



## IPv6 - Ominaisuudet ja käyttöönotto

Jari Korva (jari.korva@vtt.fi)

v3.2/2008-05-22

## Sisältö (1/2)

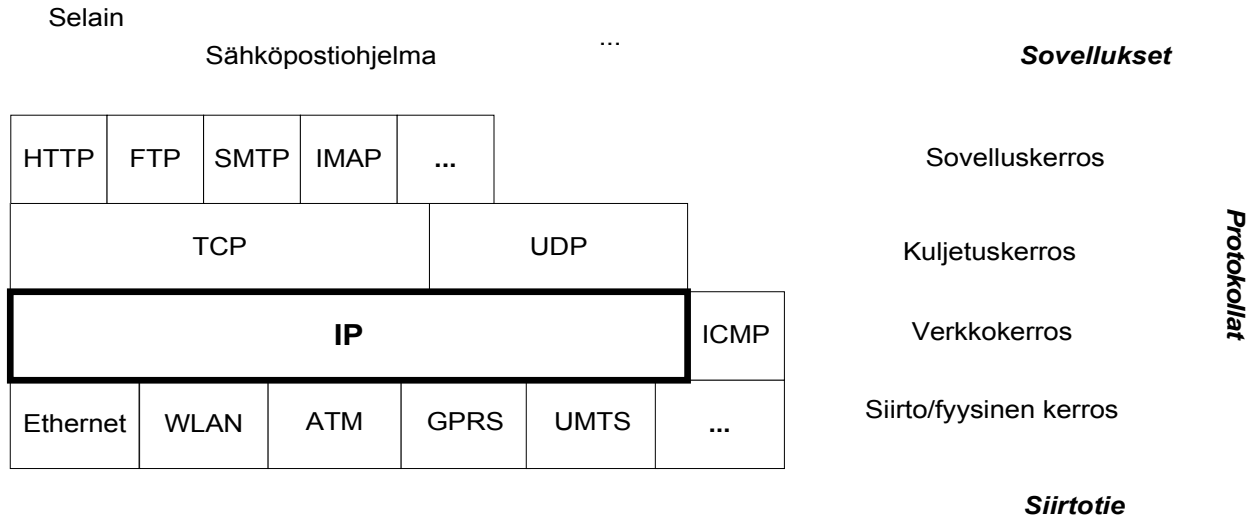
- Johdanto
  - Mikä on Internet protokolla (IP)?
  - Miksi IPv6?
- IPv6:n ominaisuudet
  - Osoiteavaruus
  - Verkon hallittavuus
  - Tietoliikenteen tietoturva
  - Liikkuvuus
  - Palvelun laatu

## Sisältö (2/2)

- Käyttöönotto
  - Käyttäjän, ylläpitäjän ja ohjelmoijan näkökulmat
  - Käyttöönoton vaatimukset
  - Siirtymätekniikat (IPv6:n käyttö IPv4 verkoissa)
  - Esimerkki: IPv6 3G-verkoissa ja kotona
- Yhteenveto
  - Mitä ongelmia IPv6 ei ratkaise?
  - Kannattaako päivittää - puolesta ja vastaan
- Lisätietoa

# Mikä on Internet protokolla (IP)?

- IP (Internet Protocol) on ns. verkkotason protokolla, jonka ansiosta Internetiin kytkeytyneet koneet voivat kommunikoida keskenään



## Miksi IPv6?

- Tällä hetkellä on käytössä IP-protokollan versio 4 (IPv4)
  - Syntynyt 1970-luvulla
- Internet muuttuu ja kasvaa
  - Uusia käyttäjäryhmiä: langattomat ja liikkuvat käyttäjät, vähemmän kehittyneet maat, älykkäät laitteet
  - Uusia käyttötapoja surffailun ja sähköpostin lisäksi: peer-to-peer -yhteydet, aina päällä olevat yhteydet mm. kotona  
⇒ Tarvitaan lisää osoitteita, kapasiteettia, ylläpidettävyyttä, ...
- Ratkaisuksi esitetty uutta versiota IP-protokollasta (IPv6)
  - IPv5 oli kokeellinen hieman eri tarkoitukseen suunniteltu protokolla, joka ei yleistynyt

