

HTML5 i JavaScript za video igre

Računarske mreže

Predavač:
doc. dr Jelena Graovac

Cilj predmeta

- Upoznavanje sa osnovnim veb-tehnologijama i tehnikama za programiranje igara za veb.

Ishod predmeta

- Studenti ovladavaju ključnim savremenim veb-tehnologijama, a pre svega osnovnim elementima jezika HTML5, CSS i JavaScript. Studenti su osposobljeni da samostalno prave jednostavne video igre za veb i da pomoću preporučene i druge literature samostalno dalje unapređuju svoja znanja u toj oblasti.

Bodovanje

- seminarski: 20 poena
- završni ispit: praktični deo 50 poena i teorijski deo od 30 poena
- prag za praktični i teorijski deo ispita je 1/3
- da bi se položio ispit potrebno je ispuniti prag na ispitu i imati više od 50 poena u zbiru

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 elektromagnetnim 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

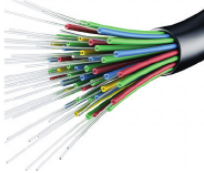
UTP kablovi i priključci



Koaksijalni kablovi i priključci



Оптички кабл



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 perifernim 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 km) 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 nivoe mrežnog softvera, osim aplikativnog
- Autori aplikativnog softvera ne moraju da brinu o detaljima mrežne komunikacije

Organizacija računara u mreži

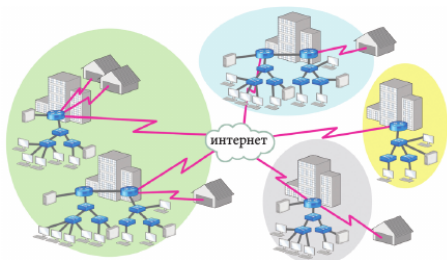
- Računari mogu da imaju različitu ulogu u mreži
- Dva načina organizacije:



- **Mreža ravnopravnih računara** (*peer-to-peer, P2P*): BitTorrent
- **Klijent-server organizacija**: korišćenje veba, elektronske pošte
 - **server** pruža svoje resurse (web 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

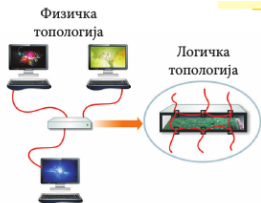
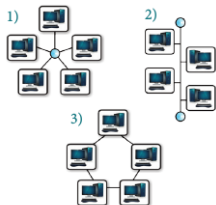


Povezivanje čvorova i topologija mreža

- 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

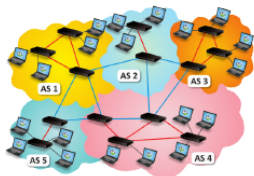


Povezivanje u manjim mrežama

- **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



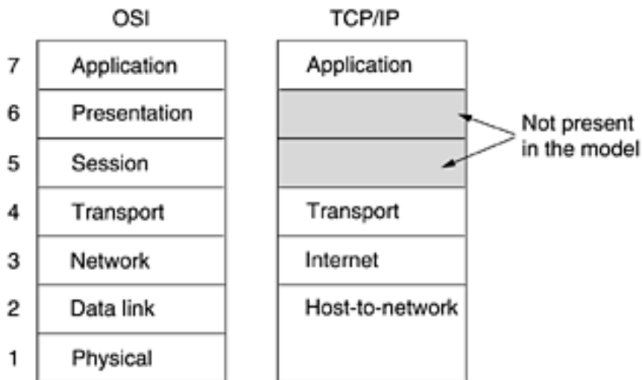
Povezivanje na Internet

- 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

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 poznaje 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

Organizacija mreže



Opis komunikacije na aplikativnom sloju

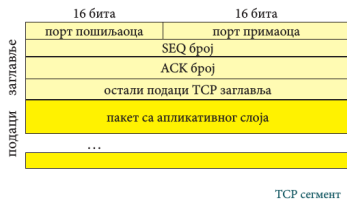
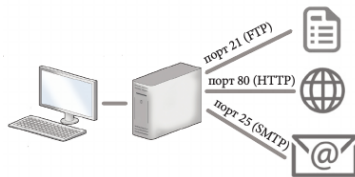
- Na ovom sloju komuniciraju aplikacije koje koriste mrežne usluge
- Svaka aplikacija poštuje odgovarajući **protokol**:
 - za preuzimanje dokumenata sa veba: **HTTP** (*HyperText Transfer Protocol*) i **HTTPS** (*HyperText Transfer Protocol Secure*)
 - za preuzimanje elektronske pošte: **POP3** (*Post 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 dopunjuje 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

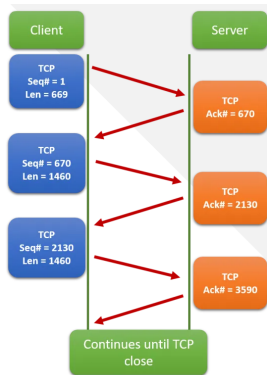
- 16-bitni brojevi = 65536 različitih vrednosti
- Neki portovi su standardizovani za najčešće korišćene aplikacije:
 - port 80 za HTTP protokol, odnosno paket se prosleđuje vebserverском softveru
 - port 443 za HTTPS protokol
 - portovi 20 i 21 za slanje datoteka (FTP protokol)
 - port 25 za slanje pošte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



IP adrese

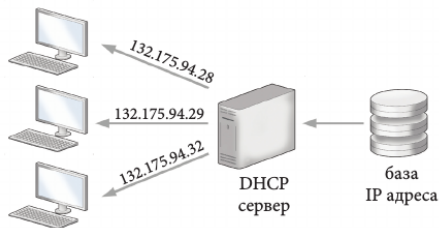
- IPv4 adrese su 32-bitni brojevi
- Uobičajeno se predstavljaju kao četiri dekadna broja između 0 i 255

172 . 16 . 254 . 1
↓ ↓ ↓ ↓
110101100.00010000.11111110.00000001

- 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

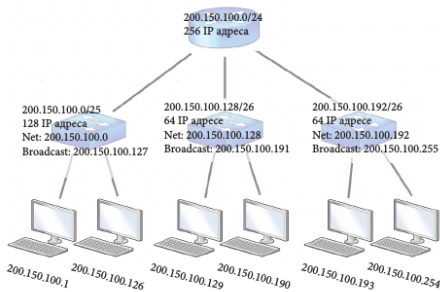


Hijerarhijska struktura IP adresa

- 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)

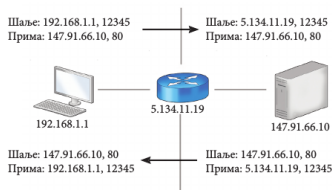
Hijerarhijska struktura IP adresa

- 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, ...
- Registar 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 zadatak 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 **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**

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)

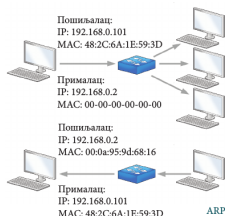
Adresiranje na veznom sloju

- 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

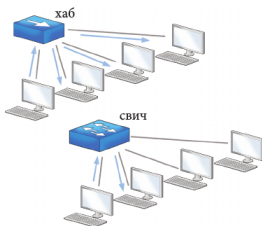


Komunikacija na najnižem sloju

- Na najnižem nivou komunikacije treba naći mehanizam slanja pojedinačnih bitova od jednog do drugog uređaja
- Ovaj najniži nivo se obično naziva **fizički sloj**
- Zavisí 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