



# Tietoliikenteen perusteet

## Tietokoneverkot ja Internet

Kurose, Ross: Ch 1



## Sisältöä

- n Internet
- n Verkon reunalla:
  - n asiakkaat ja palvelimet,
  - n yhteydetön ja yhteydellinen palvelu
- n Verkon sisällä
  - n Piirikytkentäinen, pakettikytkentäinen verkko
  - n Datasäikeverkko, virtuaalipiiriverkko
- n Pääsy Internetiin, fyysinen media
- n Viivytykset ja katoamiset siirrossa
  - n Mitä viipeitä? Miksi dataa katoaa
- n Protokolla ja protokollapino
  - n Kerrosarkkitehtuuri
  - n Internet-protokollapino: kerrokset ja sanomat

### Oppimistavoitteet:

- Perusterminologiaa tutuksi
- Yleiskuva Internetistä
  - rakenne ja toiminnallisuus
- Internetin protokollapino ja sen eri kerrosten tehtävät





## Tietoliikenteen perusteet

# Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Internet\\_map\\_1024.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Internet_map_1024.jpg)

<http://www.cheswick.com/ches/map/gallery/isp-ss.gif>

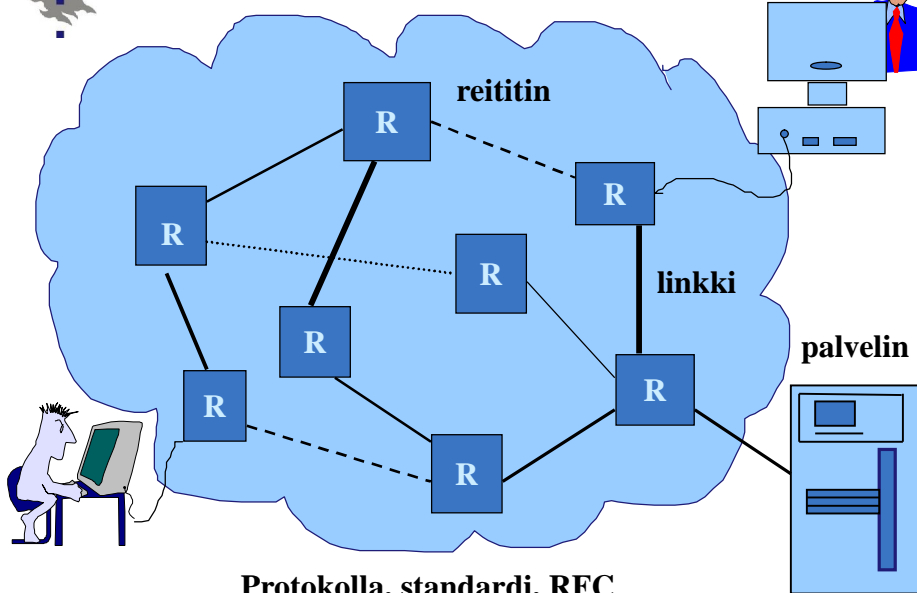
Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

3



## Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



Protokolla, standardi, RFC

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

4



## Internetin rakenneosat

### n Miljoonia koneita

#### n isäntäkoneita (host, end system)

- työasemia (workstation), palvelinkoneita (server)
- mobiililaitteita, erilaisia tunnistimia, kameroita, autoja, ....
- Suorittavat hajautettuja sovelluksia

#### n Pakettikytkimiä: siirtävät dataa paketteina eli pieninä lohkoina (reititin (router), linkkitason kytkin (link-level switch))

- Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä

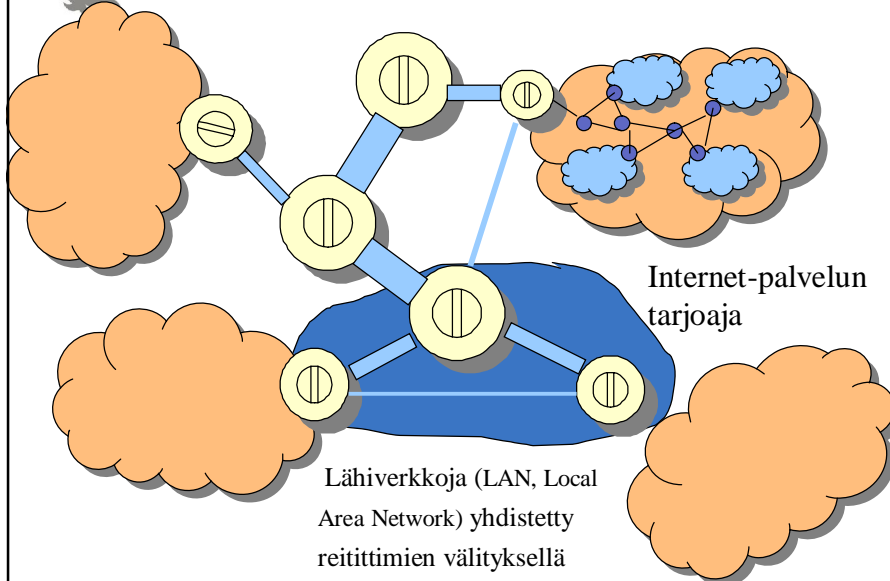
### n Tietoliikennelinkejä

#### n erilaisia siirtomedioita

- Optinen kuitu, kuparijohto, koaksiaalikaapeli, elektromagneettiset aallot (radio, intrapuna, satelliitti)
- Siirtonopeus (transmission rate) bittiä sekunnissa (bps)



## Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)





## Internet:



1969: 4 konetta (ARPAnet)  
1972: 30 konetta, sähköposti  
1979: 200 konetta  
1985: 2000 konetta (1983: TCP/IP )  
1989: 160 000 konetta (1989-91: Web)  
1995: 6 miljoonaa konetta  
1998: 37 miljoonaa konetta  
2002: 162 miljoonaa konetta  
2003: 233 miljoonaa konetta  
2006: **450 miljoonaa konetta**  
2007: **1094 miljoonaa käyttäjää**  
**16,6% maailman väestöstä**

69,4 % Pohjois-  
Amerikassa;  
3,5 % Afrikassa



## Internet

- n Julkinen Internet vs. rajattu **intranet** ja **extranet**
- n Sovellukset voivat lähettää sanomia verkon välityksellä toisilleen
  - n **yhteydellinen** (connection-oriented) **palvelu** / **yhteydetön** (connectionless) **palvelu**
    - Yhteydellinen: Yhteyden muodostus – yhteyden käyttö – yhteyden purku
    - Yhteydetön: yhteyden käyttö
  - n **luotettava** (reliable) (= pyrkii estämään, havaitsemaan ja paikkaamaan virheet) / **epäluotettava** (unreliable) (= 'hälläväliä')
- n Internetissä: yhteydellinen = luotettava, yhteydetön = epäluotettava
  - n **TCP**-protokolla yhteydellinen ja luotettava
  - n **UDP**-protokolla yhteydetön ja epäluotettava



# Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)



## Verkon reunoilla

### Isäntäkoneet

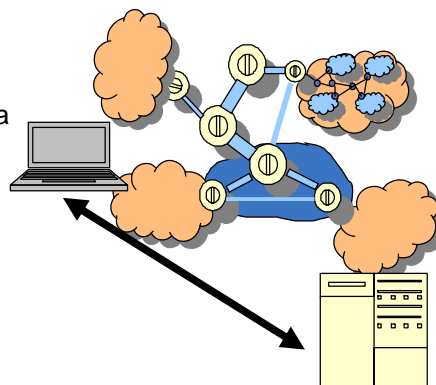
suorittavat hajautettuja sovelluksia  
(sähköposti, verkkosamoilu,  
Messenger,...)  
ovat verkon reunalla

### Asiakas/palvelija-malli

pyyntö-vastaus-protokolla  
www-selain / www-palvelin,  
postisovellus / postipalvelija, ....

