

T-110.4100 Tietokoneverkot

Sanna Suoranta, TkL
Tutkija, T-laitos, TKK



Tämän kurssin sisältö

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

Tietoa tästä kurssista

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

Esitiedot

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

Ilmoittautuminen

- Ilmoittautuminen on avattu WebOodiin
 - Ilmoittautuminen päättyy 22.9.2009
- Tentteihin tulee ilmoittautua erikseen viimeistään viikkoa ennen tenttiä (tenttien kohdalla lisää tentteihin ilmoittautumisesta)
 - Ilmo alkaa kuukautta ennen tenttiä ja päättyy viikkoa ennen tenttiä

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)

Luennot ja harjoitukset

- 1. opetusjakson aikana (7.9.-23.10.) tiistaisin 10-12 salissa T2 ja torstaisin klo 8-10 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

Luennot

- | | | |
|-------------------|-----------------------|--------------------|
| • ti 8.9. | Johdanto + IPv4 | Sanna Suoranta |
| • to 10.9. | IPv6 | Sanna Suoranta |
| • ti 15.9. | Reititys 1 | Jaakko Kangasharju |
| • to 17.9. | Reititys 2 | Jaakko Kangasharju |
| • ti 22.9. | TCP & UDP | Matti Siekkinen |
| • to 24.9. | IPsec | Sanna Suoranta |
| • ti 29.9. | TLS & SSH | Sanna Suoranta |
| • to 1.10. (9-10) | Harjoitustyö | Pyry Koivisto |
| • ti 6.10. | Verkko-ohjelmointi ? | Samuli Sorvakko |
| • to 8.10. | DNS & DNSsec | Bengt Sahlin |
| • ti 13.10. | Protokollasuunnittelu | Miika Komu |
| • to 15.10. | Verkonhallinta | Timo Kiravuo |
| • ti 20.10. | Uutuudet ? | Antti Ylä-Jääski |
| • to 22.10. | Kertaus | Sanna Suoranta |

Oppimateriaali

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

Tentit

- Tenttipäivät 27.10.2009 ja 15.12.2009 (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

Tentti (jatkuu..)

- Perukaa ilmoittautuminen, jos ette tule paikalle!
 - oodissa, tai ilmon sulkeuduttua sähköpostitse
- “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*)

Harjoitustyö

- Harjoitustyö tehdään yksin, n. 40-50 tuntia
 - Suunnitelma dl to 15.10. klo 12:00 (keskipäivä)
 - Toteutus dl to 26.11. klo 12:00 (keskipäivä)
 - Demot noin viikolla 49
- Arvosana 0/3/5, 20% kurssin arvosanasta
- Harjoitustyön tehtävänanto julkaistaan viimeistään 1.10.2009 kurssin noppasivuilla
 - Reititystaulun rakentaminen etäisyysvektori ja/tai linkkitilaprotokollan lähettämien viestien perusteella
 - Asiakasohjelma reititystaulun palauttamiseen

Kysyttävää järjestelyistä?

- mitähän te muistatte edellisistä kursseista...

Jo osattavaa

Käyttäjän sovellukset:

- sähköposti (SMTP, POP, IMAP)
 - WWW (HTTP)
 - FTP,
 - news (NNTP)
 - P2P
- tietoturvan
käsitteet

