



PRAKTIKUM IZ RAČUNARA

- OSNOVI MREŽNE KOMUNIKACIJE -

Organizacija kursa

- **Predavanja:** sreda 10-12, sala 1 Lola – neparnim nedeljama
- **Lab:** sreda 10-12, sala 70 – parnim nedeljama – 4 lab vežbe
- **Sajt:** tnt.etf.rs/~oe4pir
- **Završni lab:** Radi se samostalno na računaru ukupno 70% ocene.
- **Završni test:** Radi se pismeno na kraju semestra. Ukupno 30% ocene.

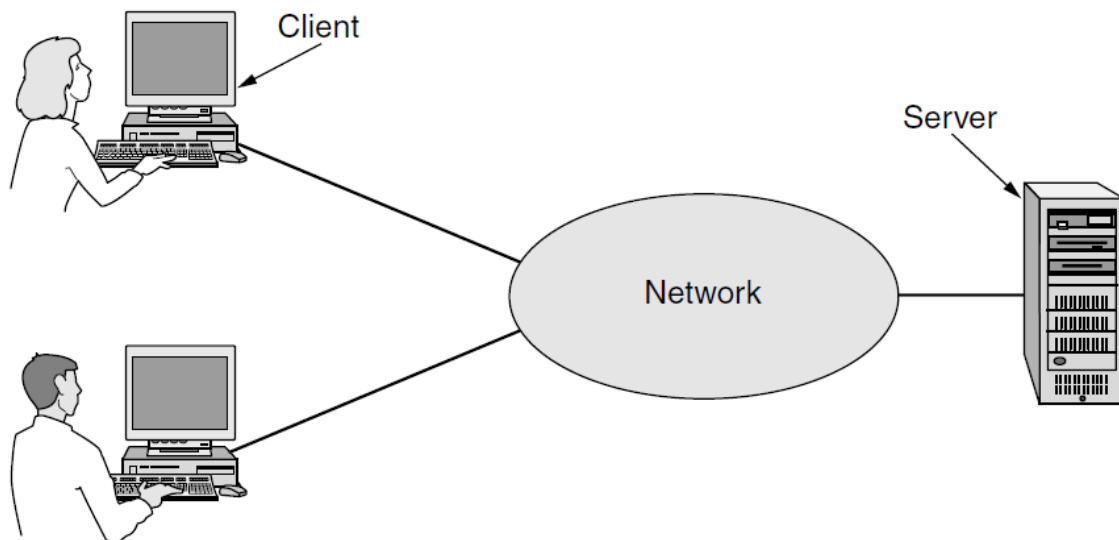
Računarska mreža

Računarska mreža predstavlja skup nezavisnih računara povezanih jedinstvenom komunikacionom tehnologijom. Za dva računara se kaže da su povezana ako mogu međusobno razmenjivati podatke.

Najčešći medijumi za povezivanje računara:

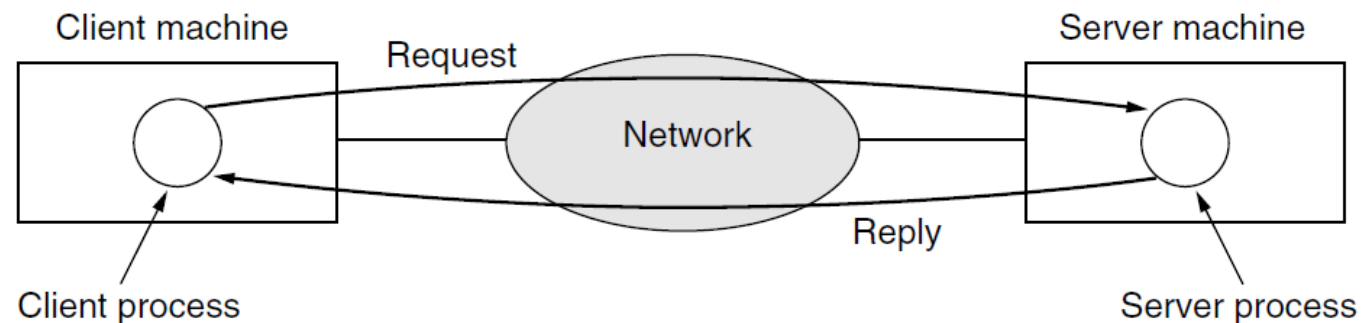
- Bakarna žica
- Optičko vlakno
- Mikrotalasi
- Komunikacioni sateliti

