



Računarske komunikacije

Prof. dr Enis Kočan (enisk@ucg.ac.me)

Saradnik: Dr Slavica Tomović (slavicat@ucg.ac.me)

SADRŽAJ KURSA

- 1. Uvod. Osnovni principi računarskih komunikacija**
2. Signali. Vrste prenosa signala. Harmonijska analiza signala
3. Sistemi prenosa. Izobličenja pri prenosu signala
4. Obrada signala kodiranjem. Uticaj šuma na prenos signala
5. Obrada signala modulacijom. Osnovni tipovi digitalnih modulacija
6. Medijumi za prenos
7. Pravila strukturnog kabliranja
8. Tehnike multipleksiranja. Prenos višestrukim nosiocima
9. Detekcija i korekcija greške. Kontrolni protokoli na nivou linka
10. Tehnike za poboljšanje veze na bežičnom linku. Analiza kvaliteta prenosa (BER, PER, kapacitet sistema)
11. Osnovni parametri fizičkog sloja za IEEE 802.11 grupu standarda
12. Komunikaciona rješenja za IoT mreže
13. Trendovi u računarskim komunikacijama

Organizacija ispita

- Kolokvijumi – 20 + 22 poena = 42 poena
- Laboratorijske vježbe – 8 poena
- Završni ispit – 50 poena
- **Literatura:**
- Materijal sa predavanja
- William Stallings, “Data and Computer Communications”, 10th edition, Pearson Prentice Hall, 2013

Termin 1 - Sadržaj

- **Uvod**
 - Pojmovi računarskih komunikacija i telekomunikacija
 - Trendovi u računarskim komunikacijama i telekomunikacijama
- Istorijski razvoj računarskih komunikacija
- Osnovni principi računarskih komunikacija

Uvod - pojam računarskih komunikacija

- Uobičajeno se pod pojmom računarskih komunikacija podrazumijeva električni ili svjetlosni prenos poruka na daljinu, koje su na neki način povezane sa računarima.
 - Prenos poruka, odnosno informacija, prije i/ili poslije obrade u računarima uz potrebnu kontrolu, ispitivanje i upravljanje podacima
- Poruke koje treba prenijeti sa jednog mjesta (njegovog izvora) do drugog (mjesta prijema, destinacije) mogu da budu u različitim formama: pisani tekst, govor, muzika, nepokretna i pokretna slika, podaci,...
- Računarske komunikacije su vrsta telekomunikacionih sistema, u koje se danas mogu svrstati mnogi sistemi koji podrazumijevaju odgovarajuću obradu signala na predaji i prijemu i primjenu IP mrežnog protokola

Uvod - pojam telekomunikacija

- **Telekomunikacije** (elektronske komunikacije) predstavljaju naučno-stručnu oblast koja se bavi prenosom poruka između dva ili više udaljenih korisnika, obično putem električnih signala.
- Riječ “telekomunikacije” potiče od grčke riječi “**tele**”, što znači **udaljen** (daleko) i latinske riječi “**communicare**”, što znači **komunicirati**
 - Savremena upotreba riječi telekomunikacije potiče iz francuskog jezika, jer je prva pisana upotreba ovog termina zabilježena **1904. godine** od strane francuskog inženjera Edouarda Esaunie-a

Uvod - pojam telekomunikacija

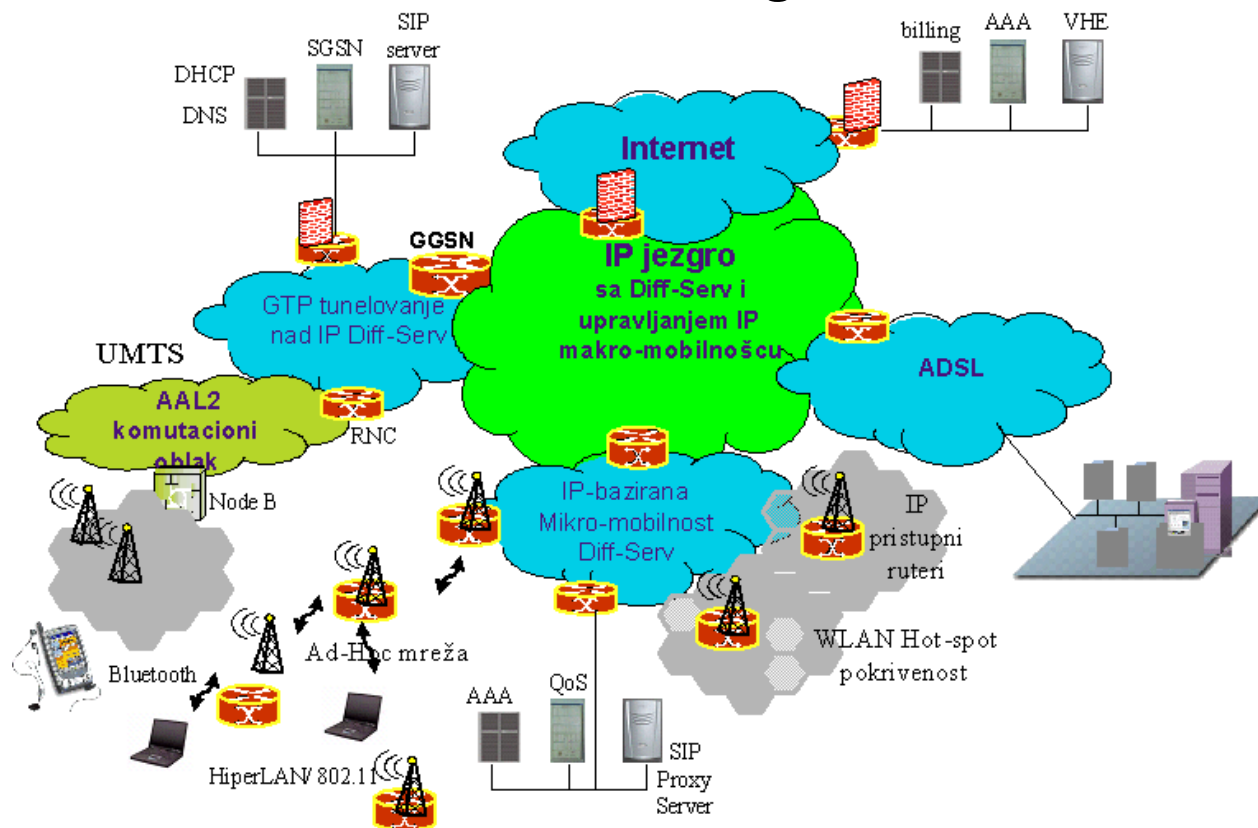
- Prema definiciji Međunarodne telekomunikacione unije (ITU – *International Telecommunications Union*), specijalizovane agencije UN-a za oblast informacionih i komunikacionih tehnologija,

telekomunikacije predstavljaju svako emitovanje, prenos ili prijem poruka na daljinu u vidu signala, od izvora informacija do korisnika, korišćenjem žičanih, radio, optičkih ili drugih elektromagnetnih sistema.

- Poruke su sve ono što se u telekomunikacijama prenosi, a informacija koja se prenosi je sadržana u poruci.
- **Signal** predstavlja električni ili elektromagnetni ekvivalent poruke koja se prenosi.

Uvod - trend u telekomunikacijama

- Osnovni trend savremenih telekomunikacija je **konvergencija**, koja podrazumijeva ostvarivanje komunikacije bilo gdje, bilo kad i sa bilo kim, nezavisno od vrste korisničkog terminala.



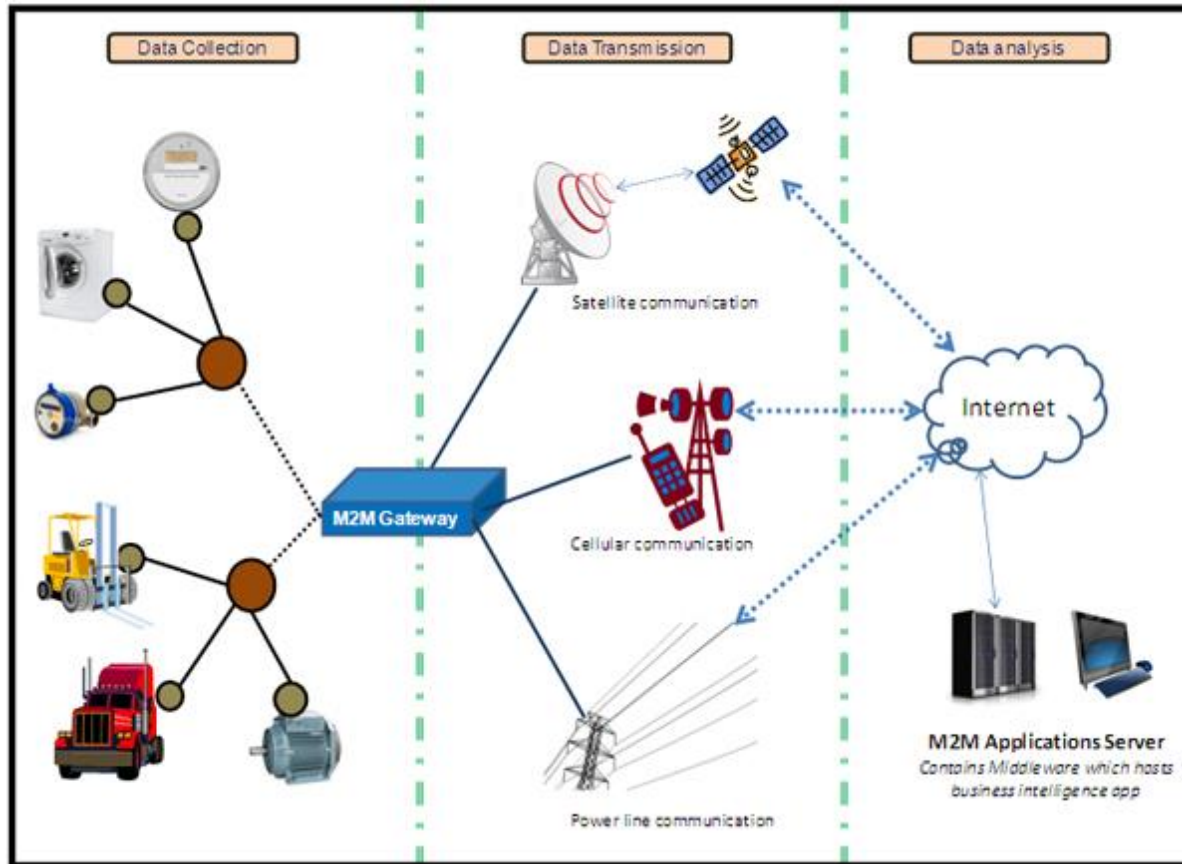
All-IP komunikaciona mreža

Uvod - trend u telekomunikacijama

- Nema više fundamentalne razlike između
 - procesiranja podataka (računari) i prenosa podataka (telekomunikaciona-prenosna i komutaciona- oprema);
 - prenosa podataka, prenosa govora i prenosa slike.
- Globalni trend je stvaranje jedinstvenog tehnološkog sistema kojim će se ostvarivati integracija svih telekomunikacionih servisa i omogućiti jednostavan i univerzalan pristup svim raspoloživim izvorima podataka i informacija bilo kada i bilo gdje.

