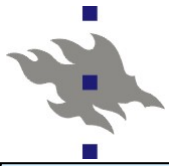




# Tietoliikenteen perusteet

## Tietokoneverkot ja **Internet**

Kurose, Ross: Ch 1

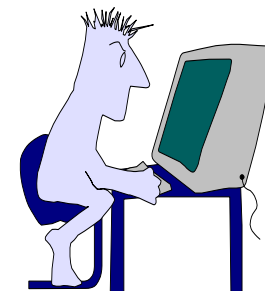


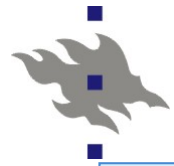
# Sisältöä

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

## Oppimistavoitteet:

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





# Tietoliikenteen perusteet

## Internet

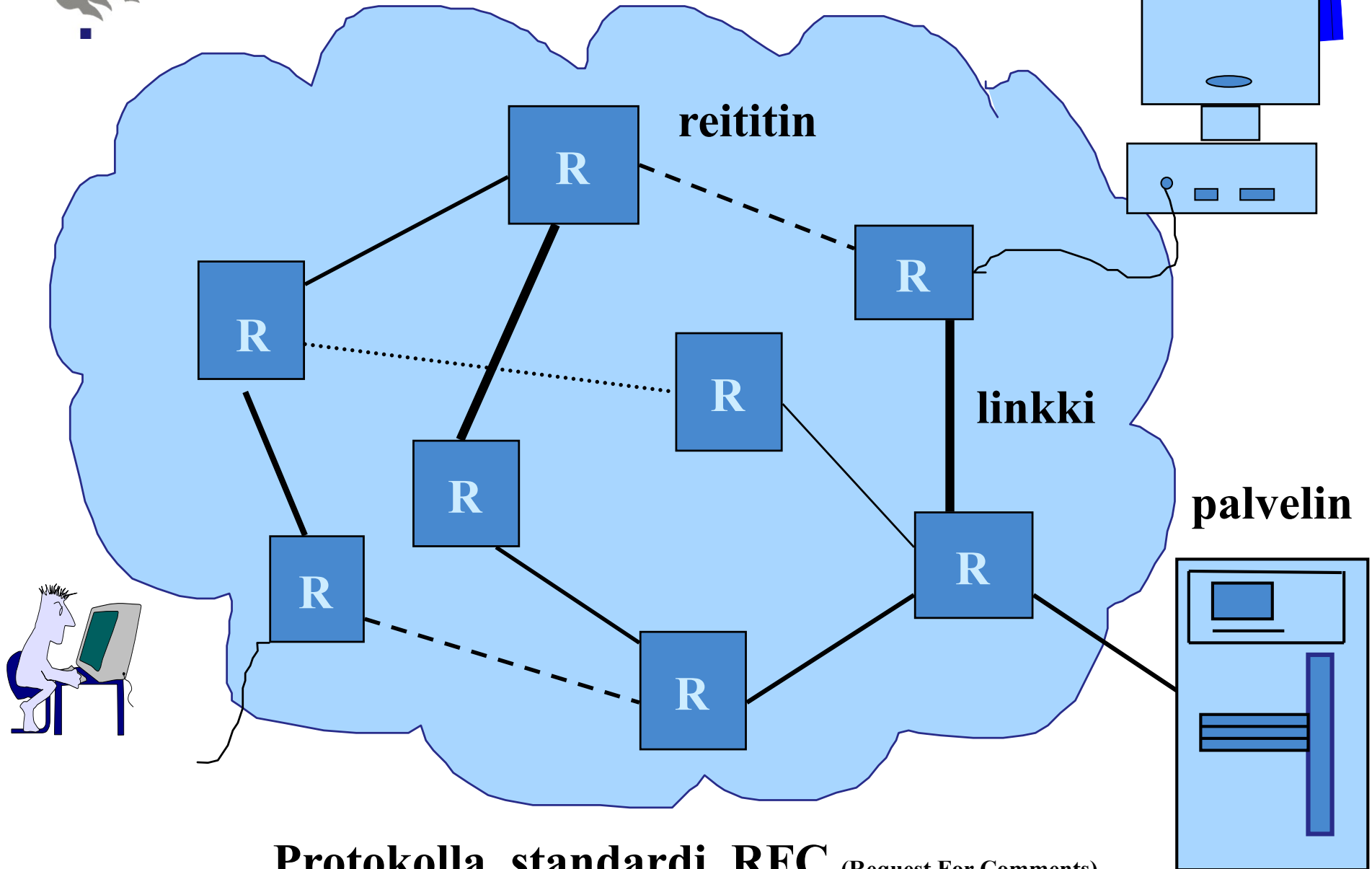
Osittaisia kuvia Internetistä:

[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>

# Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



Protokolla, standardi, RFC (Request For Comments)



# Internetin rakenneosat

## ■ Miljoonia koneita

### ■ isäntäkoneita (host, end system)

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

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

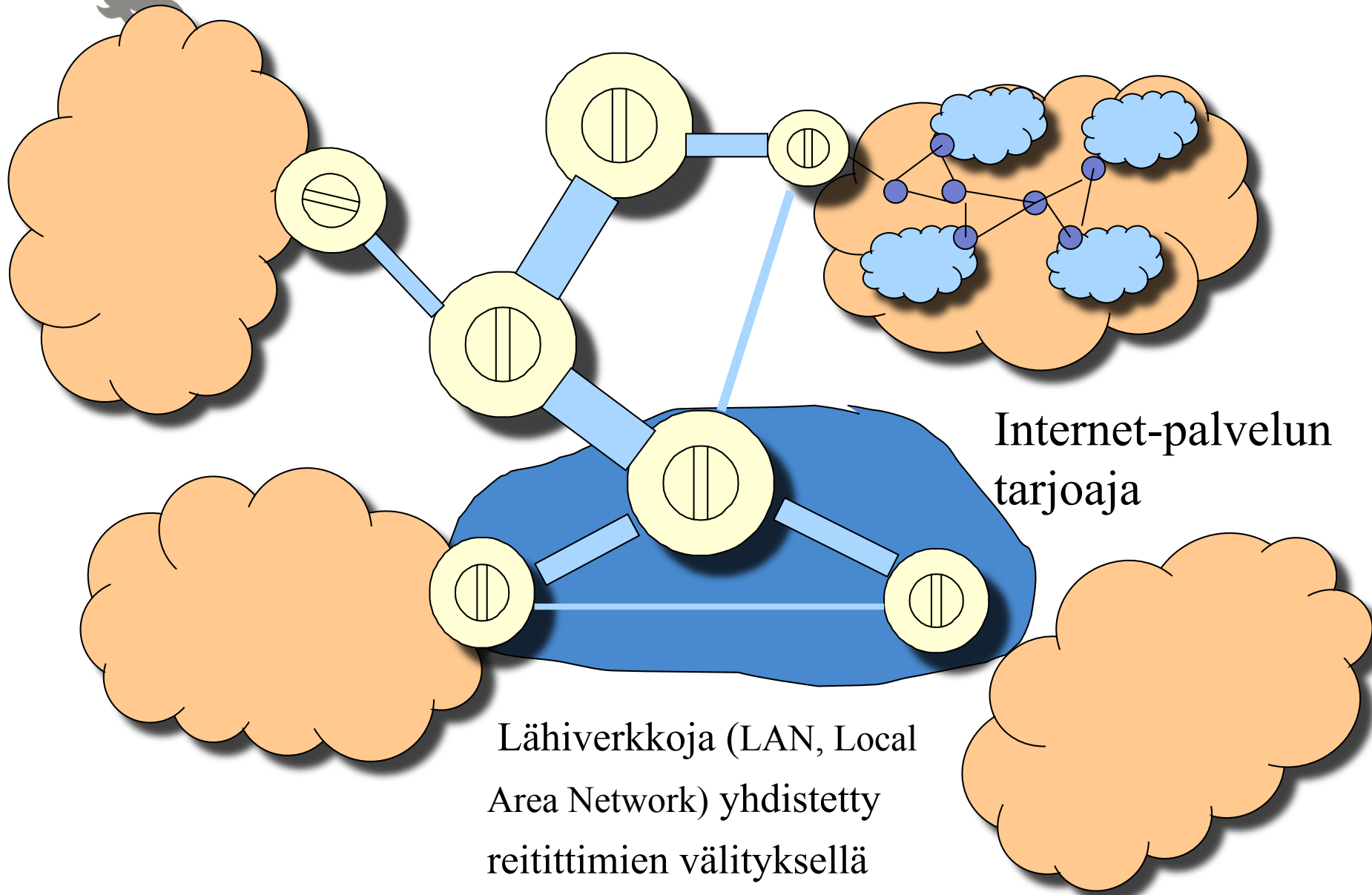
- Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä

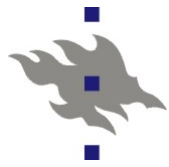
## ■ Tietoliikennelinkkejä

### ■ erilaisia siirtomedioita

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

# Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)





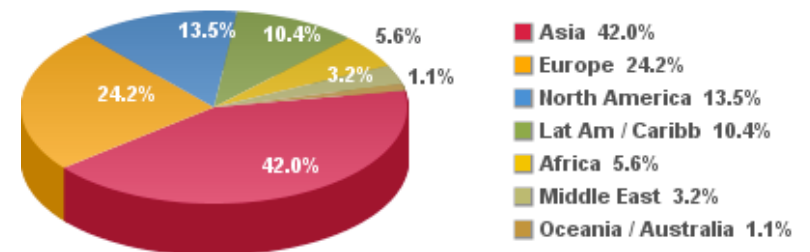
# Internet:

