

1. Tietokoneverkot ja Internet

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



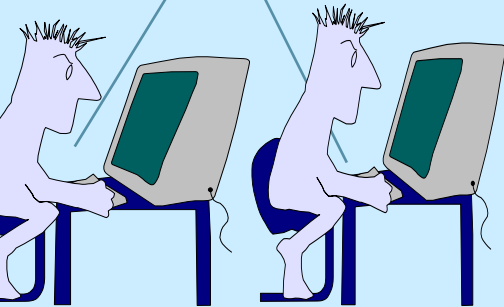
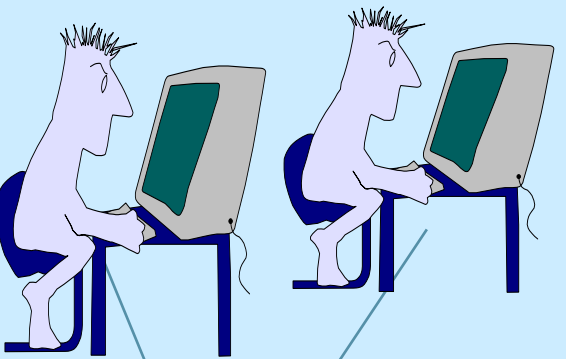
1. 1. Tietokoneesta tietoverkkoon

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

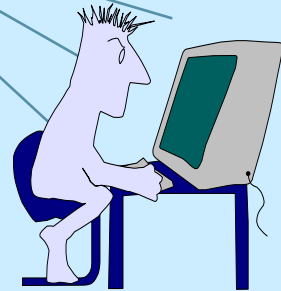
Keskuskone ja oheislaitteet



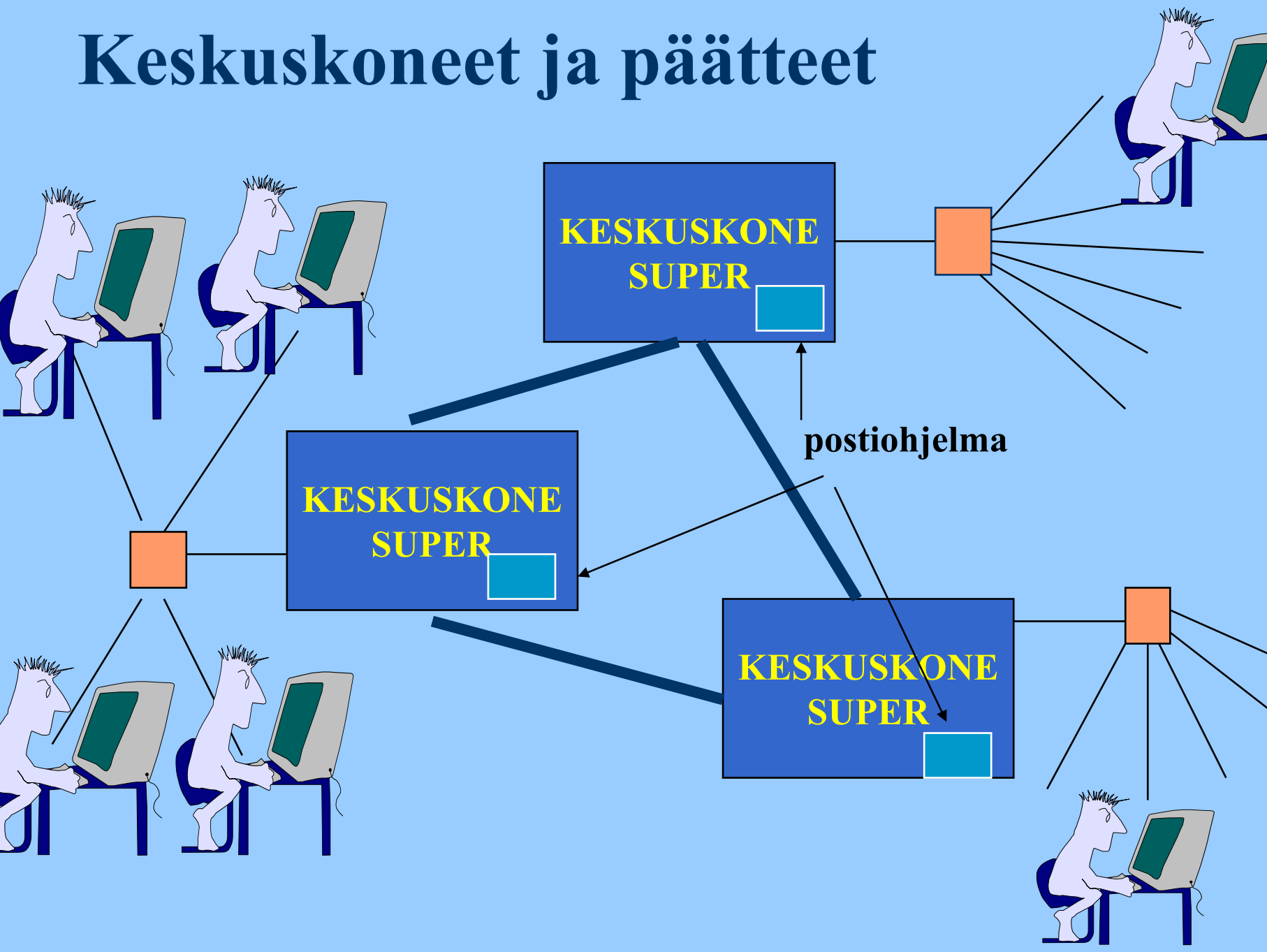
Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)



**KESKUSKONE
SUPER**



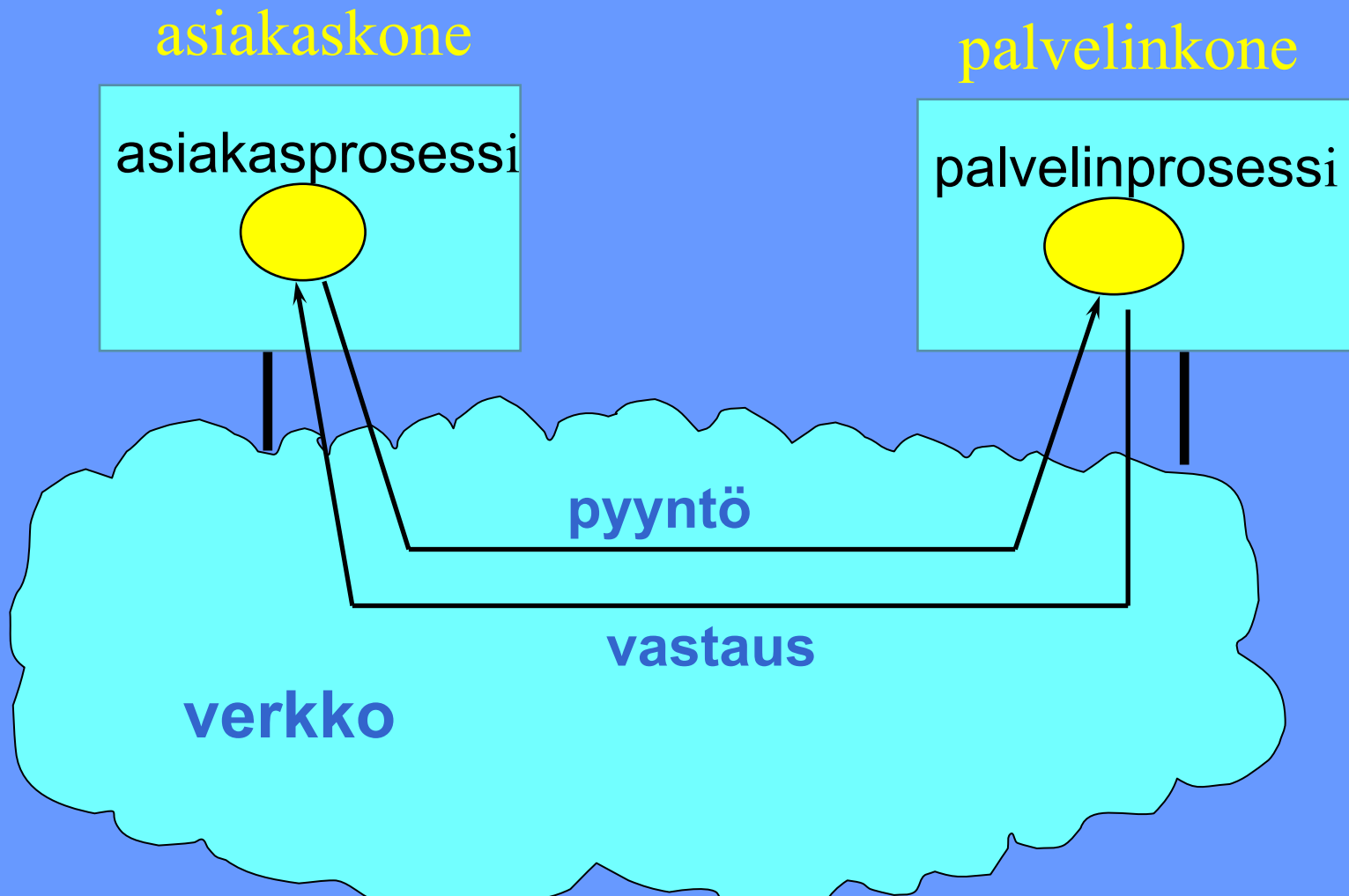
Keskuskoneet ja päätteet



Tietoliikenneverkko



Asiakas-palvelin-malli



Asiakas-palvelinsovellus

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



Asiakas-palvelin-mallin hyötyjä

■ resurssien yhteiskäyttö

- tiedon
- palvelun

■ palvelun parantuminen

- saatavuus
- skaalautuvuus
- hallittavuus

■ **kustannustehokkuus**

- pienet koneet suhteessa tehokkaampia

P2P

- **Vertaisverkko (peer-to-peer)**
 - suora kommunikointi koneiden välillä ↔ kommunikointi palvelutarjoajien ja telelaitosten kautta (Kolumbus, Sonera , ..)
 - PC:t sekä asiakkaita että palvelimia ↔ PC:t pelkkiä asiakkaita
 - vastareaktio suuria yhtiöitä vastaan => vapaa verkko
 - Napster, Gnutella, KaZaA...

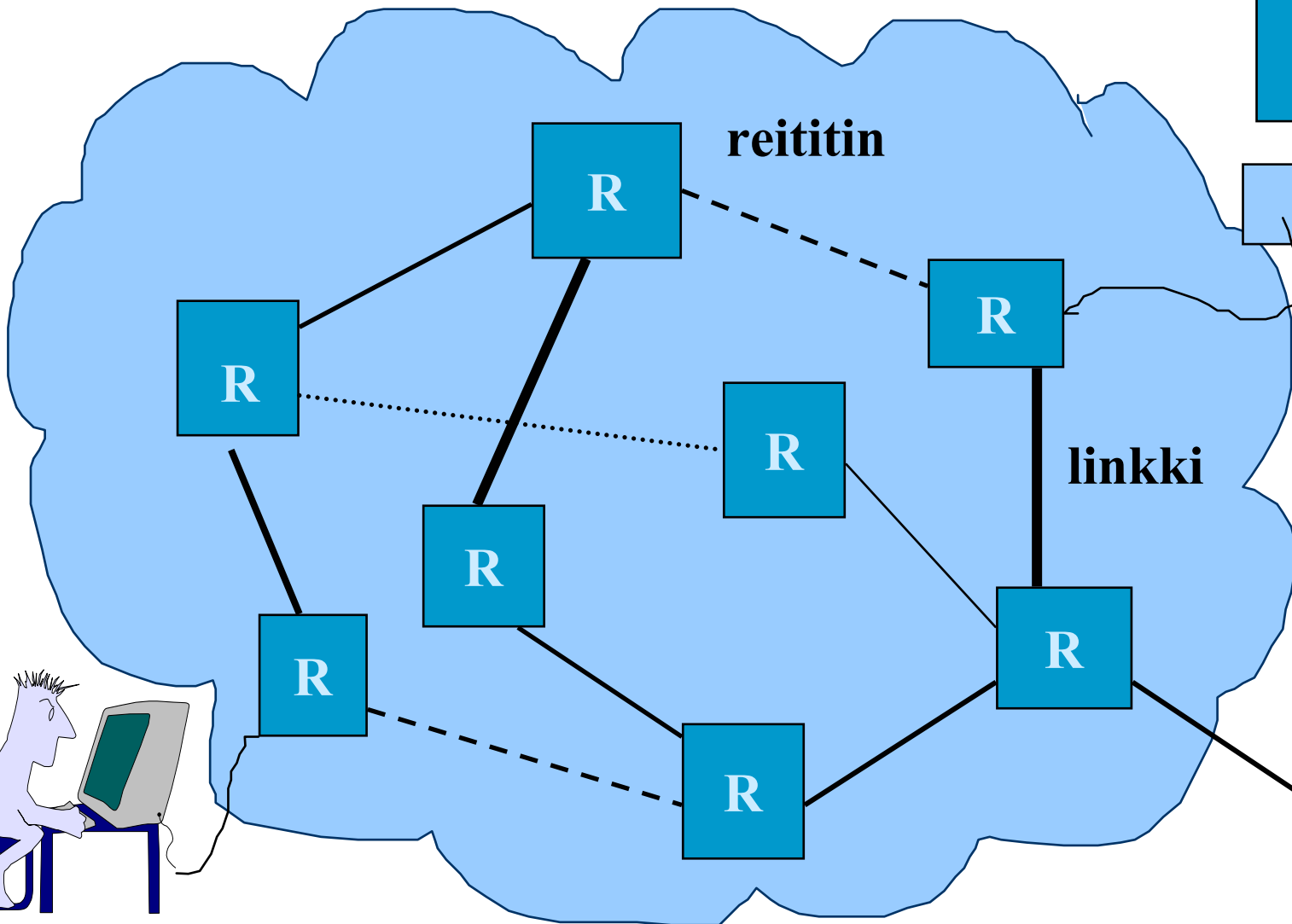


1.2 Tietoliikenneverkon rakenne

- **Isäntäkone (host)**
 - palvelin
- **reititin (router)**
- **tietoliikennelinkit (link)**
 - langaton, langallinen
- **protokollat**
 - internet-protokollat
- **sovellusohjelmat**
 - esim. sähköposti

Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



Protokolla, standardi, RFC

Kaksi erilaista verkkoteknologiaa

■ piirikytkentäinen (circuit switching)

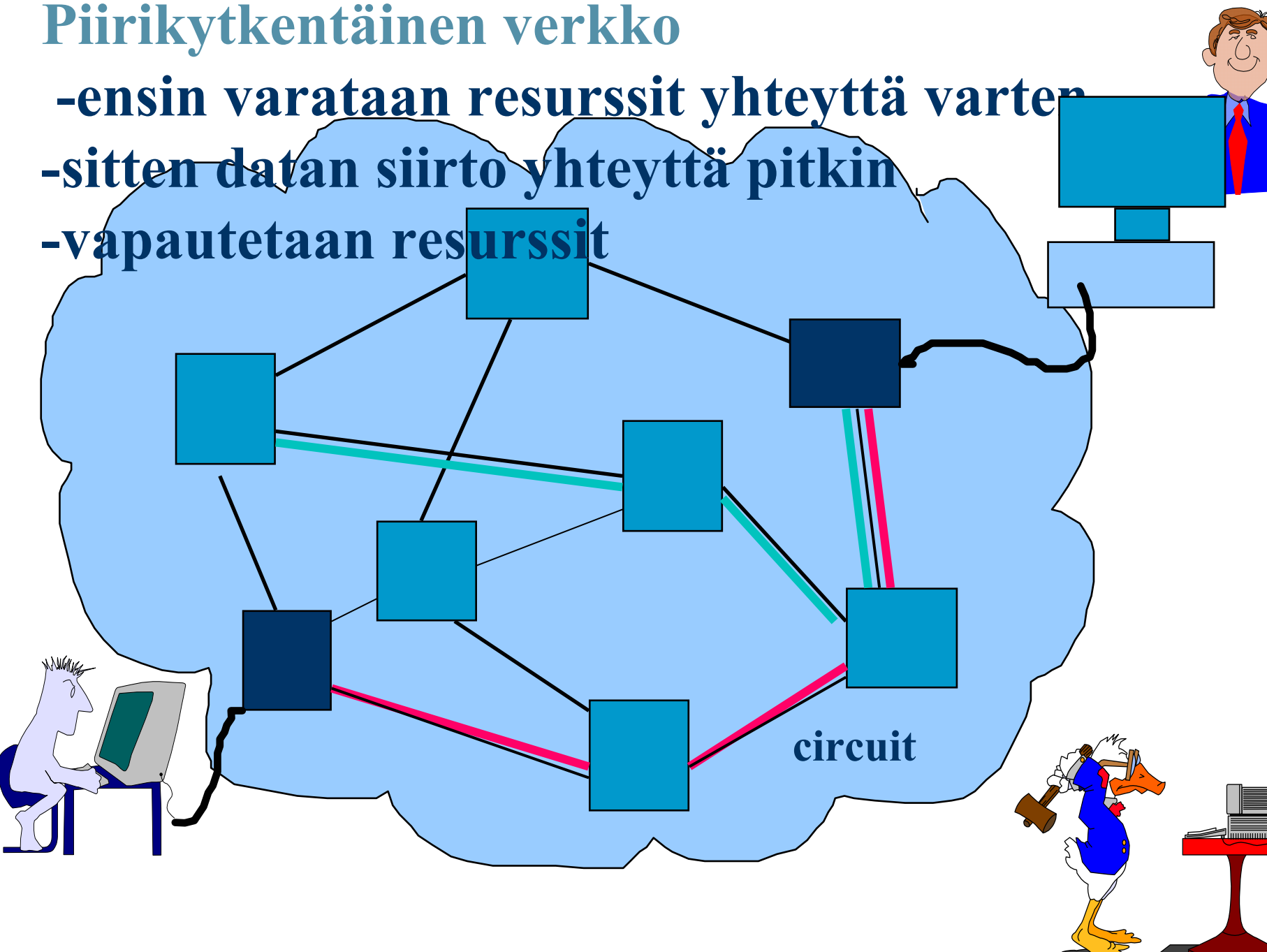
- verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
 - puskurit, linjakapasiteetti
- puhelinverkko => takaa tasaisen lähetysnopeuden

■ pakettivälitteinen (packet switching)

- resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa
- jos resursseja ei ole, joudutaan odottamaan
- Internet => 'best effort'
- järjestys ei välttämättä säily!

Piirikytkentäinen verkko

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

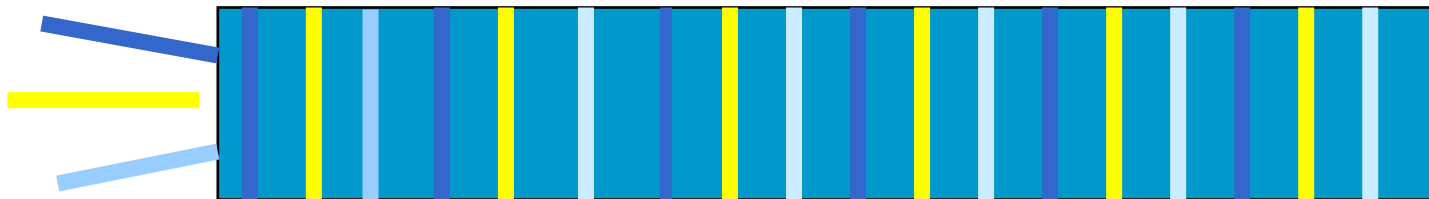


Kanavointi (multiplexing)

- Samalla linkillä usean yhteyden sanomia:
 - Taajuusjako- ja aikajakokanavointi



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



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

Lasketaan!

- 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?
- Lisäksi yhteyden muodostamiseen kuluu ensin 500 ms.

Siirtonopeus, siirtoaika

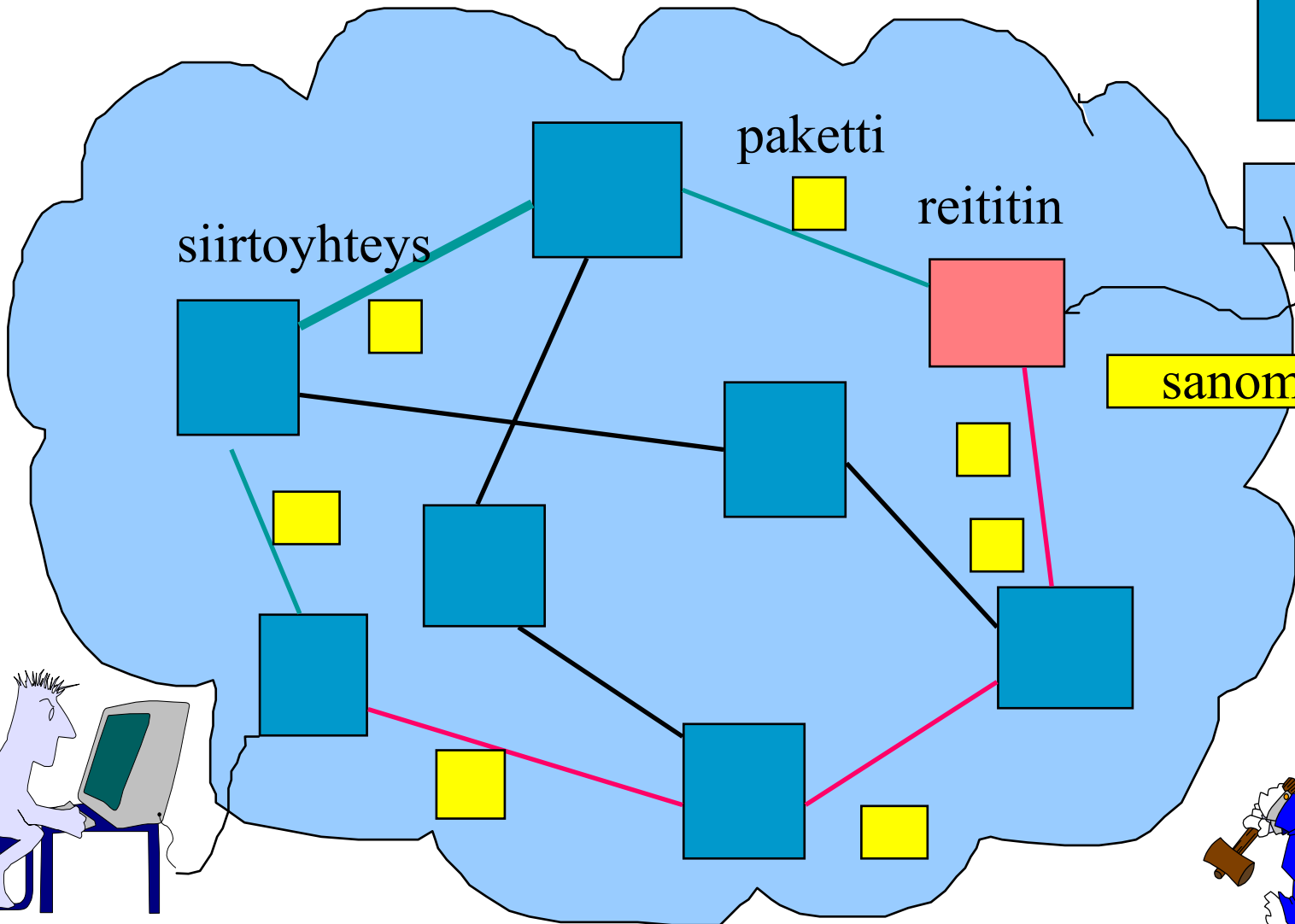
- **Siirtonopeus** (data rate, transmission rate)
 - miten nopeasti dataa pystytään siirtämään eli lähettämään linjalle
 - bps = bittejä sekunnissa
- **Siirtoaika**
 - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
 - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoviive = 10 sekuntia

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

isäntäkone

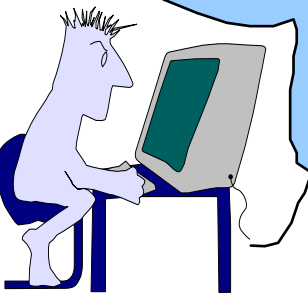


siirtoyhteys

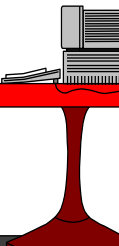
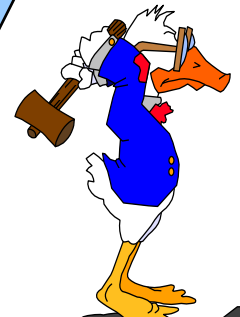
paketti

reititin

sanoma



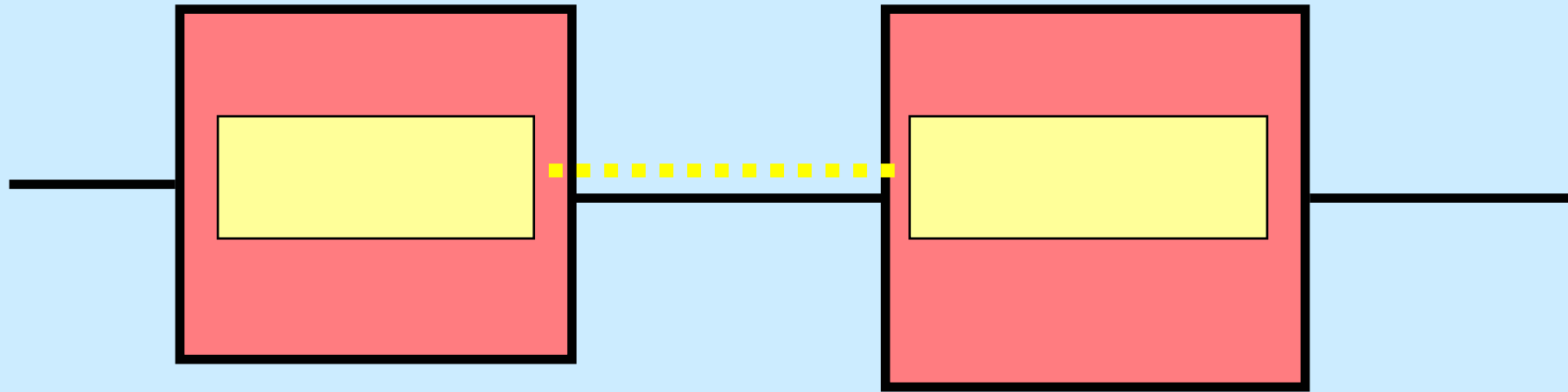
sanoma



Etappivälitteinen (store-and-forward)