Modeli mreža – klijentsko-serverski model

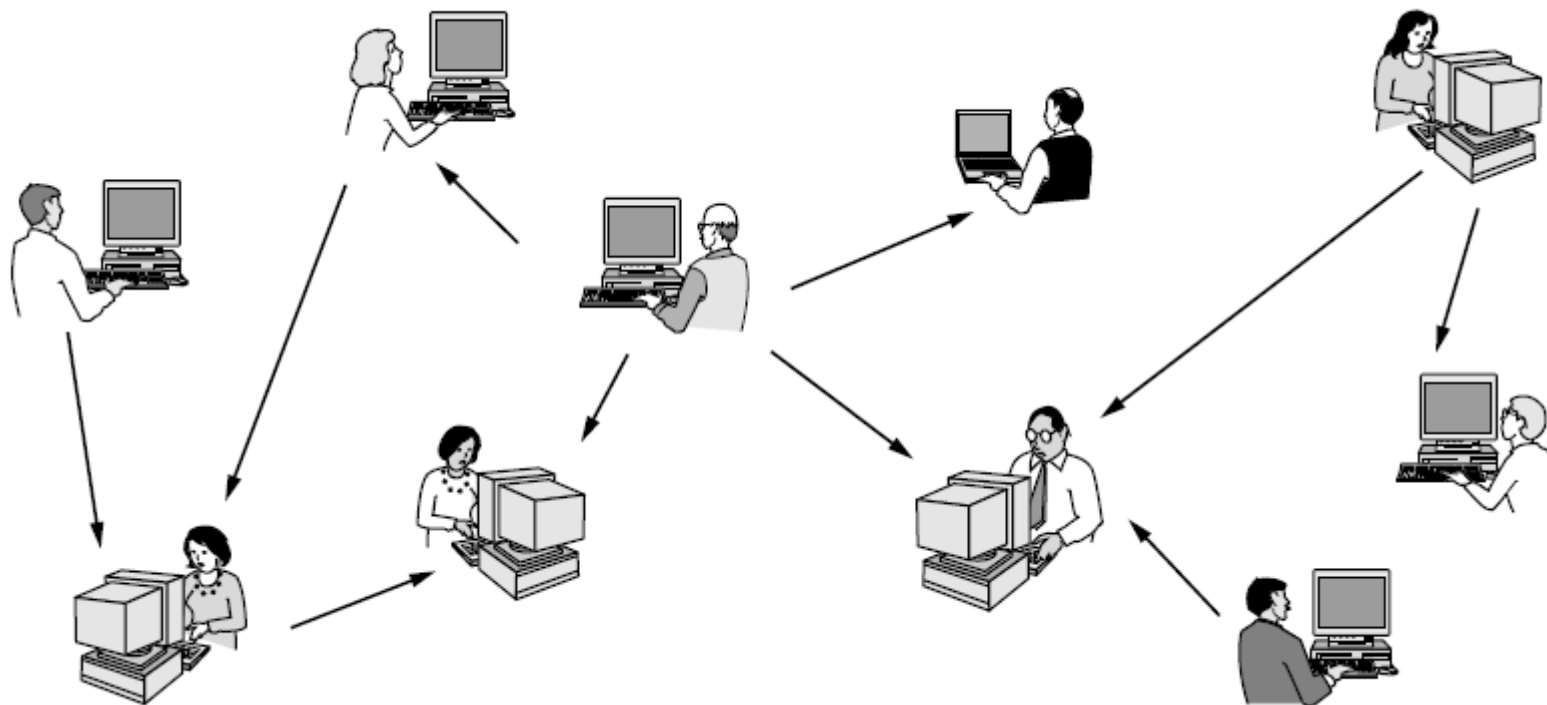


Jasno podeljene uloge u komunikaciji. Sve informacije se nalaze na serverima koji mogu da pružaju različite tipove servisa klijentskim računarima. Serveri su obično moćni računari koji garantuju odgovarajući kvalitet servisa i konstantnu dostupnost velikom broju klijentskih konekcija.

Komunikacija se odvija po sistemu zahteva i odgovora, pri čemu klijenti šalju zahteve serverskom računaru putem mreže i dobijaju odgovarajući odgovor.



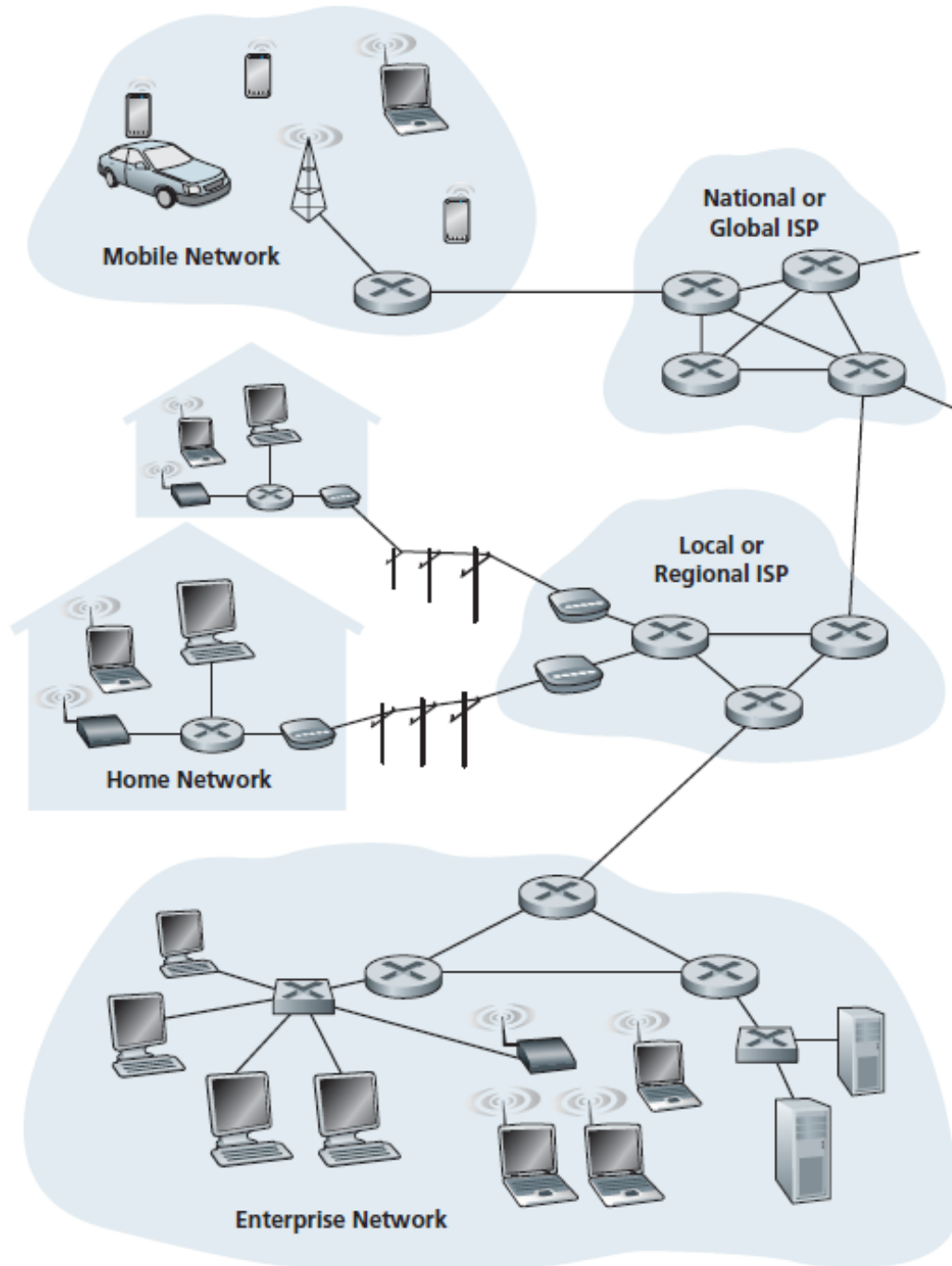
Modeli mreža – sistem ravnopravnih računara (peer-to-peer)



Korisnici predstavljaju labavu mrežu međusobno direktno povezanih računara kojom se omogućava direktna komunikacija i razmena podataka između različitih članova grupe.

U ovom modelu nema fiksne podele na klijente i servere. Najčešće se koristi za razmenu fajlova među privatnim korisnicima.

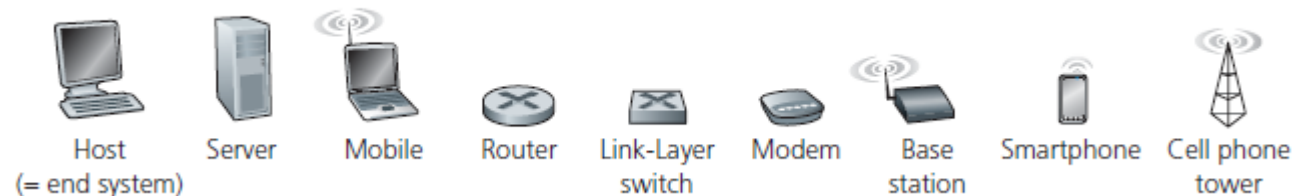
Povezivanje različitih sistema na Internet



