



Mreže računala

Vježbe 01

Matko Botinčan
Zvonimir Bujanović
Igor Jelaska
Maja Karaga

- sudjelovanje u nastavi – 4%
- 2 kolokvija – 25% + 25%
- 2 domaće zadaće – 8% + 8%
- završni ispit – 30%

Pravo na potpis: prisutnost na bar 50% predavanja i vježbi.

Popravni samo završni ispit.

Osnovne informacije o kolegiju

- Termini predavanja:
PON 08-10h [Luka Grubišić]
PET 12-14h [Robert Manger]
- Termini vježbi:
PON 12-14h [Maja Karaga]
UTO 14-16h [Igor Jelaska]
SRI 10-12h [Zvonimir Bujanović]
SRI 12-14h [Matko Botinčan]
- Svi nastavni materijali, informacije i obavijesti nalazit će se na web stranicama kolegija:
 - <http://www.math.hr/nastava/mreze/>

Polaganje kolegija

Gradivo na vježbama

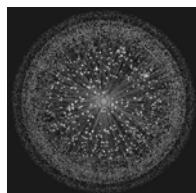
1. Upoznavanje sa mrežnom infrastrukturom – Ethernet, TCP/IP, alati za mrežnu dijagnostiku (ping, traceroute...)
2. Programiranje u mrežnom okruženju – Socket API
3. Često korištene mrežne aplikacije – telnet, ftp, web...
4. Upoznavanje sa strukturom HTML dokumenata, izrada i postavljanje web stranica

Literatura

- Douglas E. Comer. *Computer Networks and Internets with Internet Applications (Fourth Edition)*. Prentice Hall, 2004.



- Materijali na dostupni na internetu...

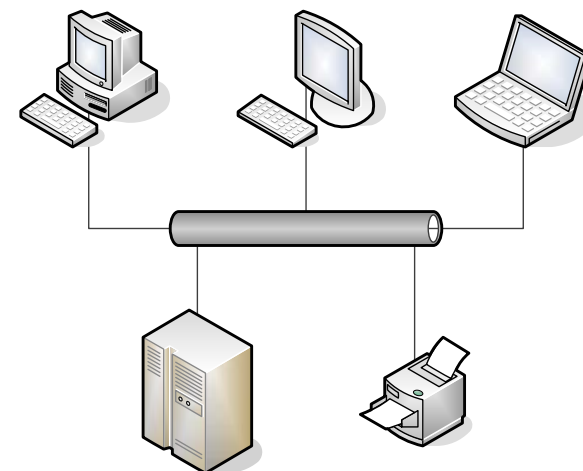


01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

5

Lokalna računalna mreža (LAN)

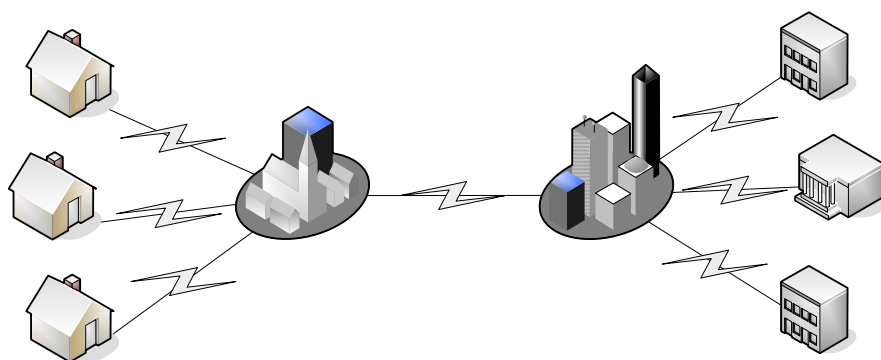


01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

6

Mreža širokog područja (WAN)



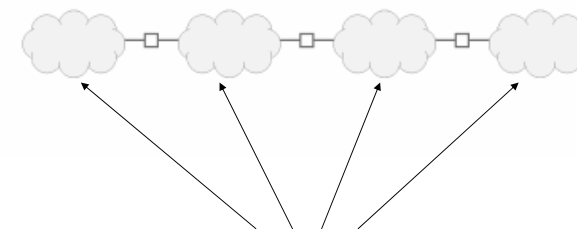
01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

