



Preddiplomski studij

Računarstvo

Ak.g. 2014./2015.

Komunikacijske mreže

11.

Internetske usluge:

Rad na udaljenom računalu

Transfer datoteka

Prijenos govora putem Interneta

15.12.2014.



slobodno smijete:

- **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
- **remiksirati** — prerađivati djelo

pod sljedećim uvjetima:

- **imenovanje**. Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
- **nekomercijalno**. Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
- **dijeli pod istim uvjetima**. Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, preradu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencijske uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je poveznicom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava. Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencijske preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

◆ Internetske usluge: rad na udaljenom računalu

- zahtjevi usluge
- aplikacijski protokol (Telnet)

◆ Internetske usluge: transfer datoteka

- zahtjevi usluge
- aplikacijski protokol (FTP)

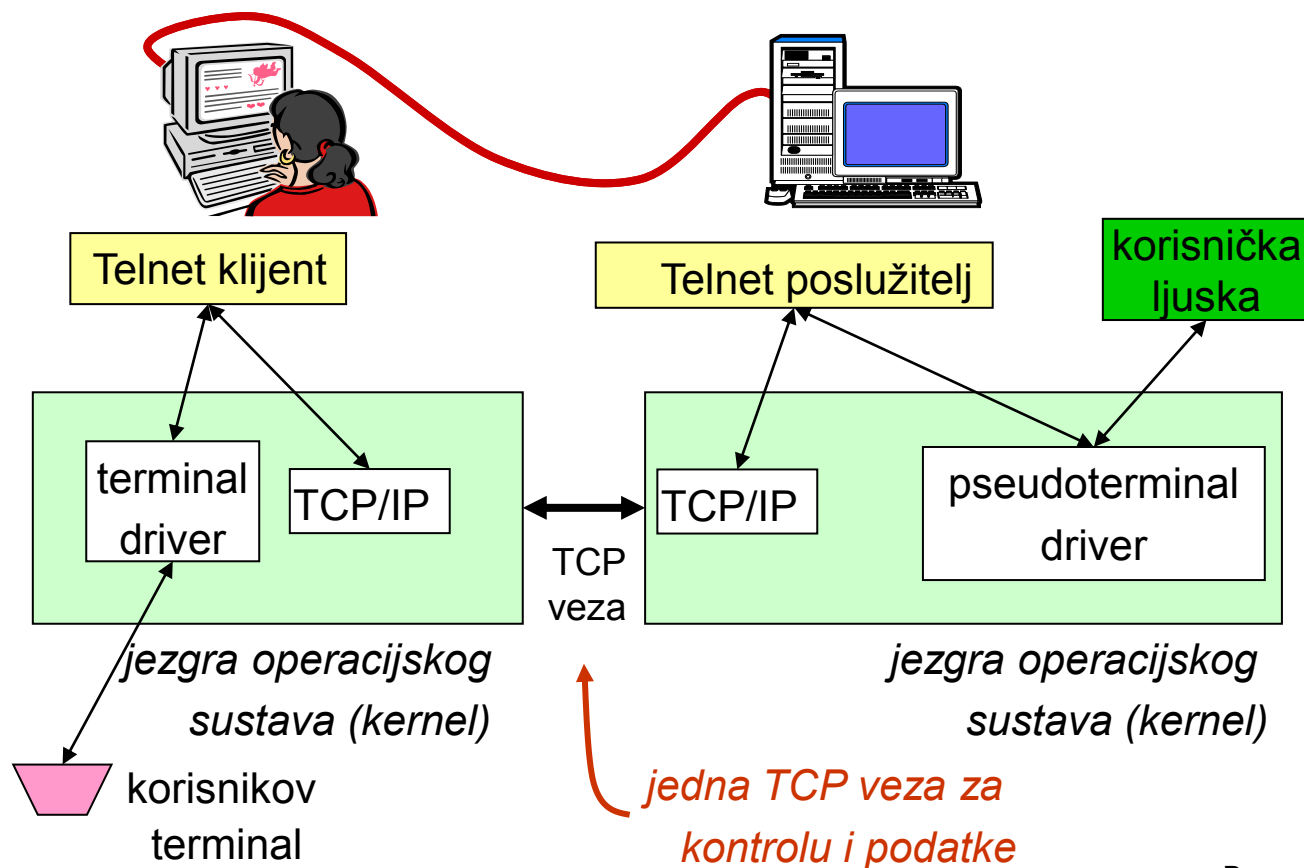
◆ Internetske usluge: prijenos govora putem Interneta (VoIP)

- osnovna obilježja prijenosa govora
- zahtjevi usluge i izvedbe

- ◆ Ideja: **interaktivni rad na udaljenom računalu**
- ◆ osnovni zahtjevi:
 - transparentni pristup aplikacijama i podacima na udaljenom računalu
 - transparentni pristup = prilagodba svojstava terminala
 - lokalni i odredišni sustavi mogu biti - a često i jesu – vrlo različiti u pogledu operacijskog sustava, datotečnog sustava i sl. – “standardni terminal”
 - mogućnost interaktivnog rada
 - rad u ljusci operativnog sustava (csh, sh, tcsh, ..)
 - zaštita od neovlaštenog pristupa
 - minimalno: korisničko ime i lozinka
 - zaštita od prisluškivanja ili narušavanja komunikacije
 - šifriranje na sloju aplikacije ili na nižim slojevima (predavanje o sigurnosti, kasnije)
- ◆ dodatni zahtjevi
 - pristup drugim uslugama

Rad na udaljenom računalu – protokol Telnet

Telnet protokol - standardno sučelje pomoću kojeg program na jednom računalu (TELNET klijent) može pristupiti resursima drugog računala (TELNET poslužitelja) putem Interneta



Prema R. Stevens, TCP/IP Illustrated, Vol 1

1. Umreženi virtualni terminal (Network Virtual Terminal, NVT)

- NVT je zamišljeni uređaj s osnovnom strukturom koja je zajednička velikom broju stvarnih terminala; “najmanji zajednički nazivnik”
- osnovna svojstva propisana; izborna svojstva stvar dogovora

2. Pregovaranje o izbornim svojstvima terminala

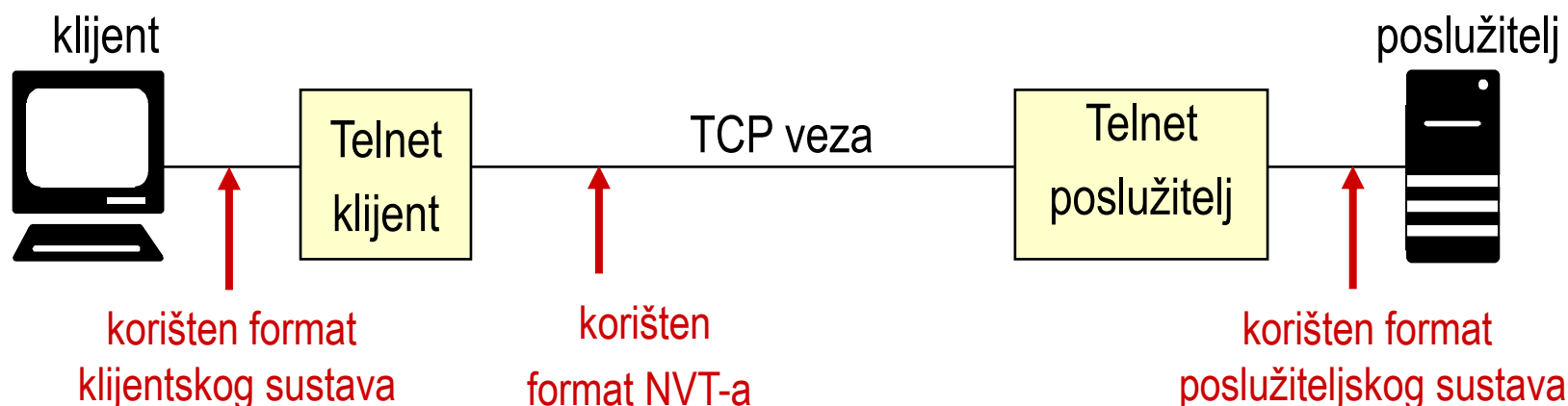
- protokol (aplikacijskog sloja) telnet definira način pregovaranja o izbornim svojstvima terminala za vezu u tijeku, kao i skup standardnih izbornih svojstava

3. Oba kraja veze tretiraju se simetrično

- i klijent i poslužitelj mogu predložiti uporabu izbornih svojstava

Network Virtual Terminal (NVT)

- ◆ NVT je zamišljeni uređaj koji ima “pisač” (*printer* ili *display*) i tipkovnicu (*keyboard*)
 - “tipkovnica” služi za unos znakova koji se prenose telnet vezom
 - “pisač” služi za ispis primljenih znakova



- klijent pretvara svoje terminalske karakteristike u univerzalni “virtualni terminal”
- poslužitelj pretvara svojstva virtualnog terminala u ona kakva bi koristio kao lokalni terminal
- nakon uspostave veze, između telnet klijenta i poslužitelja koristi se osnovni zajednički format NVT

- ◆ NVT daje samo minimalni skup svojstava
- ◆ poslužitelj i klijent koriste skup dogovorenih konvencija kako bi uspostavili operativne karakteristike terminala preko mehanizma “DO, DON'T, WILL, WON'T”
 - Kada klijent postavlja željena izborna svojstva za sebe:
 - naredba “**will**” (hoću) služi za postavljanje (odgovor “**do**” (radi) označuje prihvatanje, a “**don't**” (nemoj) odbijanje)
 - naredba “**won't**” (neću) se koristi za uklanjanje svojstva (odgovor “**don't**” za prihvatanje; ne odbija se).
 - Kada klijent pregovara o svojstvima koja traži od poslužitelja:
 - naredba “**do**” se koristi za postavljanje (odgovor “**will**” za prihvatanje i “**won't**” za odbijanje)
 - naredba “**don't**” se koristi za uklanjanje (odgovor “**won't**” je prihvatanje jer se ne smije odbiti povratak na osnovni NVT).
- ◆ Važno: Ako neka od strana traži svojstvo koje ona druga “ne razumije”, ova ga može odbiti <-- omogućeno proširenje protokola, kao i interoperabilnost novijih i starijih verzija!

