

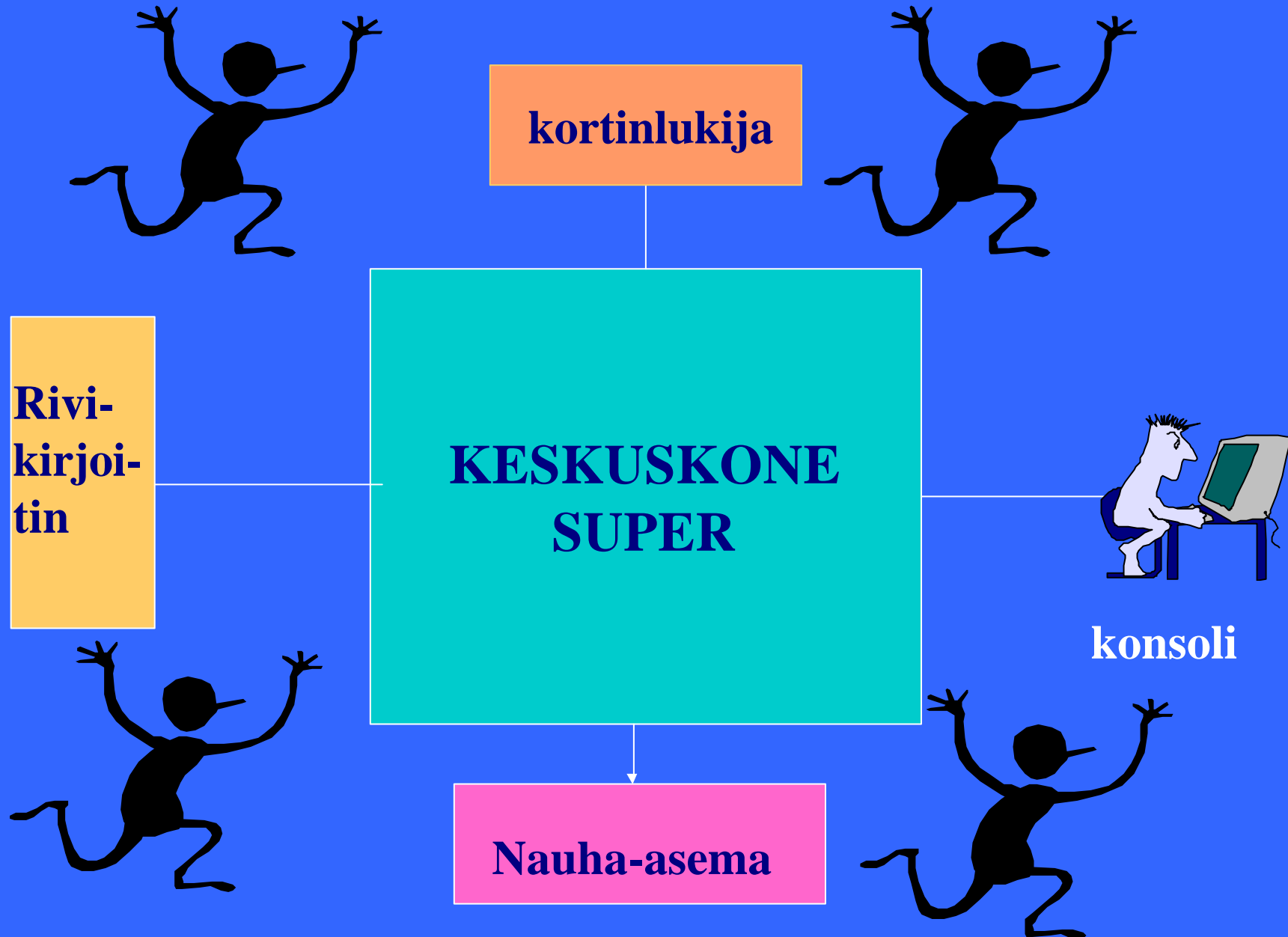
1. Tietokoneverkot ja Internet

- 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)