Trendovi u telekomunikacijama

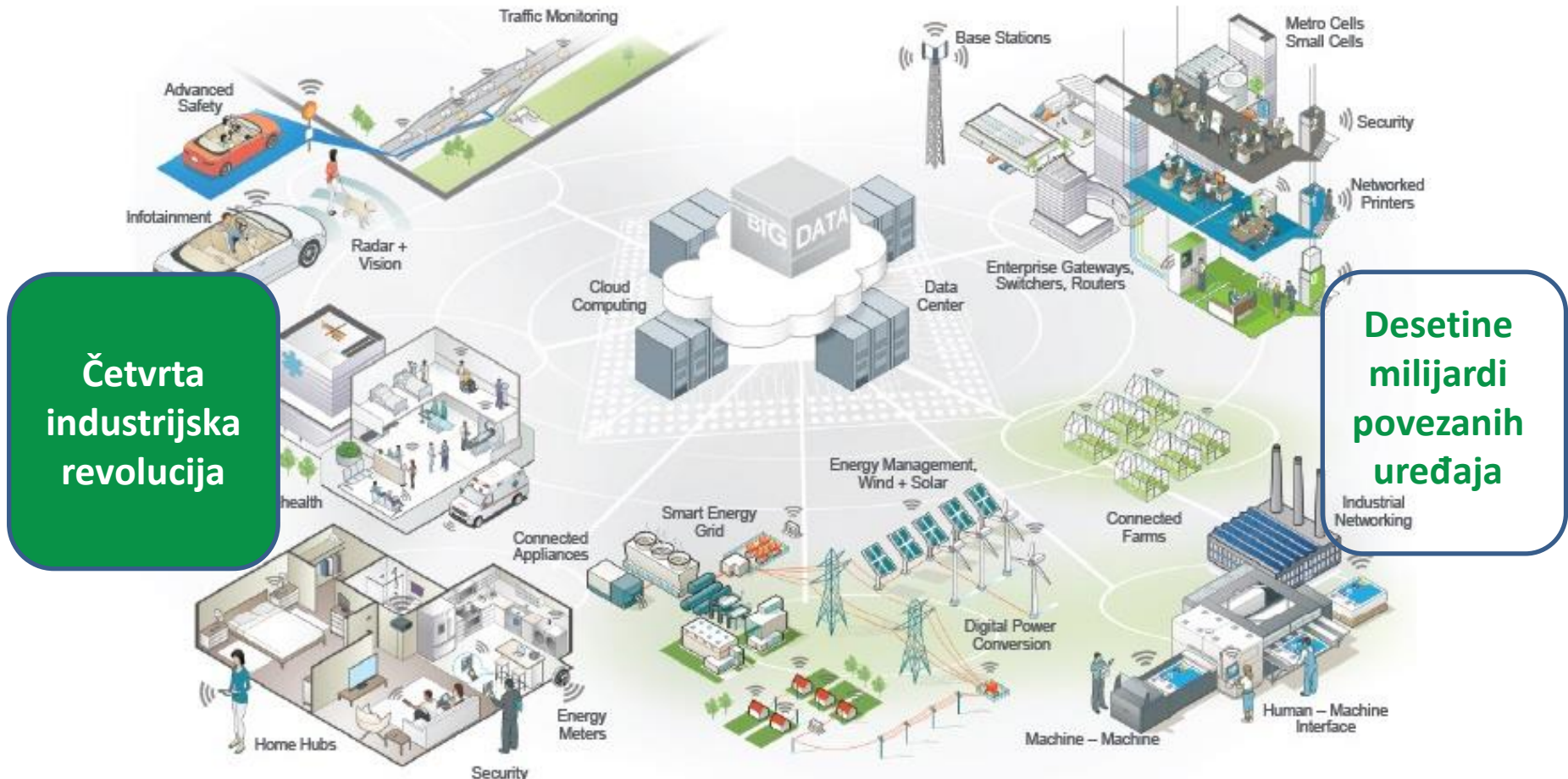
- *Machine-to-machine (M2M) communications*



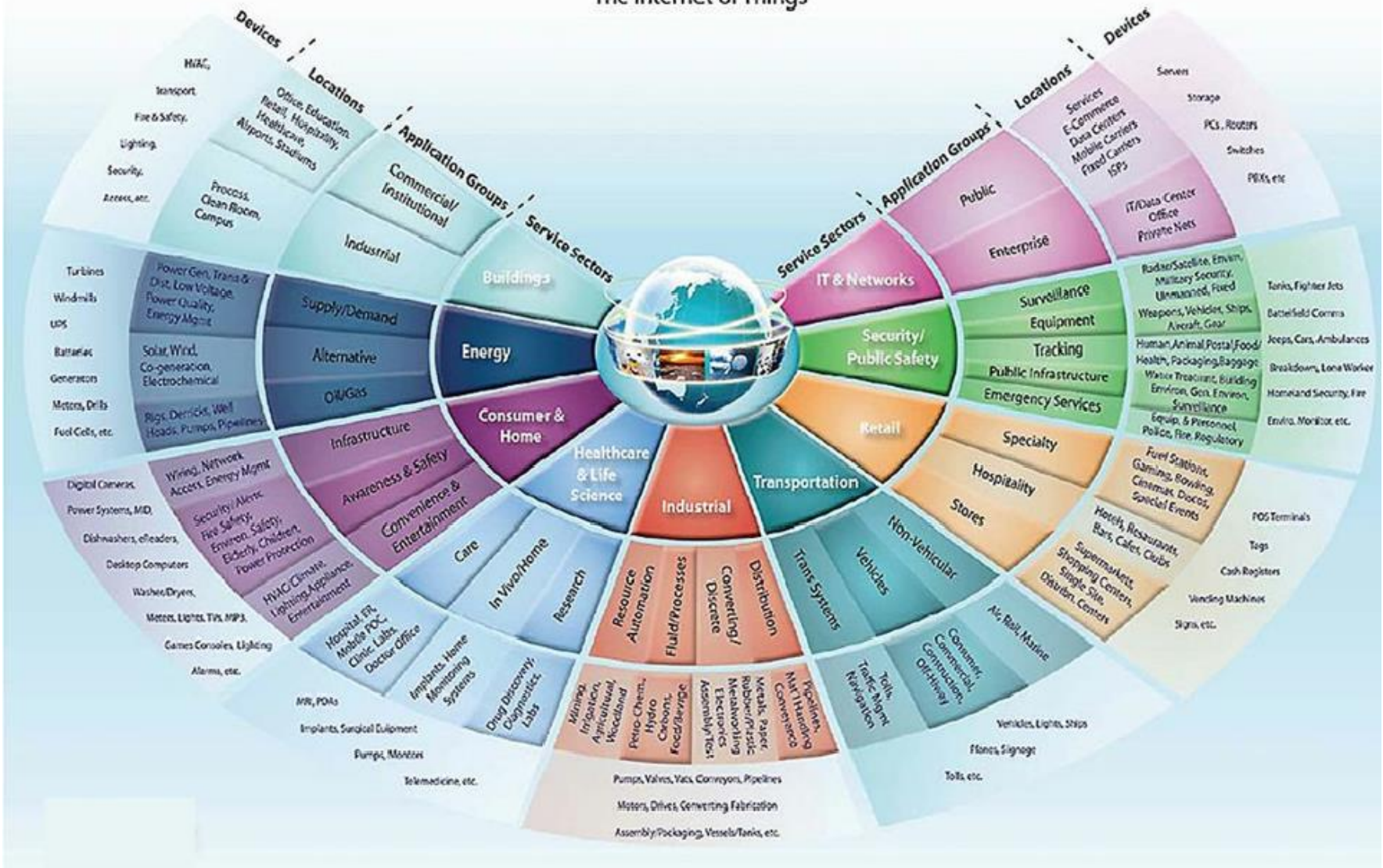
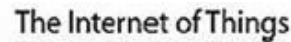
- M2M komunikacije podrazumijevaju komunikaciju između neke mašine, ili uređaja i udaljenog računara (servera), bez učešća ljudi.

Trendovi u telekomunikacijama

- Internet stvari (**Internet of Things – IoT**)



Oblasti primjene IoT

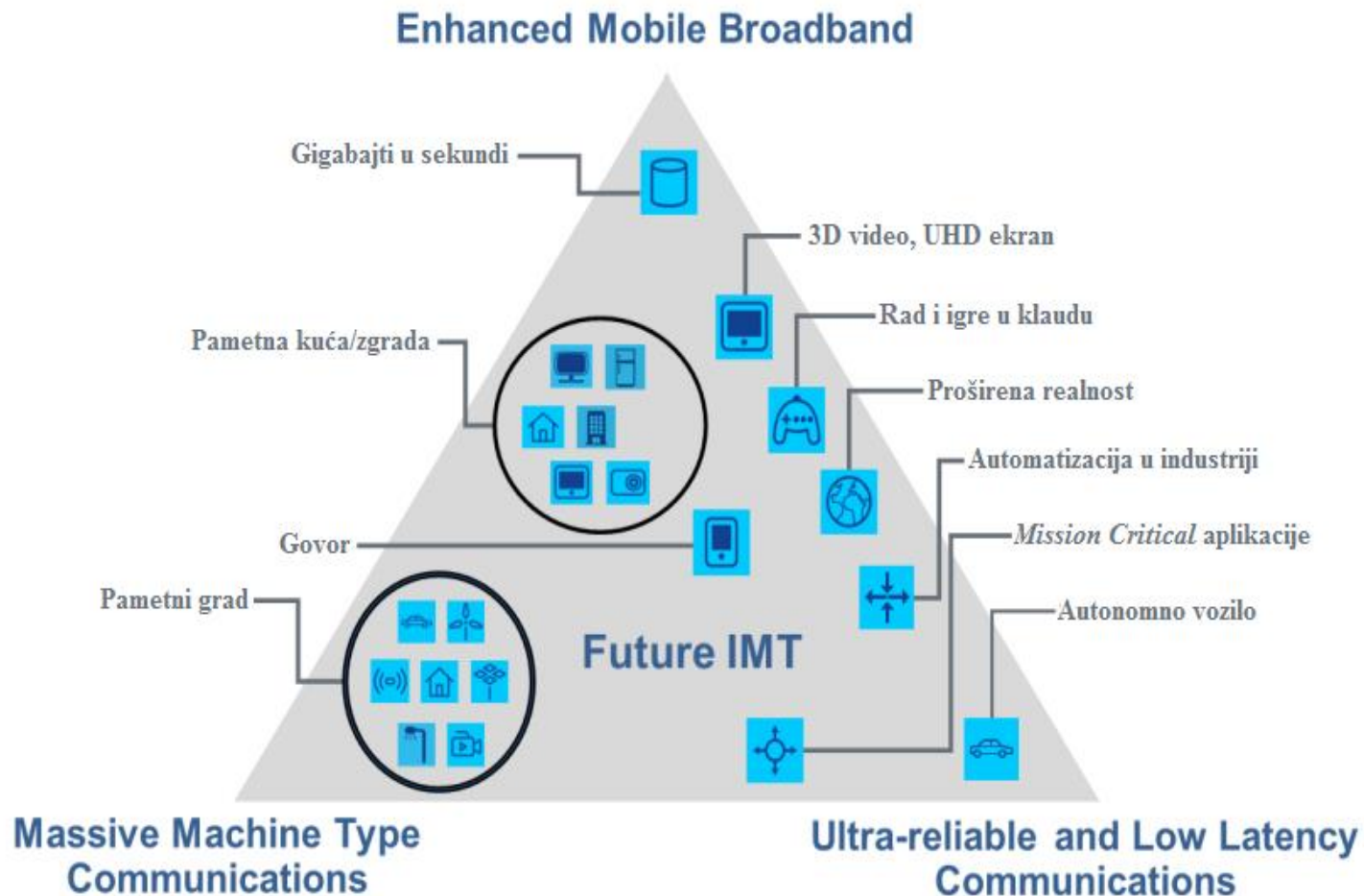


Trendovi u telekomunikacijama – 5G



Vizija 5G servisa

Trendovi u telekomunikacijama – 5G



Kategorije aplikacija za 5G

Uvod - Internet

- Radio, televizija, mobilna telefonija i **Internet** su u današnje vrijeme najrasprostranjenija sredstva za telekomunikacije.
- Radio i televizija su telekomunikacioni mediji, koji se uglavnom koriste u komercijalne svrhe. Kao i Internet i ovi mediji predstavljaju sredstva masovne komunikacije.
- Kreiranje mreže sa 4 čvora (projekat ARPAnet) **1969. god. se smatra početkom Interneta.**
- Internet je postao mreža svih mreža i dramatično je uticao na razvoj ostalih sredstava komunikacije, prije svega na radio i televiziju, ali i na štampane medije.
 - Mogućnost da pristupate informacijama ili bilo kojim drugim servisima kada vi želite, ali i da sami objavljujete informacije, potpuno je izmijenila koncept masovnih komunikacija
 - Tzv. “killer” aplikacije, koje su doprinijele ekspanziji interneta su www, e-mail, instant messaging, peer2peer file sharing
 - Danas, najveći dio saobraćaja na internetu predstavljaju *streaming* servisi
 - Internet je značajno uticao i na klasične telekomunikacione servise, kao što je govorna telefonija