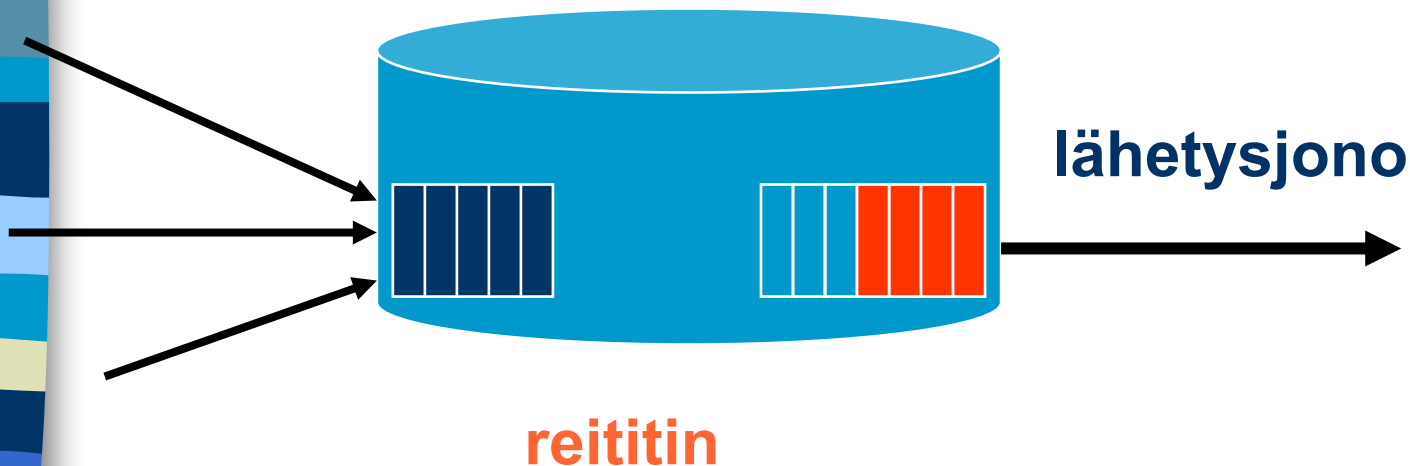
- **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin**
 - **siirtoaika joka linkillä, koska paketti lähetetään aina uudestaan**
 - **L = paketin koko bitteinä**
 - **R = lähtölinkin siirtonopeus**
 - **siirtoaika = L/R**
 - **jonotusviive reitittimessä, jos paketti joutuu odotamaan,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

etappivälitteinen



Jonotusviive (queuing delay)

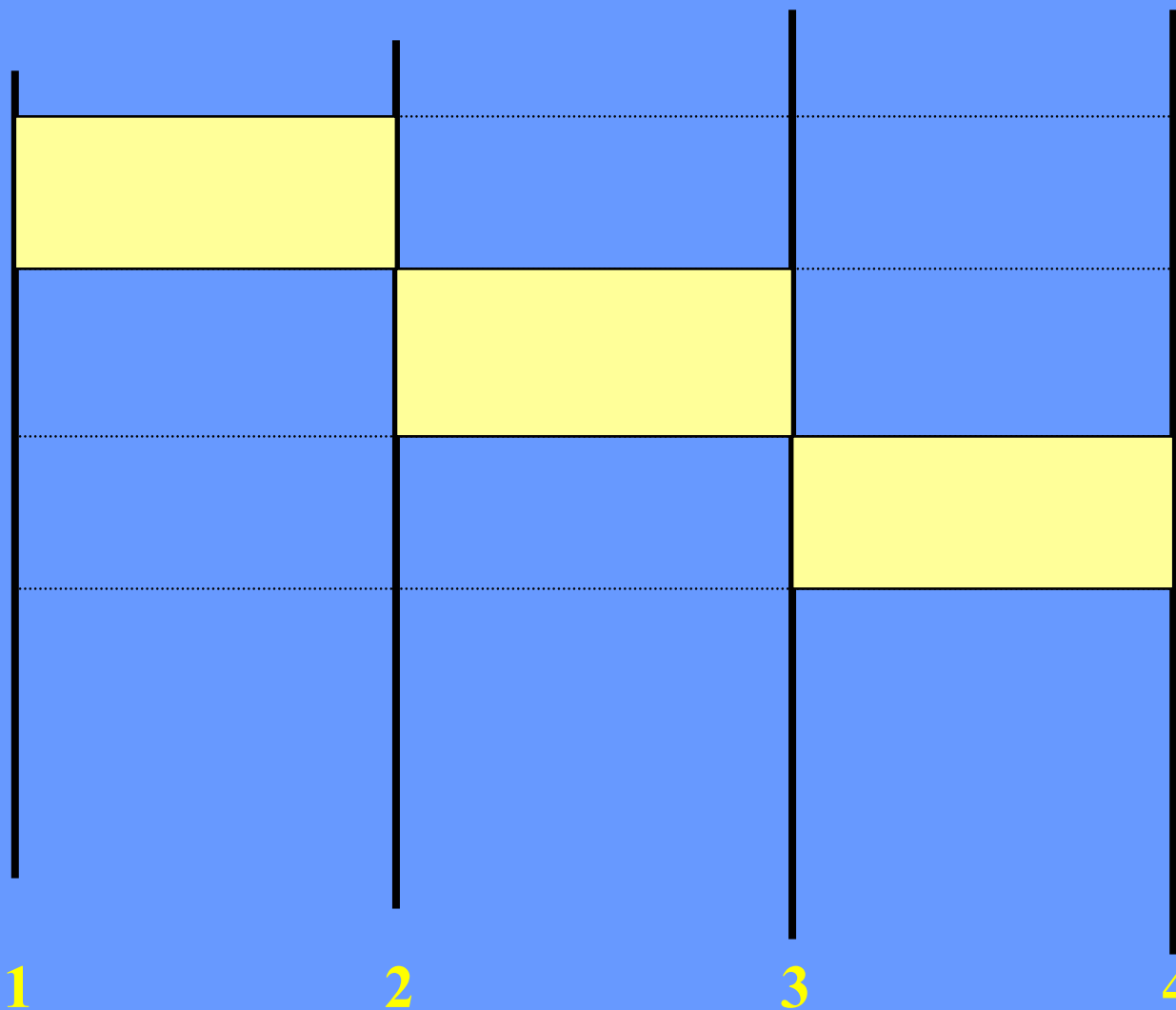
- Jonotusviivettä syntyy reitittimessä, kun paketti joutuu odotamaan, että reititin lähettää linkille muita paketteja



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
 - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

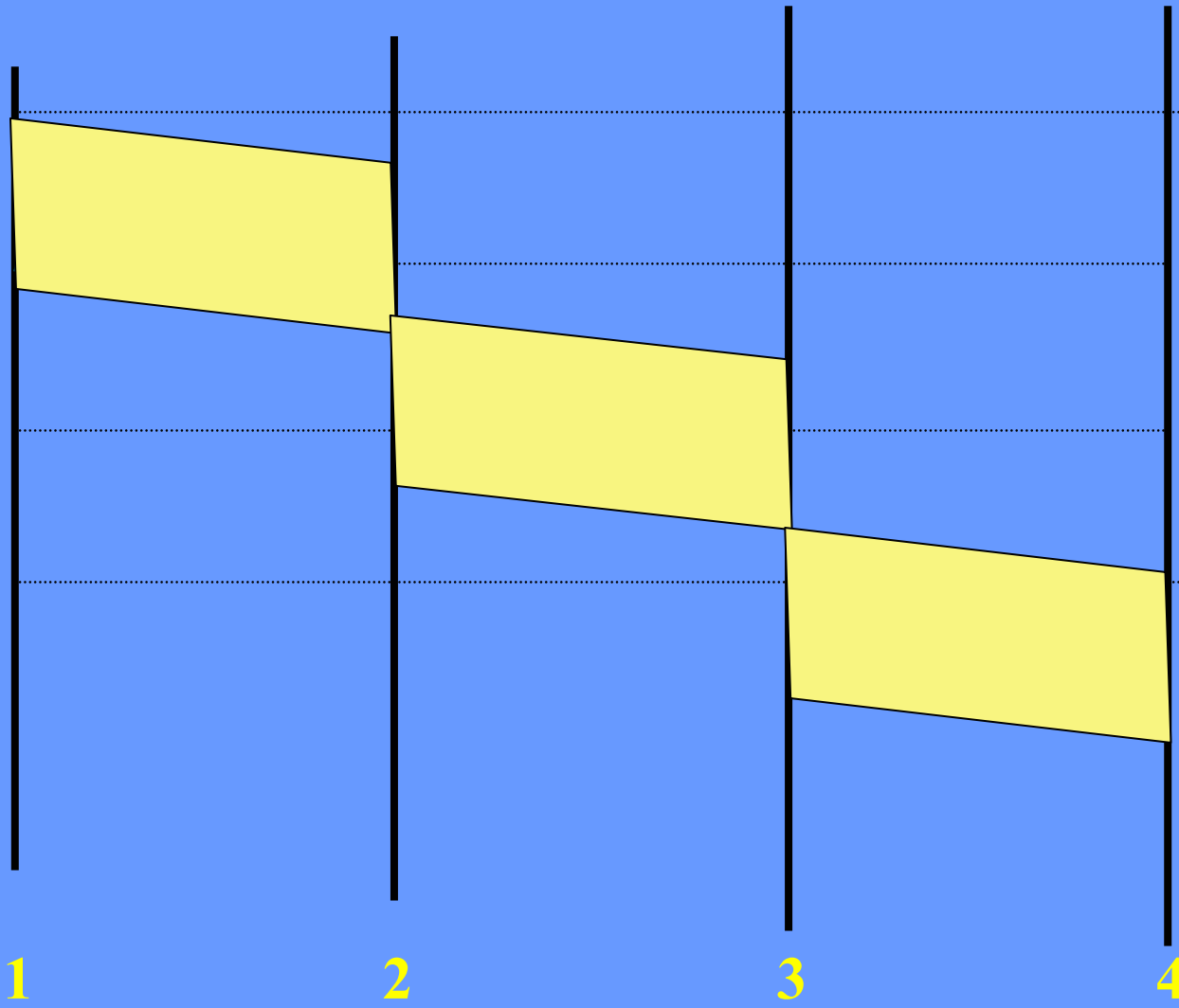
aika



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

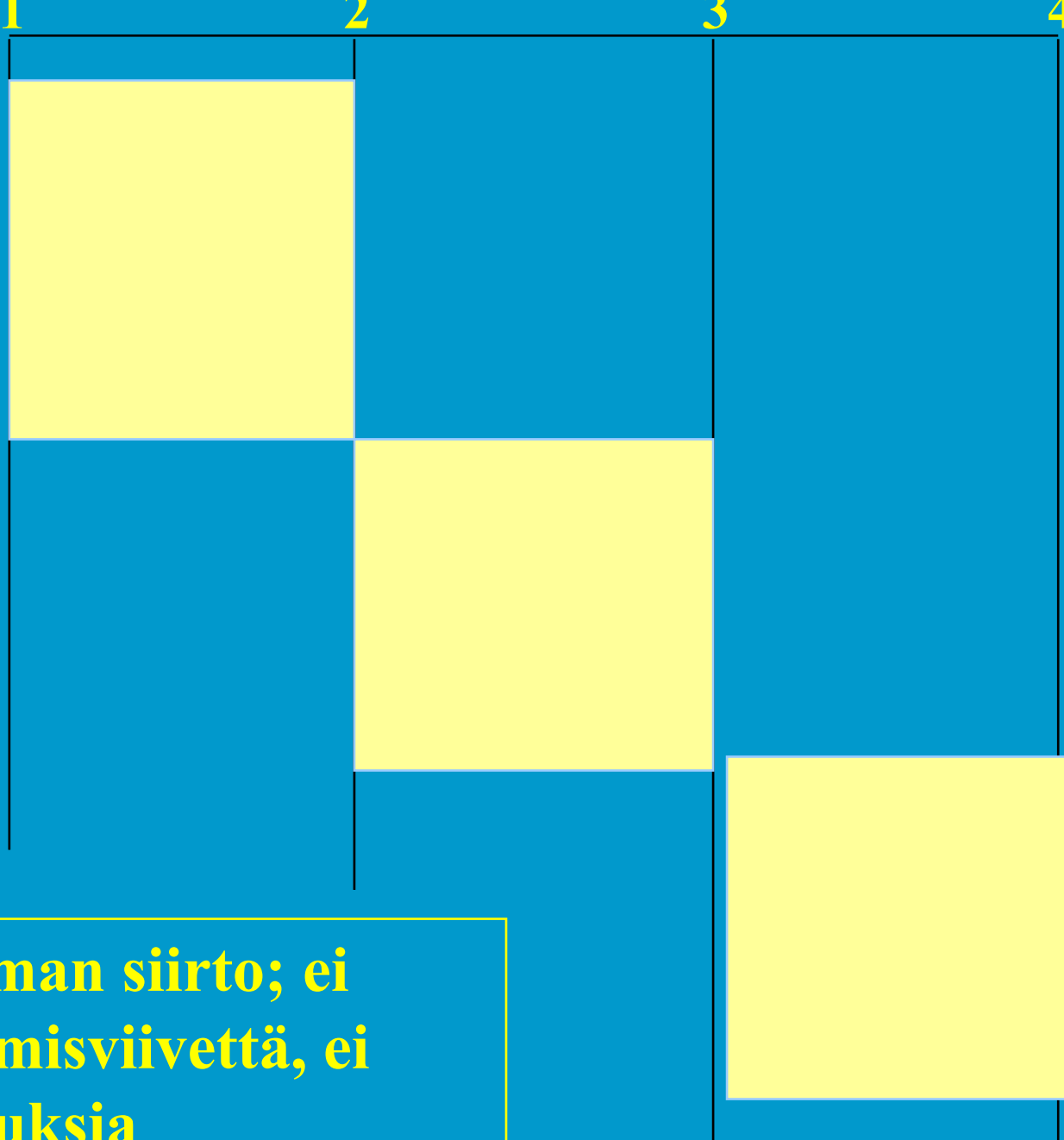
- Jos esim. käyttäjiä on 35 ja jokainen on lähettämässä 10 % ajasta ja joutilaana 90% ajasta, niin todennäköisyys sille, että samanaikaisesti on lähettämässä 10 tai enemmän, on pienempi kuin 0.0017!
- Jos aktiiveja lähettäjiä on vähemmän kuin 10, niin linjakapasiteetti riittää hyvin. Näin on todennäköisyydellä 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 Kbitin sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan sen ajan, kun 4 Kbitin paketti siirretään neljän linkin yli
= 16 ms