7

Usmjernici (routeri)

- Usmjernik povezuje dvije (ili više) fizičke mreže



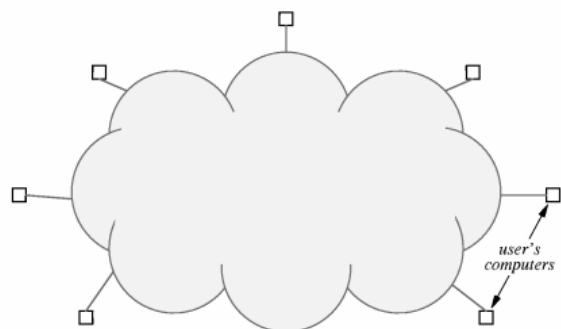
Svaka od mreža može biti LAN ili WAN

01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

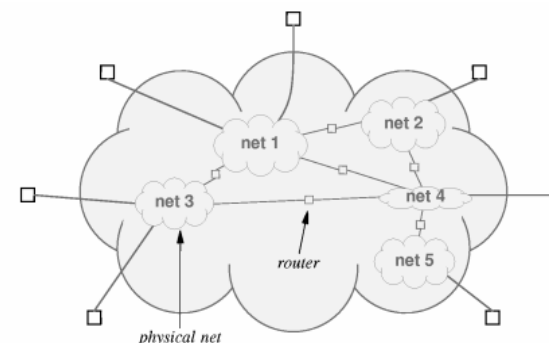
8

Logička struktura interneta



Korisnik ima iluziju da je riječ o jednoj velikoj mreži...

Fizička struktura interneta



... dok fizička struktura otkriva mnogo raznorodnih mreža povezanih usmjernicima

OSI referentni model informacijske mreže

Fizički sloj

- električna i fizička svojstva mrežnih uređaja
- npr. naponski nivoi, broj pinova na konektorima

Primjer uređaja:

- NIC (Network Interface Card) – mrežni adapter
- mrežni koncentrador (hub)
- mrežni ponavljač (repeater)

Primjeri mrežnih standarda:

- V.90/V.92 telefonski standardi, USB, Ethernet, Bluetooth

fizički sloj

OSI referentni model informacijske mreže

Sloj podatkovnog linka (data link)

- razmjena podataka između mrežnih uređaja na lokalnoj mreži
- pristup uređajima ostvaruje na temelju *hard-kodiranih* (MAC) adresa
- kako organizirati podatke u okvire (frames) – format okvira (što piše u header-u i sl.), kako prenesti podatke preko mreže

Primjer uređaja: switch

Primjeri mrežnih standarda: Ethernet, PPP (point-to-point protocol)

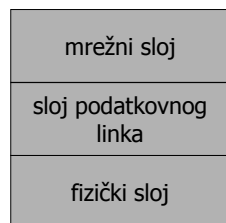
sloj podatkovnog linka

fizički sloj

OSI referentni model informacijske mreže

Mrežni sloj (Network):

- opisuje način pridruživanja adresa "višeg nivoa" (npr. IP) adresama na hardverskom nivou (MAC)
- opisuje način prijenosa paketa sa jednog na drugi kraj mreže (tj. između potencijalno raznorodnih mreža)



Primjer uređaja:

- router – preformatira pakete dobivene iz vanjske mreže u oblik čitljiv u lokalnoj mreži; ima dva mrežna adaptera

Primjer mrežnih standarda: IPv4, IPv6

OSI referentni model informacijske mreže

Transportni sloj:

- kako ostvariti pouzdani transfer paketa, npr. spriječiti gubitak ili dupliciranje



Primjer mrežnih standarda: TCP, UDP

Sloj sesije (session):

- kako uspostaviti komunikaciju između dva udaljena računala, kako ju sinhronizirati (npr. sliku sa zvukom)