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  
(28.7% 11/2010)**



Internet Users in the World  
Distribution by World Regions - 2010



Source: Internet World Stats - [www.internetworldstats.com/stats.htm](http://www.internetworldstats.com/stats.htm)  
Basis: 1,966,514,816 Internet users on June 30, 2010  
Copyright © 2010, Miniwatts Marketing Group



# Internet

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





## Tietoliikenteen perusteet

# Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)



# Verkon reunoilla

## ■ Isäntäkoneet

suorittavat hajautettuja sovelluksia  
(sähköposti, verkkosamoilu,  
Messenger,...)

ovat verkon reunalla

## ■ Asiakas/palvelija-malli

pyyntö-vastaus-protokolla

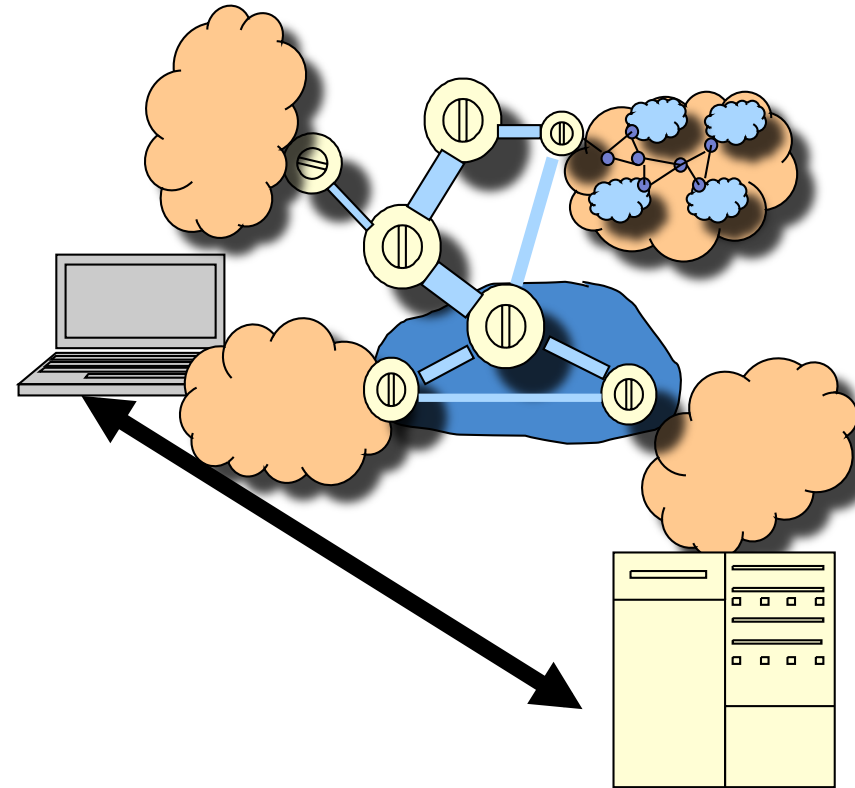
www-selain / www-palvelin, postisovellus / postipalvelija, ....

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

isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana

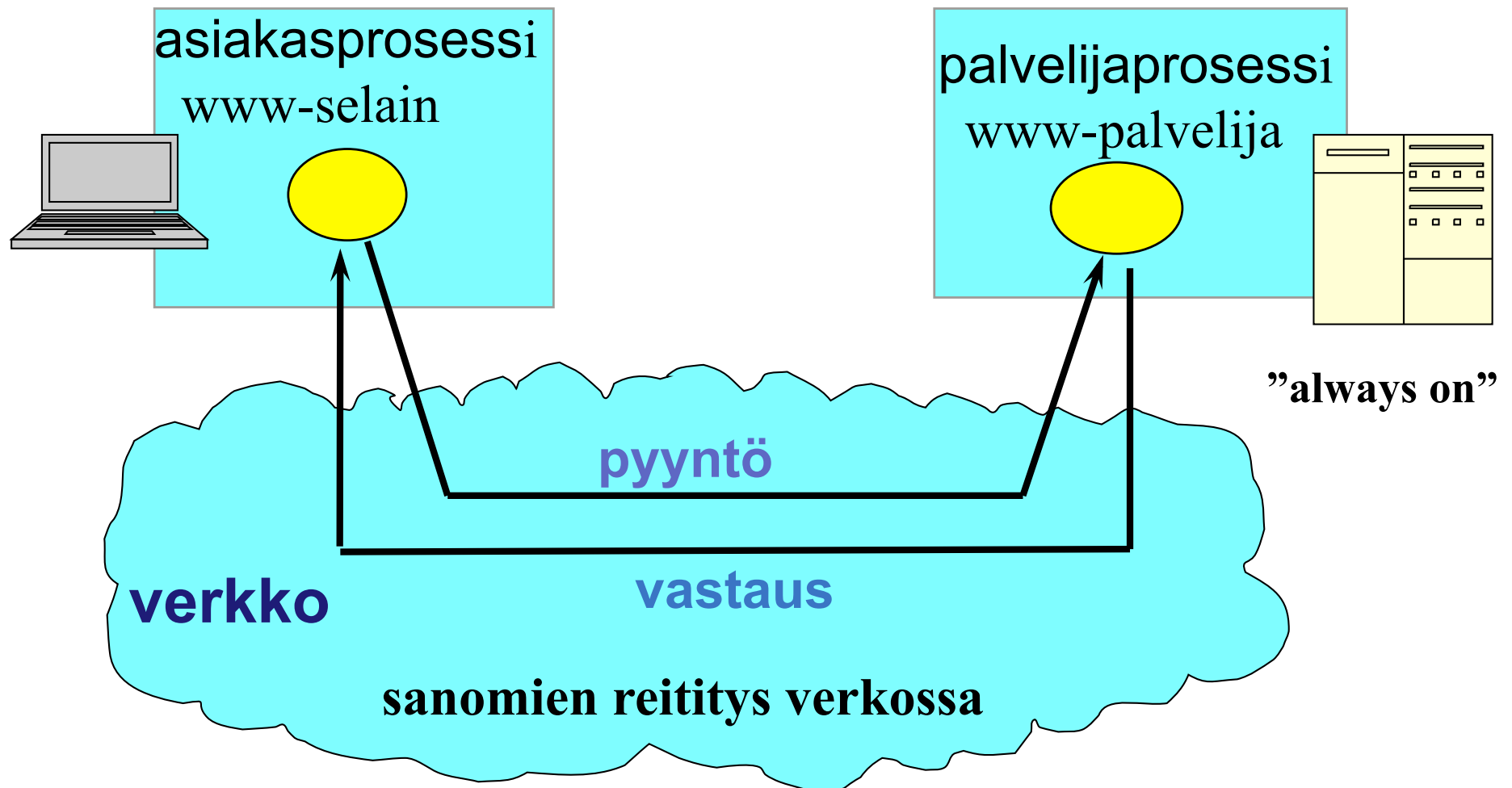
Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDonkey, eMule,  
BitTorrent, Mute, ...

Internet-puhelin: Skype





# Asiakas-palvelija-malli

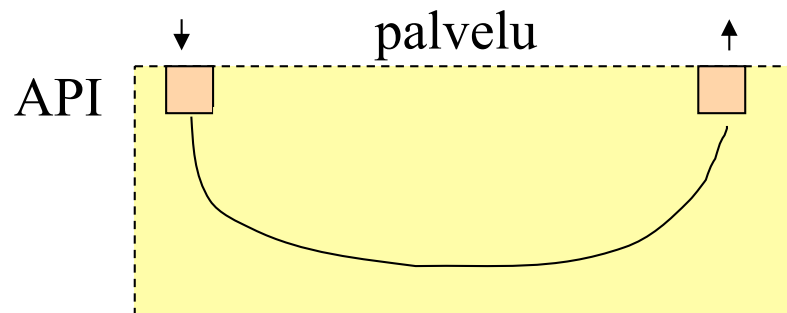


**Oikea kone, oikea prosessi**



## Palvelu vs. protokolla

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





## Tietoliikenteen perusteet

# Verkon syövereissä, reititys

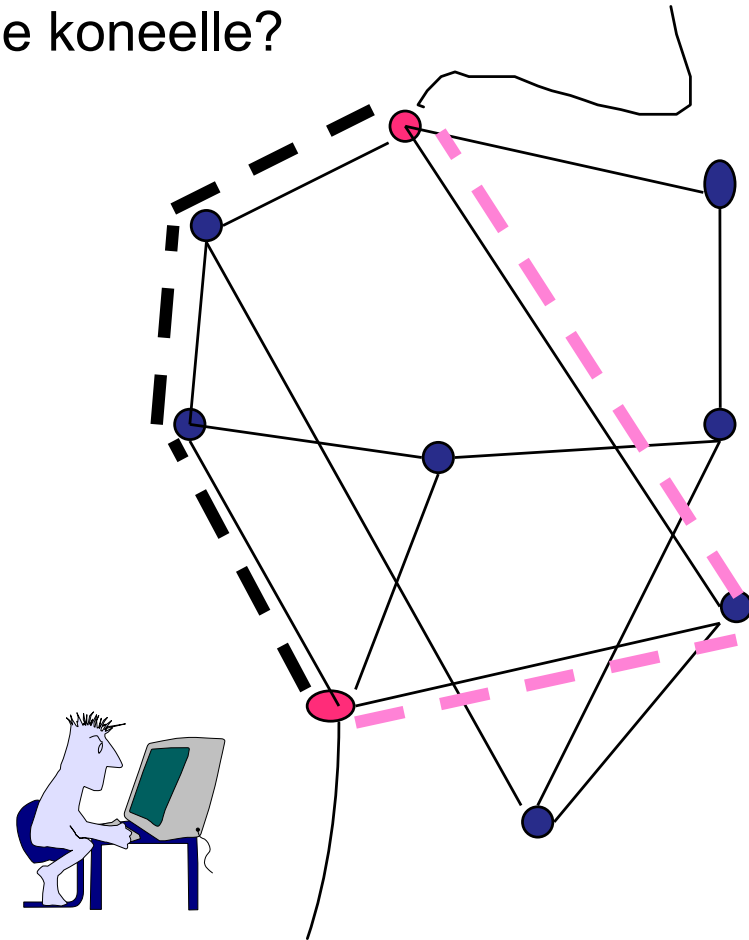
(network core)