1

2

3

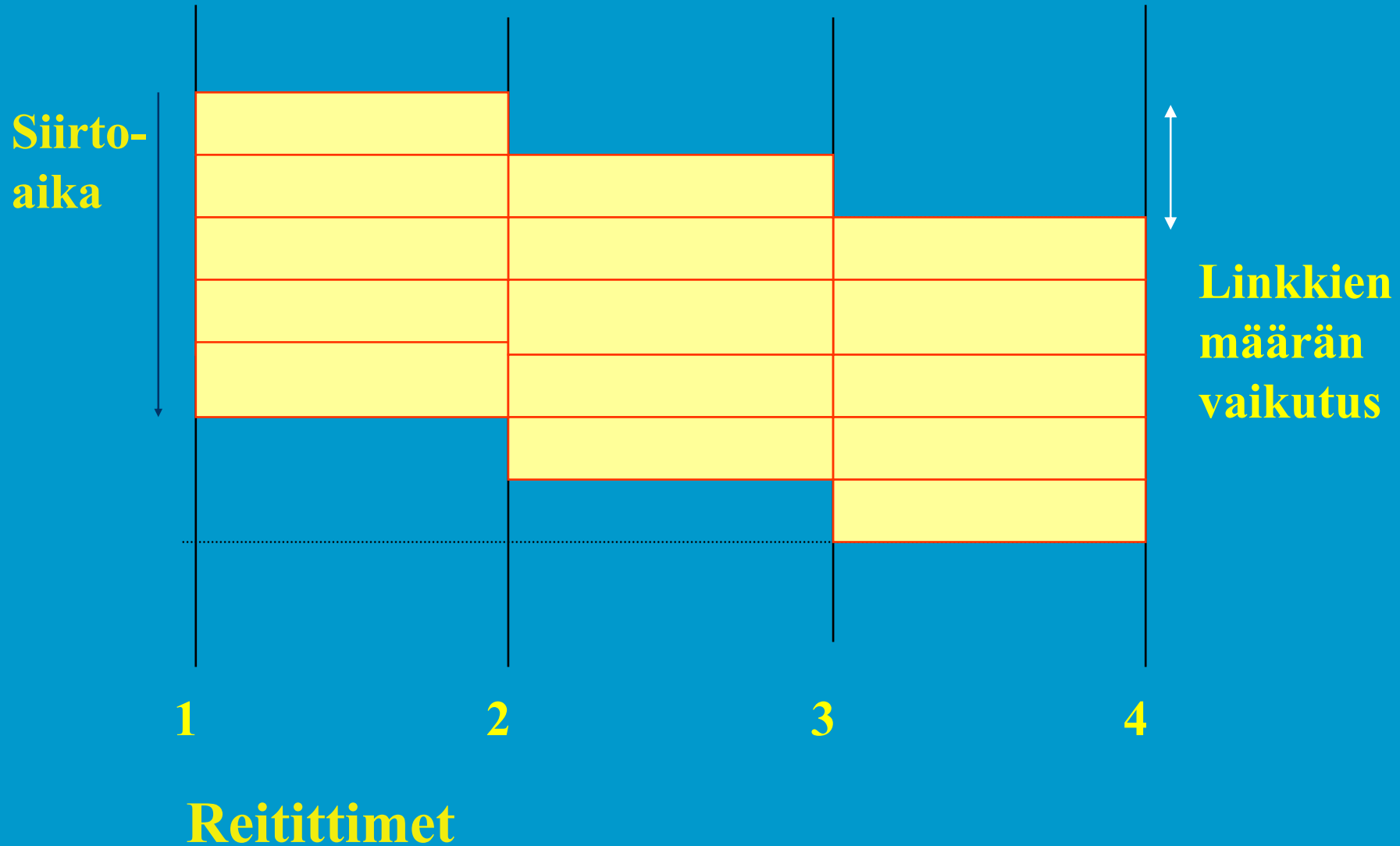
4

Siirto-
aika

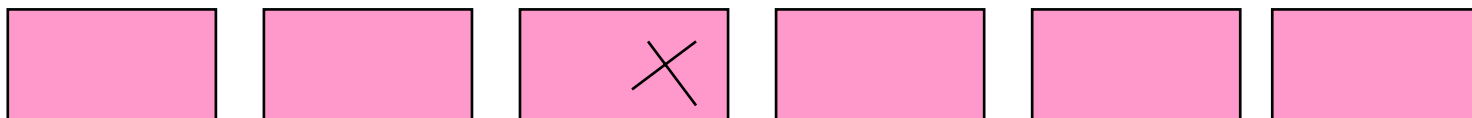
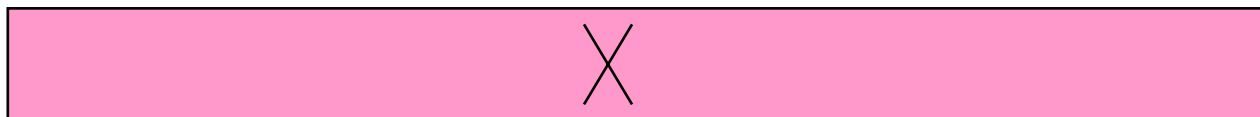
Linkkien
määrän n
vaikutus
= siirtoajan
 n -kertais-
tuminen

Sanoman siirto; ei etenemisviivettä, ei jonotuksia

Sanoman siirto paketteina; ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



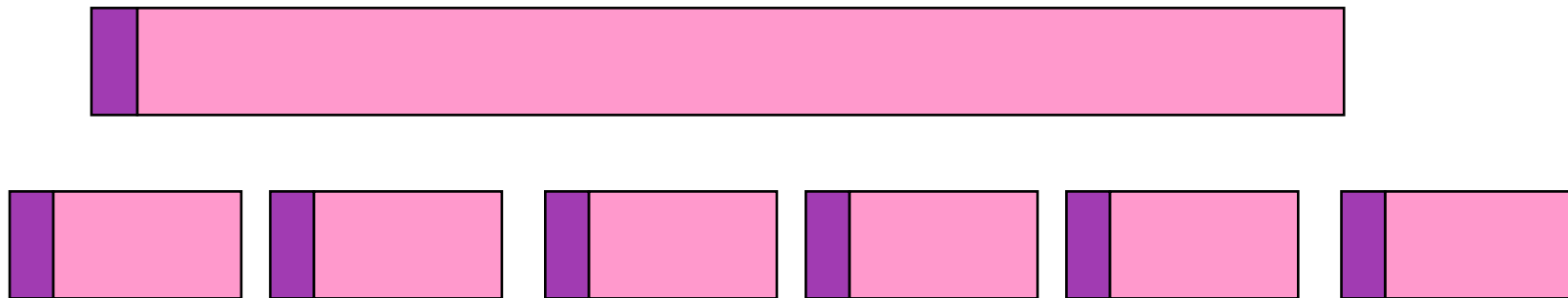
Siirtovirheen vaikutus



Koko virheellinen sanoma joudutaan lähettämään uudestaan !

Vain yksi sanoman paketti joudutaan lähettämään uudestaan!

Pakettiotsake



Sanomaan riittää yksi otsake (valvontatietoa: esim. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet)

Jokaisessa paketissa oma osoite! => enemmän yleisrasitetta (overhead)

Reititys

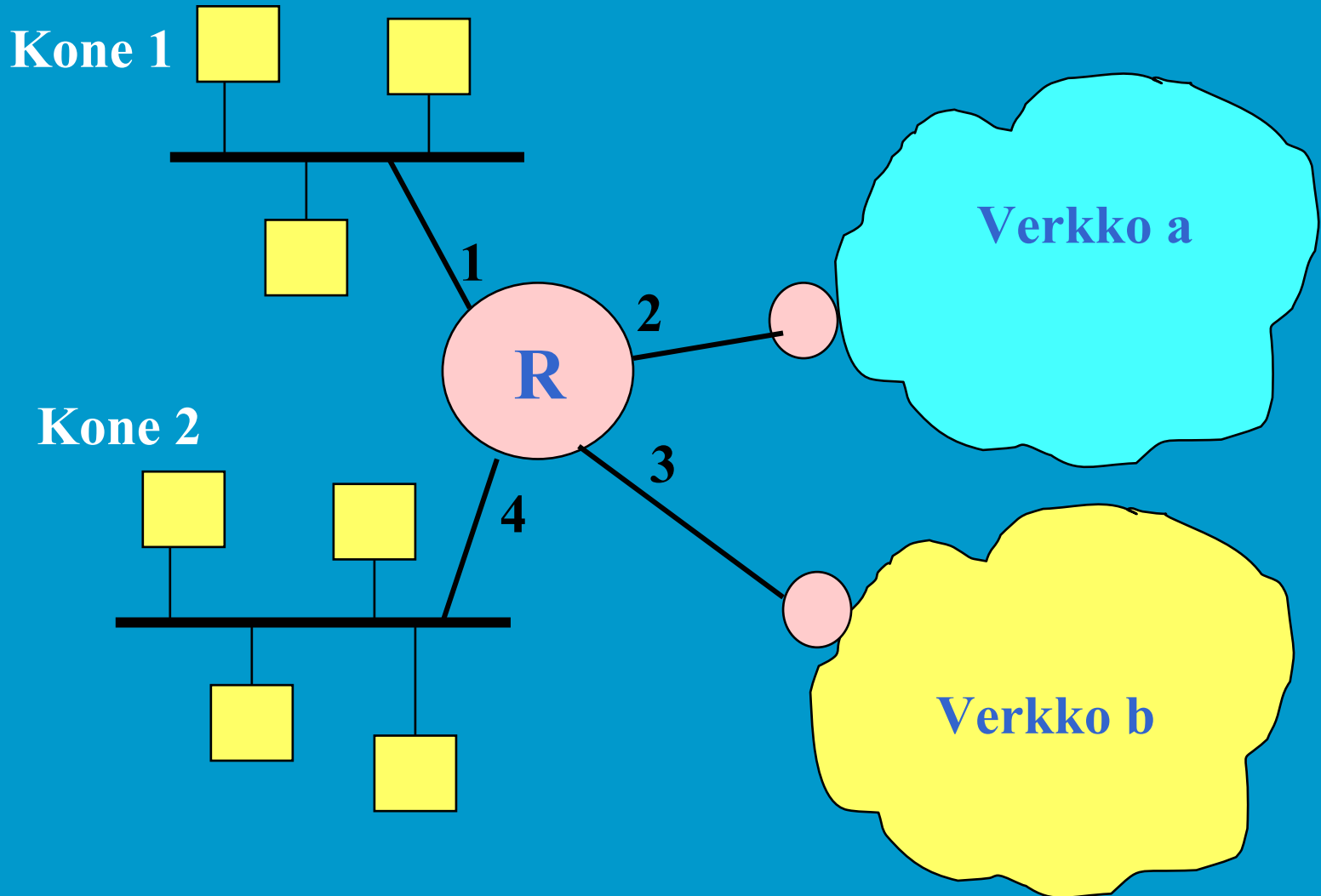
■ Datasähkeverkko (datagram)

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

■ Virtuaalipiiriverkko (virtual circuit)

