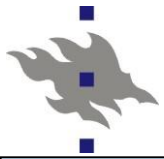




# Tietoliikenteen perusteet

## Tietokoneverkot ja **Internet**

Kurose, Ross: Ch 1

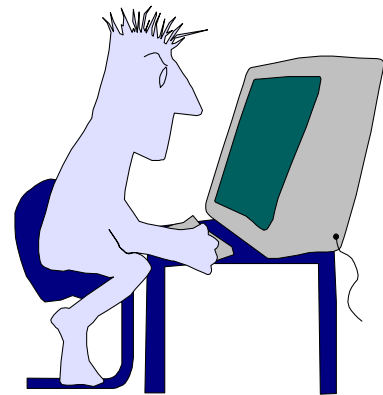


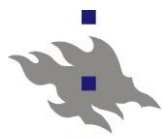
# Sisältöä

- n Internet
- n Verkon reunalla:
  - n asiakkaat ja palvelimet,
  - n yhteydetön ja yhteydellinen palvelu
- n Verkon sisällä
  - n Piirikytkentäinen, pakettikytkentäinen verkko
  - n Datasähkeverkko, 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
- n Internetin uhista

## Oppimistavoitteet:

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





# Tietoliikenteen perusteet

## Internet

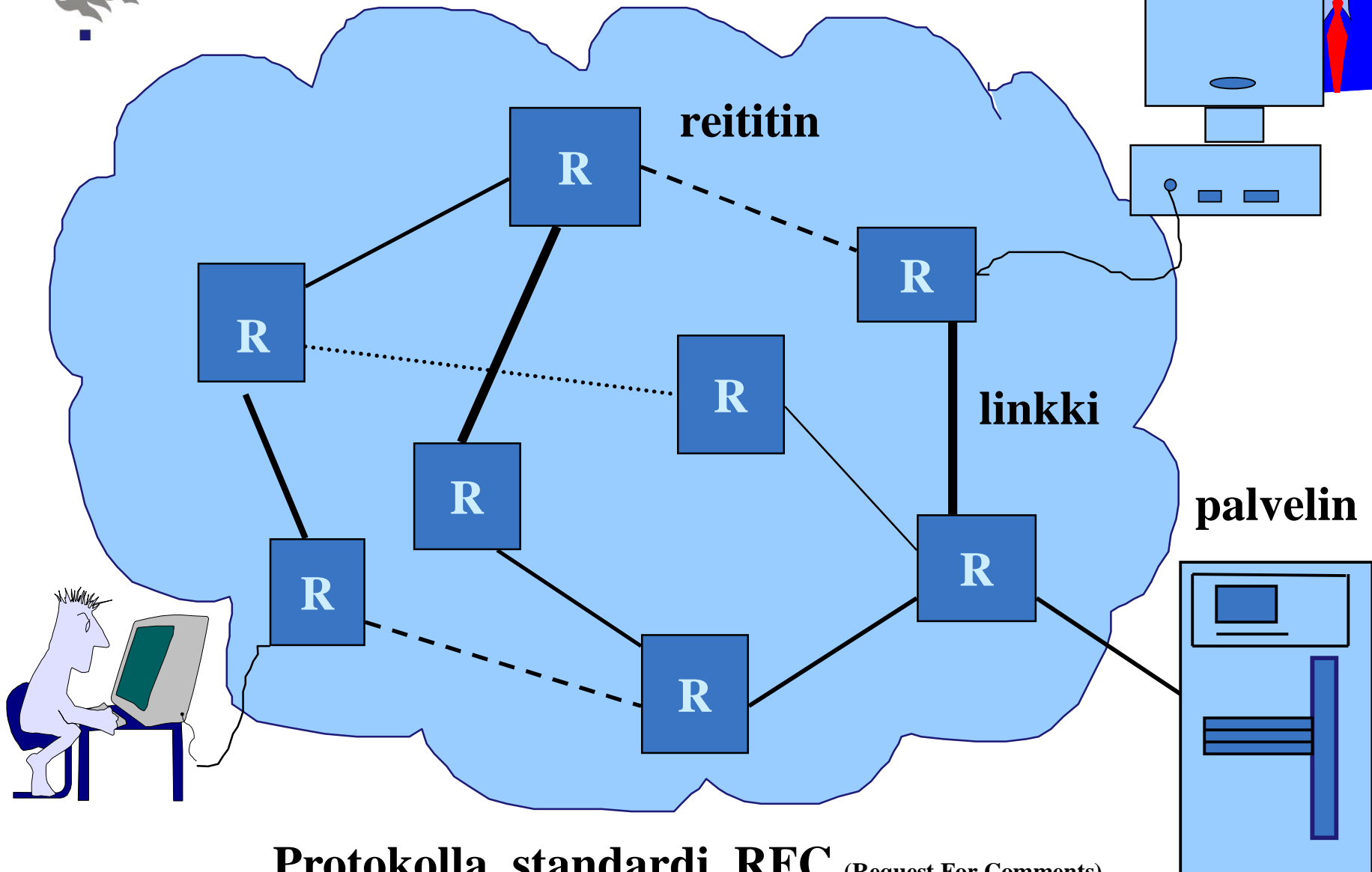
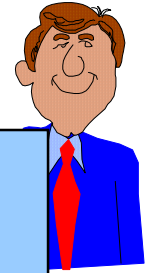
Osittaisia kuvia Internetistä:

[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>

# Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



**Protokolla, standardi, RFC** (Request For Comments)



# 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))

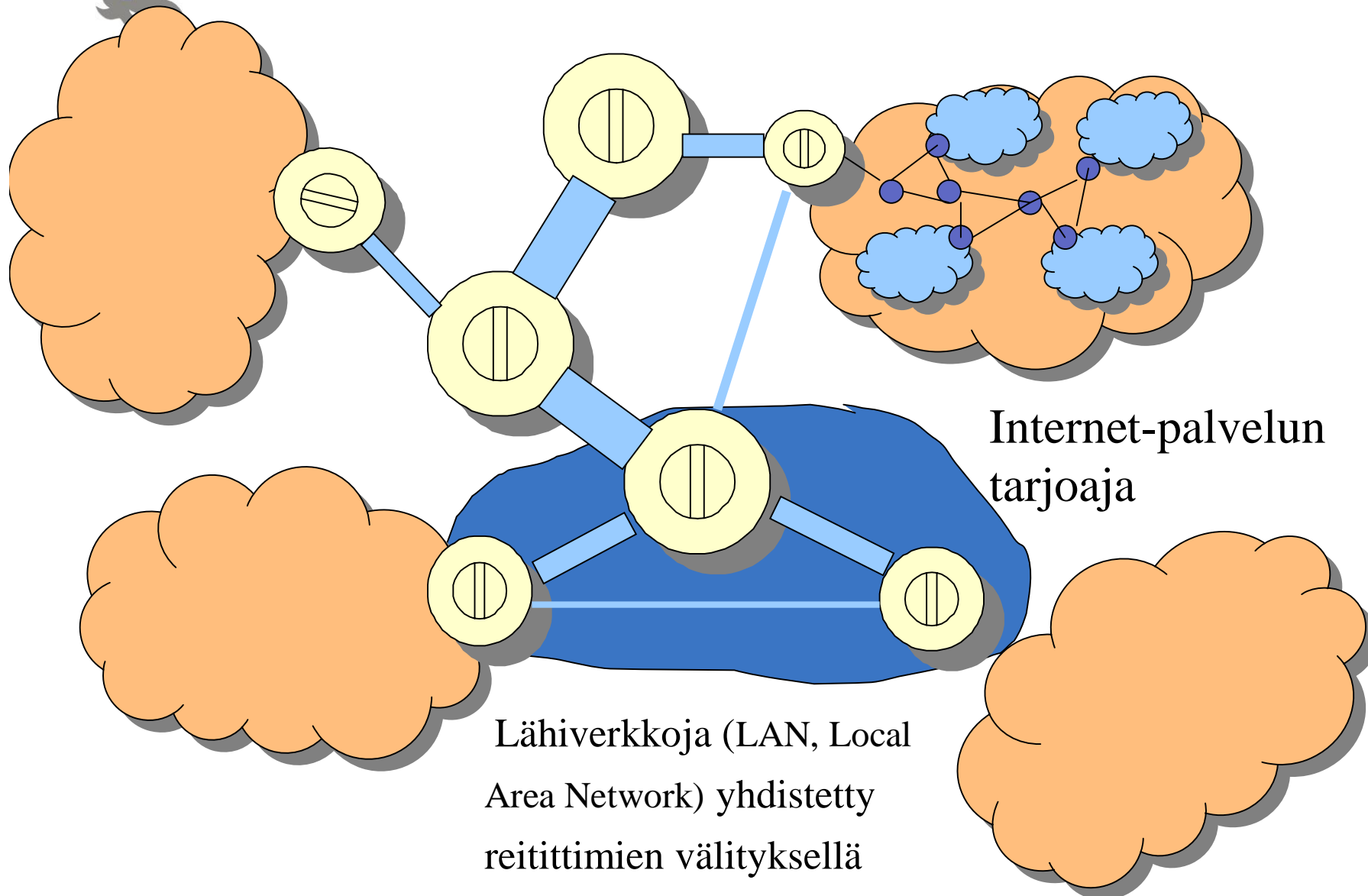
- Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä

## n Tietoliikennelinkkejä

### n erilaisia siirtomedioita

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

■ **Internet = verkkojen verkko** (löyhää hierarkiaa)



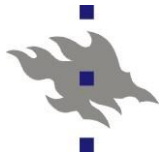
# Internet:



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>

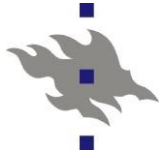
73,6 % Pohjois-Amerikassa;  
5,3 % Afrikassa



# 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





## Tietoliikenteen perusteet

# Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)

# Verkon reunoilla

## Isäntäkoneet

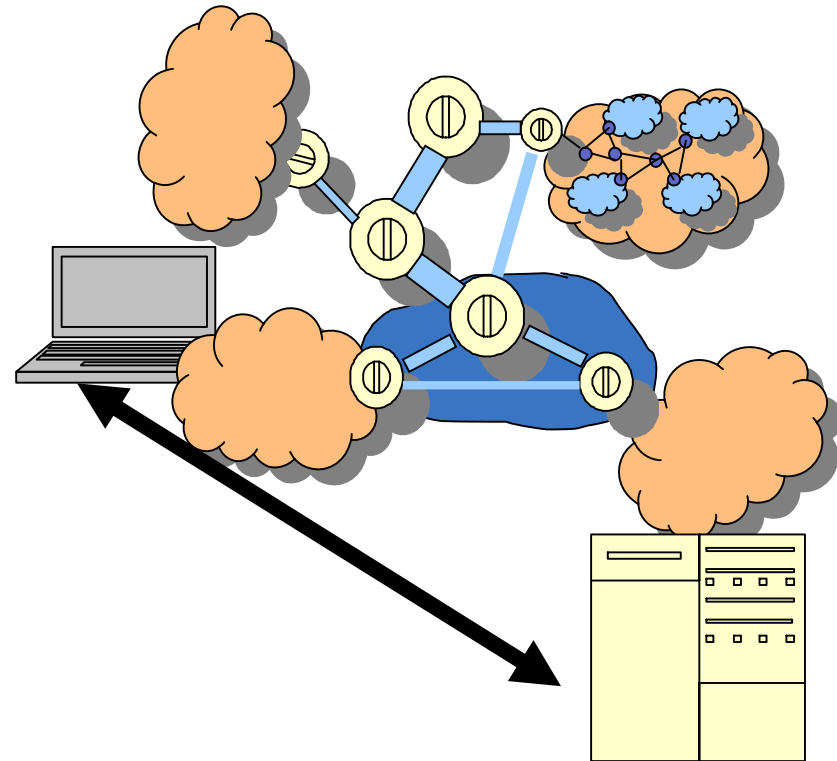
suorittavat hajautettuja sovelluksia  
(sähköposti, verkkosamoilu,  
Messenger,...)  
ovat verkon reunalla

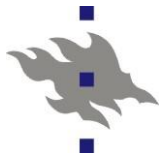
## Asiakas/palvelija-malli

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

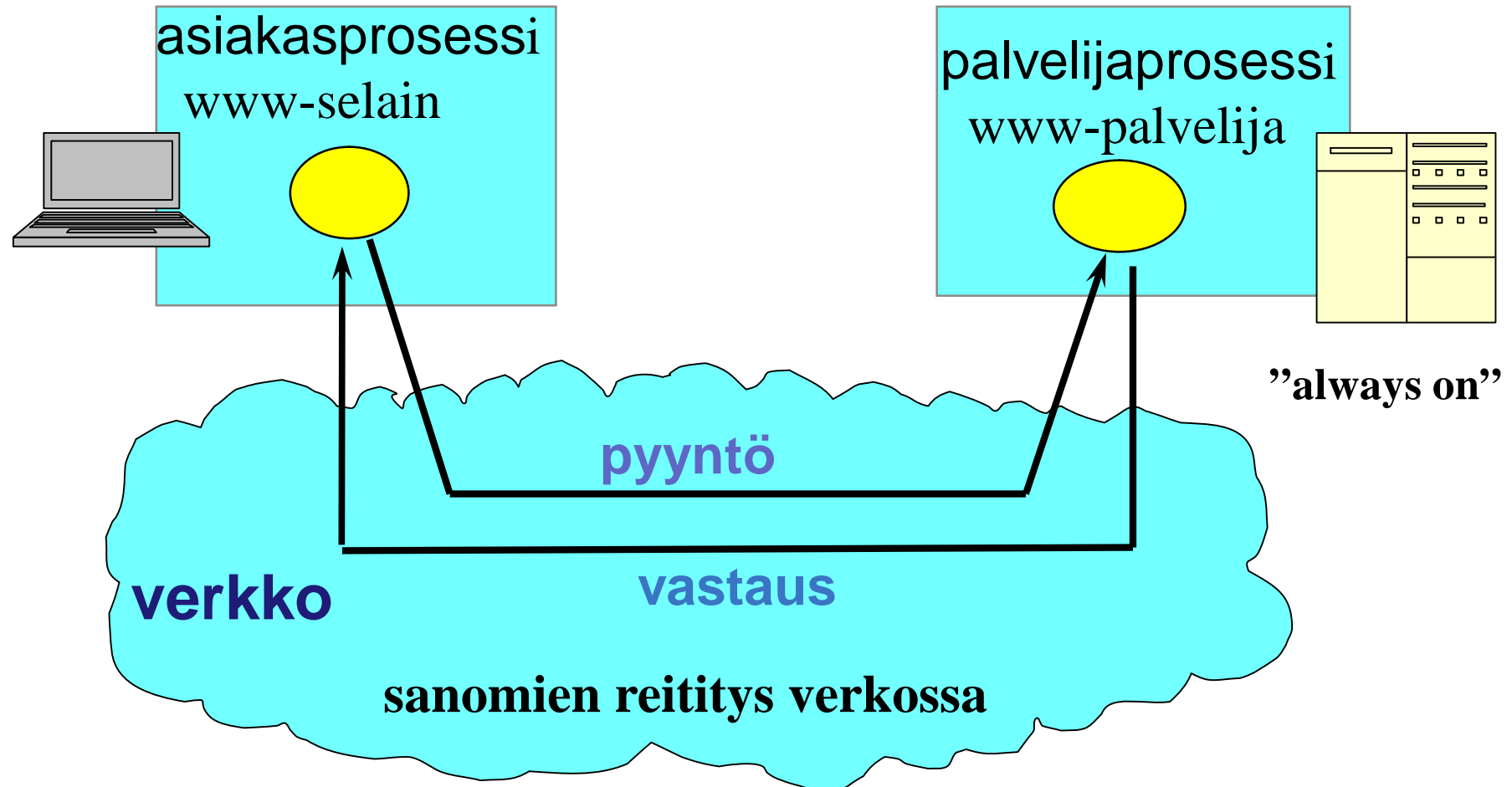
## Vertaistoimijamalli (peer-to-peer, P2P)

isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana  
Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDonkey, eMule,  
BitTorrent, Mute, ...  
Internet-puhelin: Skype