# Reitittimet, reititys

- Miten sanoma kuljetetaan verkon läpi lähettävältä koneelta vastaanottavalle koneelle?
- 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





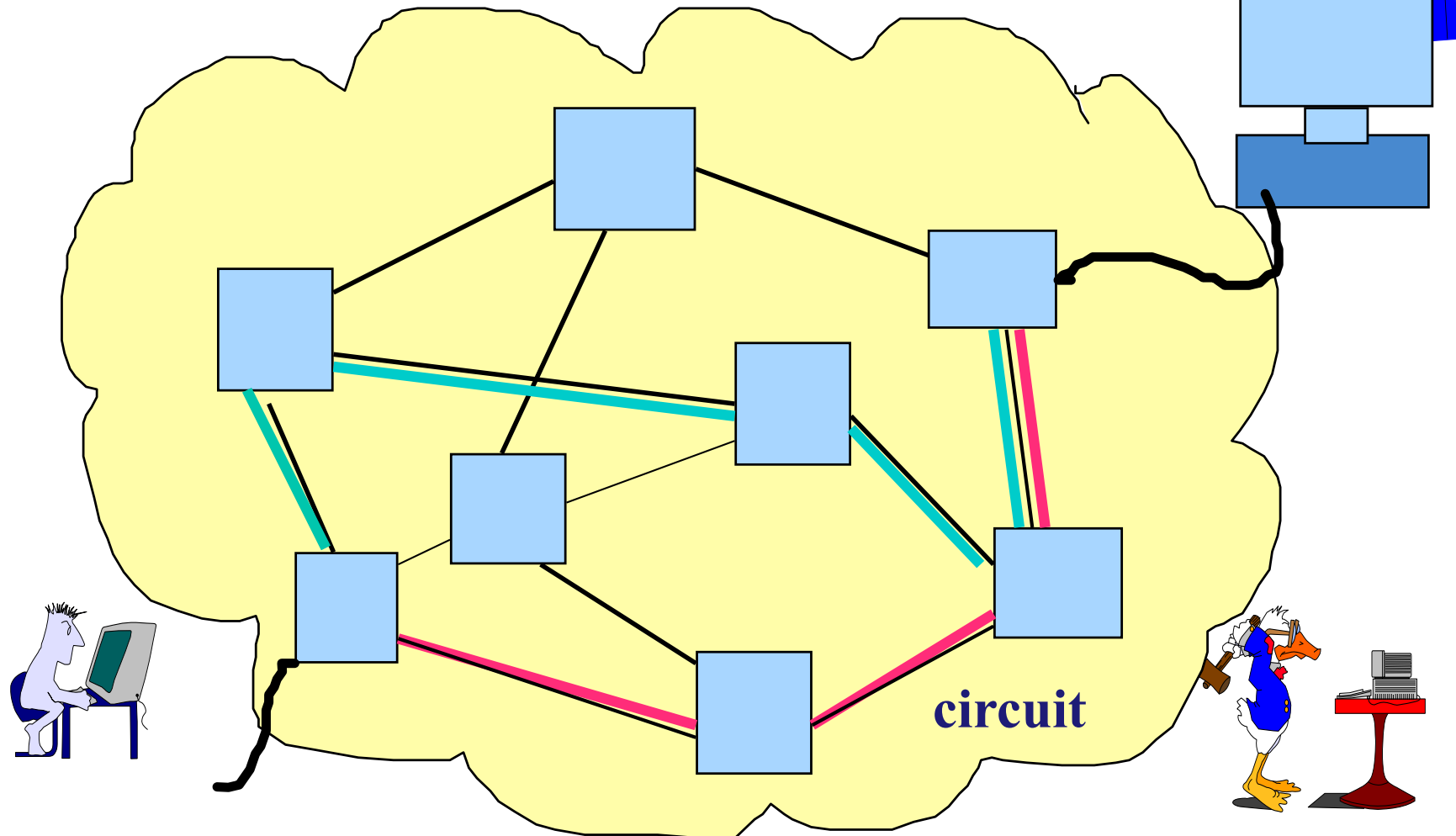
## Piirikytkentä (circuit switching)

- 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

vrt: vesipisteiden yhdistäminen  
letkuilla ja veden valutus

## Piirikytkentäinen verkko

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







## Piirikytkentä: kanavointi (multiplexing)

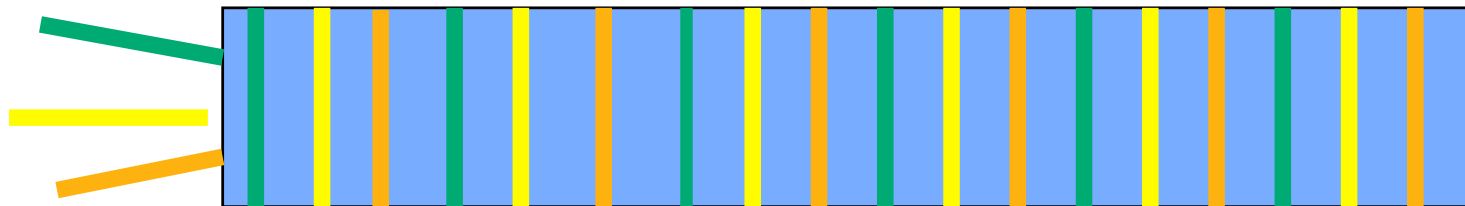
Linkille on limitetty usean yhteyden sanomia

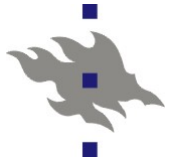
**Taajuusjako, FDM** (frequency-division multiplexing)

linkin kaistanleveys (taajuudet) jaettu käyttäjien kesken



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





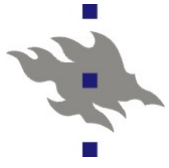
# Siirtonopeus, siirtoaika

## ■ Siirtonopeus

- miten nopeasti dataa lähetetään (bittejä generoidaan) linjalle
- Montako bittiä per aikayksikkö lähetetään
- bps = bittejä sekunnissa

## ■ Siirtoaika

- kauanko datamäärän lähettäminen linkille kestää (s.e. viimeinenkin bitti on lähetetty linkille)
- 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 (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**

$$0.5 \text{ s}$$

**niin aikaa kuluu yhteensä**

$$10.5 \text{ s.}$$

**Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä! (ei käsittelyviivettä)**



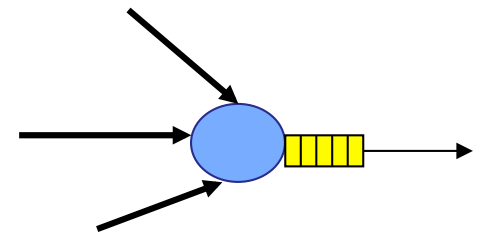


## Pakettikytkentä (packet switching)

- Jaa data paketeiksi ja lähetä 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)

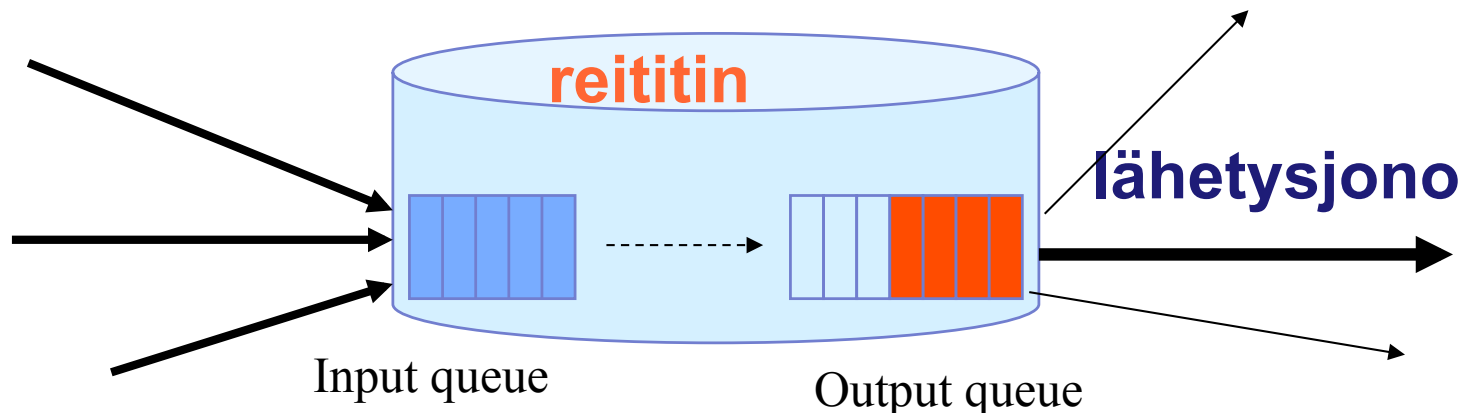
- Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava
  - Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa

- Paketin siirtoaika =  $L/R$ ,  $L$  = paketin koko bitteinä

$R$  = lähtölinkin siirtonopeus

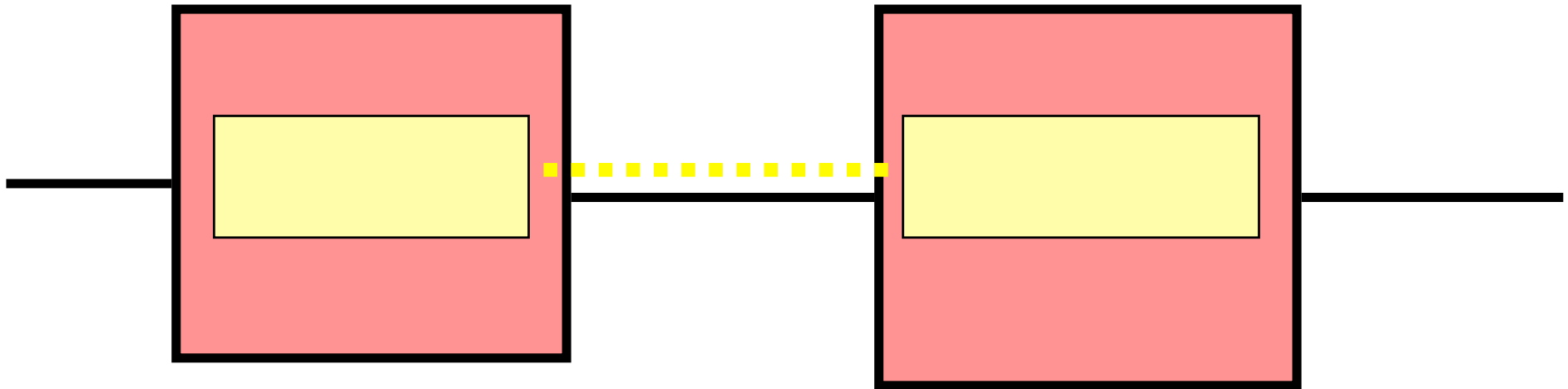
## ■ Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)

- paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja





# etappivälitteinen



## Kauanko kestää...

### ■ Kauanko kestää lähettää

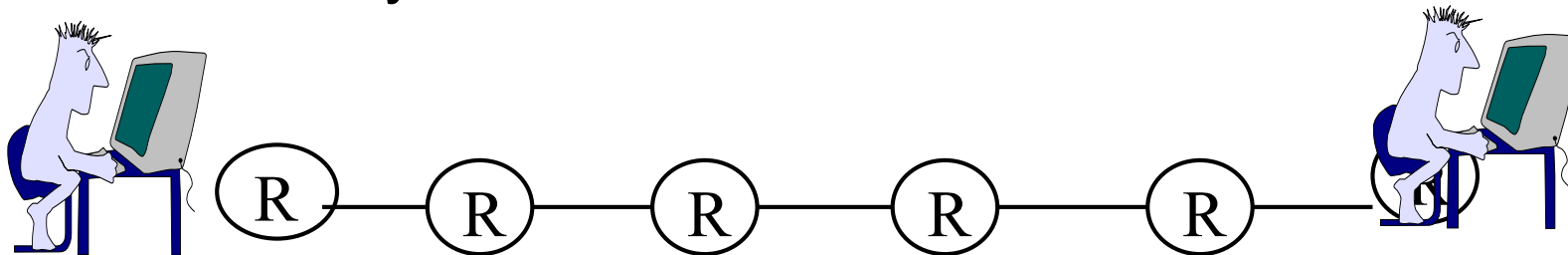
yksi 4 kb:n paketti

**pakettikytkentäisessä verkossa, jossa**

linkin siirtonopeus on 1 Mbps

**ja paketti kulkee**

5 linkin yli







## Ratkaistaan:

- **siirtoaika yhdellä linkillä on**

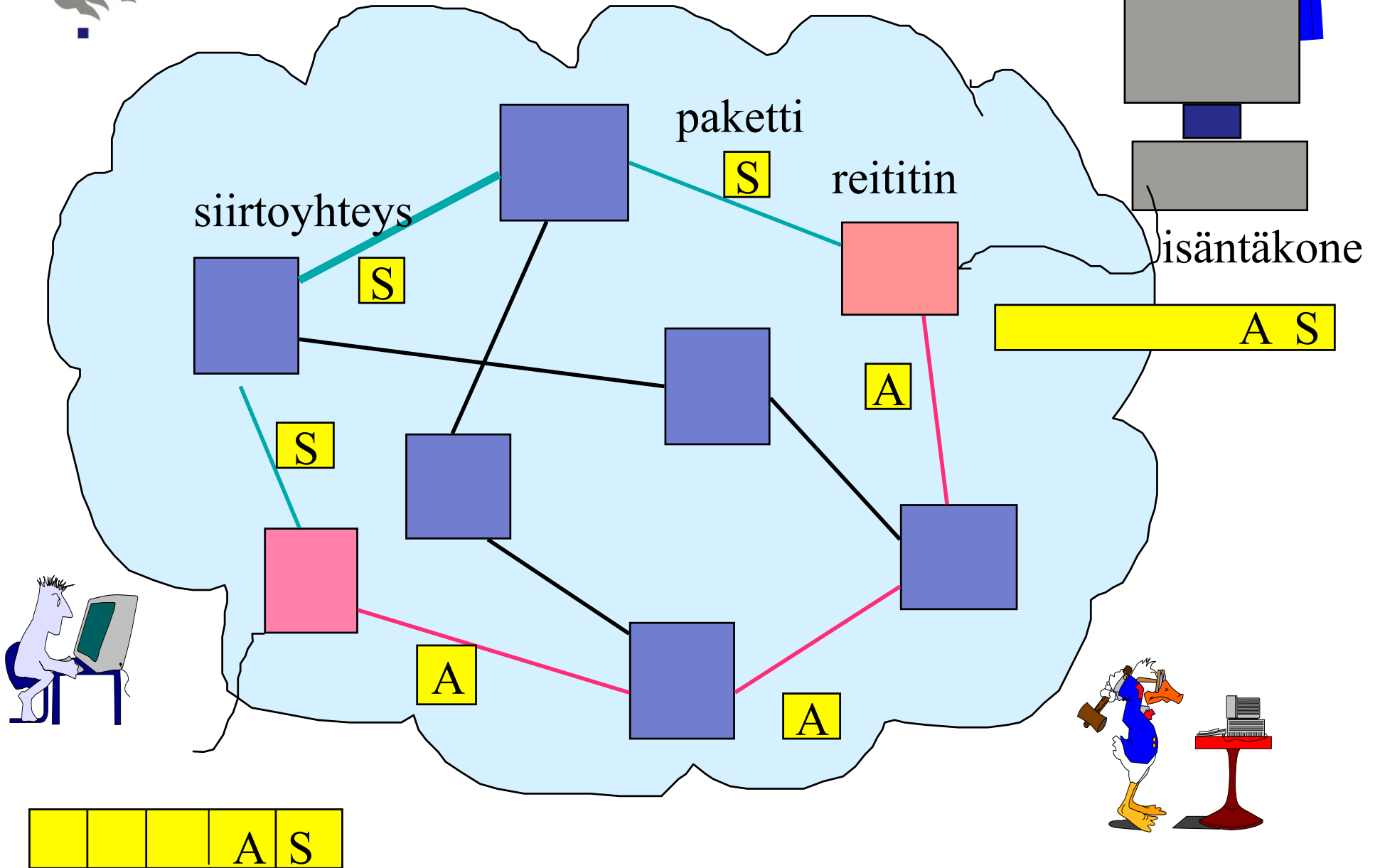
$$4 \text{ kb} / 1000 \text{ kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

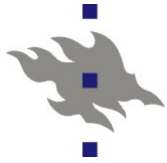
**joten siirto 5 linkin yli**

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

- **Jonotusviipeitä ei ole otettu huomioon**

# Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko





## **Etenemisviive** (propagation delay)

### ■ **Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**

■ mediasta riippuen noin  $2/3$  valonnopeudesta , joka on  $\sim 300.000$  km/s

- Tyhjiössä valonnopeus on  $299.795.458$  m/s.

### ■ riippuu **etäisyydestä** ja hieman siirtomediasta

■ merkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä (esim. vahvistimet, signaalin heikkeneminen eri medioissa)

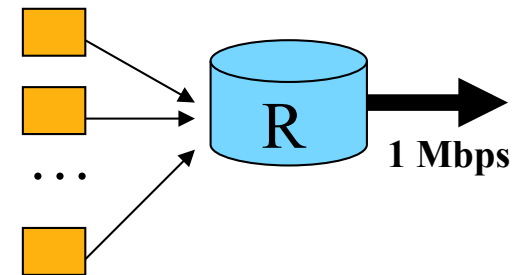
■ **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**



# Tehokkuudesta

## ■ Esimerkki

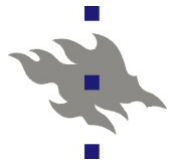
Käyttäjät käyttävät yhteistä 1 Mbps linjaa.  
Kukin käyttäjä joko lähettää 100 kbps  
tai on kokonaan lähettämättä.



## ■ Piirikytkentä

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

Entä jos käyttäjiä onkin 35?



## Tehokkuudesta (jatkuu)

$$P_n(\text{aktiivisia} > 10) =$$

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

### ■ Pakettikytkentä

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

Sovelletaan binomijakaumaa

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

$P_n(\text{aktiivisia lähettäjiä on yhtä aikaa} \leq 10)$  on 0.9996.

