

T-110.4100 Tietokoneverkot

Sanna Suoranta, TkL
Tutkija, T-laitos, TKK

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

1
8.9.2008

Tämän kurssin sisältö

- TCP/IP-verkot ja niiden toiminta
 - Turvallisuusominaisuudet
- Verkkosovellusten suunnittelu ja ohjelmointi

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

2
8.9.2008

Tietoa tästä kurssista

- <https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/>
- [news://news.tky.hut.fi/opinnot/tik.tietokoneverkot](https://news.tky.hut.fi/opinnot/tik.tietokoneverkot)
(kaikki kysymykset tänne!!)
- IRC: #verkot,
- T-110.4100@tml.hut.fi (henkilökohtaiset kysymykset)

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

3
8.9.2008

Esitiedot

- T-110.2100 Johdatus tietoliikenteeseen ja T-106.3100 Ohjelmoinnin jatkokurssi T2
- Eli oikeastaan
 - Tiedonsiirron perusteet
 - Tietotekniikan perusopintojen ohjelmointikurssit

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

4
8.9.2008

Ilmoittautuminen

- Ilmoittautuminen on avattu WebOodiin
 - Ilmoittautuminen päättyy 22.9.2007
- Tentteihin tulee ilmoittautua erikseen viimeistään viikkoa ennen tenttiä (tenttien kohdalla lisää tentteihin ilmoittautumisesta)
 - Ilmo alkaa kuukautta ennen tenttiä ja päättyy viikkoa ennen tenttiä

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

5
8.9.2008

Kurssin osasuoritukset ja arvostelu

- Pakolliset
 - Osatentti 1: perus-TCP/IP. 40% loppuarvosanasta
 - Osatentti 2: ohjelmointi ja turvallisuus. 40% loppuarvosanasta
 - Harjoitustyö: 20% loppuarvosanasta (as. 0/3/5)
- Vapaaehtoiset mutta hyödylliset ☺
 - Luennot+muistiinpanot, kirjan lukeminen, jne
 - Mahd. harjoitukset (neuvoja harjoitustyön tekoon)

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

6
8.9.2008

Luennot ja harjoitukset

- 1. opetusjakson aikana (8.9.-23.10.) maanantaisin 10-12 salissa T1 (älkää menkö takariviin, kiitos ☺) ja torstaisin klo 14-16 salissa T2
- 2. opetusjakson aikana varattu A117 harjoitustyön tekoon torstaisin klo 14-16
 - ei vastaanottoa, ellei erikseen sovi assarin kanssa
- Tarkempi aikataulu löytyy kurssin www-sivuilta nopasta

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

7
8.9.2008

Luennot

- | | | |
|-------------|-----------------------|--------------------|
| • ma 8.9. | Johdanto + IPv4 | Sanna Suoranta |
| • to 11.9. | IPv6 | Sanna Suoranta |
| • ma 15.9. | Reititys 1 | Jaakko Kangasharju |
| • to 18.9. | Reititys 2 | Jaakko Kangasharju |
| • ma 22.9. | TCP & UDP | Sanna Suoranta |
| • to 25.09. | IPsec | Sanna Suoranta |
| • ma 29.09. | TLS & SSH | Sanna Suoranta |
| • to 2.10. | DNS & DNSsec | Bengt Sahlin |
| • ma 6.10. | Verkonhallinta | Timo Kiravuo |
| • to 09.10. | Harjoitustyö | Jukka Larja |
| • ma 13.10. | Protokollasuunnittelu | Miika Komu |
| • to 16.10. | Verkko-ohjelmointi | Samuli Sorvakko |
| • ma 20.10. | Uutuudet | Antti Ylä-Jääski |
| • to 23.10. | Kertaus | Sanna Suoranta |

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

8
8.9.2008

Oppimateriaali

- Douglas E. Comer, Internetworking with TCP/IP, Volume 1, Pearson Prentice Hall, 2006
- Lisäksi opetusmonisteita Nopassa
 - Luennoijien kirjoittamaa materiaalia
 - Linkkejä nettiin
- Kalvot tulevat kurssin luentoaikatauluun
 - älkää tulostako niitä TKKn tulostimille!

