

Računarske mreže i mrežne tehnologije

II godina studija Informatike
Letnji semestar, školska 2019/2020.



Institut za
matematiku i informatiku
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu



O predmetu

- Sadržaj i materijali na <http://imi.pmf.kg.ac.rs/moodle/course/view.php?id=35>
- Kolokvijumi 46, prisustvo 4, završni ispit 50 poena
- Uslov za izlazak na završni ispit je je **26 poena na predispitnim obavezama**
- **Literatura:**
 - A.S. Tanenbaum, *Računarske mreže, Mikro knjiga, Beograd, 2005.*
 - Kurose, Ross, *Umrežavanje računara, RAF, CET, 2009.*

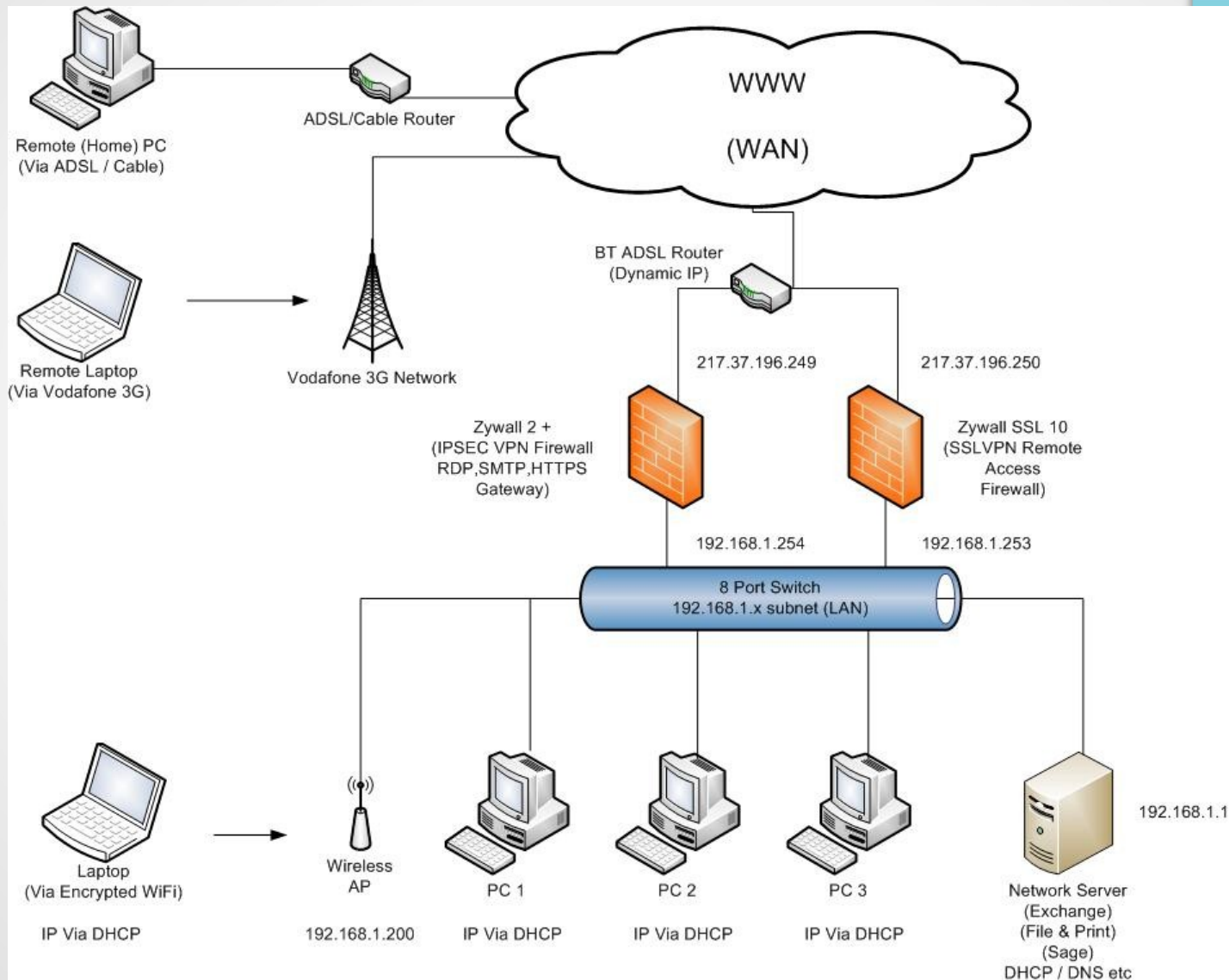
Sadržaj predmeta

- **Teorijska nastava.** Istorijat računarskih mreža. Lokalne i globalne računarske mreže. Virtualna (komutovana) kola i komutacija paketa. Bezbednost i zaštita u računarskim mrežama. Komunikacije i umrežavanje: mrežni standardi i organizacije za standardizaciju. ISO referentni model sa 7 nivoa. TCP/IP referentni model sa 5 nivoa. Fizički nivo. Nivo veze podataka. Mrežni nivo. Transportni nivo. Aplikativni nivo. Kompresija i dekompresija podataka. Multimedijalne tehnologije. Web tehnologije. Karakteristike Web servera i klijenata. Alati za pravljenje Web sajtova i aplikacija. Protokoli za rad. Aplikacije u klijent/server okruženju. Bežično i mobilno računarstvo.
- **Praktična nastava.** Administracija i praktičan rad sa različitim elementima računarskih mreža – switch, gateway, razni servisi i serveri (DNS, DHCP, FTP, HTTP, HTTPS), softver za monitoring i administraciju računarskih mreža.
- **Kolokvijumi**
 - Furijeov razvoj, prenos signala, Nikvistova i Šenonova teorema, Hamingov kod, CRC, Ethernet;
 - Mrežni sloj, adresiranje, rutiranje, NAT, Berkeley sockets, tunelovanje, protokoli aplikativnog sloja, instalacija i konfiguracija LAMP servera.

Sadržaj predavanja

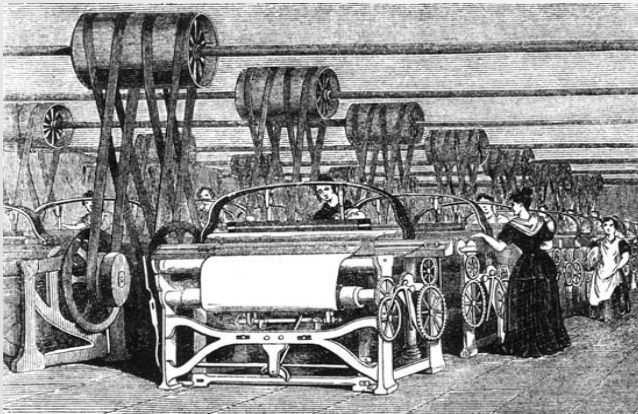
- Istorijat razvoja
- Upotreba računarskih mreža
- Mrežni hardver
- Mrežni softver (*protocol stack*)
- Referentni modeli (TCP/IP i OSI)
- Primeri mreža

Šema tipične računarske mreže



Malo istorije

- **18. vek** – industrijska revolucija
- **19. vek** – parna mašina
- **20. vek** – doba prikupljanja, distribuiranja i procesiranja informacija. Telefonske mreže, radio, televizija, satelitske komunikacije, računari

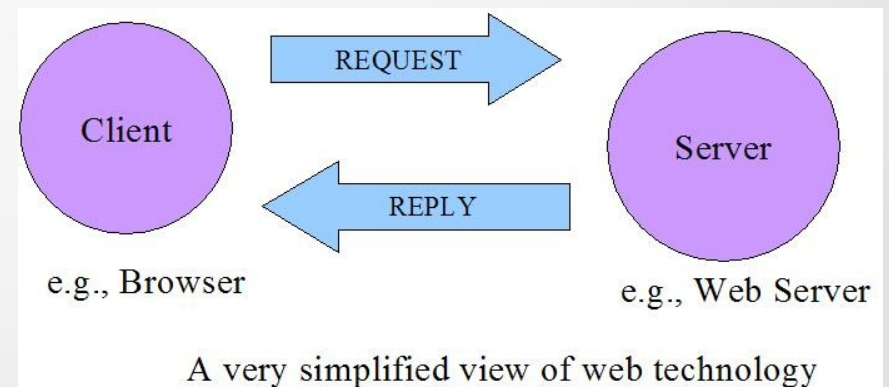
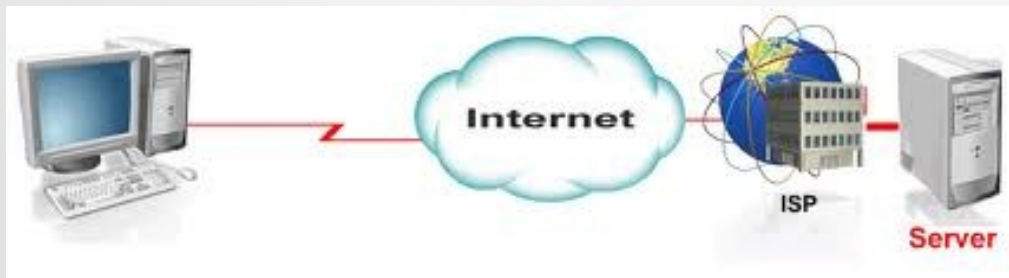


Terminologija

- **Računarska mreža** je skup nezavisnih računara međusobno povezanih jedinstvenom tehnologijom.
- Postoji jasna razlika između **distribuiranog sistema** i **računarske mreže**
- Za distribuirani sistem, ključno je postojanje *middleware*-a
- **Distribuirani sistem** korisnici vide kao jedinstven, koherentan sistem. Primer je WWW.