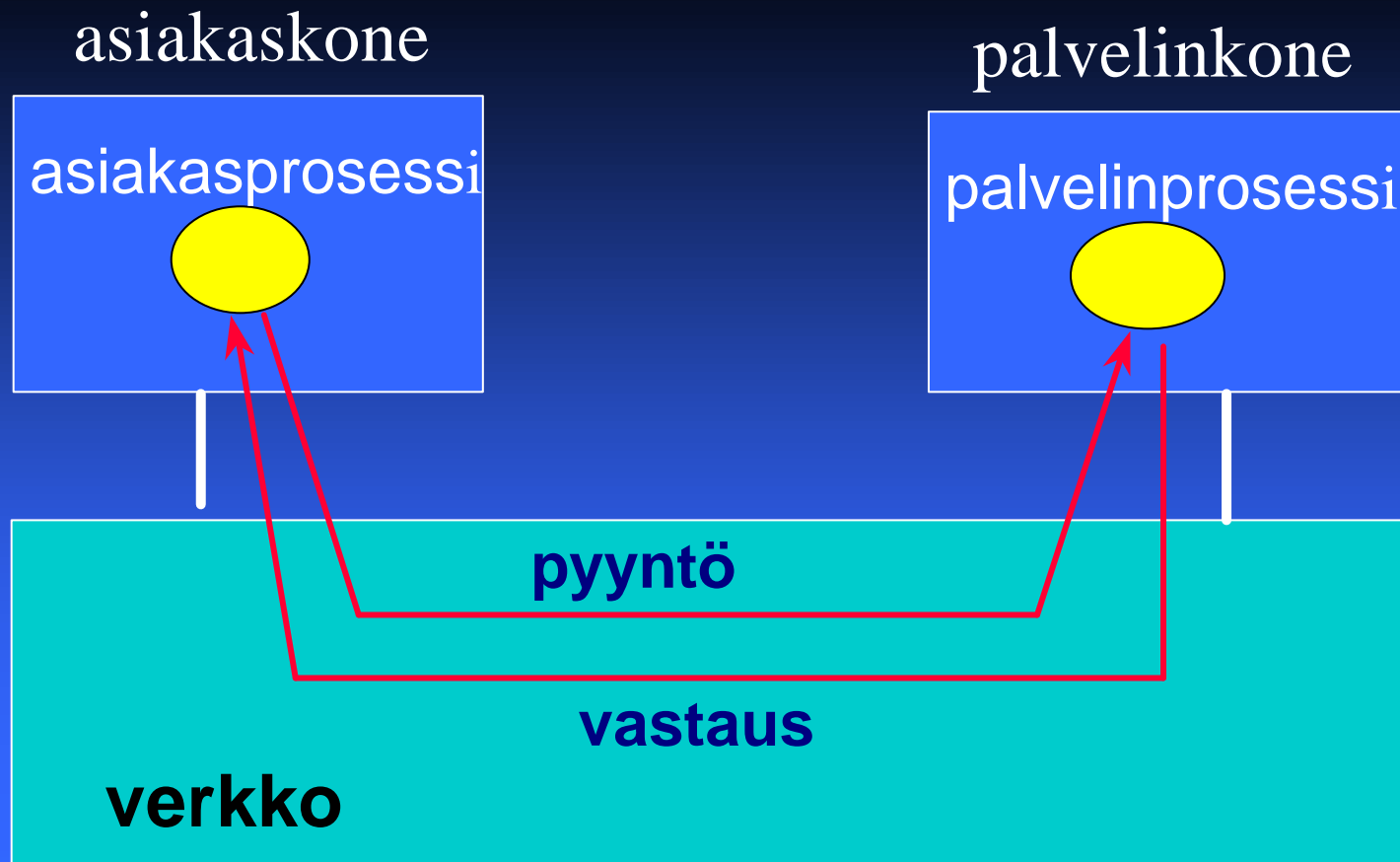
Keskuskoneet ja päätteet



Tietoliikenneverkko



Asiakas-palvelin -malli



Asiakas/palvelinsovellus

- Hajautettu sovellus
 - asiakasprosessi toisessa koneessa, palvelin toisessa koneessa
- useimmat Internet-sovellukset
 - sähköposti
 - tiedostonsiirto
 - uutisryhmät
 - weppi

Asiakas-palvelin -mallin hyötyjä

- resurssien yhteiskäyttö
 - tiedon
 - palvelun
- palvelun parantuminen
 - saatavuus
 - skaalautuvuus
 - hallittavuus

Lisää mallin hyötyjä

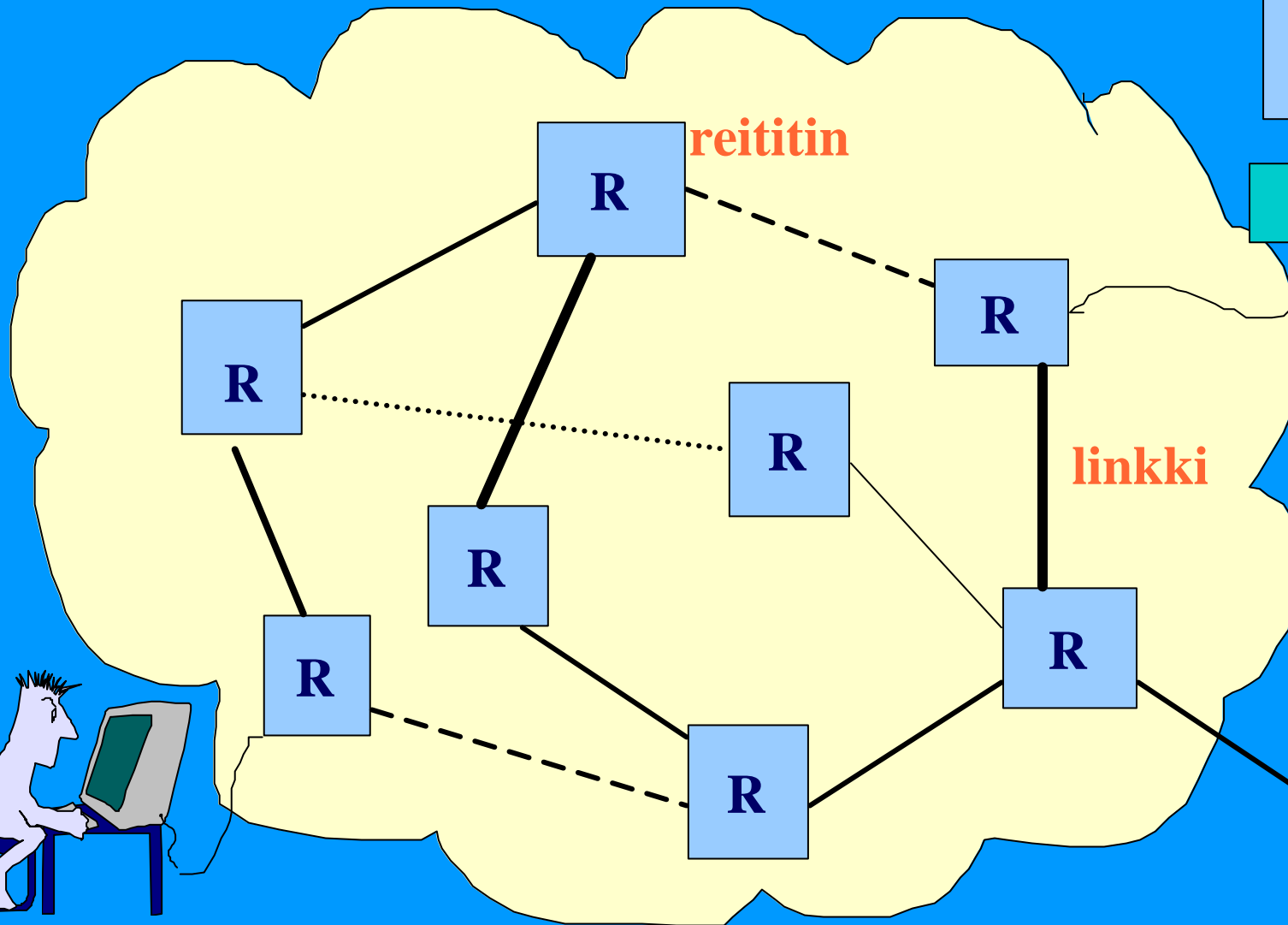
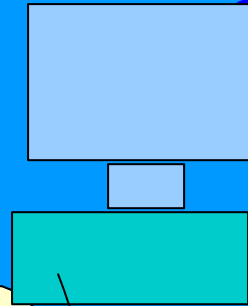
- **kustannustehokkuus**
 - pienet koneet suhteessa tehokkaampia
- uusi kommunikointiväline
 - nopeus/tiheys => esim. VoIP
 - integroituvuus
 - saavutettavuus
 - viihde/ajanvieteteollisuus

1.2 Tietoliikenneverkon rakenne

- isäntäkone
 - palvelin
- reititin
- tietoliikennelinkit
 - langaton, langallinen
- protokollat
 - internetprotokollat
- sovellusohjelmat

Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



linkki

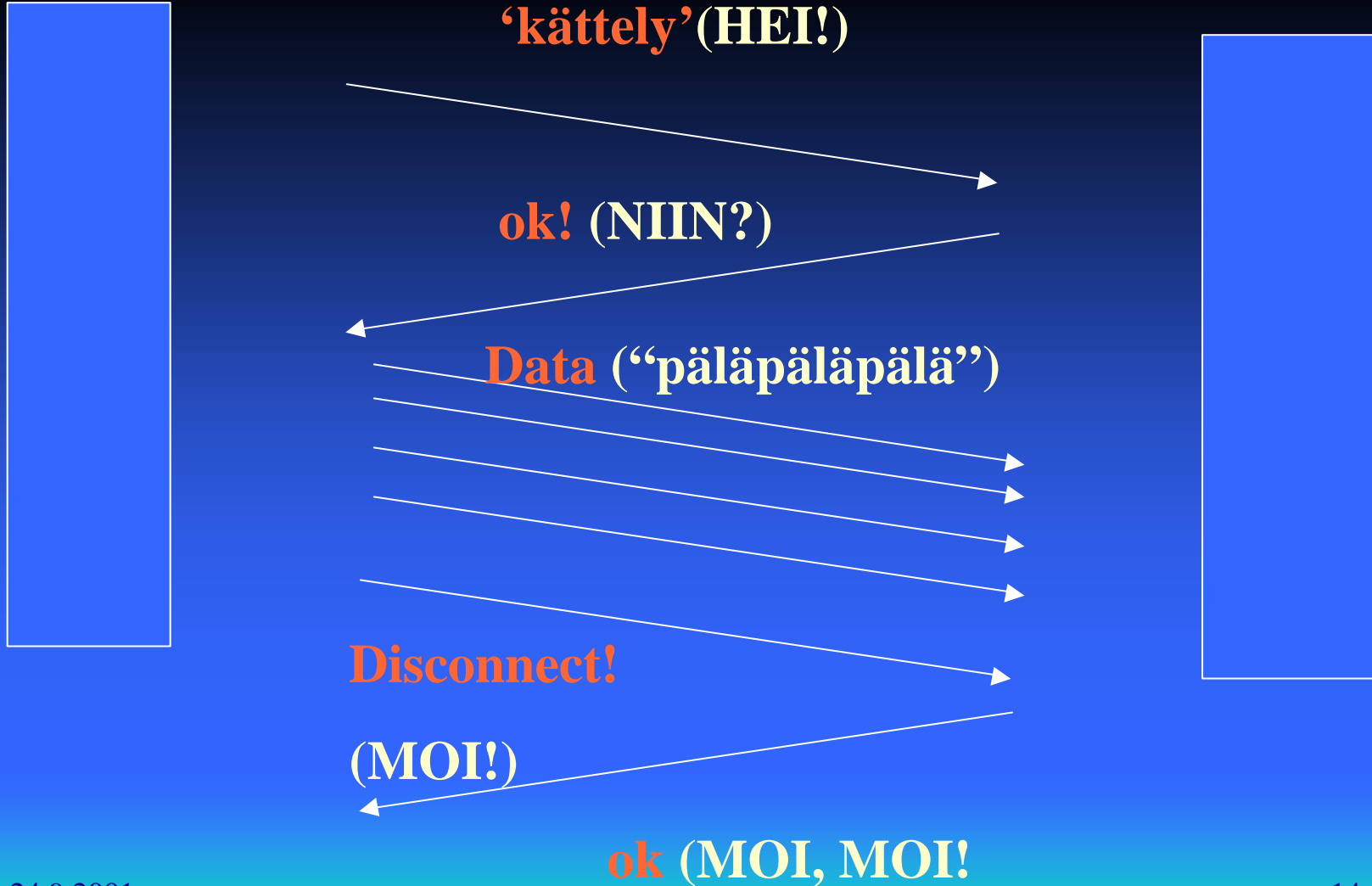
palvelin

Protokolla, standardi, RFC

Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

- Yhteydellinen:
 - ensin muodostetaan yhteys, jossa sovitaan monesta yhteyteen liittyvästä asiasta
 - sitten lähetetään sanomia
 - lopuksi puretaan yhteys
 - kaikki sanomat järjestyksessä ja oikein perille
- Yhteydetön:
 - sanomat lähetetään, mutta niiden perillemenosta ei ole takeita