Kôdovi Telnet naredbi

Naredba	Decim.	Pridruženo značenje
SE	240	End of option sub-negotiation
NOP	241	No operation
DM	242	Data mark
BRK	243	Break
IP	244	Interrupt process
AO	245	Abort output
AYT	246	Are you there
EC	247	Erase character
EL	248	Erase line
GA	249	Go ahead
SB	250	Begin sub-negotiation
WILL	251	Sender request enabling option
WONT	252	Sender rejects enabling option
DO	253	Sender requests other side enabling option
DONT	254	Sender rejects other side enabling option
IAC	255	Interpret next octet as command

početak/kraj
pregovaranja o
pod-opcijama

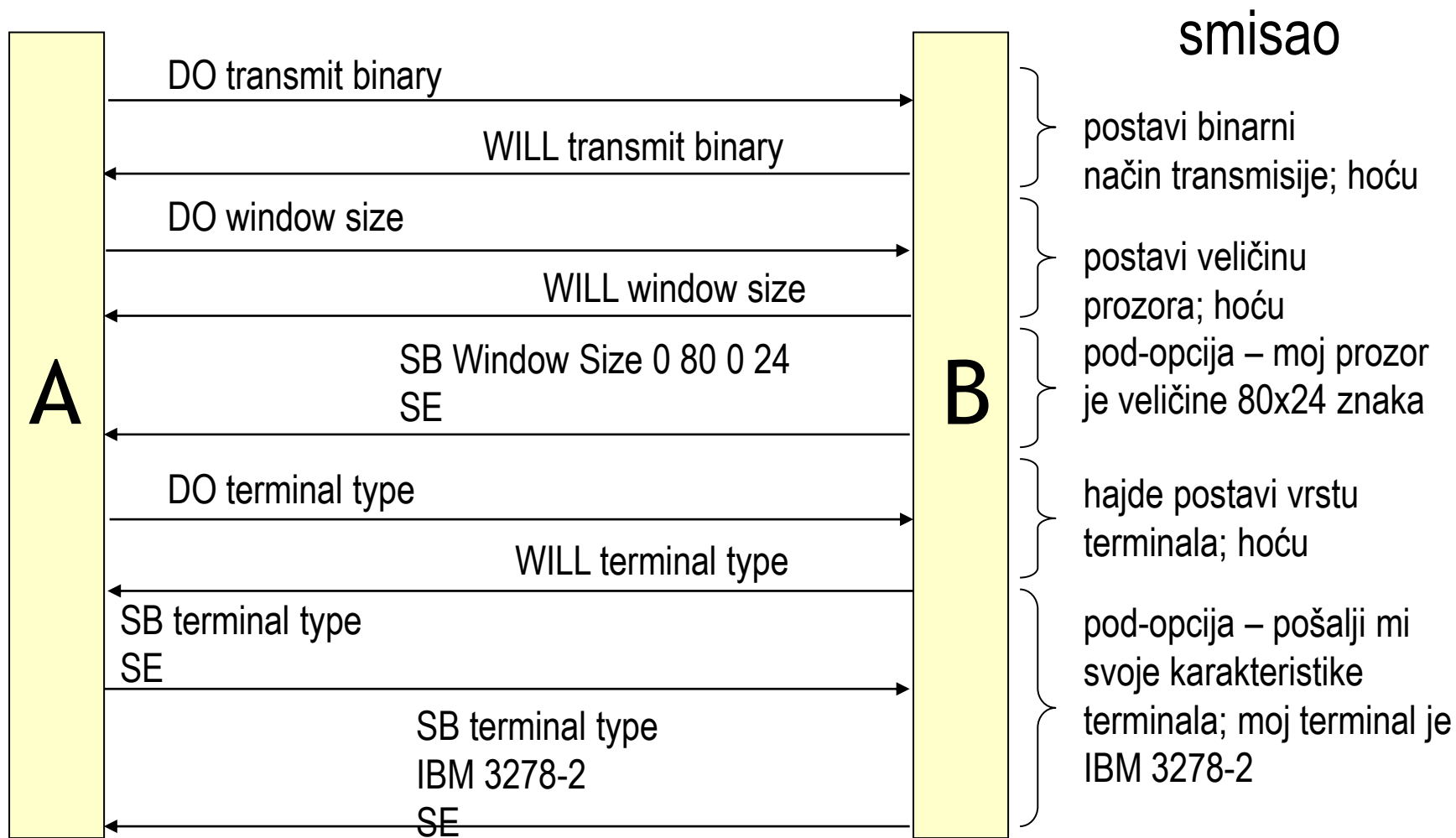
naredbe za
pregovaranje
o izbornim
svojstvima

posebni znak,
oznaka naredbe

- ◆ neka izborna svojstva su jednostavna, a neka složenija i uključuju pod-opcije
- ◆ većina definirana u posebnim RFC-ovima, npr.

Naziv	Kôd svojstva	RFC	Pridruženo značenje
Transmit Binary	0	856	Change transmission to 8-bit binary
Echo	1	857	Allow one side to echo data it receives
Suppress-GA	3	858	Suppress go-ahead signal after data
Status	5	859	Request for status of a Telnet option from remote site
Timing-mark	6	860	Request timing mark to be inserted in return stream
Terminal-type	24	884	Exchange info.. about the terminal type being used
End-of-record	25	885	Terminate data sent with EOR code
Linemode	34	1116	Send complete lines instead of individual characters

Mehanizam pregovaranja - primjer



Primjer uporabe programa telnet – osnovna namjena: rad na udaljenom računalu



◆ Uobičajena sintaksa:

telnet [host [port]]

◆ primjer:

```
C:> telnet acad.moldnet.md
```

```
Trying 193.219.215.75...
```

```
Connected to acad.moldnet.md.
```

```
Escape character is '^]'.
```

```
HP-UX acad B.10.01 A 9000/712 (ttyp1)
```

```
Login: <username>
```

```
Password: <password>
```

```
%
```

```
... itd. - nastavak rada kao da radimo na računalu
```

◆ telnet se može koristiti i za pristup drugim uslugama

Primjer uporabe programa telnet: pristup usluzi vremenske prognoze (1/3)



```
C:> telnet rainmaker.wunderground.com
```

```
-----
*                               Welcome to THE WEATHER UNDERGROUND telnet service!                               *
-----
*                               *
*   National Weather Service information provided by Alden Electronics, Inc. *
*   and updated each minute as reports come in over our data feed.           *
*                               *
*   **Note: If you cannot get past this opening screen, you must use a        *
*   different version of the "telnet" program--some of the ones for IBM       *
*   compatible PC's have a bug that prevents proper connection.              *
*                               *
*                               comments: jmasters@wunderground.com            *
-----
```

Press Return to continue:

<RETURN>

Press Return for menu

or enter 3 letter forecast city code-- AUS



primjer:
telne-wireshark.pcapng

Primjer uporabe programa telnet – pristup usluzi vremenske prognoze (2/3)



Weather Conditions at 10:53 AM CST on 13 Dec 2014 for Austin Bergstrom, TX.

Temp(F)	Humidity(%)	Wind(mph)	Pressure(in)	Weather
---------	-------------	-----------	--------------	---------

=====

61	93%	SE at 5	30.21	Overcast
----	-----	---------	-------	----------

Forecast for Austin, TX

1135 am CST Sat Dec 13 2014

.Rest of today...Mostly cloudy late in the morning then becoming partly cloudy. Highs in the lower 70s. South winds 5 to 10 mph.

.Tonight...Partly cloudy before midnight then becoming mostly cloudy. Lows around 60. South winds 5 to 10 mph.

.Sunday...Cloudy with a 40 percent chance of showers and thunderstorms. Highs in the lower 70s. South winds 10 to 15 mph.

.Sunday night...Mostly cloudy with chance of showers and thunderstorms before midnight...then partly cloudy with a slight chance of showers after midnight. Lows in the mid 50s. Southwest winds 10 to 15 mph. Chance of rain 40 percent.

.Monday...Sunny. Highs in the upper 60s. Northwest winds 5 to 10 mph.

.Monday night...Mostly clear. Colder. Lows in the lower 40s.

.Tuesday...Mostly sunny. Cooler. Highs in the upper 50s.

.Tuesday night...Partly cloudy before midnight then becoming

Press Return to continue, M to return to menu, X to exit: <RETURN>

Primjer uporabe programa telnet – pristup usluzi vremenske prognoze (3/3)



mostly cloudy. A 20 percent chance of showers. Lows in the upper 40s.

.Wednesday...Mostly cloudy with a 40 percent chance of showers.

(itd. / nastavak ispisa)

Press Return for menu:

CITY FORECAST MENU

-
- 1) Print forecast for selected city
- 2) Print climatic data for selected city
- 3) Display 3-letter city codes for a selected state
- 4) Display all 2-letter state codes
- M) Return to main menu
- X) Exit program
- ?) Help

Selection:x

Connection to host lost.

- ◆ Internetske usluge: rad na udaljenom računalu
 - zahtjevi usluge
 - aplikacijski protokol (Telnet)

- ◆ **Internetske usluge: transfer datoteka**
 - zahtjevi usluge
 - aplikacijski protokol (FTP)

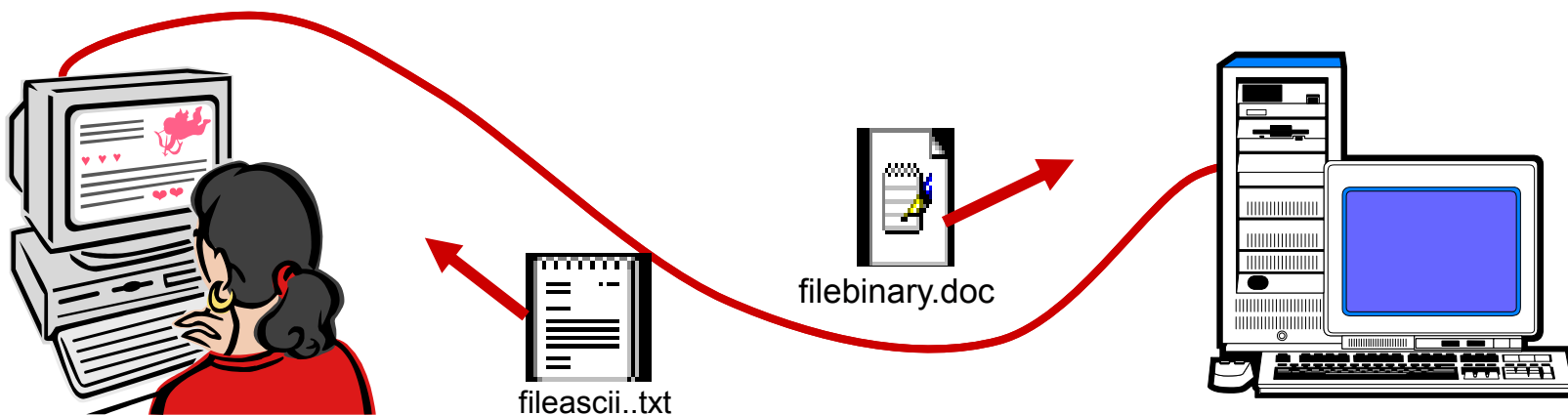
- ◆ Internetske usluge: prijenos govora putem Interneta (VoIP)
 - osnovna obilježja prijenosa govora
 - zahtjevi usluge i izvedbe

- ◆ Ideja: **postavljanje datoteke na udaljeno računalo ili preuzimanje s njega**
- ◆ osnovni zahtjevi:
 - transparentni pristup datotečnom sustavu na udaljenom računalu
 - format datoteka po potrebi treba prilagoditi lokalnom redosljedu okteta i bita
 - transparentni pristup = prilagodba datotečnog sustava
 - pri transferu datoteka mora biti “kopirana” odn. prenesena u cijelosti
 - za transfer se koristi pouzdani transportni protokol, odn. TCP
 - transfer podataka nadzire se i stalno prati njegovo stanje
 - zaštita od neovlaštenog pristupa
 - zaštita pristupa (autentifikacija), korisničko ime i lozinka ili anonimni pristup (javni poslužitelji)
 - zaštita od prisluškivanja ili narušavanja komunikacije
 - šifriranje na sloju aplikacije ili na nižim slojevima (predavanje o sigurnosti, kasnije)
- ◆ dodatni zahtjevi
 - mogućnost interaktivnog rada
 - standardne naredbe, neovisne o lokalnom sustavu

