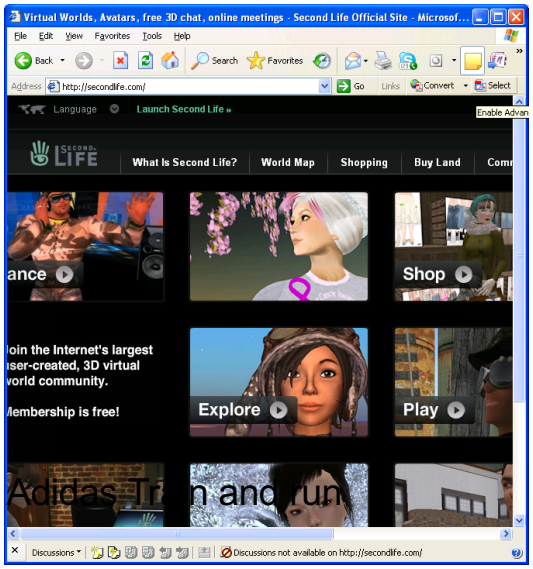
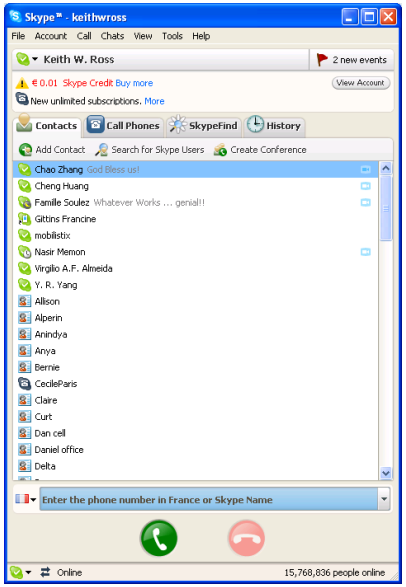

Dropbox


TikTok


Pinterest

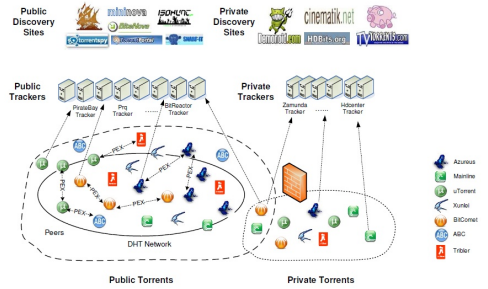

Virtual Worlds, Avatars, free 3D chat, online meetings - Second Life Official Site - Microsof...
Launch Second Life »
What Is Second Life?
World Map
Shopping
Buy Land
Shop
Explore
Play
Discussions not available on http://secondlife.com/

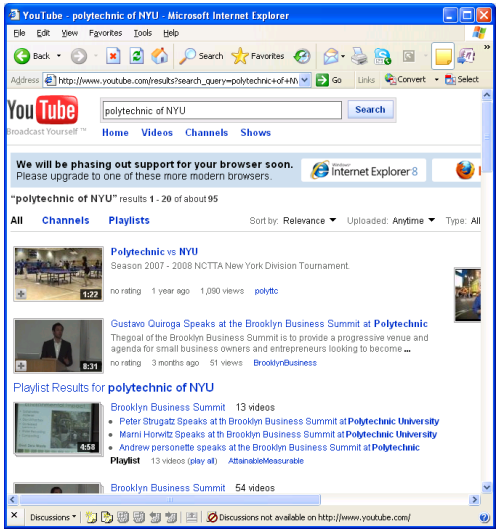

Skype™ - keithwross
Keith W. Ross
Contacts
Call Phones
SkypeFind
History
Enter the phone number in France or Skype Name
Online
15,768,836 people online


Facebook | Keith Ross - Microsoft Internet Explorer
facebook
Keith Ross
Wall
Info
Photos
Boxes
Video
Discussions not available on http://www.facebook.com/


Viber


iTunes


Public Discovery Sites
Private Discovery Sites
Public Trackers
Private Trackers
Peers
DHT Network
Public Torrents
Private Torrents

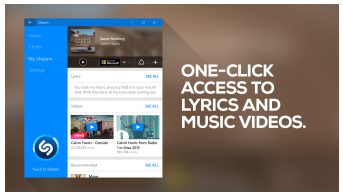

YouTube - polytechnic of NYU - Microsoft Internet Explorer
YouTube
polytechnic of NYU
Search
Home
Videos
Channels
Shows
We will be phasing out support for your browser soon.
Please upgrade to one of these more modern browsers.
"polytechnic of NYU" results 1 - 20 of about 95
All
Channels
Playlists
Polytechnic vs NYU
Gustavo Quiroga Speaks at the Brooklyn Business Summit at Polytechnic
Playlist Results for polytechnic of NYU
Brooklyn Business Summit 13 videos
Brooklyn Business Summit 54 videos
Discussions not available on http://www.youtube.com/


skyscanner

duolingo


Booking


WhatsApp
WhatsApp Messenger
WhatsApp Inc.
PEGI 3
OPEN


ONE-CLICK ACCESS TO LYRICS AND MUSIC VIDEOS.


NetDrive
Drives
Options
Add Drive
Delete Drive
My Dropbox (N:)
Google Drive (L:)
SkyDrive (M:)

Nivo aplikacije

- Principi protokola nivoa aplikacije
- Web i HTTP
- FTP
- Elektronska pošta na Internetu (SMTP, POP3, IMAP)
- DNS
- P2P
- Video *streaming* i CDN

Primjeri mrežnih aplikacija

- E-mail
- Web
- *Instant messaging*
- *Remote login*
- *P2P file sharing*
- *Multi-user* mrežne igre
- *Streaming stored* video klipovi (Netflix, Hulu, YouTube,...)
- Internet telefon
- *Real-time* video konferencija
- *Grid computing*
- Društvene mreže
- *Cloud computing*
- *Fog computing*

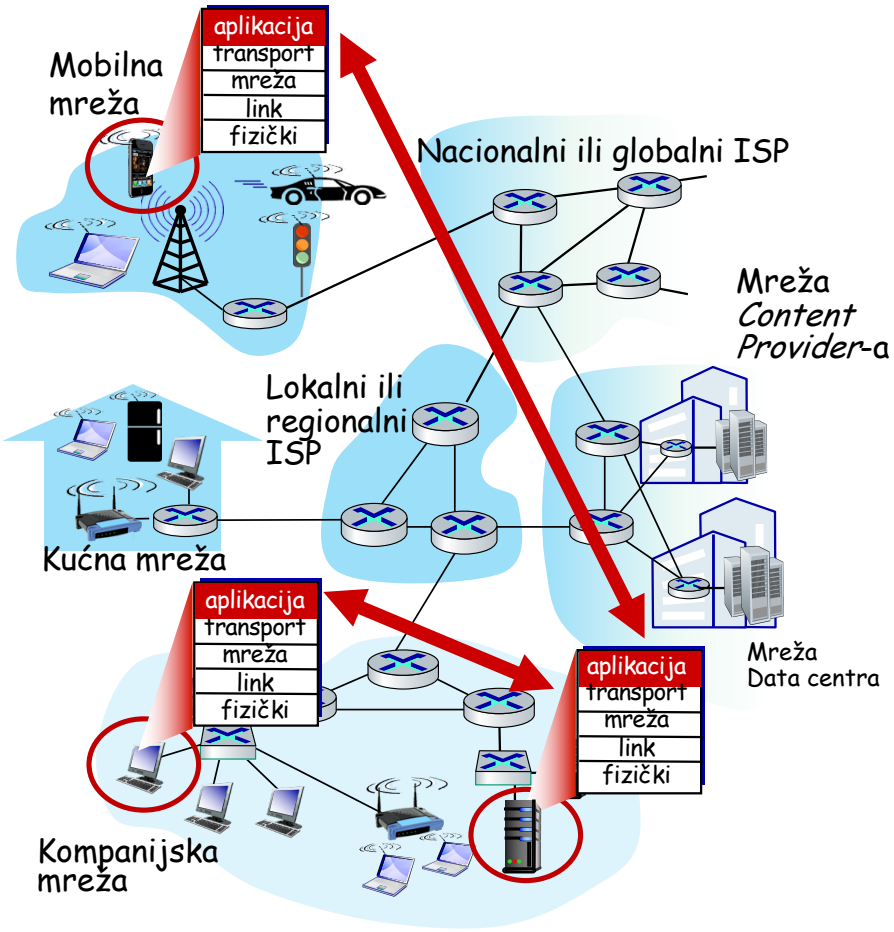
Kreiranje mrežne aplikacije

Pisanje programa koji

- se izvršavaju na različitim krajnjim sistemima i
- komuniciraju preko mreže.
- Na primjer web server softver komunicira sa web browser softverom

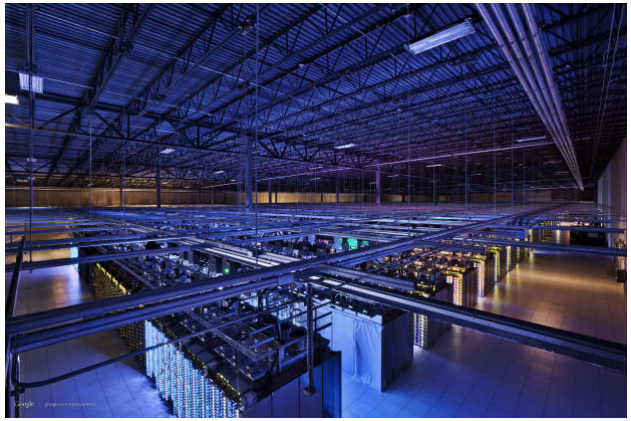
Softver se ne piše za uređaje na kičmi mreže

- mrežni uređaji na kičmi uglavnom ne funkcionišu na nivou aplikacije
- ovakav dizajn dozvoljava brzi razvoj aplikacija

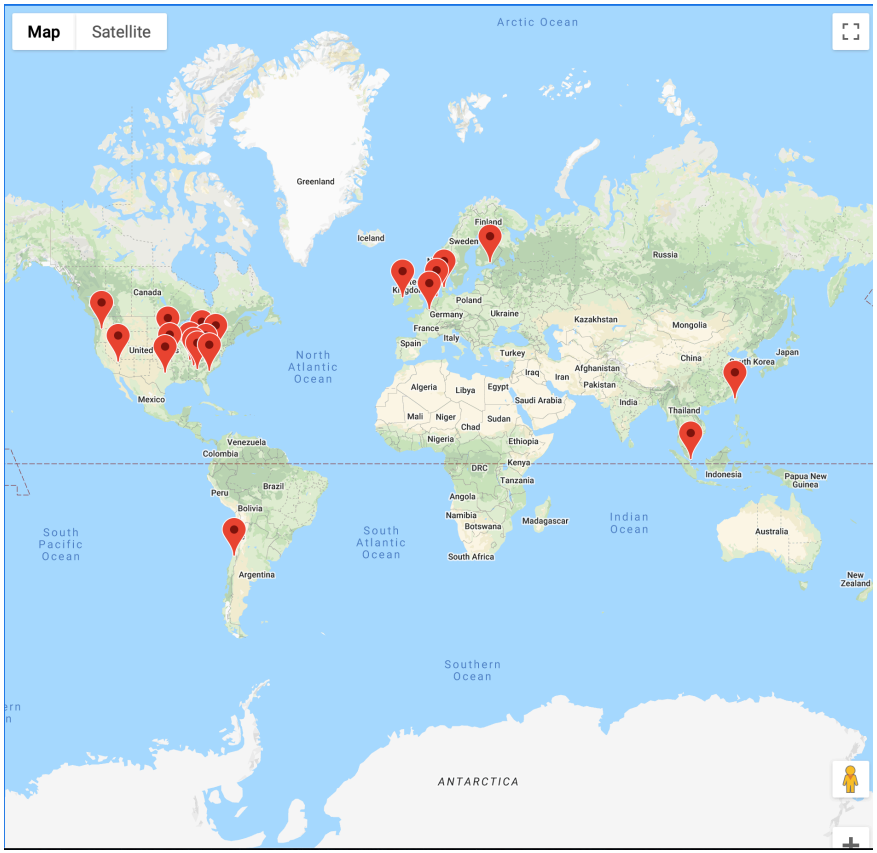


Google Data Centri

- Procijenjena cijena jednog data centra: stotine miliona $
- Google je svake godine potroši nekoliko milijardi $ u razvoj data centara
- Svaki data centar troši stotine MW električne energije



Google Data Centri



http://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/index.html

Komuniciranje procesa

Proces: program koji se izvršava na hostu.

- U samom hostu, dva procesa komuniciraju na bazi inter procesne komunikacije (definisane u OS).
- Procesi na različitim hostovima komuniciraju razmjenom poruka

Klijentski proces: proces koji inicijalizuje komunikaciju

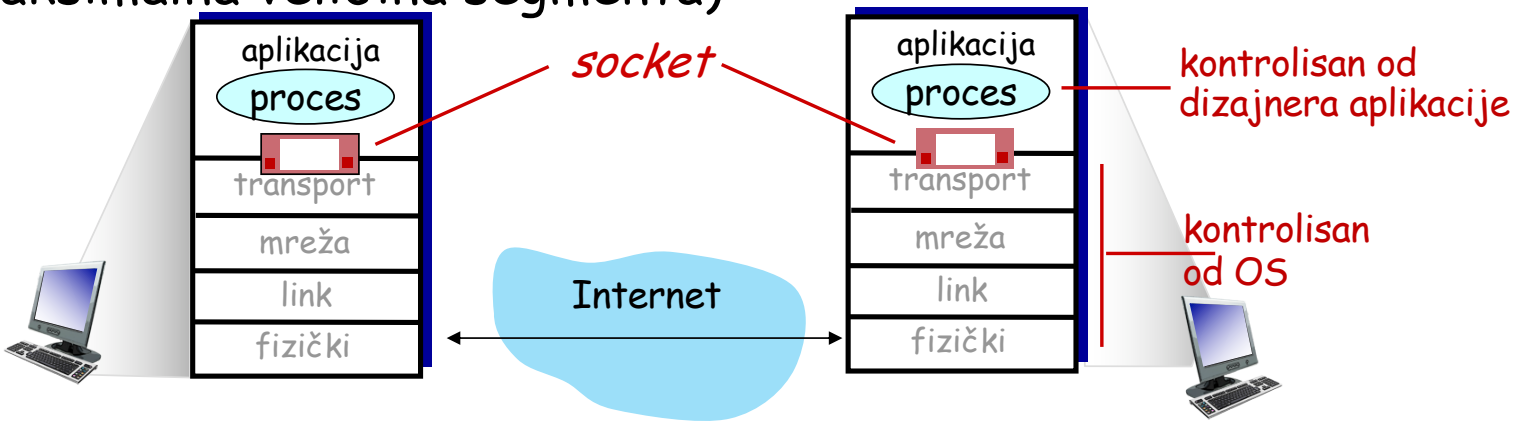
Serverski proces: proces koji čeka da bude kontaktiran

Aplikacije sa P2P arhitekturom imaju i klijent i server procese

Soketi

- Proces šalje/prima poruke preko svog *socket*-a
- *Socket* je analogan vratima
  - Proces šalje poruke preko *socket*-a
  - proces koji šalje se oslanja na transportnu infrastrukturu na drugoj stani vrata koja prenosi poruku do *socket*-a prijemnog procesa

- API: (1) izbor transportnog protokola; (2) mogućnost specificiranja nekoliko parametara (maksimalna veličina bafera i maksimalna veličina segmenta)



Adresiranje

- Za proces koji prima poruke, mora postojati identifikator
- Svaki host ima jedinstvenu 32 bitnu IP adresu
- Komanda ipconfig...
- P: Da li je IP adresa hosta na kojem se proces izvršava dovoljna za identifikaciju procesa?

- Identifikator uključuje i IP adresu i broj porta vezan za proces na hostu.
- Primjer brojeva porta:
  - HTTP server: 80
  - Mail server: 25
- VIŠE KASNIJE

O: Ne, mnogi procesi se mogu izvršavati na istom hostu

Protokol nivoa aplikacije definiše

- Tipove poruka koje se razmjenjuju, npr., zahtjevi & poruke odgovora
- Tipove sintaksi poruka: koja su polja & kako su odvojena
- Semantiku polja, odnosno značenje informacija u poljima
- Pravila vezana kada i kako se šalju poruke i na koji način se odgovara na njih

Javni (*public*) protokoli:

- Definisani u RFC-ovima
- Dozvoljavaju interoperatibilnost
- HTTP, SMTP, FTP,...

Privatni (*proprietary*) protokoli:

- Skype, Viber,...

Koji transportni servisi su potrebni aplikacijama?

Gubici podataka

- Neke aplikacije (audio) mogu tolerisati određeni nivo gubitaka
- Druge aplikacije (file transfer, telnet) zahtijevaju 100% pouzdani transfer podataka

Vrijeme

- Neke aplikacije (Internet telefonija, interaktivne igre) zahtijevaju malo kašnjenje

Brzina prenosa

- Neke aplikacije (multimedija) zahtijevaju preciziranje minimalne dostupne brzine prenosa
- Druge aplikacije ("elastične aplikacije") koriste onoliko opsega koliko mogu dobiti

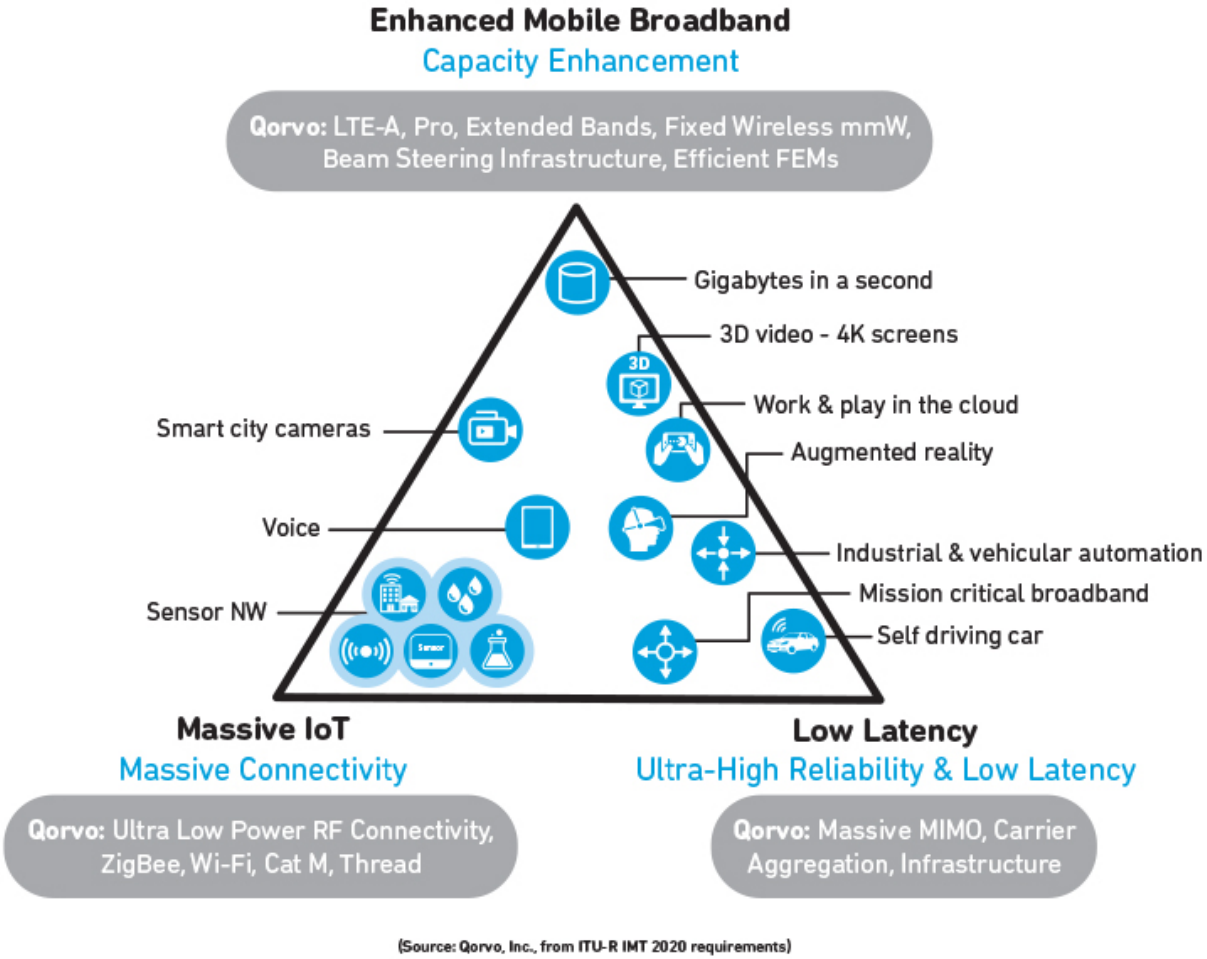
Zaštita

- Enkripcija, integritet podataka, ...