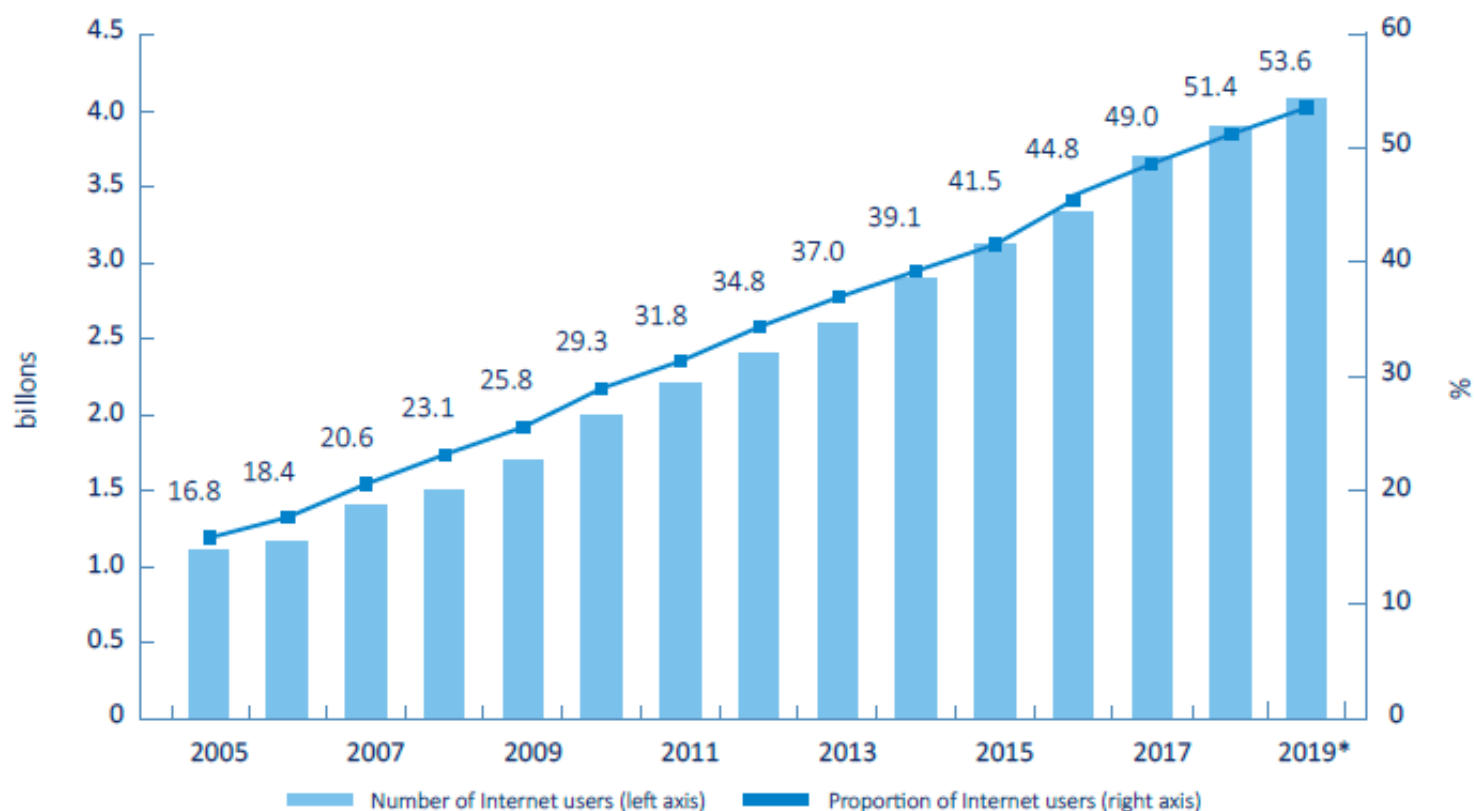
Uvod - značaj ICT-a

- Telekomunikacije predstavljaju značajan dio moderne ekonomije. Prihod telekomunikacionih kompanija standardno iznosi **oko 5%** ukupnog svjetskog bruto proizvoda.
- Telekomunikacije se ubrajaju u infrastrukturne privredne grane i ulaganja u telekomunikacionu i informacionu infrastrukturu jedan su od glavnih pokretača ekonomskog napretka neke zemlje.
- Za privredu, informaciono-komunikacione tehnologije (ICT – *Information and Communication Technologies*) su sredstvo za modernizaciju i poboljšanje konkurentnosti, a za građane predstavljaju sredstvo za bolji pristup informacijama i poboljšanje kvaliteta života.
- Za društvo, one pružaju nove metode komunikacije i socijalnog dijaloga, doprinose smanjenju socijalnih i geografskih diskriminacija.

Uvid - ekspanzija broja Internet korisnika

- Procjena ITU-a je da je **krajem 2019. god.** bilo oko **4 milijarde** (53,6% svjetske populacije) **korisnika Interneta**

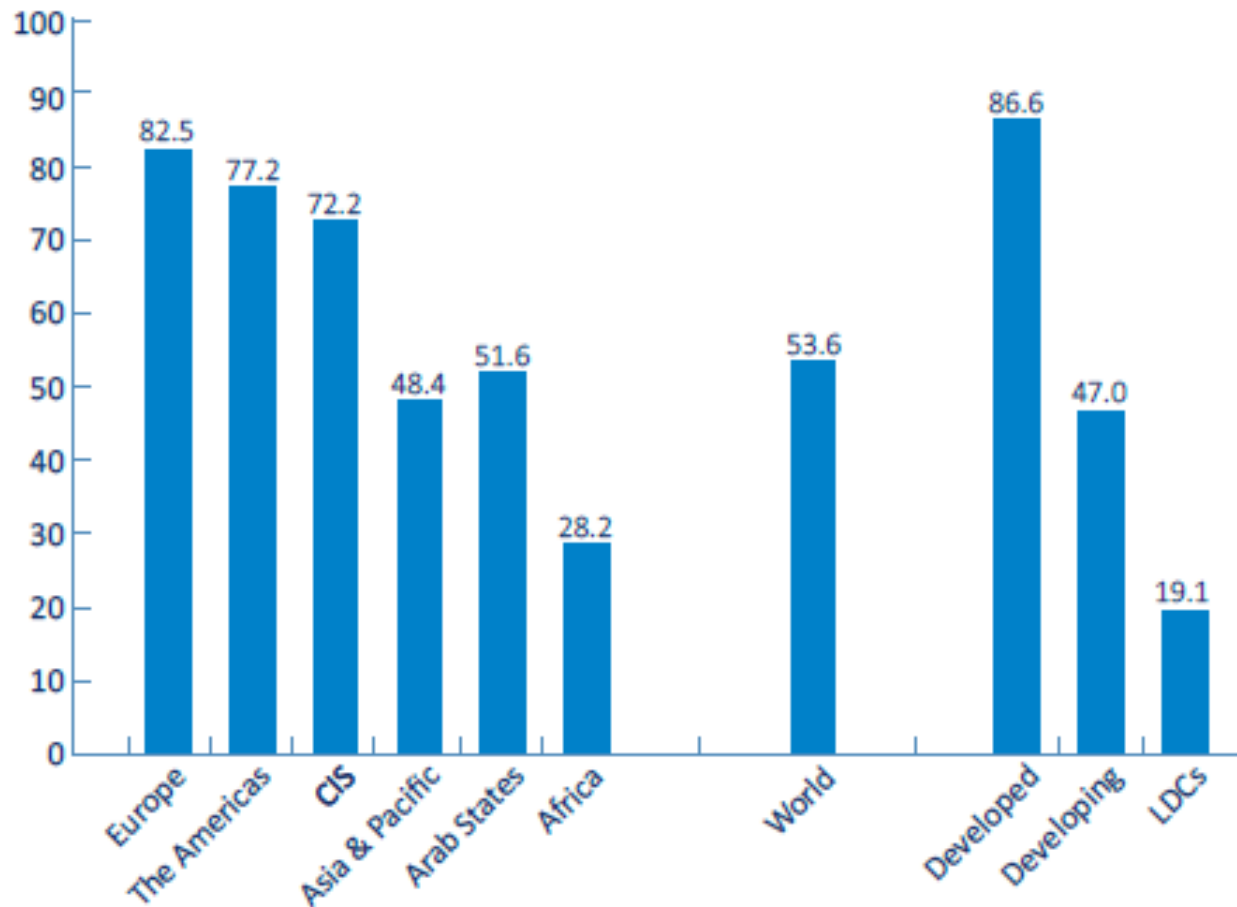
*Individuals using the Internet, 2005-2019**



Note: * ITU estimate. Source: ITU.

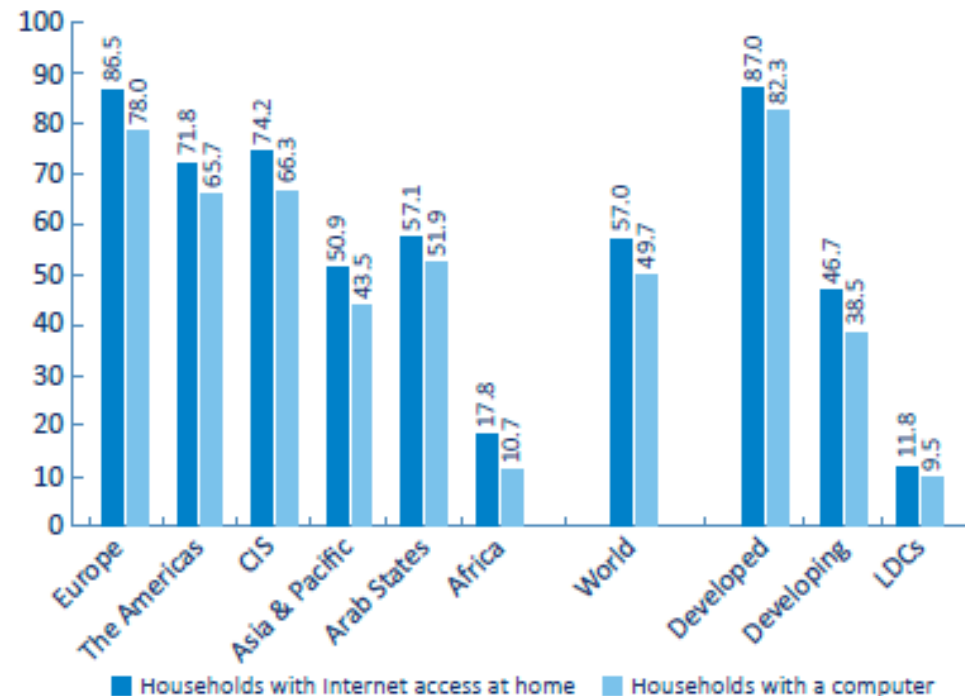
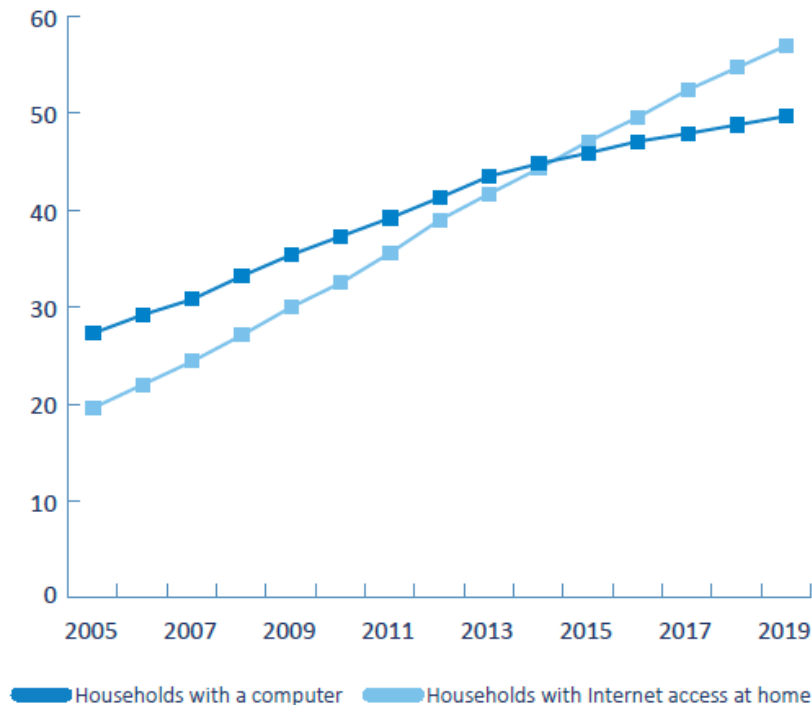
Uvod - Raspodjela korisnika Interneta

