

Master strukovne studije –

Multimedijalno inženjerstvo,

Računarsko inženjerstvo



Protokoli i tehnologije bežičnih
sistema:

Lekcija 1: Uvod

leto 2018/2019

Branimir M. Trenkić



O meni

- **Branimir M. Trenkić**
- Doktor tehničkih nauka, oblast – računarske i telekomunikacione mreže
- Profesor strukovnih studija
- Kabinet 511, e-mail: btrenkic@viser.edu.rs
- Molim da subject- linija Vašeg email-a počinje sa kodom ***PTBS19***



O predmetu....

- ***I godina MIN+RIN***, semestar – II (letnji)
- Status predmeta: ***izborni***
- ESPB bodova - **8**
- Šifra predmeta - **317207**
- Obim: **3+0+2** časa nedeljno
- Termin:
 - ***Predavanja***: **četrtek** 16:00 – 18:30, (SL)



Literatura

Materijali (prezentacije) sa predavanja
(u pdf-formatu) – na sajtu predmeta

Dodatni materijali u elektronskoj verziji – na sajtu predmeta

Interni dokument, “*Bežične mreže*”,

Interni dokument, “Arhitektura bežičnih mreža - Uvod”

Matthew Gast, “*802.11 Wireless Networks*”, Second Edition,
O'Reilly Media, Inc., 2005

Steve Rackley, “*Wireless Networking Technology – From Principles to Successful Implementation*”, Elsevier, 2011



Literatura

Dodatni materijali u elektronskoj verziji – na sajtu predmeta

Osnovni materijal za temu WLAN (**od Lekcija4 do kraja**):
Matthew Gast, “802.11 Wireless Networks”, Second Edition, O’Reilly Media, Inc., 2005

Osnovni materijal za temu Arhitektura bežičnih sistema (**prve tri lekcije**):
Steve Rackley, “ Wireless Networking Technology – From Principles to Successful Implementation“, Elsevier, 2011 (PART I: Wireless Network Architecture)



Način polaganja

- ***Predispitne obaveze***
 - Redovno pohađanje nastave (nije obavezno ali ***utiče na konačnu ocenu kroz aktivnost!***) (***10 bodova***)
 - Kolokvijum (*I + II*) (***25 + 25 bodova***)
 - Odbrana vežbi (***40 bodova***)
- ***Ko ispuni sve predispitne obaveze – ne polaže ispit!***



Način polaganja

- ***Ispit***

- ***Pismeni*** način polaganja
 - esejska pitanja
- U junu samo onaj ***deo koji nije položen!***
- Nakon toga, na ispitu se polaže ceo ispitni materijal

Bežični sistemi prenosa - Uvod

Počeci bežičnog umrežavanja

- Vraća nas u **1970. godinu**
- Razvojni projekat Univerziteta na Havajima pod nazivom **ALOHANET**
- Kao rešenje povezivanja računara lociranih na različitim ostrvima
- UHF opseg
- Mada



Bežični sistemi prenosa - Uvod

Počeci bežičnog umrežavanja

- **Ključni događaji** koji su **ustoličili bežično umrežavanje** kao **mrežnu tehnologiju** sa najvećim stepenom ekspanzije na početku **21. veka** - bili su:
- **Ratifikacija IEEE 802.11 standarda** u 1977. godini i
- **Razvoj sertifikata interoperabilnosti** od strane Wi-Fi Alijanse (**Wi-Fi** Alliance) (nešto kasnije)



Bežični sistemi prenosa - Uvod

Počeci bežičnog umrežavanja



- Odobrenje **Federalne Komisije za komunikacije (FCC)** za **korišćenje opsega RFS-a bez posebnih dozvola** za potrebe industrije, naučnih istraživanja i medicine (**ISM opseg**), 1985. godine
 - Tri grupe frekvencija: **902 - 928MHz**; **2.4 - 2.4835GHz** i **5.725 - 5.875GHz**



Bežični sistemi prenosa - Uvod

- Period *od 70-ih do ranih 90-ih godina* prošlog veka
- ***Period velike potražnje*** (potreba) za bežičnim sistemima
- ***Proizvođači*** opreme su nudili:
 - Vrlo ***skup hardver zaštićen vlasničkim pravima*** proizvođača,
 - Uređaje ***bez interoperabilnost, bez ugrađenih sigurnosnih mehanizama*** i
 - Uređaje sa ***slabijim performansama*** (10Mb/s Ethernet)

Bežični sistemi prenosa - Uvod

○ **802.11 standard**

- **Ključna (tehnologija) prekretnica** u razvoju bežičnog umrežavanja
- **Početak stvaranja** jakog i prepoznatljivog brenda – **Wi-Fi**



- Postavlja fokus na **rad opreme i provajdera usluga** i na taj način doprinosi ekspanziji bežičnog umrežavanja

Bežični sistemi prenosa - Uvod

- **Ostale** bežične **tehnologije**

- **Proizašle** uglavnom **iz originalnog 802.11 standarda**

- Prva **IrDA** (*Infrared Data Association*) **specifikacija** publikovana **1994. godine**



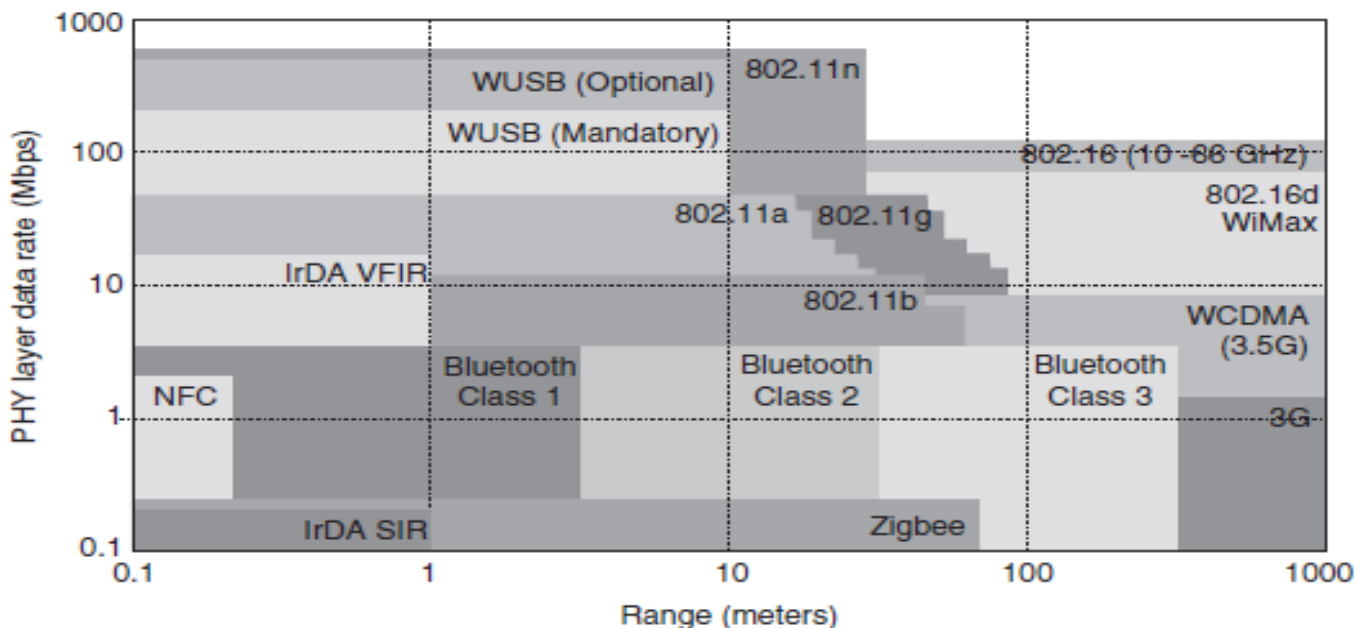
- **Ericsson** započeo istraživanja u oblasti povezivanja mobilnih telefona i dodatne opreme
 - Dovala do **Bluetooth** standarda (IEEE 802.15.1) u 1999. godini



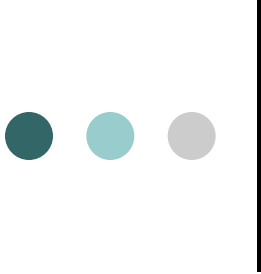
Bežični sistemi prenosa – Raznovrsnost tehnologija

- U tom periodu rapidnog razvoja, puno se pažnje posvećivalo raznovrsnosti tehnologija bežičnog umrežavanja
- To je bio **odgovor na** čitav **spektar različitih zahteva** po pitanju:
 - **inteziteta prenosa** podataka (oba visokog i niskog),
 - **radnog opsega** (dugog i kratkog) i
 - **potrošnje energije** (niske i veoma niske)

Bežični sistemi prenosa – Raznovrsnost tehnologija

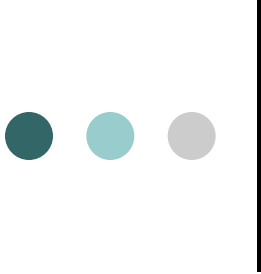


- **Intezitet prenosa** podataka - **četiri reda veličine**
 - **ZigBee** tehnologije na **20 kb/s** do bežičnog **USB** na preko **500 Mb/s**
- **Razdaljina komunikacije** - **šest reda veličine**
 - Od ¹⁵**NFC** sa **5 m** do **WiMAX** sa preko **50 km**



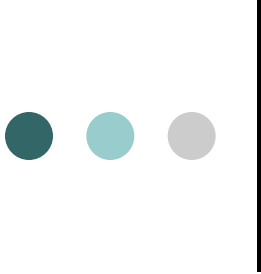
Bežični sistemi prenosa – Raznovrsnost tehnologija

