



IPv6

**Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za telekomunikacije**

Ljubljana, april 2011



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Omrežne storitve 1/2

Omrežne storitve			Tehnologije				
			Ethernet	IPv4	IPv6	MPLS	
Podaljškovna raven	Globalno naslavljanje	Unicast naslavljanje	-	✓	✓	-	
		Multicast naslavljanje	-	✓	✓	-	
		Anycast naslavljanje	-	✓	✓	-	
	Lokalno naslavljanje	Unicast naslavljanje	✓	✓	✓	✓	
		Multicast naslavljanje	✓	✓	✓	✓	
		Anycast naslavljanje	-	✓	✓	-	
		Broadcast	✓	✓	-	-	
	Prenos	Nepovezavni	Unicast posredovanje	✓	✓	✓	-
			Multicast posredovanje	✓	✓	✓	-
			Anycast posredovanje	-	✓	✓	-
			Broadcast posredovanje	✓	✓	-	-
		Povezavni	Točka-točka (Unicast)	-	-	-	✓
			Točka-več točk (Multicast)	-	-	-	✓
	Avtomatska nastavitve omrežnih parametrov			Privzeta nastavitve	DHCP	SLAAC in DHCPv6	Signalizacija LDP in RSVP-TE
Globalno usmerjanje	Unicast usmerjanje IGP		-	OSPF, ISIS, RIP	OSPFv3, ISIS, RIPng	-	
	Unicast usmerjanje EGP		-	BGP	BGP	-	
	Multicast usmerjanje IGP		-	PIM-SM, PIM-DM	PIM-SM, PIM-SSM	-	
	Multicast usmerjanje EGP		-	BGP	BGP, PIM-SSM	-	
Prometni inženiring			MSTP	OSPF-TE ISIS-TE	OSPF-TE ISIS-TE	MPLS-TE (RSVP-TE)	
Zaščitni mehanizmi	Zaščita povezave		STP, RSTP, MSTP, LinkAggregation	OSPF, ISIS, RIP	OSPFv3, ISIS, RIPng	Sekundarna pot, FRR	
	Zaščita naprave		STP, RSTP, MSTP, LinkAggregation	OSPF, ISIS, RIP	OSPFv3, ISIS, RIPng	Sekundarna pot, FRR	
	Zaščita poti		STP, RSTP, MSTP, LinkAggregation	OSPF, ISIS, RIP	OSPFv3, ISIS, RIPng	Sekundarna pot	
	Zaščita omrežja		-	BGP	BGP	-	
Kakovost storitev	Krmiljenje dostopa		-	IntServ	IntServ	MPLS-TE	
	Klasifikacija prometa		802.1p	DiffServ	DiffServ	MPLS QoS	
	Označevanje prometa		802.1p	DiffServ	DiffServ	MPLS QoS	
	Krmiljenje in glajenje		802.1p	DiffServ	DiffServ	MPLS QoS	
	Signalizacija zamašitev ECN		-	ECN	ECN	-	
Mobilnost			-	Mobile IP, PMIP	DSMIPv6, PMIPv6	-	



Omrežne storitve 2/2

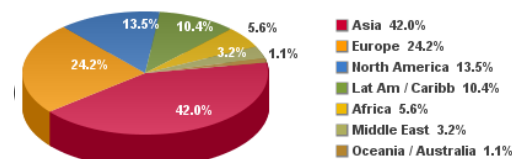
Omrežne storitve			Tehnologije				
			Ethernet	IPv4	IPv6	MPLS	
Kontrolna in upravljaljska raven	Varnostne storitve	Zaščita podatkovne ravnine	Avtentikacija	-	IPSec, SSL, HMAC	IPSec, SSL, HMAC	-
			Nadzor dostopa	filtri ACL	IPSec, SSL, filtri ACL, Relay,	IPSec, SSL, filtri ACL, Relay,	filtri ACL
			Zasebnost/enkripcija	-	IPSec, SSL	IPSec, SSL	-
			Celovitost	-	IPSec, SSL	IPSec, SSL	-
			Zaščita pred DoS	-	IPSec	IPSec	-
		Zaščita kontrolne ravnine	Avtentikacija	-	IKE, MD5 (BGP, OSPF, ISIS),	IKE, MD5 (BGP), IPSec (RIPng, OSPFv3)	-
			Nadzor dostopa	BPDU guard, DHCP snooping, ARP inspection, RA guard	IKE, IGMP Proxy/snooping	IKE, MLD Proxy/snooping	-
			Zasebnost/enkripcija	-	IKE	IKE	-
			Celovitost	-	IKE	IKE	-
			Zaščita pred DoS	-	IGMP Proxy	MLD Proxy, Filtri VRF	-
	Zaščita upravljaljske ravnine	Avtentikacija	-	SNMPv3, SSH	SNMPv3, SSH	-	
		Nadzor dostopa	-	Filtri ACL, SSH	Filtri ACL, SSH	-	
		Zasebnost/enkripcija	-	SNMPv3, SSH	SNMPv3, SSH	-	
		Celovitost	-	SNMPv3, SSH	SNMPv3, SSH	-	
		Zaščita pred DoS	-	-	-	-	
	AAA	Avtentikacija		802.1X	Radius, Diameter, TACACS	Radius, Diameter, TACACS	-
		Avtorizacija		802.1X	Radius, Diameter, TACACS	Radius, Diameter, TACACS	-
		Beleženje		-	Radius, Diameter, SNMP, SYSLOG	Radius, Diameter, SNMP, SYSLOG	-
	Virtualizacija	Navidezna zasebna omrežja	Prenos bitov	-	L2TPv3	L2TPv3	VPWS
			Prenos L2 PDU	VLAN, QinQ, VLANinVLAN	L2TPv3	L2TPv3	VPLS, VPWS, IPLS
Prenos L3 PDU			-	IPSec, GRE, SSL VPN, L2TPv3	IPSec, GRE, SSL VPN, L2TPv3	BGP/MPLS	



Penetracija interneta

- Trenutna penetracija interneta v svetovnem merilu je 28.7 %
- Gonilo razvoja IPv6
 - mobilni internet:
 - mobilni telefoni ~ 5 milijard
 - "ad-hoc" mobilna omrežja ~ 1 milijarda avtomobilov
 - "always-on" (xDSL, Cable, EFM, Wireless)
 - VoIP, Skype, IPTV, "peer-to-peer"
 - UMTS/HSxPA, FMC, IMS

Internet Users in the World
Distribution by World Regions - 2010



Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm
Basis: 1,966,514,816 Internet users on June 30, 2010
Copyright © 2010, Miniwatts Marketing Group

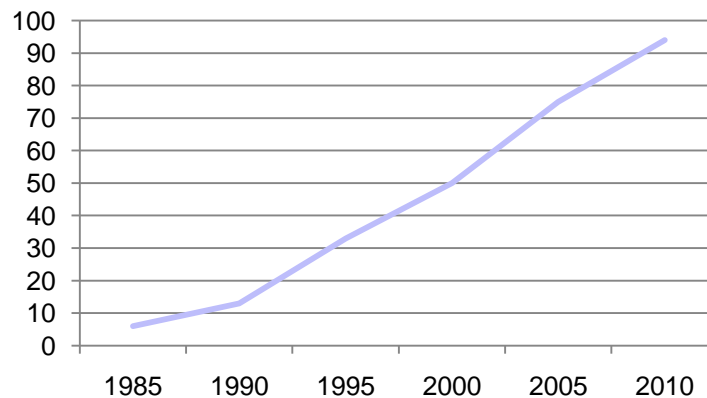
WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS						
World Regions	Population (2010 Est.)	Internet Users Dec. 31, 2000	Internet Users Latest Data	Penetration (% Population)	Growth 2000-2010	Users % of Table
Africa	1,013,779,050	4,514,400	110,931,700	10.9 %	2,357.3 %	5.6 %
Asia	3,834,792,852	114,304,000	825,094,396	21.5 %	621.8 %	42.0 %
Europe	813,319,511	105,096,093	475,069,448	58.4 %	352.0 %	24.2 %
Middle East	212,336,924	3,284,800	63,240,946	29.8 %	1,825.3 %	3.2 %
North America	344,124,450	108,096,800	266,224,500	77.4 %	146.3 %	13.5 %
Latin America/Caribbean	592,556,972	18,068,919	204,689,836	34.5 %	1,032.8 %	10.4 %
Oceania / Australia	34,700,201	7,620,480	21,263,990	61.3 %	179.0 %	1.1 %
WORLD TOTAL	6,845,609,960	360,985,492	1,966,514,816	28.7 %	444.8 %	100.0 %

Vir: www.internetworldstats.com (junij 2010)



Razlogi za prehod iz IPv4 v IPv6

- **Naslov IPv4 je 32 biten = 4 milijarde naslovov (teoretično)**
 - praktična omejitev ~ 250 milijonov naslovov (RFC 3194)
- **Izraba /8 naslovnega prostora organizacije IANA**
 - 1981 izdan standard IPv4
 - 1985 ~ 6 % naslovnega prostora
 - 1990 ~ 13 % naslovnega prostora
 - 1995 ~ 33 % naslovnega prostora
 - 2000 ~ 50 % naslovnega prostora
 - 2005 ~ 75 % naslovnega prostora
 - 2010 ~ 94 % naslovnega prostora
 - 2011 ~ 100% naslovnega prostora
- **Mehanizmi za podaljševanje IPv4**
 - 1993 – CIDR (Classless InterDomain Routing)
 - 1993 – VLSM (Variable Length Subnet Mask)
 - 1993 – DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - 1994 – NAT (Network Address translation)
 - 1996 – zasebni naslovni prostor (RFC 1918)





Pripravljenost infrastrukture na IPv6

- **OECD (7. april 2010)**
 - www.oecd.org/STI/ICT/IPv6
- **Omrežja**
 - 5 % omrežij v internetu
- **Končne naprave**
 - 90 % obstoječih naprav podpira IPv6
 - 25 % naprav podpira IPv6 pod privzetimi nastavitvami (Windows, Mac)
- **Podpora IPv6 pri ponudnikih vsebin**
 - 1,45 % od 1000 najbolj obiskanih strani
 - 0,15 % od 1000000 najbolj obiskanih strani



Stanje IPv6 v Sloveniji


■ ISP

- Arnes – Geant/Dante
- Volja
- Amis
- Telekom Slovenije
- Mobitel
- T-2
- Tušmobil

Mobitel tudi z IPv6 v mobilnem omrežju.
 Avtor **JanZorz**, 26.Mar 2010, 11:49 (GMT 2), Objavljeno v **IPv6 izkušnje pri uvajanju, IPv6 mobilna okolja, IPv6 uvajanje**

Včeraj smo na Mobitelu videli demonstracijo delovanja IPv6 na njihovem mobilnem omrežju...

g. Kruno Kisiček je na svojem Nokia telefonu pokazal, da se pri pregledovanju go6.si portala spodaj izpiše IPv6 naslov, kar je bilo dovolj za potrditev prvega delovanja IPv6 na Mobitelovem omrežju. V kratkem dobimo v go6lab napravo v testiranje tudi od Mobitela, tako da bomo takrat lahko o samem delovanju kaj bolj točno zapisali, do takrat pa naj ostane pri novici, da Mobitelu IPv6 na njihovem omrežju – dela.



■ Nekatere raziskovalne ustanove

- Metulj – 10 G hrbtenica UNI LJ
- FRI, FE ...



