

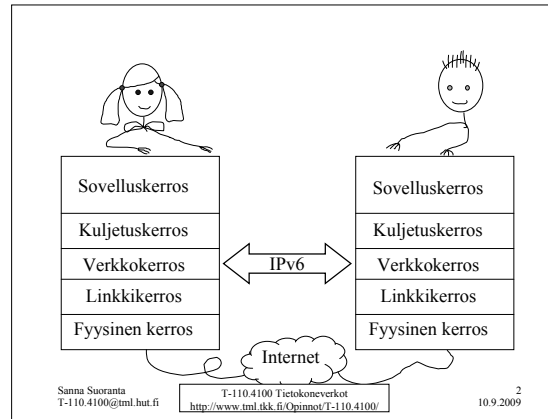
Internet-protokolla versio 6

Comer luku 31
(vanha kirja ss. 257-278)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

1
10.9.2009



Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-110.4100/>

2
10.9.2009

Luennon sisältö

- Internet Protocol (IPv6)
 - Miksi vaihtaa?
 - Osoitteet
 - Otsakkeet
- Internet Control Message Protocol (ICMPv6)
 - osoitteiden määrittäminen
- IPv4/IPv6-yhteistoiminta

Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

3
10.9.2009

Miksi vaihtaa?

- Internet-verkon koko on kasvanut
- Uudenlaiset sovellukset
 - Esim. Tosiakainen tiedonsiirto tarpeen
- Uudet päätelaitteet ja verkkoteknologiat
- Kansalliset verkot ja kansainväliset yritykset

Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

4
10.9.2009

IPv6:n ominaisuudet

Douglas E. Comer listaa:

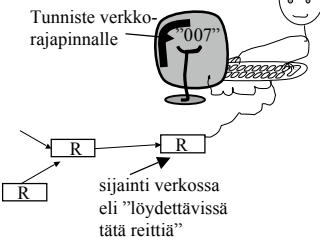
- Pidemmät osoitteet
- Laajennettu osoitehierarkia
- Joustava otsakeformaatti
- Paremmat optiot
- Protokollan laajentamiseen varautuminen
- Tuki automaattisille asetusmäärityksille ja uudelleennumeroinnille
- Tuki resurssien varaamiselle

Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

5
10.9.2009

IPv6-osoitteet



Sanna Suoranta
T-110.4100@tml.hut.fi

T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

6
10.9.2009

IPv6-osoitteet

- Pituus 128 bittiä
- Käytetään kaksoispistein erotettua heksadesimaalimuotoa (colon hex)
 - 68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:95A:FFFF
 - (104.230.140.100.255.255.255.0.0.17.128.150.10.255.255)
- Nollat voidaan jättää pois
 - 0:0:0:0:0:13:1:68:3 = ::13:1:68:3
 - vain osoitteen yhdestä osasta

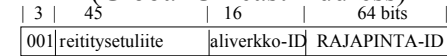
Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 7
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Kolme osoitetyyppiä

- Unicast – Yksilähetys
 - Vastaanottaja on yksittäinen verkkorajapinta (esim. isäntäkone tai reititin)
- Anycast - ??
 - Vastaanottaja on joukko verkkorajapintoja
 - Tietosäike vain yhdelle joukon jäsenelle
- Multicast – Monilähetys, ryhmälähetys
 - Vastaanottaja on joukko verkkorajapintoja
 - Tietosäike kaikille joukon jäsenille
 - 1111 1111 monilähetysosoitteet (multicast)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 8
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Maailmanlaajuinen yksiosoit^{unicast} (Global Unicast Address)



- Tarkoitus tehdä reitityksestä tehokasta
 - etuliite 001, mutta voi olla jotain aivan muutakin
 - Reititysetuliite (Global routing prefix) = toimipaikka (Vaihtuvankokoinen kenttä)
 - Aliverkon tunniste, vaihtuvanmittainen
 - Rajapinnan tunniste EUI-64-formaatissa (yleensä 64 bittiä)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 9
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

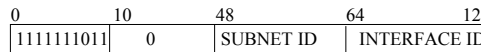
Yksilähetysosoitteiden hierarkia

- Yksittäinen verkkorajapinta
 - Yksi yhteys verkon ja tietokoneen välillä
- Toimipaikka (site)
 - Joukko tietyn organisaation tietokoneita
- Maailmanlaajuisesti tunnettu julkinen verkko
 - Julkisesti saavutettavissa oleva “osa” Internetiä
 - Kahdenlaisia: ISP ja “vaihte” (exchange)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 10
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Paikalliset osoitteet