OSI referentni model informacijske mreže



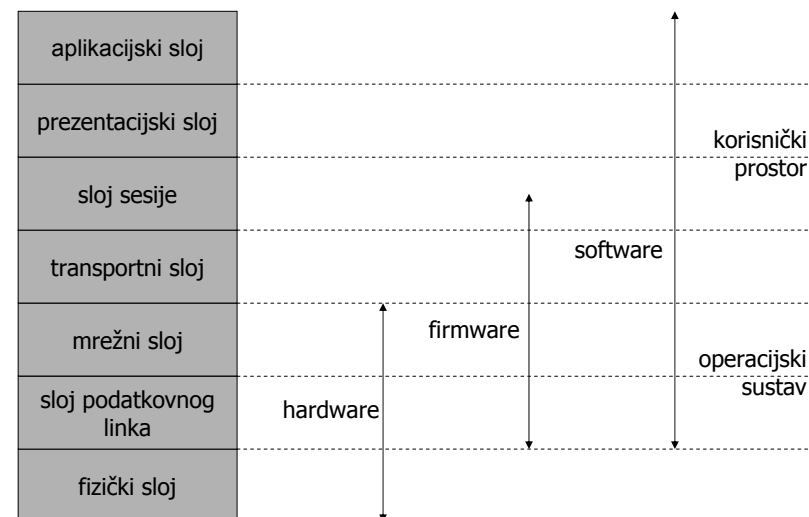
Prezentacijski sloj:

- način predstavljanja podataka na različitim računalima je mora biti isti (npr. spremanje integera – je li najznačajnija znamenka lijevo ili desno u 4bytnom prikazu; oznake prelaska u novi red) – ovaj sloj se brine za konverziju

Aplikacijski sloj:

- opisuje kako neka pojedina aplikacija koristi mrežu – npr. za prijenos datoteka između 2 udaljena računala koristi se FTP protokol, za dohvat web-stranica HTTP protokol...
- telnet, SMTP, IRC

OSI referentni model informacijske mreže



Ethernet (IEEE 802.3)

- Sloj podatkovnog linka
- Višestruk pristup – koristi se dijeljeni medij (žica)
- Svako Ethernet sučelje posjeduje jedinstvenu 48-bitnu adresu
 - npr: C0 : B4 : 23 : 17 : 9A : CF
 - broadcast adresa – sve jedinice
- CSMA/CD tehnologija
 - CS (*Carrier Sense*) – osjetljivost na zauzetost medija
 - MA (*Multiple Access*) – više hostova na jednom mediju
 - CD (*Collision Detection*) – moguće je detektirati kada drugi host pokušava ostvariti transmisiju u isto vrijeme

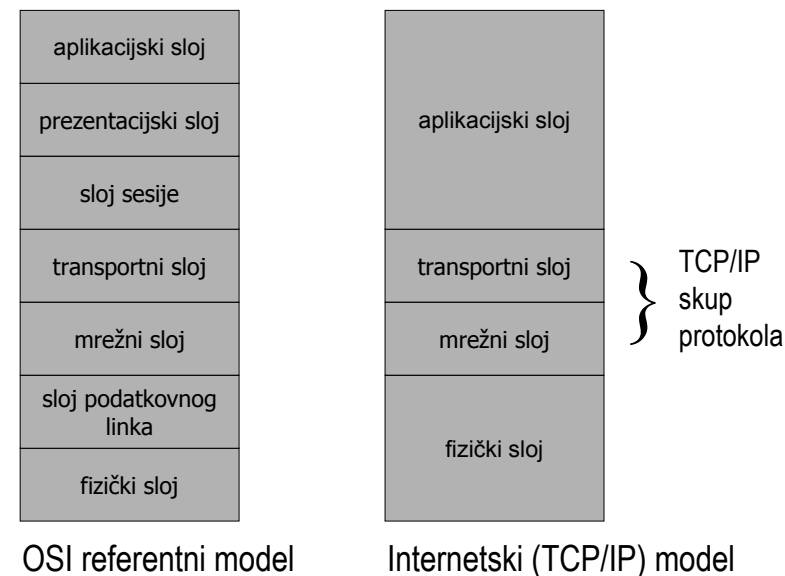
Kako radi Ethernet?

