



# 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 Datasähkeverkko, virtuaaliipiiriverkko
- 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
- n Internetin uhista

### Oppimistavoitteet:

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





## Tietoliikenteen perusteet

# Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:

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

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

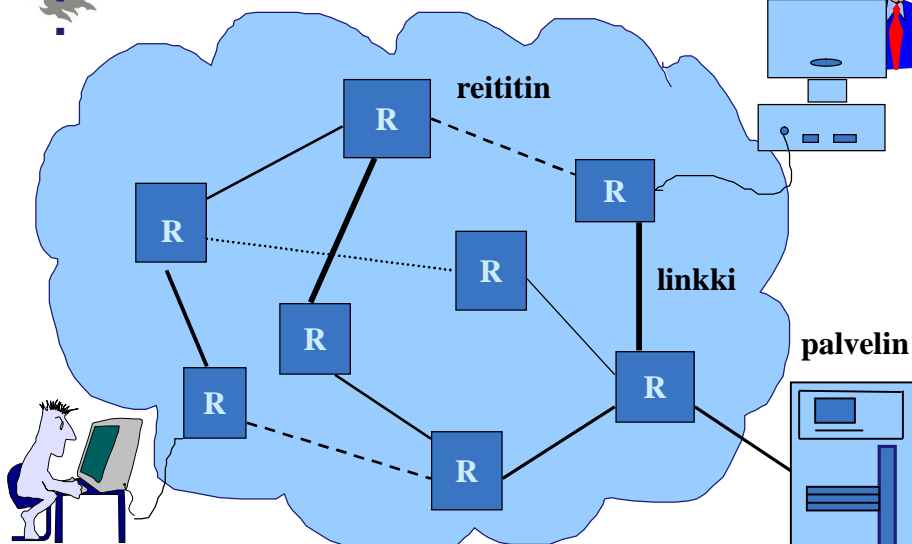
Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

3



## Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



Protokolla, standardi, RFC (Request For Comments)

Tietoliikenteen perusteet /2009/ 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

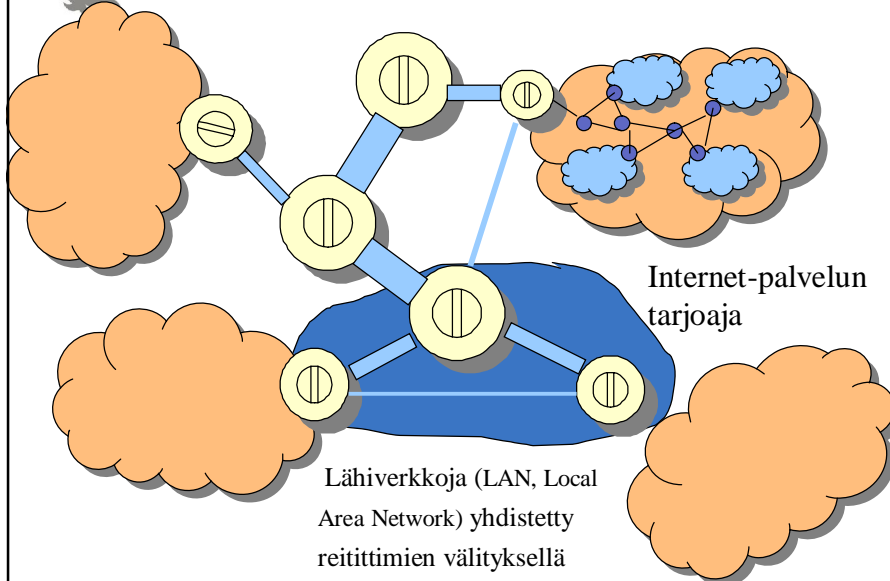
### n Tietoliikennelinkejä

#### 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**  
2008: **1464 miljoonaa käyttäjää**  
**yli 20% maailman väestöstä**

<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

73,6 % Pohjois-Amerikassa;  
5,3 % 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 (~puhelu)
    - Yhteydetön: yhteyden käyttö (~posti)
  - 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