- Paikalliset yksilähetysosoitteet
- Linkkikohtainen osoite
 - Tietosäikeä ei lähetetä ko. fyysisen verkon ulkopuolelle
- Toimipaikkakohtainen osoite
 - Tietosäikeä ei lähetetä toimipaikan ulkopuolelle



Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 11
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Yksilähetysosoite isäntäkoneen näkökulmasta

- Ei sisäistä rakennetta:

0	127
Isäntäkoneen osoite	
- Yksinkertainen rakenne (aliverkon peite)₁₂₇

0	n	127
ALIVERKON PEITE		RAJAPINNAN ID
- Rajapinnan tunnisteen pitää olla yksilöivä tietyn linkin alueella (voi olla myös laajemmin)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 12
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

unicast

IPv6-osoite Ethernet-osoitteesta

Ethernet-osoite

- Rajapinnan tunniste
 - c = verkkokortin valmistajan ID
 - g = yksilö/ryhmä-bitti (monilähetystä varten)
 - u = universaali (= 1) / paikallinen (= 0) bit
 - m = valmistajan valitsema tunniste

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 13
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

unicast

Sulautetut IPv4-osoitteet

- Käytetään, kun tunneloidaan IPv6-paketteja IPv4-verkon läpi, tai viestitään IPv4-koneen kanssa (ei vaikuta pseudo-otsikon laskemiseen)
 - 0000 = IPv4-yhteensopiva IPv6-osoite
 - FFFF = IPv4-osoite muunneltu IPv6-osoitteeksi (vain IPv4 osaava noodi)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 14
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

unicast

Erikoisosoitteet

- Määrittämätön osoite
 - 0:0:0:0:0:0:0:0 (= ::)
 - Voidaan käyttää lähettäjän osoitteena, kun oma osoite on tuntematon
- Loopback-osoite
 - 0:0:0:0:0:0:0:1 (= ::1)
 - Testaukseen, ei välitetä verkkoon
 - Paketti palaa takaisin samaan koneeseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 15
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Anycast-osoitteet

- Sama osoite useammalla rajapinnalla
 - Rajapinta tietää osoitteen olevan anycast-osoite
- Käytetään yksiosoitteiden avaruudesta (001 alku)
- (Topologisella) alueella, jossa anycast-osoitetta käytetään, jokaisella oikealla vastaanottajalla on erillinen tietue reititystaulussa
- Vähän kokemusta
 - Nyt käytössä vain tietyin organisaation reittimien löytämisessä

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 16
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

STOP

- Se osoitteista
 - Monilähetysosoitteista reititysluentojen yhteydessä ja multimedia tekniikan kursseilla
- Kysymyksiä?
- Jatkamme sitten IPv6-tietosähkeeseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 17
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Tietosähkeen rakenne

- Perusotsikko on määrämittainen
 - 40 oktetia (eli 40*8 bittia)
- Useita laajennusotsikoita

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 18
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

IPv6-perusotsikko

0	4	12	16	24	31
VERS	LIKENNELUOKKA	VUON NIMI			
DATAN PITUUS			SEURAAVA	ETAPPIRAJA	
LÄHDEOSOITE (128 bittiä)					
KOHDEOSOITE (128 bittiä)					

- Versio = 6
- Otsikkoa seuraavan datan pituus oktetteina

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 19
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Perusotsikko (2)

- Liikenneluokka
 - Kertoo IP-paketin luokan tai prioriteetin
 - Koekäytössä (palvelunlaatu)
- Vuon nimi – pseudosatunnainen tunniste
 - Yhdessä lähettäjän IP-osoitteen kanssa on vuon tunniste
 - 0, jos paketti ei kuulu vuohon
 - Koekäytössä (palvelunlaatu)
 - Vuot tarvitsevat erikoiskäsittelyä reittimissä

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 20
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Perusotsikko (3)

- Seuraava otsikko
 - Mikä otsikko tulee IPv6:n perusotsikon jälkeen
 - Voi olla laajennusotsikko tai ylemmän kerroksen otsikko, kuten TCP
 - Käytetään samoja protokollanumeroita kuin IPv4:ssä
- Etappiraja (Hop Limit)
 - Jokainen reititin vähentää etappirajaa yhdellä
 - Jos etappiraja on 0, paketti hylätään

