

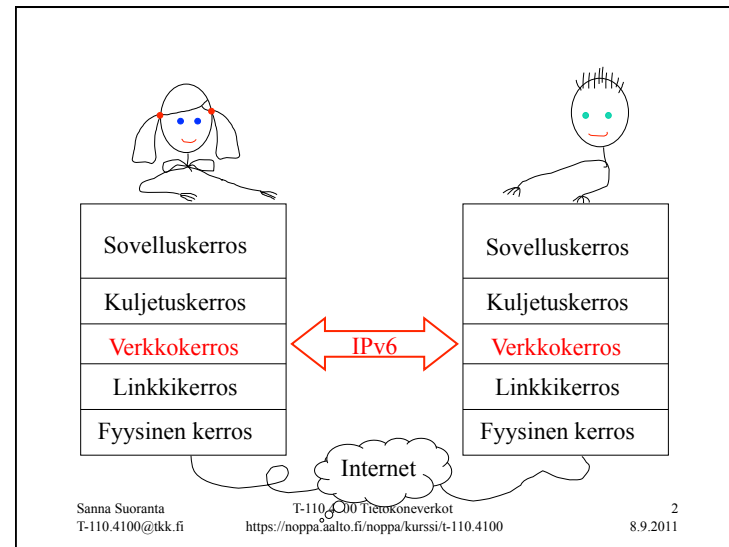
Internet-protokolla versio 6

Comer luku 31, 30
(vanha kirja ss. 257-278+...)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

1
8.9.2011



Luennon sisältö

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

3
8.9.2011

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@tkk.fi

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

4
8.9.2011

IPv6:n ominaisuudet

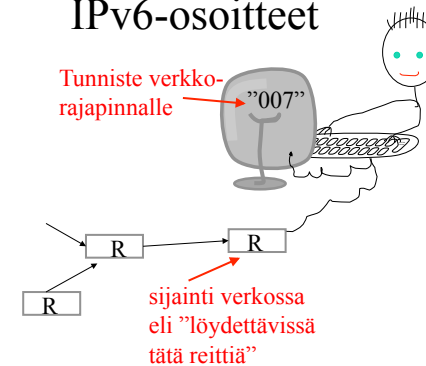
- Pidemmät osoitteet
- Laajennettu osoitehierarkia
- Joustava otsakeformaatti
- Paremmat optiot
- Protokollan laajentamiseen varautuminen
- Tuki automaattisille asetusmäärityksille ja uudelleennumeroinnille
- Tuki resurssien varaamiselle

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

5
8.9.2011

IPv6-osoitteet



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

6
8.9.2011

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@tkk.fi

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

7
8.9.2011

Kolme osoitetyyppiä

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

8
8.9.2011

Maailmanlaajuinen yksiosoite ^{unicast} (Global Unicast Address)

3	45	16	64 bits
001	reititusetuliite	aliverkko-ID	RAJAPINTA-ID

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

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

9
8.9.2011

Yksilähetysosoite isäntäkoneen näkökulmasta ^{unicast}

- Ei sisäistä rakennetta:

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

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

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

10
8.9.2011

Yksilähetysoitteiden hierarkia ^{unicast}

- 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 "vaihde" (exchange)

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

11
8.9.2011

Paikalliset osoitteet ^{unicast}

- Paikalliset yksilähetysosoitteet
- Linkkikohtainen osoite
 - Tietosähköä ei lähetetä ko. fyysisen verkon ulkopuolelle

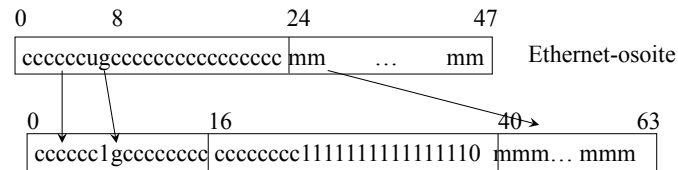
0	10	64	127
1111111010		0	INTERFACE ID
- Toimipaikkakohtainen osoite
 - Tietosähköä ei lähetetä toimipaikan ulkopuolelle

0	10	48	64	127
1111111011		0	SUBNET ID	INTERFACE ID

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

12
8.9.2011

IPv6-osoite Ethernet-osoitteesta

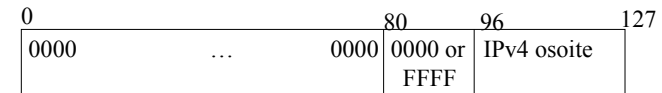


- Rajapinnan tunniste
 - c = verkkokortin valmistajan ID
 - g = yksilö/ryhmä-bitti (monilähetystä varten)
 - u = universaali (= 1) / paikallinen (= 0) bit
 - m = valmistajan valitsema tunniste