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

9
8.9.2008

Tentit

- Tenttipäivät 28.10.2008 ja 16.12.2007 (tarkista oodi!)
 - Tenttiin ilmoittauduttava viimeistään viikkoa ennen tenttiä
- Kaksi osatenttiä
 - Molemmat suoritettava hyväksytysti kurssin läpäisemiseksi
 - Kumpikin osatentti arvostellaan asteikolla 0-5
 - Kaikkina tenttikertoina (tenttikausina) voi tehdä jommankumman osatentin (tai molemmat osatentit yhdellä kerralla)
 - Kumpaankin osatenttiin ilmoittaudutaan erikseen!
 - Vanhoja tenttejä kurssin sivuilla

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

10
8.9.2008

Tentti (jatkuu..)

- Perukaa ilmoittautuminen, jos ette tule paikalle!
- “Opiskelijan tulee ilmoittautua kokeeseen viikkoa ennen koetilaisuuden järjestämistä, jollei opettaja hyväksy myöhempää ilmoittautumista. Ilmoittautuminen katsotaan kokeeseen osallistumiseksi, ellei sitä ole peruutettu ennen kokeen alkamista. **Kokeessa kolmasti hylätyn opiskelijan on neuvoteltava asianomaisen opettajan kanssa kurssin suorittamisesta.** ”
(*tutkintosääntö*)

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

11
8.9.2008

Harjoitustyö

- Harjoitustyö tehdään yksin, n. 40-50 tuntia
 - Suunnitelma dl 16.10. klo 12:00
 - Toteutus dl 20.11. klo 12:00
 - Demot noin 24.-28.11.
- Arvosana 0/3/5, 20% kurssin arvosanasta
- Harjoitustyön tehtävänanto julkaistaan viimeistään 9.10.2008 kurssin noppasivuilla
 - Reititystaulun rakentaminen etäisyysvektori ja/tai linkkitilaprotokollan lähettämien viestien perusteella
 - Asiakasohjelma reititystaulun palauttamiseen

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

12
8.9.2008

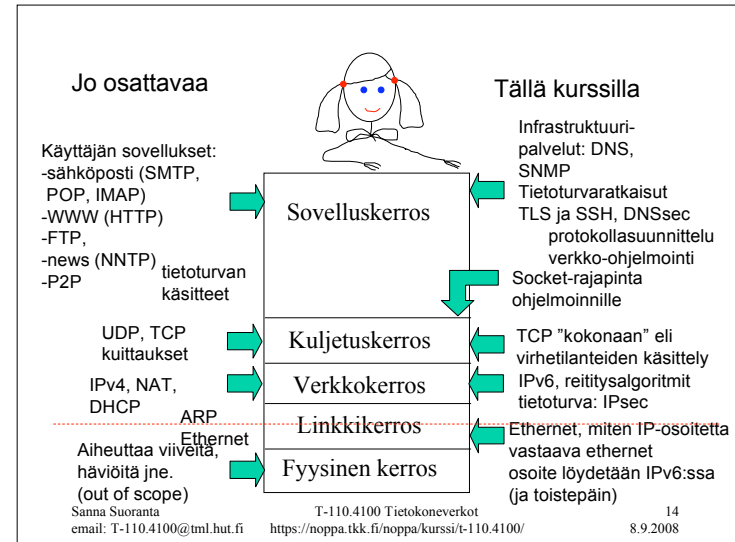
Kysyttävää järjestelyistä?

- mitähän te muistatte edellisistä kursseista...

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

13
8.9.2008



Internet-protokolla versio 4

Kertaus luvut 4, 6 ja 8

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

15
8.9.2008

Luennon sisältö

- IPv4 ominaisuudet ja tehtävä
- IPv4 otsake ja käyttö
- IPv4 osoitteet
 - Ali- ja yliverkot
 - Muut ratkaisut: NAT ja DHCP
- ICMP
 - Virhetilanteiden käsittely

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

16
8.9.2008



Internet-protokolla

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

- Internet-protokolla on yhdistävä tekijä kaikkien sovellusten ja kaikenlaisten verkko-tekniologioiden välissä

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

17
8.9.2008

Internet-protokolla (IP)