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 21
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Ylemmän kerroksen tarkistussumma

- Erityisesti TCP- ja UDP-protokollien tarkistussumma
 - 128-bittinen lähettäjän ja (lopullisen) vastaanottajan osoitteet
 - 32-bittinen ylemmän kerroksen tietosähkeen pituus
 - 24 bittia nollia
 - 8 bittia seuraava ylemmän kerroksen protokollan tunniste (ei siis esim. IPv6-optio)
- UDP:n pitää käyttää tarkistussummaa IPv6:n kanssa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 22
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Kertaus: IPv4-otsikko

0	4	8	16	19	24	31
VERS	O.PIT	PALV.TYYPPI	KOKONAISPITUUS			
TUNNISTE			LIPUT/LOHKON SIJAINTI			
ELINIKÄ (TTL)		PROTOKOLLA OTSIKON TARKISTUSSUMMA				
LÄHDEOSOITE						
KOHDEOSOITE						
OPTIOT (JOS ON)						TAYTE
data...						

- Mikä näyttäisi siis muuttuneen?

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 23
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Laajennusotsikot

- Perusotsikko ei tarjoa
 - Lohkomista
 - Lähdereititystä
 - Optioita
 - Väärentämättömyyttä tai luottamuksellisuutta
- Laajennusotsikot tuovat tehoa ja joustavuutta
- Edellisen otsikon “seuraava otsikko”-kenttä kertoo sisällön laajennusotsikon sisällön

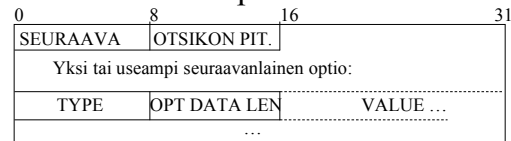
Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 24
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Laajennusotsikot (2)

- Suositeltu järjestys
 - Hop-by-Hop-optiot (matkanvarren reititimille)
 - Määränpään optiot (matkanvarren reitittimille)
 - Reititysotsiko
 - Lohkomisotsikko
 - Todennusotsikko (IPsec)
 - Salausotsikko (IPsec)
 - Määränpään optiot (jotka prosessoidaan vastaanottajalla)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 25
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Optiot



- Edellisen otsikon “seuraava otsikko”-kenttä kertoo tämän otsikon tyypin
- Voi olla useampia TLV-koodattuja optioita

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 26
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Optiot (2) - Option tyyppi

- Tyyppi-kenttä on kahdeksanbittinen
- Option tyypin rakenne on seuraava:
- Ensimmäiset kaksi bittiä kertoo, mitä tehdä tuntemattomalle optiolle
 - 00 = ohita ja jatka otsikon prosessointia
 - 01 = hylkää paketti
 - 10 = hylkää paketti (vastaanottajana monilähetysosoite, lähetä ICMP-viesti tuntemattomasta optiosta)
 - 11=hylkää paketti (ei-monilähetys, lähetä ICMP-viesti)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 27
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Optiot (3) - Option tyyppi

- Kolmas bitti
 - 0=ei muutu matkan varrella
 - 1=saattaa muuttua matkan varrella
- Loput biteistä määrittelevät option
- Jos optio voi muuttua matkalla, sitä ei lasketa mukaan todennusotsikkoon

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 28
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Optiot (4) - Täyte

- Pad1 optio

0

 - Ei pituus- eikä arvokenttiä
- PadN optio

1	Opt Data Len	Option Data
---	--------------	-------------

 - Option data-osa on nollia
- Täytettä tarvitaan tietosähkkeen järjestämiseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 29
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Hop-by-Hop Optio

- Tietoa, joka pitää tarkistaa jokaisessa noodissa, jonka kautta paketti kulkee
- Seuraavan otsikon tyyppi = 0
- IPv6's RFC 2460 määrittelee vain kaksi optiota: Pad1 ja PadN

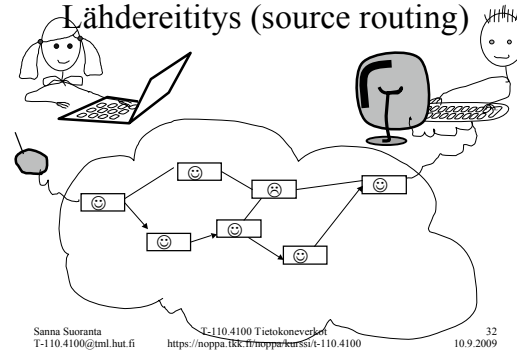
Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 30
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Määränpääoptiot

- Tietoa, jonka vastaanottaja tarkistaa
- Seuraavan otsikon tyyppi = 60
- RFC2460 määrittelee vain Pad1 ja PadN

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 31
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lähdereititys (source routing)



Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 32
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reititysotsikko

0	8	16	24	31
SEURAAVA	OTSIKON PIT.	TYYPPI=0	JÄLJELLÄ	
TYPE-SPECIFIC DATA				
...				

