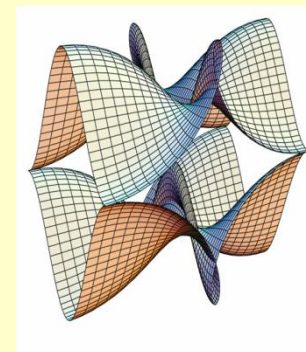




Sveučilište u Zagrebu
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA
Predavanja 2022/2023



Poglavlje 26: Budućnost korištenja Interneta

Sastavio: Robert Manger
19.01.2015, prilagodio Matej Mihelčić 23.01.2024.

Predviđanje budućnosti (1)

- Znanstvenici su se oduvijek bavili predviđanjima budućeg razvoja tehnologije.
- No takve vizije obično su se pokazale netočne ili nepotpune, pogotovo ako su se odnosile na dalju budućnost.
- Pioniri računarstva predviđali su u 1940-tim godinama da će Amerika u predstojećim desetljećima trebati svega 4-5 snažnih računala!
- U 1960-tim godinama većina znanstvenika smatrala je da će oko 2000-te godine ljudi:
 - stati svojom nogom na Mars,
 - izgraditi stalno naselje na Mjesecu,
 - stvoriti ogromno super-računalo s osobinama umjetne inteligencije.

Predviđanje budućnosti (2)

- Dizajneri ARPANet-a (preteče Interneta) u 1970-tim godinama zamišljali su svoju mrežu isključivo kao akademsku infrastrukturu za FTP i Telnet.
- Prije 50-tak godina, ni najveći vizionari nisu imali dovoljno mašte da prepoznaju važnost umrežavanja, da predvide nastanak globalne mreže Internet, te da sagledaju društvene i kulturološke posljedice koje će iz toga proizaći.
- Zbog svih ovih razloga, uzalud je očekivati da mi danas možemo predvidjeti kako će Internet izgledati za 20-30 godina. Pouzdane prognoze mogu se odnositi samo na najbližu budućnost – do 5 godina unaprijed.

Vidljivi trendovi razvoja

- Vrlo je vjerojatno da će se u sljedećih nekoliko godina nastaviti trendovi razvoja interneta koje uočavamo danas.
- Broj čvorova spojenih u globalni Internet i dalje će eksponencijalno rasti, tako da se udeseterostruči svake 3-4 godine.
- Dalje će se povećavati udio bežičnih veza u odnosu na fiksne.
- Umjesto klasičnih računala, u mreži prevladavaju mali uređaji poput mobitela ili tableta (najviše pametni telefoni).
- Internet će postati “svugdje prisutan”: u perilici rublja, u automobilu, televizoru, foto-aparatu, mogućnost duboke povezanosti osoba preko Interneta (npr. metaverse).
- Razvija se i nastavit će se razvijati *cloud*-tehnologija, koja će omogućiti transparentno korištenje neograničenih računalnih i podatkovnih resursa onda kad ih trebamo. Amazon cloud, Microsoft Azure su primjeri takvih tehnologija.