## IPv4-osoitteiden loppuminen

- Tärkein syy IPv6:n käyttöönotolle on IPv4-osoitteiden loppuminen
- Tarkkaa tietoa Internetiin kytkettyjen laitteiden määrästä on mahdoton saada
  - Tammikuussa 2008 verkossa oli n. 542 miljoonaa laitetta, jolla oli julkisesti määritelty nimi (vuotta aiemmin n. 433 miljoonaa) <sup>(1)</sup>
    - suurella osalla laitteita ei ole julkista nimeä...
  - Toisaalta voidaan tutkia osoitteiden varaustilannetta (IANA allokoit osoitteet alueellisille RIR:ille, jotka jakavat niitä toimialueensa operaattoreille)
- Trendejä arvioimalla IPv4-osoitteet on allokoitu operaattoreille 2011 mennessä <sup>(2)</sup>
- Tämän jälkeen osto- ja myyntivaihe, jolloin käyttämättömiä osoitteita voi ostaa rahalla niiltä jotka ovat niitä ajoissa hankkineet?

<sup>(1)</sup> Lähde: Internet Software Consortium (<http://www.isc.org/ds/>)

<sup>(2)</sup> Lähde: IPv4 Address Report (<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>)

# IPv6:n ominaisuudet



## Osoiteavaruus

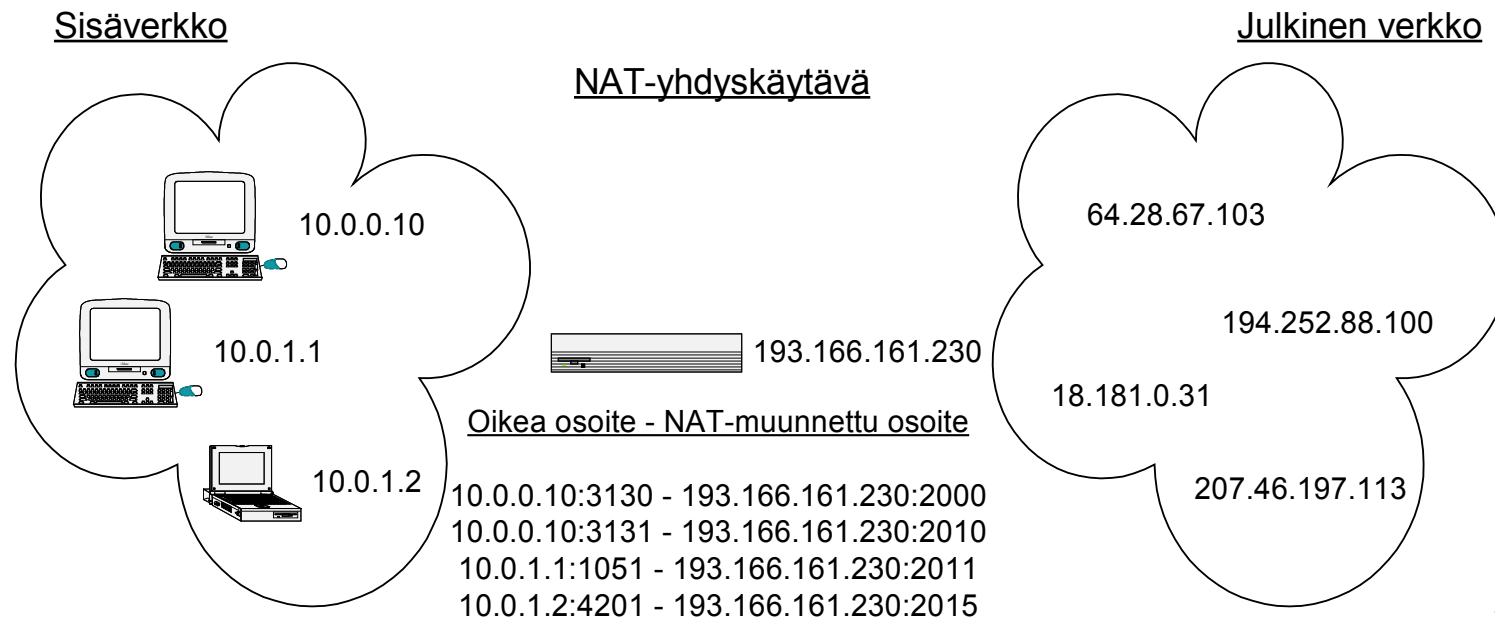
IPv4	IPv6
32 bittiset osoitteet	128 bittiset osoitteet
4 294 967 296 osoitetta	340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456 osoitetta
esim. 10.161.24.130	2001:db8:1205:e14:250:daff:fe7d:42ec