Transportni servisni zahjevi zajednički za sve aplikacije

Aplikacija	Gubici	Brzina prenosa	Vrem. osjet.
File transfer	bez	elastičan	ne
E-mail	bez	elastičan	ne
Web dokumenti	bez	elastičan	ne
Real-time audio/video	tolerantne	audio: 5kb/s-1Mb/s video:10kb/s-5Mb/s	da, 10-ak ms
Streaming audio/video	tolerantne	isti kao *real-time*	da, nekoliko s
Interaktivne igre	tolerantne	nekoliko kb/s i više	da, 10-ak ms
Text messaging	bez	elastičan	da i ne

"5G trougao"



(Source: Qorvo, Inc., from ITU-R IMT 2020 requirements)

Servisi transportnih protokola Interneta

TCP servisi:

- konektivnost: uspostavljanje komunikacije se zahtijeva između klijentskih i serverskih procesa
- pouzdani transport između procesa slanja i prijema
- kontrola protoka: pošiljalac ne smije da "zaguši" prijemnik
- kontrola zagušenja: usporava pošiljaoca kada je mreža zagušena
- Ne obezbjeđuje: tajming, garantovanje minimalnog opsega, zaštitu

UDP servisi:

- Nepouzdani prenos podataka između procesa slanja i prijema
- Ne obezbjeđuje: uspostavljanje veze, pozdanost, kontrolu protoka, kontrolu zagušenju, tajming, garantovani opseg, zaštitu

Zašto oba? Zašto UDP?

Internet aplikacije: aplikacija, transportni protokoli

Aplikacija	Protokol nivoa aplikacije	Transportni protokol
e-mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
Udaljeni terminal	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP1.1 [RFC 7320]	TCP
File transfer	FTP [RFC 959]	TCP
Streaming multimedija	HTTP (e.g., YouTube), DASH	TCP
Internet telefonija	SIP, RTP, proprietary (e.g., Skype)	TCP ili UDP
Interaktivne igre	WOW, FPS	UDP ili TCP

Zaštita i TCP

TCP & UDP

- Nemaju enkripciju
- Tekstualne poruke se prenose bez zaštite preko Interneta

Transport Layer Security (TLS)

- Omogućava enkripciju TCP konekcije
- Čuva integritet podataka
- Obezbjeđuje autorizacija od kraja do kraja

TLS je na nivou aplikacije

- Aplikacije koriste TLS biblioteke
- Tekst koji se šalje preko *socket*-a na Internet je enkriptovan

Web i HTTP

Termini

- Web stranica se sastoji od objekata, koji se mogu nalaziti na različitim serverima
- Objekat može biti HTML fajl, JPEG slika, Java "applet", audio fajl,...
- Web stranica se sastoji od osnovnog HTML-fajla koji sadrži više referenci objekata adresiranih pomoću URL (*Uniform Resource Locators*)

http://www.cftmn.ac.me/index.html

ime hosta ime puta

Pregled HTTP-a

HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)

- Protokol nivoa aplikacije Web aplikacije
- klijent/server model
  - klijent: Web *browser* koji zahtijeva, prima, prikazuje Web objekte
  - server: Web server šalje objekte kao odgovor na zahtjeve Web *browser*-a

Pregled HTTP-a (nastavak)

Koristi TCP:

- klijent inicijalizuje TCP konekciju (kreira *socket*) prema serveru na portu 80
- server prihvata TCP konekciju sa klijentom
- HTTP poruke zahtjeva i poruke odgovora (poruke protokola nivoa aplikacije) se razmjenjuju između *browser*-a (HTTP klijent) i Web servera (HTTP server)
- TCP konekcija se zatvara

HTTP je *stateless*

- server ne čuva informacije o prethodnim korisnikovim zahtjevima (ne raspoznaje korisnike)

Pored toga

Protokoli koji nadziru stanje su kompleksni!

- Ranije stanje mora biti nadzirano
- ako server/klijent "padne", njihovi uvidi u "stanje" mogu biti inkonzistentni, moraju biti ponovo razmotreni

HTTP konekcije

Neperzistentni (neistrajni) HTTP

- Najviše jedan objekat se šalje preko TCP konekcije.
- Povlačenje više objekata podrazumijeva otvaranje više konekcija

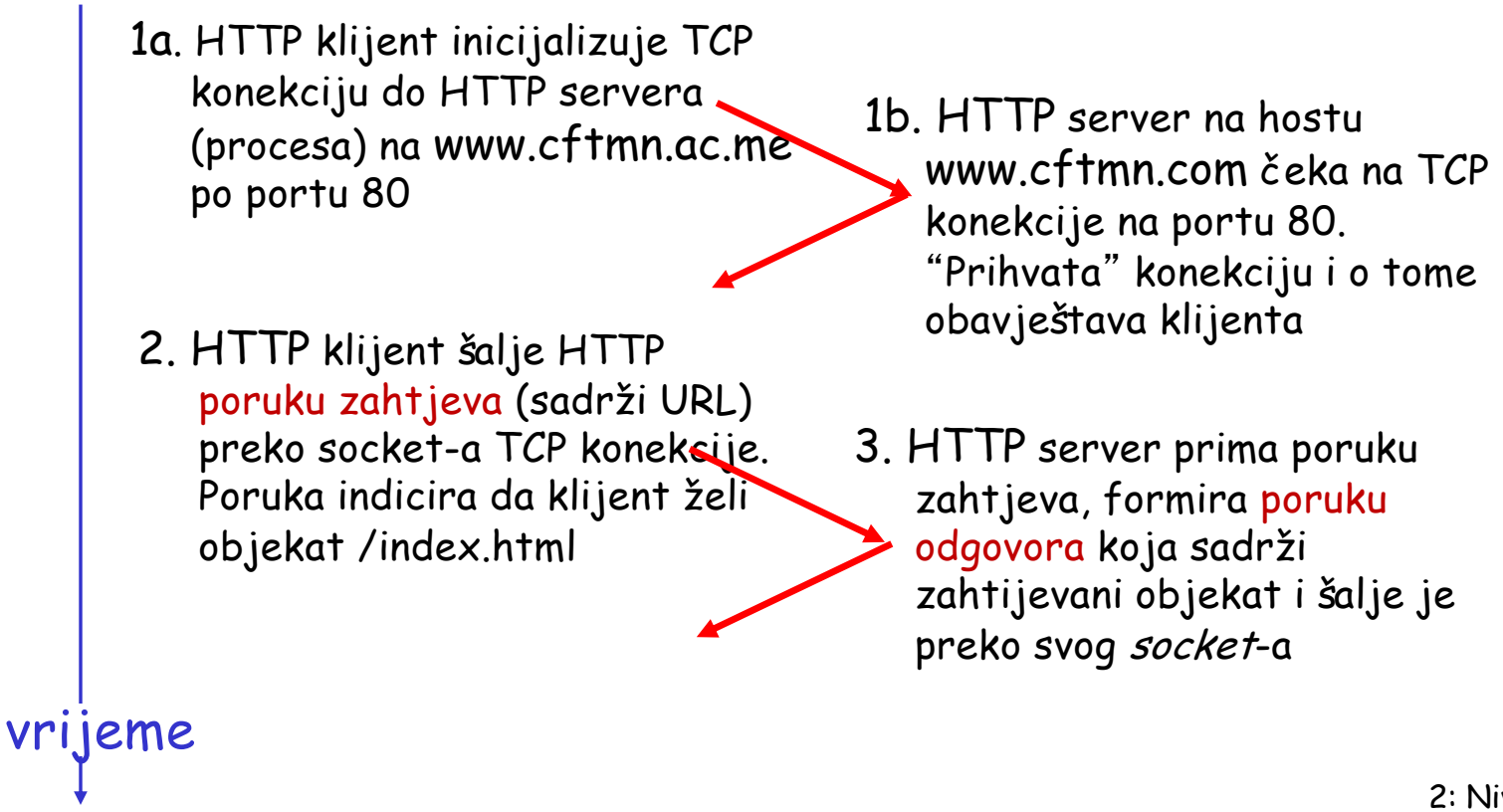
Perzistentni HTTP

- Više objekata može biti poslato preko jedne TCP konekcije između klijenta i servera.

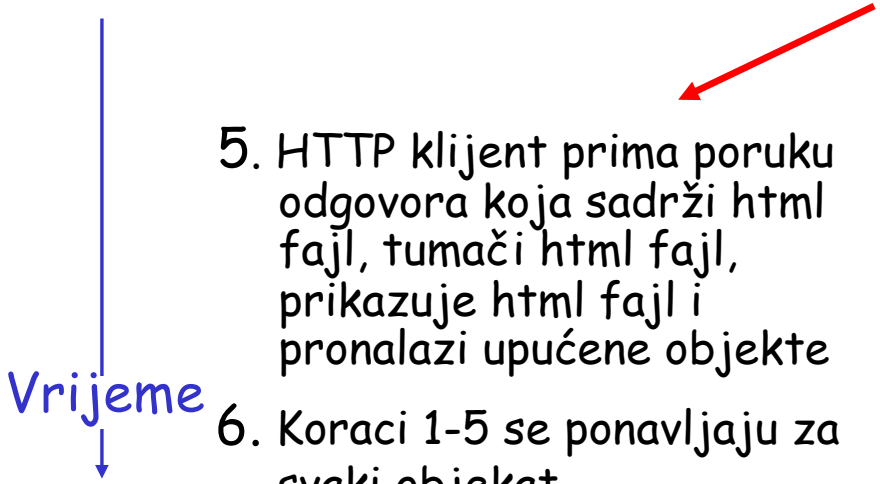
Neperzistentni HTTP

Neka korisnik unese sledeći URL

http://www.cftmn.ac.me/index.html



Neperzistentni HTTP(nastavak)



4. HTTP server zatvara TCP konekciju.

5. HTTP klijent prima poruku odgovora koja sadrži html fajl, tumači html fajl, prikazuje html fajl i pronalazi upućene objekte

6. Koraci 1-5 se ponavljaju za svaki objekat

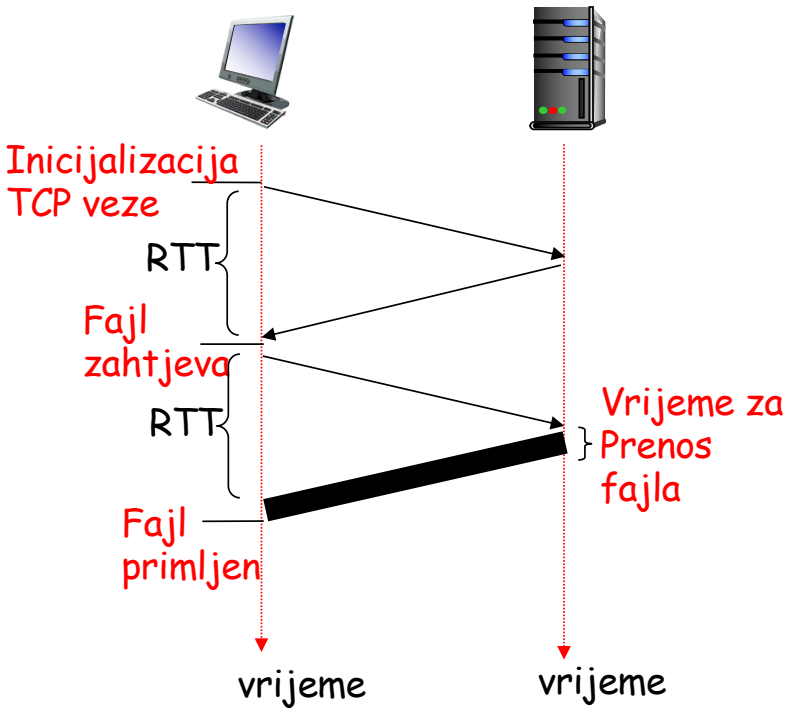
Modelovanje vremena odgovora

Definicija RTT (*Round Trip Time*):
vrijeme prenosa malog paketa od izvora do destinacije i nazad.

Vrijeme odgovora:

- RTT za inicijalizaciju TCP veze
- RTT za salnje HTTP poruke zahtjeva i prijem prvih nekoliko bajtova HTTP poruke odgovora
- Vrijeme prenosa fajla

2RTT+vrijeme prenosa fajla



Perzistentni HTTP (HTTP1.1)

Problemi neperzistentnog HTTP:

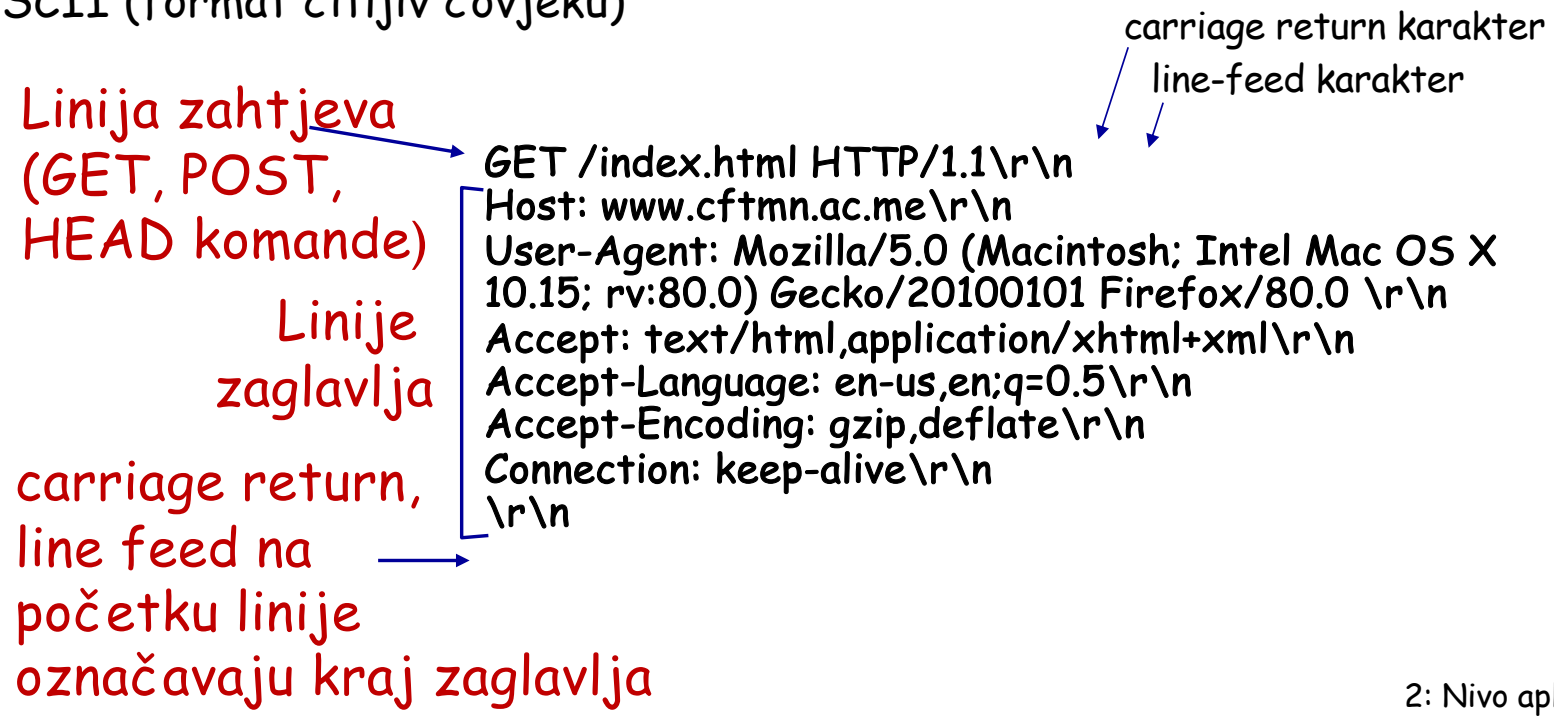
- Zahtijeva 2 RTT po objektu
- Operativni sistem mora pratiti i dodijeliti resurse hosta za svaku TCP vezu
- Problem je što *browser*-i često otvaraju paralelne TCP veze za povlačenje zahtijevanih objekata

Perzistentni HTTP 1.1

- Server zadržava vezu otvorenu nakon slanja poruke odgovora
- Sekvencijalne HTTP poruke između istog klijent/servera se šalju istom vezom
- Klijent šalje poruke zahtjeva odmah po dobijanju referenci objekata
- Potrebno po jedan RTT za svaki referencirani objekat
- Zatvara konekciju poslije određenog vremena neaktivnosti

HTTP poruka zahtjeva

- Dva tipa HTTP poruka: *zahtjev, odgovor*
- HTTP poruka zahtjeva:
  - ASCII (format čitljiv čovjeku)



Tipovi zahtjeva

POST:

- Web stranice često sadrže forme za unos podataka
- Podaci koje je unio korisnik se šalju od klijenta server u tijelu HTTP POST poruke zahtjeva

GET:

- Služi za povlačenje objekata sa servera
- Koristi se i za slanje korisnikovih podataka u sklopu URL polja HTTP GET poruke zahtjeva (poslije simbola '?'):

```
www.google.com/animalsearch?monkeys&banana
```

HEAD:

- Zahtijeva samo zaglavlje koja se šalju ako je specificirani URL zahtijevan GET porukom

PUT:

- *Upload*-uje novi fajl (objekat) na server
- U potpunosti mijenja fajl koji postoji na specificiranom URL-u sa sadržajem u tijelu HTTP PUT poruke zahtjeva

HTTP poruka odgovora

Statusna linija (protokol, statusni kod, statusna fraza)

Linije zaglavlja

```
HTTP/1.1 200 OK\r\n
Date: Tue, 08 Sep 2020 00:53:20 GMT
Server: Apache/2.4.6 (CentOS) OpenSSL/1.0.2k-fips PHP/7.4.9
    mod_perl/2.0.11 Perl/v5.16.3
Last-Modified: Tue, 01 Mar 2016 18:57:50 GMT
ETag: "a5b-52d015789ee9e"
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 2651
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
\r\n
data data data data data ...
```

podaci, npr., zahtijevani HTML fajl

HTTP kodovi statusnog odgovora

Nalaze se u stausnoj liniji u serverove poruke odgovora.