Vir: <http://www.dante.net/server/show/conWebDoc.870>



Slovenska iniciativa za prehod na IPv6

■ go6.si

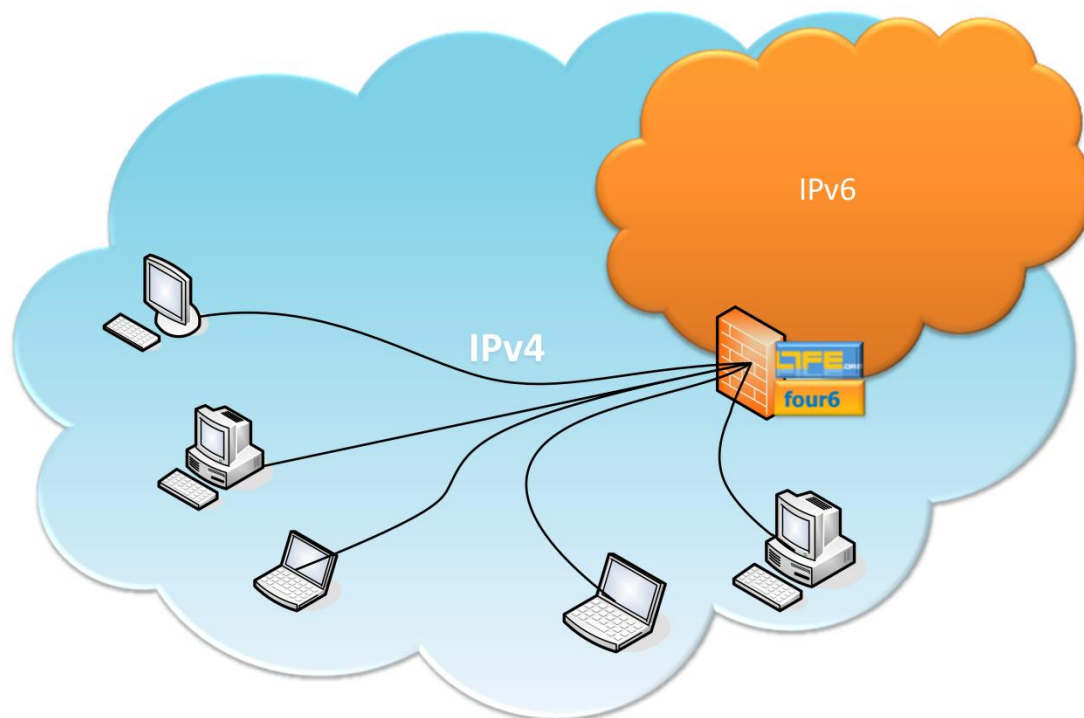
- <http://go6.si/>
- neprofitna slovenska organizacija in iniciativa za prehod na IPv6
- ozaveščanje, izobraževanje, svetovanje in pomoč pri uvajanju IPv6 internetnega protokola na področju Slovenije in širše
- organizacija srečanj in delavnic na temo uvajanja IPv6





LTFEfour6 tunel – www.ltfe.org

- Namenjen predvsem študentom UNI-LJ
- SSL VPN tehnologija
 - operacijski sistemi
 - Windows XP, Vista, 7
 - Linux
 - Mac OS





IPv6 v praksi



Podpora IPv6 pri proizvajalcih opreme

- **Juniper – Junos, Netscreen**
 - podpora v programski in strojni opremi
 - <http://www.juniper.net>
- **Cisco – IOS**
 - podpora v programski in strojni opremi
 - www.cisco.com/go/ipv6
- **Microsoft Windows XP (SP1, SP2, SP3), Windows 2003 & 2008 Server, CE .NET (Pocket PC 4.1), Windows Vista & 7**
 - <http://www.microsoft.com/ipv6>
- **Linux – RedHat, Mandrake, SuSE, Debian, Ubuntu**
- **Mac OS**
- **FreeBSD**
- **Oracle (Sun) – Solaris**
- **IBM – z/OS Rel. 1.4, AIX 4.3, OS/390 V2R6 eNCS**



Evolucijski pristop pri vpeljavi IPv6 1/2

- **1. Hrbtenica interneta (ISP)**
 - usmerjevalniki nove generacije že imajo strojno podporo za posredovanje/usmerjanje IPv6
 - nadgradnja jedra in robnih naprav – dvojni protokolni sklad
 - usmerjanje IPv4 in IPv6 (OSPF ali ISIS)
 - nadgradnja samo robnih naprav (BRAS, N-PE)
 - IPv6 prek MPLS, GRE
 - usmerjanje v hrbtenici ostane IPv4
 - robne naprave – dvojni protokolni sklad
 - Dual stack VRF – IPv6 prek BGP
- **2. Dostopovna omrežja**
 - xDSL (DSLAM), metro Ethernet stikala, WiMAX, DOCSIS, WiFi
 - DHCP relay, MLD snooping, MLD Proxy
 - PPPv6 IA?
- **3. Enterprise usmerjevalniki, L2/L3 stikala, požarni zidovi, sistemi IDS/IPS, proxy naprave**
 - DHCP relay, DHCP proxy, SEND, MLD snooping, MLD Proxy
 - varnostne funkcije NDP, DHCP, MLD "inspection"



Evolucijski pristop pri vpeljavi IPv6 2/2

- **4. Privzeta podpora na delovnih postajah, končnih odjemalcih**
 - vsi operacijski sistemi podpirajo IPv6
 - privzeta podpora v OS
 - Windows Vista, 7 in Server 2008
 - Linux
 - Mac OS
 - FreeBSD
- **5. Podpora v aplikacijah**
 - IE, Safari, Mozilla, Firefox, Google Chrome, Safari, Torrent, Ping6, traceroute6 ...
- **6. Sčasoma bo vsak kos strojne in programske opreme privzeto podpiral IPv6**



Vsebina

- *Uvod*
- **Osnove**
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Zgodovina IPv6

- **Začetki segajo v zgodnja 90. leta**
 - velika poraba naslovnega prostora IPv4
 - študije so predvidevale popolno izrabo naslovnega prostora do leta 2005
- **Možna sta bila dva pristopa**
 - protokol IPv4 ostane enak, poveča se le naslovni prostor
 - razvoj popolnoma novega protokola
- **Začetno delovno ime IP Next Generation (IPng)**
- **Prva specifikacija protokola (RFC 1883) je bila izdana leta 1995**
 - ime protokola preimenovano v IPv6



Naslovni prostor IPv6

■ Naslovni prostor IPv6 je 128 biten

- $2^{128} = 2^{32} \times 2^{96}$
- 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456
- 3.4×10^{38}
- 655,570,793,348,866,943,898,599 (6.5×10^{23}) naslovov na kvadratni meter Zemeljske površine
- 5.2×10^{28} naslovov na zemljana (2006)

■ Slavni citati

- Thomas Watson, IBM, 1943
 - “I think there is a world market for maybe five computers”
- Bill Gates, 1981
 - “640 K should be enough for anybody”
- Vint Cerf, 1977
 - “32 bits ought to be enough address space”



Ključne novosti IPv6

- Povečan naslovni prostor (128 bitov) = 3.4×10^{38} naslovov
- Naslavljanje unicast, multicast, anycast
 - nič več "broadcast" naslavljanja
- Poenostavljen format glave
 - fiksna dolžina glave (40 oktetov)
 - zmanjšano število polj
 - polja, ki niso nujna se nahajajo v opsijskih glavah
- Mehanizem za določitev MTU
 - IPv6 ne podpira fragmentacije paketov
- Nov protokol za poizvedbe med sosedi
 - protokol Neighbor Discovery
 - nadomešča protokol ARP
- Varnostni mehanizmi integrirani – obvezen IPsec
- Izboljšan mehanizem QoS
 - dodatno polje "Flow label", ki označuje prometni pretok
- Mehanizem za avtomatsko dodeljevanje naslovov
- Izboljšana mobilnost



Primerjava IPv4 in IPv6 1/2

IPv4	IPv6
Naslovi so 32 bitni (4 okteti)	Naslovi so 128 bitni (16 oktetov)
Podpora za IPsec je opsijska	Podpora za IPsec je obvezna
IPv4 glava ne vsebuje ekvivalentnega polja	IPv6 glava vsebuje dodatno polje (flow label), ki omogoča identifikacijo različnih prometnih tokov
Izvirne naprave in usmerjevalniki lahko izvajajo fragmentacijo datagramov	Fragmentacijo datagramov lahko izvajajo le izvirne naprave
V glavi IP je vsebovana kontrolna vsota	Glava IP ne vsebuje polja za izračun kontrolne vsote
V osnovno glavo so vključena tudi opsijska polja	Opcijska polja se prenašajo v dodatnih glavah
Protokol ARP se uporablja za mapiranje med naslovi MAC (Ethernet) in IP	Funkcije protokola ARP izvaja protokol ICMPv6 – sporočila "Neighbor Solicitation"



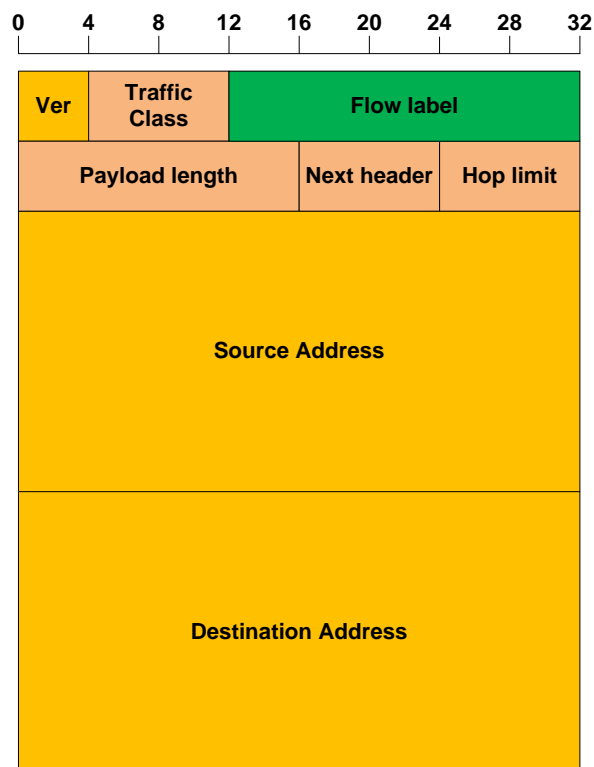
Primerjava IPv4 in IPv6 2/2

IPv4	IPv6
Za interakcijo med multicast odjemalci in robnimi usmerjevalniki se uporablja protokol IGMP	Za interakcijo med multicast odjemalci in robnimi usmerjevalniki se uporablja protokol MLD (ICMPv6)
Za naslavljanje vseh odjemalcev v podomrežju se uporablja broadcast naslov	IPv6 ne podpira broadcast naslovov. Za naslavljanje odjemalcev v podomrežju se uporabljajo multicast naslovi
Nastavitev parametrov IPv4: DHCP, ročno	Nastavitev parametrov IPv6: avtomatsko, DHCPv6, ročno
Za povezavo domenskih imen z naslovi IPv4 se uporablja "A source record"	Za povezavo domenskih imen z naslovi IPv6 se uporablja "AAAA source record"
Za povezavo naslovov IPv4 z domenskimi imeni se uporablja IN-ADDR.ARPA	Za povezavo naslovov IPv6 z domenskimi imeni se uporablja IP6.ARPA
Minimalen MTU je 576 oktetov	Minimalen MTU je 1280 oktetov



Glava datagrama IPv6

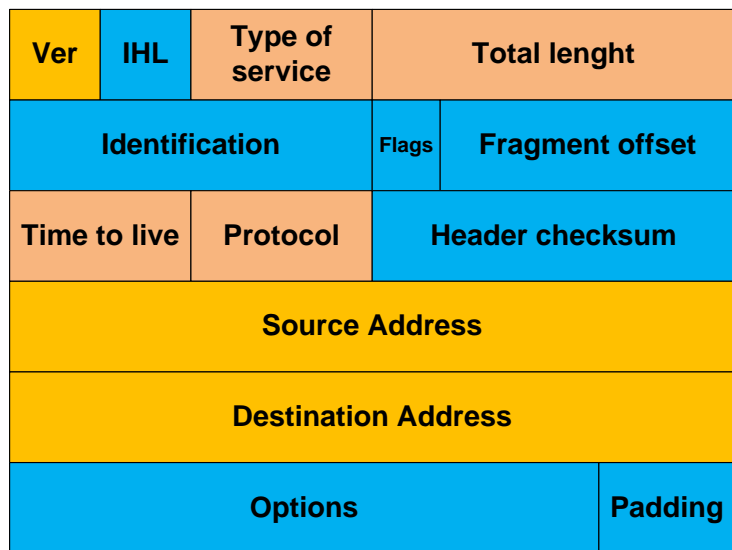
- Glava IPv6 je fiksne dolžine 40 oktetov
- Nepotrebna oziroma redko uporabljana polja se prenašajo v opsijskih glavah
 - kljub 4-krat večjemu naslovnemu prostoru je glava datagrama IPv6 (40 oktetov) le 2-krat večja od glave datagrama IPv4 (20 oktetov)