- Izuzetno **širok spektar različitih tehnologija**
- **Prošireni spektar sa skokovitim promenama frekvencije**
 - Inspirisan pronalaskom filmske glumice (*Hedy Lamarr*) i kompozitora na osnovu kojeg je nastao Bluetooth radio
- **Kodovi sa malom gustinom provera parnosti**
 - LDPC (*Low Density Parity Check Codes*) kodovi
 - Svojevrсни proboj u efikasnom prenosu podataka
 - Gigabitske bežične mreža



Bežični sistemi prenosa – Raznovidnost tehnologija

- *Tehnologije čiji su počeci bili vrlo skromni, kombinovanjem sa drugim* konceptima su proširile granice upotrebljivosti
- Tehnologija ***frekvencijskog multipleksiranja ortogonalnih nosilaca (OFDM)***
 - Upotreba limitirana 80-ih godina na digitalnu difuziju
 - Kombinacije:
 - a) Ultra Široko-pojasni (***UWB***) radio prenos
 - b) Tehnika ***višestrukog pristupa na bazi kodne raspodele posredstvom višestrukih nosilaca***

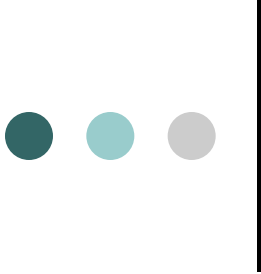


Bežični sistemi prenosa – Raznovidnost tehnologija

- a) Ultra Široko-pojasni (**UWB**) *radio prenos*
- OFDM baziran UWB sistem koji je nazvan **MB(MultiBand)-OFDM sistem**
 - Multipleksiranje **preko 7 GHz** radio spektra sa prenosnom snagom ispod FCC granice šuma
- b) OFDM u kombinaciji sa tehnikom višestrukog pristupa na bazi kodne raspodele posredstvom višestrukih nosilaca (MC-CDMA, *Multi-Carrier Code Division Multiple Access*) je drugi koncept
- Omogućuje realizaciju **gigabitske bežične mreže**

Bežični sistemi prenosa – Raznovidnost tehnologija

- **Tradicionalne tehnike** povećanja brzine prenosa podataka – baziraju se **na skraćanju vremena bitnog intervala**
- Da bi se zadovoljile sve veće potrebe za većim brzinama prenosa podataka - **tehnike izlaze iz domena tradicionalnih tehnika**
 - **Koriste i fazu i amplitudu nosioca** za prenos podataka ili
 - **Koriste širi radio opseg** kao što je u UWB radio-prenosu



Bežični sistemi prenosa – Raznovidnost tehnologija

- Treba pomenuti i *nadolazeću tehniku*
- Podrazumeva određenu *vrstu prostornog multipleksa* koji se dobija *simultanom transmisijom kroz nekoliko razdvojenih antenskih parova*
- *MIMO* (*Multiple Input Multiple Output* – višestruki ulaz, višestruki izlaz) tehnologija

Mrežne arhitekture - Uvod

- **Mrežna arhitektura**

- **Opšti principi** organizovanja – Opšta arhitektura



(konkretizacija)

- **Referentni model**



(konkretizacija)

- **Standardi** – konkretna specifikacija elemenata mreže saglasna referentnom modelu

Mrežne arhitekture - Uvod

- **Opšta mrežna arhitektura**
- Predstavlja kombinaciju **dve komponente**:
 - **Fizička** komponenta (fizička arhitektura)
 - **Logička** komponenta (logička arhitektura)
- **Pojam fizičke arhitekture**
 - Organizacija fizičkih objekata sistema
 - Fizička struktura mreže je **laka za razumevanje** jer je **vidljiva (fizički opipljiva)**

Mrežne arhitekture - Uvod

- **Logička struktura** mreže - *nije vidljiva*
 - **Koristi fizičku strukturu mreže** za prenos podataka
 - Logička i fizička komponenta se međusobno **oslanjaju jedna na drugu (interakcija između njih)**
 - Sa visokim stepenom **nezavisnosti**
 - Fizička konfiguracija mreže može biti promenjena **bez promene logičke arhitekture**
 - **Ista fizička mreža** može u različitim slučajevima da podrže **različit skup standarda i protokola na logičkom nivou**
- U nastavku **opisujemo detalje logičke strukture mreže**

Mrežne arhitekture - Uvod

- Razmena podataka između umreženih uređaja **zahteva** sprovođenje veoma složenih procedura
 - za *uspostavljanje* i *održavanje* komunikacione veze
 - *održavanje* korektne *sinhronizacije* između strana koje komuniciraju
 - *pronalaženje* optimalne *putanje* u mreži između udaljenih čvorova i
 - čitav *niz drugih zadataka.....*

Mrežne arhitekture - Uvod

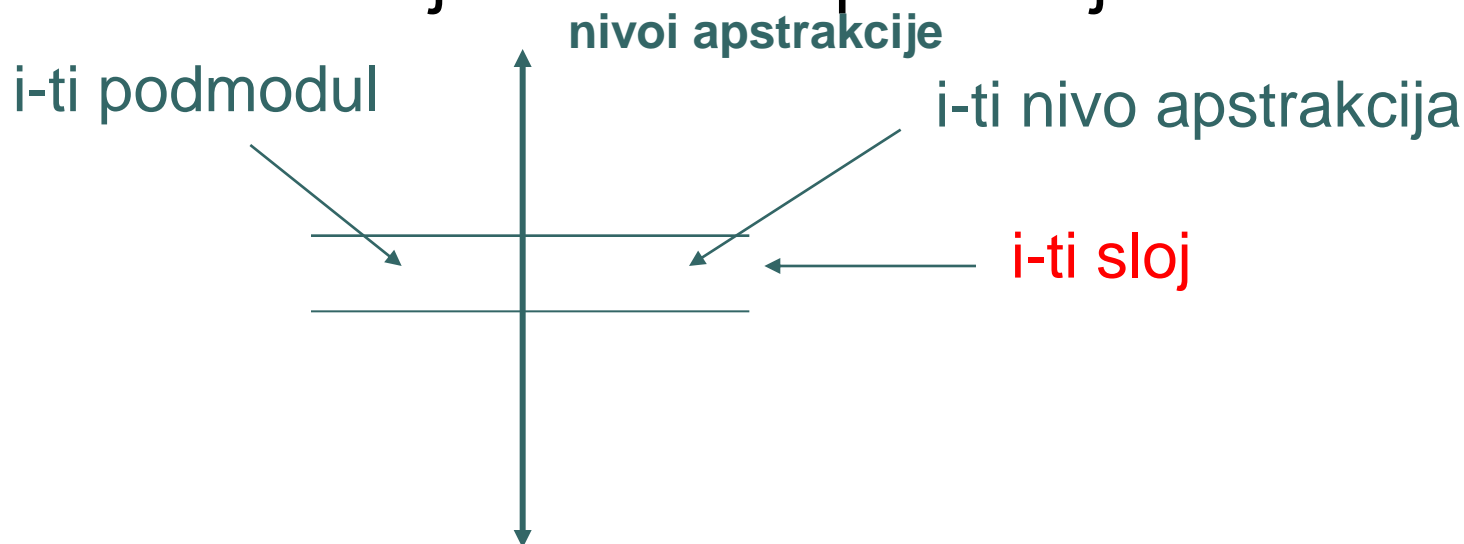
- Većina ovih procedura se **realizuju u softveru** (tzv. **mrežni softver**)
- **Zadatak mrežnog softvera** je - da od krajnjeg korisnika **sakrije sve detalje** nižeg nivoa koji su neophodni za ostvarivanje komunikacije, pružajući mu **privid direktne razmene podataka** s korisnikom koji je na drugom kraju veze
 - **Korisnik** može biti čovek, računar ili aplikacioni program – ***komunikacioni entitet***
- **Kako realizovati ovaj softver?**

Mrežne arhitekture - Uvod

- **Kako realizovati ovaj softver?**
- **A) Monolitni modul**, koji bi se bavio svim aspektima i detaljima mrežne komunikacije
- **B) Podeljen** na nezavisne, ali međusobno povezane **podmodule**
- **Podmoduli**: - svaki odgovoran za **jedan** specifičan **zadatak** ili **skup** logički **povezanih zadataka**
- ***Zadaci?***
- Različitog nivoa apstrakcije!!
 - transformacija bitova u signal koji se prenosi linkom
 - usmeravanje poruka u mreži složene topologije

Mrežne arhitekture - Uvod

- **Podmoduli** se *raspoređuju u slojeve* koji prate nivo apstrakcije
- **Svaki sloj** u ovakvoj vertikalnoj strukturi **rešava niz (logički povezanih) problema** karakterističnih za jedan nivo apstrakcije