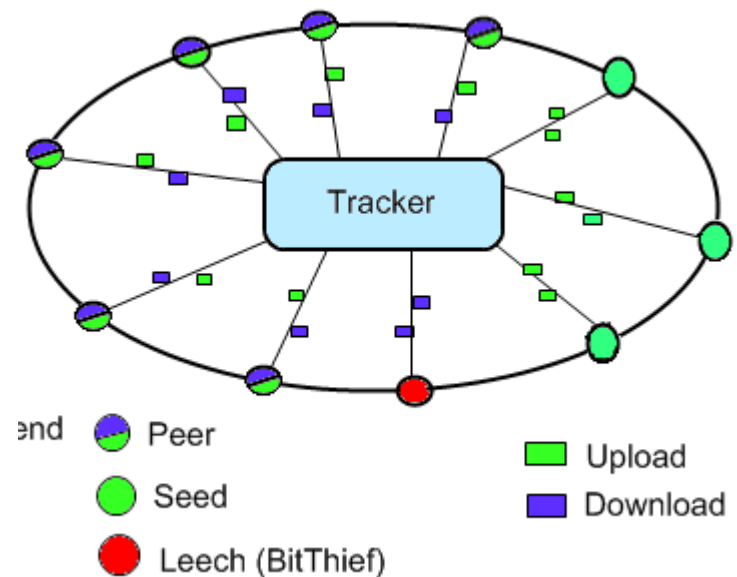
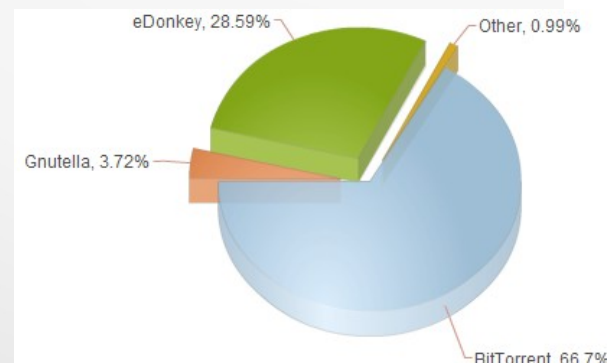
Poslovne mreže

- Deljenje resursa (hardver, softver, podaci)
- Klijent/server tehnologija
- Komunikacije, e-mail, instant messaging, video conference
- E-commerce, recimo B2B



Kućne mreže

- **Ken Olsen (DEC, 1977):** Nema razloga da iko ima računar kod kuće. Epilog: DEC danas više ne postoji
- Pristup udaljenim informacijama
- Komunikacija preko društvenih mreža
- Interaktivna zabava
- Elektronska trgovina
- Peer-to-peer mreže, Napster problemi
- Online kockanje



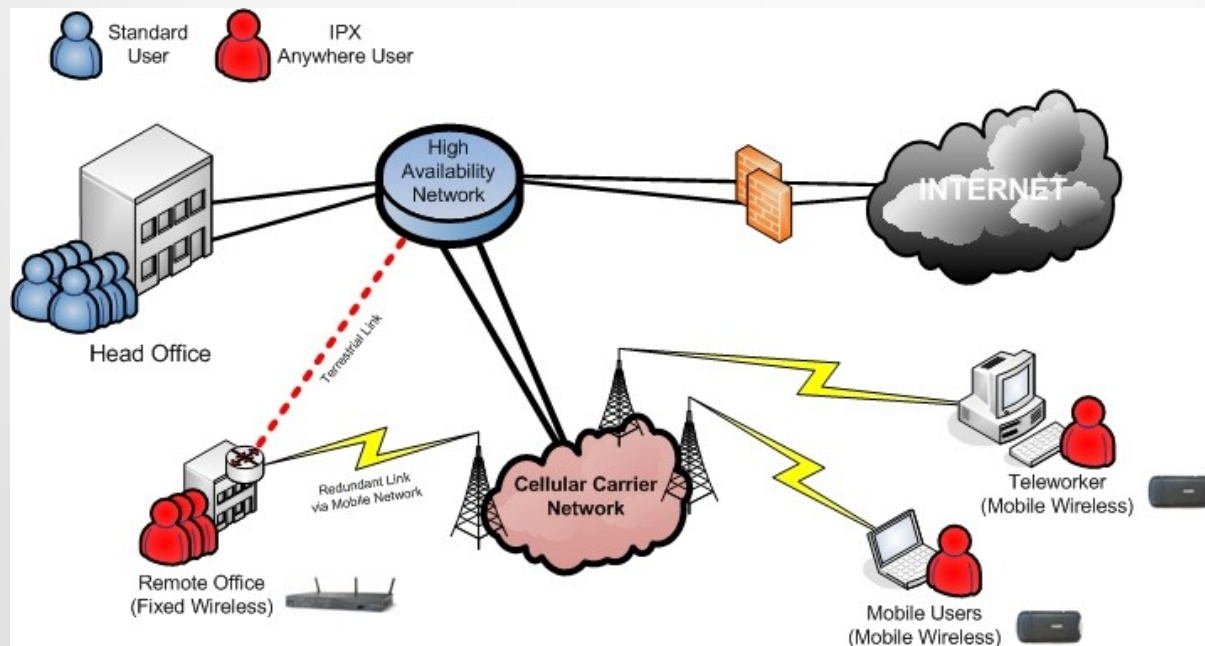
Oblici e-commerce-a

Tag	Full name	Example
B2C	Business-to-consumer	Ordering books on-line
B2B	Business-to-business	Car manufacturer ordering tires from supplier
G2C	Government-to-consumer	Government distributing tax forms electronically
C2C	Consumer-to-consumer	Auctioning second-hand products on line
P2P	Peer-to-peer	File sharing



Mobilni korisnici

- WAP protokol (sada deo istorije)
- WiFi (802.11), GPRS/EDGE, 3G, 4G, 5G
- *m-commerce*



Društveni aspekti

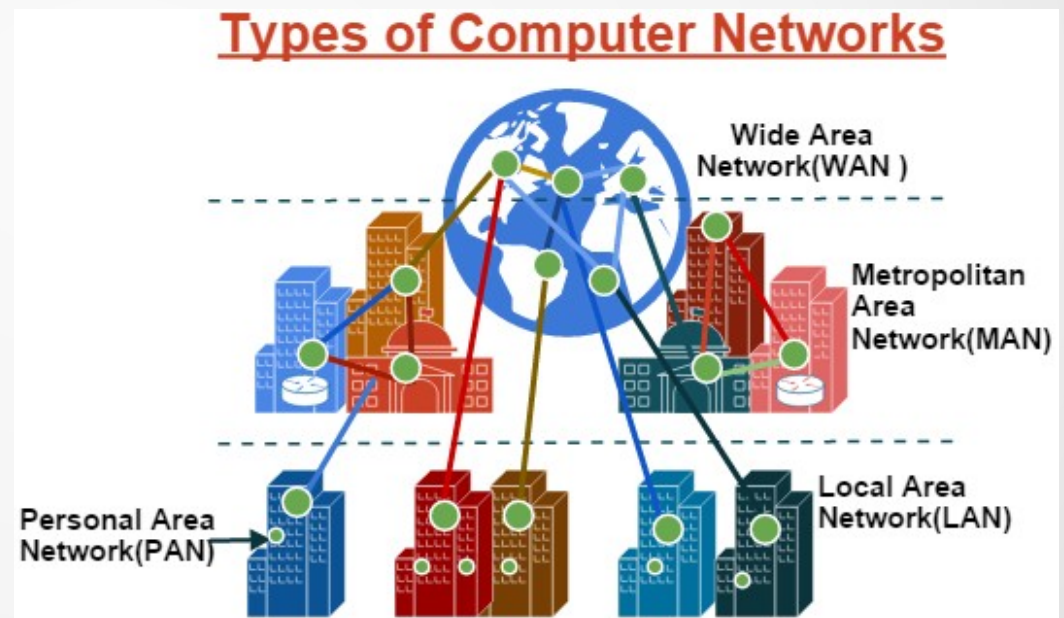
- Cenzura. Šta cenzurisati?
- Koliko poslodavac sme da ima uvid u korespondenciju svojih zaposlenih?
- Zakoni doneti posle 9/11
- Anonimnost je nekad dobra (prijava korupcije), a nekad loša
- Velika količina spama i polutačnih informacija
- Zastarevanje zakona, Intelligence Amplification IA
- Uloga otvorenih standarda i OSS softvera



Mrežni hardver

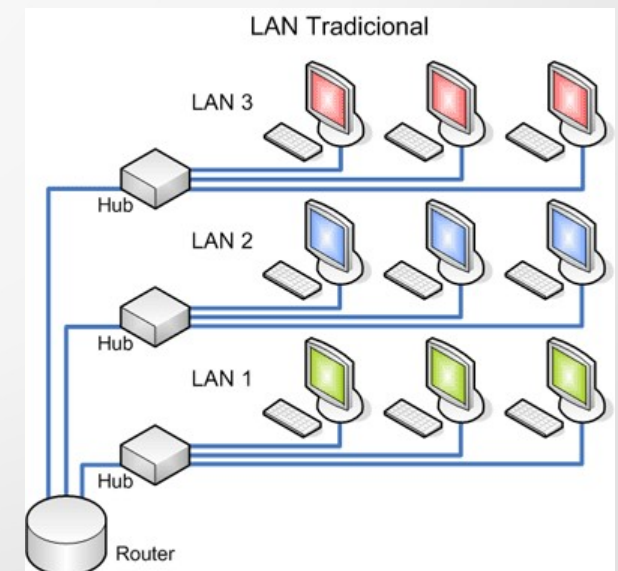
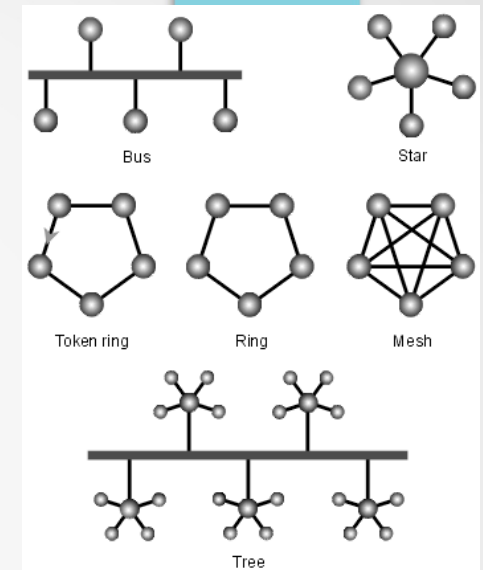
- Podela po tehnologiji za prenos podataka
 - *Unicasting, multicasting, broadcasting*
- Podela po veličini

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	



Lokalne mreže (LAN)