Primerjava glave IPv4 in IPv6





0 4 8 12 16 20 24 28 32



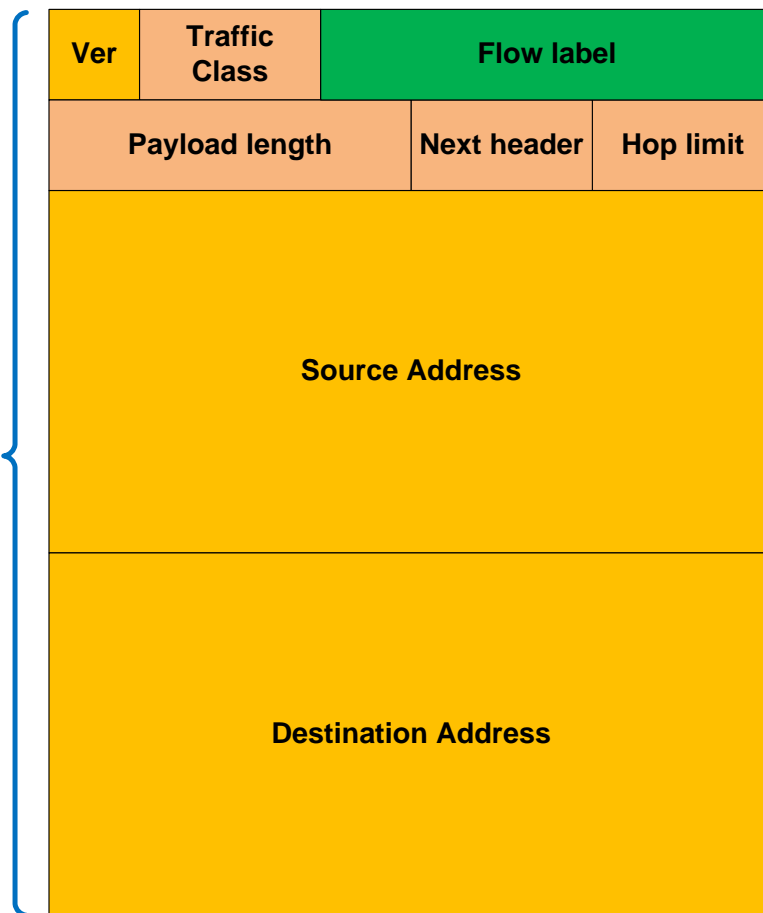
20
oktetov

40
oktetov

glava IPv4

-  - Imena polj ostanejo enaka
-  - Ime in pozicija polja je spremenjena
-  - Odstranjena polja
-  - Novo polje

0 4 8 12 16 20 24 28 32



glava IPv6



Polja v glavi IPv6

- **Version (4 biti)**
 - verzija protokola IP – vrednost polja je 6
- **Traffic Class (8 bitov)**
 - identifikator razreda oz. prioritete kateremu pripada datagram
- **Flow Label (20 bitov)**
 - identifikator prometnega pretoka med dvema odjemalcema
 - vrednost določi izvorna naprava
 - uporaba polja je določena v RFC 3697
- **Payload Length (16 bitov)**
 - dolžina koristne vsebine datagrama IPv6 vključno z opsijskimi glavami
- **Next Header (8 bitov)**
 - določa tip opsijske glave ali uporabljenega transportnega protokola (TCP, UDP, SCTP, ICMP)
- **Hop Limit (8 bitov)**
 - maksimalno število prehodov IP, ki jih lahko prečka datagram
 - določa "življenski čas" datagrama
- **Source Address (128 biten)**
 - določa izvorni naslov omrežne naprave
- **Destination Address (128 biten)**
 - določa ponorni naslov omrežne naprave



Primerjava polj IPv4 in IPv6

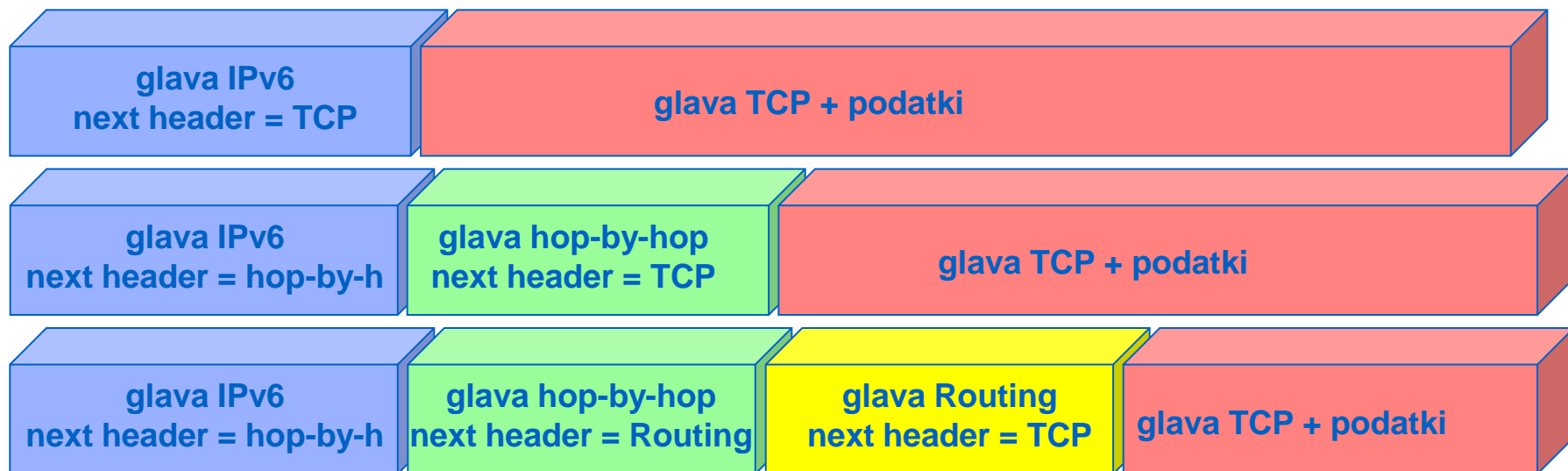
Glava IPv4	Glava IPv6
Version	Isto polje, spremenjena vrednost
Internet Header Length	Odstranjeno iz IPv6. Glava IPv6 je fiksne dolžine
Type of Service	Zamenjan s poljem " <i>Traffic Class</i> ".
Total Length	Zamenjan s poljem " <i>Payload Length</i> "
Identification, Fragmentation Flags, Fragment Offset	Odstranjeno iz IPv6. V primeru izvajanja fragmentacije se potrebne informacije prenašajo v opsijskih glavah " <i>Fragment Header</i> "
Time to Live	Zamenjan s poljem " <i>Total Length</i> ".
Protocol	Zamenjan s poljem " <i>Next Header</i> ".
Header Checksum	Odstranjeno iz IPv6. Detekcija napak se izvaja na nižjih ali višjih slojih
Source Address	Isto polje, dolžina se poveča na 128 bitov
Destination Address	Isto polje, dolžina se poveča na 128 bitov
Options	Odstranjeno iz IPv6. Opcijska polja se prenašajo v opsijskih glavah.



Opcijske glave v IPv6

- Glavi IPv6 sledijo opsijske glave v sledečem zaporedju
 - hop-by-hop
 - destination option
 - routing
 - fragment
 - authentication header
 - encapsulating security payload
 - upper-layer (TCP, UDP, ICMP)

Vrednost polja (desetiško)	Pomen
0	Hop-by-Hop Options Header
6	TCP
17	UDP
41	Encapsulated IPv6 Header
43	Routing Header
44	Fragment Header
46	Resource ReSerVation Protocol
50	Encapsulating Security Payload
51	Authentication Header
58	ICMPv6
59	No next header
60	Destination Options Header

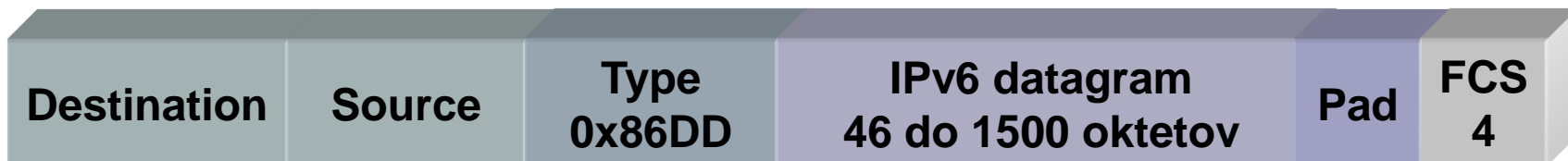




Prenos IPv6 prek Ethernet – RFC 1972

- V omrežjih LAN je najbolj razširjen Ethernet okvir verzije Ethernet II – DIXv2
- V primeru prenosa IPv6 v okvirju Ethernet II se v polje “Type” zapiše vrednost 86DD (hex)
 - minimalna velikost paketa IPv6 je 46 oktetov
 - maksimalna velikost paketa IPv6 je 1500 oktetov
- V primeru prenosa datagrama IPv4 se v polju “Type” nahaja vrednost 0800 (hex)

Okvir Ethernet II – DIXv2





TCP in UDP prek IPv6

- **Kontrolna vsota v glavi TCP in UDP je odvisna tudi od polj v glavi IPv4 in IPv6 (RFC 2460)**
 - izvorni naslov IPv6
 - ponorni naslov IPv6
 - dolžina koristne vsebine, vključno z glavo TCP oziroma UDP
 - polja "next header"



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- ***Naslavljanje***
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Naslavljanje v IPv6

- **Naslovni prostor je 128 bit-en (RFC 3513)**
 - naslavljanje temelji na principu CIDR
 - naslov omrežja/maska
 - 2001:1470:FFFE:1::/64
 - naslov IPv6 je zapisan v skupinah po 16 bit-ov v formatu HEX, posamezne skupine so ločene z dvopičjem
 - 2002:c14d:4f42:1:50e6:3a11:10bd:fab8 (colon-hexadecimal)
 - vodilne ničle niso obvezne, zaporedne ničle se lahko zapišejo kot "::" (double-colon)
 - 0:0:0:0:0:0:0:1 ⇔ ::1
 - primer krajšave zapisa naslova FF02:3000:0:0:0:0:0:2
 - FF02:3::2 – ni pravilno!
 - FF02:3000::2 – pravilno!
- **Primer zapisa naslova IPv6**
 - binarno
 - 0000000000000000 1111111111111111 1000100010001000 1111111111111111
0000000000000000 1111111111111111 1000100010001000 1111111111111111
 - hex
 - 0000:FFFF:8888:FFFF:0000:FFFF:8888:FFFF



Tipi naslovov IPv6

- **Unicast naslov**
 - identificira posamezno napravo oziroma vmesnik
- **Anycast naslov**
 - identificira skupino naprav
 - dostava se izvede najbližji naprav (s stališča usmerjanja)
 - "one-to-one-of-many"
- **Multicast naslov**
 - naslavljanje skupine naprav
- **Ni broadcast naslovov!**
 - nalogo broadcast naslavljanja so prevzeli multicast naslovi
- **IPv4 kompatibilni naslovi (10.14.1.11 → ::0A0E:010B)**

