

Igor Radusinović
Slovica Tomović
ETF, UCG

Performanse računarskih mreža

Performanse računarskih mreža

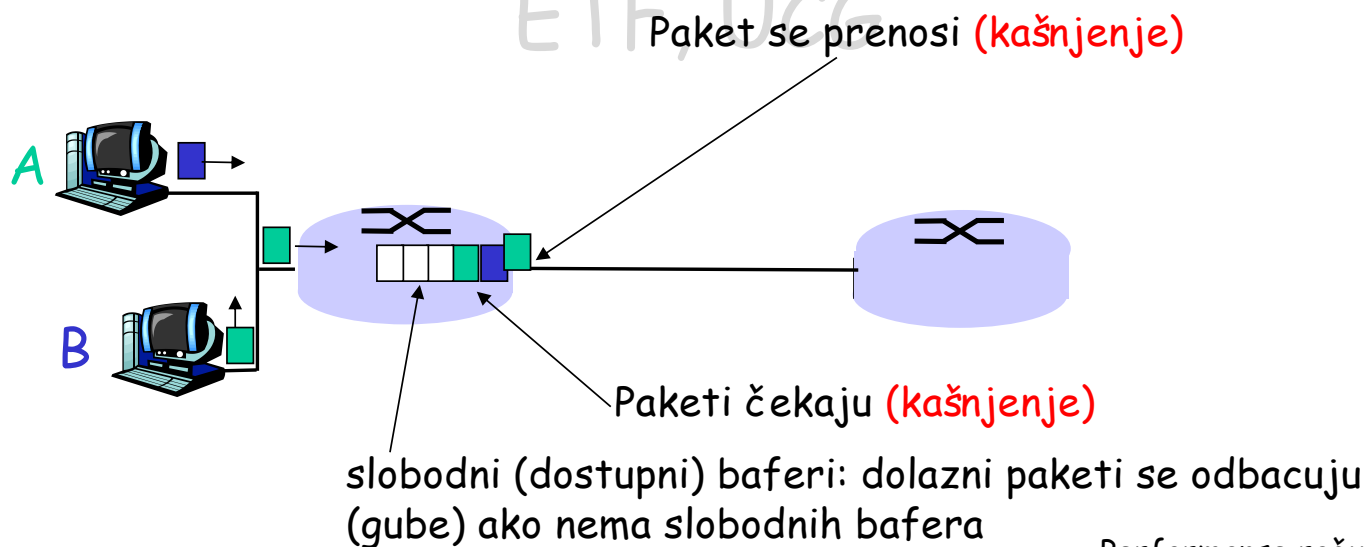
- ☐ Kašnjenje
- ☐ Gubici
- ☐ Propusnost

Igor Radusinović
Slavica Tomović
ETF, UCG

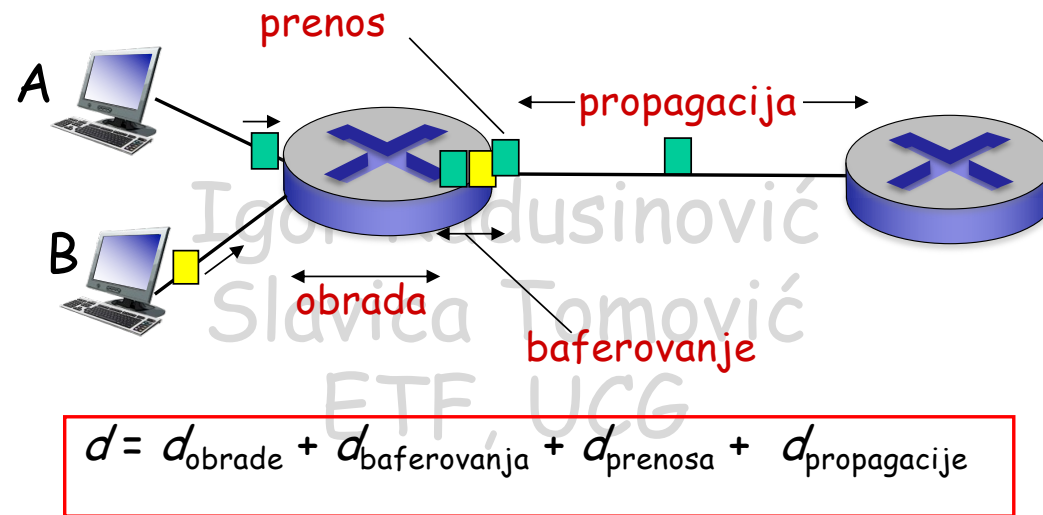
Kako nastaju gubici i kašnjenje?