Usluga transfera datoteka - File Transfer Protocol

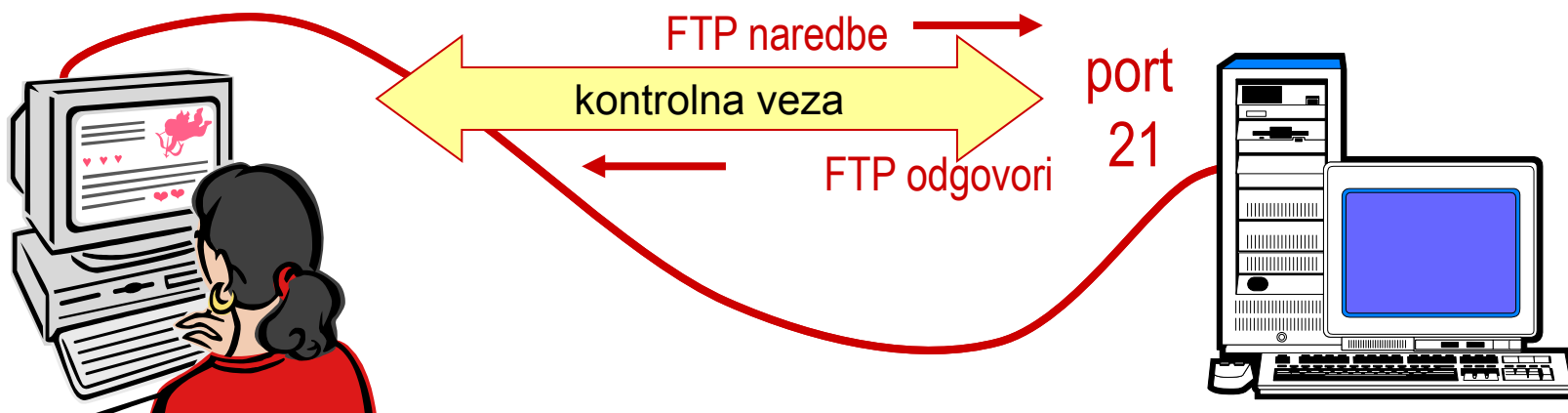


- ◆ File Transfer Protocol (FTP) je standardni internetski protokol
- ◆ osnovna funkcija:
 - kopiranje datoteke s jednog sustava na drugi
- ◆ dodatne funkcije FTP-a:
 - interaktivni pristup (ispis sadržaja direktorija, pomoć)
 - specifikacija formata (binarno, ASCII)
 - autentifikacija klijenta

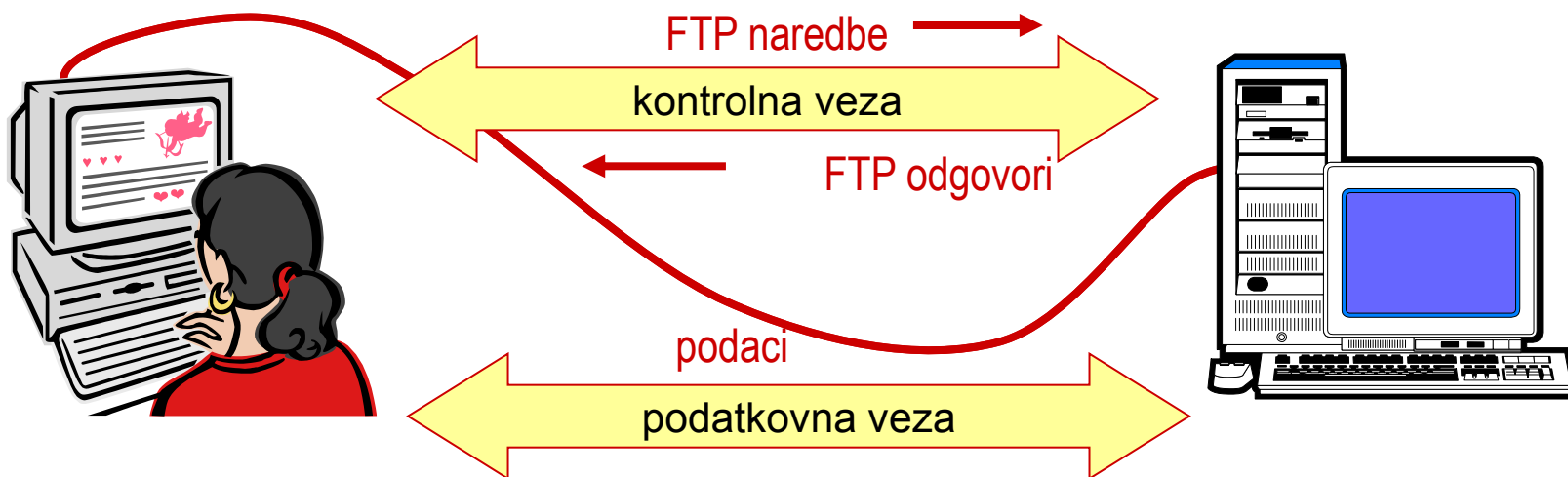


Uspostava veze (1)

- ◆ klijent otvara dvije TCP veze, **kontrolnu** i **podatkovnu**
- ◆ prvo se otvara **kontrolna veza**, za koju klijent kao lokalni port koristi slučajno odabrani port, a pristupa poslužitelju na dobro-poznatim vratima (*port 21*)
 - FTP koristi Telnetov osnovni NVT format za razmjenu podataka preko kontrolne veze
 - kontrolna veza služi za:
 - prijenos korisnikovih naredbi u interaktivnom načinu rada
 - usklađivanje dinamički određenih portova za podatkovnu vezu između klijenta i poslužitelja
 - pokretanje procesa za transfer podataka preko podatkovne veze



- ♦ kontrolni proces zatim po potrebi otvara novu (TCP) **podatkovnu vezu** koja će služiti za transfer podataka
 - klijent koristi lokalno odabrani slobodni port da bi stupio u vezu s procesom za transfer podataka na strani poslužitelja na dobro-poznatim vratima (*port 20*)
 - podatkovna veza služi za transfer podataka



- ◆ Korisnik će tipično učiniti sljedeće radnje:
 - pokrenuti postupak spajanja FTP-om na udaljeno računalo
 - upisati korisničko ime i lozinku
 - odabrati direktorij
 - ispisati sadržaj direktorija, odn. popis datoteka za transfer
 - definirati način transfera (binarno, ASCII)
 - kopirati datoteke s ili na udaljeno računalo
 - po završetku rada, raskinuti vezu s poslužiteljem

- ♦ protokolom su definirane standardne naredbe koje klijent šalje po kontrolnoj vezi
- ♦ obavezne naredbe u izvedbi FTP aplikacije su:

Naredba	Opis
ABOR	Abort previous FTP command and any data transfer
LIST filelist	List files or directories
PASS password	Password on server
PORT n1,n2,n3,n4,n5,n6	Client IP address (n1.n2.n3.n4) and port ($n5 * 256 + n6$)
QUIT	Logoff from server
RETR filename	Retrieve (get) a file
STOR filename	Store (put) a file
SYST	Server returns system type
TYPE type	Specify file type: A for ASCII, I for image
USER username	Username on server

<u>Odgovor</u>	<u>Opis</u>
1yz	Positive preliminary reply. The action is being started, but expect another reply, before sending another command.
2yz	Positive completion reply. A new command can be sent.
3yz	Positive intermediate reply. The command has been accepted but another command must be sent.
4yz	Transient negative completion reply. The requested action did not take place, but the error condition is temporary so the command can be reissued later.
5yz	Permanent negative completion reply. The command was not accepted and should not be retried.
x0z	Syntax errors
x1z	Information
x2z	Connections; Replies referring to the control or data connections.
x3z	Authentication and accounting. Replies for the login or accounting commands.
x4z	Unspecified
x5z	Filesystem status

Primjer uporabe programa ftp (dohvaćanje rfc 114.txt)



```
C:>ftp rfc-editor.org
Connected to rfc-editor.org.
220 "FTP Server Ready"
User (rfc-editor.org:(none)): anonymous
331 Please specify the password.
Password:
230 Login successful.
ftp> dir
200 PORT command successful. Consider using PASV.
150 Here comes the directory listing.
drwxrwxr-x   15 6000      1000      229376 Dec 13 07:45 in-notes
drwxrwxr-x    2 6000      1000      4096 Jan 18 2013 legal
226 Directory send OK.
ftp: 129 bytes received in 0,01Seconds 12,90Kbytes/sec.
ftp> cd in-notes
250 Directory successfully changed.
ftp> get rfc114.txt
200 PORT command successful. Consider using PASV.
150 Opening ASCII mode data connection for rfc114.txt (38981 bytes).
226 Transfer complete.
ftp: 39936 bytes received in 0,51Seconds 78,31Kbytes/sec.
ftp> quit
221 Goodbye.
```



primjer:
ftp-wireshark.pcapng

Sadržaj predavanja

- ◆ Internetske usluge: rad na udaljenom računalu
 - zahtjevi usluge
 - aplikacijski protokol (Telnet)

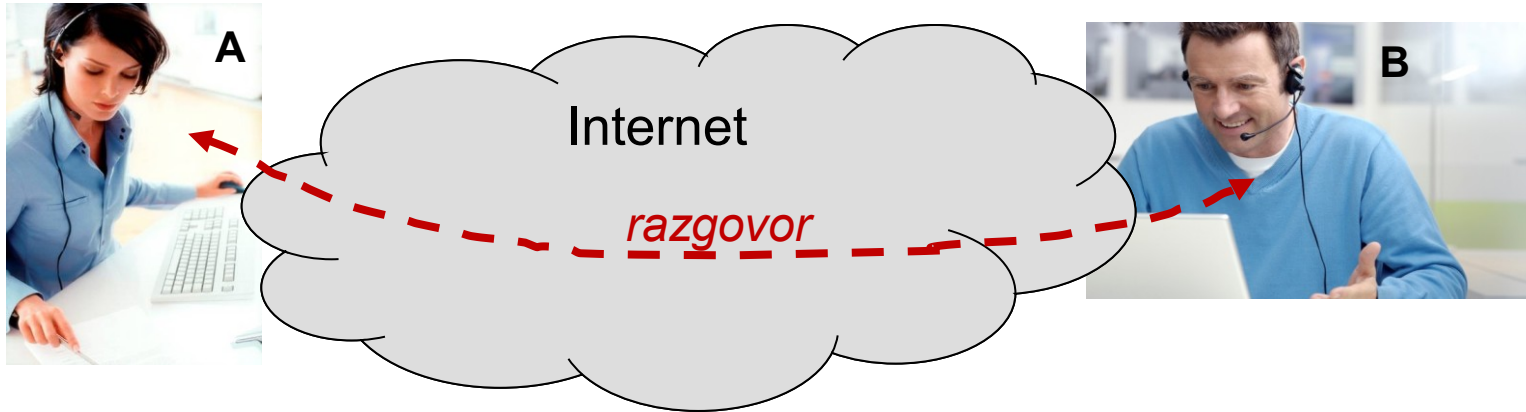
- ◆ Internetske usluge: transfer datoteka
 - zahtjevi usluge
 - aplikacijski protokol (FTP)

- ◆ **Internetske usluge: prijenos govora putem Interneta (VoIP)**
 - osnovna obilježja prijenosa govora
 - zahtjevi usluge i izvedbe

Prijenos govora putem Interneta (VoIP)

- ◆ VoIP, internetska telefonija, IP telefonija, itd.
- ◆ **VoIP** (*Voice over Internet Protocol*)
 - generički naziv za svaku govornu komunikaciju putem protokola IP umjesto tehnologije s komutacijom kanala (kakvu nudi, npr., javna telefonska mreža, PSTN)
- ◆ **internetska telefonija**
 - usluga krajnjim korisnicima, tj., posebna vrsta VoIP-a u kojem se poziv ostvaruje kroz javnu infrastrukturu Interneta, uz (djelomično ili potpuno) "zaobilaženje" PSTN-a
 - može se odvijati:
 - a) između računala međusobno (računalo - računalo) ← fokus u ovom predavanju
 - b) između računala i (IP) telefona
 - c) između (IP) telefona međusobno
 - u konfiguracijama u kojima su uključene raznovrsne mreže (slučajevi b) i c)), nužna je pretvorba formata podatkovnih i kontrolnih poruka (prilaz, odn. *gateway*)