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

13
8.9.2011

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 muunnettu IPv6-osoitteeksi (vain IPv4 osaava noodi)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

14
8.9.2011

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

15
8.9.2011

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 reititystaulussaan osoitteelle
- Vähän kokemusta
 - Nyt käytössä lähinnä tietyn organisaation reittimien löytämisessä

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

16
8.9.2011



Monilähetysosoitteista
reitityslentojen
yhteydessä ja
multimediatekniikan
kurssilla lisää

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

17
8.9.2011

Tietosähkeen rakenne

perus otsikko	laajennukset	TCP/UDP	Data
------------------	--------------	---------	------

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

18
8.9.2011

IPv6-perusotsikko

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

- Versio = 6
- Etappiraja (Hop Limit)
 - Jokainen reititin vähentää etappirajaa yhdellä
 - Jos etappiraja on 0, paketti hylätään

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

19
8.9.2011

Perusotsikko (2)

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

20
8.9.2011

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, määritelty www.iana.org (RFC3232)
- Otsikkoa seuraavan datan pituus oktetteina
 - perusotsikko on vakiomittainen

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

21
8.9.2011

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)											TÄYTE						
data...																	

- Mikä näyttäisi siis muuttuneen?

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

22
8.9.2011

Ylemmän kerroksen tarkistussumma

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

23
8.9.2011

Laajennusotsikot

- Laajennusotsikot tarjoavat
 - Lohkomisen
 - Lähdereitityksen
 - Optiot
 - Väärentämättömyyden ja luottamuksellisuuden
- Laajennusotsikot tuovat tehoa ja joustavuutta
- Edellisen otsikon “seuraava otsikko”-kenttä kertoo seuraavan laajennusotsikon sisällön

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

24
8.9.2011

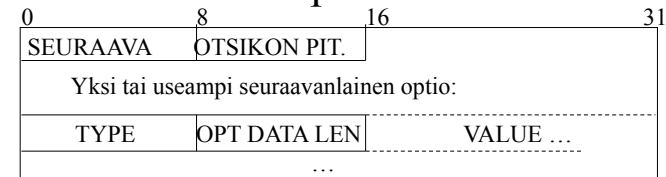
Laajennusotsikot (2)

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

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

25
8.9.2011

Optiot



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

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

26
8.9.2011

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

27
8.9.2011

Optiot (3) - Option tyyppi

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

Sanna Suoranta T-110.4100 Tietokoneverkot
T-110.4100@tkk.fi <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

28
8.9.2011

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 tietosähkeen järjestämiseen

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

29
8.9.2011

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@tkk.fi

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

30
8.9.2011

Määränpääoptiot

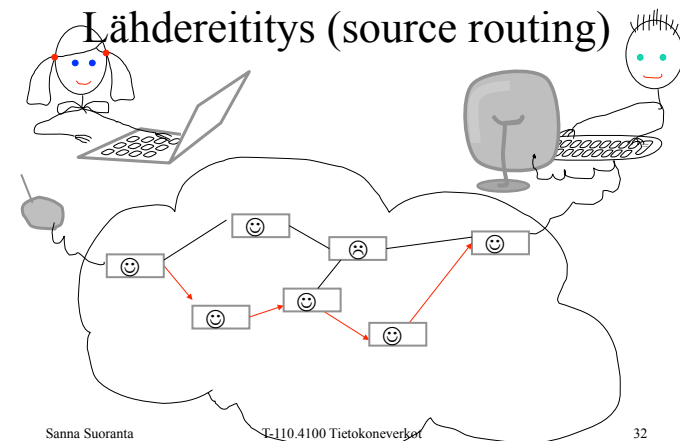
- Tietoa, jonka vastaanottaja tarkistaa
- Seuraavan otsikon tyyppi = 60
- RFC2460 määrittelee vain Pad1 ja PadN

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

31
8.9.2011

Lähdereititys (source routing)



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

32
8.9.2011

Ohjeellinen lähdereititys -otsikko

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

- Seuraava otsikko tälle otsikolle = 43
- Otsikon pituus = 2*osoitteiden määrä (mukaan ei lasketa ensimmäistä kahdeksaa oktetia)
- Monilähetysosoitteita ei voi olla noodilistassa

