightarrow L/R_1 < L/R_2$$
$$d_1/s_1 < d_2/s_2$$

$$d_{\text{propagacije1}} = d_1/s_1$$

$$d_{\text{prenosa1}} = L/R_1$$

$$d_{\text{propagacije2}} = d_2/s_2$$

$$d_{\text{prenosa2}} = L/R_2$$

$$d_{\text{prenosa2}} = L/R_2$$

$$d_{\text{prenosa2}} = L/R_2$$

$$\text{Kašnjenje} = d_{\text{prenosa1}} + d_{\text{propagacije1}} + d_{\text{propagacije2}} + 3d_{\text{prenosa2}} = d_1/s_1 + L/R_1 + d_2/s_2 + 3L/R_2$$

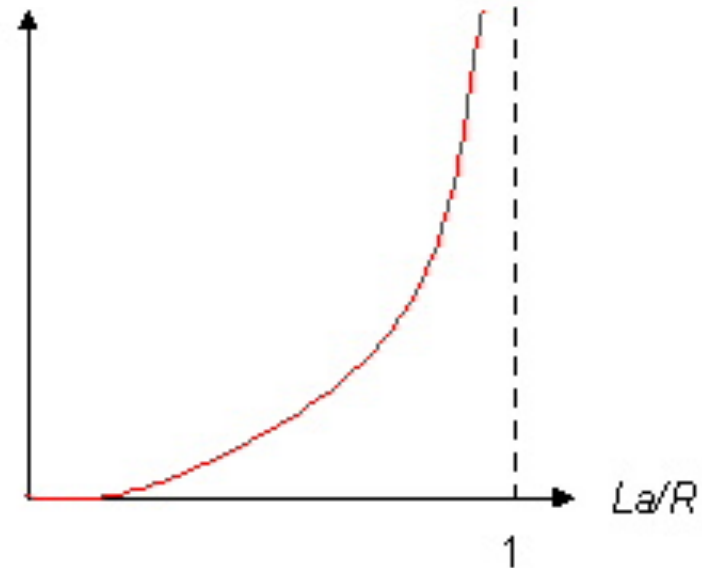
Kašnjenje usled čekanja u baferu

- R = kapacitet linka (b/s)
- L = veličina paketa (b)
- a = srednja dolazna brzina paketa (pak/s)

Intenzitet saobraćaja = La/R

- $La/R \sim 0$: srednje kašnjenje uslijed čekanja je malo
- $La/R \rightarrow 1$: kašnjenje postaje veliko
- $La/R > 1$: više saobraćaja "dolazi" nego što može da "ode", srednje kašnjenje je beskonačno!

Srednje kašnjenje
uslijed čekanja



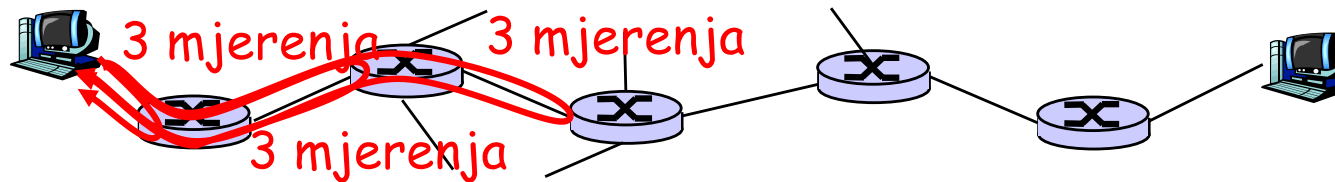
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

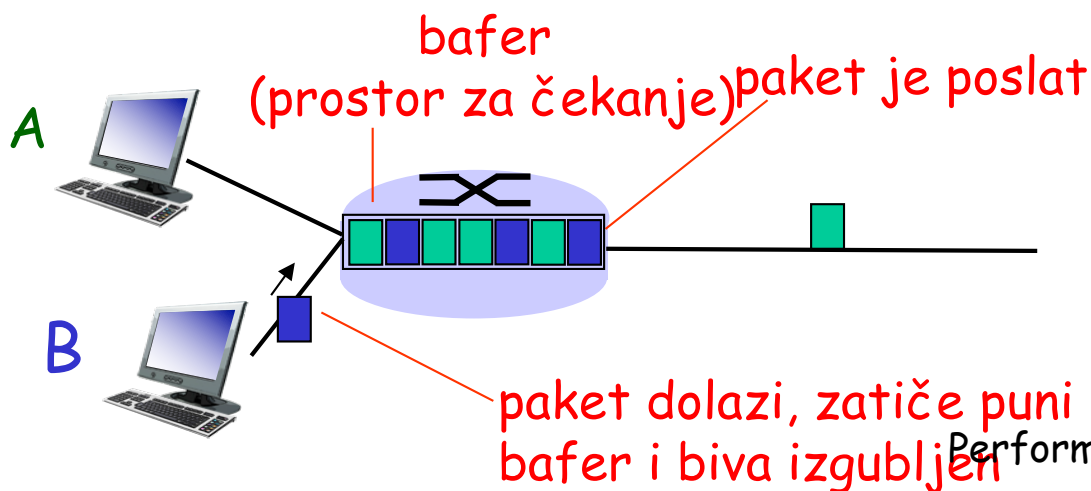
“Realna” Internet kašnjenja i rute

- Kako izgledaju “realna” Internet kašnjenja & gubici?
- **Traceroute**: daje mjerenja kašnjenja od izvora do rutera duž Internet puta (od izvora do destinacije i nazad). Za svako i :
 - šalje tri paketa koji će dostići ruter i na putu do destinacije
 - ruter i će vratiti paket pošiljaocu
 - pošiljalac mjeri vrijeme između slanja i odgovora.



