

IPv6 adresiranje

Osnovni problem IPv4 adresiranja koje se koristi i danas je nedostatak adresa. Trenutno je adresni IPv4 prostor skoro potpuno prazan, a evidentna je pojava novih servisa, standarda, mrežnih uređaja i korisnika koji koriste različite mrežne resurse a time i sve veći broj IP adresa. Problem je donekle rešen uvođenjem privatnih opsega IP adresa, NAT (Network Address Translators) adresiranjem, DHCP-om i besklasnim rutiranjem (CIDR), ali je to samo odložilo problem nedostatka adresa. Kao efikasno rešenje ponuđena je nova verzija IP protokola – verzija 6 (IPv6) koja je trenutno u sve većoj ekspanziji i primeni. Trenutno se koriste oba načina adresiranja, ali svi današnji mrežni uređaji, operativni sistemi i protokoli istovremeno mogu da koriste i jedan i drugi način adresiranja.

IPv6 je kreiran još 1998g. od strane IETF (Internet Engineering Task Force), međunarodne organizacije za standarde. Prvenstvena namena je bila zamena postojećeg IPv4 adresiranja. Zanimljivo je da je bila kreirana i verzija IPv5, ali je ona bila namenjena prvenstveno u eksperimentalne svrhe i njen razvoj je prekinut. IPv4 koristi IP adrese dužine 32 bita (što obezbeđuje približno $2^{32} = 4,294,967,296$ jedinstvenih IP adresa, ali se koristi oko 3,7 milijardi javnih adresa jer postoje rezervisane adrese za multicast, testiranje novih protokola i servisa itd...). IPv6 adresiranje koristi IP adrese dužine 128 bitova, čime se obezbeđuje 2^{128} ili približno $3.4 * 10^{38}$ adresa, što je strahovito veliki broj.

Kako bi se zadovoljili zahtevi današnjeg (i budućeg) Interneta, IPv6 donosi sledeće karakteristike:

- Veći adresni prostor
- Jednostavnije zaglavlje za efikasniju obradu paketa
- Hijerarhijsku strukturu mreže za efikasnije rutiranje
- Podršku za široko primenjene protokole rutiranja
- Podršku za autokonfiguraciju računara
- Ugrađenu podršku za bezbednost podataka sa *IPSec* implementacijom.
- Poboľjšana podrška za *Mobile IP*
- Ugrađena podrška za kvalitet servisa (QoS)
- Povećan broj multicast adresa

1. IPv6 tipovi adresa

Tip adrese	Opis
Unicast	One to One (jedan-ka-jedan) + Označava adresu koja se dodeljuje jednom interfejsu
Multicast	One to Many (jedan ka više) + Označava grupu interfejsa na različitim uređajima + Paket poslat na ovu adresu stiže do svih adresiranih interfejsa + Zamenjuje IPv4 emisije (broadcast) adrese
Anycast	One to Nearest (jedan ka najbližem) + Označava grupu interfejsa i paket poslat na anycast adresu stiže do jednog od interfejsa opisanih ovom adresom (najbližeg ali definisanog u pogledu rutiranja tj. metrikom rutiranja)

IPv6 adresa se dodeljuje određenom interfejsu, a ne uređaju. Međutim, jednom interfejsu može biti dodeljeno više IPv6 adresa. Više interfejsa može imati samo jednu *unicast* adresu kada se koriste za raspodelu opterećenja preko više fizičkih veza. Tada se više fizičkih interfejsa tretira kao jedan interfejs na Internet sloju. Ruteri koji koriste *unnumbered* interfejs na vezama tačka-tačka nemaju dodeljene IPv6 adrese. Jedna velika izmena u odnosu na IPv4 je nepostojanje *broadcast* adresa. Svi tipovi IPv4 *broadcast* adresiranja su u IPv6 zamenjeni sa *multicast* adresama.