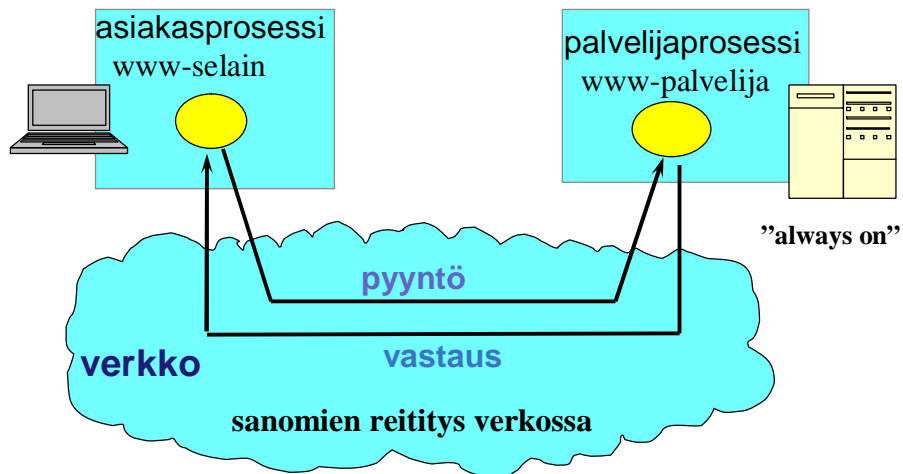
### Vertaistoimijat-malli

peer-to-peer, P2P  
isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana  
Napster, Gnutella, KaZaA, ....





## Asiakas-palvelija-malli



Oikea kone, oikea prosessi



## Palvelu vs. protokolla

- n **Palvelu**: joukko palvelijan toimintoja, jotka ovat asiakkaan käytettävissä
- n **Protokolla**: säännöt, jotka määräävät, miten sanomia vaihdetaan palvelun saamiseksi
  - n Sanomien muoto, sanomien järjestys, ..
- n Päästä-päähän-protokolla (end-to-end) (sovelluksen prosessilta toisen sovelluksen prosessille)
  - n Yhteydellinen (loogisella tasolla)
  - n Yhteydetön
  - n Kumpi?
    - Palvelun ohjelmoija päättää
    - Kustannus, tarvittava palvelutaso (Quality of Service, QoS)



## Yhteydellinen palvelu

- n Internet: yhteydellinen palvelu = luotettava tiedonsiirto = kaikki sanomat virheettöminä ja lähetysjärjestyksessä sovellukselle
- n Yhteydenmuodostus (handshaking, open), jossa sovitaan monesta yhteyteen liittyvästä asiasta
- n Palvelun käyttö: sanomien vaihtoa
- n Yhteyden purku (shutdown, close)
  
- n Prosessit tietävät yhteyden olemassa olosta. Reitittimet eivät. Ne vain välittävät paketteja linkkien yli.
- n Vrt. puhelu



## Internetin yhteydellinen palvelu

- n **TCP-palvelu** [RFC 793] = luotettava, järjestyksen säilyttävä tavuvirta
  - n TCP (Transmission Control Protocol) = Internetin yhteydellinen palvelun toteuttava protokolla
- n **Virheetön siirto** eli virheiden ja puuttuvien segmenttien havaitseminen ja tilanteen korjaaminen
  - n Tarkistusbitit, kuittaukset, sanomanumerointi, ajastimet, uudelleenlähetys
- n **Vuonvalvonta** (flow control): Lähettäjä hiljentää, jos vastaanottaja ei ehdi käsitellä riittävän nopeasti
  - vastaanottajan puskurit täyttyvät ja sanomia katoaa tämän takia
- n **Ruuhkanvalvonta** (congestion control): Lähettäjä hiljentää, jos reitittimet eivät ehdi käsitellä riittävän nopeasti
  - verkko ruuhkautuu ja hävittää sanomia, koska reitittimen puskurit täyttyvät



## Yhteydellinen palvelu

- TCP-palvelua ja TCP-protokollaa käyttäviä sovelluksia ja sovellusprotokollia
  - Web (HTTP)
  - File Transfer (FTP)
  - Remote login (Telnet)
  - Sähköposti (SMTP)



## Yhteydetön palvelu

- Ei yhteydenmuodostusta eikä purkua
  - Lähetään vaan sanomia
- Sanomat voivat saapua vastaanottavalle prosessille eri järjestyksessä kuin lähetetty
- Sanomien perillemeno ei varmisteta, joten osa sanomista voi puuttua
- Virheellisiä sanomia ei korjata
- Vrt. kirjeposti





## Internetin yhteydetön palvelu

- n UDP-palvelu [RFC 768] = "ei-luotettava" sanomien välitys, järjestys voi vaihtua
- n UDP-protokolla (User Datagram Protocol) = yhteydettömän palvelun toteuttava protokolla
- n Ei numeroi, ei kuittaa, ei uudelleenlähetä
- n Ei vuonvalvontaa, ei ruuhkanvalvontaa
  - n Ei yleisrasitetta (overhead)
- n Luotettavuus?
  - n Sovellusohjelmoija voi huolehtia itse, jos tarpeen
- n Sovelluksia
  - n Nimipalvelu DNS, streaming media, telekonferenssit, Internet-puhelin (voice over IP, VoIP)



## Tietoliikenteen perusteet

Verkon syövereissä,  
reititys

(network core)



## Tietoliikenneyhteys

- n Asiakkaan ja palvelijan välinen looginen yhteys
  - n Lähde => kohde reitti?
- n Tehtävänä on sanomien kuljetus oikeaan kohteeseen!
  - n Vastaanottaja- ja lähettäjäkoneen IP-osoite sekä porttinumerot, joihin prosessit on sidottu
- n Alkuperäisessä muodossa
  - n Kaikki sanomat ja kukin vain kertaalleen oikeassa järjestyksessä
- n (kenties vielä) sovitussa ajassa?
  - n Quality of Service (QoS)

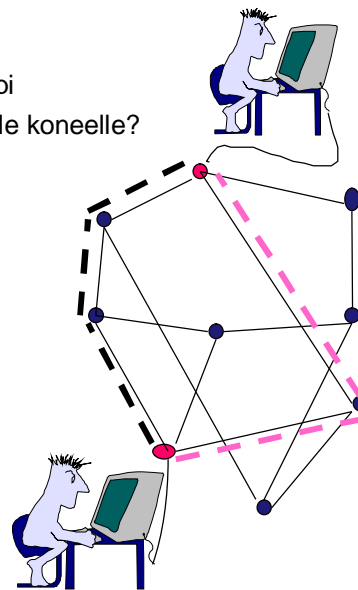


## Reitittimet, reititys

- n Miten sanoma kuljetetaan verkon läpi lähettävältä koneelta vastaanottavalle koneelle?
- n Verkkojen verkko, verkot on yhdistetty reitittimillä!