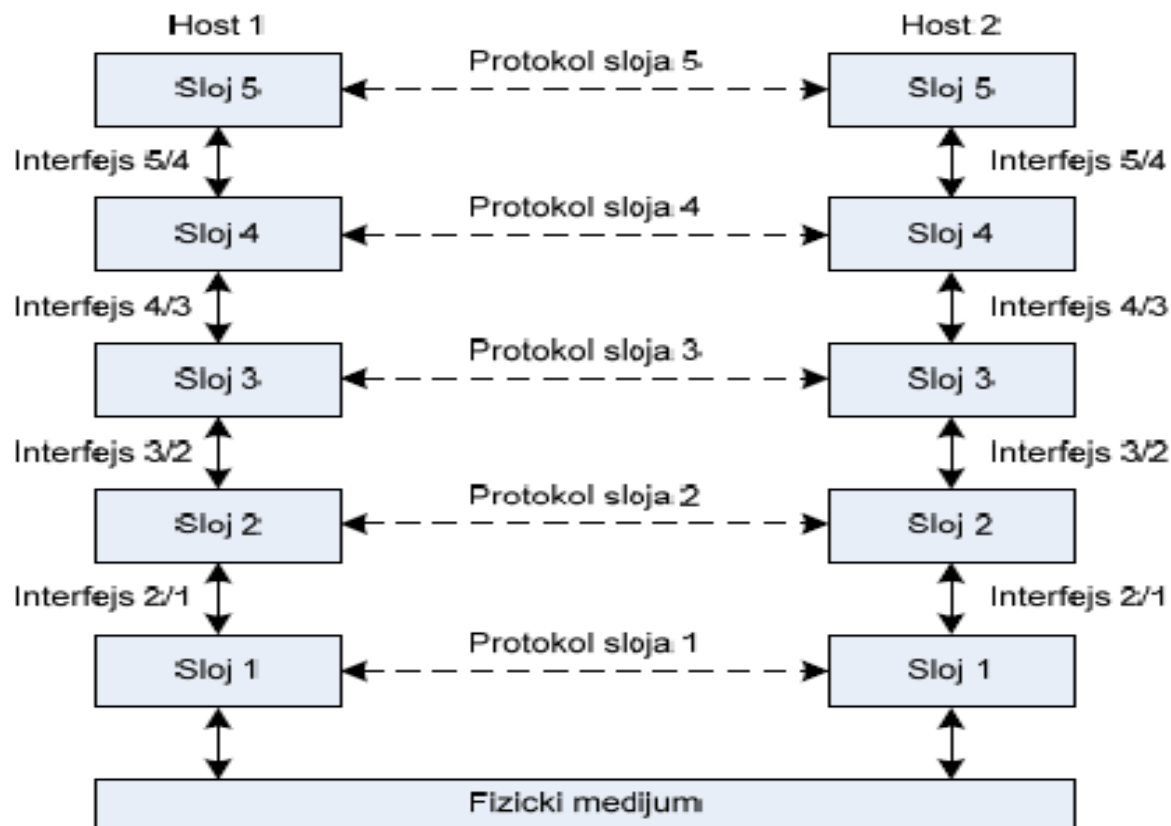
Mrežne arhitekture - Uvod

- Opšti princip - Princip programabilnog interfejsa
- Zadatak celokupnog mrežnog softvera - da sakrije sve detalje mrežne komunikacije od krajnjeg korisnika
- Zadatak svakog sloja - da od sloja iznad sakrije sve detalje nižeg nivo, koji su rešeni u tom sloju i svim slojevima ispod
 - Na primer, sloj koji se bavi *rutiranjem poruka* nije opterećen problemima koji se tiču *prenosa podataka* preko jednog fizičkog linka, zato što je to odgovornost nižih slojeva

Mrežne arhitekture - Uvod

- ***Funkcionalni odnos između slojeva?***
- **Vertikalna povezanost**
- Uopšteno govoreći, **svrha svakog sloja** je da
 - Pruži određeni skup usluga** (***servisa***) višim slojevima,
 - Sakrije od njih detalje** koji se odnose na to kako su ti servisi konkretno realizovani

Slojevi, protokoli, interfejsi



Na primer, sloj 3 koristi usluge sloja 2, a pruža usluge sloju 4

Slojevi, protokoli, interfejsi

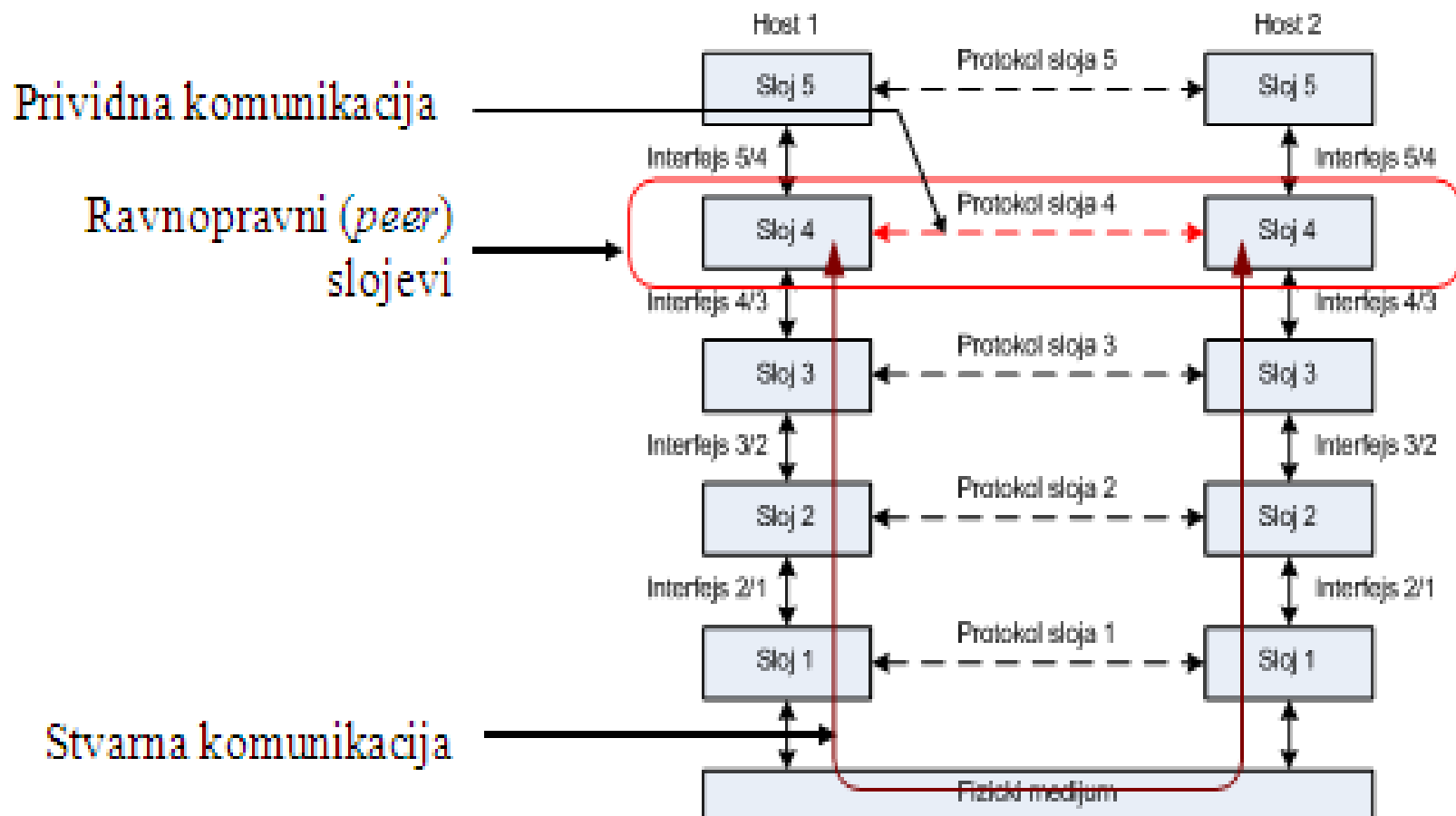
- Horizontalna povezanost - Ravnopravni (peer-to-peer) slojevi
- Za slojeve mrežnog softvera, osim vertikalne, karakteristična je i horizontalna povezanost
- Mreža se sastoji od velikog broja računara, a na svakom od njih se izvršava **funkcionalno identična kopija mrežnog softvera**
- Možemo razumeti da sloj n na računaru **Host_1**, obavlja konverzaciju sa sebi ravnopravnim (tzv. peer) slojem n na računaru **Host_2**

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Logička (virtuelna) i fizička (stvarna) komunikacija
- Pravila ove konverzacije se zajedničkim imenom zovu **protokol sloja n**
- U osnovi, protokol je **dogovor između dve strane** o načinu na koji se komunikacija odvija
- U realnosti, podaci se **ne prenose direktno** između *peer* slojeva
- **Svaki sloj prosleđuje podatke**, zajedno sa odgovarajućim kontrolnim informacijama, **sloju ispod**, sve do sloja najnižeg nivoa (sloj 1)

Slojevi, protokoli, interfejsi

○ Ravnopravni (peer-to-peer) slojevi



Slojevi, protokoli, interfejsi

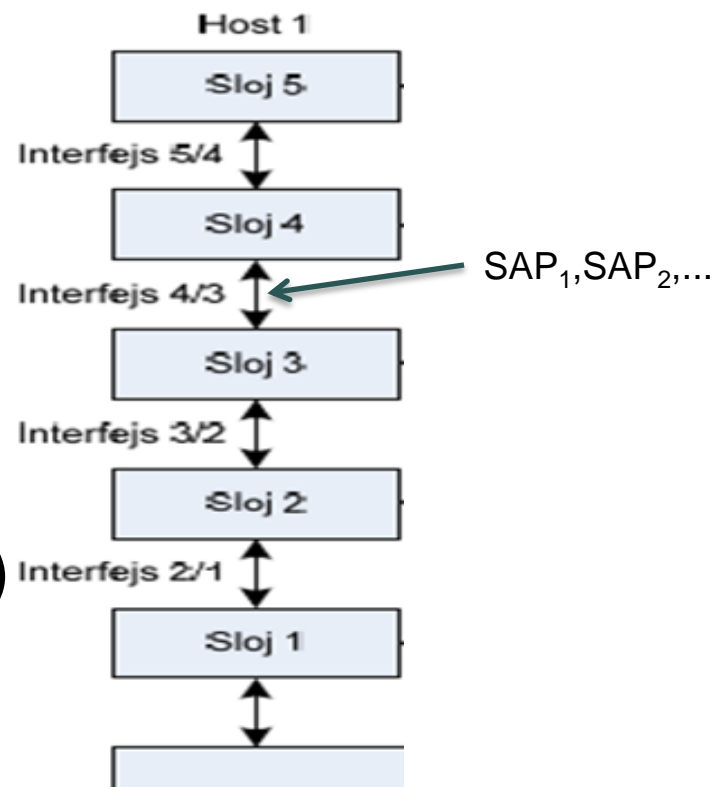
- Interfejs

- Između svakog para **vertikalno-susednih slojeva** egzistira **interfejs**

- Interfejs **definiše**

- ***Način interakcije i***

- ***Servise nižeg sloja*** koji su dostupni višem sloju
(SAP, Service Access Point)