- Seuraava otsikko tälle otsikolle = 43
- Pituus kahdeksan oktetin paloina, ei lasketa mukaan ensimmäistä kahdeksaa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 33
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reititysotsikko (2)

- Tyyppi kertoo reititysotsikon tyypin (määriteltä vain 0=ohjeellinen lähdereititys)
- Jäljellä-kenttä kertoo kuinka monta osoitetta otsikossa on jäljellä, eli minkä noodien kautta viestin pitää vielä kulkea
 - Jos tyyppiä ei tunnisteta ja jäljellä=0, jatka seuraavasta otsikosta
 - Muuten lähetä ICMP-viesti parametrongelmasta

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 34
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

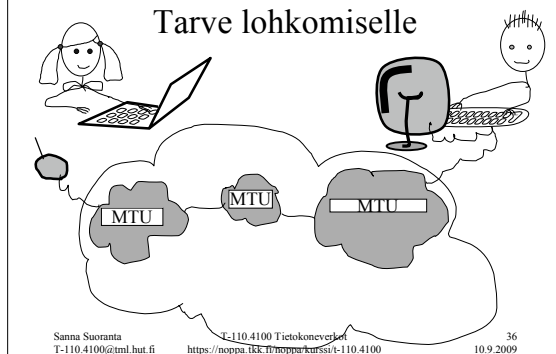
Reititysotsikko (3) - Tyyppi 0

0	8	16	24	31
SEURAAVA	OTSIKON PIT.	REITITYSTYYPPI	JÄLJELLÄ	
VARATTU				
OSOITE 1				
....				
OSOITE n				

- Otsikon pituus = 2*osoitteiden määrä :-)
- Monilähetysosoitteita ei voi olla noodilistassa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 35
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Tarve lohkomiselle



Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 36
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lohkomisotsikko

0

31

NEXT HEADER	RESERVED	FRAG. OFFSET	RS	M
IDENTIFICATION				

- Päästäpäänlohkominen nopeuttaa reititystä
 - Taattu pienin MTU (1280 oktetia)
 - ICMP tarjoaa polun MTU löytämismenetelmän (path MTU discovery)
- Kun lohkomista tarvitaan, lohkommisotsikko on perusotsikon lisäksi paketissa
 - Next header = 44

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 37
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lohkomisotsikko (2)

- Lohkon sijainti (fragment offset)
 - Kahdeksan oktetin pätkissä
 - Tiedon paikka “alkuperäisessä” paketissa
- (RS on käyttämätön eli 0)
- M-bitti
 - 1 = lisää lohkoja
 - 0 = viimeinen lohko
- Tunniste
 - Sama kaikissa “alkuperäisen” paketin osissa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 38
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Ei seuraavaa otsikkoa

- Arvo 59 seuraavan otsikon kertovassa kentässä
- Tämän otsikon jälkeen ei ole enää otsikkoa
 - huom: ylemmän tason otsikolle on myös omat numerot, joita käytetään niitä merkitsemään
- Jos pituuden mukaan paketissa olisi vielä jotain, se jätetään huomioimatta
 - Jos paketti lähetetään vielä eteenpäin, sille ei silti tehdä mitään, eli ylimääräiset bitit jätetään

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 39
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Yhteenveto IPv6:sta

- IPv6 tarjoaa yhteydettömän, best-effort-paketinvälityspalvelun
- Tietosäike sisältää perusotsikon, laajennusotsikot ja (ylemmän kerroksen) datan
- Yksi- ja monilähetys- ja, anycast-osoitteet
- Edellyttää muutoksia myös muihin protokolleihin
 - ICMPv6 ja DNS
- Yhteensopivuus IPv4:n kanssa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 40
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lähteet

- RFC 4291 - IP Version 6 Addressing Architecture, 2006
 - RFC 2462 IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- RFC 2460 - Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, 1998