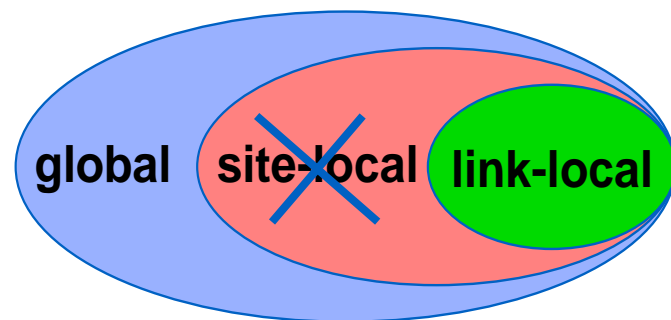


Unicast naslovi



Delitev unicast naslovov

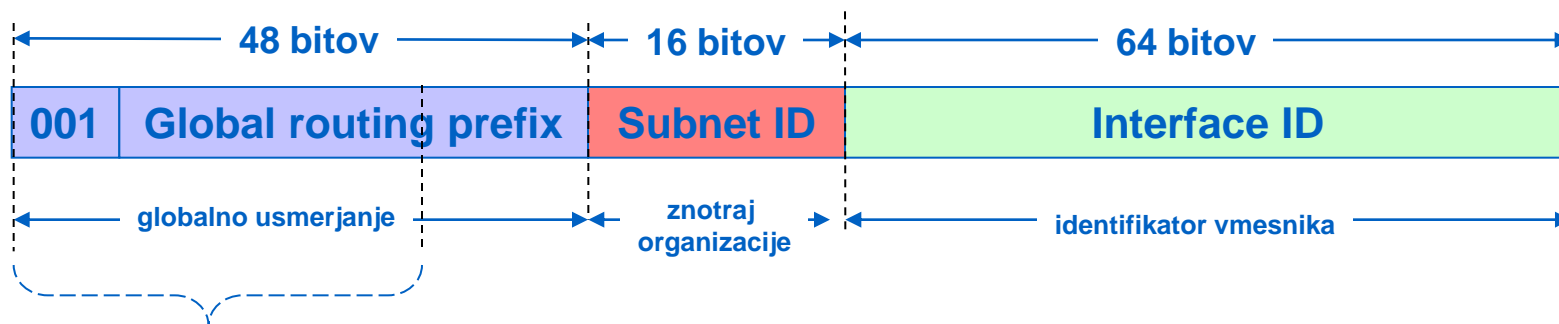
- **Globalni naslovi – RFC 3587**
 - ekvivalent javnim naslovom IPv4
 - imajo globalen doseg
- **"Link-local" naslovi**
 - ekvivalent avtomatskim naslovom IPv4
 - doseg znotraj posameznega subnet-a
 - vedno se začnejo z 1111 1110 10 (FE80::/10)
- **"Site-local" naslovi – se ne uporabljajo več (RFC 3879)!**
 - ekvivalent privatnim naslovom IPv4 (RFC 1918)
 - vedno se začnejo z 1111 1110 11 (FEC0::/10)
 - še vedno podprti v večini trenutnih implementacij IPv6
- **"Unique local" naslovi**
 - globalno unikaten naslov, zamenjava za "Site-local" naslove
- **Rezervirani**
 - 0:0:0:0:0:0:0 (::) – nedoločen naslov (privzeta pot)
 - 0:0:0:0:0:0:0:1 (::1) – "loopback" naslov





Globalni naslovi 1/2

- **Naslavljanje in usmerjanje IPv6 je hierarhično**
 - "Global routing prefix"
 - predpona, ki identificira posamezno organizacijo
 - uporablja se za globalno usmerjanje
 - "Subnet ID"
 - predpona, ki identificira posamezno omrežje znotraj organizacije
 - uporablja se za usmerjanje znotraj organizacije
 - "Interface ID"
 - identifikator vmesnika
- **Vsi trenutno dodeljeni globalni naslovi se začnejo z 001**
 - RFC 3587

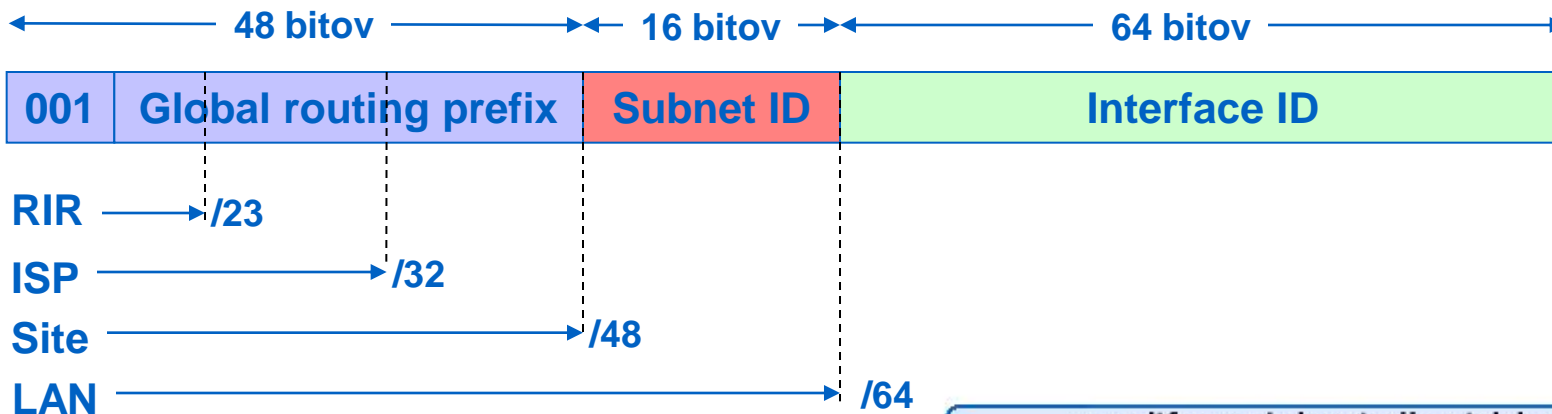
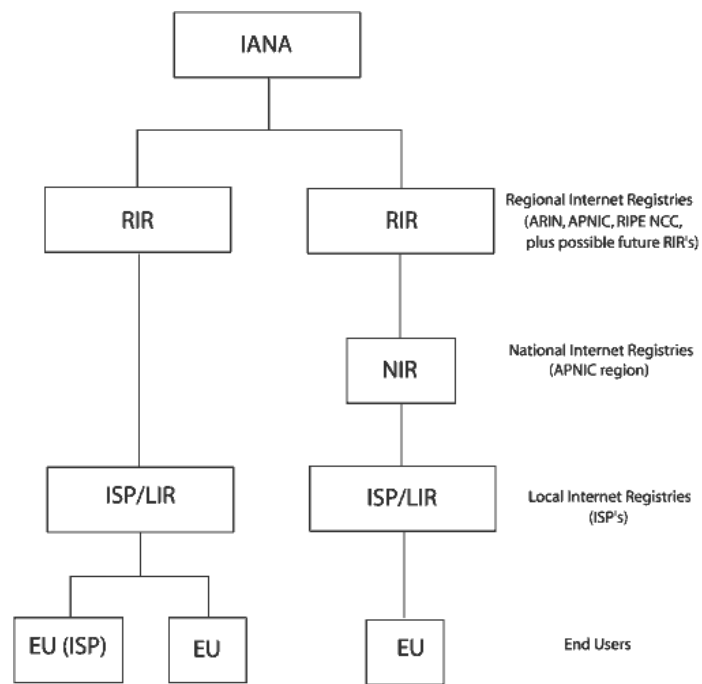


Vnosi v BGP usmerjevalni tabeli /32



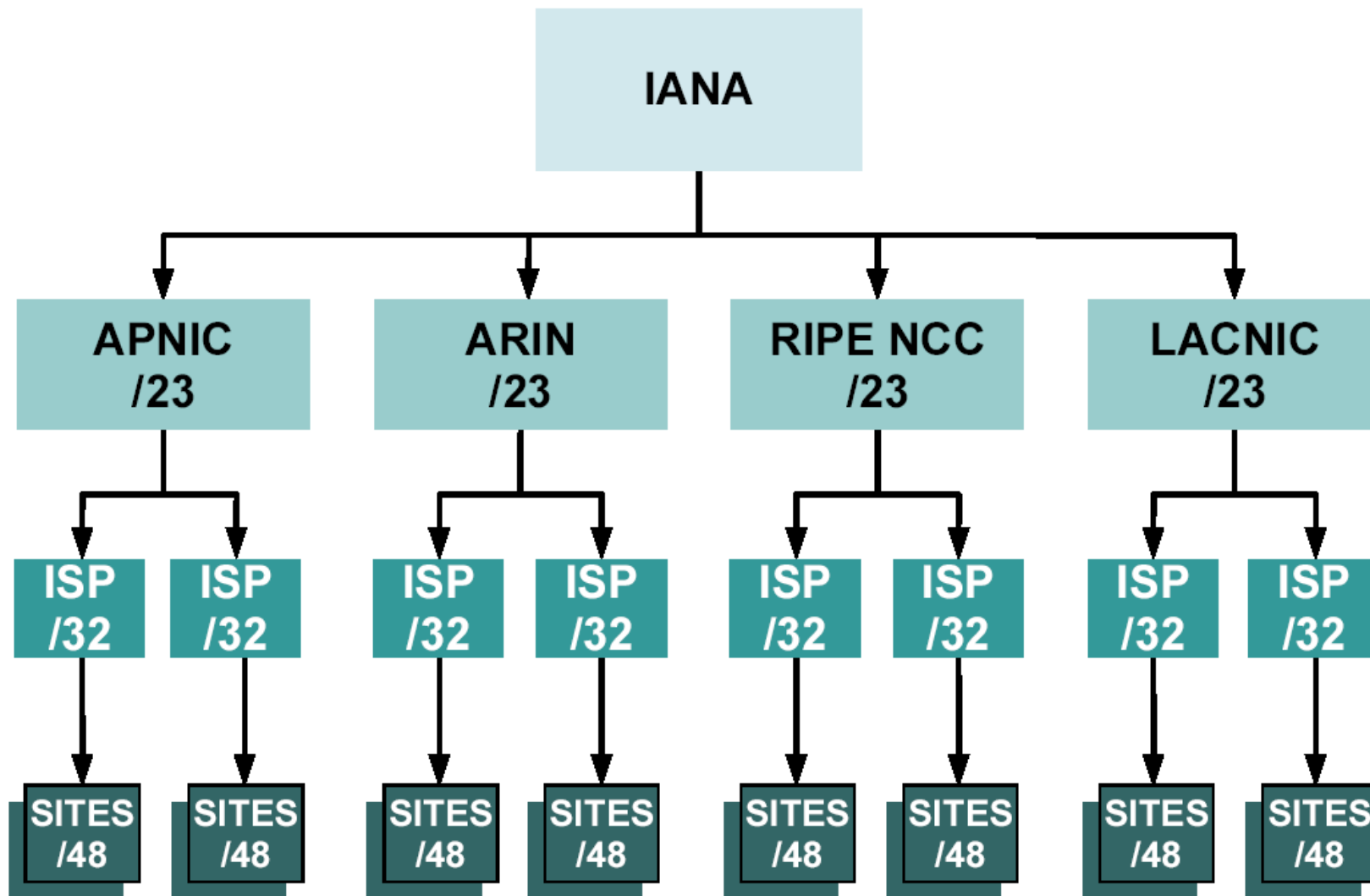
Globalni naslovi 2/2

- Dodeljuje ga IANA
- Obstoječi RIR
 - RIPE NCC
 - 2001:0600::/23, 2001:0800::/23
 - APNIC
 - 2001:0200::/23 in 2001:0C00::/23
 - ARIN
 - 2001:0400::/23
- 6Bone 3FFE::/16
- Tuneli 6to4 2002::/16





Dodeljevanja globalnih naslovov





Naslovi “link-local”