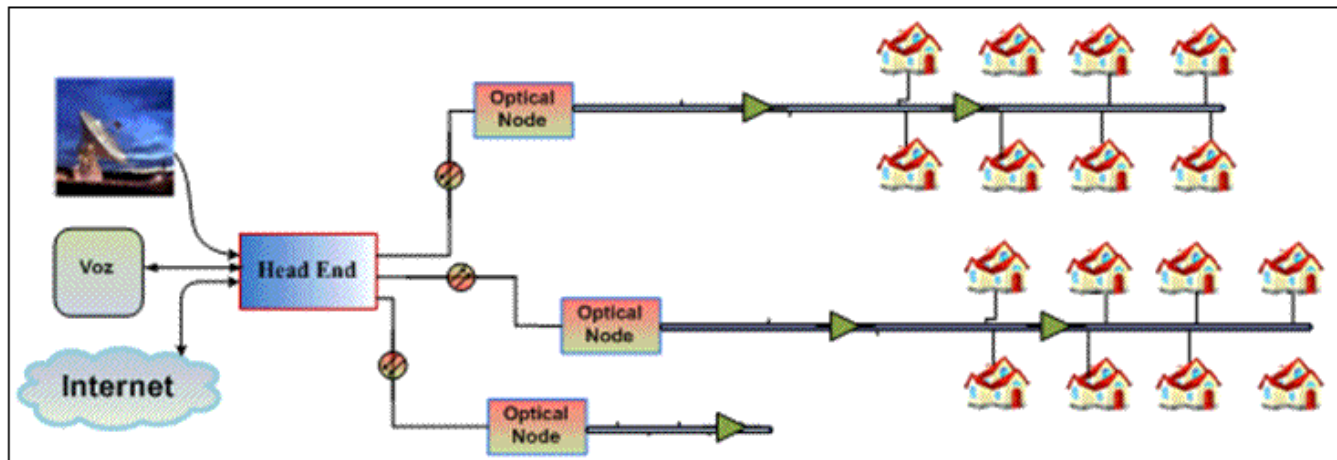
- Okvir-jedna zgrada, područje do 5km
- Razlikuju se po veličini, tehnologiji prenosa i topologiji
- Ethernet IEEE802.3, IBM TokenRing IEEE802.5
- Koji računar ima pravo da emituje?
- Statičko i dinamičko dodeljivanje kanala



Gradske mreže (MAN)

- Kablovska TV/Internet,
- Bežični IEEE802.16 (*WiMax*)

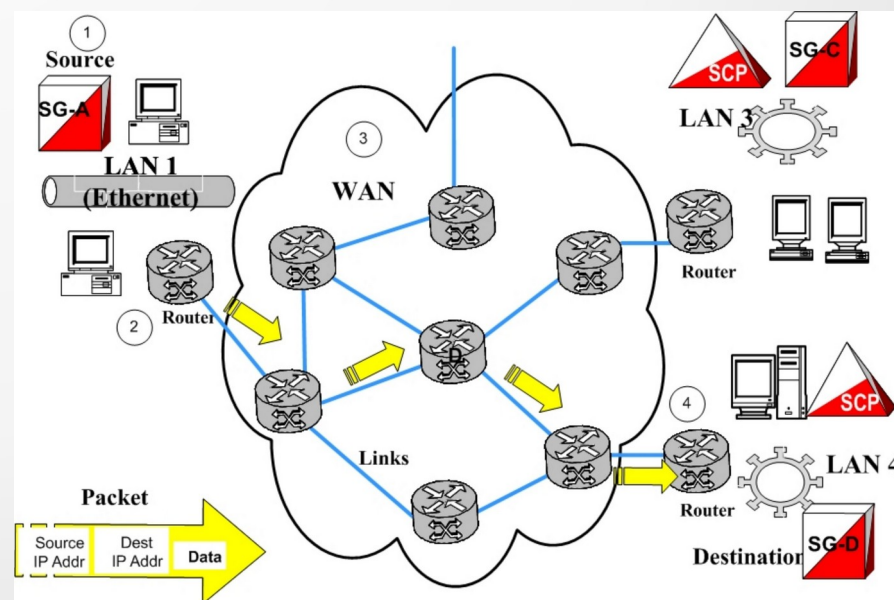
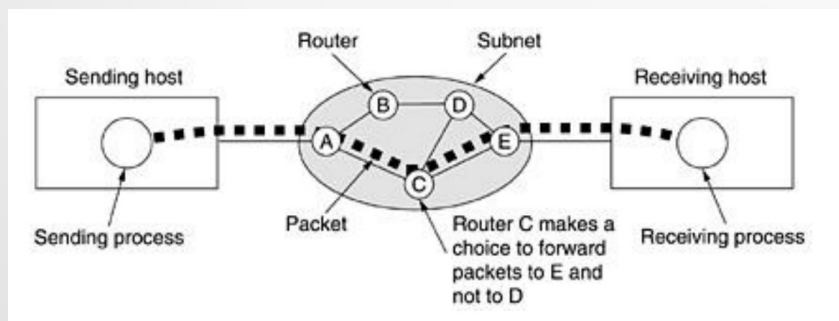
Figure 6 HFC Network



Source: ICP-ANACOM

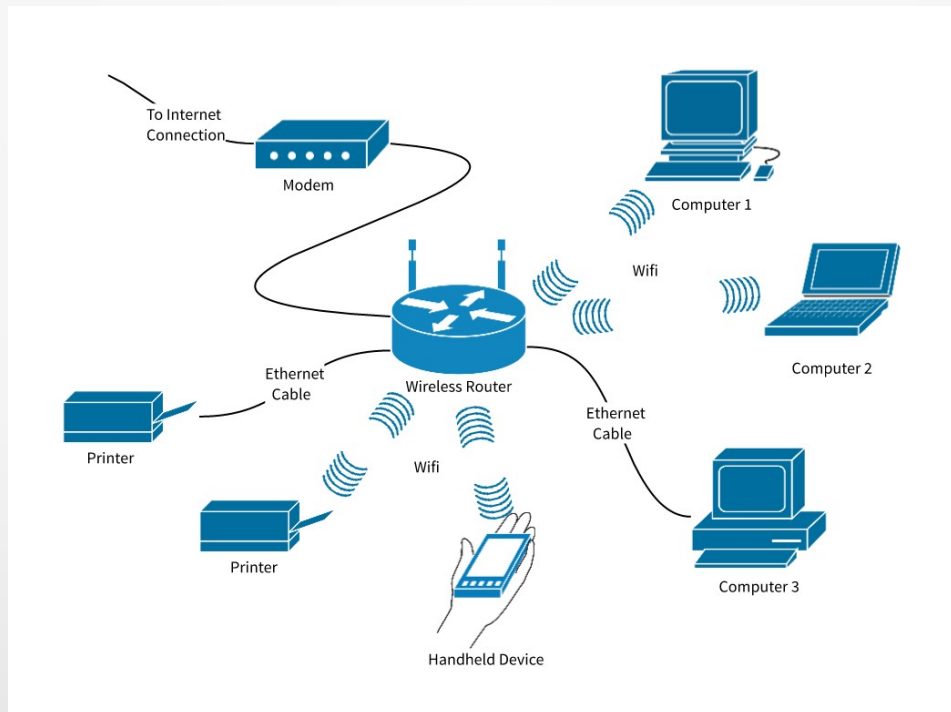
Regionalne mreže (WAN)

- **Komunikaciona podmreža (*subnet*)** je vlasništvo telekomunikacionih kompanija, dok su računari vlasništvo korisnika
- Linije prenosa, prekidački elementi, ruteri, komutiranje paketa
- Čuvaj-i-prosledi ili podmreža sa komutiranjem paketa, algoritmi za usmeravanje
- Svaki paket može imati različitu putanju



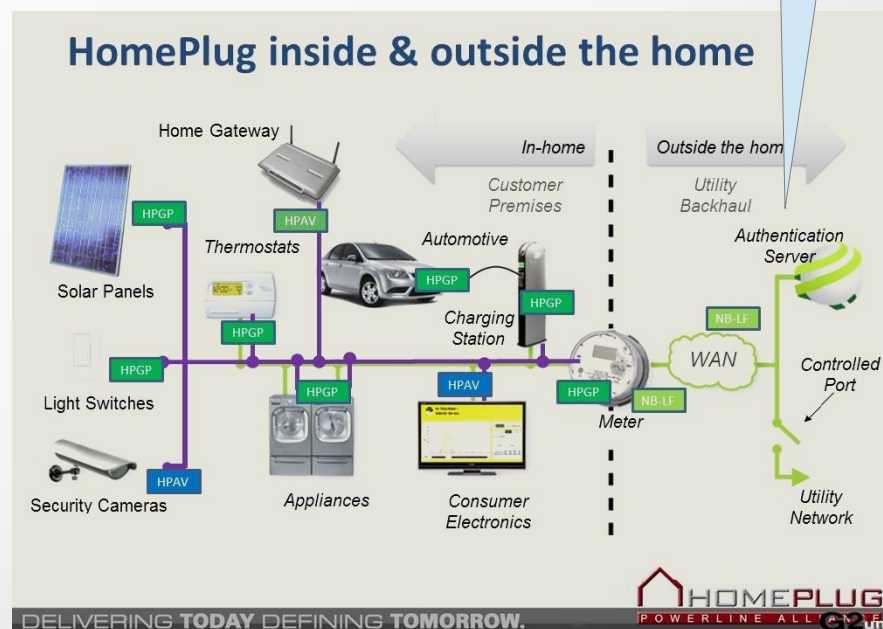
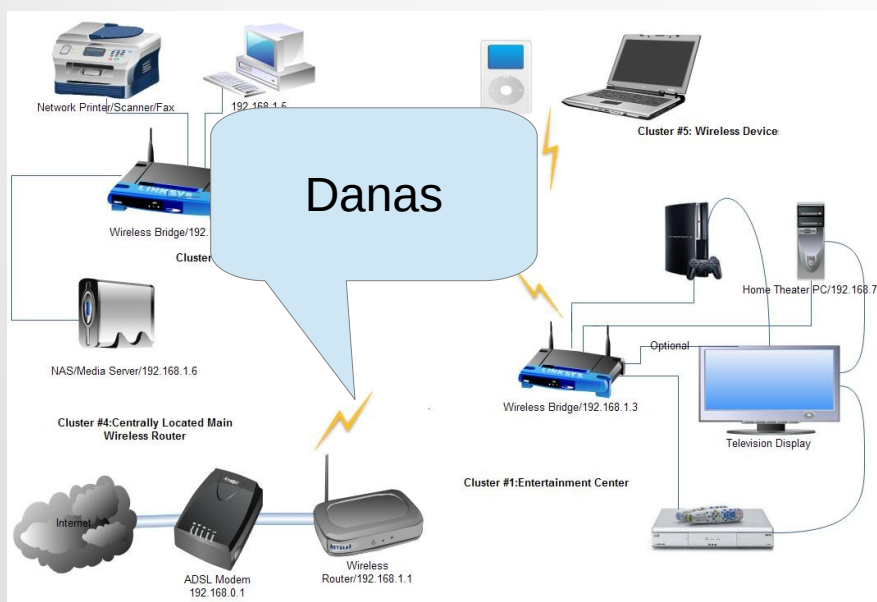
Bežične mreže