Slojevi, protokoli, interfejsi

- Interfejs
- **Cilj je:**
- Definirati što je moguće jednostavniji interfejs koji će činiti skup dobro-definiranih i lako razumljivih funkcija
- Da minimizuje količinu dodatnih informacija koje se prenose između slojeva i
- Da omogući zamenu jedne realizacije sloja nekom drugom, a da to ne zahteva bilo kakve promene u susjednim slojevima

Protokolski stek

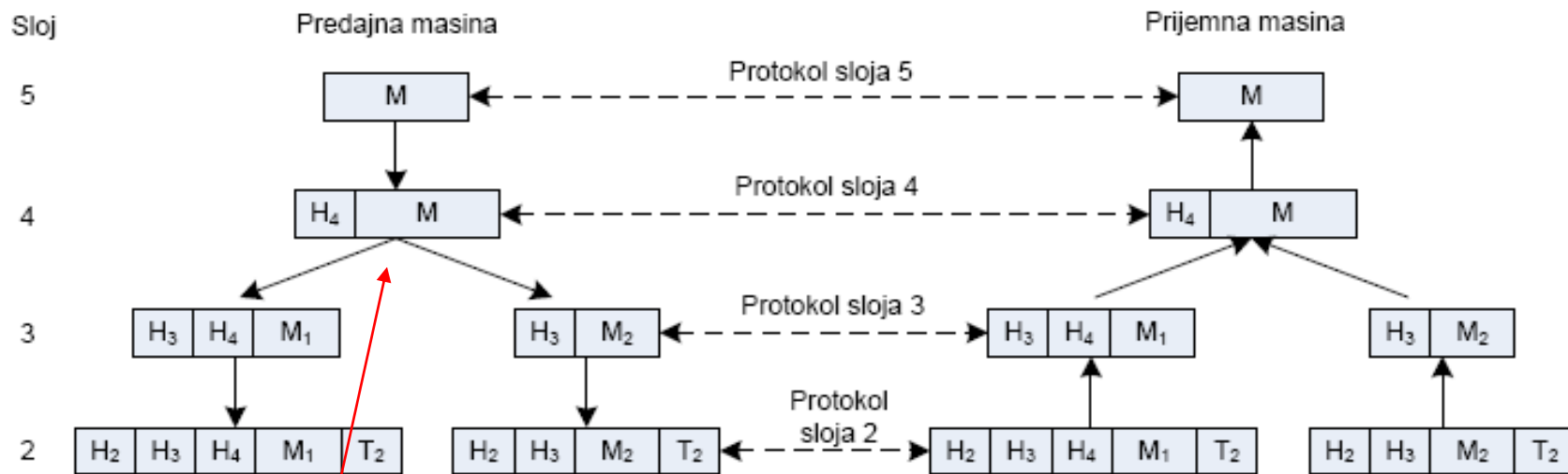
- Skup protokola koje se koristi u nekom sistemu, jedan protokol po sloju, naziva se protokol stek (*protocol stack*)

“Skup protokola + skup slojeva = arhitektura mreže”

- Specifikacija arhitekture
- Pored datog **protokolskog steka**
- Mora da **sadrži dovoljno informacija** na osnovu kojih će programeri ili projektanti hardvera biti u stanju **da realizuju** softver, odnosno hardver

Slojevi, protokoli, interfejsi

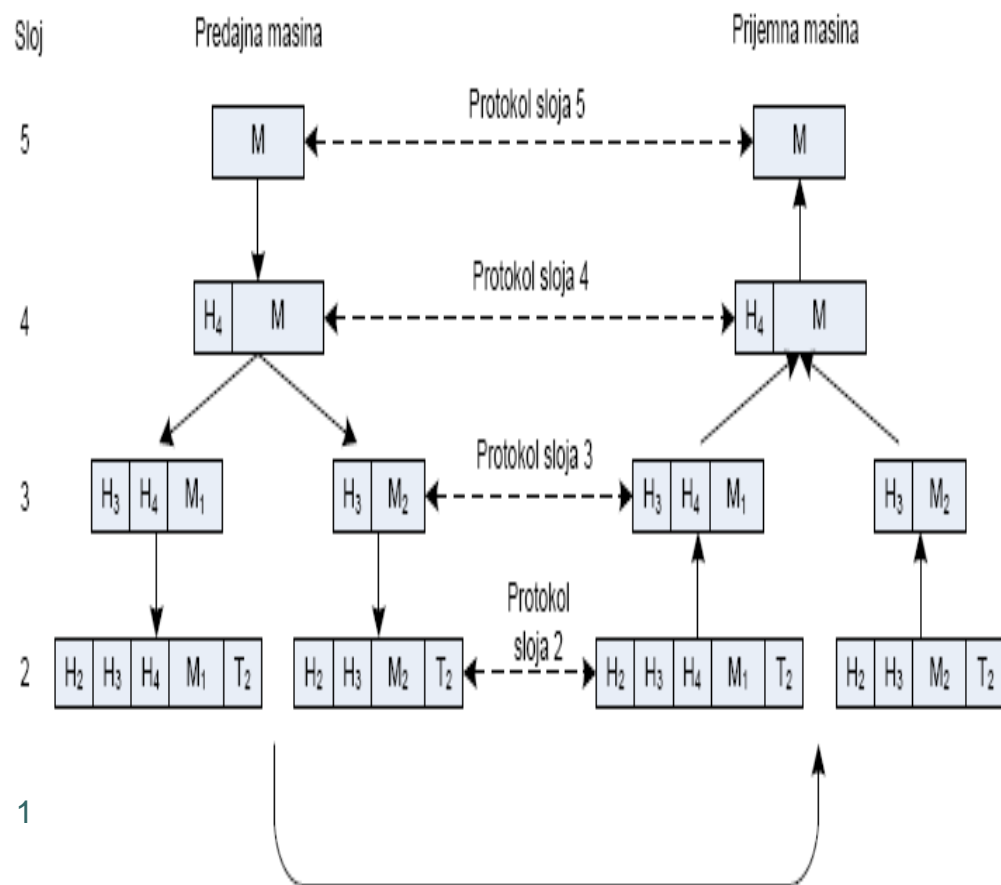
- Enkapsulacija podataka
- Pretpostavka je da vršni sloj (sloj 5) generiše poruku (**M**) koju želi da isporuči *peer* sloju na nekoj udaljenoj mašini



- 1 Postoji ograničenje u dužini poruke
poruka -> pakete (segmentacija)

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Enkapsulacija podataka
- **Sloj 5** predaje poruku sloju 4
- **Sloj 4** na početak poruke umeće svoje zaglavlje (*header*) i sve zajedno prosleđuje sloju 3
- Zaglavlje je dodatna informacija koja identifikuje informacije koje slede i ima neki značaj za *peer* sloj 4





Slojevi, protokoli, interfejsi

- Enkapsulacija podataka

- Primeri *informacija u zaglavlju*:

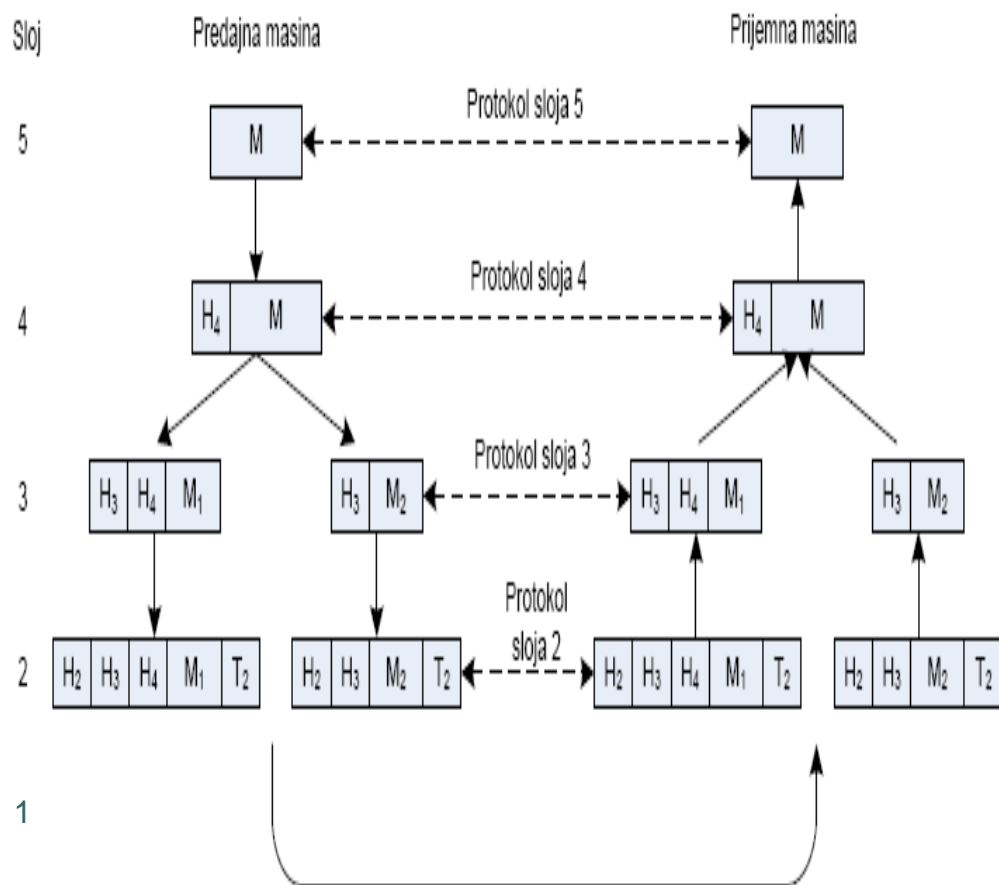
- *Redni broj poruke*, na osnovu koga će sloj 4 na odredišnoj mašini biti u mogućnosti da sloju 5 isporuči poruke u redosledu u kome su one poslate
- *Informaciju o veličini poruke*, tekućem vremenu i druge upravljačke i statusne podatke koje su od značaja za sprovođenje protokola odgovarajućeg sloja