- **Ekvivalenten avtomatskim naslovom IPv4**
 - doseg znotraj posameznega subnet-a
 - paket z naslovom “link-local” se nikoli ne posreduje zunaj lokalnega omrežja
 - generira in nastavi se avtomatsko, tudi v primeru ko v omrežju ni usmerjevalnika
 - uporablja se v procesu “Neighbor discovery”
 - vedno se začnejo z 1111 1110 10 (FE80::/10)
- **Primer izračuna naslova “link-local”**
 - prvih 10 bitov je fiksni (1111 1110 10)
 - sledi jim 54 ničel
 - interface ID se generira iz naslova MAC





Naslov "Solicited-Node"

- **Multicast naslov, ki se uporablja v procesu iskanja sosedov**
 - mapiranje IPv6 naslovov v naslove MAC
- **Iskanje sosedov v IPv4**
 - pošlje se zahteva ARP tipa broadcast
 - vse naprave v Ethernet domeni procesirajo zahteve ARP
- **Iskanje sosedov v IPv6**
 - pošlje se sporočilo ICMP "Neighbor discovery"
 - kot ciljni naslov se uporabi "solicited-node address"
 - samo napravi, ki ji pripada iskani naslov IPv6, se dostavi sporočilo
- **Primer izračuna naslova "solicited-node"**





Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- ***Mehanizmi za dodeljevanje naslovov***
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



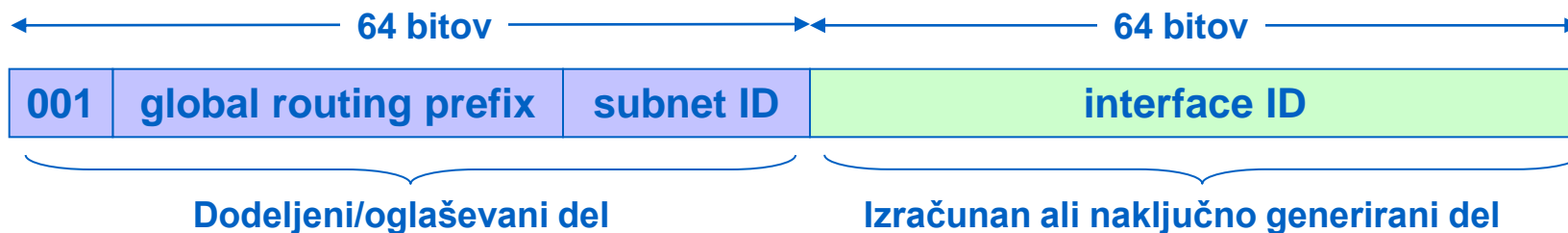
Naslovi IPv6 na odjemalcih

- **Pripadajoči naslovi IPv6 na odjemalcu**
 - lokalni naslov (link-local), izračunan iz naslova Ethernet MAC
 - globalni unicast naslov (lahko jih je več)
 - opcijsko je lahko dodeljen tudi "site-local" naslov (se ne uporabljajo več)
 - naslov vmesnika loopback ::1
- **Pripadajoči naslovi IPv6 na usmerjevalniku – vsak vmesnik**
 - globalni unicast naslov (lahko jih je več) s pripadajočo masko
 - opcijsko je lahko dodeljen tudi "site-local" naslov (se ne uporabljajo več)
 - lokalni naslov (link-local), izračunan iz naslova Ethernet MAC
 - anycast naslov za vsako podomrežje
 - naslov vmesnika loopback ::



Mehanizmi za dodeljevanje naslovov

- Naslov nastavljen ročno
- Naslov dodeljen na osnovi protokola DHCPv6 "stateful"
- Terminal izračuna svoj naslov (interface ID) "stateless"
 - na osnovi identifikatorja IEEE EUI-64 ali na osnovi razširjenega naslova Ethernet MAC
 - usmerjevalniki oglašujejo omrežje v katerem se naprava nahaja
 - sporočila ICMPv6
 - router solicitation/ router advertisements
 - neighbor solicitation/ neighbor advertisements
- Terminal generira naključen "interface ID" (RFC 3041)
 - na osnovi zgoščevalne funkcije MD5
 - omejen čas trajanja (za zagotavljanje anonimnosti)





DHCPv6

- **Predstavlja razširitev protokola DHCP iz IPv4**
 - "statefull" DHCP (RFC 3315)
 - malo praktično delujočih implementacij
 - "stateless" DHCP (RFC 3736)
 - omejen nabor opcij iz osnovnega standarda
 - konfiguracijski parametri
- **Podpira nov način naslavljanja IPv6**
- **Uporablja se lahko za avtomatsko registracijo domenskih imen**
- **Princip delovanja je "podoben" kot v primeru IPv4**
 - naprava preveri, če je v omrežju prisoten usmerjevalnik
 - v sporočilu "router advertisements" preveri če lahko uporabi storitev DHCP
 - naprava pošlje zahtevo DHCP "Solicit message" na multicast naslov FF02::1:2 (vsi DHCP agenti)
 - kot izvoren naslov IPv6 uporabi svoj "link-local" naslov



Naslovi IPv6 – Windows XP

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

Z:\>ipconfig -all

Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : janezs
Primary Dns Suffix . . . . . : laboratorij.ltfe.org
Node Type . . . . . : Unknown
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : laboratorij.ltfe.org

Ethernet adapter Local Area Connection:

Connection-specific DNS Suffix . . . :
Description . . . . . : 3Com Gigabit LOM (3C940)
Physical Address. . . . . : 00-0C-6E-A1-4C-CD
Dhcp Enabled. . . . . : No
IP Address. . . . . : 10.0.3.132
Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:f8be:7fd9:40de:a5b
IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:bc9d:6605:b81:ae4
IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:b9be:d932:81f9:be5c
IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:d0c3:5ecb:fcc3:bcab
IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:20c:6eff:fe1:4ccd
IP Address. . . . . : fe80::20c:6eff:fe1:4ccd%4
Default Gateway . . . . . : 10.0.0.1
                                fe80::210:dbff:fe35:e2%4
DNS Servers . . . . . : 10.0.4.67
                                10.0.4.83
                                193.2.90.69
                                193.2.71.1
                                193.2.1.66
                                193.189.160.11
                                193.189.160.12
                                fec0:0:0:ffff::1%1
                                fec0:0:0:ffff::2%1
                                fec0:0:0:ffff::3%1
```

globalni
naslov vmesnika
generiran z MD5

globalni
naslov vmesnika
generiran iz MAC

"link-local" naslov
privzetega prehoda

"link-local" naslov
vmesnika



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- ***DNS in IPv6***
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



DNS in IPv6

- Za povezovanje domenskih imen z naslovi IPv6 se uporablja DNS sporočilo "host address resource record" tipa AAAA (RFC 1886, RFC 3152)
 - janezs.laboratorij.ltfe.org; AAAA 2001:1470:fffe:1:20c:6eff:fea1:4ccd
- Za povratno poizvedbo se uporablja domena IP6.ARPA
 - d.c.c.4.1.a.e.f.f.f.e.6.c.0.2.0.1.0.0.0.e.f.f.f.0.7.4.1.1.0.0.2.IP6.ARPA
- Praktične implementacije IPv6 v operacijskih sistemih omogočajo poizvedovanje tipa A ali AAAA prek IPv6 DNS poizvedb ali prek IPv4 DNS poizvedb
- Korenski strežniki DNS podpirajo IPv6 od julija 2004

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - nslookup
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

Z:\>nslookup
Default Server:  lt67.laboratorij.ltfe.org
Address:  10.0.4.67

> set type=aaaa
> janezs
Server:  lt67.laboratorij.ltfe.org
Address:  10.0.4.67

janezs.laboratorij.ltfe.org      AAAA IPv6 address = 2001:1470:fffe:1:20c:6eff:fea1:4ccd
>
```



Primer IPv6 DNS poizvedbe prek IPv4

■ DNS poizvedba tipa AAAA (IPv6)

```
⊕ Frame 62 (72 bytes on wire, 72 bytes captured)
⊕ Ethernet II, Src: AsustekC_a1:4c:cd (00:0c:6e:a1:4c:cd), Dst: 3com_0f:3a:57 (00:01:02:0f:3a:57)
⊕ Internet Protocol, Src: 10.0.3.132 (10.0.3.132), Dst: 10.0.4.83 (10.0.4.83)
⊕ User Datagram Protocol, Src Port: 1026 (1026), Dst Port: domain (53)
⊖ Domain Name System (query)
  Transaction ID: 0x2513
  ⊕ Flags: 0x0100 (Standard query)
  Questions: 1
  Answer RRs: 0
  Authority RRs: 0
  Additional RRs: 0
  ⊖ Queries
    ⊖ www.6net.org: type AAAA, class IN
      Name: www.6net.org
      Type: AAAA (IPv6 address)
      Class: IN (0x0001)
```

■ DNS odgovor tipa AAAA (IPv6)

```
⊕ Frame 63 (485 bytes on wire, 485 bytes captured)
⊕ Ethernet II, Src: 3com_0f:3a:57 (00:01:02:0f:3a:57), Dst: AsustekC_a1:4c:cd (00:0c:6e:a1:4c:cd)
⊕ Internet Protocol, Src: 10.0.4.83 (10.0.4.83), Dst: 10.0.3.132 (10.0.3.132)
⊕ User Datagram Protocol, Src Port: domain (53), Dst Port: 1026 (1026)
⊖ Domain Name System (response)
  Transaction ID: 0x2513
  ⊕ Flags: 0x8180 (Standard query response, No error)
  Questions: 1
  Answer RRs: 1
  Authority RRs: 6
  Additional RRs: 10
  ⊕ Queries
  ⊖ Answers
    ⊖ www.6net.org: type AAAA, class IN, addr 2001:610:148:dead:210:18ff:fe02:e38
      Name: www.6net.org
      Type: AAAA (IPv6 address)
      Class: IN (0x0001)
      Time to live: 4 minutes, 32 seconds
      Data length: 16
      Addr: 2001:610:148:dead:210:18ff:fe02:e38
  ⊕ Authoritative nameservers
  ⊕ Additional records
```



Primerjava naslavljanja IPv4 in IPv6

IPv4	IPv6
Multicast naslovi (224.0.0.0/4)	Multicast naslovi (FF00::/8)
Broadcast naslovi	Ne obstaja ekvivalenten naslov PIV
Nedoločen naslov 0.0.0.0	Nedoločen naslov ::
"Loopback" naslov 127.0.0.1	"Loopback" naslov ::1
Javni naslovi IP	Globalni "unicast" naslovi
Privatni naslovi IP (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16)	Naslovi "Site-local" (se ne uporabljajo več) Naslovi "Unique-local"
Avtomatsko dodeljeni (169.254.0.0/16)	Naslovi "Link-local" (FE80::/64)
Pretvorba imen DNS: IPv4 host address (A) resource record	Pretvorba imen DNS: IPv6 host address (AAAA) resource record
Inverzna poizvedba imen DNS: domena IN-ADDR.ARPA	Inverzna poizvedba imen DNS: domena IP6.ARPA



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- **ICMPv6**
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Protokol ICMPv6

- **Predstavlja razširitev funkcij protokola ICMP iz IPv4**
- **Izvaja nekaj ključnih nalog v okviru IPv6**
 - **obveščanje o napakah pri prenosu in dostavi datagramov**
 - "Destination Unreachable"
 - "Packet Too Big"
 - "Time Exceeded"
 - "Parameter Problem"
 - **funkcije OAM**
 - ping
 - traceroute
 - **podpora interakciji med multicast odjemalci in robnimi usmerjevalniki**
 - transport sporočil MLD (Multicast Listeners Discovery)
 - zamenjava protokola IGMP
 - **podpora neposredni komunikaciji med odjemalci IPv6**
 - transport sporočil ND (Neighbor Discovery)
 - zamenjava protokolov ARP, ICMP Router Discovery, ICMP Redirect



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- ***Usmerjanje***
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Usmerjanje IPv6