2. IPv6 načini zapisa adrese

Format IPv6 adresiranja:

X:X:X:X:X:X:X:X – gde je **X** 16-bitno hexadecimalno polje predstavljeno sa 4 hexa-znaka

Primer IPv6 adrese:

2001:0000:5723:0000:0000:D14E:DBCA:0764

Adresa se sastoji od:

- 8 polja sa po 4 hexadecimalna znaka
- Svako polje predstavlja 16 bitova (4 hexa znaka * 4 bit)
- Polja se razdvajaju sa znakom ":"
- Hexa-znaci nisu case-sensitive, tako da je zapis **"DBCA"** isto što i **"dbca"** ili **"DBca"**

IPv6 (128-bit) adresa se sastoji iz dva dela:

1. Prvih 64-bita se naziva se prefiks (*prefix*) i sadrži mrežni i subnet deo adrese; pošto se adresa određuje na osnovu fizičke lokacije, prefiks takođe sadrži informaciju o globalnom rutiranju i naziva se global routing prefix.
2. Druga polovina adrese tj. poslednja 64-bita predstavljaju identifikator interfejsa (Interface ID)

Pravila za skraćeno pisanje IPv6 adresa:

- a) Vodeće nule se ne moraju pisati (opciono se):

2001:**0DA8**:E800:**0000:0260**:3EFF:FE47:**0001** se može napisati i kao

2001:**DA8**:E800:**0:260**:3EFF:FE47:**1**

- b) Uzastopna polja sa nulama se mogu zameniti sa dve dvotačke "::", ali samo jednom u adresi

2001:0DA8:E800:**0000:0000:0000:0000:0001** je isto kao adresa 2001:DA8:E800::**1**

Drugi primeri:

FF02:0:0:0:0:0:1 => FF02::1

3FFE:0501:0008:0000:0260:97FF:FE40:EFAB = 3FFE:501:8:0:260:97FF:FE40:EFAB =

3FFE:501:8::260:97FF:FE40:EFAB

0:0:0:0:0:0:1 => ::1

0:0:0:0:0:0:0 => ::

IPv6 prefiks-zapis adrese

IPv6 koristi "/" notaciju zapisa, kako bi se označilo koliko bitova u IPv6 adresi predstavlja subnet.

Sintaksa zapisa IPv6 adrese je:

ipv6-address/prefix-length

Gde je:

- **ipv6-address** 128-bitna IPv6 adresa
- **prefix-length** je decimalna vrednost koja označava koliko bitova adrese predstavlja dužinu prefiksa

Primer:

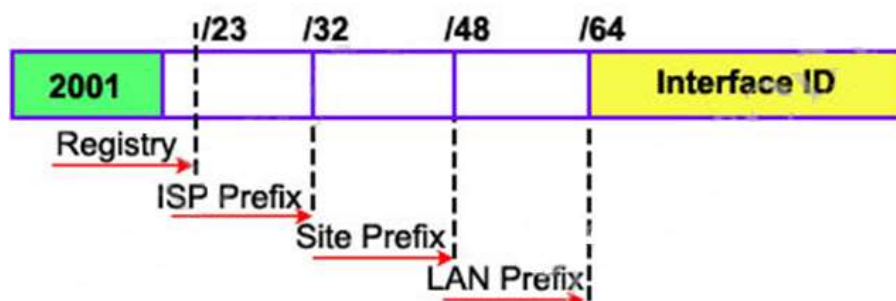
2001:C:7:ABCD::1/64 je adresa

2001:000C:0007:ABCD:0000:0000:0000:0001/64

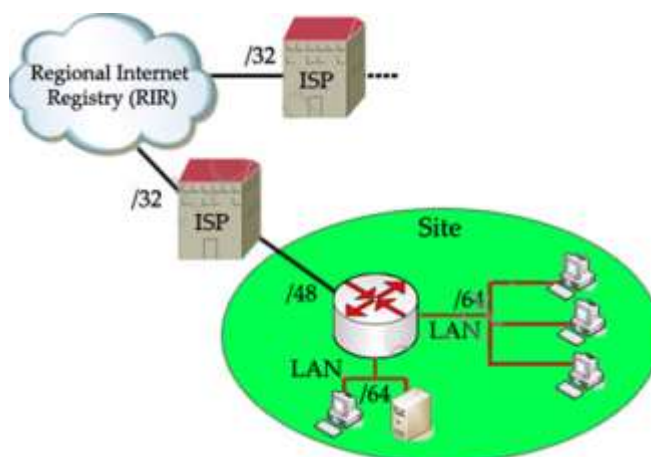
- + ovde prvih 64-bita tj. 2001:000C:0007:ABCD predstavlja prefiks adrese
- + poslednja 64-bita tj. 0000:0000:0000:0001 predstavljaju ID interfejsa
- + /64 je dužina prefiksa (prefiks dužine /64 se najčešće koristi u IPv6 adresiranju)

3. IPv6 načini dodele adresa

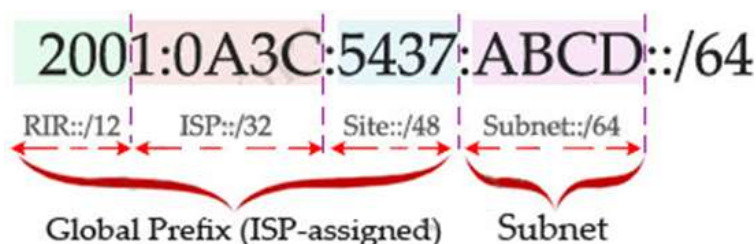
Asocijacija ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) je odgovorna za dodelu IPv6 adresa. ICANN dodeljuje opseg IP adresa RIR (Regional Internet Registry) organizacijama. Veličina adresnog prostora dodeljenog RIR-u može biti promenljiva ali mora imati minimalni prefiks od /12 i pripadati opsegu od 2000::/12 do 200F:FFFF:FFFF:FFFF::/64.



Svaki servis provajder ISP (još se naziva i LIR ili lokalni internet provajder) od RIR-a dobija /32 prefikse, a oni dalje dodeljuju /48 prefikse sajtovima, što znači da svaki ISP može da dodeli ukupno $2^{(48-32)} = 65,536$ adresa sajtova (svaka mreža organizovana kao jedan entitet ili grupa LAN-ova se naziva SAJT). Sajtovi dalje dodeljuju prefikse/64 za svaki LAN pa je moguće obezbediti $2^{(64-48)} = 65,536$ privatnih LAN adresa, što je više nego dovoljno. Svaki LAN može da podrži 2^{64} adresa interfejsa za hostove. Podatak o globalnom rutiranju identifikuje se u prefiks delu IPv6 adrese.



Primer IPv6 prefiksa je: 2001:0A3C:5437:ABCD::/64:

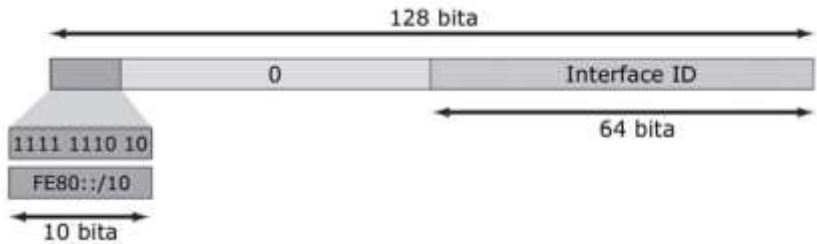


U ovom primeru RIR je dodelio 12-bitni prefix. ISP je dodelio 32-bitni prefix, dok je sajtu dodeljen 48-bitni site ID. Sledećih 16 bitova adrese predstavljaju polje subneta i moguće je dodeliti 2^{16} , ili 65536 subneta. Ovo je preveliki broj subneta čak i za velike svetske provajdere ili korporacije. Ostatak adrese od 64 bita (koji nije prikazan) je Interface ID ili deo hosta, pa je moguće kreirati 2^{64} hostova po subnetu! Na primer, iz prefixa prethodno date adrese 2001:0A3C:5437:ABCD::/64 administrator mreže može dodeliti IPv6 adresu za host 2001:0A3C:5437:ABCD:218:34EF:AD34:98D