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

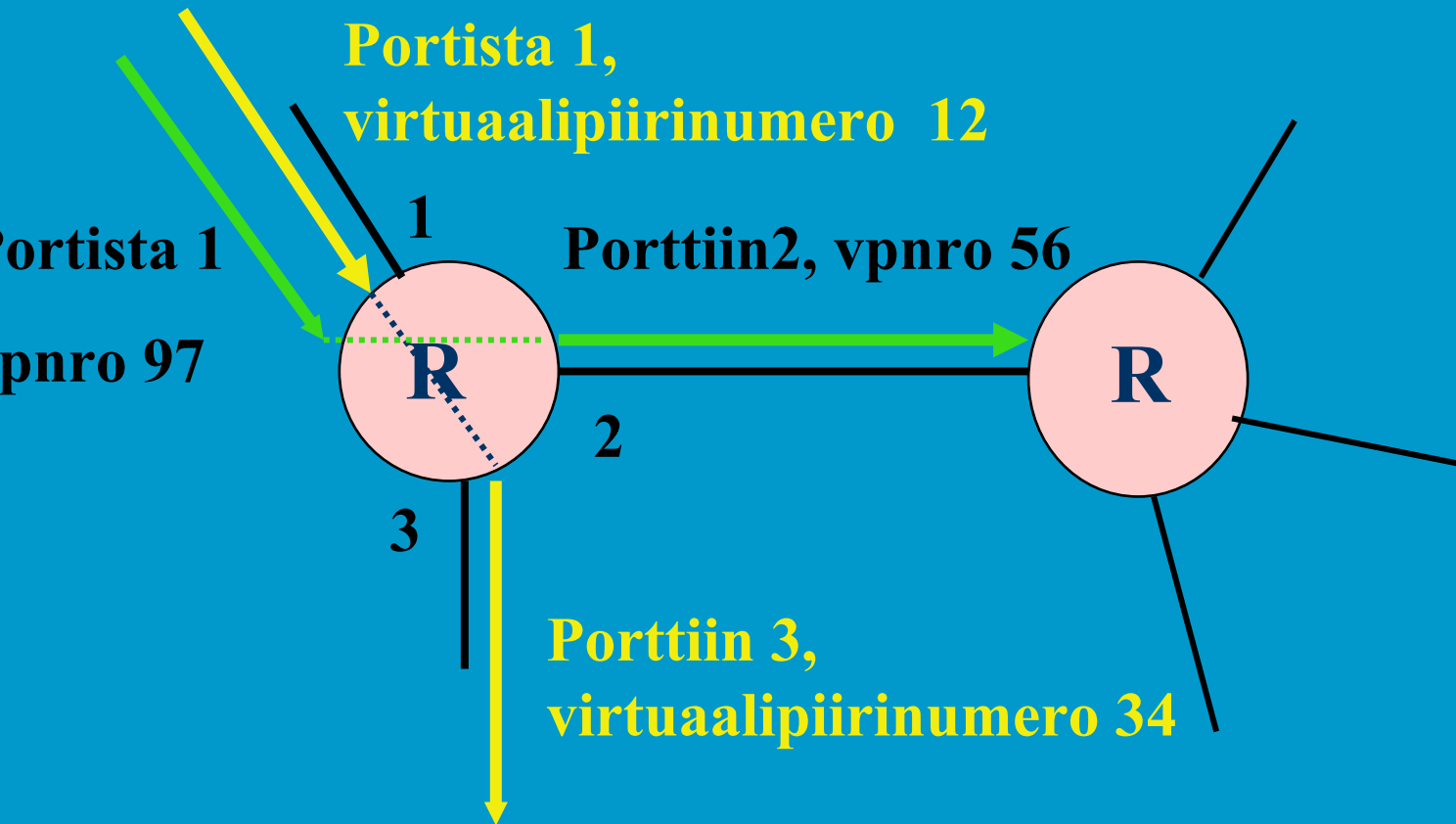
Reititin



Datasähköreititys: Reitittimen R reititystaulu

Paketin osoite	lähetysportti
verkko a	2
verkko b	3
.....	
oma verkko, kone1	1
omaverkko, 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!

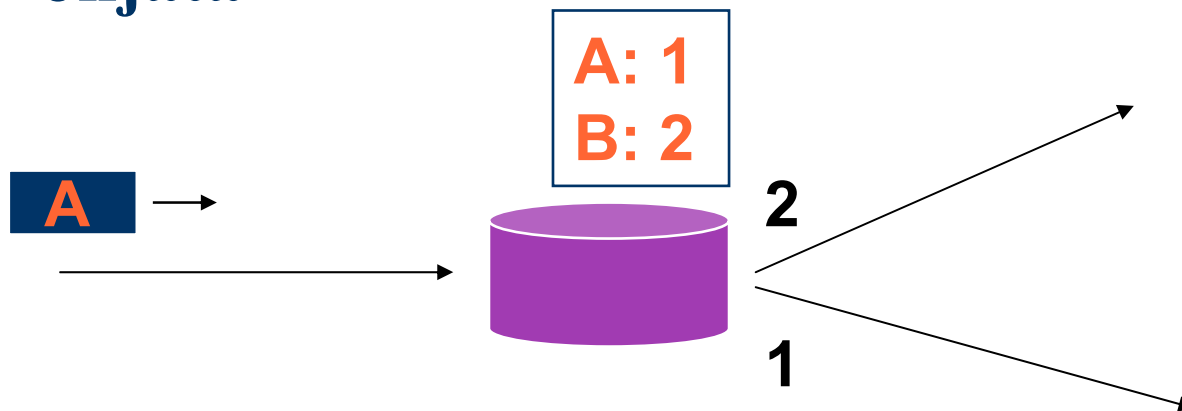
- ylläpidettävä tilatietoa yhteyksistä

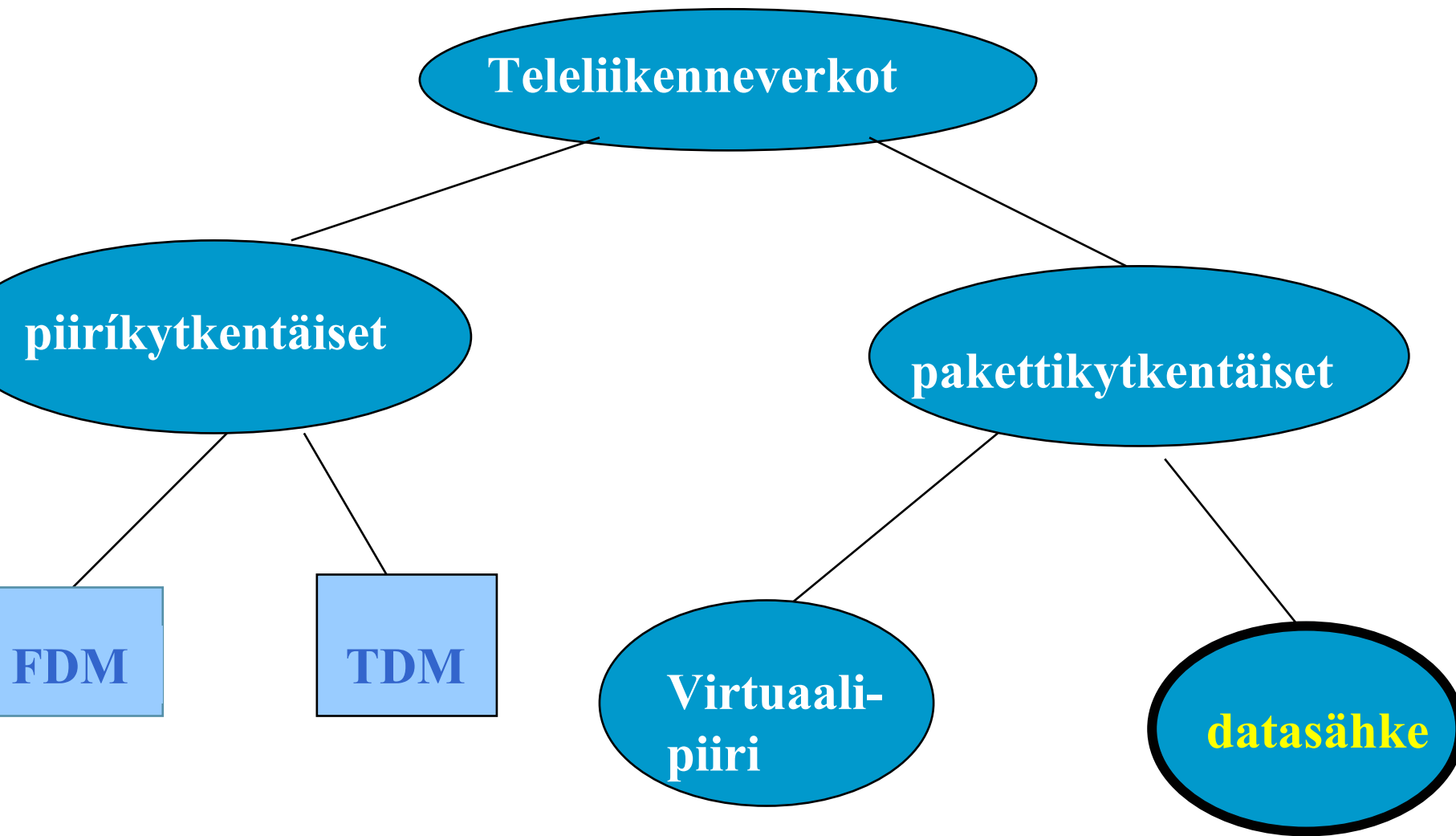
Virtuaalipiirin muunnostaulukko

- **Miksi ei käytetä koko yhteydellä samaa VP-numeroa?**
 - ❖ **riittää pienempi numeroavaruus (eri numeroiden määrä) => tarvitaan pienempi kenttä näitä numeroita varten**
 - **0-255 => riittää 8 bittiä**
 - **0-4095 => tarvitaan 12 bittiä**
 - ❖ **yhteisestä koko verkon läpikäyvästä numerosta sopiminen on isossa verkossa lähes mahdoton tehtävä!**

Reititys datasähkeverkossa

- Internetissä reititys hoidetaan erikseen jokaiselle paketille
 - Jokaisessa paketissa kohdeosoite
 - jokainen reititin tietää, mihin suuntaan kyseiseen verkkoon meneva paketti tulee ohjata





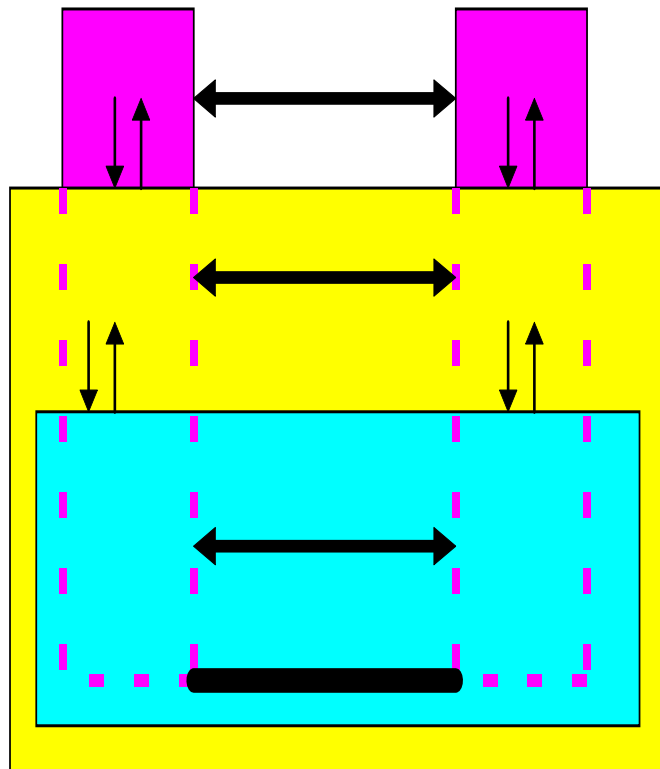
Eri verkotteknikoita



1.3. Tietoliikenneohjelmistot: 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

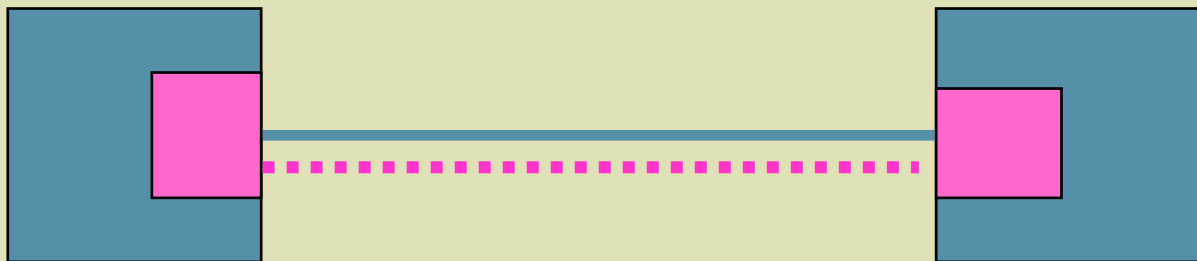


- monimutkaisuuden hallinta =>
 - jaetaan toiminnot kerroksiin (layer)
 - kerros ~ abstrakti kone; palvelun tarjoaja
- Joustavuus: voidaan koota erilaisista protokollista

Mitä monimutkaisuutta? [1]

Kaksipisteyhteys (point to point)

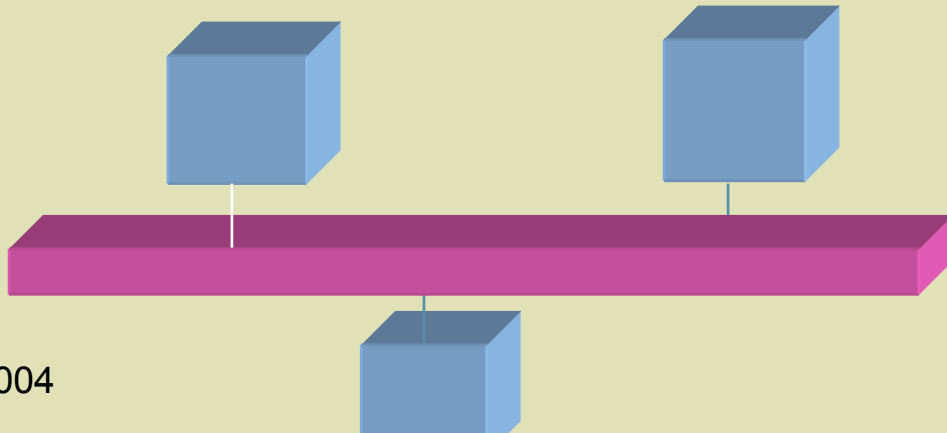
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



Mitä monimutkaisuutta? [2]

Yleislähetys (broadcast)

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



Mitä monimutkaisuutta? [3]

Entä tietoliikenneverkko?