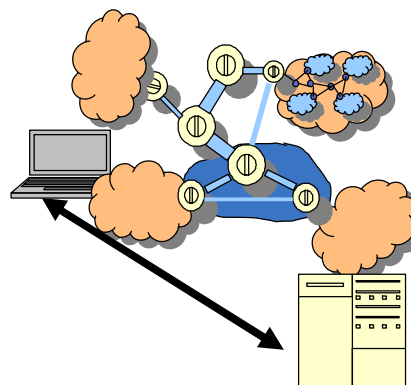
www-selain / www-palvelin, postisovellus / postipalvelija, ....

### Vertaistoimijamalli (peer-to-peer, P2P)

isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana

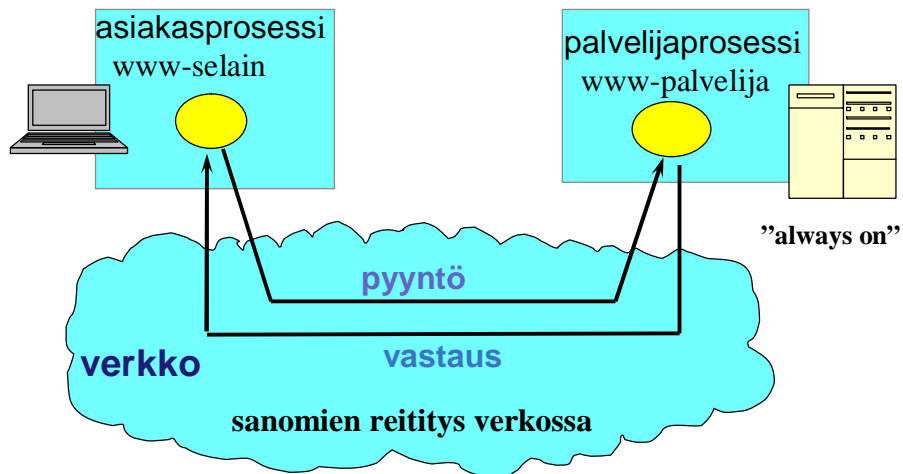
Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDonkey, eMule,  
BitTorrent, Mute, ...

Internet-puhelin: Skype





## Asiakas-palvelija-malli



Oikea kone, oikea prosessi

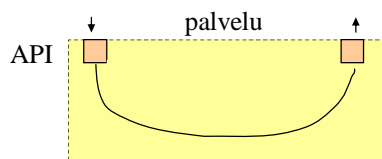
Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

11



## Palvelu vs. protokolla

- n **Palvelu**: joukko toimintoja, jotka ovat käytettävissä
  - n Internetin kuljetuspalvelu, API = miten ohjelma pääsee käyttämään Internetin infrastruktuurin palveluja
  - n ~ postin kuljetuspalvelu: kirje postilaatikkoon
- n **Protokolla**: säännöt, jotka määräävät, miten sanomia vaihdetaan palvelun toteuttamiseksi
  - n Sanomien muoto, sanomien järjestys, ..
  - n Päästä-päähän-protokolla (end-to-end) (sovelluksen prosessilta toisen sovelluksen prosessille)



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

12



# Verkon syövereissä, reititys

(network core)

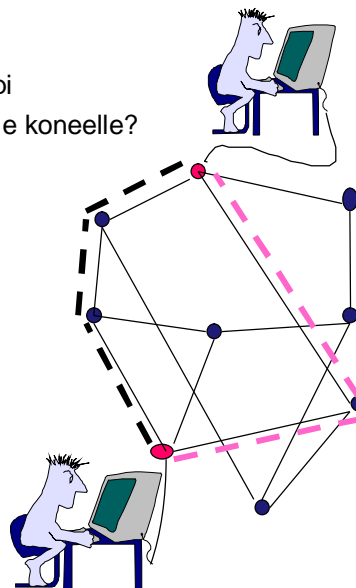


## Reitittimet, reititys

- 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)