Nekoliko primjera kodova statusa i odgovarajućih poruka:

200 OK

- Zahtjev uspješan, zahtijevani objekat se nalazi u poruci

301 Moved Permanently

- Zahtijevani objekat preseljen, nova lokacija specificirana u poruci (Lokacija:)

400 Bad Request

- Server ne razumije poruku zahtijeva

404 Not Found

- Zahtijevani dokument nije pronađen na ovom serveru

505 HTTP Version Not Supported

https://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616-sec10.html

Cookies: vode računa o "stanju"(RFC 6265)

Mnogi Web sajtovi koriste *cookies*

Četiri komponente:

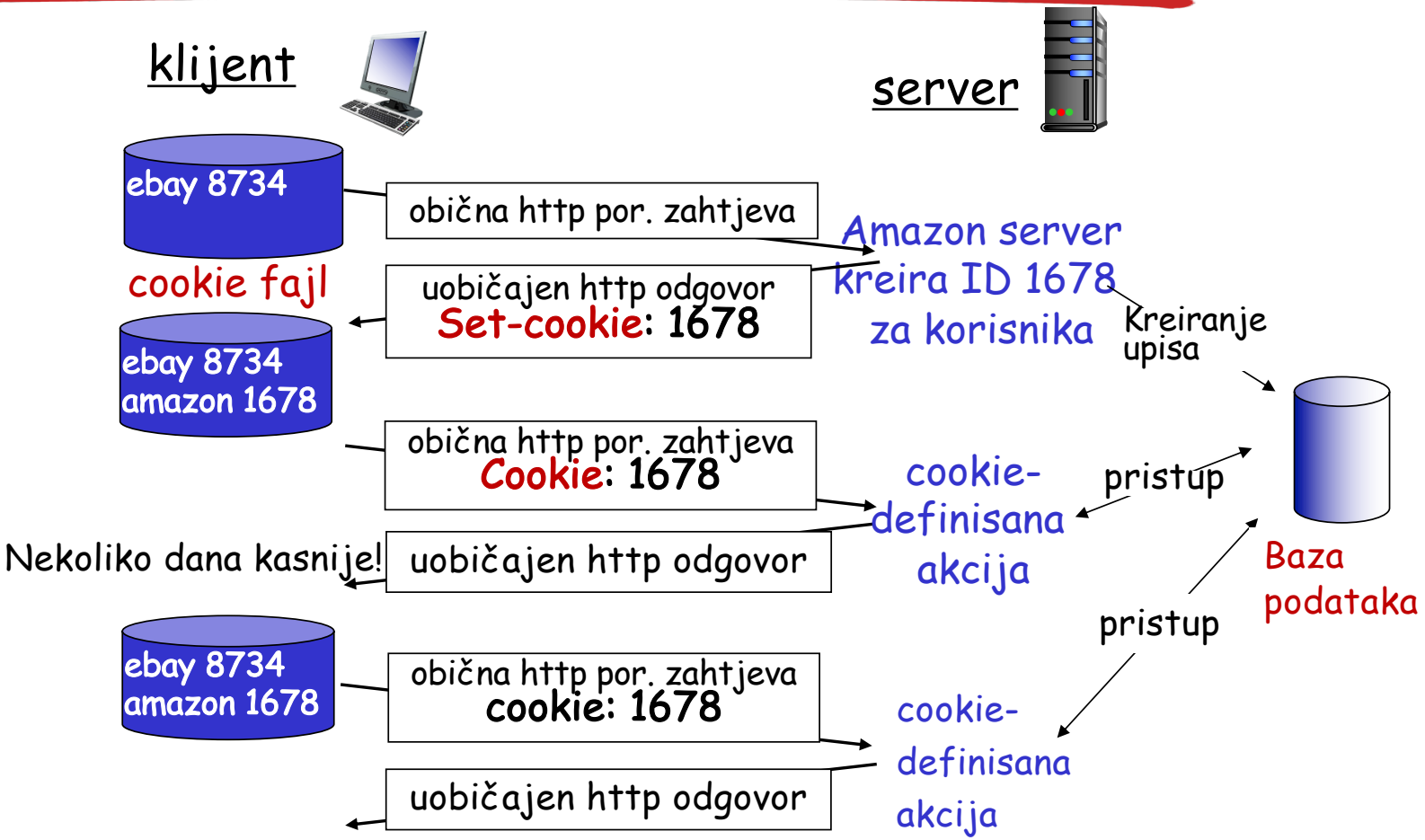
1) Linija zaglavlja *Set-cookie* u HTTP poruci odgovora
2) Linija zaglavlja *Cookie* u HTTP poruci zahtjeva
3) *Cookie* fajl se čuva na korisnikovom hostu i održava se od strane korisnikovog browser-a
4) Baza podataka na Web sajtu

Primjer:

- Neko pristupa Internetu uvijek preko istog PC-a
- Posjećuje specifične *e-commerce* sajtove po prvi put
- Kada inicijalni HTTP zahtjevi dođu na sajt, sajt kreira jedinstveni ID i kreira odgovarajuću informaciju u bazi podataka za ID

https://tools.ietf.org/html/rfc6265

Cookies: vode računa o "stanju"(nastavak)



Cookies: vode računa o "stanju"(nastavak)

Šta *cookies* donose?

- autorizaciju
- *shopping cards*
- preporuke
- stanje korisnikove sesije (Web e-mail)

Pored toga

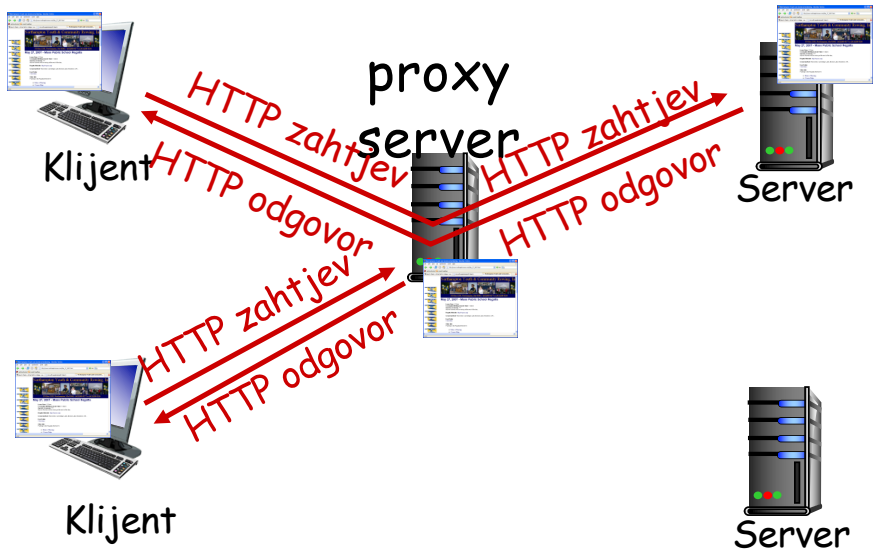
Cookies i privatnost:

- *Cookies* dozvoljavaju vlasniku sajtu da dosta nauči o korisniku
- Korsinici mogu dostaviti imena i kontakt podatke
- Web pretraživači koriste *cookies* da nauče više o korisnicima
- Kompanije dobijaju dodatne informacije preko weba

Web *caches* (*proxy* serveri)

Cilj: zadovoljenje klijentovog zahtjeva bez uključivanja originalnog servera

- Korisnik setuje *browser*: Web pristup preko *proxy* servera
- *browser* šalje sve HTTP zahtjeve proxy serveru
  - objekat u *proxy*-u: *proxy* šalje objekat *browser*-u
  - Ako objekat nije na *proxy*-u, *proxy* zahtijeva objekat od željenog servera i nakon dobijanja ga prosleđuje klijentu



https://tools.ietf.org/html/rfc7234

Više o *proxy* serveru

- *Proxy* server radi i kao klijent i kao server
- Tipično *proxy* instalira ISP (univerzitet, kompanija, rezidencijalni ISP)

Zašto proxy server?

- Smanjuje vrijeme odziva na zahtjev.
- Smanjuje saobraćaj na linku institucije prema Internetu.
- Internet sa *proxy* serverom omogućava "slabim" provajderima sadržaja efikasniju predaju sadržaja

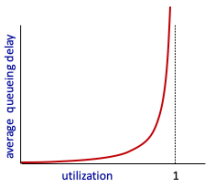
Primjer:

Pretpostavke:

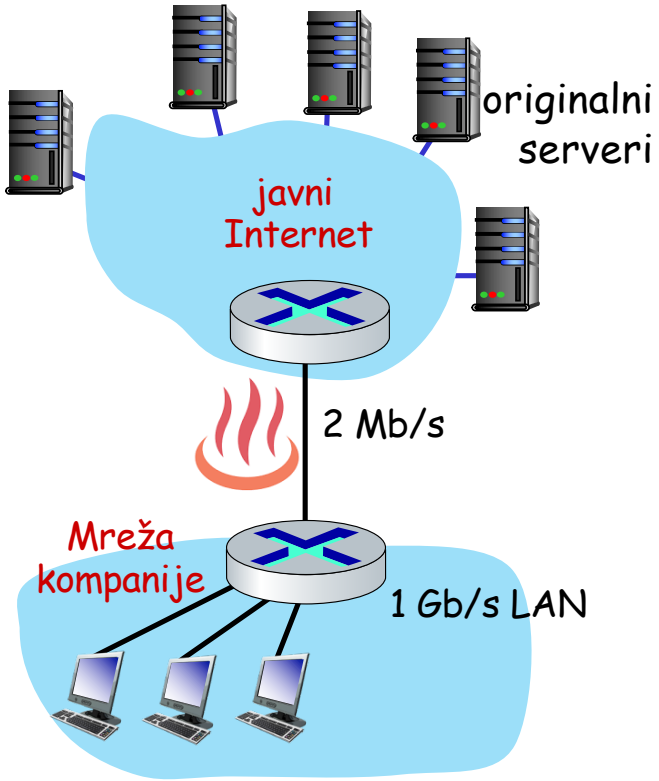
- Srednja veličina objekta: 100000 bita
- Srednji broj zahtjeva prema željenim serverima: 19 zahtjeva/s
- Srednja brzina : 1.9Mb/s
- RTT od rutera institucije do željenog servera: 2s
- Brzina na pristupnom linku: 2Mb/s

Posledice:

- Iskorišenje LAN-a: 0.19%
- Iskorišenje pristupnog linka = 95%
- Ukupno kašnjenje= kašnjenje na Internetu+ kašnjenje u pristupu+ LAN kašnjenje
  = 2s + minuti + ms



problem: veliko kašnjenje uslijed baferovanja!



Primjer: brži pristupni link

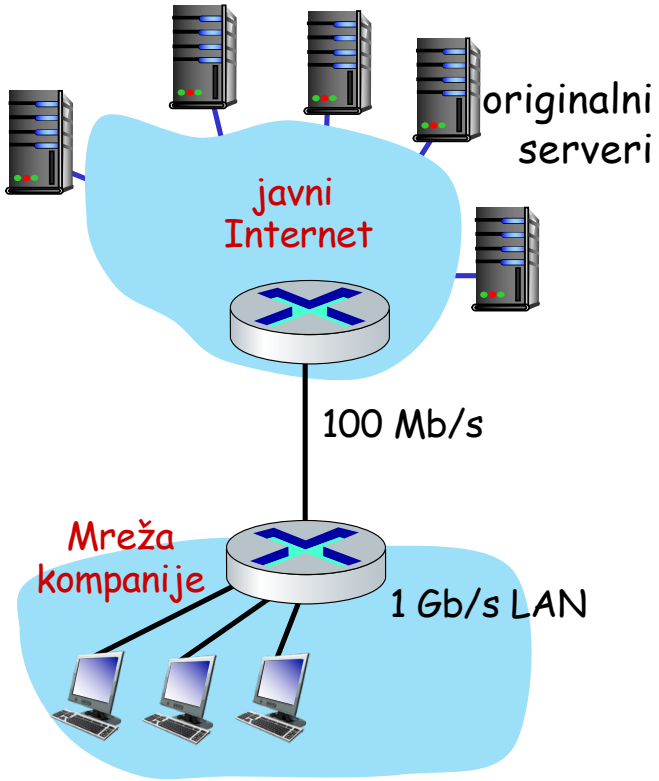
Pretpostavke:

- Srednja veličina objekta: 100000 bita
- Srednji broj zahtjeva:19 zahtjeva/s
- Srednja brzina: 1.9Mb/s
- RTT od rutera institucije do željenog servera: 2s
- Brzina pritupnog linka: 100Mb/s

Posledice:

- Iskorišenje LAN-a: 0.19%
- Iskorišćenje linka= 1.9%
- Ukupno kašnjenje= Internet kašnjenje + pristupno kašnjenje+ LAN kašnjenje

= 2s + ms + ms



Troškovi: povećanje brzine pristupa je skupo!

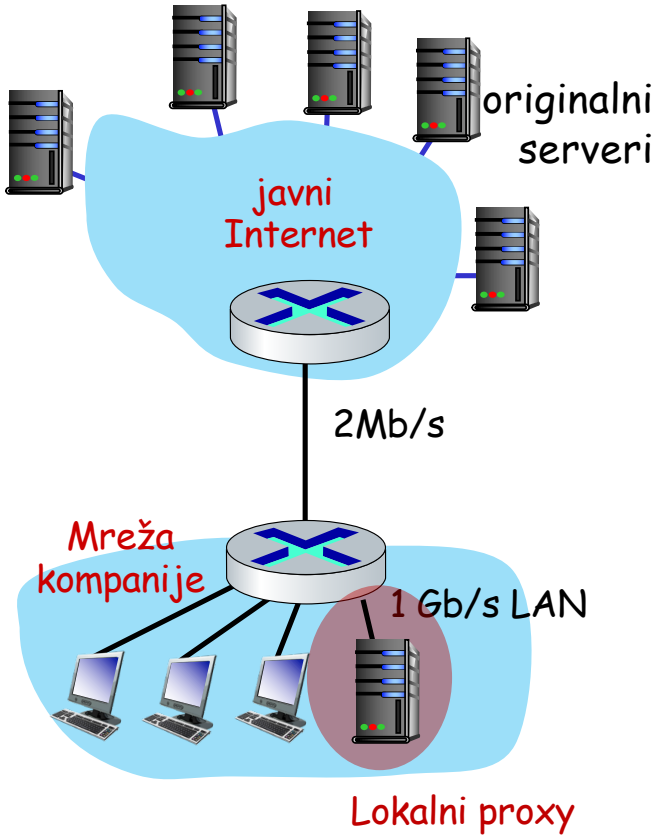
Primjer: Lokalni proxy

Pretpostavke:

- Srednja veličina objekta: 100000 bita
- Srednja brzina zahtjeva: 19 zahtjeva/s
- Srednja brzina: 1.9Mb/s
- RTT od rutera institucije do željenog servera: 2s
- Brzina pristupa: 2Mb/s

Posledice:

- Iskorišćenje LAN-a: 0.19%
- Iskorišćenje pristupnog linka= ?
- Ukupno kašnjenje= ?



Kako izračunati iskorišćenje i kašnjenje?

Troškovi: proxy nije skup!