Ethernet okvir (frame)

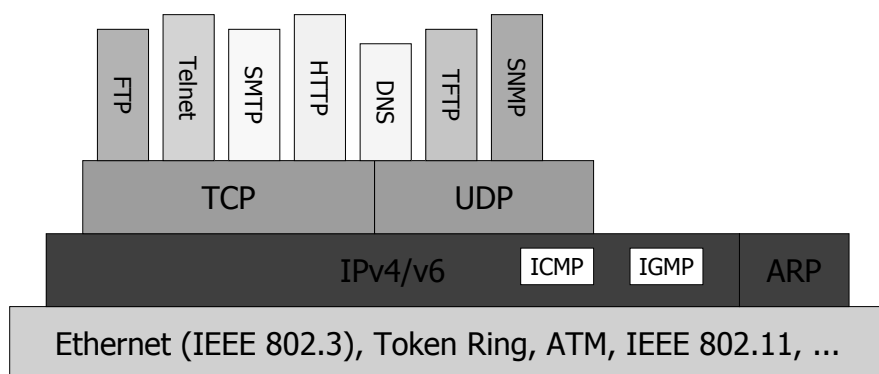


- Preambula – niz alternirajućih 0 i 1 koji se koristi za sinkronizaciju
- CRC – Cyclic Redundancy Check
- Svako Ethernet sučelje čita svaki okvir primljen s medija i utvrđuje odredišnu adresu – ako se odredišna adresa ne podudara s onom od danog Ethernet sučelja (ili broadcast adresom), okvir se odbacuje

- Internet se sastoji od mnogo LAN-ova i WAN-ova koji nisu svi bazirani na Ethernetu
- Kakav protokol koristiti da bi računala s raznorodnih mreža mogla međusobno komunicirati?
- Za komunikaciju među računalima na internetu koristi se TCP/IP skup protokola
 - može se koristiti s različitim slojevima podatkovnog linka



Internetski protokolni stog



IP protokol

- IP protokol predstavlja mrežni sloj
 - usluga dostave paketa (host-to-host), tzv. IP datagrama
 - translacija između različitih slojeva podatkovnog linka
- IP protokol pruža nespojnu (*connectionless*) i nepouzdanu uslugu dostave IP datagrama
 - nespojna – svaki IP datagram neovisan je od ostalih
 - nepouzdana – ne postoji garancija da će IP datagram biti uspješno dostavljen na odredište

IP adresa

- Internetska ili IP adresa je broj koji globalno i jednoznačno označava mrežni uređaj priključen na internet
 - sastoji se od 32 bita podijeljenih u 4 grupe od po 8 bitova (obično se razdvajaju točkom)
 - npr. IP adresa računala student jest 161.53.8.14
- IP adresa može biti zadana i simbolički (tada se obično naziva 'host name')
 - takav oblik je ljudima razumljiviji i lakše pamtljiv
 - za preslikavanje između numeričkih i simboličkih adresa nadležan je DNS (Domain Name System)
 - sustav imenovanja domena:
 - računalo.poddomena.domena
 - npr. 'host name' računala student (161.53.8.14) jest student.math.hr

Klase IP adresa

- napravljen kompromis – postoji više formata kako bi se podržale i velike i male mreže
- Klasa 32-bitne IP adrese određena je s prva četiri bita

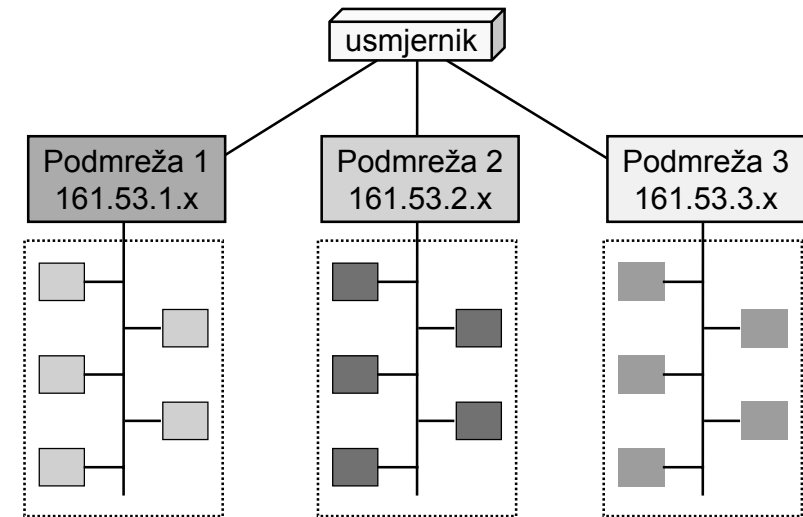
bitovi	0	1	2	3	4	8	16	24	32			
Klasa A	0	prefiks				sufiks				0 – 127		
Klasa B	1	0	prefiks				sufiks				128 – 191	
Klasa C	1	1	0	prefiks				sufiks				192 – 223
Klasa D	1	1	1	0	multicast adresa							224 – 239
Klasa E	1	1	1	1	rezervirano za buduću uporabu						240 – 255	