Osobno računalo - osobno računalo



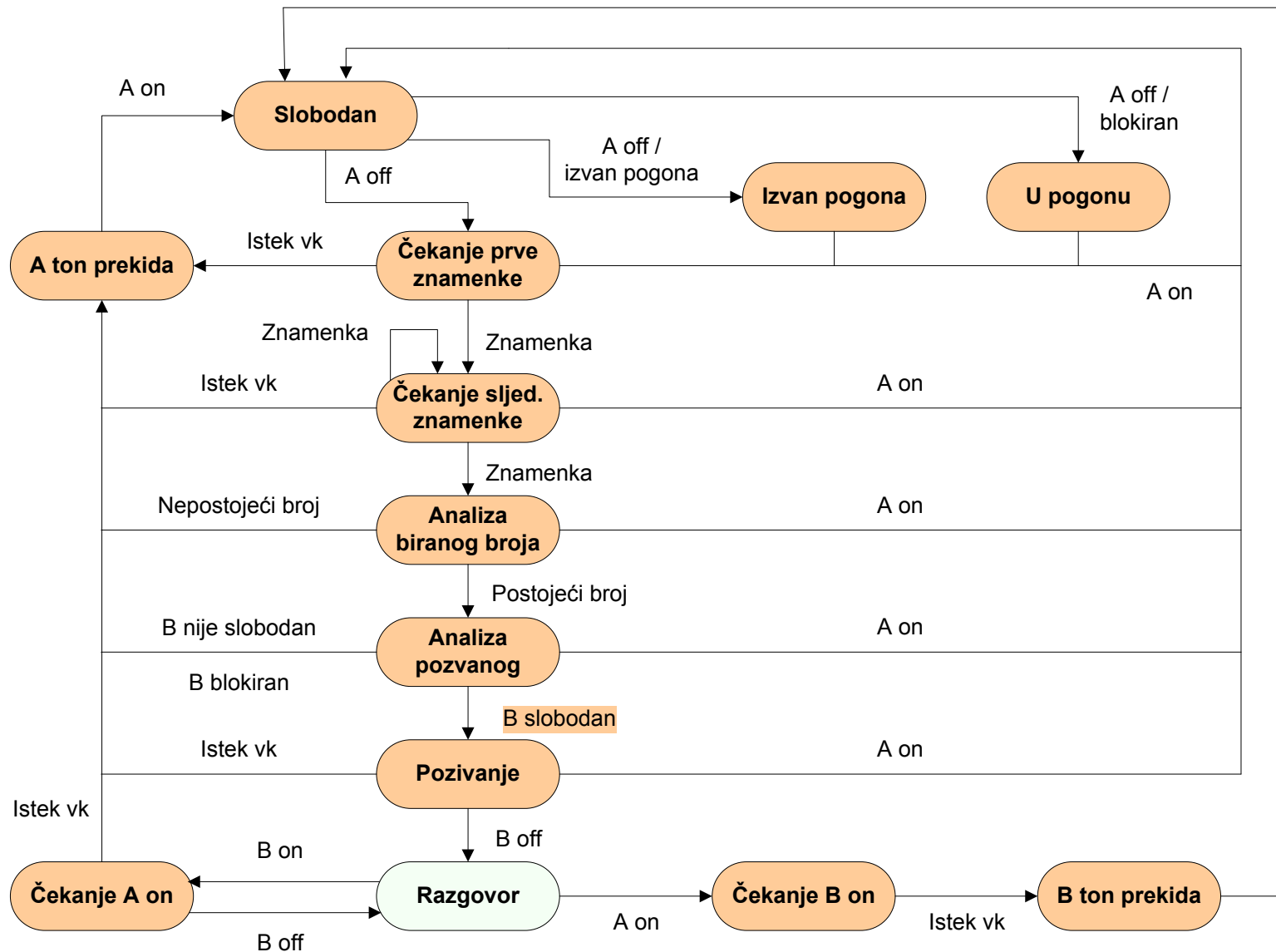
- ◆ zahtjevi:
 - osobno računalo sa zvučnom karticom i mikrofonom
 - oba korisnika moraju istovremeno biti spojena na Internet
- ◆ klijenti:
 - programska podrška (Skype, Netmeeting, Ekiga,...)
 - s kamerom moguć i videopoziv
- ◆ troškovi za korisnika:
 - A i B: trošak pristupa internetu i trošak programske podrške (obično zanemariv)

Zahtjevi usluge prijenosa govora putem Interneta

- ◆ Ideja: **omogućavanje govorne konverzacije putem Interneta**
- ◆ osnovni zahtjevi:
 - ostvarivanje poziva (“sjednice”)
 - rukovanje govorom u digitalnom obliku
 - analogno-digitalna pretvorba i kodiranje
 - komunikacija putem mreže:
 - informacija u obliku podatkovne jedinice, sukladno komunikacijskom protokolu
 - niz podatkovnih jedinica naziva se *struja podataka* (engl. *data stream*)
 - prikrivanje utjecaja gubitaka, kašnjenja i kolebanja kašnjenja
- ◆ dodatni zahtjevi:
 - ostvarivanje govornih usluga (analogno uslugama u telefonskoj mreži)

"Klasična" telefonija – osnovni poziv

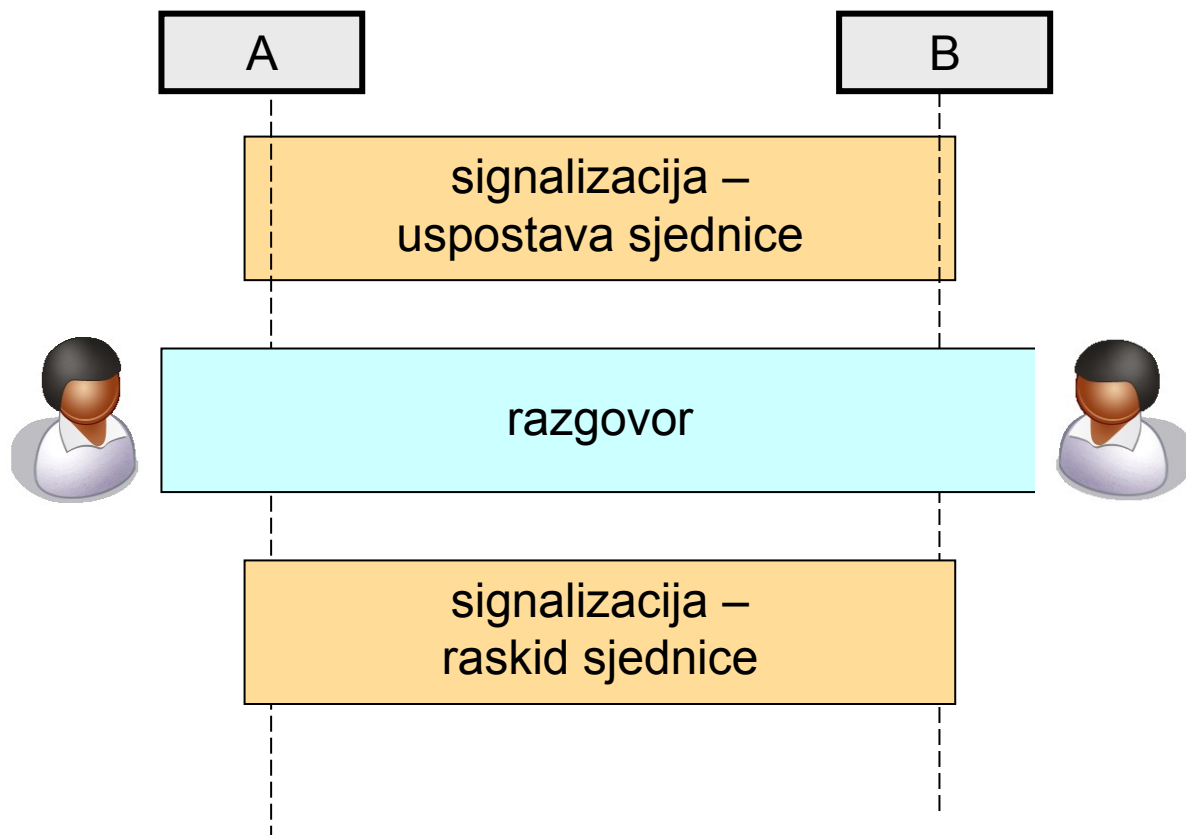
- Model telefonskog poziva u "klasičnoj" telefonskoj mreži - kako je izveden u Internetu?



Internetska telefonija – model sjednice

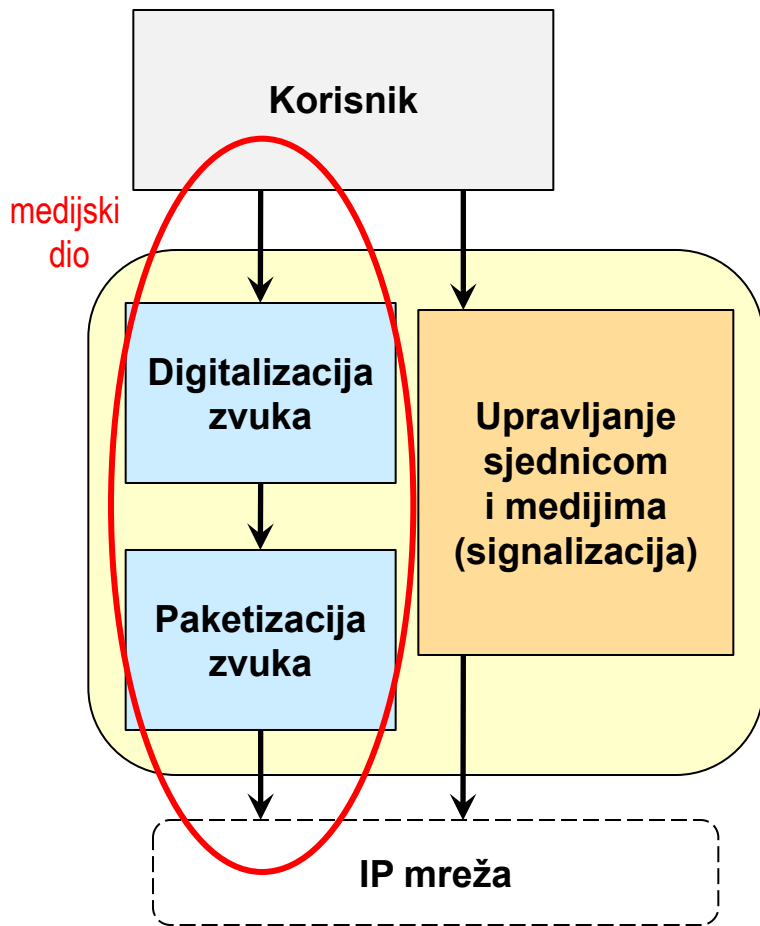
♦ sjednica

- pojam koji obuhvaća grupu pošiljatelja i primatelja (više)medijskog sadržaja te podatkovne tokove između njih
- analogan pojmu **poziva** u “tradicionalnim” mrežama zasnovanima na komutaciji kanala



Tehnička izvedba krajnje točke u VoIP komunikaciji (1/2)

- ◆ Pojednostavljeni prikaz – medijski i signalizacijski dio



Korisnik priča u mikrofonski "klasični" ili IP telefon, odnosno mikrofonski spojen na osobno računalo