Primjer: Lokalni proxy

Izračunavanje iskorišćenja i kašnjenja:

- Neka je vjerovatnoća pogađanja 0.4
  - 40% zahtjeva se posluži na proxy serveru, 60% zahtjeva na željenom Internet serveru

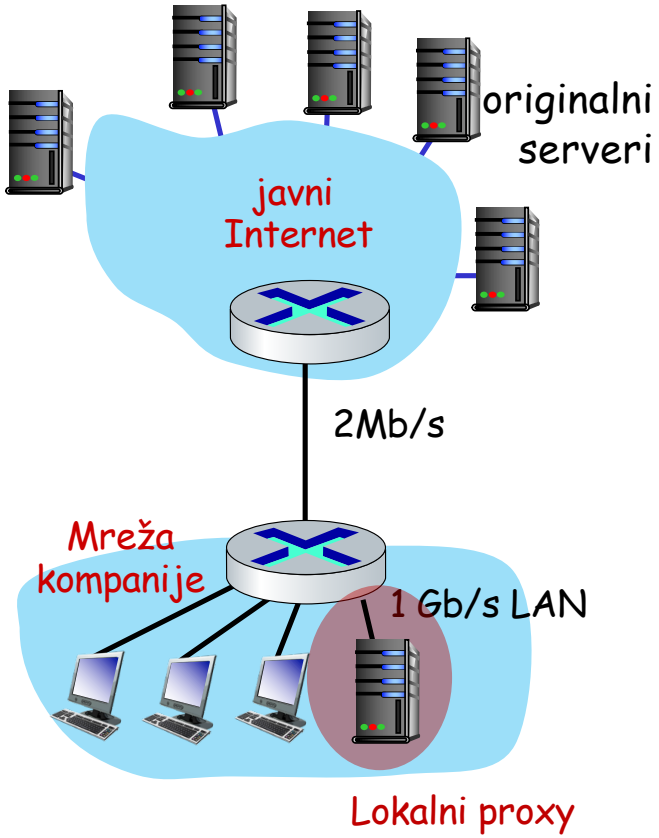
Iskorišćenje pristupnog linka:

- 60% zahtjeva koristi pristupni link
- Brzina prenosa preko pristupnog linka= 0.6*1.9Mb/s = 1.14Mb/s
- iskorišćenje = 1.14/2 = .57

Ukupno kašnjenje

= 0.6 * (kašnjenje od željenih servera) +0.4 * (kašnjenje do proxy servera)
= 0.6 (2.0) + 0.4 (~ms)
= ~ 1.2 s

Manje nego pristupni link od 100Mb/s

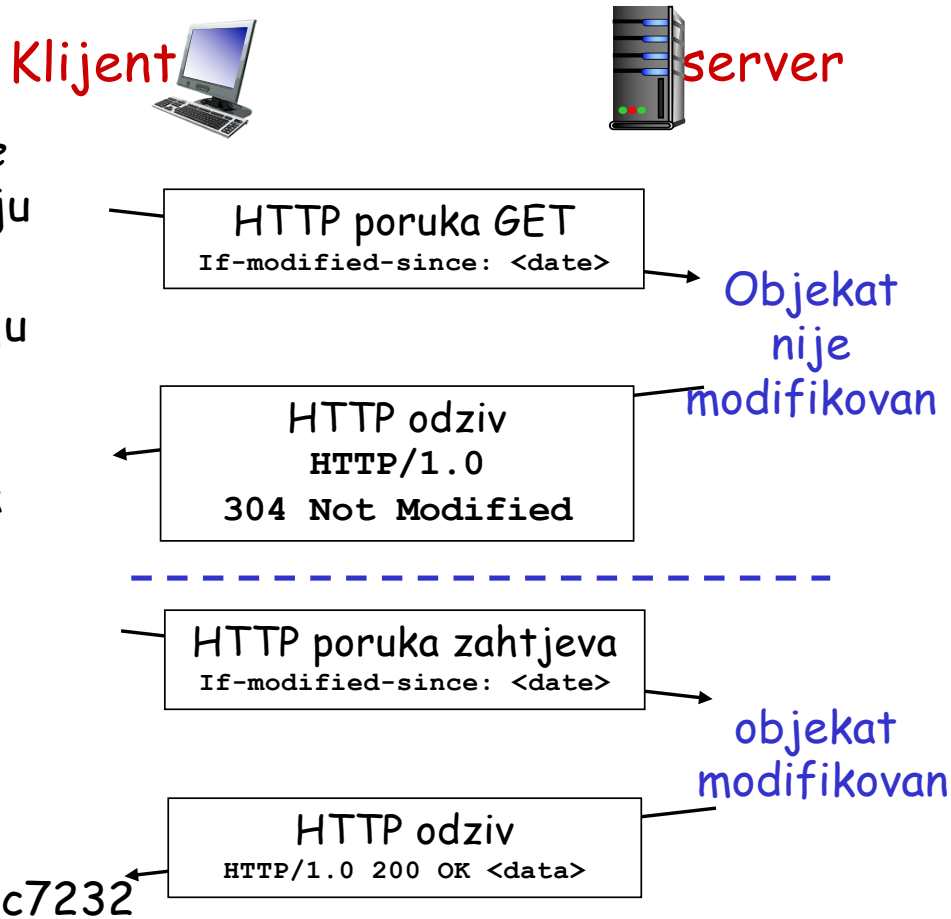


Conditional GET

- Cilj: ne slati objekat ako *cache* ima *up-to-date* sačuvanu verziju
- klijent: specificira datum čuvanja kopije u HTTP zaglavlju

  `If-modified-since: <date>`
- server: odgovor ne sadrži objekat ako je sačuvana kopija up-to-date:

  `HTTP/1.0 304 Not Modified`



https://tools.ietf.org/html/rfc7232

HTTP/2

Cilj: smanjiti kašnjenje u slučaju više objektnih zahtjeva

HTTP 1.1: uvodi više, pipeline GET poruka preko jedne TCP konekcije

- server odgovara *redosledno* (FCFS: *first-come-first-served*) na GET zahtjeve
- zbog FCFS može se desiti da mali objekat mora da čeka prenos iza velikog objekta, odnosno da doživi HOL (*head-of-line*) blokiranje
- Oporavak od gubitaka (retransmisija izgubljenog TCP segmenta) usporava prenos objekata

HTTP/2

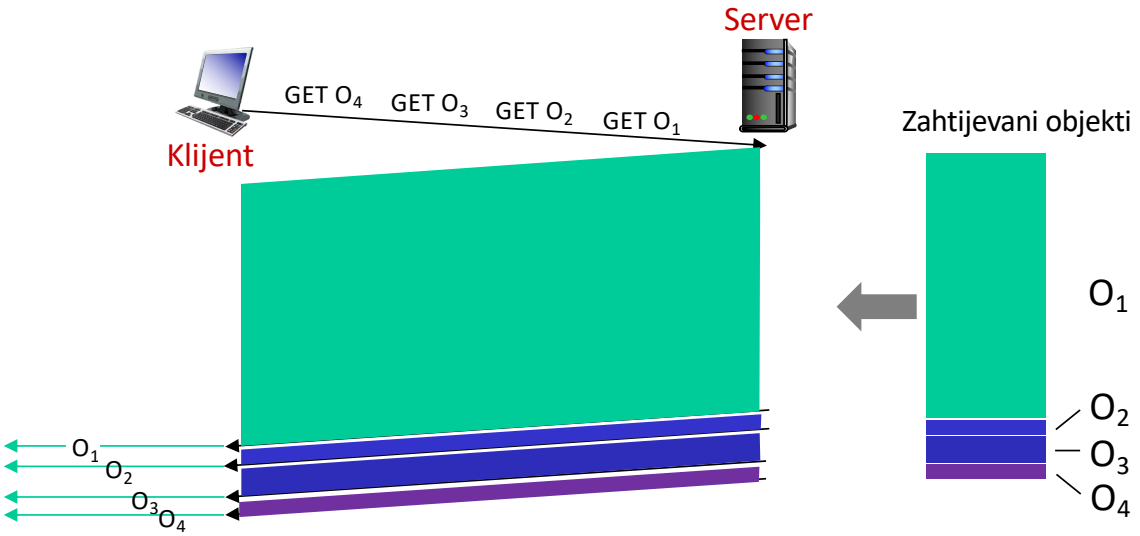
Cilj: smanjiti kašnjenje u slučaju više objektnih zahtjeva

HTTP/2: [RFC 7540, 2015] povećava fleksibilnost servera prilikom slaanja objekata klijentu:

- Poruke zahtjeva, statusni kodovi, većina polja zaglavlja su istovjetna kao kod HTTP 1.1
- Redosled slanja zahtijevanih objekata je baziran na prioritetima koje je definisao klijent (ne mora biti FCFS)
- Omogućava *slanje* nezahtijevanih objekata klijentu
- Dijeli objekte na frejmove, raspoređuje frejmove radi smanjenja HOL blokiranja

HTTP/2: ublažavanje HOL blokiranja

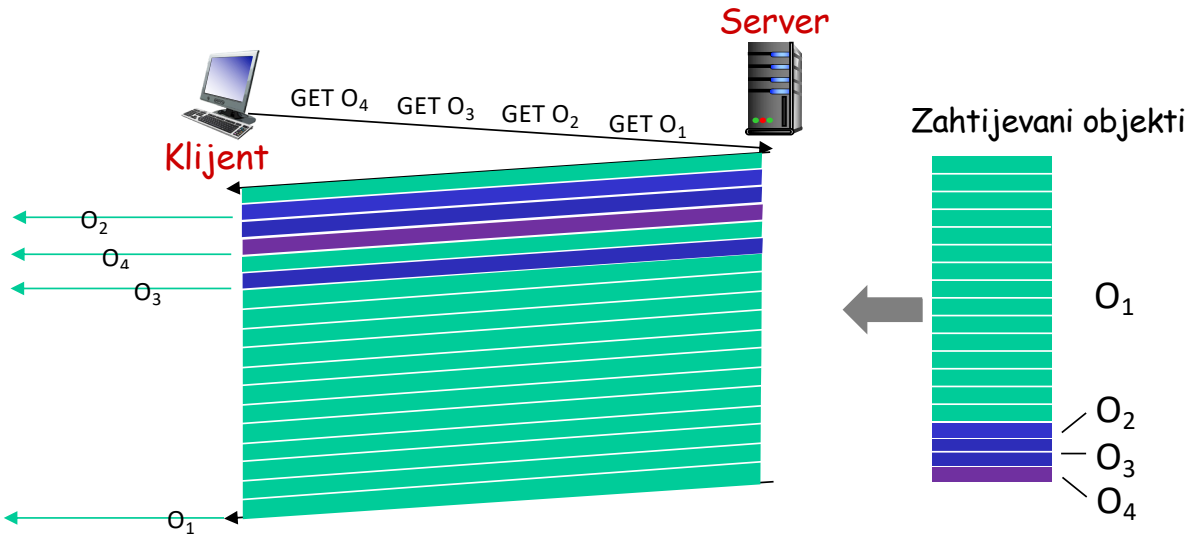
HTTP 1.1: klijent zahtijeva veliki objekat (na primjer video fajl) i 3 manja objekta



Slanje objekata po redosledu zahtjeva: O_2, O_3, O_4 čekaju iza O_1

HTTP/2: ublažavanje HOL blokiranja

HTTP/2: objekti se dijele ne frejmove, "izmiješano" slanje frejmova



O_2, O_3, O_4 se brzo prenose, malo kašnjenje se dodaje O_1

HTTP/3

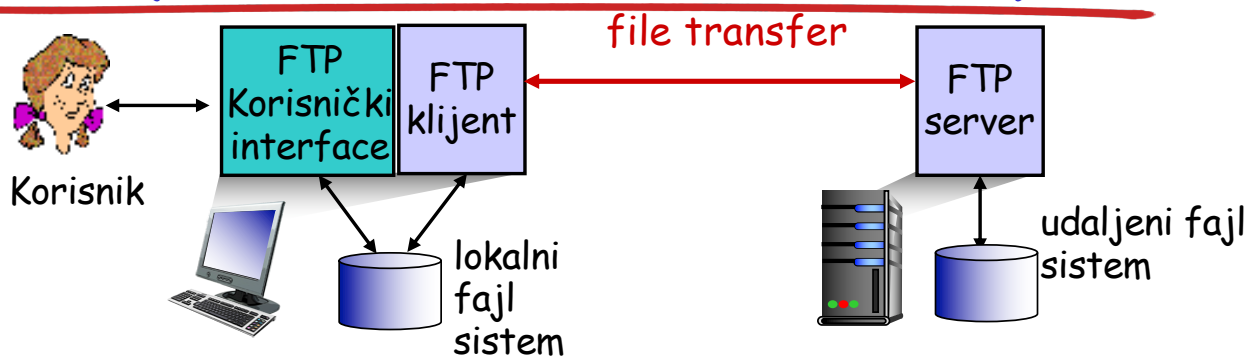
HTTP/2 funkcioniše preko jedne TCP konekcije:

- Oporavak od gubitka paketa i dalje usporava prenos objekata
  - Kao i kod HTTP 1.1, *browser*-i otvaraju više paralelnih TCP konekcija radi smanjenja usporavanja i povećanja propusnosti
- Nema zaštite korišćenjem obične TCP konekcije

HTTP/3:

- Više pipeline prenosa preko UDP protokola (QUIC)
- Ima zaštitu ugrađenu u QUIC protokolu

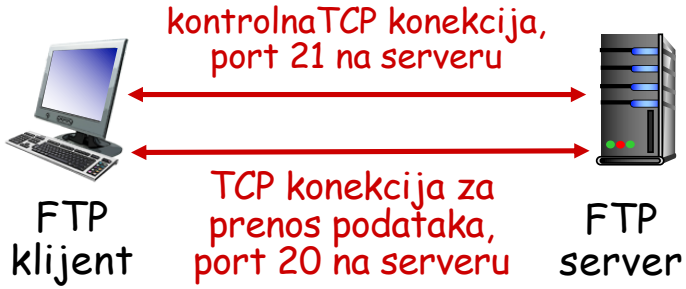
FTP (*File Transfer Protocol*)



- transfer fajla od/do udaljenog hosta
- klijent/server model
  - klijent: strana koja inicijalizuje prenos (ili od/do udaljenog hosta)
  - server: udaljeni host
- ftp: RFC 959
- ftp server: port 21

FTP: kontrolna veza i veze za prenos podataka

- FTP klijent kontaktira FTP server na port 21, definišući TCP kao transportni protokol
- Klijent dobija zahtjev od servera za autorizacijom preko kontrolne TCP konekcije
- Klijent pregleda udaljene direktorijume slanjem komandi preko kontrolne TCP konekcije
- Kada server primi komandu za prenos fajla, server otvara TCP konekciju za prenos podataka do klijenta (port 20)
- Poslije slanja jednog fajla server zatvara TCP konekciju za prenos podataka.



- Server otvara drugu TCP vezu podataka za prenos drugog fajla.
- Kontrola veze: *out of band*
- FTP server nadzire stanje konekcije: trenutni direktorijum, ranija identifikacija (statefull)

FTP komande i odgovori

Komande:

- Komande se šalju kao 7 bitni ASCII tekst preko kontrolne TCP konekcije, identično kao HTTP.
- **USER** ***ime***
- **PASS** ***lozinka***
- **LIST** vraća spisak fajlova u direktorijumu
- **RETR** ***imefajla*** povlači fajl
- **STOR** ***imefajla*** smješta fajl na udaljeni host

Odgovori

- Odgovori sadrže statusne kodove i fraze (kao u HTTP)
- **331 Username OK, password required**
- **125 data connection already open; transfer starting**
- **425 Can't open data connection**
- **452 Error writing file**

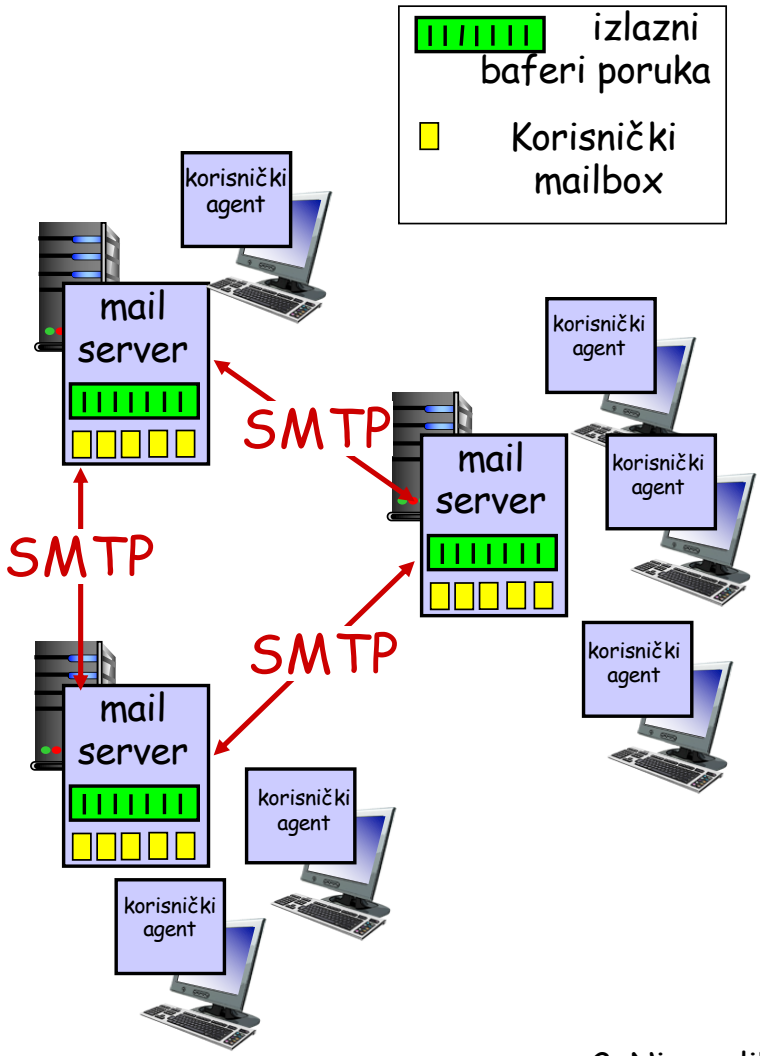
Elektronska Pošta

Tri glavne komponente:

- korisnički agenti
- mail serveri
- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)

Korisnički Agent

- *mail reader*
- sastavljanje, editovanje i čitanje mail poruka
- Outlook, iPhone mail client,...
- odlazne, dolazne poruke se čuvaju na hostu



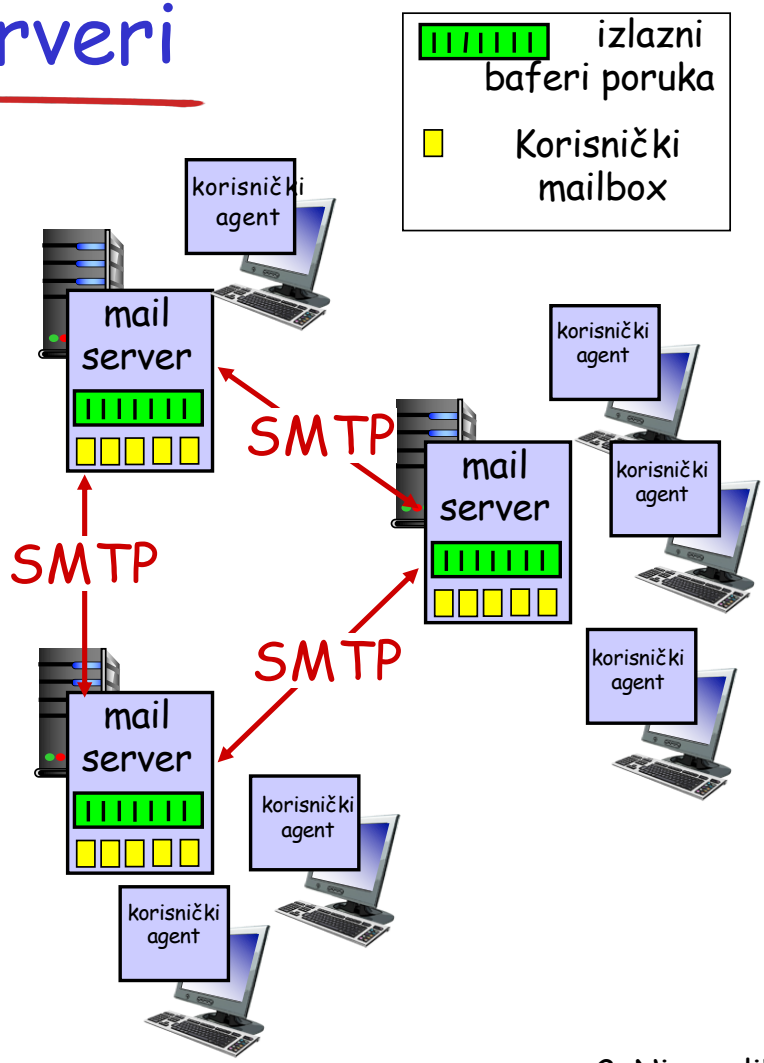
Elektronska Pošta: mail serveri

Mail Serveri

- *Mailbox* sadrži dolazne poruke korisnika
- Red čekanja odlaznih poruka koje trebaju da se pošalju