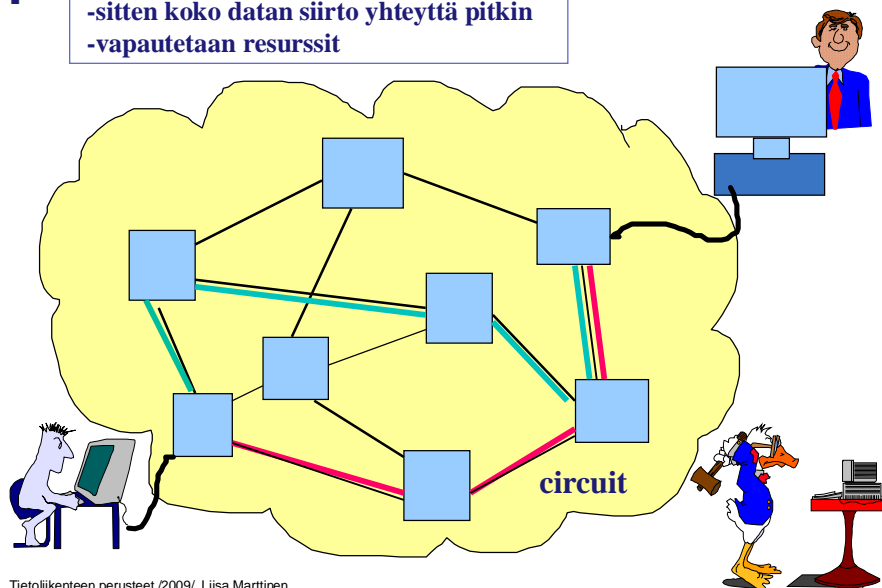
- Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
  - Varataan puskurit, linjakapasiteetti
  - Yhteydenmuodostus ("call")
  - Yhteydenpurku ("shutdown")
- Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- Takaa tasainen nopeuden
  - puhelinverkko

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 (taajuudet) jaettu käyttäjien kesken



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



## Siirtonopeus, siirtoaika

### n Siirtonopeus

- n miten nopeasti dataa lähetetään (bittejä generoidaan) linjalle
- n Montako bittiä per aikayksikkö lähetetään
- 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 ...

### Yhdelle yhteydelle on käytössä

640 Kbitin tiedosto

**piirikytkentäistä verkkoa käyttäen, kun**

linjan siirtonopeus on 1.536 Mbps

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

24 aikaviipaleta (eli 24 käyttäjää)

**ja yhteyden muodostamiseen kuluu**

500 ms?



## Ratkaistaan

### Yhdelle yhteydelle on käytössä

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

**joten siirtoon kuluu**

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

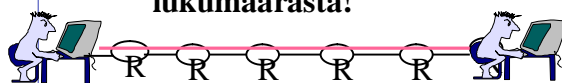
**Kun yhteyspiirin muodostus vie**

0.5 s

**niin aikaa kuluu yhteensä**

10.5 s.

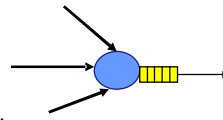
**Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä!**





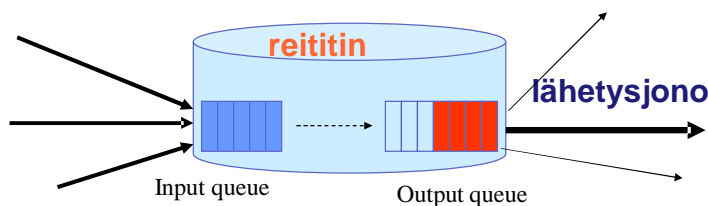
## Pakettikytkentä (packet switching)

- Jaetaan data paketeiksi ja lähetetään paketti kerrallaan verkkoon
- Ei varata resursseja eikä siis reittiä etukäteen,
  - Varaus tarvittaessa (on-demand)
  - Tilastollinen kanavointi (Statistical multiplexing)vaan jokainen paketti reititetään erikseen => paketit voivat kulkea eri reittejä lähettäjältä vastaanottajalle
- Etappivälitys** (store and forward) = paketti vastaanotetaan kokonaan ja vasta sitten lähetetään eteenpäin
- Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
  - Paketti joutuu odottamaan vuoroaan reitittimen muistissa
  - Ruuhka** (congestion) => jopa paketin häviäminen



