

# 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

1/18/2004

1

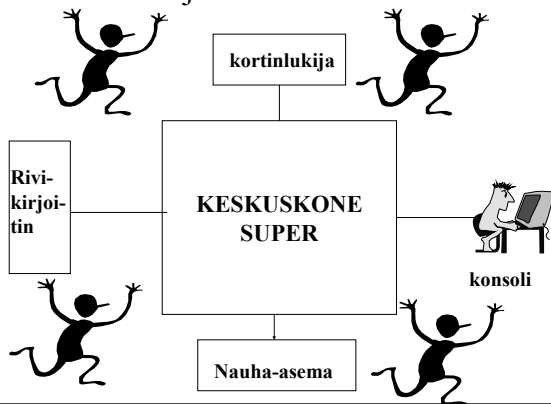
# 1. 1. Tietokoneesta tietoverkkoon

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

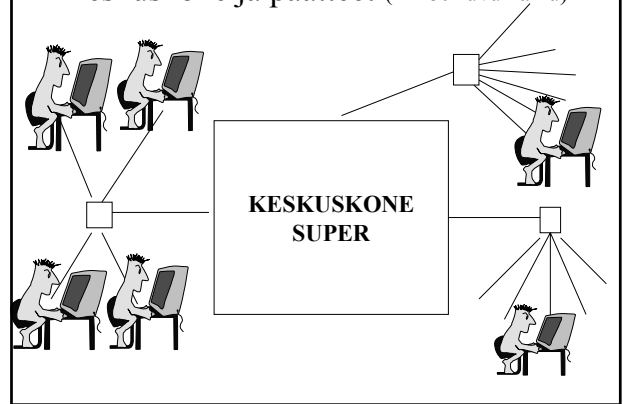
1/18/2004

2

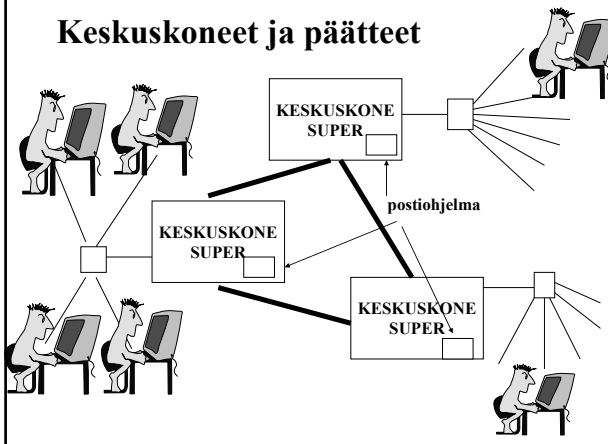
## Keskuskone ja oheislaitteet



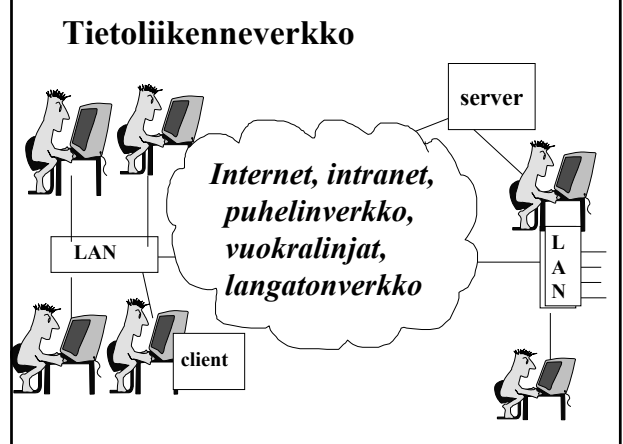
## Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)



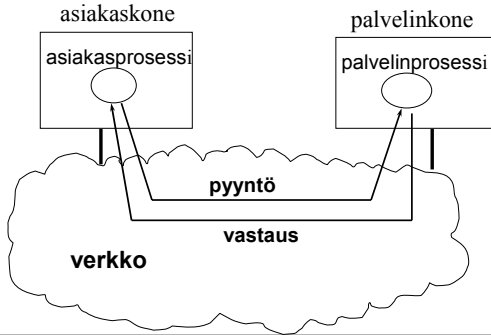
## Keskuskoneet ja päätteet



## Tietoliikenneverkko



## Asiakas-palvelin-malli



## Asiakas-palvelinsovellus

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

1/18/2004

8

## Asiakas-palvelin-mallin hyötyjä

- resurssien yhteiskäyttö
  - tiedon
  - palvelun
- palvelun parantuminen
  - saatavuus
  - skaalautuvuus
  - hallittavuus
- kustannustehokkuus
  - pienet koneet suhteessa tehokkaampia