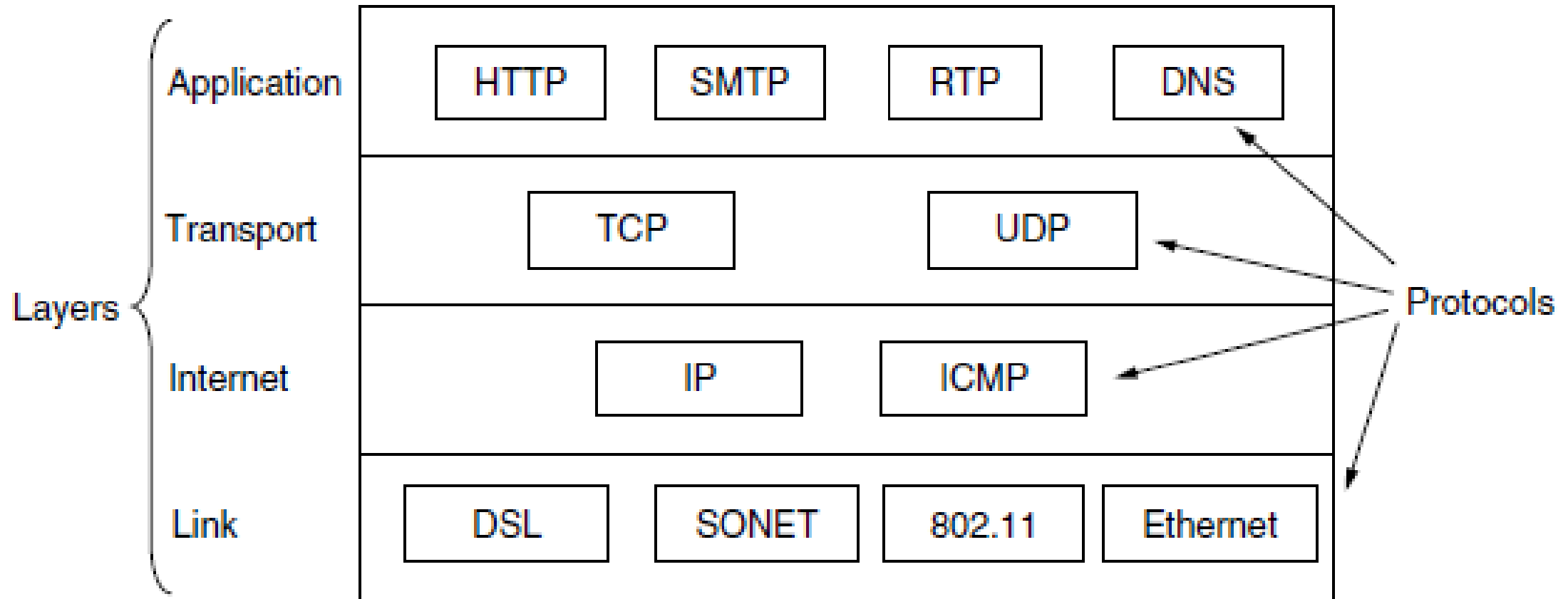
Sistem razmene informacija na Internetu se može posmatrati kao prosleđivanje pisama i pošiljki u klasičnom poštanskom sistemu. Naime svaki učesnik u komunikaciji (end system) poseduje jedinstvenu mrežnu adresu. Na osnovu adrese odredišta sadržane u poruci, uređaji za prosleđivanje poruka (switch) i ruteri (router) šalju poruku na odgovarajuću lokaciju.

Sistem usmeravanja je organizovan hijerarhijski. Globalni distributer internet usluga (ISP) prosleđuju poruku odgovarajućim nacionalnim i lokalnim distributerima koji poruku šalju na odgovarajuće kompanijske ili kućne računarske mreže.

Key:



Slojevita arhitektura mrežnog softvera



Slojevita arhitektura mrežnog softvera TCP/IP

- **Sloj aplikacija** sadrži protokole višeg nivoa koji pružaju određene servise poput prenosa podataka (FTP), elektronske pošte (SMTP), pregledanje internet stranica (HTTP) i sl
- **Transportni sloj** preuzima pakete iz sloja aplikacija, deli ih na manje celine i prosleđuje mrežnom sloju. Osnovna uloga transportnog sloja je da obezbedi da svi delovi poruke ispravno stignu na odredište.
- **Mrežni sloj** je zadužen za rutiranje paketa od izvorišta do odredišta kroz različite mreže koje se nalaze na tom putu. Paketi se rutiraju na osnovu pripadnosti odgovarajućoj mreži odredišnog uređaja koja je sadržana u IP adresi.
- **Sloj veze** definiše način kako se paketi prosleđuju kroz fizičke interfejse. Na ovom sloju se vodi računa o sinhronizaciji, detekciji grešaka i sl. U sloju veze paketi se rutiraju na osnovu fizičke (MAC) adrese uređaja.

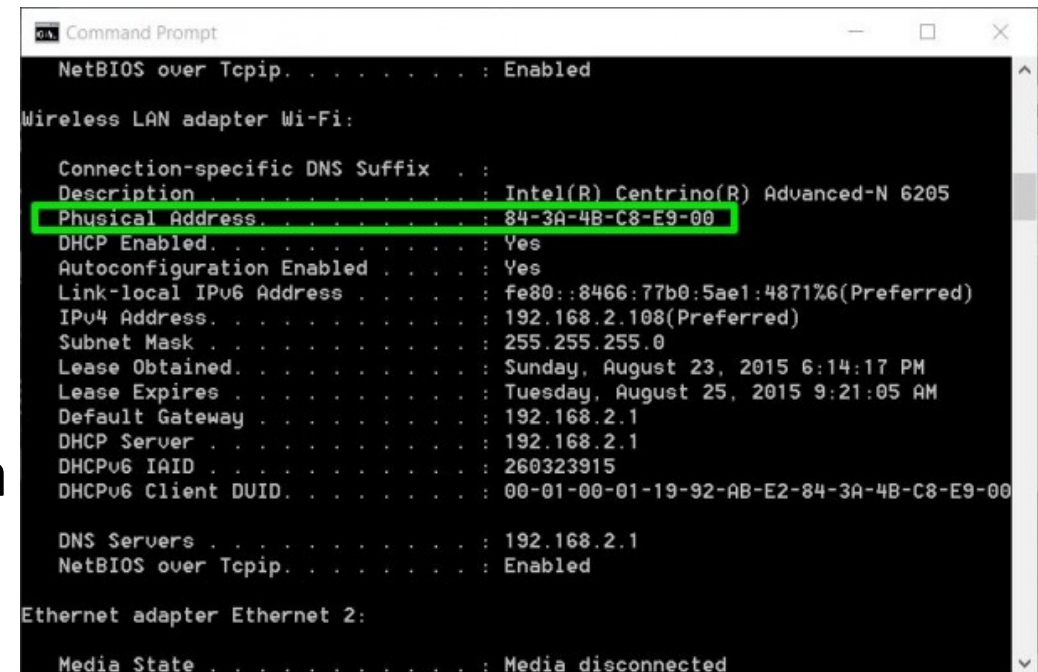
Eternet protokol

- Eternet (Ethernet) predstavlja osnovni protokol koji se koristi za povezivanje računara u lokalne mreže (LAN – Local Area Network). Ovaj protokol pripada sloju veze.
- Kako više različitih uređaja može istovremeno pristupiti komunikacionom medijumu cilj je bio da se kreira protokol koji sprečava kolizije.
- Rešenje: Svaki uređaj u mreži osluškuje liniju veze i tek ako je slobodna započinje emitovanje. Ukoliko se detektuje kolizija, čeka se određeno (slučajno) vreme pre započinjanja nove komunikacije. U slučaju novih kolizija vreme čekanja se eksponencijalno povećava.
- Eternet je **CSMA/CD** protokol (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

Fizička (MAC) adresa mrežnog uređaja

- Svaki uređaj povezan na mrežu poseduje odgovarajući mrežni adapter.
- Mrežni adapter može biti namenjen za žičano ili bežično povezivanje uređaja na mrežu.
- Svaki mrežni adapter (može ih biti više u jednom uređaju) poseduje jedinstvenu adresu. Ova adresa se naziva MAC (Media Access Control).
- MAC adresa predstavlja 48-bitni broj i obično se predstavlja u vidu 12 heksadekadnih brojeva.