Yhteydellinen palvelu



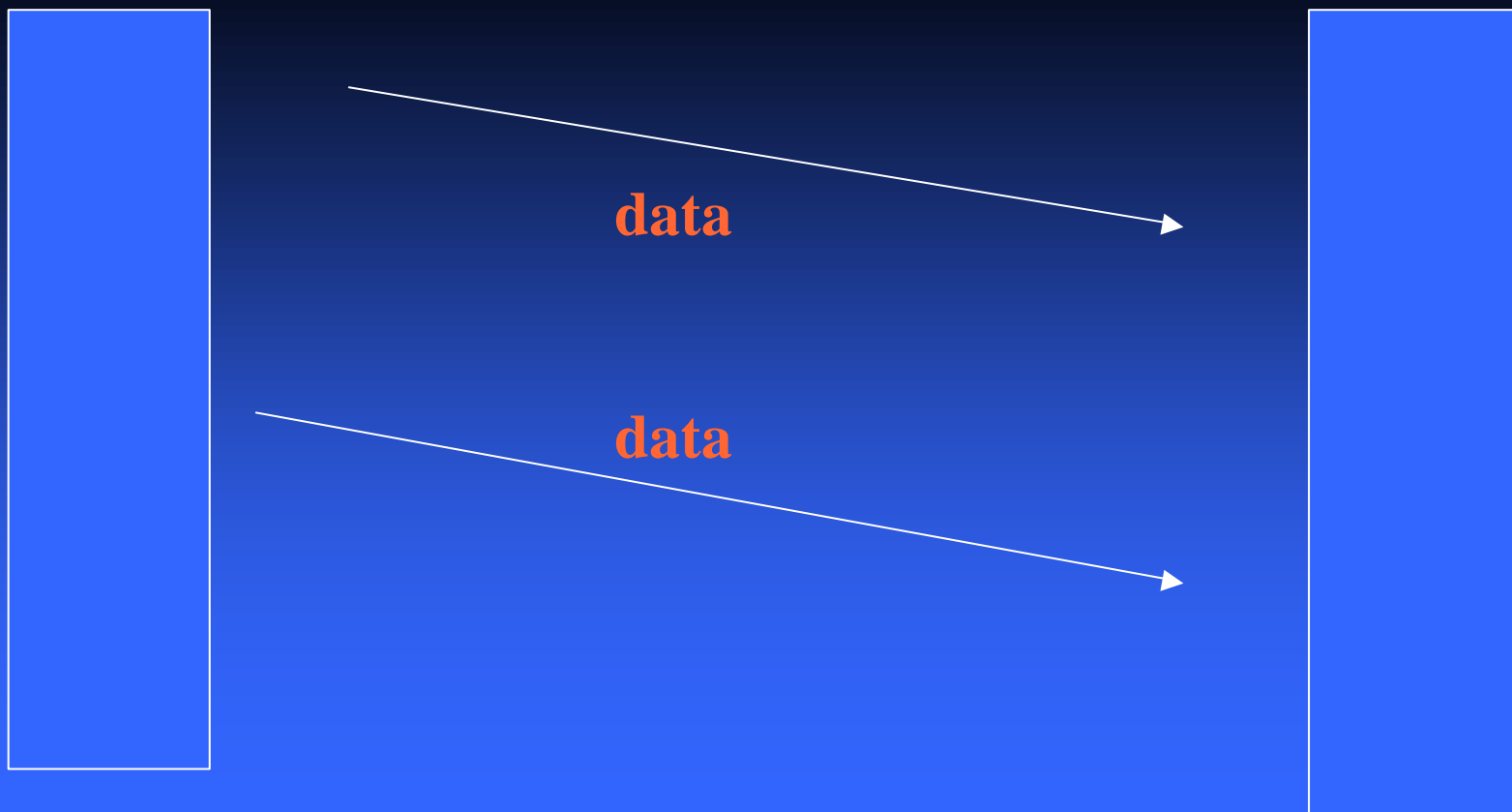
Yhteydellinen palvelu

- Yhteys olemassa, sillä **osapuolet** tietävät olevansa yhteydessä
 - verkko ja sen reitittimet eivät välttämättä tiedä yhteydestä mitään
- voidaan liittää muita palveluita
 - luotettava tiedonsiirto
 - kuittauksia ja uudelleenlähetyksiä
 - vuonvalvonta
 - ruuhkanvalvonta
- TCP, IP-puhelin, videokonferenssi

Yhteydetön palvelu

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

Yhteydetön palvelu



Tietoliikennelinkki

- siirtotapa
 - kaksipisteyhteys (point-to-point)
 - yleislähetys (broadcast)
 - monilähetys (multicast)
 - väylä
- käytetty siirtomedia
 - langaton: radio, infrapuna
 - langallinen: kaapeli, valokuitu, puhelinjohto

Yleislähetys

- yhteinen kommunikointi -kanava
- kaikki "kuulevat" sanomat
- siihen reagoivat vain ne, joille se on osoitettu
 - yksi / usea / kaikki

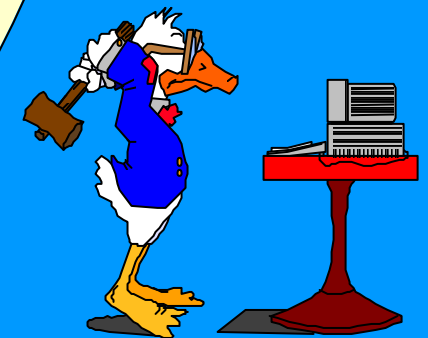
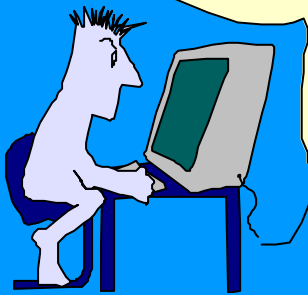
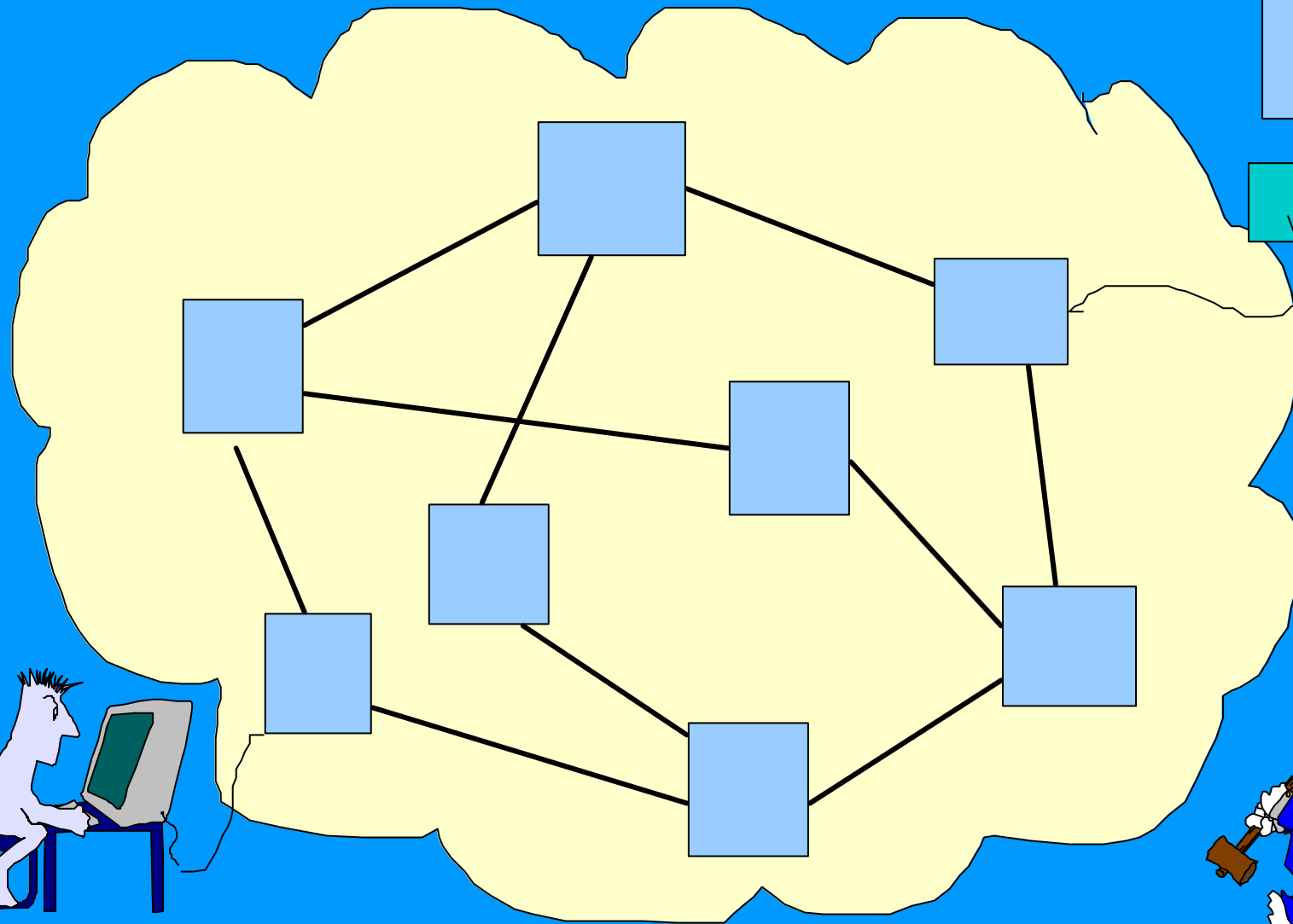


