

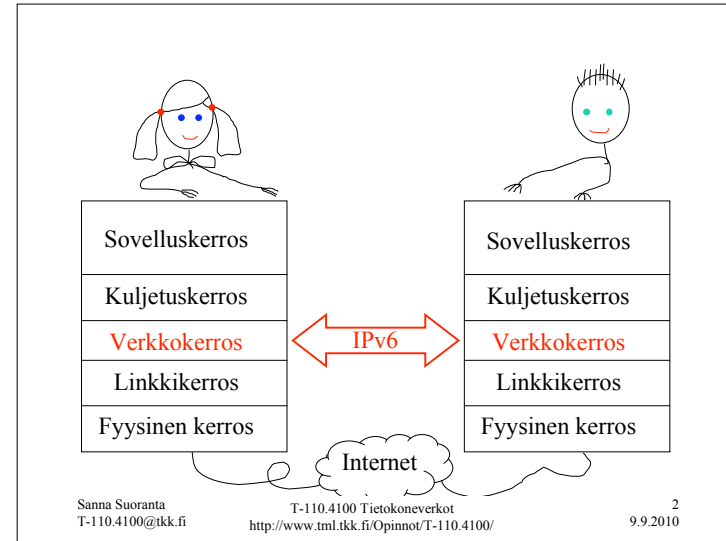
Internet-protokolla versio 6

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

1
9.9.2010



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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

3
9.9.2010

Miksi vaihtaa?

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

4
9.9.2010

IPv6:n ominaisuudet

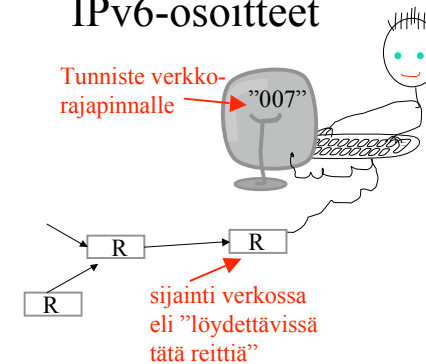
- Pidemmät osoitteet
- Laajennettu osoitehierarkia
- Joustava otsakeformaatti
- Paremmat optiot
- Protokollan laajentamiseen varautuminen
- Tuki automaattisille asetusmäärittämisille ja uudelleennumeroinnille
- Tuki resurssien varaamiselle

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

5
9.9.2010

IPv6-osoitteet



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

6
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

7
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

8
9.9.2010

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@tkk.fi

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

9
9.9.2010

HUOM!

- Osoitteissa oli jälleen jotain muuttunut! mm.
 - link ja site local osoitteet
 - IPv4-yhteensopivat osoitteet
 - maailmanlaajuinen yksiosoite
 - eternet-osoitteista osa pidempia (koko 64 bittia)
- Osa kalvoissa olevista yksityiskohdista on siis vanhaa tietoa (vanhemmissa kirjoissakin on sitten myös tuota vanhempaa tietoa).
- Koitan toimittaa teille päivityspaketin IPv6-osoitteista ennen lokakuun tenttiä.

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

10
9.9.2010

Yksilähetysositteiden 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@tkk.fi

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

11
9.9.2010

Paikalliset osoitteet^{unicast}

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

0	10	64	127
1111111010	0	INTERFACE ID	

0	10	48	64	127
1111111011	0	SUBNET ID	INTERFACE ID	

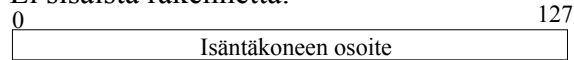
Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

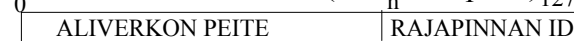
12
9.9.2010

unicast Yksilähetysosoite isäntäkoneen näkökulmasta

- Ei sisäistä rakennetta:



- Yksinkertainen rakenne (aliverkon peite)_i₁₂₇



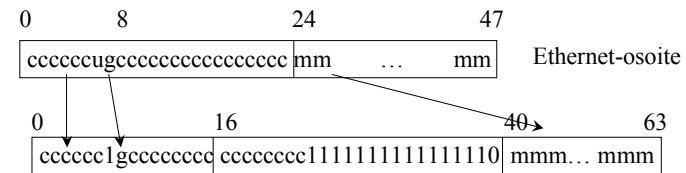
- Rajapinnan tunnisteiden pitää olla yksilöivä tietyn linkin alueella (voi olla myös laajemmin)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