Rezultat izvršavanja komande: **ipconfig /all**



```
Command Prompt
NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

Wireless LAN adapter Wi-Fi:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Description . . . . . : Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6205
    Physical Address. . . . . : 84-3A-4B-C8-E9-00
    DHCP Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::8466:77b0:5ae1:4871%6(Preferred)
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.2.108(Preferred)
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Lease Obtained. . . . . : Sunday, August 23, 2015 6:14:17 PM
    Lease Expires . . . . . : Tuesday, August 25, 2015 9:21:05 AM
    Default Gateway . . . . . : 192.168.2.1
    DHCP Server . . . . . : 192.168.2.1
    DHCPv6 IAID . . . . . : 260323915
    DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-19-92-AB-E2-84-3A-4B-C8-E9-00

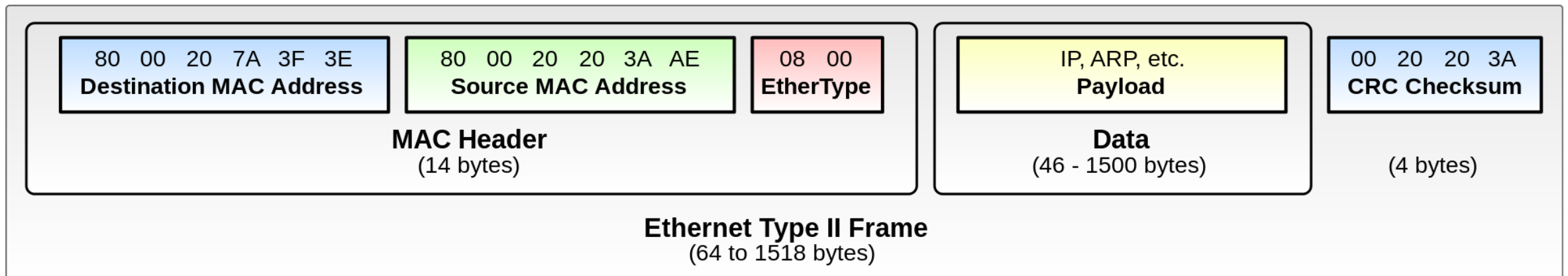
    DNS Servers . . . . . : 192.168.2.1
    NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
```

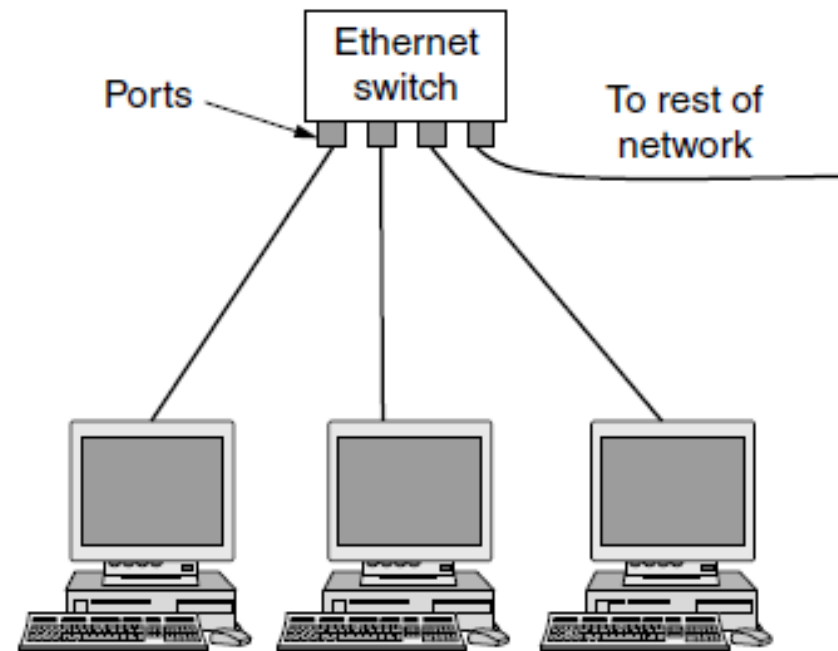
Ethernet paket

- Informacije se razmenjuju preko struktuiranih paketa podataka.
- Svaki paket sadrži zaglavlje koje služi za detekciju početka paketa i sinhronizaciju, određišanu i izvorišanu MAC adresu, tip podataka, podatke koje je potrebno preneti kao i zaštitne bite kojim se omogućava detekcija grešaka u primljenom paketu.



Povezivanje računara pomoću *switch*-a

- *Switch* predstavlja uređaj sa više mrežnih priključaka na koje se mogu povezati različiti uređaji.
- *Switch* pamti fizičku adresu svakog od uređaja povezanog na odgovarajući mrežni priključak.
- Za svaki pristigli paket *switch* očitava fizičku adresu odredišnog mrežnog uređaja i na osnovu toga određuje na koji priključak da ga prosledi.



Mrežna (IP – Internet Protocol) adresa uređaja

- MAC adresa predstavlja jedinstvenu fizičku adresu mrežnog priključka i koristi se prilikom prosleđivanja paketa u lokalnoj mreži pomoću *switch*-a.
- Problem je što se na osnovu MAC adrese ne može odrediti lokacija računara, kao na primer kojoj mreži pripada u kom gradu, državi se nalazi i sl. Ovo stvara veliki problem za prosleđivanje poruka između različitih mreža.
- Zbog toga je razvijen IP protokol koji se nalazi u mrežnom sloju i omogućava rutiranje paketa između različitih mreža na Internetu.