SMTP protokol između mail servera za slanje email poruka

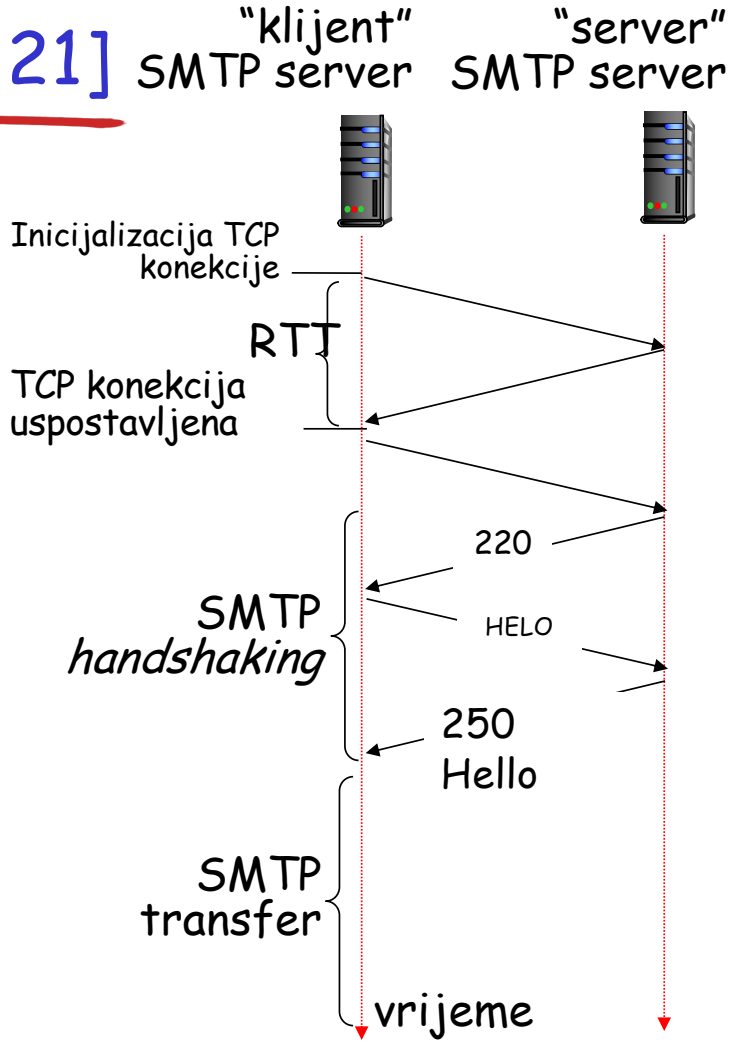
- klijent: slanje mail serveru
- "server": prijem sa mail servera



Elektronska Pošta: SMTP [RFC 5321]

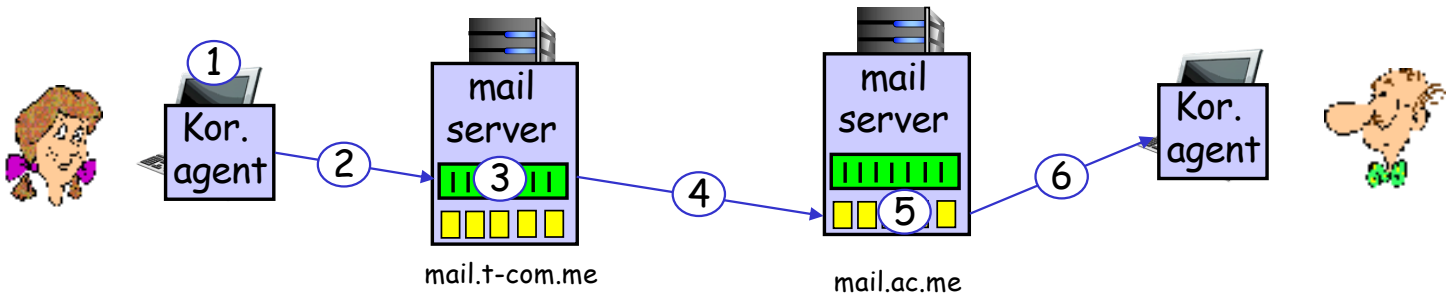
- koristi TCP za pouzdani transfer email poruke od klijenta do servera po portu 25
- direktan transfer: od servera pošiljaoca do servera primaoca
- Tri faze transfera
  - *handshaking* (upoznavanje)
  - prenos poruke
  - zatvaranje
- komanda/odgovor interakcije
  - komande: ASCII tekst
  - odgovor: status kod ili fraza
- Poruke moraju biti u potpunosti 7-bitne ASCII.

Zašto? Zašto je ovo danas problematično? Što mislite kako je kod HTTP-a?



Scenario slanja poruke

1) Korisnik A koristi korisnički agent da sastavi poruku i adresira je na `korisnikb@ac.me`
2) Korisnički agent korisnika A šalje poruku njenom mail serveru; poruka se smješta u red čekanja
3) Klijentska strana SMTP otvara TCP konekciju sa mail serverom korisnika B
4) SMTP klijent šalje poruku korisnika A preko TCP konekcije
5) Mail server korisnika B prima poruku i SMTP-ov serverski dio smješta poruku u mailbox Korisnika B
6) Korisnik B aktivira svoj korisnički agent da pročita poruku



Primjer SMTP interakcije

```
S: 220 mail.ac.me
C: HELO mail.t-com.me
S: 250  Hello mail.t-com.me, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <korisnika@mail.t-com.com>
S: 250 korisnika@mail.t-com.me... Sender ok
C: RCPT TO: <korisnikb@ac.me>
S: 250 korisnikb@ac.me ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C:   How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 ac.me closing connection
```

SMTP: zapažanja

- SMTP koristi perzistentne TCP konekcije
- SMTP zahtijeva poruke koje moraju biti sedmobitnom ASCII formatu
- SMTP server koristi `CRLF.CRLF` da odredi kraj poruke

Poređenje sa HTTP:

- HTTP: "pull"
- SMTP: "push"
- Oba imaju ASCII komande/odgovore, kodove statusa, ali se razlikuju po tijelima poruke.
- HTTP: svaki objekat se smješta u sopstvenoj poruci odgovora
- SMTP: više objekata se šalje u višedjelnoj (*multipart*) poruci

Format mail poruke (RFC 5322)

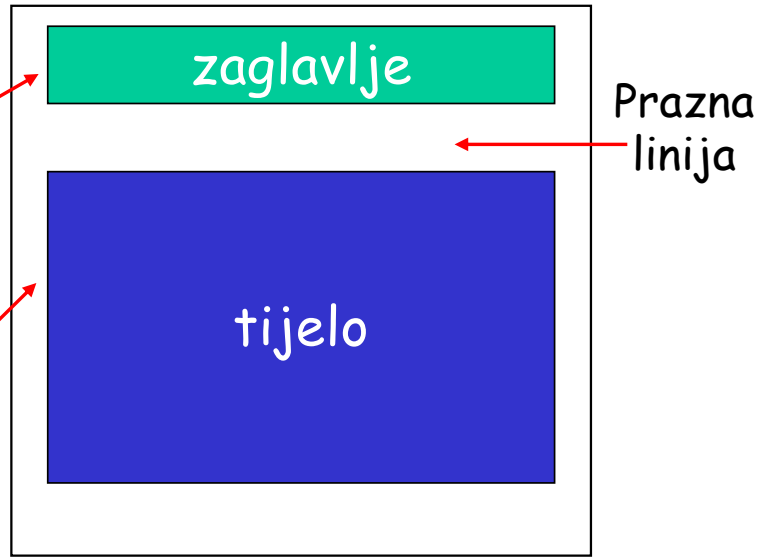
SMTP: protokol za razmjenu email poruka

RFC 5322: standard za format tekstualnih poruka

- Zaglavlja linija, npr.,
  - To:
  - From:
  - Subject:

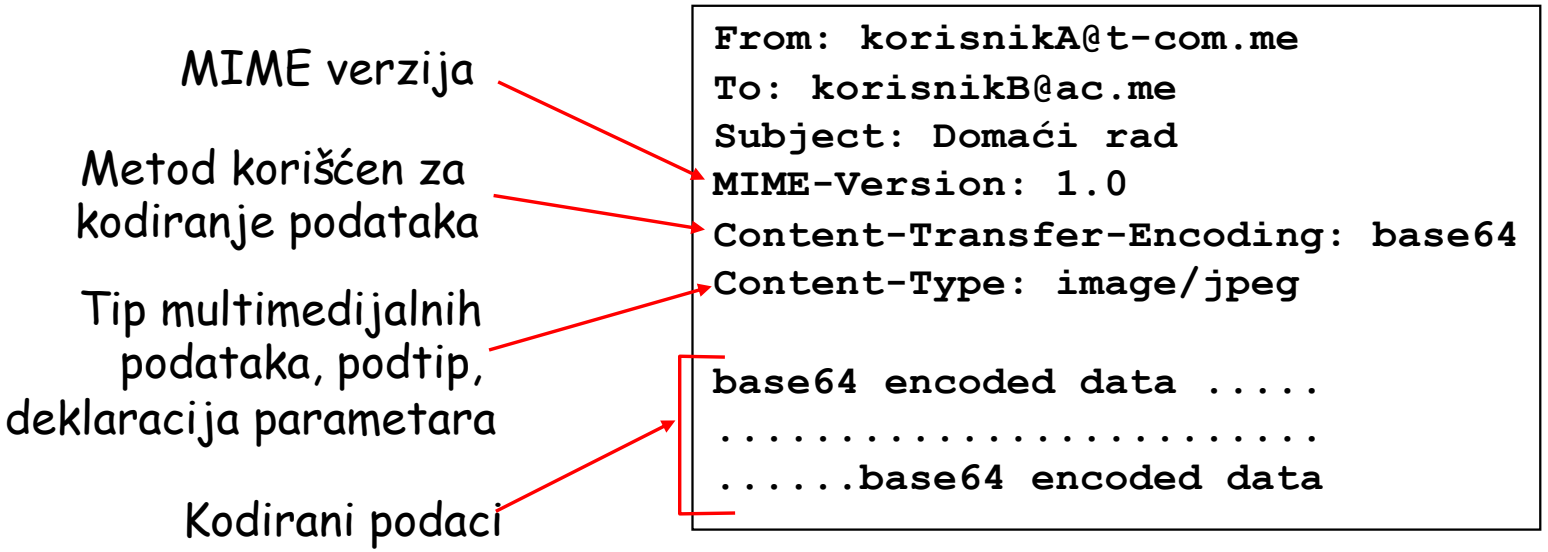
Različito *od SMTP komandi SMTP MAIL FROM, RCPT TO:* !

- tijelo
  - poruka, samo ASCII karakteri



Format poruke: multimedija

- MIME: multimedia mail extension, RFC 2045, 2046, 2047, 2048, 2049
- Dodatne linije u zaglavlju poruke deklarišu tip MIME sadržaja



MIME tipovi (Tip sadržaja: tip/podtip; parametri)

Tekst
- Primjeri podtipova: **`plain, html`**

Slike
- Primjeri podtipova : **`jpeg, gif`**

Audio
- Primjeri podtipova : **`basic`** (8-bit mu-law kodiranje), **`32kadpcm`** (32 kb/s kodiranje)

Video
- Primjeri podtipova : **`mpeg, quicktime`**

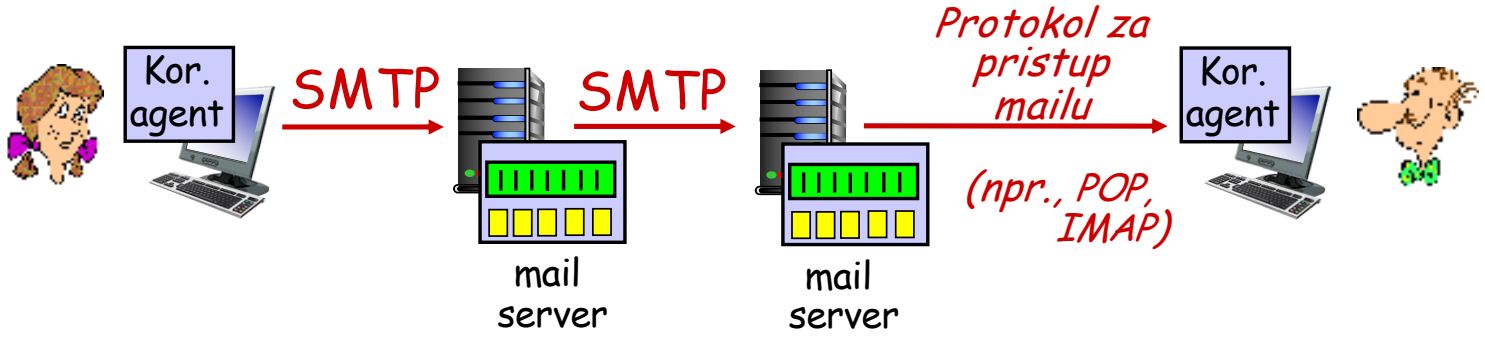
Aplikacije
- Drugi podaci koji moraju biti obrađeni odgovarajućim programom prije "gledanja"
- Primjeri podtipova : **`msword, octet-stream`**

Višedjelni tip

```
From: korisnikA@t-com.me
To: korisnikB@ac.me
Subject: Picture
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary=StartOfNextPart

--StartOfNextPart
Dear Bob, Please find a picture of me.
--StartOfNextPart
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg
base64 encoded data .....
.........................
......base64 encoded data
--StartOfNextPart
Do you want the recipe?
```

Protokoli Mail pristupa



- SMTP: predaja/smještanje e-mail poruka na serveru primaoca
- Protokol za pristup mailu: povlačenja e-mail sa servera
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - autorizacija (agent <-->server) i povlačenje sadržaja
    - Port 110
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 3501]
    - Više funkcija (složeniji od POP protokola)
    - Port 143
    - Manipulacija sačuvanim porukama na serveru
  - HTTP: gmail, Hotmail , Yahoo! Mail, nude web interfejs za SMTP slanje poruka i IMAP/POP prijem poruka.

DNS (*Domain Name System*)

Ljudi imaju mnogo dokumenata za identifikaciju:

- Ime/prezime, JMBG, broj pasoša,...

Internet hostovi, ruteri:

- IP adresa (32 bita) – koristi se za adresiranje datagrama
- "ime" servera, npr., mail.ac.me – koriste ga ljudi

P: Kako mapirati IP adrese i imena?

Domain Name System:

- Distribuirana baza podataka implementirana kao hijerarhija velikog broja servera imena
- Protokol nivoa aplikacije
- Hostovi, ruteri, serveri imena komuniciraju radi utvrđivanje imena (adresa/ime translacija)
  - napomena: ključna Internet funkcija, implementirana kao protokol nivoa aplikacije
  - Kompleksnost na "ivici" mreže
- Port 53,
- UDP,
- RFC 1034 i 1035.

DNS

Zašto ne centralizovani DNS?

- Jedna tačka otkaza
- Obim saobraćaja
- Centralizovana baza podataka
- Nadzor

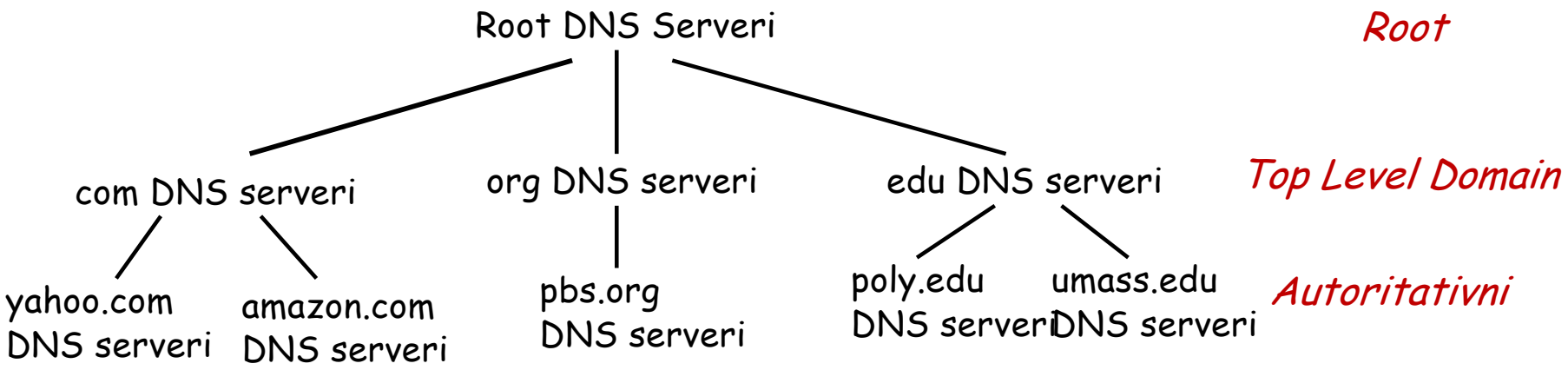
Ne odgovara!