- sanomien/pakettien kuljettaminen lähettäjältä vastaanottajalle
 - yhden verkon sisällä
 - monen verkon kautta
- verkon ruuhkautumisongelmat
- sanoman virheettömyys
- liikenteen kapasiteetti ja nopeus, tehokkuus
- laitteiden määrä ja heterogeenisyys

Protokolla ja palvelu

■ protokolla

- määrää kerroksen keskustelusäännöt ja -tavan
- protokollapino
 - verkkoarkkitehtuuri

■ palvelu (service)

- alemman kerroksen palvelut ylemmän käytössä
- palvelun käyttäjä /palvelun tuottaja



■ **Rajapinta** (interface)

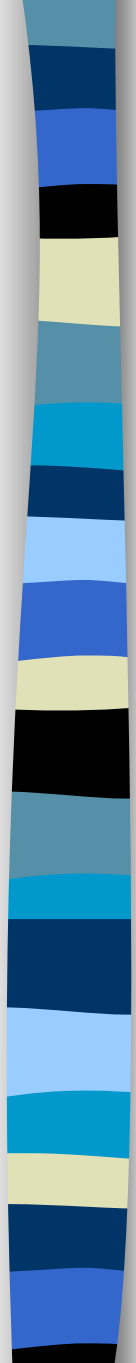
- samassa koneessa, vierekkäisten kerrosten välillä
- määrittelee operaatiot, joilla ylempi kerros voi käyttää alemman palveluja

■ **SAP** (Service Access Point)

- “palveluluukku”, josta palvelua pääsee käyttämään
- yksikäsitteinen osoite
- esim. puhelinverkossa
 - puhelinpistoke
 - osoitteena puhelinnumero

Palvelu

- **yhteydellinen palvelu** (connection-oriented)
 - Ennen käyttöä (datan siirtoa) muodostetaan ensin yhteys osapuolien välille
 - 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, ..)

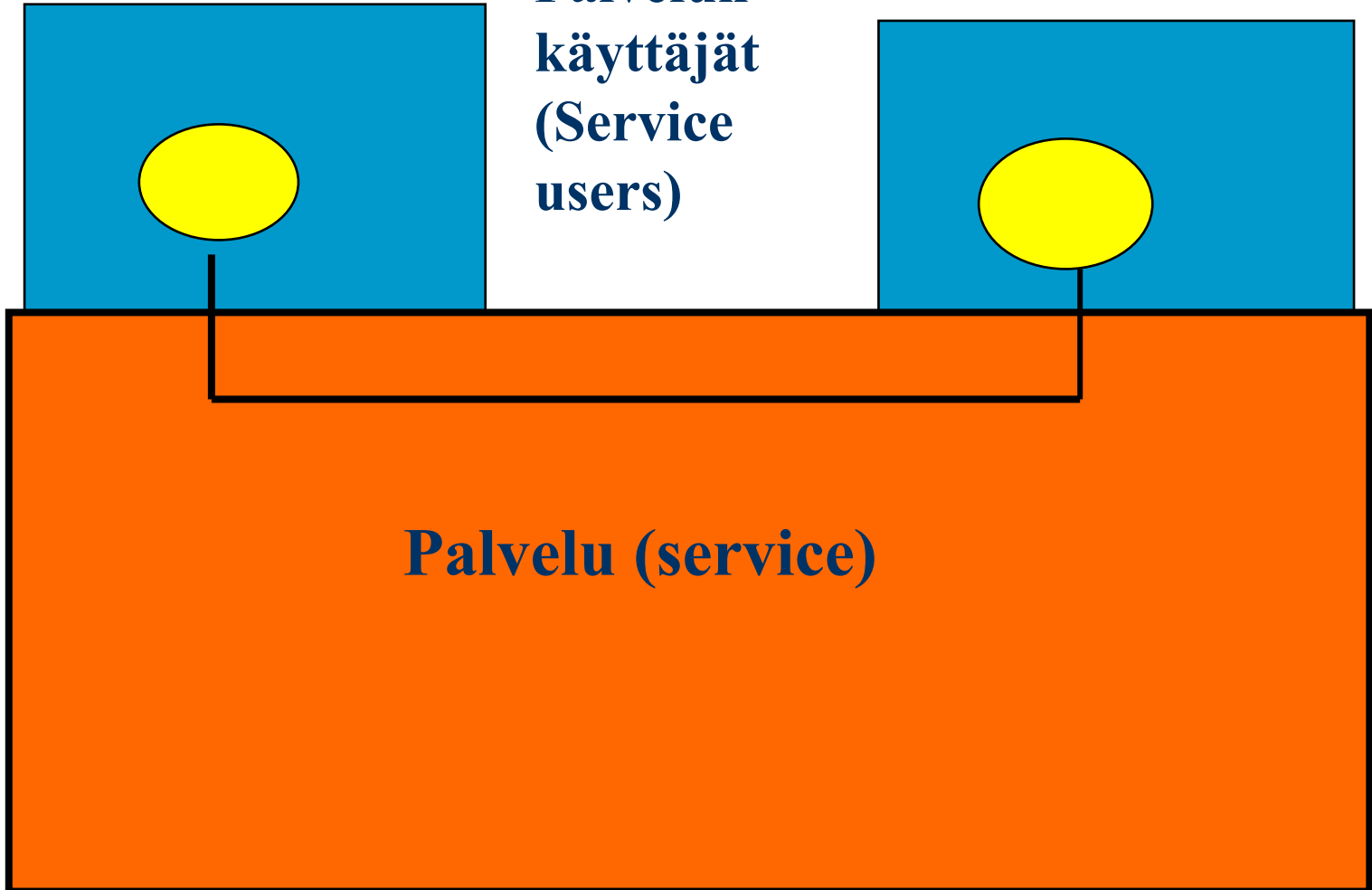
- ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

Palvelu ja palvelunkäyttäjät

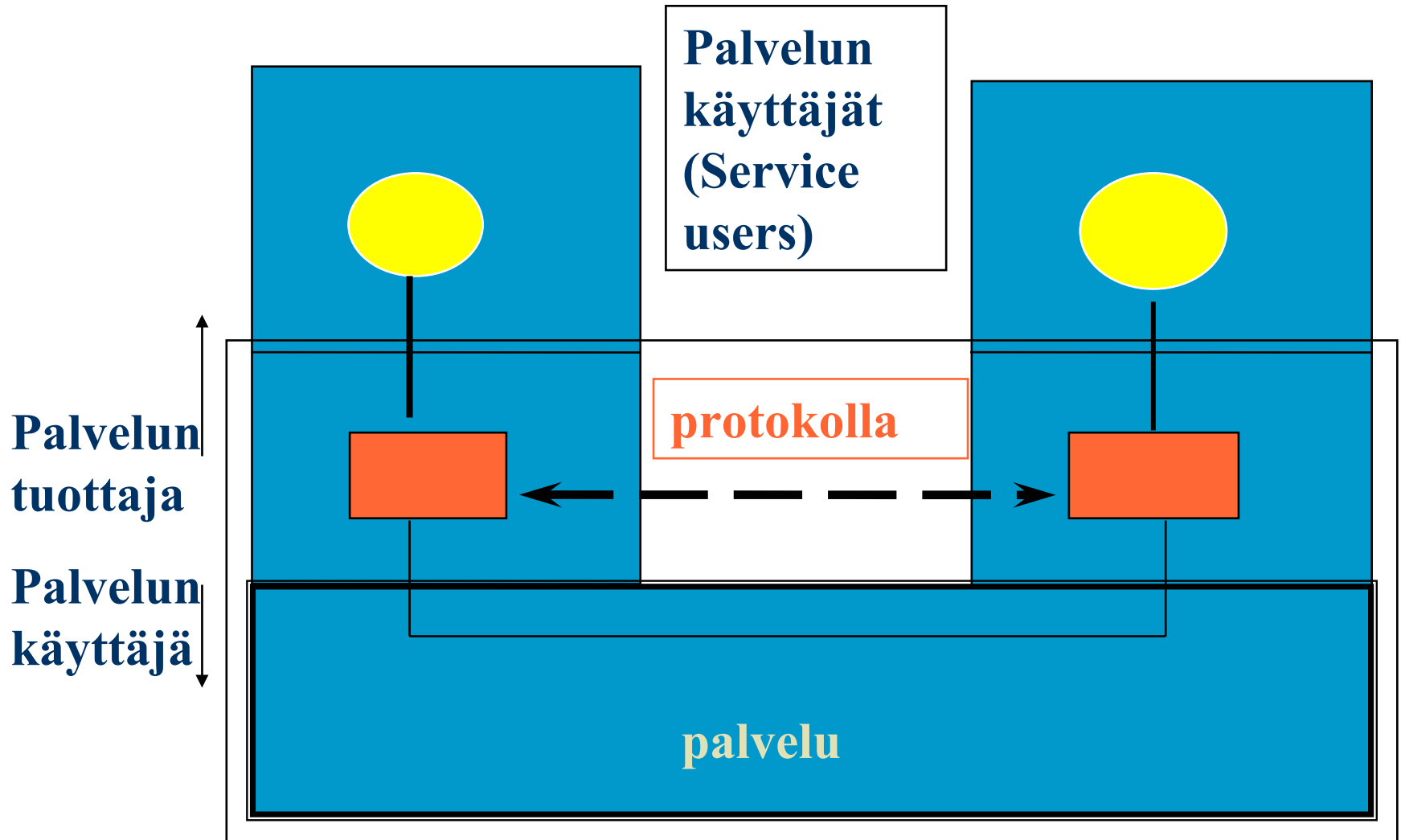
Lähetä
sanoma

Lähetä
sanoma
luotet-
tavasti

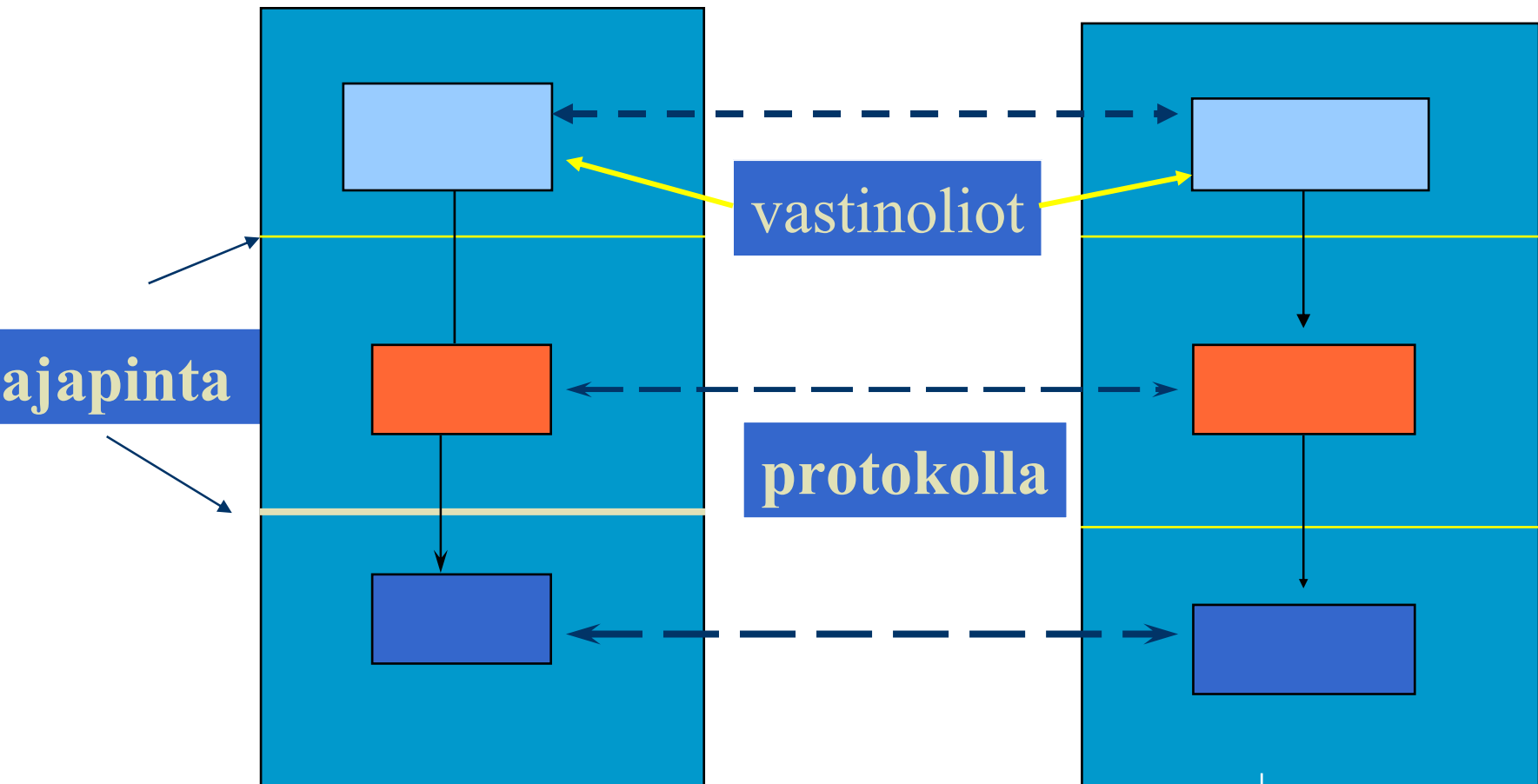
Palvelun
käyttäjät
(Service
users)