Slojevita struktura paketa

Ethernet Packet

Receiver MAC-address	Sender MAC-address	Number of bytes	Data	
-------------------------	-----------------------	--------------------	------	--

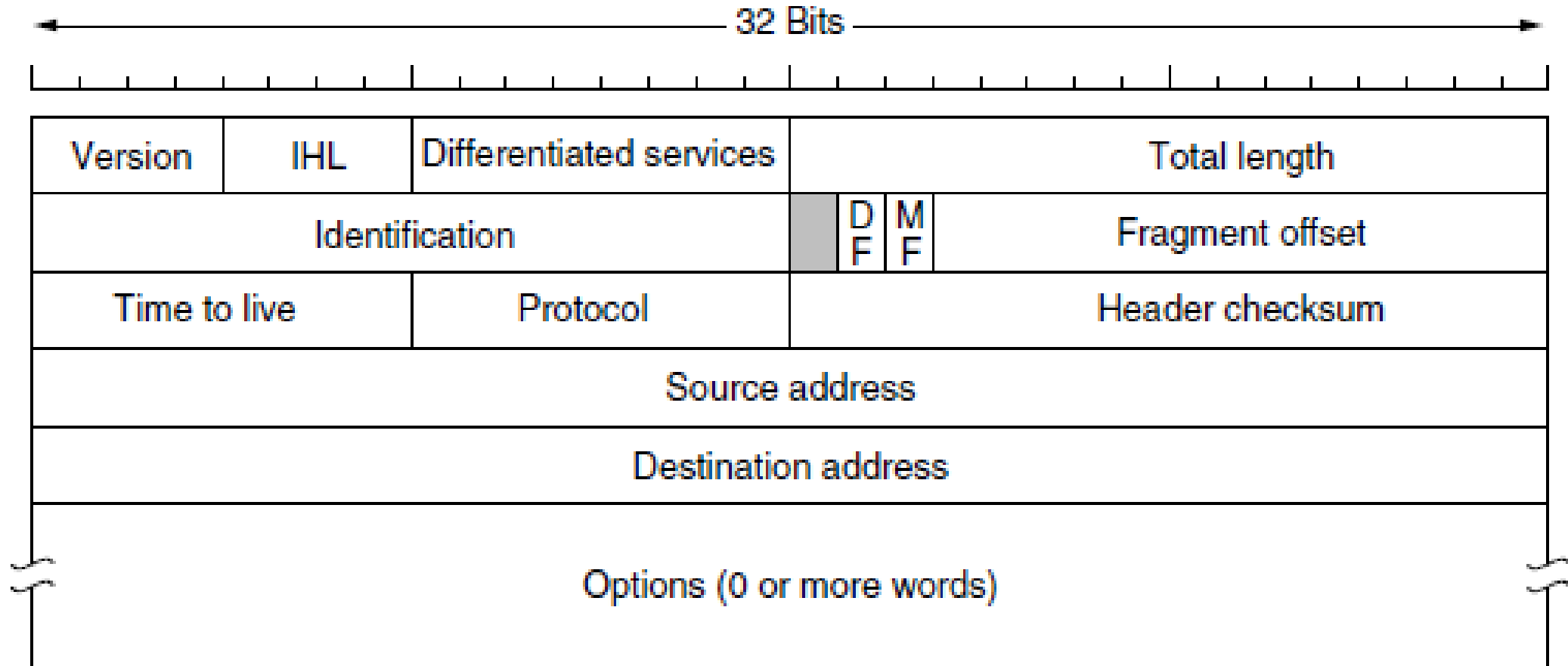
IP Packet

V	IHL	ToS	L	ID	FL	fo	ttl	Prot	CHs	Sender IP-address	Receiver IP-address	Data	
---	-----	-----	---	----	----	----	-----	------	-----	----------------------	------------------------	------	--

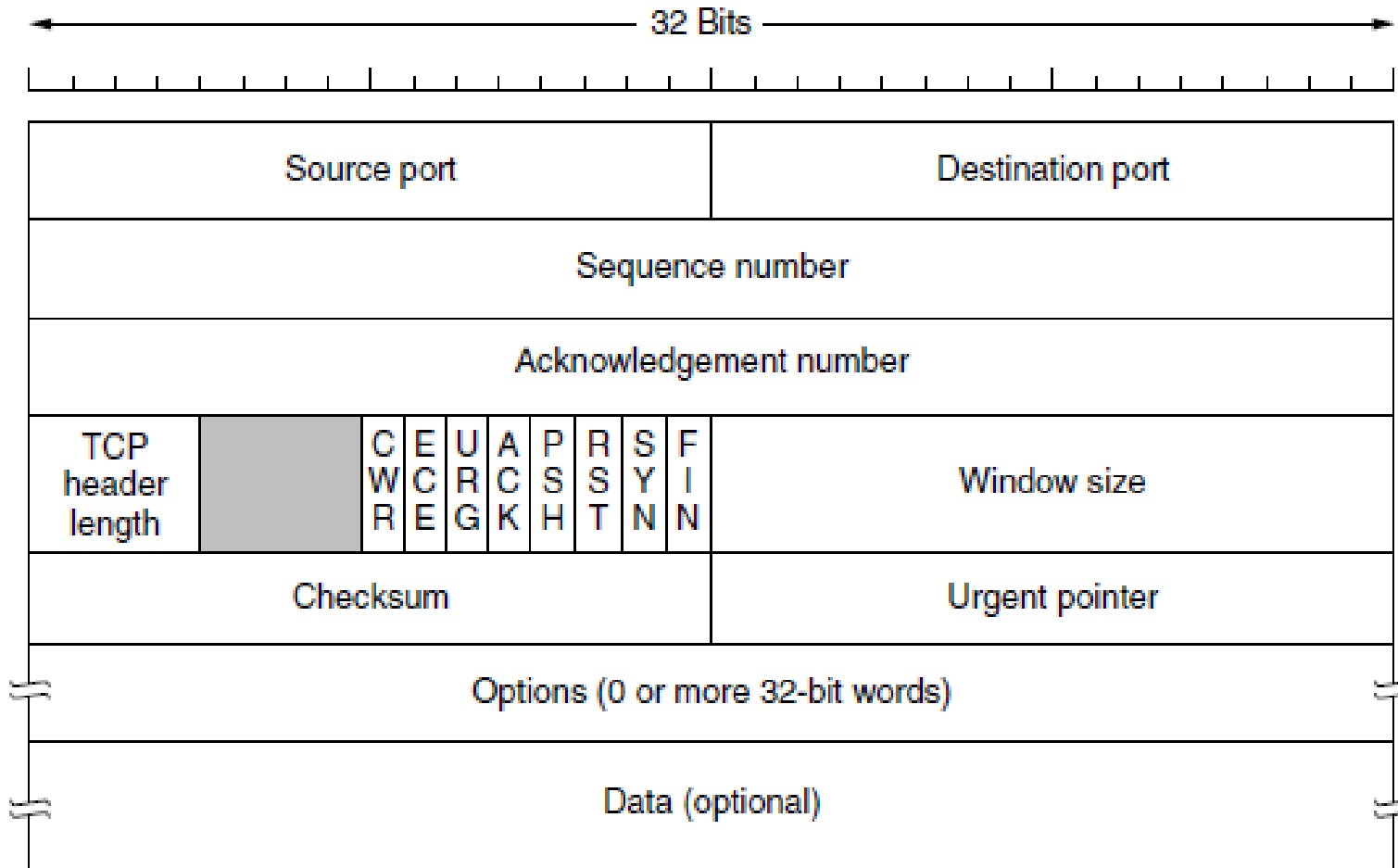
TCP Packet

Sender Port number	Receiver Port number	S#	Ack#	FI	CHs	Data	
-----------------------	-------------------------	----	------	----	-----	------	--

