



Tietoliikenteen perusteet

Tietokoneverkot ja Internet

Kurose, Ross: Ch 1



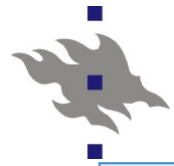
Sisältöä

- **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

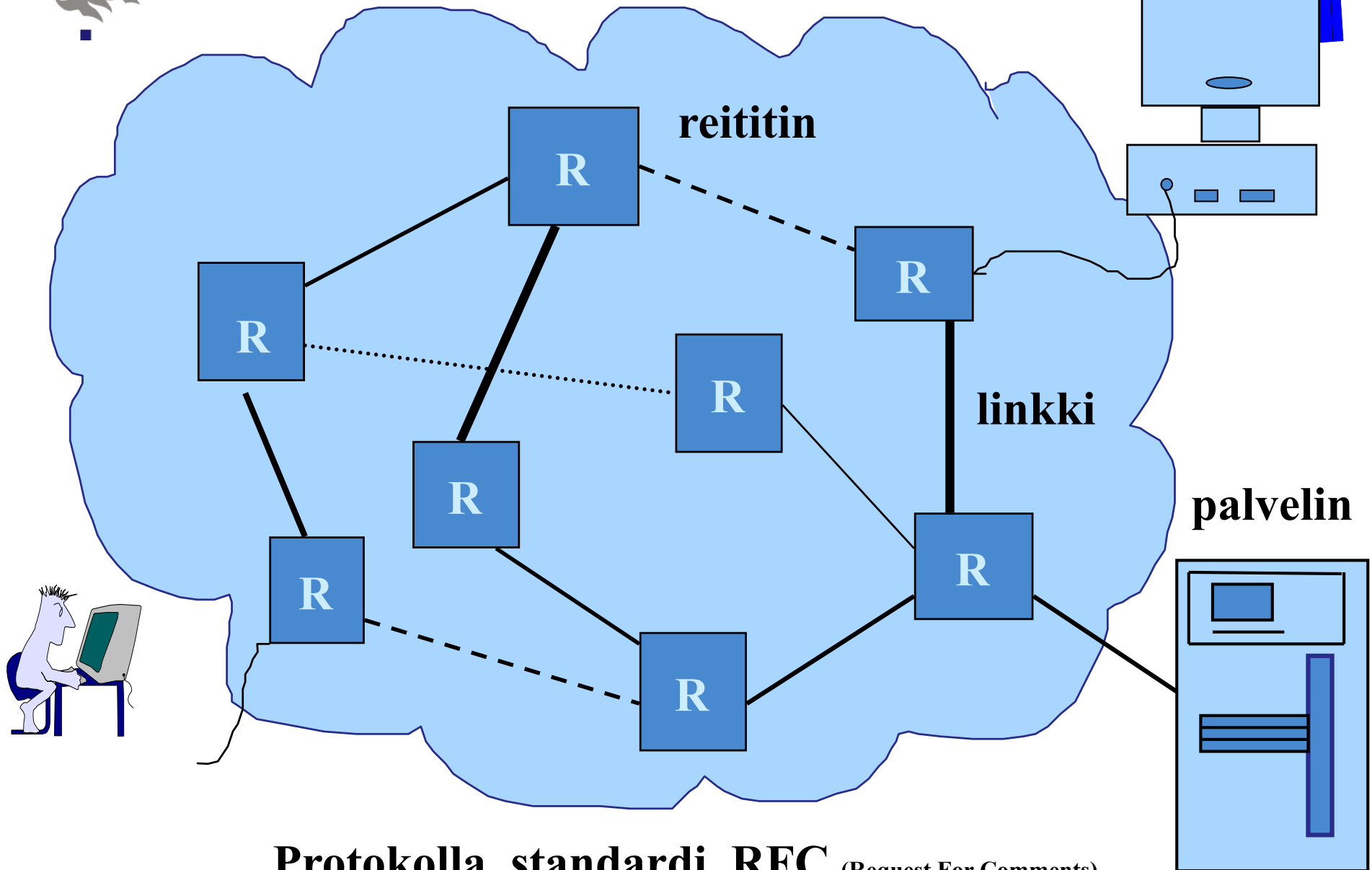
Osittaisia kuvia Internetistä:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Internet_map_1024.jpg

<http://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))

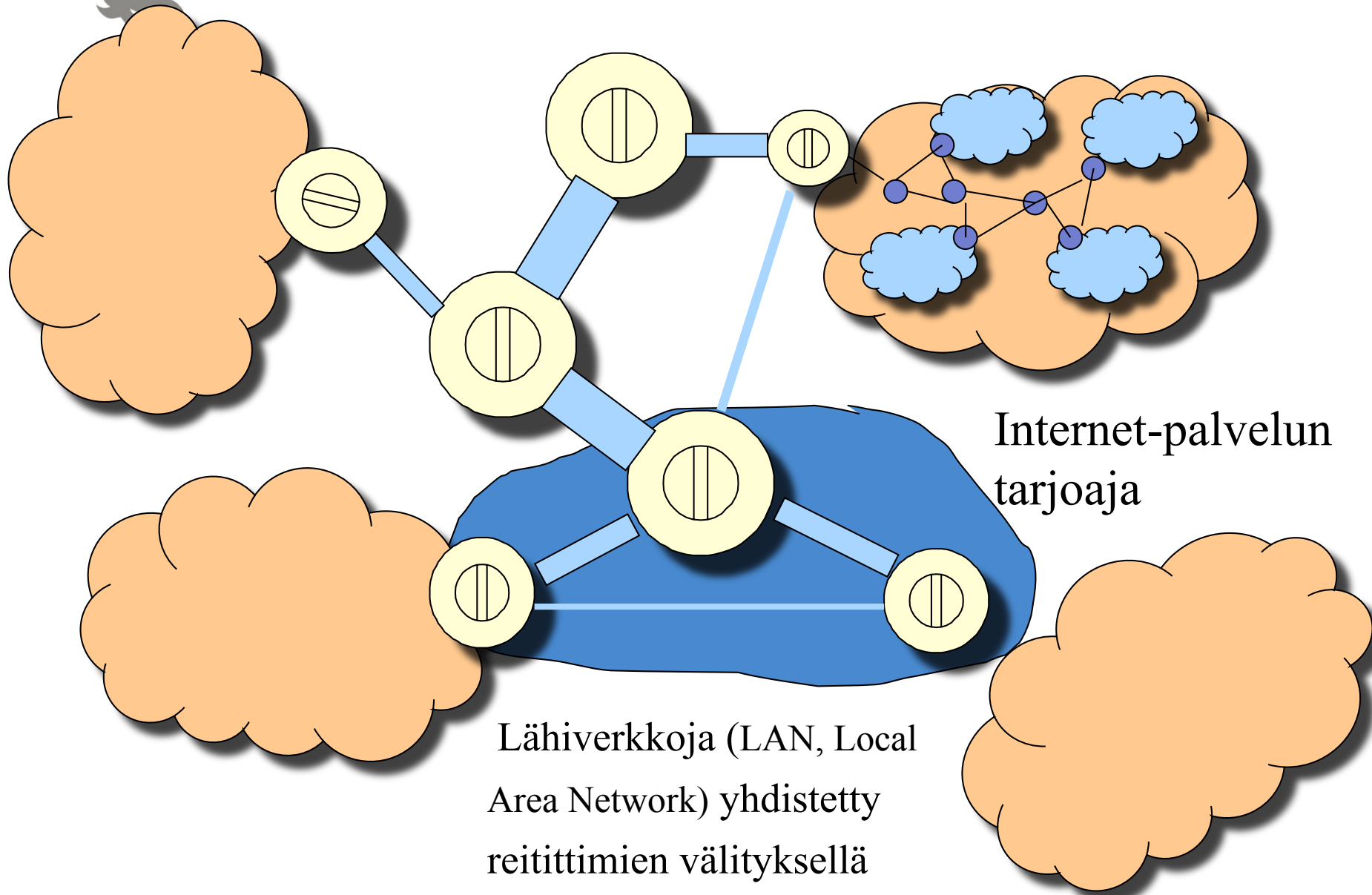
- Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä

■ Tietoliikennelinkkejä

■ erilaisia siirtomedioita

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

Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)





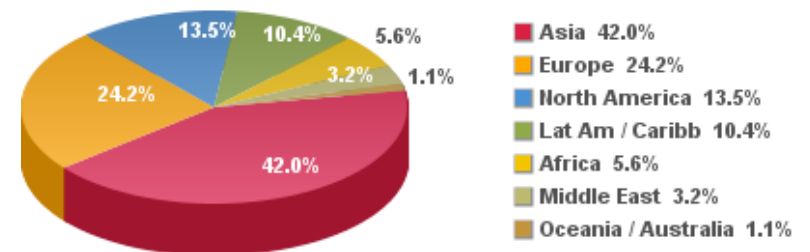
Internet:

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
Basis: 1,966,514,816 Internet users on June 30, 2010
Copyright © 2010, Miniwatts Marketing Group



Internet

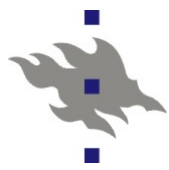
- Julkinen Internet vs. rajattu **intranet** ja **extranet**
- Päästä-päähän suunnittelumalli: tila ja toiminnot reunoilla
- Sovellukset voivat lähettää sanomia verkon välityksellä toisilleen
 - **yhteydellinen** (connection-oriented) **palvelu** / **yhteydetön** (connectionless) **palvelu**
 - Yhteydellinen: 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

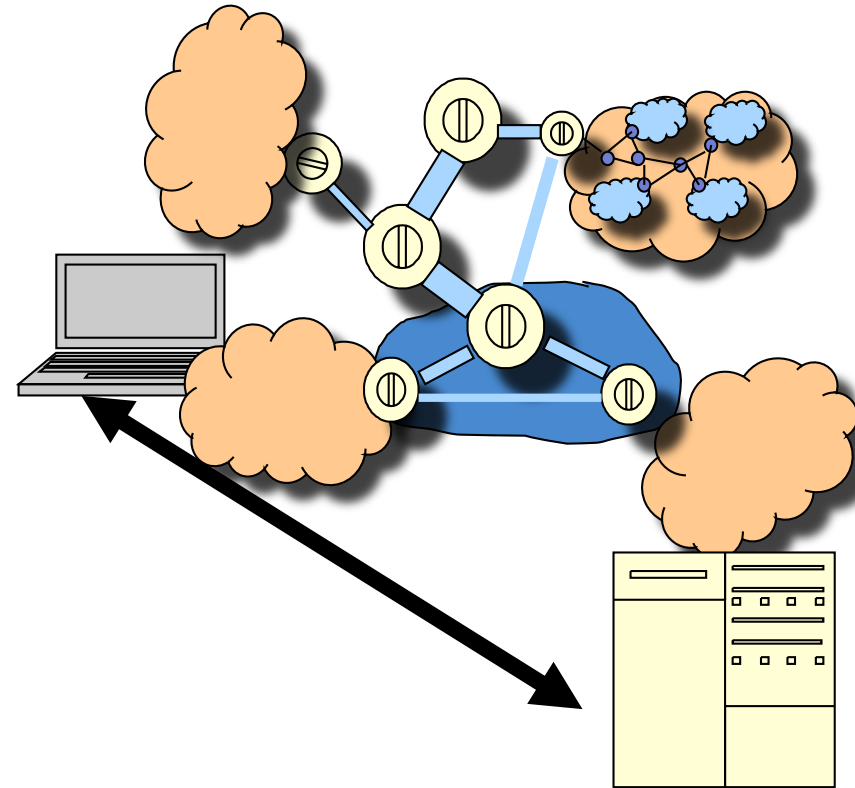
www-selain / www-palvelin, postisovellus / postipalvelija,

■ Vertaistoimijamalli (peer-to-peer, P2P)

isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana

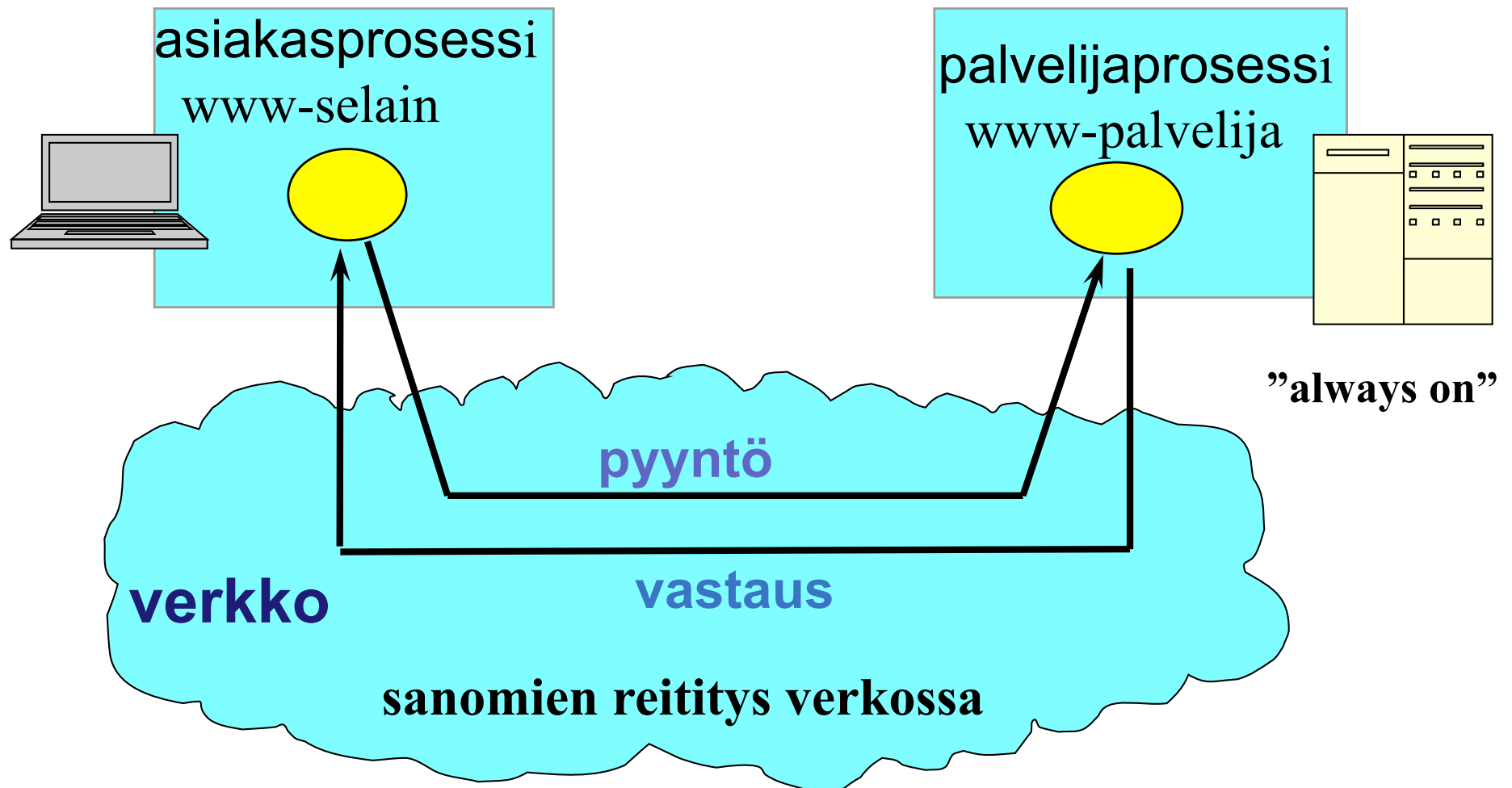
Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDonkey, eMule,
BitTorrent, Mute, ...