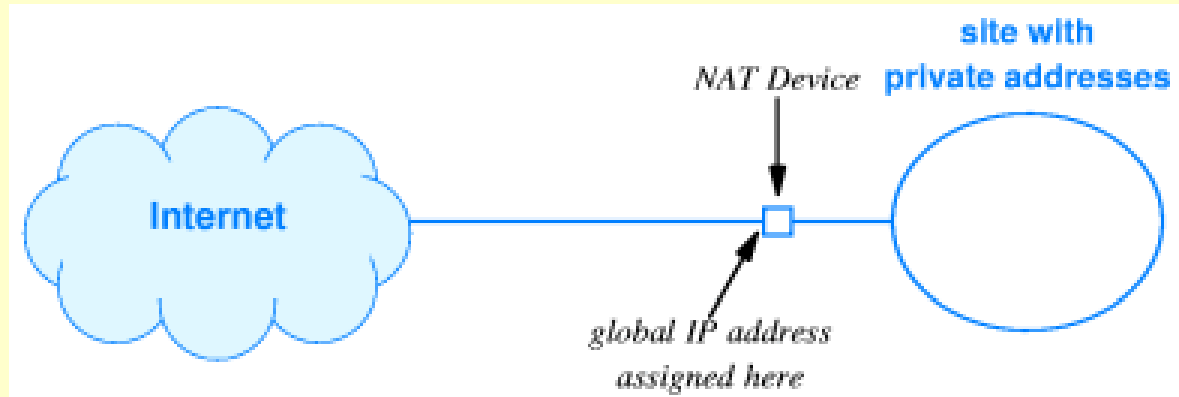
Problem s IP-adresama

- Postoji ozbiljna zapreka koja ograničava daljnji rast Interneta. Riječ je o sadašnjem formatu IP-adrese.
- Makar je s 32 bita u principu moguće zadati oko 4 milijarde IP-adresa, stvarni broj je daleko manji zato što pojedini dijelovi adrese služe za klasifikaciju.
- Zaliha slobodnih IP-adresa stalno se smanjuje. Očekivalo se da će ona do danas već nestati.
- Razlog zašto danas još uvijek imamo slobodnih IP-adresa je u tome što se primjenjuju kratkoročna rješenja problema – dijeljenje jedne adrese na veći broj računala.
- Paralelno se radi i na dugoročnom rješenju – prelasku na nove 128-bitne IP-adrese.

Kratkoročno rješenje problema – NAT (1)

- Kratica *NAT* znači Network Address Translation. Riječ je o dosjetljivoj tehnologiji koja omogućuje da jedan veliki segment Interneta (jedna kompanija, korisnici jednog ISP) troše samo jednu IP-adresu.
- Svako računalo unutar segmenta dobiva *privatnu* IP-adresu, koja se inače ne koristi u pravom Internetu, no možda je koriste drugi slični segmenti.
- Segment unutar sebe funkcionira kao izolirani Internet. Računala unutar segmenta međusobno komuniciraju pomoću svojih privatnih adresa.
- Segment je povezan s pravim Internetom preko jedne komunikacijske linije na kojoj je smješten posebni uređaj - *NAT device*.

Kratkoročno rješenje problema – NAT (2)



- Kad klijent uputi poruku poslužitelju u pravom Internetu, NAT device prerađuje tu poruku tako da privatnu IP adresu pošiljatelja zamijeni s *globalnom* IP-adresom koja je pridružena cijelom segmentu.
- Poslužitelju izvan segmenta cijeli segment izgleda kao jedno računalo.
- Kad poslužitelj pošalje odgovor, NAT device prerađuje odgovor tako da se globalna IP-adresa primatelja zamijeni s IP-adresom klijenta koji je prethodno slao poruku tom poslužitelju.

Kratkoročno rješenje problema – NAT (3)

- Postupak je nešto složeniji ukoliko više klijenata iz segmenta istovremeno šalju svoje poruke istom poslužitelju izvan segmenta.
- Da bi ispravno usmjerio poslužiteljeve odgovore, NAT device tada mora pratiti i po potrebi mijenjati TCP-portove klijenata.
- Preciznije, NAT device stvara tablicu prevođenja IP-adresa i TCP-portova, kao u sljedećem primjeru.

Direction	Fields	Old Value	New Value
out	IP SRC:TCP SRC	10.0.0.1:30000	128.10.19.20:40001
out	IP SRC:TCP SRC	10.0.0.2:30000	128.10.19.20:40002
in	IP DEST:TCP DEST	128.10.19.20:40001	10.0.0.1:30000
in	IP DEST:TCP DEST	128.10.19.20:40002	10.0.0.2:30000

Dugoročno rješenje problema – IPv6 (1)