Struktura zaglavlja IP paketa



Struktura zaglavlja TCP paketa

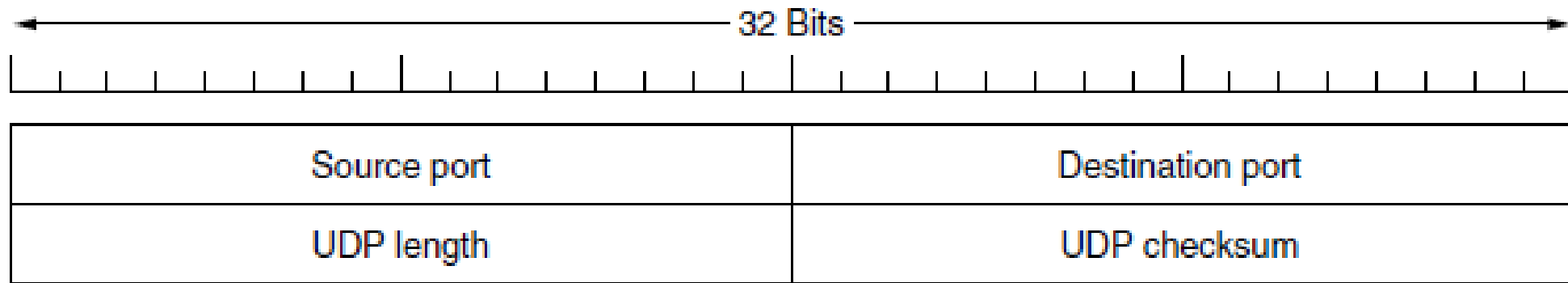


TCP (Transmission Control Protocol) predstavlja jedan od 2 osnovna protokola transportnog sloja.

TCP protokol se bazira na point-to-point komunikaciji. Ne početku se prvo uspostavlja komunikacioni kanal između učesnika i tek nakon toga dolazi do razmene podataka po principu zahteva i odgovora.

TCP omogućava sigurnu razmenu podataka između dva računara sa potvrdom prijema. Ukoliko neki paket nije stigao na odredište ili nije stigao odgovarajući signal potvrde vrši se ponovno slanje paketa.

Struktura zaglavlja UDP paketa



Iako je osiguravanje ispravnog prenosa svih podataka osnovni zahtev u većini aplikacija, nekada ovaj mehanizam može naneti više štete nego koristi. Naime u uslovima loše konekcije broj izgubljenih paketa naglo raste. Ovo dovodi do česte retransmisije čime se znatno povećava kašnjenje u sistemu. U aplikacijama gde je važno da kašnjenje signala od predaje do prijema bude što manje po cenu gubitka neke količine podataka TCP protokol nije najbolje rešenje. Primer takvih aplikacija je prenos glasa i videa tokom telefonskih razgovora ili konferencija.

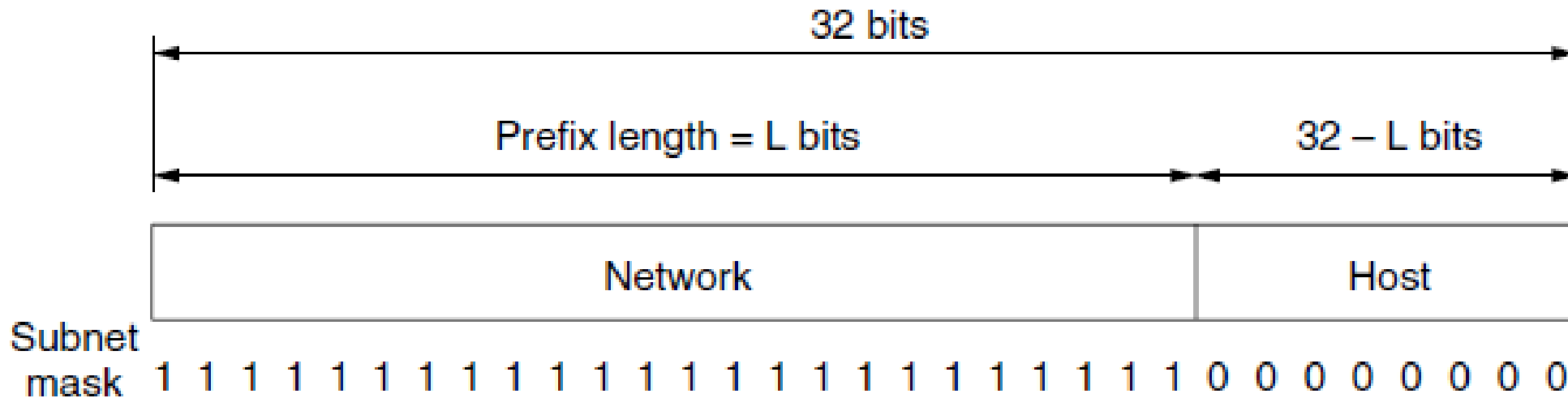
UDP (User Datagram Protocol) omogućava efikasno slanje toka podataka (stream-a) čime se maksimizuje protok i minimizuje kašnjenje u sistemu. U slučaju gubitka paketa nema naknadnog slanja.

Format IP adrese

- IP adresiranje pruža mogućnost globalnog adresiranja uvođenjem jedinstvene adrese koja identifikuje ne samo pojedinačni računar već i njegov položaj unutar globalne i lokalne mreže.
- IP adresa predstavlja 32 bitni podatak. Prilikom zapisa deli se u 4 dela od po 8 bita i zapisuje kao 4 dekadna broja koji su razdvojeni tačkama.
- Na primer IP adresa 0x80D00297 se zapisuje kao 128.208.2.151

Format IP adrese

- IP adrese su organizovane hijerarhijski. Prvih L od ukupno 32 bita adrese predstavlja adresu mreže dok ostali biti predstavljaju adresu uređaja unutar mreže. Dakle adrese svih uređaja unutar jedne mreže pripadaju kontinualnom bloku adresa.



Format IP adrese

- Adresa mreže se obično predstavlja preko najniže IP adrese unutar mreže (svi biti koji odgovaraju broju uređaja su 0) i broja koji označava broj bita mrežnog dela adrese.
- Primer: 128.208.0.0/24 – prvih 24 bita predstavlja adresu mreže
- Moguće adrese računara na mreži: 128.208.0.10, 128.208.0.200 itd...
- Ali adresa 128.208.10.10 već pripada drugoj mreži!

Format IP adrese

- U prethodnom primeru 24 bita se koristi za adresu mreže dok je 8 bita ostalo za adrese računara unutar mreže. Dakle moguće je adresirati ukupno 256 uređaja u ovoj mreži?
- Na baš. Najniža IP adresa (128.208.0.0) se ne koristi za adresiranje uređaja već je rezervisana za adresu mreže, dok najviša IP adresa (128.208.0.255) iz bloka označava *broadcast* adresu odnosno poruka poslata na ovu adresu se šalje svim uređajima unutar mreže.
- Dakle, zbog rezervisanih adresa, na mrežu iz primera moguće je povezati ukupno 254 različita uređaja.