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

33
8.9.2011

Reititysotsikko (2)

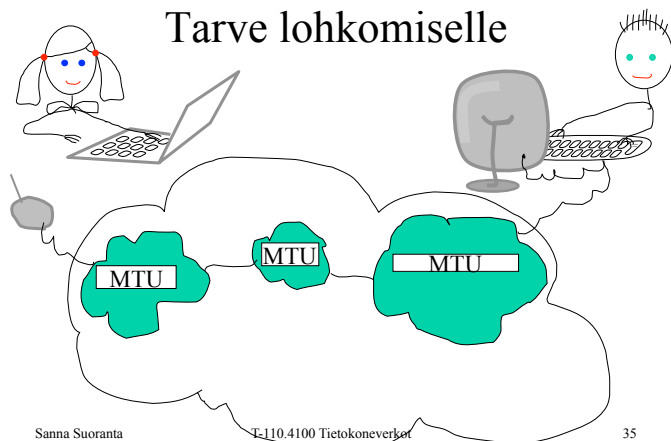
- Tyyppi kertoo reititysotsikon tyypin (määritelty vain 0=ohjeellinen lähdereititys)
- Jäljellä-kenttä kertoo kuinka monta osoitetta otsikossa on jäljellä, eli minkä noodien kautta viestin pitää vielä kulkea
 - Jos tyyppiä ei tunnisteta ja jäljellä=0, jatka seuraavasta otsikosta
 - Muuten lähetä ICMP-viesti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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

34
8.9.2011

Tarve lohkomiselle



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

35
8.9.2011

Lohkomisotsikko

0				31
NEXT HEADER	RESERVED	FRAG. OFFSET	RS	M
IDENTIFICATION				

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

36
8.9.2011

Lohkomisotsikko (2)

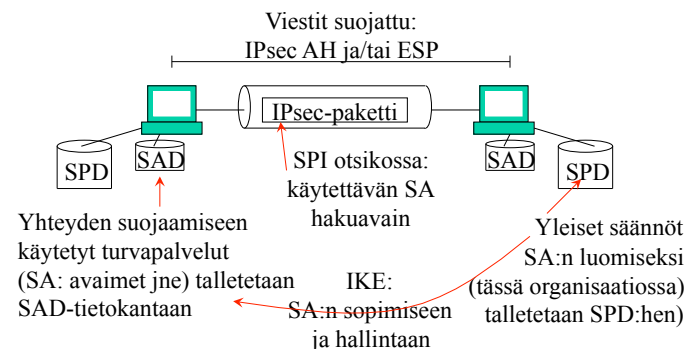
- Lohkon sijainti (fragment offset)
 - Kahdeksan oktetin pätkissä
 - Tiedon paikka “alkuperäisessä” paketissa
- (RS on käyttämätön eli 0)
- M-bitti
 - 1 = lisää lohkoja
 - 0 = viimeinen lohko
- Tunniste
 - Sama kaikissa “alkuperäisen” paketin osissa

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

37
8.9.2011

IPsec kokonaisuutena (framework)



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

38
8.9.2011

IPsec Framework (2)

- SA: Turva-assosiaatio (security association)
 - määrittelee yhteydellä käytetyt algoritmit ja avaimet
 - yhteen suuntaan, toiseen suuntaan voi olla erilainen SA
- SPI: tietokanta-avain SA:lle (security parameter index)
 - kertoo käytetyn SA:n
 - vastaanottajan tietokantaan, ei lähettäjän
- SPD: Turvapoliittikatietokanta (security policy database)
- SAD: Turva-assosiaatitietokanta (security association database)
- IKE: Avaintenhallinta (key management) ja SA:sta sopiminen

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

39
8.9.2011

Todennusotsikko (IPsec AH)

0	8	16	31
NEXT HEADER	PAYLOAD LEN	RESERVED	
SECURITY PARAMETER INDEX (SPI)			
SEQUENCE NUMBER			
AUTHENTICATION DATA ...			