13
9.9.2010

unicast IPv6-osoite Ethernet-osoitteesta



- Rajapinnan tunniste

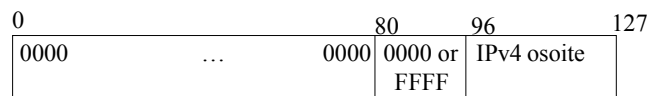
- c = verkkokortin valmistajan ID
- g = yksilö/ryhmä-bitti (monilähetystä varten)
- u = universaali (= 1) / paikallinen (= 0) bit
- m = valmistajan valitsema tunniste

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

14
9.9.2010

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@tkk.fi

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

15
9.9.2010

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@tkk.fi

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

16
9.9.2010

Ancast-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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

17
9.9.2010



Monilähetysosoitteista
reititysluontojen
yhteydessä ja
multimediatekniikan
kurssilla lisää

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

18
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

19
9.9.2010

IPv6-perusotsikko

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

- Versio = 6
- Otsikkoa seuraavan datan pituus oktetteina
 - perusotsikko on vakiomittainen

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

20
9.9.2010

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@tkk.fi

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

21
9.9.2010

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)
- 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

22
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

23
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

24
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

25
9.9.2010

Laajennusotsikot (2)

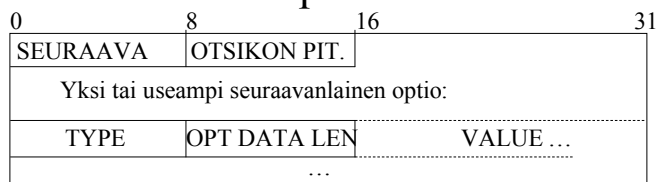
- Suositeltu järjestys
 - Hop-by-Hop-optiot (matkanvarren reititimille)
 - Määränpään optiot (matkanvarren reitittimille)
 - Reititysotsiko
 - Lohkomisotsikko
 - Todennusotsikko (IPsec)
 - Salausotsikko (IPsec)
 - Määränpään optiot (jotka prosessoidaan vastaanottajalla)

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

26
9.9.2010

Optiot



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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

27
9.9.2010

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@tkk.fi

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

28
9.9.2010

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@tkk.fi

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

29
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

30
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

31
9.9.2010

Määränpääoptiot

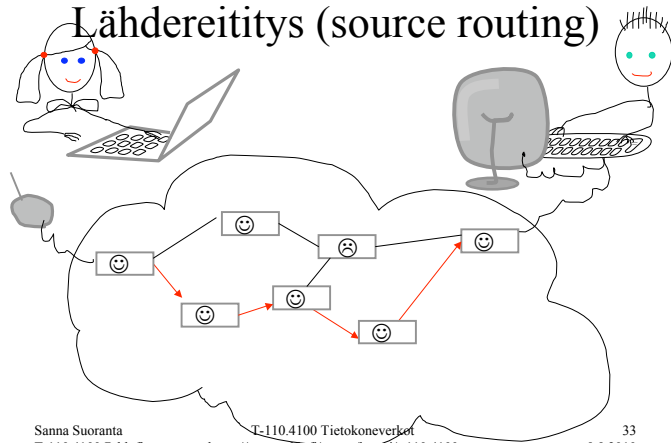
- Tietoa, jonka vastaanottaja tarkistaa
- Seuraavan otsikon tyyppi = 60
- RFC2460 määrittelee vain Pad1 ja PadN

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

32
9.9.2010

Lähdereititys (source routing)



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

33
9.9.2010

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@tkk.fi

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

34
9.9.2010

Reititysotsikko (2)

- Tyyppi kertoo reititysotsikon tyyppin (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 tunnusteta ja jäljellä=0, jatka seuraavasta otsikosta
 - Muuten lähetä ICMP-viesti parametriongelma