- Enaki principi kot v primeru usmerjanja v IPv4
- Usmerjevalnik poišče za vsak sprejeti paket IPv6 optimalno pot (izhoden vmesnik) v usmerjevalni tabeli
 - iskanje "longest-prefix match"
- Dve družini usmerjevalnih protokolov
 - IGP
 - RIPng (RFC 2080)
 - Integrated ISISv6 (draft-ietf-isis-ipv6-02)
 - OSPFv3 (RFC 2740)
 - EGP
 - MP-BGPv4 (RFC 2858, RFC 2545)
 - potrebna je nadgradnja protokolov
- Statične poti
 - za naslov naslednjega hopa (usmerjevalnika) se naj uporabi njegov "link-local" naslov – omogoča dinamične preusmeritve
 - sporočila "ICMPv6 redirect"



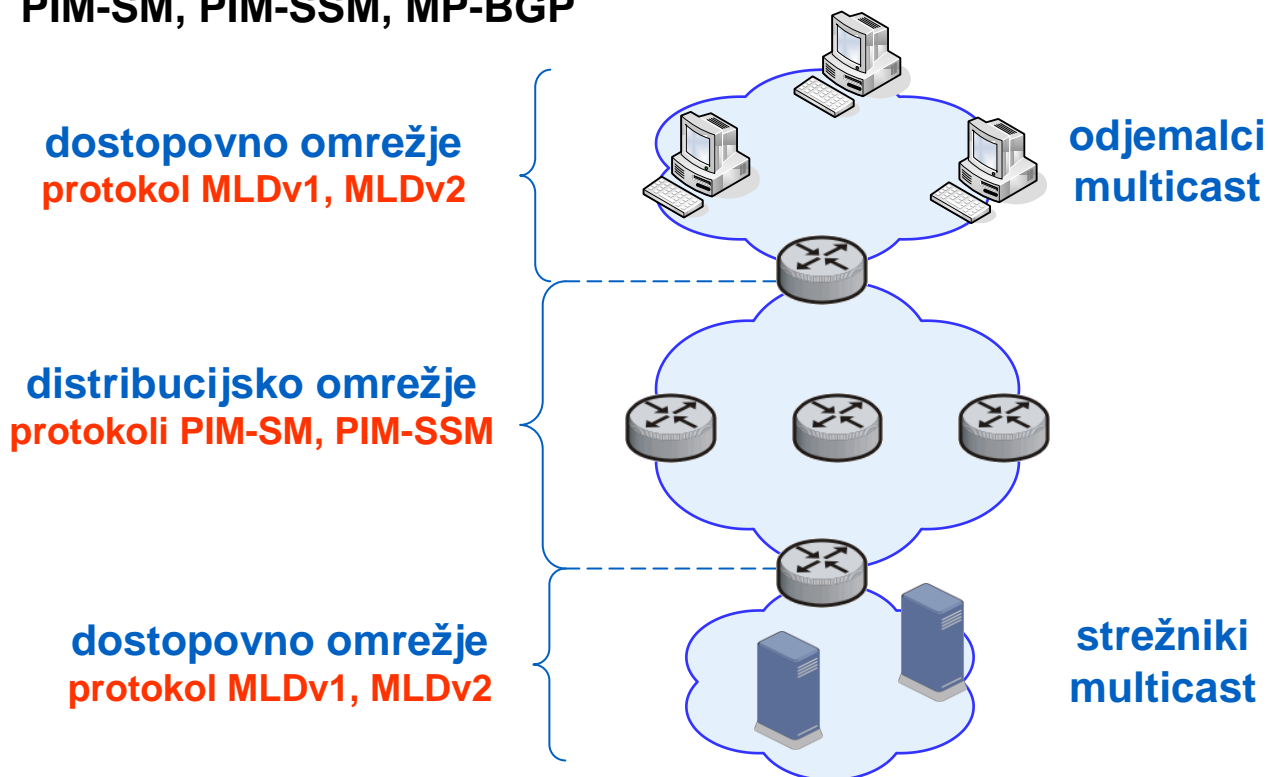
Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- ***Multicast***
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Arhitekturni gradniki

- Enak koncept delovanja kot v primeru IPv4 multicast
 - komunikacija med robnimi usmerjevalniki in odjemalci multicast
 - protokol MLDv1, MLDv2
 - komunikacija med jedrnimi usmerjevalniki
 - PIM-SM, PIM-SSM, MP-BGP





MLD snooping

- **MLD snooping – ekvivalent IGMP snooping**
 - klasična Ethernet stikala obravnavajo multicast promet na enak način kot broadcast promet
- **Ethernet multicast naslov, ki predstavlja ekvivalent IPv6 multicast naslovu je sestavljen iz dveh delov (RFC 3513)**
 - fiksni del, dolžine 16 bitov – 33 33 (hex)
 - variabilni del – zadnjih 32 bitov naslova multicast IPv6 (group ID) se preslika v Ethernet multicast naslov

Naslov multicast IPv6





Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- **Orodja**
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Ping verzija 6

- **Najbolj uporabljano orodje IP OAM**
 - uporablja se za preverjanje dosegljivosti naprav v omrežju
- **Opravlja enake funkcije kot v primeru protokola IPv4**
- **Za delovanje uporablja sporočila protokola ICMPv6**
 - Echo Request
 - Echo Reply
- **Program pošlje zahtevo ICMP in izpisuje informacije o prejetih odgovorih**
 - meri čas posredovanja paketa od izvora do ponora ter nazaj
 - indikacija, kako “daleč v omrežju” je določena naprava
 - število izgubljenih paketov
 - velikost paketa



Primer uporabe orodja Ping

■ Windows OS

```
Z:\>ping6 -?

Usage: ping6 [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-w timeout] [-s srcaddr] [-r] dest

Options:
-t          Ping the specified host until interrupted.
-a          Resolve addresses to hostnames.
-n count   Number of echo requests to send.
-l size     Send buffer size.
-w timeout Timeout in milliseconds to wait for each reply.
-s srcaddr Source address to use.
-r          Use routing header to test reverse route also.

Z:\>ping6 2001:1470:ffffe:1::1

Pinging 2001:1470:ffffe:1::1
from 2001:1470:ffffe:1:88eb:7a97:aaa5:4a4a with 32 bytes of data:

Reply from 2001:1470:ffffe:1::1: bytes=32 time=1ms
Reply from 2001:1470:ffffe:1::1: bytes=32 time=1ms
Reply from 2001:1470:ffffe:1::1: bytes=32 time=1ms
Reply from 2001:1470:ffffe:1::1: bytes=32 time=1ms

Ping statistics for 2001:1470:ffffe:1::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 1ms, Average = 1ms

Z:\>
```




Traceroute verzija 6

- Traceroute je aplikacija, ki izpiše pot, po kateri potuje paket od izvorne do ponorne naprave
- Opravlja enake funkcije kot v primeru protokola IPv4
- Za delovanje uporablja sporočila protokola ICMPv6
 - Echo Request
 - Time Exceeded
- **Izpiše**
 - pot paketa in zakasnitev na vsakem vozlišču
 - napake v omrežju
 - točko prekinitve komunikacije
- Ni garancije, da bosta dva zaporedna paketa res šla po isti poti
- Ni garancije, da je pot nazaj enaka poti od izvorne do ponorne naprave



Primer uporabe orodja Traceroute

■ Windows OS

```
Z:\>tracert6 www.6net.org

Tracing route to www.6net.org [2001:610:148:dead:210:18ff:fe02:e38]
from 2001:1470:fffe:1:88eb:7a97:aaa5:4a4a over a maximum of 30 hops:

  1      <1 ms    <1 ms    <1 ms    2001:1470:fffe:1::1
  2       3 ms     3 ms     3 ms     2001:1470:fffe::1
  3       8 ms     9 ms     8 ms     rarnes2-v6-T1.arnes.si [2001:1470:fe:1000:0:1:0:1]
  4       7 ms     8 ms     8 ms     larnes6-v6-U603.arnes.si [2001:1470:0:10ff:0:1:0:1]
  5       8 ms    18 ms     8 ms     rarnesGEANT-v6-U600.arnes.si [2001:1470:0:ff00::1]
  6       8 ms     8 ms     8 ms     arnes.si1.si.geant.net [2001:798:2026:10aa::5]
  7      15 ms    16 ms    16 ms     si.at1.at.geant.net [2001:798:20cc:1001:2601::1]
  8      23 ms    23 ms    23 ms     at.hu1.hu.geant.net [2001:798:20cc:1001:1801::6]
  9      26 ms    49 ms    26 ms     hu.sk1.sk.geant.net [2001:798:20cc:1801:2701::2]
 10     30 ms    31 ms    31 ms     sk.cz1.cz.geant.net [2001:798:20cc:1301:2701::1]
 11     62 ms    39 ms    38 ms     so-6-3-0.rt1.fra.de.geant2.net [2001:798:cc:1301:1401::2]
 12     60 ms    46 ms    46 ms     so-5-0-0.rt1.ams.nl.geant2.net [2001:798:cc:1401:2201::2]
 13     45 ms    45 ms    46 ms     2001:798:22:10aa::e
 14      *      *      *      Request timed out.
 15     46 ms    46 ms    62 ms     TERENA-router.Customer.surf.net [2001:610:ff:5::2]
 16     47 ms    46 ms    46 ms     TERENA-router.Customer.surf.net [2001:610:ff:5::2]
 17     45 ms    46 ms    46 ms     www.6net.org [2001:610:148:dead:210:18ff:fe02:e38]

Trace complete.

Z:\>
```



Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- ***Aplikacije***
- *Tranzicijski mehanizmi*
- *IPv6 na končnih napravah*



Aplikacije IPv6 1/2

- V aplikacijah mora biti zagotovljena ustrezna podpora za delovanje prek IPv6
 - novi naslovni prostor!





Aplikacije IPv6 2/2

- **Primeri aplikacij, ki imajo podporo za IPv6**
 - **6DISS (nadaljevanje projekta 6net)**
 - **<http://www.6diss.org/>**

Aplikacija	Uporaba
Apple iTunes	Audio/video klient
Apple QuickTime	Audio/video klient
VideoLAN/VLC	Audio/video klient
Quake 3	Igra
Mozilla Firefox	HTTP klient/brskalnik
Opera	HTTP klient/brskalnik
Mozilla Thunderbird	Mail klient
BitTorrent	P2P klient
RealVNC	Klient za oddaljeni dostop
Wireshark	Analizator omrežnega prometa
Putty	Telnet klient
Smart FTP	FTP klient
BEA WebLogic SIP Server	SIP strežnik

Vir: www.ipv6-to-standard.org



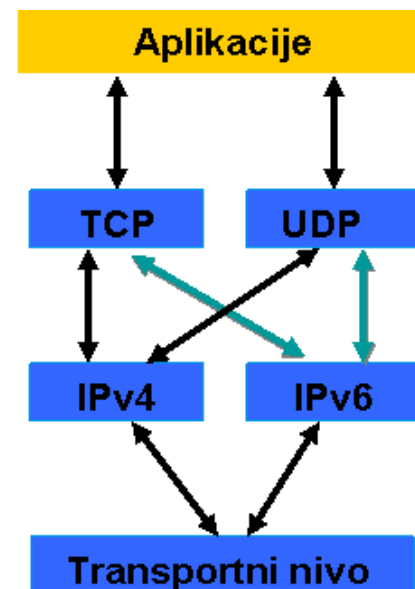
Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- ***Tranzicijski mehanizmi***
- *IPv6 na končnih napravah*