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Enkapsulacija podataka
- Pravilo: Sloj nižeg nivoa sve podatke primljene od višeg sloja (zaglavlje + poruka) tretira kao jednu celinu
- Kod mnogih mreža postoji ograničenje u maksimalnoj veličini poruka koje se mogu razmenjivati između pojedinih slojeva
 - Neka je u konkretnom primeru to slučaj sa **slojem 3**

Slojevi, protokoli, interfejsi

- **Enkapsulacija podataka**
- **Sloj 3** deli poruku sloja 4 na manje jedinice, tzv. **pakete**, i svakom paketu pridodaje svoje **zaglavlje**
- **Sloj 2** dodaje svakom primljenom paketu ne samo **svoje zaglavlje** već i **završni zapis** (*trailer*) i prosleđuje ga sloju 1 koji obavlja fizički prenos

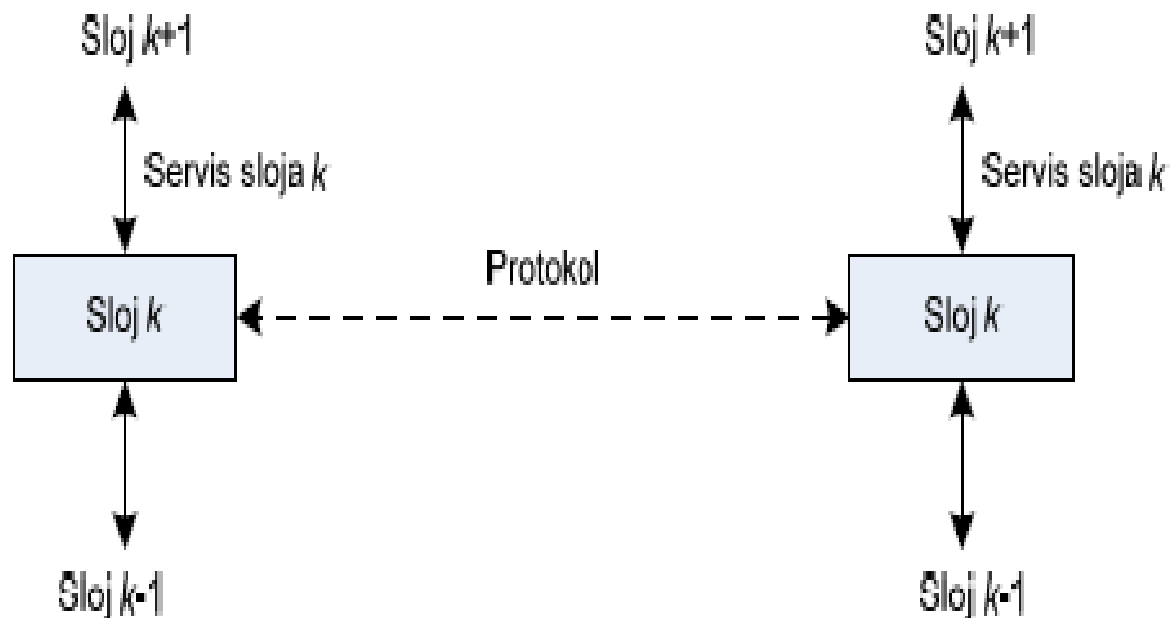


Slojevi, protokoli, interfejsi

- Odnos između protokola i servisa
- Važno je razumeti razliku između *virtuelne* (**horizontalne**) i stvarne (**vertikalne**) komunikacije, odnosno, razliku između **protokola i servisa**
- Na primer, *peer* slojevi 4 imaju utisak da se njihova komunikacija obavlja direktno (horizontalno) korišćenjem protokola sloja 4
- U realnosti, slojevi 4 direktno komuniciraju samo sa slojevima 3 putem interfejsa 3/4

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Odnos između protokola i servisa
- Pojmovi **servis** i **protokol** imaju različito značenje – vertikalna i horizontalna komunikacija



Slojevi, protokoli, interfejsi

- Odnos između protokola i servisa
- Servis je *skup operacija* koje neki sloj nudi sloju iznad
- Servis definiše koje operacije je sloj spreman da obavi za sloj iznad, ali ne govori ništa o tome kako su te operacije realizovane
- Servis je u vezi sa interfejsom između slojeva
- Sloj nižeg nivoa je **provajder servisa**, a sloj višeg klijent ili **korisnik servisa**

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Odnos između protokola i servisa
- Protokol je skup pravila
 - Koja regulišu kreiranje i značenje paketa ili poruka i
 - Koje se razmenjuju između *peer slojeva*
- Protokol se bavi horizontalnom komunikacijom između *peer slojeva* na različitim mašinama



Slojevi, protokoli, interfejsi

- Odnos između protokola i servisa
- Slojevi kroz protokole realizuju svoje servise
- **Protokol** sadržan u sloju se može slobodno **zameniti** nekim drugim **pod uslovom da servis**, onako kako ga vidi sloj iznad, ostane isti

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Dva važna *referentna modela*:
- Pružaju *smernice u procesu razvoja standarda* za međusobno povezivanje računarske opreme
- *Referentni model* je pre radni okvir za razvoj ovih standarda nego sam standard
 - OSI referentni model
 - TCP/IP referentni model

Slojevi, protokoli, interfejsi

- Dva važna *referentna modela* :
- OSI referentni model
 - Retko koristi u praksi, ali sam model je i ***dalje od velike važnosti*** zbog svoje ***opštosti i sveobuhvatnosti***
 - Koncepti obuhvaćeni OSI modelom su ***podloga mnogim savremenim mrežnim arhitekturama***
- TCP/IP referentni model
 - Kao model nije od velike koristi, ali su zato njegovi ***protokoli u širokoj upotrebi*** - ***Internet je zasnovan na TCP/IP modelu***

OSI referentni model

- Razvijen od strane **Međunarodne organizacije za standarde** (ISO, *International Organization for Standardization*)
- Pruža **smernice u procesu razvoja standarda** za međusobno povezivanje računarske opreme
- **OSI model** je pre radni okvir za razvoj ovih standarda nego sam standard
 - Posao umrežavanja računarske opreme je isuviše kompleksan problem da bi bio pokriven samo jednim standardom

OSI referentni model

- OSI model **deli konekciju** između uređaja, ili preciznije između aplikacija **na sedam celina** koje se nazivaju „**slojevi**“ **logički povezanih poslova**

Sloj	Opis	Standardi i protokoli
7 – Aplikativni sloj	Standardi za pružanje usluga aplikacijama – kao što su provera raspoloživosti resursa, autentifikacija korisnika, itd...	HTTP, FTP, SNMP, POP3, SMTP
6 – Prezantacioni sloj	Standardi za kontrolu prevođenja dolaznih i odlaznih podataka iz jednog prezentacionog formata u drugi.	SSL
5 – Sloj sesije	Standardi za upravljanje komunikacijom prezentacionih slojeva na predajnom i prijemnom računaru. Ova komunikacija se ostvaruje uspostavom, upravljanjem i raskidom „sesije“.	ASAP, SMB



OSI referentni model

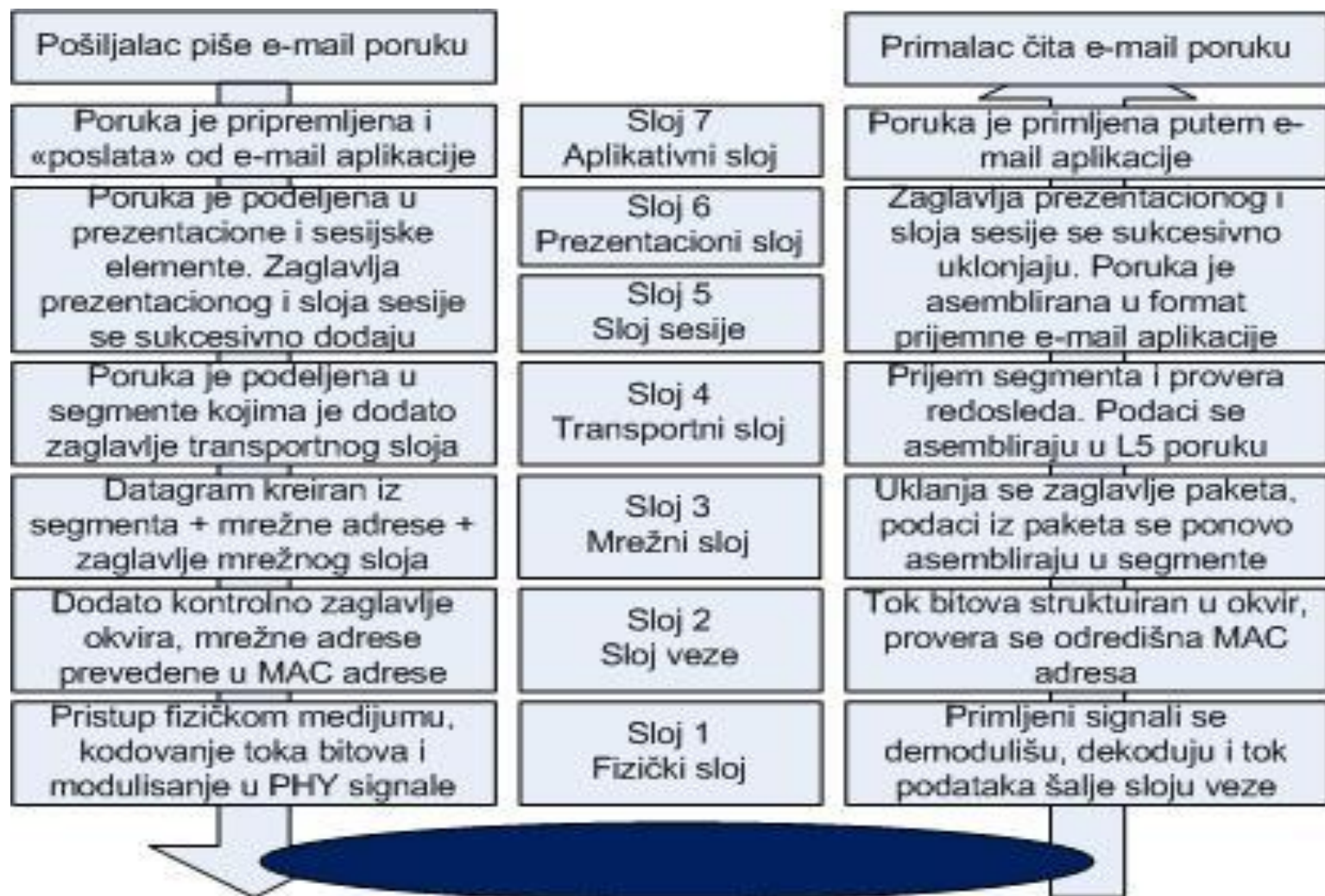
4 – Transportni sloj	Standardi koji omogućuju pouzdan prenos podataka uključujući oporavak od greške, upravljanje protokom, itd... Obezbeđuju siguran prenos svih paketa podataka.	TCP, UDP,SCCP
3 – Mrežni sloj	Standardi kojima se upravlja vezama na nivou mreže – funkcije kao što su ritiranje, prosleđivanje i raskid veza između stanica u mreži.	IPv4, IPv6, ARP
2 – Sloj veze	Standardi kojima se upravlja pristupom stanica i deljenje prenosnog medijuma (poznati kao Media Access Control ili MAC) i obezbeđuju pouzdanost fizičke veze (poznati kao Logical Link Control ili LLC).	ARP, Ethernet (IEEE 802.3), Wi-Fi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1)
1 – Fizički sloj	Standardi koji upravljaju fizičkim prenosom toka podataka preko određenog medijuma, na nivou metoda kodiranja, modulacije, napona, prostiranja signala i frekvencija.	Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX



OSI referentni model

- *U realizaciji jedne konekcije* (veze) između aplikacija učestvuju ***svi slojevi kroz međusobnu saradnju***
- Kao primer međusobne saradnje slojeva, izložit ćemo ***primer slanja i prijema poruke elektronske pošte*** između dva računara koji se nalaze u različitim lokalnim računarskim mrežama međusobno povezane Internetom

OSI referentni model



OSI referentni model

- **Standardi** za većinu slojeva OSI modela su kreirani od strane **različitih standardizacionih organizacija**
- Jedna od tih organizacija je i **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)
- Svaki **standard** precizno definiše:
 - usluge koje su realizovane **u okviru određenog sloja** kao i
 - protokole ili pravila koja se moraju poštovati kako bi se **omogućilo korišćenje tih usluga** od strane uređaja ili drugih slojeva



OSI referentni model

- Faktički, ***za svaki sloj*** je razvijeno ***više standarda***
- Oni se na početku ***takmiče za prevlast***
- Epilog egzistencije više standarda je da jedan od njih postane preovlađujući i ***postane industrijski „standard“*** ili svi zajedno nastave mirnu koegzistiraju što se tiče upotrebe

OSI referentni model

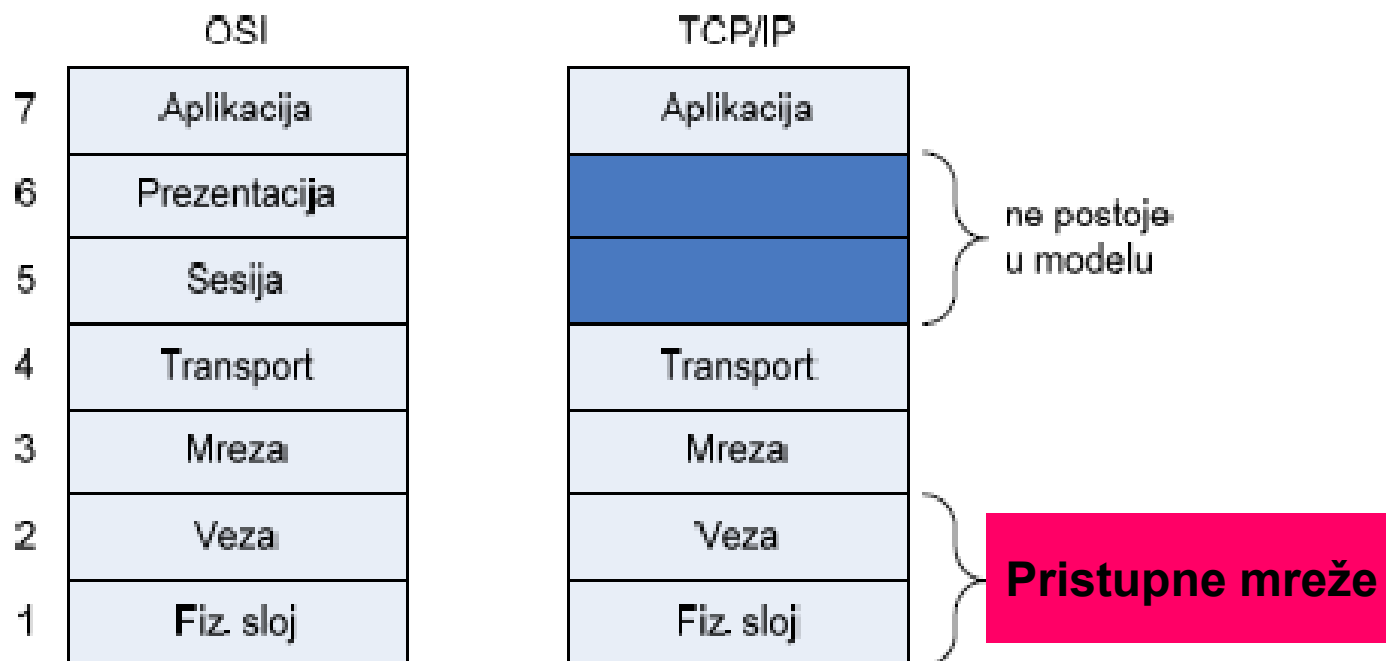
- U definisanju *arhitekture bežičnih mreža*, u principu, *dominiraju standardi* vezani za:
 - *Sloj veze* (LLC i MAC podslojevi) i
 - *Fizički* (PHY) *sloj*
- U nastavku ove lekcije dajemo preliminarni *uvod ovih standarda i protokola*
- Detaljniji opis će biti dat u lekcijama u kojima će se opisivati bežične lokalne računarske mreže (*WLAN*)

TCP/IP referentni model

- Naglasak stavljen na sloj mreže, transportni i aplikacioni sloj
- Mrežni i transportni sloj odgovaraju slojevima **3 i 4 OSI modela**
- Međutim, kod TCP/IP na transportni sloj direktno se nastavlja aplikacioni sloj - koji obuhvata funkcionalnost **tri vršna sloja OSI modela**

TCP/IP referentni model

- **Odnos** između **OSI** i **TCP/IP** modela



Tehnologije mrežnog sloja

- **Sloj mreže** je **odgovoran za isporuku paketa od izvora do odredišta** koji se mogu nalaziti i u različitim mrežama (nisu povezani na isti link)
 - Ako su dva sistema povezana **na isti link**, obično **ne postoji potreba za mrežnim slojem**
 - Ako su sistemi povezana **na različite mreže**, **mrežni nivo je neophodan**
- Njegov zadatak je da **reguliše protok paketa između dva sistema**

Tehnologije mrežnog sloja

- **Internet protokol** (*IP*, *Internet Protocol*) je **odgovoran za**
 - *adresiranje*,
 - *prosleđivanje* i
 - *isporuku*

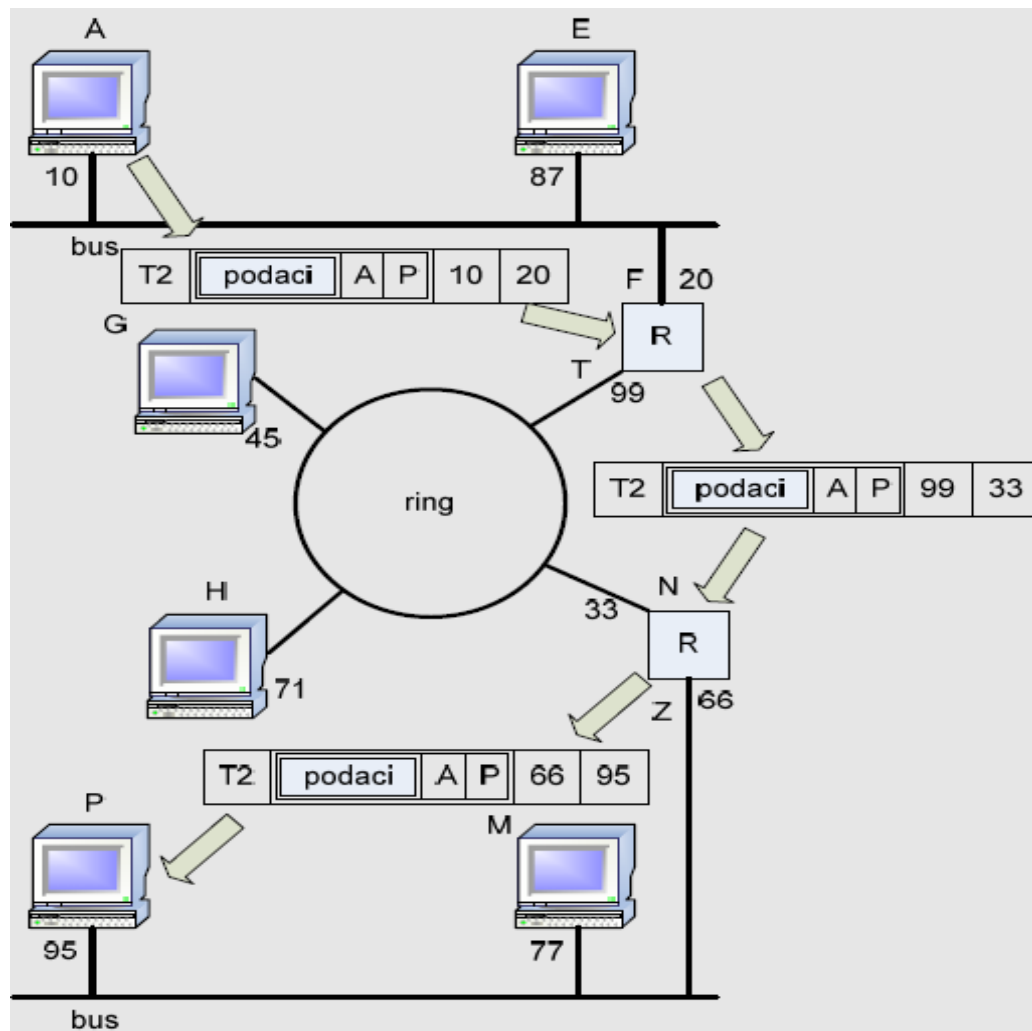
svakog paketa podataka *unutar uspostavljene* *konekcije* pod kontrolom protokola transportnog sloja kao što su TCP ili UDP
- **Srce** Internet **protokola** je **IP adresa** - broj dužine 32 bita koji se pridružuje svakom paketu