- U Evropi preko 80% populacije koristi Internet



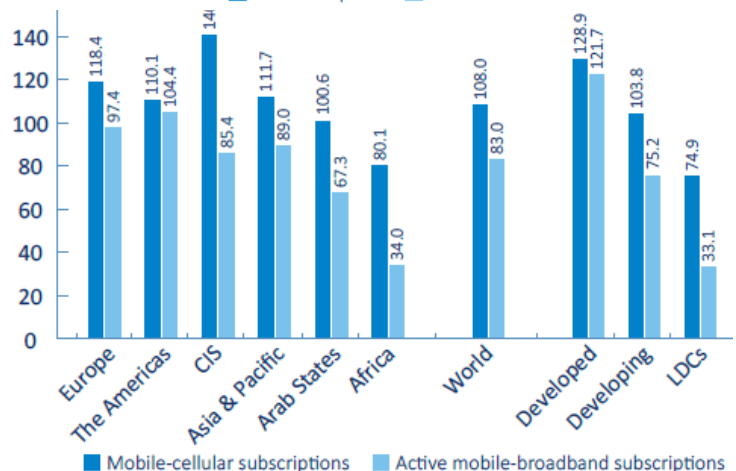
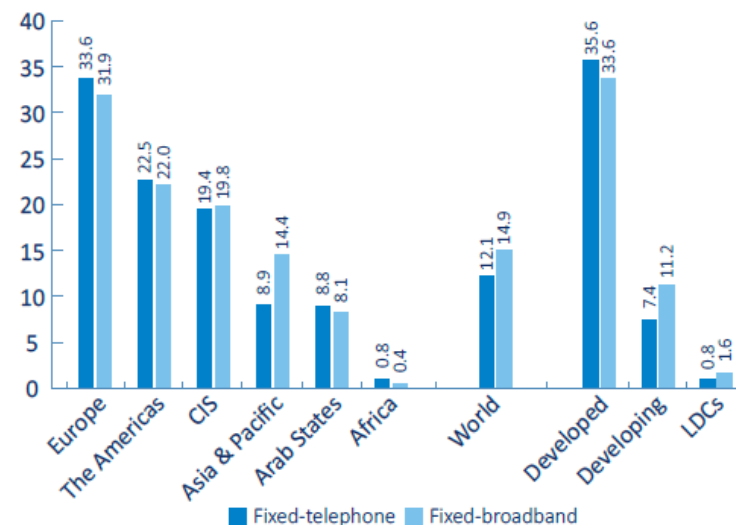
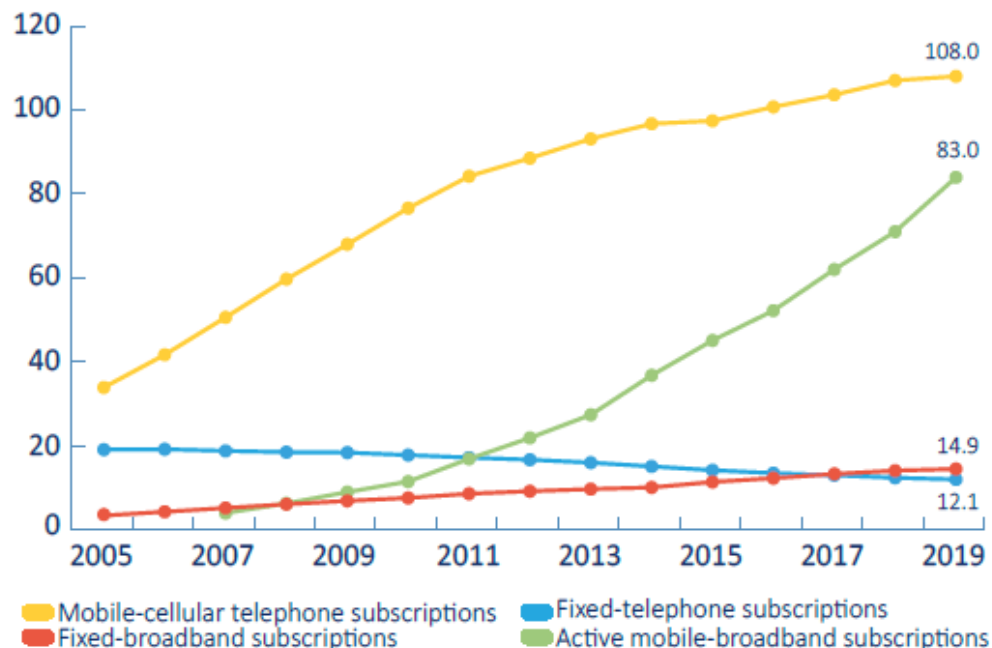
Uvod - pristup Internetu

- Nekada se podrazumijevalo da se računari korise za pristup Internetu
- U tu svrhu, danas se sve više koriste pametni telefoni i tableti



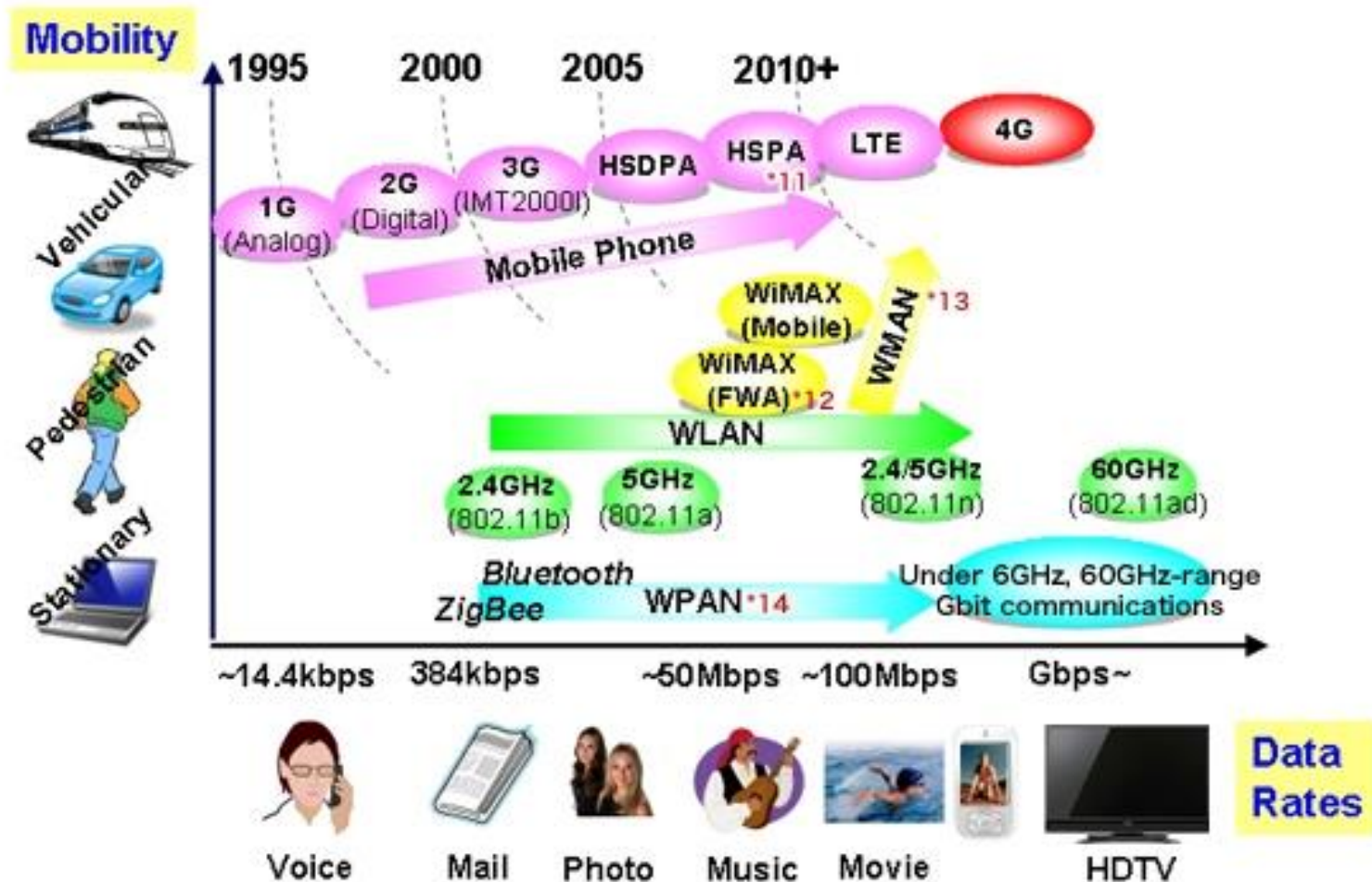
Uvod - broj korisnika širokopojasnog Interneta

- Broj aktivnih mobilnih pretplatnika širokopojasnog interneta raste u kontinuitetu, sa procentualnim rastom od **18,4% godišnje**



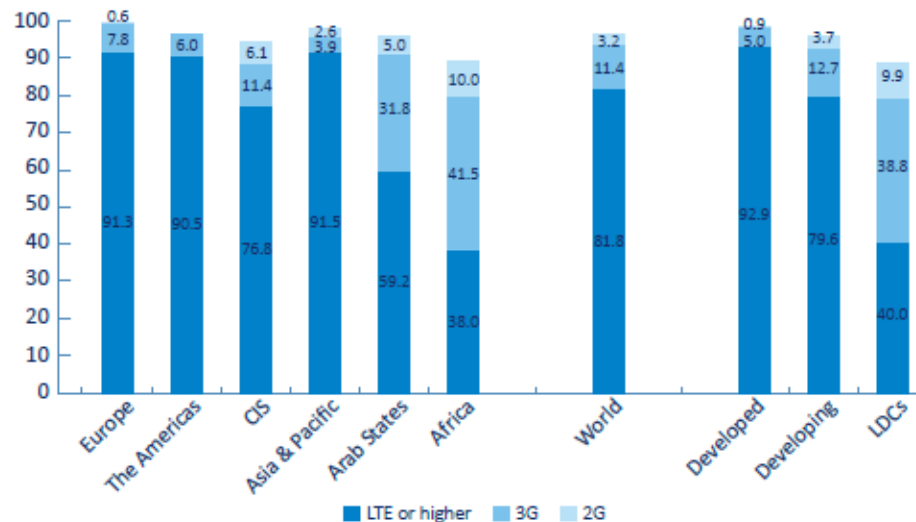
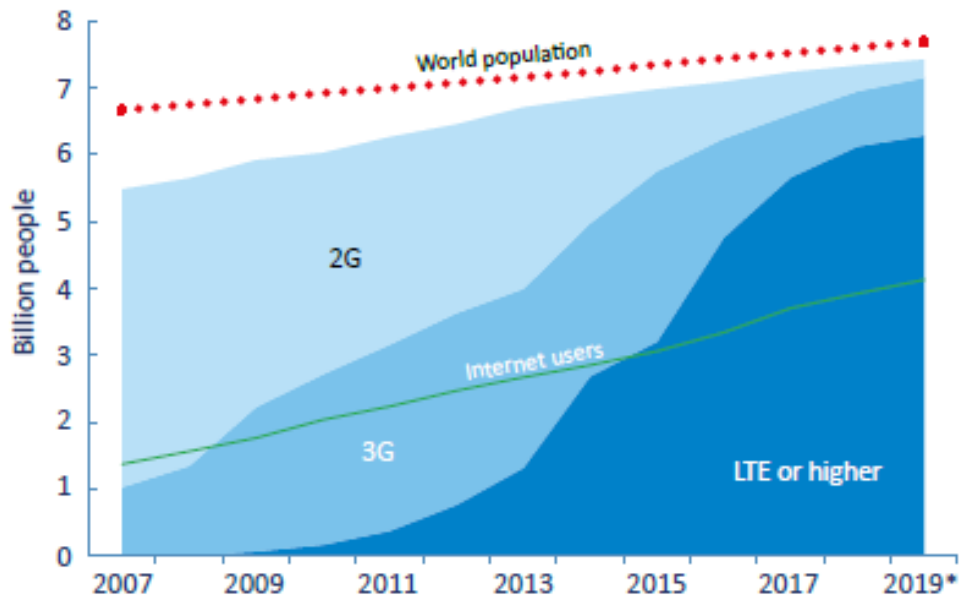
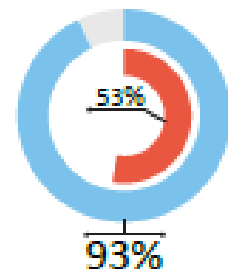
Uvod - bežične komunikacione tehnologije

- Od 1980-tih, do danas → **Mobilne komunikacije**.