Palvelu /palvelunkäyttäjät/palveluntuottaja



Rajapinta / vastinolio/ protokolla



Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

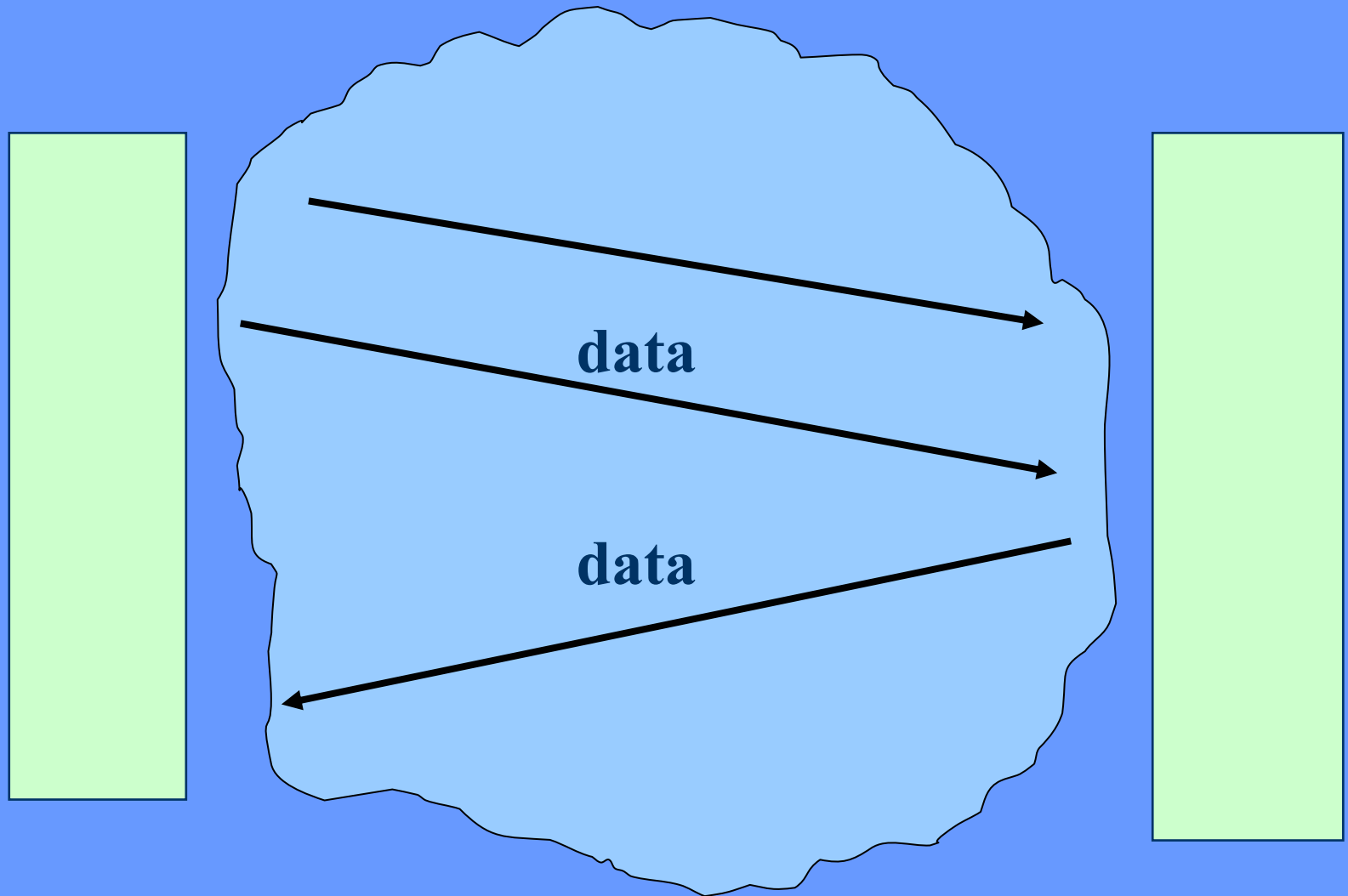
■ Yhteydellinen:

- ensin muodostetaan yhteys, jossa sovitaan monesta yhteyteen liittyvästä asiasta
- sitten lähetetään sanomia
- lopuksi puretaan yhteys
- Palvelun luotettavuus: kaikki sanomat järjestyksessä ja oikein perille

■ Yhteydetön:

- sanomat lähetetään, niiden järjestys voi muuttua eikä perillemenoä pyritä varmistamaan

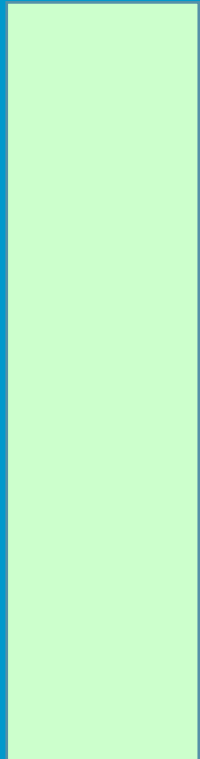
Yhteydetön palvelu



Yhteydetön palvelu

- Ei takaa tiedon perillepääsyä, ei vuonvalvontaa, ei ruuhkavalvontaa
- nopeampi, koska ei tarvita yhteydenmuodostusta
- data lähetetään heti
- UDP-kuljetuspalvelu
- sähköposti (SMTP), HTTP

Yhteydellinen palvelu



'kättely' (HEI!)



ok! (NIIN!)



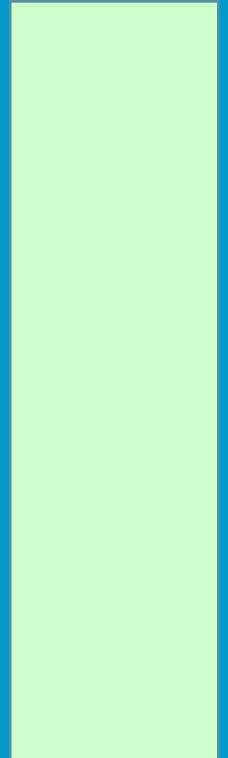
Data ("päläpäläpälä")



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, IP-puhelin, videokonferenssi**

INTERNET

- internet, “verkkojen verkko”
 - world-wide internetwork
 - yleisnimitys
- **Internet**
 - erisnimi
- **Internet2**



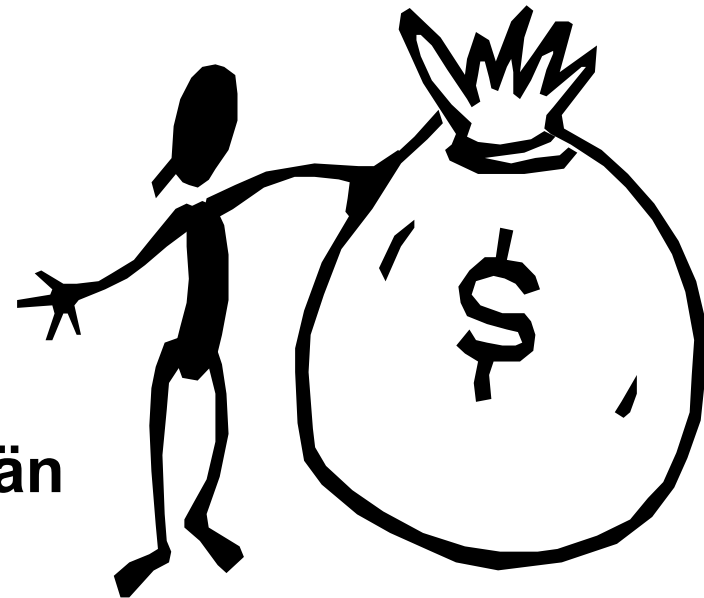


1.3. Siirtomedia

- **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, kanna ja lataa'**
- **suuri siirtonopeus**
 - hyvin suuria tietomääriä siirtyy kohtalaisella nopeudella
 - rekallinen cd-levyjä
- **pitkä viive**
 - ensimmäisen bitin saapuminen kestää pitkään
- **edullinen**



Kierretty parijohto (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 (Unshielded twisted pair) yleisesti käytetty LAN:eissa (10 Mbps -1 Gbps)

■ 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
 - käyttö
 - TV-kaapelit, lähiverkot

Koaksiaalikaapelin käyttötavat

■ **kantataajuusmoodi** (Baseband)

- 50-ohmin kaapeli, käytössä lähiverkoissa
 - kaapelissa vain yksi bittivirta (signaali)
 - nopea tiedonsiirto ~10 Mbps,
 - digitaalinen signaali (volttipulsseja)

■ **laajakaistamoodi** (Broadband)

- 75-ohmin kaapeli, käytössä kaapeliTV:ssä
 - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
 - rinnan TV-kuvaa, CD-tason ääntä ja digitaalista bittivirtaa
 - useita signaaleja samaan aikaan
 - analoginen signaali

Valokaapeli

- erittäin puhdasta kvartssia
 - 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
- lasersäteitä
- ei sähkömagneettisia häiriöitä
- jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- Internetin runkoverkko, puhelinverkot

Valokaapelin rakenne

lähetin

- muuttaa sähköpulssit valoksi
 - LED, laserdiodi

vastaanotto fotofiodi

- muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
- vasteaika ~ 1 ns $\Rightarrow \sim 1$ Gbps
- kohina haittaa \Rightarrow riittävän voimakas säde

valokuitu

- ensiösuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
- toisosuoja yhdistää useita kuituja

Valokuitutyypit

■ monimuoto (multimode)

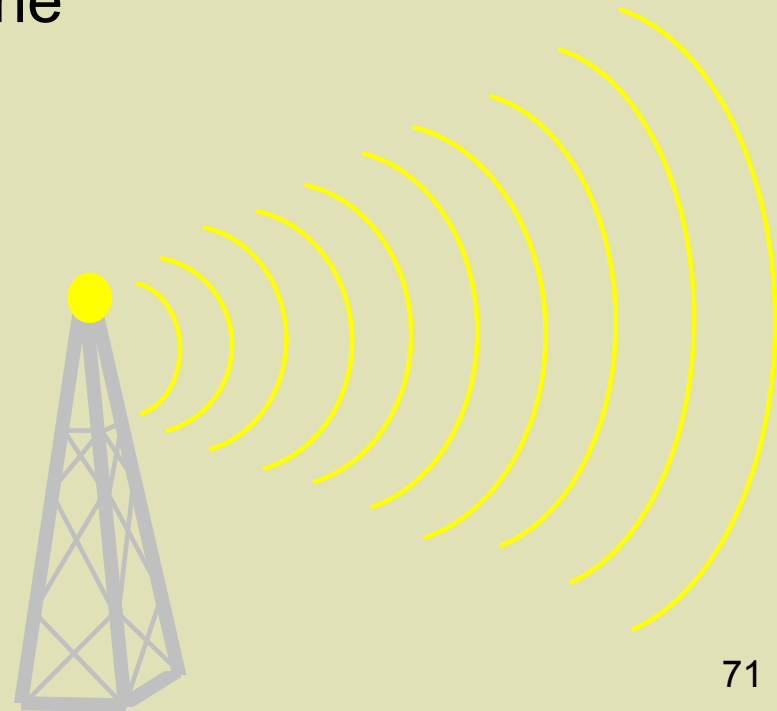
- valo hajaantuu (dispersion)
- halpa, ei kovin nopea
- paikallisverkoissa

■ 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)

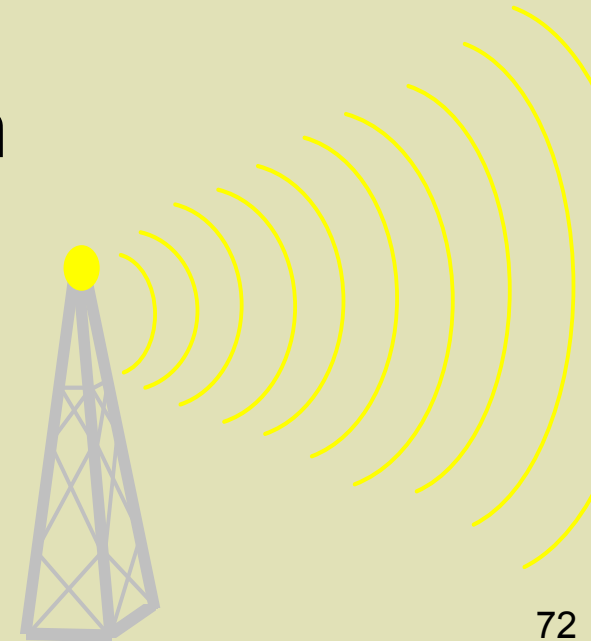
Langaton tiedonsiirto

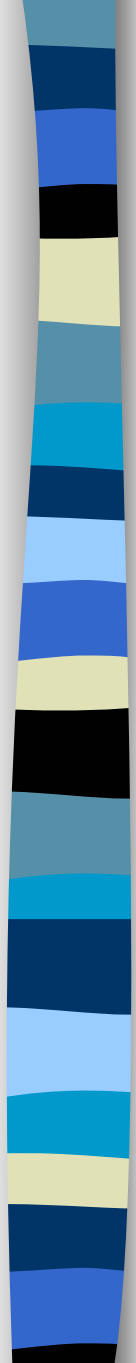
- sähkömagneettinen aaltoliike
 - käytössä laaja spektri
 - aaltoliikkeeseen koodattavissa tietoa
 - amplitudi, taajuus vaihe
 - rajoituksia
 - generoitavuus
 - moduloitavuus
 - kuuluvuus/näkyvyys
 - tunkeutuvuus
 - vaarallisuus



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

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 (Ethernet)
- langaton yhteys:
 - WLAN (wireless LAN)
 - WAP, imode, GSM, GRPS, 3G (UMTS)