Format IP adrese

- Deo IP adrese koji odgovara mreži se često predstavlja i preko mrežne maske.
- Mrežna maska takođe ima 32 bita i sadrži jedinice na onim mestima koje odgovaraju adresi mreže.
- Za mrežu iz primera 128.208.0.0/24 mrežna maska na prva 24 bita ima 1 a ostalo su 0 tako da je mrežna maska predstavljena sa 255.255.255.0.
- Kada je dostupna mrežna maska, adresa mreže se dobija primenom AND operacije između IP adrese uređaja i mrežne maske.

Podmreže

- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) je neprofitna organizacija zadužena za alokaciju IP adresnog prostora, koja vodi registar o izdatim adresnim opsezima.
- Kako bi se što efikasnije iskoristio dostpuni opseg IP adresa, mreže se unutar velikih organizacija često dele na podmreže.
- Podmreža podrazumeva da se deo adrese rezervisan za uređaje unutar mreže dalje opet deli na mrežni deo i deo za uređaje, čime se više uređaja grupiše u jedinstvene celine.

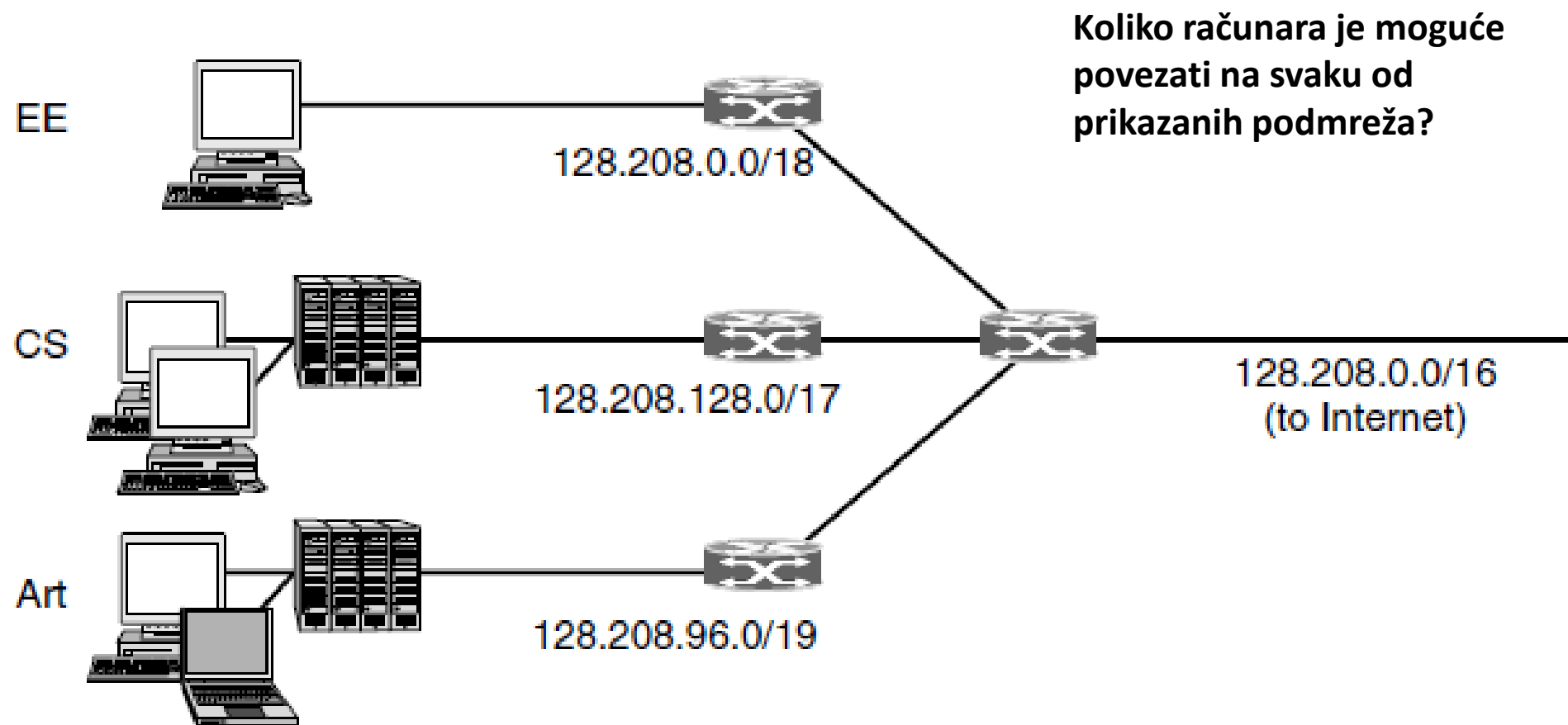
Podmreže - primer

- Primer: Mreža 128.208.0.0/16 koja je dodeljena jednom fakultetu može se podeiliti na 3 podmreže koje odgovaraju različitim katedrama:

Computer Science:	10000000	11010000	1 xxxxxxx	xxxxxxx
Electrical Eng.:	10000000	11010000	00 xxxxxx	xxxxxxx
Art:	10000000	11010000	011 xxxxx	xxxxxxx

- Ovakva organizacija mnogo olakšava projektovanje i održavanje mreže kao i rutiranje paketa na odgovarajuće adrese.