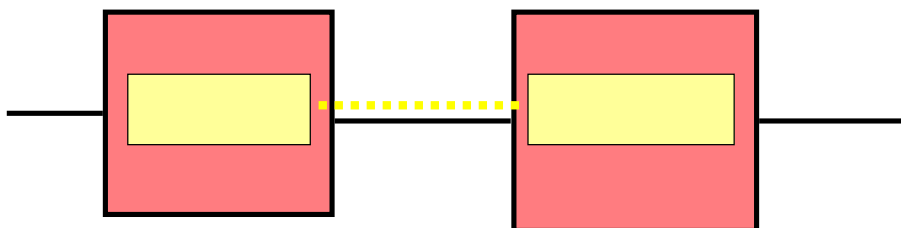
## Pakettikytkentä

- Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli** (hop)
  - Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava
    - Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa
  - Paketin siirtoaika =  $L/R$ ,  $L$  = paketin koko bitteinä  
 $R$  = lähtölinkin siirtonopeus
- Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)
  - paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja





## etappivälitteinen



## Kauanko kestää...

### n Kauanko kestää lähettää

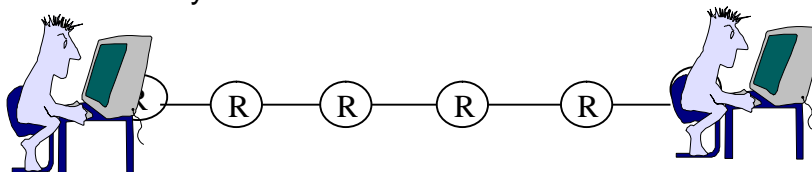
yksi 4 Kb:n paketti

**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

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

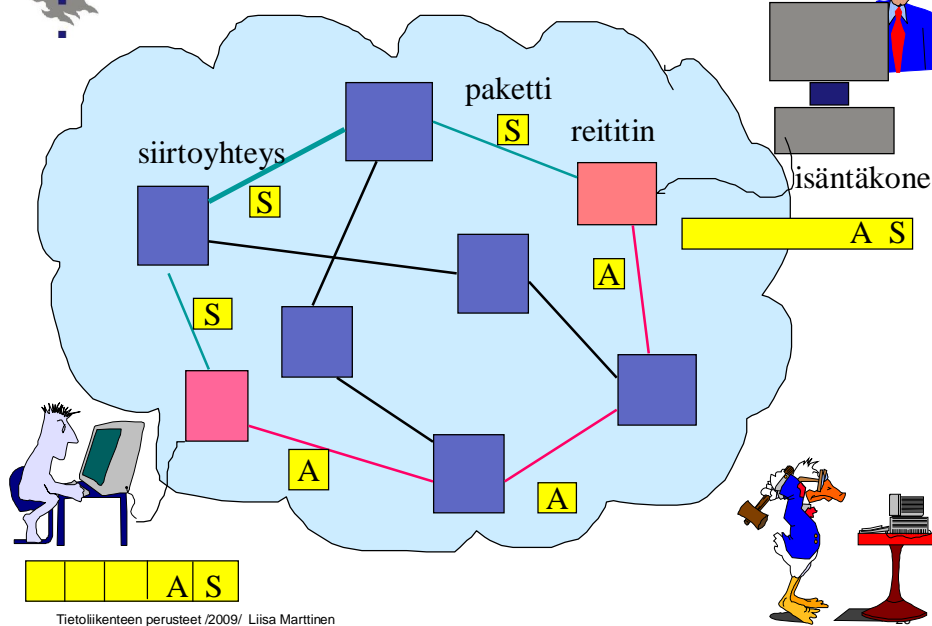
**n** Ei ole otettu huomioon

**etenemisviivettä** (= signaalin etenemiseen johtimessa tai ilmassa kuluva aika) eikä 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 kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle

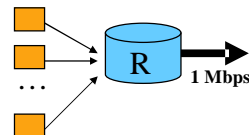


## Tehokkuudesta

### 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)

$t_n$  (aktiivisia  $>10$ ) =

$$1 - \sum_{k=0}^{10} \binom{35}{k} (0.1)^k (0.9)^{35-k}$$

### 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!**

$T_n$ (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,..