- Tri osnovne kategorije:
 - Mreže za povezivanje sistema (*Bluetooth*)
 - Bežične lokalne mreže (IEEE802.11)
 - Bežične regionalne mreže (GPRS/EDGE, UMTS, 5G, IEEE802.16)



Kućne mreže

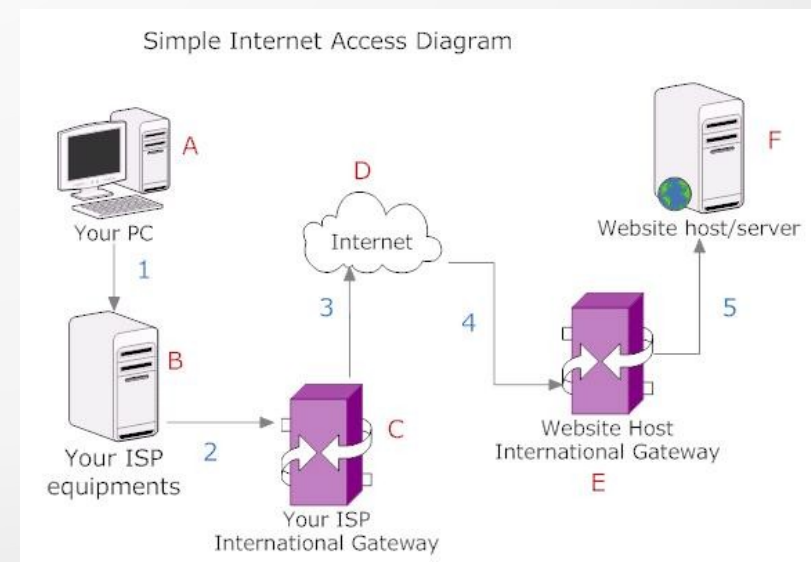
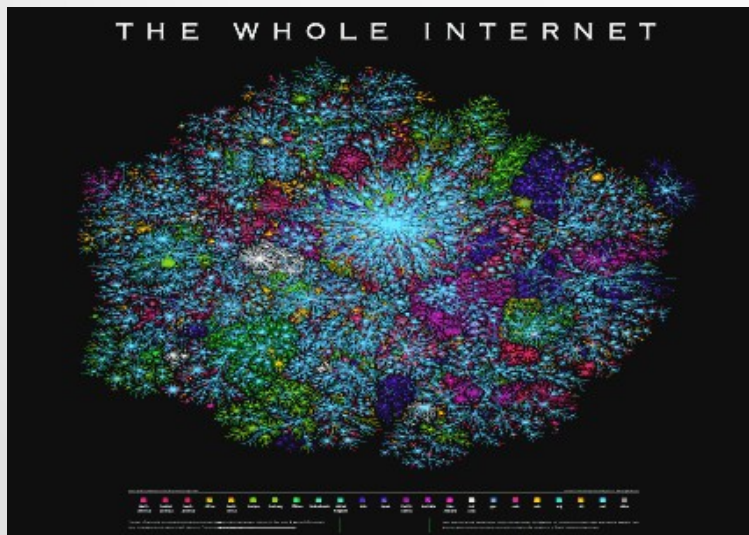
- Računari (PC, laptop, tablet)
- Audio i video oprema (TV, kamkorder, kamera,)
- Telekomunikacije (mobitel, interfon, telefon, faks)
- Kućni aparati (peć, klima, osvetljenje, *microwave*)
- Telemetrija (termostat, video nadzor, vodomer, ...)



Sutra

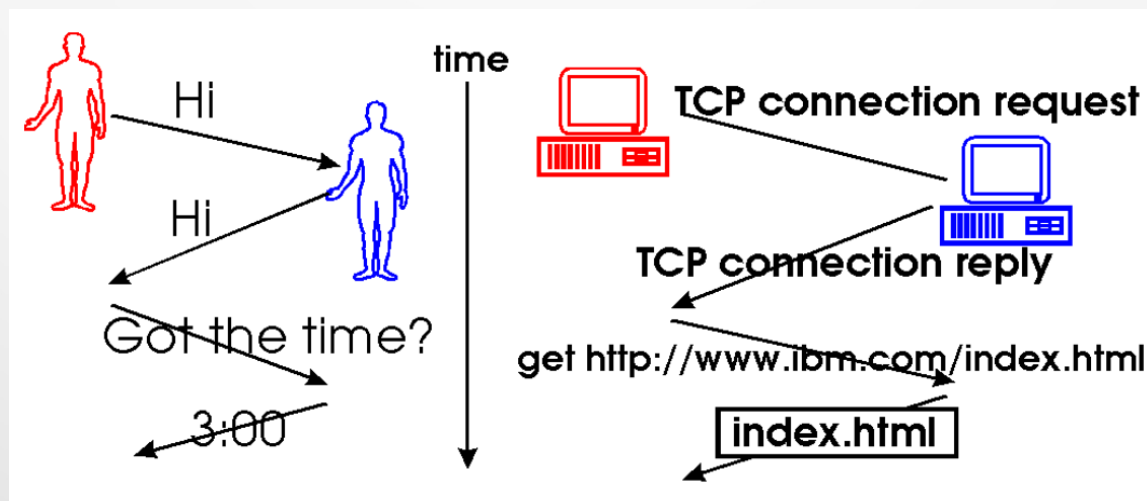
Kombinovane mreže

- Često je potrebno dve mreže različite tehnologije međusobno povezati
- Ključnu ulogu ovde igraju **mrežni prolazi (gateways)**.
- Primer je WAN koji povezuje više LAN-ova
- Najveća kombinovana mreža je Internetwork ili Internet

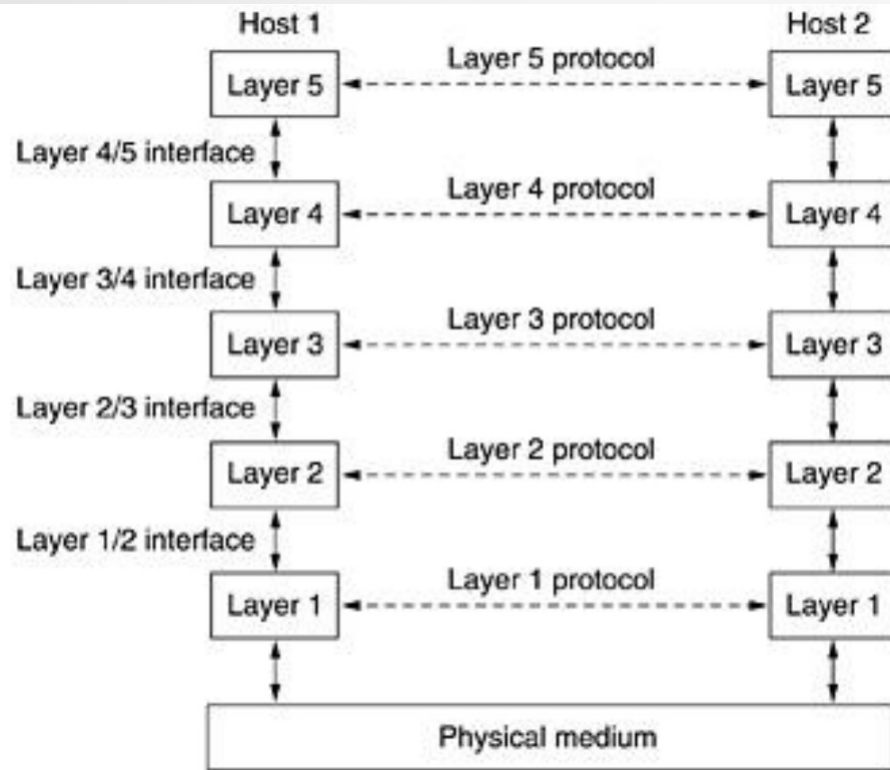


Mrežni softver-hijerarhije protokola

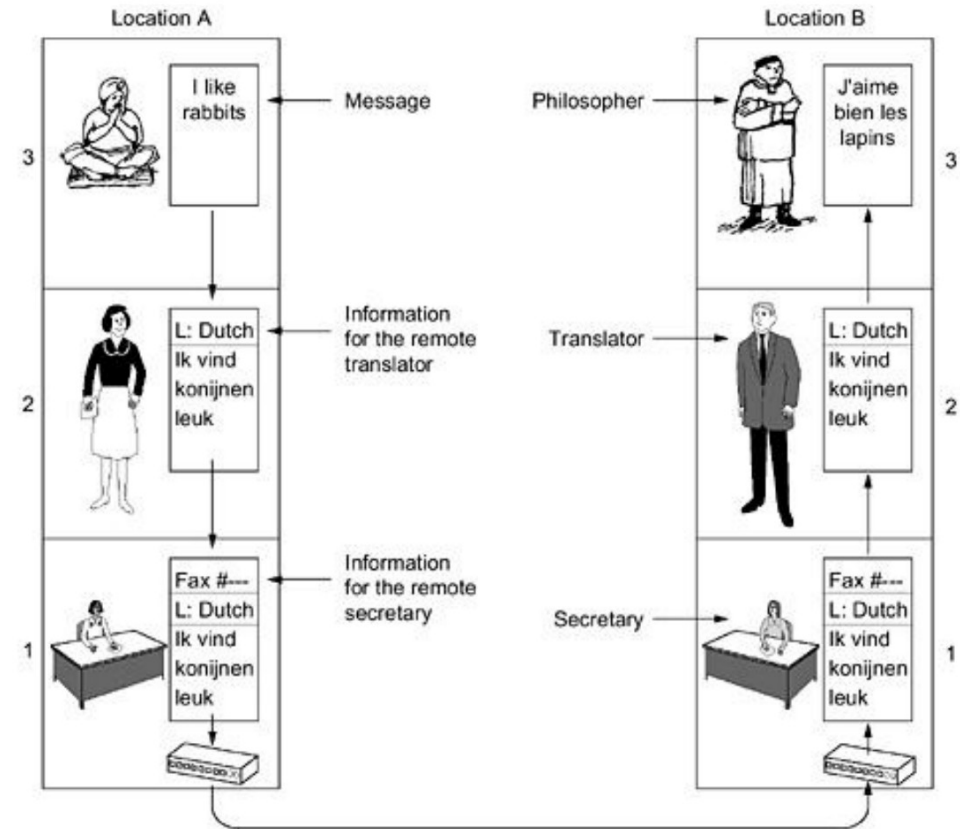
- Mreže su organizovane u vidu skupa slojeva (*layers*)
- Osnovna ideja je slična ideji iza OOP
- **Protokol** je dogovor između dva entiteta o načinu na koji treba da teče komunikacija
- Između svaka dva susedna sloja nalazi se **interfejs**, sa definisanim uslugama. Uslugu i protokol ne treba mešati!
- Skup slojeva i protokola naziva se **arhitektura mreže**
- Ispod sloja 1 nalazi se **fizički medijum** kroz koji se stvarno teče komunikacija



