

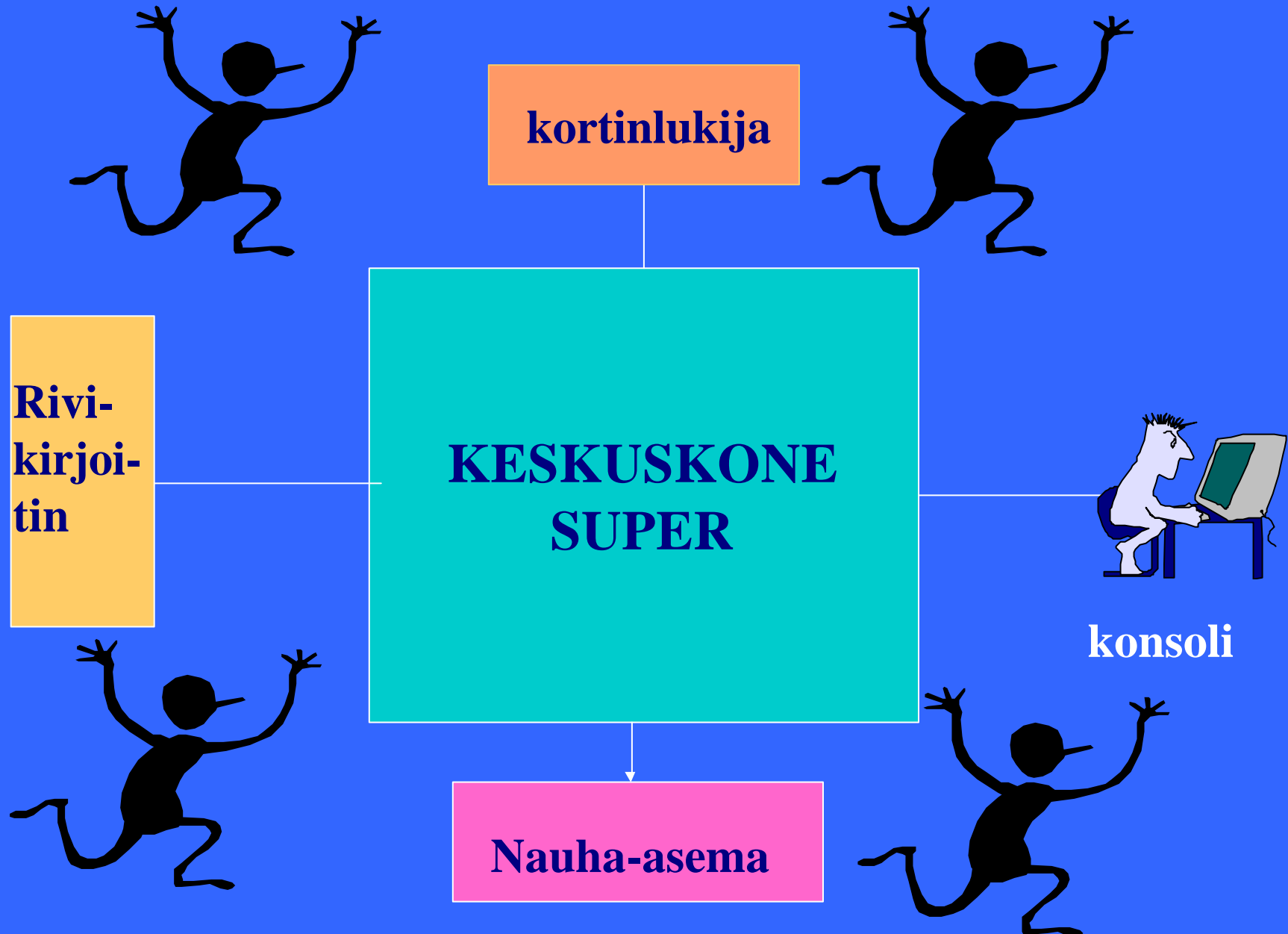
# 1. Tietokoneverkot ja Internet

- 1.0. Tietokoneesta tietoverkkoon
- 1.1. Tietoliikenneverkon rakenne
- 1.2. Tietoliikenneohjelmisto eli protokolla
- 1.3. Siirtomedia
- 1.4. Viitemallit: OSI-malli, TCP/IP-malli
- 1.5. Esimerkkejä verkoista
  - Internet ja sen käyttö

# 1. 0. Tietokoneesta tietokoneverkkoon

- Tietojenkäsittelyn siirtyminen tietokoneesta tietokoneverkkoon
- Yleinen käytötapa
  - Asiakas-palvelin-kommunikointi

# Keskuskone ja oheislaitteet



# Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)



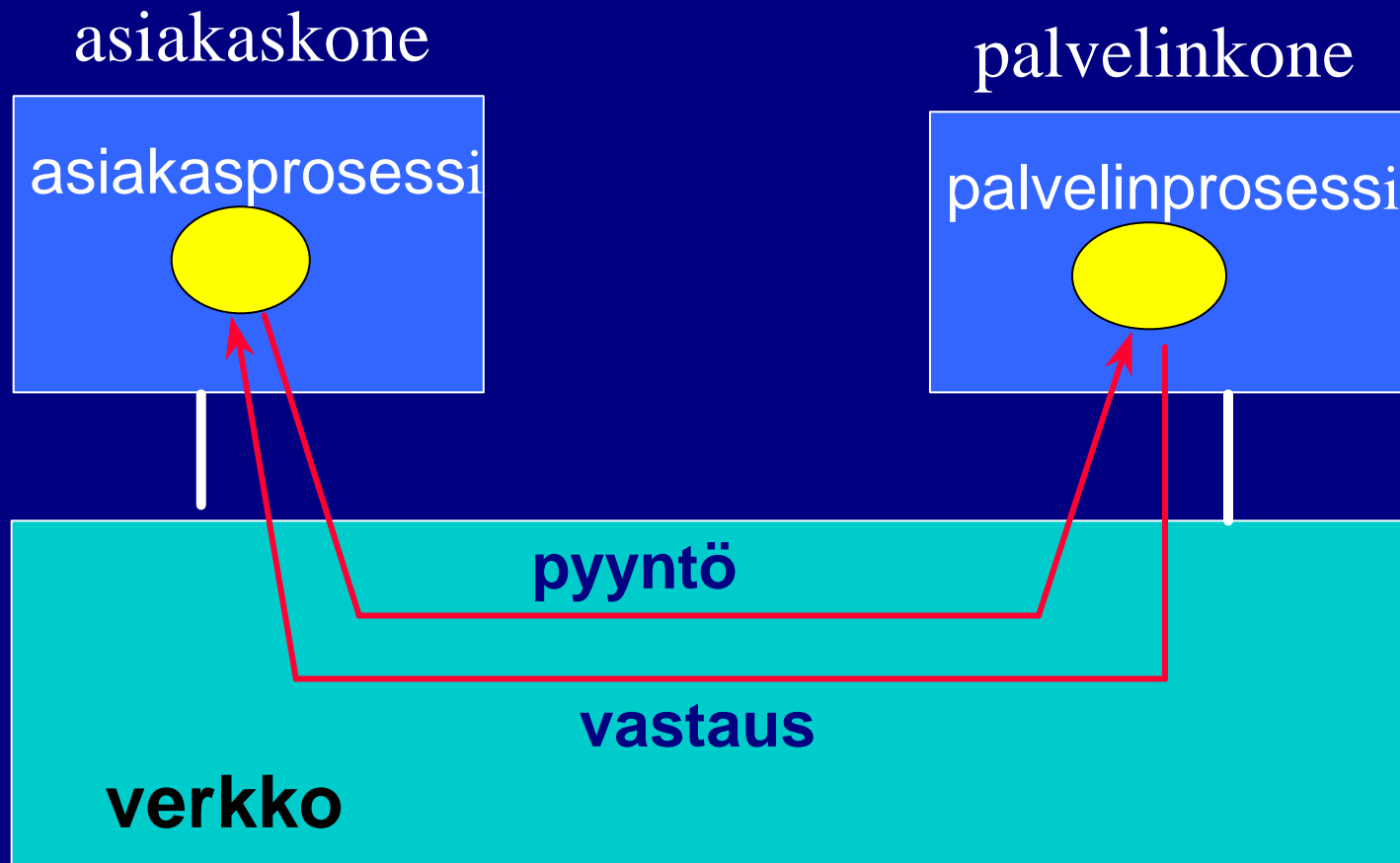
# Keskuskoneet ja päätteet



# Tietoliikenneverkko



# Asiakas-palvelin-malli



# Asiakas-palvelinsovellus

- Hajautettu sovellus
  - asiakasprosessi toisessa koneessa, palvelinprosessi toisessa koneessa
- useimmat Internet-sovellukset
  - sähköposti
  - tiedostonsiirto
  - uutisryhmät
  - WWW
  - sähköinen kaupankäynti

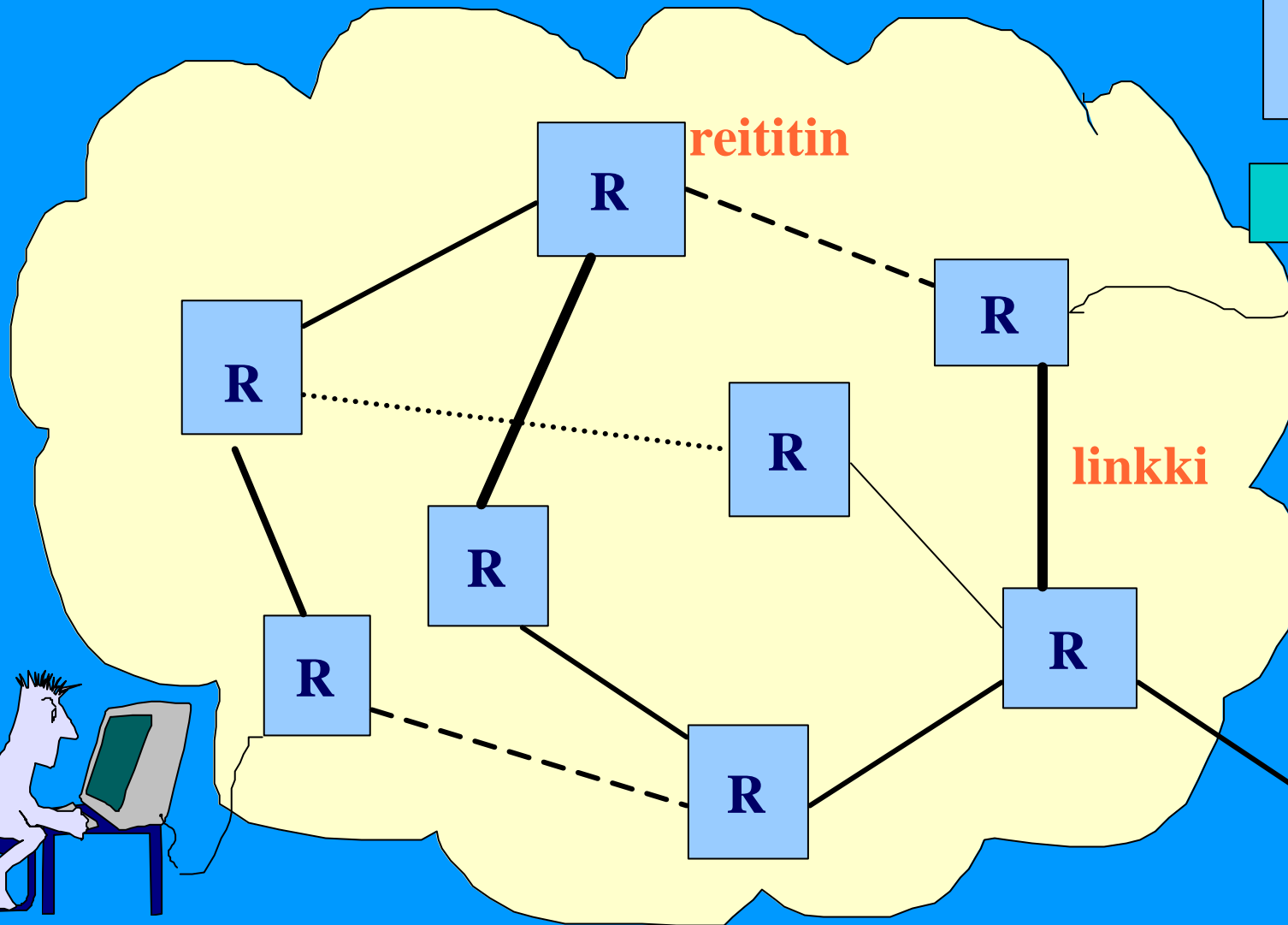
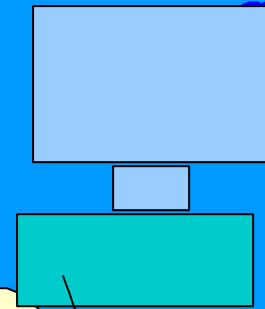


# 1.1 Tietoliikenneverkon rakenne

- Isäntäkone (host)
  - palvelin, asiakaskone
  - tietokoneiden lisäksi muita laitteita: kameroita
- reititin (router)
- tietoliikennelinkit (link)
  - langaton, langallinen
- protokollat
  - internet-protokollat
- sovellusohjelmat
  - esim. sähköposti
  - **käyttävät verkon tarjoamia tietoliikennepalveluja**

# Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



linkki

palvelin

Protokolla, standardi, RFC

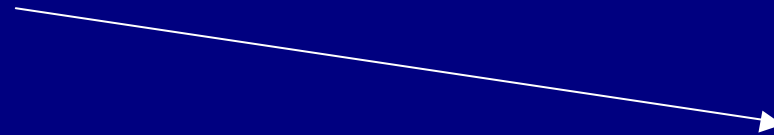
# Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

- Yhteydellinen:
  - ensin muodostetaan yhteys, jossa voidaan sopia monesta yhteyteen liittyvästä asiasta
    - kontrollipaketteja osapuolten välillä (kättely)
  - sitten lähetetään sanomia, joiden järjestys säilyy
  - lopuksi puretaan yhteys
  - puhelin
- Yhteydetön:
  - sanomat lähetetään, mutta niiden järjestys voi muuttua

# Yhteydellinen palvelu



**'kättely' (HEI!)**



**ok! (NIIN!)**



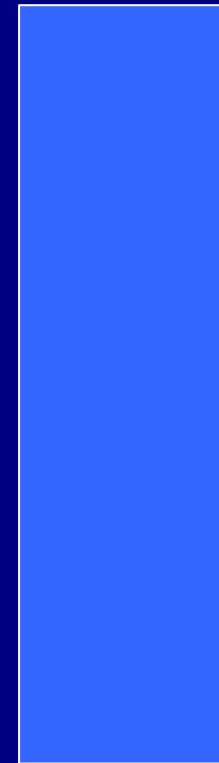
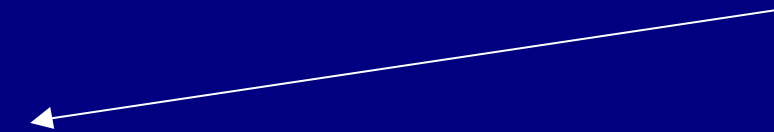
**Data ("päläpäläpälä")**



**Disconnect! (MOI!)**



**ok (MOI, MOI!)**



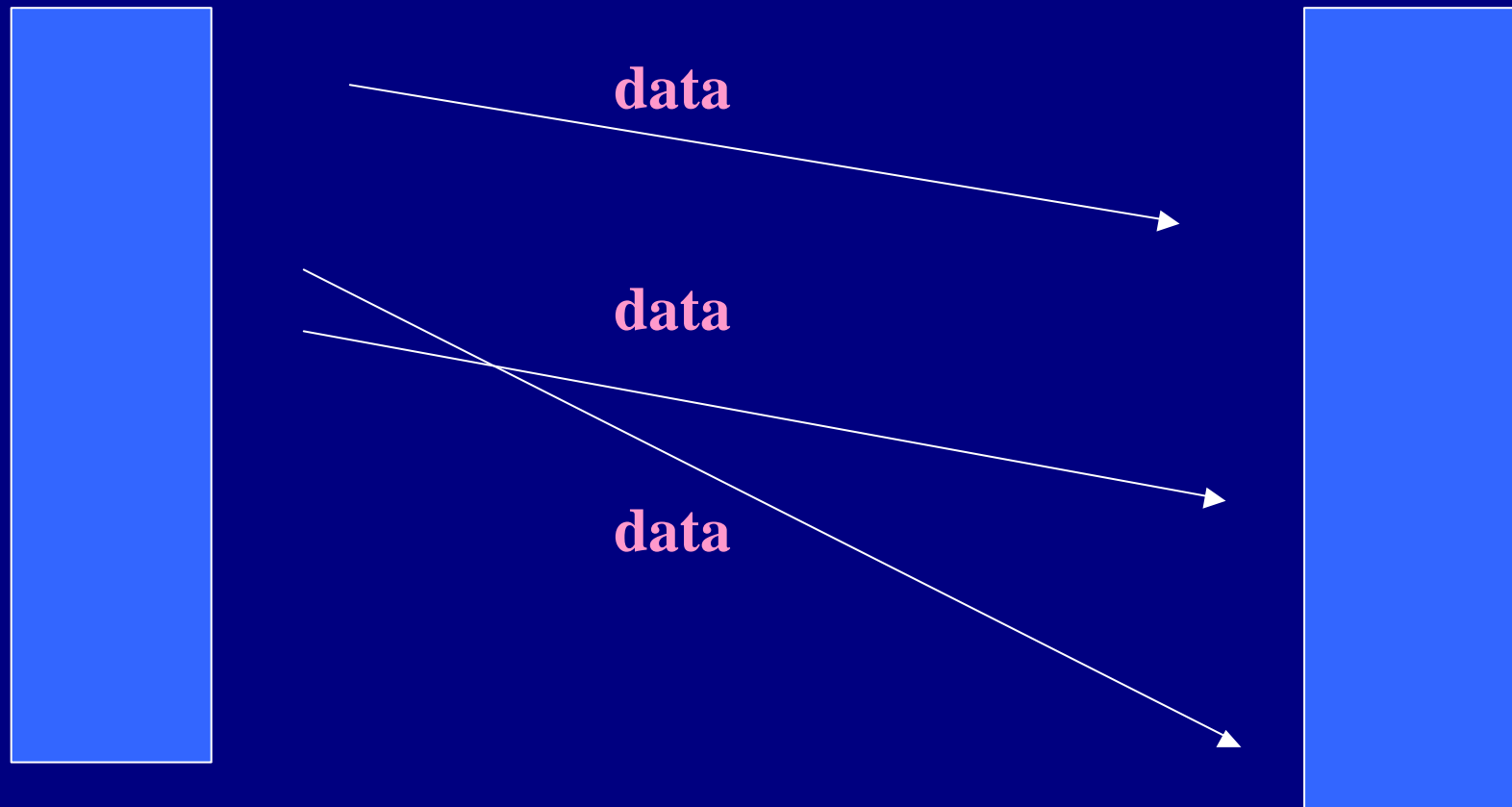
# Yhteydellinen palvelu

- Yhteys olemassa, sillä **osapuolet** tietävät olevansa yhteydessä
  - verkko ja sen reitittimet eivät välttämättä tiedä yhteydestä mitään
- yhteyteen voidaan liittää muita palvelupiirteitä
  - luotettava tiedonsiirto
    - kuittauksia ja uudelleenlähetyksiä
  - vuonvalvonta
  - ruuhkanvalvonta
- TCP-kuljetuspalvelu
  - käyttävät mm. sähköposti (SMTP), HTTP

# Yhteydetön palvelu

- Ei takaa tiedon perillepääsyä, ei vuonvalvontaa, ei ruuhkavalvontaa
- nopeampi, koska ei tarvita kättelyjä
- data lähetetään heti
- UDP-kuljetuspalvelu
  - käyttävät mm. Internet-puhelin ja videokonferenssi, jotka itse ovat yhteydellisiä palveluja

# Yhteydetön palvelu



# INTERNET

- internet, “verkkojen verkko”
  - world-wide internetwork
  - yleisnimitys
- Internet
  - erisnimi





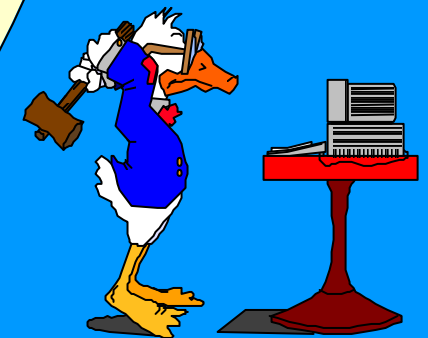
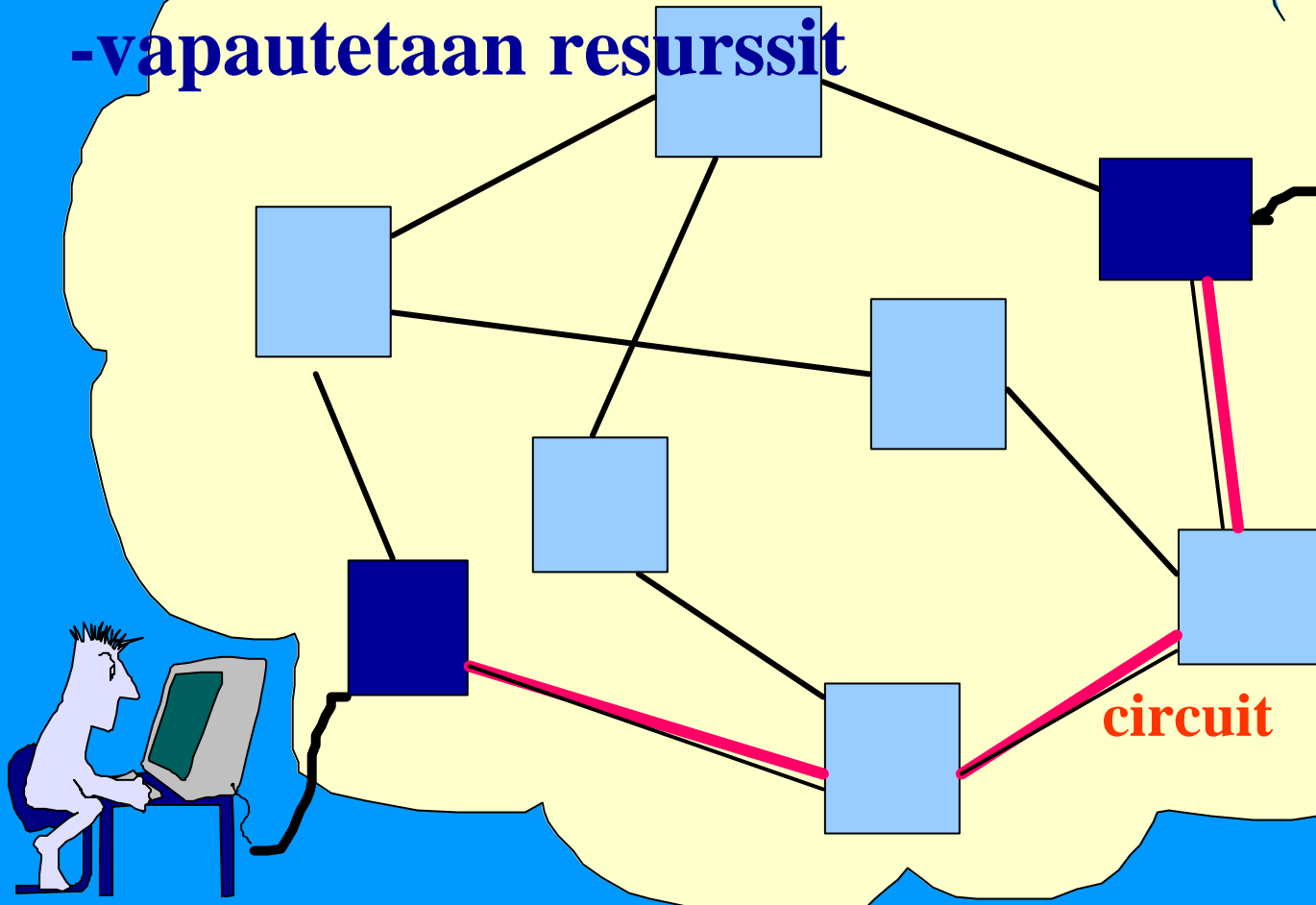
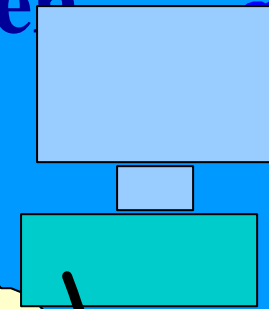
# Verkkoteknologiat:

## Piirikytkentäinen $\Leftrightarrow$ pakettivälitteinen

- Kaksi erilaista verkkoteknologiaa
  - piirikytkentäinen (circuit switching)
    - verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
      - puskurit, linjakapasiteetti => kytkimet tietävä yhteydestä
    - puhelinverkko => takaa tasaisen lähetysnopeuden
  - pakettivälitteinen (packet switching)
    - resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa
    - jos resursseja ei ole, joudutaan odottamaan
    - Internet => 'best effort'

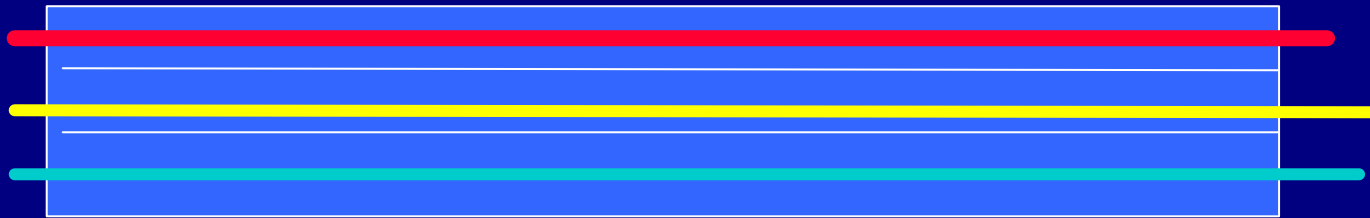
# Piirikytkentäinen verkko

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

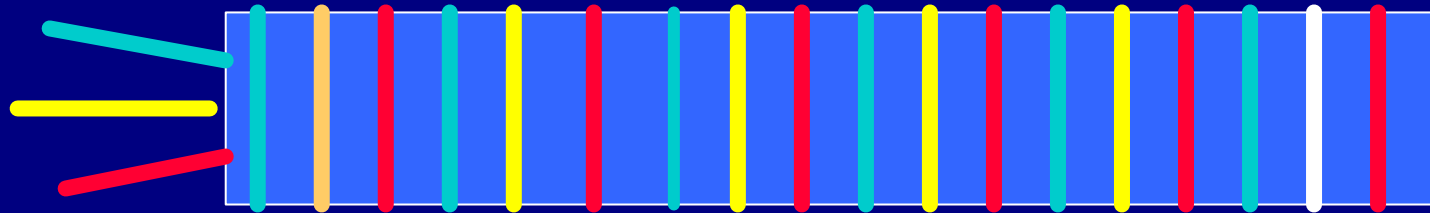


# Kanavointi (multiplexing)

- Samalla linkillä usean yhteyden sanomia



**FDM (frequency-division multiplexing) = linkin kaistanleveys (bandwidth) = sen käyttämät taajuudet jaetaan usealle käyttäjälle**



**TDM (time-division multiplexing) = jokainen saa lähettää tietyn ajan**

# Lasketaan!

- Kauanko kestää lähettää 640 Kbitin tiedosto piirikytkentäistä verkkoa käyttäen, kun linjan lähetyksenopeus on 1.536 Mbps ja linjalla käytetään TDM:ää, jossa on 24 aikaviipaletta?
- Lisäksi yhteyden muodostamiseen kuluu ensin 500 ms.