Internet-puhelin: Skype





Asiakas-palvelija-malli

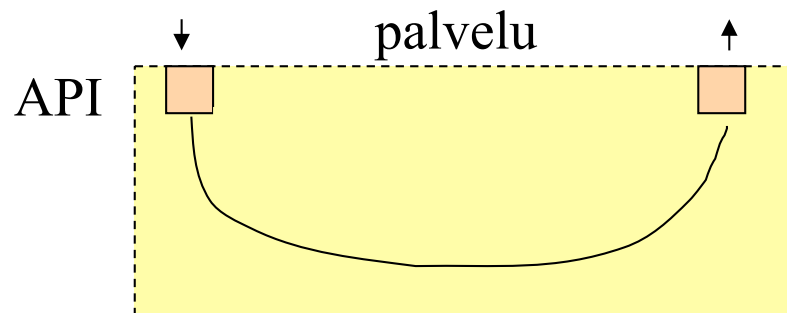


Oikea kone, oikea prosessi



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)

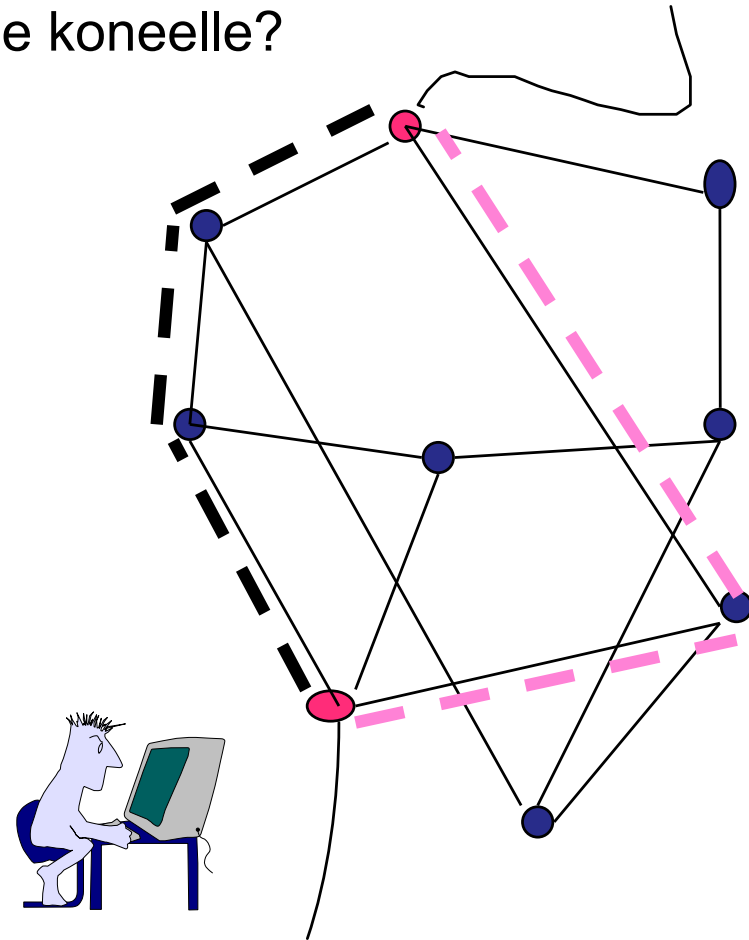


Reitittimet, reititys

- 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





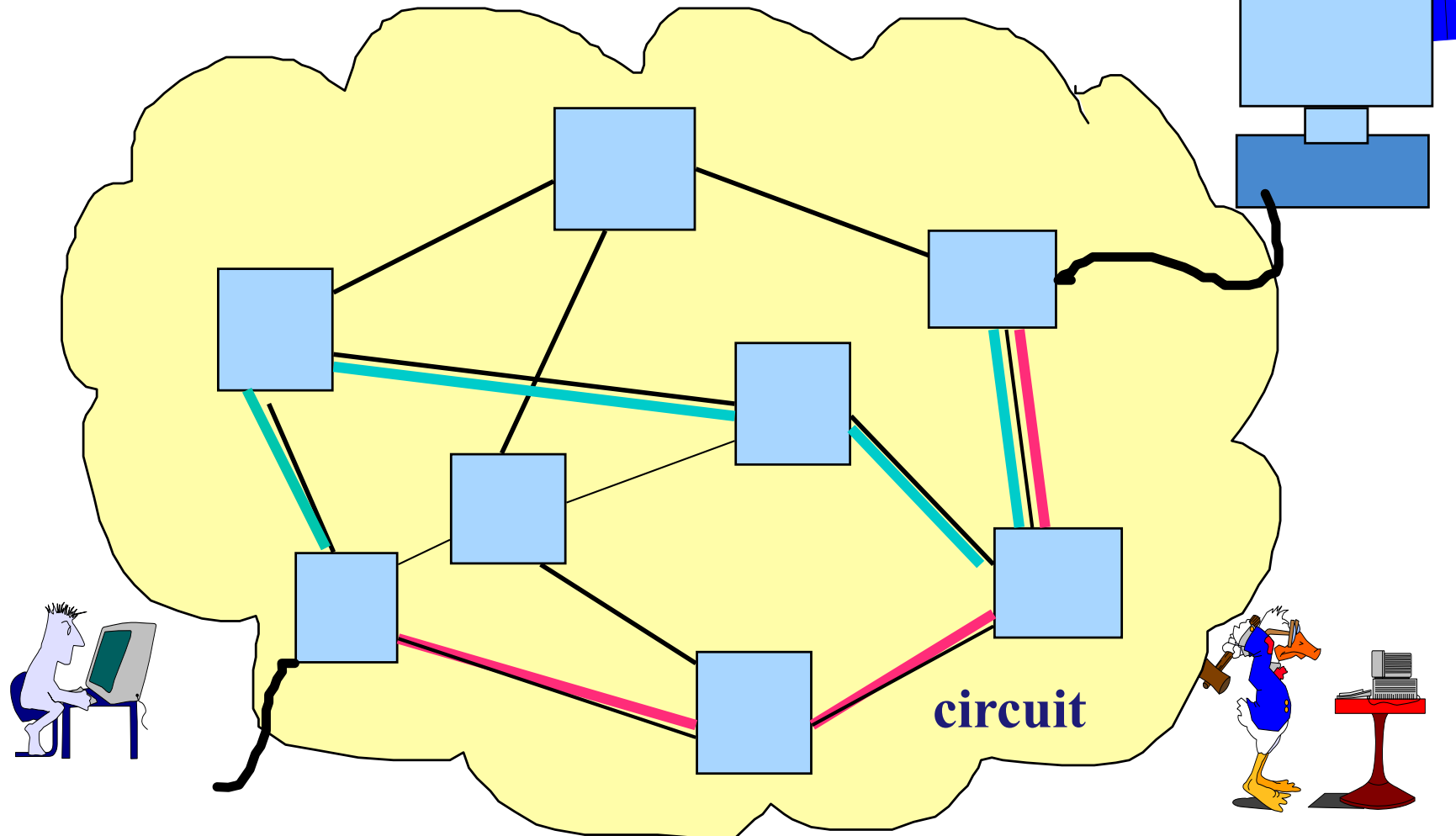
Piirikytkentä (circuit switching)

- 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



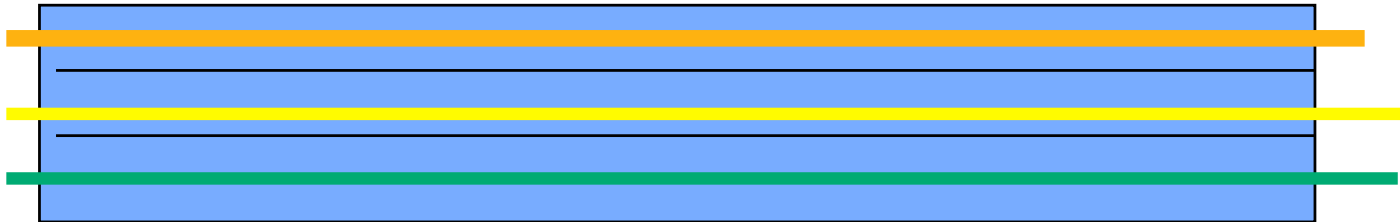


Piirikytkentä: kanavointi (multiplexing)

