

Uvod u veb i internet tehnologije





Internet, usluge i protokoli





Opis Interneta



Opis Interneta

- Internet je najveća i najznačajnija mreža današnjice
- Ona povezuje veliki broj različitih mreža i računare širom cele planete
- S obzirom na to da Internet veoma kompleksan, teško je definisati ga jednom rečenicom
- Dve grupe opisa Interneta se mogu sresti u literaturi:
 - strukturni opisi
 - funkcionalni opisi



Strukturni opis Interneta

Sa strukturnog stanovišta, Internet se definiše preko hardverskih, komunikacionih i softverskih komponenti koje ga sačinjavaju

- Sa ovog stanovišta, Internet je WAN mreža koja povezuje mnoštvo manjih privatnih ili javnih mreža
- Internet omogućava računarima i drugim uređajima povezanim na ove mreže da međusobno komuniciraju
- Komunikacioni kanali su izgrađeni od veoma različitih fizičkih komunikacionih tehnologija (raznih vrsta kablova, bežičnih veza, satelitskih veza)
- Krajnji računari se nazivaju i **host računari**
- Između host računara postoje obično samo posredne veze preko uređaja koji se nazivaju **ruteri**



Strukturni opis Interneta (2)

- Struktura Interneta je **hijerarhijska**:
 - host računari su povezani u mrežu njihovih lokalnih Internet dobavljača (Internet Service Provider – **ISP**),
 - uređaji lokalnih dobavljača su povezani u regionalne mreže,
 - regionalne mreže su povezane u nacionalne i internacionalne mreže, itd.
- I host računari i ruteri poštuju IP protokol komunikacije koji, između ostalog, svakom od njih dodeljuje jedinstvenu logičku adresu koja se naziva **IP adresa**
- IP protokol definiše mogućnost slanja paketa informacija između hostova i rutera
- Paketi informacija od hosta do hosta putuju preko niza rutera, pri čemu se putanja automatski određuje i hostovi nemaju kontrolu nad putanjom paketa (koristi se paketno komutiranje)
- Softver host računarima korisnicima pruža različite usluge



Funkcionalni opis Interneta

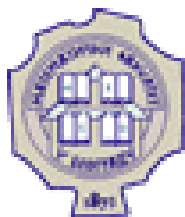
Sa funkcionalnog stanovišta, Internet se definiše preko usluga koje nudi svojim korisnicima

- Sa tog stanovišta, Internet je mrežna infrastruktura koja omogućava rad distribuiranim aplikacijama koje korisnici koriste
 - Ove aplikacije uključuju veb (World Wide Web) koji omogućava korisnicima pregled hipertekstualnih dokumenata, elektronsku poštu (e-mail), prenos datoteka (ftp, scp) izmedđu računara, upravljanje računarima na daljinu preko prijavljivanja na udaljene računare (telnet, ssh), slanje instant poruka (im), itd.
- Vremenom se gradi sve veći i veći broj novih aplikacija
 - Ove aplikacije međusobno komuniciraju preko svojih specifičnih aplikacionih protokola (npr. HTTP, SMTP, POP3, . . .)
- Svi aplikacioni protokoli komuniciraju korišćenjem dva transportna protokola: TCP i UDP



Funkcionalni opis Interneta (2)

- Dakle, transportni protokoli Interneta su
 - TCP - protokol sa uspostavljanjem konekcije koji garantuje da će podaci koji se šalju biti dostavljeni ispravno, u potpunosti i u redosledu u kome su poslati
 - UDP - protokol bez uspostavljanja konekcije koji ne daje nikakve garancije o dostavljanju

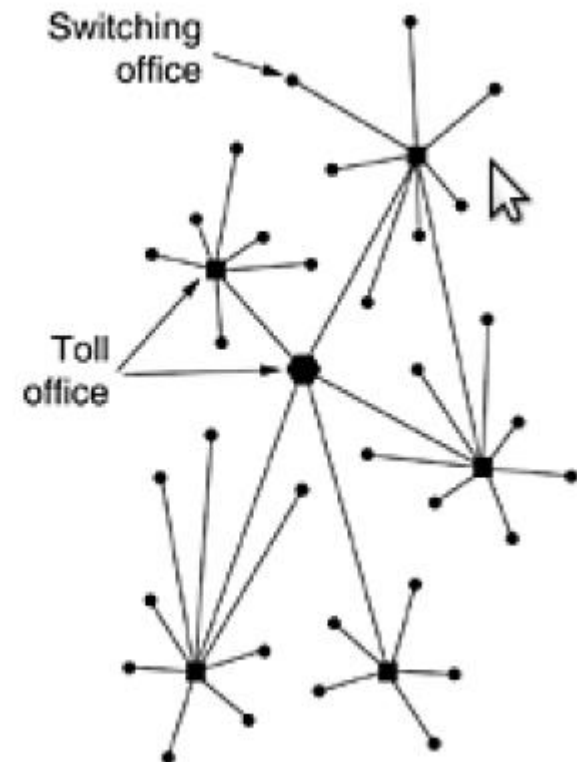


Istorijat Interneta



Prve ideje

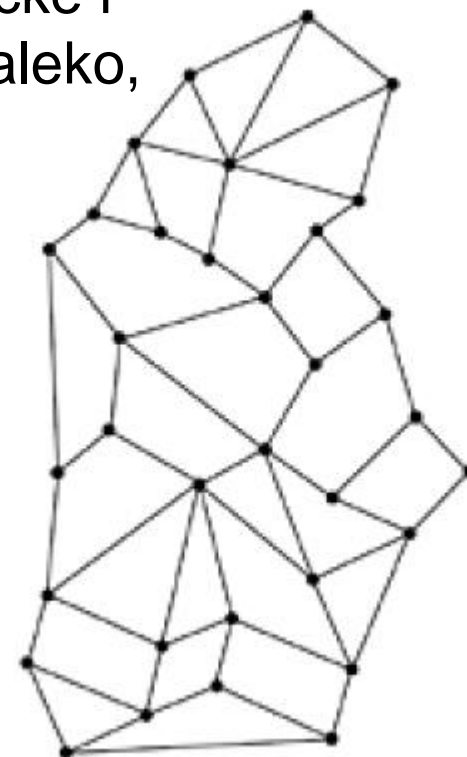
- Kasnih 1950-tih godina, na vrhuncu hladnog rata, Ministarstvo odbrane USA je želelo da uspostavi mrežu komunikacije projektovanu tako da može da preživi eventualni prvi nuklearni udar protivnika
- U to vreme vojne komunikacije su koristile javnu telefonsku mrežu, što se smatralo veoma ranjivim
- Slika koja prikazuje hijerarhijski način organizacije telefonske mreže jasno ukazuje da ukoliko dođe do kvara u malom broju čvorova, većina komunikacije biva prekinuta





Prve ideje (2)

- Oko 1960. godine Ministarstvo odbrane angažuje RAND korporaciju, a Pol Baran predlaže rešenje prikazano na slici
- Podaci od čvora do čvora putuju bilo kojom od dostupnih putanja
- Pošto su u tom slučaju neke putanje predugačke i analogni signal nije mogao da se šalje tako daleko, predloženo je da se koristi digitalno paketno komutiranje (packet-switching)
- U Pentagonu je ovaj koncept prihvaćen, međutim, nakon konsultacija sa AT&T, vodećom telefonskom kompanijom u SAD, koncept biva odbačen





ARPANET

- U oktobru 1957, kao odgovor na rusko lansiranje satelita Sputnik, predsednik SAD Ajzenhauer osniva **ARPA** - agenciju čiji je zadatak da subvencionise istraživanja pri univerzitetima i kompanijama čije se ideje čine obećavajućim
- 1967. godine, direktor ARPA Lari Roberts, odlučuje da jedan od zadataka ARPA treba da bude i ulaganje u komunikacije
- Nailazi se na ranije odbačen Baranov rad, čiji je minijaturni prototip već bio implementiran u Velikoj Britaniji i donosi se odluka da se sagradi mreža, koja će biti poznata pod imenom ARPANET



ARPANET (2)

- ARPANET ima sledeće karakteristike:
 - Svaki čvor mreže se sastojao od mini računara (hosta) na koji je nadograđen uređaj pod imenom IMP (Interface Message Processor)
 - Kako bi se povećala pouzdanost, svaki IMP je bio povezan bar sa još dva udaljena IMP-a
 - Udaljeni IMP-ovi su međusobno bili povezani žičanim komunikacionim linijama brzine 56Kbps – najbržim u to vreme
 - Poruke koje su slane između hostova su se delile na pakete fiksirane dužine i svaki paket je mogao da putuje alternativnim putanjama
 - Svaki paket je morao u potpunosti da bude primljen u jedan IMP pre nego što se prosledi sledećem
- Dakle, ARPANET je bila prva store-and-forward packet-switching mreža



ARPANET (3)

- Tender za izgradnju mreže dobila je američka kompanija BBN
- U pisanju softvera učestvovao je i određen broj postdiplomaca sa funiverziteta koji su imali ugovor sa Ministarstvom odbrane USA
- Mreža je prvi put javno prikazana u decembru 1969. godine sa četiri povezana čvora:
 1. UCLA (University of California at Los Angeles)
 2. UCSB (University of California at Santa Barbara)
 3. SRI (Stanford Research Institute)
 4. UU (University of Utah)
- Mreža je izrazito brzo rasla i do kraja 1972. godine bilo je povezano četrdesetak velikih čvorova u SAD
- Kako bi se pomoglo rastu ARPANET-a, ARPA je takode finansirala i istraživanja na polju satelitskih komunikacija i pokretnih radio mreža



ARPANET (4)

- Ubrzo se uvidelo da je za dalji rast mreže uz mogućnost korišćenja različitih komunikacionih tehnologija potrebno ustanoviti i kvalitetne komunikacione protokole
- 1974. godine dizajniran je TCP/IP model i protokol
- Kompanija BBN i univerzitet Berkley su ugradili softversku podršku ovih protkola u Berkley Unix operativni sistem, kroz uvođenje programskog interfejsa za mrežno programiranje (tzv. soketa) i izgradnju niza aplikacija za rad u mrežnom okruženju
- Tokom 1980-tih veliki broj dodatnih mreža, naročito LAN, je povezan na ARPANET
- Povećanjem dimenzije mreže, pronalaženje odgovarajućeg hosta postaje problematično i uvodi se DNS (Domain Name System)



NSFNET

- Kasnih 1970-tih, fondacija U.S. National Science Foundation (NSF) uvida ogroman pozitivan uticaj ARPANET-a na razvoj nauke, kroz omogućavanje udaljenim istraživačima da dele podatke i učestvuju u zajedničkim istraživanjima
- Da bi neki univerzitet mogao da koristi ARPANET, neophodno je bilo da ima ugovor sa Ministarstvom odbrane USA, što mnogi univerziteti nisu imali
- NSF odlučuje da se izgradi naslednik ARPANET mreže, koja bi omogućila slobodan pristup svim univerzitetskim istraživačkim grupama
- Projekat je započeo izgradnjom kičme mreže (backbone), koja je povezivala šest velikih računarskih centara u SAD
- Super-računarima su priključeni komunikacioni uredaji koji su nazivani fuzzball (poput IMP u slučaju ARPANET)



NSFNET (2)

- Karakteristike razvijene mreže:
 - Hardverska tehnologija je bila identična tehnologiji korišćenoj za ARPANET
 - Međutim, softver se razlikovao - mreža je odmah bila zasnovana na TCP/IP protokolu
- Pored kičme, NSF je izgradio i dvadesetak regionalnih mreža koje su povezane na kičmu, čime je zvanično izgrađena mreža poznata kao NSFNET
- Ova mreža je priključena na ARPANET povezivanjem fuzball i IMP na univerzitetu CMU (Carnegie-Mellon University)
- NSFNET je bio veliki uspeh i komunikaciona tehnologija u kičmi mreže je kroz nekoliko faza proširivana i unapređivana do brzina od 1.5Mbps početkom 1990-tih



NSFNET (3)

- Vremenom se shvatilo da vlada SAD nema mogućnost samostalnog finansiranja održavanja i proširivanja NSFNET mreže
- Odlučeno je da se mreža preda komercijalnim kompanijama koje bi, uz ostvarivanje sopstvenog profita, izvršile značajne investicije u razvoj
- Ovo se pokazuje kao dobar potez i 1990-tih godina, uključivanjem komercijalnih kompanija, brzina komunikacije u okviru NSFNET mreže, povećana je sa 1.5Mbps na 45Mbps
- Različite kompanije počinju da grade zasebne mrežne komunikacione kanale, pa da bi bila moguća komunikacija različitim kanalima svi oni bivaju povezani u okviru čvorova pod imenom NAP (Network Access Point)
- Umesto postojanja jedinstvene mreže, paket koji putuje može da bira bilo koju od raspoloživih mrežnih infrastruktura

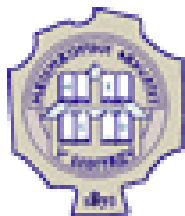


„Mreža svih mreža“

- Paralelno sa razvojem ARPANET-a i NSFNET-a, i na ostalim kontinentima nastaju mreže pravljene po uzoru njih (npr. u Evropi su izgradene EuropaNET i EBONE)
- Sve ove postepeno bivaju povezane u jedinstvenu svetsku mrežu
- Sredinom 1980-tih godina počinje se ova kolekciju različitih spojenih mreža posmatrati kao medumreža (internet), a kasnije i kao jedinstveni svetski entitet – Internet*
- Danas se može smatrati da je uređaj priključen na Internet ukoliko koristi softver koji komunicira TCP/IP protokolima, koji ima IP adresu i može da šalje IP pakete ostalim uređajima na Internetu

