

Veb programiranje

Računarske mreže

Filip Marić
Vesna Marinković
Milan Banković
Jelena Graovac

Sadržaj predmeta

- Računarske mreže i Internet
- HTML, CSS
- Klijentski skript jezici: JavaScript, DOM, JQuery
- Uvod u relacione baze podataka: MySQL, PHP MySQL API
- Veb serveri: Apache
- Serverski skript jezici: PHP
- Ajax
- Sesije. Autentikacija i autorizacija

Materijali sa časova i literatura

- Strana predmeta: <http://www.vebp.matf.bg.ac.rs>
- Spisak literature je objavljen na strani predmeta.

Posledice pojave savremene telekomunikacije i računarskih mreža

- U današnje vreme skoro nezamislivo korišćenje računara koji nisu povezani sa drugim računarima
- Računari stavljeni u nove uloge, broj korisnika sve veći
- U mreže se povezuju i pametni telefoni, tableti, ali i televizori, kućni uređaji...
- Objedinjavanje telekomunikacionih usluga: jedinstvena mrežna infrastruktura za prenos glasa, podataka, radio i TV signala
- Internet stvari (*internet-of-things, IoT*) predviđa umrežavanje svih svakodnevnih objekata koji nas okružuju

Pojam računarske mreže



- Računarska mreža je sistem koji se sastoji od skupa **hardverskih uređaja** međusobno povezanih **komunikacionom opremom**, snabdevenih odgovarajućim **kontrolnim softverom**, koji omogućava prenos podataka između povezanih uređaja.
- Računarska mreža nije isto što i Internet

Namena računarskih mreža

- Komunikacija: elektronska pošta, društvene mreže, Skype, Viber,...
- Deljenje podataka i informacija
- Deljenje softvera: kupovina karte preko veba, određivanje rute putovanja,...
- Deljenje hardvera: štampača, skenera...

Мрежни штампач



Komponente računarske mreže

- Računarska mreža podrazumeva postojanje bar dva uređaja koji mogu međusobno da komuniciraju i razmenjuju podatke
- Uređaji mogu biti povezani:
 - žičanom komunikacionom opremom
 - bežičnom komunikacionom opremom
- Komunikacija se odvija pod kontrolom softvera:
 - sistemski softver
 - aplikativni softver

Mrežni hardver

- Da bi računar mogao da se umreži potrebno je da sadrži odgovarajući deo komunikacione opreme.
- **Mrežna kartica** (mrežni kontroler ili LAN kartica) (*network interface controller, NIC*) se ugrađuje u računar
- Izlaz iz mrežne kartice je najčešće RJ45 priključak na koji se priključuje UTP kabl
- Skoro svi stoni računari imaju ugrađenu ovu karticu, dok prenosni imaju ugrađenu **karticu za bežično povezivanje** (*wireless network interface controller, WNIC*)



Mrežni hardver

- **Modem** (*modulator-demodulator*) je uređaj koji konvertuje digitalni signal u analogni koji se prenosi, a zatim obrnuto konvertuje preneti analogni signal u digitalni; koristi se za kablovski ili ADSL pristup internetu
- Modem se koristi za povezivanje lokalne mreže (ili pojedinačnog računara) na udaljenu mrežu
- Tipično ga danas koristimo za povezivanje na internet putem ADSL-a ili kablovske mreže

Кабловски модем



ADSL модем (уједно и
кућни бежични рутер)



Mrežni hardver

- **Hab** (*hub*) – dobijene poruke prosleđuje svim priključenim uređajima na istoj mreži
- **Svič** (*switch*) – dobijene poruke prosleđuje samo uređajima kojima su namenjene
- **Ruter** (*router*) – koristi se za povezivanje dve ili više različitih mreža



- Habovi rade na fizičkom, svičevi na veznom, a ruteri na mrežnom sloju (biće objašnjeno kasnije)
- Jedan uređaj može obavljati više zadataka