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

35
9.9.2010

Reititysotsikko (3) - Tyyppi 0

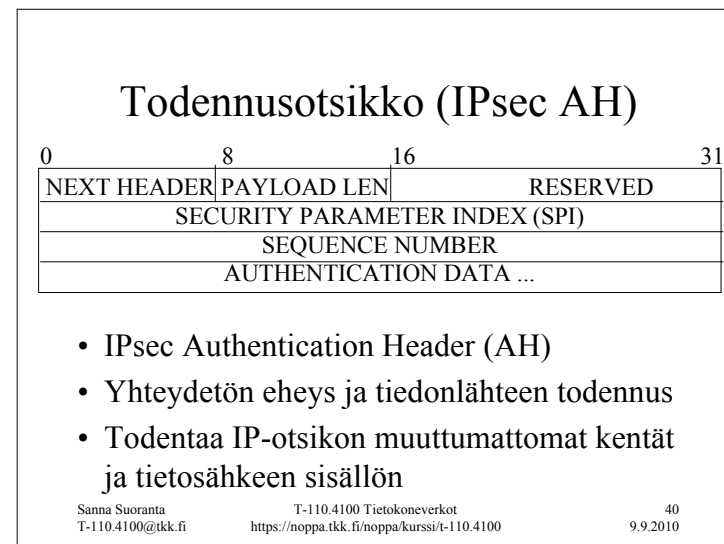
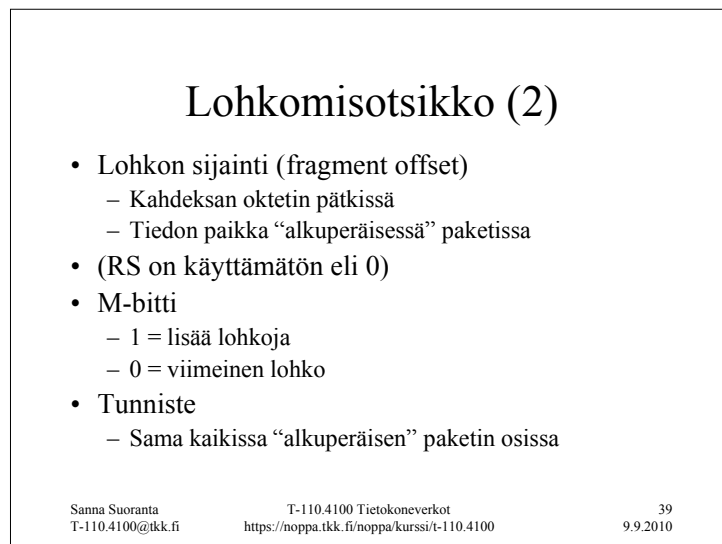
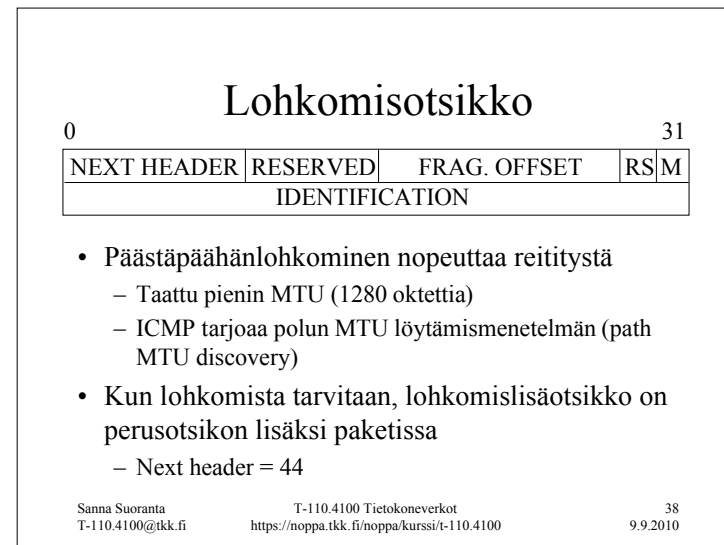
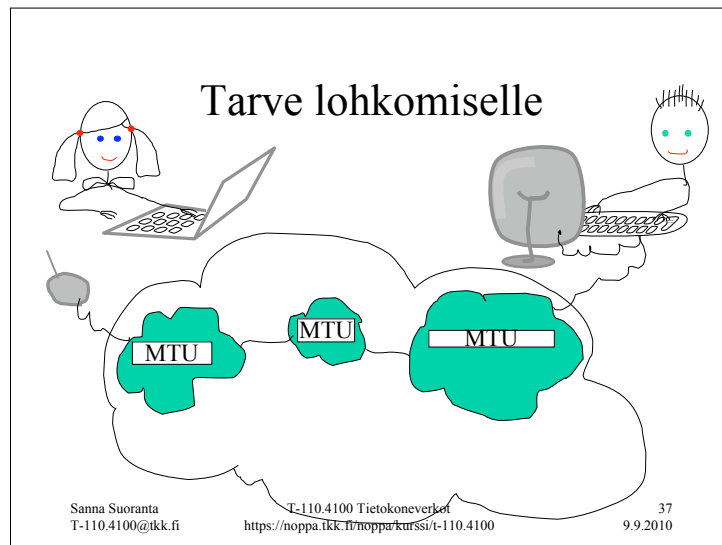
0	8	16	24	31
SEURAAVA	OTSIKON PIT.	REITITYSTYYPPI	JÄLJELLÄ	
VARATTU				
OSOITE 1				
....				
OSOITE n				