- Comcast DNS serveri: 600 milijardi DNS upita/dnevno
- Akamai DNS serversi: 2.2 biliona DNS upita/dnevno

DNS servisi

- Translacija imena hosta u IP adresu
- Host *aliasing*
  - Kanonska (www.yahoo.akadns.com) i alias imena (www.yahoo.com)
- Mail server *aliasing*: "mail.ac.me" u "ac.me"
- Distribucija opterećenja
  - Replikacija Web servera: setovanje IP adresa za jedno kanoničko ime

Distribuirana i hijerarhijska baza podataka

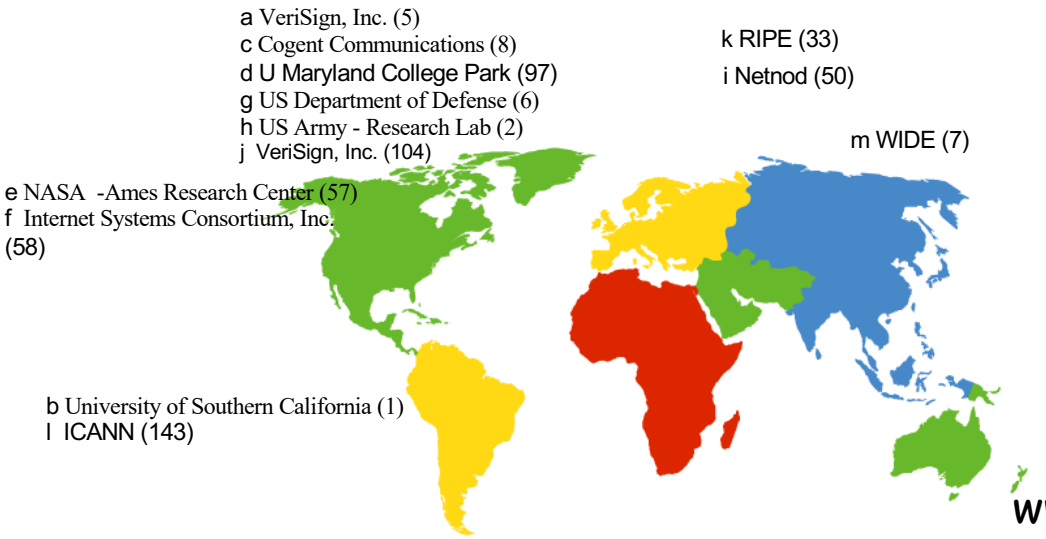


Klijent želi IP adresu za "www.amazon.com":

- Klijent pita root server da mu pronađe com DNS server
- Klijent pita jedan od com DNS servera da pronađe amazon.com DNS server
- Klijent pita amazon.com DNS server da mu pošalje IP adresu www.amazon.com

DNS: "Root" serveri imena

- Kontaktiraju ih lokalni serveri imena kada ne mogu da pronađu ime
- root server imena:
  - kontaktira autoritativni server imena ako mapiranje nije poznato
  - dobija mapiranje
  - vraća mapiranje lokalnom serveru imena



postoji 13 svetskih "root" servera imena pri čemu je svaki repliciran mnogo puta!

www.root-servers.org

TLD i Autorizacioni serveri

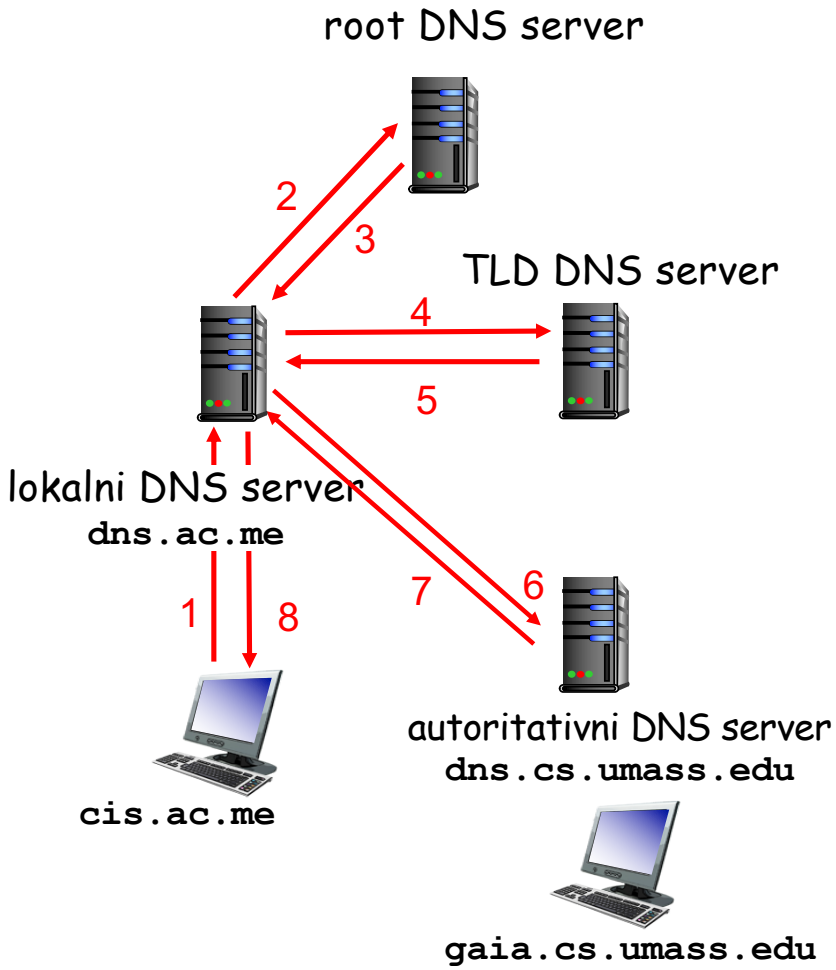
- Top-level domain (TLD) server su odgovorni za com, org, net, edu, etc, i sve *top-level* domene zemalja uk, fr, ca, jp, me…
  - "VeriSign" nadzire servere za com TLD
  - "Educause" za edu TLD
- Autoritativni DNS serveri: DNS serveri organizacije obezbjeđuju mapiranja imena hostova u IP adrese za servere organizacije (npr., Web i mail).
  - Može biti nadziran od strane organizacije ili servis provajdera

Lokalni DNS

- Striktno ne pripada hijerarhiji
- Svaki ISP (rezidencijalni ISP, kompanijski, univerzitet) ima jedan.
  - Još se zove "default DNS"
- Kada host napravi DNS upit, upit se šalje na njegov lokalni DNS server
  - Ponaša se kao DNS proxy, prosleđuje upite u hijerarhiju.
- Svaki ISP ima lokalni DNS name server
- Kako pronaći sopstveni?
  - MacOS: % scutil --dns
  - Windows: >ipconfig /all

Primjer 1

- Host cis.ac.me želi IP adresu za gaia.cs.umass.edu



Iterativni upit:

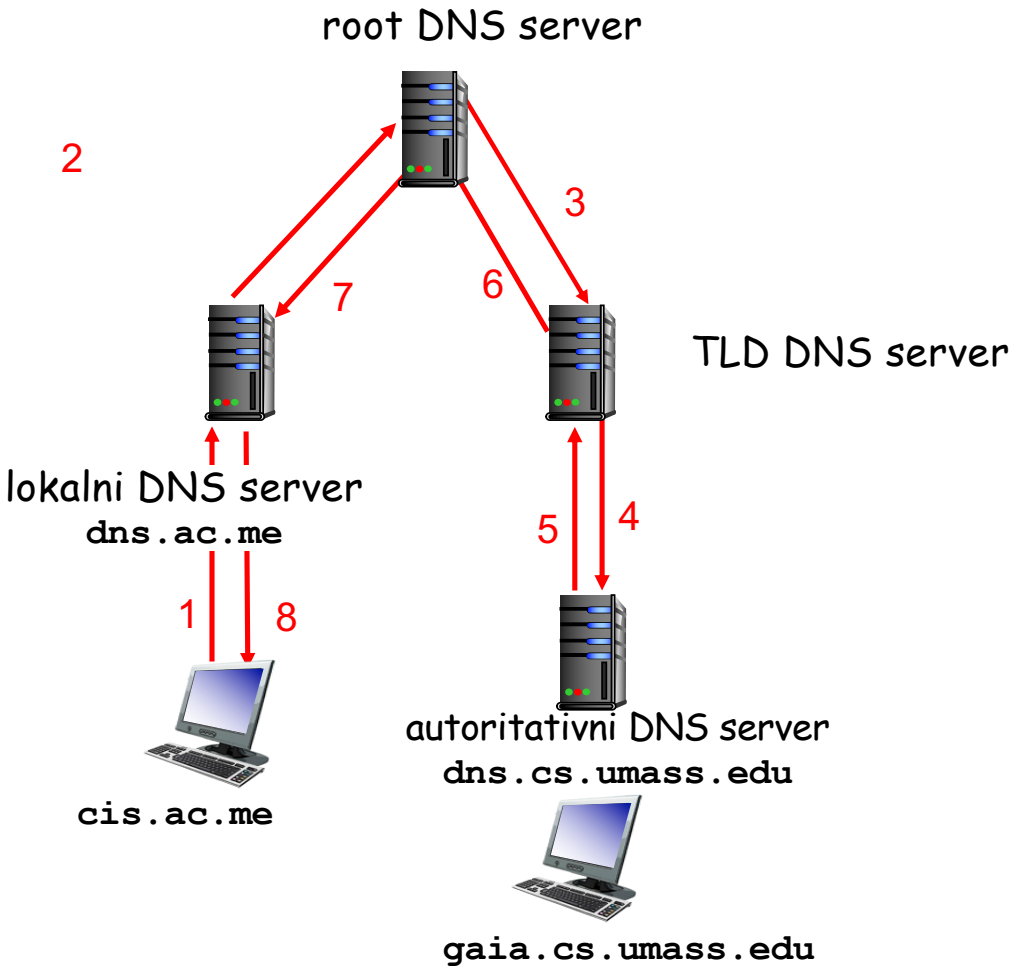
Kontaktirani server odgovara sa imenom servera kojeg treba kontaktirati

"Neznam ovo ime, ali pitaj ovaj server"

Primjer 2

Rekurzivni upit:

- Stavlja problem utvrđivanja imena na kontaktirani DNS
- Veliko opterećenje?



DNS: "caching" i "updating"

- Kada server imena definiše mapiranje on ga *čuva:*
  - Pri čemu se sačuvani podaci posle izvjesnog timeout perioda brišu
  - TLD serveri su tipično sačuvani u lokalnim DNS-ovima
    - Na taj način se root name serveri rijetko posjećuju
- *update/notify* mehanizmi su definisani od IETF za slučaje kada keširani podaci nisu ažurni
  - RFC 2136

DNS zapisi

DNS:
distribuirana baza podataka koja sadrži zapise resursa (resource records (RR))

RR format: **(name, value, type, ttl)**

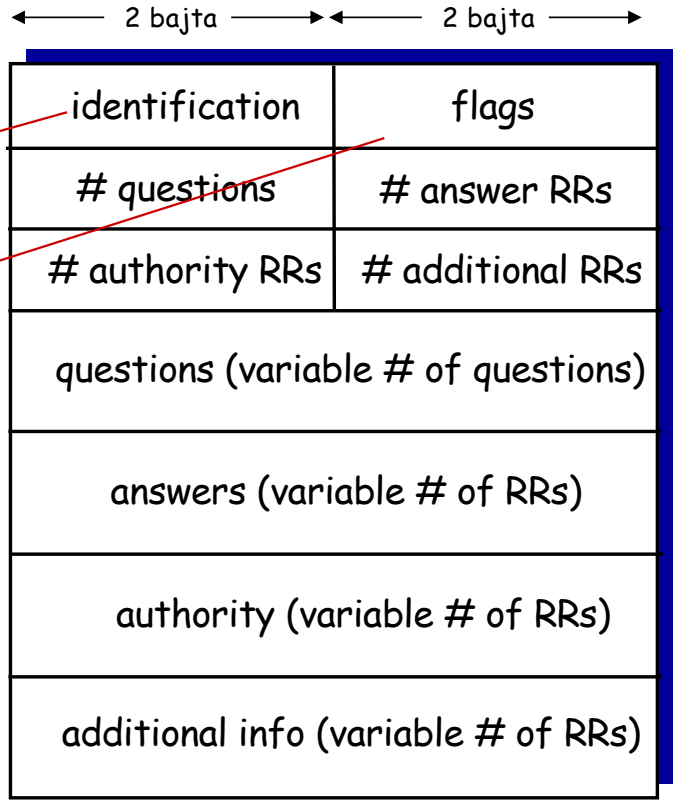
- Type=A
  - **name** je ime hosta
  - **value** je IP adresa
- Type=NS
  - **name** je domen
  - **value** je IP adresa autoritativnog name servera za ovaj domen
- Type=CNAME
  - **name** je alias ime nekog "kanoničkog" (stvarnog) imena
  - **value** je kanoničko ime
  - `www.ibm.com` je u stvari `e2874.x.akamaiedge.net`
- Type=MX
  - **value** je kanonično ime mail servera čiji je **name** alias ime.

DNS protokol, poruke

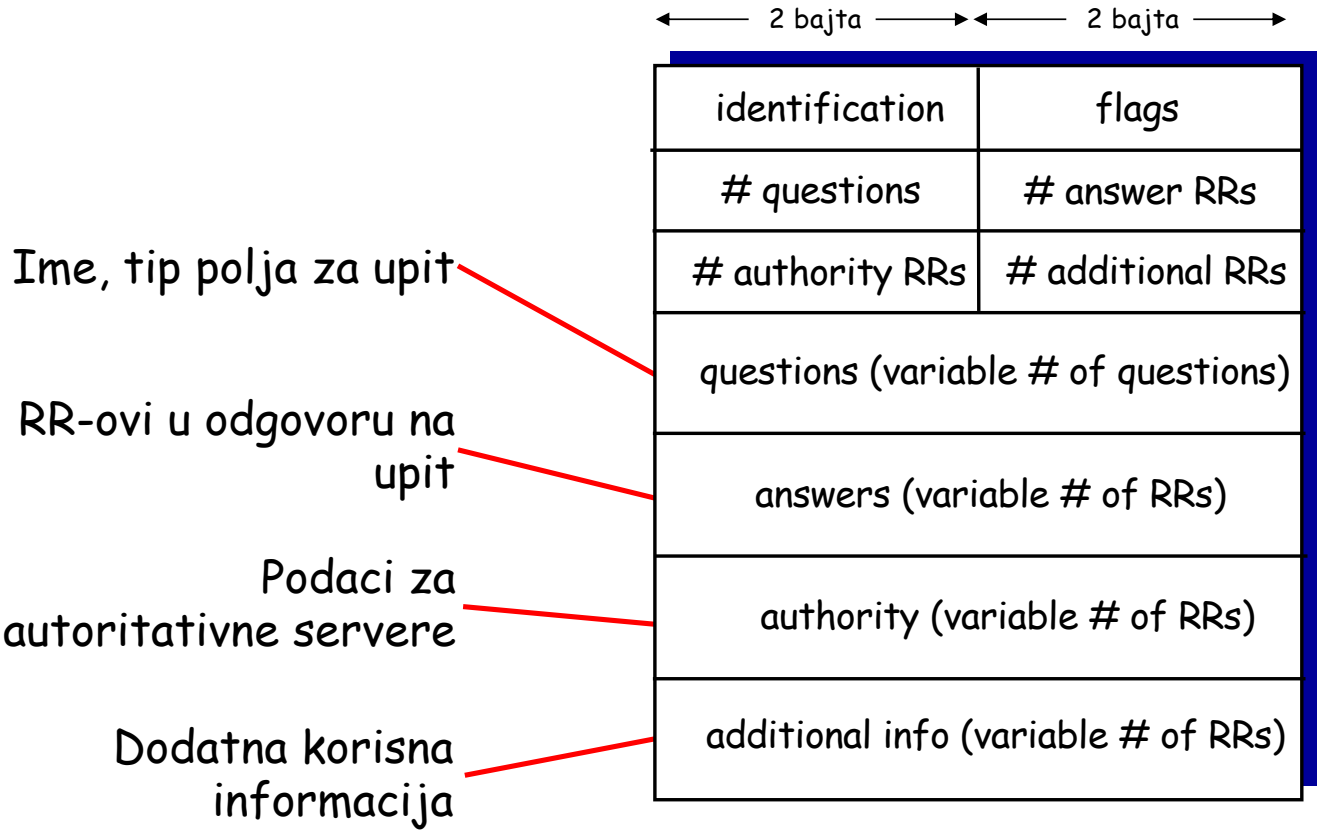
Upiti i odgovori, imaju isti format

Zaglavlje poruke

- identifikacija: 16 bitni broj za upit, odgovor na upit koristi isti broj
- oznake:
  - Upit ili odgovor
  - Poželjne rekurzije
  - Dostupne rekurzije
  - Odgovor (broj pojavljivanja tipova)



DNS protokol, poruke



Ubacivanje zapisa u DNS

- Primjer: osnovan je novi start up "Network Utopia"
- Registracija imena networkuptopia.com u registar (VeriSign)
  - Potrebno je dostaviti registru imena i IP adrese autoritativnog name server (primarnog i sekundarnog)
  - Registar ubacuje dva RR u sve com TLD servere:

```
(networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS)
(dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A)
```

- Postavlja u autoritativni server Type NS zapis za www.networkutopia.com i Type A zapis za dns1.networkutopia.com
- Kako se može saznati IP adresa nekog Web sajta?
- Kako poslati DNS poruku upita direktno DNS serveru?
  - nslookup komanda sa MSDOS comand prompta
  - Pomoću odgovarajućih sajtova

Napadi na DNS

DDoS napadi

- Bombardovanje root servera prekomjernim saobraćajem
  - Neuspješan do sada
  - Filtriranje saobraćaja
  - Lokalni DNS serveri keširaju IP adrese TLD servera, što obezbjeđuje zaobilaženje root servera
- Bombardovanje TLD servera
  - Mnogo opasnije!

Indirektni napadi

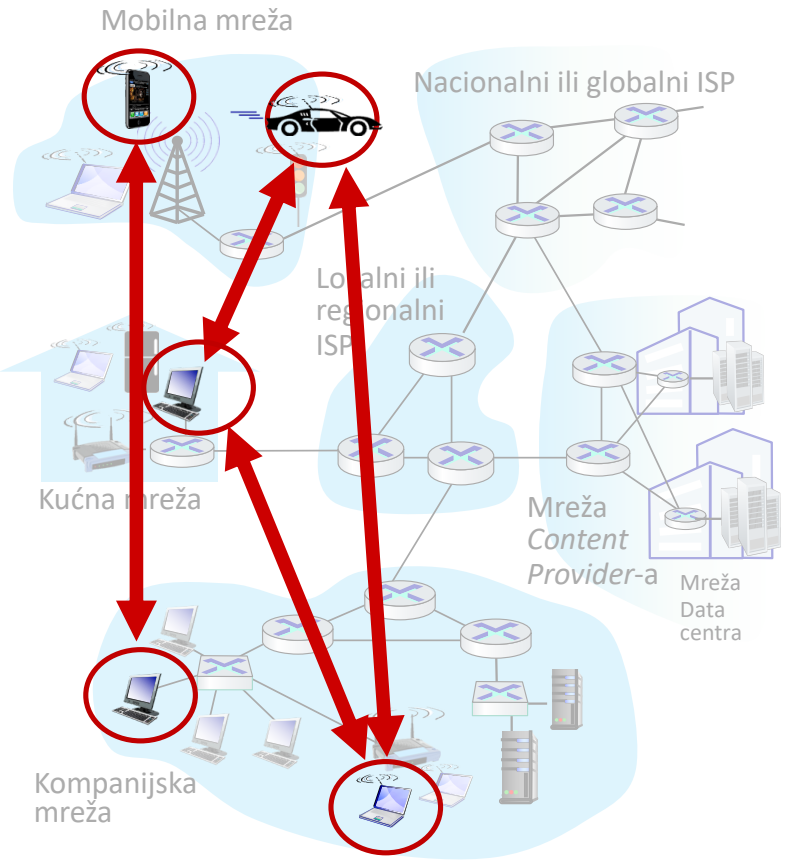
- Man-in-middle
  - Presrijetanje upita
- DNS *poisoning*
  - Slanje pogrešnih odgovora povezanih sa DNS serverom, koji se keširaju