- IPv4 osoitteiden riittävyyttä on jatkettu käyttämällä dynaamia osoitteita (DHCP), osoitteenmuunnoksia (NAT) ja uudistamalla reititystapaa (CIDR)
- Osoitteita käytetään silti tehottomasti => 4 miljardia IPv4 osoitetta on teoreettinen maksimi
- IPv6-osoitteet on jaettu entistä hierarkisemmin, mikä yksinkertaistaa hieman reititystä



# Osoiteavaruus: NAT - osoitteita sittenkin riittävästi?

- Monta konetta voi toimia samalla julkisella IP-osoitteella
  - voidaan hidastaa IPv4-osoitteiden loppumista, mutta toisaalta aiheutetaan uusia ongelmia



## Osoiteavaruus: NAT:n ongelmia

- Verkko muuttuu monimutkaisemmaksi NAT-yhdyskäytävän takia
  - sovellustason protokollamuunnokset yhdyskäytävässä
  - ylimääräinen komponentti heikentää vikasietoisuutta
- Julkisesta verkosta ei voida luoda yhteyttä sisälle
  - esim. webbikamera kotona, tiedostojen siirto kavereiden kesken, suora kommunikointi ihmisten välillä
  - liikenne joudutaan kierrättämään julkisessa verkossa olevan välityspalvelimen kautta
- Esimerkiksi VPN-yhteydet (IPSec) ja VoIP vaativat kikkailua
- Väärä turvallisuuden tunne (NAT ei ole palomuuuri)

# Osoitteiden konfigurointi

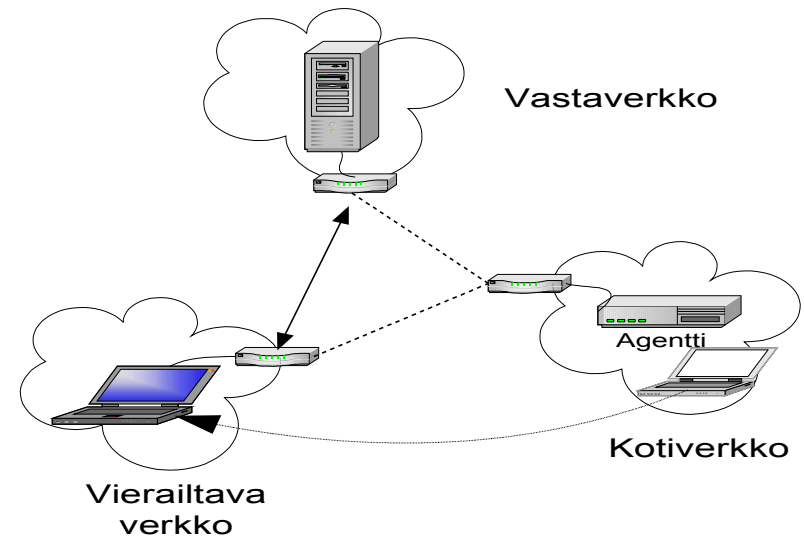
- Verkkoasetusten automaattinen konfigurointi IPv6:ssa
  - tilaton konfigurointi
    - laite etsii automaattisesti yhteyden Internetiin (eli reitittimen)
    - laite muodostaa IPv6 osoitteensa automaattisesti
    - ainoastaan nimipalvelu täytyy konfiguroida
  - ”tilallinen konfigurointi”
    - kontrolloidumpi ja monipuolisempi tapa
    - DHCPv6 - vastaava mekanismi kuin IPv4:ssä
- Verkko-operaattorin vaihtuessa verkon osoite voidaan vaihtaa lennosta: vanha osoite tippuu pois ja uusi tulee tilalle automaattisesti

## Tietoliikenteen tietoturva - IPSec

- IPSec vastaa tietoliikenteen salauksesta ja kommunikoidijien identiteetin varmentamisesta
- Käyttökohteet
  - käyttäjien siirtämän datan salaaminen ja varmentaminen
  - verkon toiminnan varmentaminen (kontrolliviestien autentikointi)
- Läpinäkyvä sovelluksille
- Periaatteessa pakollinen osa IPv6:tta - IPv4-maailmassa lisäominaisuus
  - käytännössä kuollut kirjain, monista käytössä olevista IPv6-toteutuksista puuttuu IPSec