Tehnologije mrežnog sloja

- **IP adrese** (definisane na mrežnom sloju) - **omogućuju povezivanje** *milijarde uređaja u jednu virtuelnu mrežu*
- **Aktuelni prenos okvira podataka** između uređaja se zasniva na **MAC adresama** mrežnih kartica (NIC-ova)
 - **Ne na logičkim IP adresama** uređaja kome mrežna kartica pripada
- **Preslikavanje** između IP adresa mrežnog sloja i MAC adresa sloja veze je **omogućeno ARP protokolom** (ARP, Address Resolution Protocol)

Tehnologije mrežnog sloja

Primer uloge
tehnologija
mrežnog sloja:



Tehnologije mrežnog sloja

IP adresiranje

- **32 bita** duga IP adresa se često predstavlja u „**decimalno-tačkastom**“ formatu kao niz **četiri decimalna broja** između 0 i 255, na primer:
200.100.50.10
- Drugi format zapisivanja IP adrese je „**binarno-tačkasti**“ format:
11001000.01100100.00110010.00001010

Tehnologije mrežnog sloja

IP adresiranje

- IP adresa (**a**) **jedinstveno identifikuje računar** ili neki drugi uređaj u mreži, (**b**) jedinstveno **identifikuje mrežu** na koju je uređaj povezan
- Ta dva dela IP adrese su poznati kao **host ID** i **network ID**
- **Značaj network ID** je u tome što omogućuje uređaju koji prosleđuje (šalje) paket **da odredi odlazni port** po kome će poslati paket na putu do njegovog konačnog odredišta

Tehnologije mrežnog sloja

IP adresiranje

<u>Sending Device</u>		
IP Address:	200.100.50.10	11001000.01100100.00110010.00001010
Subnet Mask:	255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000
<hr/>		
Network ID:	200.100.50.000	11001000.01100100.00110010.00000000
<u>Local IP address</u>		
IP Address:	200.100.50.14	11001000.01100100.00110010.00001110
Subnet Mask:	255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000
<hr/>		
Network ID:	200.100.50.000	11001000.01100100.00110010.00000000
<u>Remote IP address</u>		
IP Address:	200.100.50.18	11001000.01100100.00110010.00010010
Subnet Mask:	255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000
<hr/>		
Network ID:	200.100.50.016	11001000.01100100.00110010.00010000

Tehnologije mrežnog sloja

Privatne IP adrese

- U februaru 1996. NWG (Network Working Group) je objavila **RFC 1918**, kojim je predložena **tri skupa tzv. privatnih IP adresa** za korišćenje **unutar mreža koje nisu direktno povezane na Internet**

<i>Class</i>	<i>Private address range start</i>	<i>Private address range end</i>
A	10.0.0.0	10.255.255.255
B	172.16.0.0	172.31.255.255
C	192.168.0.0	192.168.255.255

Tehnologije mrežnog sloja

Privatne IP adrese

- **Namena** privatnih adresa je **očuvanje prostora IP adresa**
- Omogućuju **višestruko korišćenje istog skupa adresa** unutar privatnih mreža
- U toj situaciji, nije bitno da li računar poseduje IP adresu **globalne vidljivosti** (i **jedinstvena**), s obzirom da taj računar i nema potrebe (mogućnosti) komunikacije preko Interneta

Tehnologije mrežnog sloja

Privatne IP adrese

- **Automatsko privatno adresiranje** (APIPA, *Automatic Private IP Addressing*)
- Adrese od **169.254.0.1** do **169.254.255.254**
- IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*) je rezervisala za korišćenje prilikom APIPA
- Usluga operativnog sistema (*Microsoft Windows*)
- DHCP klijenti mogu sami da konfigurišu IP adresu i masku pod-mreže ako DHCP server nije dostupan

Tehnologije mrežnog sloja

Privatne IP adrese

- **Automatsko privatno adresiranje** (APIPA, *Automatic Private IP Addressing*)
- Ako računar priključen na neku privatnu mrežu ima konfigurisan TCP/IP tako da očekuje IP adresu automatski od lokalnog DHCP servera, ali je u nemogućnosti da locira takav server (jer je na privatnoj mreži), tada će **operativni sistem** automatski dodeliti privatnu IP adresu iz tog intervala. Na taj način se omogućuje računaru komunikacija unutar te privatne mreže



Tehnologije mrežnog sloja

Internet protokol verzija 6 (IPv6)

“Potrebe za računarima na svetskom nivou neće prevazići pet mašina”

- izjava verovatno pogrešno pripisana Tomu Wotsonu, direktoru IBM (1943.g.)

„Ne postoji razlog da bilo koji pojedinac poseduje računar u svojoj kući“

- izjava Kena Olsona, osnivača DEC korporacije data 1997. godine na konvenciji World Future udruženja

Tehnologije mrežnog sloja

Internet protokol verzija 6 (IPv6)

- U okviru **32 bita** moguće je zapisati ukupno **2^{32} ili 4.29 milijardi IP adresa** – mnogo više nego dovoljno za identifikaciju svih računara koje bi ljudska populacija mogla da poželi da međusobno poveže
- Navedene izjave podsećaju nas koliko je **teško ispravno predvideti rast** i raznolikost računarskih aplikacija i korišćenja
- Verzija 6 IP protokola omogućuje adresiranje sa IP adresama koje su duge **128 bita**

Tehnologije mrežnog sloja

ARP (Address Resolution Protocol) protokol

- Kao što smo već naglasili, **svaki prenos** podataka **na** fizičkom (**PHY**) **sloju** je **adresiran na MAC adresu** mrežne kartice **prijemnog računara**, a ne na (mrežnu) IP adresu istog tog računara. Dakle, da bi **predajnik** adresirao paket koji šalje, on **prvo mora da nađe MAC adresu** koja odgovara IP adresi „sledećeg skoka“ i označi paket podataka sa tom adresom (u zaglavlju). To se ostvaruje **korišćenjem ARP protokola**

Tehnologije mrežnog sloja

Prosleđivanje paketa

- **Proces** koji se odvija u mreži sa ciljem da **omogući svakom paketu** podataka **da nađe put do svog odredišta**, bez obzira da li je to odredište „u susednoj sobi ili na drugom kraju sveta“
- **Ruter** upoređuje **odredišnu adresu** iz svakog **paketa** sa **adresama koje se nalaze u** memoriji i koje su **struktuirane** u formi koja se naziva – **ruting tabela**

Tehnologije mrežnog sloja

Prosleđivanje paketa

- **Ako ruter pronade adresu u tabeli**
- **Prosleđuje paket** na adresu koja je pridružena tom zapisu u tabeli - to može biti
 - **adresa hosta** u drugoj mreži ili
 - **adresa „sledećeg skoka“** (rutera) preko koga se paket šalje na putu do konačnog odredišta

Tehnologije mrežnog sloja

Prosleđivanje paketa

- **Ako ruter ne može da pronađe tu adresu u tabeli**
- Prolazi **ponovo kroz tabelu** tražeći **samo network ID** deo adrese (izvučen korišćenjem maske pod mreže kako smo već objasnili)
- **Ako je network ID nađen** u tabeli, paket se šalje na adresu koja je pridružena tom zapisu u tabeli
- **Ako nije nađen**, ruter traži adresu **podrazumevanog** „sledećeg skoka“

Tehnologije mrežnog sloja

Prosleđivanje paketa

- Kao **poslednji mogući ishod pretrage**, ako **ne postoji podrazumevana adresa** ruter **vraća izveštaj** u formi „*Host Unreachable*“ ili „*Network Unreachable*“ poruke ka izvorišnoj IP adresi
- Prijem takve poruke često označava da je negde na putanji došlo do otkaza rutera ili linka

Tehnologije mrežnog sloja

Prosleđivanje paketa

- Šta će se desiti ako, ili kada, takva struktura podataka (misli se na ruting tabelu) u nekoj situaciji bude **sadržala ne-konzistentne podatke**?
- Postoje li paketi koji **zauvek „lutaju“ Internetom**? IP zaglavlje uključuje kontrolno polje koje sprečava da se to desi. **TTL (time-to-live) polje** se inicijalizuje od strane predajnika na određenu vrednost

