



# 1. Tietokoneverkot ja Internet

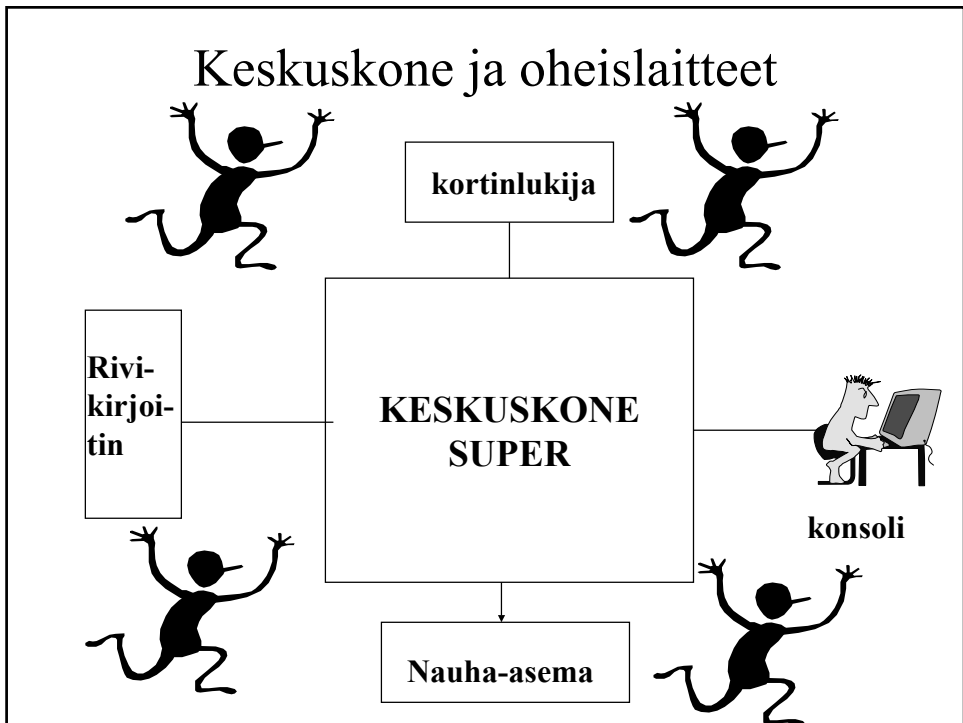
- 1.0. Tietokoneesta tietoverkkoon
- 1.1. Tietoliikenneverkon rakenne
- 1.2. Tietoliikenneohjelmisto eli protokolla
- 1.3. Siirtomedia
- 1.4. Viitemallit: OSI-malli, TCP/IP-malli
- 1.5. Esimerkkejä verkoista
  - Internet ja sen käyttö