UDP, TCP
kuittaukset

IPv4, NAT,
DHCP

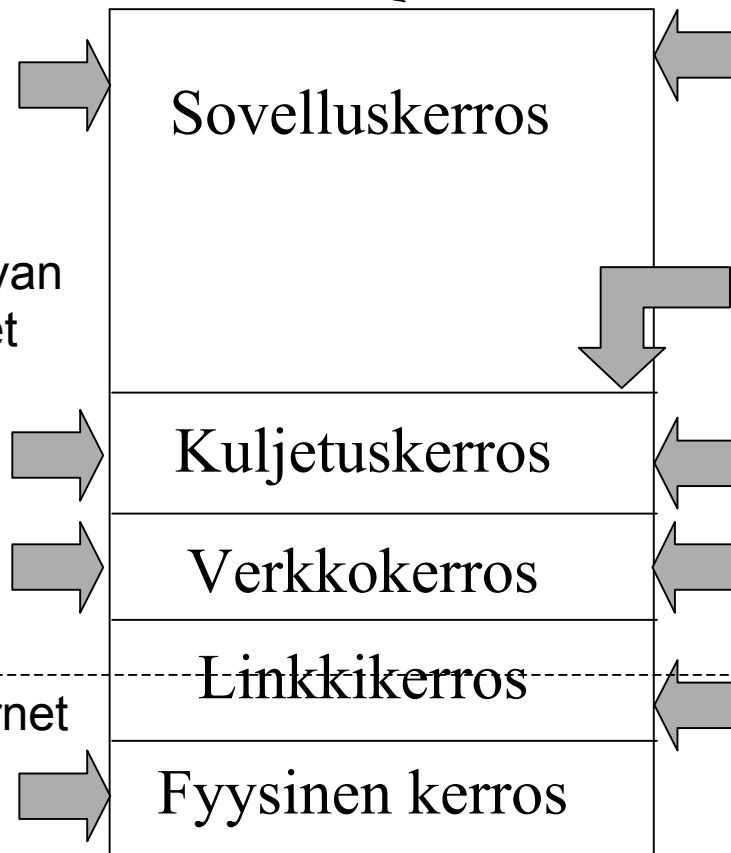
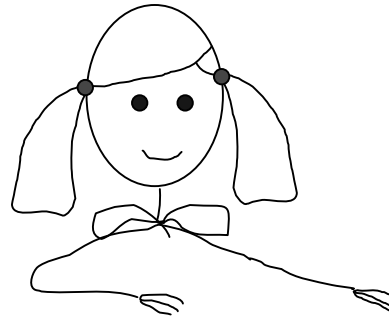
ARP

Ethernet

Aiheuttaa viiveitä,
häviöitä jne.
(out of scope)

Sanna Suoranta

email: T-110.4100@tml.hut.fi



Tällä kurssilla

Infrastruktuuri-
palvelut: DNS,
SNMP

Tietoturvaratkaisut
TLS ja SSH, DNSsec
protokollasuunnittelu
verkko-ohjelmointi

Socket-rajapinta
ohjelmoinnille

TCP ”kokonaan” eli
virhetilanteiden käsittely

IPv6, reititysalgoritmit
tietoturva: IPsec

Ethernet, miten IP-osoitetta
vastaava ethernet
osoite löydetään IPv6:ssa
(ja toistepäin)