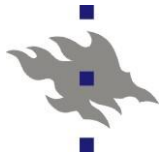




# Asiakas-palvelija-malli

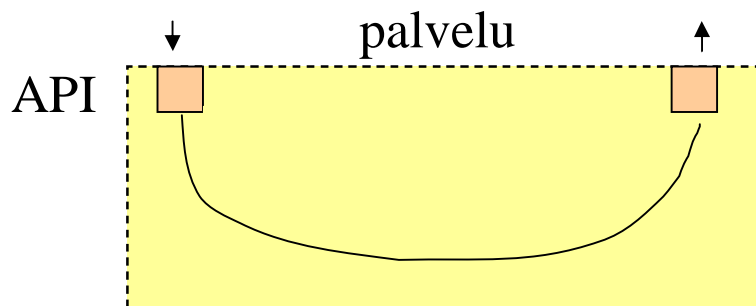


Oikea kone, oikea prosessi



# Palvelu vs. protokolla

- 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

# Verkon syövereissä, reititys

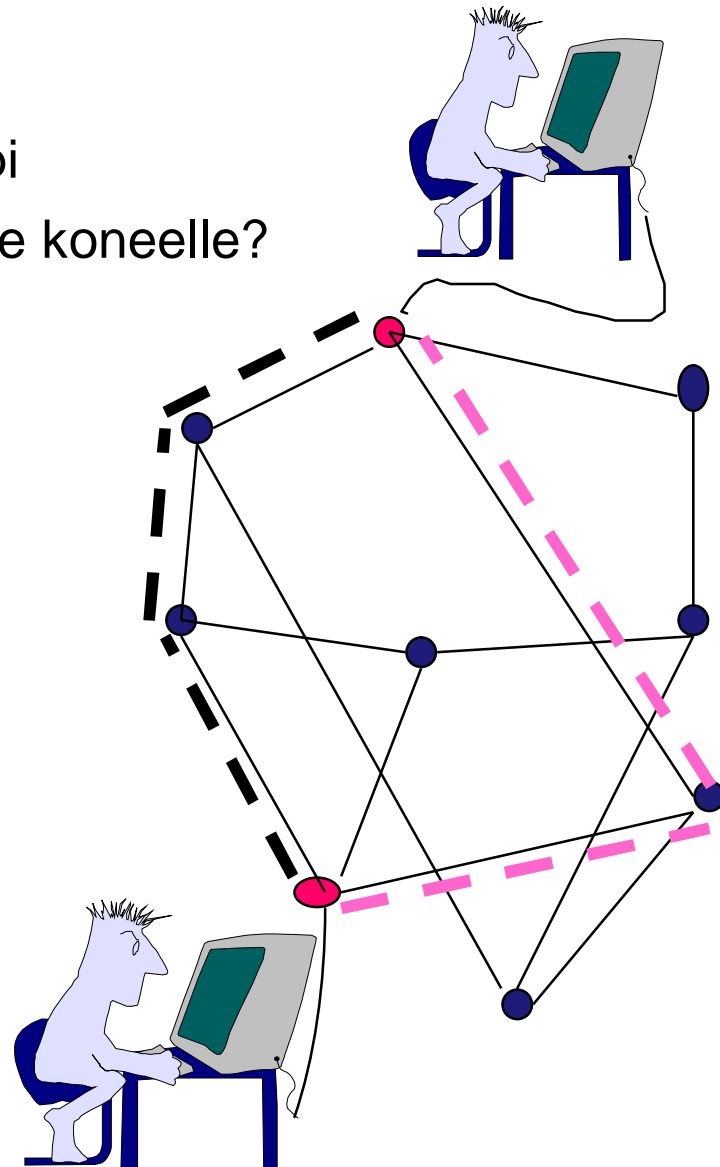
(network core)

# 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





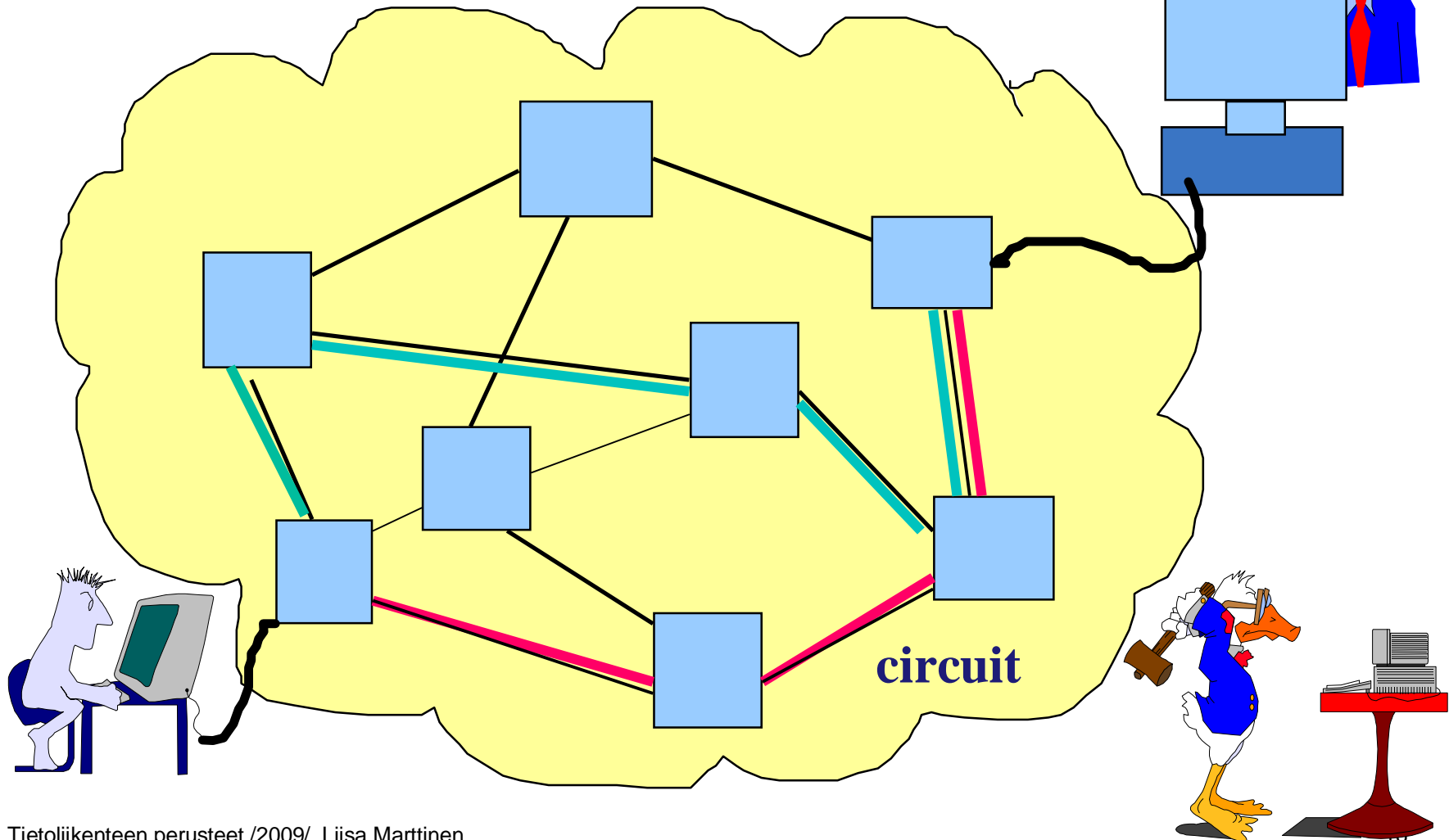
## Piirikytkentä (circuit switching)

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

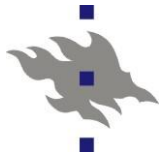
virt: vesipisteiden yhdistäminen  
letkuilla ja veden valutus

## Piirikytkentäinen verkko

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





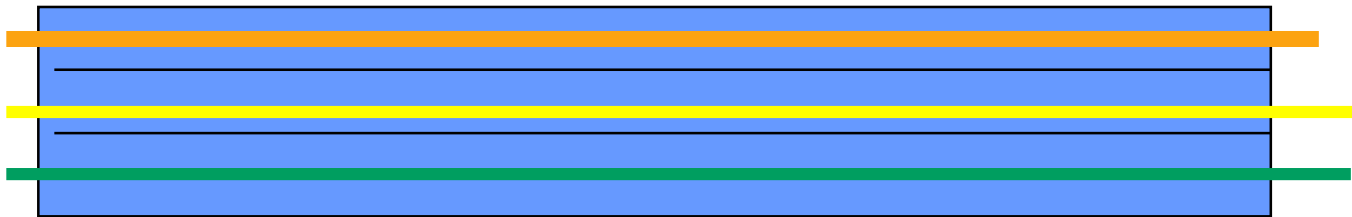


## Piirikytkentä: kanavointi (multiplexing)

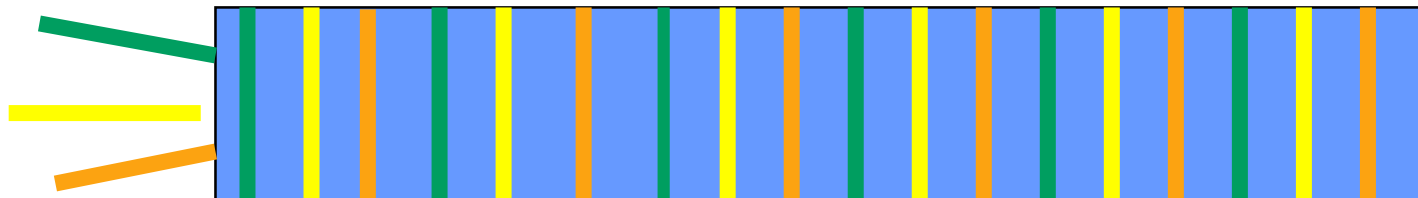
Linkille on limitetty usean yhteyden sanomia