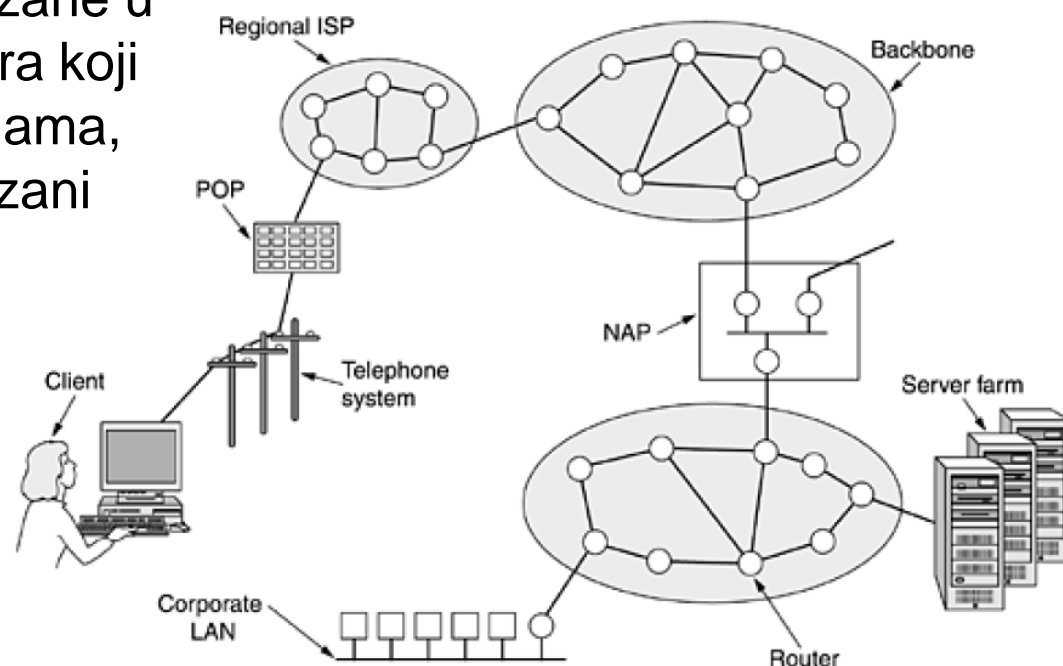


Arhitektura Interneta



Arhitektura Interneta

- Klijent se povezuje, nekom od pristupnih tehnologija, u slučaju prikazanom na slici modemskim pristupom sa ISP računarom
- ISP održava regionalnu mrežu svojih rutera i povezan je na neku od kičmi Interneta
- Različite kičme su povezane u okviru NAP-stanice rutera koji pripadaju različitim kičmama, a u okviru NAP su povezani brzom LAN vezom.





Arhitektura Interneta (2)

Elementi mrežnog hardvera koji se koriste:

- **Hab** (hub) - dobijene poruke prosleđuje svim priključenim uređajima
 - Ne može kontrolisati propuštanje paketa koje šalje povezanim uređajima
 - Ne može odrediti najbolji put za slanje paketa
 - Nisu efikasni
 - Koriste se u malim mrežama, sa niskim nivoom komunikacije
 - Radi na nivou sloja veze podataka – nisko, najbliže fizičkom sloju
- **Most** (bridge) - povezuje lokalnu mrežu sa drugom lokalnim mrežom koja koristi isti protokol
 - Ima jedinstveni ulazni i jedinstveni izlazni port
 - Kontrolise propuštanje paketa na mreži na osnovu MAC adrese odredišta – ne šalje sve pakete bez kontrole
 - Pakete prosleđuje samo mreži u kojoj se nalazi primalac
 - Radi na nivou sloja veze podataka



Arhitektura Interneta (3)

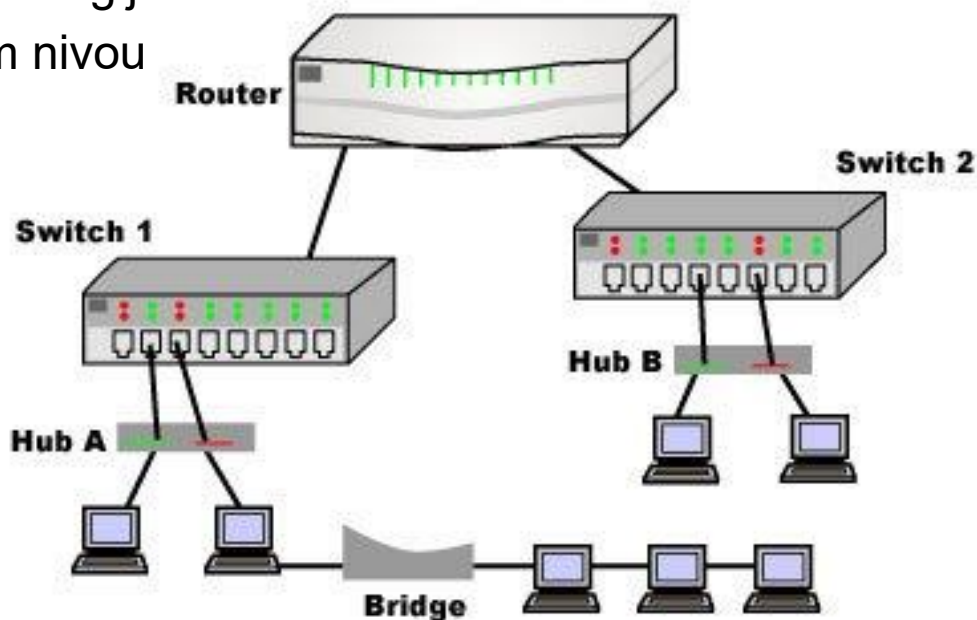
Elementi mrežnog hardvera koji se koriste:

- Svič (switch) - povezuje dve ili više nezavisnih mreža
 - Podržava veći broj ulaznih i izlaznih portova
 - Vršiti kontrolu greške pre prosleđivanja paketa
 - U zavisnosti od tipa, realizuju prosleđivanje na nivou veze podataka (zasnovano na MAC adresama) i na nivou mreže (zasnovano na IP adresama)
 - Pakete prosleđuje samo mreži u kojoj se nalazi primalac
 - Kod velikih mreža se svičevi koriste umesto habova za povezivanje računara u podmrežama



Arhitektura Interneta (4)

- **Ruter** (router) - kompleksniji uređaj namenjen povezivanju raznorodnih mreža i povezivanju mreža sa Internetom
 - Obično ima javnu IP adresu koju deli cela mreža
 - Koristi IP adrese za prosleđivanje paketa, što dopušta mrežnu komunikaciju po različitim protokolima
 - Prosleđuje pakete na osnovu softvera, dok svič radi hardverski
 - Podržava različite WAN tehnologije
 - Radi na sloju mreže – višem nivou





Tehnologije pristupa Internetu



Tehnologije pristupa Internetu

- Tehnologije pristupa Internetu (access networks) su deo Internet infrastrukture između host računara i prvog rutera. Ovaj deo komunikacije se ponekad naziva **lokalna petlja** (local loop) ili **poslednja milja** (last mile)
- Iako predstavlja jako mali procenat geografske razdaljine koji podaci prelaze, često predstavlja usko grlo u komunikaciji
- Komunikacija u ovom delu se obično vrši korišćenjem zastarele postojeće infrastrukture fiksne telefonije i vrši se na analogan način
- Promene na tom polju i napredak tehnologije su sada vidljive, čak i u nerazvijenim zemljama



Tehnologije pristupa Internetu (2)

Tehnologije pristupa Internetu su:

1. **Modemski pristup** - korišćenje već postojeće infrastrukture fiksne telefonije (plain old telephone system, POTS)
 - Kako bi se uspostavila veza, potrebno je nazvati telefonski broj - tako da ovakva povezivanja spadaju u pozivna povezivanja (dial up)
 - Fiksna telefonija podrazumeva postojanje parica koje povezuju udaljene tačke prenošenjem analognog signala
 - Računar se priključuje na telefonsku infrastrukturu preko uređaja koji se naziva modem koji ima zadatak da vrši analogno/digitalnu konverziju
 - Na drugom kraju veze, u okviru dobavljača interneta, nalazi se sličan modem koji je povezan na ruter uključen u Internet mrežu
 - Fizičke karakteristike komunikacije kroz telefonsku mrežu ograničavaju brzinu komunikacije na nekoliko desetina hiljada bps (standardno 56Kbps), jer su na kraju lokalne petlje instalirani filtri koji uklanjaju sve frekvencije van opsega 300Hz – 3400 Hz



Tehnologije pristupa Internetu (3)

2. **DSL** - digitalna pretplatna linija (Digital Subscriber Line) je tehnologija za istovremeni prenos glasovnog signala i digitalnih podataka velikim brzinama preko parica fiksne telefonske mreže
- Korisnici istovremeno mogu i da telefoniraju i da prenose podatke, što ranije nije bilo moguće
 - DSL ostvaruje stalnu vezu i nema potrebe za okretanjem broja prilikom uspostavljanja veze (nije dial up)





Tehnologije pristupa Internetu (4)

○ Princip funkcionisanja DSL:

- U slučaju kratkih veza (tj. kratkih telefonskih linija), prošireni frekvencijski raspon obično biva preko 1MHz. Ovaj raspon se zatim deli na pojaseve širine 4Khz i svaki pojas se nezavisno koristi za komunikaciju
- Dakle, u pitanju je multipleksovanje deljenjem frekvencija. Obično se jedan pojas alokira za prenos glasovnog signala, dva pojasa za kontrolu prenosa podataka, dok se svi ostali pojasevi (njih oko 250) alokiraju za prenos podataka
- S obzirom na to da se obično više vrši preuzimanje podataka nego slanje, obično se više pojaseva odvaja za dolazni saobraćaj (download) nego odlazni (upload). Ovaj pristup se naziva Asimetrična digitalna pretplatna linija (Asymmetric DSL, tj. ADSL)
- Brzina prenosa podataka je obično je do 16Mbps u dolaznom i 1Mbps u odlaznom saobraćaju
- Na korisnikovom kraju linije, instalira se razdelnik (splitter) koji prvi pojas (frekvencije do 4Khz) usmerava ka telefonskom uređaju, a ostale pojaseve ka računaru



Tehnologije pristupa Internetu (5)

○ Princip funkcionisanja DSL:

- Filtriranje frekvencija van standardnih frekvencija ljudskog govora na kraju telefonskih linija ograničava mogućnost prenosa podataka
- Kako bi se povećao frekvencijski opseg, filteri se modifikuju i odsecanje frekvencija se ne vrši, čime frekvencijski opseg veze postaje zavisn samo od dužine kabla (jer na dugačkim paricama dolazi do slabljenja visokofrekvencijskih signala)
- Ograničenje DSL tehnologije je nemogućnost instalacije na mestima koje su fizički previše udaljeni od telefonske centrale (DSL pristojne brzine se obično može ugraditi na rastojanjima do 4km)
- Između računara i razdelnika nalazi se tzv. ADSL modem, koji je relativno kompleksan uređaj, jer ima zadatak da vrši deljenje i objedinjavanje podataka koji se šalju na veliki broj nezavisnih komunikacionih kanala
- Sličan uređaj (koji se naziva DSLAM), instalira se na drugom kraju žice (u okviru telefonske centrale). On prihvata podatke od velikog broja korisnika, objedinjuje informacije, i šalje ih ka ISP.