- IPsec Authentication Header (AH)
- Yhteydetön eheys ja tiedonlähteen todennus
- Todentaa IP-otsikon muuttumattomat kentät (myös perusotsikon) ja tietosähkeen sisällön

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

40
8.9.2011

Todennusotsikko (2)

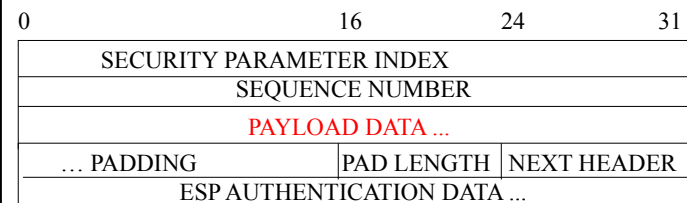
- Security parameter index (SPI) = käytettävän turva-assosiaation tunniste vastaanottajalla
- Sekvenssinumero = paketin järjestysnumero alkaen satunnaisesta
- Todennusdata = tiiviste laskettu SA:n määrittämällä tiivistelgoritmeilla (kentän pituus riippuu algoritmista)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

41
8.9.2011

Salausotsikko (IPsec ESP)



- IPsec Encapsulating Security Payload (ESP)
- Yhteydetön eheys, tiedonlähteen todennus, ja/tai luottamuksellisuus (=salaus)
- Sisältää sekä otsikon että ”trailerin”

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

42
8.9.2011

Salausotsikko (2)

- SPI ja sekvenssinumero kuten AH:ssa
- Täytettä tarvittaessa: 0, 1, 2, 3, 4,... jne - ei siis nolliakaan kuten yleensä! + täytteen pituus
- Seuraavan otsikon (paketin sisällä) tyyppi
- Todennusdata samoin kuin AH:ssa, eli SA määrittää käytetyn algoritmin ja sen tuottaman tiivisteiden pituuden

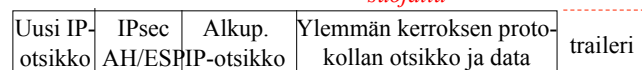
Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

43
8.9.2011

IPsec-tunnelointi

- Tunnelointia käytetään kun toinen tai molemmat yhteyden päätepisteet ovat turvayhdyskäytäviä
- Uusi IP-otsikko lisätään kokonaan suojatun alkuperäisen IP-otsikon (ja IPsec-otsikoiden) eteen
- Koko alkuperäinen paketti on suojattu sovitulla menetelmällä

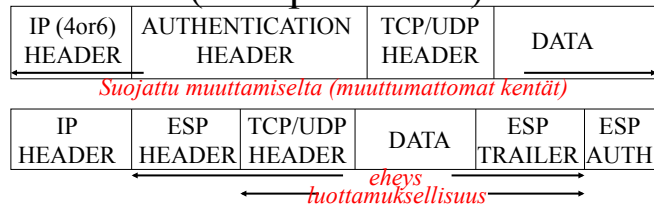


Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

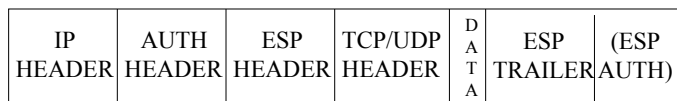
T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

44
8.9.2011

Pakettikohtainen suojaus (transport mode)



Yhdessä:



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

45
8.9.2011

IPsec tarjoaa

- Sama protokolla toimii sekä IPv6 että IPv4 kanssa
- Pääsynvalvonta (access control)
- Yhteydetön eheys (connectionless integrity)
- Tiedon alkuperän todennus (data origin authentication)
- Suojaus toistoa vastaan
- Luottamuksellisuus (confidentiality)
- Rajoitettu vuon luottamuksellisuus
 - Mitä nämä oikeasti tarkoittavat IPsecin kohalla?

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

46
8.9.2011

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@tkk.fi

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

47
8.9.2011

Yhteenveto IPv6:sta

- IPv6 tarjoaa yhteydettömän, best-effort -paketinvälityspalvelun
- Tietosähke sisältää perusotsikon, laajennusotsikot ja (ylemmän kerroksen) datan
- Yksi- ja monilähetys- ja, anycast-osoitteet
- Edellyttää muutoksia myös muihin protokolleihin
 - ICMP ja DNS, sekä UDP (tarkastussumma)
- Yhteensopivuus IPv4:n kanssa
 - lisää tästä kohta

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

48
8.9.2011

Lähteet

- RFC 4291 - IP Version 6 Addressing Architecture, 2006
 - RFC 2462 IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- RFC 2460 - Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, 1998
- IPsec:
 - 4301- Security Architecture for the Internet Protocol, 2005
 - 4302 - IP Authentication Header, 2005
 - 4303 - IP Encapsulating Security Payload (ESP), 2005
 - 4306 - The Internet Key Exchange (IKE), 2005
 - 2411 - IP Security Document Roadmap, 1998

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

49
8.9.2011

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@tkk.fi

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

50
8.9.2011



Siinä kaikki IPv6:sta.
Seuraavaksi ICMPv6
ja lopuksi IPv4-IPv6.