Korišćenje DNS za DDoS

- Slanje upita sa ukradenih IP adresa: cilj je IP
- Zahtijeva potvrdu

P2P (*Peer-to-peer*)arhitektura

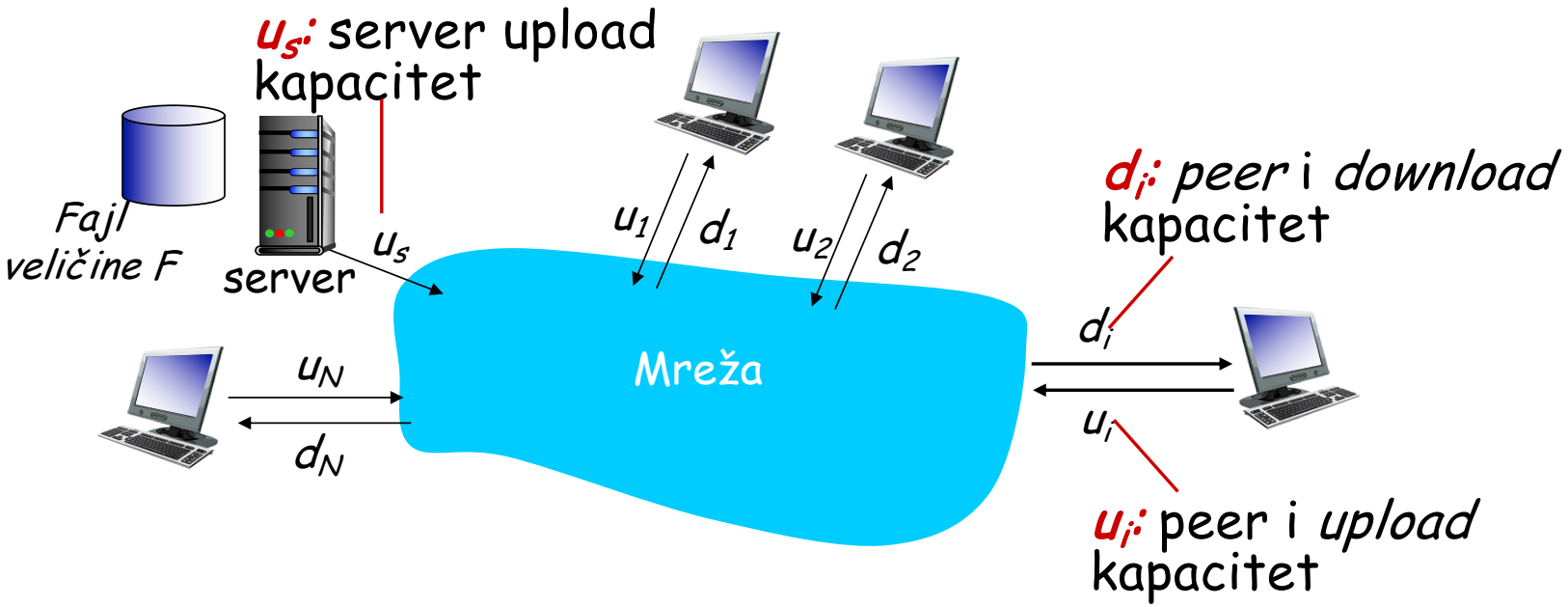
- Server nije uvijek aktivan
- Krajnji sistemi direktno komuniciraju
- *Peer*-ovi zahtijevaju servis od drugih *peer*-ova, nudeći za uzvrat servis ostalim *peer*-ovima
  - Samoskalabilnost jer novi *peer*-ovi donose nove servisne kapacitete ali i zahtjeve
- *peer* se povremeno povezuje i mijenja IP adresu
  - Kompleksno upravljanje
- P2P *file sharing* (BitTorrent), *streaming* (KanKan), VoIP (Skype)



Distribucija fajla: Klijent-server ili P2P

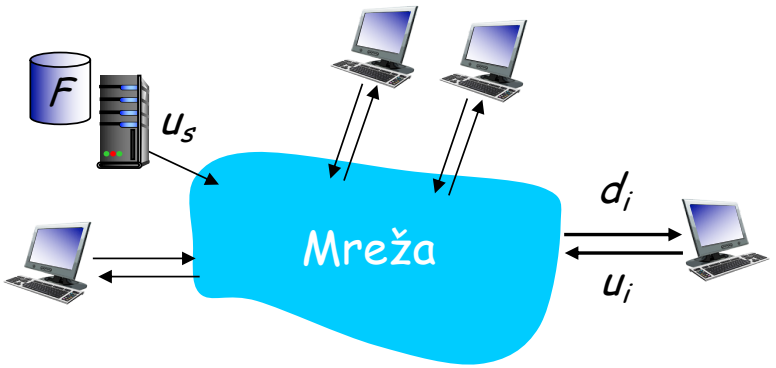
Za koje vrijeme se file veličine F može distribuirati od servera do N peer-ova?

- upload/download kapaciteti *peer*-ova su limitirani



Vrijeme distribucije fajla: klijent-server

- Server mora sukcesivno poslati N kopija fajla:
  - Vrijeme za slanje jedne kopije: F/u_s
  - Vrijeme za slanje N kopija: NF/u_s



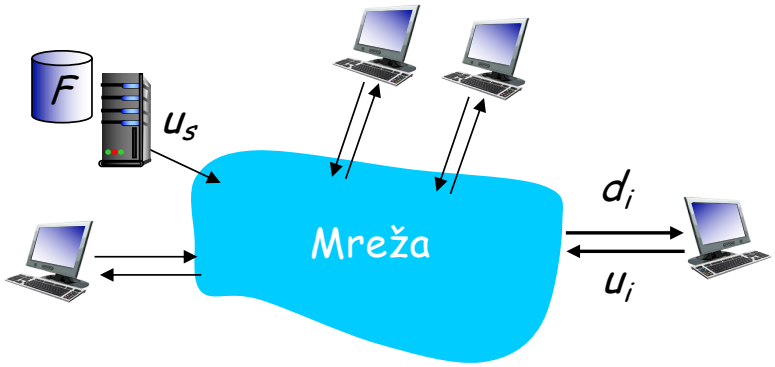
- Svaki klijent mora primiti kopiju fajla
  - d_{min} = min *download* brzina klijenta
  - min vrijeme klijentovog povlačenja fajla je: F/d_{min}

$$D_{c\text{-}s} \geq max\{NF/u_s, F/d_{min}\}$$

Linearno raste sa N

Vrijeme distribucije fajla: P2P

- Server mora poslati makar jednu kopiju fajla:
  - Vrijeme za slanje fajla: F/u_s
- Svaki klijent mora povući kopiju fajla
  - minimalno vrijeme klijentovog povlačenja fajla: F/d_{min}
- Svi klijenti moraju povući NF bita
  - Maksimalna brzina slanja koja ograničava brzinu povlačenja je $u_s + \Sigma u_i$

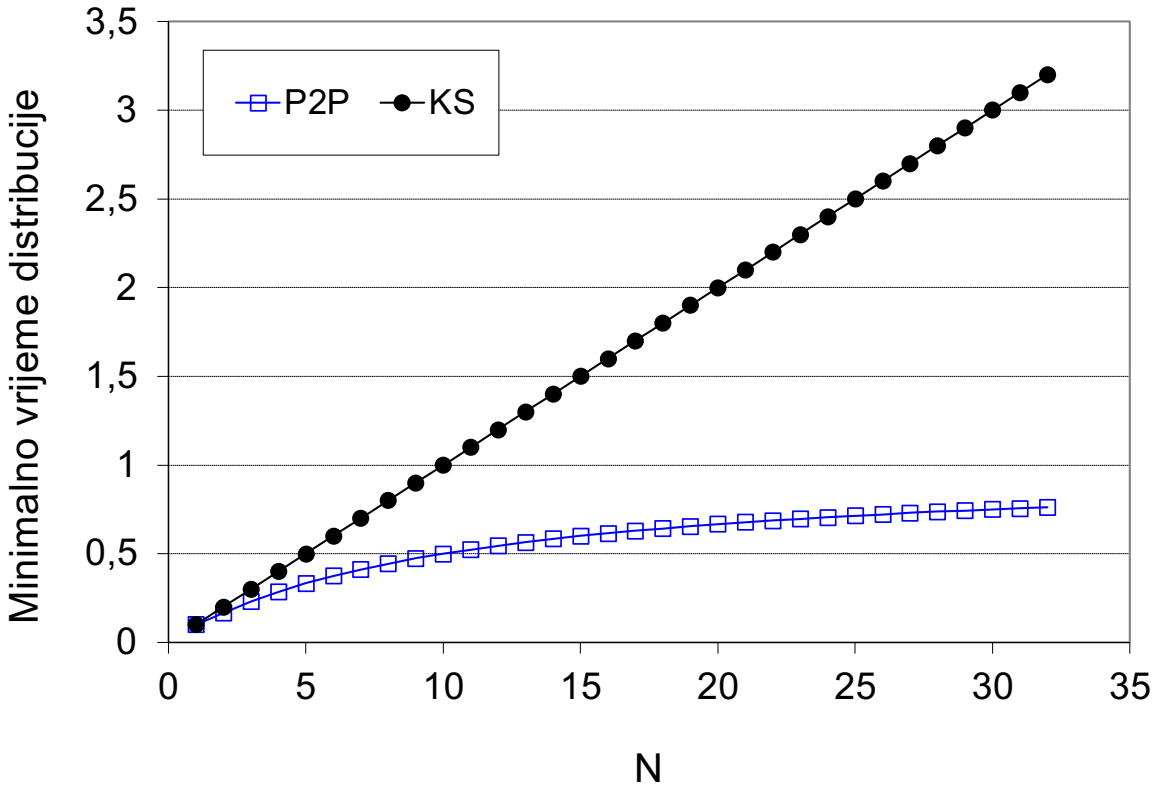


$$D_{P2P} \geq max\{F/u_s, F/d_{min}, NF/(u_s + \Sigma u_i)\}$$

Raste linearno sa N ali svaki peer dodaje svoj kapacitet

Jedno poređenje KS i P2P

Klijentova brzina uploada je u, F/u = 1h, $u_s = 10u$, $d_{min} \geq u_s$

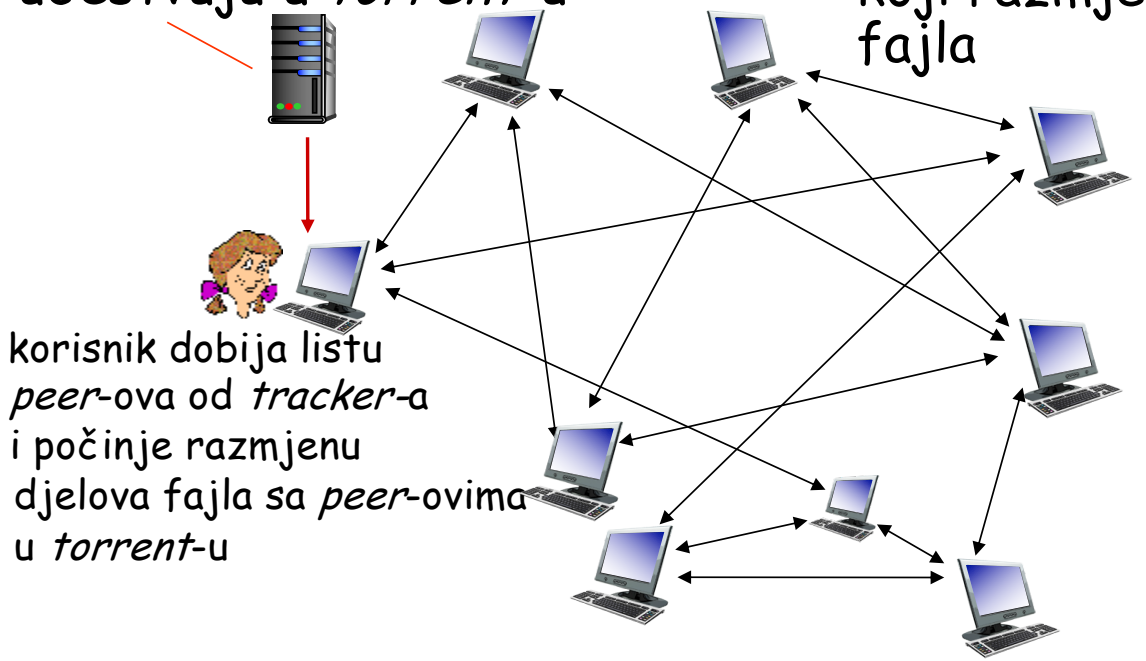


P2P distribucija fajla: BitTorrent

- Fajl se dijeli na djelove (*chunks*) veličine 256kB, 512kB ili 1MB
- *Peer*-ovi u *torrent*-u šalju/primaju djelove fajla

Tracker: prati *peer*-ove koji učestvuju u *torrent*-u

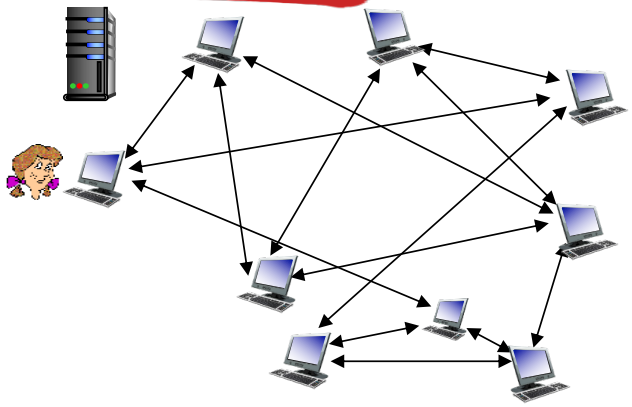
Torrent: grupa *peer*-ova koji razmjenjuju djelove fajla



korisnik dobija listu *peer*-ova od *tracker*-a i počinje razmjenu djelova fajla sa *peer*-ovima u *torrent*-u

P2P distribucija fajla: BitTorrent

- *peer* se pridružuje *torrent*-u:
  - Nema djelova fajla, ali će ih vremenom prikupiti od ostalih *peer*-ova
  - Registruje se kod *tracker*-a kako bi dobio listu *peer*-ova i povezuje se na podskup *peer*-ova ("susjedi")



- dok povlači, *peer* šalje djelove fajla drugim *peer*-ovima
- *peer* može promijeniti *peer*-ove sa kojim razmjenjuje djelove
- *peer*-ovi mogu dolaziti i odlaziti
- Jednom kada *peer* povuče kompletan fajl, može napustiti ili ostati u *torrent*-u

BitTorrent: zahtijevanje i slanje djelova fajla

Zahtijevanje djelova:

- U bilo kojem trenutku, različiti *peer*-ovi mogu imati različite podskupove djelova fajla
- Periodično *peer* pita svaki drugi *peer* za listu djelova koje posjeduje
- *Peer* zahtijeva nedostajuće djelove tražeći prvo one koji su najrjeđi

Slanje djelova:

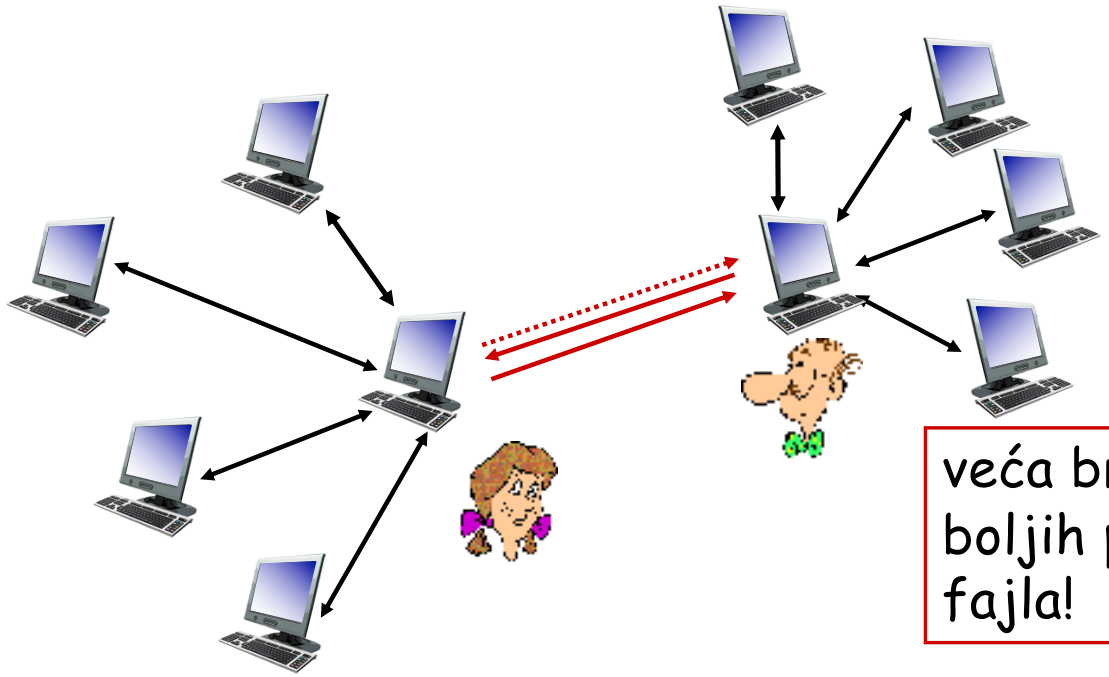
- *Peer* šalje djelove fajla četvorici *peer*-ova koji mu dostavljaju djelove fajla najvećom brzinom
  - Drugi *peer*-ovi ne dobijaju djelove
  - Svakih 10s se određuje top 4
- svakih 30s: slučajno bira drugi *peer* i počinje da mu šalje djelove fajla
  - Pokušava da aktivira novog *peer*-a
  - Novi *peer* može ući u njegov top 4

BitTorrent: slanje djelova fajla

(1) *Peer* pokušava da aktivira drugog *peer*a

(2) *Peer* postaje jedan od Top 4 drugog *peer*a tako da drugi *peer* uzvraća

(3) Drugi *peer* postaje prvom jedan od Top 4



veća brzina slanja: pronalaženje boljih partnera i brže dobijanje fajla!

Video Streaming i CDN

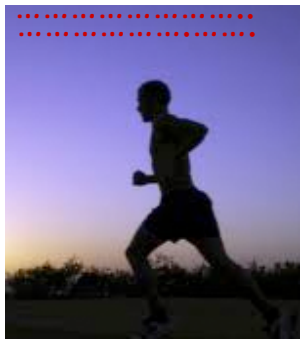
- Prenos *streaming* video saobraćaja je glavni potrošač Internet kapaciteta danas
  - Netflix, YouTube, Amazon Prime: 80% rezidencijalnog ISP saobraćaja (2020)
- Kako doseći milijardu korisnika?