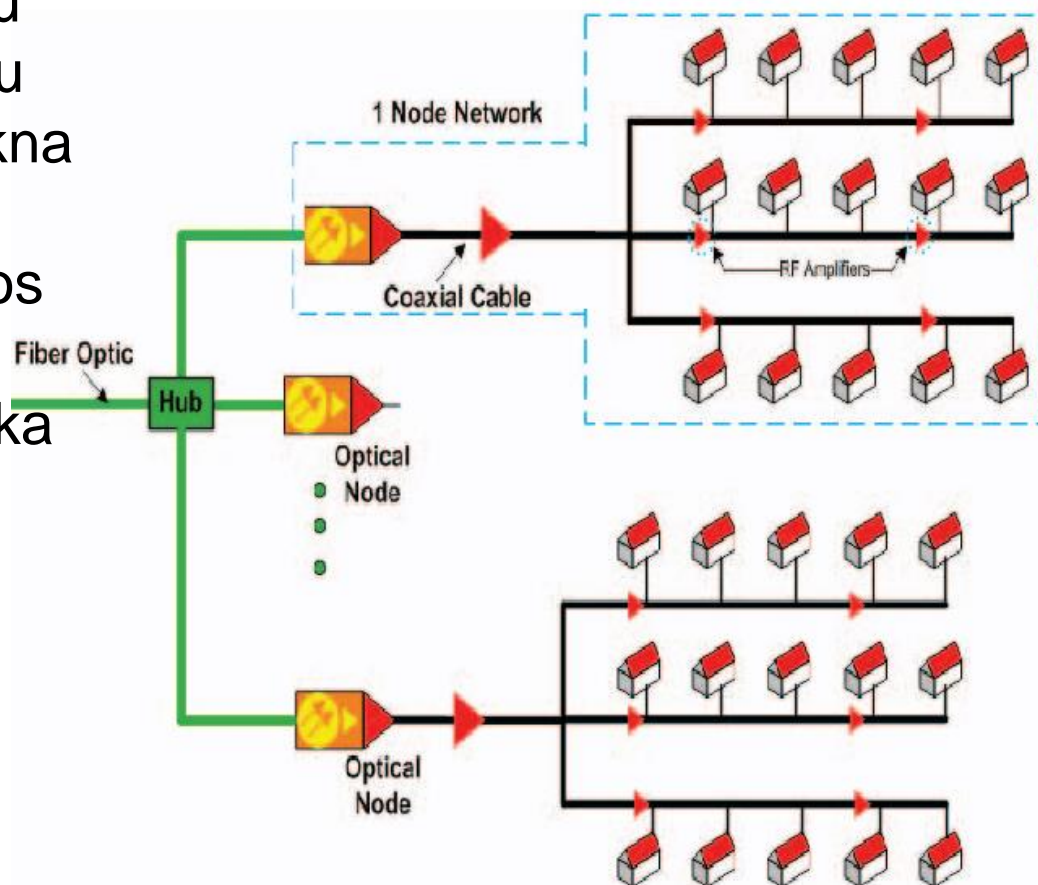
Tehnologije pristupa Internetu (6)

3. **ISDN** - slično DSL tehnologiji, ova tehnologija (Integrated Services Digital Network) uvodi direktne digitalne veze zasnovane na žicama javne telefonije kojima se istovremeno prenosi glasovni signal i digitalni podaci (na zasebnim kanalima)
- Korisnicima je omogućeno da istovremeno razgovaraju telefonom i koriste mrežu
 - Za razliku od DSL, ISDN zahteva uspostavljanje veze pozivom broja, tako da spada u grupu dial up pristupa
 - Brzina prenosa podataka je obično 128Kbps
 - ISDN je danas u velikoj meri potisnut od strane DSL tehnologije, jer zahteva kompleksnije promene u postojećoj telefonskoj infrastrukturi, a ne donosi značajno povećanje brzine prenosa podataka u odnosu na dial up



Tehnologije pristupa Internetu (7)

4. **HFC*** - Optičko-kablovske mreže (Hybrid fibre-coaxial) su mreže koje se zasnivaju na kombinovanom prenosu podataka kroz optička vlakna i koaksijalne kablove koje služe za istovremeni prenos televizijskog signala, radio signala, i digitalnih podataka





Tehnologije pristupa Internetu (8)

○ Princip funkcionisanja HFC:

- Ruter u centrali ISP se povezuje optičkim kablovima sa čvorovima, koji su dalje povezani sa korisnicima korišćenjem koaksijalnih kablova (obično već postojećih kablova kablovske televizije)
- Signal iz koaksijalnih kablova se zatim razdeljuje na radio i TV signal i na digitalne podatke
- Veza sa računarom se ostvaruje preko tzv. kablovskog modema
- Na jedan čvor se obično povezuje oko 500 korisnika
- Signal u kablovima se obično prostire radio talasima frekvencije između 5MHz i 1GHz
- Obično se početni pojas širine nekoliko desetina MHz koristi za odlazni saobraćaj, a ostatak frekvencijskog pojasa se koristi za dolazni saobraćaj
- Slično kao kod DSL, korišćenjem FDM, frekvencijski opseg se deli na pojaseve koji se alociraju za prenos različitih vrsta signala i podataka



Tehnologije pristupa Internetu (9)

○ Princip funkcionisanja HFC:

- Svi korisnici povezani na lokalni čvor dele komunikacioni kanal i svi dolazni paketi bivaju istovremeno dostavljeni svim kablovskim modemima koji su priključeni na isti čvor
- Zbog ovoga, brzina prenosa može da varira u zavisnosti od aktivnosti korisnika priključenih na lokalni čvor
- Brzina dolaznog saobraćaja može da ide i do 60Mbps, a odlaznog 2Mbps (pod pretpostavkom da lokalni čvor nije opterećen)





Tehnologije pristupa Internetu (10)

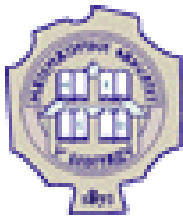
5. Mreže mobilne telefonije

- Razvoj mobilne telefonije karakteriše se generacijama.
- U prvoj generaciji vršen je analogni prenos glasa, u drugoj generaciji digitalni prenos glasa, dok se u okviru treće generacije vrši digitalni prenos glasa i podataka, a u četvrtoj generaciji je omogućen prenos veoma velikih količina podataka sa znatno većim brzinama i minimalnim kašnjenjem
- Tehnologije pristupa internetu koje koriste postojeće mreže mobilne telefonije u novije vreme postaju sve naprednije i sve šire korišćene
- U okviru četvrte generacije se koristi tehnologija Long Term Evolution(LTE), sa brzinom preuzimanja sadržaja do 105 Mbps i brzinom postavljanja sadržaja do 30 Mbps, koja omogućuje gledanje odabranih sadržaja u visokoj definiciji (HD i 4K), uključujući i digitalni TV program, te bolji kvalitet video servisa (live streaming, on-line igrice itd.)



Tehnologije pristupa Internetu (11)

- Tehnologija koje se u okviru treće generacije najviše koristi je High Speed Packet Access (HSPA)
 - Omogućava brzine prenosa i do 14Mbps u dolaznom i 6Mbps u odlaznom saobraćaju.
 - HSPA je unapređenje je Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) tehnologije
- Još starija General Packet Radio Service (GPRS) tehnologija je omogućavala brzine od 56 do 114Kbps i korišćena je za prenos podataka u okviru druge generacije (tzv. 2.5G)



Internet servisi



Internet servisi

Broj različitih servisa koje nudi Internet vremenom raste. Osnovni servisi prisutni još iz doba ARPANET-a su elektronska pošta, diskusione grupe, upravljanje računarima na daljinu i prenos datoteka

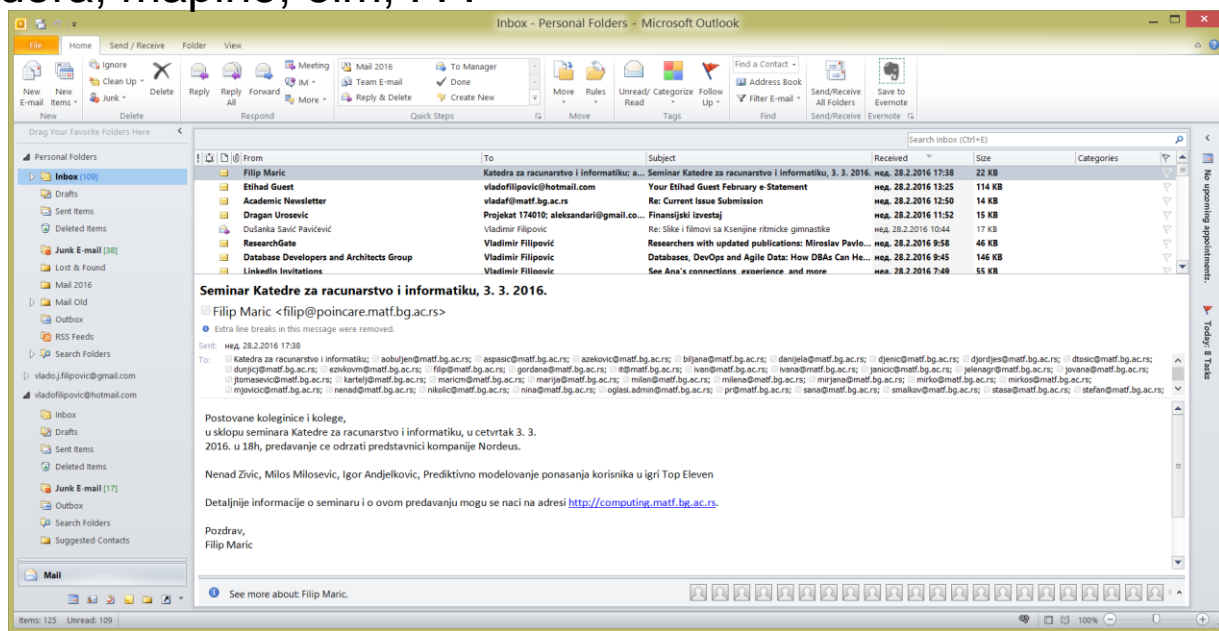
- **Elektronska pošta** (e-mail) - predstavlja jedan od najstarijih servisa Interneta
 - Godišnje se razmeni više milijardi poruka
 - Funkcioniše tako što svaki korisnik poseduje svoje „poštansko sanduče” (mailbox) na nekom serveru.
 - Sanduče jedinstveno identifikuje elektronska adresa koja obavezno sadrži znak @ koji razdvaja ime korisnika, od domena servera elektronske pošte.
 - Sandučići se nalaze na serverima na Internetu i obično ih obezbeđuju kompanije, univerziteti i dobavljači Interneta, ali takode postoje i javni, besplatni serveri elektronske pošte.
 - Poruke se šalju su u tekstualnom formatu (bilo kao čisti tekst, bilo kao hipertekst označen jezikom HTML), ali mogu da obuhvate i priloge u proizvoljnom formatu



Internet servisi (2)

○ Elektronska pošta (e-mail)

- Uz svaku poruku, poželjno je navođenje teme poruke i elektronske adrese primaoca
- Slanje i primanje pošte korisnik obično obavlja preko klijenta instaliranog na svom računaru
- Najpoznatiji klijenti za elektronsku poštu danas su Microsoft Office Outlook, Microsoft Outlook Express, Apple Mail, Mozilla Thunderbird, Lotus Notes, Eudora, mapine, elm, . . .

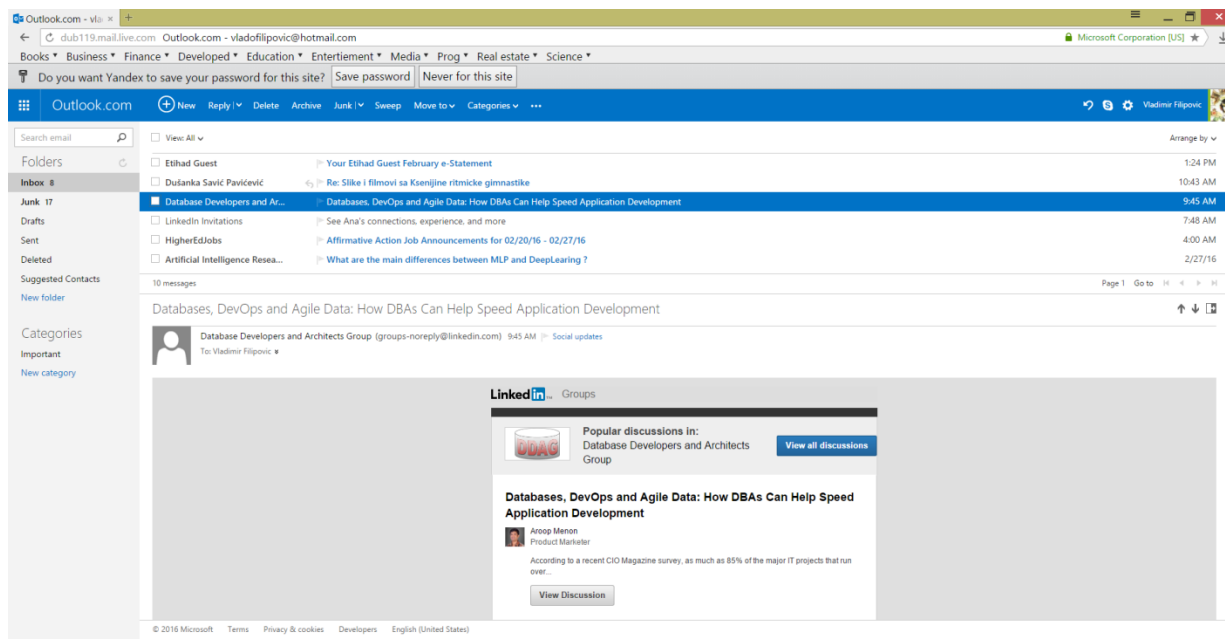




Internet servisi (3)

○ Elektronska pošta (e-mail)

- Značajan obim elektronske pošte se odvija preko javnih servisa elektronske pošte vezanih za veb, bez korišćenja posebnog klijenta elektronske pošte, već se rad obavlja pomoću veb aplikacija
- Servisi ovog tipa su Yahoo! Mail, Microsoft Hotmail, Google Gmail, itd.
- Protokoli koji se koriste u okviru elektronske pošte su SMTP, POP3 i IMAP. Oni koriste TCP i to (podrazumevano) na portovima 25, 110 i 143 respektivno





Internet servisi (4)

- Diskusione grupe (usenet) - predstavljaju distribuirani Internet sistem za diskusije koji datira još od 1980. godine
 - Korisnici mogu da čitaju i šalju javne poruke
 - Poruke se smeštaju na specijalizovane servere (news server). Diskusije su podeljene u grupe (newsgroups) po određenim temama, koje se imenuju hijerarhijski
 - Na primer, sci.math označava grupu za diskusije na temu matematičke nauke
 - Pristup diskusionim grupama se vrši korišćenjem specijalizovanog softvera (newsreader). Obično su klijenti elektronske pošte istovremeno i klijenti za korišćenje diskusionih grupa
 - Iako u današnje vreme veb forumi predstavljaju alternativni način diskusija, diskusione grupe se i dalje koriste u značajnoj meri.