1/18/2004

9

## 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...

1/18/2004

10

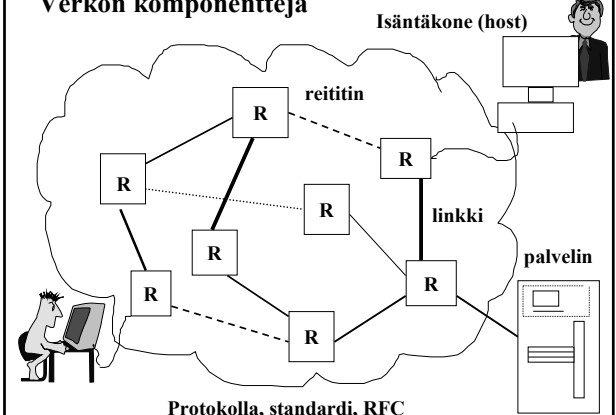
## 1.2 Tietoliikenneverkon rakenne

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

1/18/2004

11

## Verkon komponentteja



## Kaksi erilaista verkkoteknologiaa

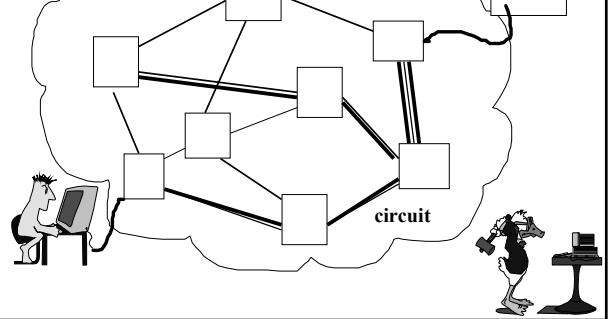
- **piirikytkentäinen** (circuit switching)
  - verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
    - puskurit, linjakapasiteetti
  - puhelinverkko => takaa tasaisen lähetysnopeuden
- **pakettivälitteinen** (packet switching)
  - resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa
  - jos resursseja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

1/18/2004

13

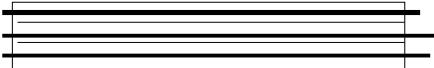
## Piirikytkentäinen verkko

- 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.

1/18/2004

16

## 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

1/18/2004

17

## Ratkaistaan!

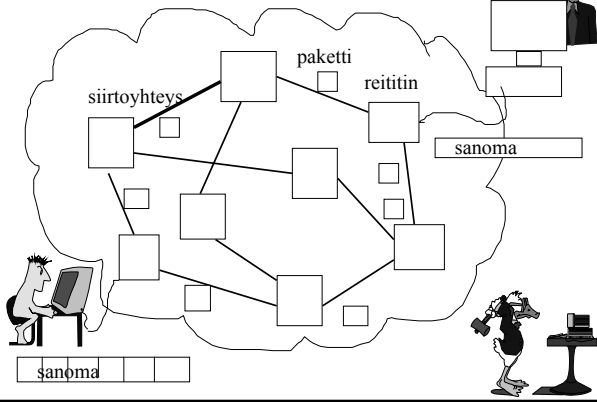
- 1.536 Mbps yhteydellä on käytössä 24 aikaviipaletta => yhdelle yhteydelle on käytössä  $1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ kbps}$
- Siirrettävä tiedosto on 640 Kbittiä. Siirtoon kuluu  $640 \text{ Kb} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s}$ .
- Lisäksi yhteyspiirin muodostukseen kuluu 0.5 s eli yhteensä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

1/18/2004

18

## Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko

isäntäkone



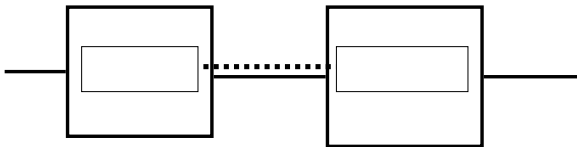
## Etappivälitteinen (store-and-forward)

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

1/18/2004

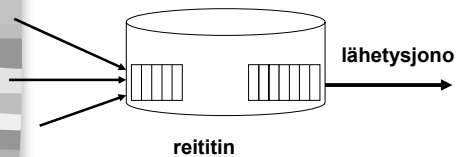
20

## etappivälitteinen



## Jonotusviive (queuing delay)

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



1/18/2004

22

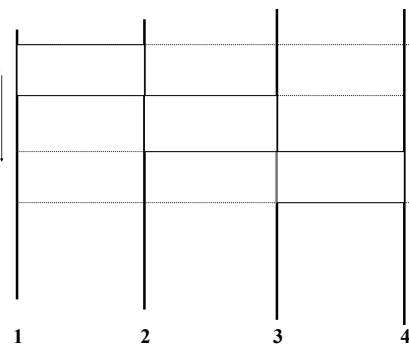
## Etenemisviive (propagation delay)

- **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 satelliittiliinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä
  - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

