











OSI model & TCP/IP model

<https://www.netacad.com>

Module 4: Physical Layer		
Module 5: Number Systems		
Module 6: Data Link Layer		
Module 7: Ethernet Switching		
Module 9: Address Resolution		

- OSI model
- TCP/IP model
- Layer 1
- Layer 2
- Ethernet
- MAC address
- ARP

OSI referentni model

- OSI **referentni model** pruža opsežan popis funkcija i usluga koje se mogu pojaviti na svakom sloju. Ova vrsta modela osigurava dosljednost unutar svih vrsta mrežnih protokola i usluga **opisujući što se mora učiniti na određenom sloju**, ali ne propisujući kako bi se to trebalo postići.
- Također opisuje interakciju svakog sloja sa slojevima neposredno iznad i ispod.
- TCP/IP protokoli o kojima govorimo strukturirani su oko OSI i TCP/IP modela.

OSI Model	Opis
7 – Aplikacijski sloj	Aplikacijski sloj sadrži protokole koji se koriste za komunikaciju između procesa.
6 – Prezencijski sloj	Prezentacijski sloj osigurava zajednički prikaz podataka koji se prenose između usluga aplikacijskog sloja.
5 – Sjednički sloj	Sloj sesije pruža usluge prezentacijskom sloju za organiziranje njegovog dijaloga i upravljanje razmjenom podataka.
4 – Transportni sloj	Transportni sloj definira usluge za segmentiranje, prijenos i ponovno sastavljanje podataka za pojedinačne komunikacije između krajnjih uređaja.
3 – Mrežni sloj	Mrežni sloj pruža usluge za razmjenu pojedinačnih dijelova podataka preko mreže između krajnjih uređaja.
2 – Sloj podatkovne veze	Protokoli sloja podatkovne veze opisuju metode za razmjenu podatkovnih okvira između uređaja preko zajedničkog medija
1 – Fizički sloj	Protokoli fizičkog sloja opisuju mehanička, električna, funkcionalna i procedure za aktiviranje, održavanje i deaktiviranje fizičkih veza za prijenos bitova do i od mrežnog uređaja.

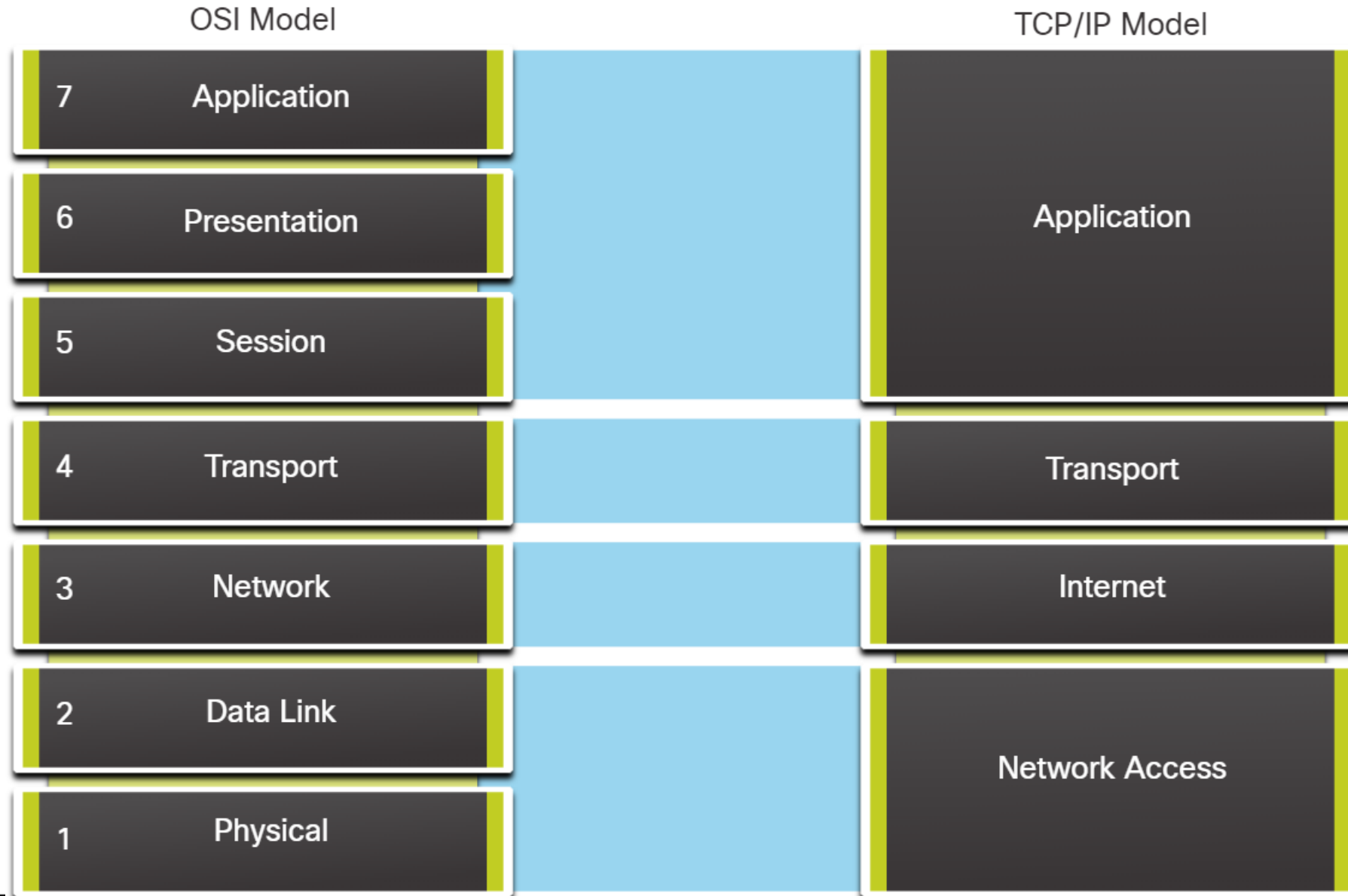
TCP/IP model

Exam question

- Model TCP/IP protokola za mrežnu komunikaciju stvoren je ranih 1970-ih i ponekad se naziva internetskim modelom. Ova vrsta modela blisko odgovara strukturi određenog paketa protokola.
- TCP/IP model je model protokola jer opisuje funkcije koje se pojavljuju na svakom sloju protokola unutar TCP/IP paketa.
- TCP/IP se također koristi kao referentni model. Tablica prikazuje detalje o svakom sloju TCP/IP modela.

TCP/IP Model	Opis
4 – Aplikacijski sloj	Predstavlja podatke korisniku, plus kontrolu kodiranja i dijaloga.
3 – Transportni sloj	Podržava komunikaciju između različitih uređaja preko različitih mreža.
2 – Internet sloj	Određuje najbolji put kroz mrežu.
1 – Sloj mrežnog pristupa	Kontrolira hardverske uređaje i medije koji čine mrežu.

Usporedba OSI modela s TCP/IP modelom



Razvoj različitih protokola kroz vrijeme-danas je TCP/IP u primjeni

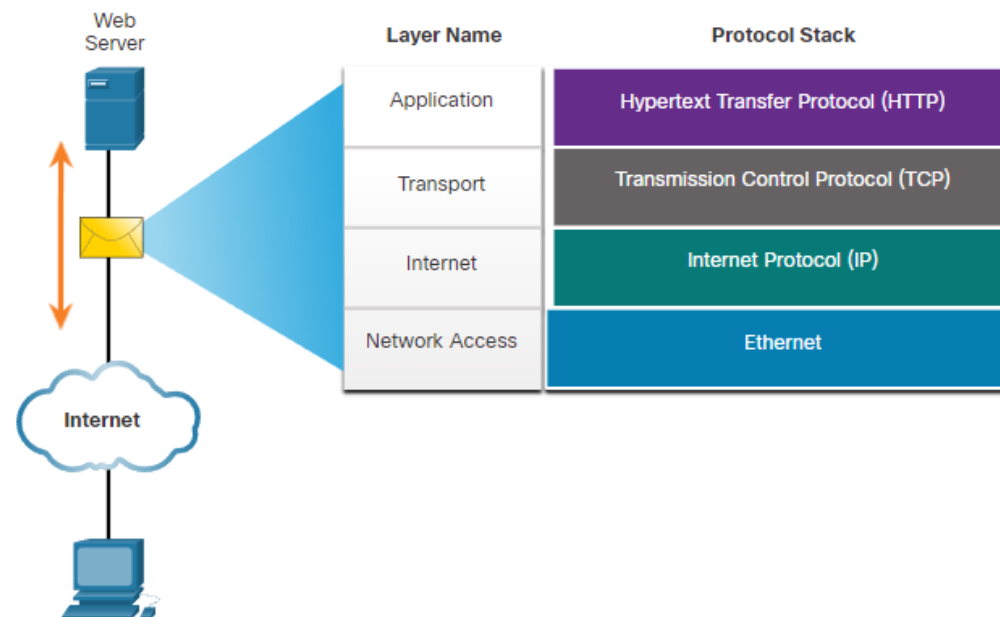
- Grupa protokola (eng. Protocol suite) je skup protokola koji rade zajedno kako bi pružili sveobuhvatne mrežne komunikacijske usluge. Od 1970-ih postojalo je nekoliko različitih grupa protokola, neke su razvile organizacije za normizaciju/standardizaciju, a druge razni proizvođači IT opreme.
- **Internet Protocol Suite or TCP/IP** - ovo je najzastupljenij i najvažnija grupa protokola danas.
- **Open Systems Interconnection (OSI)** protocols - Ovo je skupina protokola razvijena od strane međunarodne organizacije za standardizaciju i međunarodne telekomunikacijske unije. OSI model se koristi kao referentni model koji se **koristi za objašnjavanje principa u komunikaciji.**
- **AppleTalk** - Grupa protokola koju je razvio Apple 1985 za vlastite uređaje, ali je i Apple prihvatio TCP/IP kako bi bio kompatibilan sa svim ostalim proizvođačima
- **Novell Netware** - Grup aprotokola koju je razvila tvrtka Novell 1983, ali je i Novell također prešao na TCP/IP kako bi bili kompatibilni s ostatkom svijeta.

Različiti protokoli kroz vrijeme-danas je TCP/IP u primjeni

TCP/IP Layer Name	TCP/IP	ISO	AppleTalk	Novell Netware
Application	HTTP DNS DHCP FTP	ACSE ROSE TRSE SESE	AFP	NDS
Transport	TCP UDP	TP0 TP1 TP2 TP3 TP4	ATP AEP NBP RTMP	SPX
Internet	IPv4 IPv6 ICMPv4 ICMPv6	CONP/CMNS CLNP/CLNS	AARP	IPX
Network Access	Ethernet ARP WLAN			

TCP/IP

- TCP/IP protokoli dostupni su za **aplikacijski, transportni i internetski sloj**. U sloju mrežnog pristupa nema TCP/IP protokola. Najčešći LAN protokoli sloja mrežnog pristupa su **Ethernet** i **WLAN** (bežični LAN) protokoli. Protokoli sloja mrežnog pristupa odgovorni su za isporuku IP paketa preko fizičkog medija.
- Slika prikazuje primjer tri TCP/IP protokola koji se koriste za slanje paketa između web preglednika glavnog računala i web poslužitelja. HTTP, TCP i IP su TCP/IP protokoli koji se koriste. Na sloju pristupa mreži, u primjeru se koristi Ethernet. Međutim, to također može biti bežični standard kao što je WLAN ili standardi korišteni u mobilnim mrežama.



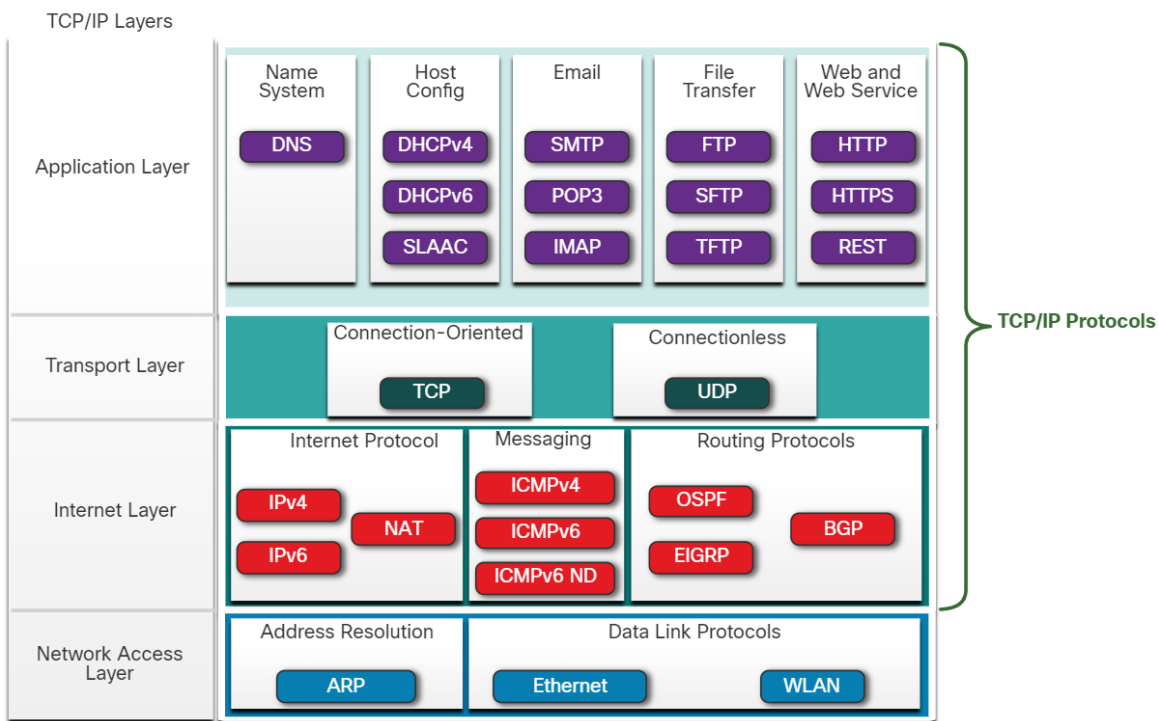
TCP/IP

Danas paket TCP/IP protokola uključuje mnoge protokole i nastavlja se razvijati kako bi podržao nove usluge. Neki od popularnijih prikazani su na slici.

TCP/IP grupa protokola danas se koristi u mrežama kao De facto standard. TCP/IP ima dva važna aspekta za proizvođače opreme i tehnologije.

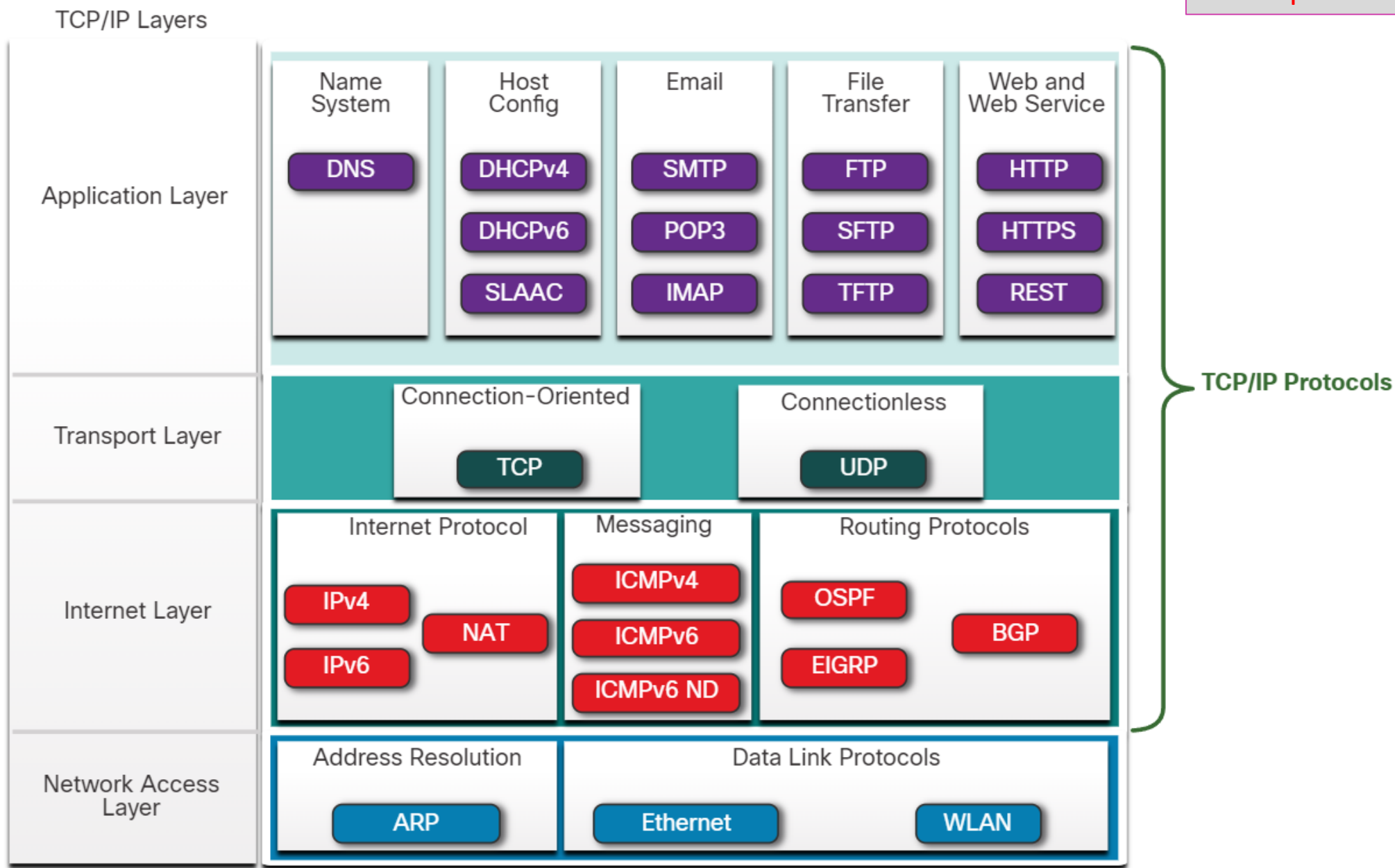
Otvoreni standardni paket protokola - To znači da je besplatno dostupan javnosti i može ga koristiti bilo koji dobavljač na svom hardveru ili u svom softveru

Paket protokola temeljen na standardima - To znači da ga je odobrila mrežna industrija i odobrila organizacija za standarde. To osigurava da proizvodi različitih proizvođača mogu uspješno međudjelovati.