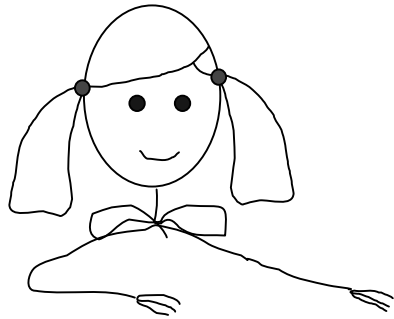
T-110.4100 Tietokoneverkot

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

14

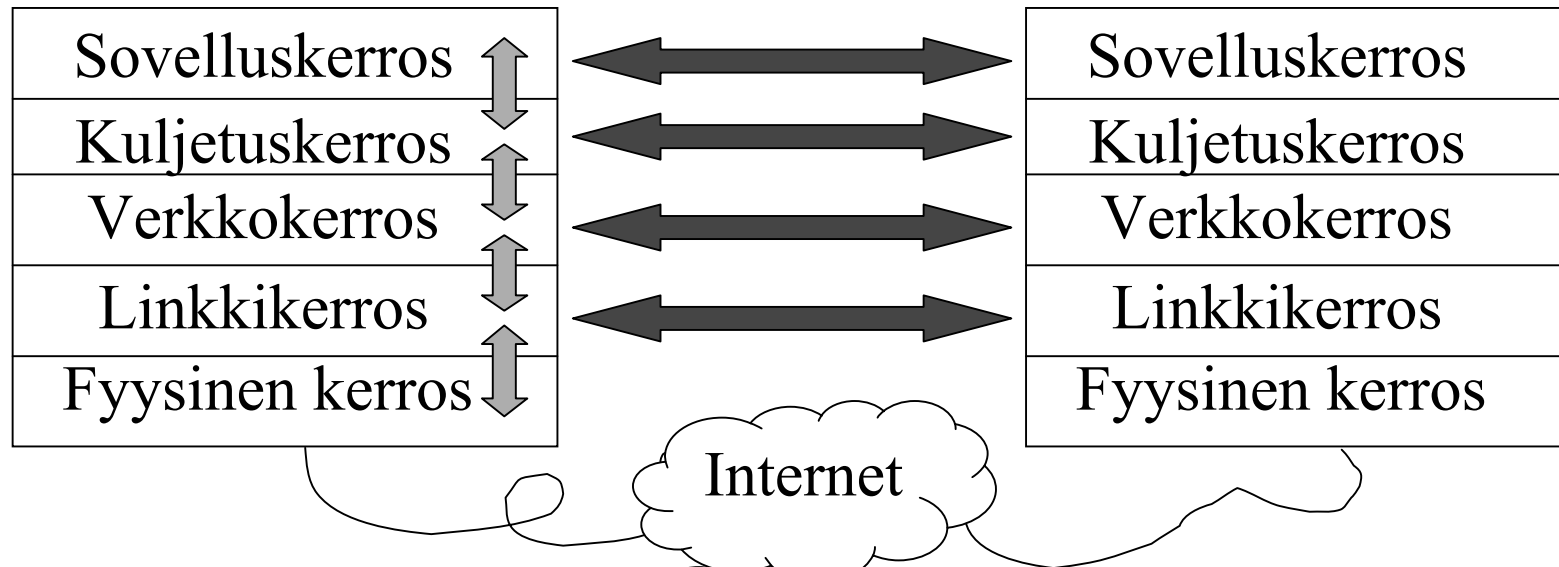
8.9.2009

Rajapinta ja protokolla



- mitä tehdään samassa koneessa esim. kapsulointi

- koneiden välillä
- viestiformaatit
- osapuolten ”tunnistus”
- viestien käyttö



Internet-protokolla versio 4

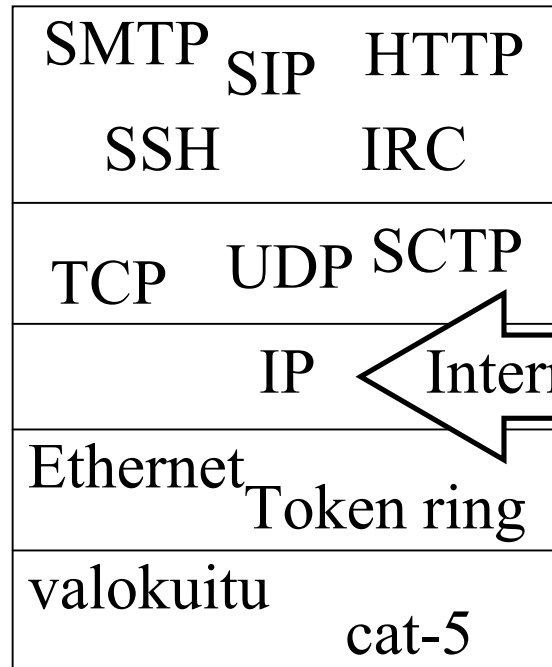
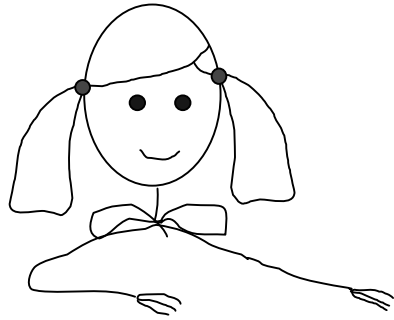
Kertaus