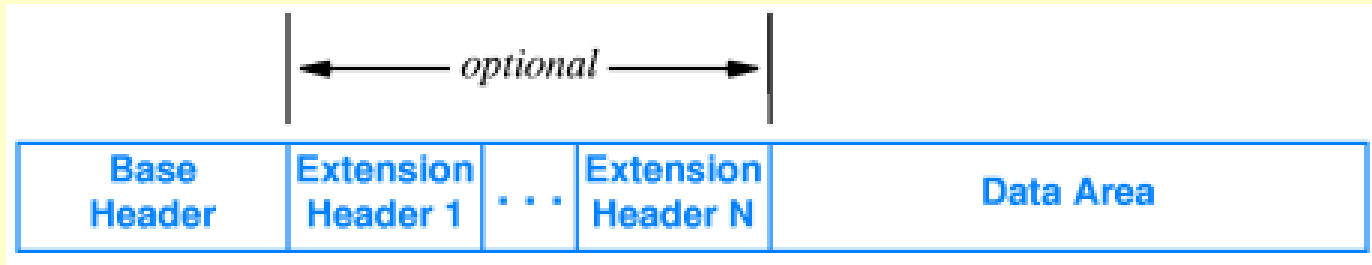
- IPv6 je nova generacija interneta, koju je definirala organizacija IETF, i koja bi uskoro trebala zamijeniti sadašnju verziju IPv4.
- Osim što rješava problem s IP-adresama, IPv6 donosi i razna druga poboljšanja.
- Najvažnije novosti u IPv6 su:
 - *Produljenje IP adrese* sa sadašnjih 32 bita na 128 bitova.
 - *Hijerarhijska građa IP adresa*, uvođenje više razina hijerarhije.
 - *Novi oblici adresiranja*, koji na primjer omogućuju slanje istih podataka grupi računala.

Dugoročno rješenje problema – IPv6 (2)

- *Novi format datagrama.* Uvođenje glavnog zaglavlja i većeg broja neobaveznih dodatnih zaglavlja. Drukčija polja u zaglavljima.
- *Podrška za multimediju.* Uvodi se mehanizam koji omogućuje bolje osiguranje kakvoće mrežnih usluga za aplikacije koje to trebaju.
- *Fleksibilnost i nadogradivost.* Postoji mehanizam koji će omogućiti da se u budućnosti dodaju nove informacije u datagram, u skladu s nekim novim za sada nepoznatim potrebama.

Format datagrama u IPv6 (1)

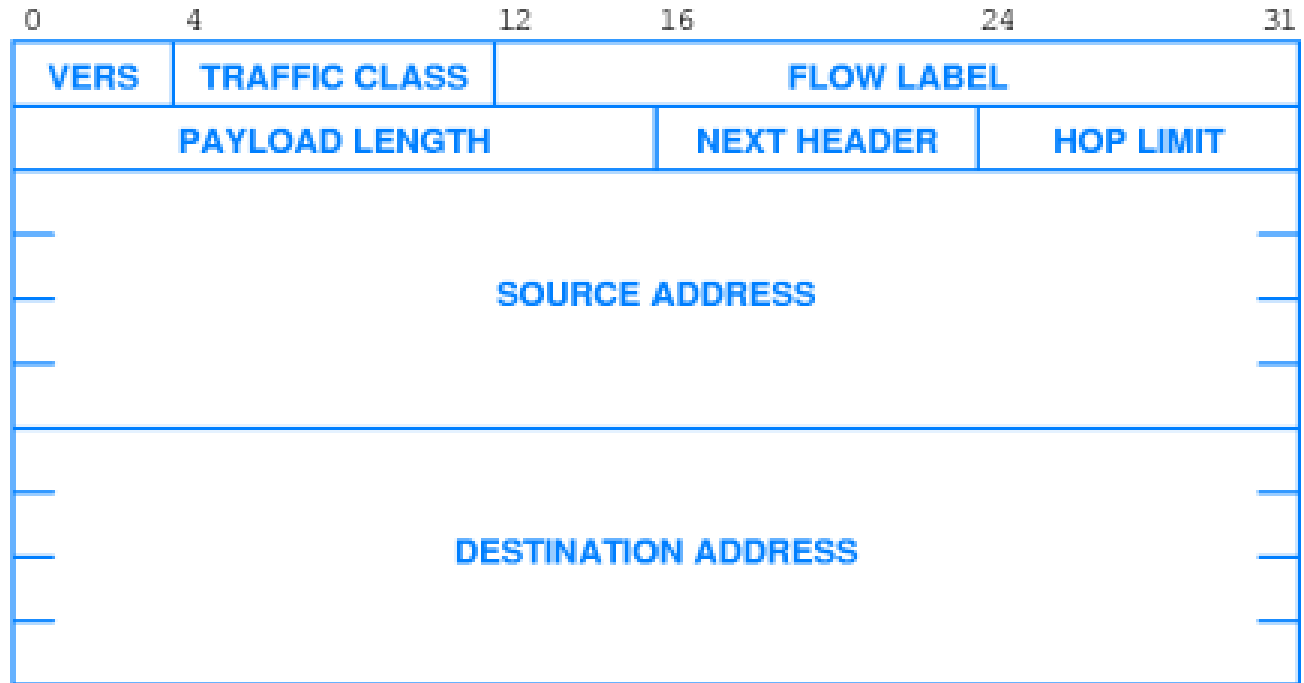
- Datagram sadrži osnovno zaglavlje, zatim 0 ili više dodatnih zaglavlja, te na kraju podatke. Zaglavlja imaju različite duljine.