Internet servisi (5)

- Prijavljivanje na udaljene računare (remote login) - ovaj servis omogućava korisnicima (tj. klijentima) da se korišćenjem Interneta prijave na udaljeni računar (server) i da nakon uspešnog prijavljivanja rade na računaru, kao da je u pitanju lokalni računar
 - Korisnik na ovaj način dobija terminal kojim upravlja udaljenim računarem izdajući komande
 - Udaljeni računar prima komande i izvršava ih korišćenjem svojih resursa, a rezultate šalje nazad klijentu koji ih korisniku prikazuje u okviru terminala
 - Prijavljivanje na udaljeni računar se obično vrši preko Telnet protokola i SSH protokola
 - Telnet aplikacije ne vrše enkripciju podataka prilikom slanja tako da imaju problem sa stanovišta bezbednosti i sve manje se koriste
 - Sa druge strane, telnet klijenti se mogu koristiti i nezavisno od Telnet protokola



Internet servisi (6)

- Prijavljivanje na udaljene računare (remote login)
 - Za ovaj servis, klijenti najčešće se koriste aplikacije kao što su telnet (komandna aplikacija koja implementira Telenet protokol), PuTTY (aplikacija koja implementira i Telnet i SSH protokol), OpenSSH, SSH Secure Shell Client (aplikacije koje implementiraju SSH protokol) i sl.

```
poincare.matf.bg.ac.rs - default - SSH Secure Shell
File Edit View Window Help
[Icons]
Quick Connect Profiles

SSH Secure Shell 3.2.9 (Build 283)
Copyright (c) 2000-2003 SSH Communications Security Corp - http://www.ssh.com/

This copy of SSH Secure Shell is a non-commercial version.
This version does not include PKI and PKCS #11 functionality.

Last login: Sat Feb 27 17:20:15 2016 from 93-86-222-172.dynamic.isp.telekom.rs
Linux 3.10.17.
vladaf@poincare:~$ dir
#aa.txt#      WINDOWS/      init-spamfilter.sh*  nauci_sa_spam.sh*   temp/
Desktop/      dead.letter  mail/                procmail.log
Sent\ Items   forward1    nauci_sa_ham.sh*    public_html/
vladaf@poincare:~$
```

Connected to poincare.matf.bg.ac.rs SSH2 - aes128-cbc - hmac-md5 - n 80x24



Internet servisi (7)

- **Prenos datoteka (file transfer)** - predstavlja jedan od klasičnih servisa Interneta i datira još od ranih 1970-tih. Prenos datoteka se vrši između klijentskog računara i serverskog računara u oba smera (mogu se preuzimati i postavljati datoteke na server)
 - Ovaj servis se obično koristi za postavljanje datoteka na veb servere kao i za preuzimanje velikih binarnih datoteka
 - Serveri koji čuvaju kolekcije datoteka obično se identifikuju adresom koja počinje sa ftp
 - Za prenos datoteka koristi se FTP protokol, kao i SCP i SFTP protokoli bazirani na SSH koji nude enkripciju pri prenosu datoteka.



Internet servisi (8)

- Prenos datoteka (file transfer)
 - Kijenti najčešće se koriste aplikacije kao što su ftp (komandna aplikacija koja implementira ftp protokol), scp (komandni program koji kopira datoteke uz korišćenje enkripcije), veb pregledači, klijenti poput GnuFTP, Windows Commander i sl.

The screenshot displays two windows side-by-side. The left window is a web browser showing the 'Index of /' for the FTP site ftp://ftp.ncbi.nih.gov. It lists various directories and files with their sizes and modification dates. The right window is a Windows Command Prompt titled 'Administrator: Command Prompt - ftp', showing the process of logging into the FTP server and listing the directory contents.

Index of /

Name	Size	Date Modified
1000genomes/		2/26/13, 12:00:00 AM
100GB	97.7 GB	10/6/14, 12:00:00 AM
10GB	9.8 GB	10/6/14, 12:00:00 AM
1GB	1001 MB	10/6/14, 12:00:00 AM
50GB	48.8 GB	10/6/14, 12:00:00 AM
5GB	4.9 GB	10/6/14, 12:00:00 AM
README.ftp	2.0 kB	8/12/15, 12:00:00 AM
SampleData/		2/8/16, 4:27:00 PM
asnl-converters	0 B	10/5/14, 12:00:00 AM
bigwig/		11/22/14, 12:00:00 AM
bioproject/		2/28/16, 4:10:00 PM
biosample/		2/28/16, 9:02:00 AM
blast/		1/6/16, 2:49:00 PM
cgap/		9/13/04, 12:00:00 AM
clemson/		10/14/14, 12:00:00 AM
cn3d/		10/3/14, 12:00:00 AM
dbgap/		11/6/14, 12:00:00 AM
entrez/		7/18/13, 12:00:00 AM
epigenomics/		10/13/11, 12:00:00 AM
eqtl/		10/1/15, 4:20:00 PM
fa2htgs/		8/4/06, 12:00:00 AM
favicon.ico	3.2 kB	10/5/14, 12:00:00 AM
genbank/		2/17/16, 12:13:00 AM
gene/		2/12/16, 10:11:00 PM
genomes/		2/25/16, 8:22:00 PM

Administrator: Command Prompt - ftp

```
C:\Windows\system32>ftp
ftp> o ftp://ftp.ncbi.nih.gov
Unknown host ftp://ftp.ncbi.nih.gov.
ftp> o ftp.ncbi.nih.gov
Connected to ftp.wip.ncbi.nlm.nih.gov.
220-
Warning Notice!

You are accessing a U.S. Government information system which includes this
computer, network, and all attached devices. This system is for
Government-authorized use only. Unauthorized use of this system may result in
disciplinary action and civil and criminal penalties. System users have no
expectation of privacy regarding any communications or data processed by this
system. At any time, the government may monitor, record, or seize any
communication or data transiting or stored on this information system.
---
Welcome to the NCBI ftp server! The anonymous access URL is ftp://ftp.ncbi.nlm.
nih.gov/

Public data may be downloaded by logging in as "anonymous" using your E-mail ad
dress as a password.

Please see ftp://ftp.ncbi.nlm.nih.gov/README.ftp for hints on large file transf
ers
220 FTP Server ready.
User (ftp.wip.ncbi.nlm.nih.gov:(none)): anonymous
331 Anonymous login ok, send your complete email address as your password
Password:
230 Anonymous access granted, restrictions apply
ftp> dir
200 PORT command successful
150 Opening ASCII mode data connection for file list
dr-xr-xr-x 4 ftp anonymous 4096 Feb 26 2013 1000genomes
-r--r--r-- 1 ftp anonymous 104858648576 Oct 3 2014 100GB
-r--r--r-- 1 ftp anonymous 10486808576 Oct 3 2014 10GB
-r--r--r-- 1 ftp anonymous 1049624576 Oct 3 2014 1GB
-r--r--r-- 1 ftp anonymous 52429848576 Oct 3 2014 50GB
```



Internet servisi (9)

- **Ćaskanje** (chat) - korisnicima Interneta omogućava uspostavljanje kontakata i „priču” na razne teme kucanjem uživo (on-line)
 - Korisnici pristupaju sobama za ćaskanje (chat room) i time mogu da se uključe u grupnu ili privatnu komunikaciju
 - Ćaskanje je u današnje vreme zasnovano ili na specifičnim protokolima (npr. IRC) i aplikacijama (npr. Xchat, mIRC) ili se koriste veb-zasnovane sobe za ćaskanje
- **Instant poruke** (instant messaging) - osnovna razlika u odnosu na ćaskanje je da se instant poruke uglavnom razmenjuju „oči-u-oči” između poznanika, dok ćaskanje u obično podrazumeva grupnu komunikaciju u sobi za ćaskanje
 - Preteča instant poruka je UNIX program talk
 - Servisi za razmenu instant poruka su AOL Instant Messenger (AIM), Microsoft MSN, Google Talk, Skype, ICQ, . . .
 - Klijentske aplikacije za slanje instant poruka su specijalizovane aplikacije koje odgovaraju navedenim servisima
 - Instant poruke se mogu razmenjivati i preko veba (npr. Facebook chat)



Internet servisi (10)

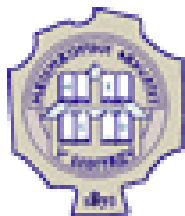
- Veb (World Wide Web - WWW) - Internet servis nastao tek ranih 1990-tih godina, međutim veoma brzo je postao je najznačajniji Internet servis današnjice
 - To je sistem međusobno povezanih dokumenata poznatih kao veb strane koje mogu da sadrže tekst, slike, video snimke i dr.
 - Veb strane su povezane korišćenjem veza (linkova), tj. predstavljaju hipertekst
 - Korisnici aktivirajući veze (obično jednostavnim klikom miša) prelaze sa jedne stranice na drugu
 - Stranice se čuvaju na specijalizovanim veb serverima i na zahtev klijenata se prenose na klijenske računare gde ih specijalizovani programi prikazuju
 - Ovi programi nazivaju se veb pregledači (web browsers). Najpoznatiji pregledači danas su Google Chrome, Microsoft Edge, Mozilla Firefox, Safari, Opera, Yandex, Microsoft Internet Explorer, itd.
 - Dostava veb sadržaja je zasnovana na HTTP protokolu



Internet servisi (11)

○ Peer-to-peer (P2P) servisi

- Popularizacija P2P servisa desila se 1999. kada je servis pod imenom Napster iskorišćen za razmenu velike količine muzičkih MP3 datoteka između velikog broja korisnika širom sveta
- S obzirom na kršenje autorskih prava Napster je već 2001. zabranjen, ali je nastao veliki broj P2P protokola i aplikacija
- Za razliku od većine Internet servisa koji funkcionišu po klijent-server modelu komunikacije, P2P servisi se zasnivaju na direktnoj razmeni podataka između različitih klijenata, pri čemu serveri samo služe za koordinaciju komunikacije, bez direktnog kontakta sa samim podacima koji se razmenjuju
- P2P servisi se obično koriste za razmenu velikih datoteka (obično video i audio sadržaja)
- P2P aplikacije čine ogroman deo Internet saobraćaja
- Najkorišćeniji P2P servisi i protokoli danas su Bittorent, DC++, Gnutella, G2, E-mule, KaZaA (FastTrack), itd.
- Postoji veliki broj aplikacija koje korisnicima omogućuju korišćenje ovih protokola



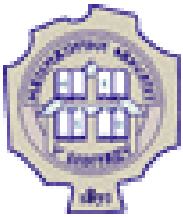
Internet servisi (12)

○ Socijalne mreže

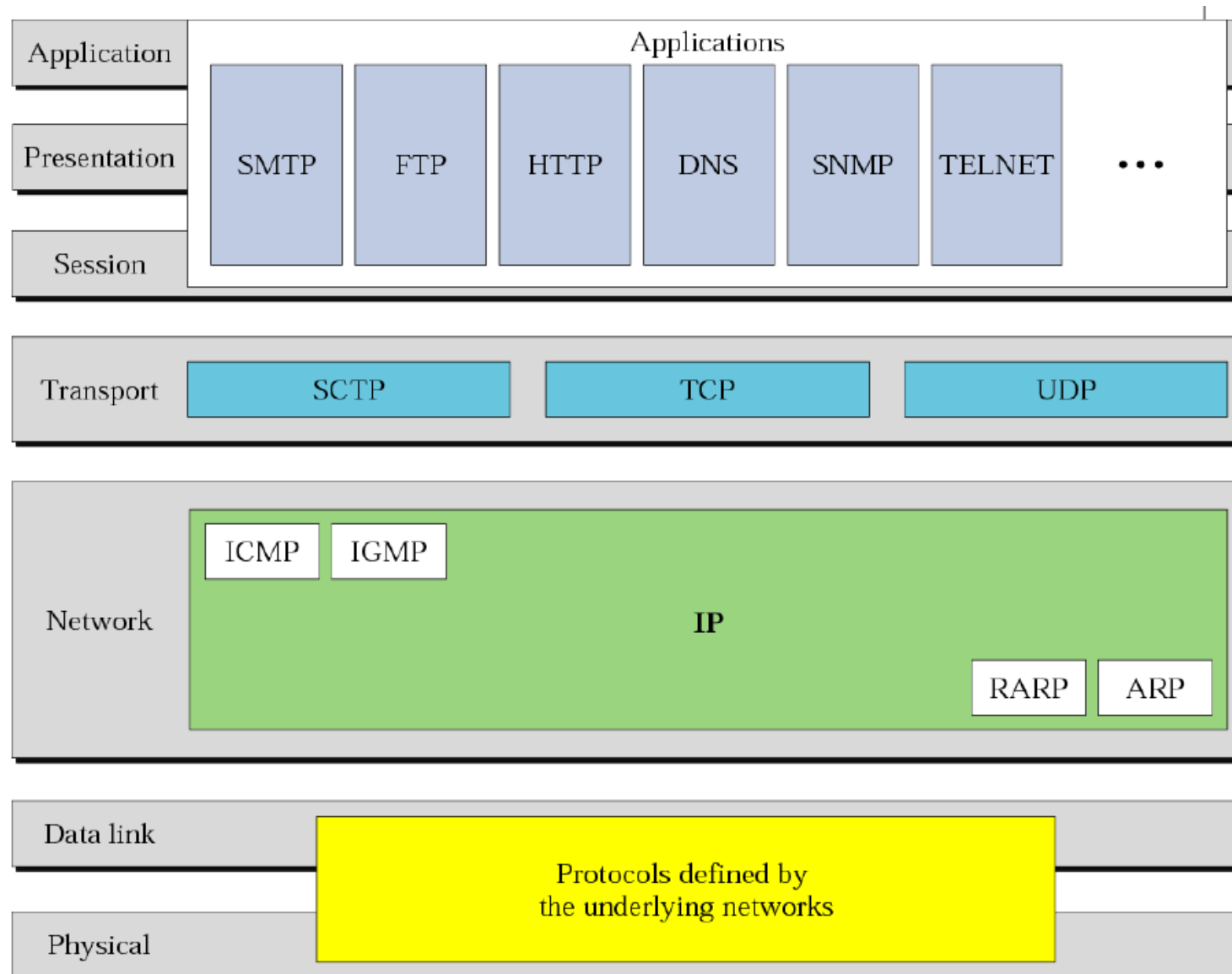
- Iako su sastavni deo veba, u poslednje vreme socijalne mreže doživljavaju izrazitu ekspanziju i imaju sve veći i veći društveni značaj
- Najkorišćenije socijalne mreže današnjice su Facebook, Tweeter i MySpace
- Postoje i socijalne mreže sa specijalizacijom, npr. LinkedIn, Foursquare
- Izuzetno dinamična dešavanja – primer Instagram