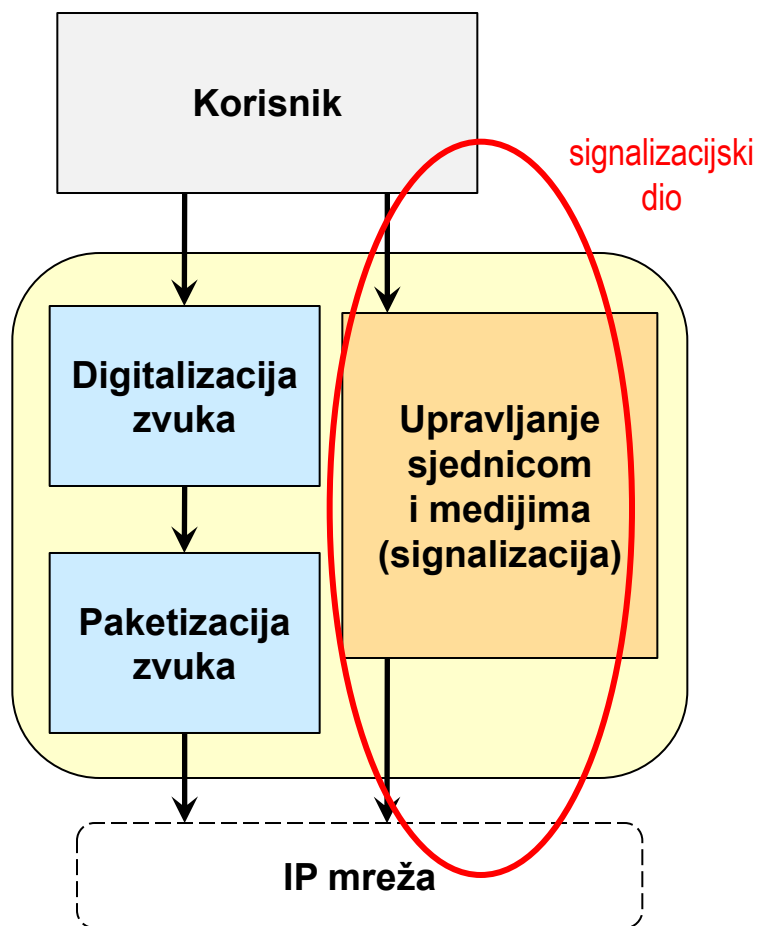
Uređaj digitalizira zvuk korištenjem određenog kodeka (PCM, odnosno ITU-T G.711; ITU-T G.723.1; verzija koder CELP u preporuci ITU-T G.729; itd.)

Digitalni zvuk se pakira u odgovarajuće protokodne jedinice (pakete) te prenosi infrastrukturom zasnovanom na protokolu IP

IP mreža prenosi datagrame koji u sebi nose govor po istim načelima kao i sav drugi promet ("best-effort" usluga)

Tehnička izvedba krajnje točke u VoIP komunikaciji (2/2)

- ◆ Pojednostavljeni prikaz – medijski i signalizacijski dio



Da bi se ostvarila komunikacija, prvo se moraju se razmijeniti upravljačke informacije o pozivu, odnosno sjednici, što obavlja protokol SIP.

Session Initiation Protocol (SIP)

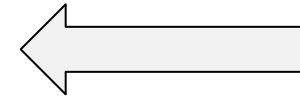
- signalizacijski internetski protokol
- uspostavlja i raskida poziv (sjednicu)
- upravlja uslugama vezanima uz poziv (sjednicu)
- omogućuje razmjenu informacija o adresama, medijima, kodecima, i dr.

SIP kao format za opis sjednice koristi **Session Description Protocol (SDP)**.

Standardizacija protokola za VoIP – signalizacijski dio

Dvije skupine rješenja:

◆ **Arhitektura za VoIP zasnovana na protokolu SIP**



danas
prevladava

- specifikacije IETF-a
- zasnovana na internetskoj arhitekturi i protokolima
- signalizacijski protokol SIP, razni kodeci (i iz “telekom svijeta”)

◆ **Arhitektura za VoIP zasnovana na preporuci ITU-T H.323**

- specifikacije ITU-T-a
- zasnovana na skupini specifikacija ITU-T, kodeci i signalizacijski protokoli pripadaju “klasičnom” telekomunikacijskom svijetu

Medijski dio - digitalni govor u komunikacijskom sustavu

(slika ilustrira jedan smjer komunikacije, od A do B, ali isto vrijedi i u suprotnom smjeru!)

korisnik A

mikrofon

krajnji uređaj korisnika A

pojačalo

filtar

A/D
pretvorba

obrada unutar protokolnog
složaja i slanje na mrežu

kodek

paketizacija

transmisija
mrežom

(izloženost greškama,
gubicima, kašnjenju)

korisnik B

zvučnik

krajnji uređaj korisnika B

kodek

paketizacija

* **kodek** (engl. codec), **co**der + **de**coder = uređaj koji kodira i dekodira, odn. komprimira i dekomprimira medij (npr., audio, video)

Kodeci (općenito) - kriteriji usporedbe

- ◆ brzina, izlaz, *bitrate* (bit/s)
- ◆ **kvaliteta**
 - objektivna mjerila
 - subjektivna mjerila (često važnija od objektivnih!)
- ◆ kašnjenje
 - algoritamsko kašnjenje u koderu na izvoru - koliko traje kodiranje
 - kod dekodiranja - koliko traje dekodiranje?
 - sinkronizacija s ostalim medijima u višemedijskoj aplikaciji
- ◆ otpornost na gubitke
 - posebno važno za prijenos preko mreže
- ◆ primjena na ostale zvukove koji nisu govor, npr. fax i modemske signale, te glazbu
- ◆ složenost (sklopovska/programska)
- ◆ cijena izvedbe

Subjektivna i objektivna mjerila kvalitete govora

◆ Subjektivne metode

- temelje se na ispitivanju s korisnicima
- Opća ocjena kvalitete – mišljenje korisnika
 - Mean Opinion Score (**MOS**)
 - Degradation MOS (DMOS)
- Ocjena razumljivosti govora

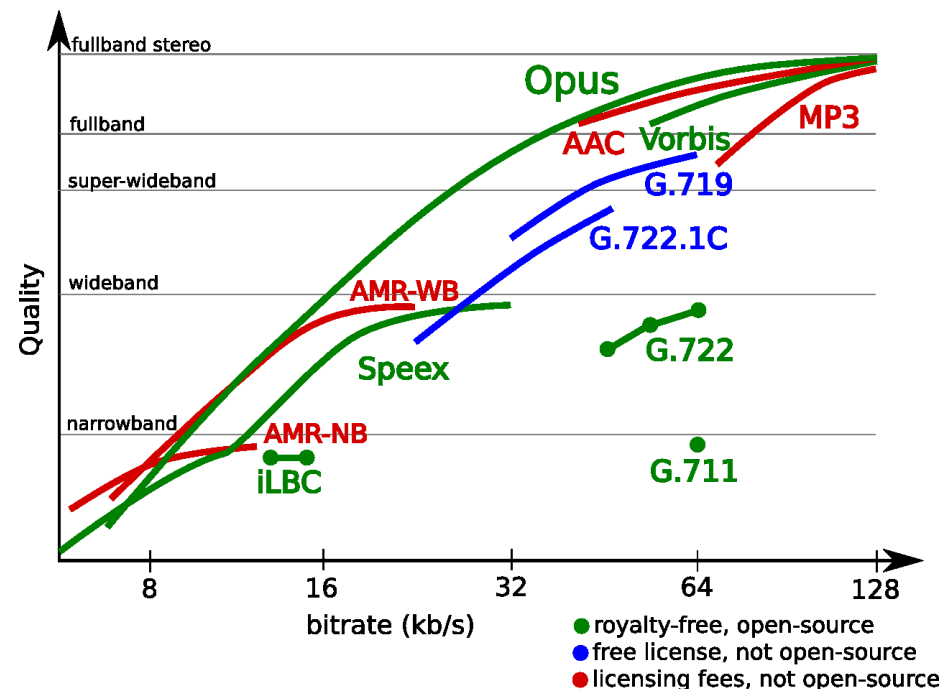
Ocjena	MOS	DMOS	Procjena napora razumijevanja
5	izvrsno	nečujno pogoršanje	bez napora
4	dobro (toll quality)	čujno pogoršanje, ali ne smeta	bez posebnog napora
3	prihvatljivo	primjetno pogoršanje, malo smeta	osrednji napor
2	slabo	podnošljivo, ali smeta	priličan napor
1	loše	izraženo pogoršanje, jako smeta	neprepoznatljivo bez izrazitog napora

◆ Objektivne metode

- “klasične” metode, izobličenje signala i SNR, nisu dobra mjerila za ljudsku percepciju rekonstruiranog signala
- novije objektivne metode temelje se na poznavanju ljudskog slušnog sustava – računaju izobličenje zvučnog signala s percepcijskim težinskim faktorima, i na temelju toga daju procjenu MOS-a

Nekoliko primjera koda govora

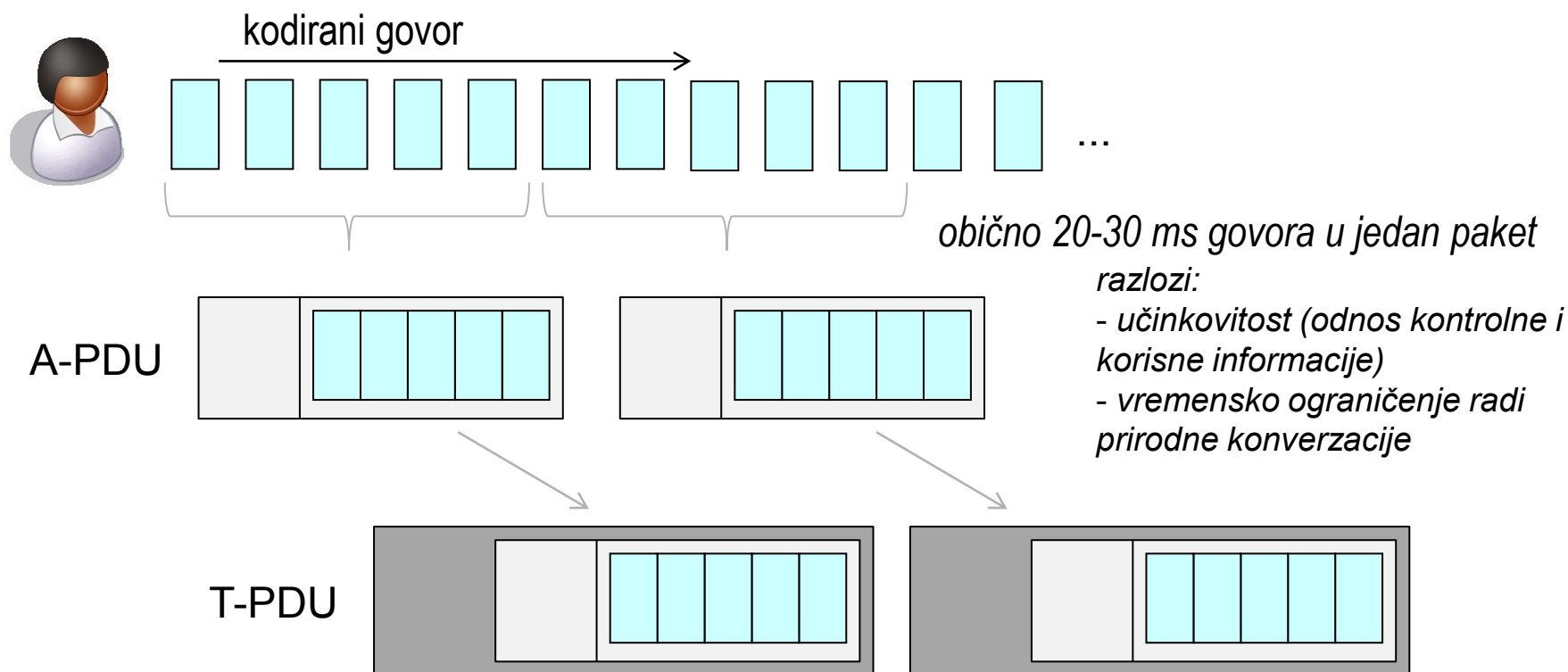
- ◆ postoje brojni otvoreni i vlasnički standardi
- ◆ različita svojstva i namjene
- ◆ primjeri koda govora:
 - **G.711 PCM**: brzina 64 kbit/s, MOS 4,5, primjena u klasičnoj telefoniji
 - **G.729**: brzina 8 kbit/s, MOS 4, primjena u VoIP aplikacijama
 - **GSM**: brzina 13 kbit/s, MOS 3.5, primjena u mobilnoj telefoniji 2. generacije (GSM)
 - GSM Enhanced Full Rate (EFR) brzina 12,2 kbit/s, MOS 4
 - GSM Half Rate (HR) brzina 5.6 kbit/s, MOS 3,5
 - **Adaptive Multirate (AMR)**: brzine od 4,75 kbit/s do 12,2 kbit/s, MOS 3,97-4,14 (@12.2kbit/s)
 - **Opus**: brzina od 6 kbit/s (za govor) do 510 kbit/s (za visoko-kvalitetni zvuk) (RFC 6716) – “nasljednik” kodeka SILK (Skype)
- ◆ **koderi za glazbu** – drugi zahtjevi (MP3, AAC, ...)