Podmreže

- Za velike mreže adrese klase A i B može biti teško održavati
 - Mreže klase A mogu imati do 16777216 (= 2²⁴) hostova
 - Mreže klase B mogu imati do 65536 (= 2¹⁶) hostova
- Radi lakše administracije sufiks dio mrežne adrese dijeli se na dva dijela:
 - oznaka podmreže
 - preostali dio – hostovi spojeni spojeni na danu podmrežu
- Podmreže se obično biraju tako da reflektiraju fizičku mrežnu topologiju



Podmreže



Rezervirane adrese

prefiks	sufiks	svrha
sve 0	sve 0	Označava "ovaj kompjuter", koristi se prilikom podizanja sustava
<i>mreža</i>	sve 0	Označava mrežu <i>mreža</i>
<i>mreža</i>	sve 1	Poruka namjenjena svim računalima na mreži <i>mreža</i>
sve 1	sve 1	Poruka namjenjena svim računalima na lokalnoj mreži
127	bilo što	Za testiranje mrežnih aplikacija na jednom računalu, bez potrebe za prenošenjem aplikacije na drugo računalo u mreži; obično 127.0.0.1
10 172.16 192.168	bilo što	"privatne adrese" – koriste se u lokalnoj mreži za računala koja nemaju "javnu IP" adresu; za pristup internetu koriste NAT (Network Address Translation) uređaj (tipično router) koji jednu javnu adresu mapira na privatne

Mrežne maske

- (pod)mrežna maska (*subnet mask*) je 32-bitni broj pomoću kojeg se može odrediti koji dio IP-adrese pripada NetID i SubnetID, a koji predstavlja HostID
- ako HostID zauzima p bita IP-adrese, onda će prvih 32-p bita mrežne maske biti jedinice, a zadnjih p će biti nule
- Primjer:
 - IP-adresa je 161.84.105.136
 - mrežna maska je 255.255.255.0 (24 jedinice i 8 nula)
 - tada je prvih 24 bita IP-adrese NetID+SubnetID, zadnjih 8 je HostID
 - uoči: kada napravimo AND između IP-adrese host-a i mrežne maske dobijemo IP-adresu mreže (161.84.105.0)
 - skraćeno, IP-adresu i masku zajedno pišemo kao 161.84.105.136/24

Mrežne maske i usmjernici

- unutar svakog usmjernika nalazi se tablica sa podacima o tome kako proslijediti dobiveni paket – ide li direktno u lokalnu mrežu u kojoj je usmjernik ili se prosljeđuje nekom drugom usmjerniku



Destination	Mask	Next Hop
30.0.0.0	255.0.0.0	40.0.0.7
40.0.0.0	255.0.0.0	deliver direct
128.1.0.0	255.255.0.0	deliver direct
192.4.10.0	255.255.255.0	128.1.0.9

Tablica u središnjem usmjerniku

Mrežne maske i usmjernici

- ako u središnji usmjernik dođe paket namijenjen za 194.4.10.3, napraviti će se AND operacija te adrese sa svim Mask-ama
- gledamo koji se Destination podudara sa rezultatom AND-anja – to je 192.4.10.0 (obično postoji i defaultni Destination koji se uzima u slučaju da se niti jedan drugi ne podudara).
- paket se prosljeđuje na Next Hop od tog Destination-a – dakle prema 128.1.0.9
- tablice u usmjerniku mogu biti:
 - fiksne (*statičko usmjeravanje*)
 - mogu se mijenjati s obzirom na dostupnost i zagušenost dijelova mreže (*dinamičko usmjeravanje*)
 - kod dinamičkog usmjeravanja koriste se specijalizirani protokoli poput RIP (*Routing Information Protocol*) ili OSPF (*Open Shortest Path First*) protokola

Enkapsulacija:

IP datagram kao dio okvira u podatkovnom sloju

- da bi dva udaljena računala koristila opisanu infrastrukturu, podaci koji se šalju po lokalnim (među)mrežama imaju specijalni format:

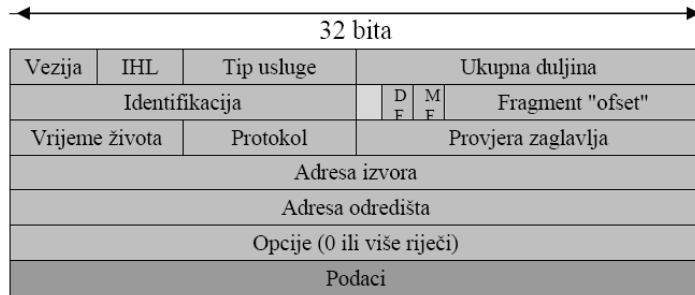


IP datagram



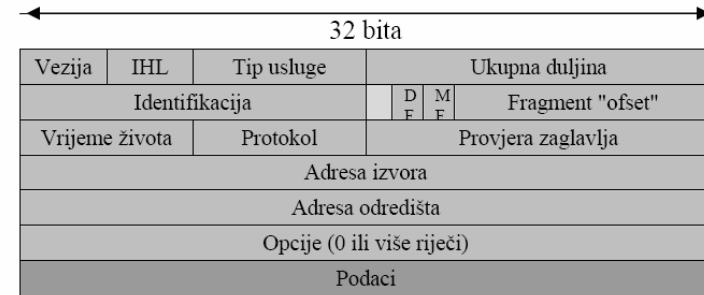
- verzija – trenutno 4; IHL – duljina *headera*
- tip usluge – slati poruku preko rute sa najmanjim zastojem ili najvećom propusnošću
- identifikacija – broj koji jednoznačno određuje (početni) datagram

IP datagram



- DF – 1 ako se datagram ne smije dijeliti na manje (zbog različitih veličina frame-ova u različitim mrežama), 0 ako smije
- MF – 1 ako slijedi još fragmenata originalnog datagrama, 0 ako je ovo zadnji
- fragment offset – na kojem mjestu (byte-u) je trenutni fragment u originalnom datagramu

IP datagram

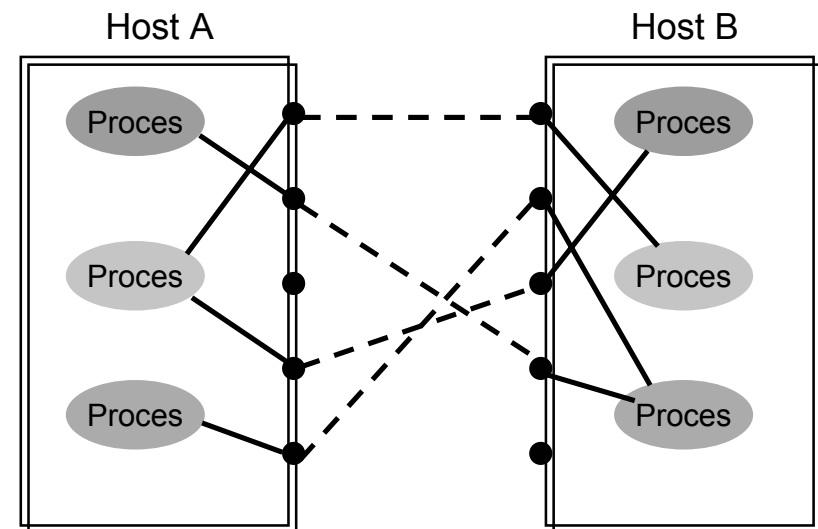


- Vrijeme života (TTL) – koliko "hop"-ova najviše smije obaviti (tj. kroz koliko max. routera smije proći) datagram prije dolaska na cilj
- protokol – oznaka protokola višeg nivoa (npr. transfer) koji se koristi kao format podataka u datagramu (npr. 6 za TCP, 17 za UDP)
- provjera zaglavlja – da li je došlo do greške u prijenosu zaglavlja (ne provjerava podatke!)