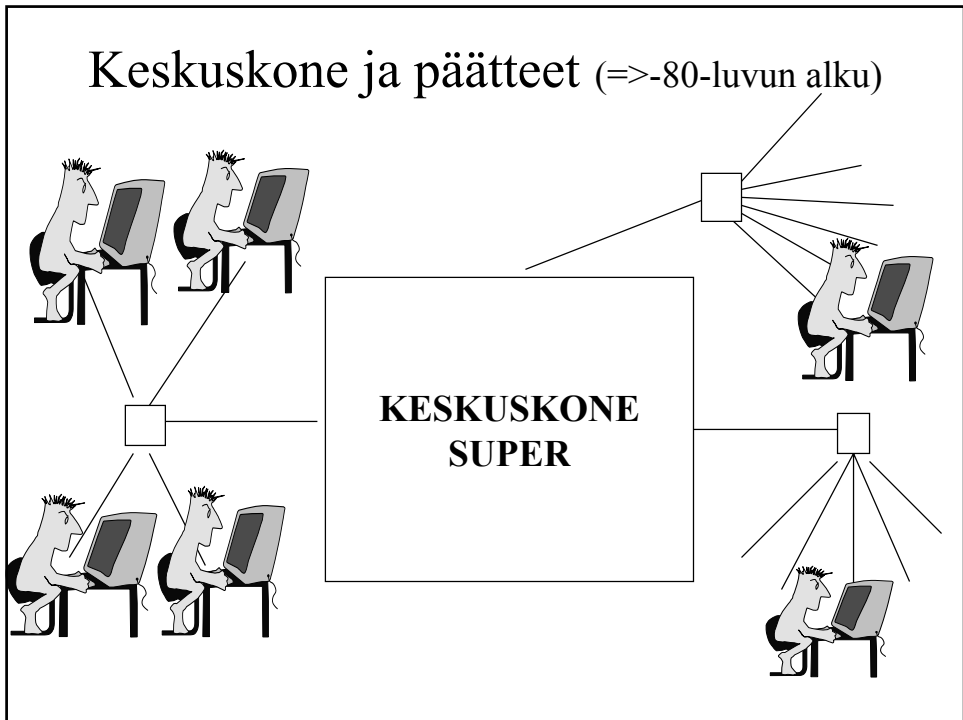
## 1. 0.Tietokoneesta tietokoneverkkoon

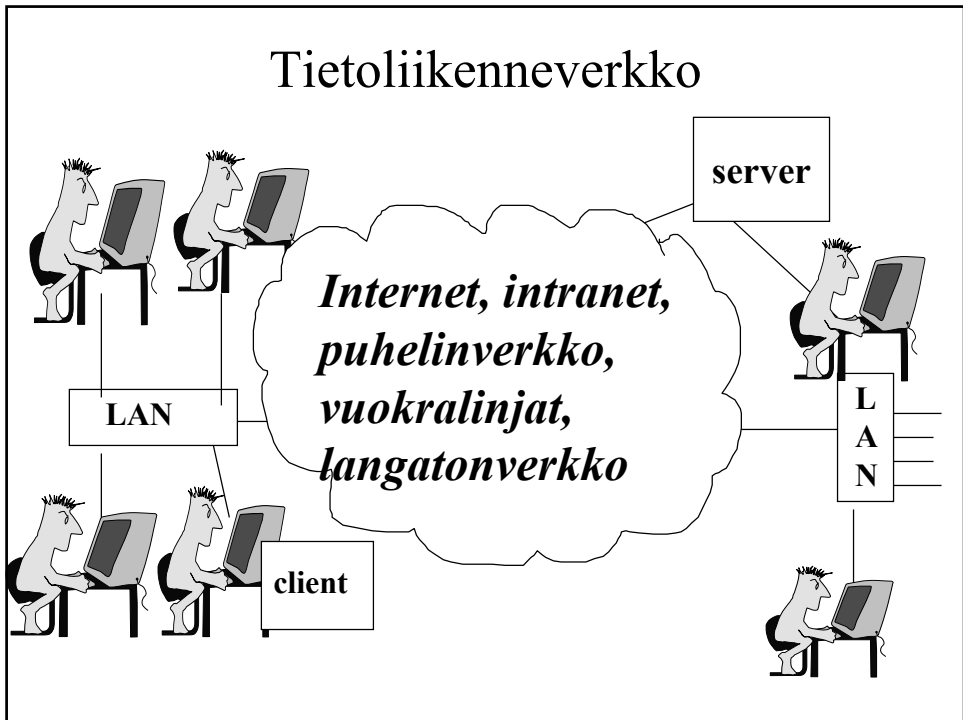
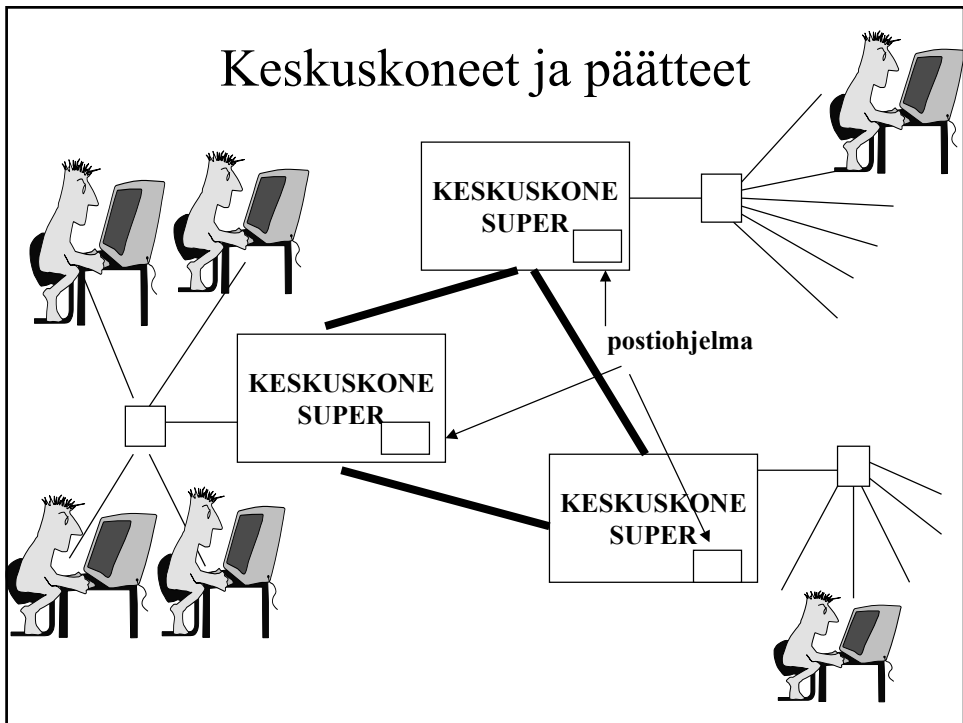
- Tietojenkäsittelyn siirtyminen tietokoneesta tietokoneverkkoon
- Yleinen käytötapa
  - Asiakas-palvelin-kommunikointi

# Keskuskone ja oheislaitteet

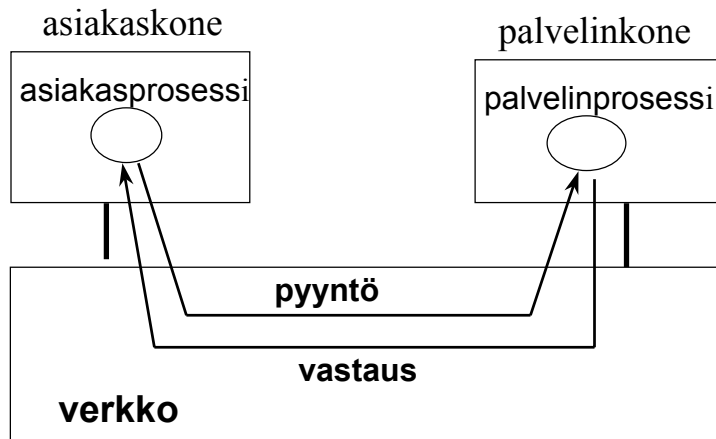


# Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)