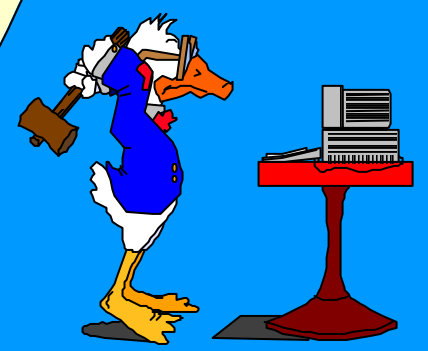
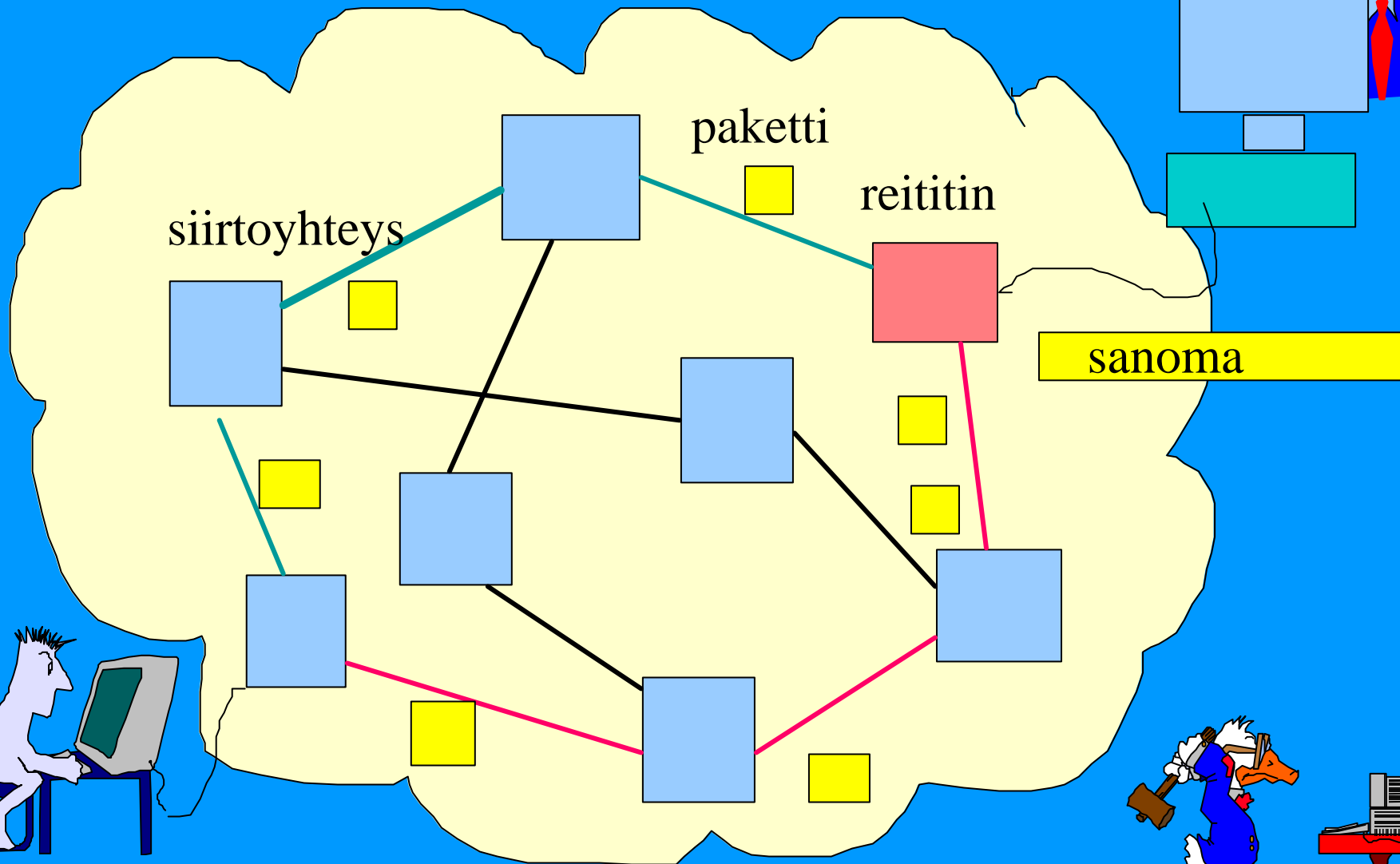
# Siirtonopeus, siirtoaika

- **Siirtonopeus** (data rate, transmission rate)
  - miten nopeasti dataa pystytään lähettämään (siirtämään) linjalla
  - bps = bittejä sekunnissa
- **Siirtoaika**
  - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
  - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoaika = 10 sekuntia

# Ratkaistaan!

- 1.536 Mbps yhteydellä on käytössä 24 aikaviipaletta => yhdelle yhteydelle on käytössä  $1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ kbps}$
- Siirrettävä tiedosto on 640 Kbittiä.  
Siirtoon kuluu  $640 \text{ Kb} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s.}$
- Lisäksi yhteyspiirin muodostukseen kuluu 0.5 s eli yhteensä 10.5 s.
- Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä.

# Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko

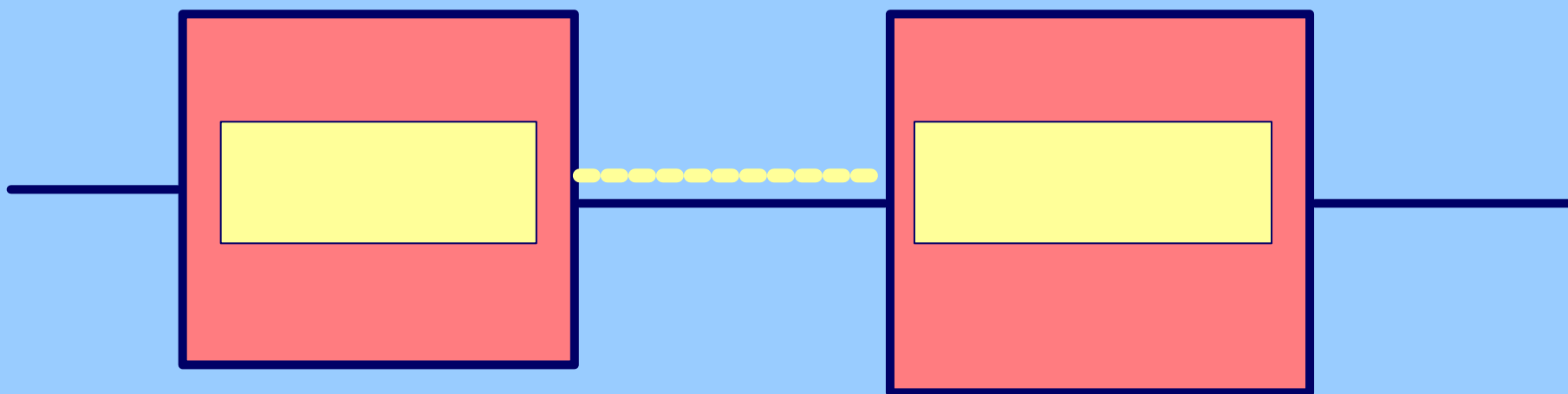


# Etappivälitteinen (store-and-forward)

- Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin
  - siirtoaika joka linkillä, koska paketti lähetetään aina uudestaan
    - $L$  = paketin koko bitteinä
    - $R$  = lähtölinkin siirtonopeus
    - siirtoviive =  $L/R$
  - jonotusviive reitittimessä, jos paketti joutuu odotamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja



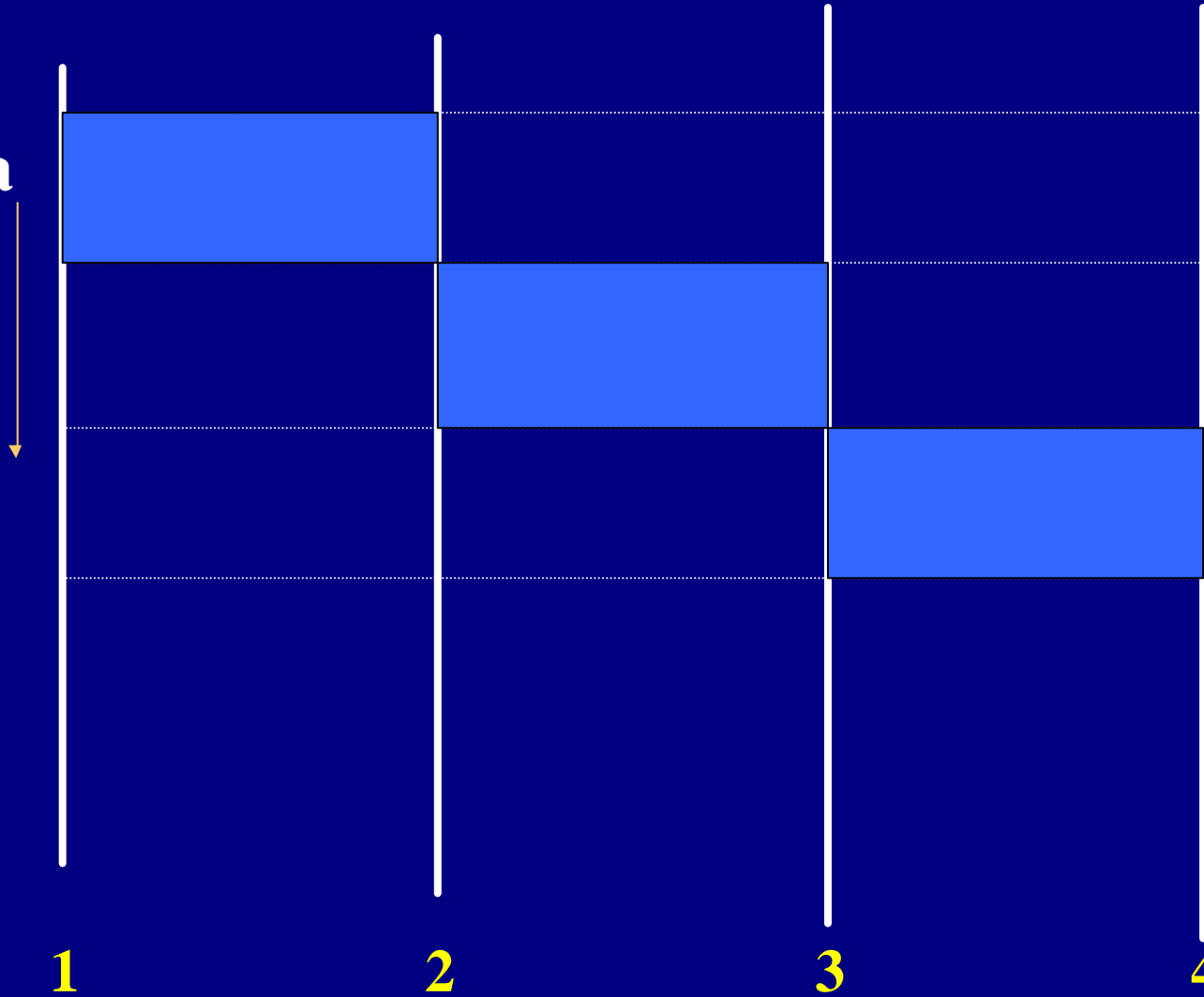
# etappivälitteinen



# 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
  - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

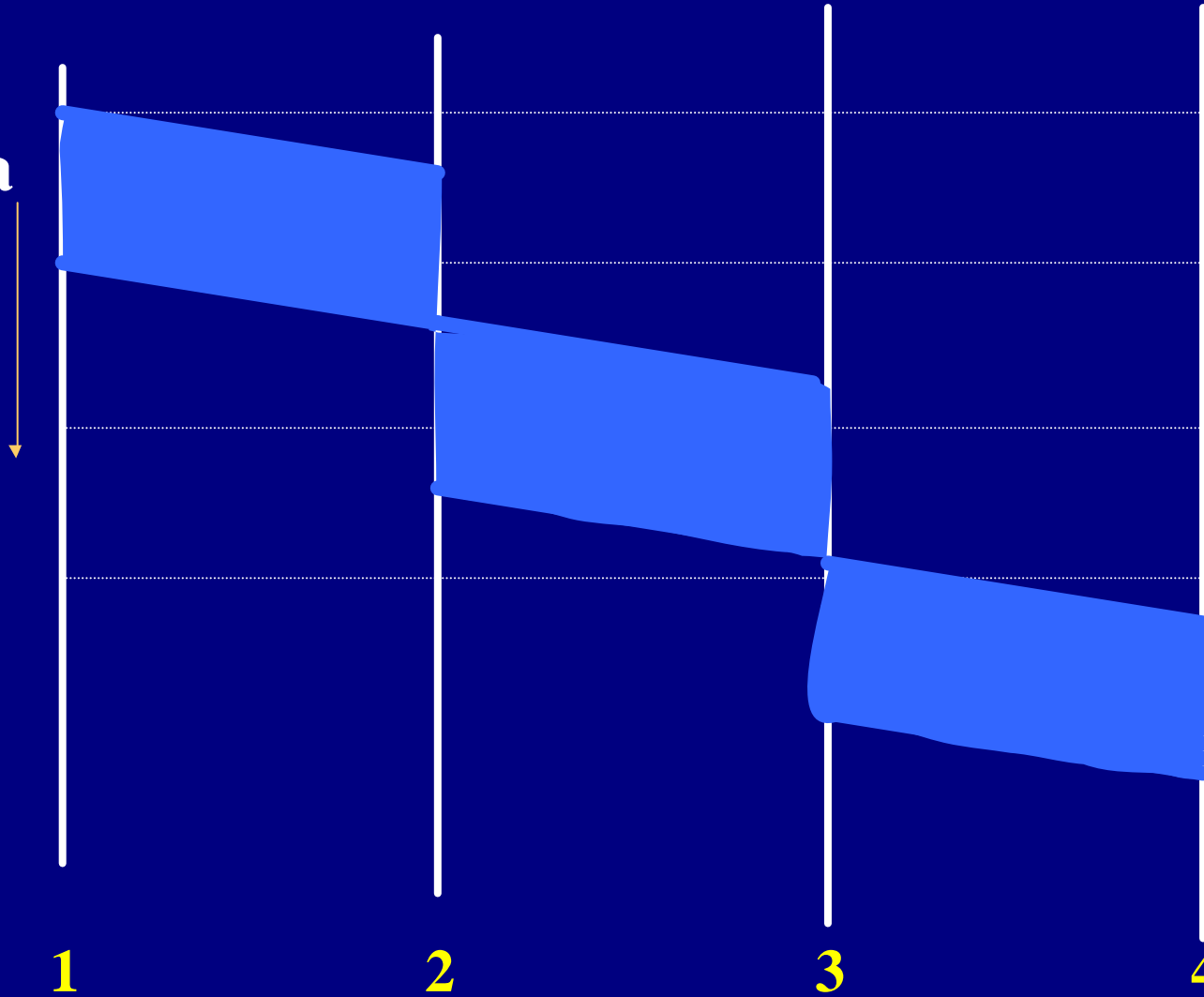
aika



Aika  
joka  
kuluu  
paketin  
siirtoon  
kolmen  
linkin yli  
ilman  
etenemis-  
viivettä

Reitittimet

aika



Aika  
joka  
kuluu  
paketin  
siirtoon  
kolmen  
linkin yli  
etenemis-  
viive  
mukana

Reitittimet

# Lasketaan!

- Paketti lähetetään pakettivälitteisessä verkossa, jossa se kulkee 5 linkin yli lähettäjältä vastaanottajalle. Paketin koko on 4 Kbittiä ja linkin siirtonopeus on 1 Mbps. Kuinka kauan kestää paketin siirtäminen lähettäjältä vastaanottajalle?

## Ratkaistaan:

- Paketin koko = 4 Kb, siirtonopeus = 1 Mbps = 1000 Kbps
- siirtoaika yhdellä linkillä =  $4 \text{ Kb} / 1000 \text{ Kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$
- 5 linkkiä ja jokaisella linkillä sama siirtoaika  
 $\Rightarrow 5 * 4 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$
- Huom. Ei otettu huomioon etenemisviivettä eikä mahdollisia jonotusviiveitä.

# Miksi pakettivälitys on tehokkaampaa?

- Käyttäjät käyttävät yhdessä 1 Mbps linjaa.
- Kukin käyttäjä joko lähettää 100 Kbps tai on kokonaan lähettämättä.
- Piirikytkennässä
  - jokaiselle on varattava 100 Kbps linjakapasiteettia.
  - 1 Mbps linja riittää 10 käyttäjälle!

# Pakettivälitteisessä verkossa

- Jos esim. käyttäjiä on 35 ja jokainen on lähettämässä 10 % ajasta ja joutilaana 90% ajasta, niin todennäköisyys sille, että samanaikaisesti on lähettämässä 10 tai enemmän, on pienempi kuin 0.0017!
- Jos aktiiveja lähettäjiä on vähemmän kuin 10, niin linjakapsiteetti riittää hyvin. Näin on todennäköisyydellä 0.9983!
- Purskeinen käyttö tyypillistä Internetissä!



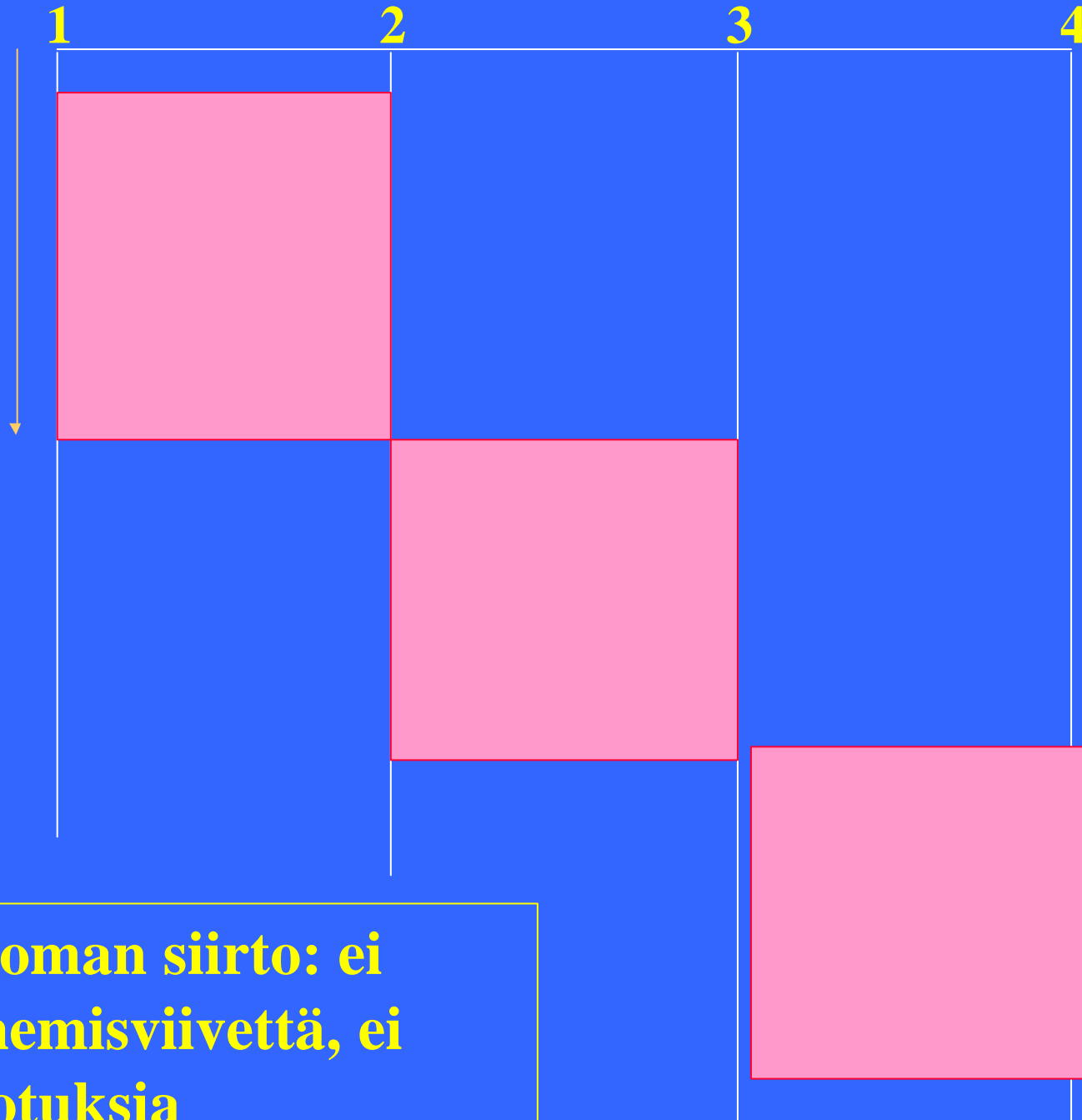
# Sanoman pilkkominen paketeiksi

- Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?
- Olkoon sanoman koko 400 Kb ja linkin nopeus on 1 Mbps.
- Kun koko sanoma lähetetään 5 linkin yli, niin aikaa kuluu  $5 * 400 \text{ ms} = 2000 \text{ ms}$
- Kun sanoma pilkotaan sadaksi 4 Kb:n paketeiksi, niin aikaa kuluu paljon vähemmän eli vain 416 ms!

# Miksi näin?

- Paketteja voidaan lähettää rinnakkain eri linkeillä,,
- 400 Kb:n sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan vain sen ajan kun 4 Kbtin paketti siirretään 4:n linkin yli = 16 ms

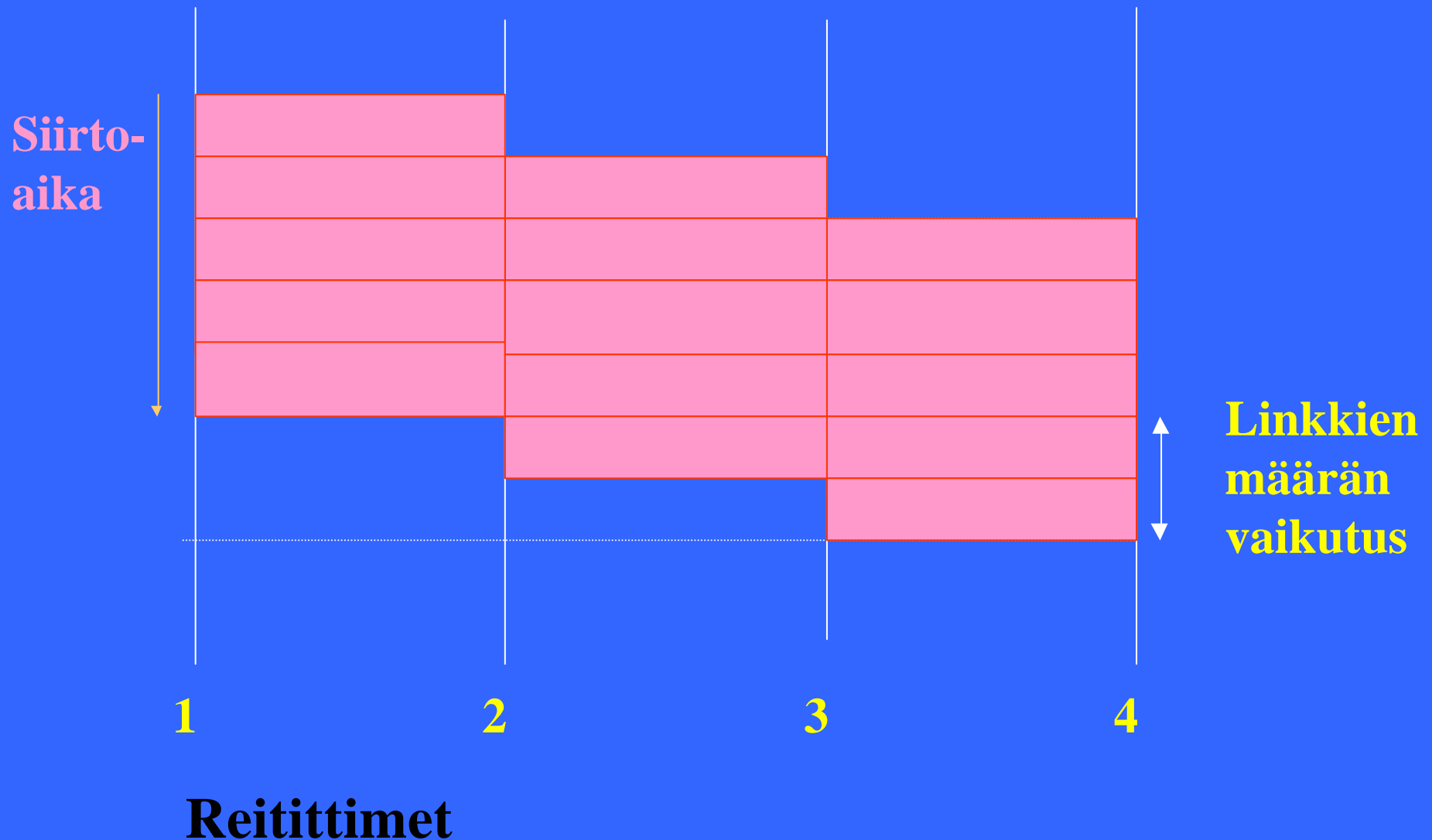
**Siirto-  
aika**



**Linkkien  
määrän  $n$   
vaikutus  
= siirtoajan  
 $n$ -kertais-  
tuminen**

**Sanoman siirto: ei  
etenemisviivettä, ei  
jonotuksia**

# Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



# Reititys

- **Datasähkeverkko**

- kukin paketti reititetään jokaisessa reitittimessä erikseen => voivat kulkea eri reittiä
- jokaisessa paketissa osoite
- reititystaulu kertoo ulosmenon