Kaksipisteisyhteys

- erillisiä kommunikointikanavia
- viestintä vain kahden välistä
- osoite tarpeeton (tällä tasolla)



Kaksipisteyhteysistä rakennettu verkko



Fyysinen verkko

Erilaisia toteutustapoja

- lähiverkot (LAN)
- MAN
- WAN
- langattomat verkot
- internet
 - Internet, intranet

Lähiverkot (LAN) (Local Area Network)

- koko rajoitettu
 - tiedetään maksimi siirtoaika
 - Internetissä ei tiedetä
- lähetystekniikka
 - kaapeli, johon kaikki koneet liitetty
 - nopeus 10-100 Mbps
 - pieni siirtoviive
 - vähän siirtovirheitä

MAN-verkko

(Metropolitan Area Network)

- LAN:n kaltainen, mutta isompi
 - voi kattaa kaupungin tai kaupungin osan
- Man-standardeja on useita

Laajaverkko (WAN)

(Wide Area Network)

- kattaa laajan maantieteellisen alueen
- yhdistää **isäntäkoneet** (host, end system) **tiedonsiirtoverkon** (communication subnet) avulla
- siirtoverkko koostuu
 - siirtolinjoista (communication link)
 - kaapeli, johto, radioaalto, satelliittiyhteys, ...
 - reitittimistä (router)
 - siirtää sisääntulevasta siirtolinjasta sanoman oikeaan ulosmenolinjaan

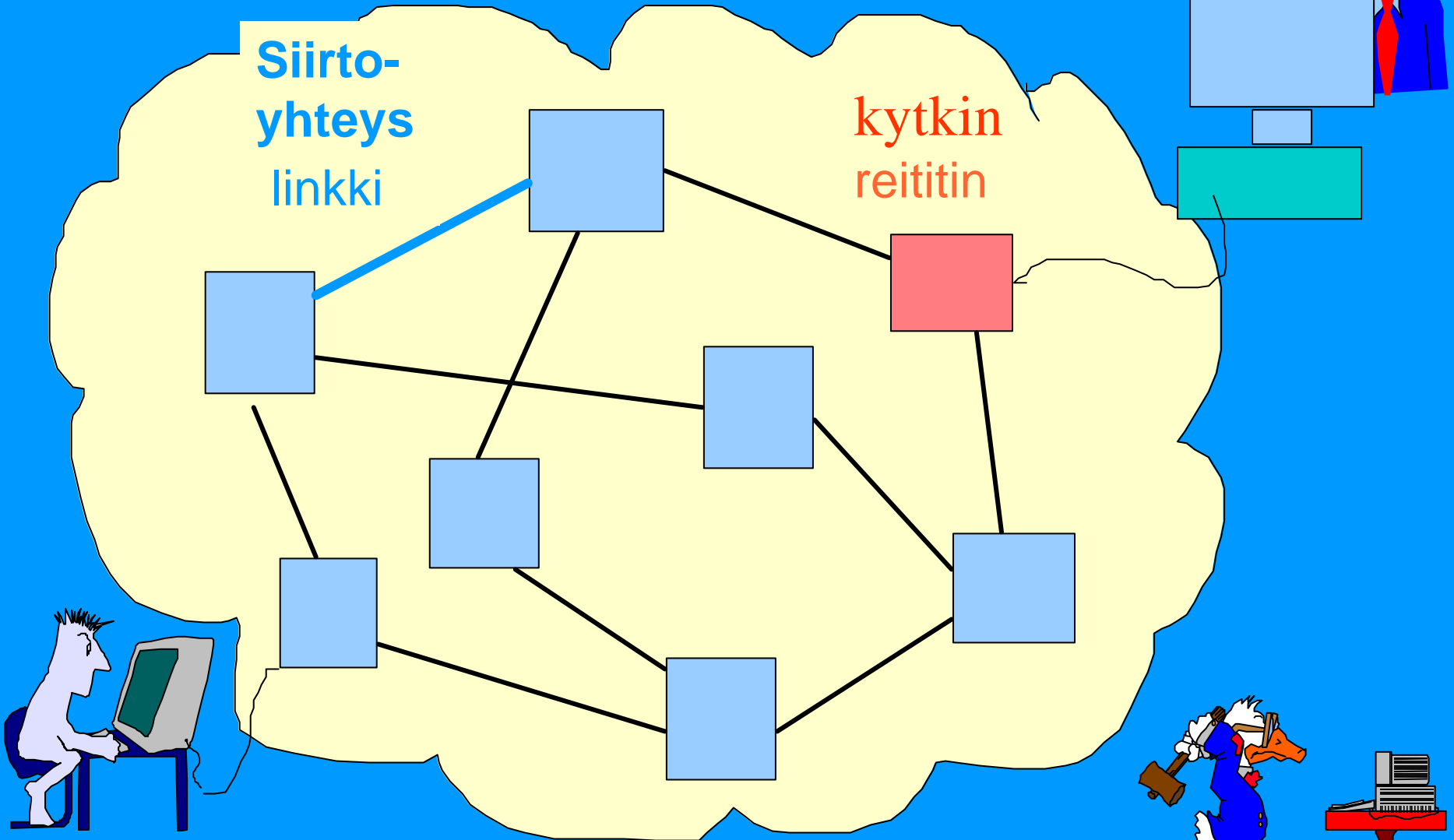
Tiedonsiirtoverkko

isäntäkone

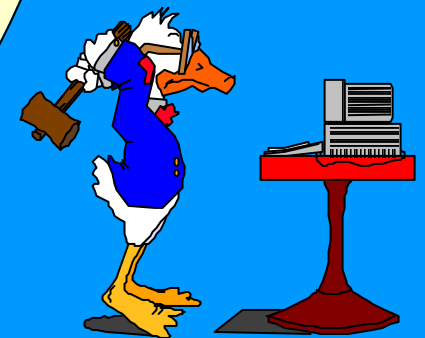


Siirto-
yhteys
linkki

kytkin
reititin



Esim. puhelinverkko



Langattomat verkot

(Cellular /wireless networks)