## Pakettikytkentä: 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)

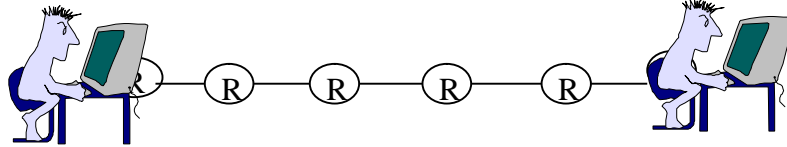
Sanoma: yksi otsake riittää

Paketti: jokaisessa paketissa oma otsake



## Sanoma vs. paketit (jatkuu)

**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



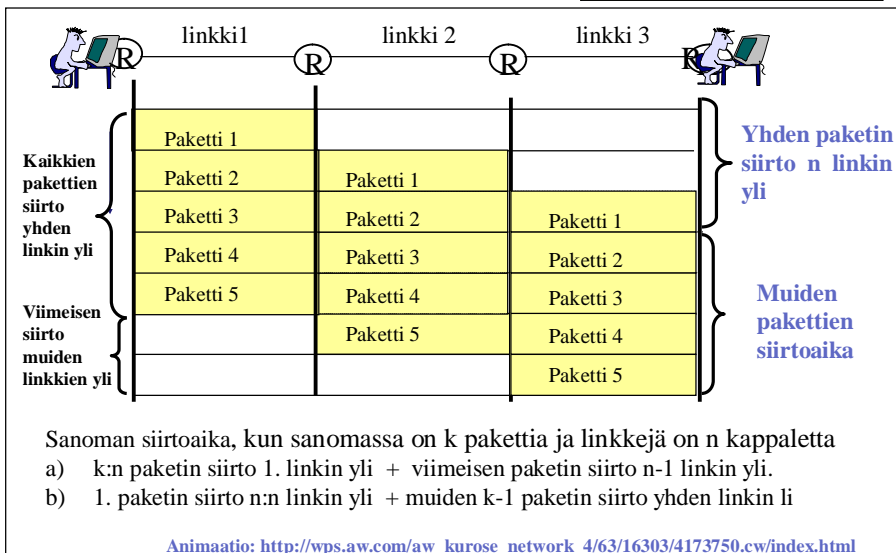


## Pakettivälitys siirto-aika

Olkoon siirtoaika a:

a)  $ka+(n-1)a = (k+n-1)a$

b)  $na+(k-1)a = (n+k-1)a$



## Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,  
fyysinen siirtomedia



## Pääsy Internetiin



### n Modeemi

56 kbps

### n DSL

- n ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Link): 8/1 Mbps, ADSL2+: 24/1.4 Mbps (teoreettinen)
- n SHDSL (Symmetric High-Bitrate Digital Subscriber Link): 44/44 Mbp

### n Kaapelimodeemi

- n TV, yleislähetys, down ~ 30 Mbps, up ~ 2 Mbps, 100-110 Mbps

### n Lähiverkko (Local Area Network)

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

### n Langaton yhteys

- n @450: 1 Mbps
- n WLAN (WiFi, WiMax): 11 Mbps, 54 Mbps
- n WAP/GPRS, 3G/UMTS: 384 kbps- ~2 Mbps

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

35



## 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"

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

36



## Eri siirtomediaita

- n Kierretty parijohto (twisted pair)
- n Koaksiaalikaapeli
- n Valokaapeli (fiber optics)
- n Sähkömagneettinen aaltoliike
  - n Radioaallot
  - n Mikroaallot
    - Satelliitit
  - n Infrapuna-aallot