- **virtuaalipiiriverkko**

- ensimmäinen paketti muodostaa virtuaalipiirin
- muut paketit reititetään samaa reittiä virtuaalipiirinumeron mukaan
- joka linkillä oma virtuaalipiirinumero
- virtuaalipiirien muunnostaulukko

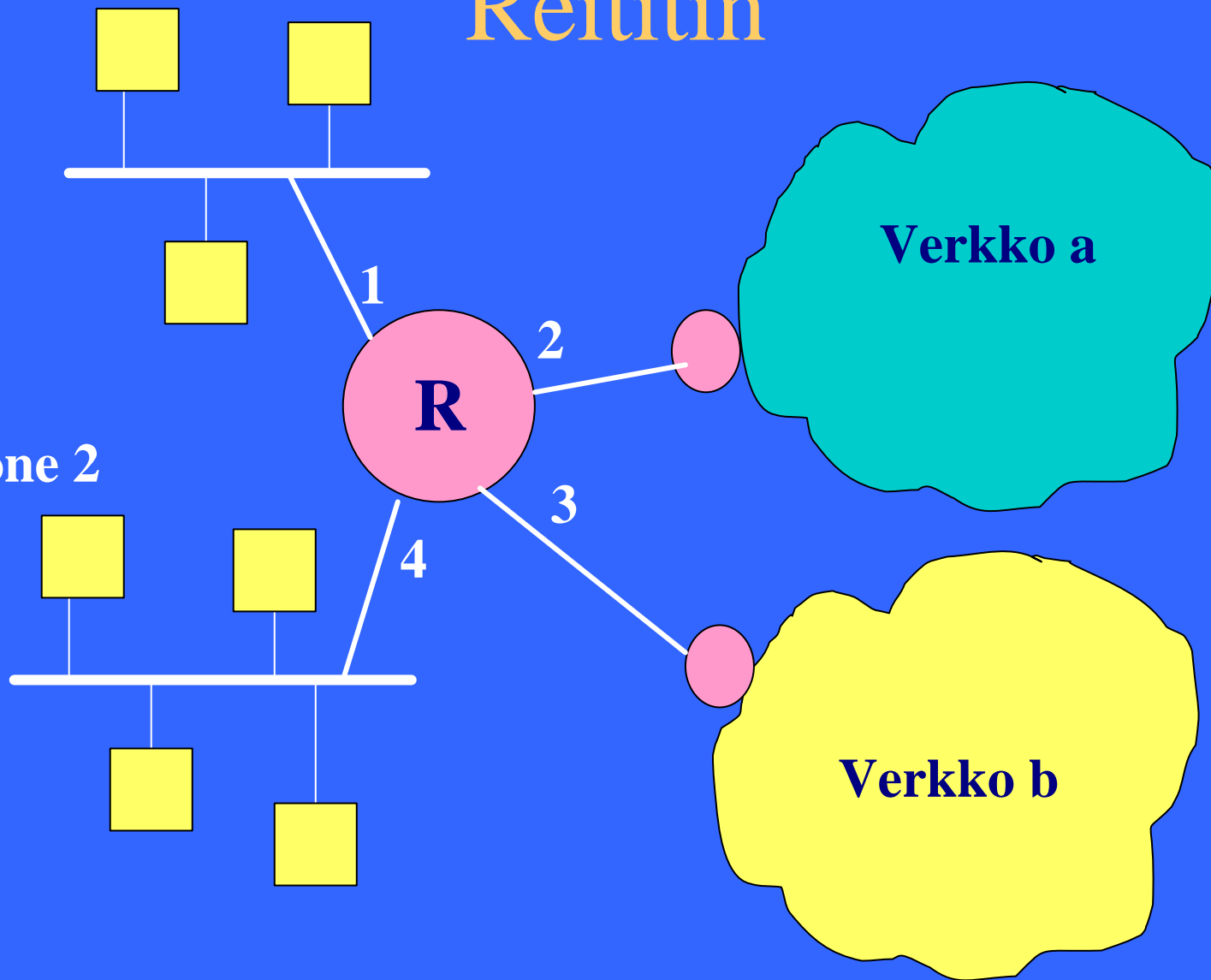
Kone 1

Reititin

Kone 2

Verkko a

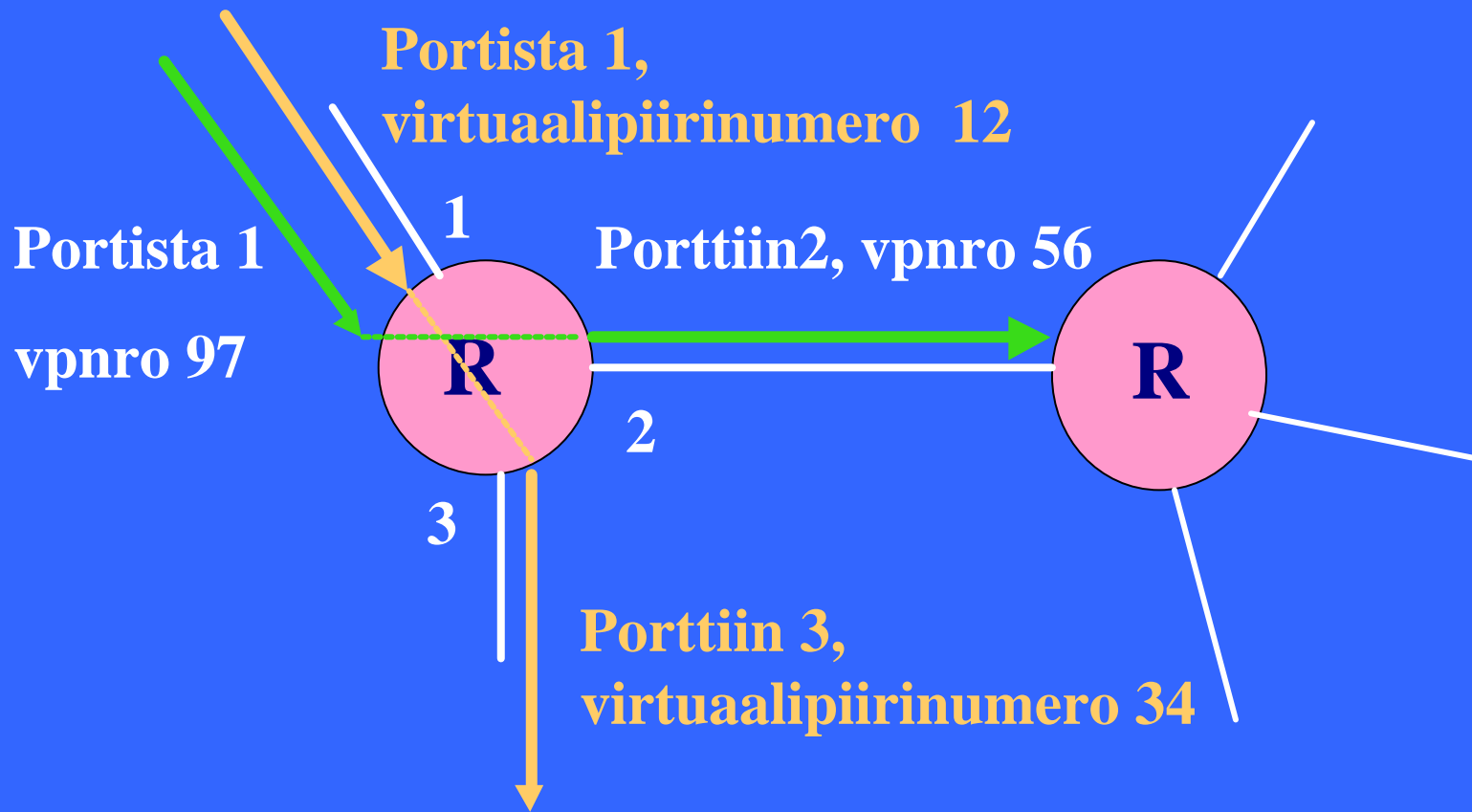
Verkko b



# Reititystaulukko

Osoite	ulosmenoportti
verkko a	2
verkko b	3
.....	
oma, kone1	1
oma, kone 2	4

# Virtuaalipiirireititys



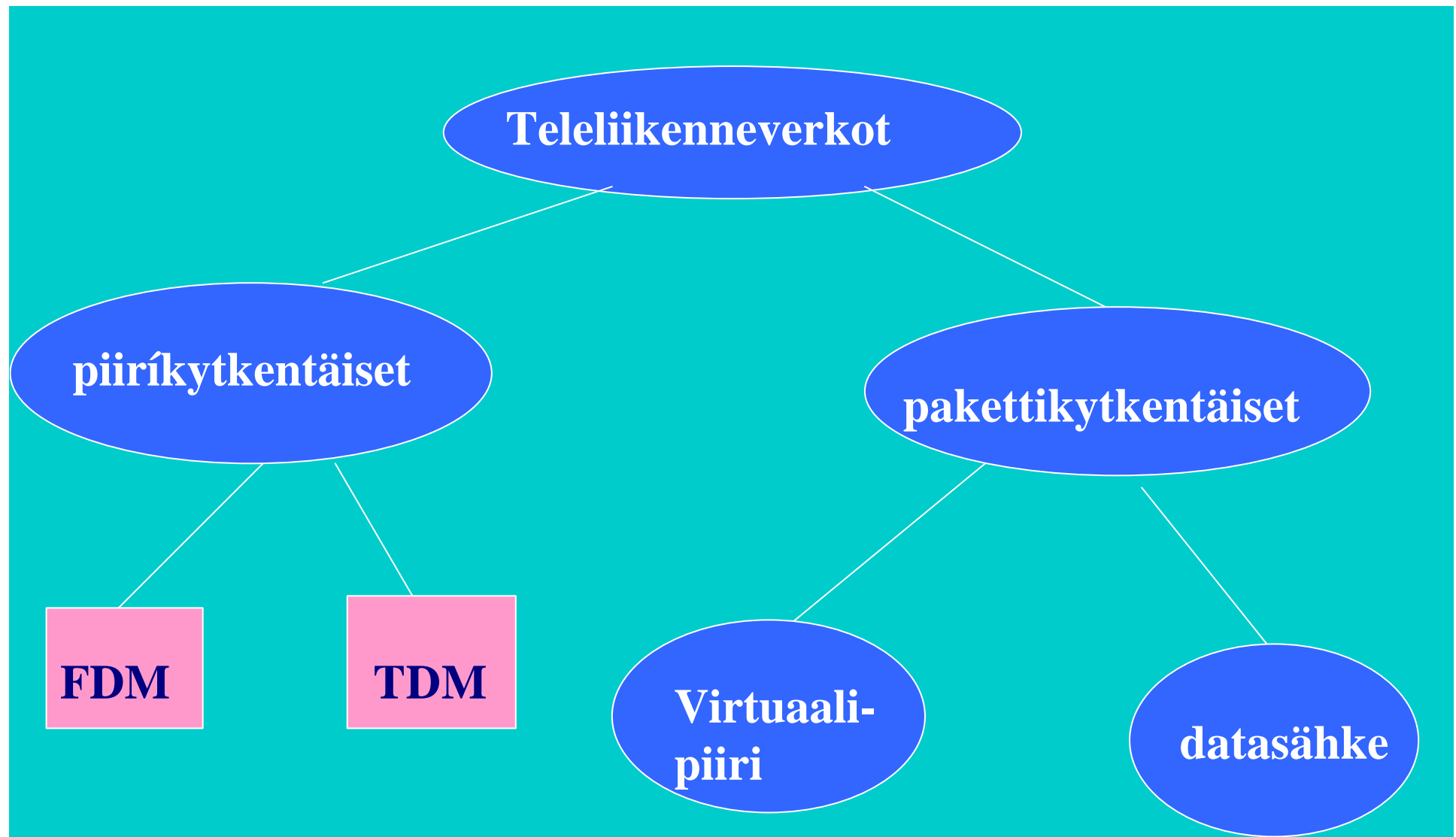


# Virtuaalipiirin muunnostaulukko

Sisääntulo	tuleva VC	lähtevä VC	ulosmeno
1	12	34	3
1	97	56	2
2	42	101	3
2	10	78	1
3	12	65	2