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

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

36
9.9.2010



Salausotsikko (IPsec ESP)

0	16	24	31
SECURITY PARAMETER INDEX			
SEQUENCE NUMBER			
PAYLOAD DATA ...			
... PADDING	PAD LENGTH	NEXT HEADER	
ESP AUTHENTICATION DATA ...			

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

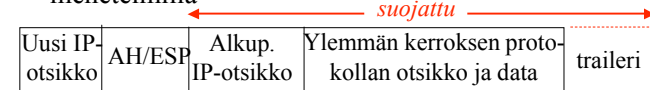
Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

41
9.9.2010

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

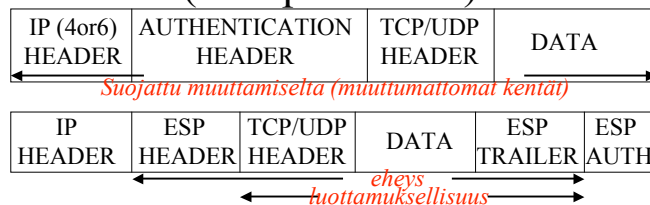


Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

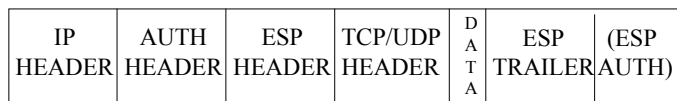
T-110.4100 Tietokoneverkot
<https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

42
9.9.2010

Pakettikohtainen suojaus (transport mode)



Yhdessä:

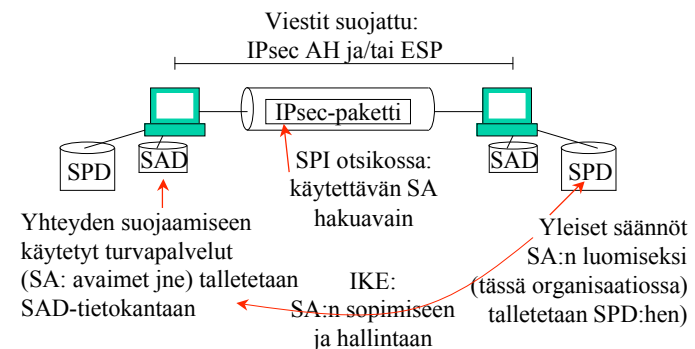


Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

43
9.9.2010

IPsec kokonaisuutena (framework)



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

44
9.9.2010

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: Turvapolitiikkatietokanta (security policy database)
- SAD: Turva-assosiaatiotietokanta (security association database)
- IKE: Avaintenhallinta (key management) ja SA:sta sopiminen