Komunikacioni medijumi

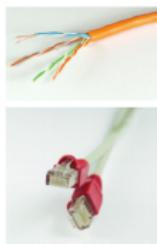
- Komunikacioni medijumi su kablovi ili bežični medijumi koji prenose podatke elektromagnetskim talasima (radio-talasima, optičkim talasima, mikrotalasima)
- Osnovni parametri su:
 - protok, odnosno brzina prenosa (*throughput, bandwidth*) – količina podataka koja može da se prenese u jedinici vremena (meri se u (kilo,mega,giga)bitovima po sekundi – bps, Kbps, Mbps, Gbps)
 - kašnjenje (*latency*) – vreme potrebno da se komponenta pripremi za pristup podacima (meri se u mikrosekundama u lokalnim mrežama i milisekundama u okviru većih mreža)

Komunikacioni medijumi

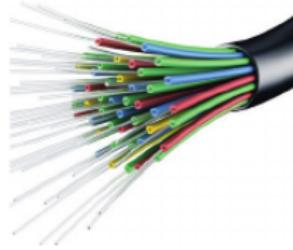
- **Upredene parice (twisted pair)** su uparene izolovane bakarne žice
- **UTP kablovi (unshielded twisted pair)** kategorije 3 koriste se u fiksnoj telefoniji, a kategorije 5 ili 6 u lokalnim mrežama; protok oko 100 Mbps (brzi Ethernet), pa i 1 Gbps (gigabitni Ethernet)
- **Koaksijalni kablovi (coaxial cable)** koriste se za prenos radio i TV signala, ali i kod kablovskog Interneta. Bakarna žica obmotana izolatorom, koji je obmotan mrežicom od tankih bakarnih ili aluminijumskih žica.
- **Optički kablovi (optical fiber cable)** – puno staklenih vlakana umotanih u zaštitni sloj, podaci se prenose svetlosnim talasima koje emituje laser dioda; brzina prenosa i do nekoliko Tbps
- Najčešće se optički kablovi koriste za osovinski deo mreže, dok se koaksijalnim ili upredenim žicama povezuju grupe uređaja

Optičки кабл

UTP каблови и прикључци



Коаксијални каблови и прикључци



Bežična komunikacija

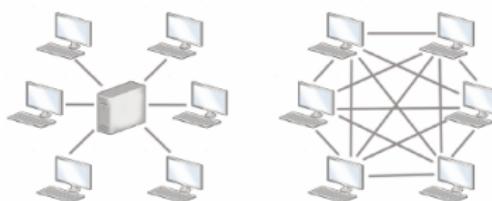
- Pogodna kod prenosivih računara i mobilnih uređaja i za udaljene lokacije
- Koriste se radio-talasi, mikrotalasi ili infracrveni zraci
- **Bluetooth**
 - koristi se za manje razdaljine (desetak metara), za komunikaciju računara sa periferijskim uređajima i mobilnim telefonima
 - brzina je do 3Mbps
- **Bežične lokalne mreže (WLAN, WiFi)**
 - koriste radio-talase za bežičnu komunikaciju više uređaja na ograničenom rastojanju (nekoliko desetina ili stotina metara),
 - mreži se pristupa preko **pristupnih tačaka** (*access point*)
 - oblast prostora u kojoj je mreža dostupna naziva se **vruća tačka** (*hot spot*)
 - brzina prenosa od 10Mbps do 50Mbps (u novije vreme i do 600Mbps)
- **Bežične gradske mreže (WiMAX)** pokrivaju šira područja i daju protok do 40Mbps
- **Ćelijski sistemi:** sistem povezanih antena koje pokrivaju određene oblasti, tzv. ćelije (npr. mobilna telefonija)
- **Komunikacioni sateliti** (na 36000 kmnv) se koriste za povezivanje udaljenih tačaka i prenos podataka, telefonskog i TV signala; brzina komunikacije oko 100Mbps
- Iako je brzina komunikacije manja u poređenju sa optičkim kablovima, pogodnija je kada je postavljanje kabla skupo ili neizvodivo