4. IPv6 unicast adrese

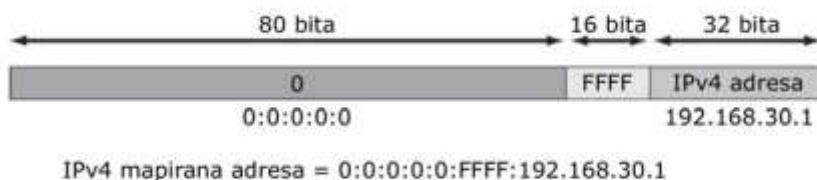
Unicast adresa je adresa dodeljena jednom interfejsu. Postoji više tipova IPv6 unicast adresa:

- Globalna unicast adresa (*Global unicast address*)
- Unicast adresa lokalnog linka (*Link-local unicast address*)
- Unicast adresa lokalnog sajta (*Site-local unicast address*)
- Specijalne IPv6 adrese
- Kompatibilne adrese

IPv6 opsezi unicast adresa	Opis
Unicast adresa lokalnog linka (Link-local address) (FE80::/10)	- unicast adresa lokalnog linka je IPv6 adresa koja se automatski konfiguriše na svakom IPv6 uređaju, bez obzira na to da li su konfigurisane neke druge adrese - ove adrese uglavnom služe za povezivanje uređaja na lokalnom linku, bez potrebe za globalnim adresama; na taj način uređaji mogu komunicirati bez potrebe za ruterom - ruteri ne smeju prosledivati pakete koji imaju ovaj tip adrese kao izvornu ili odredišnu adresu. - ove adrese počinju sa FE80::/10 prefixom (adrese počinju sa 1111 1110 10 binarno) a nakon početnih 10 bitova sledeća 54 bita su binarne nule - ekvivalentne su 169.254.0.0/16 ili APIPA IPv4 adresama, jer se dodeljuju u slučajevima kada DHCP server nije dostupan i nema statičkog dodeljivanja IP adresa - kreiraju se dinamički korišćenjem link-local prefixa FE80::/10 i 64-bitnog identifikatora interfejsa (zasnovanog na 48-bitnoj MAC adresi ili EU-64 formatu) 
Unicast adresa lokalnog sajta (Site-local address) (FEC0::/10)	- onogućava povezivanje uređaja u okviru iste mreže kompanije ili sajta - ovaj tip IPv6 adresa je ekvivalentan privatnim adresama iz IPv4 koje pripadaju poznatim opsezima 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 i 192.168.0.0/16 - počinju sa prefixom FEC0::/10 (adrese počinju sa 1111 1110 11 binarno) a nakon ovog prefixa sledećih 38 bita je fiksirano na vrednost 0, a zatim sledi 16-bitni identifikator podmreže (Subnet ID) i 64-bitni identifikator interfejsa (Interface ID) - privatne adrese se mogu koristiti bez potrebe za jedinstvenim prefixom, ukoliko LAN mreža nije priključena na Internet; ruteri ne smeju oglašavati putanje i prosledivati pakete sa ovim tipom adrese van granica određenog sajta; ukoliko kasnije bude neophodno povezivanje na Internet, dovoljno je dodeliti globalni routing prefix dok se već definisana adresna šema celog sajta može primeniti na ovaj prefix