- Pakettipohjainen (packet oriented)
 - viesti jaetaan paketteihin
- Yhteydetön (connectionless)
 - jokainen tietosähke (datagram) käsitellään itsenäisesti
- Epäluotettava (unreliable)
 - perillemeno ei taata
 - paketit voivat monistua, viivästyä, järjestys voi vaihtua...
- Päästä päähän (end-to-end)

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

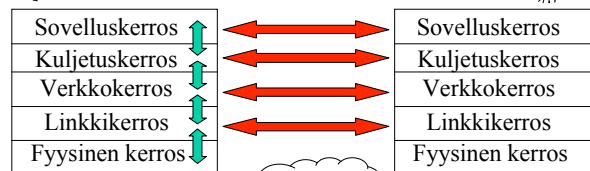
18
8.9.2008

Rajapinta ja protokolla



- mitä tehdään
esim. kapsulointi

- viestiformaatit
- osapuolten ”tunnistus”
- viestien käyttö



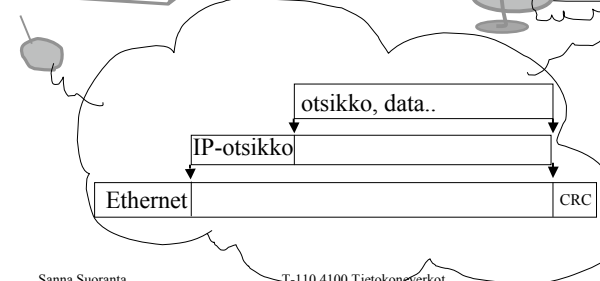
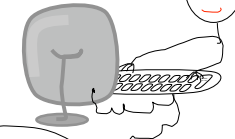
Internet

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

19
8.9.2008

Tietosähkeen kapselointi



Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

20
8.9.2008

IP-otsikon rakenne (RFC 791)

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...													

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

21
8.9.2008

IP-otsikon kentät

- VERSio numero = 4
- Otsikon pituus (O.PIT) 32 bitin sanoina
 - min 5 (5*32 bittia) + optiot
 - kertoo siis lähinnä optioiden pituuden
- PALVELUN TYYPPI

0	6	7
CODEPOINT		00

 - palvelun laadun määrittely, esim DiffServ
 - alunperin toisella tavalla

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

22
8.9.2008

IP-otsikon kentät

- KOKONAISPITUUS
 - otsikko+data-osion pituus okteetteina
- LIPUT, kolme bittia:

0	DF	MF
---	----	----

 - DF: 0 = saa lohkoa, 1 = ei saa lohkoa
 - MF: 0 = viimeinen lohko, 1 = lisää lohkoja
- LOHKON SIJAINTI + TUNNISTE
 - kts. lohkominen

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

23
8.9.2008

IP-otsikon kentät

- ELINIKÄ
 - maksimi”aika”, jonka paketti saa vaeltaa verkossa
 - alun perin sekunteja; nyt jokainen reititin vähentää vähintään yhdellä
- PROTOKOLLA
 - Ylemmän kerroksen protokolla, joka on data-osiossa
 - Esim ICMP=1, TCP = 6, UDP =17, IPv6=41

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

24
8.9.2008

IP-otsikon kentät

- TARKISTUSSUMMA
 - 16-bittinen yhden komplementtisumman yhden komplementti otsikon kentistä
 - kertoo, onko otsikko ehjä
 - ylemmillä kerroksilla omat tarkistussummat
- LÄHDE- ja KOHDESOITTEET
 - 32-bittisiä, kts alla

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

25
8.9.2008

Tietosähkeen lohkominen (englanniksi datagram fragmentation)

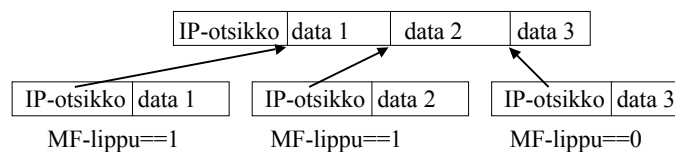
- Tietosähke ei aina mahdu fyysisen verkon kehykseen, joten se pitää lohkoa useampaan palaan
 - Verkon enimmäispituus eli MTU (Maximum transfer unit)
- Tietosähke kootaan vasta vastaanottajalla
 - Odotetaan tietty aika, että kaikki lohkot tulisivat perille