## 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 - Gbps parin kilometrin matkalla  
ADSL, nopeat lähiverkot ( useita Gbps)



## 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**
  - n 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
  - n ei sähkömagneettisia häiriöitä
- n **Internetin runkoverkko, puhelinverkot**
  - n jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- n **Toiminta:**
  - n **lähetin** (transmitter): laseriodi/LED muuttaa sähköpulsset valoksi
  - n **välissä useita valokuitukimppuja** (suojattu ulkoisilta vaurioilta)
  - n **vastaanotto** (reciever)
    - fotodiodi muuttaa valopulsset sähköpulsseiksi
    - vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps, WDM (Wavelength Division Multiplexing)  
=> ~40Gbps
  - n 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

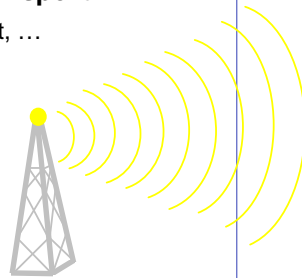
... radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ...

### 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)

eri 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



## Tietoliikenteen perusteet

# Viivettä siirtotiellä



## Etenemisviive (propagation delay)

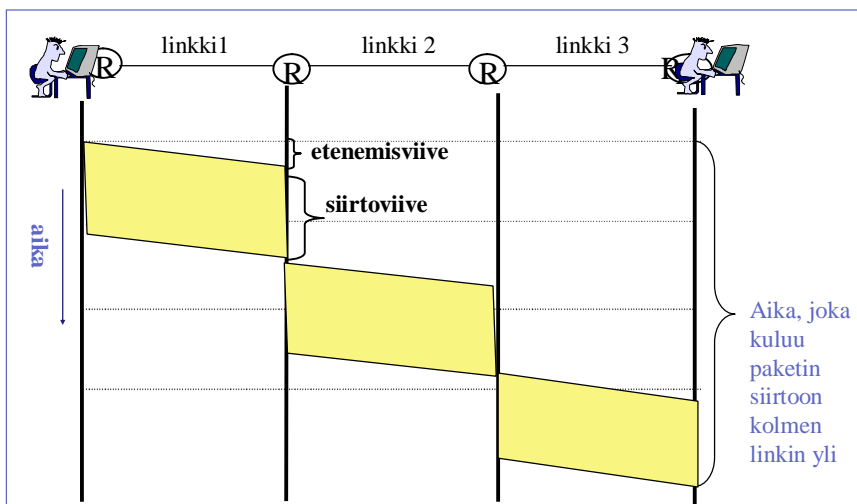
- n Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**  
mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta
- n Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**  
merkitystä etenkin satelliittilinkeillä,  
myös pitkissä mannerten välisissä yhteyksissä
- n Valonnopeus on kattonopeus kaikelle liikenteelle**  
~300.000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

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





## Etenemisviive



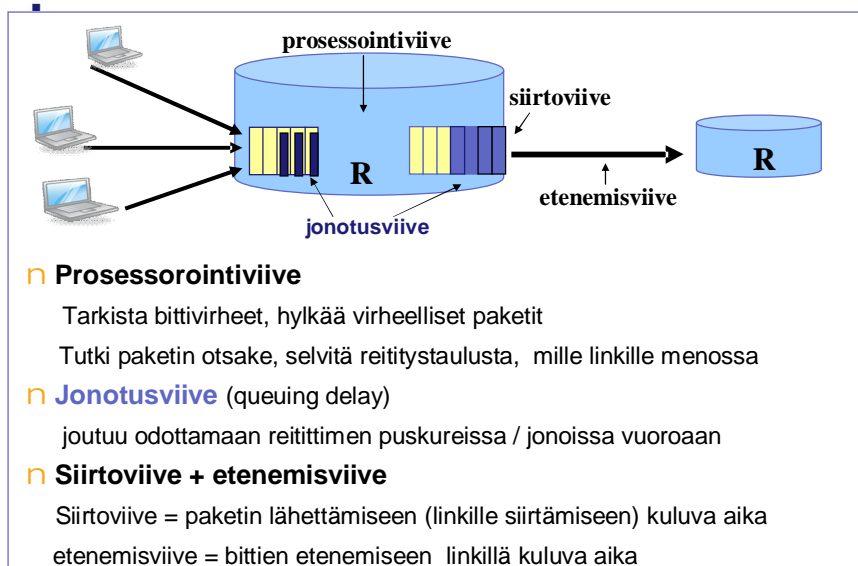
Animaatio: [http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_4/63/16303/4173750.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/16303/4173750.cw/index.html)