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



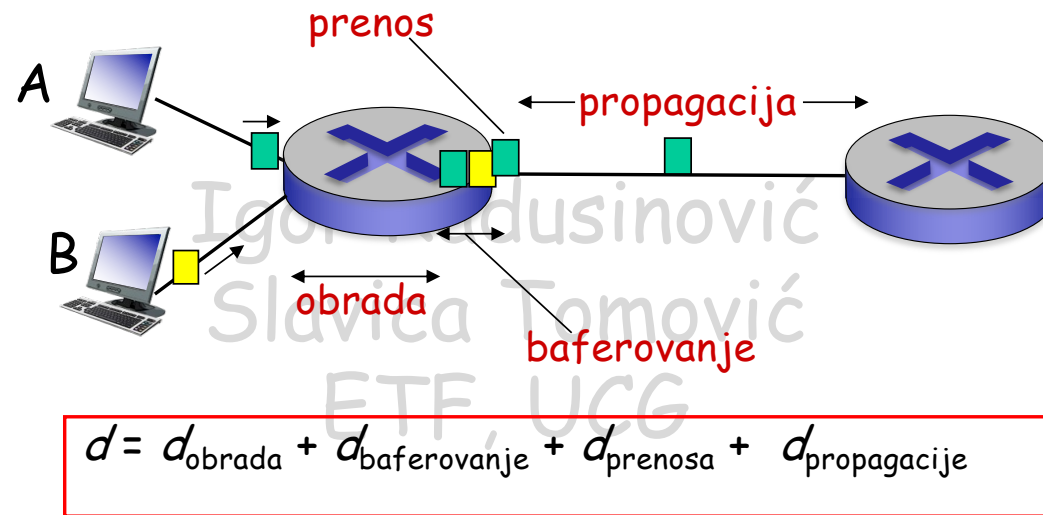
d_{obrada} : obrada paketa

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

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

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

Četiri izvora kašnjenja paketa



d_{prenosa} : kašnjenje uslijed prenosa:

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

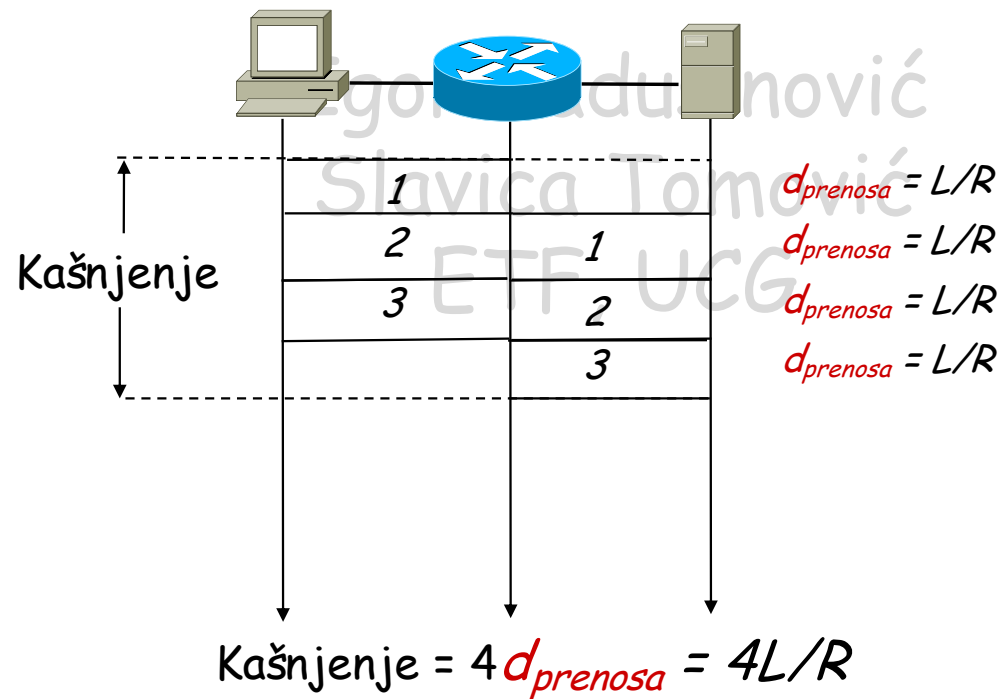
$d_{\text{propagacije}}$: kašnjenje uslijed propagacije:

- 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

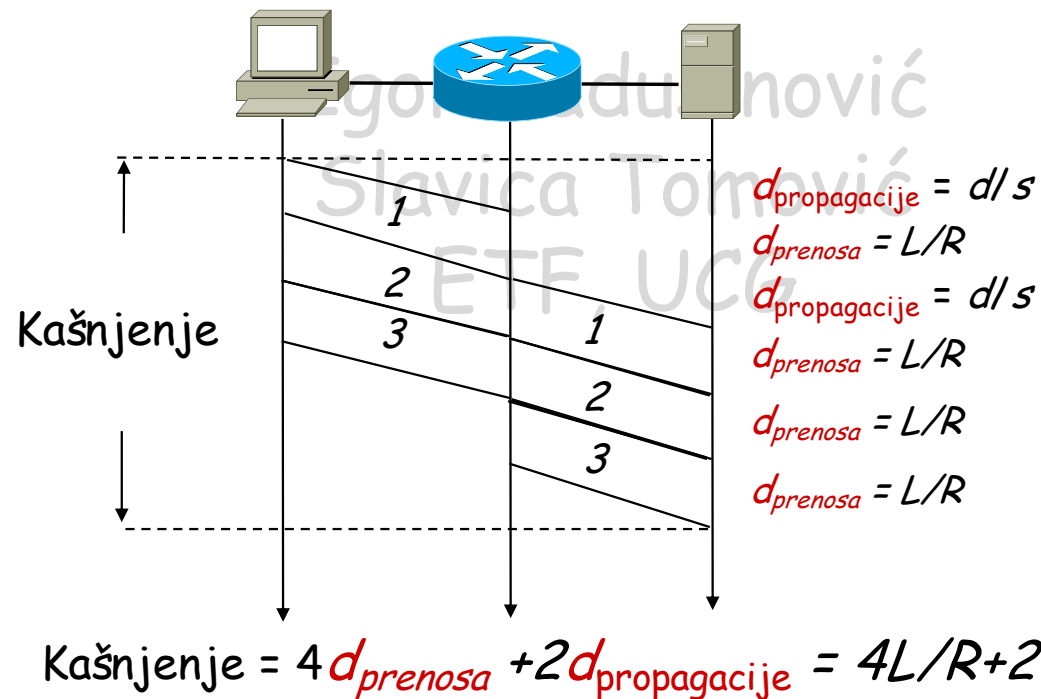
Kašnjenje

Primjer 1. Postoji samo kašnjenje uslijed prenosa



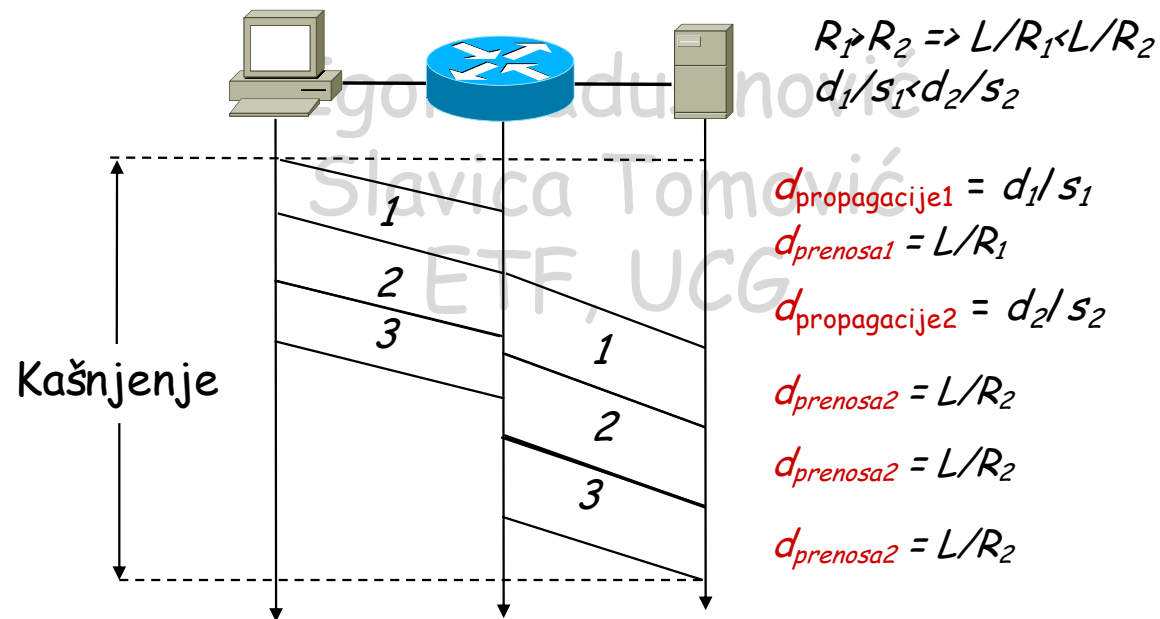
Kašnjenje

Primjer 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)



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

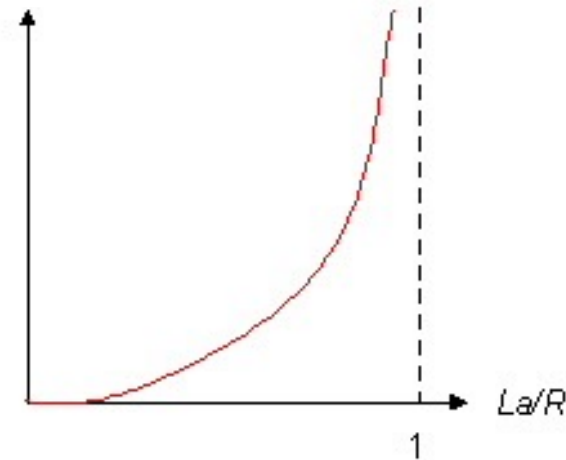
$$\text{Efektivna propusnost} = 3L / \text{Kašnjenje}$$

Kašnjenje usled čekanja u baferu

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

Intenzitet saobraćaja = La/R

Srednje kašnjenje
uslijed čekanja



- $La/R \sim 0$: 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!



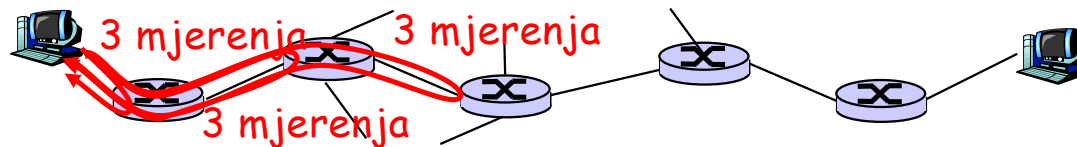
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

“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 doći do ruter i na putu do destinacije
 - ruter i će vratiti paket pošiljaocu
 - pošiljalac mjeri vrijeme između slanja i odgovora.



“Realna” Internet kašnjenja i rute

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

3 mjerenja kašnjenja od gaia.cs.umass.edu do cs-gw.cs.umass.edu

3 mjerenja kašnjenja do border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu

Prekooceanski link

Kašnjenja raste! Zašto?