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 41
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lisää tietoa

- RFC 3587 Aggregatable Global Unicast Address Format
- RFC3177 IAB/IESG Recommendations on IPv6 Address Allocations to Sites
- RFC 1546 Host Anycasting Service
- RFC 2375 IPv6 Multicast Address Assignments
- RFC 2464 Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 42
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6)

- ICMPv6-viestit
- Naapureiden löytäminen
- Osoitteen automaattinen määrittely
- Polun MTU:n selvittäminen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 43
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

ICMP for IPv6

- Kuten IPv4, IPv6:lla on oma pakollinen ICMP
 - Virheviestit
 - Tiedotteet
- Paketin rakenne on samanlainen kuin vanhan ICMP:n

TYPE	CODE	CHECKSUM
MESSAGE BODY		
- Enemmän käyttötarkoituksia kuin IPv4:ssä

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 44
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

ICMPv6-viestin otsikko

- Uusi protokollanumero on 58
- Tarkastussummaan lasketaan ICMPv6-viestin lisäksi myös lähde- ja kohdeosoitteet
- Tyypit 0-127 ovat virheviestejä ja 128-255 tiedotteita varten

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 45
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Kohde tavoittamattomissa

- virhekoodit:

- 0=ei reittiä kohteeseen
- 1=hallinnollisesti estetty
- 3=osoite tavoittamattomissa
- 4=portti tavoittamattomissa

- Alkuperäisestä paketista niin paljon dataa kuin mahdollista siten, että ICMP-viesti mahtuu minimimitaiseen pakettiin (MTU=1280 octets)

1	CODE	CHECKSUM
UNUSED		
Beginning of original packet		

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 46
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Paketti liian suuri

- Koodi käyttämätön
- MTU = seuraavan linkin MTU
- Alkuperäistä pakettia ei voida edelleenlähetää
- Osa polun MTU:n selvittämisprosessia
- Ongelma ratkaistaan ylemmällä kerroksella
- Lähetetään myös monilähetyksen ongelmista

2	CODE	CHECKSUM
MTU		
Beginning of original packet		

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 47
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Aika ylitetty

- Koodi
 - 0 = etappiraja saavutettu
 - 1 = lohkojen kokoamisen aikaraja saavutettu
- Ylemmän kerroksen ratkaistava ongelma

3	CODE	CHECKSUM
UNUSED		
Beginning of original packet		

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 48
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Parametriongelma

4	CODE	CHECKSUM
POINTER		
Beginning of original packet		

- Koodi
 - 0 = virheellinen otsikon kenttä
 - 1 = tuntematon seuraavan otsikon arvo
 - 2 = tuntematon IPv6-optio
- Osoitin (Pointer) kertoo ongelmakohdan sijainnin

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 49
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Echo-pyyntö ja -vastausviestit

128or129	CODE	CHECKSUM
IDENTIFIER		SEQUENCE NR
Data...		

- koodi = 0
- Tunnisteen ja sekvenssinumeroiden pitää täsmätä pyynnön ja vastauksen toisiinsa
- Data: nolla tai useampi oktetti satunnaista dataa
- Jokaisen noodin pitää toteuttaa nämä viestit, lisäksi tarjota ylemmälle kerrokselle rajapinta viestien lähettämiseen ja vastaanottamiseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 50
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

STOP

- Perus-ICMPv6-viestit
- Kysymyksiä?
- ICMPv6-tyylisiä viestejä käytetään myös
 - Naapureiden löytämiseen
 - Osoitteiden automaattiseen määrittämiseen
 - Polun MTU:n selvittäminen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 51
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapurinlöytämisprotokolla Neighbor Discovery (ND) Protocol

- IPv6 ei käytä ARP:ia
- Naapurinlöytämisprotokollaa käytetään linkkikerroksen osoitteiden ja reitittimien etsimiseen
- ICMP:n laajennus
- (protokollasta käytetään myös termiä yhteyskäytäntö suomen kielessä)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 52
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapurinlöytämisviestit

- Reitittimen etsintä- (solicitation) ja ilmoitusviestit (advertisement)
 - Lähetetään säännöllisesti tai kun kone on juuri käynnistetty
- Naapurin etsintä- (solicitation) ja ilmoitusviestit (advertisement)
 - Linkkikerroksen osoitteiden etsiminen ja tavoitettavuus
- Uudelleenohjaus
 - Parempi ensimmäinen hyppy kohteeseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 53
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen löytäminen

- Isäntäkone tarvitsee tietoa
 - Verkosta, esim. IP-osoitteen verkko-osan
 - Oletusreitittimen osoitteen
 - jne
- Kaksi viestiä
 - Reitittimen etsintäviesti (Router Solicitation)
 - Reitittimen ilmoitusviesti (Router Advertisement)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 54
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen etsintäviesti

TYPE (133)	CODE (0)	CHECKSUM
RESERVED		
Options...		