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

49



## Viive reitittimessä



### Prosessorintviive

Tarkista bittivirheet, hylkää virheelliset paketit

Tutki paketin otsake, selvitä reititystaulusta, mille linkille menossa

### Jonotusviive (queuing delay)

joutuu odottamaan reitittimen puskureissa / jonoissa vuoroaan

### Siirtoviive + etenemisviive

Siirtoviive = paketin lähettämiseen (linkille siirtämiseen) kuluva aika

etenemisviive = bittien etenemiseen linkillä kuluva aika

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

50



## Tietoliikenteen perusteet

# Protokolla, protokollapino



## Protokollien kerrostaminen

### n **Protokolla = yhteyskäytäntö**

Mitä sanomia, missä tilanteessa ja missä järjestyksessä lähetetään

Miten saatuihin sanomiin reagoidaan

Sanomien syntaksi ja semantiikka

### n **Protokollapino = protokollien kerrosrakenne**

Toiminnot on jaettu kerroksiin

- n Järkevä kerrosjako

Alemman kerroksen toiminnot ovat ylemmän käytössä

- n Palvelu ja sen toteutus erotettu

Kukin protokolla toimii yhdellä kerroksella ja toteuttaa tämän kerroksen jonkin palvelun.

- n HTTP, SMTP
- n TCP, UDP
- n IP



## 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 määriteltäviä  
Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

### n Joustavuus

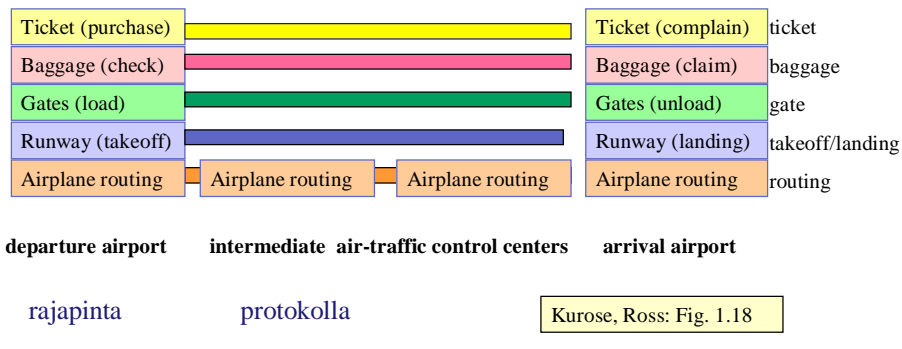
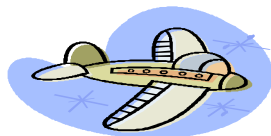
Pino koottavissa erilaisista protokollista  
Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