Mrežni softver

- Neophodan je za funkcionisanje računarskih mreža
- Obuhvata razne slojeve: od sistemskog softvera niskog nivoa do aplikativnog softvera
- Slojevitost olakšava programiranje mrežnog softvera
- Danas operativni sistemi sadrže sve nivoje mrežnog softvera, osim aplikativnog
- Autori aplikativnog softvera ne moraju da brinu o detaljima mrežne komunikacije

Organizacija računara u mreži

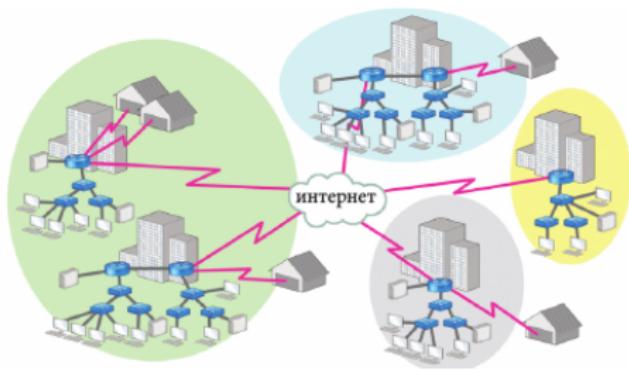
- Računari mogu da imaju različitu ulogu u mreži
- Dva načina organizacije:



- Mreža ravnopravnih računara (*peer-to-peer, P2P*): BitTorrent
- Klijent-server organizacija: korišćenje veba, elektronske pošte
 - **server** pruža svoje resurse (veb serveri, serveri BP,...)
 - **klijent** inicira kontakt radi korišćenja tih resursa
- Računari nisu predodređeni za samo jednu ulogu

Raspon računarskih mreža

- Pokrivaju različite geografske raspone: od mreže dva računara do Interneta
- Različite tehnologije se koriste za različite raspone mreža
- **Hijerarhijsko umrežavanje:** mreže velikog raspona povezuju manje mreže
 - lokalne mreže (*local area network, LAN*)
 - mreže širokog raspona (*wide area network, WAN*)
 - globalna mreža – Internet

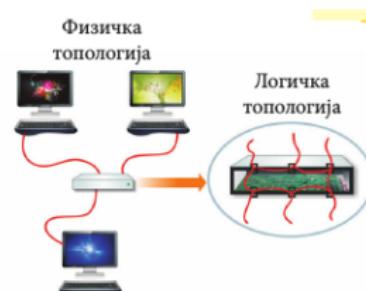
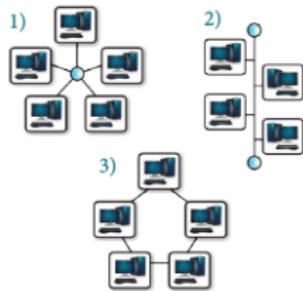


Povezivanje čvorova i topologija mreža

- Dva računara se povezuju uvek isto – komunikacionim kanalom
- Više računara je moguće povezati na različite načine
- U osnovi, postoje dva načina za povezivanje više računara:
 - deljenje zajedničkog komunikacionog kanala (engl. **broadcast**)
 - direktno povezivanje čvorova (engl. **point-to-point**)
- **Topologija mreže** označava način na koji je više uređaja povezano i način na koji oni razmenjuju podatke
- Topologije se razlikuju prema osnovnoj ceni, ceni komunikacije i pouzdanosti

Topologija mreže

- Male mreže: topologija **zvezde**, **magistrale** ili **prstena**
- Velike mreže: opšta grafovska topologija
- Dva nivoa topologije mreže:
 - **fizička topologija** – određena rasporedom kablova i bežičnih veza
 - **logička topologija** – određena tokom podataka