# Asiakas-palvelin-malli



# Asiakas-palvelinsovellus

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



# Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

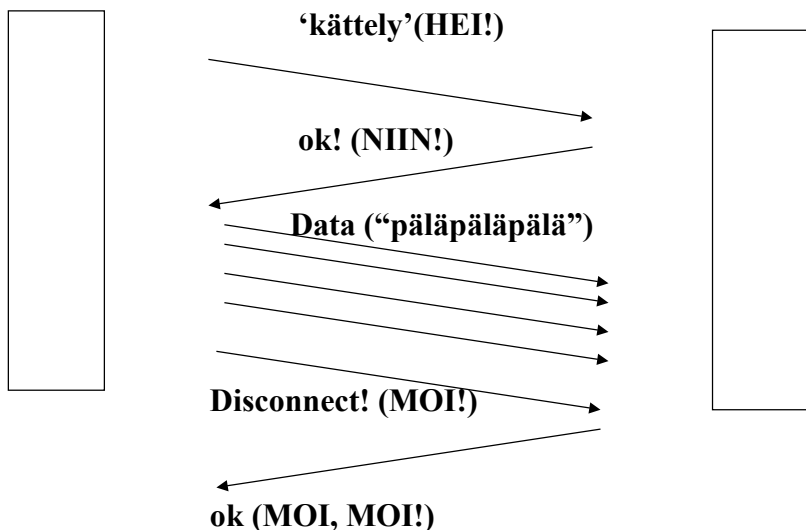
- **Yhteydellinen:**

- 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
- posti

## Yhteydellinen palvelu



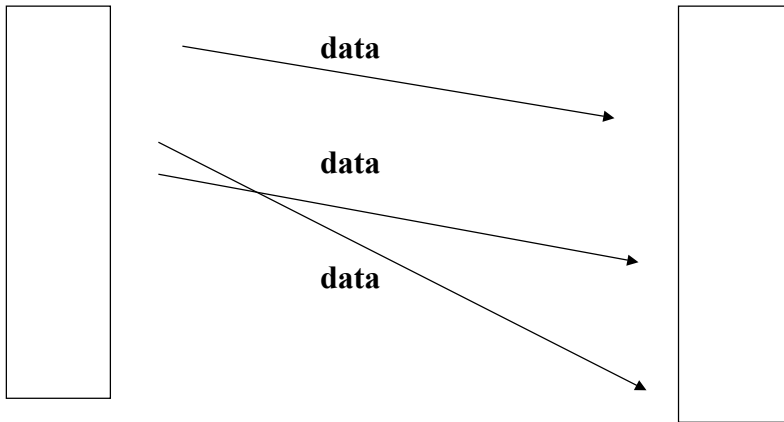
## Yhteydellinen palvelu

- 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





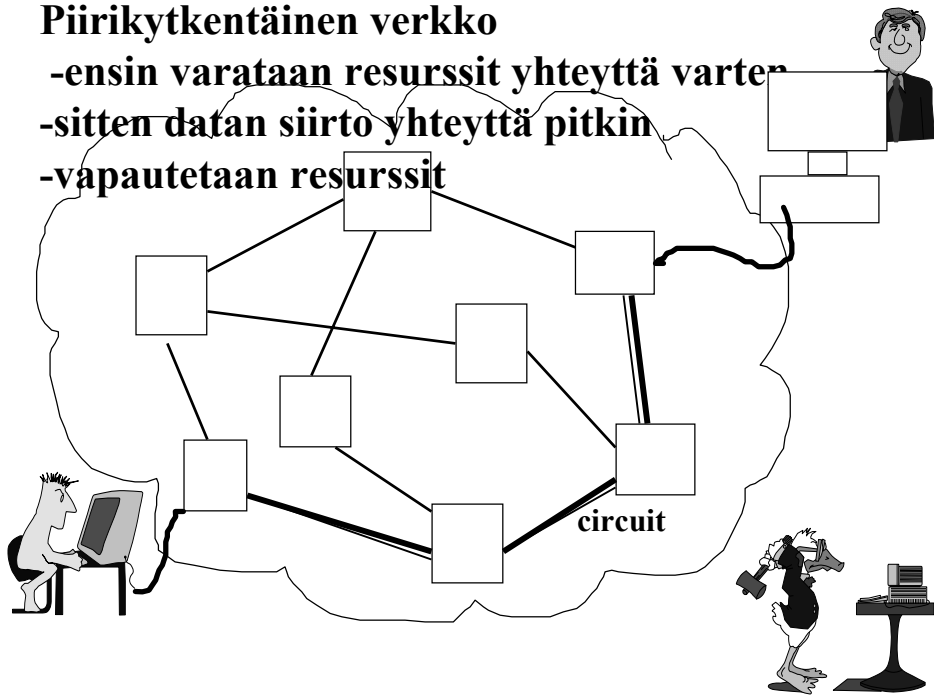
# Verkkoteknologiat:

## 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'
  - Atm?

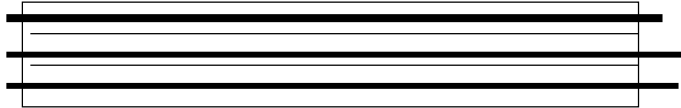
### Piirikytkentäinen verkko

- 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 lyhyen 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.

## Siirtonopeus, siirtoaika

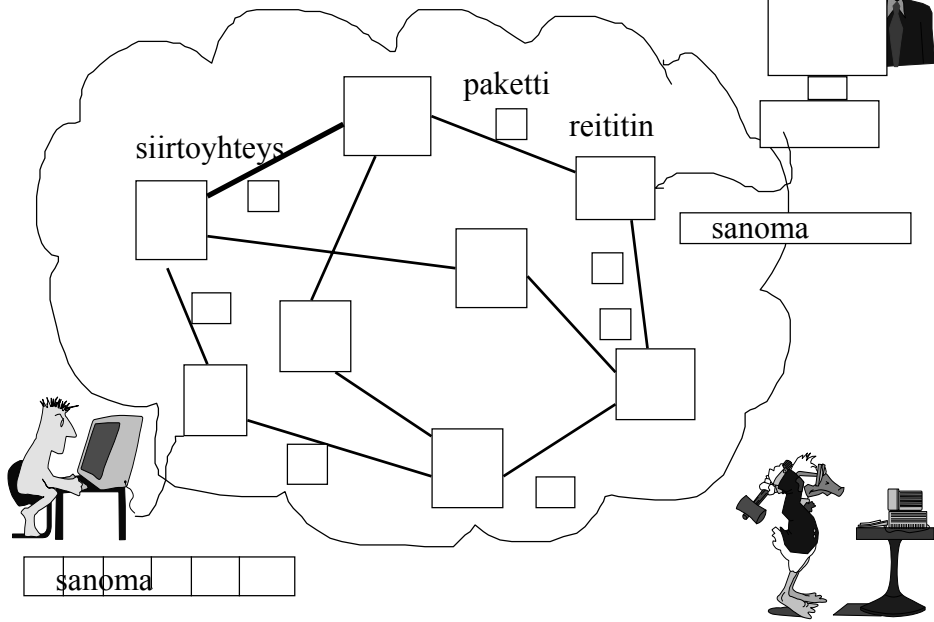
- **Siirtonopeus** (data rate, transmission rate)
  - miten nopeasti dataa pystytään lähettämään (siirtämään) linjalla
    - bps = bittejä sekunnissa
    - Bps = tavuja (bytes) sekunnissa
- **Siirtoaika**
  - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
  - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoaika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