- Pyyntö lähettää reitittimen ilmoitusviesti
- Lähetetään, kun verkkorajapinta otetaan käyttöön
- Optio-kentässä on lähteen linkkitason osoite, jos se on tunnettu

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 55
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen ilmoitusviesti

TYPE (134)	CODE (0)	CHECKSUM
CUR Hop L	M O RES.	ROUTER LIFETIME
REACHABLE TIME		
RETRANS TIME		
Options...		

- Reitittimet lähettävät tämän viestin säännöllisesti tai vastauksena reitittimen etsintäviestiin
- Current Hop Limit: oletusarvo lähetettävälle IP-paketeille (0 = määrittelemätön tässä reitittimessä)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 56
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen ilmoitusviesti (2)

- M=1=Hallinnoitu osoitteidenmääritys
 - Käytetään tilallista protokollaa osoitteen määrittämiseen (esim DHCP)
- O=1=Toinen tilallinen määrittely
 - Käytetään tilallista protokollaa muun tiedon (kuin osoitteen) selvittämiseen
- (RES=varattu tulevaan käyttöön eli 0)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 57
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen ilmoitusviesti (3)

- Reitittimen elinikä (Router Lifetime)
 - 0 = tämä ei ole oletusreititin
 - muu = tämän reitittimen elinaika oletusreitittimenä (max 18.2 tuntia)
- Aika (Reachable Time, millisekunteina), jonka naapurin oletetaan olevan tavoitettavissa
 - Naapurin tavoittamattomuus havaitsemisen (Neighbor Unreachability Detection) algoritmi
- Ilmoitusviestien uudelleenlähetysväli (Retrans Timer) millisekunteina

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 58
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Reitittimen ilmoitusviesti (4): optiot

- Lähteen linkkitason osoite
- MTU (jos saatavissa)
- Tieto verkon etuliitteestä
 - Käytetään osoitteen automaattisessa määrittämisessä
- Reitittimien ilmoitusviestit lähetetään monilähetystenä "kaikki verkon koneet" -osoitteeseen

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 59
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapurit

- ARP-protokollaa ei käytetä linkkikerroksen osoitteiden ja IPv6-osoitteiden yhteyden selvittämiseen
- Naapurinetsintäviestillä (Neighbor Solicitation) kysytään noodin linkkikerroksen osoitetta
- Vastaus on naapuri-ilmoitusviesti (Neighbor Advertisement message)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 60
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapurinetsintäviesti

TYPE (135)	CODE (0)	CHECKSUM
RESERVED		
TARGET ADDRESS (128 bits)		
Options.....		

- Kysytään kohteen linkkikerroksen osoitetta
 - Jos vastaanottaja tuntematon, käytetään monilähetystä
 - Jos tarkistetaan saavutettavuutta, käytetään yksilähetystä
- Optiossa linkkikerroksen osoite, jos se tunnetaan

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 61
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapuri-ilmoitusviesti

TYPE (136)			CODE (0)			CHECKSUM		
R	S	O	RESERVED					
TARGET ADDRESS (128 bits)								
Options.....								

- Liput: R=1= reititin, S=1= vastaus ja O=1=ylikirjoita vanha tieto
- Kohteen linkkikerroksen osoite on optio-kentässä

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 62
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Optiokenttä ND-viesteissä

esimerkiksi:

Type	Length	Value
1	80	Ethernet addr

- TLV-tyyppiset optiot
- Tyytit:
 - 1 = lähteen linkkikerroksen osoite
 - 2 = kohteen linkkikerroksen osoite
 - 3 = etuliitetietoa (automaattiseen osoitteenmääritykseen)
 - 4 = uudelleenlähetetty
 - 5 = MTU

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 63
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Uudelleenohjausviesti (Redirect)

TYPE (137)	CODE (0)	CHECKSUM
RESERVED		
TARGET ADDRESS (128 bits)		
DESTINATION ADDRESS (128 bits)		
Options.....		