Uvod - pokrivenost mobilnim celularnim mrežama

- **97%** svjetske populacije živi u oblastima koje su pokrivene signalima mobilnih celularnih mreža
- I dok 93% ljudi na svijetu se nalazi u oblasti pokrivanja mobilnih širokopojasnih celularnih sistema (82% - LTE ili novije mreže; 3G mreže - 11%), samo **53%** stanovništva koristi pristup Internetu preko celularnih mreža



Uvod - barijera za efektivno korišćenje Interneta

- Važna barijera u masovnijem korišćenju Interneta je nedostatak ICT vještina.
- U 40 od 84 zemalja, za koje su dostupni podaci, manje od polovine populacije ima osnovne računarske vještine, kao što su kopiranje fajla ili slanje e-mail-a sa attachment-om
- Za složenije aktivnosti (koje se označavaju kao “standardne vještine”), kao što su korišćenje osnovnih aritmetičkih formula u excel tabelama, ili preuzimanje i instaliranje nekog softvera, ovi procenti su još manji.
 - U 60 zemalja (od 84 za koje postoje podaci), manje od 50% stanovništva ima ove standardne računarske vještine.
- Kada se govori o naprednim računarskim vještinama, u samo 2 zemlje je više od 15% stanovništva je prijavilo da je u poslednjih 3 mjeseca napisalo neki program koristeći specijalizovane programske jezike.

Termin 1 - Sadržaj

- Uvod
 - Pojmovi računarskih komunikacija i telekomunikacija
 - Trendovi u računarskim komunikacijama i telekomunikacijama
- **Istorijski razvoj računarskih komunikacija**
- Osnovni principi računarskih komunikacija

Istorijski razvoj

- Počeci računarskih komunikacija se vezuju za prve korake u razvoju Interneta
- Prvi bitan korak u računarskim komunikacijama bio je pojava teorija redova čekanja (Kleinrock – 1961. god.), koja je pokazala efikasnost **komutacije paketa** u odnosu na komutaciju kola
- Kroz projekat ARPANET, eksperimentalno je uvedena komutacija paketa u računarskim komunikacijama 1966. god.
- ARPANET je postao operativan **1969. godine** – mreža je povezivala 4 čvora na principu komutacije paketa
- Prve dvije važne aplikacije koje su razvijene kroz ARPANET projekat bile su:
 - **TELNET** – logovanje i rad na udaljenom računaru
 - **FTP** – razmjena fajlova preko računarske mreže

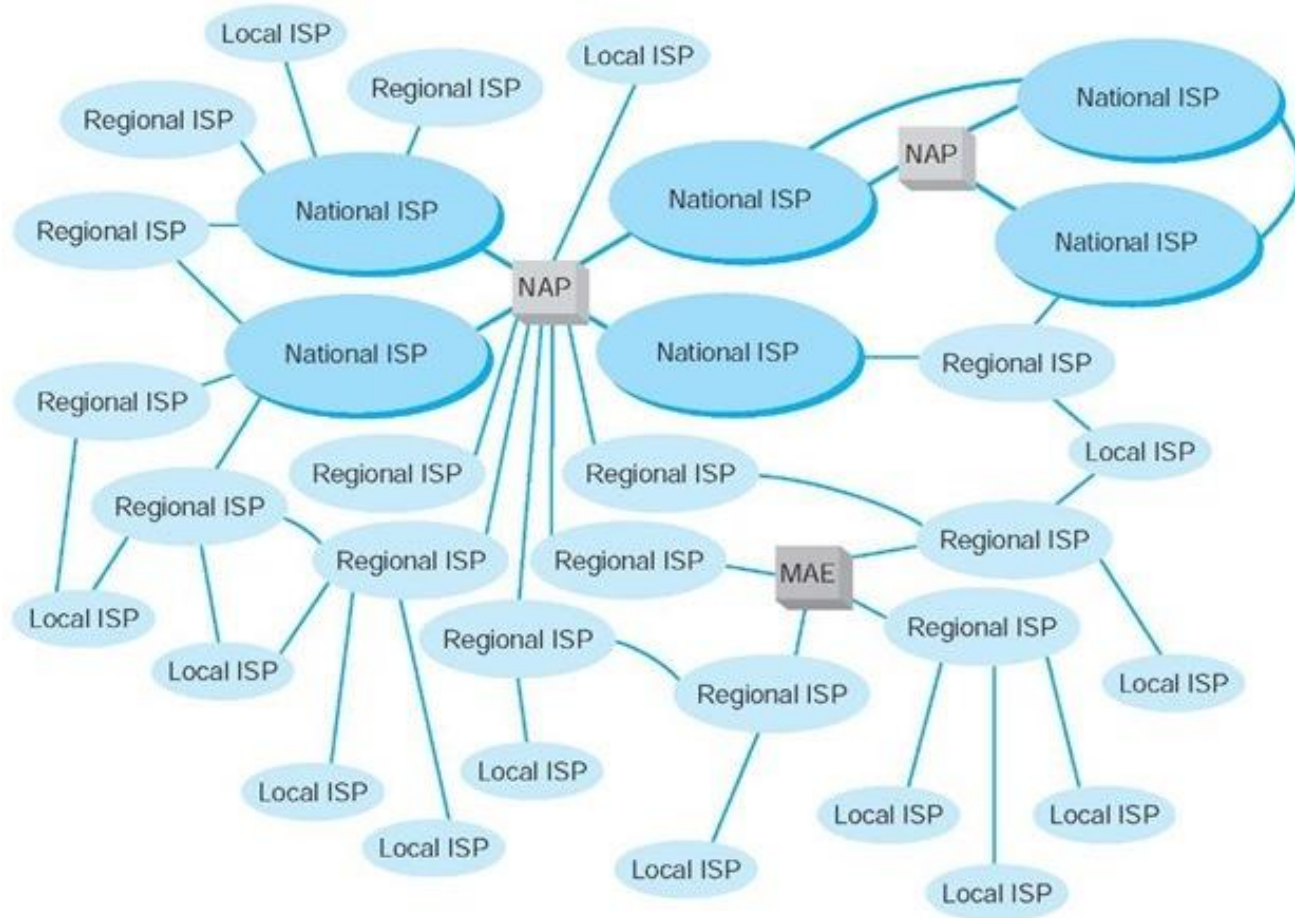
Istorijski razvoj

- 1966 – eksperiment sa komutacijom paketa kroz ARPANET
- 1969 – prvi APRPANET čvorovi su postali operativni
- 1972 – kreiran je distribuirani e-mail
- 1973 – prvi računar koji nije proizveden u Americi je povezan na ARPANET
- 1975 – ARPANET je prešao u nadležnost *Defense Communication Agency*
- 1979 – ARPANET ima 200 čvorišta
- 1980 – počeli su prvi eksperimenti sa TCP/IP
- 1982 – definisan SMTP e-mail protokol
- 1983 – primjena TCP/IP arhitekture
- 1985 – definisan FTP protokol

Istorijski razvoj

- 1986 – kreirana je NSFnet kičma mreže
- 1990 – povučen je ARPANET
- 1991 – rad na razvoju WWW
- 1995 – privatizovana je Internet kičma, pojavljuju se komercijalni ISP
- 1996 – realizovana je OC-3 (155Mb/s) kičma
- 1998 – broj registrovanih domena je premašio 2 miliona
- 2000 – broj indeksiranih Web stranica je premašio milijardu
- Poslije 2000-te: ekspanzija instant messaging-a, P2P file sharing, VoIP, okosnica mreže realizovana gigabitnim i terabitnim linkovima,...

Internet danas



ISP = Internet service provider;
MAE = metropolitan area exchange;
NAP = network access point.

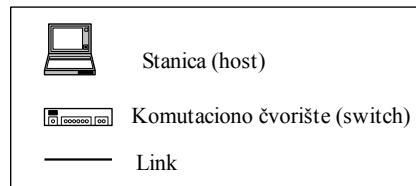
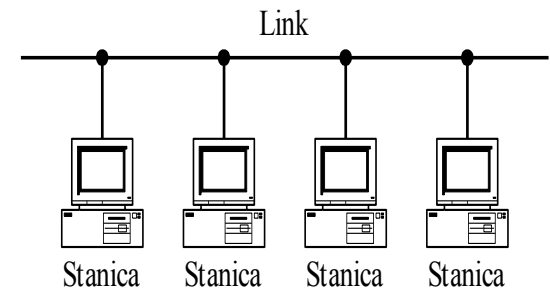
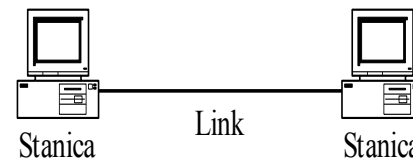
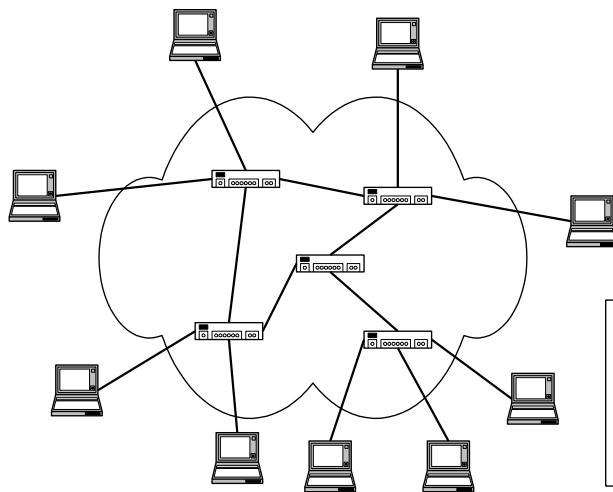
Termin 1 - Sadržaj

- Uvod
 - Pojmovi računarskih komunikacija i telekomunikacija
 - Trendovi u računarskim komunikacijama i telekomunikacijama
- Istorijski razvoj računarskih komunikacija
- **Osnovni principi računarskih komunikacija**