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

**Miksi ei käytetä koko yhteydellä samaa VP-numeroa?**



**Eri verkko-tekniikoita**

# 1.3. Siirtomedia

- Siirtomedian tehtävä
  - siirtää bittivirtaa koneelta toiselle
- käytettävissä erilaisia siirtovälineitä
  - johdollinen
    - kuparijohto, optinen kuitu, kaapeli
  - johdoton
    - radio, satelliitti, matkapuhelin
    - magneettinauha, cd-levy

# Magneettinen ja optinen media

- ‘talleta, kannaa ja lataa’
- suuri siirtonopeus
  - hyvin suuria tietomääriä siirtyy kohtalaisella nopeudella
    - rekallinen cd-levyjä
- pitkä viive
  - ensimmäisen bitin saapuminen kestää pitkään
- edullinen



# Kierretty pari (twisted pair)

- kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen (vähentää häiriöitä)
  - yleensä useita kaapelissa
- yleisesti käytetty
  - puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka, rakennusten sisällä
- hintaan nähden hyvä suorituskyky
  - useita kilometrejä ilman vahvistinta
  - useita Mbps parin kilometrin matkalla
  - analoginen tai digitaalinen siirto

- Suojattu /suojaamaton
  - UTP yleisesti käytetty LAN:eissa  
(Unshielded twisted pair)
- eri luokkia (category)
  - luokka 3: puhelinyhteydet, LAN => 16 Mbps
    - kotiyhteydet verkkoon: ISDN (128 Kbps), ADSL (6 Mbps)
  - luokka 5: uusiin toimistoihin => 100 Mbps
    - enemmän kierteitä ja teflon-eriste

# Koaksiaalikaapeli

- paremmin suojattu häiriöiltä
  - suuret nopeudet
    - 1-2 Gbps, 1-2 km -kaapelilla
  - pitkät etäisyydet
    - tarvitaan vahvistimia ja nopeus laskee
  - kaistanleveys
    - 300 (450) MHz
  - käyttö
    - TV-kaapelit, lähiverkot

# Koaksiaalikaapelin käyttötavat

- **kantataajuusmoodi** (Baseband)
  - 50-ohmin kaapeli, käytössä lähiverkoissa
    - kaapelissa vain yksi bittivirta (signaali)
    - nopea tiedonsiirto ~10 Mbps,
    - digitaalinen signalointi
- **laajakaistamoodi** (Broadband)
  - 75-ohmin kaapeli, käytössä kaapeliTV:ssä
    - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
    - useita signaaleja samaan aikaan
    - analoginen signallointi



# Kantataajuuskaapeli

- digitaalitekniikka
  - volttipulsseja
- yksinkertainen, halpa
- halvat liittymät
- sekä kaksipisteyhteyksissä että monipisteyhteyksissä

# Laajakaistakaapeli

- analoginen siirtotekniikka
  - jopa 500 km kaapeleita
    - pitkillä etäisyyksillä vahvistimia
  - ei sovi niin hyvin digitaaliseen tiedonsiirtoon
- TV-kaapelit
  - lähes joka kotiin jo valmiina
- käyttö
  - rinnan TV-kuvaa, CD-tason ääntä ja digitaalista bittivirtaa

# Valokaapeli

- erittäin puhdasta kvartsia
  - 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
- lasersäteitä
- ei sähkömagneettisia häiriöitä
- jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- suuri kaistanleveys
  - useita GHz

# Valokaapelin rakenne

- lähetin
  - muuttaa sähköpulssit valoksi
    - LED, laserdiodi
- vastaanotto fotofiodi
  - muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
  - vasteaika  $\sim 1 \text{ ns} \Rightarrow \sim 1 \text{ Gbps}$
  - kohina haittaa  $\Rightarrow$  riittävän voimakas säde
- valokuitu
  - ensiosuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
  - toisosuoja yhdistää useita kuituja

# Valokuitutyypit

- **monimuoto** (multimode)
  - valo hajaantuu (dispersion)
  - halpa, ei kovin nopea
  - paikallisverkoissa
- **yksimuotokuitu** (monomode)
  - kuidun paksuus vain muutama valon aallonpituus (8-10 mikronia, hius ~50 mikronia) => valo etenee kuidussa suoraan
  - kallein, nopein (~30 Gbps)
  - pitkän matkan puhelinlinjoissa (~30 km, jopa 100 km mahdollista)

# Langaton tiedonsiirto

- sähkömagneettinen aaltoliike
  - käytössä laaja spektri
  - aaltoliikkeeseen koodattavissa tietoa
    - amplitudi, taajuus vaihe
  - rajoituksia
    - generoitavuus
    - moduloitavuus
    - kuuluvuus/näkyvyys
    - tunkeutuvuus
    - vaarallisuus



# Radioaallot

- helppo generoida
- etenevät pitkiä matkoja
- tunkeutuvat kaikkialle
- etenevät kaikkiin suuntiin
- rajallinen resurssi
  - niukkuutta
  - käyttö säänneltyä



# Mikroaallot (> 100 MHz -> 10 GHz)

- etenee suoraan
  - sietää hyvin häiriöitä
  - antenni suunnattava
- tunkeutuvuus pienempi
  - heijastuksia (kiinteät esteet, sääilmiöt)
  - vesisade
- pulaa ilmatilasta => luvanvaraista
  - NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz
- verkkojen perustaminen 'halpaa'



# Infrapuna & millimetriaallot

- etenee suoraan
- tunkeutuvaisuus 'olematon'
- heijastuksia
- halpa
- käytetään
  - kauko-ohjaimet
  - langattomat lähiverkot (wireless LAN)

# Satelliitit

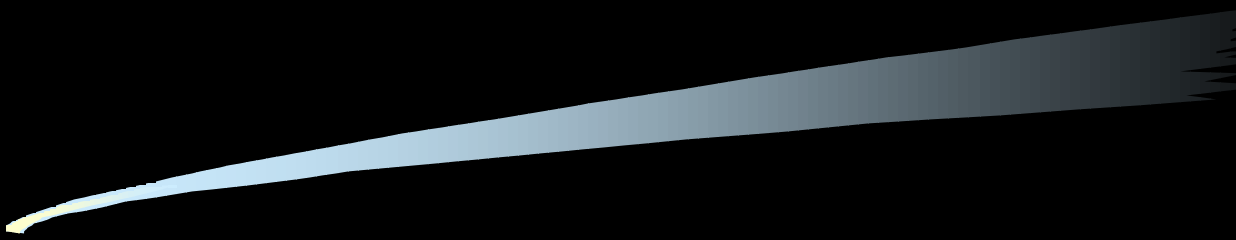
- Satelliitti
  - LEO (Low Earth Orbit)
    - 150-1500 km korkeudessa
  - MEO (Middle Earth Orbit)
    - 1500- km korkeudessa
  - GEO ( Geosynchronous Earth Orbit)
    - geostationaarinen
    - noin 36000 km korkeudessa
- maa-asema

# Häiriöt siirtotiellä

- Lähetetty signaali (aalto tai pulssi) vaimenee ja vääristyy kulkiessaan siirtomediassa
  - **vaimeneminen** (attenuation)
    - eri taajuudet heikkenevät eri tavoin; suuret taajuudet vaimenevat enemmän
      - => **signaali paitsi vaimenee, myös vääristyy**
  - **viivevääristyminen** (delay distortion)
    - signaalin eri taajuuksiset komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja saapuvat vastaanottajalle eri aikaan
      - => **signaali vääristyy**

# Kohina (Noise)

- Signaalia häiritsee kohina
  - aina taustalla esiintyvää sähkömagneettista aaltoliikettä
    - **terminen kohina**
      - elektronien liikkeestä johtuva,
    - **ylikuuluminen**
      - johdin sieppaa viereisen johtimen signaalin
    - **impulssikohina**
      - salamot, vanhat puhelinkeskukset

- 
- kahdenlaisia tiedonsiirtokanavia
  - digitaalinen
    - bittiputki, energiapulssi
  - analoginen
    - jatkuvaa aaltomuotoista signaalia
    - digitaalinen kanava toteutetaan usein analogisen avulla

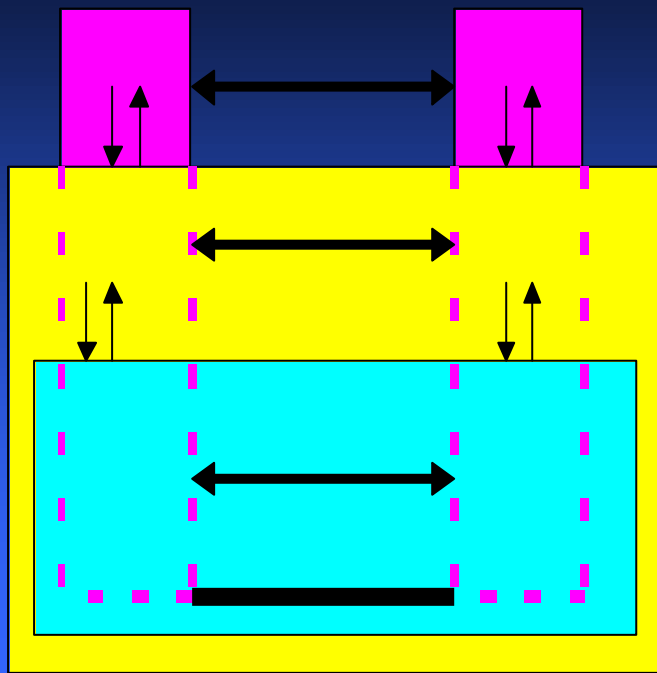
# Signaalin vahvistaminen

- vahvistimet ja toistimet
  - eri komponentteja vahvistettava eri tavoin
  - puhelininsinöörien tehtäviä
- analoginen signaali
  - vääristyy joka kerralla yhä enemmän ja enemmän
- digitaalinen signaali
  - vahvistus uudistaa signaalin

# 1.4. Tietoliikenneohjelmistot eli protokollat

- Protokolla eli yhteyskäytäntö
  - Mitä sanomia lähetetään ja missä järjestyksessä
  - Missä tilanteessa sanoma lähetetään
  - Miten saatuihin sanomiin reagoidaan
- tietoliikenteessä on hyvin paljon erilaisia protokollia
  - Internet: TCP-, UDP- ja IP-protokolla
  - verkkosamoilu: http-protokolla

# Protokollien kerrosrakenne



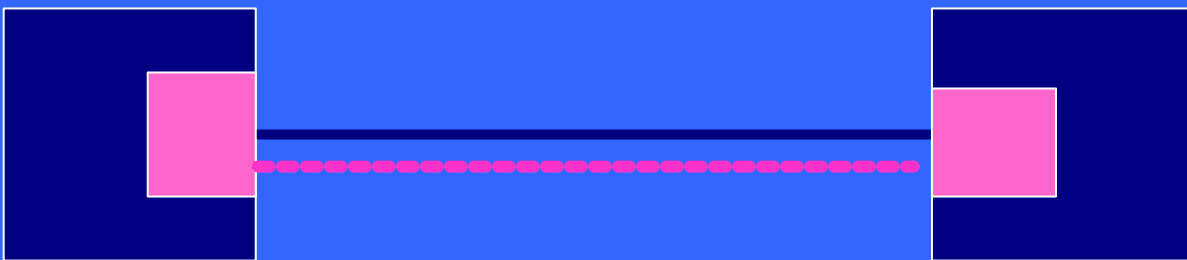
- monimutkaisuuden hallinta =>  
jaetaan kerroksiin (layer)
  - kerros ~ abstrakti kone
- tietokoneverkot <=> verkkoprotokollat



# Mitä monimutkaisuutta?

## kaksipisteysteys

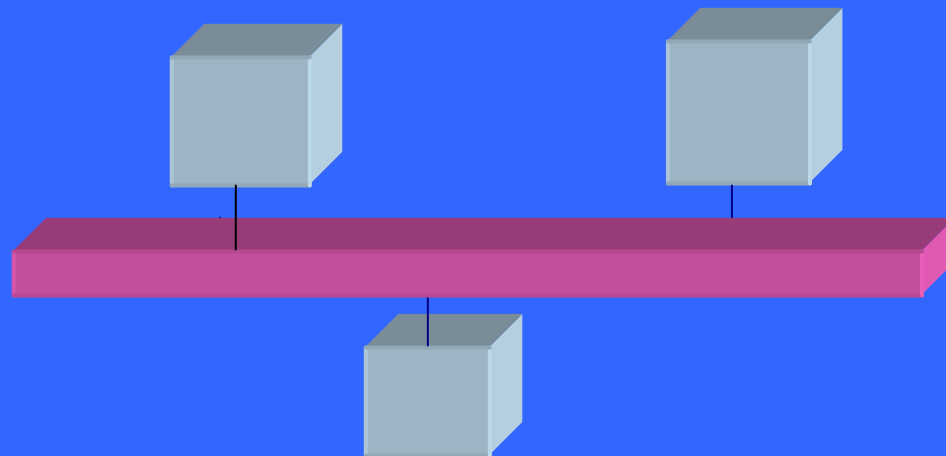
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