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

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

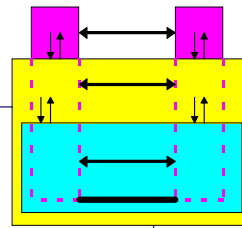


## Esimerkki: Lentoyhtiö





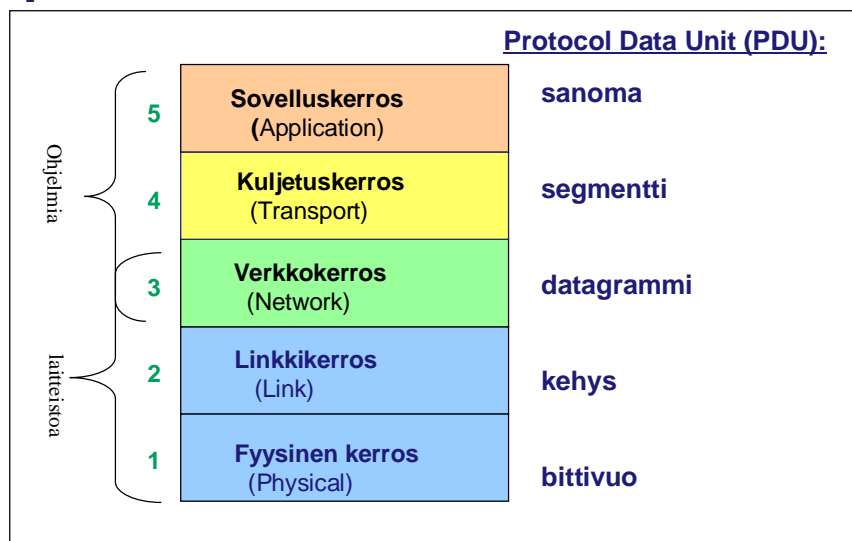
## Internet-protokollapino



- 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 viitemalli
  - RFC-julkaisuja, standardeja
- n **Tulos**
  - Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet
  - Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä
  - Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu.



## Internet-protokollapino (2)





## 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, WiFi, PPP
- n **Fyysinen: generoi, siirtää ja vastaanottaa bittejä koneelta toiselle**

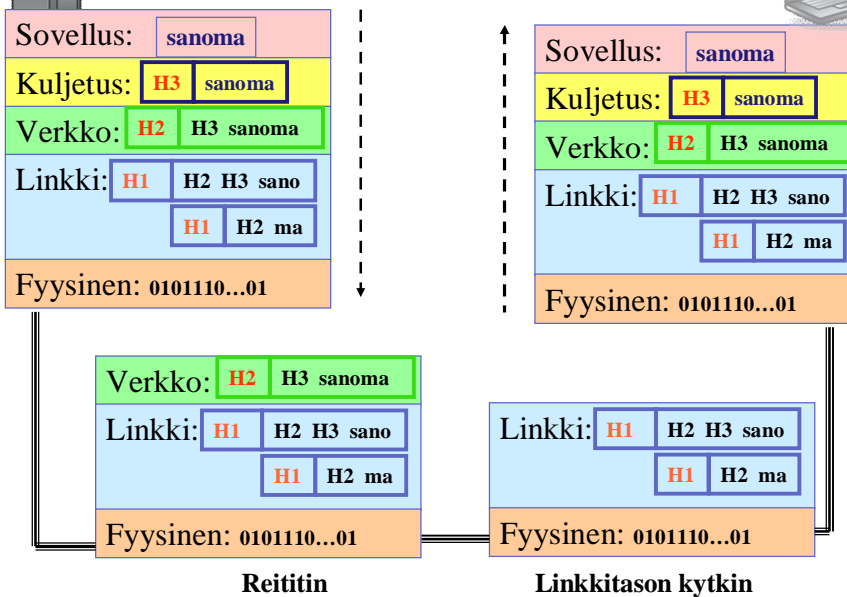


Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

57



## Kapselointi



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

58



## 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?

sovellus

esitystapa  
(presentation)

istunto  
(session)

kuljetus

verkko

linkki

fyysinen



## 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

**Saltaus 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. reititin?
- n Protokolla vs. palvelu?
- n Vertaisverkkomalli vs. asiakas-palvelin malli?
- n Fyysinen siirtomedia?
- n Piiri- ja pakettikytkentä? Hyödyt ja haitat?
- n Viipeet ja pakettien katoamiset
- n Internet-protokollakerrokset ja niiden tehtävät?
- n Miksi kerrosrakenne?
- n Mitä protokollakerroksia eri laitteissa tarvitaan?

Ks . myös kurssikirja ss. 67-69.