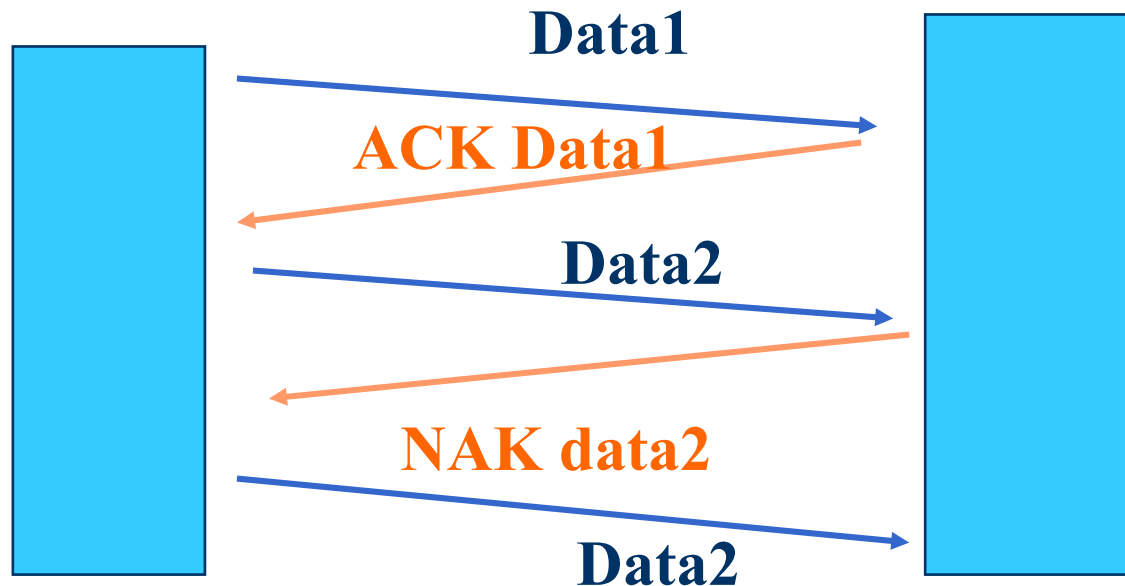
Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

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

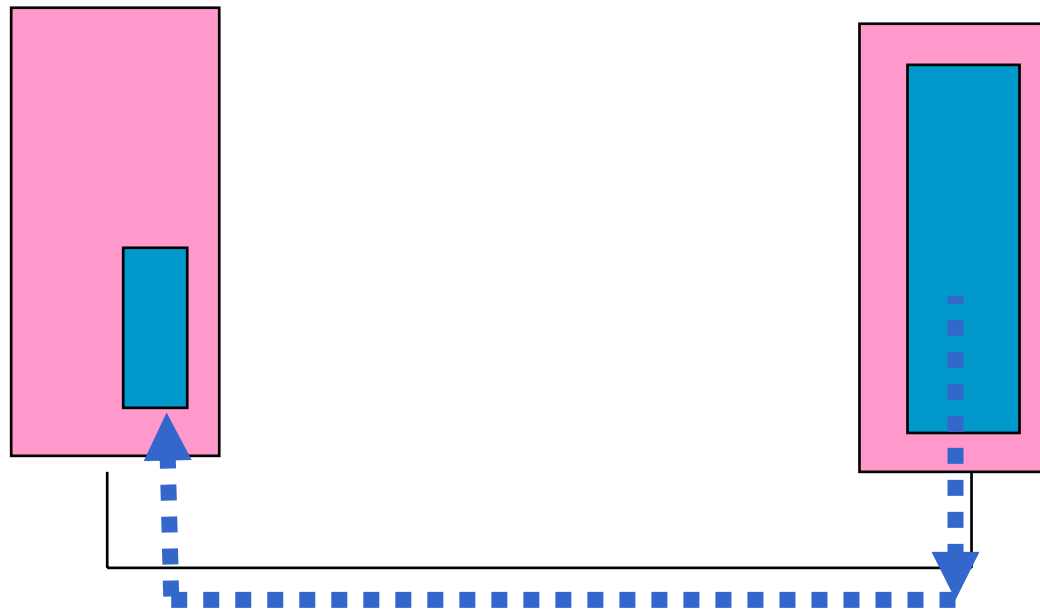


Pohdittavaa!

- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämänsä 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 lähettäjiä.
- 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!

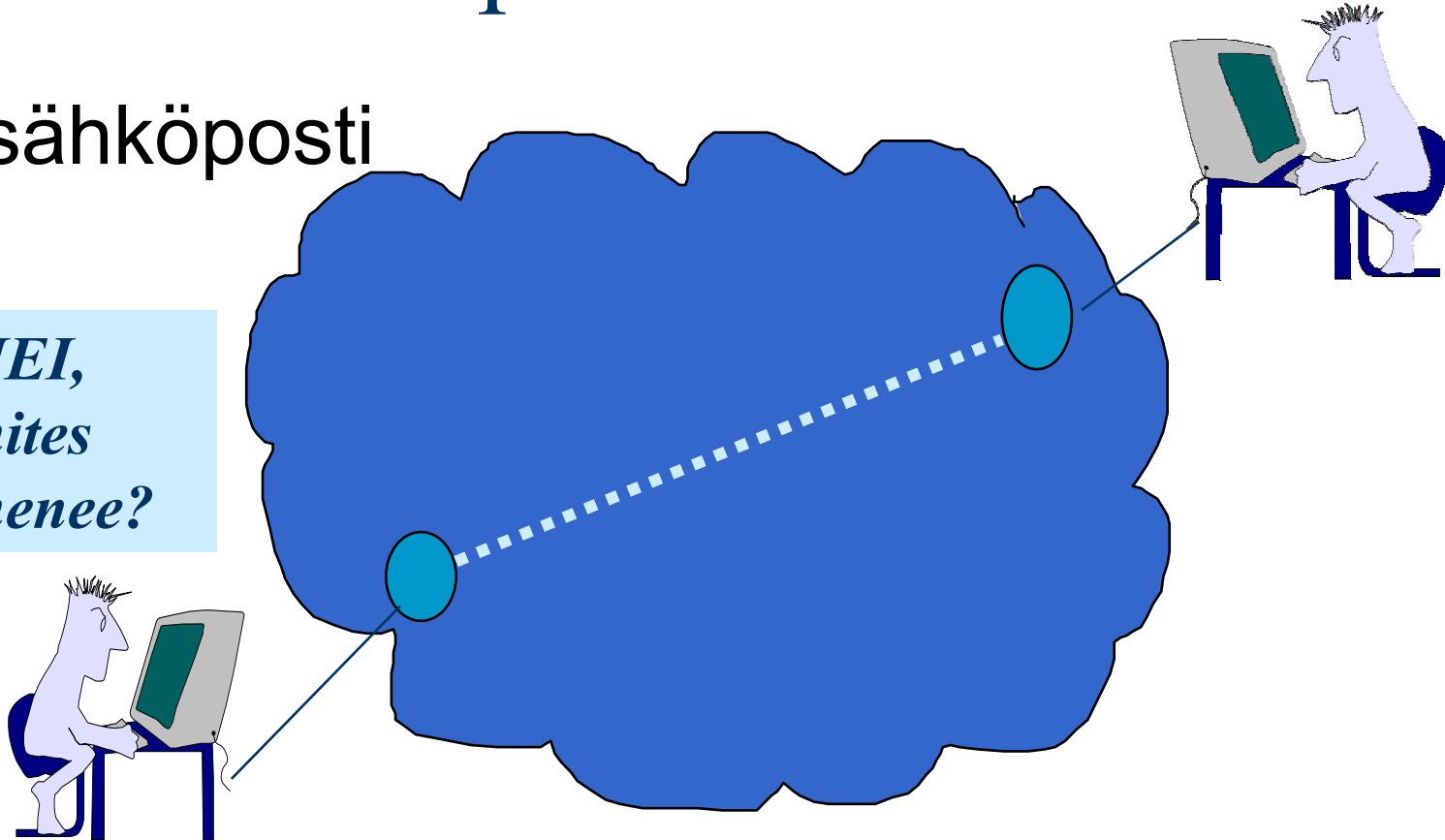
- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa? Perustele vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?

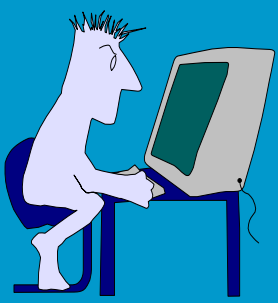
Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

*HEI,
mites
menee?*

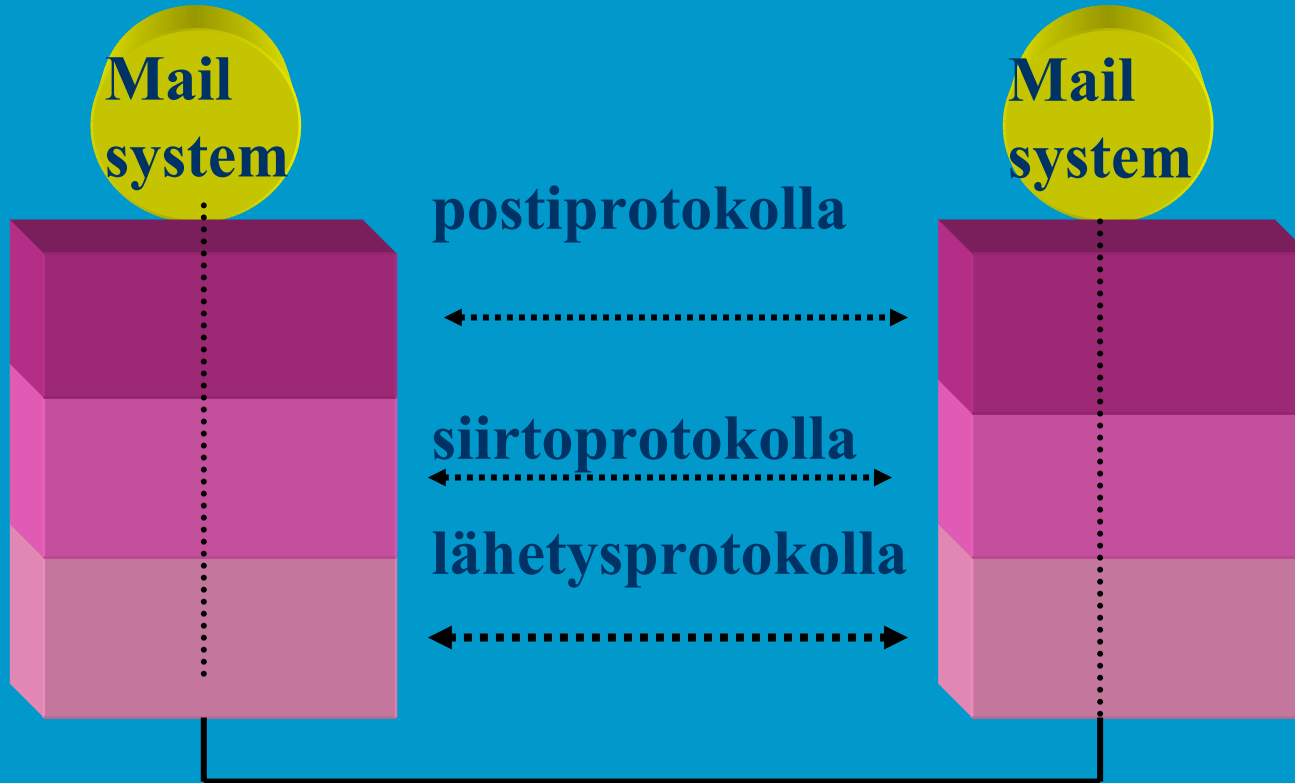
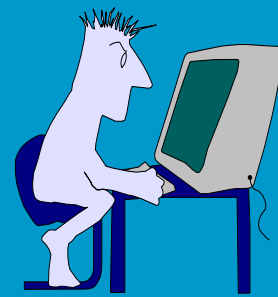
■ sähköposti

*HEI,
mites
menee?*





sanoma



yhteydenotto

Tarkistukset
korjaukset

Bittien lähetys
ja vastaanotto

..00100100100011101101011..



sanoma

sanoma



3-PDU



2-PDU



1-PDU





1.5 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 (yleensä 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

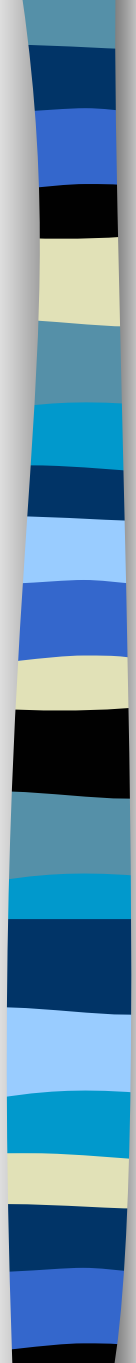
- Sovelluskerros (Application layer)
- **Esiytystapakerros** (Presentation layer)
- **Istuntokerros** (Session layer)
- Kuljetuskerros (Transport layer)
- Verkkokerros (Network layer)
- Siirtoyhteyskerros (Data link layer)
- Peruskerros (Physical layer)

Istuntokerros

- jäsentää ja tahdistaa tietojen vaihtoa
- istunnossa
 - Sovitaan 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

1.6. 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
- 2002: 162 miljoonaa konetta
 - **2.4% maailman väestöstä**

Palvelut käyttäjän näkökulmasta

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