- Kertoo paremman reitin (seuraavan hypyn osoite on kohdeosoite-kentässä) tai että kohde on naapuri (osoitteet samat)
- Optiot: linkkikerroksen osoite, alkuperäinen viesti

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 64
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Isäntäkoneeseen talletettavat tiedot

- Isäntäkoneissa pidetään tietoa naapureista
 - IPv6- ja linkkikerroksen osoitteet
 - Tieto, onko naapuri reititin
 - Tietoa naapureiden tilasta
- Tietoa päivitetään ja ylläpidetään seuraavalla algoritmilla

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 65
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Naapurin tavoittamattomuuden havaitsemisalgoritmi

- (Neighbor Unreachability Detection Algorithm)
- Syy tavoittamattomuuteen voi olla polussakin
- Käytetään isäntäkoneiden välillä ja isäntä-reititin-välillä
- Jos vastaanottaja on tavoittamaton
 - Isäntäkoneelle: selvitä osoite uudstaan
 - Reitittimelle: etsi toinen reititin
- Käytetään vain yksilähetyspaketteja lähetettäessä

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 66
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Automaattinen asetustenmäärittely

- Linkkikohtaisen osoitteen luominen koneelle
 - (ei reitittimelle!)
 - Isäntäkone “keksii” koneosan tunnisteensa itselleen
 - Tarkistetaan, että se on yksilöllinen (linkille)
- Reititin kertoo, käytetäänkö tilallista vai tilatonta automaattista osoitteenmäärittystä
 - Ajastin kertoo, kuinka kauan verkko-osaa voi käyttää (suositeltava elinaika ja voimassaoloaika)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 67
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Automaattinen asetusmäärittely (2)

- Reitittimeltä selvitetään, josko käytetään?
 - Router Advertisement or Solicitation
- Yksilöllisyys selvitetään naapurin etsintäviestillä
 - Lähetetään kaikki noodit –monilähetysosoitteeseen
- Jos tunniste on jo käytössä, vastaanotetaan naapuri-ilmoitusviesti
 - Osoite asetetaan käsin

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 68
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Vertailu

- Tilaton automaattinen osoitteenmäärittely
 - Paikalliselle verkolle (linkkikohtainen)
 - Reititintä tarvitaan kertomaan käytettävä verkko-osa
- Tilallinen automaattinen osoitteenmäärittely
 - DHCPv6
 - Tiukempi kontrolli verkossa
- Molempia voi käyttää yhtäaikaan:
 - Ensin tilaton tunniste luomiseksi, sitten tilallinen muiden tietojen saamiseksi

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 69
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Polun MTU:n selvittäminen

- IPv6 käyttää päästä-päähän lohkomista
- Lähettäjän pitää tietää polun pienin MTU
 - Ensin käytetään ensimmäisen hypyn MTU:ta
 - Jos ei onnistu, vastaanotetaan ICMP-virheviesti liian suuresta paketista
 - Pienennetään paketteja, kunnes lähetys onnistuu
- Toinen vaihtoehto: käytetään vain minimimittaisia paketteja (ei hyvä)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 70
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Polun MTU (jatkuu)

- Polun MTU voi vaihtua
 - Paketit eivät kulje aina samaa polkua
 - Testattava aika-ajoin lähettämällä suurempi paketti
- Monilähetysessä valitaan se MTU, jota käyttäen viesti menee perille kaikille vastaanottajille

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 71
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

ICMPv6-yhteenvedo

- ICMP:lle on uusia käyttökohteita
 - ARP:n sijaan naapureiden osoitteiden selvittämisessä
 - DHCP:n lisäksi oman osoitteen selvittämisessä
 - IP:n käytön tueksi mm lohkomisen tarpeen selvittäminen
- Enemmän tietoa alkuperäisestä paketista ICMP-virheviestiin

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 72
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lähteet

- RFC 4443- Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, 2006
- RFC 2461 - Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6), 1998
- RFC 1981 - Path MTU Discovery for IP Version 6, 1996

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 73
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

IPv4/IPv6 Yhteentoimivuus (Interoperability)

- Tuplapino (dual stack)
- Tilaton IP/ICMP-muutosalgoritmi (SIIT)
(stateless IP/ICMP translation algorithm)
- NAT-PT

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 74
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Perustelu yhteentoimivuuden tarpeellisuudelle