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

51
8.9.2011

Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6)

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

52
8.9.2011

ICMP for IPv6 (RFC 4443)

- 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@tkk.fi

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

53
8.9.2011

ICMPv6

- Jokaisen noodin pitää toteuttaa viestit, ja lisäksi tarjota ylemmälle kerrokselle rajapinta viestien lähettämiseen ja vastaanottamiseen
- Tarkastussummaan lasketaan ICMPv6-viestin lisäksi myös lähde- ja kohdeosoitteet
- Tyypit 0-127 ovat virheviestejä ja 128-255 tiedotteita varten
- Uusi protokollanumero on 58

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

54
8.9.2011

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@tkk.fi

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

55
8.9.2011

Paketti liian suuri

- Koodi käyttämätön
- MTU = seuraavan linkin MTU
- Alkuperäistä pakettia ei voida edelleenlähettää
- 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@tkk.fi

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

56
8.9.2011

Aika ylitetty

3	CODE	CHECKSUM
UNUSED		
Beginning of original packet		

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

57
8.9.2011

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@tkk.fi

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

58
8.9.2011

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

59
8.9.2011



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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

60
8.9.2011

Naapurinlöytämisprotokolla Neighbor Discovery (ND) Protocol

- IPv6 ei käytä ARP:ia eikä yleislähetystä
- Naapurinlöytämisprotokollaa käytetään linkkikerroksen osoitteiden ja reitittimien etsimiseen
- ICMP:n laajennus eli sama viestiformaatti

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

61
8.9.2011

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@tkk.fi

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

62
8.9.2011

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@tkk.fi

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

63
8.9.2011

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@tkk.fi

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

64
8.9.2011

Reitittimen ilmoitusviesti

TYPE (134)	CODE (0)	CHECKSUM
CUR Hop L	M O RESERV.	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@tkk.fi

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

65
8.9.2011

Reitittimen ilmoitusviesti (2)

- M=1=Hallinnoitu osoitteidenmäärittely
 - 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@tkk.fi

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

66
8.9.2011

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 tavoittamattomissaolon havaitsemisen (Neighbor Unreachability Detection) algoritmi
- Ilmoitusviestien uudelleenlähetysväli (Retrans Timer) millisekunteina

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

67
8.9.2011

Reitittimen ilmoitusviesti (4): optiot

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

68
8.9.2011

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@tkk.fi

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

69
8.9.2011

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@tkk.fi

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

70
8.9.2011

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@tkk.fi

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

71
8.9.2011

Optiokenttä ND-viesteissä

esimerkiksi:

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

Type	Length	Value
1	80	Ethernet addr

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

72
8.9.2011

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@tkk.fi

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

73
8.9.2011

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@tkk.fi

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

74
8.9.2011

Naapurin tavoittamattomuuden havaitsemisalgoritmi

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

75
8.9.2011

Automaattinen asetustenmäärittely

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

76
8.9.2011

Automaattinen asetusmäärittely (2)

- Reitittimeltä selvitetään, josko käytetään?
 - tarkkaillaan ilmoitusviestiä tai kysytään
- Yksilöllisyys selvitetään naapurin etsintäviestillä
 - Lähetetään kaikki noodit –monilähetysosoitteeseen
- Jos tunniste on jo käytössä, vastaanotetaan naapuri-ilmoitusviesti
 - Osoite asetetaan käsin

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

77
8.9.2011

Vertailu

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

78
8.9.2011

Polun MTU:n selvittäminen

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

79
8.9.2011

Polun MTU (jatkuu)

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

80
8.9.2011

ICMPv6-yhteenveto

- 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@tkk.fi

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

81
8.9.2011

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@tkk.fi

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

82
8.9.2011



Miten IPv4 ja IPv6
voivat toimia yhteen?