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

linkin kaistanleveys (taajuudet) jaettu käyttäjien kesken



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





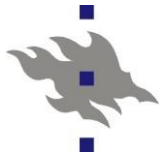
# Siirtonopeus, siirtoaika

## 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 ...

### n 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**

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

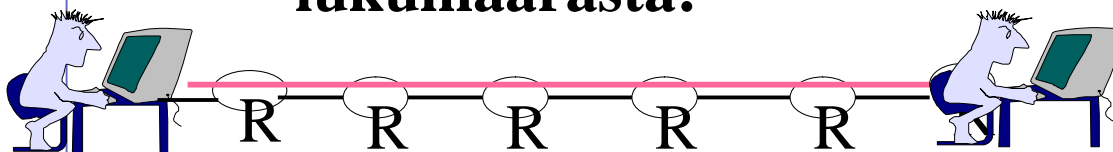
**Kun yhteyspiirin muodostus vie**

$$0.5 \text{ s}$$

**niin aikaa kuluu yhteensä**

$$10.5 \text{ s.}$$

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





## Pakettikytkentä (packet switching)

n Jaa data paketeiksi ja lähetä paketti kerrallaan verkkoon

n 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

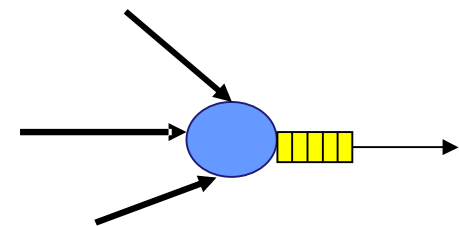
n **Etappivälitys** (store and forward) = paketti vastaanotetaan kokonaan ja vasta sitten lähetetään eteenpäin

n Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille

n Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden

n Paketti joutuu odottamaan vuoroaan reitittimen muistissa

n **Ruuhka** (congestion) => jopa paketin häviäminen





## Pakettikytkentä

n Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli (hop)

n Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava

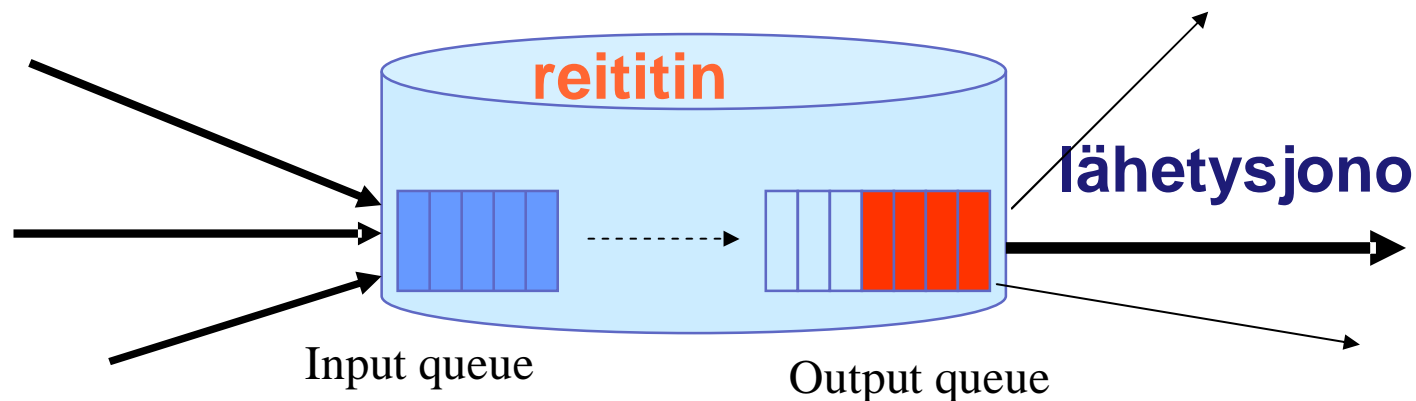
- Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa

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

$R$  = lähtölinkin siirtonopeus

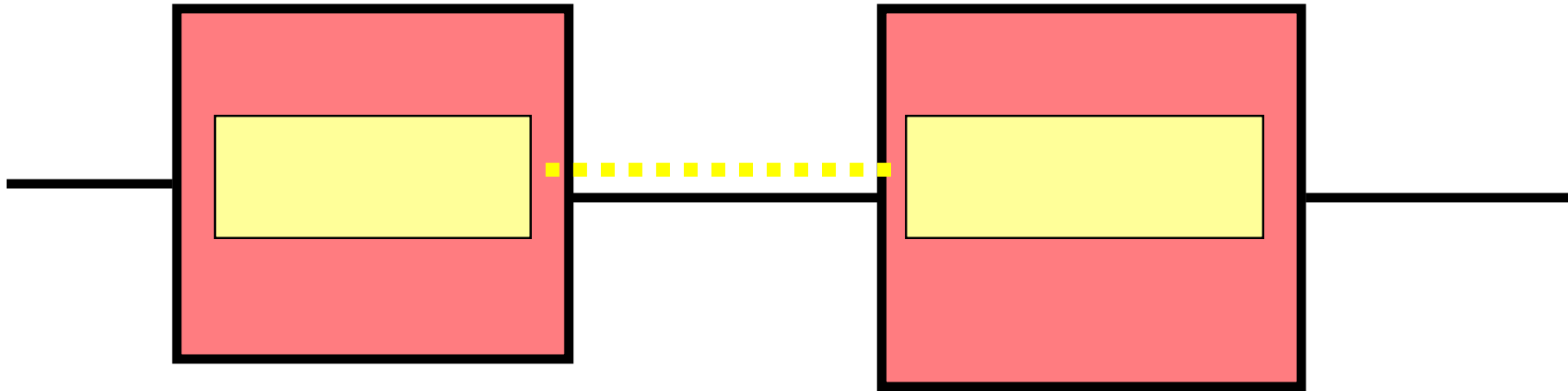
n Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)

n paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja





# etappivälitteinen



## ■ ■ ■ Kauanko kestää...

**n** Kauanko kestää lähettää

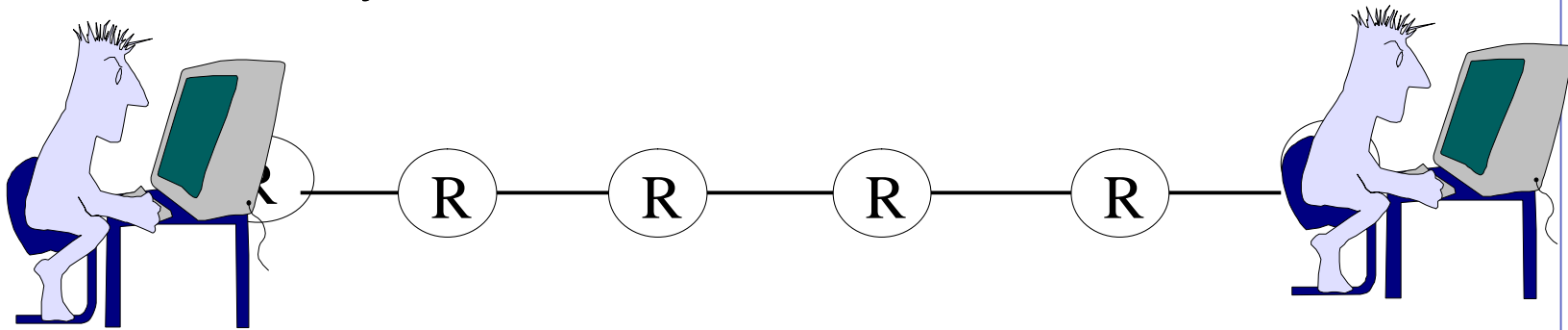
yksi 4 Kb:n paketti

**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**

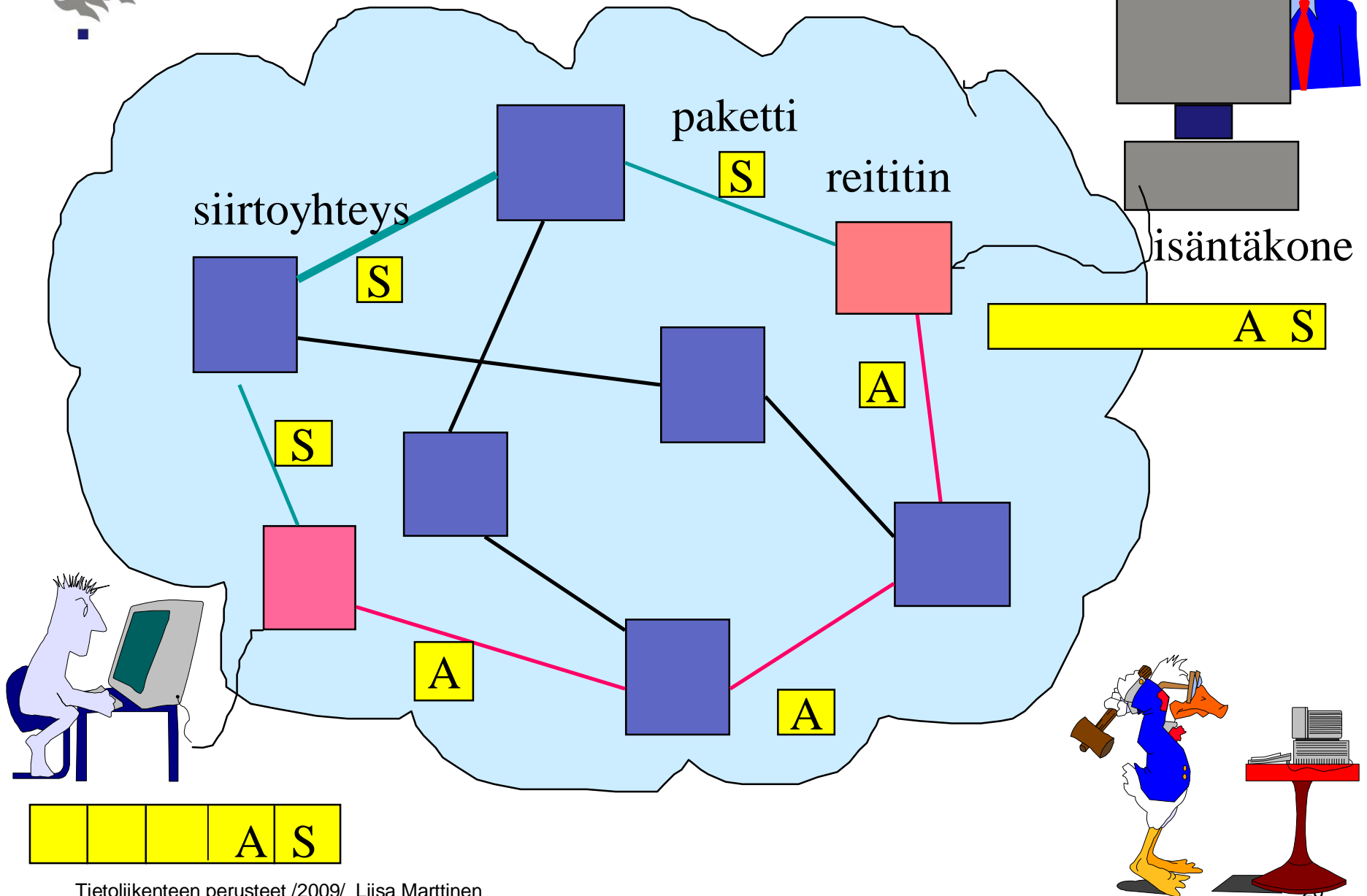
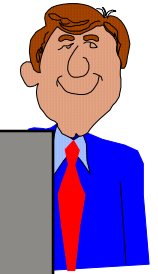
**etenemisviivettä** (= signaalin etenemiseen

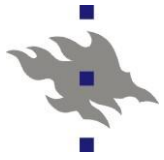
johtimessa tai ilmassa kuluva aika) **eikä**

mahdollisia **jonotusviipeitä.**

**Miksei?**

# Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko





## **Etenemisviive** (propagation delay)

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

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

- Tyhjiössä valonnopeus on  $299.795.458$  m/s.

### **n riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**

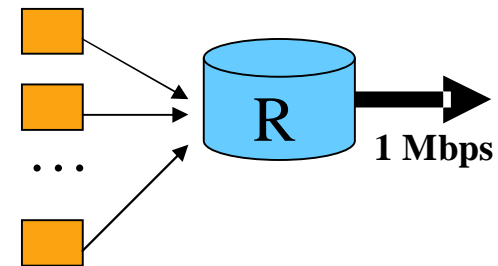
**n** merkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä

### **n 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)

$t_n$  (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!

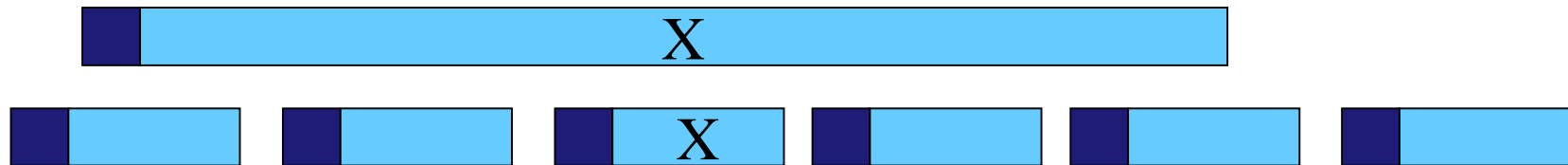
### n Purskeinen käyttö on tyypillistä Internetissä

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)

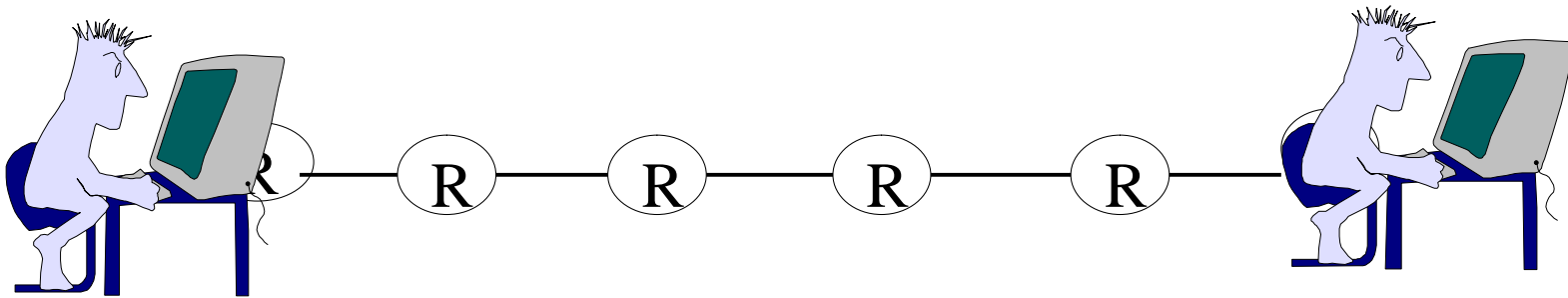
Sanoma: yksi otsake riittää

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**

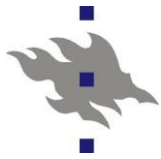
416 ms!!