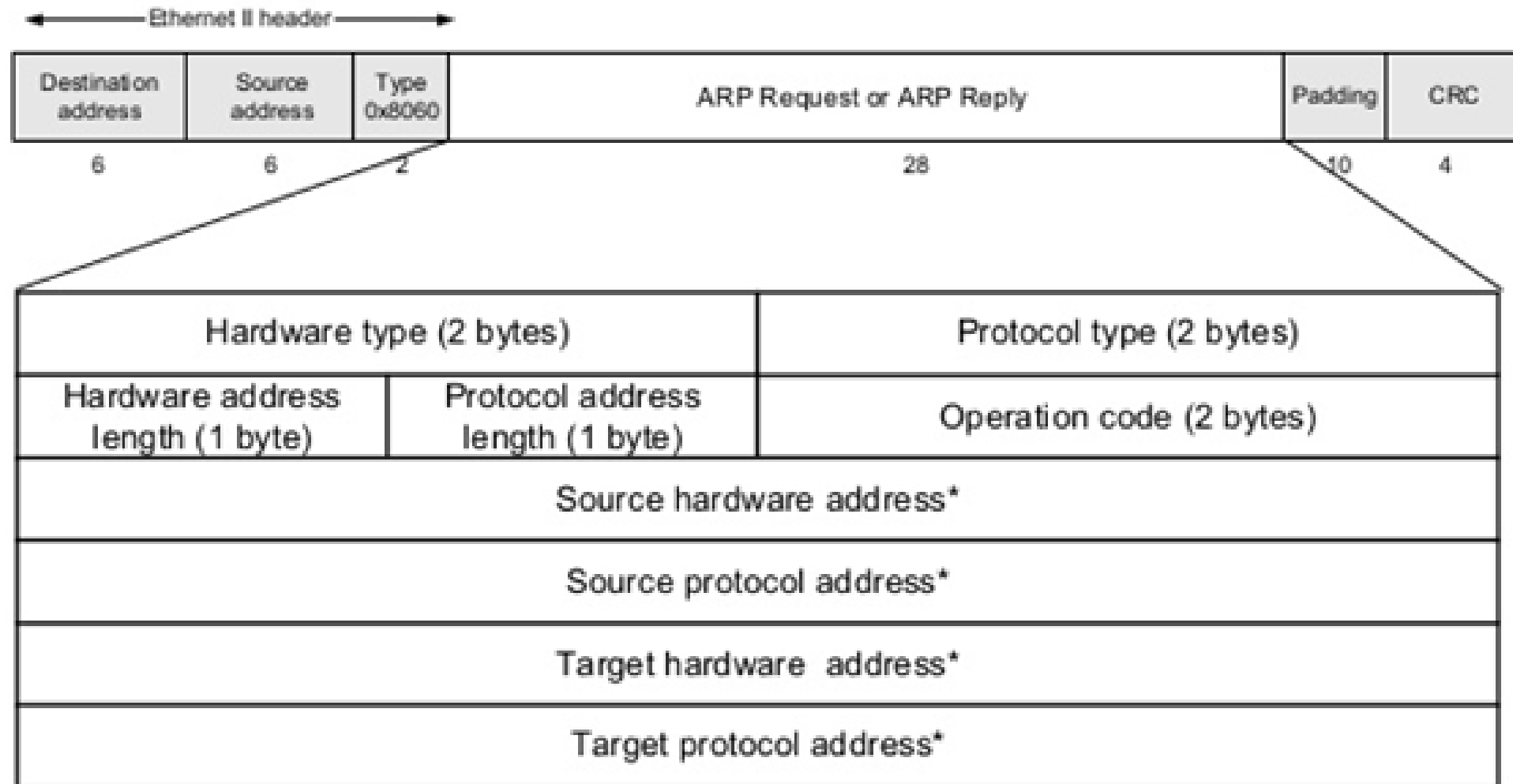
Podmreže - primer



Distribuiranje paketa unutar mreže

- Unutar jedne mreže paketi se prosleđuju korišćenjem *switch*-eva na osnovu fizičkih MAC adresa.
- Međutim prilikom priključivanja na mrežu pošiljalac zna samo IP adresu odredišnog računara ali nema informaciju o MAC adresi.
- Protokol koji obezbeđuje određivanje MAC adrese na osnovu IP adrese naziva se ARP (Address Resolution Protocol).

Struktura ARP paketa



ARP (Address Resolution Protocol)

- Prilikom uspostavljanja prvog kontakta između dva računara na lokalnoj mreži potrebno je odrediti MAC adresu odredišnog računara kako bi poruka bila ispravno prosleđena.
- Zbog toga je prvi paket koji se šalje zapravo ARP paket kod kog je odredišna MAC adresa FFFF.FFFF.FFFF. Na ovaj način se ARP paket šalje svim uređajima unutar lokalne mreže.

ARP (Address Resolution Protocol)

- Svaki ARP paket se sastoji od izvorišne i odredišne MAC i IP adrese pri čemu je u odlaznom ARP paketu fizička adresa odredišta 0000.0000.0000 pošto u tom trenutku nije poznata.
- Svaki uređaj na mreži prima ARP paket i proverava da li se njegova IP adresa poklapa sa adresom odredišta. Ukoliko nema poklapanja paket se odbacuje. Ukoliko ima poklapanja, šalje se ARP paket sa odgovorom pri čemu su sada poznate MAC adrese svih učesnika u komunikaciji.

Distribuiranje paketa van lokalne mreže

- Za distribuiranje paketa van lokalne mreže zaduženi su uređaji koji se nazivaju ruteri.
- Potrebno je da svaki uređaj unutar lokalne mreže koji ima mogućnost komunikacije sa uređajima u drugim mrežama definiše adresu **podrazumevanog izlaza** (*default gateway*).
- Podrazumevani izlaz obično predstavlja ruter koji je povezan sa ostalim mrežama. Sve poruke čije odredišne adrese ne pripadaju lokalnoj mreži automatski se prosleđuju podrazumevanom izlazu koji ih prosleđuje dalje.

Distribuiranje paketa između mreža - ruteri

- Ruter je uređaj koji obezbeđuje prosleđivanje paketa između različitih mreža.
- Ruter radi na mrežnom sloju i pakete prosleđuje na osnovu IP adresa. Obratiti pažnju da je ovo znatno različito od *switch*-a koji pakete prosleđuje na osnovu fizičke MAC adrese uređaja na mreži.
- Prosleđivanje paketa se obavlja na osnovu tabele rutiranja koja sadrži informacije o tome na koji port treba da se prosledi odgovarajuća poruka na osnovu IP adrese odredišnog uređaja.

Distribuiranje paketa između mreža - ruteri

- Prosleđivanje paketa se obavlja na osnovu **tabele rutiranja**. Svaki zapis ove tabele se sastoji iz pravila koje predstavlja ***adresa mreže i mrežna maska***. Uz svako pravilo navedena je i ***adrese priključka*** na koji je potrebno proslediti poruku ukoliko odredišna adresa pripada odgovarajućoj mreži definisanoj pravilom iz tabele.
- Rutiranje se obavlja po sistemu skok-po-skok. To znači da ruter ne zna celu putanju kuda paket treba da putuje već samo na koju sledeću lokaciju (skok) treba da ga prosledi.

Distribuiranje paketa između mreža - ruteri

- Prilikom odlučivanja kuda proslediti pristigli paket najpre se evaluiraju pravila iz tabele rutiranja koja imaju najviše jedinica u mrežnoj masi.
- Paket se prosleđuje na osnovu **prvog** pravila kod kog dođe do poklapanja.
- Razlog za ovo je taj što pravila sa preciznije definisanim mrežnim maskama (više jedinica), preciznije određuju određi mrežu pa samim tim i definišu bolju putanju za tu mrežu.
- Analogija sa poštom: Recimo da je pismo adresirano na ul Pere Perića 1b, Niš, Srbija. Ukoliko postoje 2 aviona jedan u koji se pakuju svi paketi za Srbiju i drugi u koji se pakuju samo paketi za Niš u koji avion biste stavili prethodno pismo?

Distribuiranje paketa između mreža - ruteri

- Ukoliko se u tabelu rutiranja unese pravilo sa 0.0.0.0 adresom mreže i 0.0.0.0 mrežnom maskom onda se za ovo pravilo kaže da predstavlja **podrazumevanu putanju**.
- Svaka poruka koja nije ispunila nijedno specifičnije pravilo iz tabele rutiranja **sigurno** ispunjava podrazumevano pravilo i biće prosleđena tom putanjom.

Primer – povezivanje dve lokalne mreže