Nyt 1 Mbps linjakapasiteetti riittää hyvin 35:lle käyttäjälle. Erittäin harvoin joku joutuu odottamaan!

### ■ Purskeinen käyttö on tyypillistä Internetissä

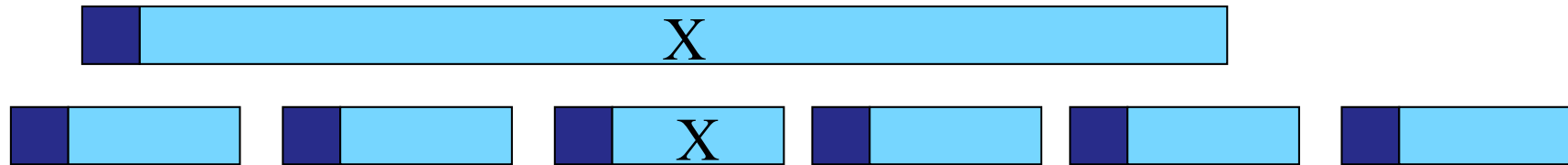
hae www-sivu, lue,..

### ■ Haittapuolena on mahdollinen ruuhka ja epädeterministinen toiminta



# Pakettikytkentä: Sanoma vs. paketit

## ■ Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?



## ■ Siirtovirhe

Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan

Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

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

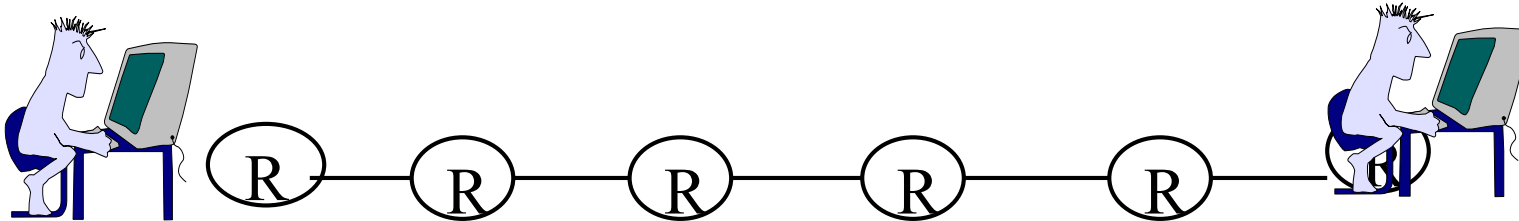
Sanoma: yksi otsake riittää

Paketti: jokaisessa paketissa oma otsake



## Sanoma vs. paketit (jatkuu)

- **Esim.** Sanoman koko 400 kb, linkin nopeus 1 Mbps



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

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

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

416 ms!!



## Miksi noin?

- **Paketteja voi lähettää samanaikaisesti eri linkeillä**  
etappivälitys (store-and-forward)
- **Koko sanoma (100 pakettia) siirretty 1. linkin yli**  
 $400 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 400 \text{ ms}$
- **Kun viimeinen paketti on siirretty 1. linkin yli, lähes kaikki edeltävät paketit ovat jo perillä.**  
Nyt vielä viimeinen paketti on siirrettävä 4 linkin yli  
 $4 * 4 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 16 \text{ ms}$
- **$400 \text{ ms} + 16 \text{ ms} = 416 \text{ ms}$**



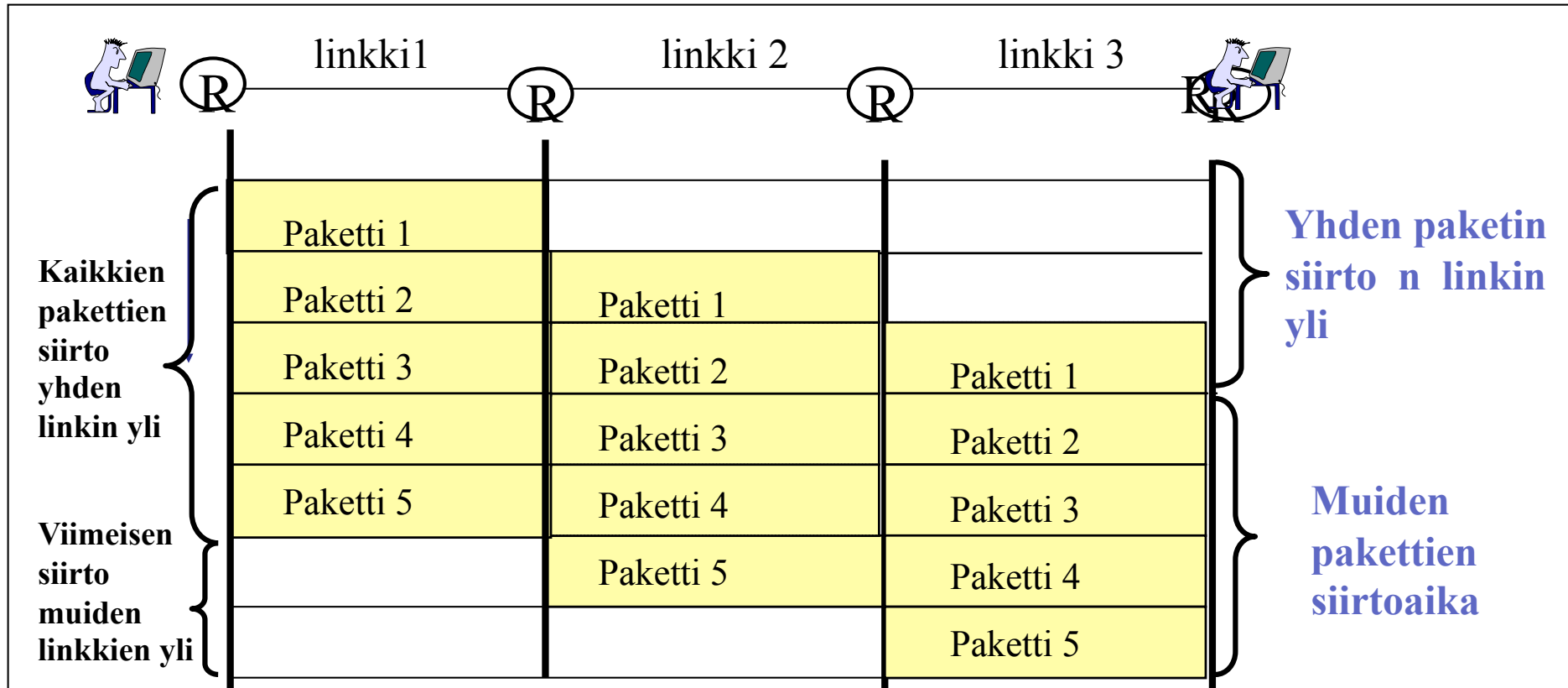


# Pakettivälitys siirto-aika

Olkoon siirtoaika a:

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

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



Sanoman siirtoaika, kun sanomassa on k pakettia ja linkkejä on n kappaletta

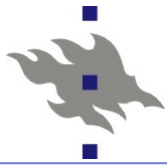
a) k:n paketin siirto 1. linkin yli + viimeisen paketin siirto n-1 linkin yli.

b) 1. paketin siirto n:n linkin yli + muiden k-1 paketin siirto yhden linkin yli

Animaatio: [http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_4/63/16303/4173752.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/16303/4173752.cw/index.html)



# Pääsy Internetiin, fyysinen siirtomedia



## Pääsy Internetiin



### ■ Modeemi

56 kbps

### ■ DSL

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

### ■ Kaapelimodeemi

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

### ■ Lähiverkko (Local Area Network)

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

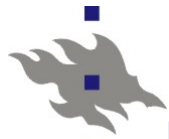
### ■ Langaton yhteys

- @450: 1 Mbps
- WLAN (WiFi, WiMax): 11 Mbps, 54 Mbps
- WAP/GPRS, 3G/UMTS: 384 kbps- ~2 Mbps, LTE 50-100Mbps



# Siirtomedia

- **Tehtävä siirtää bittivirtaa laitteelta toiselle**  
peräkkäissiirtoa (serial)
- **Kaapeloitu (guided media)**  
kuparijohto, optinen kuitu, koaksiaalikaapeli
- **Langaton (wireless, unguided media)**  
radioaallot, satelliitti, matkapuhelin
- **Tietovälineet?**  
magneettinen levy/nauha, flash-muisti, optinen levy  
suuria tietomääriä kohtalaisella nopeudella ...  
ei “always-on”



## ▪ Eri siirtomediaita

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



## Kierretty parijohto (twisted pair)

- **Kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen**  
vähentää häiriöitä;  
kaapelissa yleensä useita
- **Yleisesti käytetty**  
puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka,  
rakennusten sisällä, Ethernet-verkot
- **Hintaan nähden hyvä suorituskyky**  
useita kilometrejä ilman vahvistinta  
useita Mbps - Gbps parin kilometrin matkalla  
ADSL, nopeat lähiverkot ( useita Gbps)



# Koaksiaalikaapeli

- **Kaksi sisäkkäistä kuparijohdinta**

hyvä häiriösuoja

- **Suuret nopeudet**

1-2 Gbps 1-2 km –kaapelilla

pitkillä etäisyyksillä huonompi nopeus, vahvistettava

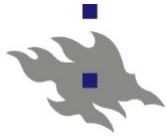
- **Kallista verrattuna parikaapeliin**

- **Käyttö**

TV-kaapelit, (vanhat lähiverkot), aliverkkojen runkoverkoissa

- **Yleislähetys** (shared medium)

kaikki kytketyt laitteet huomaavat signaalin



# Valokaapeli (fiber optics)

## ■ erittäin puhdasta kvartsia ja lasersäteitä

- 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
- ei sähkömagneettisia häiriöitä

## ■ Internetin runkoverkko, puhelinverkot

- jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- signaalia vahvistetaan pitkillä matkoilla

## ■ Toiminta:

- **lähetin** (transmitter): laserdiodi/LED muuttaa sähköpulssit valoksi
- **välissä useita valokuitukimppuja** (suojattu ulkoisilta vaurioilta)
- **vastaanotto** (receiver)
  - fotodiodi muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
  - vasteaika  $\sim 1$  ns  $\Rightarrow \sim 1$  Gbps, WDM (Wavelength Division Multiplexing)  
 $\Rightarrow \sim 40$  Gbps

- kohina haittaa, tarvitaan riittävän voimakas valo





# Sähkömagneettinen aaltoliike

## ■ Langaton tietoliikenne

Maanpäälliset kanavat

Satelliittikanavat

## ■ Tieto koodattu aaltoliikkeeseen

amplitudi, taajuus, vaihe, ..