- Kattavuus
 - rakennus, solun koko 1-10 m
 - langaton lähiverkko (wireless LAN)
 - kaupunkialue, 20-100 m
 - kampusverkko, matkapuhelin
 - valtakunnallinen, 20-30 km
 - matkapuhelin
 - globaali
 - matkapuhelin, satelliitti

Langattomat verkot: käyttö

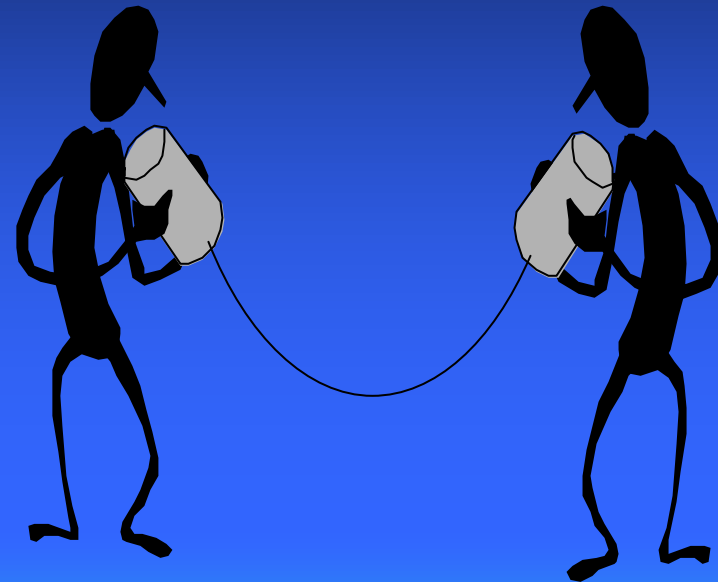
- käyttö
 - liikkuva toimisto
 - liikkuvat sovellukset
 - rekka
 - metsätyökone
 - kauppamatkustaja
 - varastomies
 - aavikon sheikki Saharassa
 - WAP-puhelin, GPRS-puhelin

Langattomat verkot

- Peitto
 - GSM yms. ==> 90% ihmisistä
 - 5% alueesta
 - satelliitti 90% alueesta

Huom:

- langattomuus <=> liikkuvuus (wireless <=> mobile)



INTERNET

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



Tehtävä 1

Selvitä verkosta hakemalla

- Kuinka paljon isäntäkoneita, verkkoja ja reitittimiä tällä hetkellä Internetissä on?
 - Miksi muuten tätä on vaikea tietää?
- Miten Internet on vuosien varrella kasvanut?
- Miten Internetiä hallitaan?

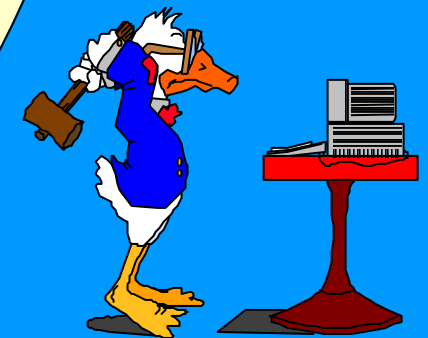
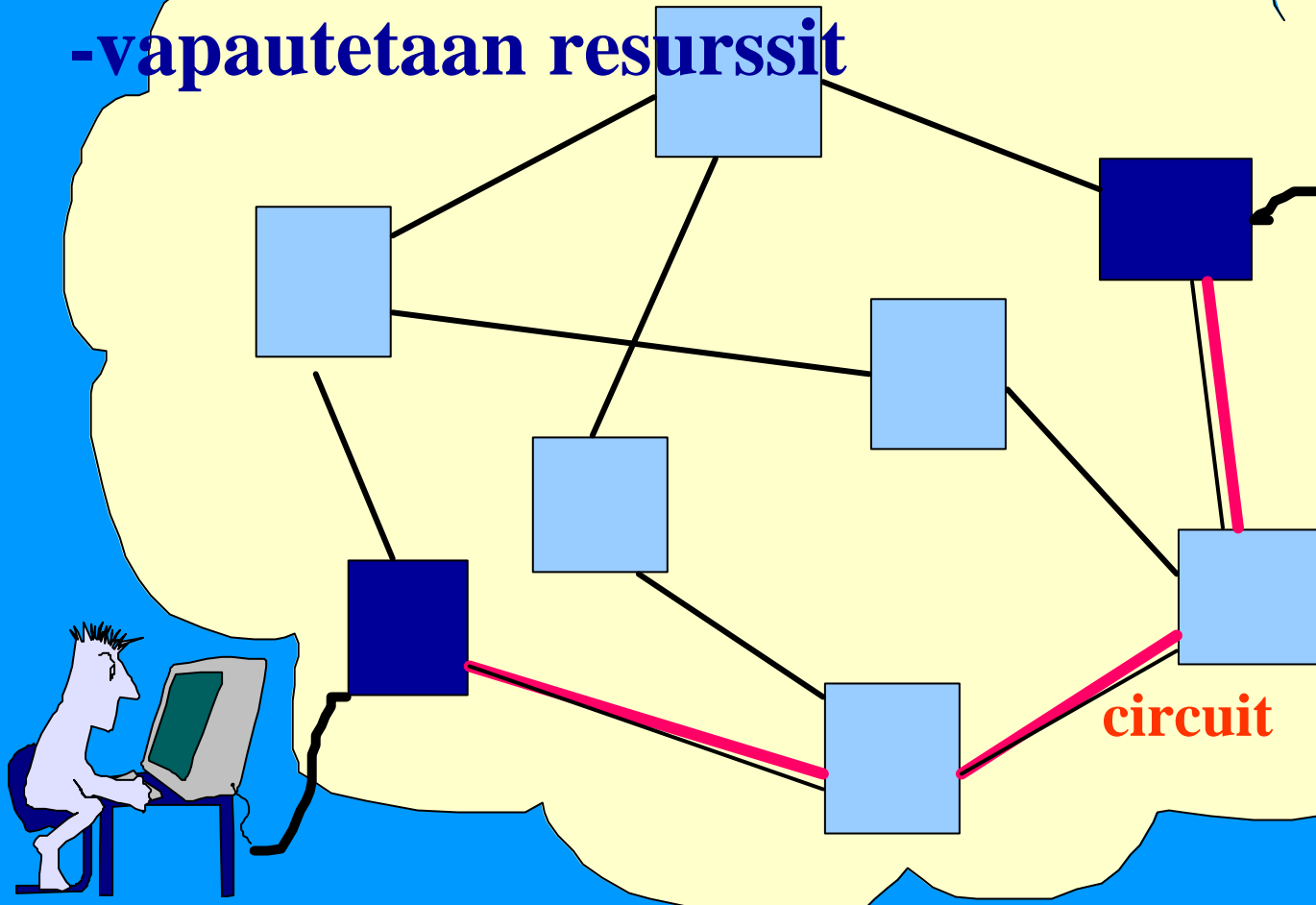
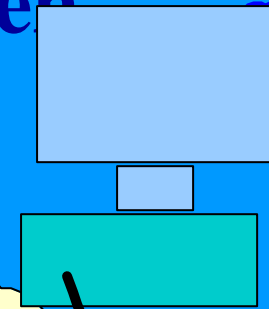
Verkkoteknologiat:

Piirikytkentäinen \Leftrightarrow pakettivälitteinen

- Kaksi erilaista verkkoteknologiaa
 - piirikytkentäinen (circuit switching)
 - verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
 - puskurit, linjakapasiteetti
 - puhelinverkko \Rightarrow takaa tasaisen lähetysnopeuden
 - pakettivälitteinen (packet switching)
 - resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa
 - jos resursseja ei ole, joudutaan odottamaan
 - Internet \Rightarrow 'best effort'
 - järjestys ei säily!

Piirikytkentäinen verkko

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

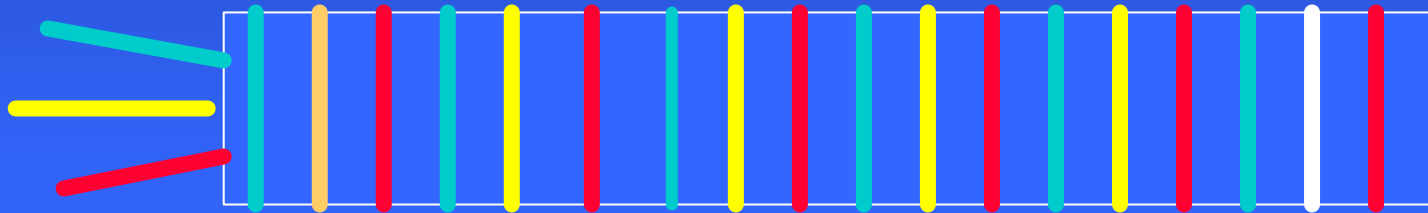


Kanavointi (multiplexing)

- Samalla linkillä usean yhteyden sanomia



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



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

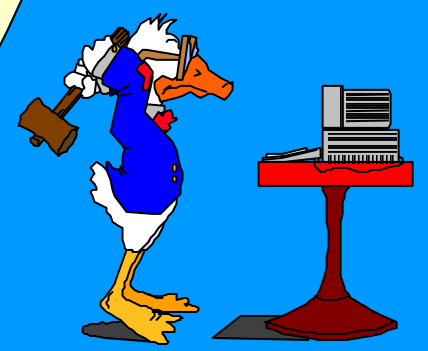
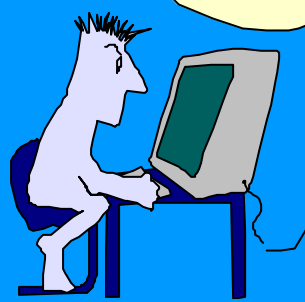
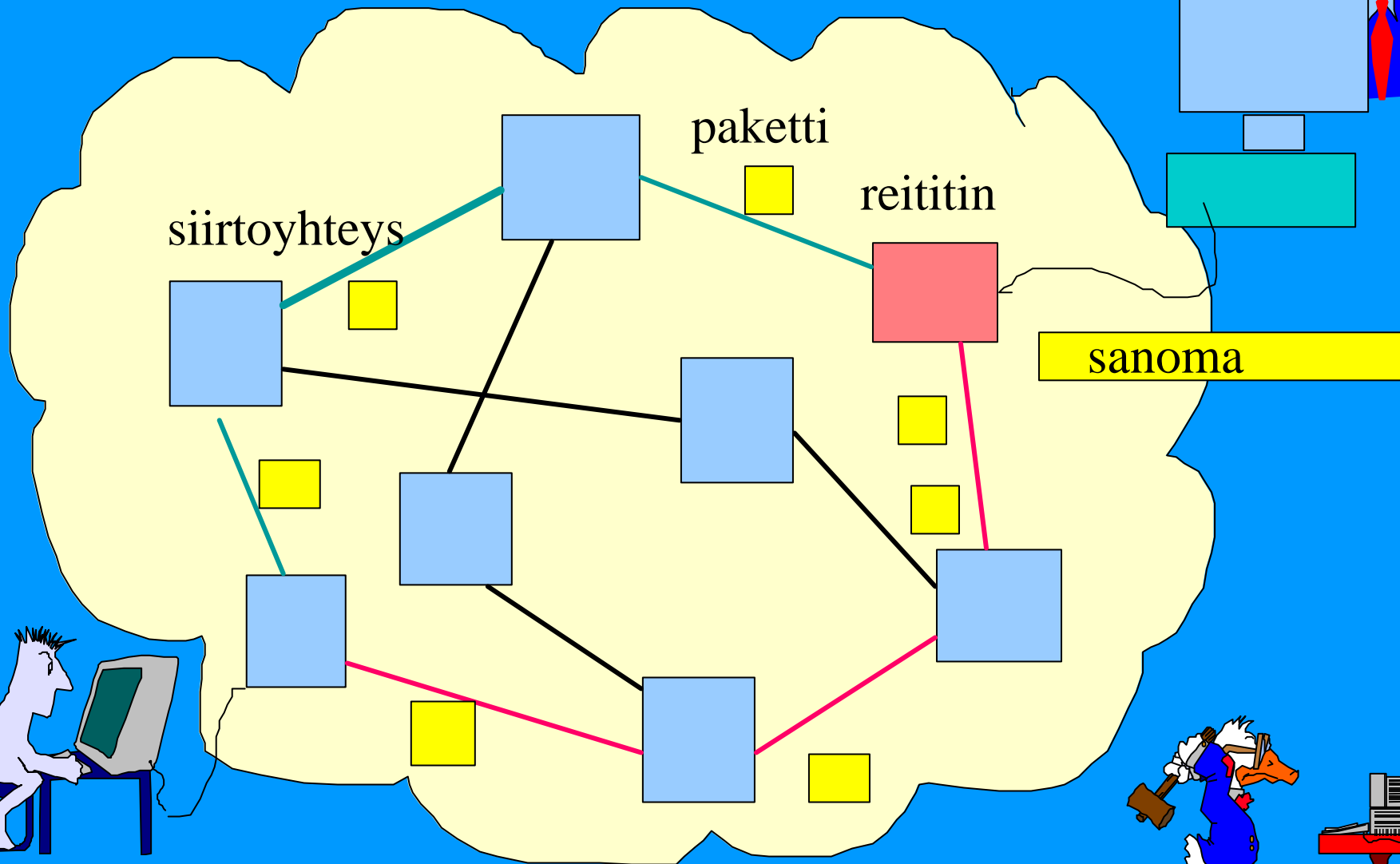
Lasketaan!