**Piirikytkentä:** varaa ensin linkit, joita pitkin kaikki data kulkee

**Pakettikytkentä:** kuljeta data verkossa pieninä paketteina ja reititä kukin paketti itsenäisesti





## Piirikytkentä (circuit switching)

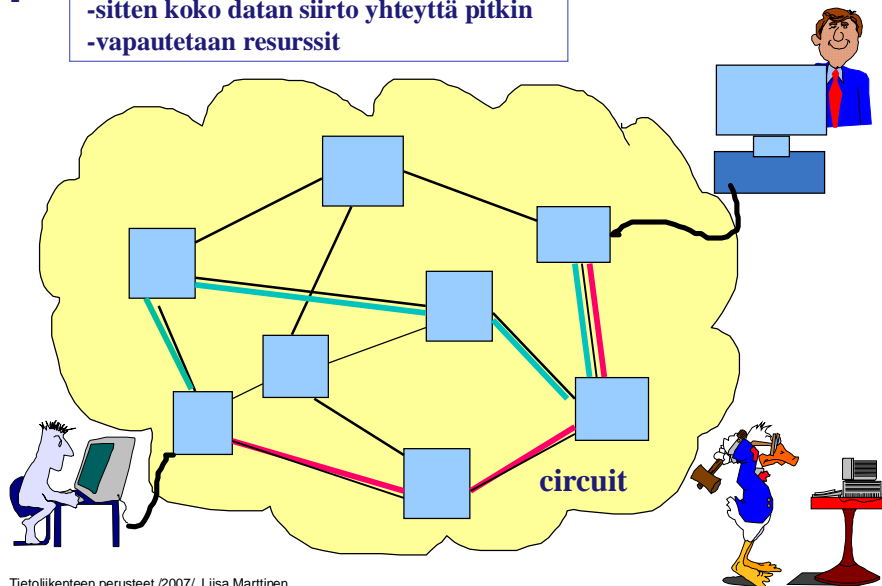
- Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
  - Varataan puskurit, linjakapasiteetti
  - Yhteydenmuodostus ("call")
  - Yhteydenpurku ("shutdown")
- Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- Takaa tasainen nopeuden
  - puhelinverkko

virt: vesipisteiden yhdistäminen letkuilla ja veden valutus



### Piirikytkentäinen verkko

- ensin varataan resurssit yhteyttä varten
- sitten koko datan siirto yhteyttä pitkin
- vapautetaan resurssit





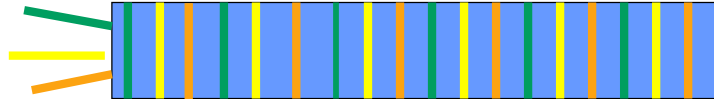
## Piirikytkentä: kanavointi (multiplexing)

Linkille on limitetty usean yhteyden sanomia

**Taajuusjako, FDM** (frequency-division multiplexing)  
linkin kaistanleveys jaettu käyttäjien



**Aikajako, TDM** (time-division multiplexing) jokainen saa  
käyttöönensä koko kaistanleveyden tietyn aikajakson ajaksi



## Siirtonopeus, siirtoaika

### n Siirtonopeus

- n miten nopeasti dataa pystytään lähettämään linjalle
- n Montako bittiä per aikayksikkö
- n bps = bittejä sekunnissa

### n Siirtoaika

- n kauanko datamäärän lähettäminen linkille kestää  
(s.e. viimeinenkin bitti on lähetetty linkille)
- n Esim. 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoaika =  
10 sekuntia



## Kauanko kestää ...

### ▭ Kauanko kestää lähettää

640 Kbitin tiedosto

**piirikytkentäistä verkkoa käyttäen, kun**

linjan siirtonopeus on 1.536 Mbps

**ja linjalla käytetään TDM:ää, jossa on**

24 aikaviipaletta

**ja yhteyden muodostamiseen kuluu**

500 ms?



## Ratkaistaan

### ▭ Yhdelle yhteydelle on käytössä

$1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ kbps}$

**joten siirtoon kuluu**

$640 \text{ Kb} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s}$

**Kun yhteyspiirin muodostus vie**

0.5 s

**niin aikaa kuluu yhteensä**

10.5 s.

**Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä!**



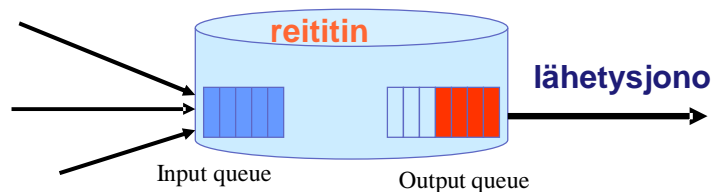
## Pakettikytkentä (packet switching)

- Jaa data paketeiksi ja lähetä paketti kerrallaan
- Ei varata resursseja etukäteen
  - Varaus tarvittaessa (on-demand)
  - Tilastollinen kanavointi (Statistical multiplexing)
- Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
  - Odotetaan vuoroa reitittimen muistissa
  - Ruuhka (congestion)



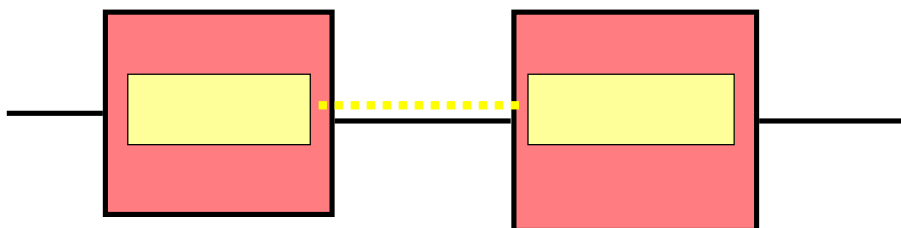
## Pakettikytkentä

- **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli** (hop)
  - Etappivälitys (store-and-forward)
  - Paketin siirtoaika =  $L/R$ ,  $L$  = paketin koko bitteinä  
 $R$  = lähtölinkin nopeus
- Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviive** (queuing delay)  
joskus paketti joutuu odotamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja





## etappivälitteinen



## Kauanko kestää...

### n Kauanko kestää lähettää

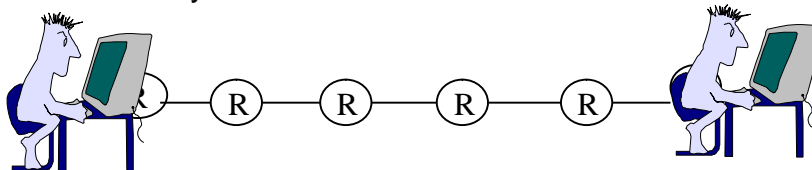
yksi 4 Kb:n paketti

**pakettikytkentäisessä verkossa, jossa**

linkin siirtonopeus on 1 Mbps

**ja paketti kulkee**

5 linkin yli





## Ratkaistaan:

n siirtoaika yhdellä linkillä on

$$4 \text{ Kb} / 1000 \text{ Kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