Mrežni i Internet protokoli



Shematski prikaz protokola





Komunikacija na fizičkom sloju

- Na najnižem nivou komunikacije se proučava mehanizam slanja pojedinačnih bitova od jednog do drugog uređaja kroz komunikacioni medijum
- Potreba za velikom efikasnošću
- Zavisi od tipa komunikacionog medijuma - žičana ili bežična veza, koja vrsta kablova je u pitanju i sl.



Komunikacija na sloju veze podataka

- Sloj veze podataka od uređaja koji rade na mrežnom sloju dobija zadatak da se paket (ako se na mrežnom sloju koristi IP protokol, tada se paket naziva **IP datagram**) prenese:
 - sa jednog rutera na drugi
 - sa jednog uređaja na drugi u okviru lokalne mreže
- Taj zadatak se realizuje tako što se IP datagram se obmotava dodatnim podacima i kreiraju se **okviri** (frame)





Komunikacija na sloju veze podataka (2)

- Potrebno je sprečiti izmenu podataka prilikom mrežnog prenosa (preskakanje bitova, izmena bitova, ponavljanje, ...)
- Na kraj okvira dodaje se sekvenca za proveru okvira:
 - omogućava primaocu da proveriti da li je došlo do greške
 - neke greške se mogu ispraviti
- Moguće je detektovati i ispraviti složenije greške korišćenjem sekvenci od više bitova, kodiranih kodovima za otkrivanje i ispravljanje grešaka
- Ruteri u unutrašnjosti obično su povezani tačka na tačku (point-to-point)
- Ruteri u unutrašnjosti Interneta koji spajaju velike mreže povezani su brzim vezama (najčešće optičkim)
- Kućni ruter je najčešće direktnom vezom (preko modema, a zatim telefonskog ili koaksijalnog kabla) povezan sa ruterom dobavljača Interneta



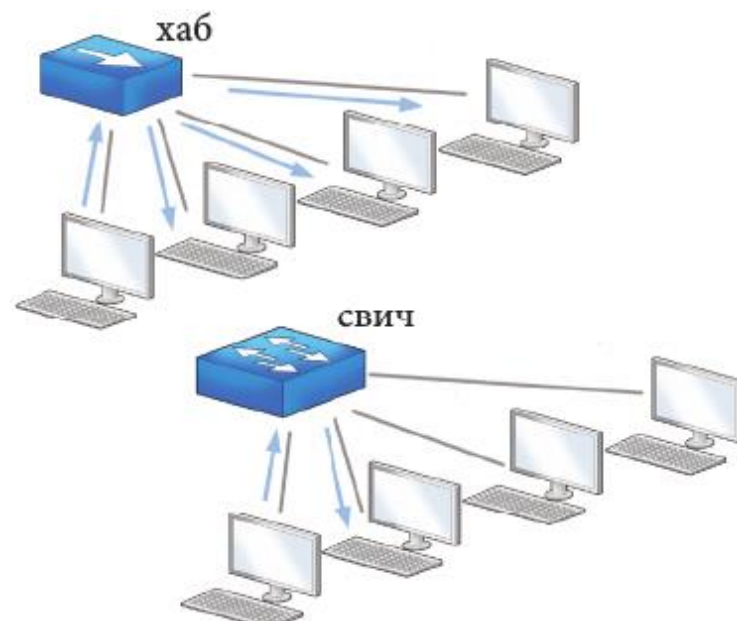
Komunikacija na sloju veze podataka (3)

- U okviru lokalne mreže komunikacija se zasniva na tehnologijama:
 - Ethernet (žičano povezivanje)
 - Wi-Fi (bežično povezivanje)
- Brzina prenosa podataka u ovakvim mrežama veća od 1Gbps
- Na sloju veze podataka koriste se MAC adrese
 - Predstavljaju se pomoću 48 bita
 - Zapisuju se u obliku 6 dvocifrenih heksadekadnih brojeva (primer: 2c:d4:44:a8:be:3b)
- Na početak okvira dodaju se MAC adresa primaoca i pošiljaoca
- Ako se u okviru nalaze IP datagrami, tada okvir sadrži i IP adrese primaoca i pošiljaoca, ali one se na ovom nivou ne analiziraju
- MAC adresa i IP adresa mogu da se odnose na različite uređaje: na uređaj koji će proslediti datagram dalje i na krajnje odredište



Povezivanje uređaja u lokalnoj mreži

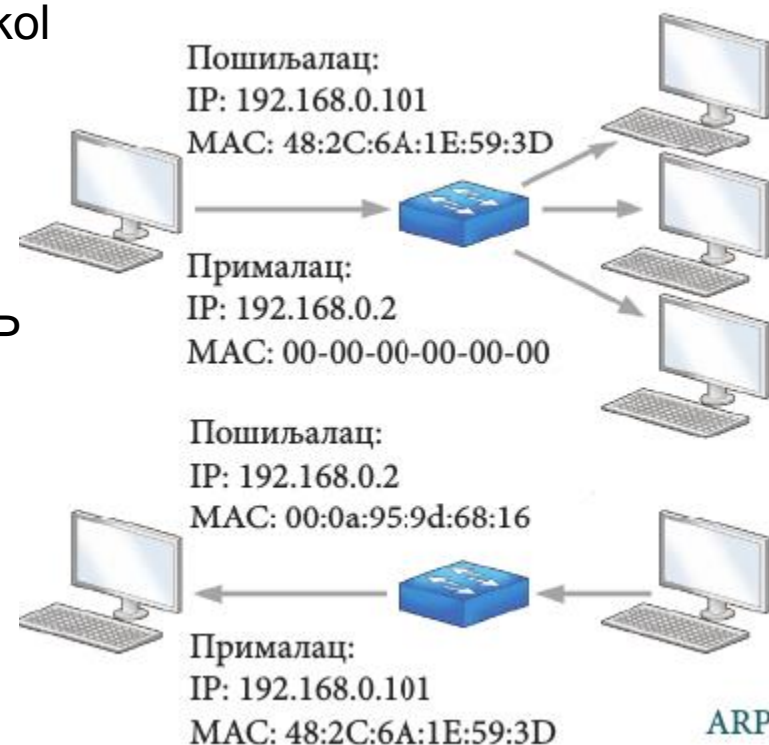
- Postavljanje **haba** između povezanih uređaja - primljeni paketi se prosleđuju svim uređajima povezanim na njega (jednostavno, ali je verovatnoća sudara velika)
- Postavljanje **sviča** između povezanih uređaja - poruka se prosleđuje samo uređaju kome je namenjena (efikasnija komunikacija)
- Svič čuva tabelu koja preslikava MAC adrese priključenih uređaja na redne brojeve priključaka
- Tabela se gradi i održava automatski tokom komunikacije





Protokol razrešavanja adresa

- Kako uređaj koji zna IP adresu primaoca određuje MAC adresu na koju prosleđuje IP datagram?
 - na osnovu mrežne maske utvrđuje da li je primalac u istoj mreži; ako jeste šalje njemu, ako nije šalje izlaznoj kapiji
 - u oba slučaja zna IP adresu uređaja u lokalnoj mreži
 - za dobijanje adrese koristi se protokol razrešavanja adresa (address resolution protocol, ARP)
 - javno se emituje ARP zahtev sa IP adresom
 - uređaj sa tom IP adresom šalje ARP odgovor sa svojom MAC adresom





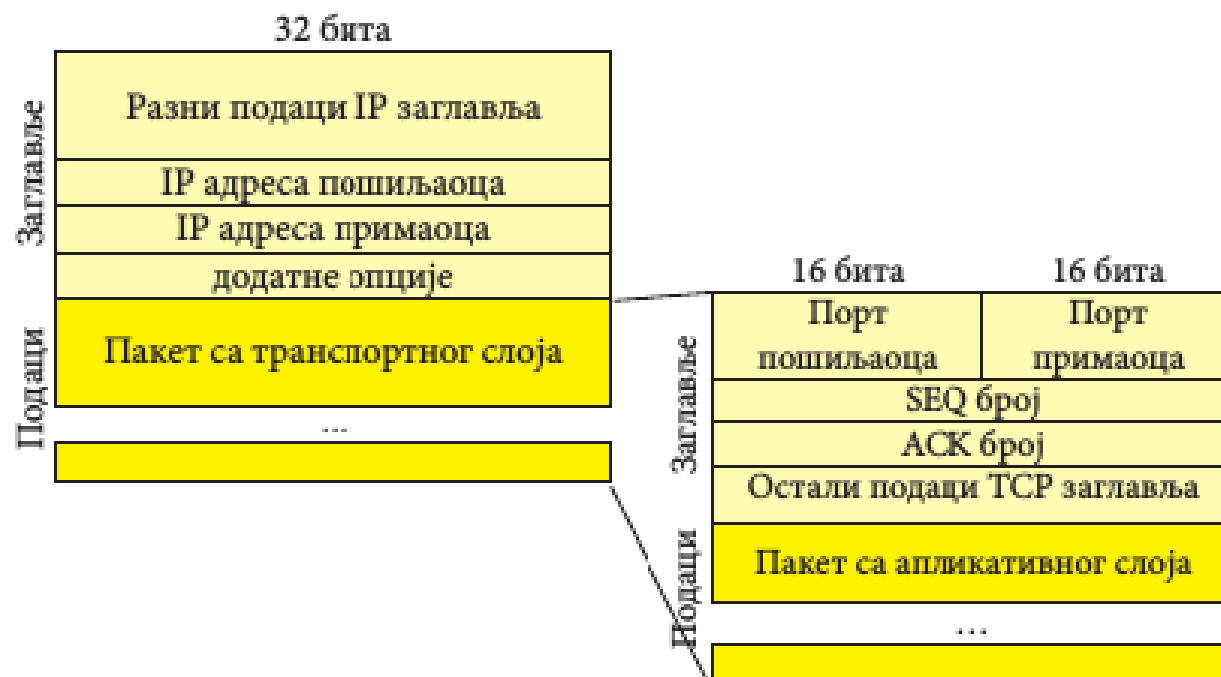
IP protokol mrežnog sloja

- Internet protokol (Internet Protocol - IP) je protokol koji se koristi za komunikaciju u okviru mrežnog sloja Interneta
- Dve osnovne verzije ovog protokola su IPv4 i IPv6
- Iz istorijskih razloga i veće preglednosti u nastavku će detaljnije biti opisana IPv4 verzija IP protokola
- Osnovni zadatak ovog protokola je da pokuša da dopremi (tj. rutira) paket od izvora do odredišta u okviru mreže sa paketnim komutiranjem, isključivo na osnovu navedene adrese, bez obzira da li su izvor i odredište u okviru iste mreže ili između njih postoji jedna ili više drugih mreža
- Protokol ne daje nikakve garancije da će paketi zaista i biti dopremljeni, ne daje garancije o ispravnosti dopremljenih paketa, ne garantuje da će paketi biti dopremljeni u istom redosledu u kojem su poslani i slično
 - Garancije ovog tipa obezbeđuju se na višim slojevima komunikacije



IP protokol mrežnog sloja (2)

- Pri prosleđivanju paketa sa sloja veze podataka na mrežni sloj dodaju se:
 - adresa pošiljaoca,
 - adresa primaoca, ...
- IP datagram - ide od pošiljaoca do primaoca, preko serije rutera





IP adrese

- IP protokol uvodi sistem adresa poznatih kao IP adrese
- U okviru IPv4, adrese su 32-bitni neoznačeni brojevi, koji se obično predstavljaju kao 4 dekadno zapisana broja između 0 i 255. Postoji ukupno 2^{32} , tj. oko 4.3 milijarde različitih adresa IPv4, što se u današnje vreme pokazuje kao nedovoljno
- IPv6 donosi 128-bitne adrese, što rešava ovaj problem
- Za dodelu IP adresa, zadužena je agencija Internet Assigned Numbers Authority (IANA), kao i pomoćni regionalni registri (Regional Internet Registries - RIRs)
- Svaki uređaj priključen na Internet ima jedinstvenu IP adresu
- Neki uređaji imaju uvek istu IP adresu (tzv. statički dodeljenu), dok se nekim uređajima dodeljuje različita adresa prilikom svakog povezivanja na mrežu (tzv. dinamička dodela)
 - Na primer, studentski server Matematičkog fakulteta ima statički dodeljenu adresu 147.91.64.2 ili binarno zapisano 10010011 1011011 01000000 00000010.