Protokoli TCP/IP grupe

Exam question



?

Podatkovna jedinica protokola - Protocol data units - PDU

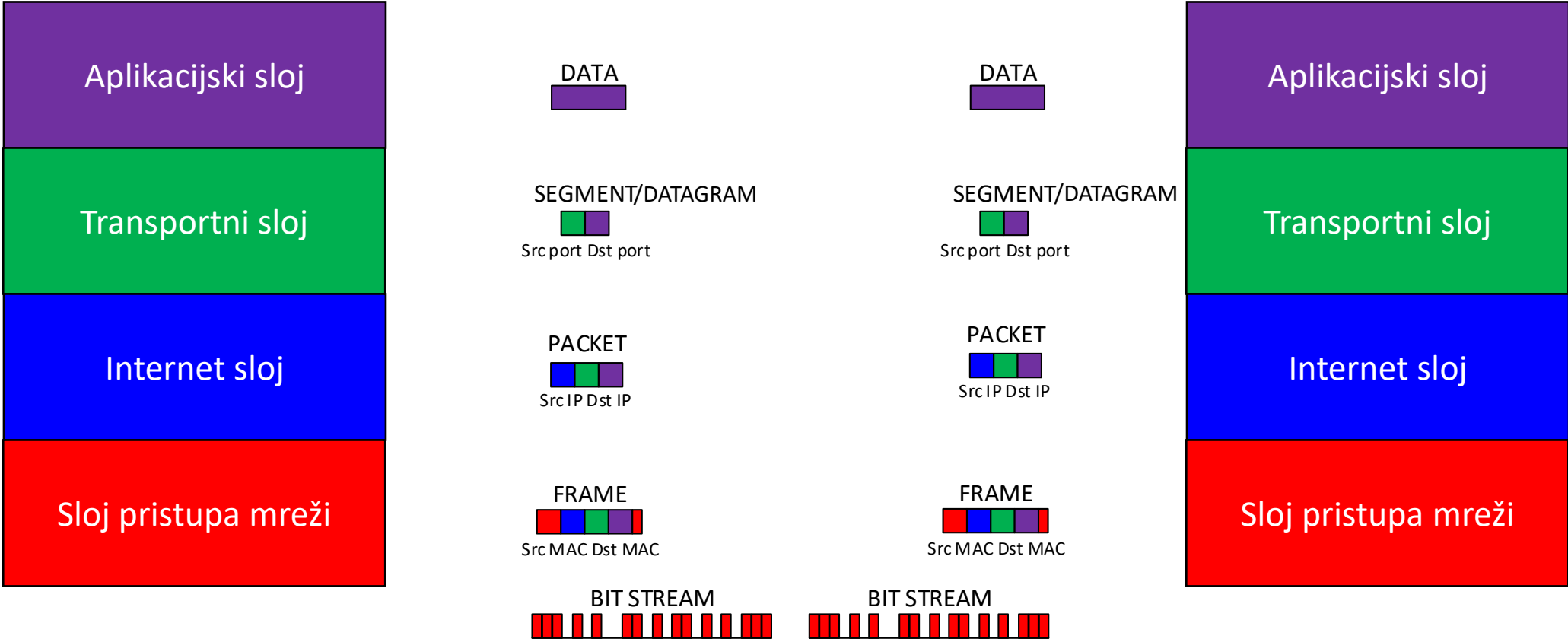
Exam question

- Kako se podaci aplikacije prosljeđuju niz protokolni stog (Protocol stack) na putu za prijenos kroz mrežni medij, **različiti opisni podatci dodaju se na svakom sloju**. Ovo je poznato kao proces enkapsulacije.
- Napomena: Iako se UDP (UDP= User Datagram Protocol) PDU naziva datagramom, IP paketi se ponekad nazivaju i IP datagramima.
- **Oblik (naziv) koji dio podataka poprima na bilo kojem sloju naziva se podatkovna jedinica protokola (PDU)**. Tijekom enkapsulacije, svaki sljedeći sloj enkapsulira PDU koji prima od gornjeg sloja u skladu s protokolom koji se koristi. U svakoj fazi procesa, PDU ima drugačiji naziv koji odražava njegove nove funkcije. Iako ne postoji univerzalna konvencija imenovanja za PDU-ove, na ovom kolegiju PDU-ovi se imenuju prema protokolima TCP/IP paketa. PDU-ovi za svaki oblik podataka prikazani su na slici.
 - Data - The general term for the PDU used at the application layer
 - Segment - Transport layer PDU
 - Packet - Network layer PDU
 - Frame - Data Link layer PDU
 - Bits - Physical layer PDU used when physically transmitting data over the medium

Note: If the Transport header is TCP, then it is a segment. If the Transport header is UDP then it is a datagram.

Proces komunikacije između računala (enkapsulacija/De enkapsulacija podataka)-TCP/IP

Exam question



?

Fizički sloj-prema OSI modelu

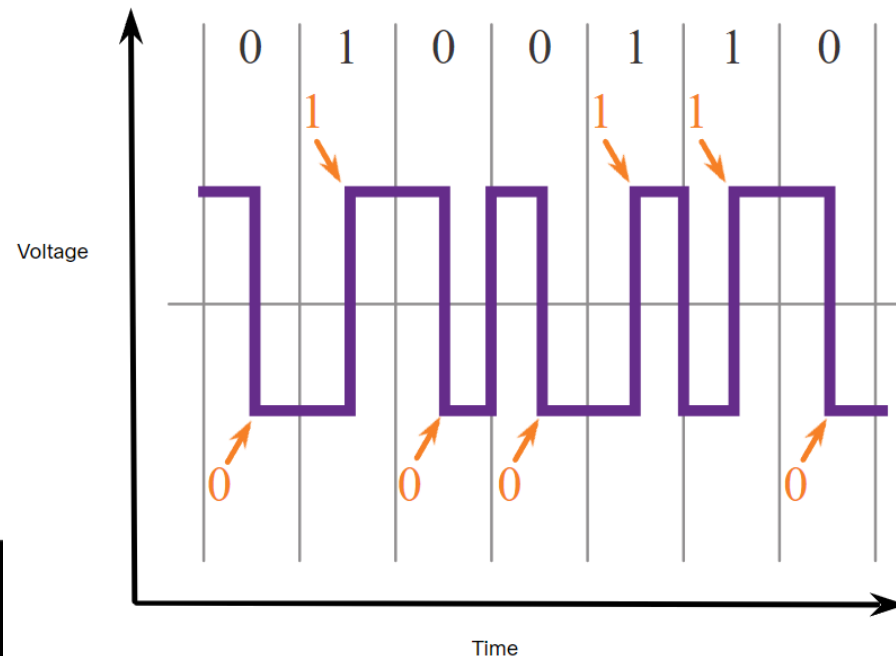
Exam question

- OSI fizički sloj osigurava mehanizme za prijenos bitova koji čine okvir sloja podatkovne veze preko mrežnog medija. Ovaj sloj prihvaća cijeli okvir iz sloja podatkovne veze i kodira ga kao niz signala koji se prenose lokalnim medijima (optika, bakar, WiFi). Kodirane bitove koji sačinjavaju okvir prima ili krajnji uređaj ili posrednički uređaj.
- Fizički sloj kodira okvire i stvara električne, optičke ili radiovalne signale koji predstavljaju bitove u svakom okviru. Ti se signali zatim šalju preko medija, jedan po jedan.
- Fizički sloj odredišnjog uređaja dohvaća ove pojedinačne signale iz medija, pretvara ih u njihov logički oblik („fizički” bitovi postaju logički bitovi) i prosljeđuje bitove do sloja podatkovne veze kao potpuni okvir.
- Standardi fizičkog sloja odnose se na tri funkcionalna područja:
 - **Fizičke komponente** (kabeli, konektori, razne fizičke komponente i elektronika, kabeli, NIC itd.)
 - **Kodiranje**
 - **Signaliziranje**

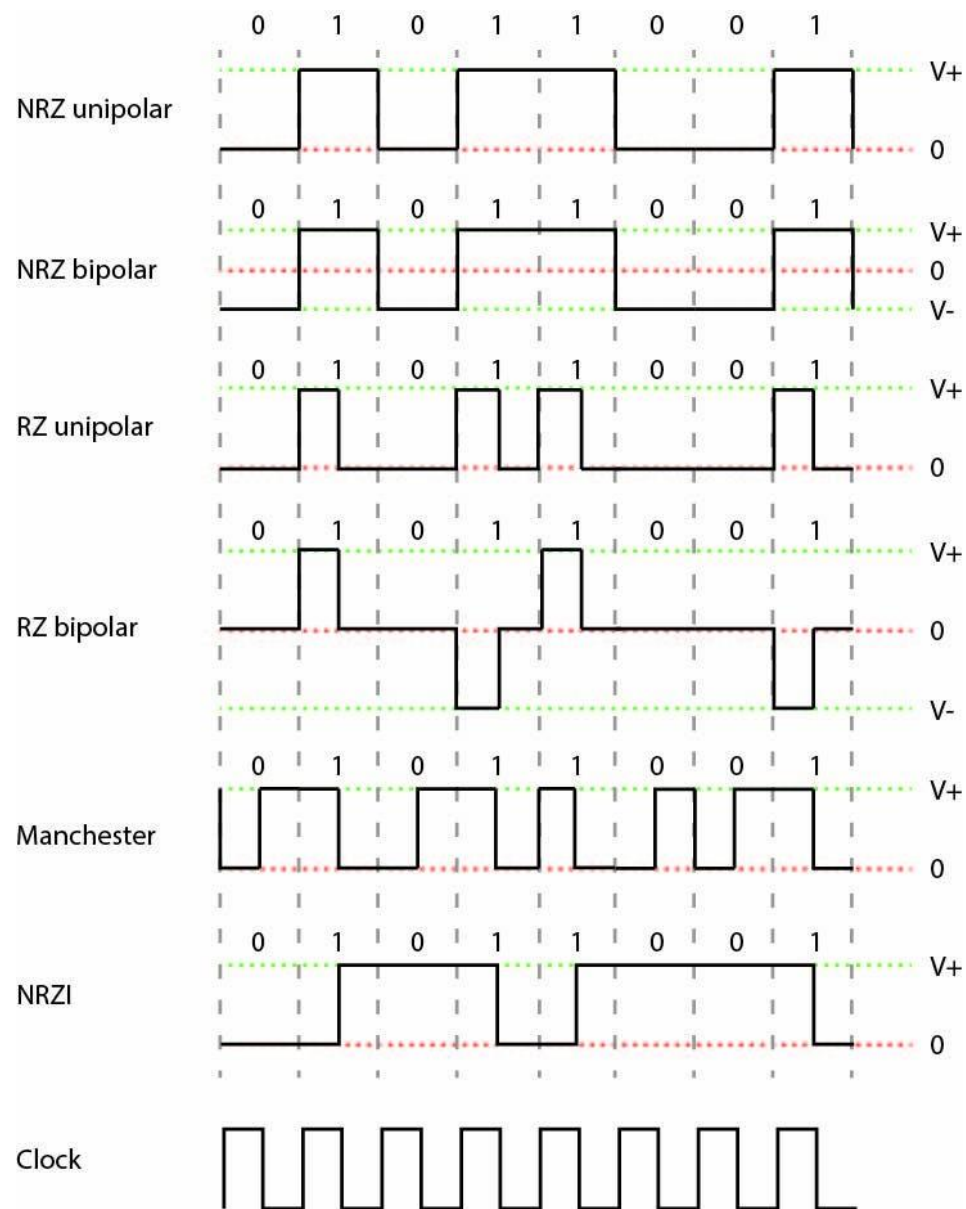
Kodiranje

Kodiranje je metoda pretvaranja toka podatkovnih bitova u unaprijed definirani "kod". Kodovi su skupine bitova koje se koriste za pružanje predvidljivog uzorka koji mogu prepoznati i pošiljatelj i primatelj na mreži. Drugim riječima, kodiranje je metoda ili uzorak koji se koristi za predstavljanje digitalnih informacija. Ovo je slično načinu na koji Morseova abeceda kodira poruku pomoću niza točaka i crtica.

- Na primjer, Manchester kodiranje predstavlja bit 0 prijelazom visokog u niski napon, a bit 1 predstavljen je kao prijelaz s niskog na visoki napon. Ova vrsta kodiranja koristi se u 10 Mbps Ethernetu. Brže brzine prijenosa podataka zahtijevaju složenije kodiranje.



Još neke vrste kodiranja na L1

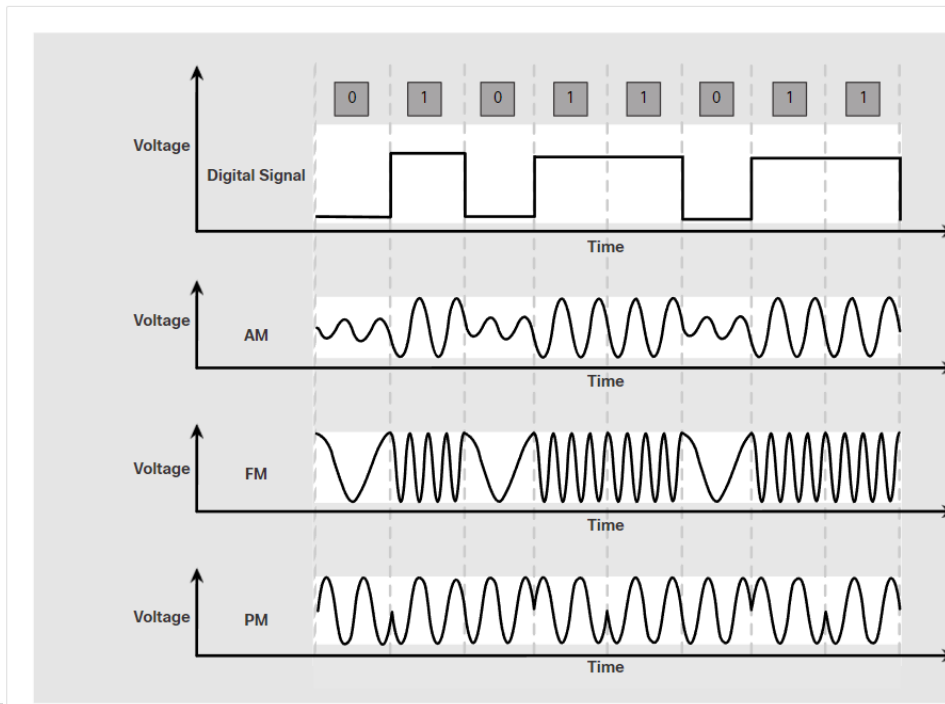


Fizički sloj - signaliziranje

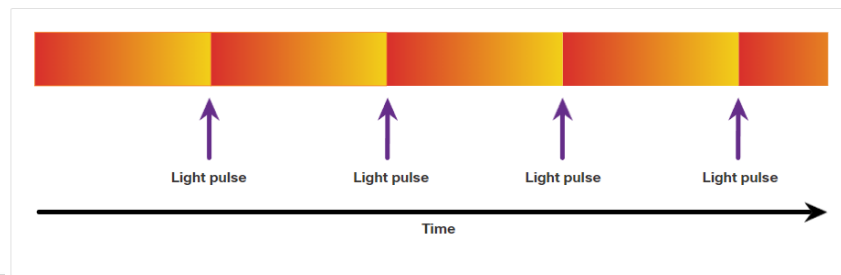
Exam question

- Fizički sloj mora generirati električne, optičke ili bežične signale koji predstavljaju "1" i "0" na mediju. Način na koji su bitovi predstavljeni naziva se **metoda signalizacije**. Standardi fizičkog sloja moraju definirati koja vrsta signala predstavlja "1", a koja vrsta signala predstavlja "0". To može biti jednostavno poput promjene razine električnog signala ili optičkog pulsa. Na primjer, dugi puls može predstavljati 1, dok kratki puls može predstavljati 0. (Ovo je slično metodi signaliziranja koja se koristi u Morseovoj abecedi, koja može koristiti niz tonova za uključivanje/isključivanje, svjetla ili klikova za slanje teksta preko telefonskih žica ili između brodova na moru.)

Microwave Signals Over Wireless



Light Pulses Over Fiber-Optic Cable



Fizički sloj – Širina pojasa (*Bandwidth*)

Exam question

- Različiti fizički mediji podržavaju prijenos bitova različitim brzinama. Prijenos podataka obično se razmatra u smislu širine pojasa (kapacitet kojim medij može prenositi podatke).
- Digitalna širina pojasa mjeri količinu podataka koja može “teći” (biti preneseno) s jednog uređaja na drugi kroz mrežu u određenom vremenu. Izražava se u kilobitima po sekundi (kbps), megabitima po sekundi (Mbps) ili gigabitima po sekundi (Gbps).
- Širina pojasa (bandwidth) nije isto što i „brzina signala na žici” jer je „brzina signala na žici” ista i za 10 i za 100 Mbps („brzina električne energije”).
- Kombinacija čimbenika određuje praktični kapacitet mreže:
 - Svojstva fizičkih medija
 - Odabrane tehnologije za signalizaciju i detekciju mrežnih signala
 - Fizička svojstva medija, trenutne tehnologije i zakoni fizike igraju ulogu u određivanju dostupne širine pojasa.

Fizički sloj – Širina pojasa (Bandwidth)

Exam question

- Izrazi koji se koriste za “mjerjenje” kvalitete širine pojasa (iskoristivosti) uključuju:
 - **Latencija** (eng. **Latency**) – količina vremena (uključujući i kašnjenja=delay) potrebna da podatci dođu od izvora do odredišta
 - **Propusnost** (eng. **Throughput**) – količina prenesenih bitova po jedinici vremena. Propusnost ne može biti veća od najsporije veze na putu od izvora do odredišta. Čak i ako svi ili većina segmenata imaju visoku propusnost, bit će potreban samo jedan segment na putu s niskom propusnošću da bi se stvorilo usko grlo u propusnosti cijele mreže.
 - Razni faktori utječu na propusnost npr. Količina podataka, vrsta prometa, latencija koju unosi svaki uređaj u mreži itd. Propusnost ne može biti veća od širine pojasa
 - Količina korisnih podataka po jedinici vremena (eng. **Goodput**)- „Goodput” je propusnost minus sav dodatni „teret” na komunikaciju npr. uspostavljanje sesija, potvrde, enkapsulaciju i ponovno slanje bitova itd.
 - „Goodput” je uvijek niži od propusnosti (Throughput), koja je općenito niža od širine pojasa (Bandwidth).