- Osnovno zaglavlje ima fiksnu duljinu 40 byte. Najveći dio prostora zauzimaju adresa pošiljatelja SOURCE ADDRESS i adresa primatelja DESTINATION ADDRESS. Ostatak čine šest polja.

Format datagrama u IPv6 (2)

- **VERS** označava verziju IP protokola, dakle 6.
- **PAYLOAD LENGTH** je duljina dijela s podacima.

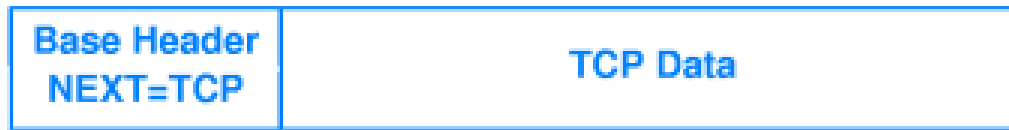


- **TRAFFIC CLASS** određuje traženu kvalitetu usluge. Za multimediju tražit ćemo bolju klasu.
- **HOP LIMIT** je broj skokova koje datagram smije napraviti prije nego što se odbaci.

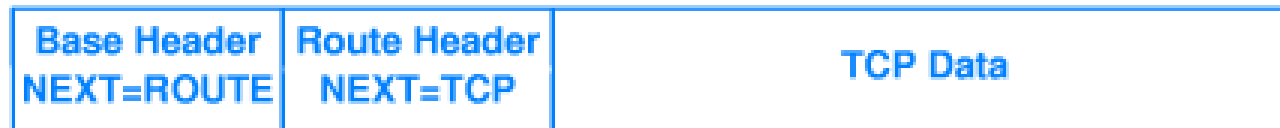
Format datagrama u IPv6 (3)

- FLOW LABEL je također namijenjen za aplikacije koje traže garantirane performanse.
 - Kad mreža pronađe put koji zadovoljava zahtjeve iz TRAFFIC CLASS, ona vraća identifikator.
 - Pošiljalac stavlja taj identifikator u datagramov FLOW LABEL.
 - Usmjernici koriste vrijednost FLOW LABEL da bi usmjeravali datagram točno po odabranom putu.
- NEXT HEADER određuje vrstu informacije koja slijedi iza osnovnog zaglavlja.
 - Ako datagram sadrži dodatno zaglavlje, NEXT HEADER sadrži tip prvog dodatnog zaglavlja.
 - Ako nema dodatnog zaglavlja, NEXT HEADER navodi vrstu podataka u dijelu za podatke.

Format datagrama u IPv6 (4)



(a)



(b)

- Polje NEXT HEADER nalazi se također i u dodatnim zaglavljima. Čitajući redom to polje u svakom od zaglavlja saznajemo što slijedi iza tog zaglavlja, sve dok ne dođemo do dijela s podacima.
- Neka od dodatnih zaglavlja imaju fiksnu a neka varijabilnu duljinu. Zaglavlja s varijabilnim duljinama sadrže podatak o svojoj vlastitoj duljini.