luvut 4, 6 ja 8

Luennon sisältö

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

Internet-protokolla



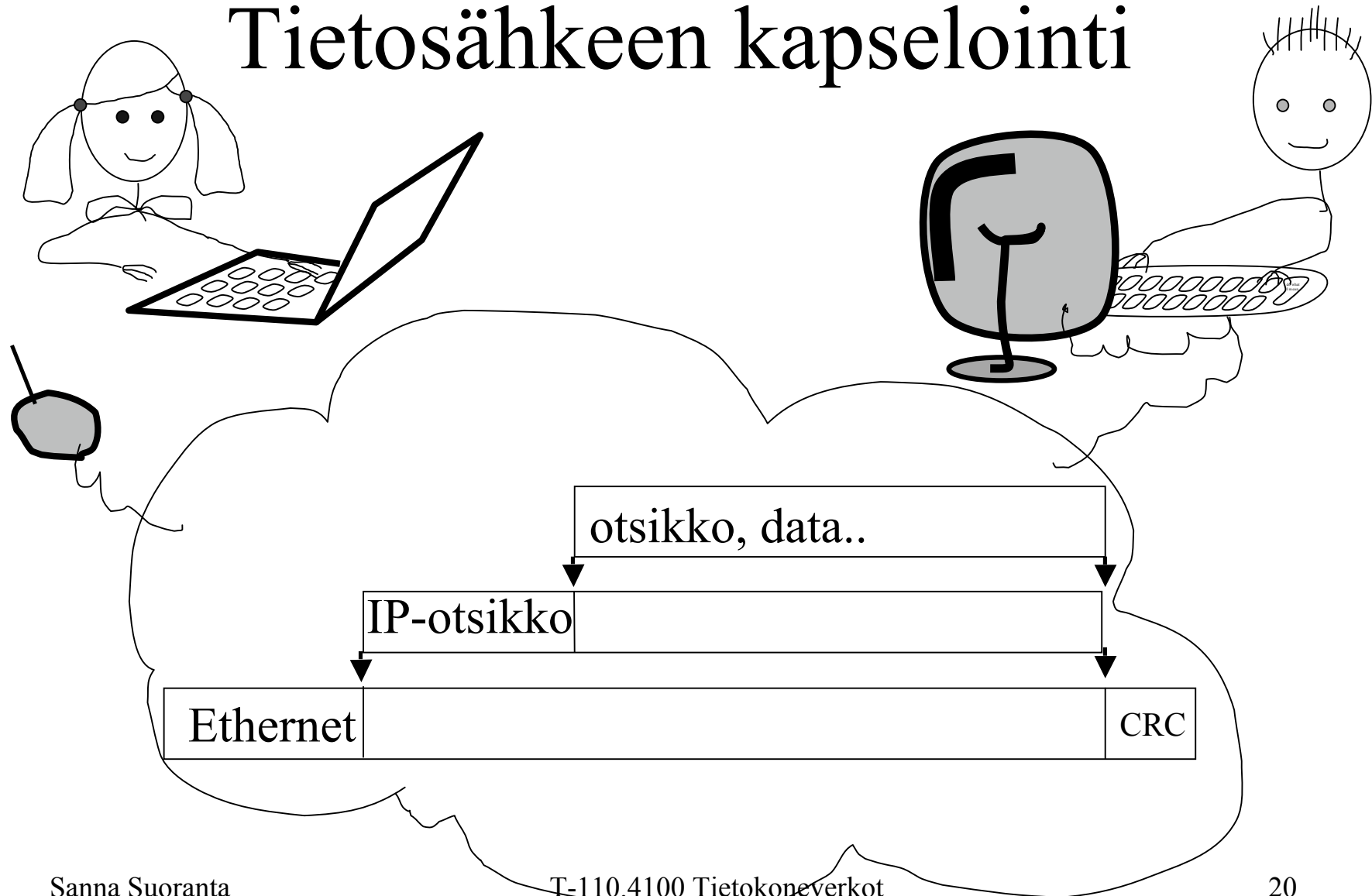
Internet-protokolla

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

Internet-protokolla (IP)

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

Tietosähkeen kapselointi



IP-otsikon rakenne (RFC 791)