Koodaustekniikoita: FDM, TDM, CDM

## ■ Käytössä laaja näkymättömän valon spektri

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

## ■ Rajoituksia

generoitavuus / moduloitavuus

kuuluvuus /näkyvyys

vaarallisuus?





# Radioaallot (~30 MHz .. 1 GHz)

## ■ Helppo generoida

## ■ Etenevät pitkiä matkoja vahvistamatta

Tunkeutuvat myös esteiden läpi

Etenevät kaikkiin suuntiin

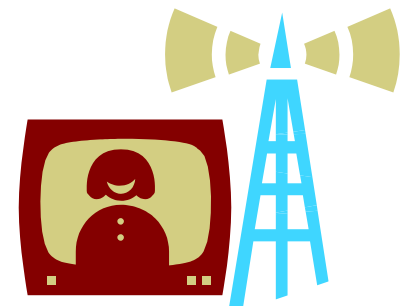
## ■ Rajallinen resurssi

Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee

=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä

## ■ Käyttö

Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)

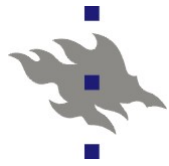




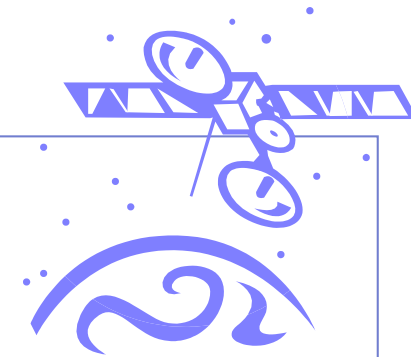
## Mikroaallot ( 1 GHz ... 40 GHz)

- **Etenevät suoraan**  
sietävät hyvin häiriöitä  
antenni /satelliitti on suunnattava
- **tunkeutuvuus pienempi**  
heijastuksia: kiinteät esteet, sääilmiöt, esim. vesisade
- **pulaa taajuuksista => luvanvaraista**  
NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz,  
3G 900MHz ja 2100MHz
- **verkkojen perustaminen 'halpaa'**
- **Käyttö**  
TV (UHF), radio (FM), puhelimet, satelliitit  
WLAN: 2,4 GHz, 5 GHz





# Satelliitit



## ■ Mikroaallot

## ■ Maata kiertävällä radalla

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

Esim. Iridium 781 km korkeudessa (100 min navalta navalle)

MEO (Middle Earth Orbit) yli 1500 km korkeudessa

## ■ Geostationääriset

GEO ( Geosynchronous Earth Orbit)

geostationäärinen = pysyy maahan nähden paikallaan  
noin 36000 km korkeudessa

Etenemisviive satelliitin ja maa-asemien välillä n. 250 ms

## ■ Maa-asema

Tiedonsiirto mahdollista, kun maa-asema on kohdalla



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

- **Etenevät suoraan, suunnattava**

- **Huono tunkeutuvaisuus**

Eivät siedä esteitä, lyhyet etäisyydet

Heijastuksia

- **Käyttö**

Kauko-ohjaimet

Joissakin langattomissa lähiverkoissa

- **Ei tiukasti säädeltyä**



# Signaalin vahvistaminen

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

### ■ Vaimeneminen (attenuation)

eri taajuudet heikkenevät eri tavoin, suuret enemmän

### ■ Viivevääristyminen (delay distortion)

Eri taajuuksien komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja saapuvat vastaanottajalle hieman eri aikaan

### ■ Erilaiset häiriöt: kohina, ylikuuluminen, heijastuminen, jne

### ■ Vahvistimet ja toistimet

eri komponentteja vahvistettava eri tavoin

- **analoginen signaali** vääristyy joka kerralla yhä enemmän ja enemmän
- **digitaalinen signaali** on palautettavissa entiselleen



## Tietoliikenteen perusteet

**Viivettä  
siirtotiellä**



## Etenemisviive (propagation delay)

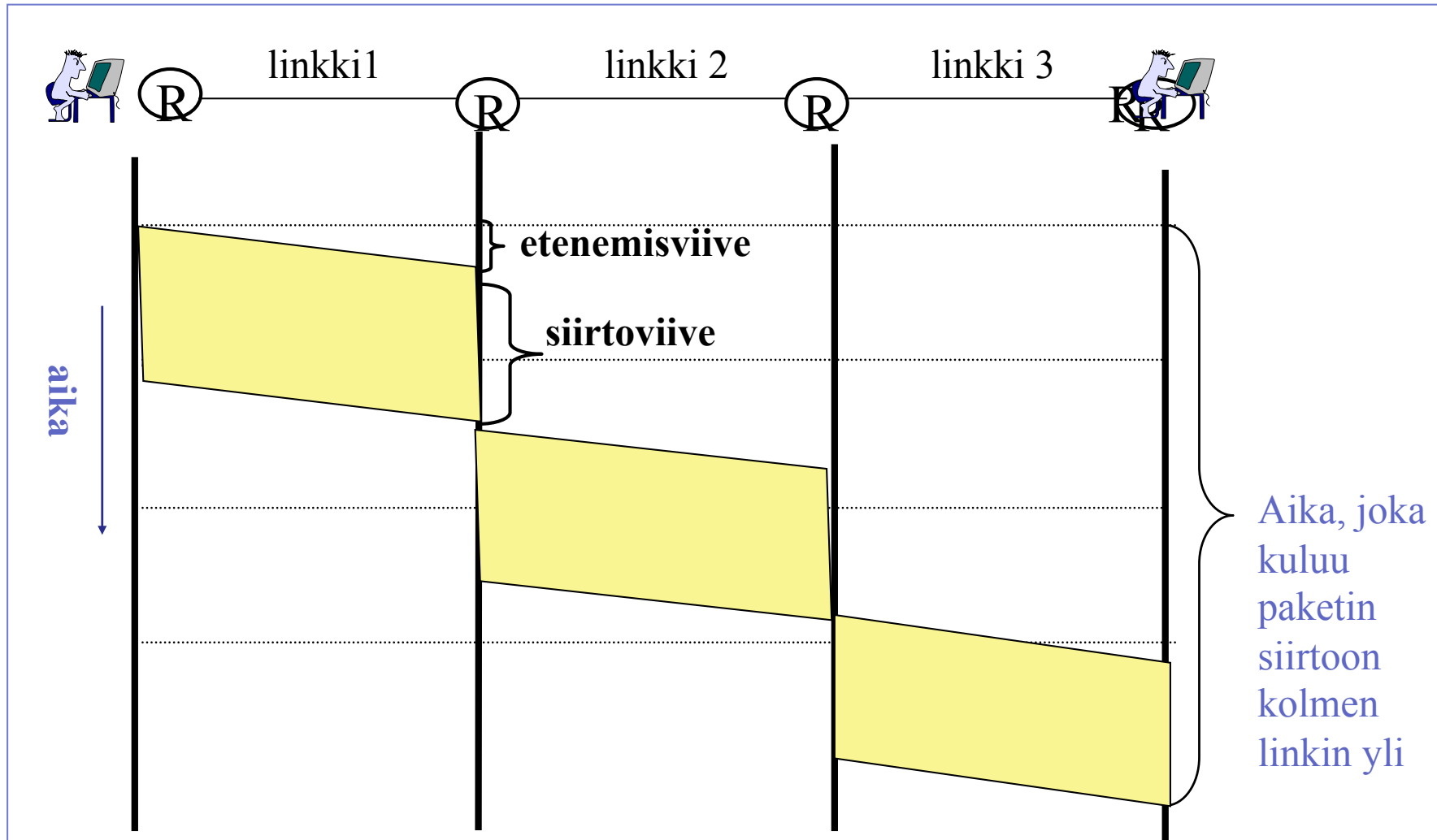
- **Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**  
mediasta riippuen noin  $2/3$  valonnopeudesta
- **Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**  
merkitystä etenkin satelliittilinkeillä,  
myös pitkissä mannerten välisissä yhteyksissä
- **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle liikenteelle**  
 $\sim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