Osnovni principi računarskih komunikacija

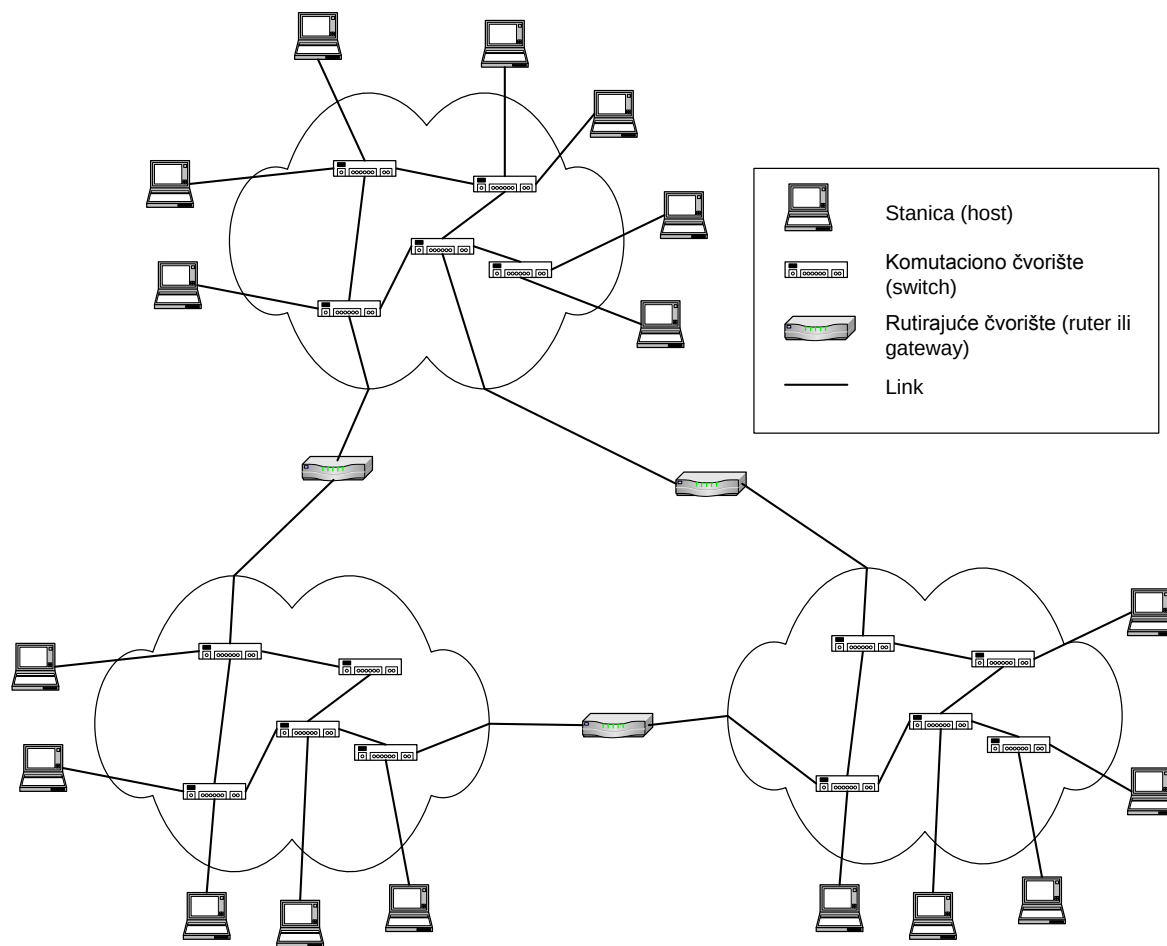
Povezivanje računara

- Internet i intranet
- Direktno
 - pojedinačni parovi računara su neposredno povezani linkovima od tačke-do-tačke,
 - dva ili više računara koriste isti link čime se ostvaruje koncept višestrukog pristupa.
- Indirektno
 - Preko komutacione opreme



Osnovni principi računarskih komunikacija

- Međusobno povezivanje računarskih mreža (internet)



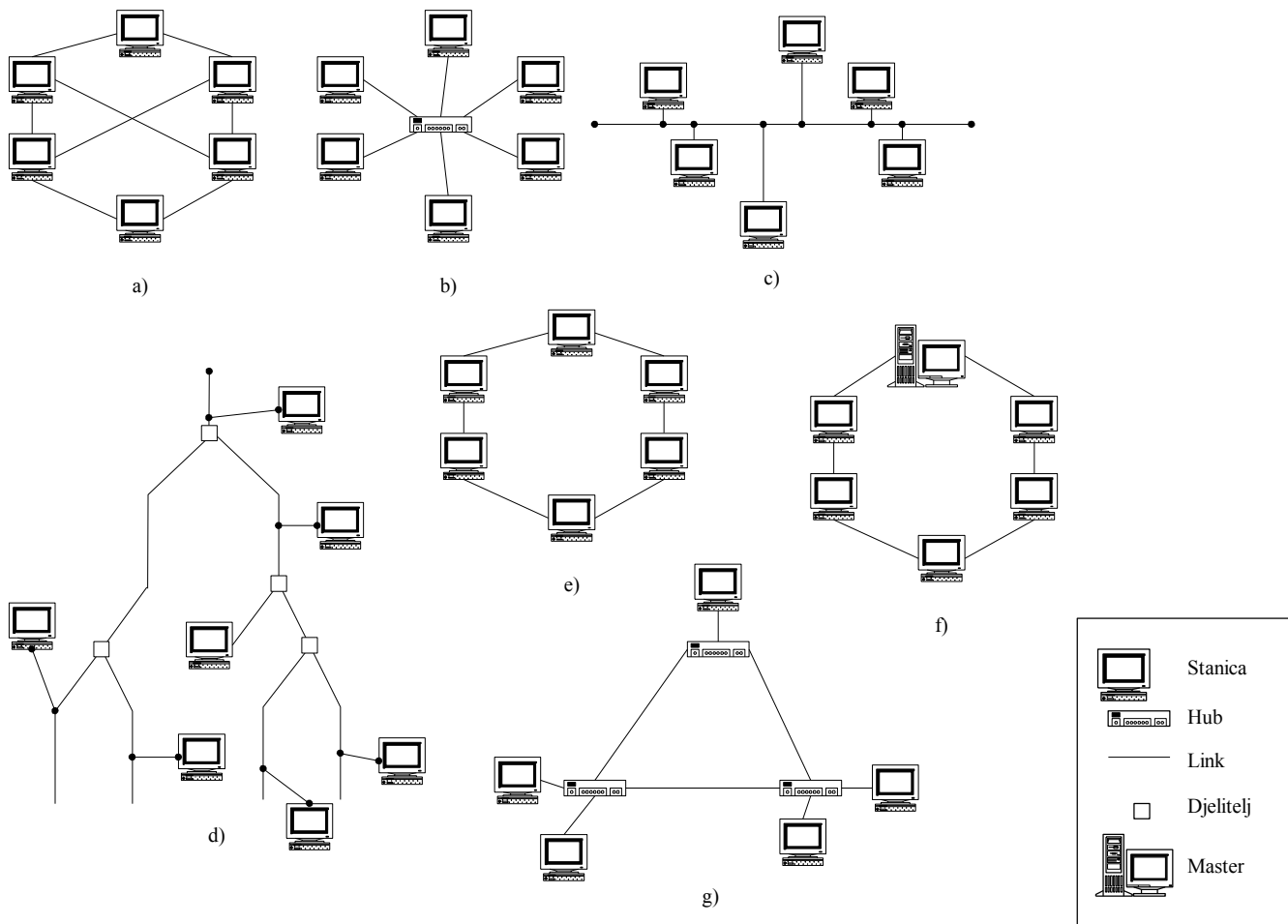
Osnovni principi računarskih komunikacija

Topologije računarskih mreža

- Rešetka,
- zvijezda mreže (najzastupljenija u LAN mrežama),
- mreže sa zajedničkom magistralom (bus mreže),
- stablo mreže,
- prsten mreže,
- modifikovane prsten mreže
- hijerarhijske mreže

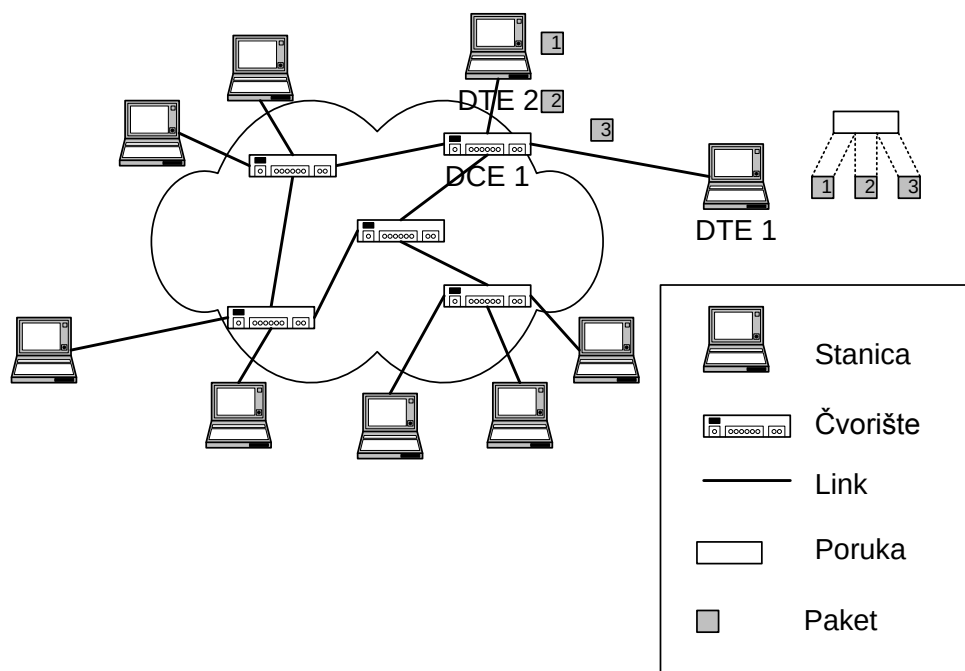
Osnovni principi računarskih komunikacija

Topologije računarskih mreža



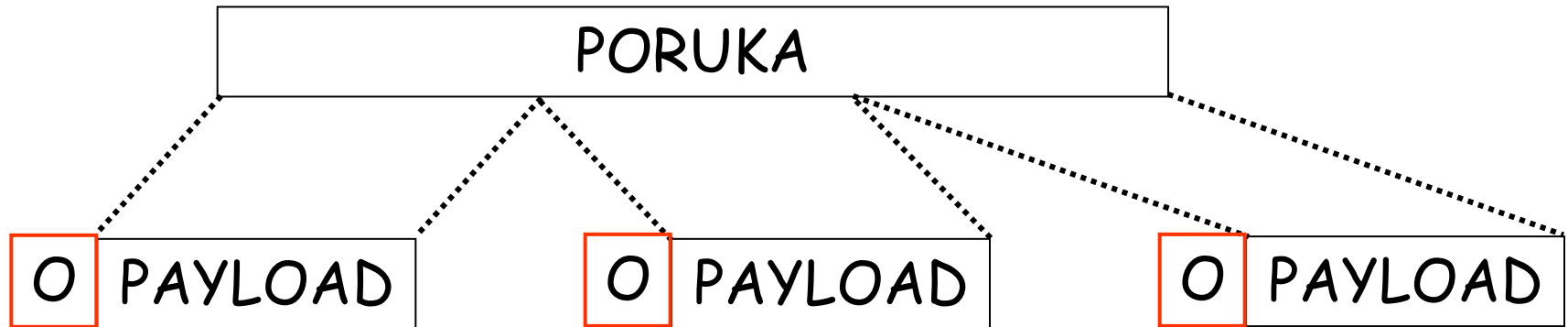
Osnovni principi računarskih komunikacija

- Računarske mreže su prve komunikacione mreže koje su zasnovane na **komutaciji paketa**
 - Sve komunikacioni sistemi koji su do tada korišćeni su bili zasnovani na komutaciji kola ili komutaciji poruka.