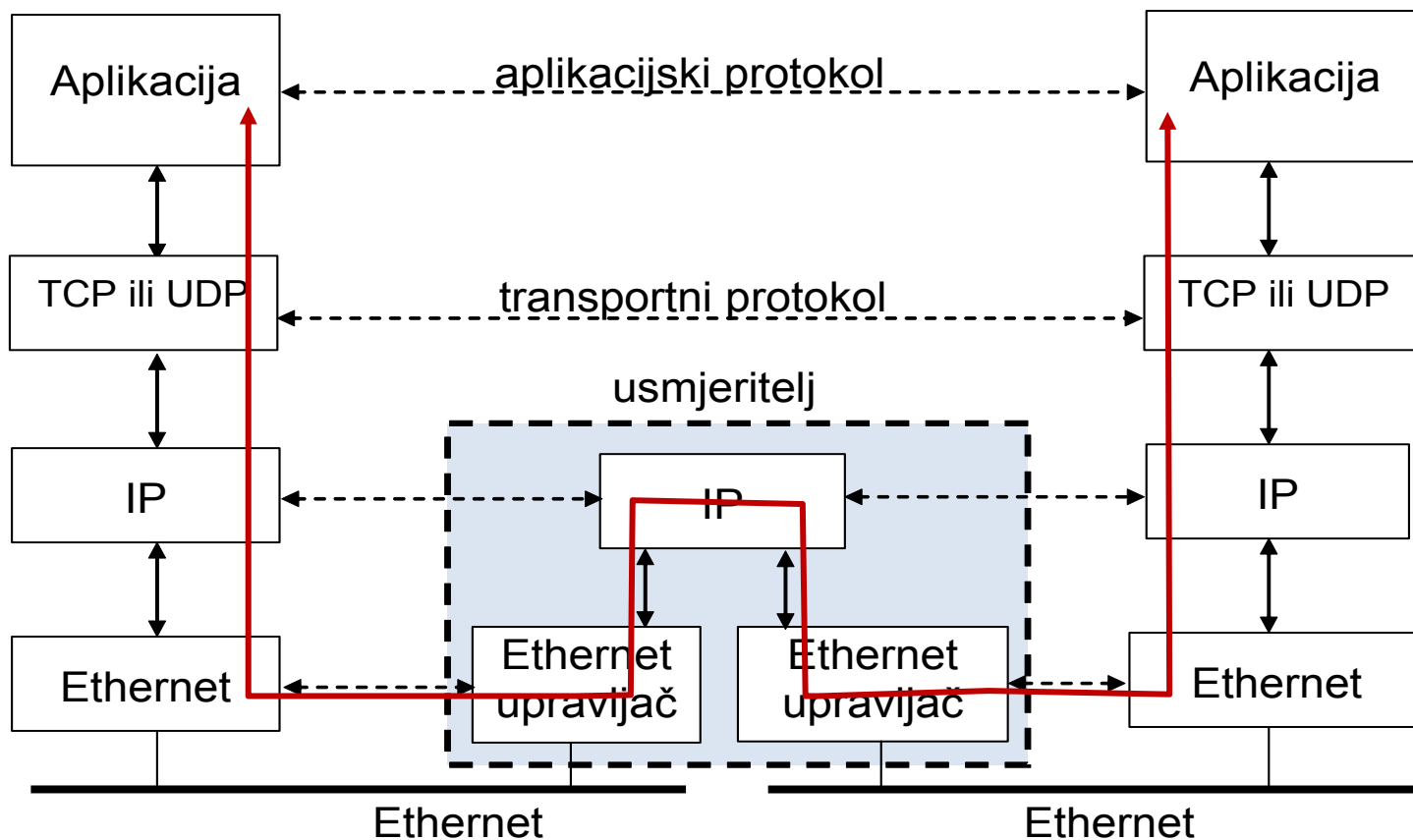
Izvor: Quality vs bitrate
<http://opus-codec.org/comparison/>

Paketizacija govora

- ♦ kodiranje i “pakiranje” govora u podatkovnu jedinicu aplikacijskog sloja (A-PDU) odvija se unutar aplikacije na strani pošiljatelja, te potom prolazi kroz uobičajeno ovijanje u protokolnom složaju
- ♦ podsjetimo se: izbor transportnog protokola (TCP ili UDP) utječe na svojstva prijenosa

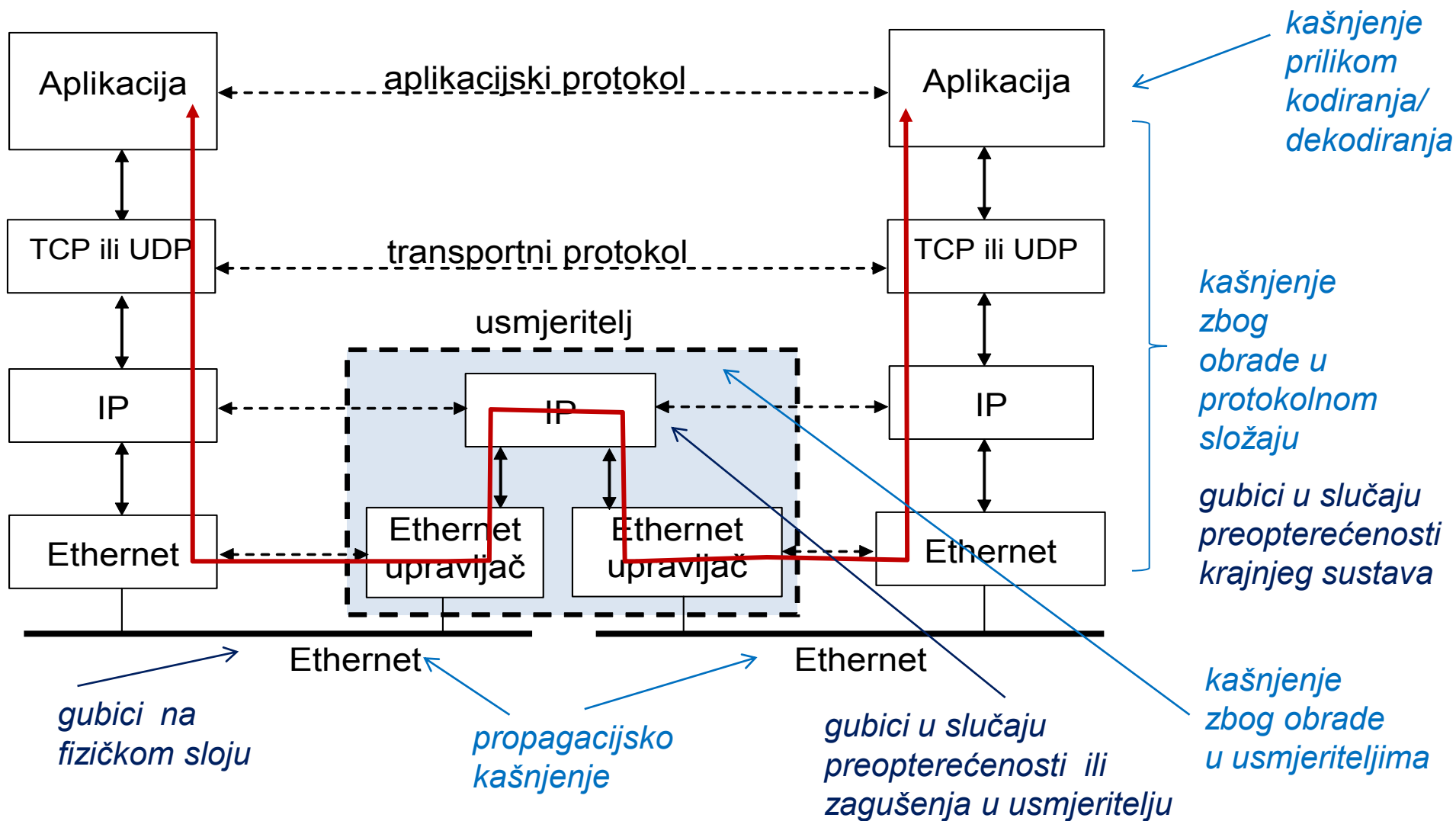


Obrada unutar protokolnog složaja i slanje u mrežu (1/2)

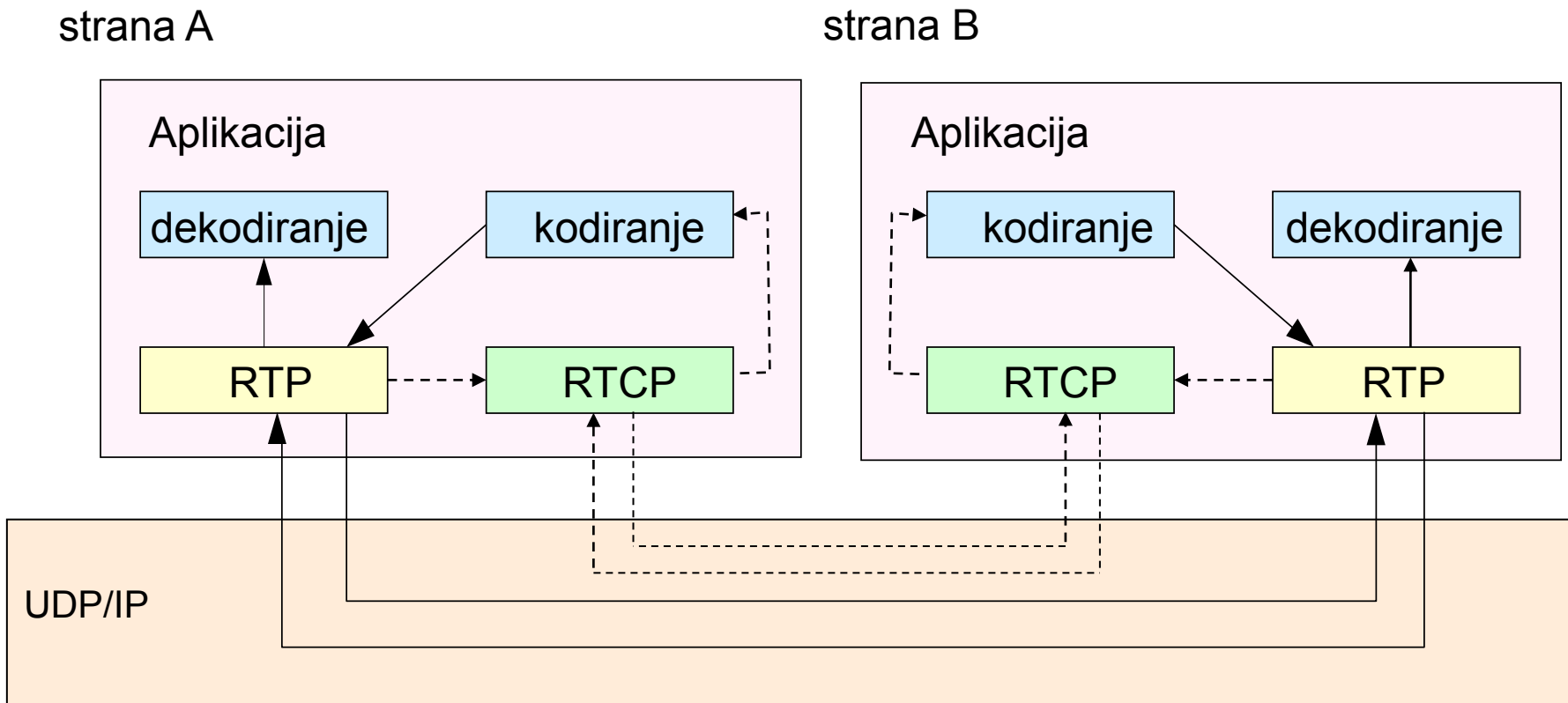


Pitanje – koji su sve izvori kašnjenja i gubitaka prilikom obrade i prijenosa podataka?