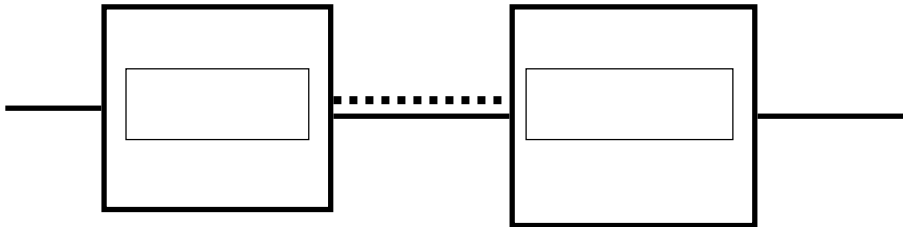
isäntäkone



## Etappivälitteinen (store-and-forward)

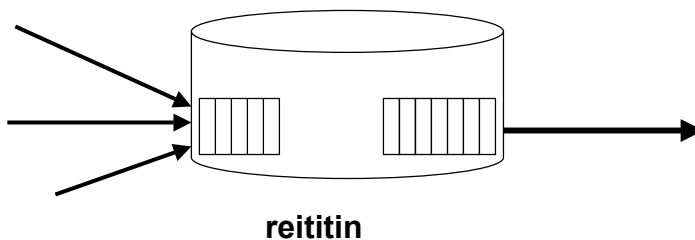
- Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin
  - **siirtoaika** joka linkillä, koska paketti lähetetään aina uudestaan
    - $L$  = paketin koko bitteinä
    - $R$  = lähtölinkin siirtonopeus
    - **Siirtoaika** (siirtoviive) =  $L/R$

## etappivälitteinen



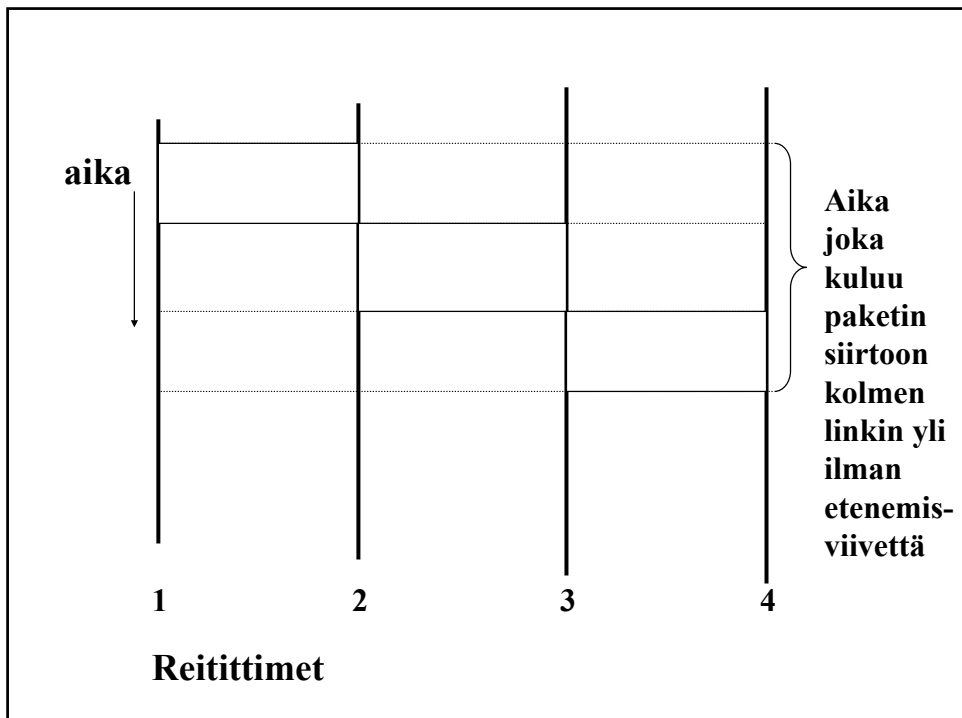
## Jonotusviive (queuing delay)

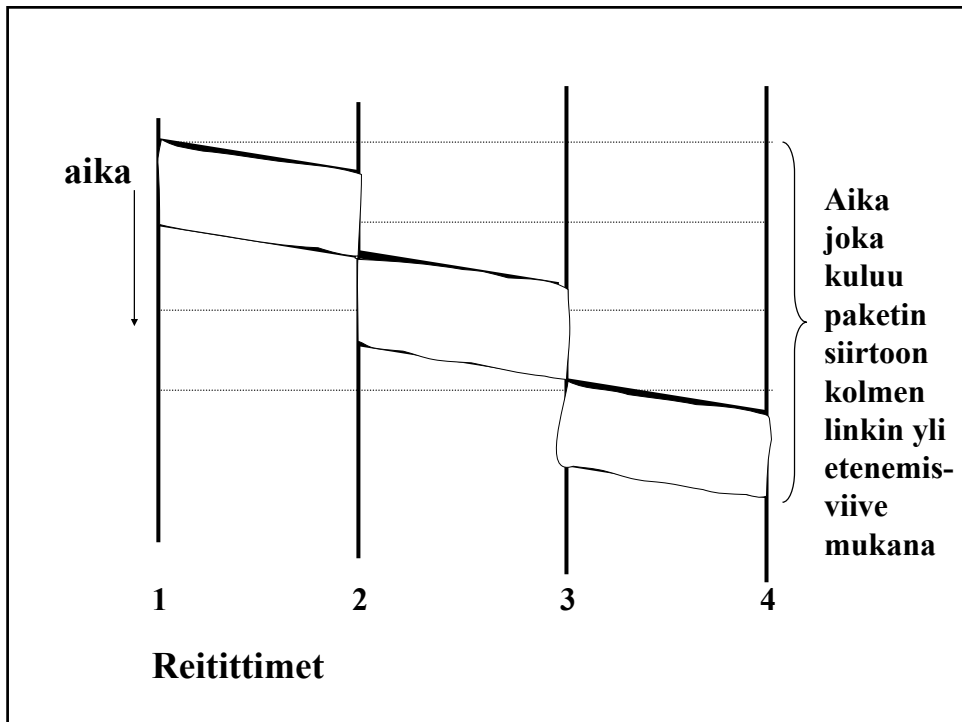
- jonotusviive reitittimessä, jos paketti joutuu odotamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja



## 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**





## 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 jonotusviipeitä.

## 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

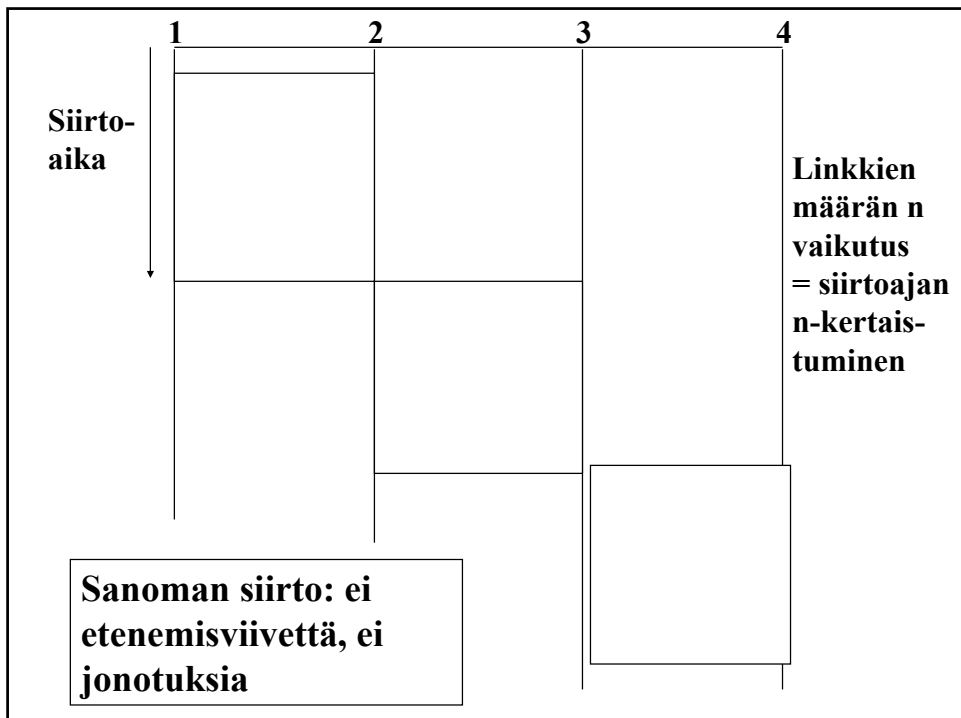
- Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?
- Olkoon sanoman koko 400 Kb ja linkin nopeus on 1 Mbps.
- Kun koko sanoma lähetetään 5 linkin yli, niin aikaa kuluu  $5 * 400 \text{ ms} = 2000 \text{ ms}$
- Kun sanoma pilkotaan sadaksi 4 Kb:n paketeiksi, niin aikaa kuluu paljon vähemmän eli vain 416 ms!

# Miksi näin?

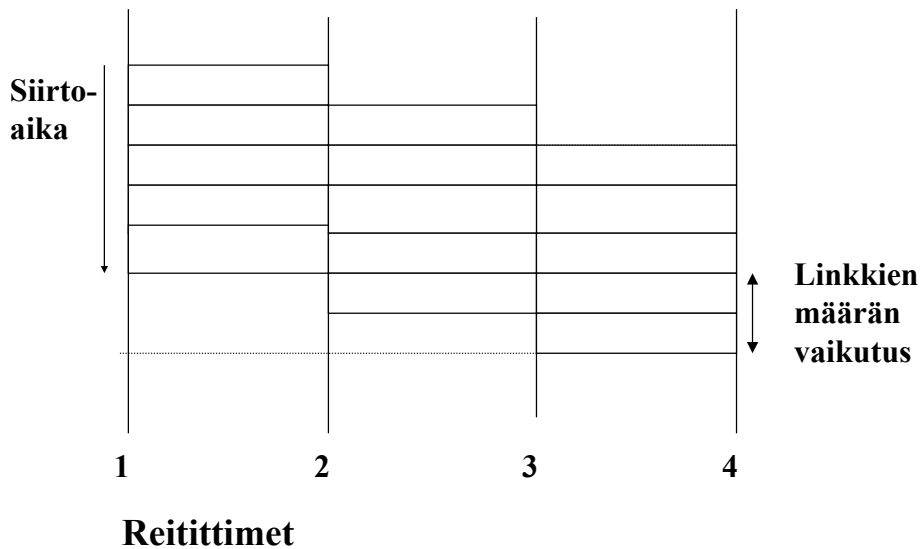
- Paketteja voidaan lähettää rinnakkain eri linkeillä,
- 400 Kb:n sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan vain sen ajan kun 4 Kbtin paketti siirretään 4:n linkin yli = 16 ms