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

IP-otsikon kentät

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

- PALVELUN TYYPPI

0	6 7
CODEPOINT	00

- palvelun laadun määrittely, esim DiffServ
- alunperin toisella tavalla

IP-otsikon kentät

- KOKONAISPITUUS

- otsikko+data-osion pituus oktetteina

- LIPUT, kolme bittiä:

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

- DF: 0 = saa lohkoa, 1 = ei saa lohkoa

- MF: 0 = viimeinen lohko, 1 = lisää lohkoja

- LOHKON SIJAINTI + TUNNISTE

- kts. lohkominen

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

IP-otsikon kentät

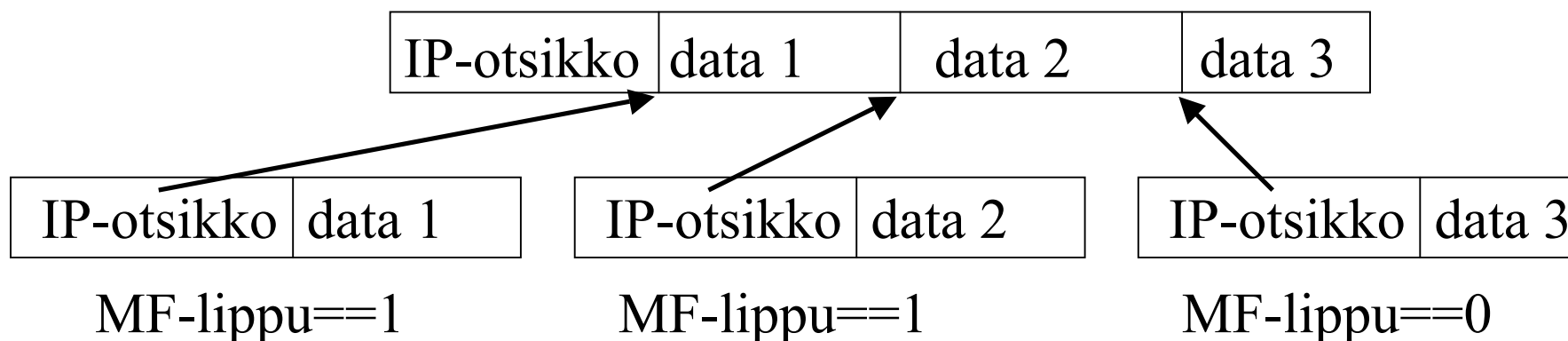
- TARKISTUSSUMMA
 - 16-bittinen yhden komplementtisolman yhden komplementti otsikon kentistä
 - kertoo, onko otsikko ehjä
 - ylemmillä kerroksilla omat tarkistussummat
- LÄHDE- ja KOHDEOSOITTEET
 - 32-bittisiä, kts alla