UDP protokol

- UDP (User Datagram Protocol)
 - transportni protokol koji pruža uslugu nespojne (connectionless) i nepouzdana komunikacijske veze između procesa
 - koristi IP kako bi dostavio datagrame na odredište
 - koristi *portove* kako bi omogućio komunikaciju između individualnih procesa (IP dostavlja datagrame od jednog računala do drugog. Na pojedinom računalu istovremeno više aplikacija-procesa može trebati pristup do raznih mrežnih resursa.)

Portovi

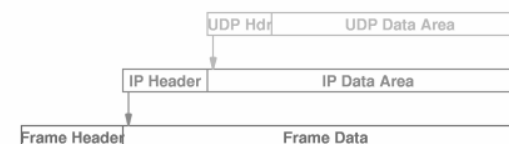
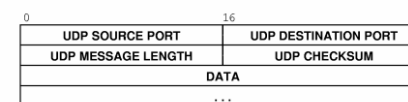


Portovi

- označeni sa 0-65535 (2 byte-ni integer)
- neki (0-1023) su tzv. dobro poznati (*well-known ports*) za često korištene aplikacijske protokole:
 - FTP – port 21
 - telnet – port 23
 - SMTP – port 25
 - HTTP – port 80
 - dodjeljuje ih IANA (Internet Assigned Numbers Authority); vidi <http://www.iana.org/assignments/port-numbers>
- neki (1024-49151) su također rezervirani (IANA), npr. za neke p2p mreže
- ostali su dinamički / privatni i mogu se slobodno koristiti u aplikacijama

Enkapsulacija:

UDP datagram datagram kao dio IP datagrama



TCP protokol

- TCP (Transmission Control Protocol) je transportni protokol koji pruža uslugu spojne i pouzdane komunikacijske veze između procesa koja je tretirana kao struja byteova
 - spojna – ostvaruje se virtualna konekcija prema drugom hostu prije nego što započne prijenos podataka
 - notifikacija ukoliko vezu nije moguće ostvariti
 - notifikacija ukoliko se veza prekine
 - pouzdana – primitak svakog poslanog paketa biva potvrđen od strane primatelja
 - ukoliko se ne primi potvrda unutar određenog vremenskog okvira vrši se retransmisija paketa
 - također koristi *portove* kako bi omogućio komunikaciju između individualnih procesa

Usporedba protokola

- IP – protokol mrežnog sloja
 - nepouzdan i nespojni prijenos datagrama između hostova
- UDP – protokol transportnog sloja
 - nepouzdan i nespojni prijenos datagrama između procesa
- TCP – protokol transportnog sloja
 - pouzdan i spojni prijenos struje byteova između procesa
- TCP vs. UDP – koji je protokol bolji? ☺
 - nema jednoznačnog odgovora – ovisi o aplikaciji

Mapiranje IP adresa na hardverske adrese

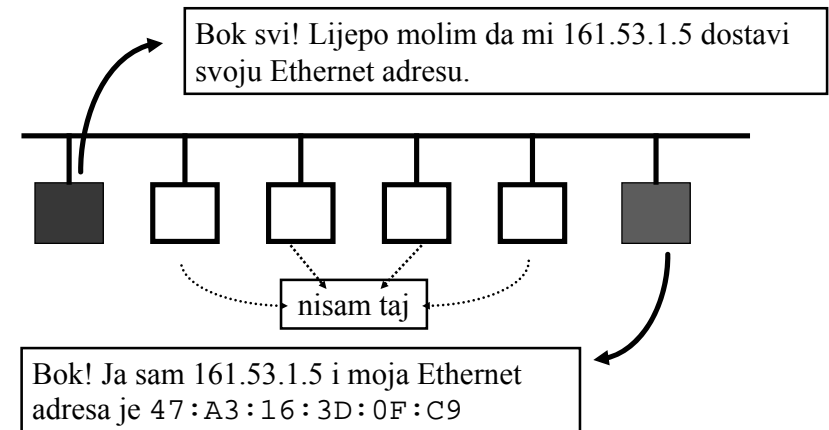
- Hardver prepoznaje IP adrese (definirane na mrežnom sloju)
- Ako znamo IP adresu hosta, kako saznati njegovu hardversku (npr. Ethernet) adresu?
- Proces nalaženja hardverske adrese za danu IP adresu (u istoj fizičkoj mreži; prijenos u drugu ide preko router-a!) naziva se rezolucija adrese
- ARP (*Address Resolution Protocol*)
 - koristi se kada znamo IP adresu odredišta, ali ne i njegovu Ethernet adresu
 - broadcast protocol – svaki host na mreži zaprima ARP upit
 - svaki host provjerava upit – odgovara samo onaj s odgovarajućom IP adresom