# Liikkuvuus

- Sovellukset eivät saa huomata, että siirrytään verkosta toiseen (esim. WLAN  $\Leftrightarrow$  3G)
- Mobile IPv6 vs Mobile IPv4
  - IPv6-osoitteiden määrä ja parempi konfiguroitavuus plussaa
  - IPv6:n suunnittelussa liikkuvuus on voitu ottaa huomioon paremmin => elegantimpi ja tehokkaampi toteutus
    - tehokkaampi reititys ja yksinkertaisempi arkkitehtuuri
- Suurin osa standardoinnista ja protokollakehityksestä liittyy tällä hetkellä Mobile IPv6:een



# Protokolla

- IPv6-paketti on yksinkertaisempi ja laajennettavampi kuin IPv4-paketti
- Haittapuolena otsikotiedot vievät enemmän tilaa (tosin esim. langattomissa verkoissa voidaan käyttää otsikon pakkausta).

Ver	Class	Flow label	
Payload length		Next header	Hop limit
Source address			
Destination address			
Extension headers			
...			
Data			
...			

*IPv6*

Ver	IHL	Type of service	Total length	
Identification			Flags	Fragment offset
Time to live	Protocol		Header checksum	
Source address				
Destination address				
Options				Padding
Data				
...				

*IPv4*

## Yhteenveto tärkeimmistä uusista ominaisuuksista

- Osoiteavaruus
  - lisää osoitteita, runkoverkon operaattoreiden kannalta helpompi reititettävyys
- Liikkuvuus
  - IPv6 toteutus optimoidumpi kuin IPv4
- Paremmin laajennettava protokolla

# Käyttöönotto





## Loppukäyttäjän näkökulma

- Käyttäjä ei välttämättä huomaa mitään
  - Internetosoite voi olla edelleen muotoa [www.vtt.fi](http://www.vtt.fi) tai [jari.korva@vtt.fi](mailto:jari.korva@vtt.fi)
  - käyttöjärjestelmä valitsee nimipalvelun tietojen perusteella käytettävän protokollan (nimipalveluun lisätään ns. AAAA tietue)

## Ylläpitäjän näkökulma

*Kaikki IP-sidonnaiset komponentit vaativat IPv6-tuen:*

- Käyttöjärjestelmät
  - Tuki olemassa: Linux, UNIXit, Windows XP/Vista, Symbian 7-, Windows CE, MacOS X 10.3
  - Moniin muihin IPv6-tuki on saatavana päivityksenä
- Verkkoa käyttävät ohjelmat
  - Työasemissa: Firefox, Internet Explorer 6, ...
  - Palvelimissa: Bind 9, Apache 2, Windows 2003
- Reitittimet ja palomuurit
  - Tuki löytyy suurimmasta osasta, puutteita eniten kotikäyttöön suunnitelluissa laitteissa (esim. ADSL-reitittimet)
  - Joissain tapauksissa IPv6 on maksullinen lisäominaisuus

## Ohjelmoijan näkökulma

- IP-osoitteen muoto muuttuu (x.x.x.x => x:x:x:x:x:x:x:x)
  - Esim. http://127.0.0.1:80/ mutta http://[::1]:80/
- Java 2 versio 1.4 ja uudemmat sisältävät IPv6-tuen
  - Ei muutoksia hyvin toteutettuihin ohjelmiin
- C-ohjelmien siirrettävyys riippuu API:sta
  - gethostbyaddr()/gethostbyname() => IPv4
  - getaddrinfo()/getnameinfo() => sekä IPv4 että IPv6
- Uudemmat .NET työkalut sisältävät IPv6-tuen
- ...

# Siirtymätekniikat

Siirtymätekniikoilla siirrytään asteittain IPv6:een:

- IPv6:n tunnelointi IPv4:n yli, jos ei ole aitoa yhteyttä
  - IPv6-paketti pakataan IPv4-paketin sisään
  - käytetään runkoverkoissa ja IPv6-etäyhteyksien muodostamiseen
  - tekniikoita esim. Tunnel Broker, 6in4, 6to4, 6over4, Teredo
- Osoite- ja protokollamuunnokset IPv4- ja IPv6-verkkojen välillä
  - tekniikoita esim. NAT-PT ja SIIT
  - IETF työstää parhaillaan uutta ratkaisua
- Rinnakkaiskäyttö (laitteissa tuki molemmille protokollille) eli ns. dual stack