## 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  **$400 \text{ ms} + 16 \text{ ms} = 416 \text{ ms}$**



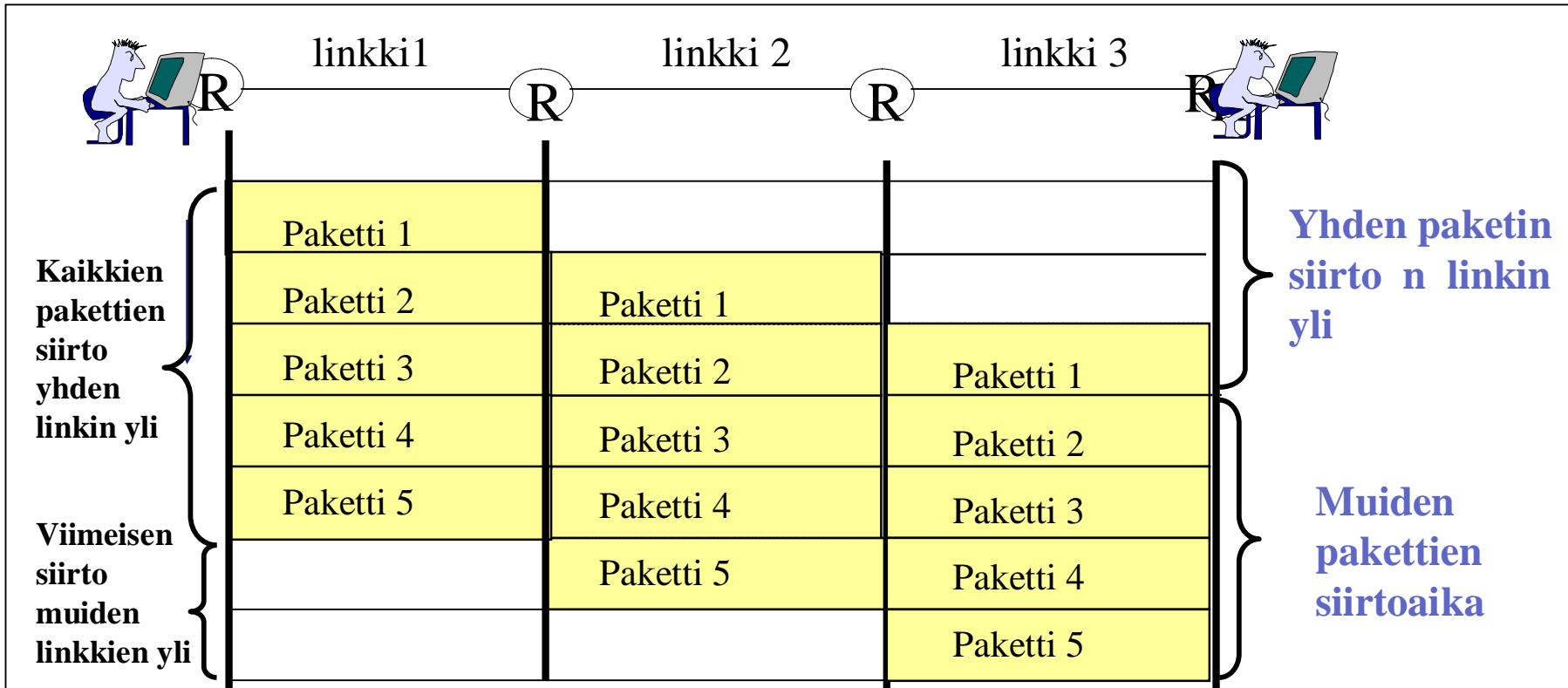


# Pakettivälitys siirto-aika

Olkoon siirtoaika a:

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

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

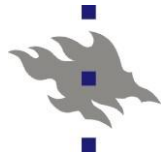


Sanoman siirtoaika, kun sanomassa on k pakettia ja linkkejä on n kappaletta

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 li

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)



# 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



# 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”



## ▪ 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

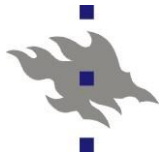
## n **Kallista verrattuna parikaapeliin**

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

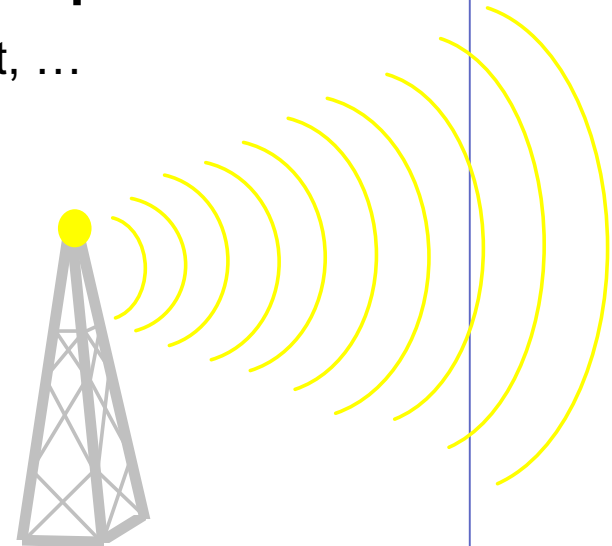
... radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ...

## 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

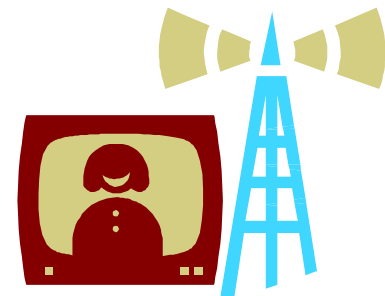
**n Rajallinen resurssi**

Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee

=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä

**n Käyttö**

Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)





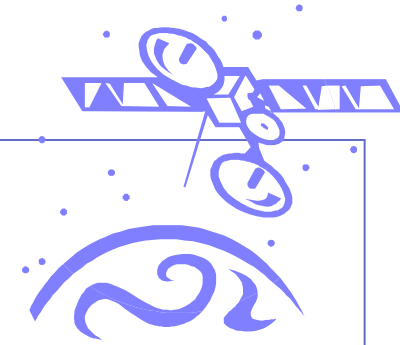
## Mikroaallot ( 1 GHz ... 40 GHz)

- 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)

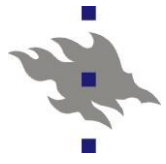
geostationäärinen = pysyy maahan nähden paikallaan

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

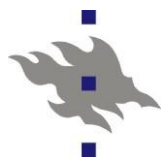
Heijastuksia

**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

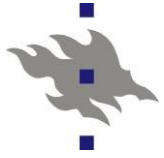
#### n Erilaiset häiriöt: kohina, ylikuuluminen, heijastuminen, jne

#### 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**

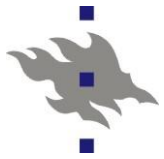


## Etenemisviive (propagation delay)

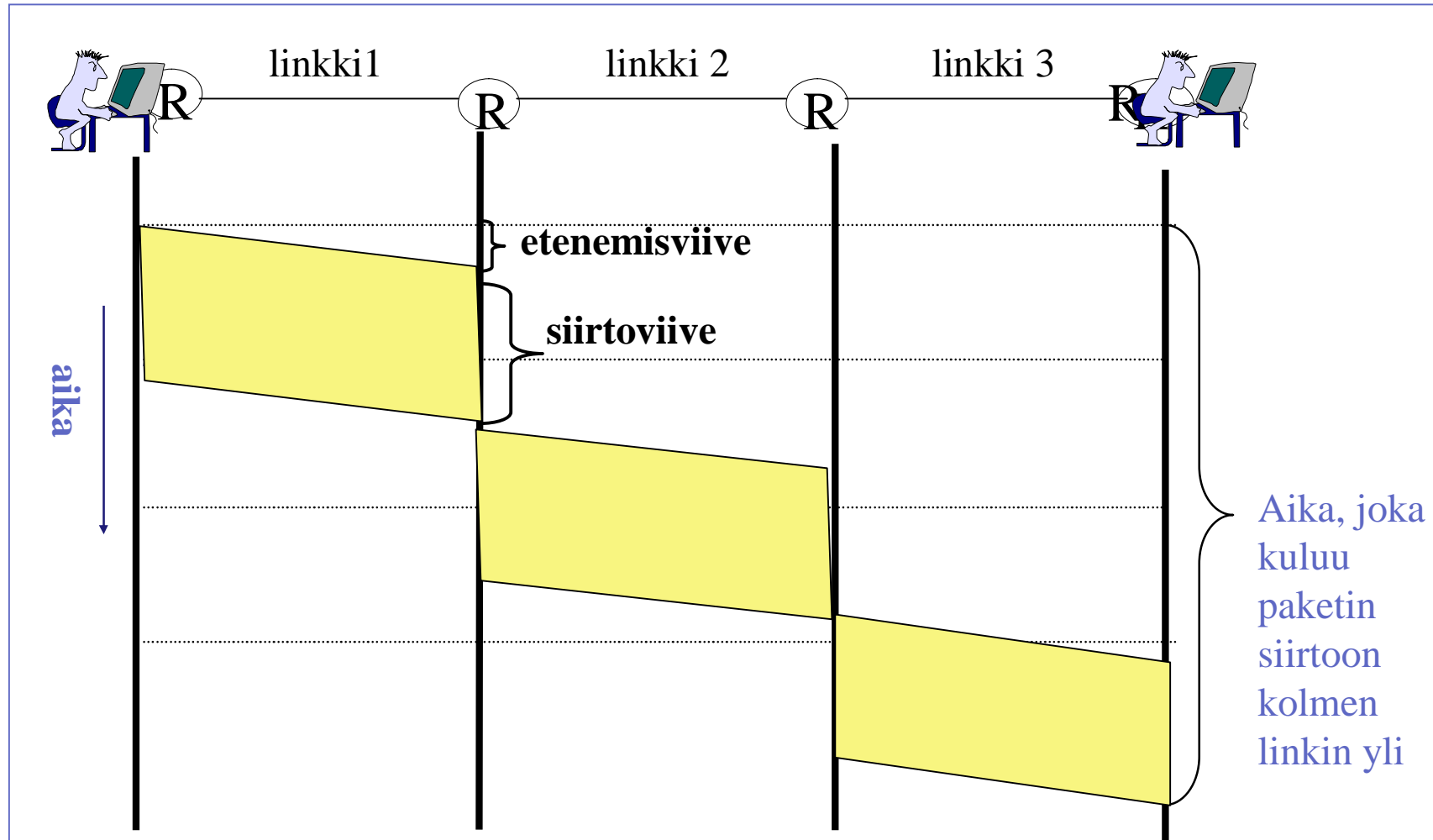
- n Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**  
mediasta riippuen noin  $2/3$  valonnopeudesta
- n Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**  
merkitystä etenkin satelliittilinkeillä,  
myös pitkissä mannerten välisissä yhteyksissä
- n Valonnopeus on kattonopeus kaikelle liikenteelle**  
 $\sim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