Prehod iz IPv4 v IPv6

- Zvezen, sočasen obstoj obeh verzij
- dvojni protokolni sklad "dual stack"
 - naprave s protokolnim skladom IPv4 in IPv6
- Tuneliranje
 - IPv6 prek IPv4 (RFC 2893)
 - IPv6 prek GRE (RFC 2473)
 - IPv4 kompatibilni naslovi (RFC 2893)
 - iz naslova IPv4 se izračuna IPv6 (::192.168.100.1)
 - 6to4 (RFC 3056)
 - iz naslova IPv4 izračunamo IPv6 (2002:192.168.100.1::/48)
 - javni "6to4 anycast relay" – 2002:c058:6301:: (RFC3068)
 - ISATAP
 - Teredo (prehajanje naprav NAT)
- Prevajanje naslovov IPv4 ⇔ IPv6 (NAT-PT)
 - komunikacija med napravami, ki imajo samo IPv4 ali samo IPv6 protokolni sklad (RFC 2766)

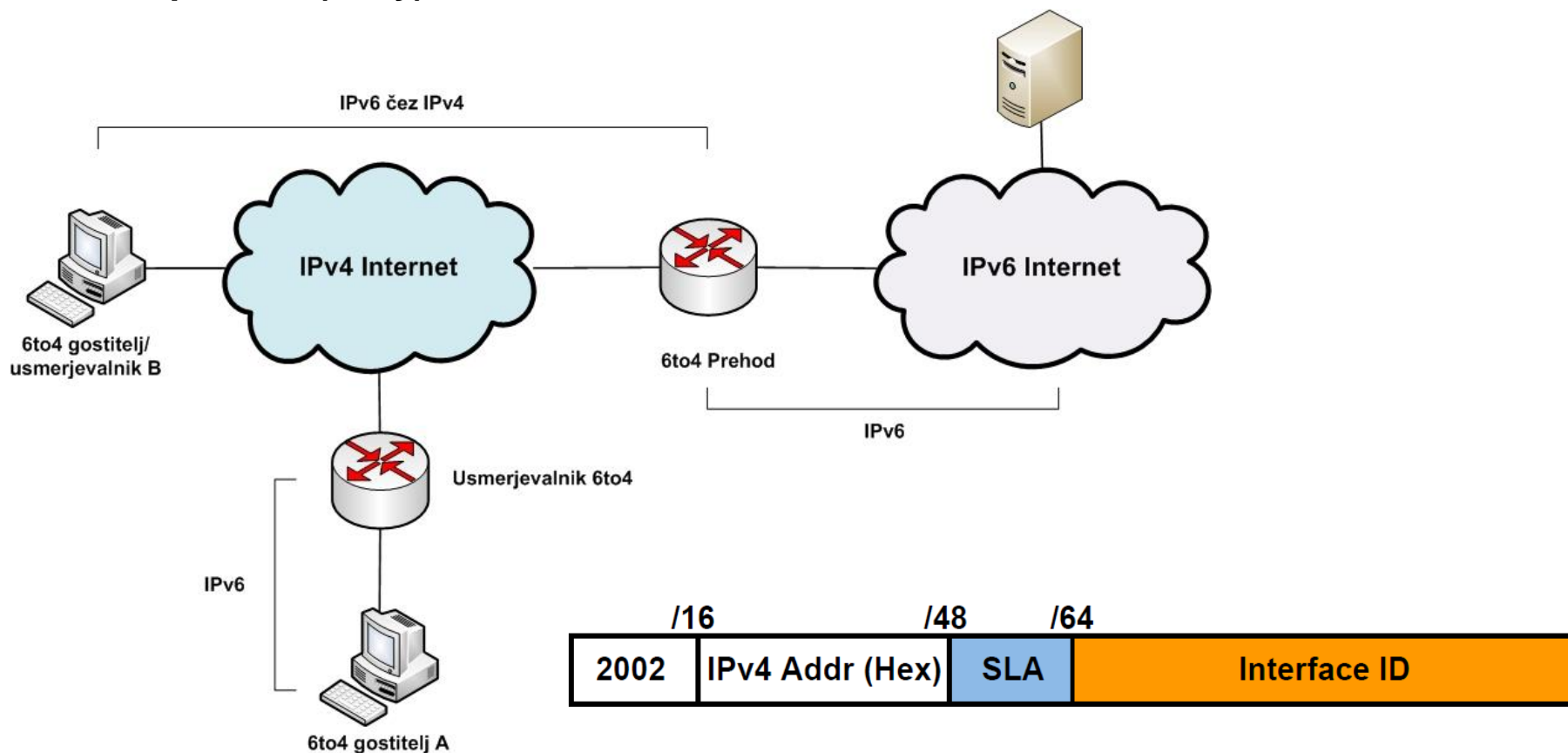




Tuneliranje 6to4

■ Komponente

- gostitelji
- usmerjevalniki
- prehodi (relay)



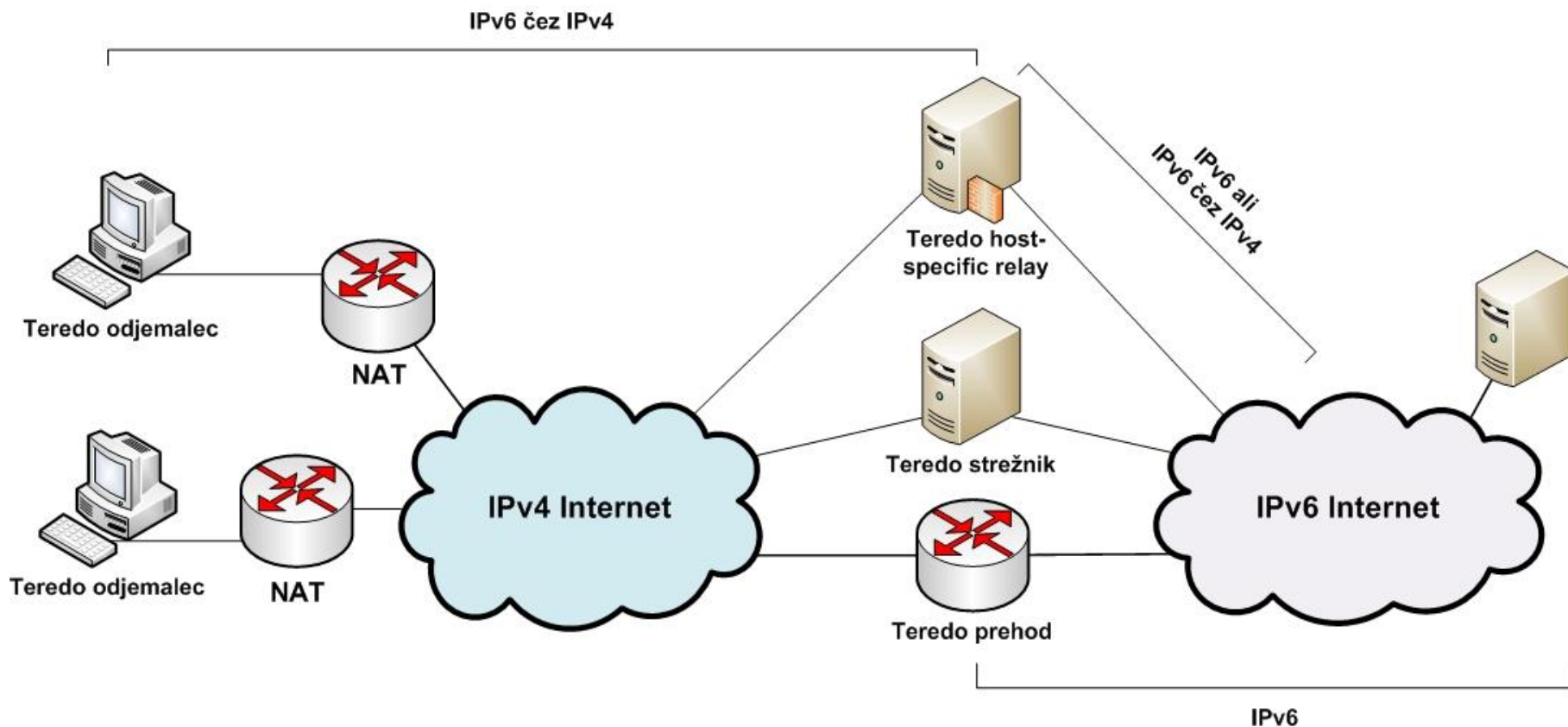


Tuneliranje Teredo

■ Komponente

- gostitelji/strežniki
- prehodi (relay)
- "host-specific relay"

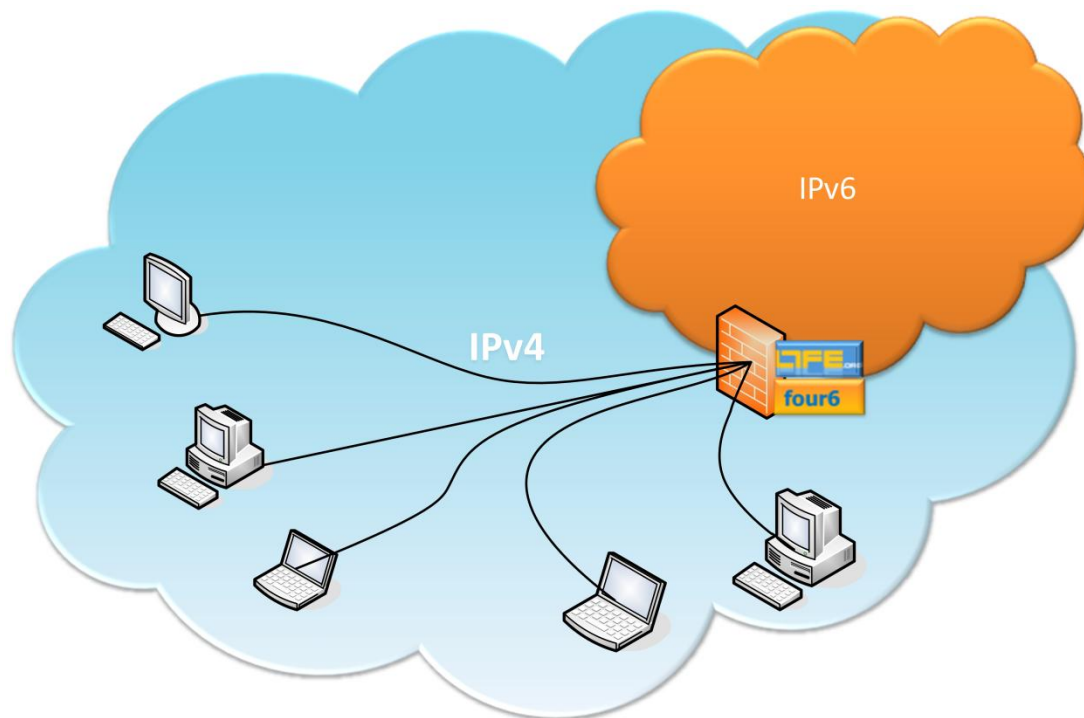
Teredo predpona 2001:0000	Naslov IPv4 Teredo strežnika	Zastavice	Zunanji UDP port	Zunanji naslov IPv4
------------------------------	---------------------------------	-----------	---------------------	---------------------------





LTFEfour6 tunel – www.ltfe.org

- Namenjen študentom UNI-LJ
- SSL VPN tehnologija
 - Operacijski sistemi
 - Windows XP, Vista, 7
 - Linux
 - Mac OS





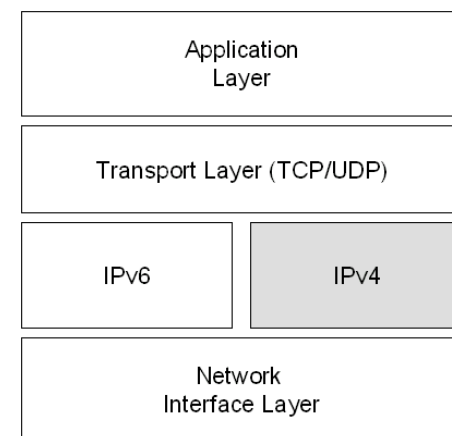
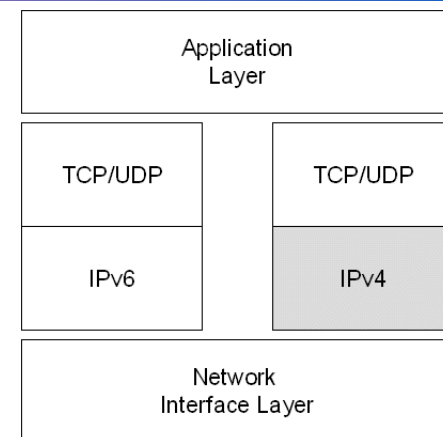
Vsebina