11/6/2002

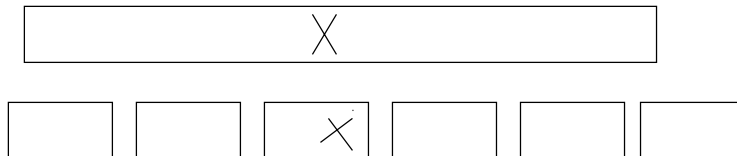
35



## Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



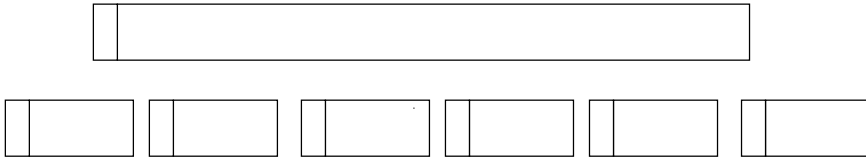
## Siirtovirheen vaikutus



**Koko virheellinen sanoma joudutaan lähettämään uudestaan !**

**Vain yksi sanoman paketti joudutaan lähettämään uudestaan!**

# Pakettiotsake

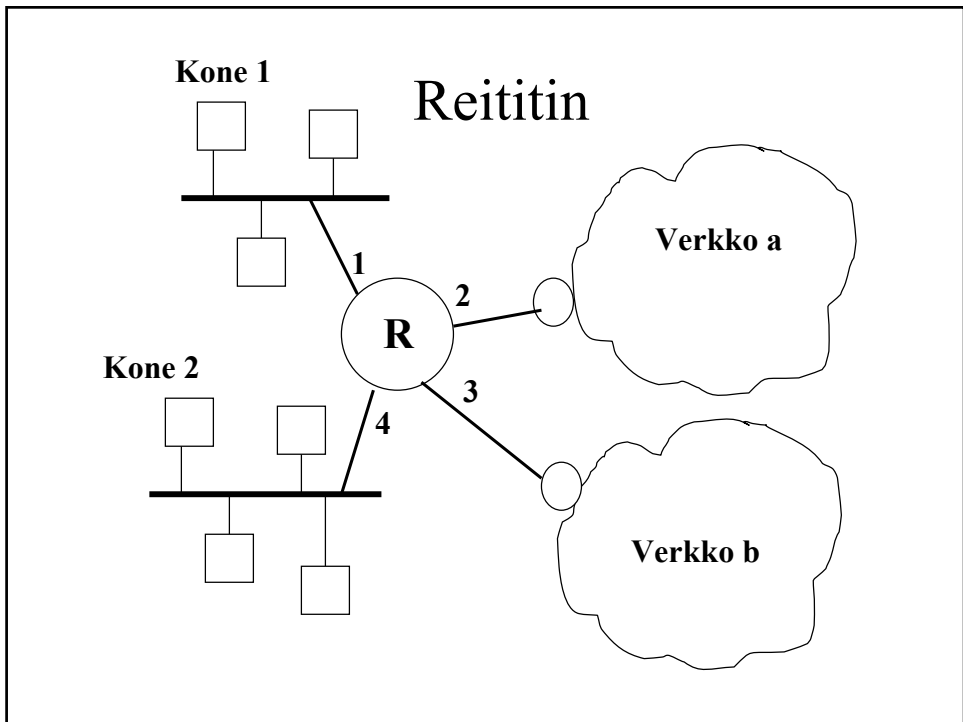


**Sanomaan riittää yksi otsake (valvontatietoa: esim. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet )**

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

# Reititys

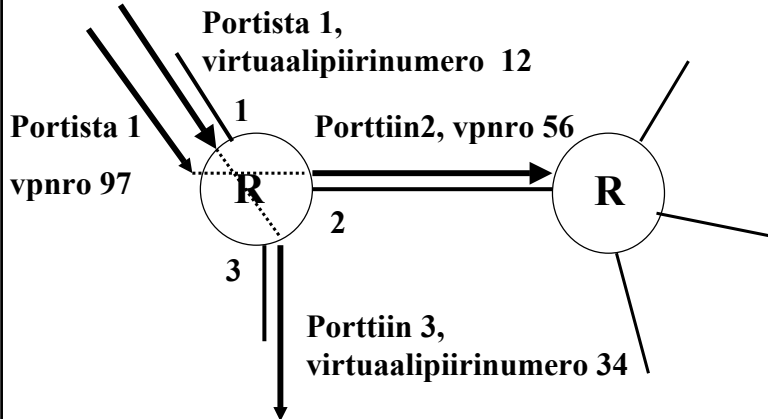
- **Datasähkeverkko**
  - kukin paketti reititetään jokaisessa reitittimessä erikseen => voivat kulkea eri reittiä
  - jokaisessa paketissa osoite
  - reititystaulu kertoo ulosmenon
  - INTERNET
- **virtuaalipiiriverkko**
  - ensimmäinen paketti muodostaa **virtuaalipiirin**
  - muut paketit reititetään samaa reittiä virtuaalipiirinumeron mukaan
  - joka linkillä paketilla on oma virtuaalipiirinumero
  - virtuaalipiirien muunnostaulukko
  - ATM, kehysvälitys (frame relay)