joten siirto 5 linkin yli

$$5 * 4 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$$

n Ei ole otettu huomioon

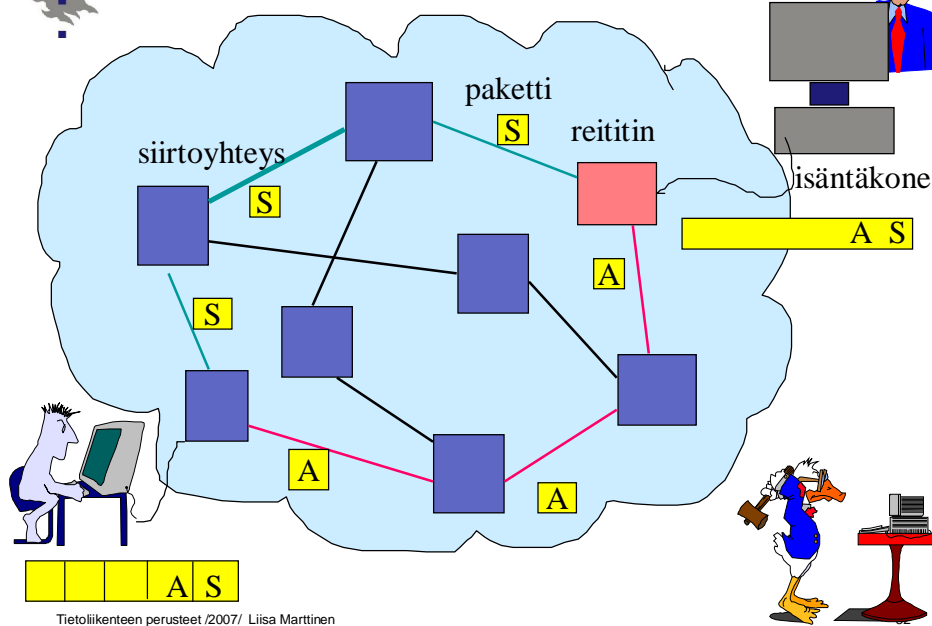
etenemisviivettä

mahdollisia jonotusviiveitä

Miksei?



## Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko







## Etenemisviive (propagation delay)

### n Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa

nmediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta , joka on ~300.000 km/s

- Tyhjiössä valonnopeus on 299.795.458 m/s.

### n riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta

nmerkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä

nValonnopeus on katto nopeus kaikelle viestiliikenteelle



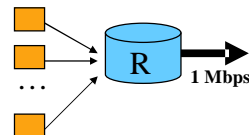
## Tehokkuudesta

### n Esimerkki

Käyttäjät käyttävät yhteistä 1 Mbps linjaa.

Kukin käyttäjä joko lähettää 100 kbps

tai on kokonaan lähettämättä.



### n Piirikytkentä

Jokaiselle on varattava 100 kbps linjakapasiteettia, joten 1Mbps riittää 10 käyttäjälle!

Entä jos käyttäjiä onkin 35?



## Tehokkuudesta (jatkuu)

### n Pakettikytkentä

Käyttäjiä on 35 ja kukin lähettää 10 % ajasta ja on joutilaana 90% ajasta.

Todennäköisyys, että samanaikaisesti lähettämässä >10, on **pienempi kuin 0.0004!**

Tn., että aktiivisia lähettäjiä on yhtä aikaa  $\leq 10$  on 0.9996.

Nyt 1 Mbps linjakapasiteetti riittää hyvin 35:lle käyttäjälle.

Erittäin harvoin joku joutuu odottamaan!

### n Purskeinen käyttö on tyypillistä Internetissä

hae www-sivu, lue,..



## Sanoma vs. paketit

### n Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?



### n Siirtovirhe

Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan

Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

### n Yleisrasite (otsake, jossa mm. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet)

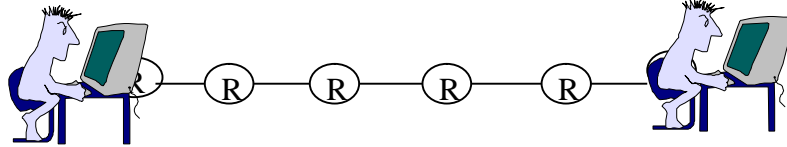
Sanoma: yksi otsake riittää

Paketti: jokaisessa paketissa oma otsake



## Sanoma vs. paketit

**n** Esim. Sanoman koko 400 Kb, linkin nopeus 1 mbps



**n** Kun koko sanoma lähetetään 5 linkin yli, niin aikaa kuluu

$$5 * 400 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 5 * 0.4 \text{ Mbps} / 1 \text{ Mbps} = 2 \text{ s} = 2000 \text{ ms}$$

**n** Kun sanoma pilkotaan 4 Kb:n paketeiksi, niin aikaa 100 paketin välittämiseen kuluu

416 ms!



## Miksi noin?

**n** Paketteja voi lähettää samanaikaisesti eri linkeillä

etappivälitys (store-and-forward)

**n** Koko sanoma (100 pakettia) siirretty 1. linkin yli

$$400 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 400 \text{ ms}$$

**n** Kun viimeinen paketti on siirretty 1. linkin yli, lähes kaikki edeltävät paketit ovat jo perillä.

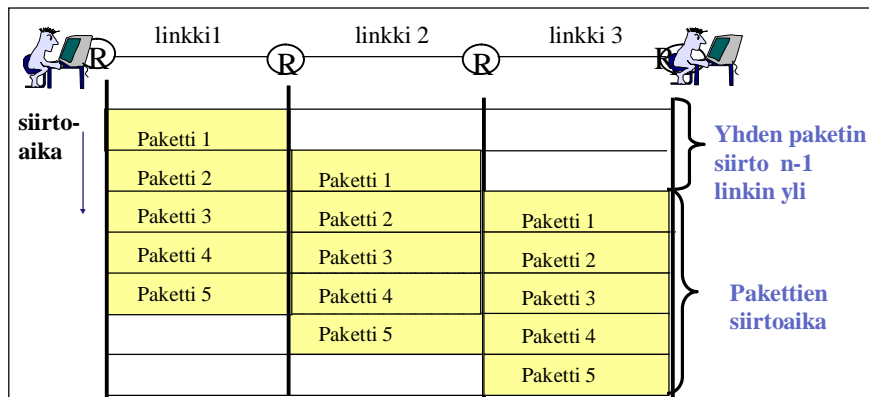
Nyt vielä viimeinen paketti on siirrettävä 4 linkin yli

$$4 * 4 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 16 \text{ ms}$$

**n** 400 ms + 16 ms = 416 ms



## Pakettivälitys



Kun linkkejä on  $n$  kappaletta, niin 1. paketin siirtoaika tulee  $n$ -kertaiseksi.

Sanoman siirtoaika kasvaa vain  $n-1$  linkin ylittämiseen tarvittavan ajan (pakettien lukumäärästä riippumatta).

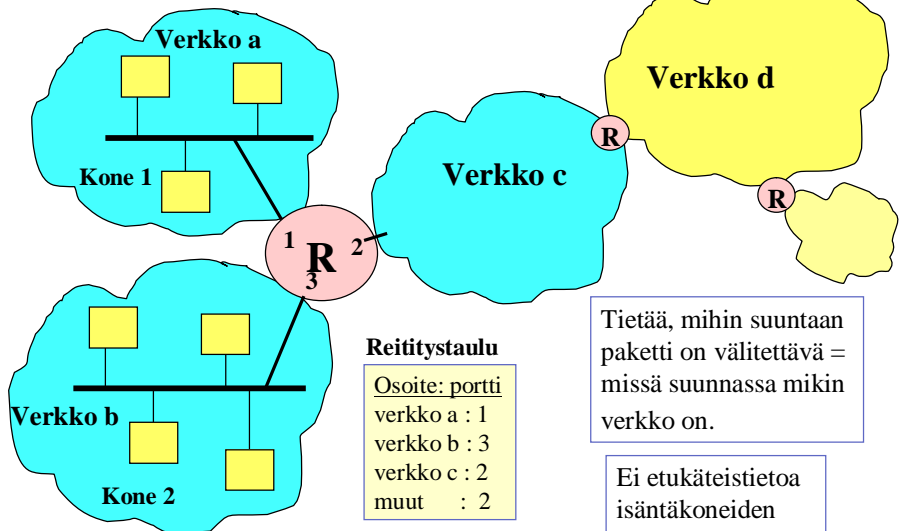


## Pakettien reititys

- n** Jokaisessa paketissa on lähde- ja kohdeosoite
- n** Reitittimessä on useita verkkokortteja, se kuuluu itse useampaan verkkoon
- n** Reititin pitää yllä reititystaulua: minne päin paketti seuraavaksi
  