Prijenosni mediji-bakar (bakreni kabeli)

Exam question

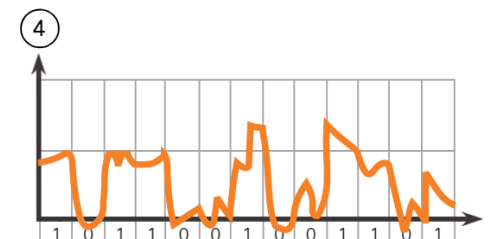
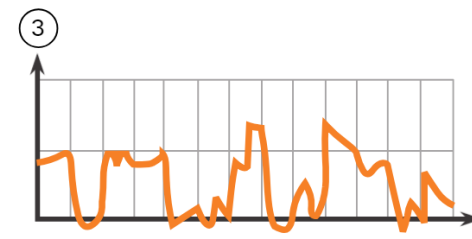
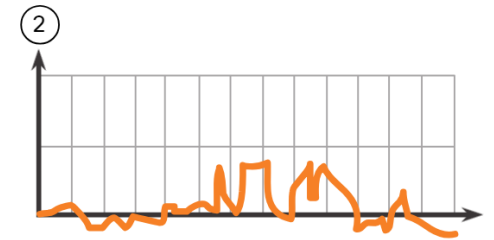
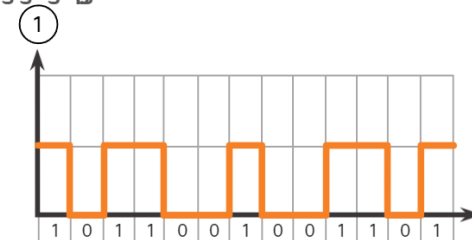
- Bakreni kabeli najčešći su tip kabela koji se danas koriste u računalnim mrežama. Zapravo, bakreni kabeli nisu samo jedna vrsta kabela.
- Postoje **tri glavne vrste bakrenih kabela** od kojih se svaka koristi u određenim situacijama. (UTP, STP i Coaxial)
- Mreže koriste bakrene kabele jer su **jeftini, jednostavni** za ugradnju i imaju **malu električnu otpornost**. Međutim, bakreni kabeli imaju **ograničen doseg i podložni su smetnjama signala**.
- Podaci se prenose bakrenim kabelima kao **električni impulsi**. Detektor u mrežnom sučelju odredišnog uređaja mora primiti signal koji se može uspješno dekodirati kako bi odgovorio na poslani signal. Međutim, što je **veća udaljenost slabljenje signala je sve veće**, a samim time i **primjena bakrenih kabela je ograničena upravo udaljenošću**.

Prijenosni mediji-bakar (bakreni kabeli)

Signali u bakrenom kabelu su osjetljivi na smetnje iz dva izvora:

- **Elektromagnetske smetnje** (EMI-Electromagnetic Interference) ili radiofrekvencijske smetnje (RFI-Radio Frequency interference) - EMI i RFI signali mogu iskriviti i pokvariti podatkovne signale koje prenose bakreni mediji. Potencijalni izvori EMI i RFI uključuju **radiovalove i elektromagnetske uređaje, poput fluorescentnih svjetala ili električnih motora.**
- **Preslušavanje** (eng. crosstalk)- **Preslušavanje je smetnja uzrokovana električnim ili magnetskim poljima signala na jednoj žici u odnosu na signal u susjednoj žici.** U telefonskim krugovima, preslušavanje može dovesti do toga da se čuje dio drugog glasovnog razgovora iz susjednog kruga. Točnije, kada električna struja teče kroz žicu, stvara malo, kružno magnetsko polje oko žice, koje može pokupiti susjedna žica.

1. A pure digital signal is transmitted.
2. On the medium, there is an interference signal.
3. The digital signal is corrupted by the interference signal.
4. The receiving computer reads a changed signal. Notice that a 0 bit is now interpreted as a 1 bit.



Prijenosni mediji-bakar (bakreni kabeleli)

- Kako bi odgovorili na negativne učinke **EMI i RFI**, neke vrste bakrenih kabela omotane su **metalnim oklopom i zahtijevaju odgovarajuće uzemljenje**.
- Kako bi odgovorili na negativne učinke **preslušavanja**, neke vrste bakrenih kabela imaju suprotne parove žica strujnog kruga **upletene zajedno (twisted pair)**, što učinkovito poništava preslušavanje.
- Osjetljivost bakrenih kabela na elektronički šum također se može ograničiti korištenjem ovih preporuka:
 - **Odabir vrste ili kategorije kabela** koja najviše **odgovara određenom mrežnom okruženju**
 - Projektiranje kabelaške infrastrukture kako bi se **izbjegli poznati i potencijalni izvori smetnji u strukturi zgrade**
 - Korištenje tehnika kabliranja koje uključuju **pravilno rukovanje i završavanje kabela**

Prijenosni mediji-bakar (bakreni kabeli)

Exam question

UTP-Sastoji se od:

- Vanjski omotač koji štiti bakrene žice u kabelu od mehaničkih oštećenja
- Uparene i usukane žice s obojanom izolacijom.



Unshielded Twisted-Pair (UTP) Cable



Shielded Twisted-Pair (STP) Cable

STP-Sastoji se od:

- Vanjski omotač koji štiti bakrene žice u kabelu od mehaničkih oštećenja
- Metalna mreža ili folija oko svih žica u kabelu
- Zaštitna folija oko svakog para žica koje su usukane i imaju obojanu izolaciju.

Koaksijalni kabel-sastoji se od:

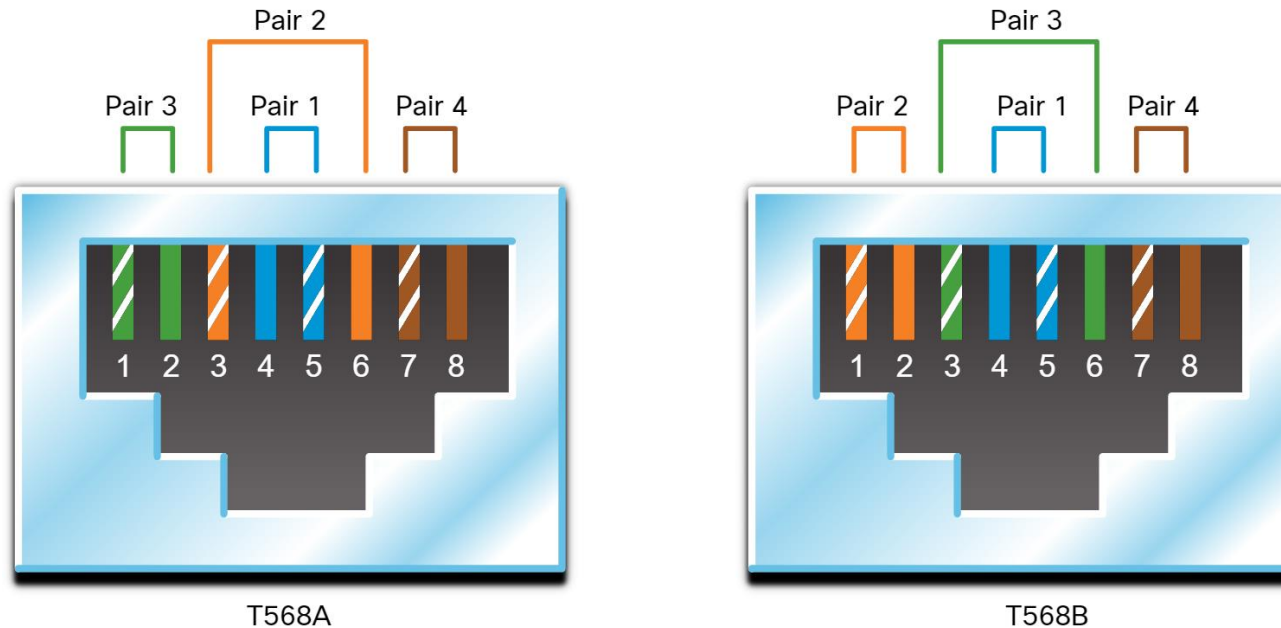
- Vanjski omotač
- Metalna mreža
- Plastična izolacija
- Bakreni vodič (jedna žica)



Coaxial Cable

Bakreni kablei – **Straight-through** vs **Crossover**

- Ethernet Straight-through - najčešći tip mrežnog kabela. (auto-MDIX) za automatsko otkrivanje vrste kabela i uspostavljanje interne veze-podržava većina uređaja danas
- Ethernet Crossover - kabel koji se koristi za međusobno povezivanje sličnih uređaja. Na primjer, za spajanje preklopnika na preklopnik ili usmjerivača na usmjerivač.



Na slici je prikazan crossover kabel, jer je jedan konektor izrađen po standardu T568A, a druga strana po standardu T568B

Prijenosni mediji-bakar UTP/STP

- UTP/STP (neoklopljeni/oklopljeni) parični kabel dijelimo po ovim kategorijama:
 - Cat1 (4kHz) -> telefonske parice (voice-grade)
 - Cat3 (16MHz) -> 10BASE-T-nećemo koristiti
 - Cat5 (100MHz) -> 100BASE-TX-nećemo koristiti
 - Cat5e (100MHz) -> Popravljen Cat5 za 1000BASE-T-minimum koji koristimo
 - Cat6 (250MHz) -> 1000BASE-T-danas najčešće korišten
 - Cat6_A (500MHz) -> 10GBASE-T
 - Cat7 (600MHz/1GHz) -> 10GBASE-T
- Danas najčešće Cat6, UTP u običnim LAN mrežama, STP ako se ide paralelno uz strujnu instalaciju i u posebnim slučajevima.

Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno

- Stakleni svjetlovod (od Silicij-oksida) pruža vrlo malen „otpor” (gušenje) kretanju signala, razlikujemo dva tipa prema širini samog vlakna
 - **MMF – Multi-Mode Fiber** - Višemodno vlakno prema ITU-T G.651 standardu (debljine jezgre **50 μ m-62.5 μ m/125 μ m**)
Kratke udaljenosti, tipično **300/500m**, koristimo signal valne duljine oko **850nm**
 - **SMF – Single-Mode Fiber** - Jednomodno vlakno prema ITU-T G.652 standardu (debljine jezgre **9 μ m/125 μ m**)
Velike udaljenosti, mogući linkovi od **10km i više**. koristimo signal valne duljine **1200-1600nm**

Primjena:

- **Mreže poduzeća** - koriste se za aplikacije okosnice kabliranja i međusobno povezivanje infrastrukturnih uređaja
- **Fiber-to-the-Home (FTTH)** - Koristi se za pružanje stalno uključenih širokopojasnih usluga za domove i mala poduzeća
- **Mreže velikih udaljenosti** - koriste ih pružatelji usluga za povezivanje zemalja i gradova
- **Podmorske kabelske mreže** - koriste se za pružanje pouzdanih rješenja velike brzine i velikog kapaciteta koja mogu preživjeti u surovim podmorskim uvjetima na prekooceanskim udaljenostima.

Exam question

Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno

Optical Fiber Core Diameters

Exam question

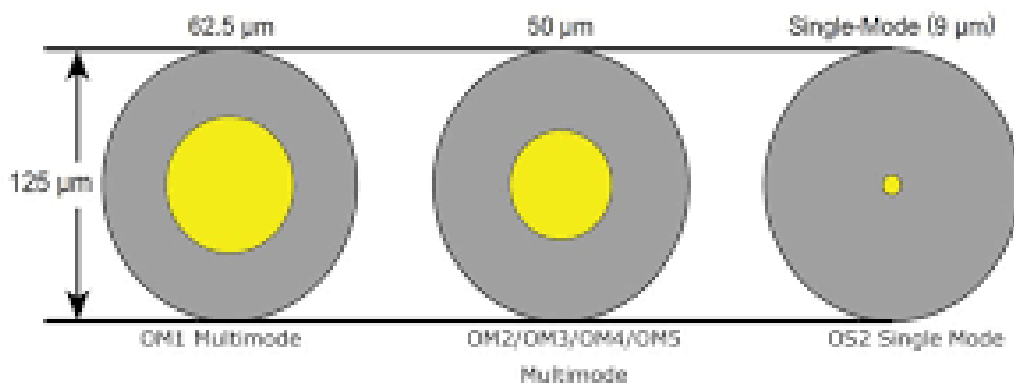


Figure 1: Optical Fiber Core Diameters



MULTIMODE



SINGLE MODE



Optički Patch Cord



Single Mode

- Short distance cable runs (less than 1000ft.)
- Long distance cable runs (greater than 1000ft.)
- Highest bandwidth support
- Lower cable cost
- Higher electronics cost
- Harder to terminate due to smaller core size



Multimode

- Short distance cable runs (less than 1000ft.)
- High bandwidth support
- Higher cable cost
- Lower electronics cost
- Easier to terminate due to larger core size

Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno

UTP and Fiber-Optic Cabling Comparison

Implementation Issues	UTP Cabling	Fiber-Optic Cabling
Bandwidth supported	10 Mb/s - 10 Gb/s	10 Mb/s - 100 Gb/s
Distance	Relatively short (1 - 100 meters)	Relatively long (1 - 100,000 meters)
Immunity to EMI and RFI	Low	High (Completely immune)
Immunity to electrical hazards	Low	High (Completely immune)
Media and connector costs	Lowest	Highest
Installation skills required	Lowest	Highest
Safety precautions	Lowest	Highest

Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno

https://shop.fiber24.net/#bms_q=qsfp%20dwdm

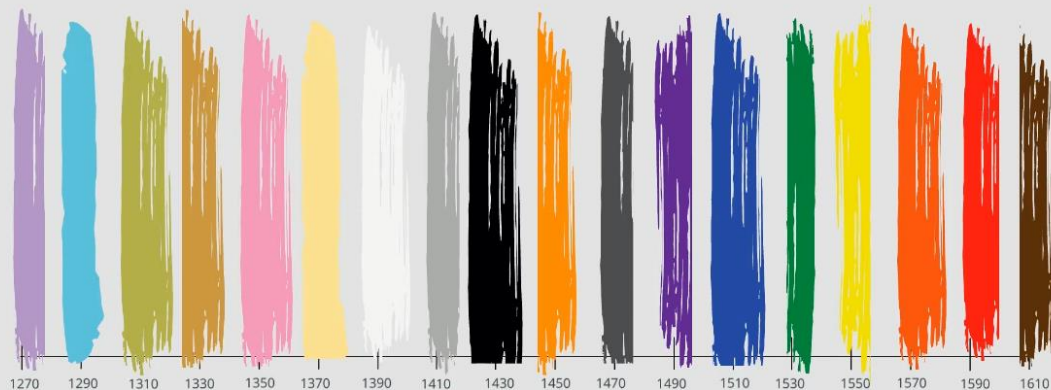


<https://www.senetic.hr/product/UACC-OM-SM-10G-S-20>

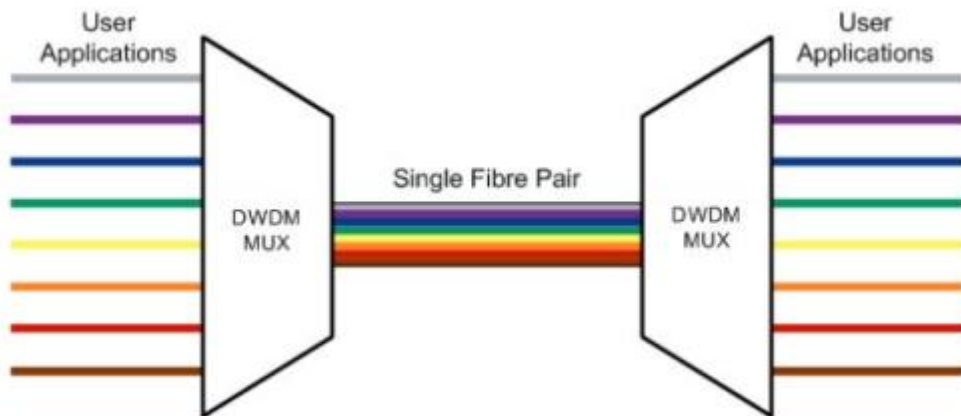
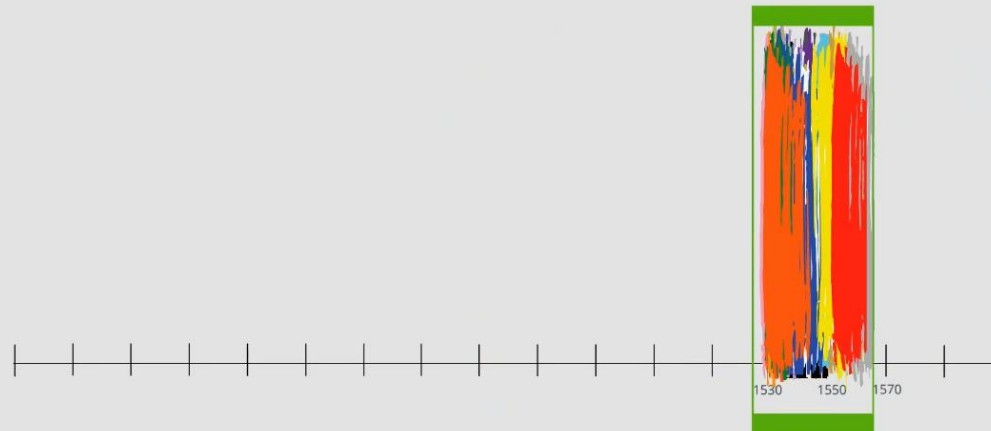


Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno

COARSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING

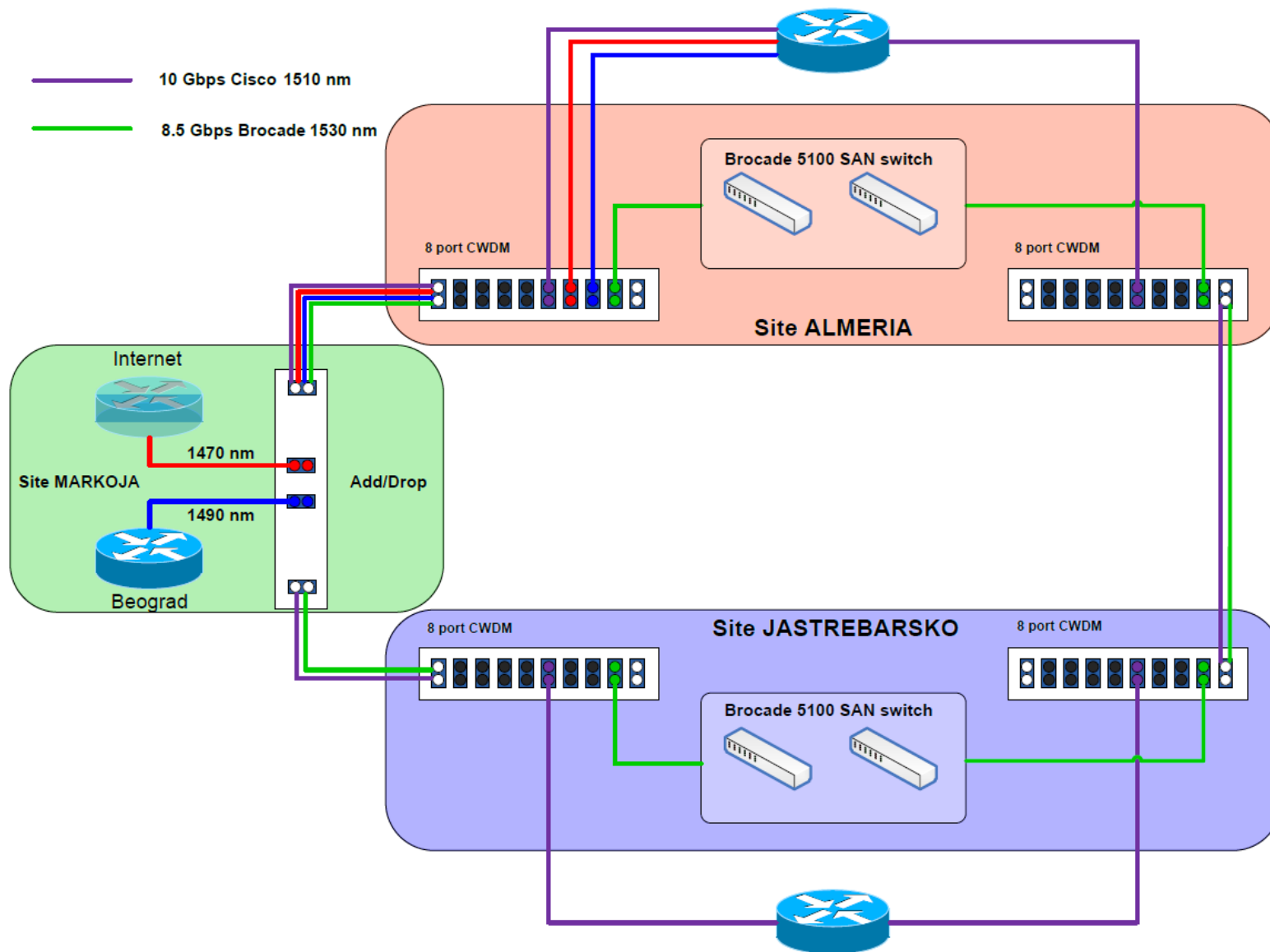


DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING



- Line Port
- Monitor Port
- Expansion Port
- 1310nm/1550nm Port
- Channel Port

Prijenosni mediji- svjetlovodno vlakno-primjer

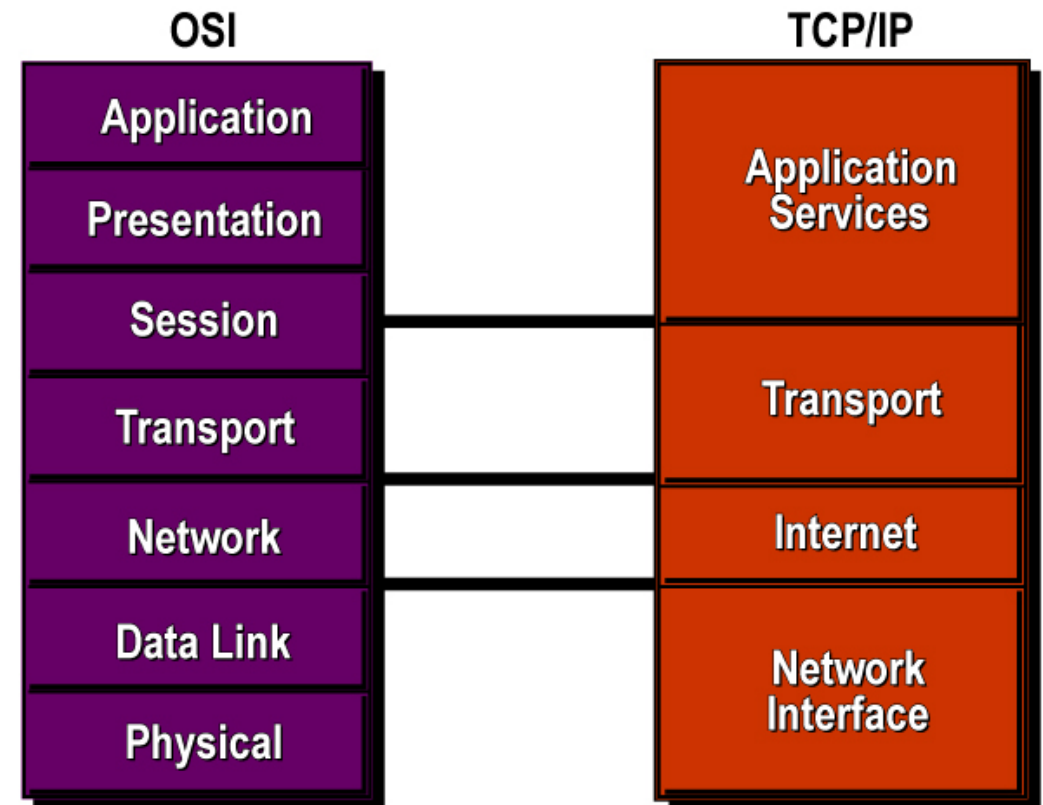
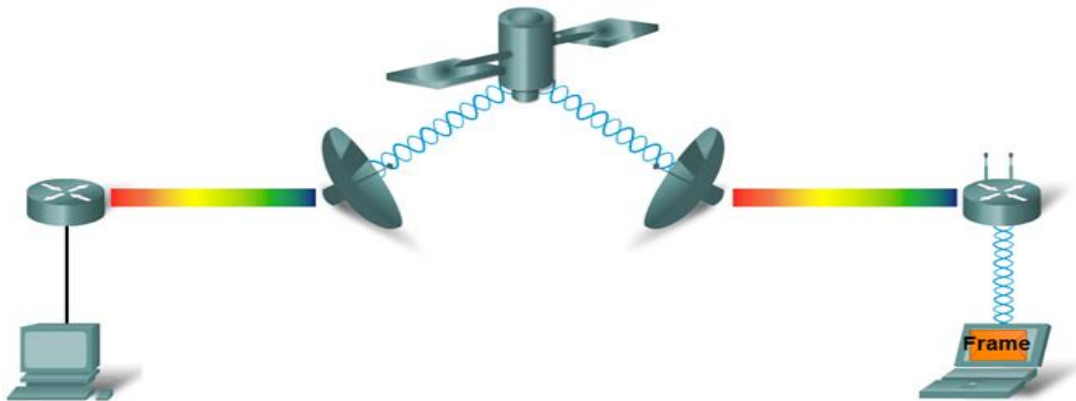




Sloj podatkovne veze-Data Link

Exam question

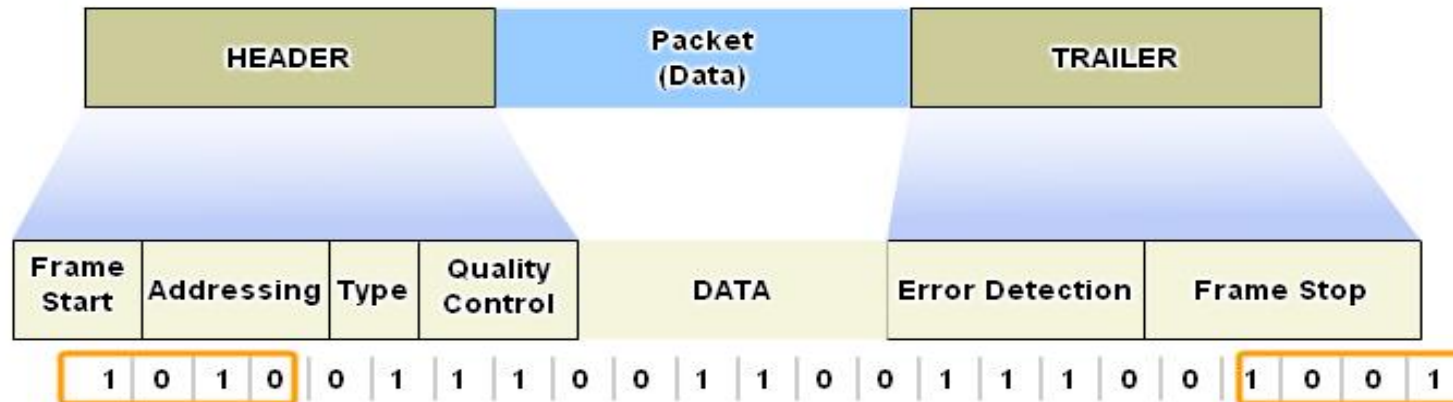
- Sloj VEZE (LINK) se u OSI i TCP/IP modelu dijele na sloj podatkovne veze (data-link) i fizički sloj (physical) no nama je to jedan sloj VEZE/LINK-a
- IP paket (mrežni, odnosno Internet sloj) **ima vidljivost s kraja na kraj, neovisno o prijenosnim tehnologijama koje se koriste između**
- Sloj veze (podatkovne veze) **postoji između dva susjedna uređaja/tehnologije na svakom pojedinom koraku (lokanan je u svojoj prirodi)**



Osnove sloja veze (Okvir-Frame)

Exam question

- Podaci s mrežnog sloja se pakiraju u OKVIR (**frame**) u procesu enkapsulacije.
- Uobičajno se okvir sastoji od:
 - Headera – zaglavlja sa adresiranjem
 - Podataka koje smo zaprimili s mrežnog/Internet sloja
 - Trailera – završnog dijela
- Takav se okvir kodira za prijenos na prijenosnom mediju (žici, “zraku”/prostoru, optici, satelitskoj vezi)

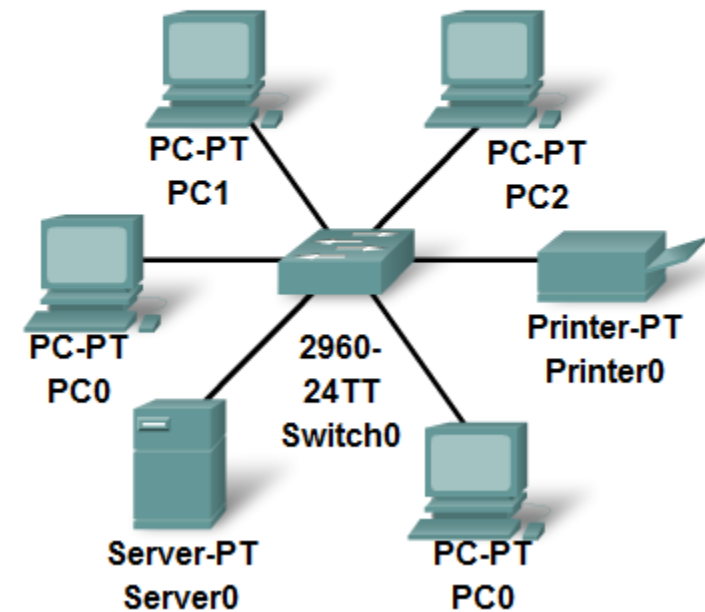
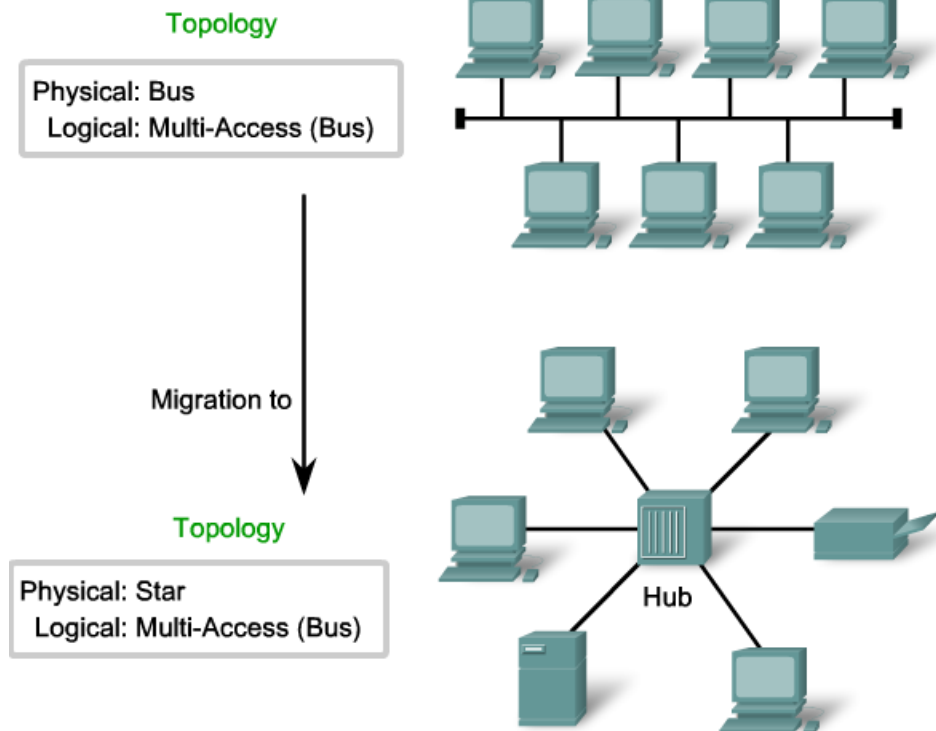


Osnove sloja veze-Tehnologije

- Ethernet u svim mogućim oblicima
 - Od vrlo jednostavne tehnologije s CSMA/CD (Carrier-sense multiple access with collision detection) protokolom u kolizijskoj domeni danas do dominantne tehnologije i u LAN ali i u MAN/WAN mrežama (bez kolizija) te u Wireless LAN mrežama (CSMA/CA)
- ATM – Asynchronous Transfer Mode
 - Danas prisutan u DSL-u (na vezi modem – DSLAM) te (sve manje) u mobilnoj XG telefoniji u vezi od bazne stanice (BS) do kontrolera.
- PPP – Point to Point Protocol
 - Vrlo jednostavan, koristio se na modemskim vezama ali danas najčešći u DSL-u gdje se koristi PPP over Ethernet
- Povijesno: TokenRing, SLIP, CDDI/FDDI, FrameRelay, HDLC, EtherTalk LAP

Ethernet

Early Ethernet Media and Topology



Ethernet

Layer 1 Limitations

Cannot communicate with upper layers

Cannot identify devices

Only recognizes streams of bits

Cannot determine the source of a transmission when multiple devices are transmitting

Layer 2 Functions

Connects to upper layers via Logical Link Control (LLC)

Uses addressing schemes to identify devices

Uses frames to organize bits into groups

Uses Media Access Control (MAC) to identify transmission sources

Ethernet

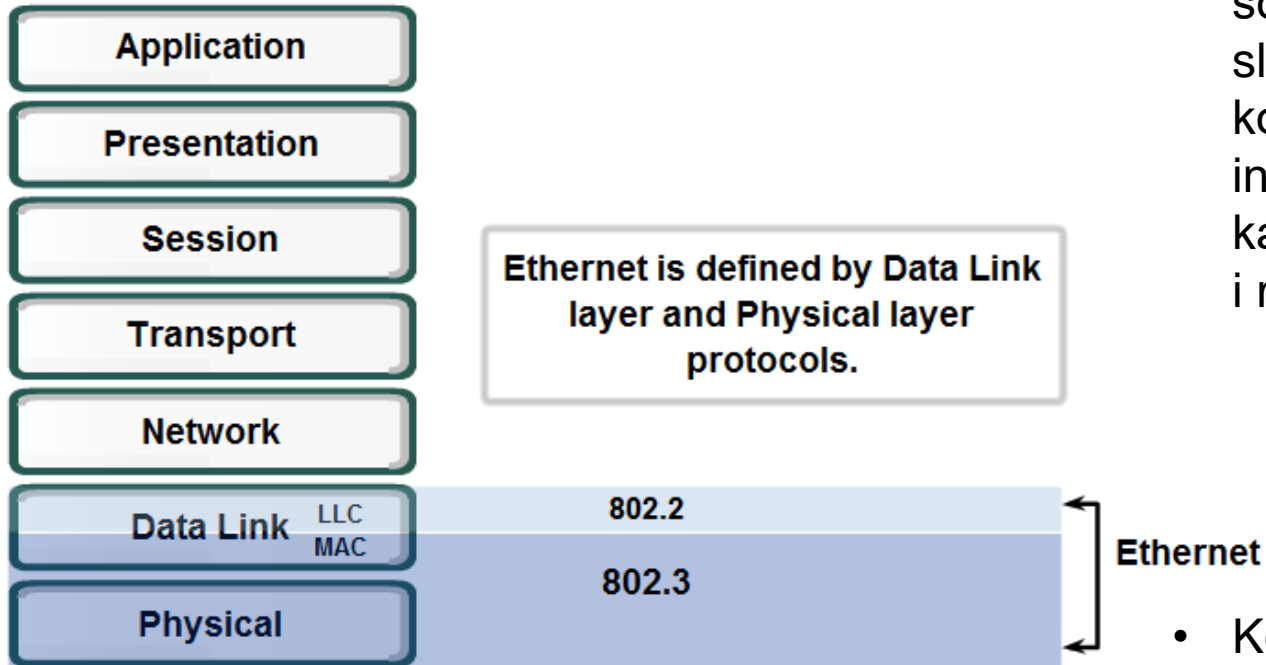
802.2 standard definira LLC sublayer i njegovu ulogu