## 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
1	97	56
2	42	101
2	10	78
3	12	65

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

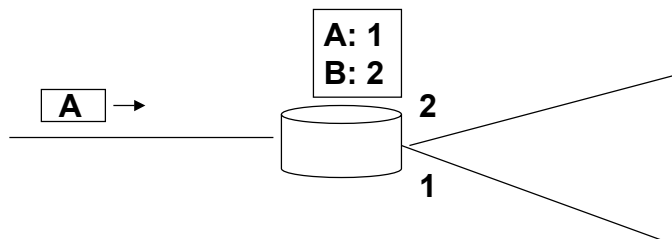
- ylläpidettävä tilatietoa yhteyksistä

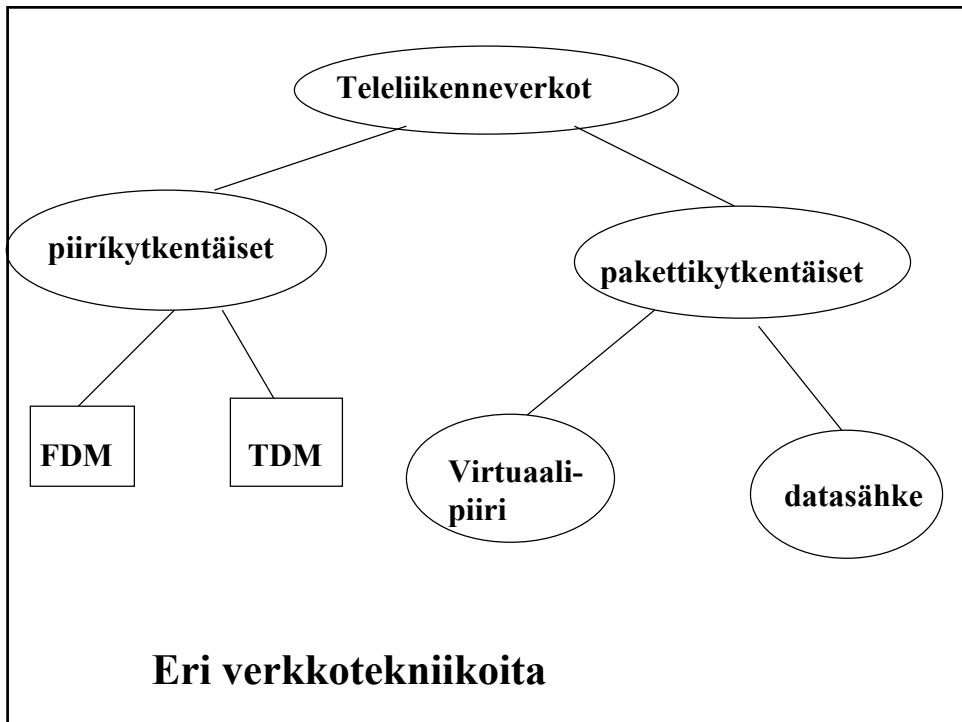
# Virtuaalipiirin muunnostaulukko

- 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 menevä paketti tulee ohjata





## 1.3. Siirtomedia

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



## 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



11/6/2002


49

## 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

11/6/2002

50

- 
- 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 signaalointi
- **laajakaistamoodi** (Broadband)
  - 75-ohmin kaapeli, käytössä kaapeliTV:ssä
    - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
    - useita signaaleja samaan aikaan
    - analoginen signaalointi

## 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

## Valokuitu

- erittäin puhdasta kvartssia
  - 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 fotodiodi
  - 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

11/6/2002

57

## Valokuitutyypit

- monimuoto (multimode)
  - valo hajaantuu (dispersion)
  - halpa, ei kovin nopea
  - paikallisverkoissa
- yksimuotokuitu (monomode)
  - kuidun paksuus vain muutama valon aallonpituus  
(8-10 mikronia, hius  $\sim 50$  mikronia)  $\Rightarrow$  valo etenee kuidussa suoraan
  - kallein, nopein ( $\sim 30 \text{ Gbps}$ )
  - pitkän matkan puhelinlinjoissa ( $\sim 30 \text{ km}$ , jopa  $100 \text{ km}$  mahdollista)

11/6/2002

58

# Langaton tiedonsiirto

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



11/6/2002

59


# Radioaallot

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




11/6/2002

60



## 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 taajuuudet heikkenevät eri tavoin; suuret taajuuudet 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**
    - salamat, vanhat puhelinkeskukset

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

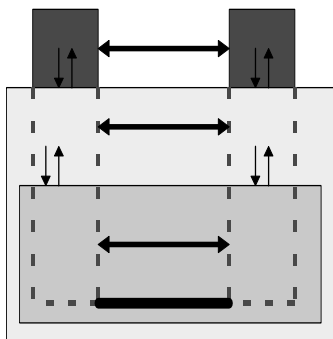
## Signaalin vahvistaminen

- 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

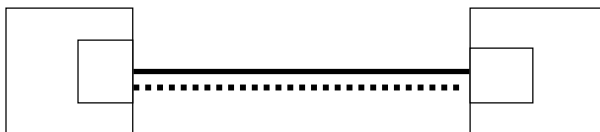
11/6/2002

69

## Mitä monimutkaisuutta?

### kaksipisteyhteys

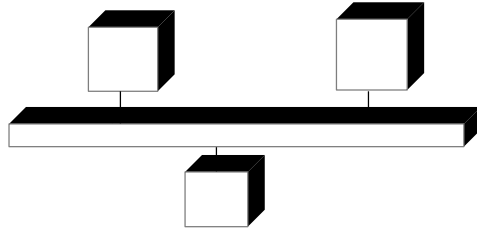
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