- Suuri osa Internetin tietokoneista käyttää yhä edelleen IPv4:ää
 - NAT ratkaissut osan osoitteiden riittämättömyydestä
 - Jonkun pitää olla ensimmäinen
 - Yhteentoimivuus pitää taata, ja ratkaisut vielä kehitteillä
- Kuitenkin IPv6 tarjoaa monia etuja IPv4:än

Yleisesti ottaen T-110.4100 Tietokoneverkot 75
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Tuplapino (dual stack) RFC 4213

- Kahdenlaisia koneita verkossa:
 - Koneita, jotka käyttävät vain IPv4:ä
 - IPv6-koneita, jotka ovat yhteensopivia IPv4:n kanssa
- IPv6:n tunnelointi IPv4:n sisällä
 - router-to-router, host-to-router, host-to-host
- Nimipalvelua pitää muuttaa
 - Mikä osoitteista palautetaan: A vai/ja AAAA?

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 76
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Tuplapino (2)

- Rajakoneessa on tuplapino
- Tunnelointi voi olla automaattista tai säädettävää
 - IPv4- ja IPv6-osoitteet eivät välttämättä riipu toisistaan
 - Automaattinen tunnelointi käyttää IPv4-yhteensopivia IPv6-osoitteita
- MTU ja lohkominen
 - Lohkomista vältetään IPv4:n polun MTU:n löytämismenetelmän avulla

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 77
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

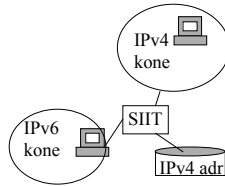
Tuplapino (3)

- Tunneleita käsitellään yksittäisenä hyppynä
- IPv4:n ICMP-virheviestien käsittely
 - Paketti liian suuri: tunnelin päätepiste hoitaa
 - Muut riippuvat virhetilanteesta
 - Jos alkuperäisessä paketissa tapahtuu virhe, sen havaitseminen voi olla hankalaa
- Tuplapinoa käytetään kahden IPv6-koneen viestissä yli (väliin sattuvan) IPv4-verkon

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 78
T-110.4100@tml.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

SIIT (RFC 2765)

- Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT)
- Verkko sisältää joko IPv6:a tai IPv4:ä osaavia koneita
 - Pieniä IPv6-saarekkeita
 - IPv4-osoitepotti
- Kaksisuuntainen käännösmekanismi



Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 79
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

SIIT (2)

- Muutetaan IP-otsikko versiosta toiseen
 - Lohkominen aiheuttaa ongelmia
- Pitää myös muuttaa ylemmän kerroksen protokollan otsikoita
 - UDP:n tarkastussumma (jos nolla)
 - ICMP-viestien muuttaminen (tiputetaan, jos tuntematon)
- IPv6-kone voi viestiä IPv4-koneen kanssa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 80
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

NAT-PT (RFC 2766+3596)

- Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)
- ”yhdistelmä” SIIT:sta ja NAT:sta
 - Uusempi IPv6-kone voi käyttää yhtä yhteistä IPv4-osoitetta (NAT:n avulla)
 - SIIT:ä käytetään pienin muutoksin
- IPv6-kone voi viestiä IPv4-koneen kanssa

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 81
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Yhteenveto

- Yhteentoimivuutta tutkitaan yhä
- Kaksi tapausta
 - Tuplapino ja tunnelointi yli ”saarien”
 - Yhteentoimivuusprotokollat (Interoperability protocols)
- Vaatii muutoksia verkossa esimerkiksi nimipalveluun (DNS)

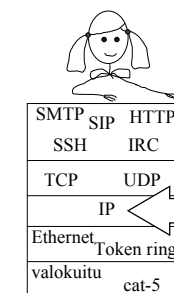
Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 82
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Lähteet

- IETF Next Generation Translation workgroup <http://www.ietf.org/html.charters/ngtrans-charter.html>
- RFC 4213 Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, 2005
- RFC 2765 – Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT), 2000
- RFC 2766 - Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT), 2000
- RFC 3596 DNS Extensions to Support IP Version 6, 2003
- RFC 3142 An IPv6-to-IPv4 Transport Relay Translation, 2001
- RFC 3056 Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 83
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009

Ensi viikolla



- Reititys
 - reititysprotokollat
 - reititysalgoritmit
 - autonomiset järjestelmät

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot 84
T-110.4100@tmi.hut.fi https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100 10.9.2009