IP-adrese u IPv6 (1)

- Slično kao IPv4, i IPv6 pridružuje posebnu IP-adresu svakoj vezi između računala i fizičke mreže. To znači da računalo s više mrežnih sučelja (usmjernik) ima više adresa.
- Za razliku od IPv4 gdje se adresa sastojala od dva dijela, adresa u IPv6 može se sastojati od više dijelova, što omogućuje uspostavljanje hijerarhije na više razina.
- Možemo zamišljati da najviša razina odgovara nekom ISP-u, druga razina nekoj kompaniji, treća razina nekoj lokaciji, itd.
- Slično kao u CIDR, duljine dijelova adrese u IPv6 nisu fiksirane, već se mogu mijenjati jedna na račun druge.

IP-adrese u IPv6 (2)

- Svaka adresa pripada jednom od sljedećih tipova.
 - *Unicast*: adresa odgovara jednom računalu. Datagram se šalje tom jednom računalu.
 - *Multicast*: adresa odgovara skupu računala. Članstvo u skupu može se mijenjati u svakom trenutku. Kopija datagrama šalje se svakom članu skupa.
 - *Anycast*: adresa odgovara klasteru računala koja imaju zajednički prefiks u adresi. Datagram se isporučuje jednom (najbližem) članu klastera. To je korisno kad računala u klasteru zajednički obavljaju isti servis.

IP-adrese u IPv6 (3)

- Pisanje 128-bitnih IP-adresa u *dotted decimal* notaciji postaje prilično nezgrapno, na primjer:

105.220.136.100.255.255.255.255.0.0.18.128.140.10.255.255

- Da bi zapis adrese bio kompaktniji i čitljiviji, dizajneri IPv6 predlažu colon hexadecimal notaciju.
 - Svaka grupa od 16 bitova napiše se kao 4 heksadekadske znamenke.
 - Između grupa umeću se dvotočke.
- Za prethodni primjer to izgleda ovako:

69DC:8864:FFFF:FFFF:0:1280:8C0A:FFFF

IP-adrese u IPv6 (4)

- Daljnju optimizaciju zapisa IP-adrese omogućuje pravilo *zero compression*.
 - Niz nula može se zamijeniti s dvije dvotočke.
 - To se naravno smije napraviti samo na jednom mjestu u adresi jer se inače adresa više ne bi mogla jednoznačno reproducirati.
- Na primjer, adresa u colon hexadecimal notaciji:
FF0C:0:0:0:0:B1
piše se pomoću zero compression kao:
FF0C: :B1
- Zero compression je učinkovito pravilo zato jer se očekuje da će mnoge IPv6 adrese sadržavati dugačke nizove nula. Na primjer, sve dosadašnje 32-bitne IPv4 adrese preslikat će se u nove IPv6 adrese tako da im se na početak doda 96 nula.

Prelazak na IPv6 (1)

- Internet je ogroman i decentraliziran. Ne postoji način da se organizira istovremeni prelazak svih njegovih dijelova s IPv4 na IPv6.
- IPv6 mora se uvesti postepeno, tako da računala i usmjernici koji razumiju samo IPv4 mogu nastaviti raditi što je dulje moguće.
- U tranzicijskom periodu treba omogućiti međusobno komuniciranje čvorova zasnovanih na IPv4. Također, treba omogućiti da čvorovi s IPv6 razgovaraju međusobno čak i ako dio infrastrukture između njih još uvijek podržava samo IPv4.
- Za ostvarenje takve tranzicije predlažu se dva mehanizma.
 - *Rad s dvostrukim stogom* (dual stack operation).
 - *Tuneliranje* (tunneling).

Prelazak na IPv6 (2)

- Ideja dvostrukih stogova je sljedeća.
 - Čvorovi sposobni za IPv6 pokreću stogove protokola i za IPv4 i za IPv6.
 - Na osnovi polja VERS unutar datagrama donosi se odluka koji ga stog treba obraditi.
- Tunneliranje je slanje IPv6 datagrama kroz dio mreže koji razumije samo IPv4.
 - IPv6 datagram na ulazu u “tunel” ulaže se kao korisni teret u IPv4 datagram.
 - Taj IPv4 datagram šalje se kroz IPv4 mrežu prema IPv4 adresi izlaza iz tunela.
 - Na izlazu iz tunela se iz IPv4 datagrama ponovo reproducira polazni IPv6 datagram.
 - Krajevi tunela moraju biti usmjernici ili računala koja su u stanju obrađivati i IPv4 i IPv6.