- **LLC (Logical Link Control)** sublayer na podatke s network sloja (IP paket) dodaje kontrolne podatke za slanje na odredišno računalo. Layer 2 komunicira s gornjim slojevima putem LLC-a
- LLC je software (npr. driveri za mrežnu karticu) i neovisan je o hardwareu koji se koristi.
- Omogućava da više mrežnih protokola neovisno komuniciraju preko mreže

802.3 standard definira MAC sublayer i ulogu fizičkog sloja

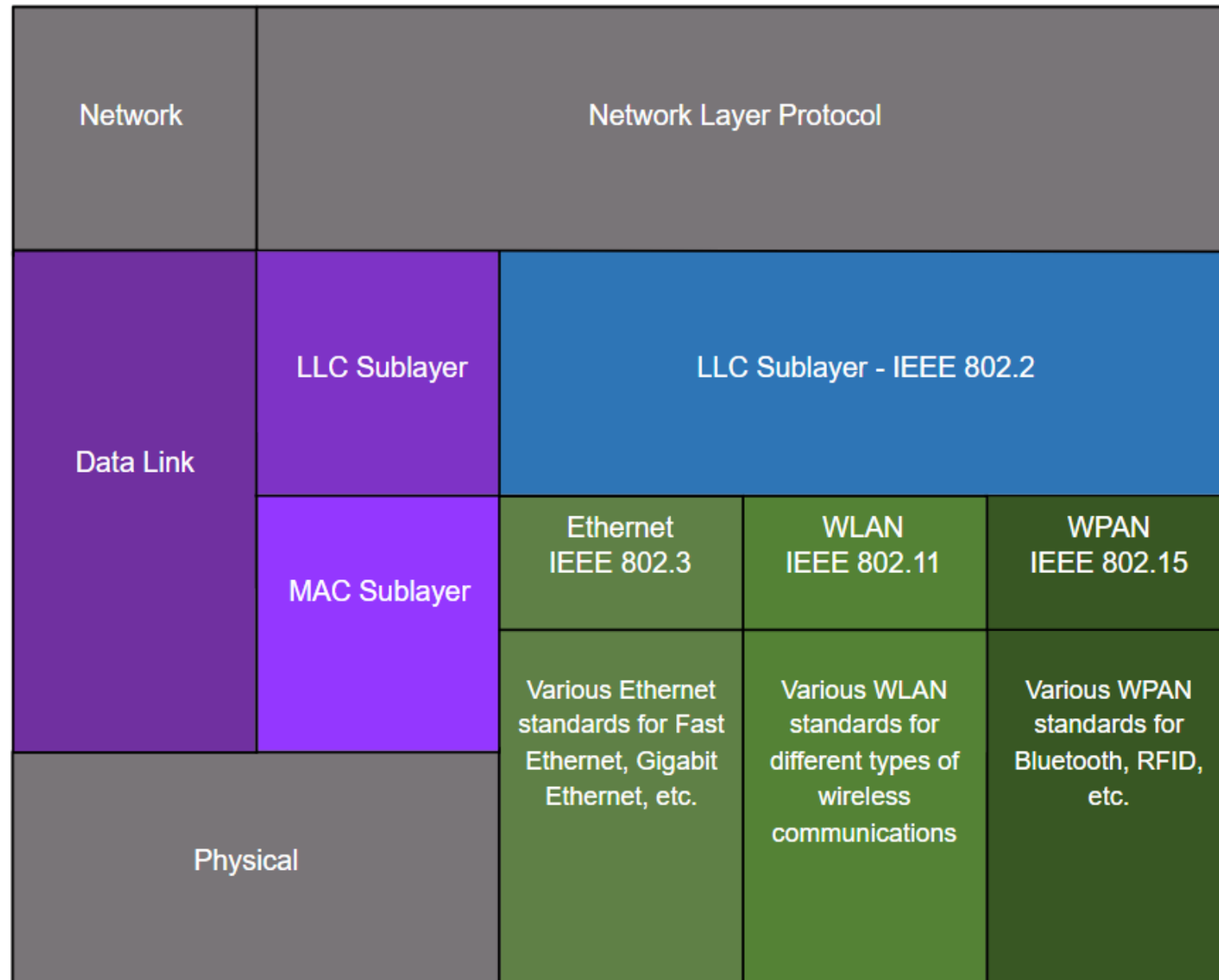
- **MAC (Media Access Control)** sublayer je hardware mrežne kartice (Network Interface Card-NIC)
- Dvije glavne stvari koje radi MAC su:
 - ✓ Data Encapsulation (Frame Delimiting, Addressing, Error Detection, access control)
 - ✓ Media Access Control- na podatke s network sloja (IP paket) dodaje kontrolne podatke (pretvara ih u **FRAME**) za slanje na odredišno računalo.

Ethernet



- Podsloj IEEE 802.2 komunicira između mrežnog softvera na višim slojevima i hardvera uređaja na nižim slojevima. U okvir postavlja informacije koje identificiraju koji se protokol mrežnog sloja koristi za okvir. Ove informacije omogućuju višestrukim protokolima sloja 3, kao što su IPv4 i IPv6, korištenje istog mrežnog sučelja i medija.
- Kontrola pristupa medijima (MAC) – Ovaj podsloj je implementiran u hardveru (IEEE 802.3, 802.11 ili 802.15). Odgovoran je za enkapsulaciju podataka i kontrolu pristupa medijima. Omogućuje adresiranje sloja podatkovne veze i integriran je s različitim tehnologijama fizičkog sloja.
- Radi **Frame delimiting** (sinkronizacija), **Adresiranje** (MAC adrese) i **kontrola grešaka**

Ethernet



Ethernet-FRAME

Exam question

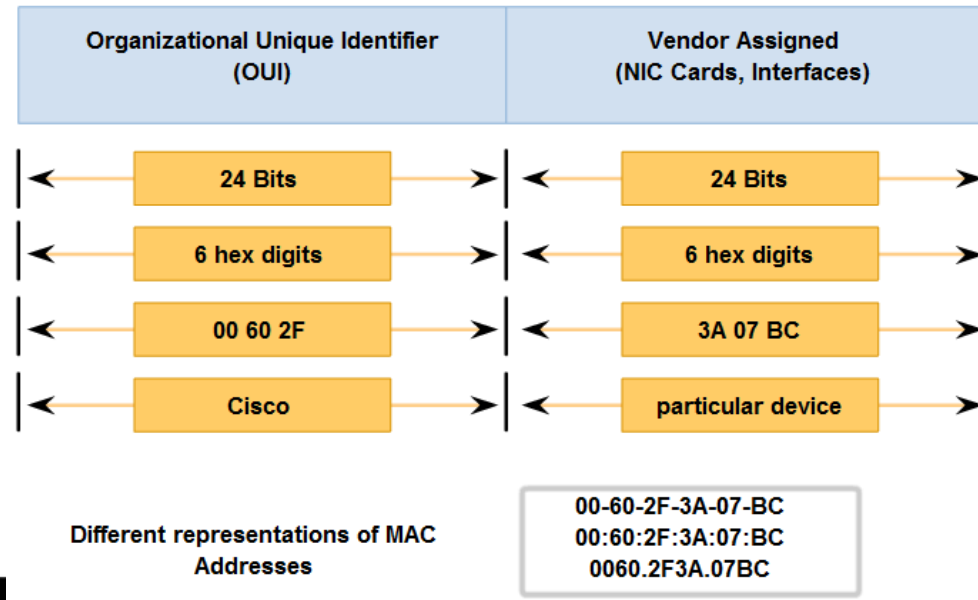
IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame Delimiter	Destination Address	Source Address	Length/ Type	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

- Preambula i SFD (Start of frame delimiter) se koriste za sinkronizaciju komunikacije...za pripremu uređaja koji prima podatke
- **Destination i Source Address (MAC adrese)**
- Length/Type definira veličinu podatkovnog polja koje se prenosi u okviru (FRAME) koristi se zajedno s FCS poljem za provjeru ispravnosti primljenog okvira...ili definira L3 protokola koji se nosi..koristi se ili jedno ili drugo (ovisno o standardu)
- Data (i 802.2 header ako se koristi)-podaci..svi okviri moraju biti min. 64 byta veliki inače se dodaju nule u polje podataka
- **FCS polje se koristi za provjeru ispravnosti primljenog okvira**

MAC adresa

Exam question

- MAC adrese su više-manje slučajno odabrane, nema hijerarhije adresiranja kao u IP adresiranju
- Svaka mrežna kartica (interface/sučelje) ima MAC adresu (dakle računalo može imati više MAC adresa)
- Prvih 24 bita označava **OUI** – identifikator proizvođača mrežnog adaptera (Organizational Unique Identifier), dok je drugih 24 bita tvornički upisano kao identifikator same kartice:
 - 00:16:CB:AD:76:A2 (najčešći način pisanja)
 - 00-16-CB-AD-76-A2 (Windows ipconfig /all)
 - Ovdje je **00:16:CB** OUI (Apple) a **AD:76.A2** je adresa samog mrežnog adaptera.



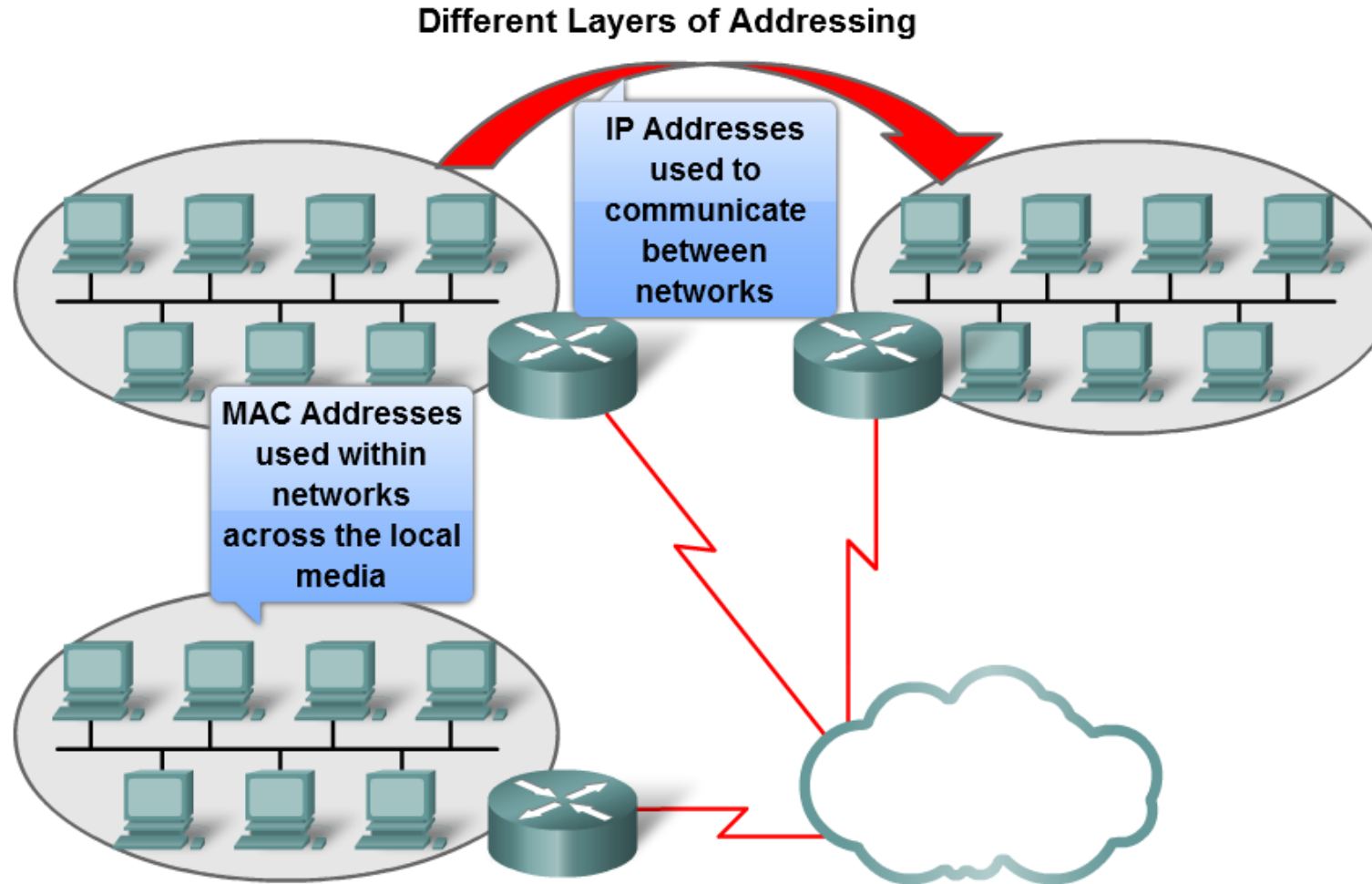
MAC adresa

Exam question

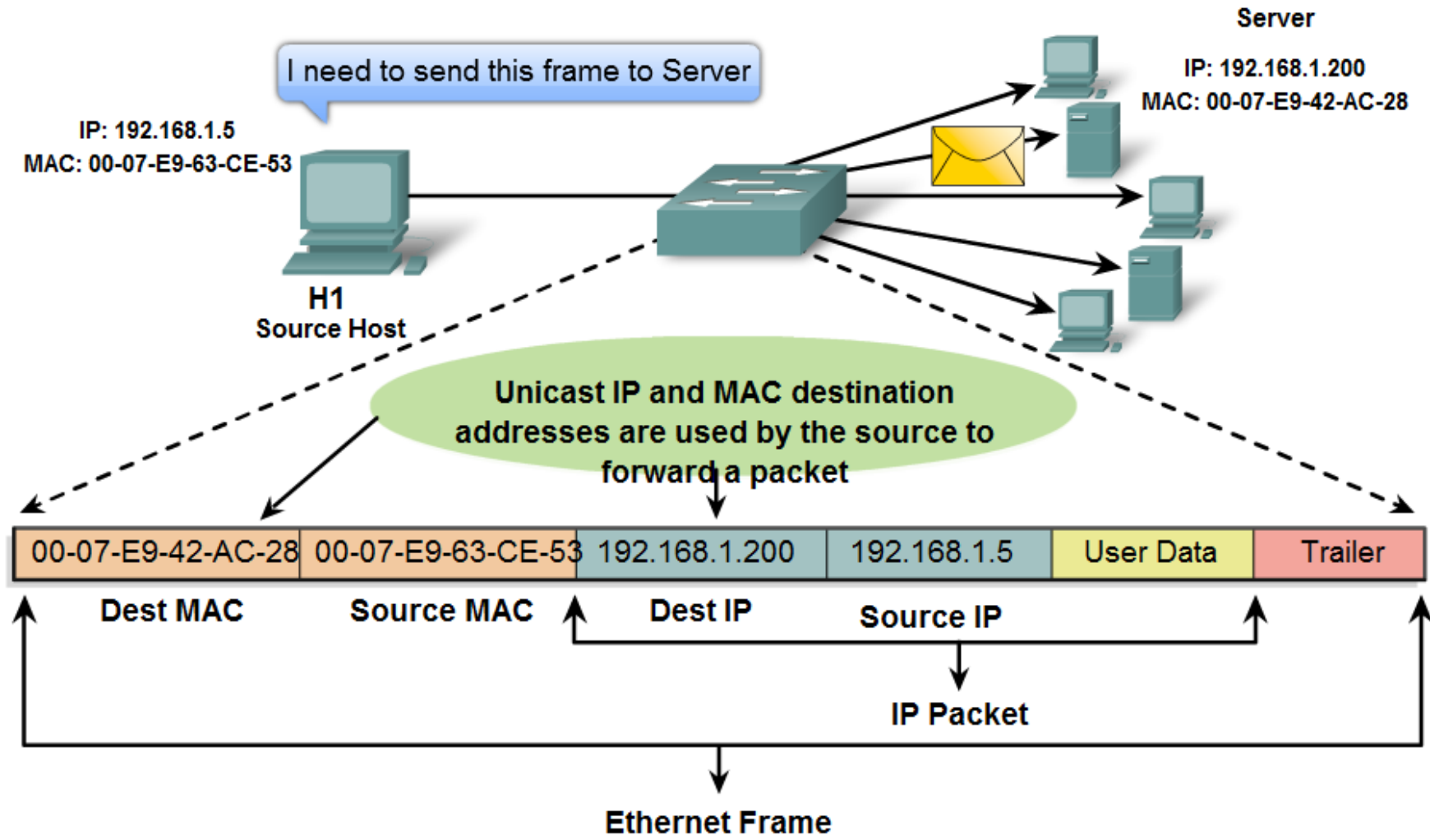
- **MAC adrese su lokalnog karaktera** – IP paket koji putuje preko nekoliko mreža zadržava IP source/destination, no MAC adrese se mijenjaju
- Uređaji na drugom sloju (preklopnici/switchevi) samo **pamte na koje sučelje treba poslati okvir prema njegovoj MAC adresi**
- Spomenuta tablica se zove MAC Forwarding Table (MAC address table) i povezuje MAC adresu odredišta sa portom na kojem se on nalazi, odnosno s kojeg je MAC adresa naučena.
- Pomoću ARP (Address Resolution Protocol) mehanizma se otkriva koja MAC adresa odgovara kojoj IP adresi u lokalnoj mreži
- MAC adrese mogu biti:
 - **Unicast** -> svaki mrežni adapter (mrežna kartica, interface) ima svoju jedinstvenu (tvornički zaprženu) adresu.
 - **Multicast** -> prepoznamo ih po početnom dijelu, ostatak adrese jest dio multicast IP adrese, služe za slanje podataka na VIŠE određenih destinacija
 - **01:00:5E**:xx:xx:xx za IPv4
 - **33:33:yy:yy:yy:yy** za IPv6
 - **Broadcast** -> šaljemo svima na Ethernet segmentu FF:FF:FF:FF:FF:FF, ovime se otkrivaju računala na mreži i otkrivaju informacije jedni o drugima