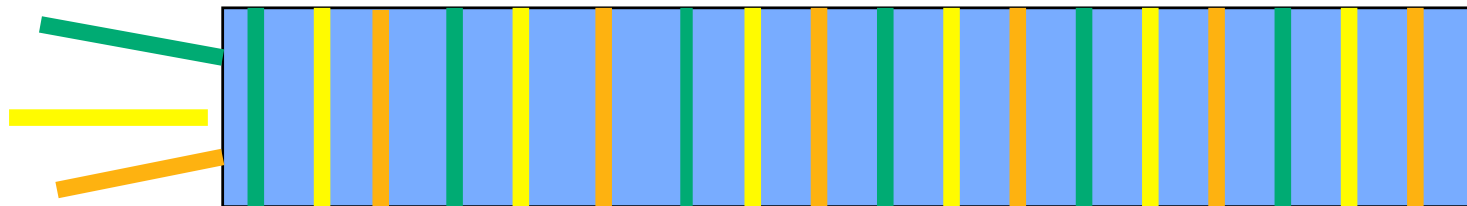
Linkille on limitetty usean yhteyden sanomia

Taajuusjako, FDM (frequency-division multiplexing)

linkin kaistanleveys (taajuudet) jaettu käyttäjien kesken



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





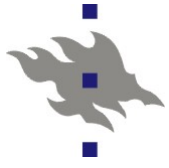
Siirtonopeus, siirtoaika

■ 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)



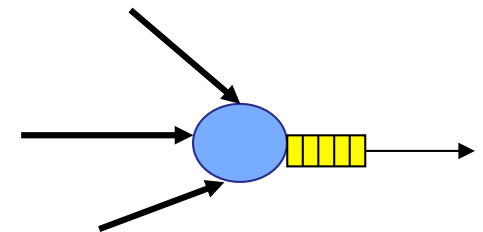


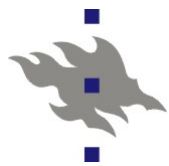
Pakettikytkentä (packet switching)

- 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

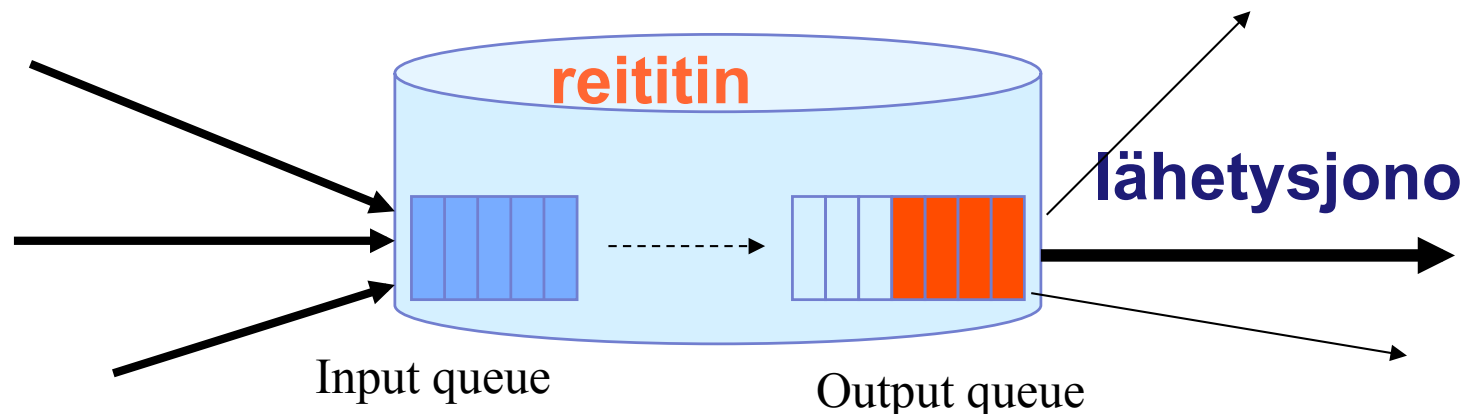
- **Etappivälitys** (store and forward) = paketti vastaanotetaan kokonaan ja vasta sitten lähetetään eteenpäin
- Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
 - Paketti joutuu odottamaan vuoroaan reitittimen muistissa
 - **Ruuhka** (congestion) => jopa paketin häviäminen





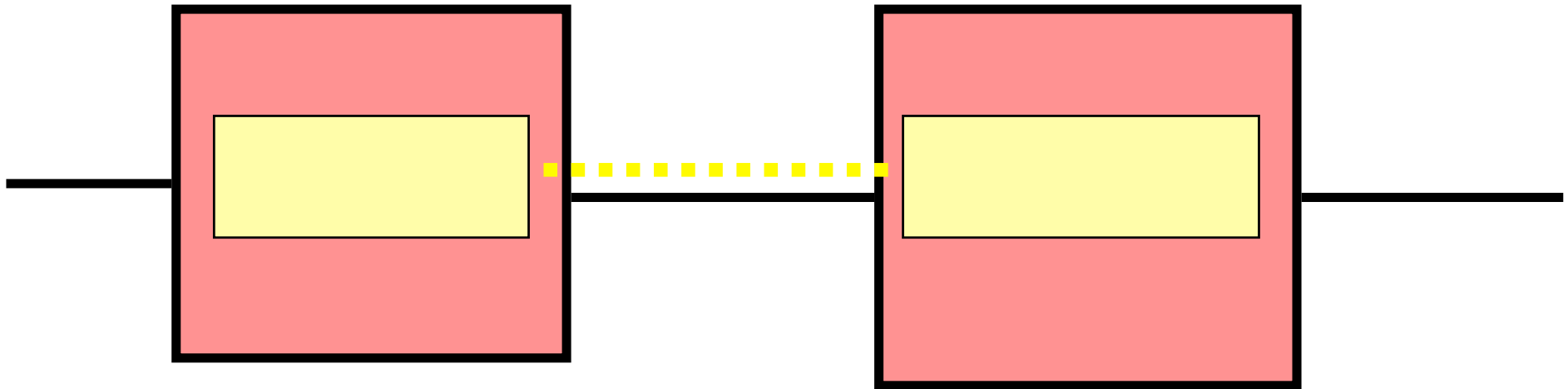
Pakettikytkentä

- **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

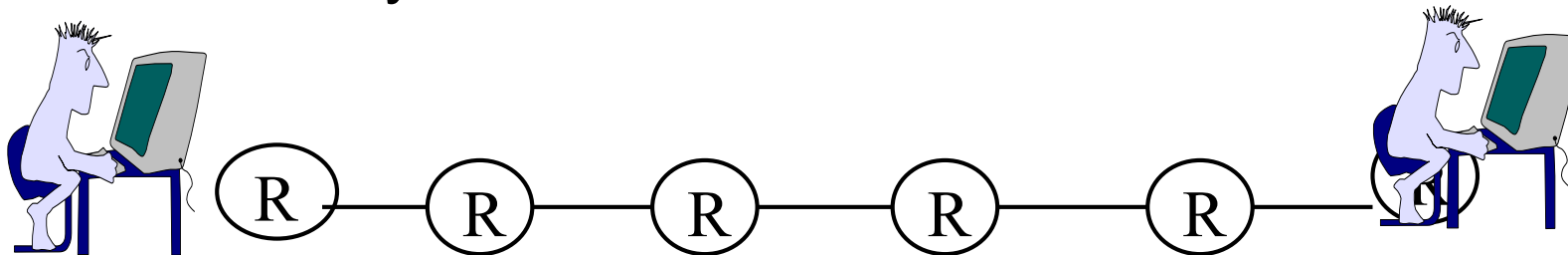
yksi 4 kb:n paketti

pakettikytkentäisessä verkossa, jossa

linkin siirtonopeus on 1 Mbps

ja paketti kulkee

5 linkin yli





Ratkaistaan:

- **siirtoaika yhdellä linkillä on**

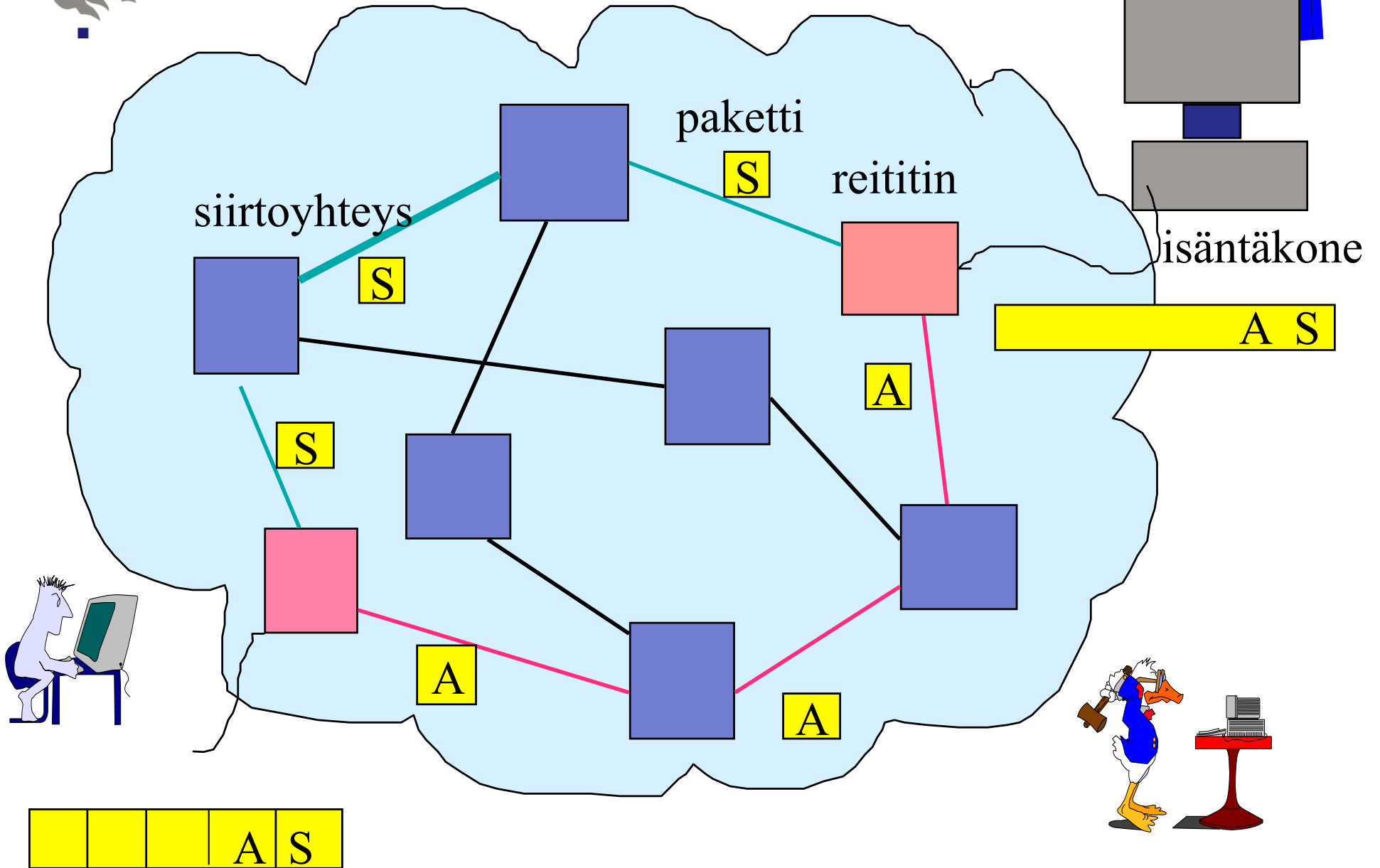
$$4 \text{ kb} / 1000 \text{ kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

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 ~ 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)

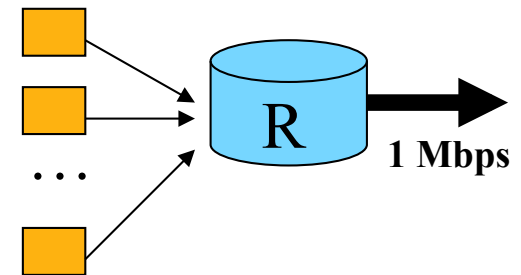
- **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**



Tehokkuudesta

■ Esimerkki

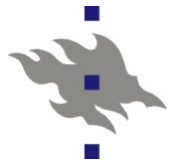
Käyttäjät käyttävät yhteistä 1 Mbps linjaa.
Kukin käyttäjä joko lähettää 100 kbps
tai on kokonaan lähettämättä.



■ 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

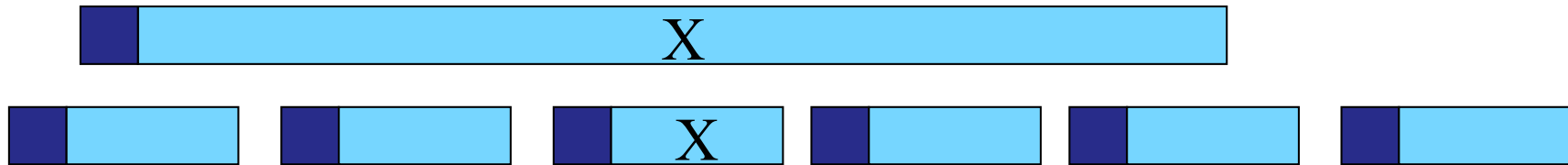
hae www-sivu, lue,..

■ 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)

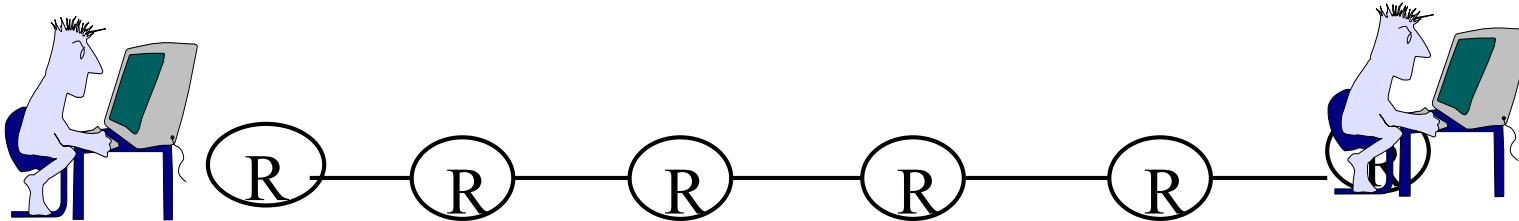
Sanoma: yksi otsake riittää

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
 $4 * 4 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 16 \text{ ms}$
- $400 \text{ ms} + 16 \text{ ms} = \mathbf{416 \text{ ms}}$