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





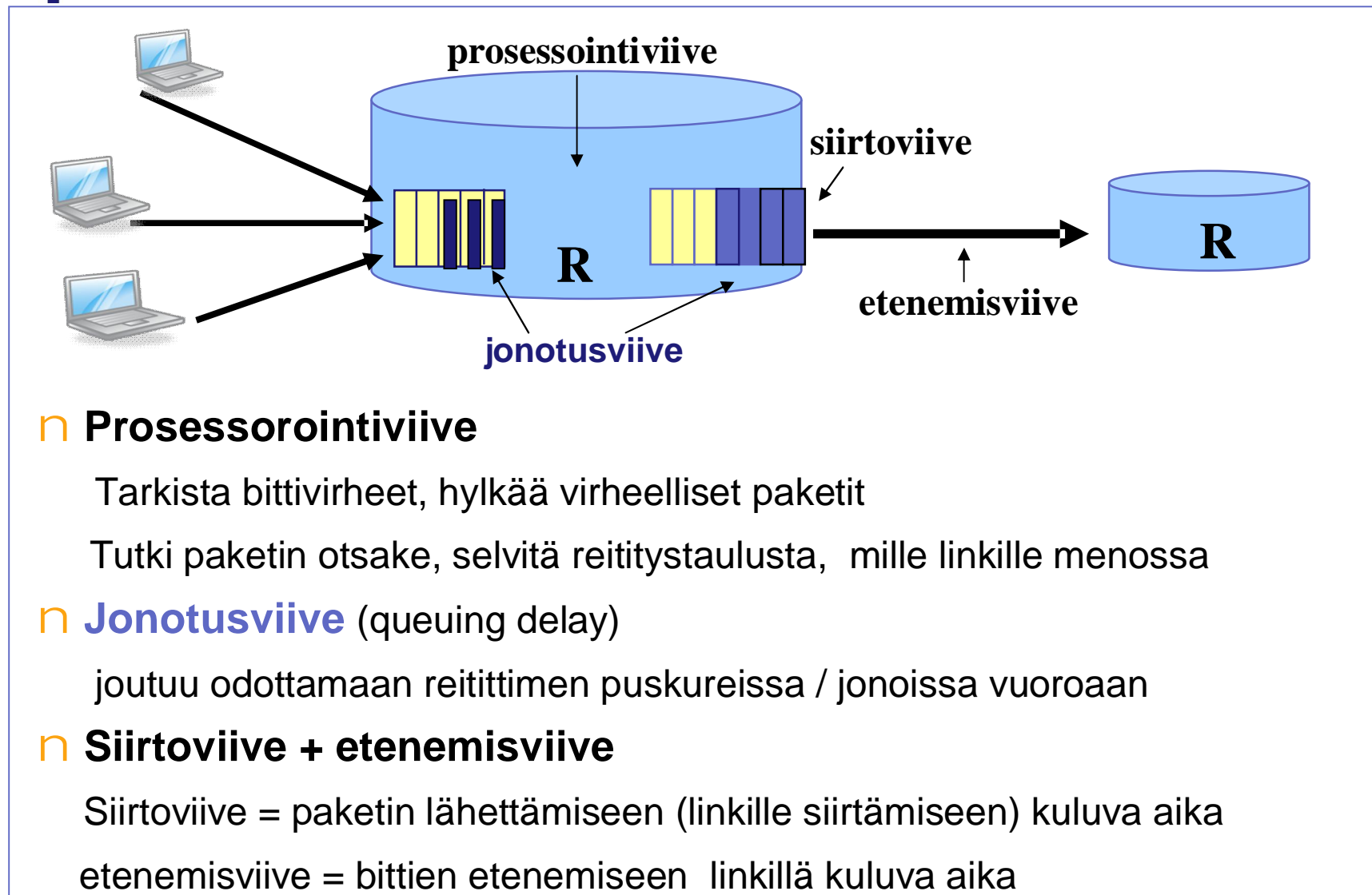
# Etenemisviive



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



## n Prosessorointiviive

Tarkista bittivirheet, hylkää virheelliset paketit

Tutki paketin otsake, selvitä reititystaulusta, mille linkille menossa

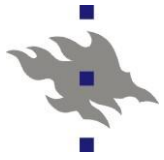
## n Jonotusviive (queuing delay)

joutuu odottamaan reitittimen puskureissa / jonoissa vuoroaan

## n Siirtoviive + etenemisviive

Siirtoviive = paketin lähettämiseen (linkille siirtämiseen) kuluva aika

etenemisviive = bittien etenemiseen linkillä kuluva aika



# 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**

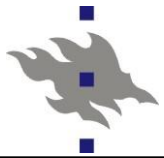
Kerroksissa toteutuu omat 'lisä'toiminnot  
Voi käyttää olemassaolevia alemman kerroksen toimintoja  
Kerrostien rajapinnat (interface) hyvin määriteltyjä  
Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

### **n Joustavuus**

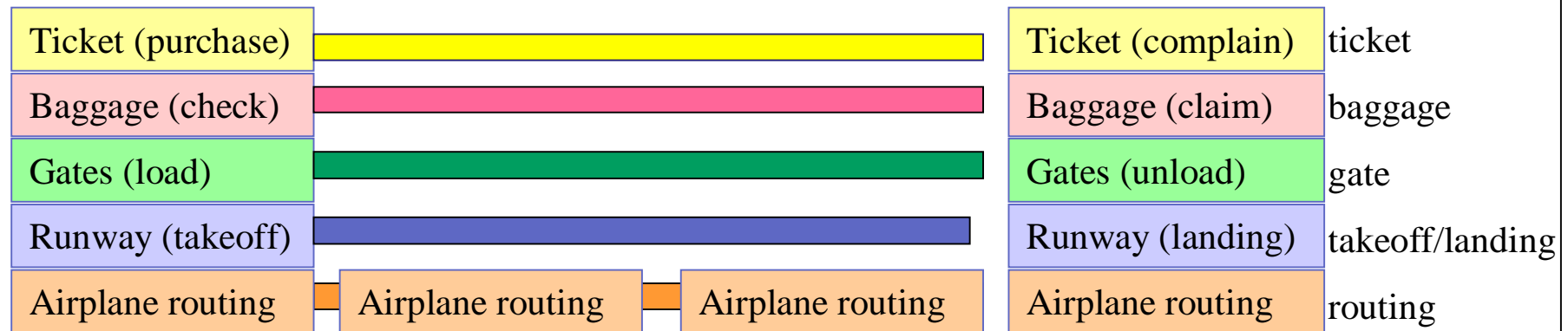
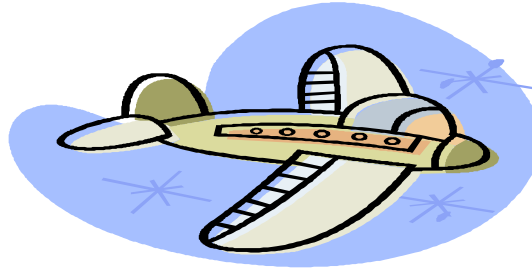
Pino koottavissa erilaisista protokollista  
Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