# 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

11/6/2002

73

# 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

11/6/2002 • osoitteena puhelinnumero

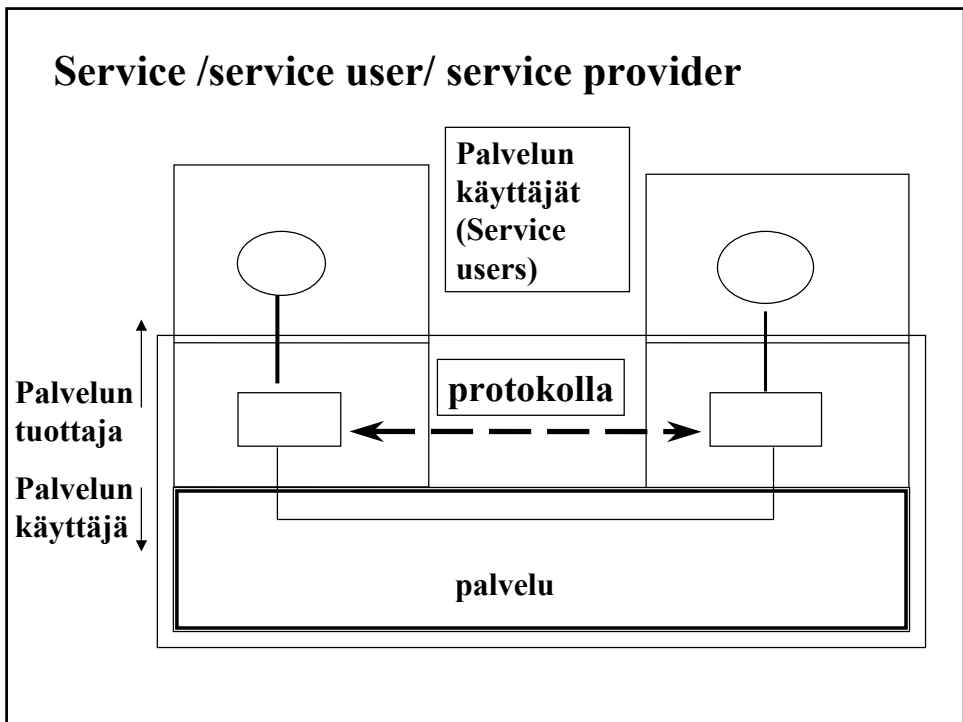
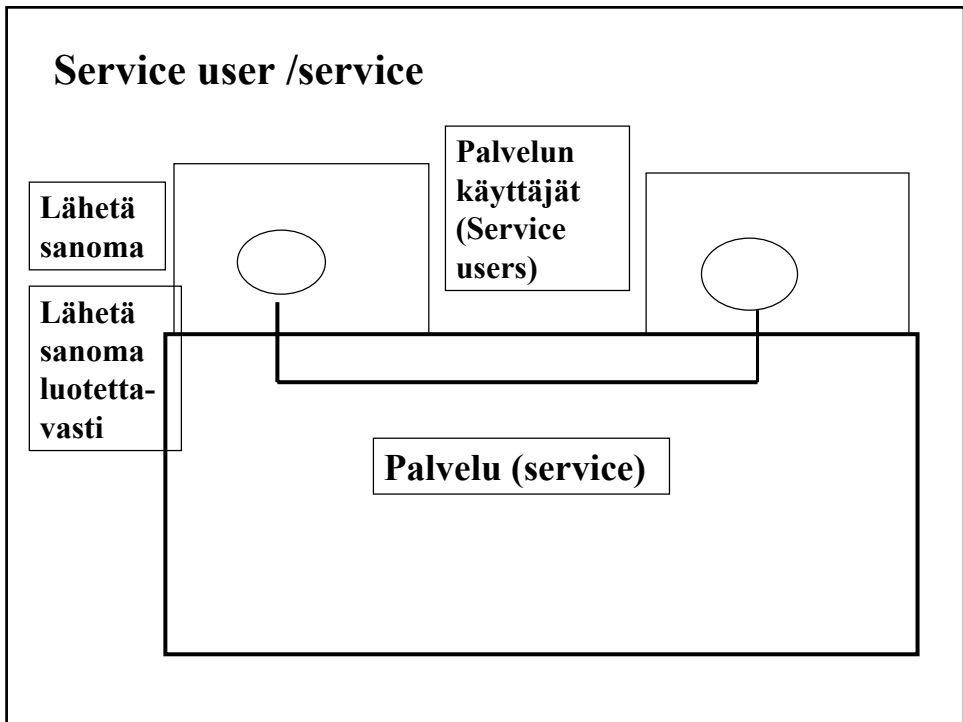
74

# Palvelu

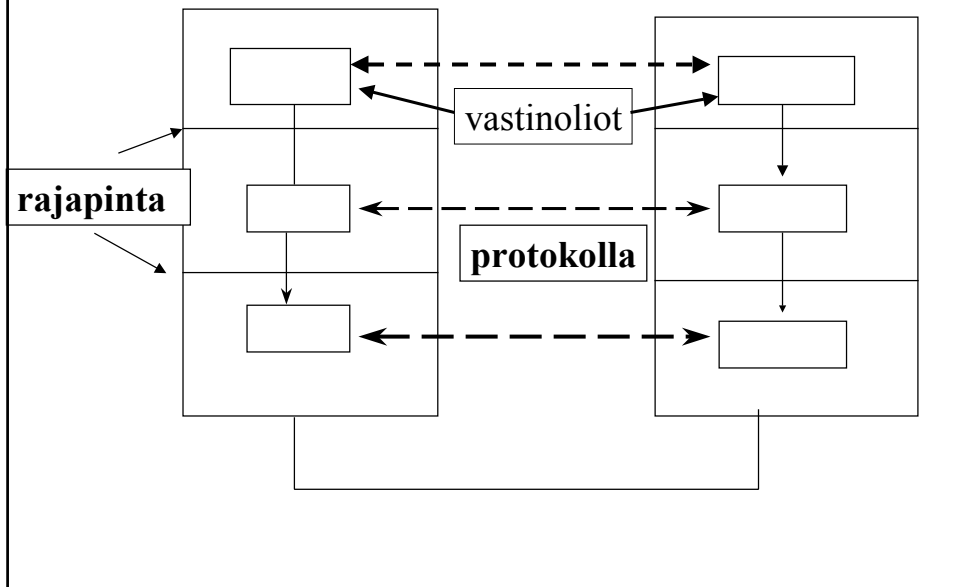
- **yhteydellinen palvelu** (connection-oriented)
  - esim. puhelin
- **yhteydetön palvelu** (connectionless)
  - esim. posti
- kumpi valitaan?
  - vaadittu **palvelutaso** (QoS)
  - kustannus
- Valinta voi olla erilainen eri kerroksilla

# 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



## Interface / peer entity / protocol



## Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

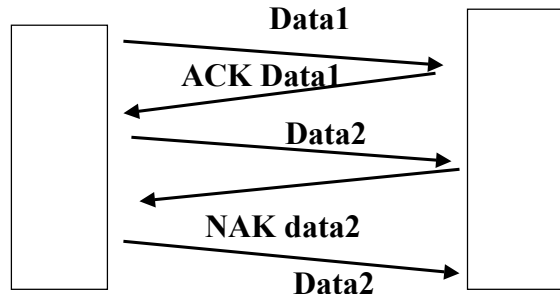
**Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä**

- 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



11/6/2002

81

## Pohdittavaa!

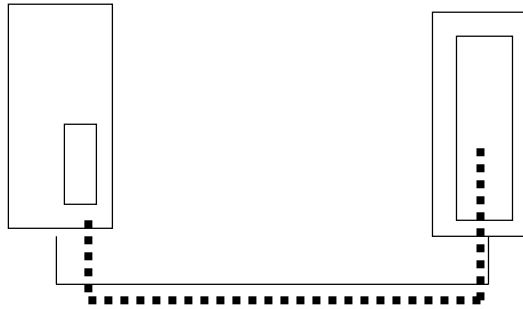
- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma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

11/6/2002

82

## Vuonvalvonta (flow control)

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



11/6/2002

83

## 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

11/6/2002

84