Obrada unutar protokolnog složaja i slanje u mrežu (2/2)



Paketizacija govora - primjer s primjenom protokola RTP



Oznake:

_____ podaci

----- kontrola

RTP – Real Time Transport Protocol

RTCP – RTP Control Protocol

Kvaliteta usluge za VoIP

◆ zahtjevi:

- visoka kvaliteta prenesenog govora
- mala širina pojasa (izlazna brzina kodeka)
- poništavanje odjeka
- što manje kompozitno kašnjenje:
 - kašnjenje zbog obrade signala
 - kašnjenje zbog prijenosa mrežom
- što manja varijacija kašnjenja (engl. *jitter*)
- primjena različitih audio (manje zahtjevnih) kodeka
- tehnike definiranja prioriteta usluga u realnom vremenu nad ostalim uslugama (ako je podržano u mreži)

Prijenos govora putem IP-mreže

- ◆ Internetski protokol (IP) pruža uslugu *best-effort*
 - Pokušava prenijeti datagram između izvorišta i odredišta *što je brže moguće*
 - Nema garancije u pogledu iznosa kašnjenja pojedinog datagrama između krajnjih točaka
 - Nema ograničenja na iznos kolebanja kašnjenja
 - Nema garancije isporuke paketa (moguć gubitak datagrama)
- ◆ Višemedijske usluge – pa i prijenos govora - osjetljive su na kašnjenje, kolebanje kašnjenja i gubitke paketa – postoje razna rješenja za prikrivanje učinaka ili sprječavanje tih pojava:
 - Primjena kodeka otpornih na gubitke
 - Primjena mehanizama prilagodbe unutar aplikacije za govornu komunikaciju
 - Primjena različitih mehanizama za očuvanje kvalitete usluga u mreži

Ograničenja internetske mreže: širina pojasa

- ◆ Širina pojasa na raspolaganju je općenito nepoznata i mijenja se u vremenu
 - Ako pošiljatelj podatke šalje brzinom većom od dostupne širine pojasa, može doći do zagušenja u mreži, gubitaka paketa i smanjenja kvalitete
 - Ako pošiljatelj podatke šalje brzinom manjom od dostupne širine pojasa, može doći do reprodukcije podoptimalne kvalitete sadržaja
- ◆ Prilagodljivost na razini aplikacije primatelja i pošiljatelja
 - Brzina prijenosa se prilagođava dostupnoj širini pojasa

Ograničenja usluge best-effort: gubitak paketa

- ◆ Gubitak paketa:
 - paket nije stigao na odredište
 - paket je stigao na odredište nakon planiranog vremena reprodukcije
- ◆ Nije praktično raditi retransmisiju izgubljenih paketa (niti koristiti transportni protokol koji to radi)
 - zašto? - retransmisija povećava kašnjenje, a kontrola zagušenja TCP-a smanjuje brzinu slanja segmenata – potencijalni problem!
 - većina višemedijskih usluga oslanja se na protokol UDP
- ◆ Utjecaj gubitaka na kvalitetu s motrišta korisnika
 - lošija kvaliteta: isprekidanost govora, izobličenje govora, nerazumljivost, šum,...
 - gubitak paketa između 1% i 5% može se tolerirati – ovisnost o vrsti kodiranja
 - Koriste se različiti pristupi koji prikrivaju gubitke na strani primatelja
 - u slučajevima zagušenja i velikog iznosa gubitaka (> 20%) ne može se postići zadovoljavajuća kvaliteta

Mehanizmi ublažavanja utjecaja gubitaka

- ◆ na strani pošiljatelja – primjena posebno konstruiranih kodeka, otpornih na gubitke
 - ◆ Ispravljanje pogrešaka unaprijed (*Forward error correction*, FEC)
 - ◆ Zajedno s izvornom informacijom šalje se i redundantna
 - ◆ Iz redundantne informacije može se dobiti (barem) jedan dio izgubljenih podataka
 - ◆ Ispreplitanje (engl. *interleaving*)
 - ◆ Ispreplitanje jedinica podataka prije slanja
- ◆ na strani primatelja – prikrivanje gubitaka
 - ◆ razni načini, npr. interpolacija, udvostručenje...



Proširenje ostalih okvira umjesto nedostajućeg okvira



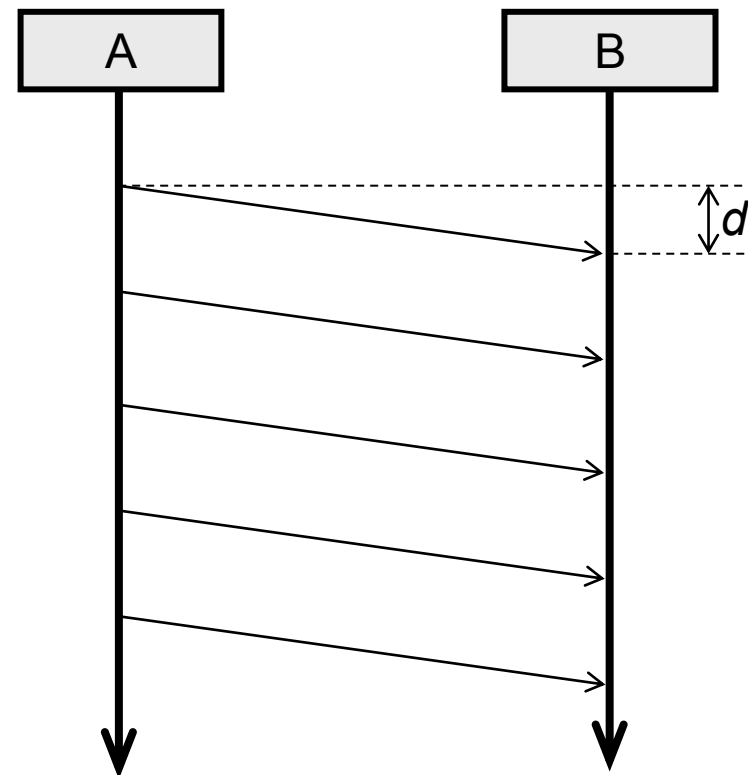
Udvostručenje prethodnog okvira umjesto nedostajućeg okvira



Preskakanje nedostajućeg okvira (bez intervencije)

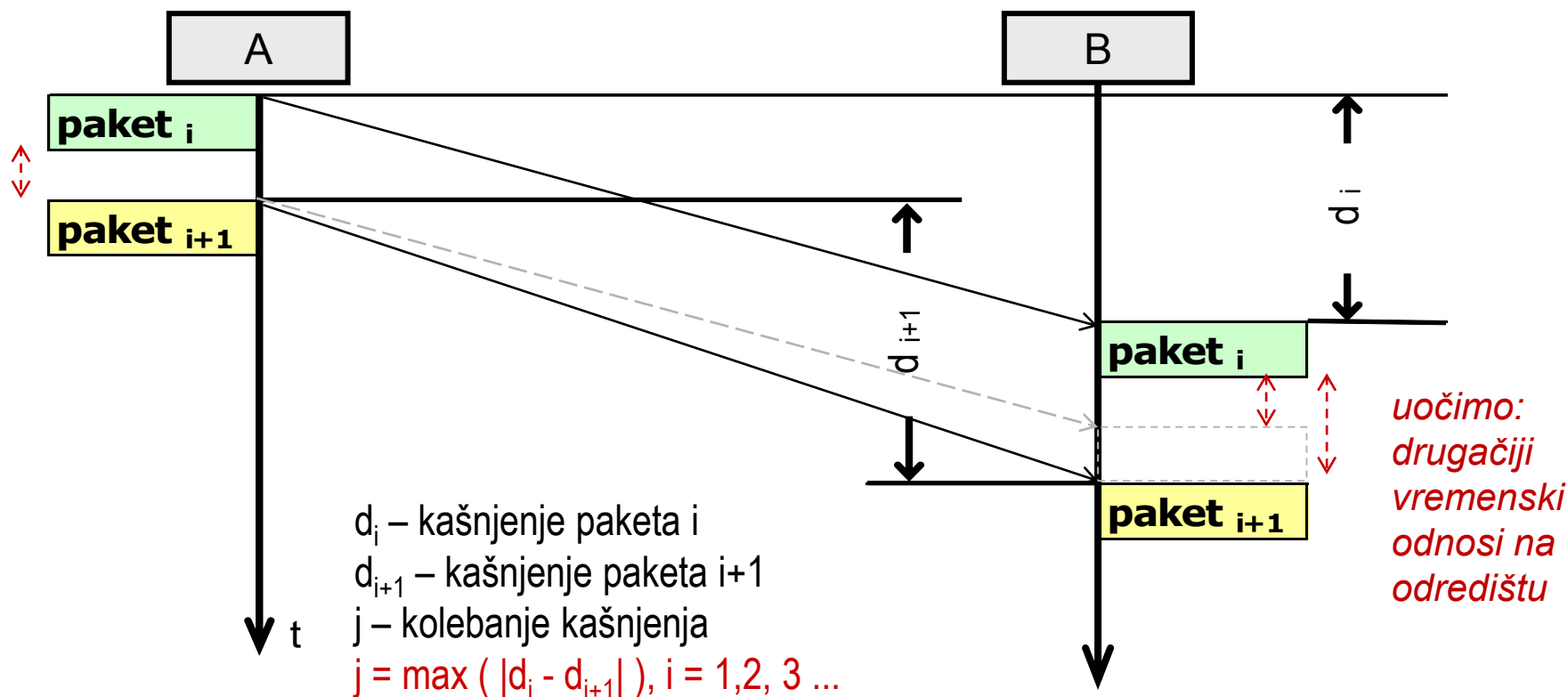
Ograničenja usluge *best-effort*: kašnjenje paketa