01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

41

ARP protokol



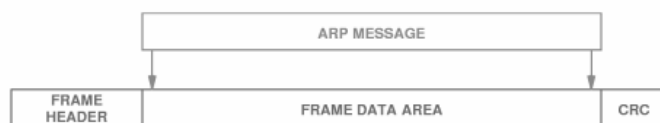
01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

42

Enkapsulacija: ARP poruka kao okvira u podatkovnom sloju

0		8		16		24		31	
HARDWARE ADDRESS TYPE				PROTOCOL ADDRESS TYPE					
HADDR LEN		PADDR LEN		OPERATION					
SENDER HADDR (first 4 octets)									
SENDER HADDR (last 2 octets)				SENDER PADDR (first 2 octets)					
SENDER PADDR (last 2 octets)				TARGET HADDR (first 2 octets)					
TARGET HADDR (last 4 octets)									
TARGET PADDR (all 4 octets)									



01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

43

ICMP

- Internet Control Message Protocol
- enkapsuliran kao dio IP datagrama
- generira se u slučaju da u prijenosu paketa dođe do pogreške poput “prevelik broj hop-ova do odredišta” ili “dio mreže je nedostupan” – služi kao povratna informacija pošiljatelju; šalje ju ili neki router na putu do ciljnog *host*-a ili sam ciljni *host*
- svaka greška ima svoj kod koji predstavlja tip ICMP-poruke, npr. “Destination Unreachable” ili “Time Exceeded”
- npr. može poslužiti i za provjeru dostupnosti *host*-a: pošaljemo ICMP-poruku tipa “Echo” i čekamo ICMP poruku tipa “Echo Reply”

01.10.2007.

Mreže računala - Vježbe 01

44

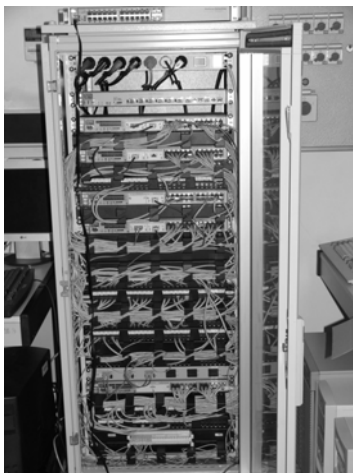
Internetske usluge i aplikacijski protokoli

Usluga	Aplikacijski protokol
transfer datoteka	FTP
pristup udaljenom računalu	Telnet
mrežne novosti	NNTP
elektronička pošta	SMTP, POP3, IMAP
globalni informacijski sustav (www)	HTTP
imenička usluga	LDAP
višekorisnička tekstualna konverzacija	IRC

Mreža na PMF-MO

- 3 podmreže:
 - 161.53.8.0/24 za poslužitelje
 - 161.53.29.0/24 za studentska računala
 - 192.84.105.0/24 za radne stanice djelatnika fakulteta
- tehnologija: 100Mb Ethernet mreža bazirana na strukturnom UTP kabliranju

Mreža na PMF-MO



Komunikacijski ormarić sa preklopnima u koje se spajaju radne stanice

Mreža na PMF-MO

- Većina korištenih preklopnika su tvrtke HP, koji radnim stanicama pružaju brzine od 10 i 100 megabita, na istom katu međusobno stackirani UTP kabelima dok se na vlastiti *uplink* spajaju optičkim kabelom, brzinom od 1 gigabit (1000 base SX). Hijerarhijski je najviše Layer 3 preklopnik tvrtke Cisco, model Catalyst imenom catmat.math.hr u koji se optičkim kabelima spajaju svi glavni preklopnici po katovima.

Mreža na PMF-MO



Layer 3 preklopnik catmat.math.hr

Mreža na PMF-MO



Međusobno stackirani preklopnici (plava žica, bakar) te optički spoj na uplink (crvena žica, optika)