# Mitä monimutkaisuutta?

## yleislähetys

- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- **datan lähetys: lähetysvuorot**
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



# Entä tietoliikenneverkko?

- miten pystytään sanoma/paketit kuljettamaan lähettäjältä vastaanottajalle?
  - yhden verkon sisällä
  - monen verkon kautta
- verkon ruuhkautumisongelmat?
- sanoman virheettömyys?
- liikenteen kapasiteetti ja nopeus, tehokkuus
- laitteiden määrä ja heterogeenisyys

# Protokolla (yhteyskäytäntö)

- **protokolla**
  - määrää kerroksen keskustelusäännöt ja -tavan
  - protokollapino
    - verkkoarkkitehtuuri
- **palvelu (service)**
  - alemman kerroksen palvelut ylemmän käytössä
  - palvelun käyttäjä /palvelun tuottaja

# Rajapinta

(interface)

- samassa koneessa, vierekkäisten kerrosten välillä
- määrittelee operaatiot, joilla ylemmän kerroksen **olio** (entity) voi käyttää alemman palveluja
- **SAP** (Service Access Point)
  - “palveluluukku”
  - yksikäsitteinen osoite
  - esim. puhelinverkossa
    - puhelinpistoke

# Palvelu

- **yhteydellinen palvelu** (connection-oriented)
  - esim. puhelin
- **yhteydetön palvelu** (connectionless)
  - esim. posti
- kumpi valitaan?
  - vaadittu palvelutaso (QoS)
  - kustannus
- Valinta voi olla erilainen eri kerroksilla

# Palvelu $\Leftrightarrow$ protokolla

- **palvelu**

joukko toimintoja (primitiivejä), jotka ylemmän kerroksen käytettävissä

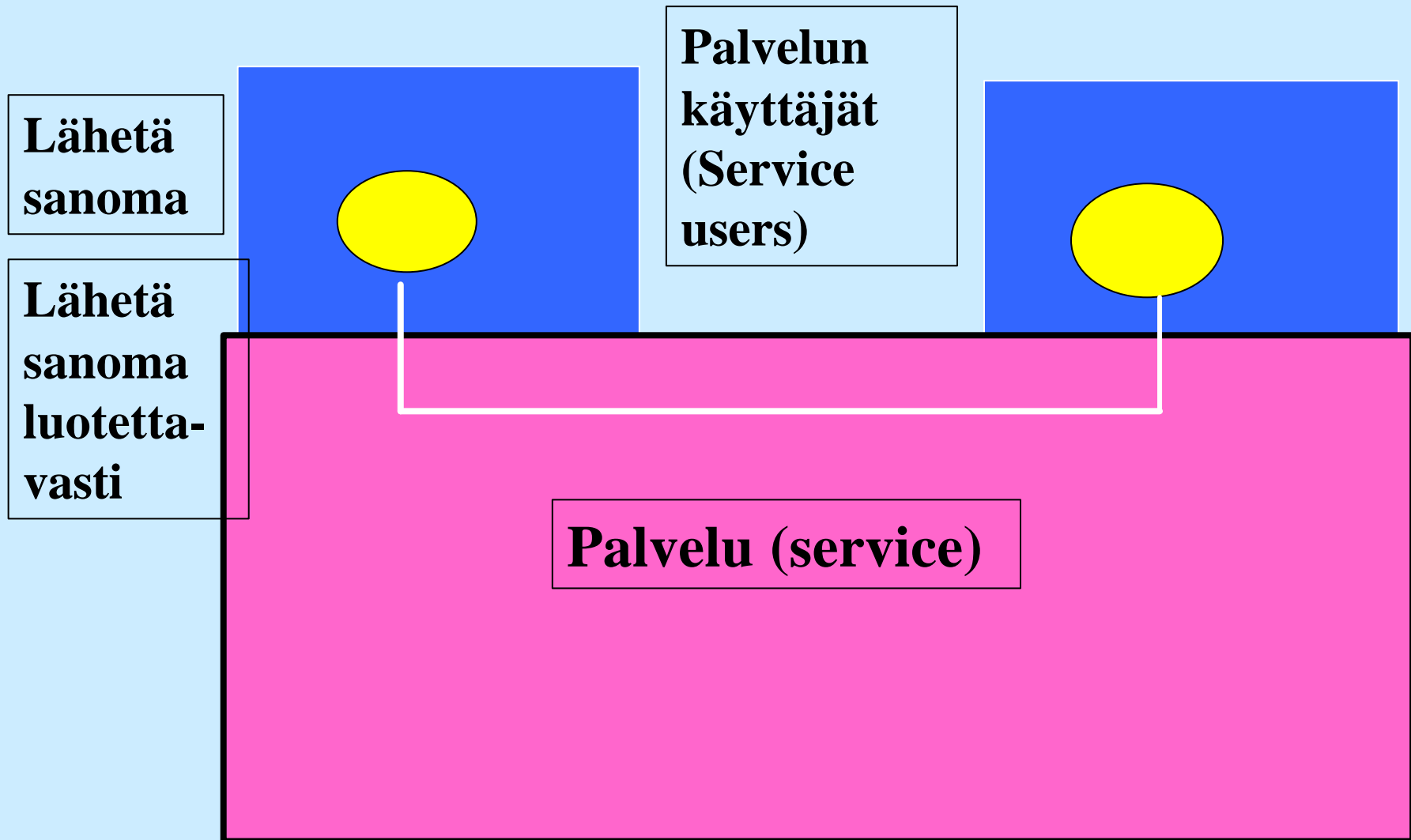
- ~ abstrakti datatyyppi, olio

- **protokolla**

joukko sääntöjä, jotka määräävät, miten vaihdetaan sanomia (muoto, järjestys, ..)

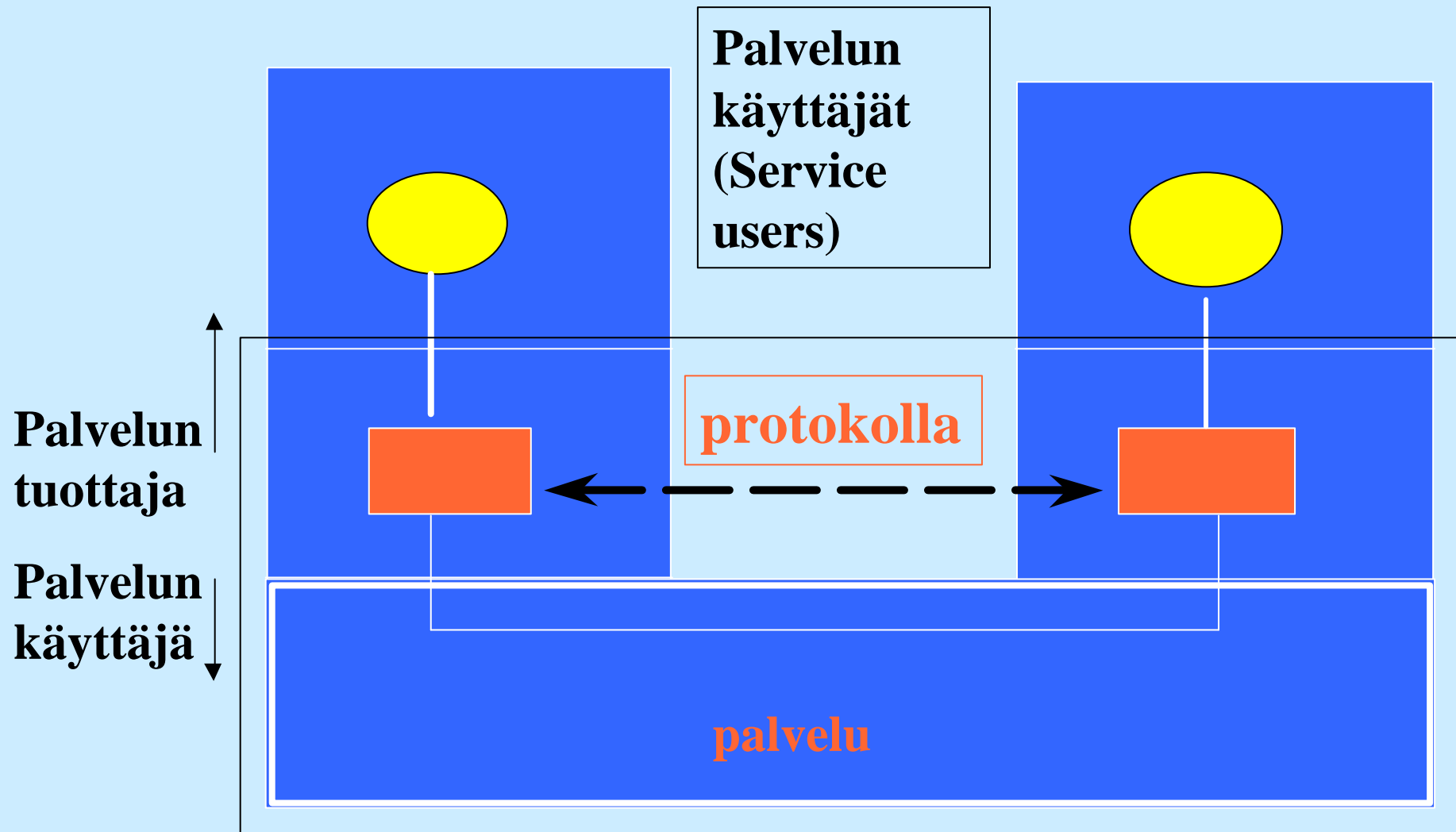
- ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