- n** **Datagrammiverkko** (datagram network)  
Kukin paketti reititetään joka reitittimessä erikseen.  
Paketit voivat kulkea eri reittejä, järjestys ei välttämättä säily  
reititystaulu = minne suuntaan seuraavaksi
  
- n** **Virtuaaliipiiriverkko** (virtual-circuit network)  
Ensimmäinen paketti jättää jälkeensä virtuaaliipiirin, muut kulkevat samaa reittiä. Kuhunkin linkkiin jää oma jälki, virtuaaliipiirinumero  
reititystaulu = virtuaaliipiirinumeroiden muunnostaulukko

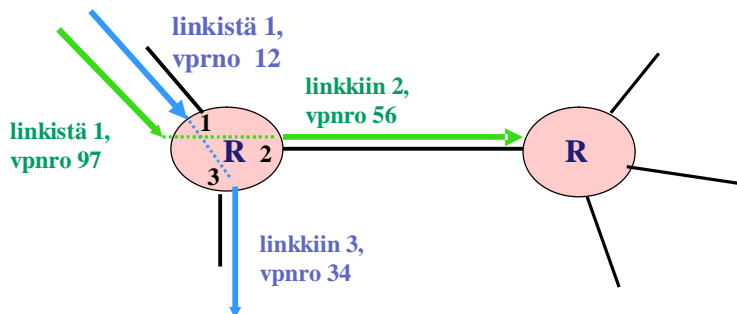


## Reititys: datagrammiverkko



## Reititys: Virtuaaliipiiriverkko

- 1. paketti muodostaa reitin, muut paketit kulkevat samaa reittiä otsakkeessa kohdeosoitteen lisäksi virtuaaliipiirinumero vpnro reititin ylläpitää tietoa piirinumeroista ('hajujälki')
- Reititys = selvitä vpnro:a vastaava linkki, välitä paketti linkille





## Virtuaalipiirin muunnostaulukko

Sisään: linkki / vpnro		Ulos: vpnro / linkki	
1	12	34	3
1	97	56	2
2	42	101	3
2	10	78	1
3	12	65	2

**Taulukkoa päivitettävä aina kun uusi yhteys on muodostettu tai vanha purettu!**

**Pakettivälitystä: Ylläpitää tilatietoja yhteydestä (=vpnro), mutta ei varaa resursseja etukäteen!**



## Virtuaalipiirin muunnostaulukko

### § Joka linkillä omat VP-numerot

§ reitin antaa VP-numerot

### § Miksi ei käytetä koko yhteydellä samaa VP-numeroa?

§ riittää pienempi numeroavaruus =>

tarvitaan pienempi kenttä numeroa varten

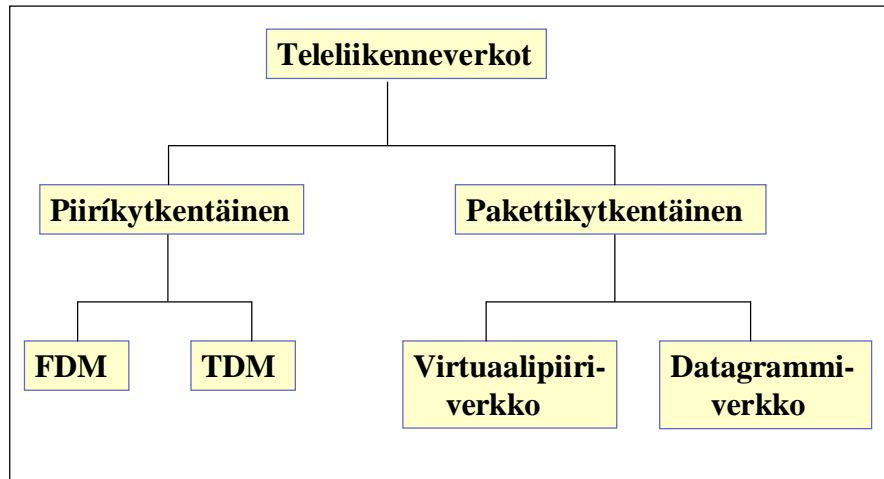
**0-255 => riittää 8 bittiä**

**0-4095 => tarvitaan 12 bittiä**

§ yhteisestä, koko verkon läpikäyvästä numeroinnista sopiminen on isossa verkossa lähes mahdoton tehtävä!



## Verkojen taksonomia



## Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,  
fyysinen siirtomedia



## Pääsy Internetiin



### n Modeemi

56 kbps

### n ADSL (Asymmetric Optical Subscriber Link)

down ~10 Mbps, up ~1Mbps

FDM, 4 kaistaa

### n Kaapelimodeemi

TV, yleislähetys, down ~ 30 Mbps, up ~ 2 Mbps

### n Lähiverkko (Local Area Network)

Ethernet: 10 Mbps /100 Mbps / 1 Gbps / 10 Gbps

### n Langaton yhteys

WLAN (Wi-Fi): 11 Mbps, 54 Mbps

WAP/GPRS: down ~80 kbps, up ~40 kbps

3G/UMTS: 384 kbps



## Siirtomedia

### n Tehtävä siirtää bittivirtaa laitteelta toiselle peräkkäissiirtoa (serial)

### n Kaapeloitu (guided media) kuparijohto, optinen kuitu, koaksiaalikaapeli

### n Langaton (wireless, unguided media) radioaallot, satelliitti, (matkapuhelin)

### n Tietovälineet? magneettinen levy/nauha, flash-muisti, optinen levy suuria tietomääriä kohtalaisella nopeudella ... ei always-on





## Kierretty parijohto (twisted pair)

### n **Kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen**

vähentää häiriöitä  
kaapelissa yleensä useita

### n **Yleisesti käytetty**

puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka,  
rakennusten sisällä

### n **Hintaan nähden hyvä suorituskyky**

useita kilometrejä ilman vahvistinta  
useita Mbps parin kilometrin matkalla  
analoginen tai digitaalinen siirto



## Kierretty parikaapeli

### n **Suojattu / suojaamaton**

UTP (Unshielded twisted pair)  
yleisesti käytetty LAN:eissa (19 Mbps - 1 Gbps)

### n **Luokitus** (category)

luokka 3: puhelinyhteydet, LAN 16 Mbps  
kotiyhteydet verkkoon: ISDN (128 kbps), ADLS (10 Mbps)

luokka 5: 100 Mbps  
enemmän kierrettä ja teflon-eriste

luokka 6: Gb Ethernet  
Suurempi kaistanleveys, parempi siirtokyky,  
parempi häiriönsieto



## Koaksiaalikaapeli

- n Kaksi sisäkkäistä kuparijohdinta**  
hyvä häiriösuoja
- n Suuret nopeudet**  
1-2 Gbps 1-2 km –kaapelilla  
pitkillä etäisyyksillä huonompi nopeus, vahvistettava
- n Kallista verrattuna parikaapeliin**
- n Käyttö**  
TV-kaapelit, (vanhat lähiverkot), aliverkkojen runkoverkoissa
- n Yleislähetys** (shared medium)  
kaikki kytketyt laitteet huomaavat signaalin



## Valokaapeli (fiber optics)

- n erittäin puhdasta kvartssia ja lasersäteitä**  
1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi  
ei sähkömagneettisia häiriöitä
- n Internetin runkoverkko, puhelinverkot**  
jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- n lähetin** (transmitter)  
Laserdiodi/LED muuttaa sähköpulsseiksi
- n Välissä useita valokuitukimppuja**  
suojattu ulkoisilta vaurioilta
- n Vastaanotto** (reciever)  
fotofiodi muuttaa valopulsseiksi sähköpulsseiksi  
vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps, WDM (Wavelength Division Multiplexing)  
kohina haittaa, tarvitaan riittävän voimakas valo



## Sähkömagneettinen aaltoliike

### n Langaton tietoliikenne

Maanpäälliset kanavat

Satelliittikanavat

### n Tieto koodattu aaltoliikkeeseen

amplitudi, taajuus, vaihe, ..