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

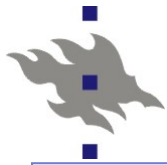




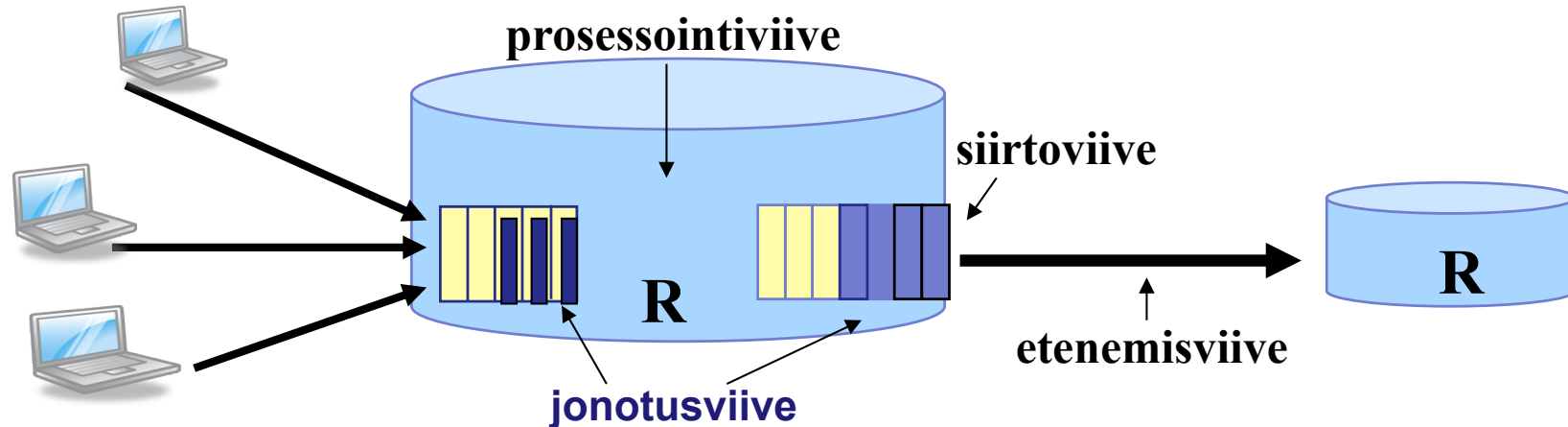
# Etenemisviive



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)



# Viive reitittimessä



## ■ Prosessorointiviive

Tarkista bittivirheet, hylkää virheelliset paketit

Tutki paketin otsake, selvitä reititystaulusta, mille linkille menossa

## ■ Jonotusviive (queuing delay)

joutuu odottamaan reitittimen puskureissa / jonoissa vuoroaan

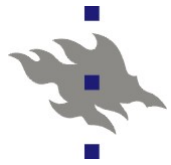
## ■ Siirtoviive + etenemisviive

Siirtoviive = paketin lähettämiseen (linkille siirtämiseen) kuluva aika

etenemisviive = bittien etenemiseen linkillä kuluva aika



# Protokolla, protokollapino



# Protokollien kerrostaminen

## ■ Protokolla = yhteyskäytäntö

Mitä sanomia, missä tilanteessa ja missä järjestyksessä lähetetään

Miten saatuihin sanomiin reagoidaan

Sanomien syntaksi ja semantiikka

## ■ Protokollapino = protokollien kerrosrakenne

Toiminnot on jaettu kerroksiin

- Järkevä kerrosjako

Alemman kerroksen toiminnot ovat ylemmän käytössä

- Palvelu ja sen toteutus erotettu

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

- HTTP, SMTP
- TCP, UDP
- IP



# Miksi kerrosrakenne?

## ■ Monimutkaisuuden hallinta

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

## ■ Kullakin kerroksella omat selkeät tehtävänsä

Kerroksissa toteutuu omat 'lisä'toiminnot

Voi käyttää olemassaolevia alemman kerroksen toimintoja

Kerrostien rajapinnat (interface) hyvin määritellyjä

Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

## ■ Joustavuus

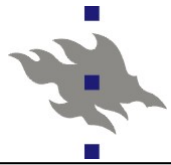
Pino koottavissa erilaisista protokollista

Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

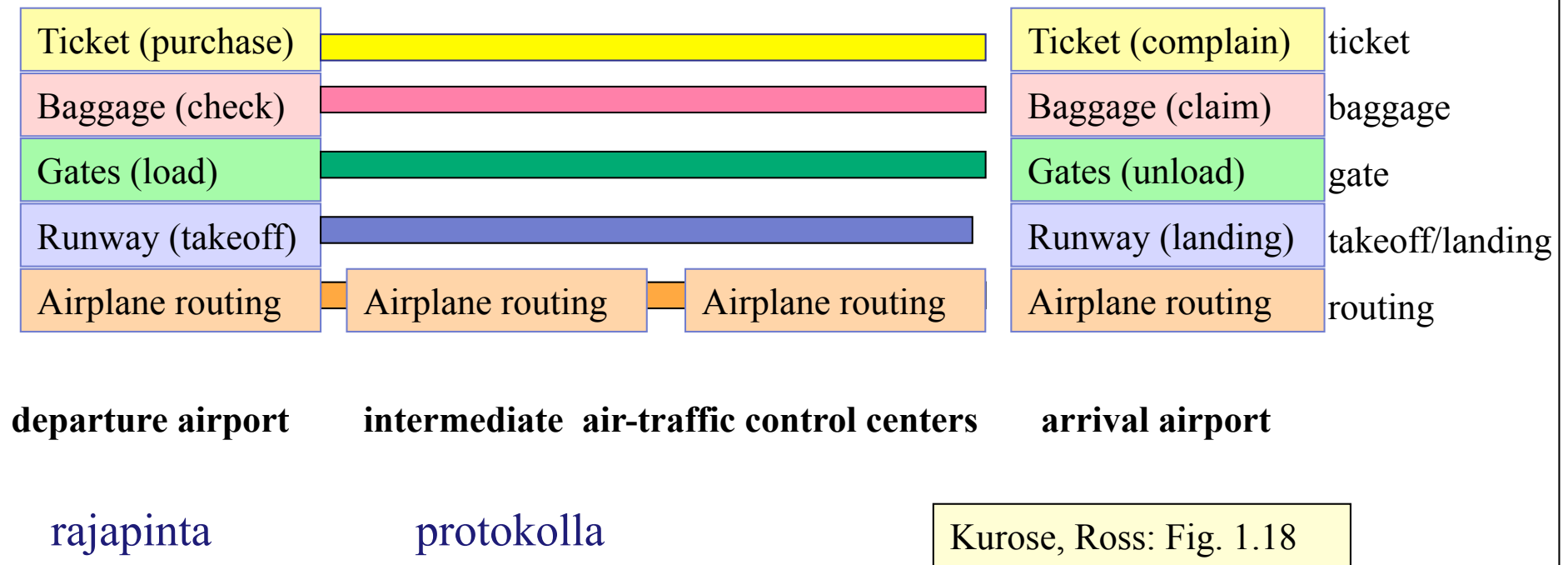
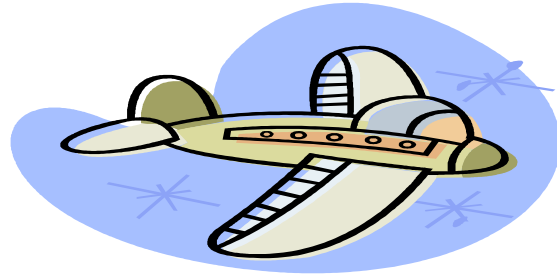
## ■ Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

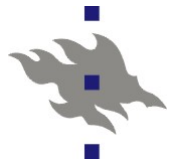
Sama työ toistamiseen, esim. virhetarkistus

Kutsumekanismi: kopiointia paikasta toiseen, ..