Osnovni principi računarskih komunikacija

Princip funkcionisanja mreža sa komutacijom paketa

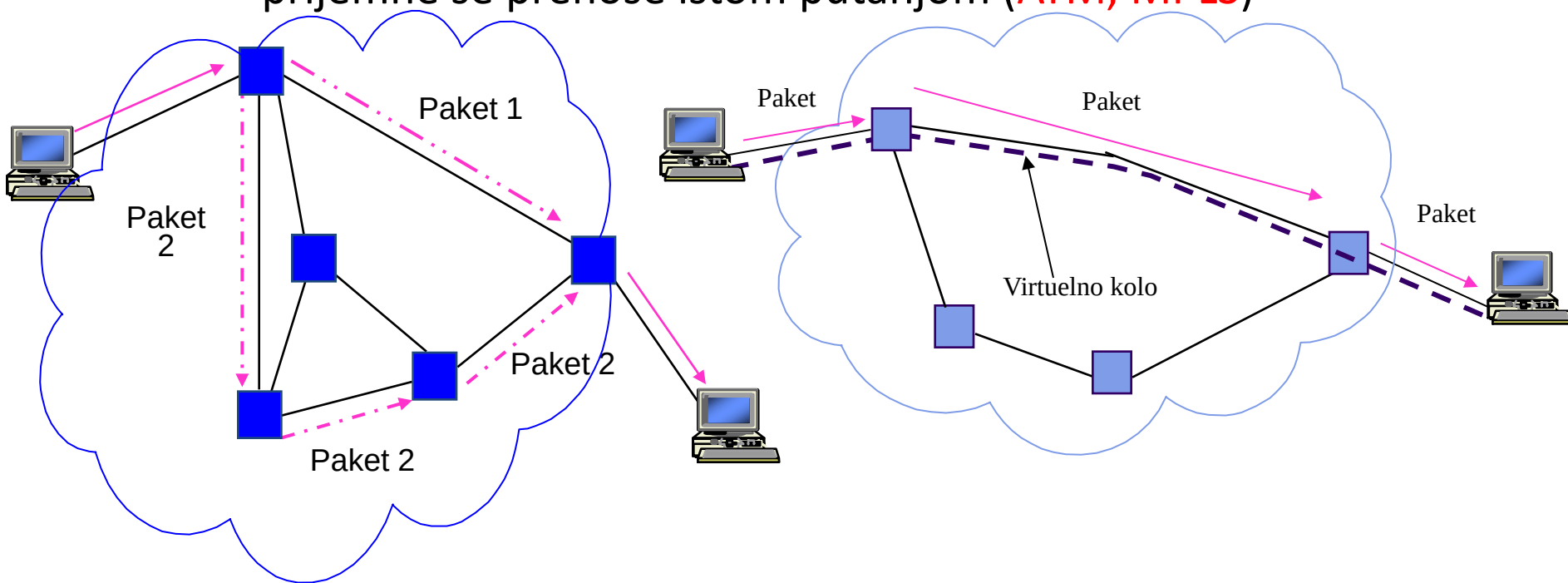


PAYLOAD – korisni dio paketa

OVERHEAD ili **ZAGLAVLJE** – nosi razne kontrolne informacije (adresu pošiljaoca, adresu primaoca, broj segmenta poruke, kod za pronalaženje greške,...)

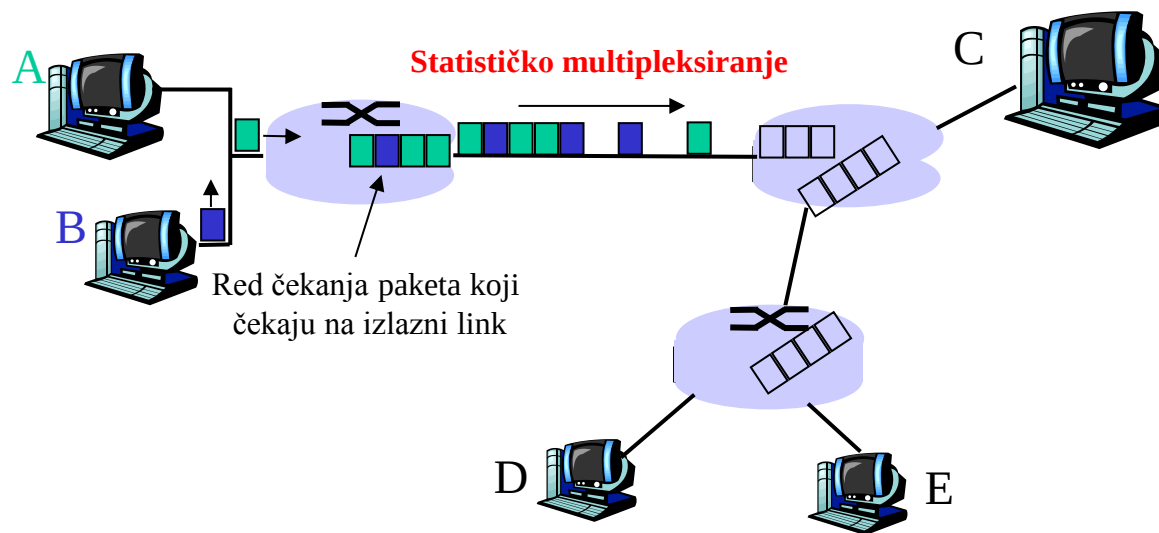
Osnovni principi računarskih komunikacija

- U odnosu na način prosleđivanja paketa, mogu biti zasnovane na principu
 - **Prenosa datagrama** – svaki paket od predajne stanice do prijemne nezavisno bira putanje kroz mrežu (**Internet**)
 - **Virtuelnih kola (kanala)** – svi paketi od predajne stanice do prijemne se prenose istom putanjom (**ATM, MPLS**)



Osnovni principi računarskih komunikacija

- Statističko multipleksiranje



Osnovni principi računarskih komunikacija

Performanse računarskih mreža

- Propusni opseg (bandwidth) ili propusnost (throughput)
 - Propusni opseg ili kapacitet se definiše broj bita (bit je najmanja količina informacije) koji se mrežom mogu prenijeti u nekom posmatranom vremenu.
 - Propusnost se definiše kao broj bita koji se bez greške mogu prenijeti mrežom u nekom posmatranom vremenu.
- Kašnjenje (delay)
 - Kašnjenje predstavlja vrijeme koje je potrebno da se poruka prenese sa jednog na drugi kraj mreže.
 - Striktno se izražava u jedinici vremena.
 - Osim ovog kašnjenja koje se odnosi na jedan smjer prenosa postoji i dvosmjerno kašnjenje RTT (round-trip time) ili vrijeme obilaska koje se definiše kao vrijeme prenosa poruke od jednog kraja mreže do drugog kraja i obratno.

Osnovni principi računarskih komunikacija

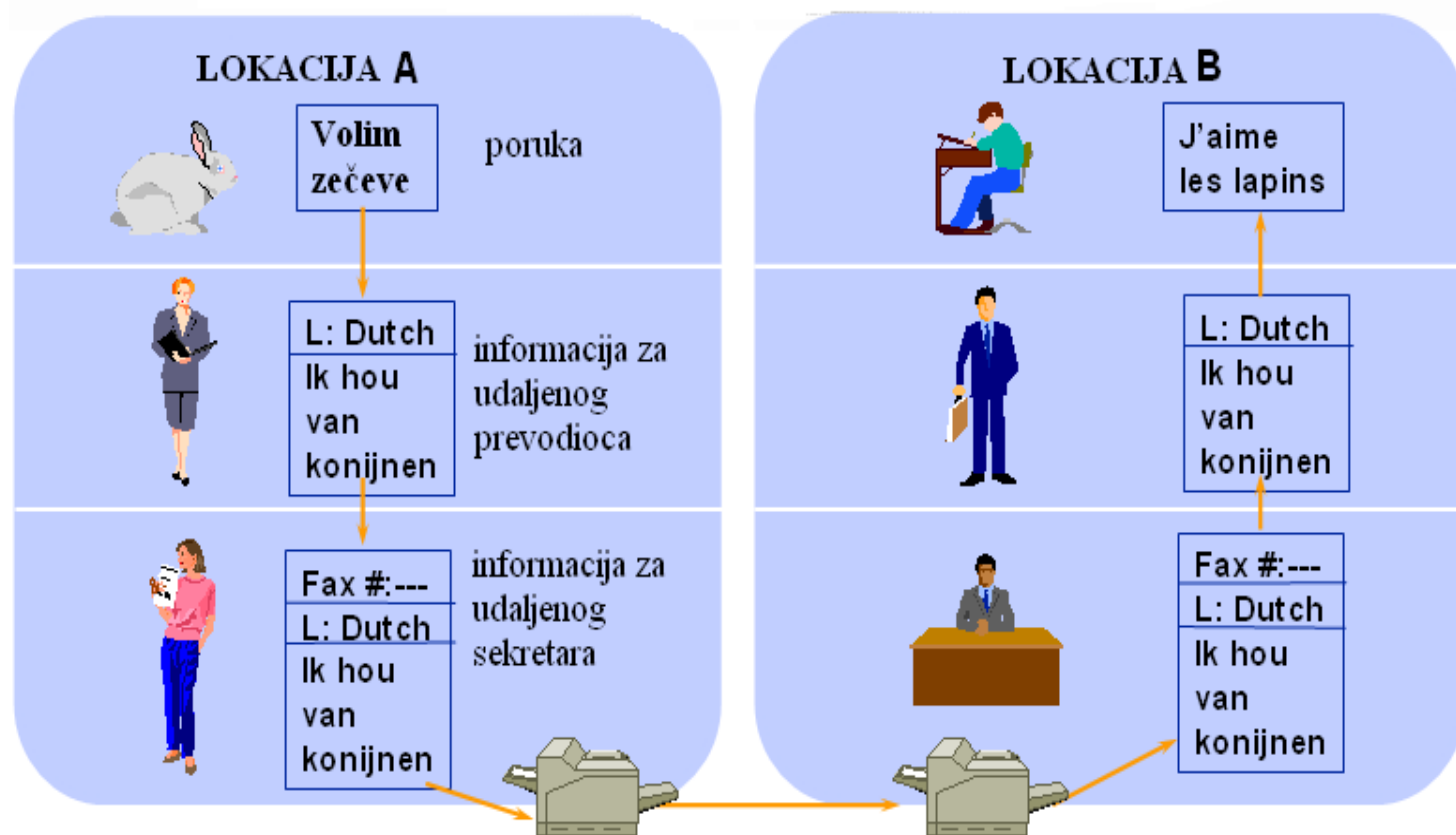
Višenivoovska struktura računarskih komunikacija

- Da bi bilo moguće uspostaviti komunikaciju između uređaja različitih proizvođača (HP, IBM, Compaq...) potrebno je definisati određena pravila, koja će omogućiti “prevođenje” različitih jezika koje te mašine koriste
- U cilju lakše i efikasnije realizacije računarskih komunikacija, taj proces je realizovan u više zasebnih nivoa (modula)
- Zašto?
 - Modularnost ubrzava evoluciju tehnologije,
 - Dijeli kompleksnost mrežnih komunikacija na djelove koji su lakši za učenje

Osnovni principi računarskih komunikacija

Višenivoovska struktura računarskih komunikacija

- Analogni praktični primjer je komunikacija između ljudi koji govore različitim jezicima



Osnovni principi računarskih komunikacija

Pojam mrežnog protokola

- Protokoli definišu format, redosled poslatih i primljenih poruka između mrežnih entiteta, i akcije koje se sprovode nakon prijema poslatih poruka
- Osnovni elementi mrežnih protokola su:
 - **sintaksa** koja definiše format podataka, tip kodiranja i osobine signalizacionih nivoa,
 - **semantika** koja definiše sadržaj pojedinih polja u PDU koji se recimo odnose na kontrolu protoka, otkrivanje i uklanjanje grešaka,
 - vremenska usklađenost brzina prenosa podataka (usaglašavanje brzine slanja izvorišta i brzine obrade informacija na odredištu) i **sekvencionalnost** (prijem podataka po redosledu po kome su poslati).