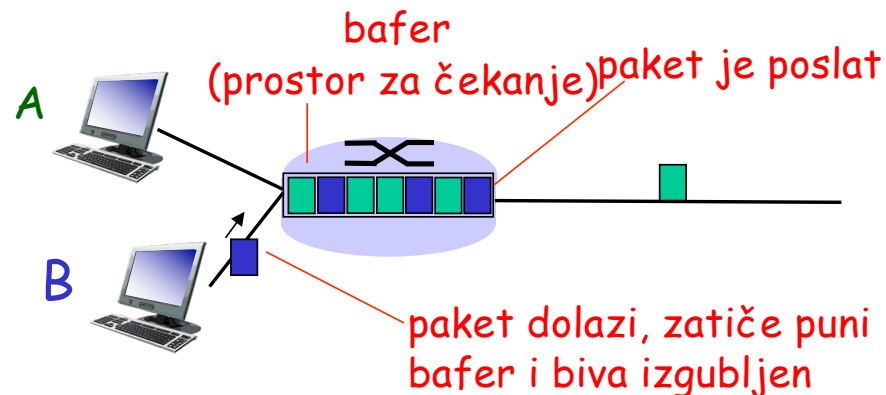
```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

* Znači da nema odgovora (prekid komunikacije, ruter ne odgovara)

Probat i na www.traceroute.org

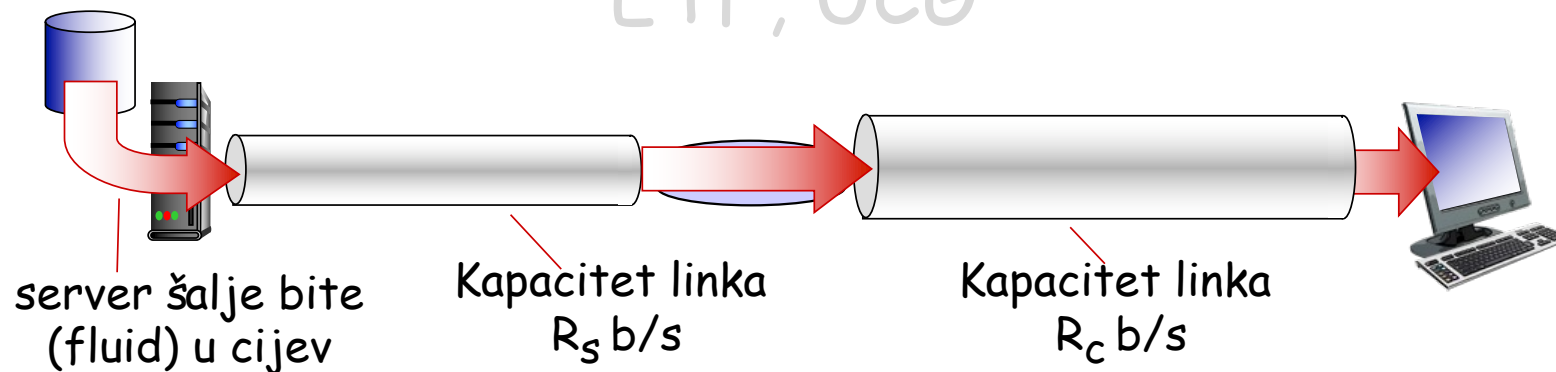
Gubitak paketa

- ❑ 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}



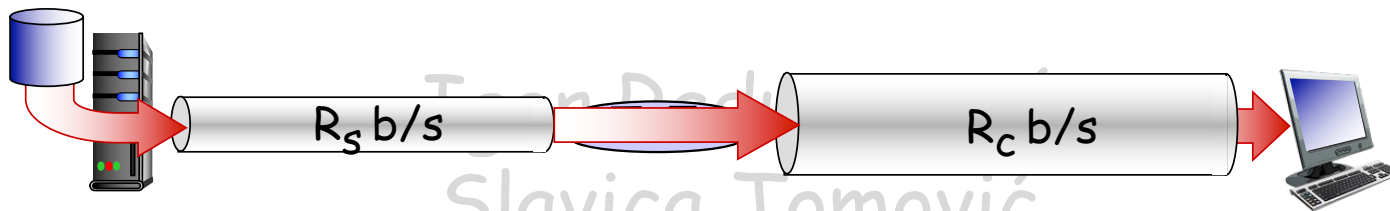
Propusnost

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

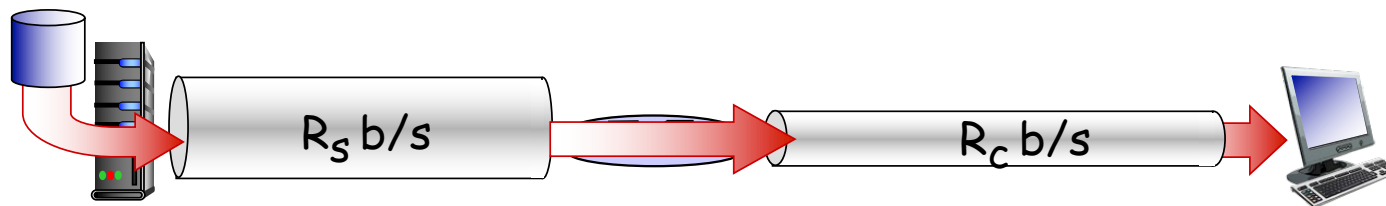


Propusnost (više)

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



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