Slojevi, protokoli i interfejsi



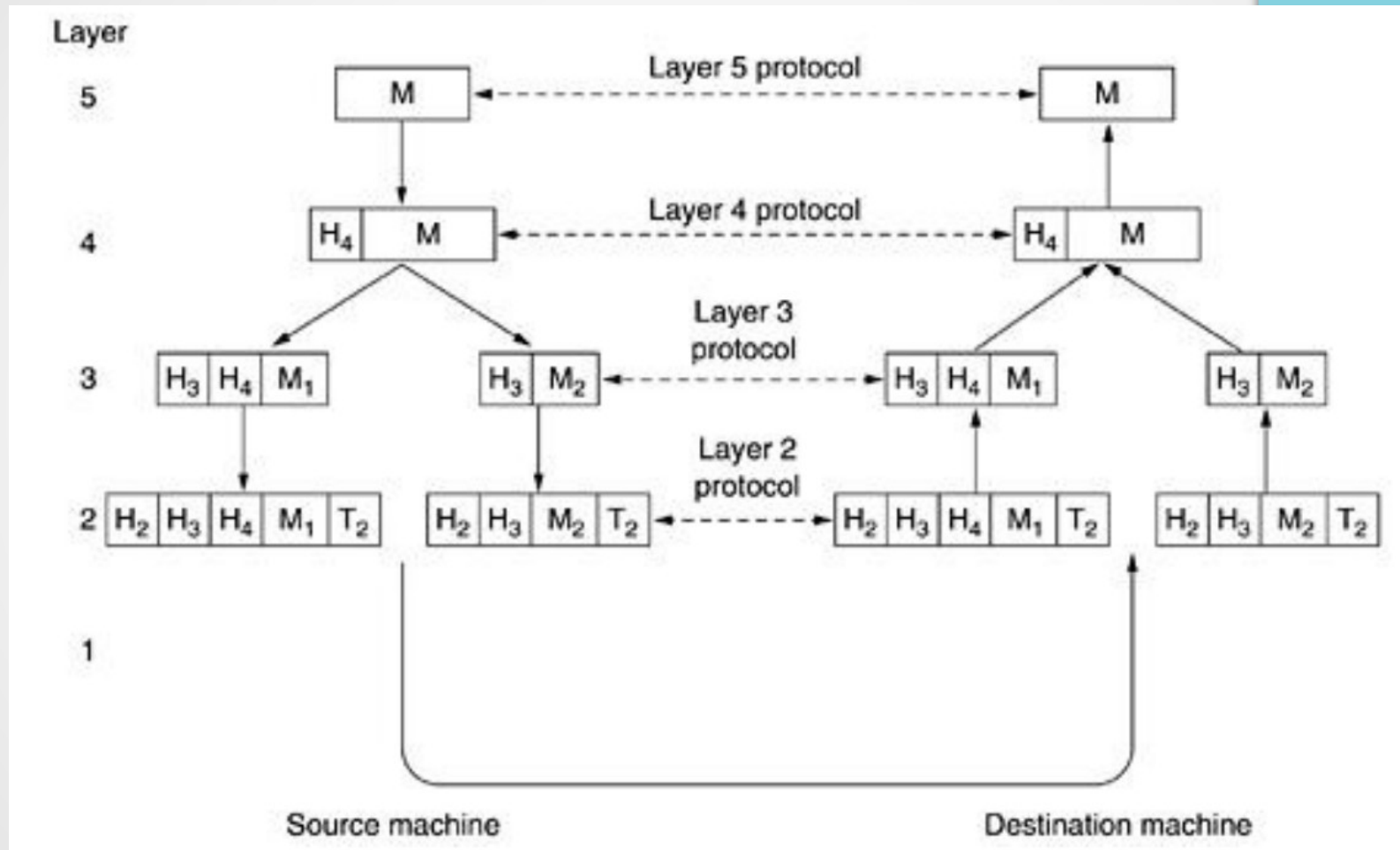
Opšta arhitektura mreže



Hipotetička arhitektura mreže namenjene međusobnoj komunikaciji filozofa

Šta bi se desilo da sekretari odluče da promene način međusobne komunikacije?

Primer toka podataka



Tok podataka u hipotetičkoj mreži od 5 slojeva

Problematika projektovanja slojeva

- Niži slojevi se obično realizuju hardverski
- **Adresiranje** (*addressing*)
- **Kontrola grešaka** (*error control*)
- **Kontrola toka** (*flow control*)
- **Multipleksiranje i demultipleksiranje**
- **Usmeravanje** (*routing*)

Usluga sa uspostavljanjem direktne veze i bez nje

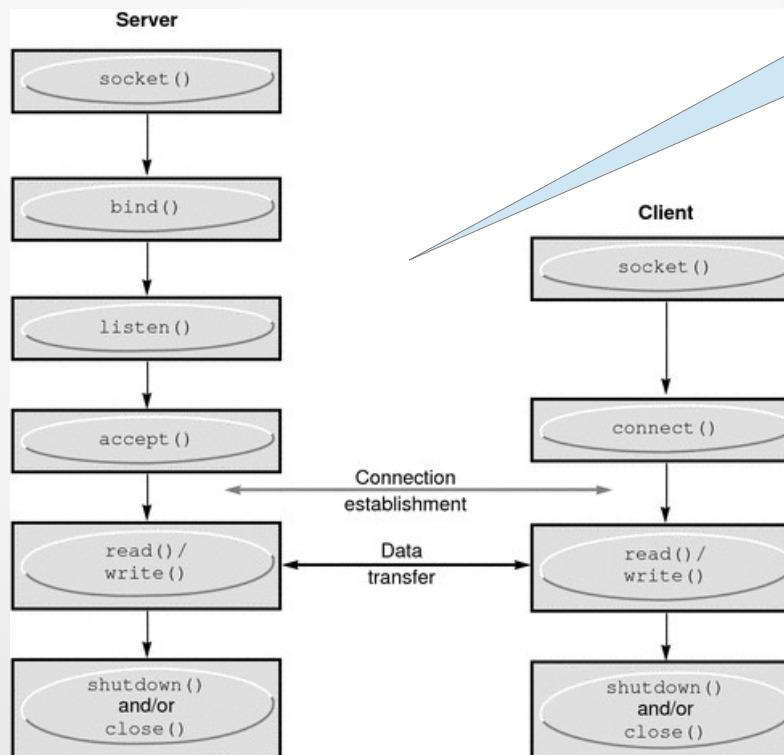
- **Usluga sa uspostavljanjem direktne veze** (*connection oriented*) je oblikovana po sistemu telefonije. Uspostavljena veza se ponaša se kao cev za protok podataka.
- **Usluga bez uspostavljanja direktne veze** (*connectionless service, datagram service*) modelovana je po poštanskom sistemu. Redosled poruka ne mora da se čuva.
- Aspekt kvaliteta (QoS)
- Usluga datagrama sa potvrdom o prijemu
- Usluga odgovora na zahtev (*request-reply*)
- Npr. *Ethernet* ne nudi pouzdanu komunikaciju. O tome se brinu viši mrežni slojevi

	Service	Example
Connection-oriented	Reliable message stream	Sequence of pages
	Reliable byte stream	Remote login
	Unreliable connection	Digitized voice
Connection-less	Unreliable datagram	Electronic junk mail
	Acknowledged datagram	Registered mail
	Request-reply	Database query

Osnovne primitive za definisanje usluge

Primitives	Meaning
SOCKET	Create a New Communication Endpoint.
BIND	Attach a Local Address to a SOCKET.
LISTEN	Shows the Willingness to Accept Connections.
ACCEPT	Block the Caller until a Connection Attempts Arrives.
CONNECT	Actively Attempt to Establish a Connection.
SEND	Send Some Data over Connection.
RECEIVE	Receive Some Data from the Connection.
CLOSE	Release the Connection.

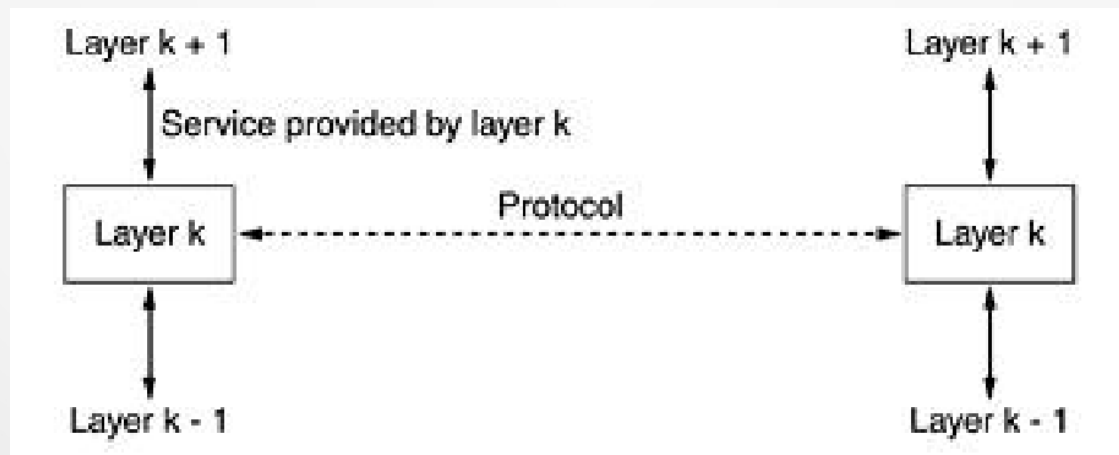
Tok uspostavljanja veze preko *Sockets* primitiva u transportnom sloju



Pitanje:
Šta se za to vreme dešava u OS-u?