MAC adressa

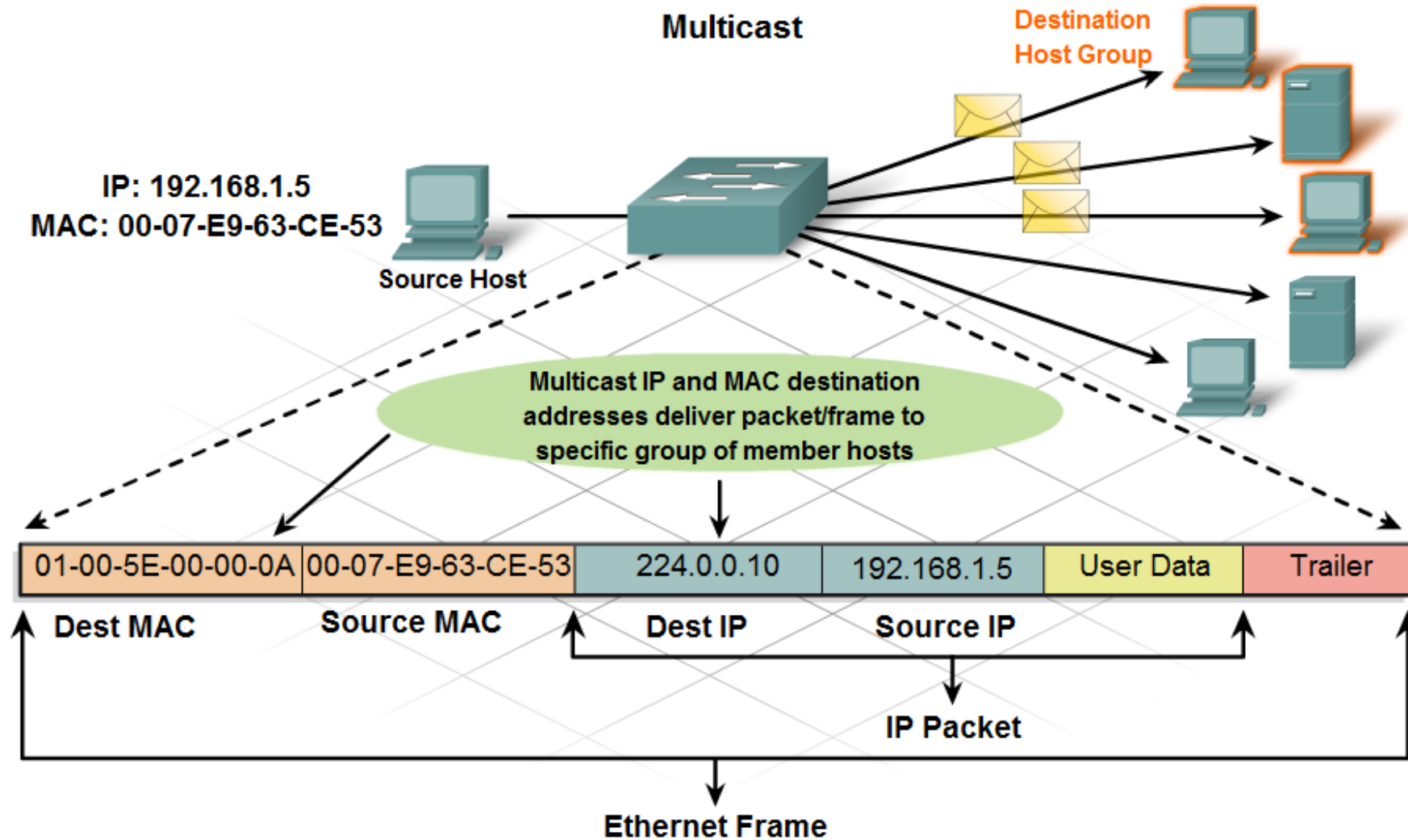
Exam question



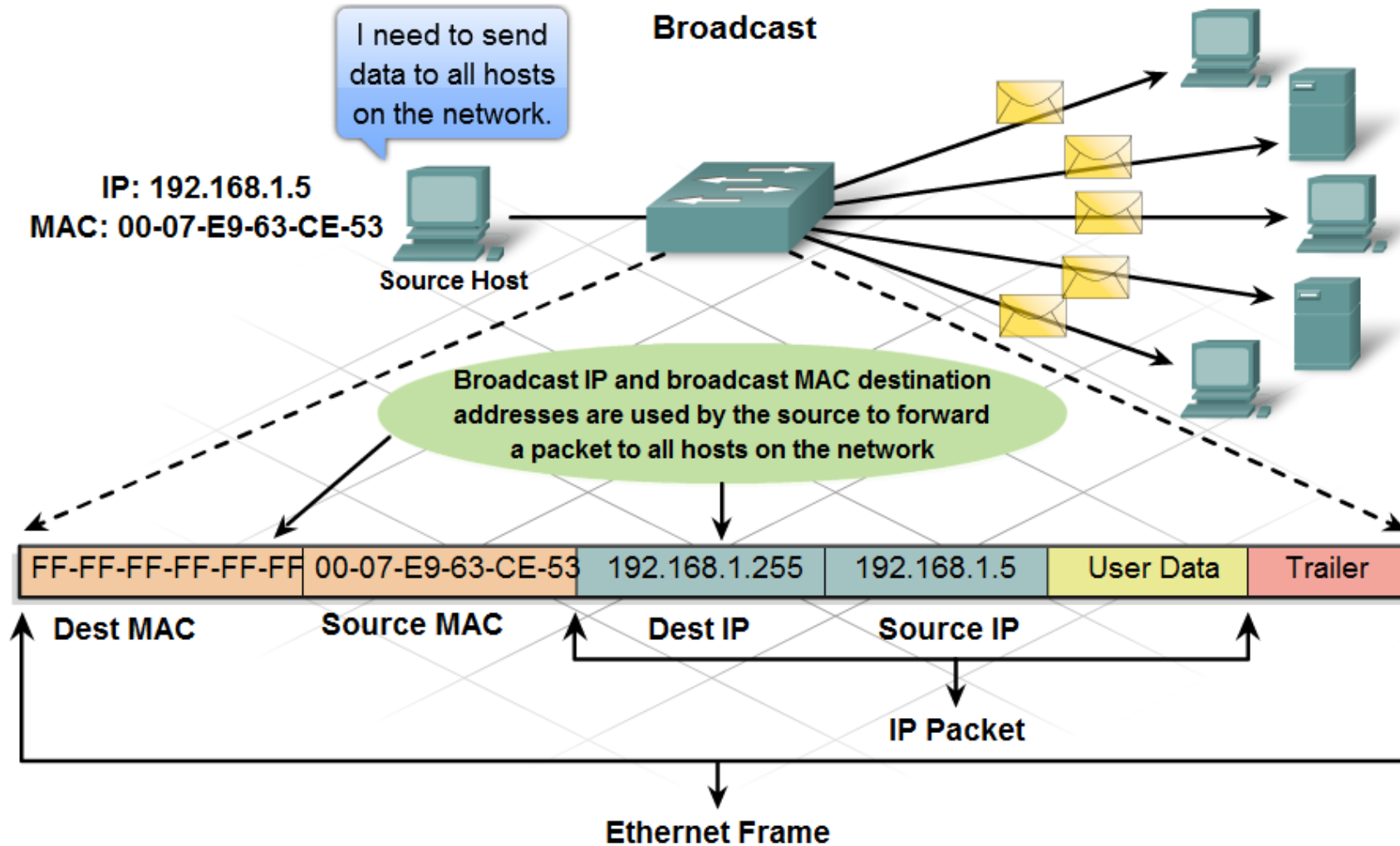
MAC adresa-unicast



MAC adresa- multicast



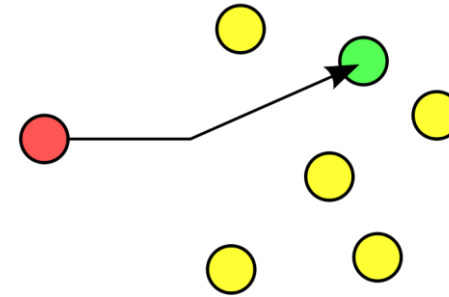
MAC adresa- broadcast



Vrste komunikacije u mreži su:

- Unicast (jedan na jedan)

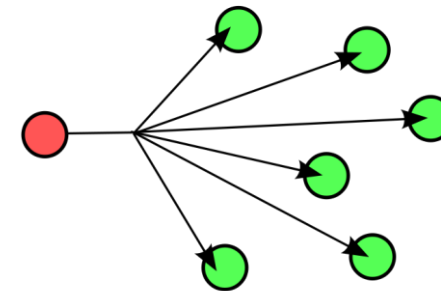
- Src IP= 192.168.1.10 dst IP=192.168.3.30



- Broadcast (jedan na sve)

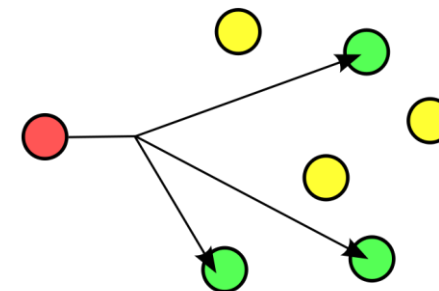
- Src IP= 192.168.1.10 dst IP=192.168.1.255

- odnosno 255. 255. 255. 255



- Multicast (jedan na grupu)

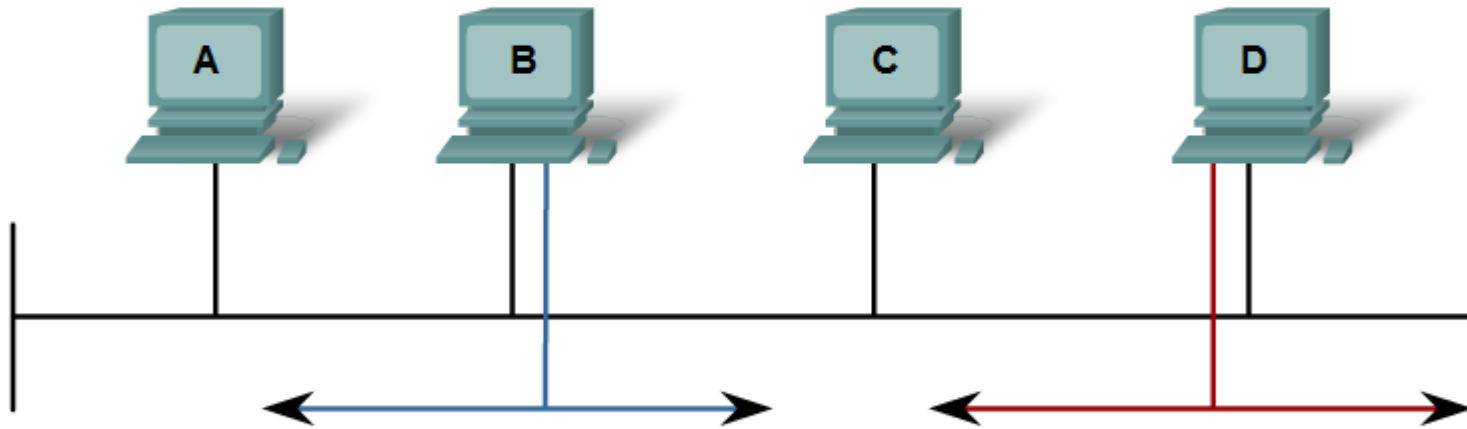
- Src IP= 192.168.1.10 dst IP=239.0.0.1-239.255.255.255



CSMA/CD

Media Access Control in Ethernet

Carrier Sense Multiple Access with
Collision Detection (CSMA/CD)



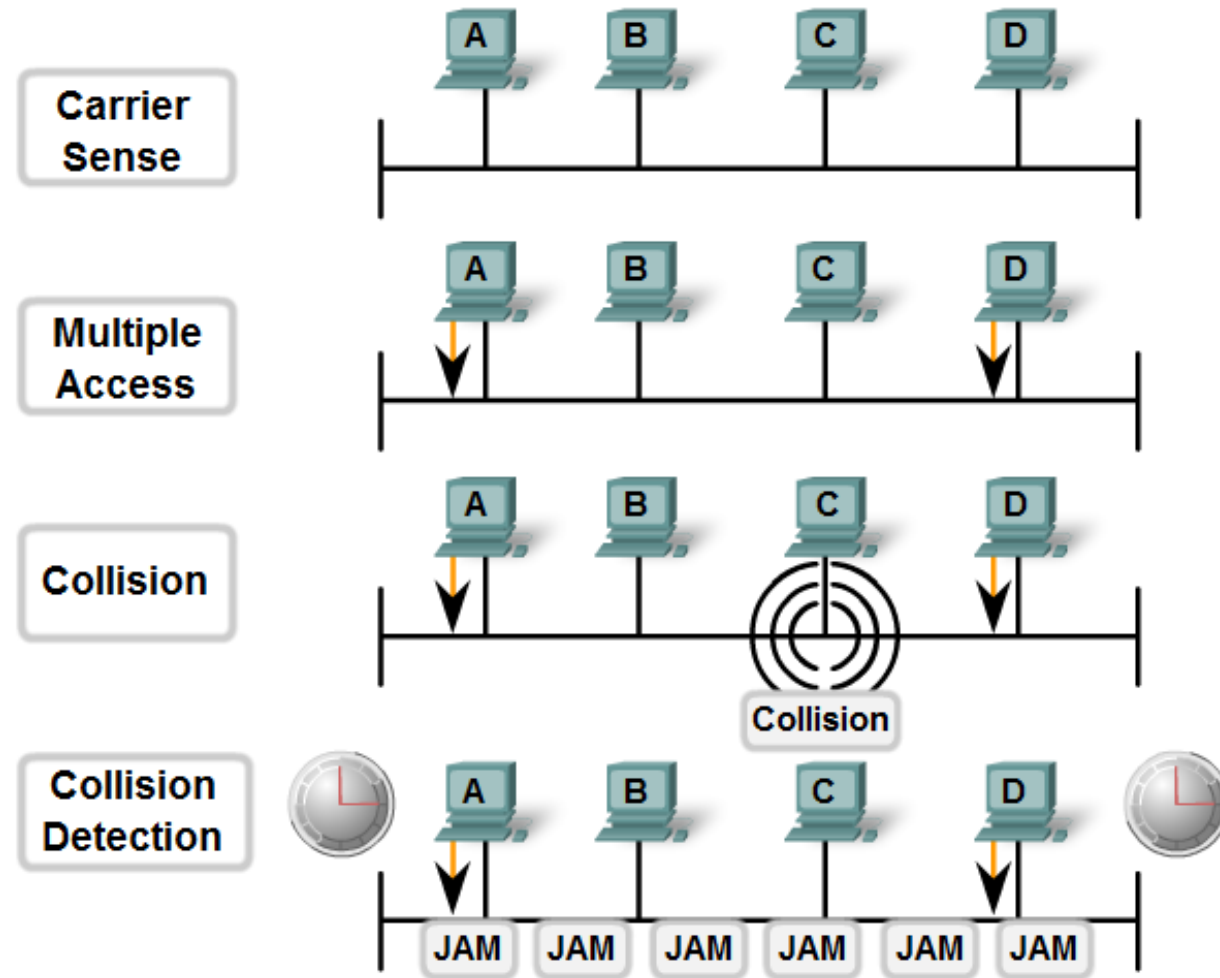
CSMA/CD controls access to the shared media. If there is a collision, it is detected and frames are retransmitted.

CSMA/CD

- CSMA/CD (**Carrier sensing, multiple access collision detection**)
- **Carrier sensing** -svi uređaji prije slanja moraju slušati medij da se uvjere da nitko drugi ne šalje, ako medij nije slobodan, uređaj mora čekati
- **Multi-access** -više uređaja pristupa mediju istovremeno i može se dogoditi da dva uređaja pošalju pakete, jer misle da je medij slobodan-zbog latencije
- **Collision Detection** - Kad je uređaj u listening modu može detektirati kolizije na linku (kolizija je povećanje amplitude signala na linku)
- **Jam Signal i Random backoff algoritam** - Kada je kolizija na linku detektirana, uređaj koji šalje promet šalje “Jam” signal kojim obavještava druge uređaje o koliziji tako da svi mogu pokrenuti “*Random Backoff algoritam*”-taj algoritam omogućava da svi uređaji prestanu odašiljati na neko *random* vrijeme, za koje kolizija na linku nestane
 - ✓ Nakon što *Random* timer istekne svi uređaji se vraćaju u stanje slušanja medija prije slanja (listening before transmitting)
 - ✓ *Random* vrijeme *Backoff* algoritma osigurava da uređaji koji su sudjelovali u koliziji ne počnu slati promet istovremeno

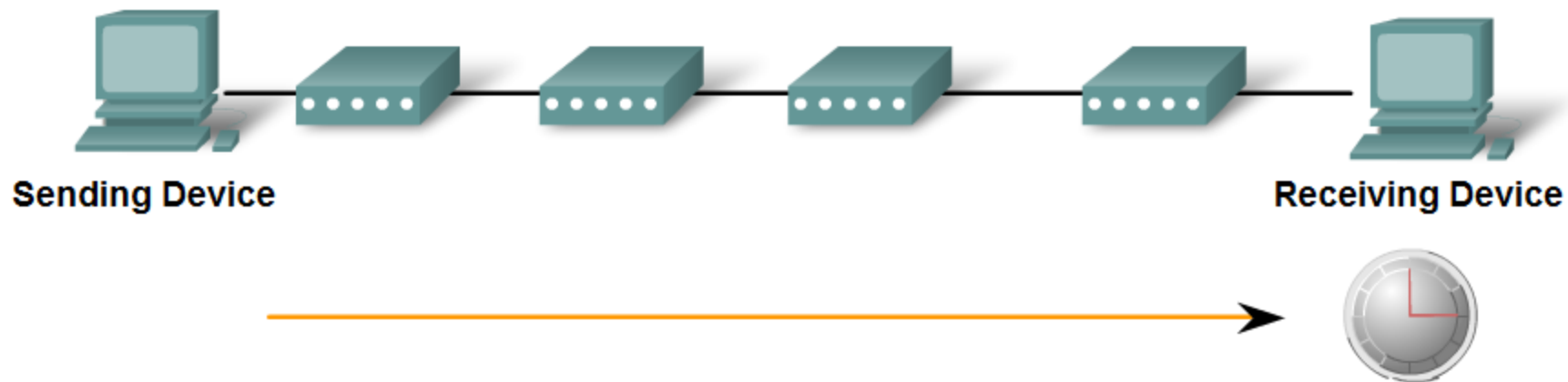
CSMA/CD

Stations detecting a collision send a jam signal.