- ◆ Kašnjenje paketa (*d*) s kraja na kraj =
 - transmisijska kašnjenja +
 - propagacijska kašnjenja na poveznicama +
 - kašnjenja u prijenosu, obradi i pohrani (*repovi*) datagrama u usmjeriteljima +
 - kašnjenja u obradi na krajnjim čvorovima
- ◆ Primjer 1: audio strujanje visoke kvalitete
 - Kašnjenja < 10 s prihvatljiva
- ◆ Primjer 2: konverzacijska govorna usluga
 - ljudi primjećuju ukupno kašnjenje veće od 250 ms (zbrojeno u oba smjera, tamo i natrag) – narušena kvaliteta
 - max. ukupno kašnjenje u jednom smjeru 150 ms (ITU-T G.114) – u praksi, udio mrežnog kašnjenja treba biti bitno manji, 50-60 ms



Ograničenja usluge *best-effort*: kolebanje kašnjenja

- ◆ Kolebanje kašnjenja posljedica je nejednakog iznosa kašnjenja s kraja na kraj za pojedine pakete (datagrame)
 - posljedica – pogoršanje kvalitete, preporučeni iznos: što manje, to bolje! (u praksi, za VoIP poželjno ne više od nekoliko milisekundi)



Mehanizmi ublažavanja utjecaja kolebanja kašnjenja

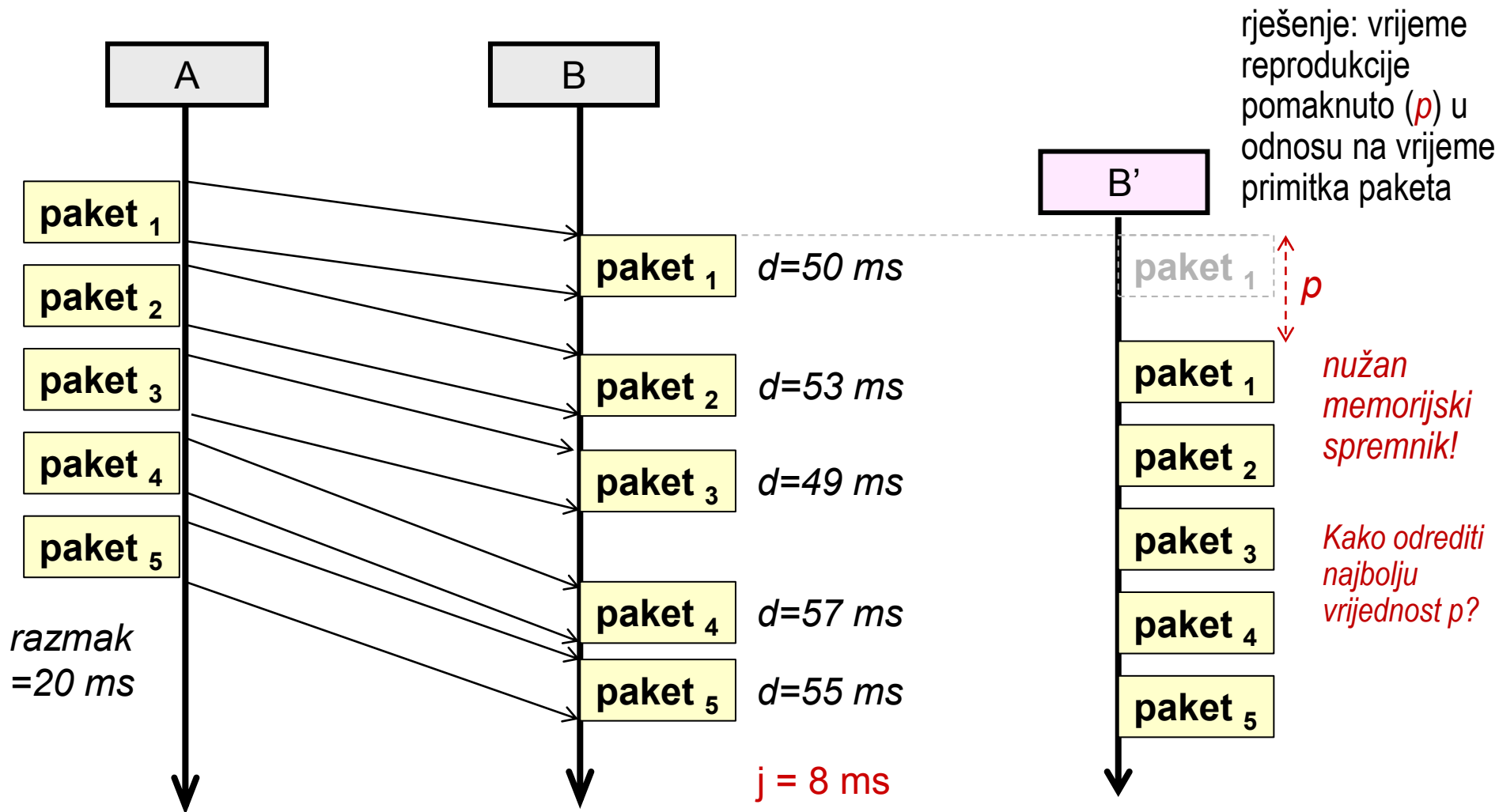
- ◆ Primatelj treba pokušati usklađeno reproducirati dijelove medija usprkos slučajnom iznosu kolebanja kašnjenja
- ◆ Kolebanje se uklanja kombinacijom 3 mehanizma:
 - slijedni broj
 - vremenska oznaka
 - reproduksijsko kašnjenje (engl. *playout delay*)
- ◆ Slijedni broj se dodjeljuje svakom paketu
 - Pošiljalac povećava slijedni broj za svaki paket koji pošalje
- ◆ Vremenska oznaka se dodjeljuje svakom paketu
 - Vrijednost oznake ovisi o vremenu generiranja samog paketa

Reprodukcijsko kašnjenje

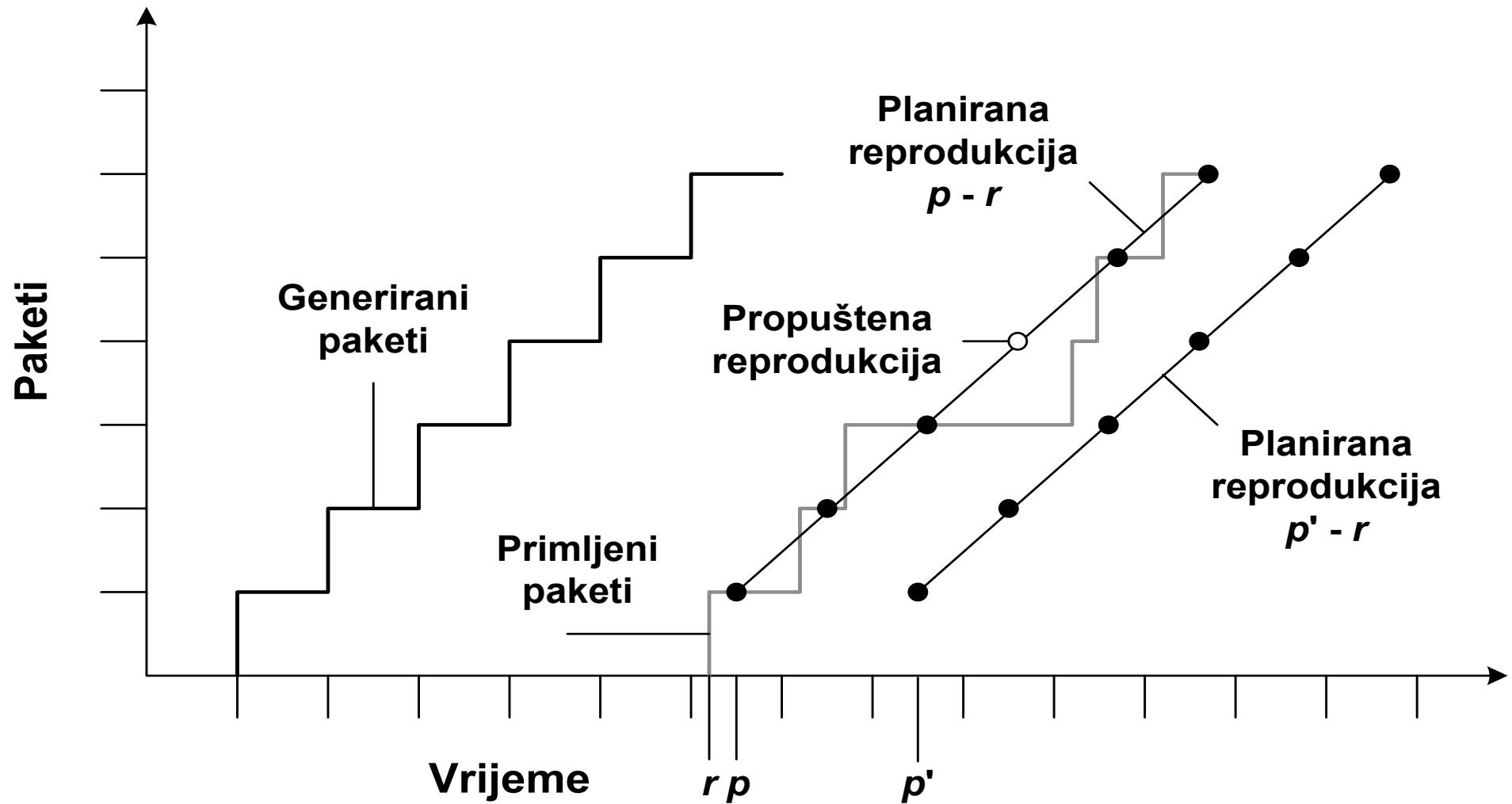
- ◆ Kašnjenje namjerno uvedeno da bi se ublažio utjecaj kolebanja kašnjenja
 - Mora biti dovoljno veliko da većina paketa stigne na odredište prije njihovog planiranog vremena reprodukcije
 - Paketi se pohranjuju u reprodukcijski spremnik (engl. *playout buffer*), a reprodukcija njihovog sadržaja se odgađa za iznos reprodukcijskog kašnjenja
- ◆ Reprodukcijsko kašnjenje može biti:
 - fiksno (kroz cijelo trajanje usluge, engl. *fixed playout delay*)
 - prilagodljivo (engl. *adaptive playout delay*)
- ◆ Paketi koji dođu nakon planiranog vremena reprodukcije se smatraju izgubljenima
 - Tada se mogu primjeniti mehanizmi za prikrivanje gubitaka

Mehanizmi ublažavanja utjecaja kolebanja kašnjenja

◆ Primjer:



Primjer – ilustracija (fiksno) reproduksijskog kašnjenja



Prednosti i nedostatci VoIP-a

- ◆ Prednosti iz perspektive krajnjeg korisnika
 - smanjenje troškova
 - jednostavnije korištenje drugih vidova komunikacije (npr., video) / drugih aplikacija (konferencijski poziv, dijeljenje podataka)
 - gotovo neograničena dostupnost usluge (uvjetno jednaka širokoj rasprostranjenosti pristupa Internetu)
- ◆ Prednosti iz perspektive VoIP operatora/pružatelja usluge
 - smanjenje ukupnih troškova za nove operatore (za postojeće, ovisno o instaliranoj infrastrukturi)
 - jednostavnija instalacija i održavanje opreme/infrastrukture
 - jednostavnije dodavanje/uvođenje novih usluga
- ◆ Nedostaci:
 - kvaliteta usluge – problemi uvjetovani *best-effort* načinom rada
 - raspoloživost usluge - ovisi o pouzdanosti mreže (ispad internetske usluge – VoIP neraspoloživ), još uvijek manja od PSTN 99,999% (izvan funkcije 5 min godišnje); dobar ISP 99,9% (8,8 h godišnje)!
 - (ne)mogućnost poziva prema hitnim službama (112)
 - uzajamna nekompatibilnost VoIP sustava – nema jedinstvenog standarda
 - potreba stalnog napajanja uređaja
 - teže ostvariva sigurnost u odnosu na PSTN