# Esimerkki: Lentoyhtiö





# Internet-protokollapino

- 1969: aluksi TCP ja IP samassa nipussa

- 1980: uusittu TCP, UDP ja IP

- Lähtökohdat**

Tarve yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja

Vikasietoisuus

- De-facto-standardi**

Ensin toimiva protokollatoteutus, sitten viitemalli

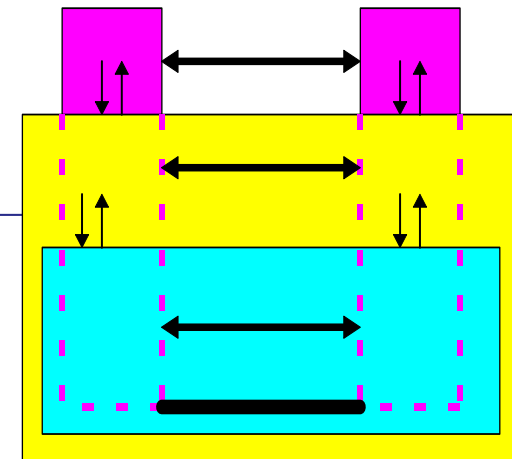
RFC-julkaisuja, standardeja

- Tulos**

Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet

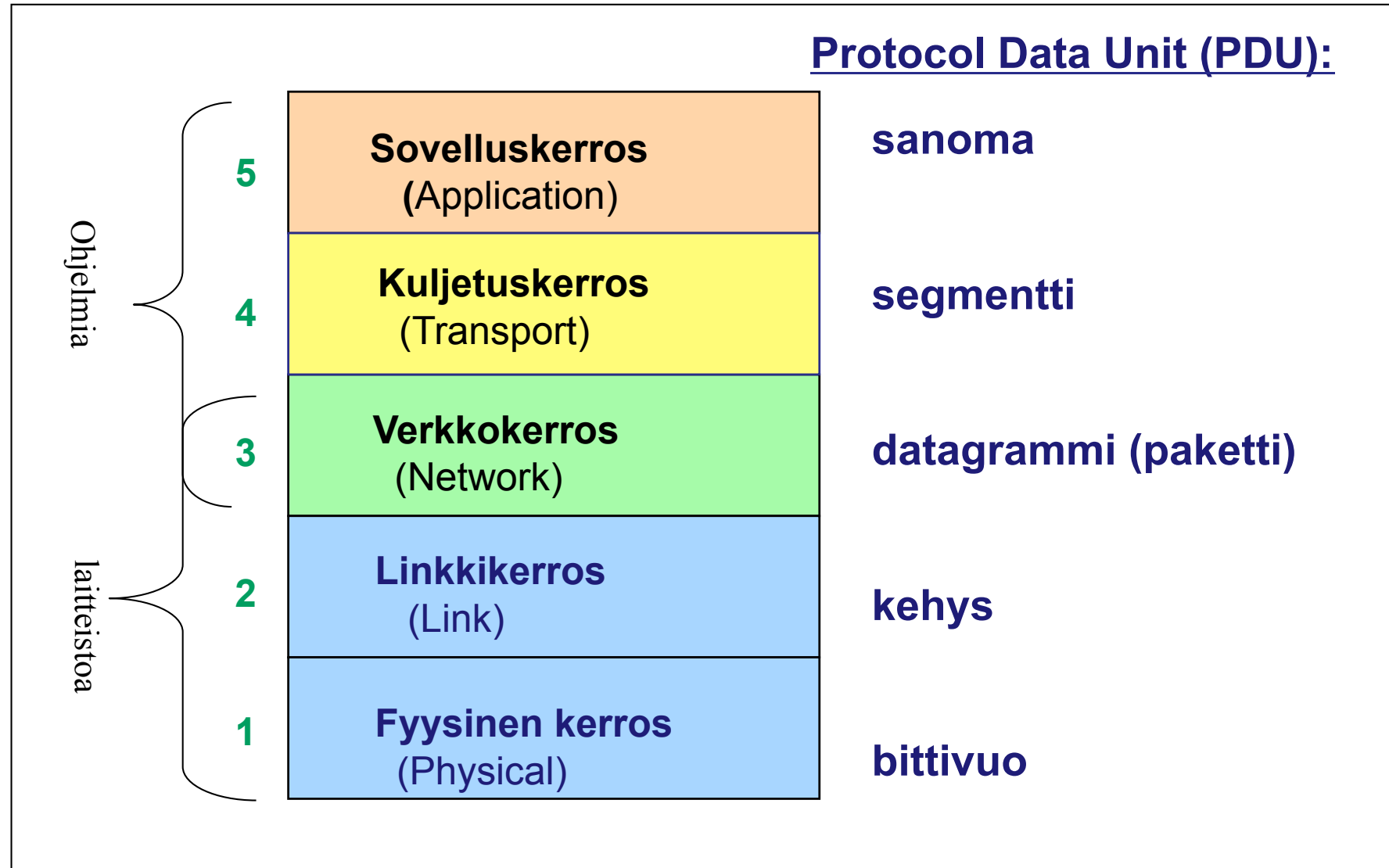
Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä

Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu.





# Internet-protokollapino (2)







# Kerrosten tehtävät

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

sovellus

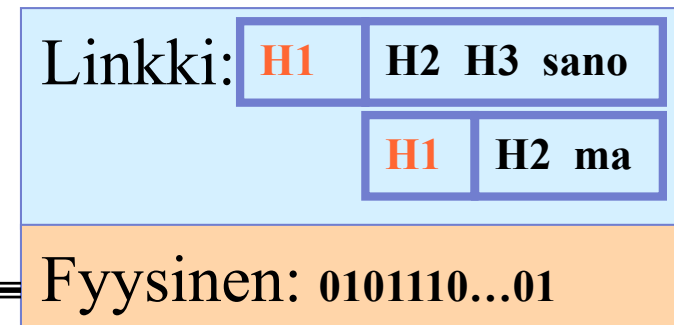
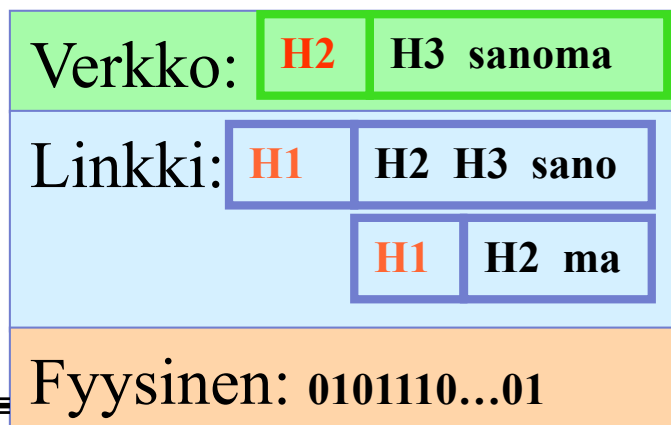
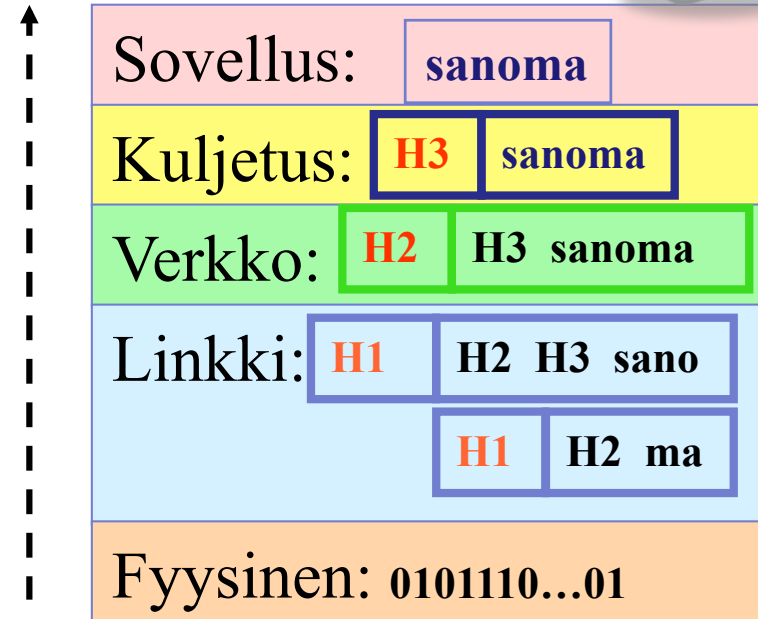
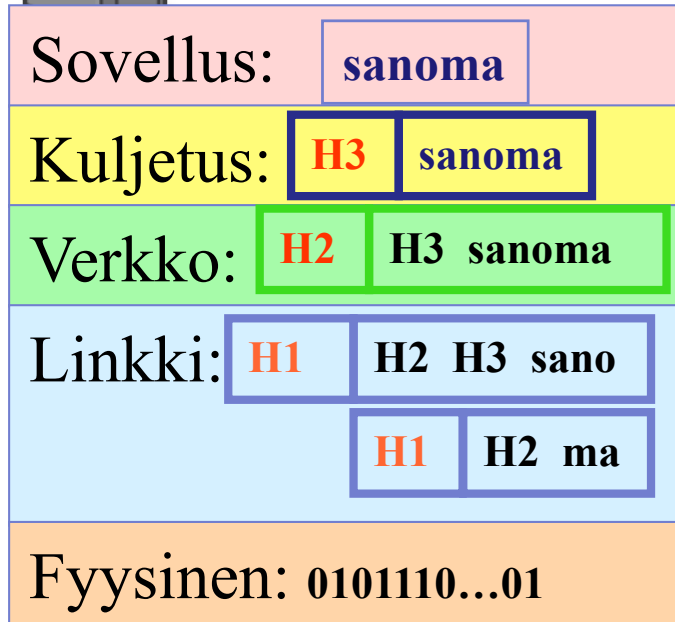
kuljetus

verkko

linkki

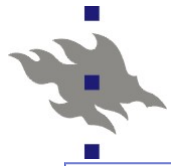
fyysinen

# Kapselointi



Reititin

Linkkitason kytkin



# ISO OSI-viitemalli

## ■ 7-kerroksinen malli

**ISO = International Standardization Organization**

**OSI = Open Systems Interconnection**

yhdistää koneita, jotka 'avoimia' kommunikointiin toisten kanssa

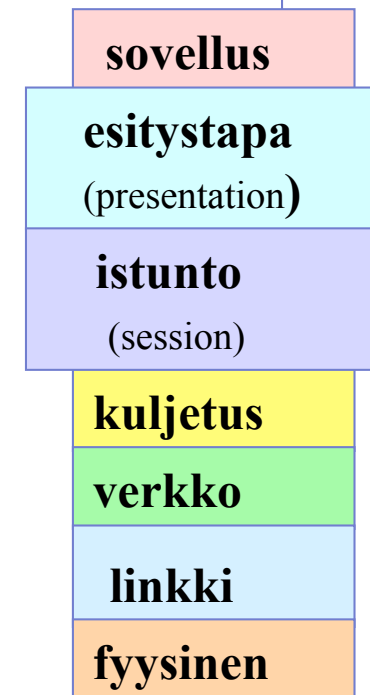
## ■ Käsitteellisesti ehjä malli,

- 1978 -> 1982 viitemalli
- 1983 -> toiminnallisia standardeja
- 1995 uudistuksia

**mutta ei paljoakaan käytössä**

## ■ Katoavaa kansanperintettäkö?

Vai vasta tulossa?





# ISO OSI-viitemalli

## ■ 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**

## ■ Istuntokerros

### **Jäsentää tietojen vaihtoa istunnossa**

kommunikointitavasta sopiminen: kaksi- vai yksisuuntainen

lähetysvuoronsäätely

### **Tahdistaa kommunikointia esim. tiedostonsiirrossa**

Tahdistuspisteet: jos yhteys katkeaa, voi jatkaa siitä mihin jäi

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



# Kertauskysymyksiä

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

Ks . myös kurssikirja ss. 67-69.