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

83
8.9.2011

IPv4-IPv6 yhteentoimivuus (interoperability)

- IPv6 over IPv4
 - tuplapino (dual stack)
- IPv4-IPv6 muunnokset
 - Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT)
 - Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)
- IPv4 over IPv6

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

84
8.9.2011

Perustelu yhteentoimivuuden tarpeellisuudelle

- Länsimaissa käytetään edelleen IPv4ää
 - NAT ratkaissut osan osoitteiden riittämättömyydestä
 - Jonkun pitää olla ensimmäinen
 - Yhteentoimivuus pitää taata, ja ratkaisut vielä kehitteillä
- Kuitenkin IPv6 tarjoaa monia etuja IPv4:än verrattuna
 - IPv6 on laajalti käytössä mm. Kiinassa, koska IPv4-osoitteita ei sinne ole jaettu (paljon)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

85
8.9.2011

Tuplapino (dual stack) RFC 4213

- Tuplapinoa käytetään kahden IPv6-koneen viestissä yli (väliin sattuvan) IPv4-verkon
 - Rajakoneessa on tuplapino
- 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
 - Tunnelleita käsitellään yksittäisenä hyppynä

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

86
8.9.2011

Tuplapino (2)

- 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@tkk.fi

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

87
8.9.2011

Tuplapino (3)

- IPv4:n ICMP-virheviestien käsittely
 - Paketti liian suuri: tunnelin päätepiste hoitaa
 - Muut riippuvat virhetilanteesta
 - Jos alkuperäisessä paketissa tapahtuu virhe, sen havaitseminen voi olla hankalaa
- Nimipalvelua pitää muuttaa
 - Mikä osoitteista palautetaan: A vai/ja AAAA?

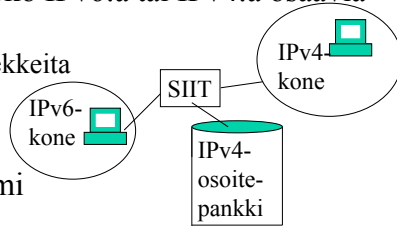
Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

88
8.9.2011

SIIT (RFC 2765)

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



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

89
8.9.2011

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)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

90
8.9.2011

NAT-PT (RFC 2766+3596)

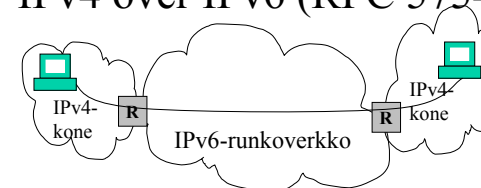
- Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)
 - IPv6-kone voi viestiä IPv4-koneen kanssa
- ”yhdistelmä” SIIT:sta ja NAT:sta
 - Usempi IPv6-kone voi käyttää yhtä yhteistä IPv4-osoitetta (NAT:n avulla)
 - SIIT:ä käytetään pienin muutoksin

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

91
8.9.2011

IPv4 over IPv6 (RFC 5754)



- IPv4-liikenteen tunnelointi IPv6-verkon yli
- MP-BGP-reititysprotokolla apuna
 - automaattiset tunnelit, ei tarvi konfiguroida
 - tietoa reitittimen takana olevista IPv4-verkoista toisille IPv4-verkoille

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

92
8.9.2011

Yhteenveto

- Yhteentoimivuutta tutkitaan yhä
 - Tuplapinot ja tunnelointi yli sekä IPv4- että IPv6-”saarien”
 - Yhteentoimivuusprotokollat (Interoperability protocols)
- Vaatii muitakin muutoksia verkossa
 - esimerkiksi nimipalveluun (DNS)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

93
8.9.2011

Lähteet

- IETF Next Generation Translation workgroup <http://www.ietf.org/html.charters/ngtrans-charter.html>
- IETF Softwire workgroup <https://datatracker.ietf.org/wg/softwire/charter/>
- RFC 5747 4over6 Transit Solution Using IP Encapsulation and MP-BGP Extensions, 2010
- Jianping Wu, Yong Cui, Xing Li, Chris Metz. The Transition to IPv6, part I. IEEE Internet Computing, May-June 2006
- Yong Cui, Jianping Wu, Xing Li, Mingwei Xu, Chris Metz. The Transition to IPv6, part II. IEEE Internet Computing, September-October 2006
- RFC 4760 Multiprotocol Extensions for BGP-4, 2007
- RFC 4213 Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers, 2005
- 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, 2001
- RFC 2765 Stateless IP/ICMP Translation Algorithm (SIIT), 2000
- RFC 2766 Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT), 2000
- RFC 2529 Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels, 1999
- RFC 2473 Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification, 1998

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

94
8.9.2011



Ensi viikolla

SMTP	SIP	HTTP
SSH		IRC
TCP		UDP
IP		
Ethernet	Token ring	
valokuitu	cat-5	

- Reititys autonomisen järjestelmän sisällä
 - Reititysprotokollat
 - Reititysalgoritmit
- Reititys autonomisten järjestelmien välillä

Reititys

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

95
8.9.2011