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

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.

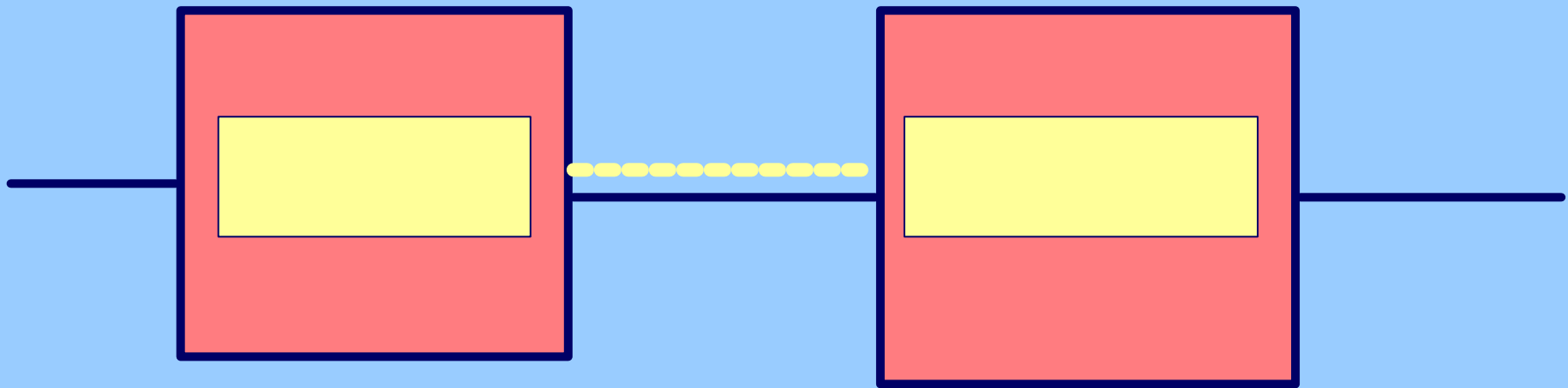
Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko



Etappivälitteinen (store-and-forward)

- Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin
 - siirtoviive 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



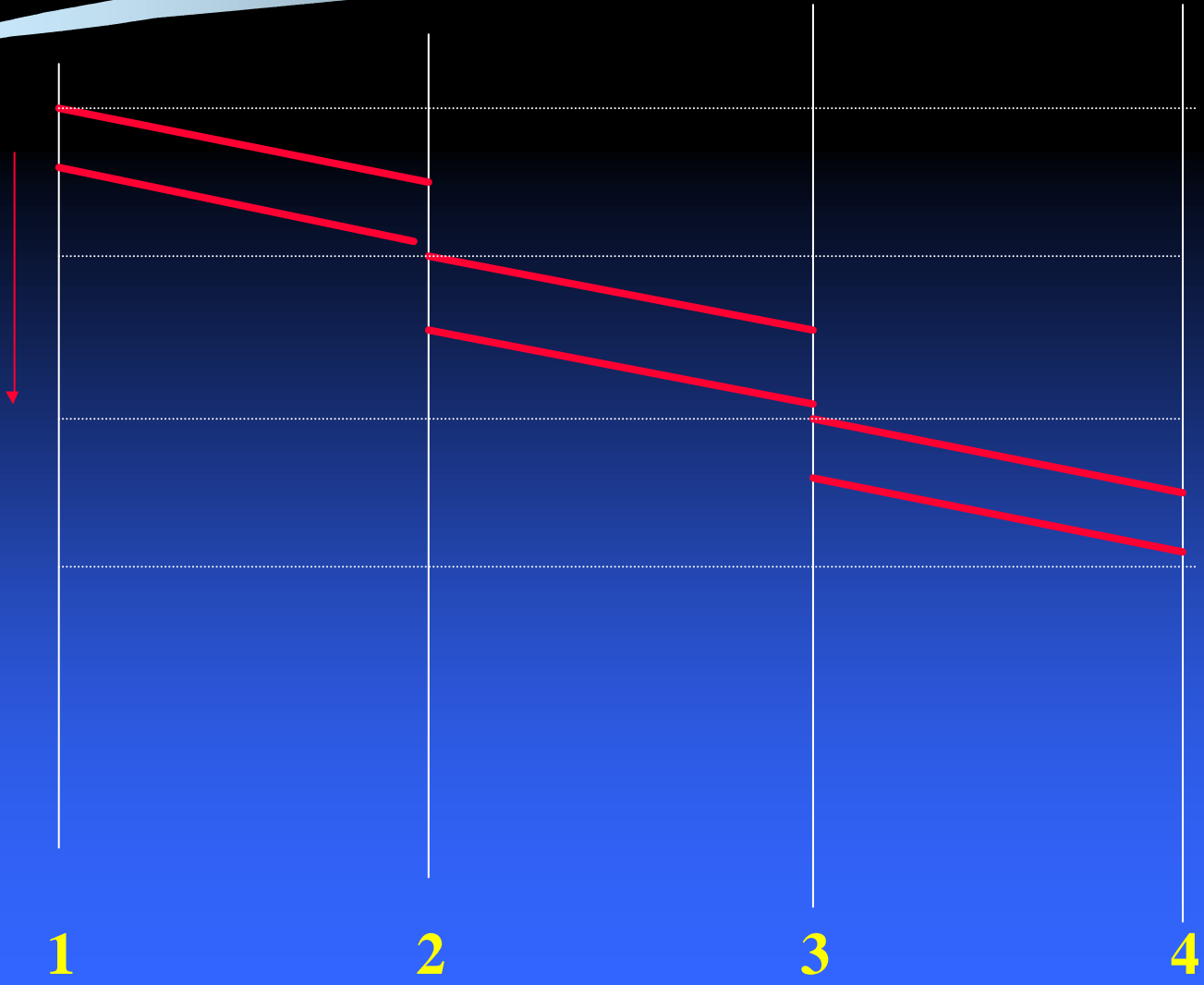
Siirtonopeus, siirtoaika

- 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 => siirtoviive = 10 sekuntia

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 siirtomediasta ja etäisyydestä**
 - merkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä
 - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

aika



1

2

3

4

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 Kbp 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