- Kako prevazići heterogenost korisnika (žični, mobilni, visoke ili niske brzine prenosa)?
- Moguće rješenje je distribuirana infrastruktura nivoa aplikacije

Multimedija: video

- Video je sekvenca slika koje se prikazuju konstantnom brzinom (npr 24 slike/s)
- Digitalna slika je matrica piksela koji se predstavljaju bitima
- Kodiranje je korišćenje redundanse u i između slika radi smanjenja broja bita koji se koriste za kodiranje slike
  - prostorno (u slici)
  - vremensko (od slike do slike)

Primjer prostornog kodiranja: umjesto slanja više vrijednosti iste boje šalju se dvije vrijednosti : vrijednost koja odgovara boji i broj ponavljanja



frejm *i*

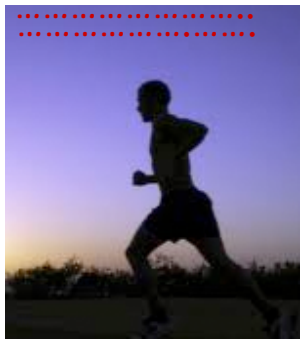
frejm *i+1*

Primjer vremenskog kodiranja: umjesto slanja kompletnog frejma šalje se samo razlika između frejmova

Multimedia: video

- CBR: (*constant bit rate*): video kodiran fiksnom brzinom
- VBR: (*variable bit rate*): video kodiran brzinom koja se mijenja u funkciji promjena prostornog i vremenskog kodiranja
- Primjeri:
  - MPEG 1 (CD-ROM) 1.5 Mb/s
  - MPEG2 (DVD) 3-6 Mb/s
  - MPEG4 (često korišćen na Internetu, 64 kb/s – 12 Mb/s)

Primjer prostornog kodiranja: umjesto slanja više vrijednosti iste boje šalju se dvije vrijednosti : vrijednost koja odgovara boji i broj ponavljanja



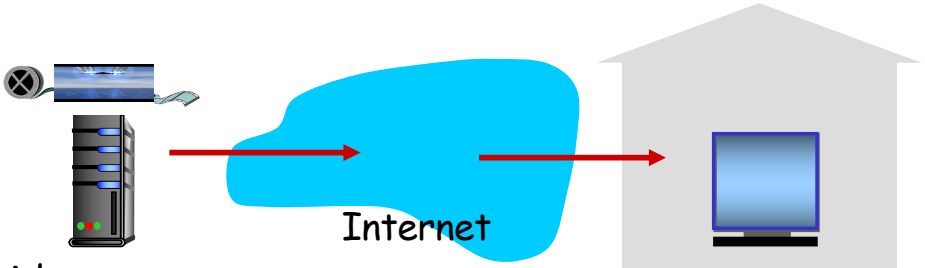
frejm *i*

frejm *i+1*

Primjer vremenskog kodiranja: umjesto slanja kompletnog frejma šalje se samo razlika između frejmova

Streaming video

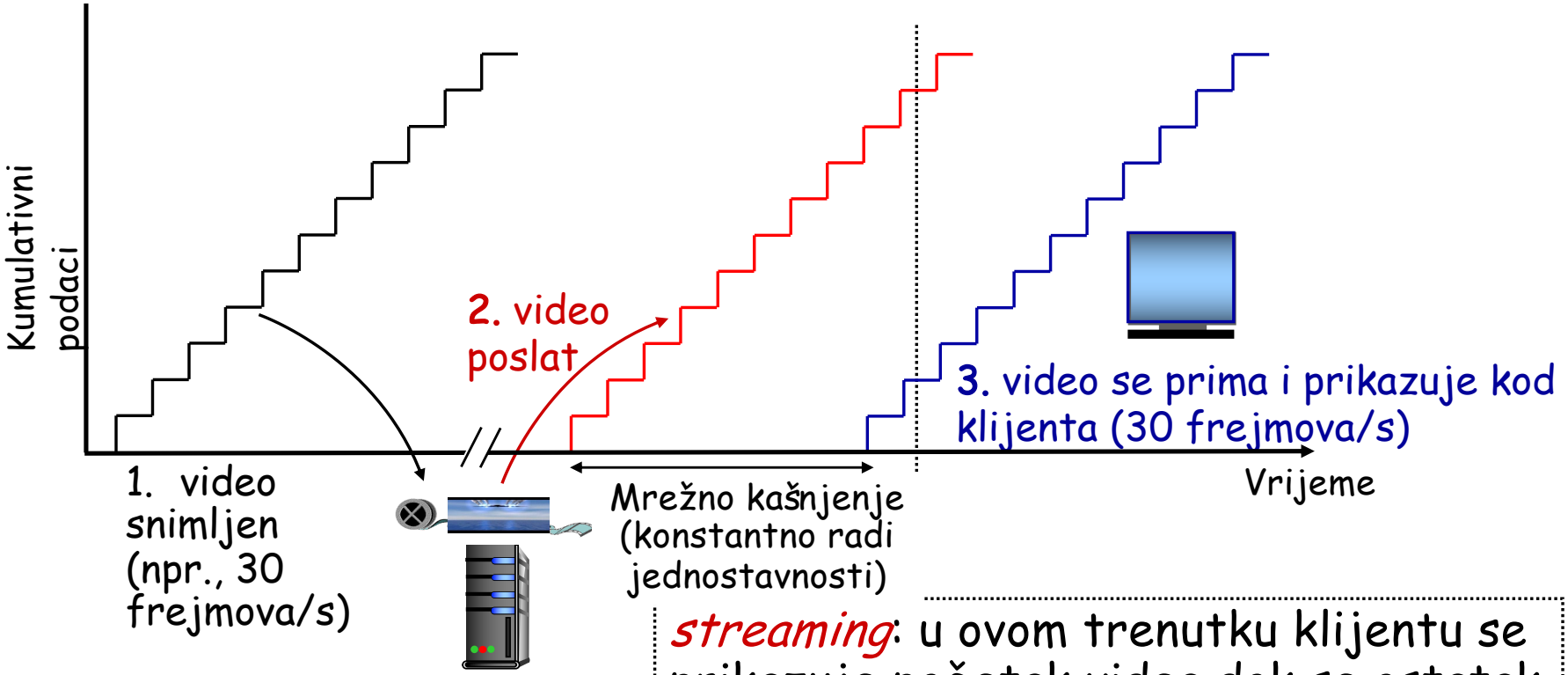
Jednostavan scenario:



Ključni izazovi:

- Kapacitet mreže između servera i klijenta varira u vremenu saglasno varijaciji zagušenja u rezidencijalnoj mreži, pristupnoj mreži, jezgru mreže i video serveru
- Gubitak paketa i kašnjenje uslijed zagušenja će usporavati video i obarati kvalitet

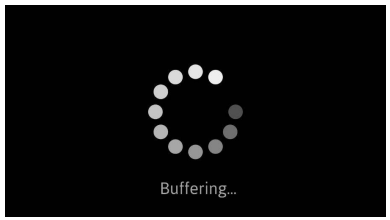
Streaming video



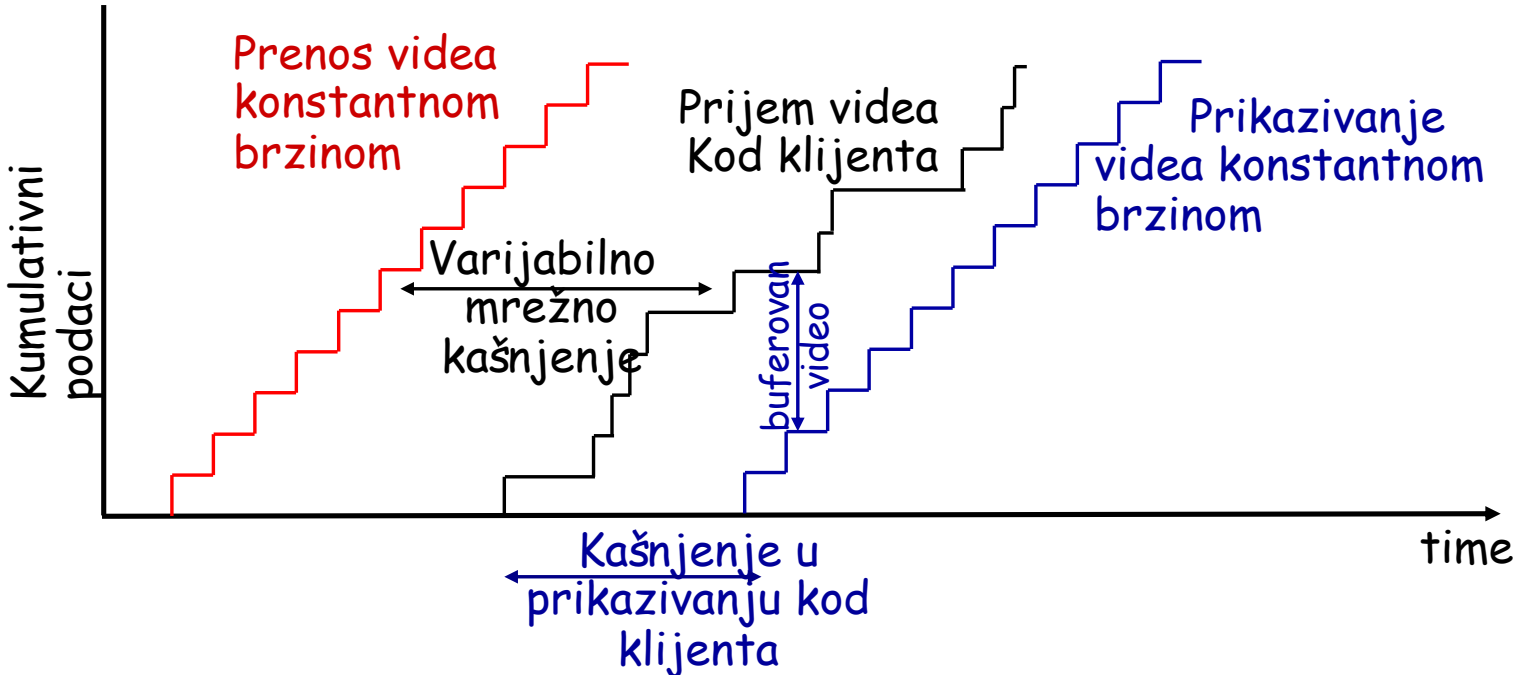
streaming: u ovom trenutku klijentu se prikazuje početak videa dok se ostatak još uvijek šalje

Streaming video: izazovi

- Kontinualno prikazivanje je izazov jer se mrežno kašnjenje mijenja tako da je na klijentskoj strani potreban bafer
- Drugi izazovi:
  - Klijentove interakcije (početak, pauza, naprijed, nazad,...
  - Video paketi mogu biti izgubljeni što izaziva retransmisije



Streaming video: baferovanje



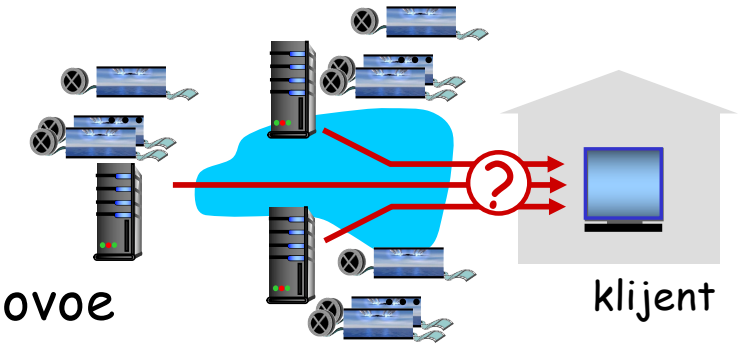
- baferovanje kod klijenta i kašnjenje prikazivanja kompenzuju mrežno kašnjenje i jitter

Streaming multimedia: DASH

Dynamic, Adaptive Streaming over HTTP

server:

- dijeli video fajl na djelove
- svaki dio se kodira različitom brzinom
- različite brzine kodiranja su smještene u različite fajlove
- fajlovi se repliciraju u različite CDN čvorovoe
- manifest fajl: obezbjeđuje URLove za različite djelove videa

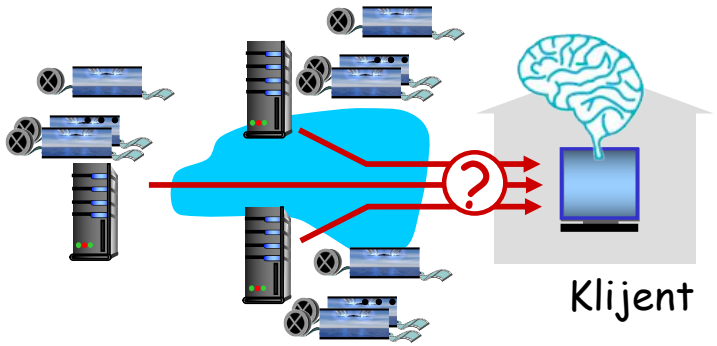


klijent:

- periodično estimira propusnost mreže između servera i klijenta
- konsultuje manifest zahtijevajući u jednom trenutku jedan dio video fajla
  - bira maksimalnu brzinu kodiranja koju podržava data propusnost mreže
  - može birati različite brzine kodiranja u različitim trenucima zavisno od propusnosti mreže, kao i različite servere

Streaming multimedia: DASH

- klijent određuje
  - kada se zahtijeva dio fajla tako da se ne isprazni ili ne prepuni bafer
  - zahtijevanu brzinu kodiranja (veći kvalitet znači veću potrebnu propusnost)
  - traženi dio fajla odnosno bira server sa većom propusnošću ili server do kojeg je manje kašnjenje



Streaming video = kodiranje + DASH + baferovanje prikazivanja

Content distribution networks (CDNs)

Kako slati video sadržaj izabran između mnoštva videa stotinama ili hiljadama simultanih korisnika?

Opcija 1: jedan, veliki mega server

- Jedna tačka otkaza
- Tačka zagušenje mreže
- Dugačak i vjerovatno zagušen put do udaljenih korisnika

Rješenje nije skalabilno!

Content distribution networks (CDNs)

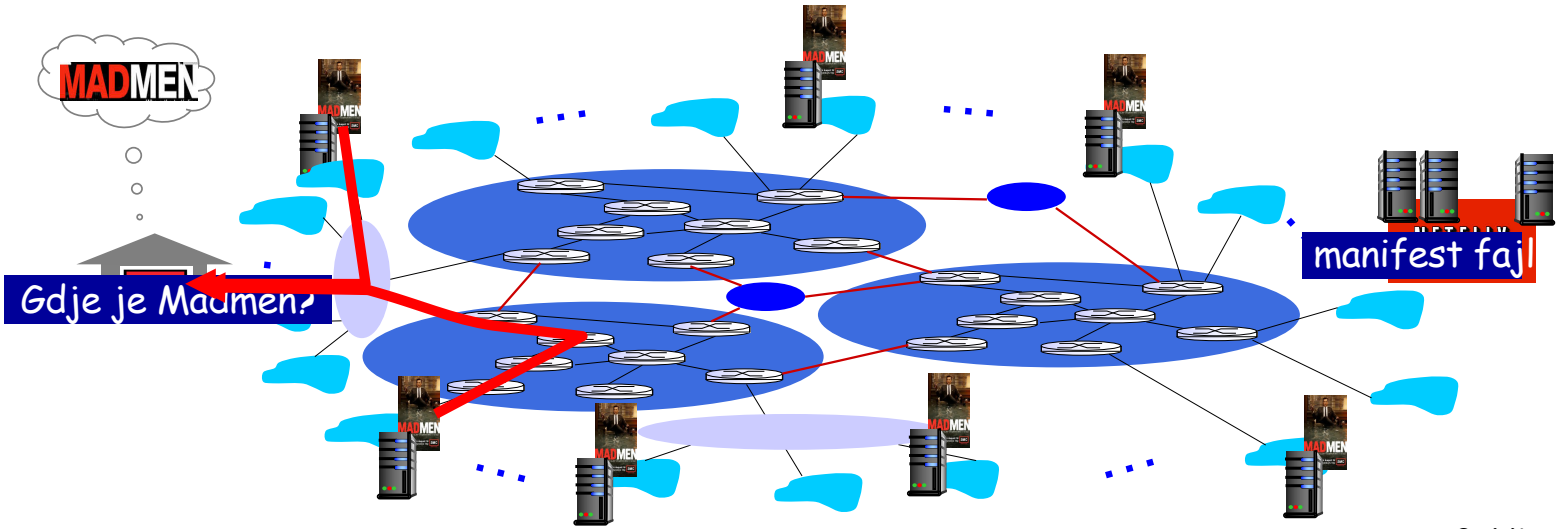
Kako slati video sadržaj izabran između mnoštva videa stotinama ili hiljadama simultanih korisnika?

Opcija 2: smještati i slati kopije videa sa više geografski distribuiranih sajtova

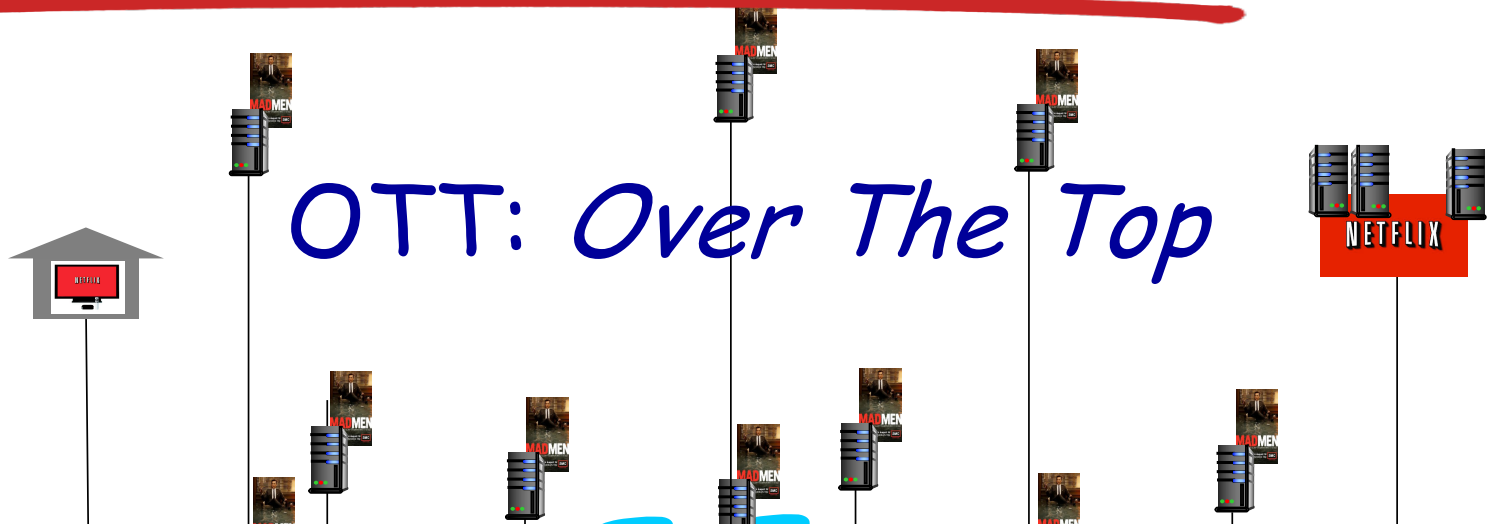
- *enter deep:* smjestiti CDN servere duboko u mnogo pristupnih mreža
  - Blizu korisnicima
  - Akamai: 240,000 servera u radu u više od 120 zemalja (2015)
- *bring home:* manji broj (desetak) velikih klastera u POP-vima blizu pristupnih mreža
  - Kao kod Limelight

Content distribution networks (CDNs)

- smještaju kopije sadržaja na CDN čvorove
- Korisnik traži sadržaj, a od operatora dobija manifest
  - Koristeći manifest klijent dobija sadržaj najvećom mogućom brzinom
  - Može birati različite brzine ili kopije ako je mreža zagušena



Content distribution networks (CDNs)



Internet host-host komunikacija kao servis

OTT izazovi: Kako se "izboriti" sa Internetom?

- Koji sadržaj smjestiti u kojem CDN čvorištu?
- Sa kojeg CDN čvorišta povlačiti sadržaj? Kojom brzinom?

Pristup CDN sadržaju: Netflix