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

26
8.9.2008

Tietosähkeen lohkominen



- Jokaisella tietosähkeellä on TUNNISTE, jonka avulla lohkot kootaan takaisin
- Lohkon sijainti: oktettia alkaen alkuperäisen datan alusta
- kokonaispituus: lohkotun sähkeen pituus

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

27
8.9.2008

IP:n optiot

- Käytetään pääasiassa verkon testauksessa ja vianmäärityksessä (jos siinäkään)
- Ohjeellinen ja täsmällinen lähdereititys, reitin seuranta, jne

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

28
8.9.2008

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

29
8.9.2008

IPv4-osoitteet

- Alkuperäinen luokallinen osoitteistus

luokka	alku	verkko	laite	osoitteet
A	0	7 bittiä	24	1.0.0.0 - 126.255.255.255
B	10	14	16	128.0.0.0 - 191.255.255.255
C	110	21	8	192.0.0.0 - 223.255.255.255
D	1110	monilähetyksryhmä		

- <http://www.xkcd.com/195/>

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

30
8.9.2008

- | luokka | alku | verkko | laite | osoitteet |
|--------|------|------------------|-------|-----------------------------|
| A | 0 | 7 | 24 | 1.0.0.0 - 126.255.255.255 |
| B | 10 | 14 | 16 | 128.0.0.0 - 191.255.255.255 |
| C | 110 | 21 | 8 | 192.0.0.0 - 223.255.255.255 |
| D | 1110 | monilähetysryhmä | | |

- Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

30
8.9.2008

Nollien ja ykkösten merkitys

00000000000000000000000000000000 • tämä laite 0.0.0.0

000000000000000000000000010101010101 • laite tässä verkossa

11111111111111111111111111111111 • yleislähetys (tässä verkossa)

255.255.255.255

11111111 nnnnnnnn...nnnnnnnnnnnnnnnnnn • loopback-osoite

127.0.0.1

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

31
8.9.2008

- Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

31
8.9.2008

Aliverkotus (RFC 940)

verkko-osa	aliverkko-osa	laiteosa
------------	---------------	----------

- Saman verkko-osoitteen käyttö useassa fyysisessä verkossa
- Osa laitetunnisteesta määrittääkin aliverkon
- Aliverkko-osan pituus voidaan määrittää verkkokohtaisesti

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

32
8.9.2008

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

32
8.9.2008

Luokaton osoitteistus (RFC 1518&1519)

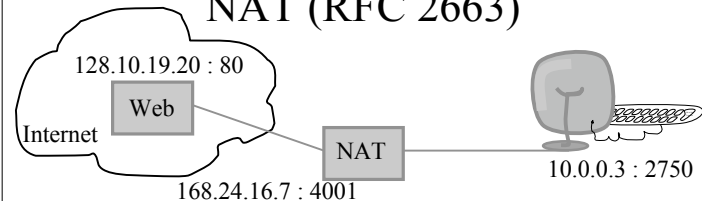
- Classless InterDomain Routing (CIDR)
- Organisaation verkossa on useita verkkolohkoja
- Osoitelohkon koko voidaan valita vapaasti:
esim 192.24.0.0 / 16

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

33
8.9.2008

NAT (RFC 2663)



- Network Address Translation (NAT)
- Piilottaa sisäverkon ulkopuolisilta
- Sisäverkossa voi käyttää yksityisiä osoitteita
- Voi aiheuttaa hankaluuksia sovelluksille

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

34
8.9.2008

DHCP (2131)

- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)
- Dynaaminen osoitteiden jakaminen
 - käyttölupa (lease) tietyksi määräajaksi
- Samalla muitakin asetustietoja, kuten nimipalvelimen osoite