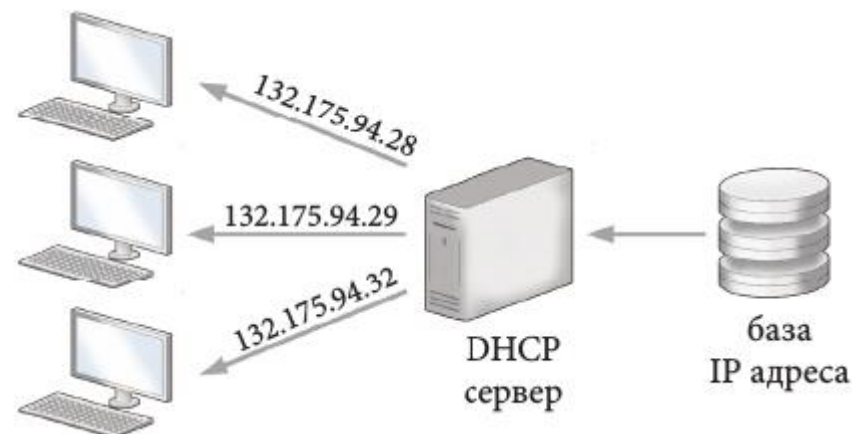
IP adrese (2)

- Statičke adrese pogodnije za servere, inače pogodnije dinamičke (smanjuju mogućnost greške, jednostavnije administriranje mreže)
- Ranije su IP adrese bile deljene na klase (A, B, C, D, E) i svaka klasa je definisala broj bita za prvi i broj bita za drugi deo deo IP adrese.
 - Adrese klase A (prvi bit u zapisu je 0 - između 0.0.0.0 i 27.255.255.255) su bile dodeljivane jako velikim mrežama (8+24 bita - 128 mreža sa mogućih preko 16.7 miliona korisnika)
 - Adrese klase B (počinje sa 10 - između 128.0.0.0 i 191.255.255.255) su bile dodeljivane srednjim mrežama (16+16 bita - preko 16 hiljada mreža sa mogućih 65536 korisnika)
 - Adrese klase C (počinje sa 110 - između 192.0.0.0 i 223.255.255.255) su bile dodeljivane malim mrežama (24+8 bita - preko dva miliona mreža sa mogućih 256 korisnika).
- Vremenom se pokazalo da ovakva organizacija nije skalabilna
 - Obično su mreže kompanija imale potrebu za više od 256 uređaja, tako su uzimale adrese klase B, pa je veliki broj adresa ostajao nedodeljen



IP adrese i DHCP

- Dinamičke IP adrese se dodeljuju korišćenjem specijalizovanog protokola za dinamičku konfiguraciju (Dynamic Host Configuration Protocol - **DHCP**)
- Specijalizovani server (tzv. DHCP server) je zadužen za skup IP adresa koje određuje administrator mreže i na zahtev uređaja koji se priključuje na mrežu dodeljuje mu neku u tom trenutku slobodnu adresu
- Server se može konfigurisati tako da dodeljuje bilo koju slobodnu IP adresu, ili uvek istu adresu koja se određuje na osnovu MAC adrese uređaja koji zahteva IP adresu, i slično





Hijerarhijska struktura IP adresa

- IP adrese su strukturirane **hijerarhijski**: adresa se deli na bitove koji adresiraju mrežu (vodeći) i bitove koji adresiraju uređaj u okviru mreže
- Paket se dostavlja:
 - korišćenjem lokalnog mrežnog saobraćaja
 - šalje se van mreže "u svet" - preko određenog rutera koji se naziva **izlazna kapija** (gateway)
- Svi uređaji iz iste mreže dele zajednički početak IP adrese
 - Primer: od 147.91.67.0 do 147.91.67.255 - ista prva 24 bita, razlikuju se poslednjih 8
- Dva načina zapisa:
 - CIDR notacija - adresa 147.91.67.138/24
 - Maska podmreže (subnet mask) - uz adresu 147.91.67.138 navodi se maska podmreže 255.255.255.0 (24 jedinice i 8 nula)



Hijerarhijska struktura IP adresa (2)

The image shows two overlapping Windows windows. The background window is the 'Command Prompt' titled 'Windows IP Configuration'. It displays the IP configuration for three network adapters: Ethernet 2, Ethernet, and VirtualBox Host-Only Network. The foreground window is the 'Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties' dialog box, showing the 'General' tab. It has radio buttons for 'Obtain an IP address automatically' and 'Use the following IP address:'. The 'Use the following IP address' option is selected, and the fields are filled with '147 . 91 . 67 . 138' for IP address, '255 . 255 . 255 . 0' for Subnet mask, and '147 . 91 . 67 . 1' for Default gateway. There are also fields for DNS server addresses, with '147 . 91 . 64 . 4' for Preferred and '147 . 91 . 66 . 2' for Alternate. A 'Validate settings upon exit' checkbox is unchecked, and an 'Advanced...' button is visible.

Command Prompt

```
Windows IP Configuration

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : matf.bg.ac.rs

Ethernet adapter Ethernet:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a177:9abb:a200:158e%12
    IPv4 Address. . . . . : 147.91.67.138
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 147.91.67.1

Ethernet adapter VirtualBox Host-Only Network:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::108c:b010:6a56:e27b%15
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.56.1
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 

Tunnel adapter isatap.{D7F45FF1-B18A-4BBE-A4A0-345C4EF83E2B}:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

Tunnel adapter 6T04 Adapter:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IPv6 Address. . . . . : 2002:935b:438a::935b:438a
    Default Gateway . . . . . : 

Tunnel adapter isatap.{260D1129-7B40-4001-9150-01963EE6F717}:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

C:\Users\vlado>
```

Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☐ Obtain an IP address automatically

☒ Use the following IP address:

IP address: 147 . 91 . 67 . 138

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

Default gateway: 147 . 91 . 67 . 1

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: 147 . 91 . 64 . 4

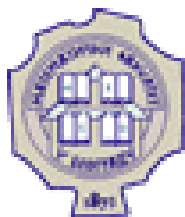
Alternate DNS server: 147 . 91 . 66 . 2

☐ Validate settings upon exit

Advanced...

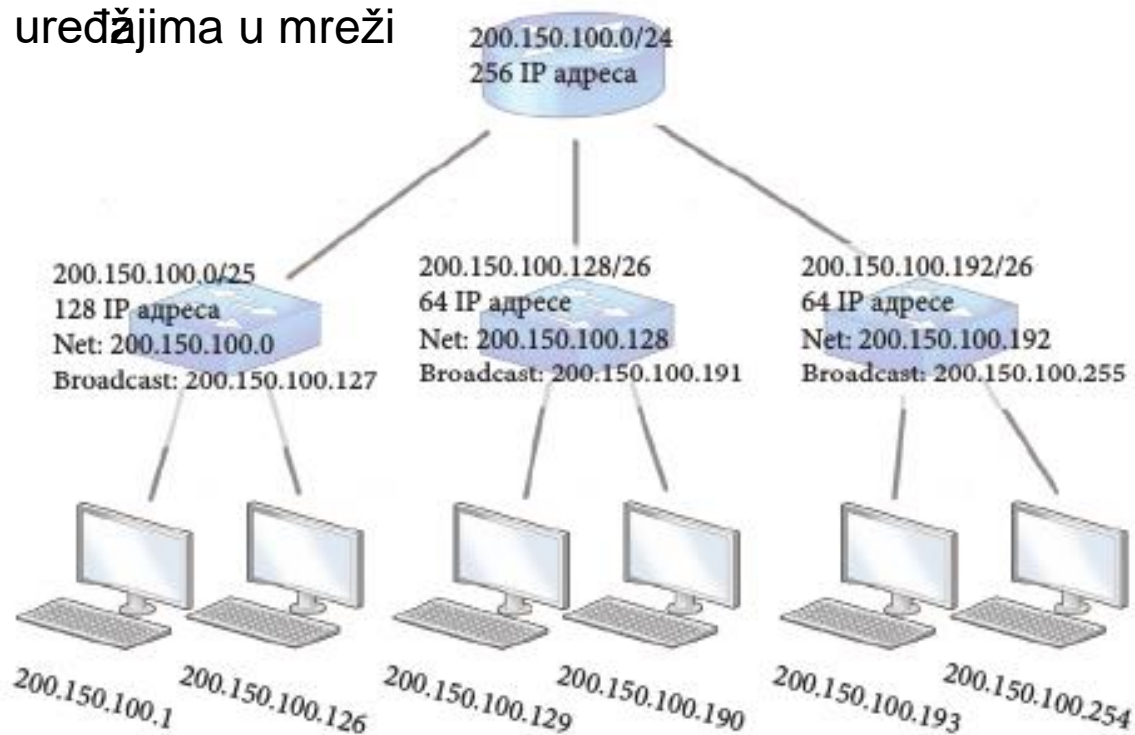
OK Cancel

IP adresa računara sa čiji je broj dat na prethodnom slajdu



Hijerarhijska struktura IP adresa (3)

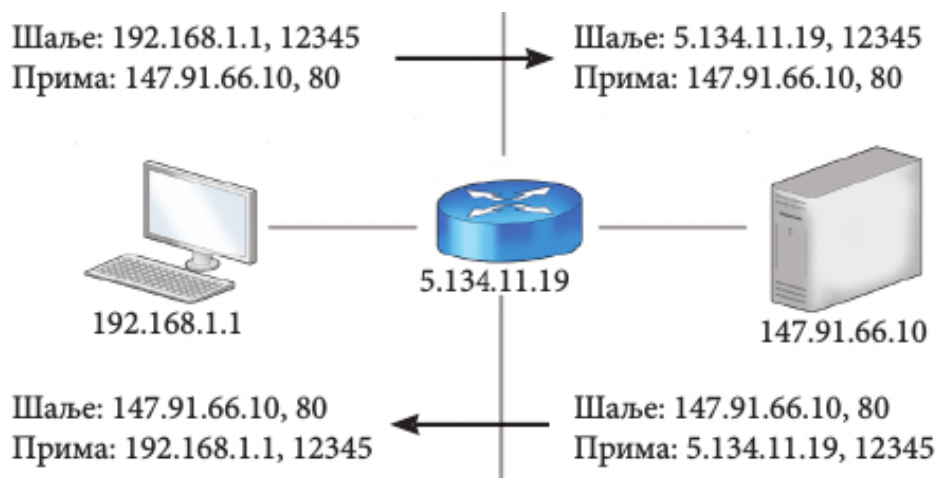
- U okviru svake mreže postoje dve adrese sa specijalnom namenom:
 - prva adresa (250.150.100.0) smatra se adresom mreže
 - poslednja adresa (250.150.100.255) - adresa za javno emitovanje (broadcast address) - svaka poruka poslata na tu adresu dostavlja se svim uređajima u mreži





Javne i privatne IP adrese

- Da ne bi došlo do nestašice IPv4 adresa uvode se privatne adrese:
 - 10.0.0.0/8 (od 10.0.0.0 do 10.255.255.255) - 16.7 miliona adresa
 - 172.16.0.0/12 (od 172.16.0.0 do 172.31.255.255) - milion adresa
 - 192.168.0.0/16 (od 192.168.0.0 do 192.168.255.255) - 65536 adresa
- Privatne adrese se koriste samo za lokalnu mrežnu komunikaciju
- Prilikom pristupa Internetu:
 - ruter (izlazna kapija) menja lokalnu adresu svojom (javnom) adresom
 - primalac odgovor šalje nazad ruteru, a on menja adresu privatnom adresom uređaja koji je poslao zahtev i prosleđuje odgovor





Javne i privatne IP adrese (4)

- Ovaj proces se naziva preslikavanja mrežnih adresa (network address translation - NAT)
- Korišćenje NAT-a prilikom slanja paketa:
 - U slučaju da ruter detektuje odredišnu adresu iz opsega adresa privatne mreže sa kojom je povezan, jasno je da je paket namenjen za lokalnu komunikaciju i šalje se jedinstvenom uređaju sa navedenom lokalnom adresom
 - Ako je odredišna адреса javna, ruter adresu pošiljaoca zamenjuje svojom adresom (globalno jedinstvenom) i paket prosledjuje na odredište.