### n Käytössä laaja näkymättämän valon spektri

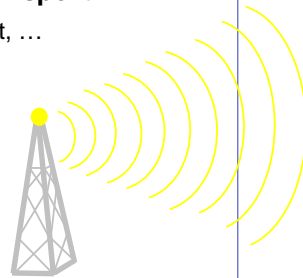
... radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ...

### n Rajoituksia

generoitavuus / moduloitavuus

kuuluvuus / näkyvyys

vaarallisuus?



## Radioaallot (~30 MHz .. 1 GHz)

### n Helppo generoida

### n Etenevät pitkiä matkoja vahvistamatta

Tunkeutuvat myös esteiden läpi

Etenevät kaikkiin suuntiin

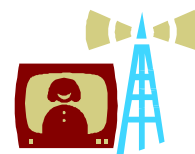
### n Rajallinen resurssi

Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee

=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä

### n Käyttö

Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)





## Mikroaallot ( 1 GHz ... 40 GHz)

- n **Etenevät suoraan**  
sietävät hyvin häiriöitä  
antenni /satelliitti on suunnattava
- n **tunkeutuvuus pienempi**  
heijastuksia: kiinteät esteet, sääilmiöt, esim. vesisade
- n **pulaa taajuuksista => luvanvaraista**  
NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz
- n **verkkojen perustaminen 'halpaa'**
- n **Käyttö**  
TV (UHF), radio (FM), puhelimet, satelliitit  
WLAN: 2,4 GHz, 5 GHz



## Satelliitit

### n Mikroaallot

### n Maata kiertävällä radalla

LEO (Low Earth Orbit) noin 150-1500 km korkeudessa  
MEO (Middle Earth Orbit) yli 1500 km korkeudessa

### n Geostationääriset

GEO ( Geosynchronous Earth Orbit)  
geostationäärinen = pysyy maahan nähden paikallaan  
noin 36000 km korkeudessa  
Etenemisviive satelliitin ja maa-asemien välillä n. 250 ms

### n Maa-asema

Tiedonsiirto mahdollista, kun maa-asema on kohdalla





## Infrapuna-aallot ( ~300 GHz ... 200 THz)

n **Etenevät suoraan, suunnattava**

n **Huono tunkeutuvaisuus**

Eivät siedä esteitä, lyhyet etäisyydet

Heijastuksia

n **Käyttö**

Kauko-ohjaimet

Joissakin langattomissa lähiverkoissa

n **Ei tiukasti säädeltyä**



## Signaalin vahvistaminen

**Signaali (aalto tai pulssi) vaimenee ja vääristyy kulkiessaan siirtomediassa**

n **Vaimeneminen** (attenuation)

ei taajuudet heikkenevät eri tavoin, suuret enemmän

n **Viivevääristyminen** (delay distortion)

Eri taajuuksien komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja

saapuvat vastaanottajalle hieman eri aikaan

n **Erilaiset häiriöt:** kohina, ylikuuluminen, heijastuminen, jne

n **Vahvistimet ja toistimet**

eri komponentteja vahvistettava eri tavoin

n **analoginen signaali** vääristyy joka kerralla yhä enemmän ja enemmän

n **digitaalinen signaali** on palautettavissa entiselleen



# Viivettä ja virheitä siirtotiellä



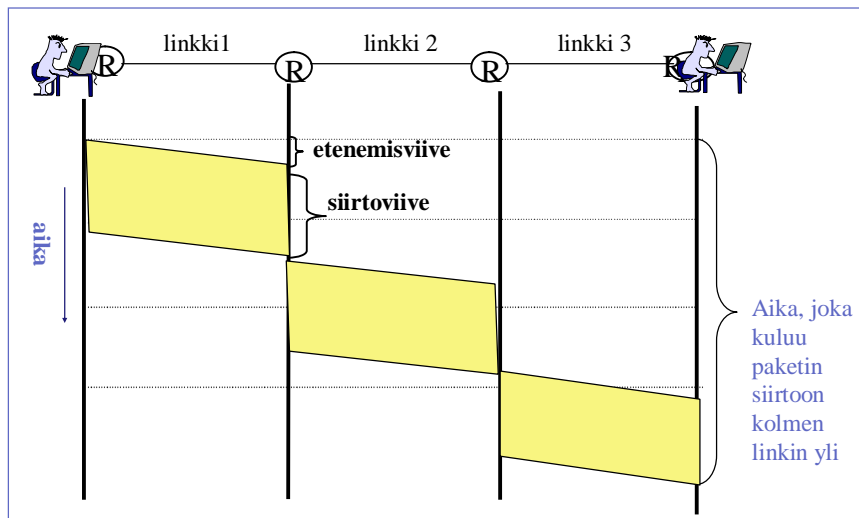
## Etenemisviive (propagation delay)

- n Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**  
mediasta riippuen noin  $2/3$  valonnopeudesta
- n Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**  
merkitystä etenkin satelliittiliinkeillä,  
myös pitkissä mannerten välisissä yhteyksissä
- n Valonnopeus on kattonopeus kaikelle liikenteelle**  
~300.000 km/s

Etenemisviivettä ei yleensä tarvitse huomioida tällä kurssilla,  
ellei sitä ole erikseen mainittu tai kysytty.



## Etenemisviive

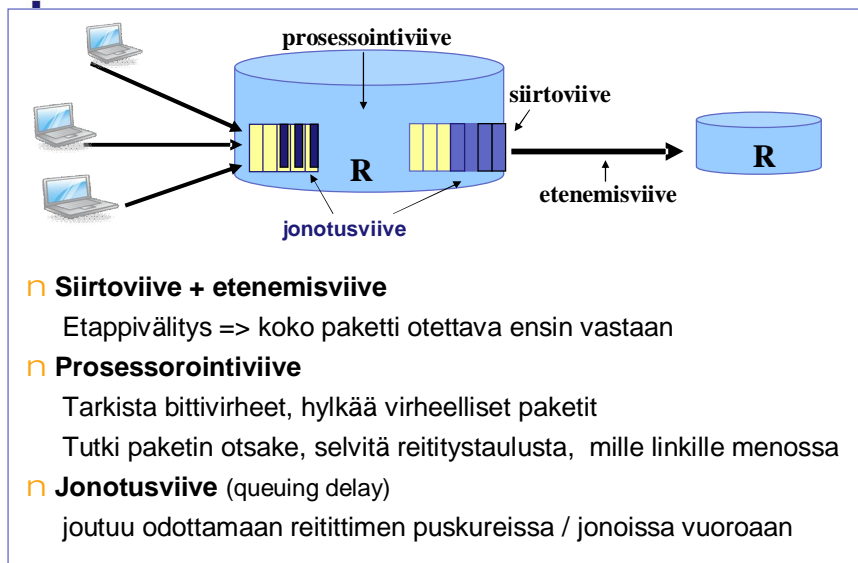


Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

61



## Viive reitittämissä



Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

62



## Pohdittavaa!



- n Mistä vastaanottaja voi tietää, onko paketti virheellinen vai ei?
- n Miten reitittimen tulee toimia, jos se havaitsee virheen?
- n Mistä lähettäjä tietää, onko vastaanottaja todella saanut paketin?
- n Miten lähettäjän tulee toimia, jos paketille ei tule mitään vastausta, ts. paketti tai sen kuittaus katoaa?
- n Milloin /miksi vastaanottaja voi saada saman paketin useaan kertaan (kaksoiskappale eli duplikaatti)?