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

Tietosähkeen lohkominen

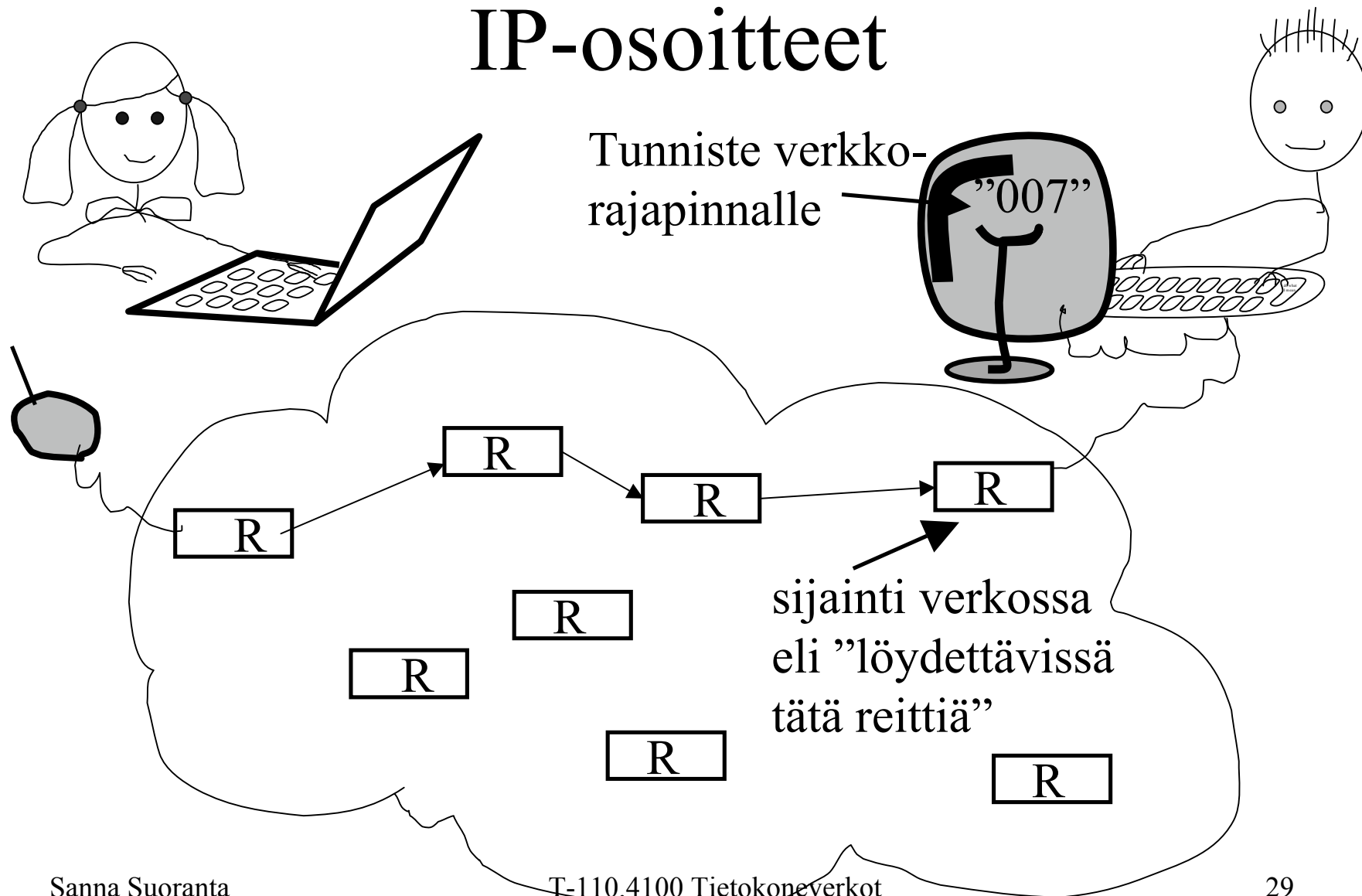


- Jokaisella tietosähkeellä on TUNNISTE, jonka avulla lohkot kootaan takaisin
- Lohkon sijainti: oktettia alkaen alkuperäisen datan alusta
- kokonaispituus: lohkotun sähkeen pituus

IP:n optiot

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

IP-osoitteet



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	monilähetysryhmä		

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

Nollien ja ykkösten merkitys

000000000000000000000000000000000000 • tämä laite 0.0.0.0

000000000000000000000000	101010101010
--------------------------	--------------

 • laite tässä verkossa

11111111111111111111111111111111 • yleislähetys (tässä verkossa)
255.255.255.255

1111111	nnnnnnnn...nnnnnnnnnnnnnnnnnnnn	• loopback-osoite 127.0.0.1
---------	---------------------------------	--------------------------------

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

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 on tavallinen B-luokan osoite

NAT (RFC 2663)

The diagram illustrates a Network Address Translation (NAT) setup. On the left, a cloud labeled "Internet" contains a box labeled "Web" with the IP address "128.10.19.20 : 80". A line connects this "Web" box to a box labeled "NAT" (Network Address Translation) located in the center. Below the "NAT" box is the IP address "168.24.16.7 : 4001". A line connects the "NAT" box to a host on the right. The host is represented by a satellite dish icon with a speech bubble containing "00000000" and "00000000". Below the host is the IP address "10.0.0.3 : 2750".