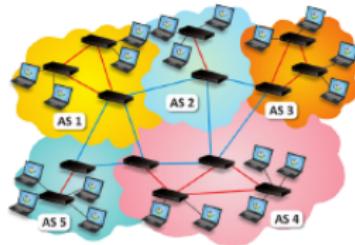


Povezivanje u manjim mrežama

- Deljenje komunikacionog kanala (*broadcast*) uobičajeno za manje mreže
- Putem zajedničkog komunikacionog kanala pošiljalac šalje poruku koja sadrži identifikaciju primaoca
- Svi primaju signal, ali jedino primalac prihvata poruku
- Ukoliko više pošiljalaca žele da istovremeno šalju poruku putem istog kanala, potrebno je obezbediti deljenje kanala
- Statičko deljenje kanala:
 - deljenje vremena (*time division multiplexing, TDM*)
 - deljenje frekvencije (*frequency division multiplexing, FDM*)
- Dinamičko deljenje kanala:
 - detekcija sudara (npr. Ethernet CSMA/CD)

Povezivanje u većim mrežama

- Veće mreže imaju opštu topologiju grafa koja nastaje povezivanjem manjih mreža različitih topologija na određeni način
- Lokalna mreža se preko posebnog uređaja (rutera) povezuje na veću mrežu (*gateway*). Ovaj uređaj predstavlja unutrašnji čvor veće mreže
- Unutrašnji čvorovi mreže su povezani direktno (*point-to-point*), formirajući određenu topologiju
- Komunikacija između računara iz različitih lokalnih mreža se obavlja posredno, preko unutrašnjih čvorova veće mreže
- Putanja kojom se poruka može preneti kroz mrežu nije jedinstvena
- Izbor putanje bitan za efikasnost komunikacije
- **Komutiranje paketa** – poruke se dele u manje pakete i za svaki paket se nezavisno određuje putanja



Povezivanje na Internet

- Kućni i poslovni računari povezuju se na Internet korišćenjem usluga **dobavljača interneta**, tj. **internet provajdera** (*internet service providers, ISP*)
- Provajderi omogućavaju uključivanje računara i manjih mreža u njihove mreže koje su već povezane sa Internetom
- Danas se uređaji povezuju na Internet korišćenjem **širokopojasnog pristupa** (*broadband internet access*)
- Načini povezivanja:
 - ADSL pristup preko telefonskih linija
 - pristup preko linija kablovske televizije
 - pristup preko mreže mobilne telefonije
- Brzina preuzimanja podataka od nekoliko Mbps do nekoliko stotina Mbps, brzina slanja manja – do 10Mbps

ADSL internet

- Digitalna pretplatna linija (*digital subscriber line, DSL*) je tehnologija za istovremeni prenos glasovnog signala i digitalnih podataka preko parica fiksne telefonske mreže
- Radi povećanja opsega frekvencija ne vrši se odsecanje frekvencija izvan uobičajenih frekvencija ljudskog govora
- Frekvencijski opseg zavisi samo od dužine kabla (na dugačkim paricama slabe visokofrekvencijski signali kojima se prenose podaci), ne može se uspostaviti na mestima koja su previše udaljena od telefonske centrale

ADSL internet

- Frekvencijski raspon deli se na pojaseve, svaki pojas se nezavisno koristi za komunikaciju – multipleksovanje deljenjem frekvencija
- Jedan pojas za prenos telefonskog (glasovnog) signala, dva za kontrolu prenosa podataka, a preostali (oko 250) za prenos podataka
- Više pojaseva za dolazni saobraćaj (*download*) nego za odlazni (*upload*) – asimetrična digitalna pretplatna linija (*asymmetric DSL, ADSL*); brzina prenosa nekoliko desetina Mbps u dolaznom, nekoliko Mbps u odlaznom saobraćaju
- Na korisnikovom kraju linije instalira se razdelnik (*splitter*) – jedan pojas usmerava ka telefonskom uređaju, ostale ka računaru



Kablovski internet

- Optičko-kablovske mreže (*hybrid fibre-coaxial*) zasnivaju se na kombinovanom prenosu podataka kroz optička vlakna i koaksijalne kablove koji se koriste za istovremen prenos TV signala, radio-signala i digitalnih podataka
- Centralni ruter provajdera povezan optičkim kablovima sa čvorštima, a ona dalje koaksijalnim kablovima sa korisnicima
- Nekoliko stotina korisnika na jedno čvoriste
- Veza sa računarom ostvaruje se putem **kablovskog modema**