## Pohdittavaa!

- n Kun reitittimen puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat paketit vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa? Perustele!
- n Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää paketteja kuin hitain reititin ehtii käsitellä?







# Protokolla, protokollapino



## Protokolla

- n Protokolla = yhteyskäytäntö**  
Mitä sanomia, missä tilanteessa ja missä järjestyksessä lähetetään  
Miten saatuihin sanomiin reagoidaan  
syntaksi ja semantiikka
- n Protokollapino = protokollien kerrosrakenne**  
Toiminnot on jaettu kerroksiin  
Alemman kerroksen toiminnot ovat ylemmän käytössä  
Lähettäjä ja vastaanottaja käsittelevät samalla kerroksella samoja asioita
- n Protokolla = kerroksen keskustelusäännöt**



## Miksi kerrosrakenne?

### n Monimutkaisuuden hallinta

Kerroksittainen **viitemalli** (reference model) helpottaa asiakokonaisuuksiin viittaamista

### n Kullakin kerroksella omat selkeät tehtävänsä

Kerroksissa toteutuu omat 'lisä'toiminnot  
Voi käyttää olemassaolevia alemman kerroksen toimintoja  
Kerrosten rajapinnat (interface) hyvin määritelty  
Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

### n Joustavuus

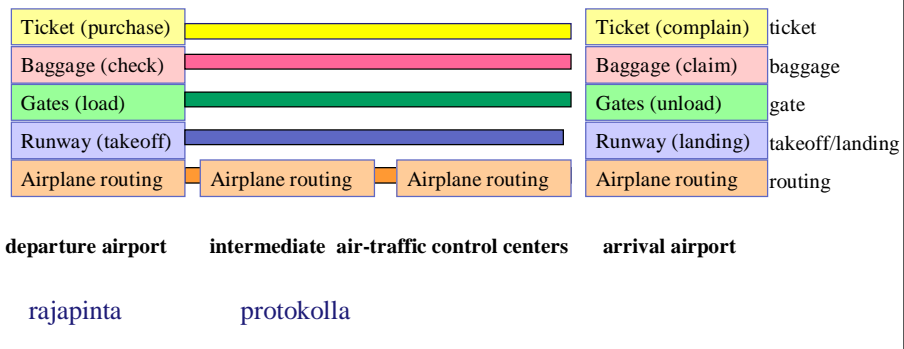
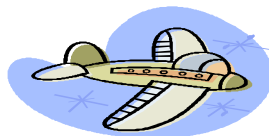
Pino koottavissa erilaisista protokollista  
Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

### n Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

Sama työ toistamiseen, esim. virhetarkistus  
Kutsumekanismi: kopiointia paikasta toiseen, ..



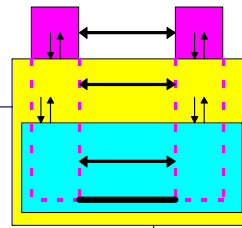
## Esimerkki: Lentoyhtiö



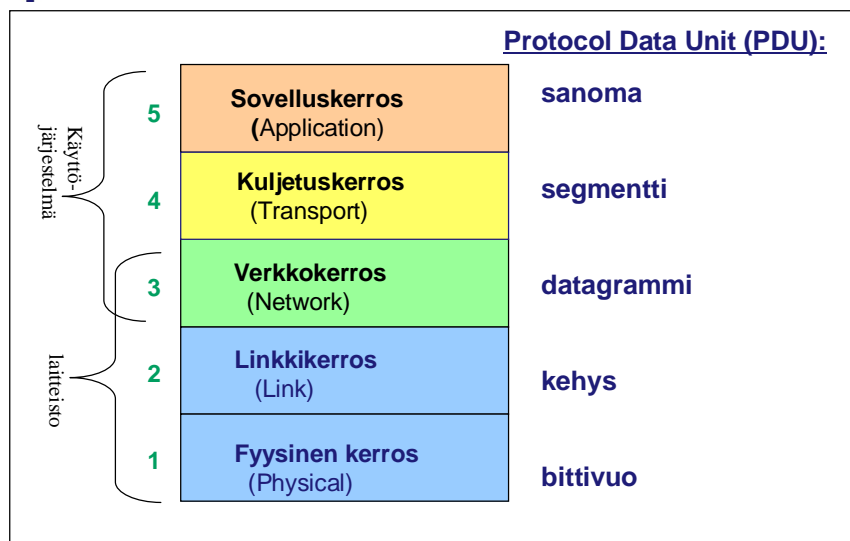


## Internet-protokollapino

- n 1969: aluksi TCP ja IP samassa nipussa
- n 1980: uusittu TCP, UDP ja IP
- n **Lähtökohdat**
  - Tarve yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja
  - Vikasietoisuus
- n **De-facto-standardi**
  - Ensin toimiva protokollatoteutus, sitten viitermalli
  - RFC-julkaisuja, standardeja
- n **Tulos**
  - Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet
  - Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä
  - Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu



## Internet-protokollapino





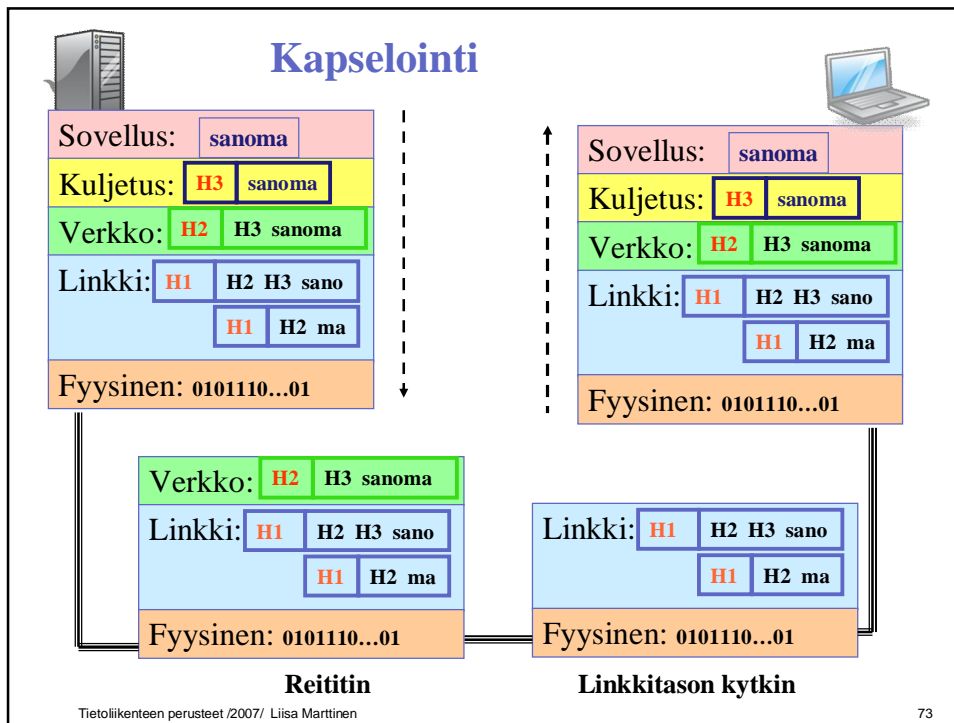
## Kerrosten tehtävät

- n **Sovellus:** verkkosovellusten omat protokollat  
HTTP, DNS, SMTP, FTP, ...
- n **Kuljetus:** sanomien siirto prosessilta prosessille  
(päästä-päähän)  
TCP, UDP  
siirtää sanomien bittivirtaa segmentin kokoisina lohkoina
- n **Verkko:** pakettien reititys verkossa, siirto  
lähettäjäkoneelta vastaanottajan koneelle  
IP, reititysprotokollat  
muodostaa segmenteistä paketteja, tarvittaessa  
pilkkoo pienemmiksi
- n **Linkki:** siirtää paketit kehyksinä kahden koneen välillä  
Ethernet, PPP
- n **Fyysinen:** generoi, siirtää ja vastaanottaa bittivuota