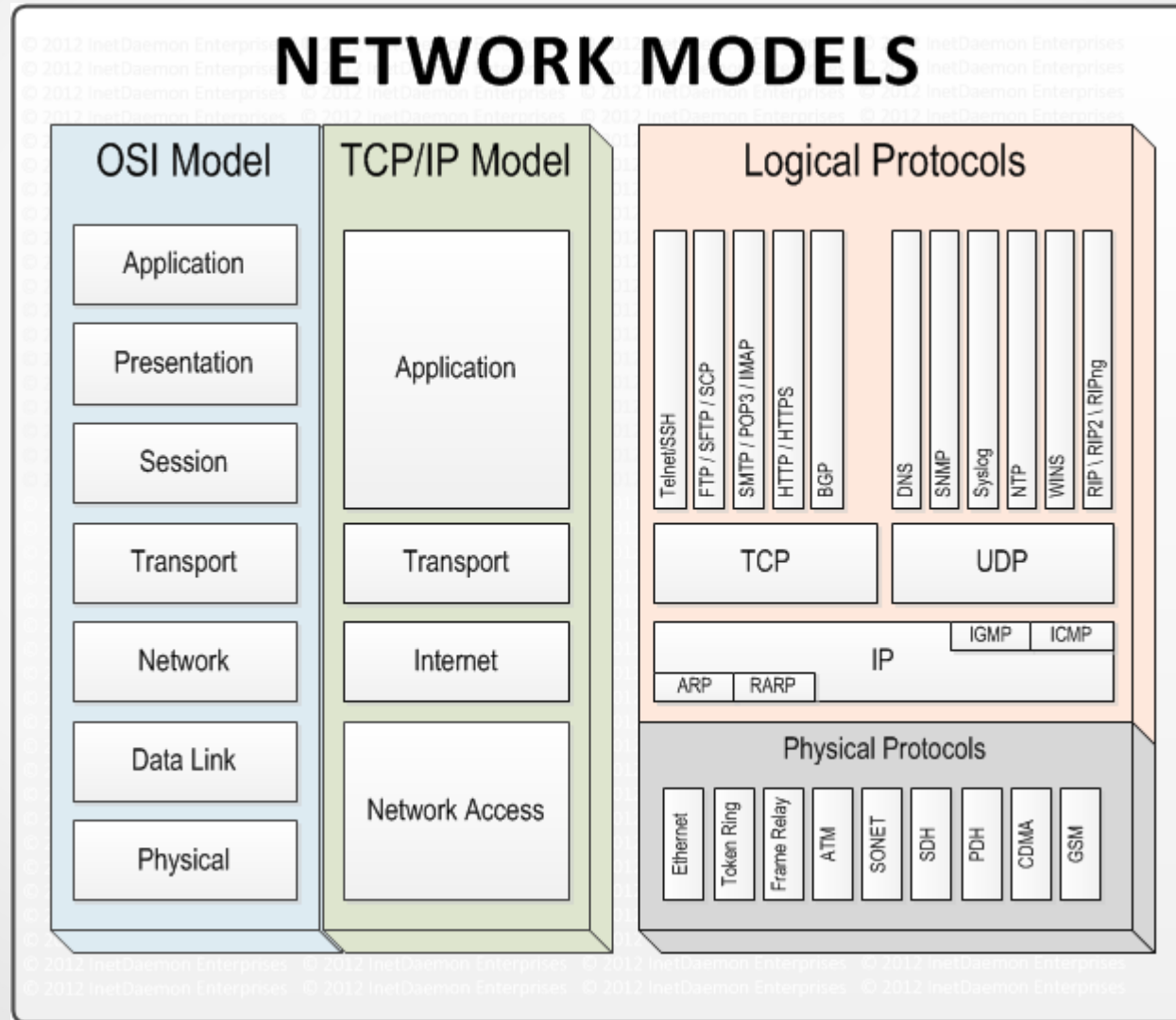
Usluge i protokoli

- **Uslugu** sloj pruža sloju iznad sebe
- **Protokol** je “dogovor” o načinu komunikacije između dva ravnopravna sloja na različitim krajevima veze



Referentni modeli

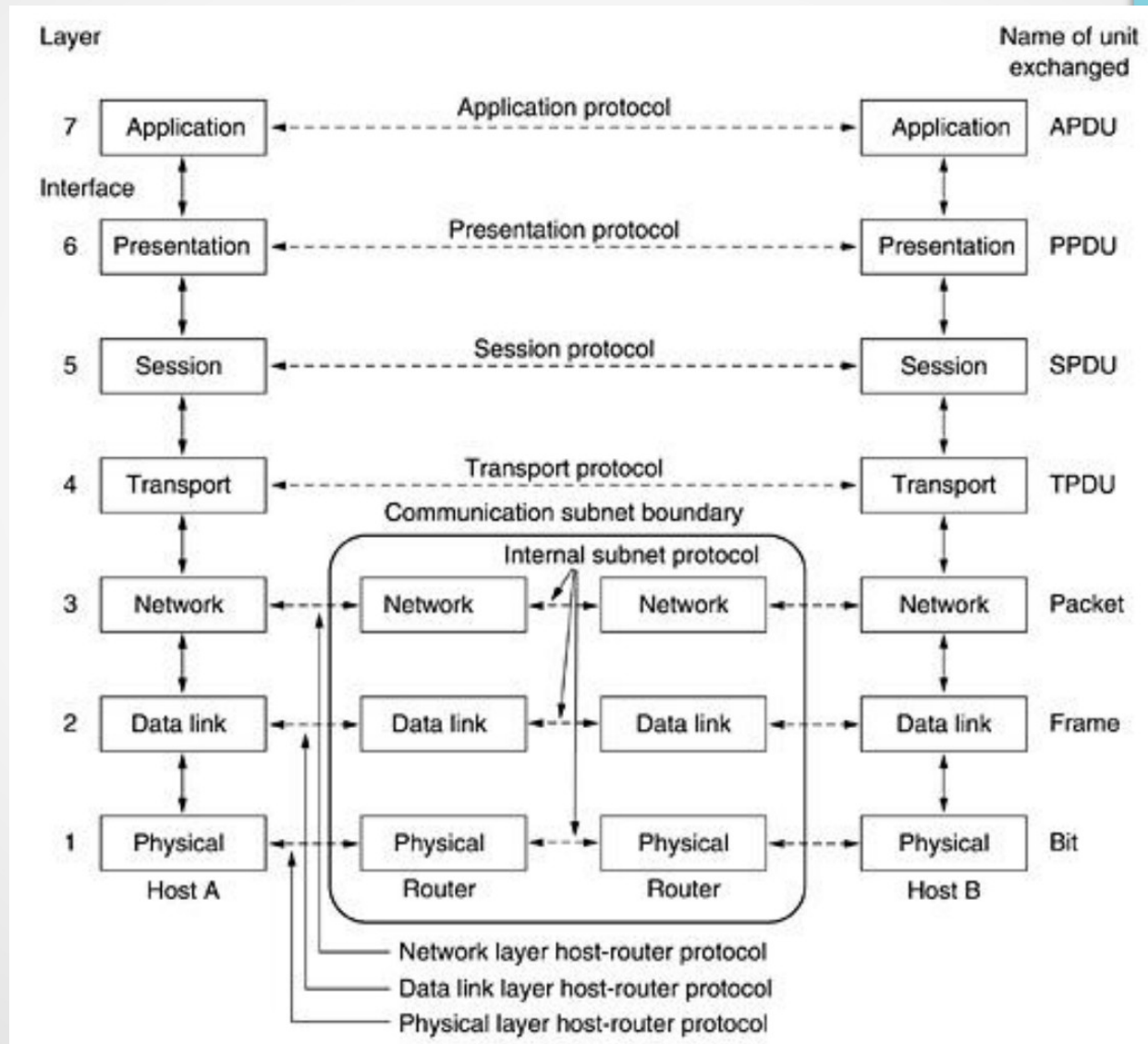
- OSI
- TCP/IP



Referentni model OSI

- *Open Systems Interconnection* standard donet 1983, prepravljen 1995.
- Postavljeni principi projektovanja:
 1. Treba napraviti nov sloj kada je potrebna nova apstrakcija
 2. Svaki sloj treba da ima jasno definisanu f-ju
 3. Funkciju svakog sloja treba izabrati imajući u vidu definisanje međunarodno standardizovanih protokola
 4. Granice protokola treba napraviti tako da se minimizuje protok informacija
 5. Broj slojeva je balans između jasnih razgraničenja funkcionalnosti sa jedne strane i kompleksnosti sa druge strane

Slojevi OSI modela



Slojevi OSI modela

- **Fizički sloj** – dobijeni niz bitova preneti na drugi kraj kanala, kolike vrednosti napona treba da budu, koliko bit treba da traje, itd.
- **Sloj veze podataka** – podela u okvire, okvir za potvrdu (ACK), kontrola toka, pristup zajedničkom kanalu
- **Mrežni sloj** – osnovna jedinica je paket. Usmeravanje paketa, izbegavanje zagušenja isl. Ne postoji kod mreža sa difuznim emitovanjem
- **Transportni sloj** – prihvata poruke odozgo, razvrstava ih i prosleđuje ih mrežnom sloju. Obezbeđuje vezu između dva nesusedna računara
- **Sloj sesije** – uspostavljanje sesije, upravljanje dijalogom, rad sa žetonima (kontrola kritične sekcije),
- **Sloj preznetacije** – vodi se računa o sintaksi i semantici prenetih podataka
- **Sloj aplikacija** – komunicira na nivou korisnika, recimo HTTP