Javne i privatne IP adrese (5)

- Korišćenje NAT-a prilikom prijema paketa:
 - U slučaju dolaznog paketa, nije odmah jasno na koju privatnu adresu je potrebno poslati paket koji je pristigao
 - Kako bi se ovo razrešilo, lokalna adresa se pakuje i postaje sastavni deo paketa koji se šalje
 - Ruter, pre prosledivanja dolaznog paketa, vrši njegovo raspakivanje i određivanje lokalne adrese
- Sve ovo narušava osnovne principe i koncepte IP protokola, pa se zato NAT smatra prelaznim rešenjem problema nestašice IP adresa, dok ne zaživi IPv6



Rutiranje

- U većim mrežama postoji veliki broj povezanih rutera
- Uloga rutera: na osnovu IP adrese primaoca i na osnovu tabela koje su zapisane u njihovoj memoriji (tabela rutiranja) odrediti kome od povezanih čvorova treba proslediti paket da bi efikasno stigao do cilja
- Tabele rutiranja sadrže spisak mrežnih adresa različitog nivoa hijerarhije i za svaku od njih kom uređaju treba dostaviti paket
- Primer: Neka je u tabeli rutiranja rutera

```
0.0.0.0/0 via 200.170.10.10
200.0.0.0/8 via 200.100.5.20
200.160.0.0/16 is directly connected, Serial0/1
```

 - Ako ruter primi paket namenjen adresi 200.150.100.23, on se dostavlja preko rutera 200.100.5.20
 - Šablonom 0.0.0.0/0 zadaje se gde proslediti paket ako adresa nije prepoznata na neki drugi način
 - Traži se najpreciznije poklapanje sa šablonom - poklapanje sa najvećim brojem bitova



Rutiranje (2)

- Kvalitet rutiranja zavisi od tabela rutiranja
- Tabele rutiranja se mogu graditi statički ili dinamički



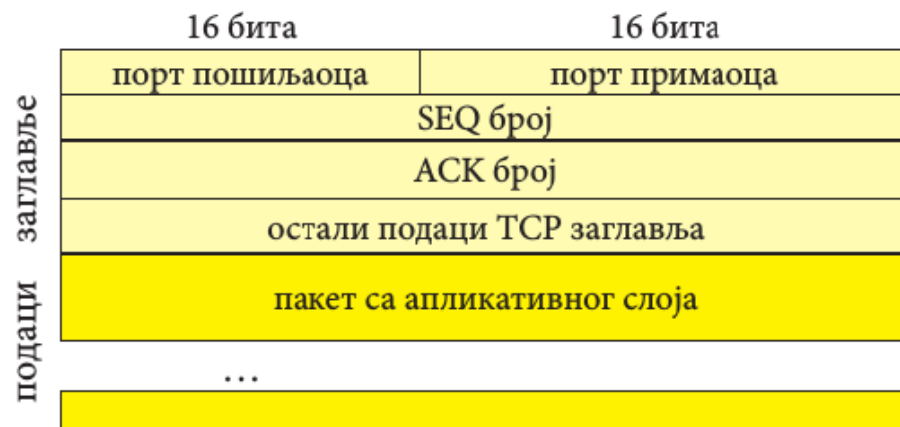
Protokoli transportnog sloja

- Poruka se deli na **pakete** koji se nezavisno šalju (komutiranje paketa)
- Više delova iste poruke može paralelno da putuje kroz mrežu
- Svaki paket se dopunjuje informacijama potrebnim za njegovu dostavu
- Na transportnom sloju paketi se nazivaju **segmenti**
- Komunikacija se organizuje ne samo kao komunikacija između dva uređaja, već između dva programa koji se na njima izvršavaju
- Paket mora da sadrži informaciju o uređaju i softveru koji paket prima i koji paket šalje
- Na transportnom nivou se paketima dodaju identifikatori softvera - portovi, a adrese uređaja tek na mrežnom sloju



TCP protokol transportnog sloja

- TCP (Transmission Control Protocol) je protokol transportnog sloja u okviru Interneta koji pre komunikacije vrši uspostavljanje pouzdane konekcije između dva hosta
 - Kanal komunikacije je dvosmeran (eng. full duplex)
 - Konekcija se uspostavlja tako što klijent i server razmene tri poruke (three way handshake):
 - Klijent traži uspostavljanje konekcije, server potvrđuje da prihvata konekciju i konačno klijent potvrđuje da je konekcija uspostavljena
 - Prava komunikacija može da započne tek nakon što je konekcija uspostavljena, što može da traje neko vreme





TCP protokol transportnog sloja (2)

- TCP garantuje pouzdanost prenosa podataka (reliable transfer) čime se garantuje da će paketi koji su poslani biti primljeni (i to u istom redosledu u kojem su poslani). S obzirom da niži mrežni slojevi ne garantuju dostavu paketa,
 - TCP protokol mora da se stara o tome da paketi koji zalutaju automatski budu ponovno poslani, kao i da na prihvatnoj strani automatski permutuje primljene pakete tako da odgovaraju redosledu slanja
 - Da bi ovo moglo da bude realizovano, uvodi se potvrda prijema paketa (acknowledgment), tj. nakon prijema jednog ili više paketa, vrši se slanje poruke pošaljiocu koja govori da su ti paketi zaista primljeni
 - Pošaljioc, na osnovu ovoga, može da odluči da ponovno pošalje paket koji je ranije već bio poslat, u slučaju da u određenom vremenskom periodu ne dobije potvrdu prijema



TCP protokol transportnog sloja (3)

- TCP uvodi kontrolu i korekciju grešaka (error correction)
 - Ovo je dodatna slaba provera (vrši se samo kontrola parnosti), jer se pretpostavlja da se jača provera (obično CRC) vrši na nižim slojevima
 - Ipak, u praksi se pokazuje da ova provera ima smisla i uspeva da uoči i ispravi veliki broj grešaka koje promaknu ostalim kontrolama
- TCP uvodi i kontrolu brzine protoka (flow control)
 - Njom se kontroliše brzina slanja kako se ne bi desilo da brzi uređaji šalju pakete brzinom većom od one kojom spori uređaji mogu da ih prime (npr. brz računar koji šalje podatke na spor mobilni telefon)



TCP protokol transportnog sloja (4)

- Važna odlika TCP protokola je da vrši kontrolu zagušenja (congestion control)
 - Pojava zagušenja se javlja kada više čvorova pokušava da pošalje podatke kroz mrežu koja je već na granicama svoje propusne moći
 - U takvim situacijama, dešava se da brzina komunikacije u celoj mreži opada za nekoliko redova veličina
 - Naime, broj izgubljenih paketa se višestruko povećava jer unutrašnji čvorovi mreže (ruteri) ne mogu da prihvate nove pakete zato što su im prihvatni baferi prepuni
 - TCP pokušava da detektuje ovakve situacije i da u tim slučajevima uspori sa slanjem paketa dok se mreža ne rastereti
 - Jedna od tehnika koje se koriste u cilju smanjenja zagušenja je da se pri početku komunikacije paketi šalju sporije (slow-start), a da se brzina slanja postepeno povećava kada se utvrdi da paketi zaista i stižu na odredište



TCP protokol transportnog sloja (5)

- Činjenica da TCP protokol da vrši kontrolu zagušenja je jedan od razloga zbog čega TCP spada u grupu sporijih protokola
- Stoga se TCP ne koristi se za aplikacije kod kojih je brzina prenosa presudna



UDP protokol transportnog sloja

- **UDP** (User Datagram protocol) je protokol transportnog sloja u okviru Interneta koji ne vrši uspostavljanje konekcije pre započinjanja komunikacije
 - Prilikom korišćenja UDP protokola ne vrši se potvrda prijema poslatih paketa, tako da se komunikacija može smatrati nepouzdanom
 - Osnovni razlozi korišćenja UDP protokola su, pre svega, njegova brzina - zbog toga se uglavnom koristi od strane aplikacija koje imaju potrebu za komunikacijom u realnom vremenu (real time), kao što su npr. audio-video prenosi, internet telefonija, igrice i sl.
 - Takođe, UDP se koristi za aplikacione protokole koji daju elementarne mrežne usluge i vrše kontrolu mreže (npr. DHCP, DNS, SNMP)



Sistem imena domena

- IP adrese su pogodne za korišćenje od strane računara, ali nisu pogodne za ljudsku upotrebu
- Stoga je uveden je sistem imena domena (domain name system - DNS) – adrese hostova (servera) zadaju se u tekstualnom obliku
- DNS se smatra „telefonskim imenikom” Interneta, koje imenima domena dodeljuje razne informacije (najčešće IP adrese)
 - Na primer, već pomenuti studentski server Matematičkog fakulteta u Beogradu ima domen `alas.matf.bg.ac.rs`
- Domeni su hijerarhijski organizovani i čitaju se s desna na levo
 - Na primer, domen `rs` označava Republiku Srbiju, `ac.rs` označava akademsku mrežu u Srbiji, `bg.ac.rs` njen čvor u Beogradu, `matf.bg.ac.rs` označava Matematički fakultet, dok `alas.matf.bg.ac.rs` označava konkretan studentski server koji tako imenovan u čast velikog matematičara Mihaila Petrovića Alasa
- Domeni najvišeg nivoa mogu biti bilo nacionalni (kao u navedenom primeru), bilo generički (npr. `.com`, `.org`, `.net`), a novom regulativom je liberalizovano korišćenje domena najvišeg nivoa



Sistem imena domena (2)

- Domeni se koriste u okviru jedinstvenih lokatora resursa na Vebu (URL), u okviru adresa elektronske pošte, itd.
- Prilikom preslikavanja domena u adrese, koriste se usluge distribuirane DNS baze podataka
 - Specijalizovani DNS serveri čuvaju delove ove baze
 - Ovi serveri su hijerarhijski organizovani i njihova hijerarhija uglavnom prati hijerarhiju domena

```
Command Prompt

DNS Suffix Search List. . . . . : matf.bg.ac.rs

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix . : matf.bg.ac.rs
    Description . . . . . : Intel(R) PRO/1000 PM Network Connection
    Physical Address. . . . . : 00-24-21-5F-EE-06
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes

Ethernet adapter Ethernet:

    Connection-specific DNS Suffix . : 
    Description . . . . . : Intel(R) 82566DM-2 Gigabit Network Connection
    Physical Address. . . . . : 00-24-21-5F-EE-05
    DHCP Enabled. . . . . : No
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a177:9abb:a200:158e%12(Preferred)
    IPv4 Address. . . . . : 147.91.67.138(Preferred)
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 147.91.67.1
    DHCPv6 IAID . . . . . : 201335841
    DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-1C-29-0A-22-00-24-21-5F-EE-05

    DNS Servers . . . . . : 147.91.64.4
                           147.91.66.2
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled
```



TCP/IP programski interfejs

- Većina savremenih operativnih sistema i programskih jezika daje direktnu podršku za korišćenje Internet (TCP/IP familije) protokola
- Podrška za korišćenje ovih protokola u okviru programa se realizuje kroz koncept soketa (socket)
- Socket je apstrakcija kojom se programeru predstavlja kanal komunikacije (zasnovan bilo na TCP bilo na UDP protokolu)
- Programer piše podatke u soket ili čita podatke iz soketa, obično na sličan način kao da je u pitanju obična datoteka, a operativni sistem se brine o svim aspektima stvarne mrežne komunikacije



TCP/IP programski interfejs (2)

```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPClient {
    public static void main(String argv[]) throws Exception {
        String userSentence, modifiedSentence;
        BufferedReader inFromUser =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        Socket clientSocket = new Socket("hostname", 6789);
        DataOutputStream outToServer =
            new DataOutputStream(clientSocket.getOutputStream());
        BufferedReader inFromServer =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(
                clientSocket.getInputStream()));
        userSentence = inFromUser.readLine();
        outToServer.writeBytes(userSentence + '\n');
        modifiedSentence = inFromServer.readLine();
        System.out.println("FROM SERVER: " + modifiedSentence);
        clientSocket.close();
    }
}
```



TCP/IP programski interfejs (3)

```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPServer {
    public static void main(String argv[]) throws Exception {
        String clientSentence, modifiedSentence;
        ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(6789);
        while(true) {
            Socket connectionSocket = welcomeSocket.accept();
            BufferedReader inFromClient =
                new BufferedReader(new InputStreamReader(
                    connectionSocket.getInputStream()));
            DataOutputStream outToClient =
                new DataOutputStream(connectionSocket.getOutputStream());
            clientSentence = inFromClient.readLine();
            modifiedSentence = clientSentence.toUpperCase() + '\n';
            outToClient.writeBytes(modifiedSentence);
        }
    }
}
```



Protokol aplikativnog sloja - HTTP

- Hypertext Transfer Protocol (HTTP), je protokol aplikacionog sloja koji predstavlja osnovu veba
- HTTP je implementiran u okviru dve vrste programa:
 - klijentskim programima, najčešće pregledačima veba
 - serverskim programima, najčešće veb serverima
- Ovi programi međusobno komuniciraju razmenom HTTP poruka
- HTTP definiše strukturu ovih poruka i način na koji klijenti i serveri razmenjuju ove poruke
- Neki od osnovnih pojmova veba:
 - Veb je distribuirana aplikacija zasnovana na veb stranicama
 - Veb strane se sastoje od objekata – hipertekstualnih datoteka opisanih na jeziku HTML, slika u raznim formatima (npr. JPG, PNG, GIF), Java apleta i sli.
 - Svaki pojedinačni objekat ima jedinstvenu adresu u obliku tzv. URI (Uniform Resource Identifier)



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (2)