Kablovski internet

- Frekvencijski opseg se korišćenjem FDM deli na pojaseve
- Veći broj pojaseva za dolazni saobraćaj, manji za odlazni
- Svi korisnici povezani na čvorište dele komunikacioni kanal i dolazni paketi se istovremeno dostavljaju svim kablovskim modemima
- Brzina prenosa varira u zavisnosti od aktivnosti priključenih korisnika
- Brzina dolaznog saobraćaja do stotinak Mbps, brzina odlaznog nekoliko Mbps

Mobilni internet

- Razvoj mobilne telefonije tekao kroz generacije:
 - prva generacija (1G) – analogni prenos glasa
 - druga generacija (2G) – digitalni prenos glasa i male količine podataka (SMS)
 - treća generacija (3G) – digitalni prenos glasa i velike količine podataka, nekoliko Mbps
 - četvrta generacija (4G) – sve više se koristi, brzina teorijski do 1Gbps
- Za priključivanje računara na mobilnu mrežu potrebno je koristiti modem – dongl
- Pametni telefoni i neki tableti ne zahtevaju dodatke



Модеми за мобилни интернет

Organizacija mreže

- Analogija sa računarskim sistemom: sloj hardvera, sistemski i aplikativni softver
- Računarske mreže organizovane u **slojevima**
- Komunikacija na višim slojevima ostvaruje se usmeravanjem poruka ka nižim slojevima
- Viši sloj ne poznaće detalje komunikacije na nižim slojevima, ni obratno
- **Protokol** služi da bi pošiljaoci i primaoci na odgovarajućim slojevima mogli da se razumeju
- Internet je organizovan prema modelu TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) sa 5 osnovna sloja:
 - aplikativni sloj
 - transportni sloj
 - mrežni (internet) sloj
 - vezni sloj (sloj mrežnog interfejsa)
 - fizički sloj
- ISO/OSI model razlikuje 7 slojeva, Internet nije baziran na njemu

Opis komunikacije na aplikativnom sloju

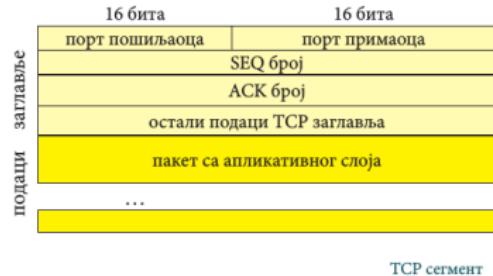
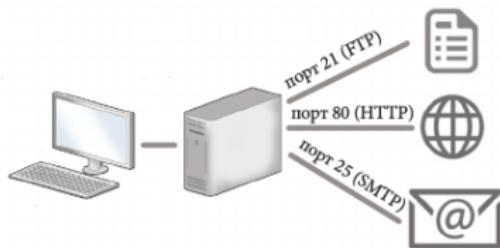
- Na ovom sloju komuniciraju aplikacije koje koriste mrežne usluge
- Svaka aplikacija poštuje odgovarajući **protokol**:
 - za preuzimanje dokumenata sa veba: **HTTP** (*HyperText Transfer Protocol*) i **HTTPS** (*HyperText Transfer Protocol Secure*)
 - za preuzimanje elektronske pošte: **POP3** (*Post Office Protocol*) i **IMAP** (*Internet Message Access Protocol*)
 - za slanje elektronske pošte: **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*)
 - za prenos datoteka: **FTP** (*File Transfer Protocol*)
- Protokoli precizno definišu oblik i sadržaj poruka

Opis komunikacije na transportnom sloju

- Komunikacija se odvija na osnovu transportnih protokola
 - TCP (*Transmission Control Protocol*)
 - UDP (*User Datagram Protocol*)
- Poruka se deli na pakete (segmente) (TCP) odn. datagrame (UDP)) koji se nezavisno šalju (komutiranje paketa)
- Svaki paket se dopunjaje informacijama potrebnim za njegovu dostavu
 - Potrebno je identifikovati računar na mreži, kao i aplikaciju na tom računaru koja učestvuje u komunikaciji
 - Paket mora da sadrži adresu računara, kao i identifikator aplikacije koja poruku šalje i prima
 - Na transportnom nivou se paketima dodaju identifikatori softvera – portovi, dok se adrese uređaja dodaju kasnije, na mrežnom sloju
 - Postoje odvojeni TCP i UDP portovi