## Käyttöönoton tilanne (1/2)

- Ensimmäisen vaiheen 6bone-testiverkko on ajettu alas
- ”Tuotantokäyttöön” tarkoitettuja IPv6 osoitteita jakaa Euroopalaisille operaattoreille RIPE
  - Suomessa osa operaattoreista on varannut IPv6-lohkon: Aina Com, DNA, Elisa, Funet, Welho, Imate, Lännen Puhelin, Nordic LAN&WAN Communication, Mediatraffic, MMD Networks, Nebula, Netsonic, HTK NetCommunication, Pohjanmaan Puhelinosuuskunta, TDC Song, TNNet, Vaasan Läänin Puhelin, TeliaSonera (\*)
  - ... tosin kaikilla osoitteet eivät ole käytössä
  - Operaattorit jakavat osoitteita edelleen asiakkaille, tällä hetkellä lähinnä yrityksille

(\* Lähde: RIPE (<ftp://ftp.ripe.net/pub/stats/ripenncc/membership/alloclist.txt>)

## Käyttöönoton tilanne (2/2)

- Aasian teknomaat edelläkävijöitä (esim. Japani, Korea)
  - kiinnostus osittain poliittista, osittain teknistä
- Euroopassa EU tuki IPv6-kehitystä voimakkaasti 2000-luvun alussa tutkimusohjelmiensa kautta
- Tällä hetkellä USA:ssa käynnissä projekteja, joilla pyritään varautumaan IPv6:n käyttöönottoon (liittovaltio ja armeija)

## IPv6 ja 3G

- UMTS - nykytilanne
  - Standardin mukaan molemmat versiot mahdollisia datan siirrossa
  - IP Multimedia Subsystem (IMS) käyttää IPv6:tta periaatteessa, käytännössä operaattorit ovat kuitenkin ottamassa käyttöön IPv4:n

## Esimerkki: IPv6 yhteys kotiin

- Yleensä operaattorit eivät tarjoa IPv6-yhteyksiä kuluttajille, joten joudutaan käyttämään tunnelointia
- Vaatimukset
  - Tavallinen ADSL-, modeemi-, GPRS/3G- tms. yhteys
  - IPv6:ta tukeva käyttöjärjestelmä (esim. Windows XP tai Linux)
- Tunnelointimenetelmä tilanteen mukaan
  - palveluntarjoajalla salliva palomuuuri, ei osoitteenmuutosta: 6to4 tai Tunnel broker, esim. SixXS (6to4 on dynaaminen ja helposti käyttöönotettava, mutta Tunnel broker -tekniikka tarjoaa "aidomman" IPv6-yhteyden)
  - jos palomuuuri ei salli tavallista IPv6-tunnelointia tai NAT: Teredo (IPv6 over UDP)
  - jos käytössä on ns. symmetrinen NAT, välttämättä Teredokaan ei toimi



## Yhteenveto käyttöönotosta

- Esimerkiksi yritysverkoissa käyttäjät eivät välttämättä huomaa mitään
- Ohjelmoijat ja ylläpitäjät joutuvat päivittämään järjestelmiänsä
- Asteittainen ja hidas päivittäminen mahdollista (toisin kuin Y2K-muutoksissa tai euron käyttöönotossa)
- IPv6 ei juurikaan ole vielä tuotantokäytössä

# Yhteenveto



## Puolesta ja vastaan (1/4)

- Väite: Paikkailtu IPv4 riittää, esimerkiksi Skype toimii hyvin
  - laitteita voidaan kytkeä verkkoon yhä enemmän NAT:n ansiosta
  - liikkuvuus (MobileIP), tietoturva (IPSec) ja palvelun laatu toimivat myös IPv4-maailmassa
  - verkot nopeutuvat ja prosessointiteho lisääntyy, joten esim. verkkoprotokollia kehitettäessä ei tarvi pyrkiä optimiratkaisuihin
- Vastaväite: IPv4:n paikkailu ei ole ongelmaton eikä riitä ikuisesti
  - Internet joka laitteeseen => tarvitaan enemmän osoitteita
  - IPv6:n suunnittelussa otettu alusta lähtien paremmin huomioon esimerkiksi liikkuvuus ja laajennettavuus
  - paikkailu aiheuttaa uusia ongelmia
  - käyttäjämäärien kasvun ja rajallisten resurssien takia esim. langattomissa verkoissa tarvitaan optimiratkaisuja

## Puolesta ja vastaan (2/4)

- Väite: Tarvittavat päivitykset ovat suuria ja kalliita
- Vastaväite: 500 miljoonaa laitetta on halvempaa päivittää kuin miljardi jne.
  