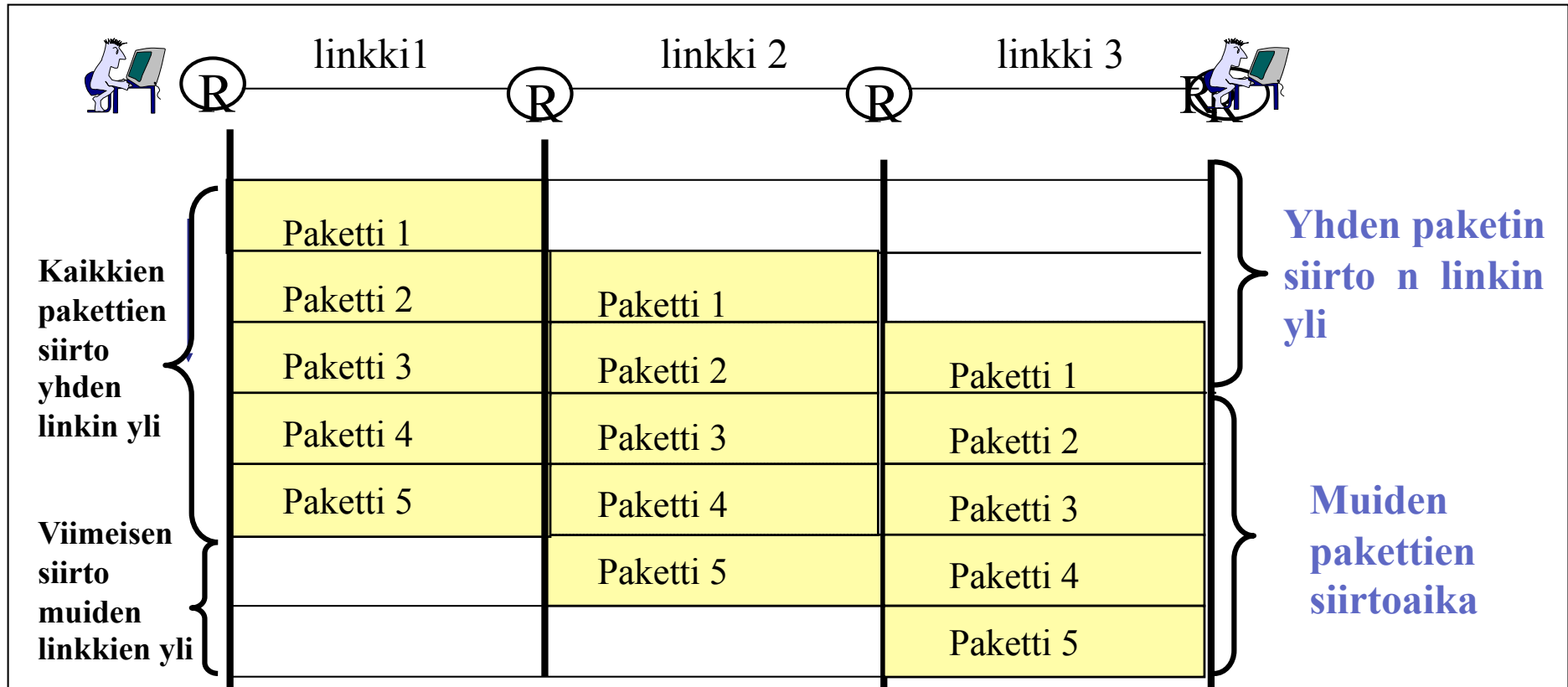


Pakettivälitys siirto-aika

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

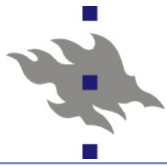
a) k:n paketin siirto 1. linkin yli + viimeisen paketin siirto n-1 linkin yli.

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



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

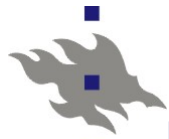
■ Langaton yhteys

- @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 ~ 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

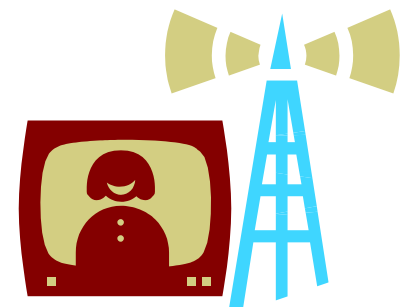
■ Rajallinen resurssi

Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee

=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä

■ Käyttö

Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)





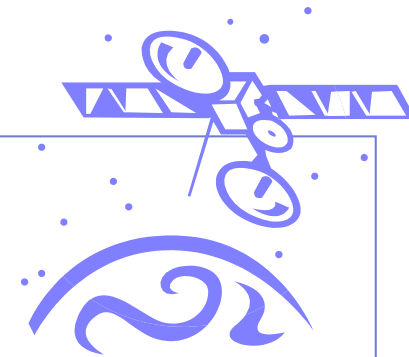
Mikroaallot (1 GHz ... 40 GHz)

- **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
- **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**



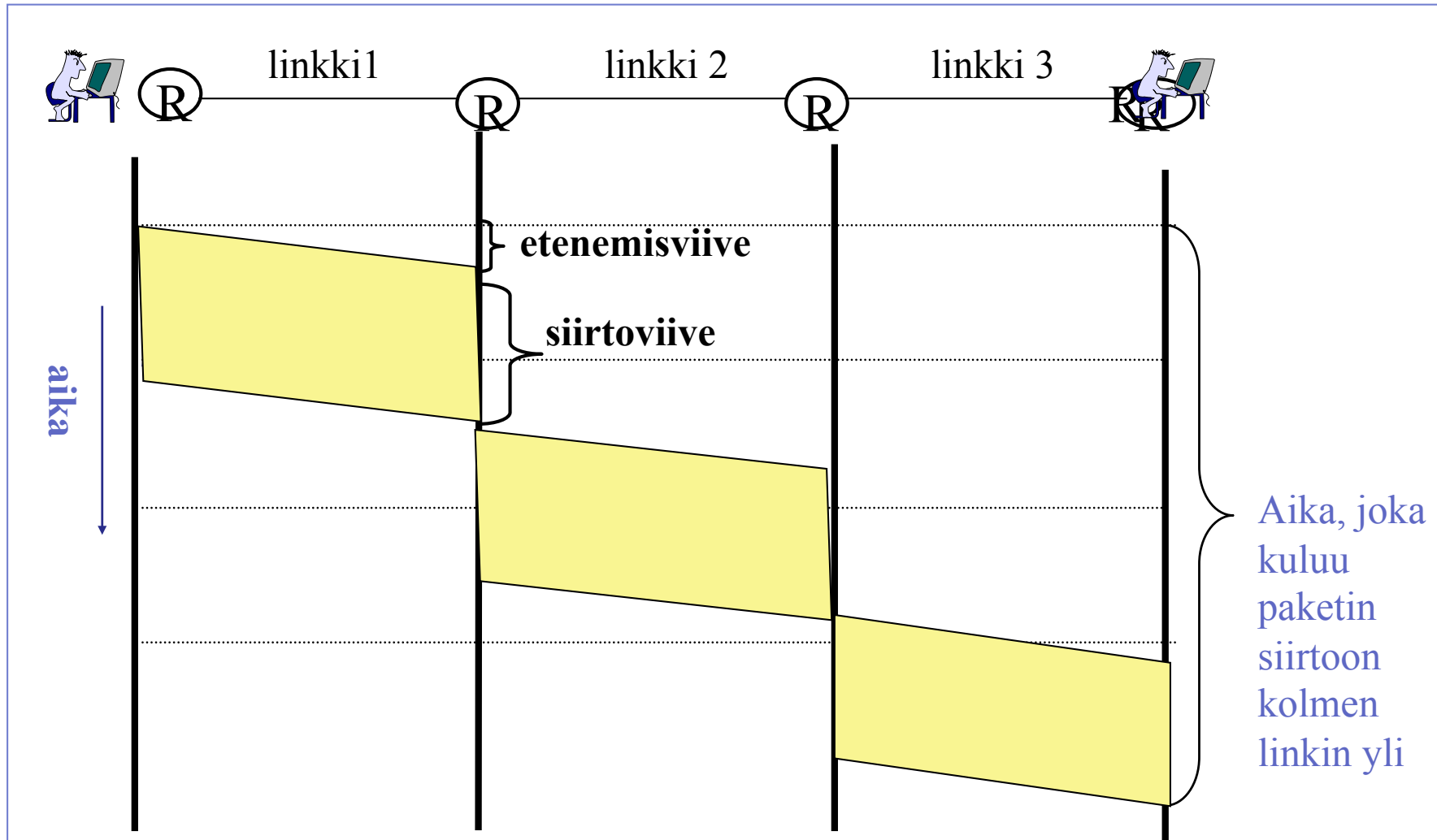
Etenemisviive (propagation delay)

- **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**
 ~ 300.000 km/s

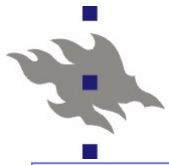
Etenemisviivettä ei yleensä tarvitse huomioida tällä kurssilla, ellei sitä ole erikseen mainittu tai kysytty.