Tehnologije mrežnog sloja

Kreiranje ruting tabele

- ***Ruting tabela*** se može posmatrati kao ***krajnji rezultat*** jednog kontinuiranog procesa koji se odvija u mreži i naziva se ***ruting proces***
- Ovaj proces se ***odvija u pozadini*** funkcionisanja mreže
- ***Ruteri su nosioci*** realizacije ***ovog procesa*** i može se reći da je to najsofisticiraniji deo posla koji se realizuje pod njihovom kontrolom

Tehnologije mrežnog sloja

Kreiranje ruting tabele

- Ovim procesom **ruteri upravljaju** kroz posebne protokole koji se, takođe, nazivaju **ruting protokoli**
- **Ruting proces** može biti statički ili dinamički
- **Statičko rutiranje** podrazumeva **učitavanje statičke ruting tabele iz start-up fajla**
- **Dinamičko rutiranje**, koje je opštije rešenje, omogućuje kreiranje ruting tabela **na osnovu komunikacije između rutera** u mreži

Tehnologije mrežnog sloja

Dinamičko kreiranje ruting tabele

- To se generalno može uraditi **na dva načina**
- Podrazumeva **korišćenje ICMP protokola** i „Router Solicitation“ i „Router Advertisement“ porukama koje omogućuju **prozivku susednih ruteru**. Ovim poruka se šalje pitanje tipa „Ko je tamo?“ i vraća se odgovor „Ja sam ovde“
- **Podrazumeva RIP** (Router Information Protocol) **poruke**, kojima ruteri periodično emituju u mrežu celokupni sadržaj svojih ruting tabela



Tehnologije mrežnog sloja

Kreiranje ruting tabele

- **Poseban izazov** procesa rutiranja se dešava *u potpuno povezanim (mesh) mobilnim ad-hoc mrežama (MANET)*, u kojima se *topologija mreže može kontinuirano menjati*
- **Jedan pristup** realizacije procesa rutiranja *u MANET mrežama* je *inspirisan ponašanjem mrava*, koji će biti kasnije detaljno objašnjen



Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT, *Network Address Translation*)

- Kao što smo već napomenuli, **RFC 1918** **definiše tri skupa privatnih IP adresa** za korišćenje unutar mreža koje ne zahtevaju povezanost na Internet

Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT)

- **Širenjem Interneta** i rastućim potrebama da računari u takvim mrežama budu on-line, **ograničenje rešenja o očuvanju adresnog prostora – postaje očigledno**

Pitanje:

- *Kako će računari sa privatnim IP adresama dobiti odgovor iz Interneta, kada njihova IP adresa nije prepoznatljiva kao validno odredište od nijednog rutera na Internetu?*



Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT)

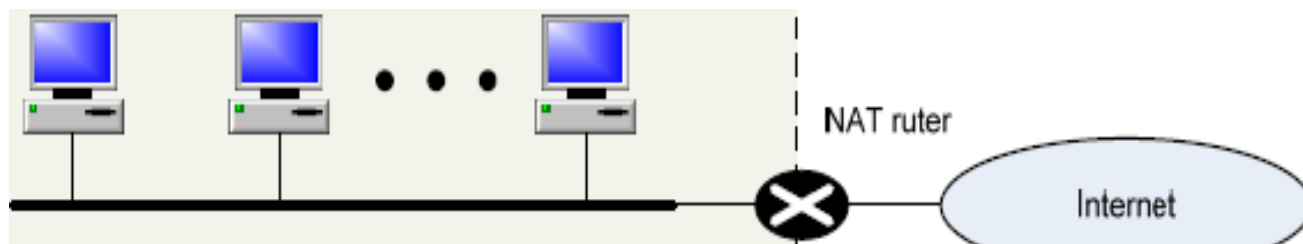
- ***Postupak prevođenje mrežnih adresa*** daje rešenje za ovaj problem

Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT)

- Kada računar šalje paket podataka van privatne mreže, **NAT ruter** preko koga je privatna mreža povezana na ostatak Interneta **će zameniti privatnu IP adresu** (**192.168.0.1** u Tabeli) **sa javnom IP adresom** (npr. **205.55.55.1**)

192.168.0.1



Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT)

<i>Private IP address</i>	<i>Public IP address</i>
192.168.0.1	205.55.55.1
192.168.0.2	205.55.55.2
192.168.0.3	205.55.55.3
192.168.0.4	205.55.55.4

- Prijemni ***server i Internet ruteri će prepoznati tu adresu kao validnu*** odredišnu adresu (u slučaju odgovora) i rutiranje paketa će biti korektno

Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje mrežnih adresa (NAT)

- Kada *izvorišni NAT ruter primi povratni paket podataka (odgovor)* on će **zameniti** odredišnu adresu iz paketa **sa** originalnom privatnom IP adresom računara koji je inicirao razmenu podataka
- Ovaj proces prevođenja privatne u javnu IP adresu u Internet getveju privatne mreže je poznat pod nazivom Prevođenje mrežnih adresa (NAT, *Network Address Translation*)

Tehnologije mrežnog sloja

Statički i dinamički NAT

- U praksi, **NAT može biti**
- **Statički** ili
 - Svaki računar u privatnoj mreži koji zahteva Internet pristup ima javnu IP adresu koja mu se pridružuje kroz **predhodno definisanu NAT tabelu**
- **Dinamički**
 - Postoji skup raspoloživih javnih IP adresa koje se **dodeljuju dinamički** (prevode u privatne) **na zahtev**



Tehnologije mrežnog sloja

Statički i dinamički NAT

- Treba naglasiti da je ***dinamički NAT*** daleko **češće rešenje u praksi** zato što je automatizovano i ne zahteva ručnu manipulaciju!

Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje port adresa

- Komplikacija nastaje ako:
 - **NAT ruter** privatne mreže *ima samo jednu javnu IP adresu* raspoloživu za dodeljivanje, *ili*
 - **Broj računara** iz privatne mreže **koji pokušavaju konekciju** kroz Internet **je veći** nego što je **broj raspoloživih javnih IP adresa** u getveju
- To je čest slučaj u malim organizacijama sa jednom Internet vezom do ISP



Tehnologije mrežnog sloja

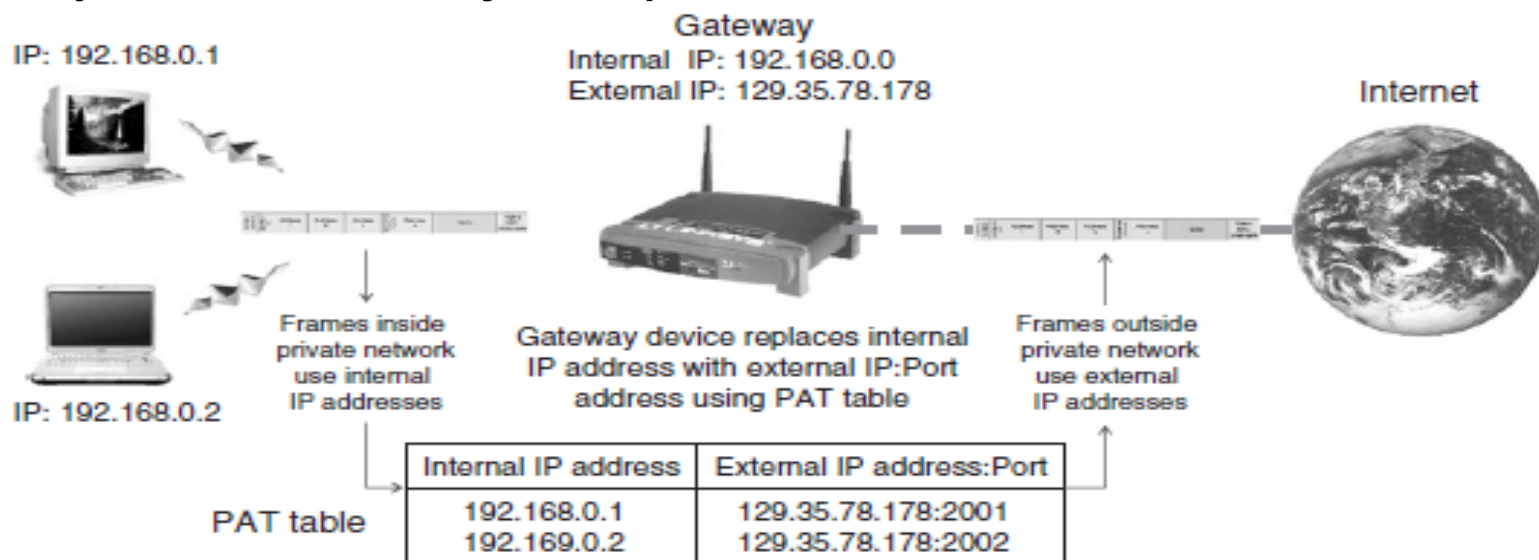
Prevođenje port adresa

- U tom slučaju, samo je jednom računaru iz privatne mreže omogućena konekcija kroz Internet u jednom trenutku
- **Rešenje!**
- **Prevođenje port adresa** (**PAT**, *Port Address Translation*) prevazilazi ovo ograničenje
- **Privatne IP adrese** se prevode **u različite port adrese** povezane sa tom jednom javnom IP adresom

Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje port adresa

- Računar unutar privatne mreže šalje paket podataka kroz Internet
- Getvej zamenjuje izvorišnu adresu sa javnom IP adresom zajedno sa slučajnom port adresom između 1024 i 65536



Tehnologije mrežnog sloja

Prevođenje port adresa

- **Kada se paket podataka vrati** sa te odredišne adrese i adrese porta, **PAT tabela** omogućuje getveju da isporuči paket podataka do izvorišnog računara u privatnoj mreži

<i>Private IP address</i>	<i>Public IP address:Port</i>
192.168.0.1	129.35.78.178:2001
192.168.0.2	129.35.78.178:2002
192.168.0.3	129.35.78.178:2003
192.168.0.4	129.35.78.178:2004