Globalna unicast adresa (2000::/3)	- ovo je rutabilna javna IPv6 adresa i koristi se za Internet komunikaciju - omogućava agregaciju prefiksa kako bi se izvršilo mnogo efikasnije rutiranje - globalne IPv6 adrese se dodeljuju iz opsega adresa koje počinju sa binarnim bitovima 001 (ili 2000::/3) prefiksom - ovaj tip adrese se sastoji od globalnog prefiksa rutiranja, identifikatora pod mreže i identifikatora interfejsa - globalni prefiks rutiranja je dužine 48 bita, a identifikator pod mreže (<i>Subnet ID</i>) je polje dužine 16 bita (koriste ga kompanije kako bi napravile sopstvenu hijerarhijsku šemu adresiranja sa mogućnošću adresiranja 65535 različitih pod mreža); identifikator interfejsa (<i>Interface ID</i>) je polje dužine 64 bita i koristi se za određivanje jedinstvenog interfejsa na linku (link je mrežni medijum preko koga uređaji komuniciraju na <i>data-link</i> sloju)
Specijalne IPv6 adrese	- Nespecifirana adresa (<i>unspecified</i>) je adresa 0:0:0:0:0:0:0:0 = ::. Koristi se samo u slučaju da uređaj ne poseduje svoju IPv6 adresu; nikada se ne dodeljuje nekom interfejsu niti se koristi kao odredišna adresa; ekvivalentna je sa nespecifiranom IPv4 adresom 0.0.0.0 <i>Loopback adresa</i> se označava kao 0:0:0:0:0:0:0:1 = ::1. Služi za označavanje lokalnog interfejsa u IP steku, omogućavajući uređaju da šalje pakete samom sebi; ekvivalentna je IPv4 adresi 127.0.0.1; ne može se dodeliti fizičkom interfejsu, a ruteri ne smeju prosledivati pakete sa ovakvim adresama.
Kompatibilne adrese	a) IPv4 kompatibilna adresa (<i>IPv4-Compatible IPv6 address</i>) je tip adrese koja integriše IPv4 adresu u najnižih 32 bita IPv6 adrese, dok ostalih 96 bita IPv6 adrese ima vrednost 0 ; format IPv4 kompatibilne adrese je 0:0:0:0:0:0:w.x.y.z ili ::w.x.y.z. Svih 128 bita ove adrese predstavljaju IPv6 adresu uređaja, dok 32 najniža bita predstavljaju njegovu IPv4 adresu; koristi se kod uređaja koji rade u <i>dual-stack</i> režimu, tj. podržavaju IPv4 i IPv6; ovakvo adresiranje omogućava automatsko tunelovanje IPv6 paketa preko IPv4 infrastrukture IPv4 kompatibilna adresa = 0:0:0:0:0:0:192.168.30.1 = ::192.168.30.1 = ::C0A8:1E01

- b) **IPv4 mapirana adresa** (*IPv4-mapped IPv6 address*) je adresa koja integriše IPv4 adresu u najnižih 32 bita IPv6 adrese i format adrese je **0:0:0:0:FFFF:w.x.y.z** ili **::FFFF:w.x.y.z**. koristi se za predstavljanje IPv4 uređaja, IPv6 uređaju; na *dual-stack* uređaju, IPv6 aplikacija koja šalje saobraćaj na IPv4 mapiranu adresu, poslaće ustvari IPv4 paket sa IPv4 adresom.



Lista pojedinih rezervisanih IPv6 adresa:

Reservisana multicast adresa	Opis namene
FF02::1	+ All nodes on a link (link-local scope)
FF02::2	+ All routers on a link
FF02::5	+ OSPFv3 All SPF routers
FF02::6	+ OSPFv3 All DR routers
FF02::9	+ All routing information protocol (RIP) routers on a link
FF02::A	+ EIGRP routers
FF02::1:FFxx:xxxx	+ All solicited-node multicast addresses used for host auto-configuration and neighbor discovery (similar to ARP in IPv4) + The xx:xxxx is the far right 24 bits of the corresponding unicast or anycast address of the node
FF05::101	+ All Network Time Protocol (NTP) servers