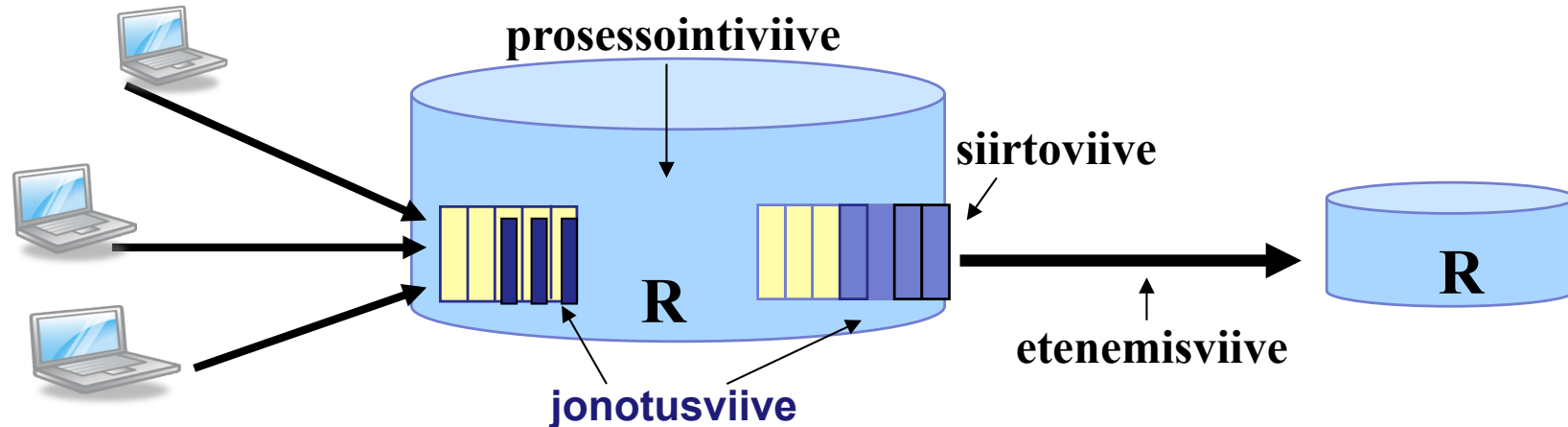
Etenemisviive



Animaatio: http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/16303/4173750.cw/index.html



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

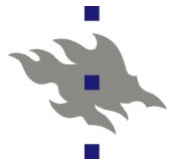
■ Siirtoviive + etenemisviive

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

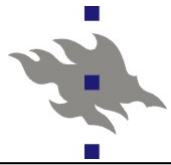
Pino koottavissa erilaisista protokollista

Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

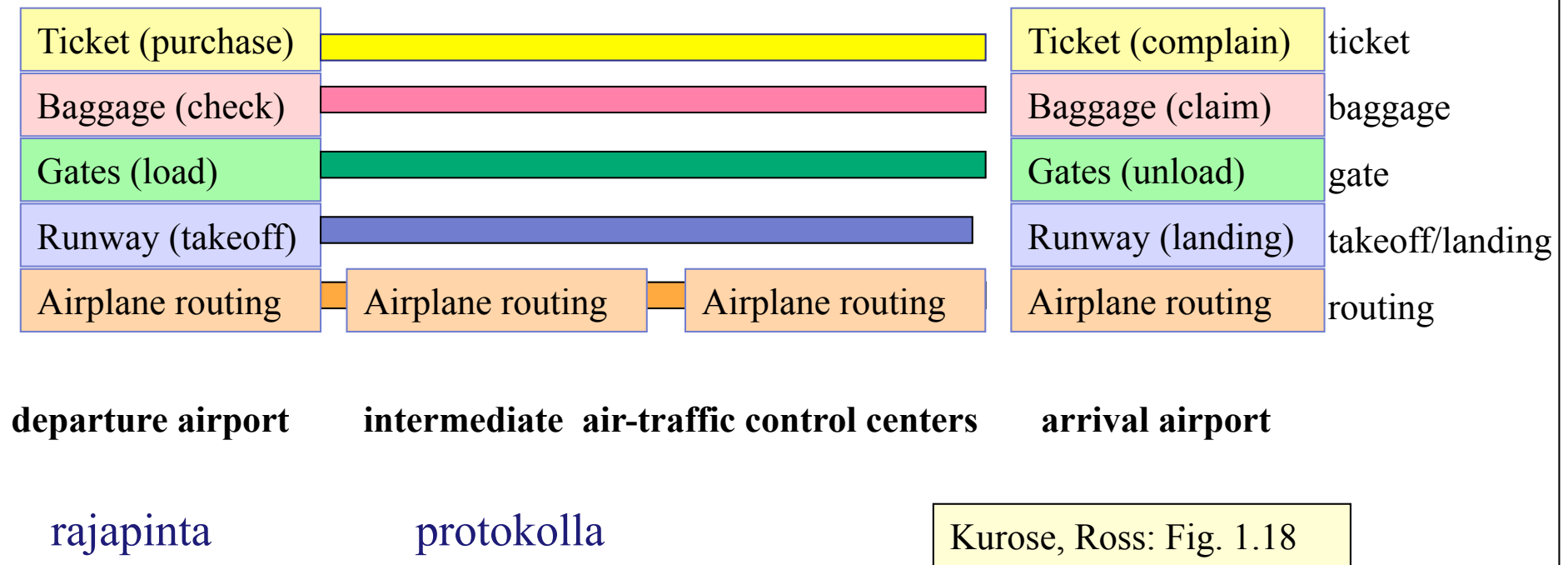
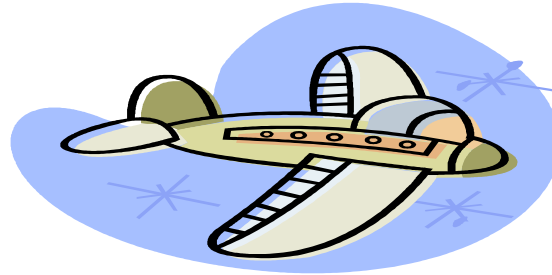
■ Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

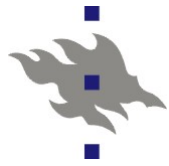
Sama työ toistamiseen, esim. virhetarkistus