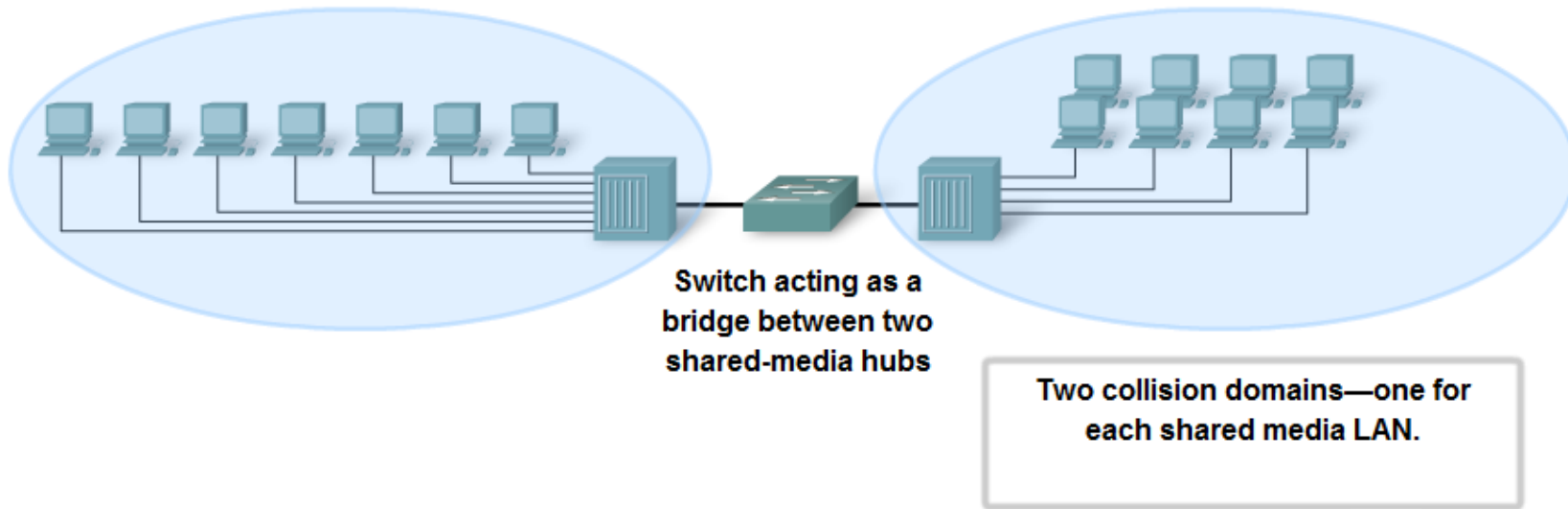


CSMA/CD- uređaj HUB

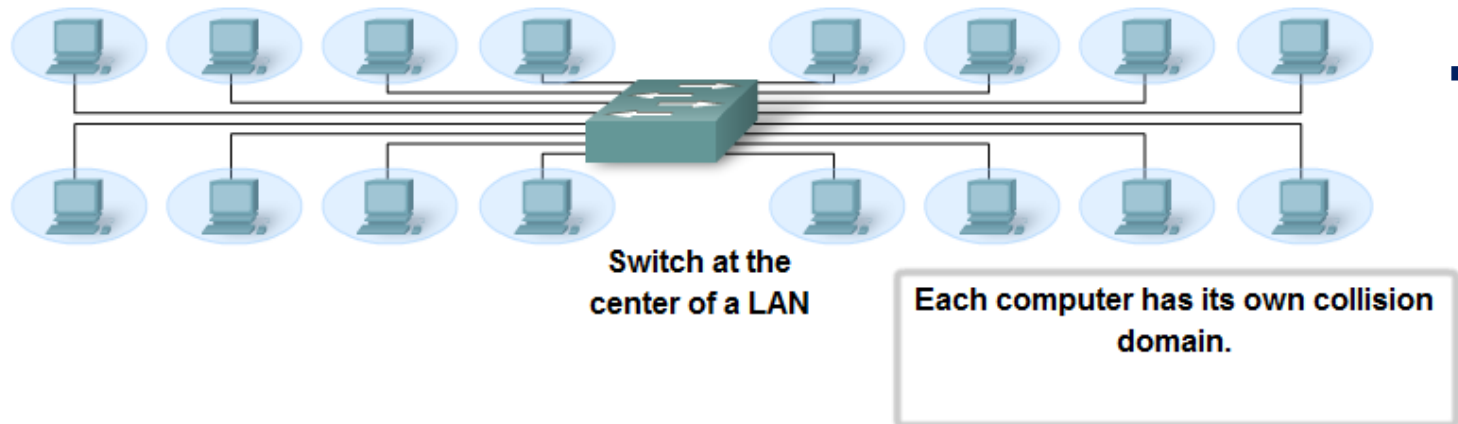
- Hub (uređaj na fizičkom sloju)-uloga mu je reprodukcija signala i korištenjem hub-ova stvaraju se sve veće i veće kolizijske domene dok u jednom trenutku mreža ne postane beskorisna, jer je CSMA/CD kreiran za male mreže s ograničenom količinom prometa
- Ako se koriste Hub uređaji u većim mrežama problem što samo jedan uređaj može slati u nekom trenutku (to je Half duplex komunikacija)
- Zbog latencije u mreži ostali uređaji neće biti svjesni da neko računalo šalje podatke
- Portovi na Cisco opremi u PacketTraceru mogu biti auto, full i half duplex
- Također auto-MDIX (medium dependent auto interface crossover) omogućava da se koriste samo straight kablovi



CSMA/CD- uređaj HUB vs preklopnik



- HUB mreže nisu skalabilne!
- Vrlo su spore!
- Danas neupotrebljive!
- HUB=PacketSniffer



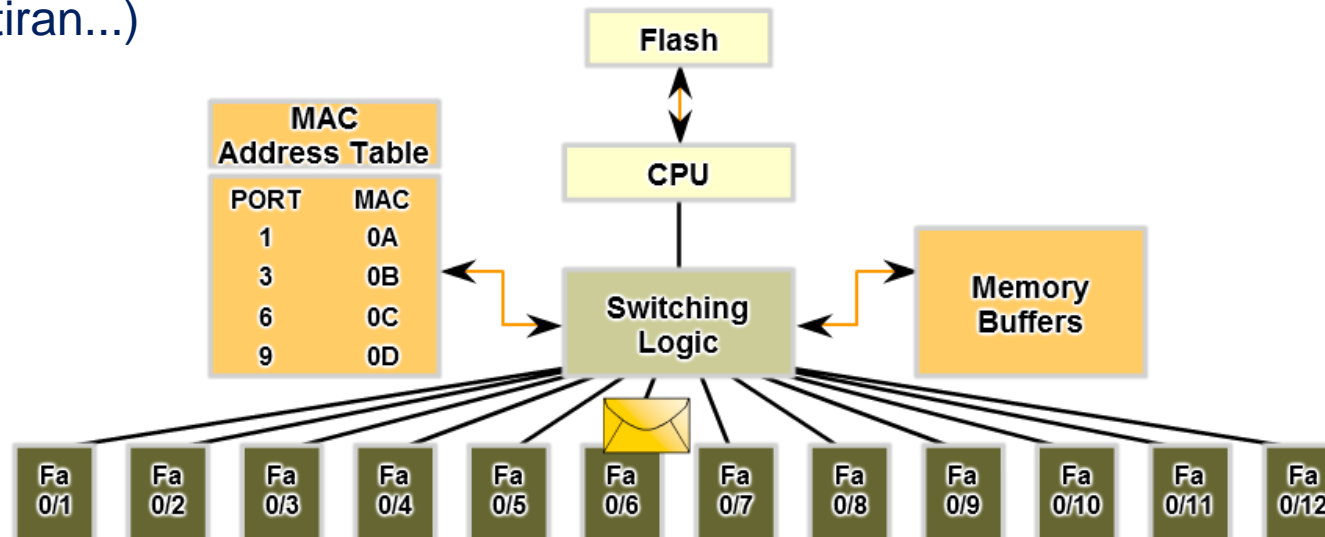
- Switch omogućava:
 - Dedicirani bandwidth na svakom portu
 - Okolinu bez kolizija
 - Full-Duplex komunikaciju

Kako radi preklopnik

Exam question

➤ Preklopnik radi slijedeće:

- ✓ **Learning** (popunjava MAC tablicu na temelju source MAC adrese)
- ✓ **Aging** (Nakon što timer za neki zapis u MAC tablici istekne ta MAC adresa se miče iz MAC tablice)
- ✓ **Flooding** (Ako switch ne zna gdje poslati neki frame, jer nema MAC adresu u tablici, tada ga šalje na sve portove osim na onaj na koji je frame došao)
- ✓ **Selective Forwarding** (proces pregleda destination MAC adrese i prosljeđivanja na određeni port)
- ✓ **Filtering** (ne šalje frame na port na koji ga je dobio, ako je frame neispravan odbacuje ga, ako je port security implementiran...)



SW1#sh mac-address-table
Mac Address Table

Vlan	Mac Address	Type	Ports
-----	-----	-----	-----
1	0001.c73a.7154	DYNAMIC	Gig1/1
1	00e0.8f81.0b4e	DYNAMIC	Fa0/2
10	0001.abcd.7232	DYNAMIC	Gig1/2
1	00e0.8fba.baba	DYNAMIC	Fa0/2

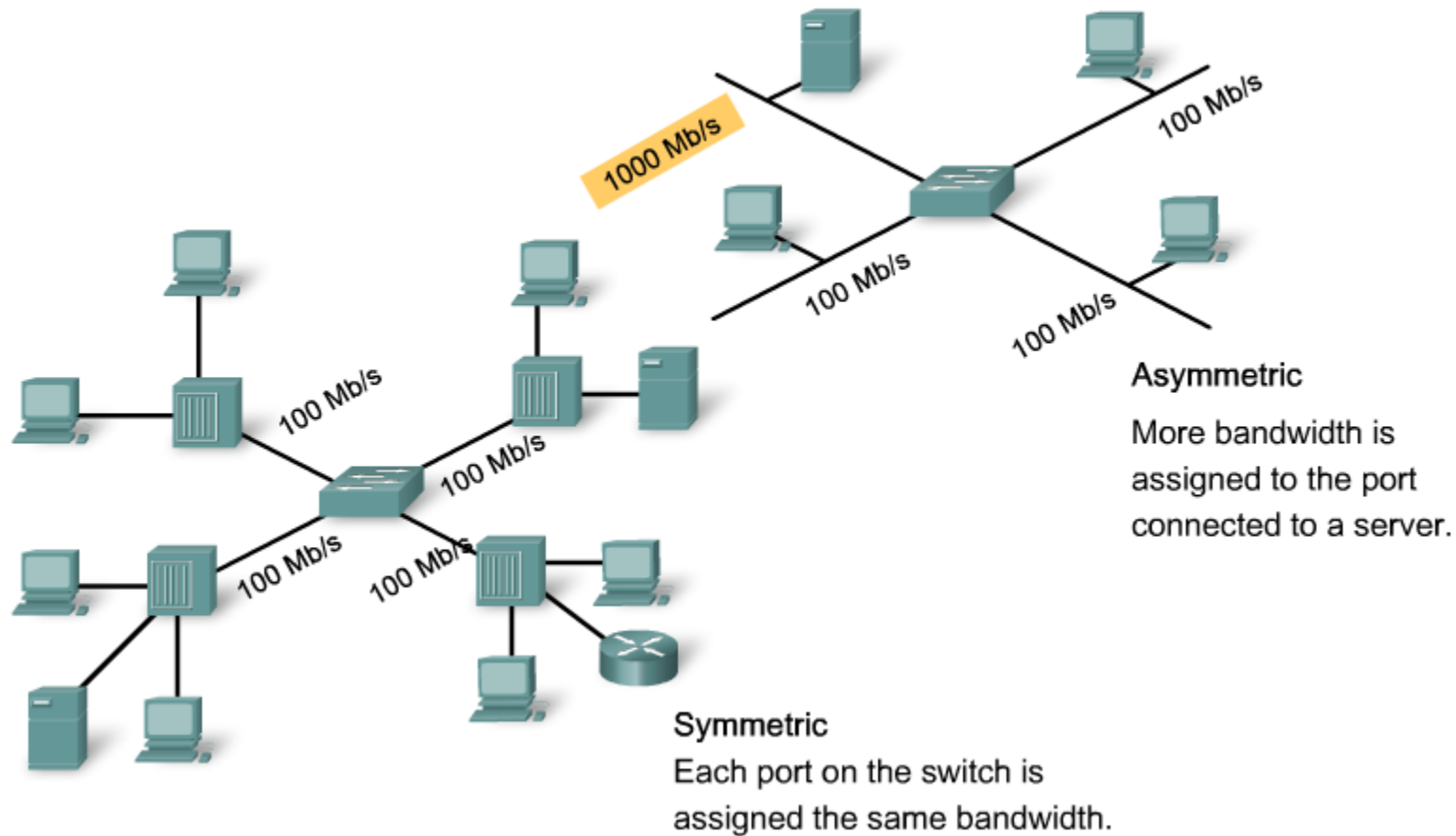
FRAME 1

Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Pad	CRC
	0C	0A				

FRAME 2

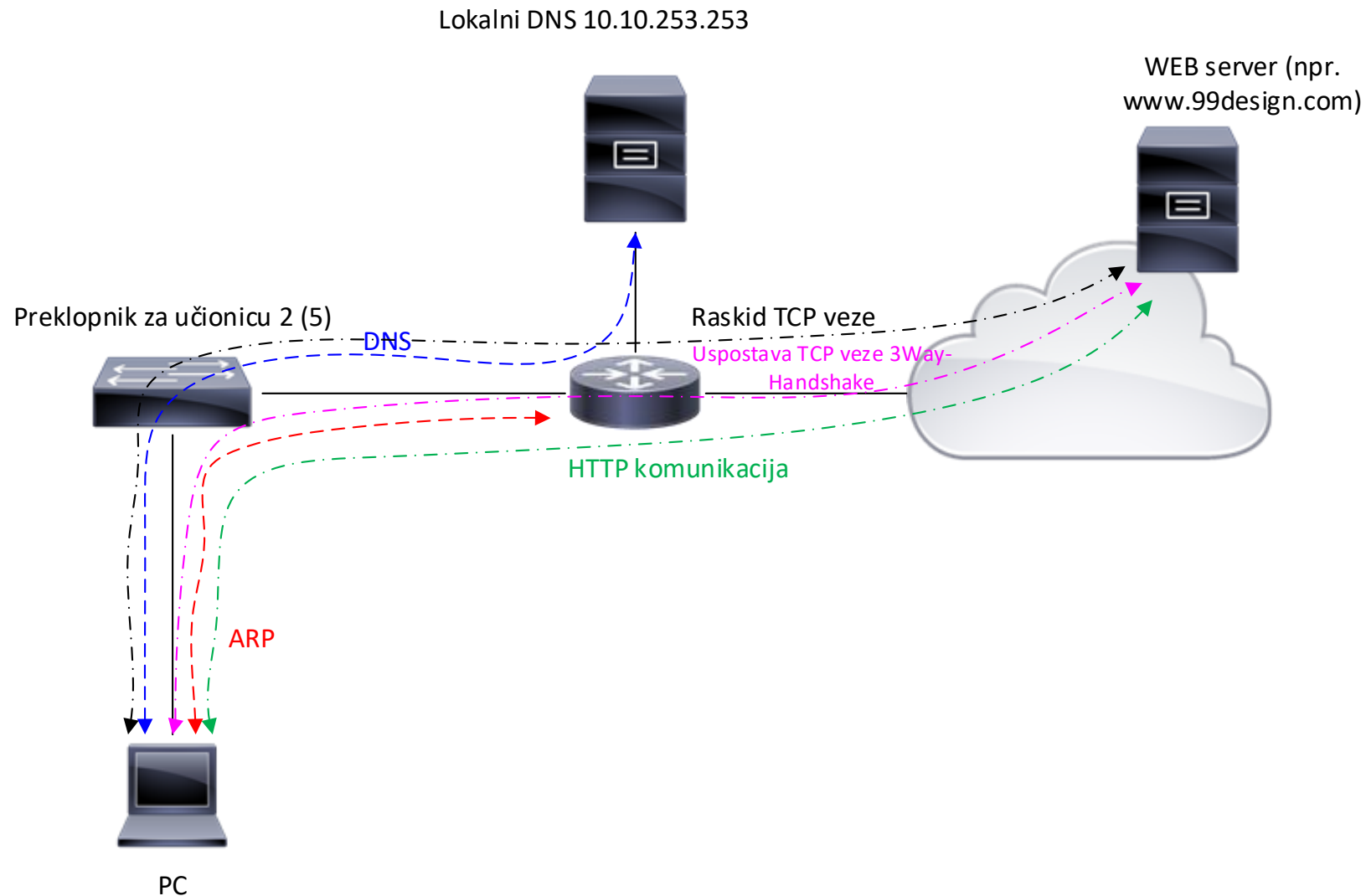
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Pad	CRC
	0C	0B				