Portovi

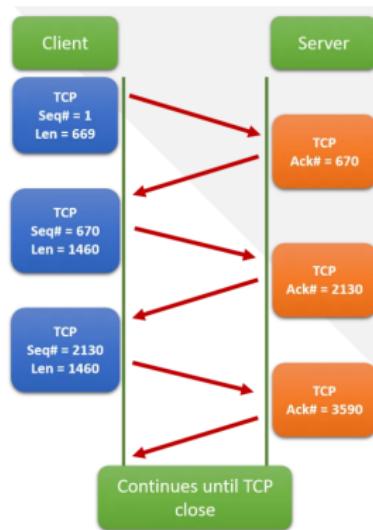
- 16-bitni brojevi = 65536 različitih vrednosti
- Neki portovi su standardizovani za najčešće korišćene aplikacije:
 - port 80 za HTTP protokol, odnosno paket se prosleđuje vebserverskom softveru
 - port 443 za HTTPS protokol
 - portovi 20 i 21 za slanje datoteka (FTP protokol)
 - port 25 za slanje pošte (SMTP)
 - portovi 110 i 143 za primanje pošte (POP3 i IMAP)



Razlika između TCP i UDP protokola

- Problemi pri podeli poruka na pakete
 - izgubljeni paket
 - redosled pristiglih paketa ne odgovara redosledu poslatih paketa
- TCP protokol
 - pouzdaniji: za prenos veb strana, datoteka, elektronske pošte
 - za svaki pristigli paket šalje se **potvrda** (*acknowledgement, ACK*) pošiljaocu
 - pored portova u segment se dodaju informacije na osnovu kojih se poruka može sklopiti u celinu
 - kontroliše se i brzina toka podataka (*flow control*)
- UDP protokol
 - brži, za aplikacije u realnom vremenu
 - ne uspostavlja se konekcija, ne potvrđuje prijem paketa, ne šalju se ponovo paketi

Razmena TCP segmenata između klijenta i servera



Opis komunikacije na mrežnom sloju

- Osnovni zadaci:
 - **adresiranje** – identifikacija uređaja u mreži kome se poruke dostavljaju
 - **rutiranje** – određivanje putanje kojom se podaci kreću kroz mrežu
- Protokol **IP** (*Internet Protocol*), zajedno sa protokolom TCP predstavlja osnovu Interneta
- IPv4 – najčešće korišćena verzija, IPv6 – najnovija
- IPv4 adrese: 32-bitne (npr. 147.91.66.2)
- IPv6 adrese: 128-bitne (npr.
FE80:0000:0000:0000:0202:B3FF:FE1E:8329)

IP datagram

- Pri prosleđivanju paketa sa transportnog na mrežni sloj dodaju se:
 - adresa pošiljaoca,
 - adresa primaoca, ...
- IP datagram – ide od pošiljaoca do primaoca, preko serije ruter



IP adrese

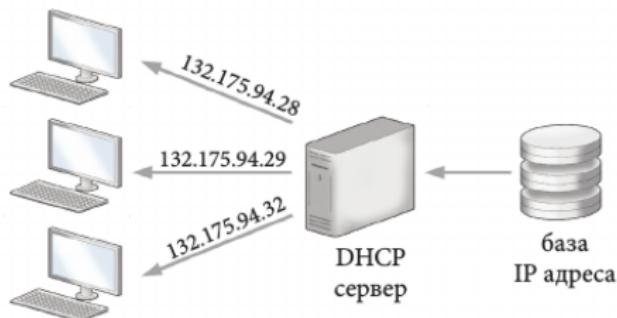
- IPv4 adrese su 32-bitni brojevi
- Uobičajeno se predstavljaju kao četiri dekadna broja između 0 i 255