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

35
8.9.2008

DHCP-asiakkaan tilakone

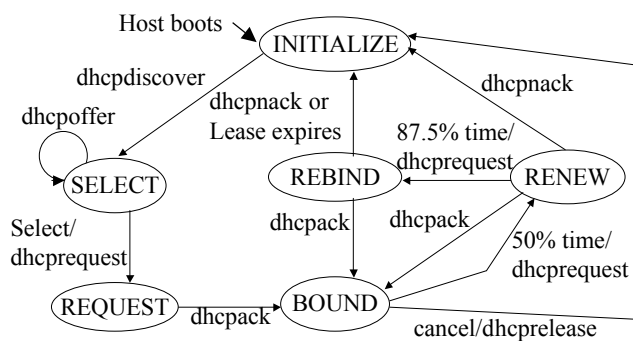


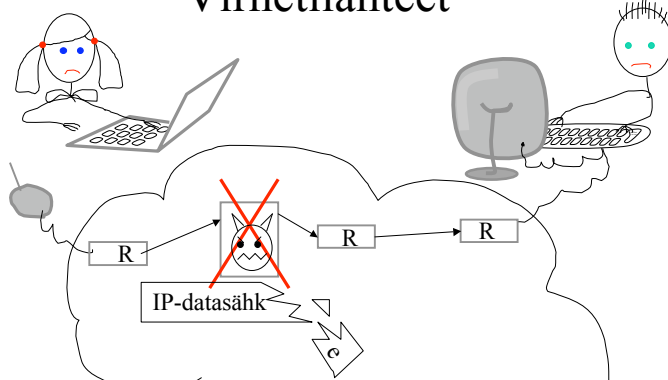
Fig. 23.4 in Comer

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

36
8.9.2008

Virhetilanteet



Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi
T-110.4100 Tietokoneverkot
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/
37
8.9.2008

ICMP-viestejä

- Ruuhkasta ilmoittaminen
- Uudelleenohjaus (tietoturvaongelma!)
- Elinajan raja saavutettu
- Parametriongelma
- Aliverkon peite
- Reitittimen etsiminen

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi
T-110.4100 Tietokoneverkot
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/
38
8.9.2008

Virhe- ja valvontaviestit (RFC 792)

TYYPPI	KOODI	TARKASTUSSUMMA
Riippuu viestin tyypistä		
Ongelman aiheuttaneen paketin IP-otsikko ja 64 bittiä dataa		

- Internet Control Message Protocol (ICMP)
- Virhe- ja ohjaussanomat reitittimille ja tietokoneille
 - Ei virheiden korjausta, vain ilmoittaminen
- Lähetetään alkuperäiselle lähettäjälle

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi
T-110.4100 Tietokoneverkot
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/
39
8.9.2008

ICMP-viestejä

- Echo request ja echo reply (ping)

TYYPPI (8/0)	KOODI (0)	TARKASTUSSUMMA
TUNNISTE	JÄRJESTYSSUMMA	
DATAA (ei välttämätön)...		

- Kohde tavoittamattomissa

TYYPPI (3)	KOODI (0)	TARKASTUSSUMMA
Käyttämätön (oltava 0)		
Ongelmapaketin IP-otsikko ja 64 bittiä dataa		

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi
T-110.4100 Tietokoneverkot
https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/
40
8.9.2008

Lähteet

- RFC 791 Internet Protocol, 1981
- RFC 792 Internet Control Message Protocol, 1981
- RFC 950 Internet Standard Subnetting Procedure , 1985
- RFC 1518 An Architecture for IP Address Allocation with CIDR, 1993
- RFC 1519 Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strate, 1993
- RFC 2131 Dynamic Host Configuration Protocol, 1997
- RFC 2663 IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations, 1999
- RFC 3396 Encoding Long Options in the Dynamic Host Configuration Protocol (DHCPv4), 2002
- RFC 4361 Node-specific Client Identifiers for Dynamic Host Configuration Protocol Version Four (DHCPv4), 2006

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

41
8.9.2008

Lisää aiheesta

- T-110.5110 Tietokoneverkot II
- S-38.2121 Reititys tietoliikenneverkoissa (4 op)
- S-38.3148 Simulation of Data Networks (5 cr)
- S-38.3180 Palvelunlaatu Internetissä (4 op)
- S-38.3184 Verkkoliikenteen mittaus ja analysointi L (5 op)

Sanna Suoranta
email: T-110.4100@tml.hut.fi

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

42
8.9.2008