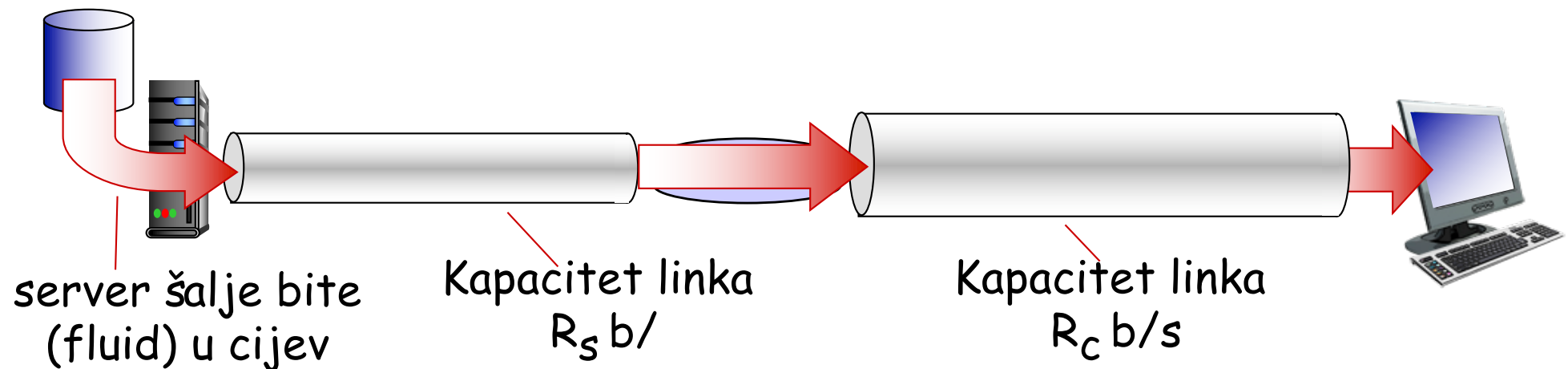
Gubitak paketa

- ❑ Bafer je ograničena memorija tako da red čekanja ima konačan broj mjesta za pakete
- ❑ Kada paket dođe do popunjenog reda čekanja paket se odbacuje (javlja se gubitak paketa)
- ❑ Izgubljeni paket se može ponovo poslati od strane prethodnog čvora, ili izvorišnog krajnjeg sistema ili se ponovo ne šalje
- ❑ Gubitak paketa se modeluje vjerovatnoćom gubitka paketa koja predstavlja odnos broja izgubljenih i broja pristiglih paketa
- ❑ Vjerovatnoća gubitka paketa treba da bude reda 10^{-8}



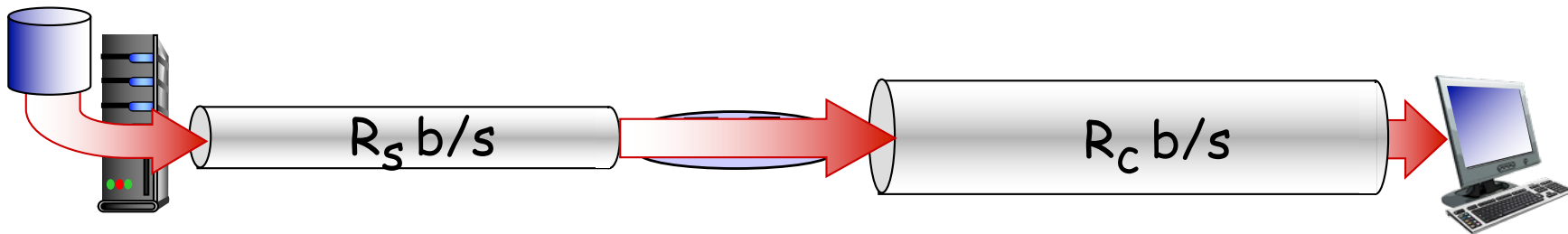
Propusnost

- *propusnost*: brzina (b/s) kojom se biti prenose od pošiljaoca do destinacije
 - *trenutna*: brzina u posmatranom trenutku
 - *srednja*: prosječna brzina tokom dužeg intervala