- *Uvod*
- *Osnove*
- *Naslavljanje*
- *Mehanizmi za dodeljevanje naslovov*
- *DNS in IPv6*
- *ICMPv6*
- *Usmerjanje*
- *Multicast*
- *Orodja*
- *Aplikacije*
- *Tranzicijski mehanizmi*
- ***IPv6 na končnih napravah***



IPv6 & Microsoft 1/2

- “Microsoft loves IPv6” ☺
- Windows XP & Server 2003
 - opcijsko
 - *ipv6 install*
 - ločen protokolni sklad L3 in L4
 - pod privzetimi nastavitvami uporablja IPv4
 - DNS
 - najprej zahteva AAAA (IPv6), nato A (IPv4)
- Windows Vista, 7 & Server 2008
 - privzeto nameščen in omogočen IPv6
 - ločen protokolni sklad na L3 in enoten na L4
 - DNS
 - optimizacija glede na Windows XP – težave ☺
 - MLDv2
 - IPv6/PPP
 - DHCPv6





IPv6 & Microsoft 2/2

- **Postopek konfiguracije IP v Vista, 7 & Server 2008**
 - **IPv6**
 - neighbor discovery
 - DHCPv6 (stateful autoconfiguration)
 - router advertisement (stateless autoconfiguration)
 - ISATAP
 - Teredo
 - preostali možni tuneli (opsijsko)
 - **IPv4**
- **Nadgradnja**
 - grafični vmesnik
 - XP, Server 2003 → netsh interface ...
 - LLMNR, LLTD
 - interface ID (link-local, global) generiran naključno (drugače kot XP!)
 - preprečuje skeniranje naslovov (poznamo proizvajalce mrežne opreme!)
 - algoritem MD5
 - povsem nov požarni zid



Preverjanje nastavitev IPv6 – WinXP

■ ipconfig -all

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

Z:\>ipconfig -all

Windows IP Configuration

    Host Name . . . . . : janezs
    Primary Dns Suffix . . . . . : laboratorij.ltfe.org
    Node Type . . . . . : Unknown
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No
    DNS Suffix Search List. . . . . : laboratorij.ltfe.org

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix . . . :
    Description . . . . . : 3Com Gigabit LOM (3C940)
    Physical Address. . . . . : 00-0C-6E-A1-4C-CD
    Dhcp Enabled. . . . . : No
    IP Address. . . . . : 10.0.3.132
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0
    IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:f8be:7fd9:40de:a5b
    IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:bc9d:6605:b81:ae4
    IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:b9be:d932:81f9:be5c
    IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:d0c3:5ecb:fcc3:bcab
    IP Address. . . . . : 2001:1470:ffff:1:20c:6eff:fea1:4ccd
    IP Address. . . . . : fe80::20c:6eff:fea1:4ccd%4
    Default Gateway . . . . . : 10.0.0.1
    fe80::210:dbff:fe35:e2%4
    DNS Servers . . . . . : 10.0.4.67
    10.0.4.83
    193.2.90.69
    193.2.71.1
    193.2.1.66
    193.189.160.11
    193.189.160.12
    fec0:0:0:ffff::1%1
    fec0:0:0:ffff::2%1
    fec0:0:0:ffff::3%1
```

globalni naslov vmesnika generiran z MD5

globalni naslov vmesnika generiran iz MAC

"link-local" naslov vmesnika

"link-local" naslov privzetega prehoda



Nastavitve IPv6 – Vista & 7

Wireless Network Connection Properties

Networking | Sharing

Connect using:

Dell Wireless 1505 Draft 802.11n WLAN Mini-Card

Configure...

This connection uses the following items:

- Client for Microsoft Networks
- Deterministic Network Enhancer
- QoS Packet Scheduler
- File and Printer Sharing for Microsoft Networks
- Internet Protocol Version 6 (TCP/IPv6)
- Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)
- Link-Layer Topology Discovery Mapper I/O Driver
- Link-Layer Topology Discovery Responder

Install... | Uninstall | Properties

Description

TCP/IP version 6. The latest version of the internet protocol that provides communication across diverse interconnected networks.

OK | Cancel

Internet Protocol Version 6 (TCP/IPv6) Properties

General

You can get IPv6 settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IPv6 settings.

Obtain an IPv6 address automatically

Use the following IPv6 address:

IPv6 address:

Subnet prefix length:

Default gateway:

Obtain DNS server address automatically

Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server:

Alternate DNS server:

Advanced...

OK | Cancel



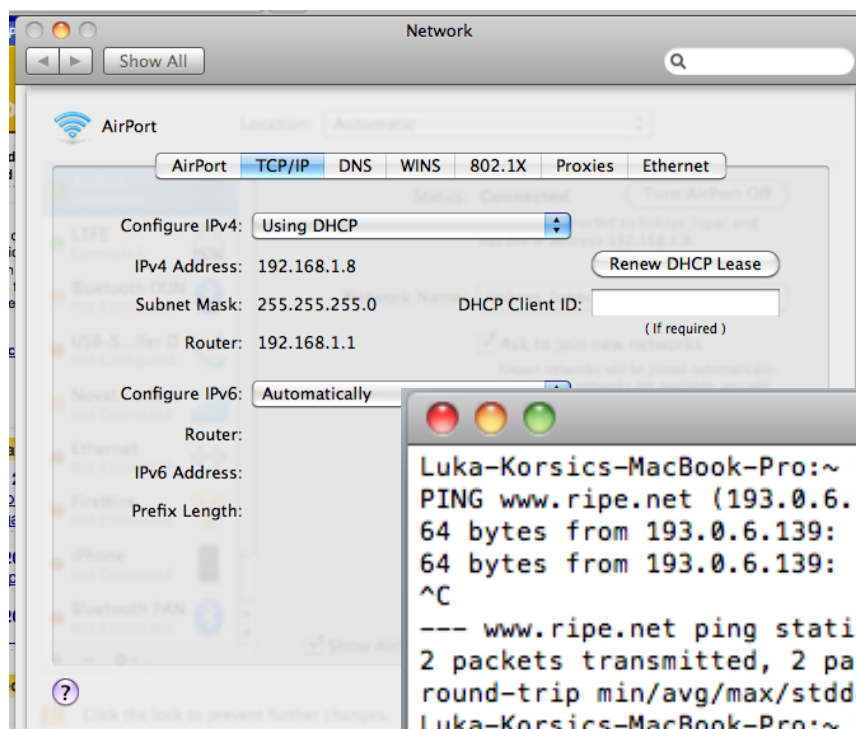
IPv6 & Linux

- **Podpora omogoča večina različic**
 - Red Hat
 - SUSE
 - Fedora
 - Ubuntu
- **Primer nastavitv pri Ubuntu**
 - autokonfiguracija omogočena pod privzetimi nastavitvami
 - `/etc/network/interfaces`
 - `auto eth0`
 - `iface eth0 inet dhcp`
 - `iface eth0 inet6 (stateless autoconfiguration)`
 - `ali`
 - `iface eth0 inet 6 static`
 - `address 2001:6b0:e:2018::226`
 - `netmask 64`
 - `gateway 2001:6b0:e:2018::1`



IPv6 & Mac OS

- Nameščen in omogočen IPv6 pod privzetimi nastavitvami



```
Terminal — bash — 80x24
Luka-Korsics-MacBook-Pro:~ Lukak$ ping www.ripe.net
PING www.ripe.net (193.0.6.139): 56 data bytes
64 bytes from 193.0.6.139: icmp_seq=0 ttl=249 time=70.548 ms
64 bytes from 193.0.6.139: icmp_seq=1 ttl=249 time=70.490 ms
^C
--- www.ripe.net ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 70.490/70.519/70.548/0.029 ms
Luka-Korsics-MacBook-Pro:~ Lukak$ ping6 www.ripe.net
PING6(56=40+8+8 bytes) 2001:1470:fffe:13::3 --> 2001:610:240:22::c100:68b
16 bytes from 2001:610:240:22::c100:68b, icmp_seq=0 hlim=38 time=85.304 ms
16 bytes from 2001:610:240:22::c100:68b, icmp_seq=1 hlim=38 time=89.999 ms
16 bytes from 2001:610:240:22::c100:68b, icmp_seq=2 hlim=38 time=82.270 ms
^C
--- www.ripe.net ping6 statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 82.270/85.858/89.999/3.180 ms
```



IPv6 na mobilnih napravah

MOBITEL VPN 13:46 95%

RIPE Network Coordination Centre

www.ripe.net/ Google

Internet Coordination Data & Tools

LIR Services RIPE Community

Search Site Search

RIPE NCC RIPE NETWORK COORDINATION CENTRE

Welcome to the RIPE Network Coordination Centre

Your IP address is: 2001:1470:ffe:13::3

The RIPE NCC is one of five Regional Internet Registries (RIRs) providing Internet resource allocations, registration services and coordination activities that support the operation of the Internet globally.

iPad VPN 21:34 88%

Welcome to RIPE.NET

www.ripe.net/ Google

Exchange.ltfe.org RTV Slovenija mojblink.com F1 Magazin Facebook F1express.si 24ur.com Šport TV Sportklub jabuk iClarified

RIPE NCC LIR Portal RIPE

About RIPE NCC | Contact | Search | Sitemap

RIPE NCC RIPE Network Coordination Centre

Local Time in Amsterdam is: 21:32 (UTC +1)

Your IP Address is: 2001:1470:ffe:13::3

RIPE Database Search

Advanced search

Other RIRs Database Search: Afrinic | APNIC | ARIN | LACNIC

News & Announcements

- [19 November 2010] RIPE 61 - Meeting Report
- [18 November 2010] Report from the November 2010 RIPE NCC General Meeting
- [15 November 2010] Hans Petter Holen Elected to RIPE Seat on NRO NC
- [19 October 2010] Latest RIPE NCC Member Update (Issue 18) Now Available
- [19 October 2010] IPv6 PI Assignment to the RIPE NCC

Older News & Announcements

- How do I get IP addresses?
- How do I request an Autonomous System Number (ASN)?

RIPE NCC
The RIPE NCC is one of five Regional Internet Registries (RIRs) providing Internet resource allocations, registration services and co-ordination activities that support the operation of the Internet globally.

LIR Portal
Secure section where you can manage your Local Internet Registry data and submit resource requests. Authorisation required.

RIPE Community
A collaborative forum open to all parties interested in wide area IP networks.

- RIPE Labs
- Document Store
- RIPE Meetings
- Working Groups
- Task Forces
- Mailing Lists
- Policy Development

The RIPE NCC is a Member of the Number Resource Organization

- [3 December 2010] Ron da Silva Appointed to Address Supporting Organization Advisory Council
- [3 December 2010] NRO at ICANN 39 - Cartagena de Indias, Colombia
- [2 December 2010] Update on Global Deployment of Resource Certification

The Five Most Frequently Asked Questions



Viri

- **IETF**
 - <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2460.txt>
- **6DISS Tutorials**
 - <http://www.6diss.org/tutorials/index.html>
- **6NET IPv6 deployment guide**
 - <http://www.6net.org/book/deployment-guide.pdf>
- **Microsoft tutorials**
 - <http://technet.microsoft.com/en-us/network/bb530961.aspx>
- **Cisco tutorials**
 - www.cisco.com/go/ipv6
- **Juniper tutorials**
 - http://www.juniper.net/techpubs/software/aaa_802/sbrc/sbrc70/sw-sbrc-admin/html/Concepts13.html
- **go6.si**
 - <http://ipv6.go6.si/2-slo-ipv6-summit/>