- HTTP protokol dolazi u dve verzije
 - Rana verzija, HTTP 1.0 korišćena je u samom početku razvoja veba
 - krajem 1990-tih, zamenjena je novijom verzijom HTTP 1.1 koja je i danas aktuelna i koja zadržava kompatibilnost sa prvom verzijom
- Obe verzije koriste TCP za komunikaciju nižeg nivoa
 - Razlika je, na primer u tome, što se u okviru starije verzije TCP konekcija automatski zatvara nakon prijema HTTP odgovora, dok se u okviru novije verzije ista konekcija koristi za prenos više objekata, što doprinosi brzini zbog sporog uspostavljanja TCP konekcija
- HTTP protokol funkcioniše na sledeći način:
 - Klijent uspostavlja TCP konekciju (obično na portu 80) sa serverskim računarom, i zatim šalje HTTP zahteve za određenim veb objektima serverskom računaru
 - Ukoliko traženi objekti postoje na serveru, server kroz uspostavljenu TCP konekciju objekte šalje u obliku HTTP odgovora



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (3)

- Važno je naglasiti da nakon slanja odgovora, server ne održava tj. ne koristi apsolutno nikakve informacije o klijentu, odnosno da je HTTP protokol bez stanja (stateless protocol)
- HTTP zahtevi i odgovori se navode u precizno specificiranom obliku

```
GET /~filip/uvit/ HTTP/1.1
Host: www.matf.bg.ac.rs
User-Agent: Mozilla/5.0 Firefox/3.5.8
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,*/*;q=0.8
Accept-Language: en-us,en;q=0.5
Accept-Charset: ISO-8859-1,utf-8;q=0.7,*;q=0.7
Keep-Alive: 300
Connection: keep-alive
```

primer HTTP zahteva

```
metod putanja verzija
polje: vrednost
...
polje: vrednost

sadrzaj
```

opšti format HTTP zahteva



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (4)

- HTTP zahtev se šalje nakon što je uspostavljena TCP konekcija sa nekih host računarom
- U prvoj liniji, navodi se ime metoda, putanja (na serveru) do objekta koji se zahteva i verzija HTTP protokola
- Najčešće korišćeni metodi su GET, POST i donekle HEAD
- HTTP zahtev sadrži i niz polja i njihovih vrednosti kojima klijent serveru saopštava neke relevantne informacije:
 - Host: - obavezno polje u HTTP/1.1 i sadrži ime hosta na koji se šalje zahtev
 - User-Agent: - ovim se identifikuje klijentski softver koji šalje zahtev
 - Accept: - ovim klijent navodi vrstu sadržaja (MIME tip) koju priželjkuje
 - Accept-Language: - ovim klijent navodi jezik koji priželjkuje
 - Accept-Charset: - ovim klijent navodi kodnu stranu koju priželjkuje
 - Connection: - ovim se navodi da li se želi perzistentna (keep-alive) ili jednokratna (close) TCP konekcija.



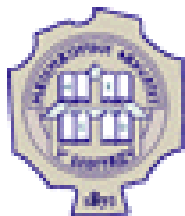
Protokol aplikativnog sloja – HTTP (5)

- Niz polja u HTTP zahtevu:
 - If-modified-since: - ovim klijent serveru naglašava da mu objekat pošalje samo ako je bio modifikovan od datuma navedenog u ovom polju (ukoliko objekat nije modifikovan, on se ne šalje ponovo već klijent prikazuje verziju koja mu je prethodno bila dostavljena i koja je sačuvana je u kešu)
- Nakon prijema HTTP zahteva, server šalje HTTP odgovor

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Sun, 07 Mar 2010 14:53:05 GMT
Server: Apache/2.2.9 (Unix) mod_ssl/2.2.9 OpenSSL/0.9.8h PHP/5.2.6
X-Powered-By: PHP/5.2.6
Content-Length: 2905
Keep-Alive: timeout=5, max=100
Connection: Keep-Alive
Content-Type: text/html

<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
  "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="en">
...
```

primer HTTP odgovora



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (6)

```
verzija kod status  
polje: vrednost  
...  
polje: vrednost  
  
sadrzaj
```

opšti format HTTP odgovora

- Kod i status su u odgovoru najčešće nešto od sledećeg:
 - 200 OK - Zahtev je uspešan i informacija se vraća u okviru odgovora
 - 301 Moved Permanently - Zahtevani objekat je premešten na lokaciju koja je navedena u polju Location: i klijentski program može automatski da pošalje novi zahtev na dobijenu lokaciju
 - 304 Not Modified - Zahtevani objekat nije promenjen od datuma navedenog u zahtevu i nema ga potrebe ponovo slati
 - 400 Bad Request - Server nije uspeo da razume zahtev
 - 404 Not Found - Zahtevani objekat nije naden na serveru



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (7)

- Kod i status su u odgovoru najčešće nešto od sledećeg:
 - 500 Internal Server Error - Došlo je do neke interne greške u radu serverskog programa
 - 505 HTTP Version Not Supported - Server ne podržava verziju HTTP protokola
- Kodovi koji počinju sa 2 govore o tome da je sve proteklo kako treba, kodovi koji počinju sa 3 obaveštavaju korisnika o nekoj redirekciji, kodovi koji počinju sa 4 govore o nekoj grešci u zahtevu (grešci koju je napravio klijent), a kodovi koji počinju sa 5 govore o nekoj grešci na strani servera



Protokol aplikativnog sloja – HTTP (8)

- Neka od najčešće navedenih polja u HTTP odgovorima su:
 - Date: - tačno vreme kada je odgovor poslat
 - Server: - identifikacija veb server programa koji je poslao odgovor
 - Content-Type: - vrsta sadržaja (MIME tip) poslata u okviru odgovora
 - Content-Length: - dužina sadržaja u bajtovima
 - Last-Modified: - vreme kada je sadržaj poslednji put modifikovan na serveru



Protokoli aplikativnog sloja – SMTP, POP3 i IMAP

- Pre nego opisa pojedinačnih protokola, ukratko o osnovnim principima funkcionisanja elektronske pošte:
 - Za slanje elektronske poruka sa računara pošaljioca na računar primaoca, potrebno je da u komunikaciju budu uključeni i server elektronske pošte pošiljaoca, kao i server elektronske pošte primaoca
 - 1. Pošiljaoc sa svog računara dostavlja poruku svom serveru, od kog se zahteva da poruku dostavi serveru primaoca i smesti je u poštansko sanduče primaoca
 - 2. Server pošiljoca nastavlja da brine o dostavljanju poruke tj. vrši komunikaciju sa serverom primaoca i pokušava da dostavi poruku sve dok ili ne uspe ili dok ne ustanovi da dostavljanje poruke nije moguće
 - 3. U slučaju da dostavljanje poruke nije uspelo, server obično obaveštava pošiljaoca da dostavljanje nije uspelo
 - 4. Kada se poruka uspešno dostavi na server primaoca, ona se smešta u njegovo poštansko sanduče gde je smeštena sve dok primaoc ne proverí svoju poštu i ne poželi da pročita dobijenu poruku
 - 5. U tom trenutku potrebno je dostaviti poruku sa servera primaoca do njegovog ličnog računara



Protokoli aplikativnog sloja – SMTP, POP3 i IMAP (2)

- Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) je standardni protokol za slanje pošte

```
Server: 220 smtp.example.com ESMTP Postfix
Client: HELO relay.example.org
Server: 250 Hello relay.example.org, I am glad to meet you
Client: MAIL FROM:<bob@example.org>
Server: 250 Ok
Client: RCPT TO:<alice@example.com>
Server: 250 Ok
Client: RCPT TO:<theboss@example.com>
Server: 250 Ok
Client: DATA
Server: 354 End data with <CR><LF>.<CR><LF>
Client: From: "Bob Example" <bob@example.org>
      To: Alice Example <alice@example.com>
      Cc: theboss@example.com
      Date: Tue, 15 Jan 2008 16:02:43 -0500
      Subject: Test message
```

Hello Alice.

This is a test message with 5 header fields and
5 lines in the message body.

Your friend,

Bob

.

```
Server: 250 Ok: queued as 12345
```

```
Client: QUIT
```

```
Server: 221 Bye
```

Primer SMTP sesije
između klijenta koji šalje
poštu i servera koji je
prima, kako bi je dalje
prosledio



Protokoli aplikativnog sloja – SMTP, POP3 i IMAP (3)

- Post Office Protocol (POP) je jednostavni protokol za preuzimanje poruka sa servera, pri čemu se prilikom preuzimanja poruke obično brišu sa servera
- Preuzete poruke se čuvaju na klijentskom računaru, koji nakon preuzimanja poruka više ne mora da ima pristup Internetu
- POP protokol koristi TCP konekciju na portu 110.

Primer POP3 sesije
između
klijenta i servera

```
Server: +OK POP3 server ready <1896.697170952@dbc.mtview.ca.us>
Client: APOP mrose c4c9334bac560ecc979e58001b3e22fb
Server: +OK mrose's maildrop has 2 messages (320 octets)
Client: STAT
Server: +OK 2 320
Client: LIST
Server: +OK 2 messages (320 octets)
      1 120
      2 200
      .
Client: RETR 1
Server: +OK 120 octets
      <the POP3 server sends message 1>
      .
Client: DELE 1
Server: +OK message 1 deleted
Client: RETR 2
Server: +OK 200 octets
      <the POP3 server sends message 2>
Client: QUIT
Server: +OK dewey POP3 server signing off (maildrop empty)
```



Protokoli aplikativnog sloja – SMTP, POP3 i IMAP (4)

- Osnovne komande koje klijentski softver izdaje u POP3 protokolu su:
 - APOP - ovim se vrši autorizacija klijenta navođenjem njegovog korisničkog imena i kriptovane lozinke.
 - STAT - statistika o stanju poštanskog sandučeta
 - LIST - lista poruka
 - RETR - primanje poruke sa navedenim rednim brojem
 - DELE - brisanje poruke sa navedenim rednim brojem
 - QUIT - prekidanje sesije



Protokoli aplikativnog sloja – SMTP, POP3 i IMAP (5)

- Internet Message Access Protocol (IMAP) je znatno napredniji protokol za primanje pošte. On je prevashodno namenjen korisnicima koji su mobilni tj. koji svojoj pošti pristupaju sa različitih računara
 - Kako bi ovakvi korisnici imali mogućnost pristupa svim svojim porukama, nije poželjno brisati ih sa servera (iz poštanskog sandučeta) prilikom preuzimanja
 - Klijenti za elektronsku poštu na lokalnim računarima obično omogućavaju korisnicima sortiranje poruka, organizovanje u fascikle, pretragu i sli.
 - IMAP protokol je projektovan tako da se ovakva funkcionalnost obezbedi tako što se korisnicima omogući da ove funkcije izvode direktno u svom poštanskom sandučetu na serveru
 - Mana ovog pristupa je što se zahteva da korisnici imaju pristup Internetu sve vreme dok rade sa svojom elektronskom poštom
 - Određeni broj veb aplikacija za rad sa elektronskom poštom je zasnovan na IMAP protokolu



Protokol aplikativnog sloja - FTP

- File Transfer Protocol (FTP) je protokol za prenos datoteka između računara
 - Protokol datira još od 1970-tih i doba ranog Interneta, ali se i danas koristi
 - U okviru tipične FTP sesije, korisnik sedi za jednim host računarom i želi da prenosi datoteke na ili sa drugog host računara
 - FTP koristi TCP kao protokol za komunikaciju nižeg nivoa
 - FTP protokol ostvaruje dve TCP konekcije za prenos datoteka. Jedna konekcija (obično na portu 21) se koristi za prenos kontrolnih informacija, a druga (obično na portu 20) za prenos samih podataka
 - Za svaku datoteku, otvara se nova konekcija za prenos podataka, koja se automatski zatvara kada se završi prenos datoteka
 - Za to vreme kontrolna konekcija sve vreme ostaje otvorena
 - Za razliku od HTTP protokola, tokom FTP sesije server mora da čuva određene podatke o korisniku (na primer, tekući direktorijum) tj. FTP je protokol koji čuva stanje (statefull protocol)



Protokol aplikativnog sloja – FTP (2)

- Kontrole koje se izdaju serveru putem kontrolne konekcije se zapisuju u čitljivom ASCII obliku:
 - USER username - koristi se za slanje identifikacije korisnika serveru
 - PASS password - koristi se za slanje lozinke korisnika serveru
 - LIST - koristi se kako bi se serveru poslala poruka da pošalje listu datoteka u tekućem direktorijumu
 - RETR filename - koristi se kako bi se sa servera (iz tekućeg direktorijuma) prenela datoteka sa datim imenom na klijent (u tekući direktorijum)
 - STOR filename - koristi se kako bi se sa klijenta (iz tekućeg direktorijuma) prenela datoteka sa datim imenom na server (u tekući direktorijum)



Protokol aplikativnog sloja – FTP (3)

- Server obično na zahteve klijenta otvara konekciju za prenos podataka, a istovremeno preko kontrolne konekcije šalje statusne poruke ili poruke o greškama, kao što su:
 - 331 Username OK, password required
 - 25 Data connection already open; transfer starting
 - 425 Can't open data connection
 - 452 Error writing file



Zahvalnica

Delovi materijala ove prezentacije su preuzeti iz:

- Skripte iz predmeta Uvod u veb i internet tehnologije, na Matematičkom fakultetu Univeziteta u Beogradu, autor prof. dr Filip Marić
- Prezentacija iz predmeta Uvod u veb i internet tehnologije, na Matematičkom fakultetu Univeziteta u Beogradu, autor dr Vesna Marinković
- Skripte iz predmeta Informatika na Univerzitetu Milano Bicocca, autor dr Dario Pescini