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

DHCP (2131)

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

DHCP-asiakkaan tilakone

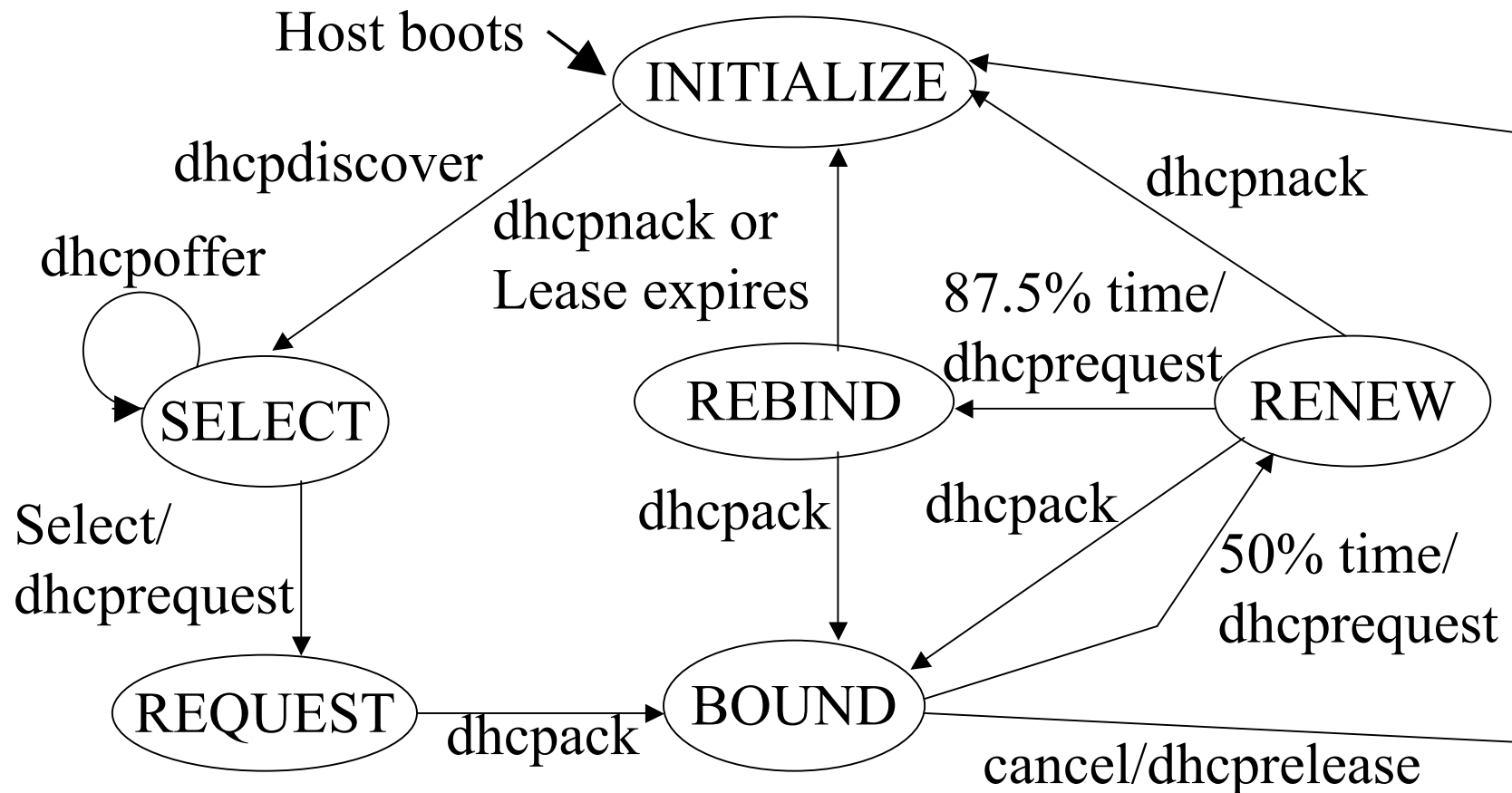
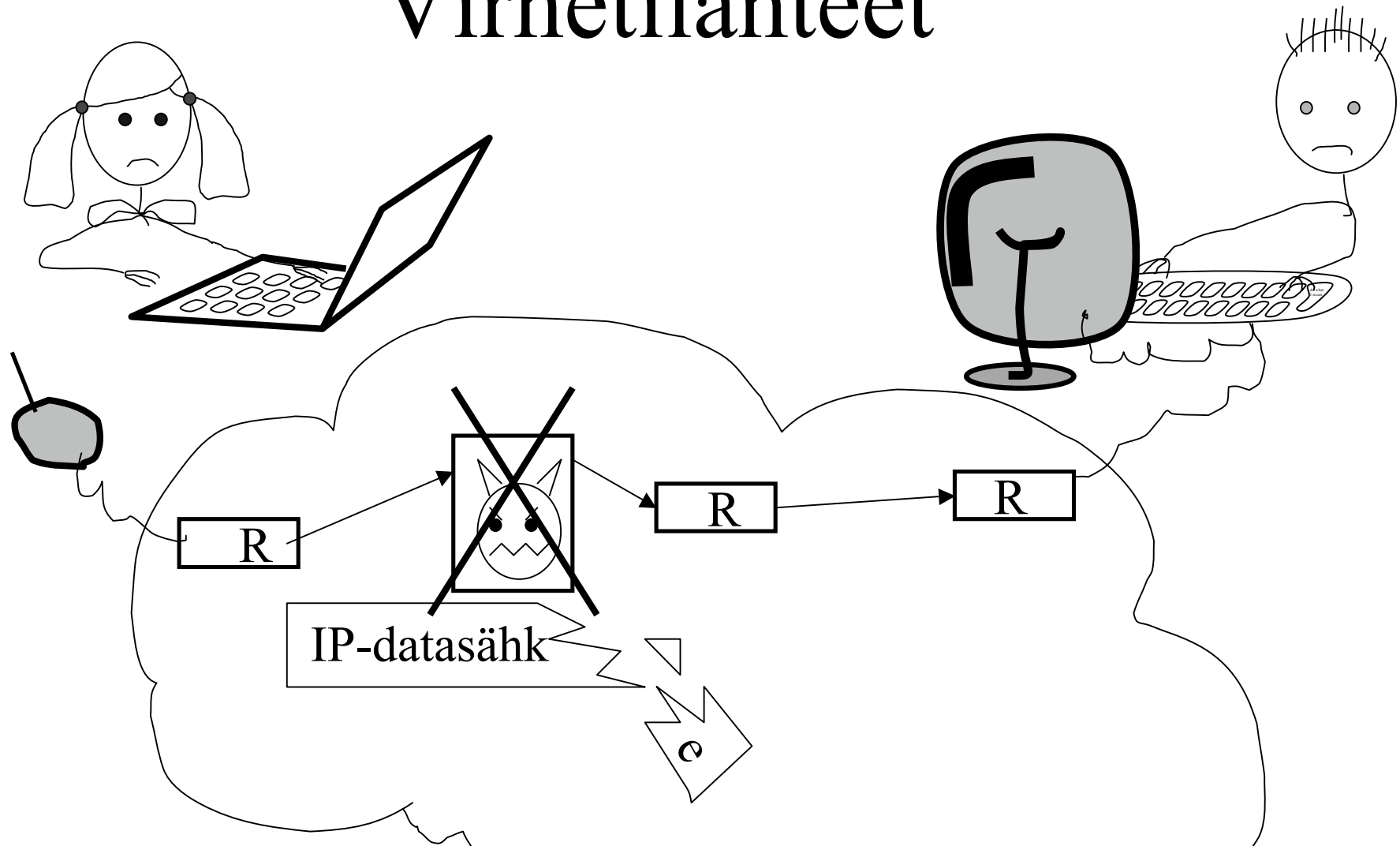


Fig. 23.4 in Comer

Virhetilanteet



ICMP-viestejä

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

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

ICMP-viestejä

- Echo request ja echo reply (ping)

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

- Kohde tavoittamattomissa

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

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

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)