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

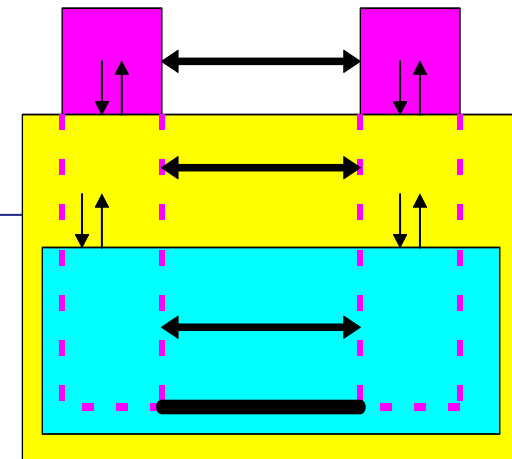
RFC-julkaisuja, standardeja

- Tulos**

Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet

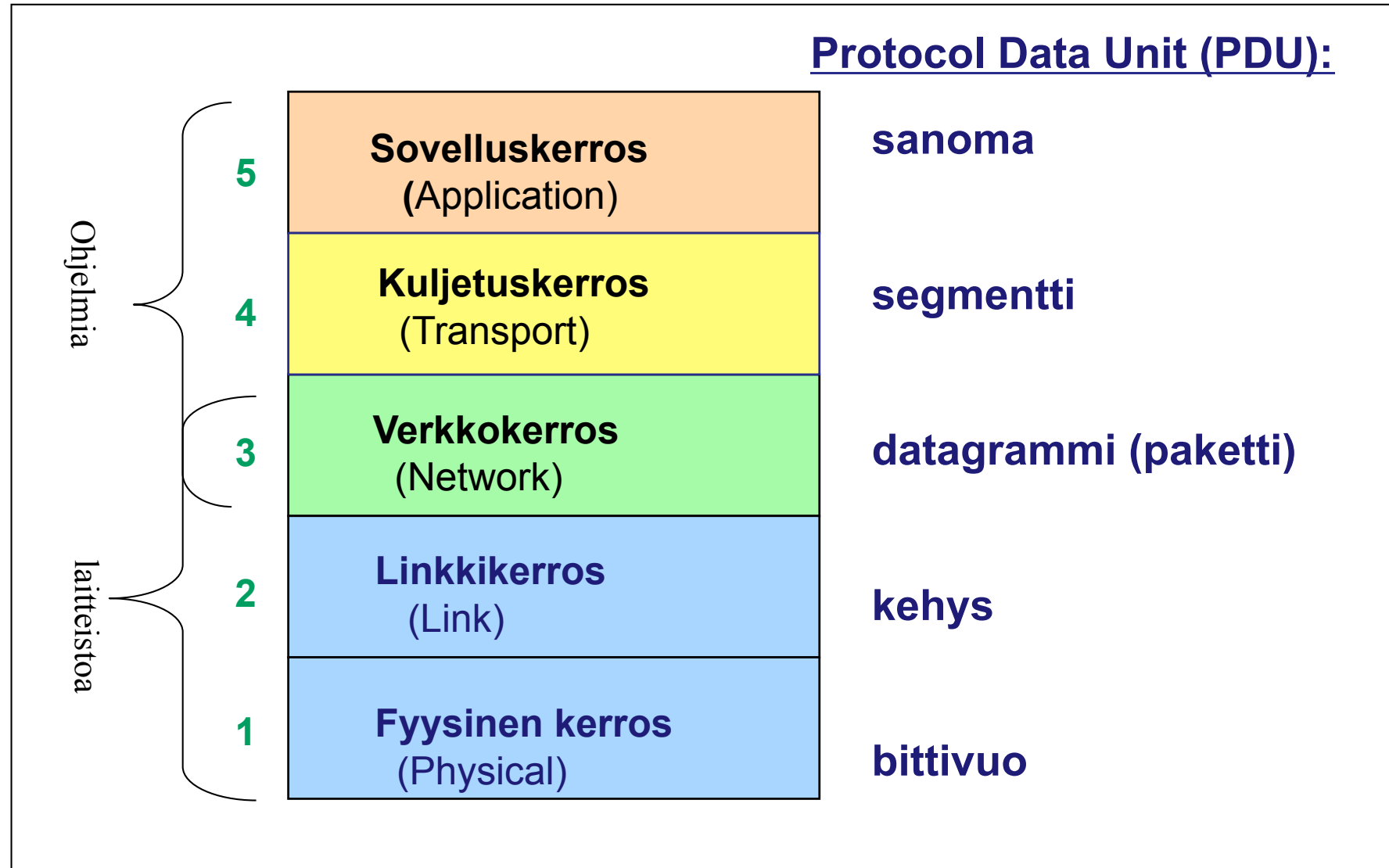
Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä

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

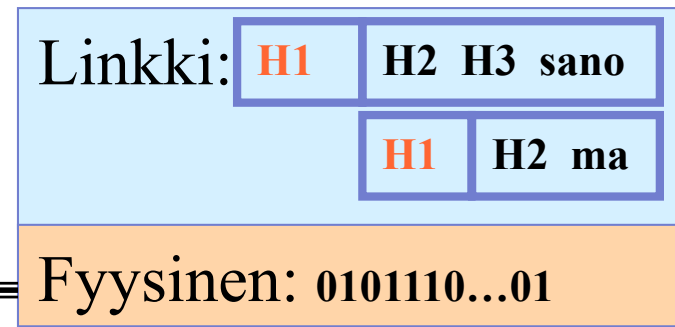
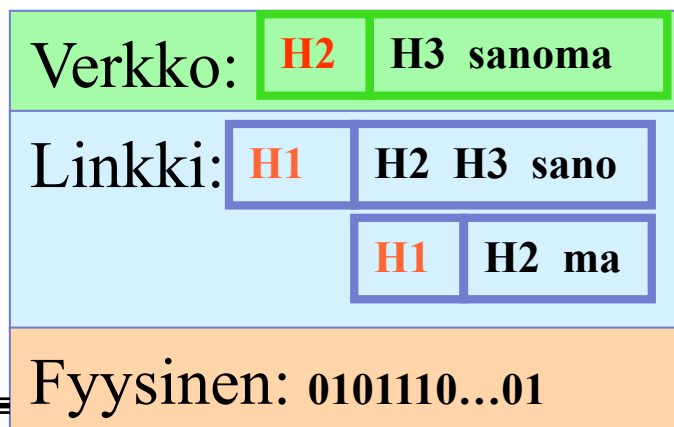
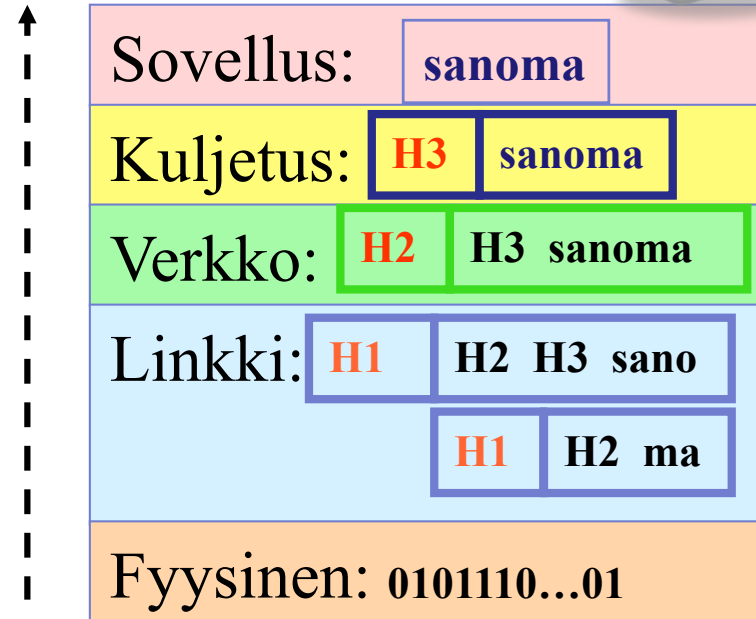
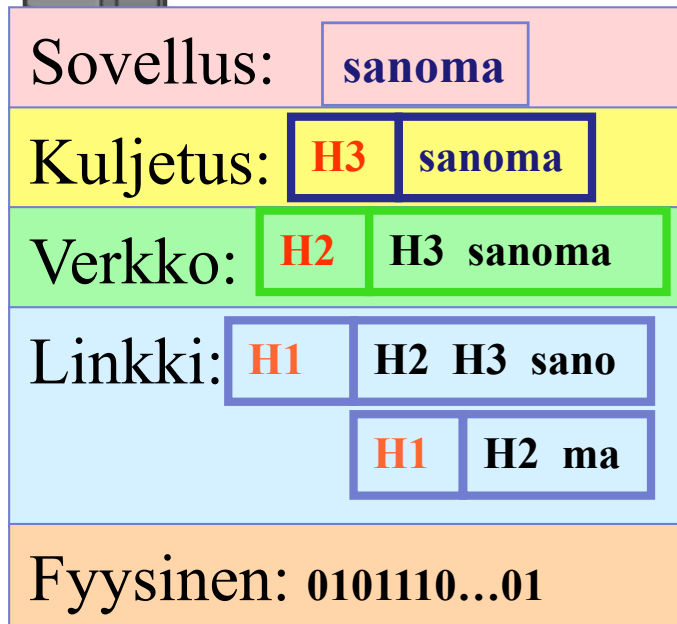
kuljetus

verkko

linkki

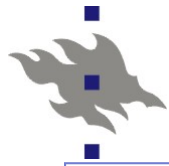
fyysinen

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.