## Virhetilanteiden käsittely

- n **Virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksessa**
- n **Kukin kerros liittyy omaan otsakkeeseen /lopukkeeseen omia tarkistustietoja**
- n **Kukin kerros selvittelee omaan kerrokseen liittyvät virheet protokollan mukaan**  
uudelleenlähetys, NACK, hävitä, älä välitä, ...
  - n **Jos ei onnistu, palauttaa tarvittaessa virhekoodin ylemmälle kerrokselle**
  - n **Virhe voi jäädä sovelluksen hoidettavaksi**



## ISO OSI-viitemalli

- n **7-kerroksinen malli**  
**ISO = International Standardization Organization**  
**OSI = Open Systems Interconnection**  
 yhdistää koneita, jotka 'avoimia' kommunikointiin toisten kanssa
- n **Käsitteellisesti ehjä malli,**
  - n 1978 -> 1982 viitemalli
  - n 1983 -> toiminnallisia standardeja
  - n 1995 uudistuksia**mutta ei paljoakaan käytössä**
- n **Katoavaa kansanperintettäkö?**  
 Vai vasta tulossa?

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen



## ISO OSI-viitemalli

### n Esitystapakerros

#### Huolehtii tiedon esitysmuodosta

Tiedon esitystapa voi olla erilainen eri koneissa  
Käytettävästä siirtosyntaksista sopiminen

#### Muuttaa tiedon siirtosyntaksin mukaiseksi

abstrakti tietorakenne (esim. henkilötietue) siirtomuotoon

#### Salaus ja tiivistys haluttaessa

### n Istuntokerros

#### Jäsentää tietojen vaihtoa istunnossa

kommunikointitavasta sopiminen: kaksi- vai yksisuuntainen  
lähetysvuoronsäätely

#### Tahdistaa kommunikointia esim. tiedostonsiirrossa

Tahdistuspisteet: jos yhteys katkeaa, voi jatkaa siitä mihin jäi

### n Sama toiminnallisuus (+ paljon muuta) rakennettavissa TCP/IP-kerrosten päälle = väliohjelmistot (middleware)

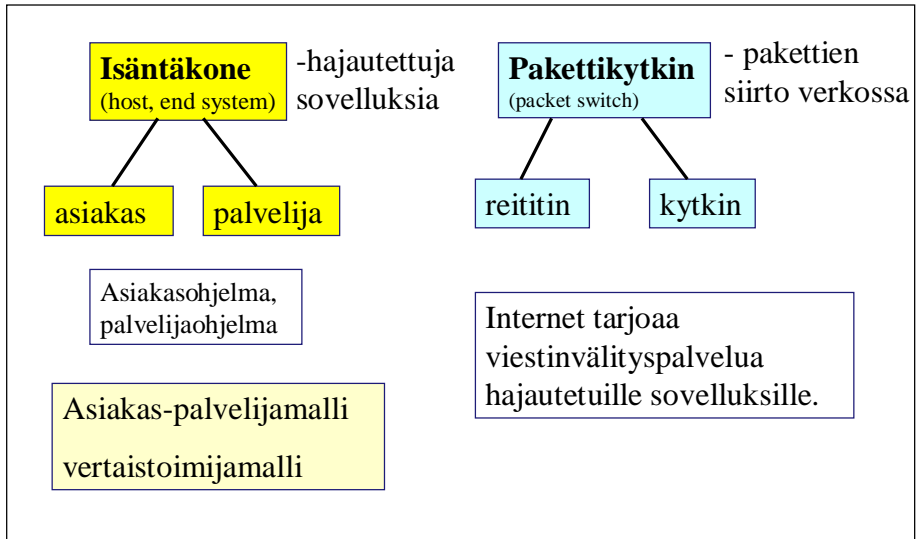


## Kertauskysymyksiä

- n Isäntäkone vs. reitin?
- n Protokolla?
- n Miksi kerrosrakenne?
- n Internet-protokollakerrokset?
- n Virtuaalipiirikytkentä vs. pakettikytkentä?
- n Yhteydellinen vs. yhteydetön palvelu?
- n Sanoma vs. paketti?
- n Viipeet?

Ks . myös kurssikirja ss. 61-62

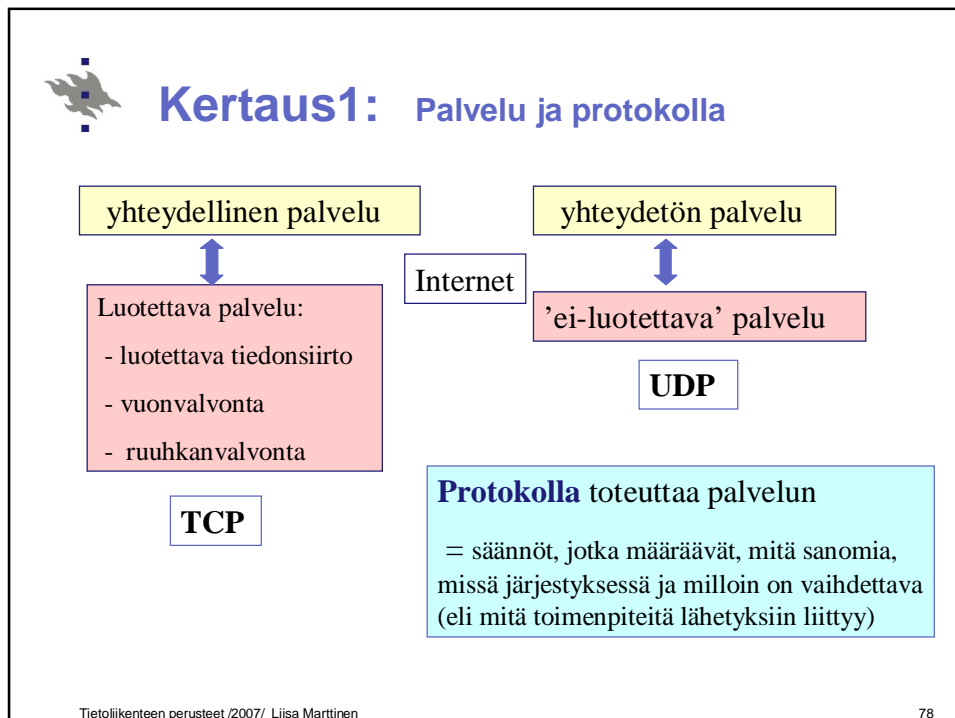
## Kertaus1: Koneet



Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

77

## Kertaus1: Palvelu ja protokolla



Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen

78



## Kertaus1: Verkkojen taksomonia