# Service user /service

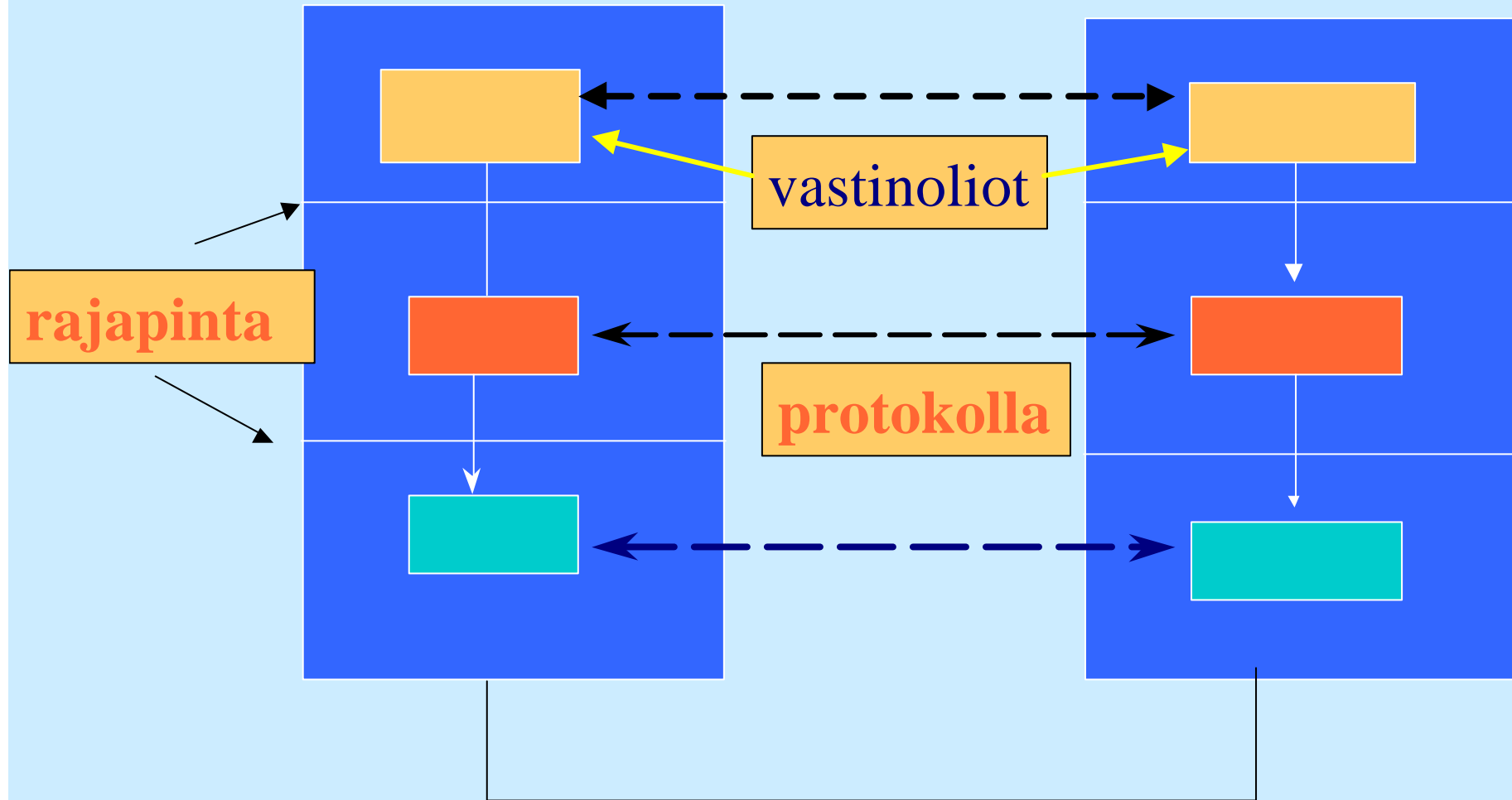




# Service /service user/ service provider



# Interface / peer entity / protocol



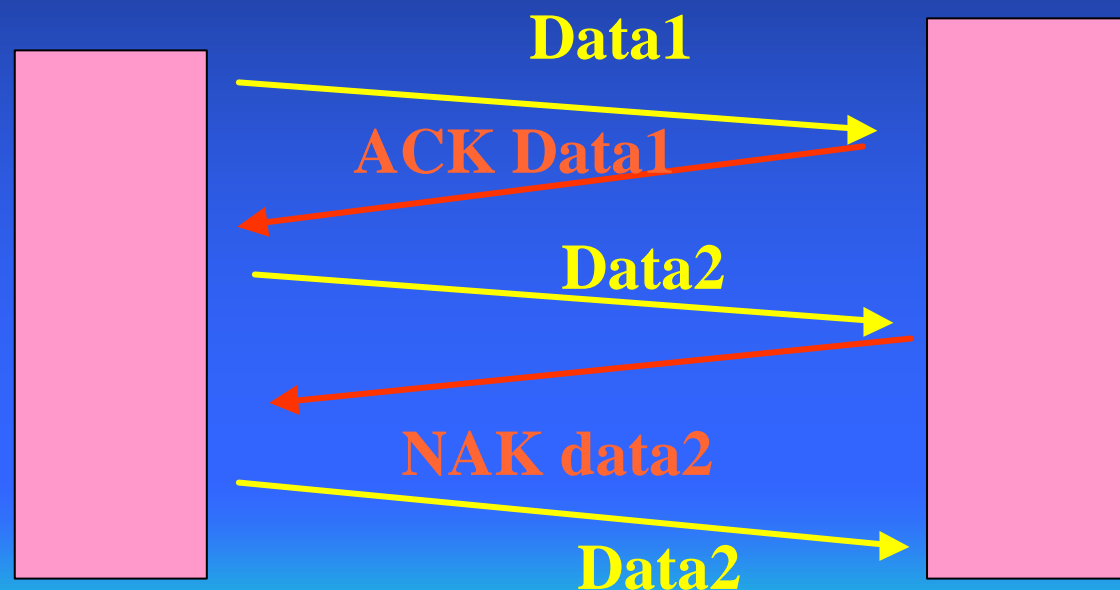
# Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

**Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä**

- virhevalvonta
- vuonvalvonta
- sanoman paloittelu ja kokoaminen
- ruuhkanvalvonta
- kanavointi (multiplexing)
- yhteydenmuodostus

# Virhevalvonta (error control)

- kaikki sanomat virheettöminä ja oikeassa järjestyksessä
  - luotettava tiedonsiirto (reliable data transfer)
  - esim. kuitataan saadut sanomat ja tarvittaessa lähetetään uudelleen



# Pohdittavaa!

- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma (kaksoiskappale eli duplikaatti)?

# Vuonvalvonta (flow control)

- Lähettäjä ei saa lähettää enemmän tai nopeammin paketteja kuin vastaanottaja ehtii niitä käsitellä.



## Ruuhkanvalvonta (congestion control)

- Ruuhkatilanteessa verkkoon tulee liian paljon sanomia lähettäjiltä.
- Reitittimet eivät ehdi käsitellä sanomia riittävän nopeasti. Niiden puskurit puskurit täyttyvät, jolloin sanomia häviää.
- Lähettäjät täytyy saada hiljentämään lähettämistään.
  - Internetissä TCP huomaa ruuhkan siitä, ettei se saa kuittauksia sanomiinsa

# Pohdittavaa!

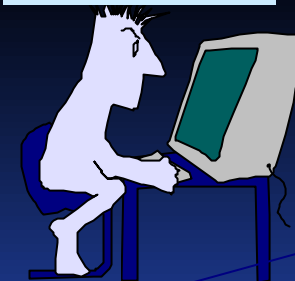
- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa?  
Perustele vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?



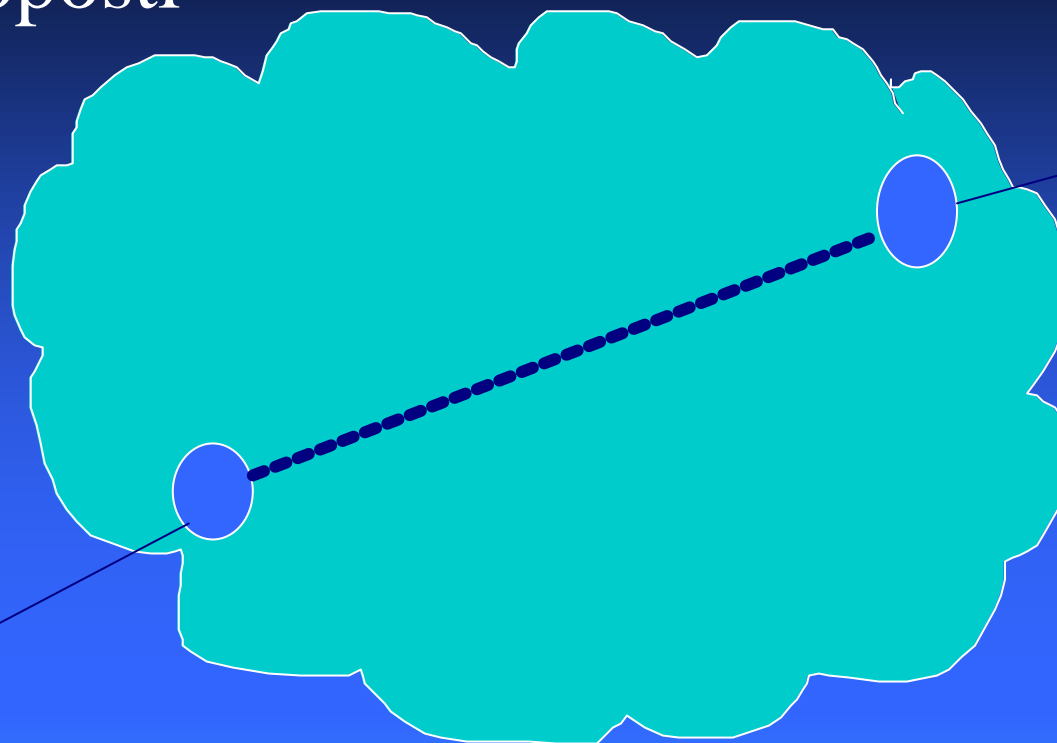
# Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

- sähköposti

*HEI,  
mites  
menee?*



*HEI,  
mites  
menee?*





sanoma



Mail system

Mail system

postiprotokolla



yhteydenotto

siirtoprotokolla



Tarkistukset,  
korjaukset

lähetysprotokolla



Bittien lähetys  
ja vastaanotto

..00100100100011101101011..



sanoma

sanoma



3-PDU



2-PDU



1-PDU



## 1.4 Viitemalleja

- **TCP/IP -viitemalli**  
(Transmission Control Protocol /Internet Protocol)
- **OSI-viitemalli**  
(Open Systems Interconnection)

# TCP/IP -viitemalli

- Internet-protokollastandardi
  - ei niinkään viitemalli
- RFC-julkaisuja, standardeja
  - 1969 ->
- De facto -standardi

# TCP/IP -viitemalli

- Lähtökohdat
  - yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja
  - vikasietoisuus (DoD)
  - joustavuus
    - monia uusia sovelluksia
- Tulos
  - pakettikytkentäinen
  - yhteydetön verkko
- ensin tehtiin toimivat protokollat, sitten vasta 'viitemalli'

5

Sovelluskerros

PDU:t

sanoma

4

Kuljetuskerros

segmentti

3

Verkkokerros

datagrammi

2

Linkkikerros

kehys

1

Fyysinen kerros

1-PDU

Internet-protokollapino

# Internet-pinon kerrokset

- Sovelluskerros
  - Sovelluksen eri komponenttien väliseen viestintään
  - paljon erilaisia sovelluksia => paljon protokollia
  - **FTP, TELNET**
  - **DNS**
  - **SMTP**
  - **HTTP** , ....





- Kuljetuskerros

- sovelluskerroksen sanomat asiakkaalta palvelimelle ja päinvastoin

- **TCP**-protokolla

- luotettava yhteydellinen protokolla

- **UDP**-protokolla

- epäluotettava yhteydetön protokolla

- Verkkokerros eli IP-kerros
  - reitittää datagrammit lähettävältä isäntäkoneelta vastaanottavalle isäntäkoneelle
  - **IP-protokolla**
    - eri verkot yhdistävä protokolla
    - kaikkien Internet-verkon komponenttien ymmärtettävä
  - useita reititysprotokollia
    - reititystä varten



- Linkkikerros

- kehyksen siirto yhden linkin yli
- mitä tahansa linkkiprotokollia
  - esim. PPP, Ethernet, atm

- Fyysinen kerros

- bittien siirto
- riippuu käytetystä siirtomediasta

# OSI-viitemalli

- käsitteellisesti ehjä malli
  - 1978 -> 1982 viitemalli
  - 1983 -> toiminnallisia standardeja
- kerrosmalli
  - 7 kerrosta
- ISO ==> kansainväl. standardeja
  - mutta ei paljoakaan käytössä

# OSI-mallin kerrokset

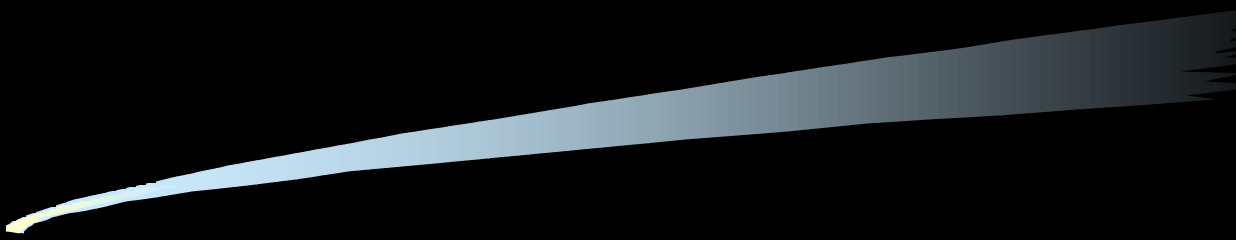
- Sovelluskerros (Application layer)
- **Esitystapakerros** (Presentation layer)
- **Istuntokerros** (Session layer)
- Kuljetuskerros (Transport layer)
- Verkkokerros (Network layer)
- Siirtoyhteyskerros (Data link layer)
- Peruskerros (Physical layer)

# Istuntokerros

- jäsentää ja tahdistaa tietojen vaihtoa
- istunnossa
  - kommunikointitapa
    - kaksisuuntainen / yksisuuntainen
    - lähetysvuoronsäätely yksisuuntaisessa kommunikoinnissa
  - vuoromerkki varmistaa, että vain toinen osapuoli tekee tietyn toiminnon
  - kommunikoinnin tahdistus tarkistuspisteiden avulla
    - esim tiedostonsiirrossa

# Esitystapakerros

- huolehtii tiedon esitysmuodosta siirrettäessä tietoa kahden koneen välillä
  - tiedon esitystapa koneessa
  - abstraktisyntaksi
  - siirtosyntaksi
- sopii käytettävästä siirtosyntaksista
- muuttaa tiedon tarvittaessa siirtosyntaksin mukaiseksi
- salaus ja tiivistys haluttaessa

- 
- kukin kerros korjaa omat virheensä.
  - jos ei pysty, ilmoitus ylemmälle kerrokselle

==> virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksella



## 1.5. Esimerkkejä verkoista

- Joitakin esimerkkejä käsitellään harjoituksissa
  - laitosten (osastojen) verkkoja
  - yliopistojen / yritysten verkkoja
  - FUNET, NORDUNET
  - puhelinverkko
- **INTERNET**

# Internet

- 1969: 4 konetta (ARPANET)
- 1972: 30 konetta, 1. Sähköpostiohjelma
- 1979: 1988 konetta
- 1985: 2000 konetta (1983: TCP/IP)
- 1989: 160 000 konetta
- 1995: 6 miljoonaa konetta
- 1998: 37 miljoonaa konetta
- 2000: arviolta 142 miljoonaa käyttäjää
  - 2.4% maailman väestöstä

# Pääsy Internetiin

- Modeemilla puhelinverkon yli
  - tiedonsiirtonopeus < 56 Kbps
- ISDN-teknologia käyttäen < 128 Kbps
- ADSL (asymmetric digital subscriber line)
  - kehittynyt modeemitekhnologia
  - => 8 Mbps
- Kaapeli-TV
  - kaapelimodeemi, yleislähetys
- lähiverkosta
- langaton yhteys: GSM, WAP, GRPS, UMTS

# Palvelut käyttäjän näkökulmasta

- Sovellukset
  - sähköposti
  - internetsivujen lukeminen
    - pankkipalvelut
    - sähköinen kaupankäynti
    - verkkoyliopisto
    - verkkokirjasto
    - ...