172 . 16 . 254 . 1
↓ ↓ ↓ ↓
10101100 . 00010000 . 11111110 . 00000001

- Ukupno 2^{32} adresa (oko 4,2 milijarde)
- Uređaju priključenom na mrežu dodeljuje se IP adresa
 - **statički** – adresa je fiksna kad god se priključi na mrežu
 - **dinamički** – dodeljuje se neka slobodna IP adresa, nema garancija da će uvek biti ista
- Statičke adrese pogodnije za servere, inače pogodnije dinamičke (smanjuju mogućnost greške, jednostavnije administriranje mreže)

Dinamička dodela IP adresa

- Zasniva se na **DHCP protokolu** (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
- Jedan ili više uređaja u mreži igraju ulogu **DHCP servera**
- Uređaj pri povezivanju u lokalnu mrežu šalje DHCP serveru zahtev da se dodeli IP adresa i on šalje neku slobodnu adresu

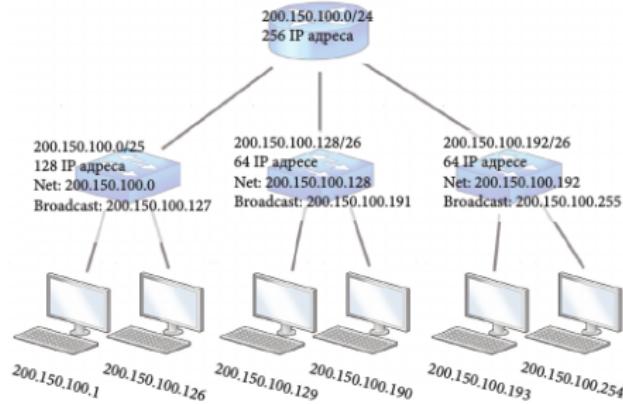


Hijerarhijska struktura IP adresa

- 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** ili **gejtvej** (*gateway*)
- Svi uređaji iz iste mreže dele zajednički početak IP adrese
- Primer: od 200.150.100.0 do 200.150.100.255 – ista prva 24 bita, razlikuju se poslednjih 8
- Dva načina zapisa:
 - **CIDR notacija** – adresa 200.150.100.75/24
 - **mrežna maska** (*subnet mask*) – uz adresu 200.150.100.75 navodi se mrežna maska 255.255.255.0 (24 jedinice i 8 nula)

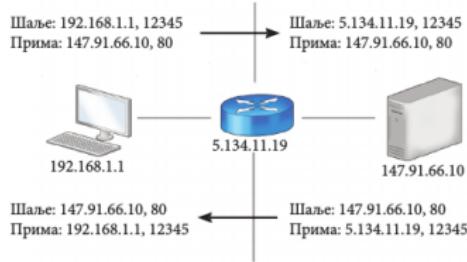
Hijerarhijska struktura IP adresa

- 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)
 - 172.16.0.0/12 (od 172.16.0.0 do 172.31.255.255)
 - 192.168.0.0/16 (od 192.168.0.0 do 192.168.255.255)
- 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



- opisani postupak se naziva **prevođenje mrežnih adresa** (*network address translation, NAT*)
- U mreži jedino ruter koji vrši NAT mora da ima javnu IP adresu
- Manje lokalne mreže se obično organizuju oko jedne javne IP adrese