Osnovni principi računarskih komunikacija

Funkcije mrežnog protokola

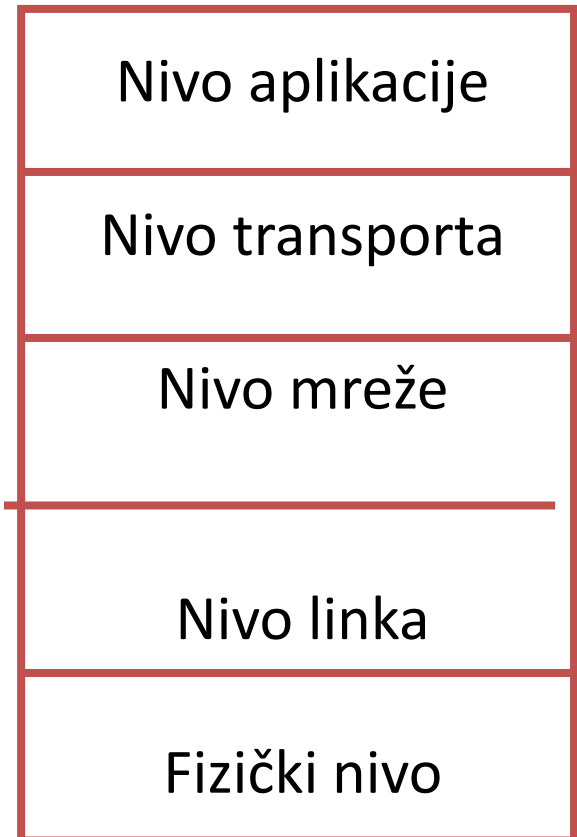
- **segmentiranje/ulančavanje** (obezbjeđuje da se sadržaj i veličina poruka koje entiteti razmjenjuju prilagode karakteristikama mreže),
- **formiranje protokolskih jedinica podataka PDU** od podataka i potrebnih kontrolnih informacija (adresa, kodova za detekciju greške i sinhronizaciju),
- **kontrola zagušenja** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi mreža),
- **kontrola protoka** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi entitet sa kojim komunicira),
- **kontrola greške** (zaštita podataka od greške ili oštećenja),
- **adresiranje** (jedinstvena globalna adresa za sve sisteme u mreži),
- **multipleksiranje** više sesija unutar jednog sistema,
- **transmisioni servisi** (prioritet, sigurnost podataka, itd.).

Osnovni principi računarskih komunikacija

TCP/IP arhitektura

- Najčešće se TCP/IP arhitektura razmatra u **5 nivoa**. Protokol višeg sloja koristi usluge protkola iz sloja ispod

- 1) **fizički nivo**, koji definiše karakteristike prenosnog medija, brzinu signalizacije i šemu kodiranja signala,
- 2) **nivo linka** ili nivo mrežnog pristupa, koji se bavi interfejsom između krajnjeg sistema i mreže, i omogućava prenos **okvira (frejmova)** na bazi odgovarajućih protokola nivoa linka između dva rutera (**Ethernet**, PPP, ATM,...)
- 3) **internet nivo (IP) ili nivo mreže**, koji izvršava rutiranje podataka u formi **datagrama** od izvorišnog do destinacionog hosta,
- 4) **transportni (host-host) nivo (TCP ili UDP)** koji obezbjeđuje prenos podataka u formi **segmenta** od kraja do kraja,
- 5) **Nivo aplikacije** (FTP, SMTP, TELNET,...), koji omogućava komunikaciju između procesa ili aplikacija na odvojenim hostovima.



Osnovni principi računarskih komunikacija

TCP/IP arhitektura

Protokol određenog sloja može biti implementiran u softveru, hardveru ili kombinaciji ova dva okruženja.

- Protokoli sloja aplikacije, na primjer HTTP (HyperText Transfer Protocol) i SMTP (Simple Message Transfer Protocol), su uvijek implementirani u softveru krajnjih sistema,
- Isto važi i za slučaj protokola transportnog nivoa.
- Mrežni nivo se obično implementira kombinovano, i u hardveru i u softveru.
- Kako su fizički nivo i nivo linka odgovorni za komunikaciju preko konkretnog linka, oni se obično implementiraju u kartici mrežnog interfejsa (Ethernet ili WiFi NIC (*Network Interface Card*)), koja je povezana sa datim linkom.

Nivo aplikacije

Nivo transporta

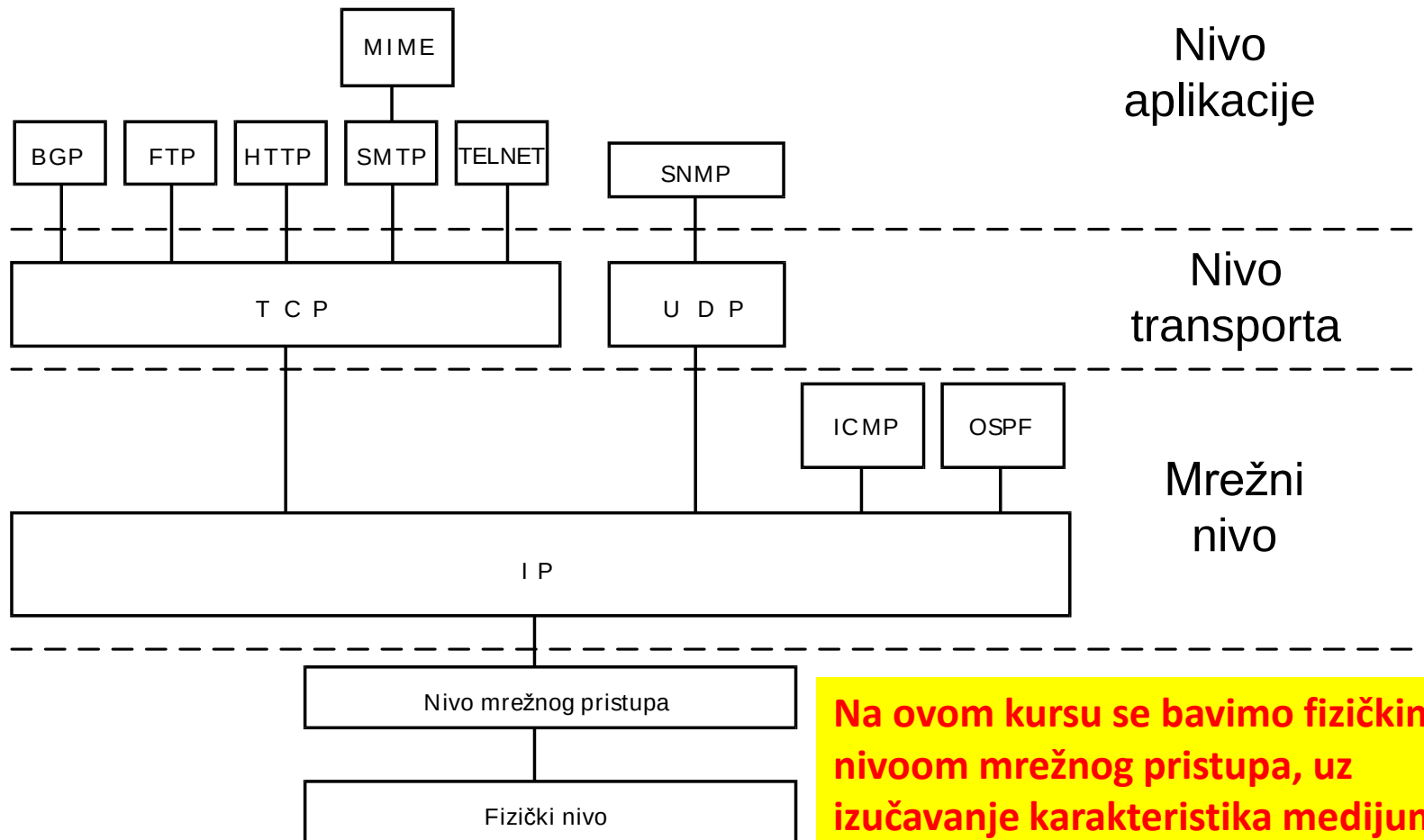
Nivo mreže

Nivo linka

Fizički nivo

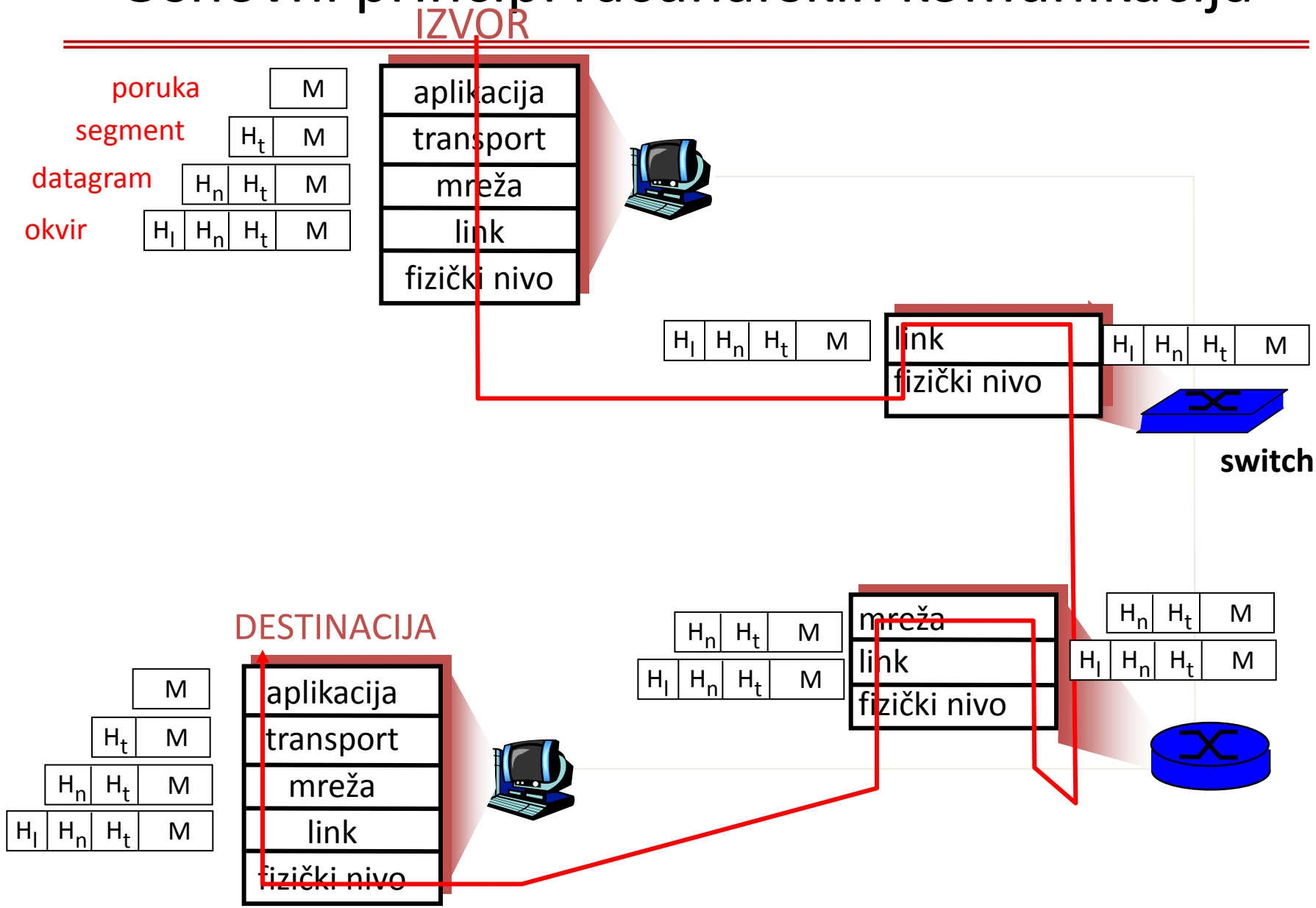
Osnovni principi računarskih komunikacija

TCP/IP arhitektura



Na ovom kursu se bavimo fizičkim i nivoom mrežnog pristupa, uz izučavanje karakteristika medijuma za prenos u računarskim komunikacijama.

Osnovni principi računarskih komunikacija



Osnovni principi računarskih komunikacija

OSI referentni model

- ❑ ISO (International Standardization Organization) je 1977. osnovala podkomitet za razvoj mrežne arhitekture čiji je standard trebao da omogući lakšu implementaciju i kooperaciju opreme različitih proizvođača.
- ❑ Kao rezultat ovog istraživanja pojavio se OSI referentni model, čija konačna verzija ISO 7498 datira iz proljeća 1983. godine.
 - Komunikacioni proces se realizuje u **7 nivoa**
- ❑ Sistemi koji koriste standardizovane postupke i metod iz OSI referentnog modela nazivaju se **otvoreni sistemi**, a takvo povezivanje se naziva **povezivanje otvorenih sistema tj. OSI**.
- ❑ Kompletna OSI arhitektura nikada nije zaživjela u praksi, jer je već bila u upotrebi TCP/IP arhitektura, koja je se pokazala potpuno funkcionalnom
 - Slojevi prezentacije i sesije OSI referentnog modela su objedinjeni u aplikativnom sloju TCP/IP modela

Osnovni principi računarskih komunikacija

OSI referentni model