- Väite: Sisäänrakennettu IPv6-tuki puuttuu vielä monista käyttöjärjestelmistä, ohjelmista ja reitittimistä
- Vastaväite: Merkittävät valmistajat ilmaisseet tukensa: Cisco, Ericsson, IBM, Microsoft, Nokia, Motorola. Ainut tapa saada loput mukaan on vaatia IPv6-tukea kaikissa uusissa laite- ja ohjelmistohankinnoissa (vrt. USA:n liittovaltio)
  
- Väite: Kaikkea ei olla vielä standardoitu, esim. multihoming
- Vastaväite: Merkittävimmät osat standardoitu vuosia sitten

## Puolesta ja vastaan (3/4)

- Väite: Kahden protokollan rinnakkaiskäyttö on hankalaa
- Vastaväite: Totta, toisaalta pidemmällä tähtäyksellä verkon hallinta yksinkertaistuu
  
- Väite: Verkossa ei ole vielä IPv6 palveluja / verkossa ei ole IPv6-käyttäjiä, joten ei kannata luoda IPv6-palveluja
- Vastaväite: Muna-kana -ongelma. Jonkun täytyy aloittaa
  
- Väite: IPv6-ratkaisuja ei olla vielä testattu laajamittaisessa käytössä
- Puolustus: Eri puolilla maailmaa on toteutettu kokeiluja. Myös tämä on muna-kana -ongelma, eli jonkun täytyy aloittaa

## Puolesta ja vastaan (4/4)

- Väite: HIP-protokolla tekee IPv6:n tarpeettomaksi
- Vastaväite: HIP on elegantti tapa ratkoa useita nykyisen Internetin tietoturvaan ja liikkuvuuteen liittyviä ongelmia. Toisaalta se on vielä tutkimusasteella, joten tulevaisuus on auki sekä hyödyt ja haitat osittain todentamatta. Lisäksi myös HIP vaatii suuria päivityksiä Internet-infrastruktuuriin, ja monessa suhteessa IPv6 ja HIP ovatkin toisiaan tukevia tekniikoita, ei kilpailijoita.
- Väite: Future Internet -tutkimus (esim. GENI, FIRE) tekee IPv6:n tarpeettomaksi
- Vastaväite: Tuloksia voidaan odottaa vasta vuosien päästä ja toimivien tuotteiden saaminen kestää vielä kauan

## Mitä ongelmia IPv6 ei ratkaise?

- Ylempien protokollien ongelmia
  - Yleisesti käytetty TCP ei toimi optimaalisesti langattomissa verkoissa (siirtovirheet aiheuttavat viiveitä)
- Internetin tietoturvaongelmia
  - Palvelunestohyökkäykset, spam, ...
- Ongelmia palvelun laadussa
  - Viiveet, kaistan jakaminen, ...

## Ketkä haluavat IPv6:n ensimmäisinä?

- Tutkimusmaailma
  - Mahdollisuus keskittyä IPv4-ongelmien paikkailusta tärkeämpiin ongelmiin
- Yksittäiset tehokäyttäjät
  - Esimerkiksi Teredo mahdollistaa IPv4 palomuurien ja osoitteenmuutosten kiertämisen
  - Suorat yhteydet kaverien kesken (äänen, kuvan tai tiedostojen siirto; pelit), nettikamera kotiin tai taskuun, ...
- Pitkälle tulevaisuuteen varautuvat organisaatiot



## Lisätietoa

- <http://www.ipv6forum.com/>
- <http://www.ist-ipv6.org/>
- <http://www.fi.ipv6tf.org/>
- <http://www.ipv6.willab.fi/>

## Lyhenteitä

FIRE - Future Internet Research and Experimentation

GENI - Global Environment for Network Innovations

CIDR - Classless Inter-Domain Routing

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

HIP - Host Identity Protocol

ICMP - Internet Control Message Protocol

IPSec - IP Security Protocol

NAT - Network Address Translation

NAT-PT - Network Address Translation - Protocol Translation

SIIT - Stateless IP/ICMP Translation

TCP- Transmission Control Protocol

UDP - User Datagram Protocol