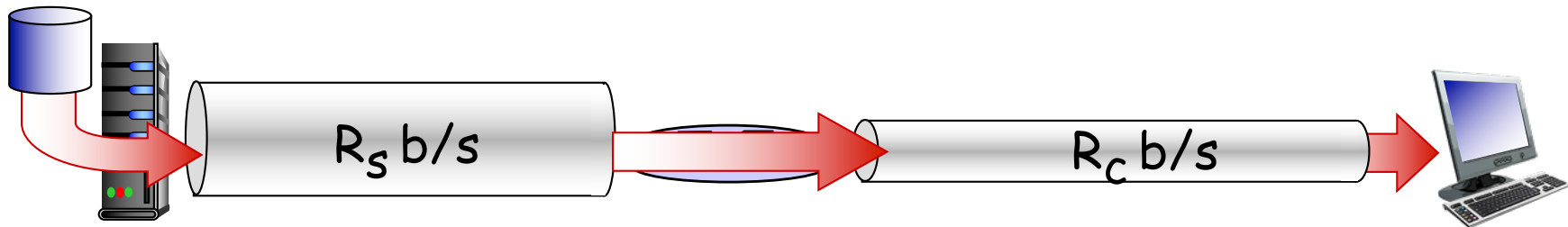


Propusnost (više)

- $R_s < R_c$ Koliko iznosi srednja propusnost od kraja do kraja?



- $R_s > R_c$ Koliko iznosi srednja propusnost od kraja do kraja?

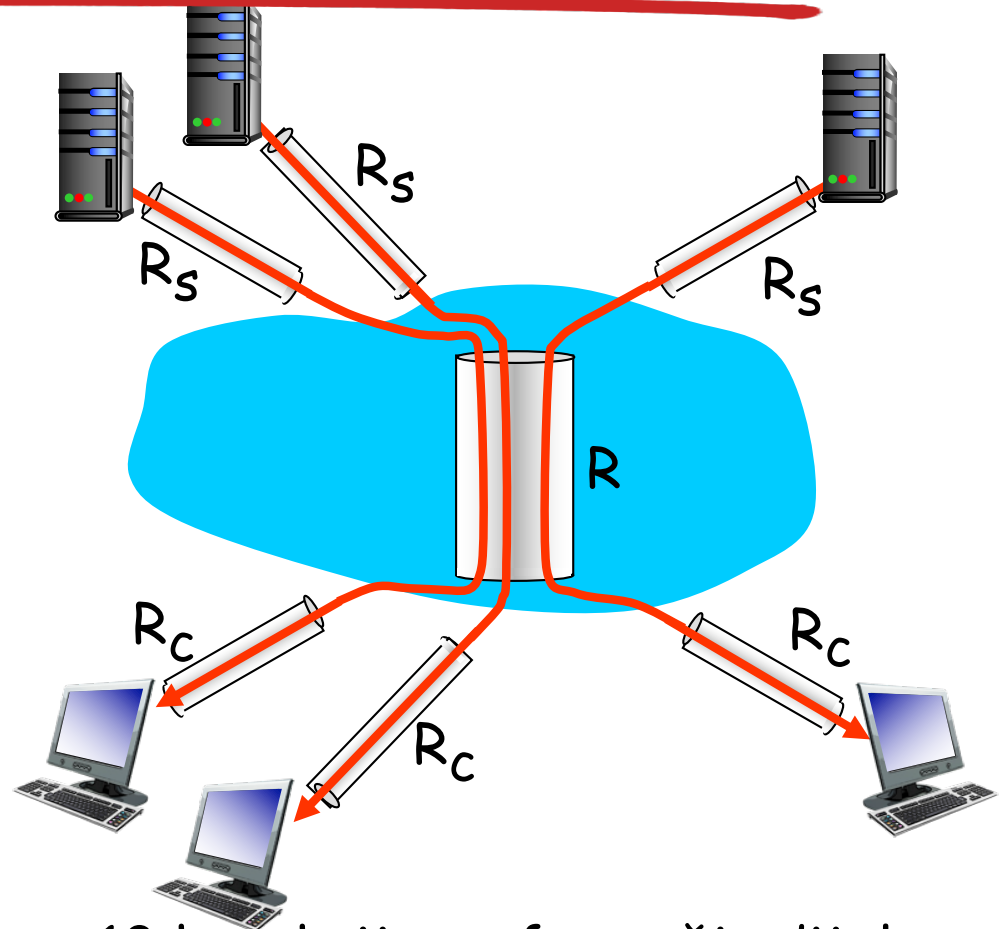


"bottleneck" link

link koji ograničava propusnost

Propusnost: Internet scenario

- Propusnost po konekciji:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- U praksi: R_c ili R_s je obično "bottleneck"



10 konekcija na fer način dijele
"bottleneck" link okosnice
kapaciteta R b/s

Performanse računarske mreže

Ispitna pitanja

1. Navedi i objasni četiri izvora kašnjenja u računarskim mrežama
2. Objasni zašto nastaju gubici paketa i kako se modeluju u računarskim mrežama
3. Objasni pojam propusnosti računarske mreže i ilustruj kako na nju utiče brzina prenosa linkova i njihovo dijeljenje