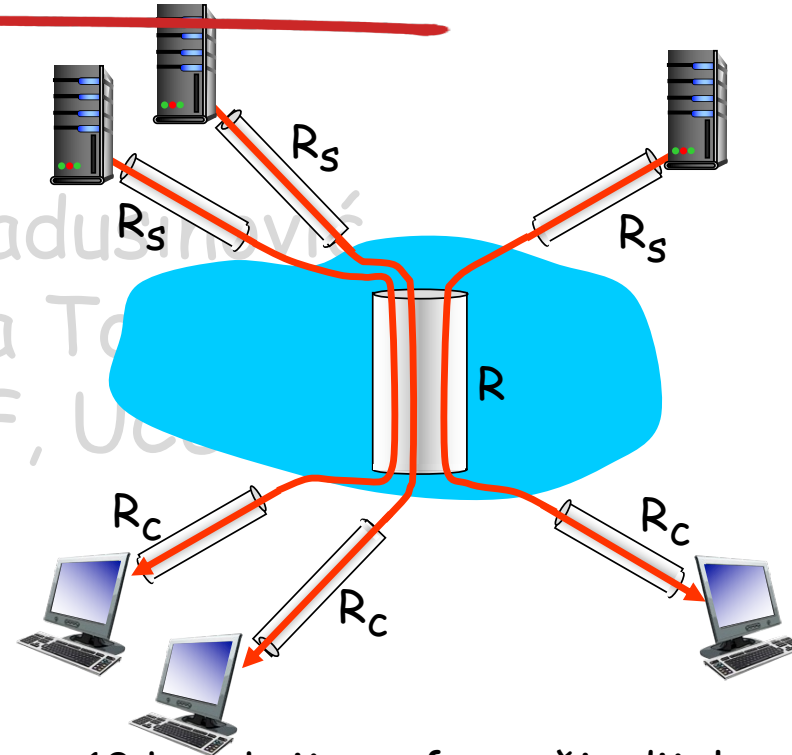


"bottleneck" link

link koji ograničava propusnost

Propusnost: Internet scenario

- Propusnost jedne konekcije: $\min(R_c, R_s, R/10)$
- U praksi su obično R_c ili R_s "bottleneck" linkovi



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

Performanse računarske mreže

Ispitna pitanja

1. Navesti i objasniti četiri izvora kašnjenja u računarskim mrežama
2. Objasniti pojam propusnosti računarske mreže i ilustrovati kako na nju utiče brzina prenosa linkova i njihovo dijeljenje

Igor Radusinović
Slavica Tomović
ETF, UCG