Slojevi OSI modela

Referentni model TCP/IP

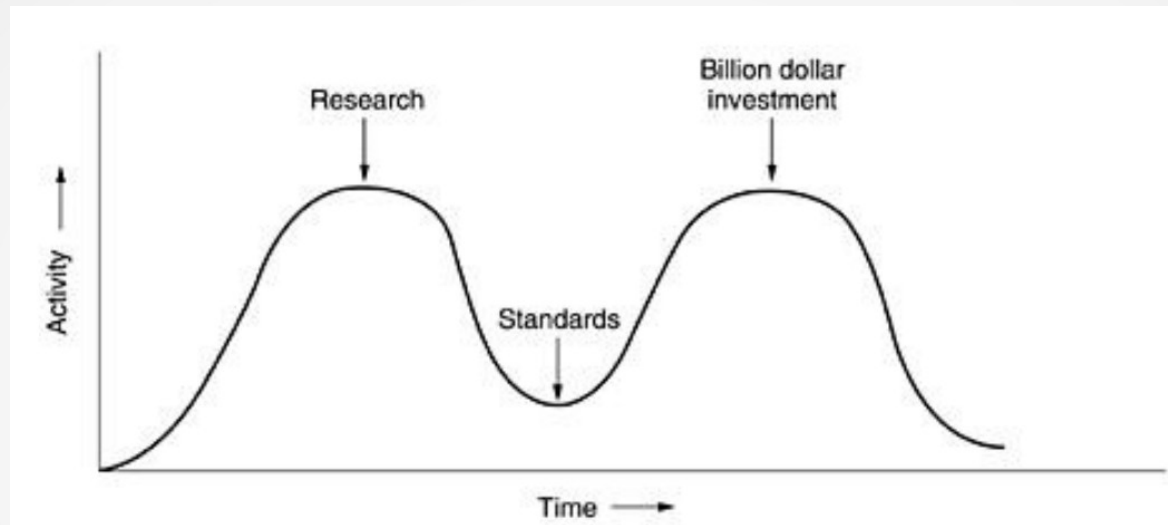
TCP/IP	OSI Model	Protocols
Application Layer	Application Layer	DNS, DHCP, FTP, HTTPS, IMAP, LDAP, NTP, POP3, RTP, RTSP, SSH, SIP, SMTP, SNMP, Telnet, TFTP
	Presentation Layer	JPEG, MIDI, MPEG, PICT, TIFF
	Session Layer	NetBIOS, NFS, PAP, SCP, SQL, ZIP
Transport Layer	Transport Layer	TCP, UDP
Internet Layer	Network Layer	ICMP, IGMP, IPsec, IPv4, IPv6, IPX, RIP
Link Layer	Data Link Layer	ARP, ATM, CDP, FDDI, Frame Relay, HDLC, MPLS, PPP, STP, Token Ring
	Physical Layer	Bluetooth, Ethernet, DSL, ISDN, 802.11 Wi-Fi

- Definisan 1974, a dopunjen 1985.
- **Međumrežni sloj (*internetwork*)** je ključni i u njemu protokol IP (*Internet Protocol*). Omogućava komunikaciju i između različitih mreža.
- **Transportni sloj** predstavljaju TCP (*Transmission Control Protocol*) i UDP (*User Datagram Protocol*).
- **Sloj aplikacija**
- **Sloj za povezivanje računara sa mrežom** – nije posebno definisan

Poređenje modela OSI i TCP/IP

- Za OSI su ključni koncepti **usluge, interfejsa i protokola**. Veliki doprinos u povlačenju jasne crte između ovih koncepata
- Model OSI je razvijen **PRE nastanka odgovarajućih protokola**. Ponekad koncepti nisu odgovarali stvarnosti (recimo difuzno emitovanje u sloju veze)
- Kod TCP/IP modela, prvo su se pojavili protokoli (*bottom-up* pristup)
- Model OSI podržava **samo komunikaciju sa uspostavljanjem direktne veze** u transportnom sloju
- Model TCP/IP podržava **oba tipa komunikacije** (sa ili bez uspostavljanja direktne veze) u transportnom sloju

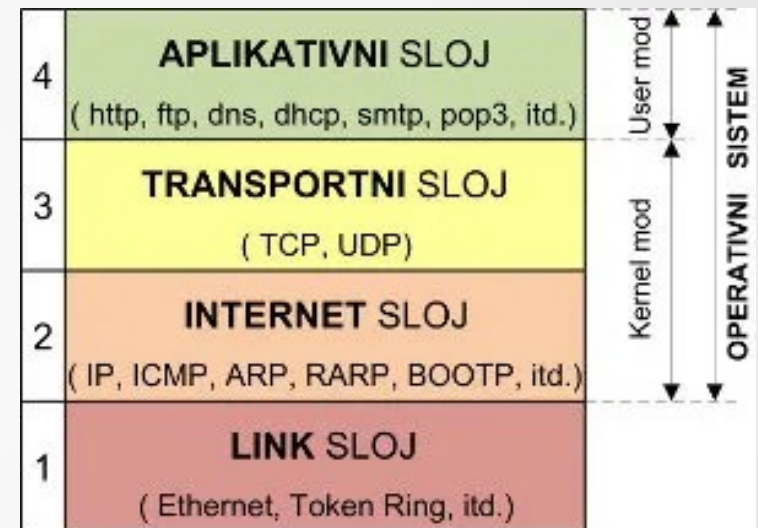
Kritika modela OSI i njegovih protokola



- 1) Loša sinhronizacija
- 2) Loša tehnologija – previše kompleksan model
- 3) Loša realizacija – nizak kvalitet
- 4) Loša politika – nametanje od strane vlade i EU

Kritika modela TCP/IP

1. Model ne razgraničava jasno koncepte **usluga, interfejsa i protokola**
2. Nije dovoljno uopšten. Recimo pomoću njega ne može se opisati *Bluetooth* ili IrDA
3. Sloj za povezivanje računara s mrežom u stvari nije sloj, već definicija interfejsa ka gornjem sloju.
4. Model i ne pominje **fizički sloj i sloj veze podataka**
5. Mnogi protokoli aplikativnog sloja su urađeni na brzinu.



Model koji će se koristiti na predmetu RM

Sloj aplikacija

Transportni sloj

Mrežni sloj

Sloj veze podataka

Fizički sloj

Primeri nekih mreža

- Internet
- Mreže sa uspostavljanjem direktne veze: X.25, štafetni prenos okvira i ATM
- Ethernet
- Bežični LAN: IEEE802.11

Internet, ARPANET

- Internet nije mreža, već skup ogromnog broja različitih mreža koje koriste neke iste usluge i neke iste protokole
- Još 1960. godine predlog Pola Barana
- ARPANET (*Advanced Research Project Agency*)
- Roberts 1967. prva podmreža zasnovana na IMP-ovima (*Interface Message Processor*)

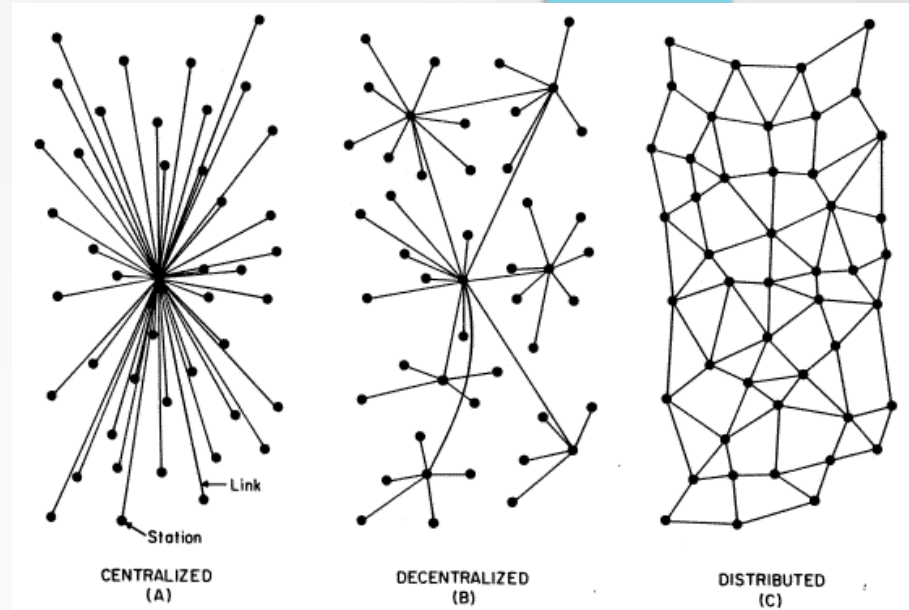
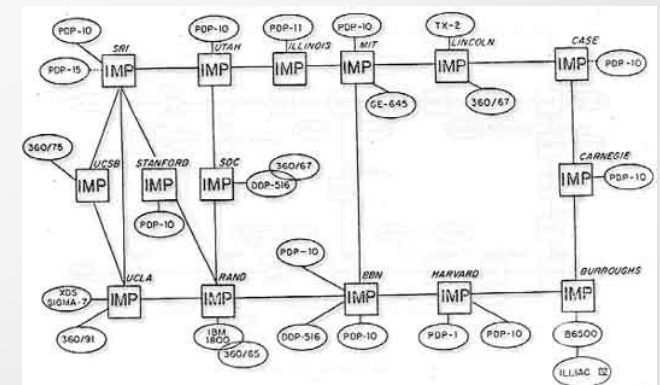
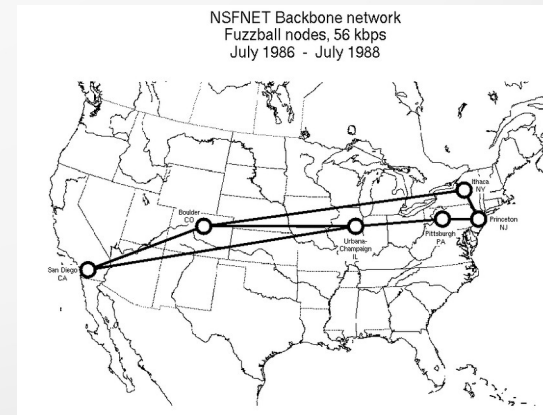
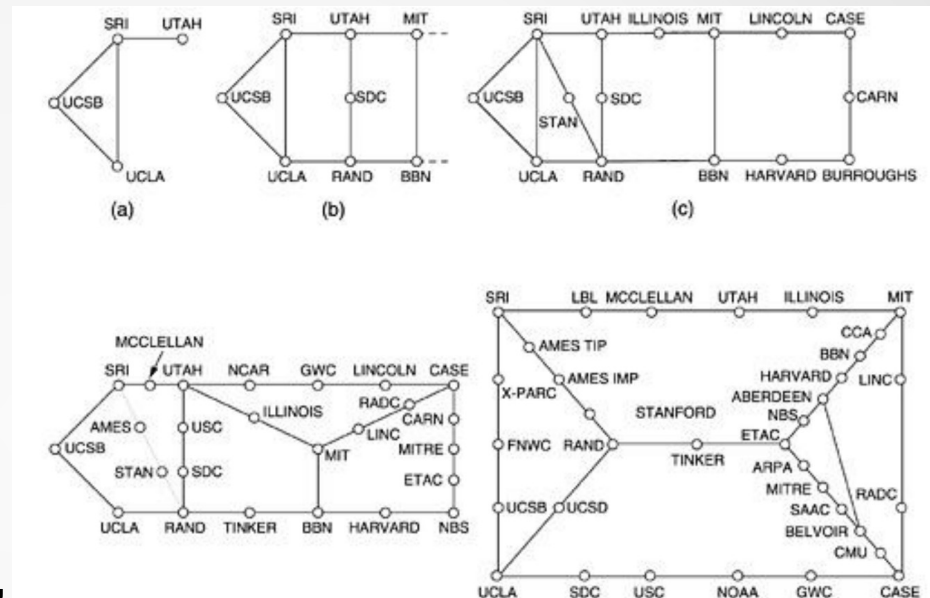