Simetrično vs asimetrično preklapanje



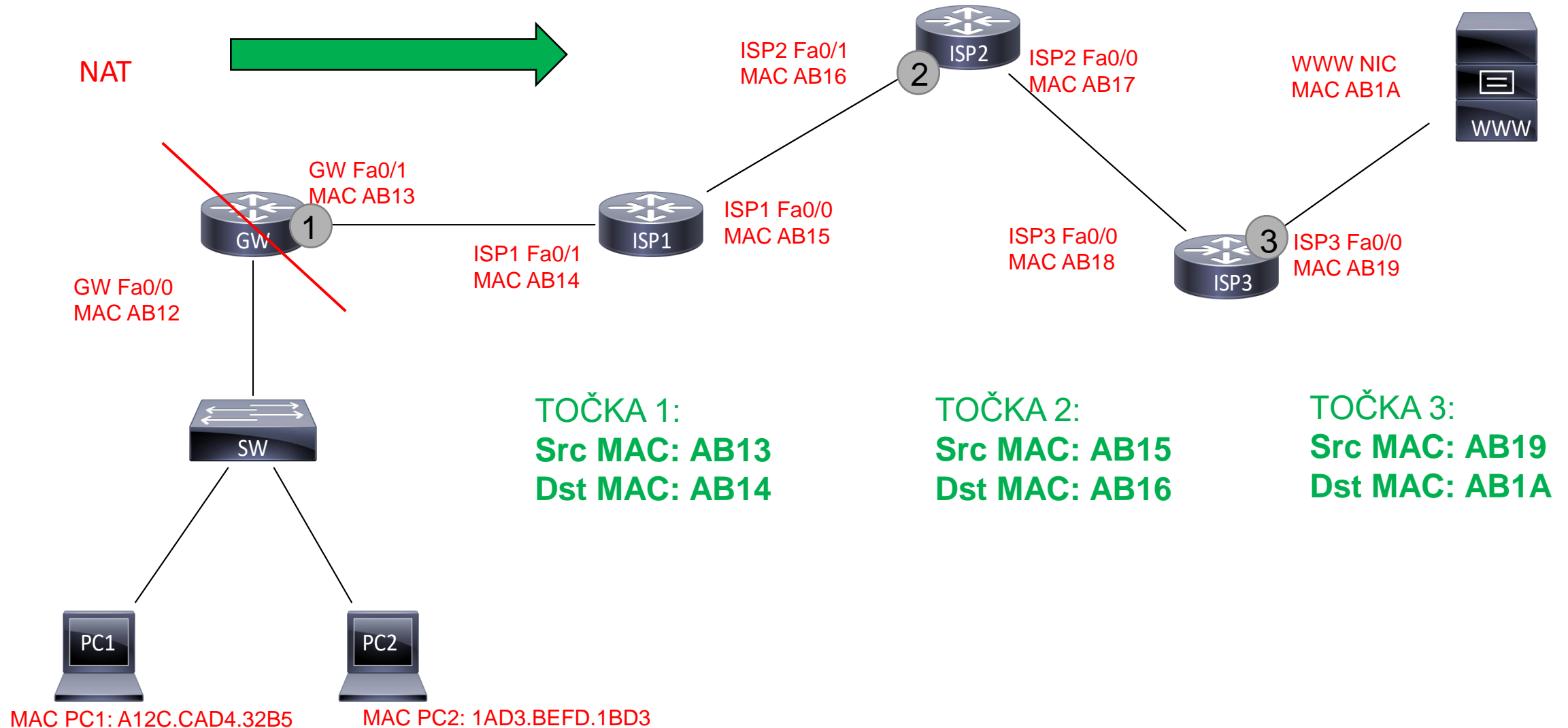
Komunikacija u mreži

Exam question



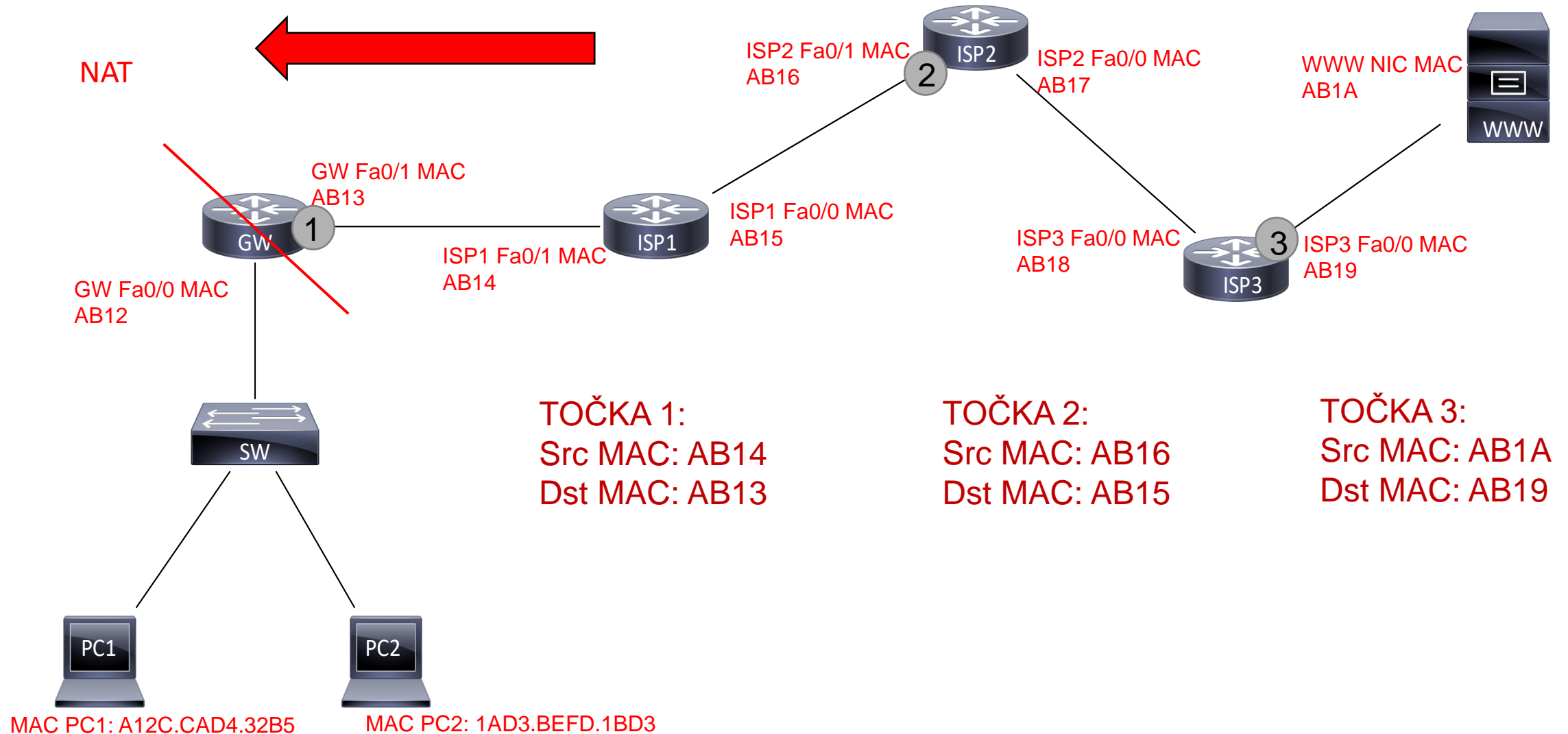
Komunikacija u mreži

Exam question



Komunikacija u mreži

Exam question





- Otkrivanje data-link layer adrese (MAC) kada je mrežna (IP) adresa poznata (npr. Ping 10.10.41.254)
- Implementiran na raznim tipovima mreže, no danas govorimo primarno o mapiranju između IPv4 adrese mrežnog sloja i MAC adrese na sloju podatkovne veze ethernet protokola
- Na računalu pomoću naredbe **arp -a** otkrijemo sve ARP zapise (veze IP adresa – MAC adresa) koje računalu poznaje.
- Nama bitno je da postoje poruke **zahtjev (request)** i **odgovor (reply)**

ARP mehanizam rada

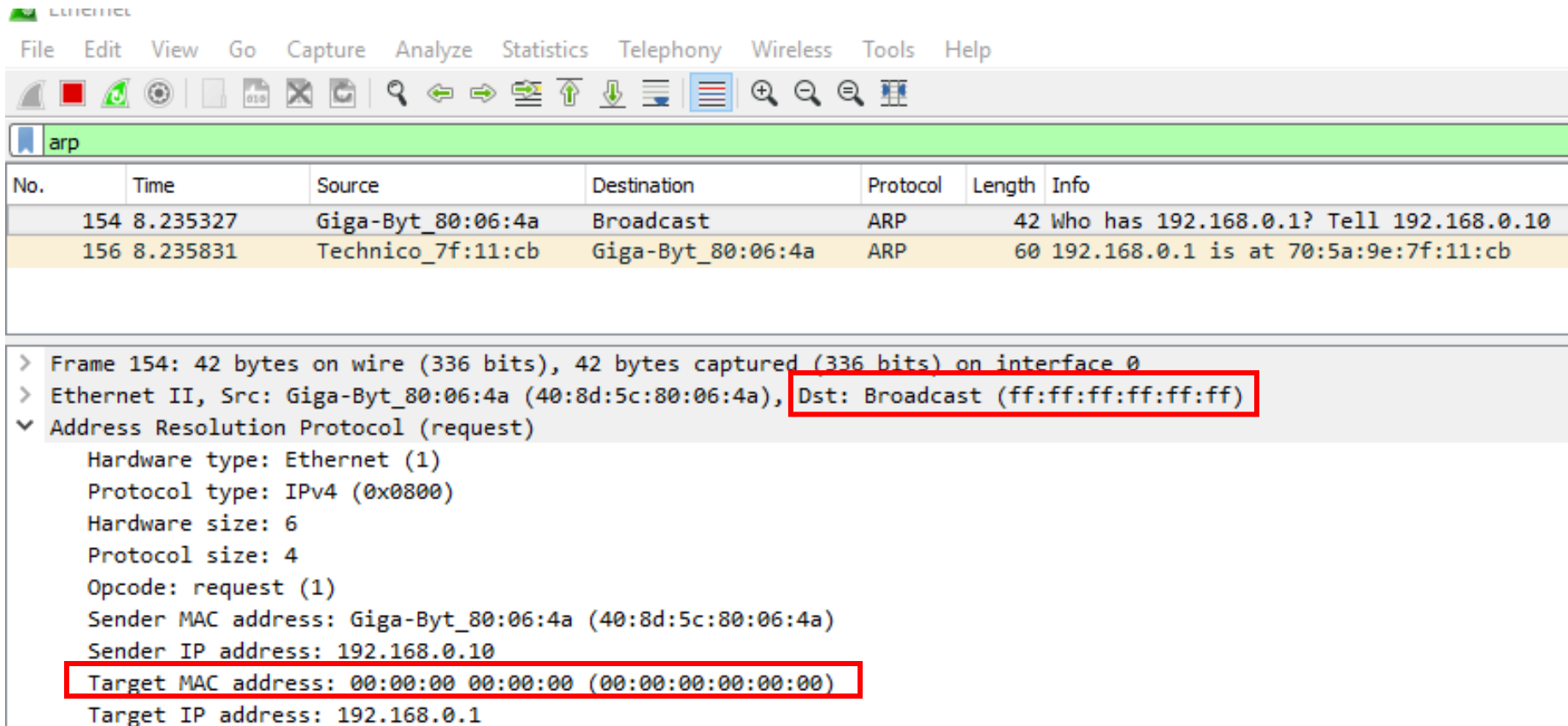
Primjer:

- Usmjernik primi IP paket izvan lokalne mreže te ga želi poslati na LAN mrežu no nema MAC adresu odredišta
- Pošalje paket i postavi ono što zna – vlastita MAC i IP adresa, odredišna (target) IP adresa dok je Polje MAC adresa je prazno
- Vlasnik IP adrese odgovori s ARP paketom u kojemu popuni svoju MAC adresu tako da se popune svi podaci pa pošiljatelj dobije MAC <-> IP mapiranje
- Također postoje dodatne funkcije ARP-a: ARP probe i ARP annoucement kojime računalo „proba” da li netko koristi IP adresu koje računalo želi zauzeti
- Preklopnici također pamte MAC adrese ali ne koriste ARP da bi ih naučile, već na temelju src MAC adrese u okviru popunjavaju MAC tablicu

ARP mehanizam rada-wireshark

Exam question

- Primjer (iz Wiresharka) kako se događa ARP upit/odgovor – računalo pita koji je MAC od 192.168.0.1 (GW) broadcastom i dobije kao odgovor koja je njegova MAC adresa:
- Prvi okvir je ARP Request koji se šalje na Ethernet broadcast adresu (ff:ff:ff:ff:ff:ff) – dakle svima:



The image shows a Wireshark network traffic capture. The top menu bar includes File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Wireless, Tools, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The packet list pane shows two packets:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
154	8.235327	Giga-Byt_80:06:4a	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.1? Tell 192.168.0.10
156	8.235831	Technico_7f:11:cb	Giga-Byt_80:06:4a	ARP	60	192.168.0.1 is at 70:5a:9e:7f:11:cb

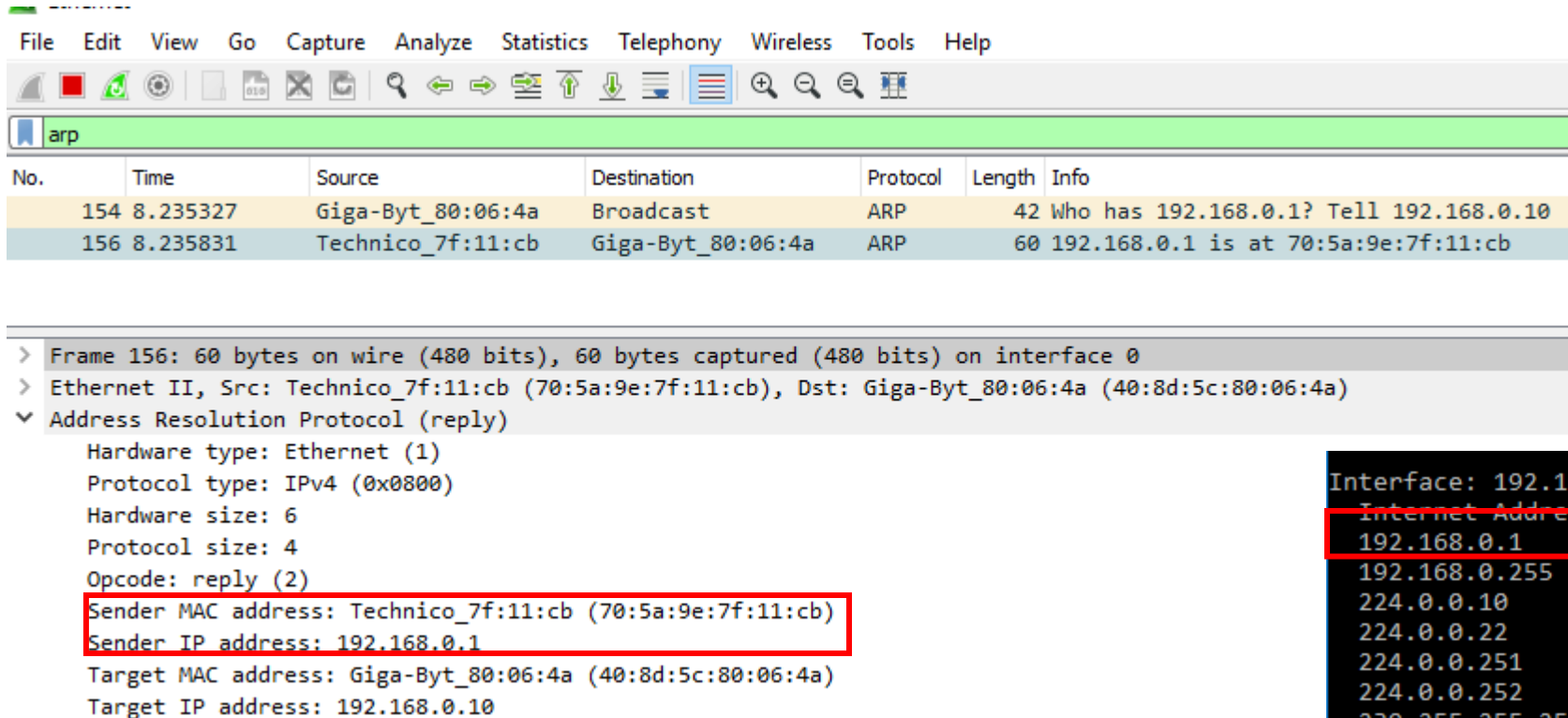
The packet details pane for packet 154 is expanded, showing the following information:

- > Frame 154: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
- > Ethernet II, Src: Giga-Byt_80:06:4a (40:8d:5c:80:06:4a), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
- ▼ Address Resolution Protocol (request)
 - Hardware type: Ethernet (1)
 - Protocol type: IPv4 (0x0800)
 - Hardware size: 6
 - Protocol size: 4
 - Opcode: request (1)
 - Sender MAC address: Giga-Byt_80:06:4a (40:8d:5c:80:06:4a)
 - Sender IP address: 192.168.0.10
 - Target MAC address: 00:00:00 00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 - Target IP address: 192.168.0.1

ARP mehanizam rada-wireshark

Exam question

- Drugi je okvir odgovor na ARP zahtjev u kojem GW odgovara sa svoje MAC adrese točno/samo onom računalu koje je poslalo ARP upit



The image shows the Wireshark network protocol analyzer interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Wireless, Tools, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The packet list pane shows two captured packets:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
154	8.235327	Giga-Byt_80:06:4a	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.0.1? Tell 192.168.0.10
156	8.235831	Technico_7f:11:cb	Giga-Byt_80:06:4a	ARP	60	192.168.0.1 is at 70:5a:9e:7f:11:cb

The packet details pane for packet 156 is expanded, showing the following information:

- Frame 156: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
- Ethernet II, Src: Technico_7f:11:cb (70:5a:9e:7f:11:cb), Dst: Giga-Byt_80:06:4a (40:8d:5c:80:06:4a)
- Address Resolution Protocol (reply)
 - Hardware type: Ethernet (1)
 - Protocol type: IPv4 (0x0800)
 - Hardware size: 6
 - Protocol size: 4
 - Opcode: reply (2)
 - Sender MAC address: Technico_7f:11:cb (70:5a:9e:7f:11:cb)
 - Sender IP address: 192.168.0.1
 - Target MAC address: Giga-Byt_80:06:4a (40:8d:5c:80:06:4a)
 - Target IP address: 192.168.0.10

Interface: 192.168.0.10 --- 0x16		
Internet Address	Physical Address	Type
192.168.0.1	70-5a-9e-7f-11-cb	dynamic
192.168.0.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static
224.0.0.10	01-00-5e-00-00-0a	static
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	static
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	static
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	static
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	static