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

45
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

46
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

47
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

48
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

49
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

50
9.9.2010



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



Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

51
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

52
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

53
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

54
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

55
9.9.2010

Paketti liian suuri

- Koodi käyttämätön
- MTU = seuraavan linkin MTU
- Alkuperäistä pakettia ei voida edelleenlähettää
- Osa polun MTU:n selvittämisperiaattia
- Ongelma ratkaistaan ylemmällä kerroksella
- Lähetetään myös monilähteyksen ongelmista

2	CODE	CHECKSUM
MTU		
Beginning of original packet		

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

56
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

57
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

58
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

59
9.9.2010



- 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

60
9.9.2010

Naapurinlöytämisprotokolla Neighbor Discovery (ND) Protocol

- IPv6 ei käytä ARP:ia
- 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

61
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

62
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

63
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

64
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

65
9.9.2010

Reitittimen ilmoitusviesti (2)

- M=1=Hallinnoitu osoitteidenmäärittäminen
– 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

66
9.9.2010

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 tavoittamattomuusavon havaitsemisen (Neighbor Unreachability Detection) algoritmi
- Ilmoitusviestien uudelleenlähetyväli (Retrans Timer) millisekunteina

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

67
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

68
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

69
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

70
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

71
9.9.2010

Optiokenttä ND-viesteissä

esimerkiksi:

- TLV-tyyppiset optiot
- Tyypit:

Type	Length	Value
1	80	Ethernet addr

 - 1 = lähteen linkkikerroksen osoite
 - 2 = kohteen linkkikerroksen osoite
 - 3 = verkon etuliitetietoa (automaattiseen osoitteenmäärittelyyn)
 - 4 = uudelleenlähetetty
 - 5 = MTU

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

72
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

73
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

74
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

75
9.9.2010

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 osoitteenmäärittystä
 - 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

76
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

77
9.9.2010

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 tunnisteiden luomiseksi, sitten tilallinen muiden tietojen saamiseksi

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

78
9.9.2010

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@tkk.fi

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

79
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

80
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

81
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

82
9.9.2010



Miten IPv4 ja IPv6
voivat toimia yhteen?

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

83
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

84
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

85
9.9.2010

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
 - Tunneleita käsitellään yksittäisenä hyppynä

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

86
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

87
9.9.2010

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?

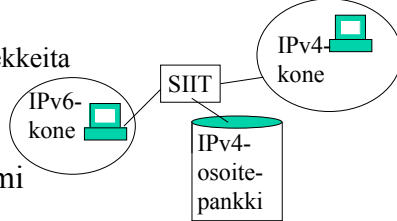
Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

88
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

89
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

90
9.9.2010

NAT-PT (RFC 2766+3596)

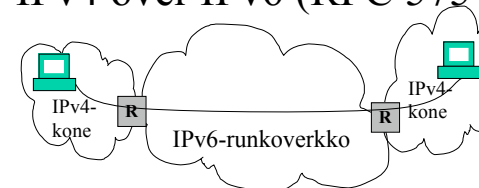
- Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)
 - IPv6-kone voi viestiä IPv4-koneen kanssa
- ”yhdistelmä” SIIT:sta ja NAT:sta
 - Usempi IPv6-kone voi käyttää yhtä yhteistä IPv4-osoitetta (NAT:n avulla)
 - SIIT:ä käytetään pienin muutoksin

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

91
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

92
9.9.2010

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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

93
9.9.2010

Lähteet

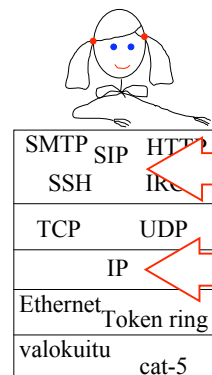
- IETF Next Generation Translation workgroup
<http://www.ietf.org/html.charters/ngtrans-charter.html>
- IETF Softwire workgroup <https://datatracker.ietf.org/wg/softwire/charter/>
- RFC 5747 4over6 Transit Solution Using IP Encapsulation and MP-BGP Extensions, 2010
- Jianping Wu, Yong Cui, Xing Li, Chris 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.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

94
9.9.2010

Ensi viikolla



- DNS ja DNSsec
- Reititys autonomisen järjestelmän sisällä
 - reititysprotokollat
 - reititysalgoritmit

Sanna Suoranta
T-110.4100@tkk.fi

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

95
9.9.2010