FIG. 1 – Centralized, Decentralized and Distributed Networks

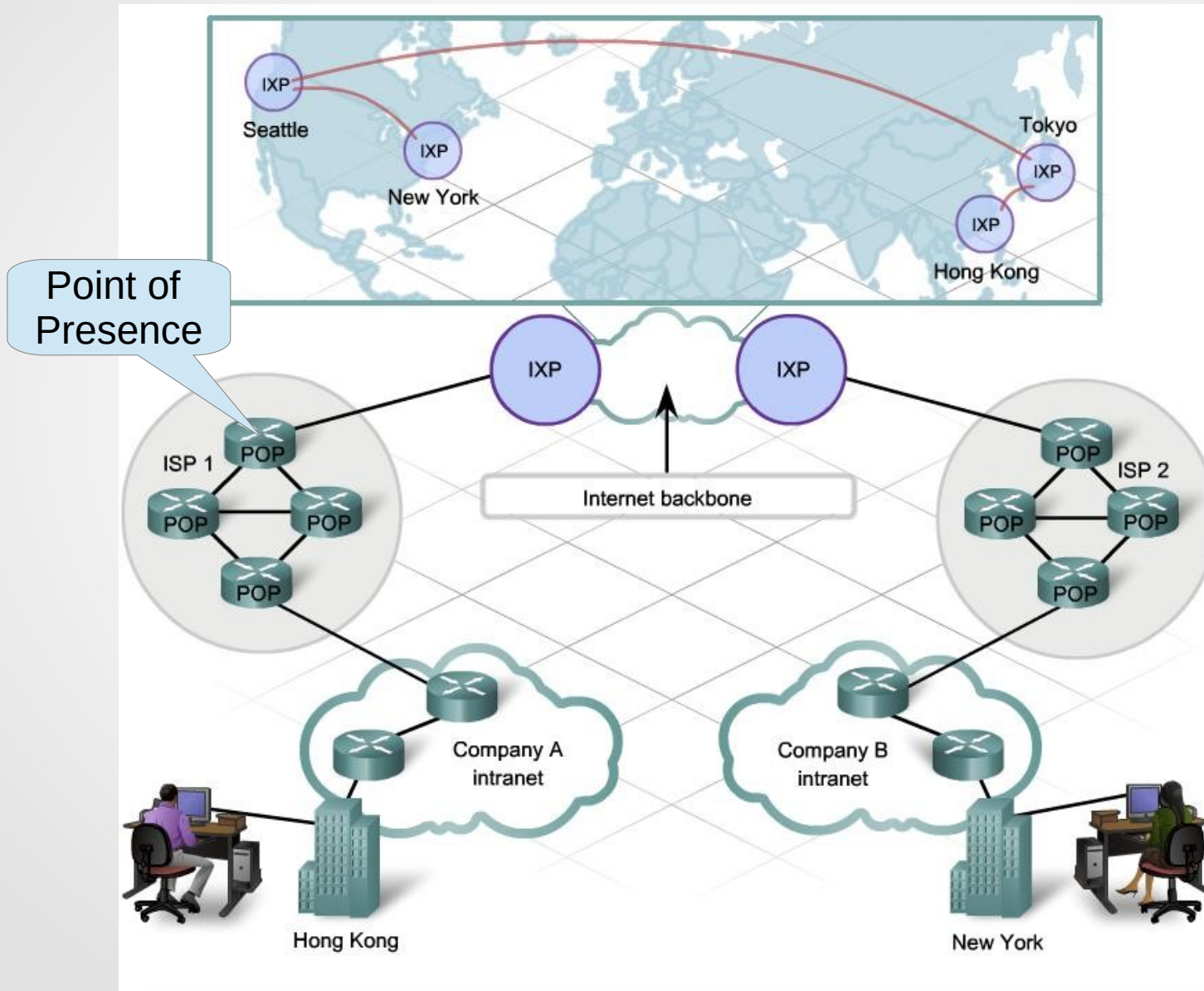


Internet, razvoj ARPANET-a

- NSFNET je naslednik ARPANET-a, povezani super-kompjuteri
- Univerzitetu Berkeley izdao 4.2BSD distribuciju i skup protokola TCP/IP
- Do 90-ih usluge e-mail, diskusione grupe, remote login, fajl transfer.

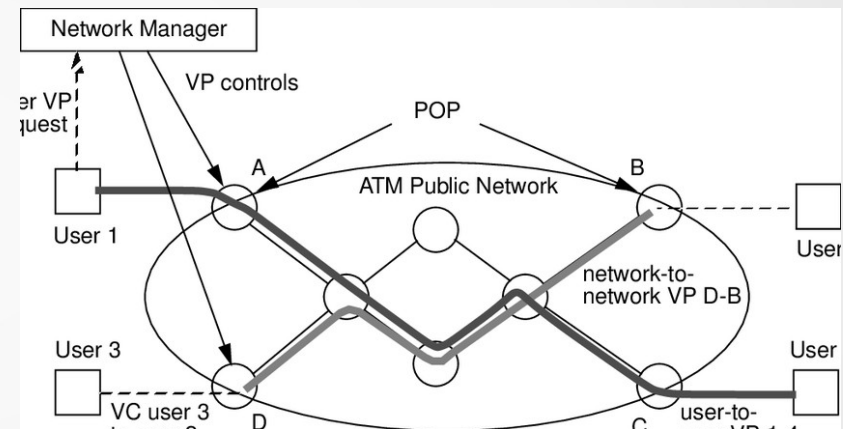


Internet – opšti pogled



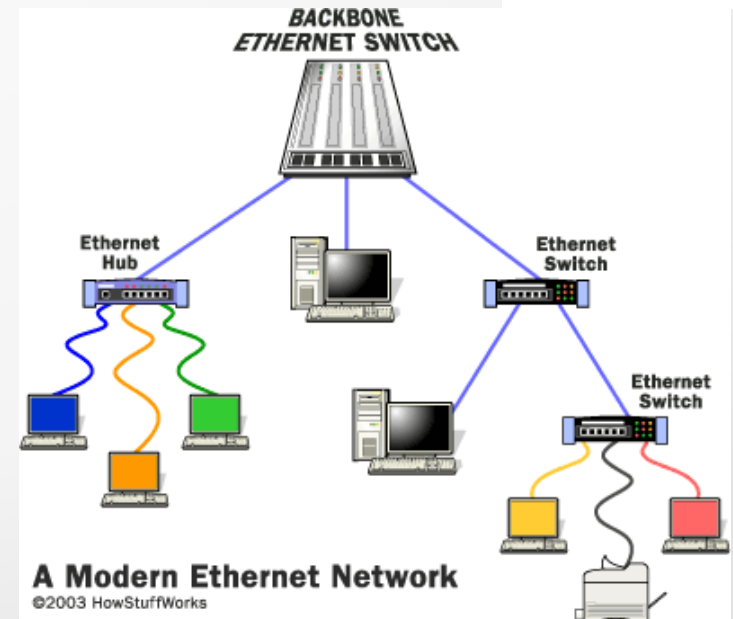
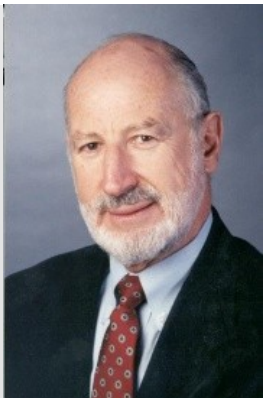
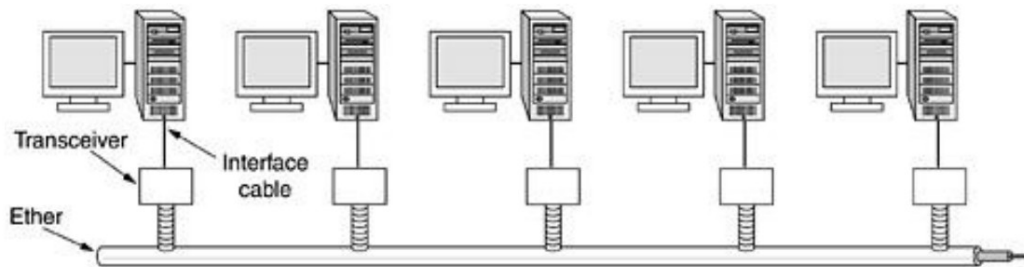
Mreže sa uspostavljanjem direktne veze

- Glavni zagovornici su telefonske kompanije
- Kvalitet usluge
- Mogućnost naplate usluge
- Uspostavljanje veze, obezbeđivanje **virtuelnog kola**
- Prvi je bio X.25, zamenjen štafetnim prenosom (frame relay), osnovno je da se **okviri isporučuju strogim redosledom** i da nema kontrole grešaka i toka podataka
- ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) danas radi u telefonskim sistemima



Ethernet – Lokalne mreže

- **Norman Abramson** - Havaji, povezivanje udaljenih terminala sa centralnim računarom radio vezom.
- **Bob Metcalfe** razvio Ethernet koji je umesto radio veze koristio debeli coax kabl
- Danas 10/100/1000 Mbps
- IBM token ring, korišćenje “žetona”



Bežični LAN – 802.11

- Ad-hoc ili postoji bazna stanica (*Access Point*)
- **Problem 1:** Računar na Ethernetu uvek može da osluškuje kabl pre početka slanja, u WiFi ne
- **Problem 2:** Odbijanje signala od prepreka rezultuje interferencijom i slabljenjem (*multipath fading*)
- **Problem 3:** Veliki deo softvera nije svestan mobilnosti