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

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



# Esimerkki: Lentoyhtiö



departure airport

intermediate air-traffic control centers

arrival airport

rajapinta

protokolla

Kurose, Ross: Fig. 1.18



# 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

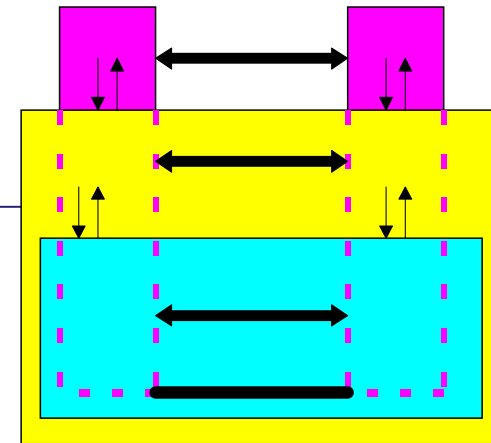
RFC-julkaisuja, standardeja

- n **Tulos**

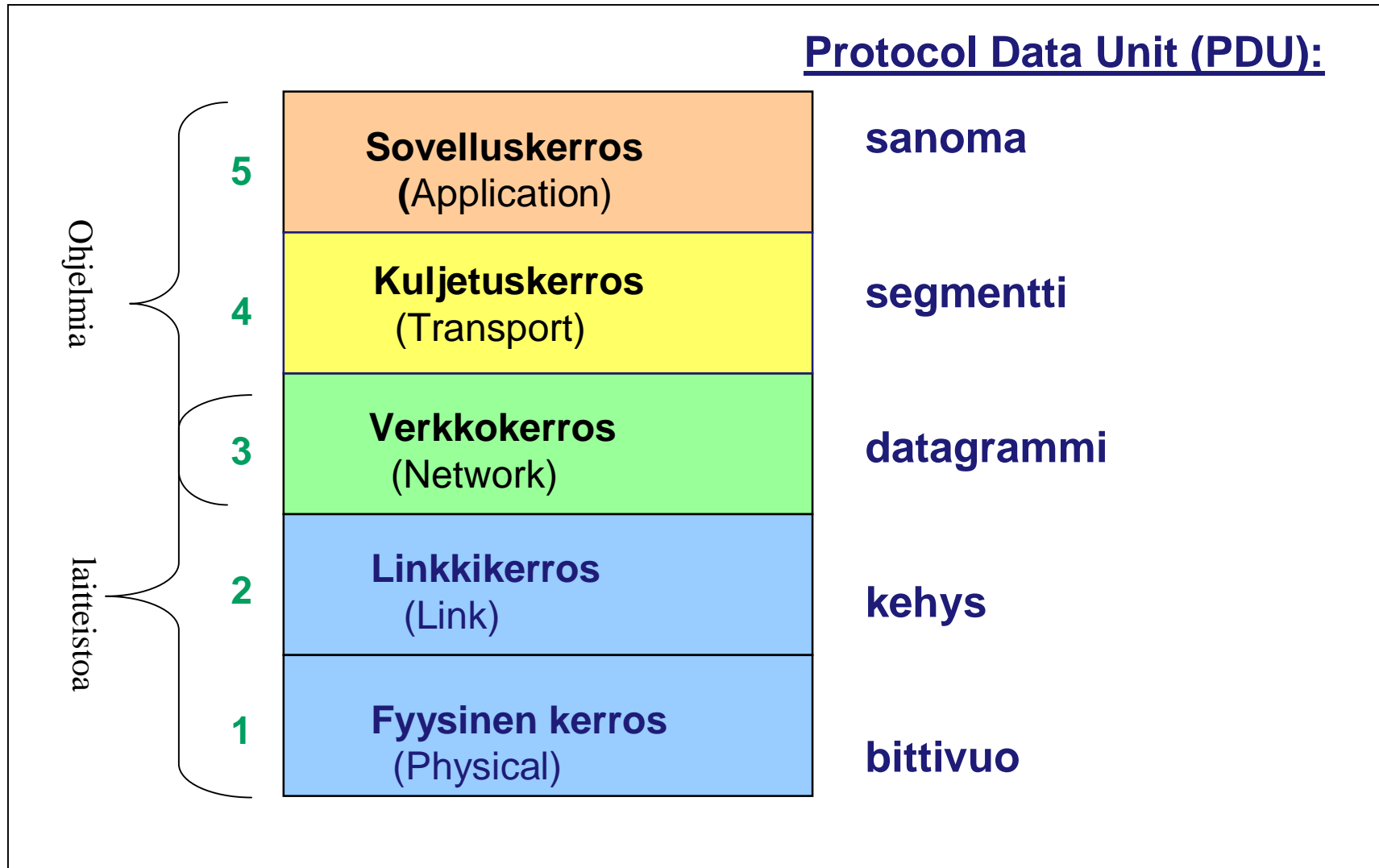
Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet

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**

sovellus

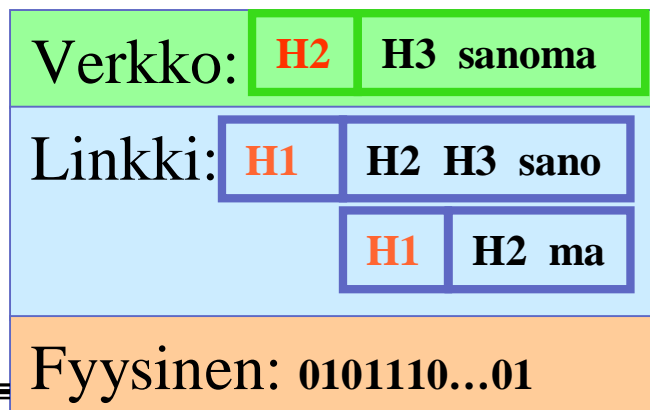
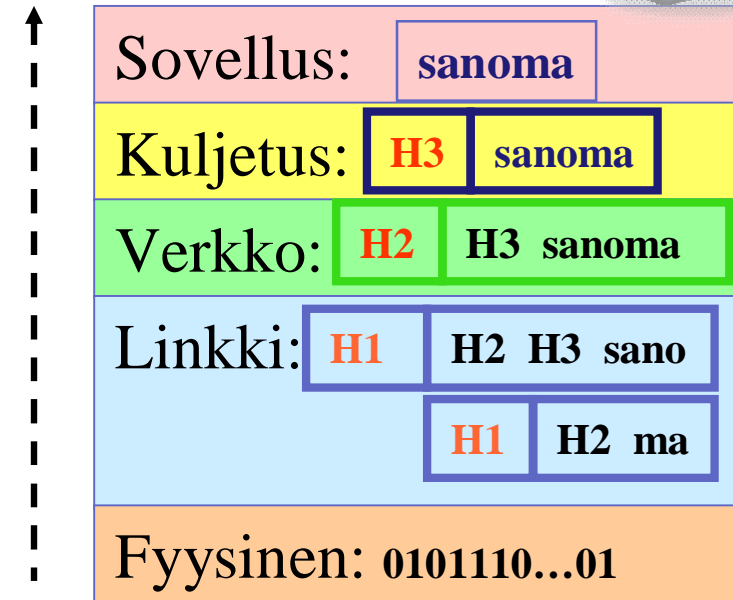
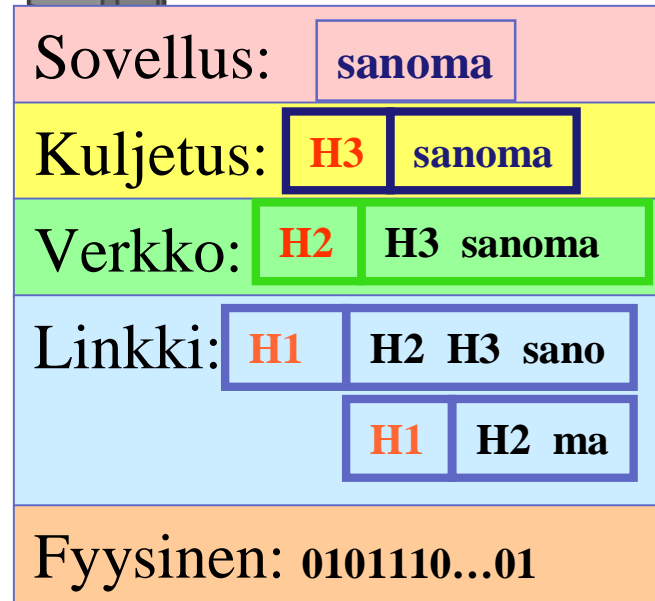
kuljetus

verkko

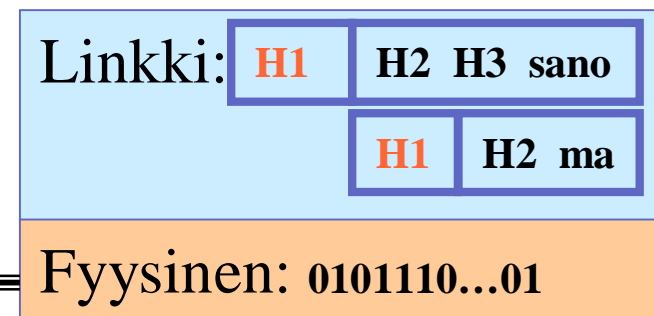
linkki

fyysinen

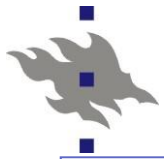
# Kapselointi



Reititin



Linkkitason kytkin



# 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

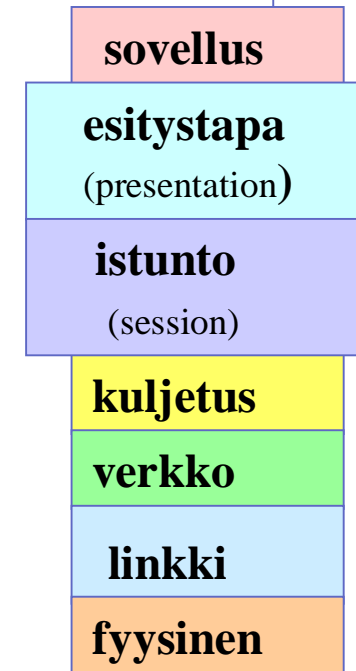
n 1983 -> toiminnallisia standardeja

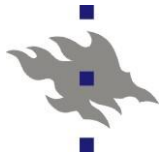
n 1995 uudistuksia

**mutta ei paljoakaan käytössä**

## n Katoavaa kansanperintettäkö?

Vai vasta tulossa?





# 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 Istunterros

### 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.