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

```
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 i ako je sadržaj tabele rutiranja kao na slici, on se dostavlja preko rutera 200.100.5.20
- Mustrom 0.0.0.0/0 zadaje se gde proslediti paket ako adresa nije prepoznata na neki drugi način
- Traži se najpreciznija mustra – poklapanje sa najvećim brojem bitova
- Kvalitet rutiranja zavisi od tabela rutiranja
- Tabele rutiranja se mogu graditi statički ili dinamički

Sistem imena domena (DNS)

- Sistem imena domena (*DNS, Domain Name System*) – adrese hostova (servera) zadaju se u tekstualnom obliku
- Domeni se sastoje iz nekoliko delova, hijerarhijski su organizovani i razvojeni tačkama, primer: `www.matf.bg.ac.rs`
- Domen najvišeg nivoa (*TLD, Top Level Domain*): država u kojoj je domen registrovan ili tip organizacije:
 - .com – komercijalni domen
 - .net – kompanije koje se bave razvojem mreža
 - .org – neprofitne organizacije
 - .edu – obrazovne institucije
 - .aero – avio prevoznici, ...
- Registrar nacionalnog internet domena Srbije
- Domen se registruje kod ovlašćenih registara (dobavljača interneta)
- Sistem imena domena predstavlja osnovu **uniformnih lokacija resursa** (*Uniform Resource Locator, URL*) na Vebu

Serveri za imena domena (DNS)

- Imenu domena dodeljuje se IP adresa odgovarajućeg hosta, npr. imenu servera poincare.matf.bg.ac.rs IP adresa 147.91.66.2
- Pridruživanje se pamti na **serverima imena domena** (*Domain Name Server, DNS*)
- Pre početka komunikacije softver se obraća DNS serveru i od njega traži IP adresu za poslato ime domena
- Komunikacija sa DNS serverom se odvija preko **DNS protokola** – protokol na aplikativnom sloju, deo skupa protokola TCP/IP
- IP adresa DNS servera se:
 - zadaje ručno prilikom konfiguracije računara
 - automatski dobija od DHCP servera

Opis komunikacije na veznom sloju

- Uređaji (ruteri) na mrežnom sloju problem komunikacije svode na zadatku da se IP datagram prenese:
 - sa jednog rutera na drugi
 - sa jednog uređaja na drugi u okviru lokalne mreže
- Ovaj zadatak se rešava na veznom sloju
- IP datagram se obmotava dodatnim podacima i kreiraju se **okviri (frame)**
- Potrebno je sprečiti izmenu podataka prilikom mrežnog prenosa (preskakanje bitova, izmena bitova, ponavljanje, ...)
- Na kraj okvira dodaje se **sekvanca za proveru okvira**:
 - omogućava primaocu da proveri 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**

Opis komunikacije na veznom sloju

- Ruteri u unutrašnjosti obično 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
- Preko direktnih veza podaci se prenose korišćenjem **protokola PPP** (*point-to-point protocol*) – podaci se šifriraju i kompresuju
- U okviru lokalne mreže komunikacija se zasniva na tehnologijama:
 - **Ethernet** (žičano povezivanje)
 - **Wi-Fi** (bežično povezivanje)

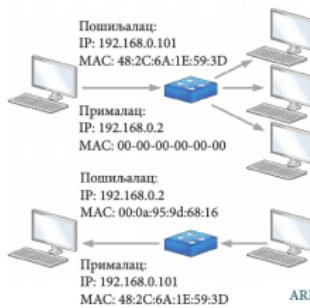
Adresiranje na veznom sloju

- Na veznom sloju koriste se **MAC adrese** (*Media-Access-Control*)
- 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 on 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



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 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

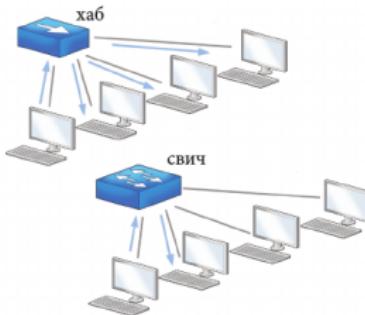


Komunikacija na najnižem sloju

- Na najnižem nivou komunikacije treba naći mehanizam slanja pojedinačnih bitova od jednog do drugog uređaja
- Ovaj najniži nivo se obično naziva **fizički sloj**
- Zavisi od tipa komunikacije – žičana ili bežična komunikacija, koja vrsta kablova je u pitanju i sl.

Povezivanje uređaja u lokalnoj mreži

- Postavljanje **haba** između povezanih uređaja (fizički sloj) – primljeni paketi se prosleđuju svim uređajima povezanim na njega (jednostavno, ali je verovatnoća sudara velika)
- Postavljanje **sviča** između povezanih uređaja (vezni sloj) – 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