1/18/2004

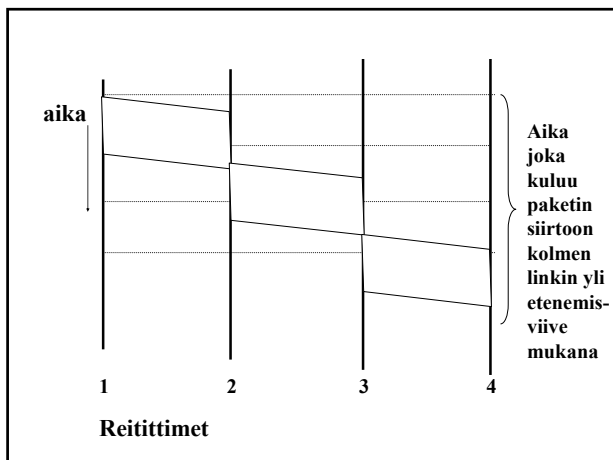
23

aika



Aika joka kuluu paketin siirtoon kolmen linkin yli ilman etenemisviivettä

Reitittimet



## Lasketaan!

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

1/18/2004

26

## 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.

1/18/2004

27

## 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!

1/18/2004

28

## 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!

1/18/2004

29

## 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 pilkkotaan sadaksi 4 Kb:n paketiksi, niin aikaa kuluu paljon vähemmän eli vain 416 ms!

1/18/2004

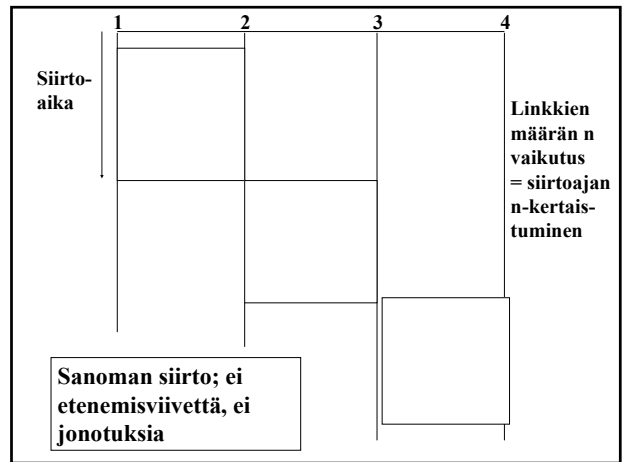
30

## Miksi näin?

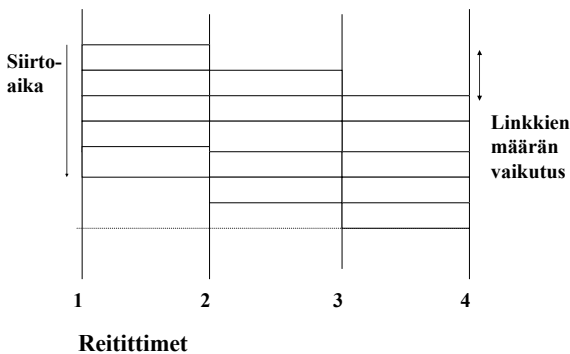
- Paketteja voidaan lähettää rinnakkain eri linkeillä.
- 400 Kbitin sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan sen ajan, kun 4 Kbitin paketti siirretään neljän linkin yli = 16 ms

1/18/2004

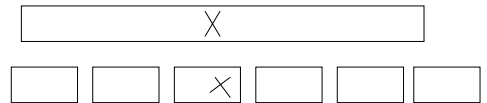
31



Sanoman siirto paketteina; ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



## Siirtovirheen vaikutus



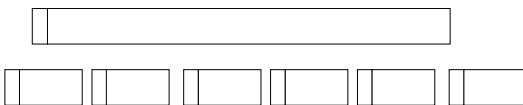
Koko virheellinen sanoma joudutaan lähettämään uudestaan !

Vain yksi sanoman paketti joudutaan lähettämään uudestaan!

1/18/2004

34

## Pakettiotsake



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

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

1/18/2004

35

## Reititys

### ■ Datasähkeverkko (datagram)

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

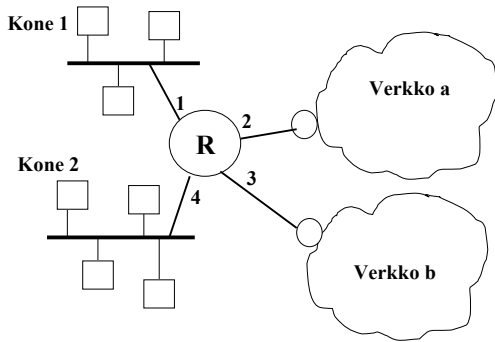
### ■ Virtuaaliipiiriverkko (virtual circuit)

- ensimmäinen paketti muodostaa virtuaaliipiirin
- muut paketit reititetään samaa reittiä virtuaaliipiirinumeron mukaan
- joka linkillä oma virtuaaliipiirinumero
- virtuaaliipiirien muunnostaulukko

1/18/2004

36

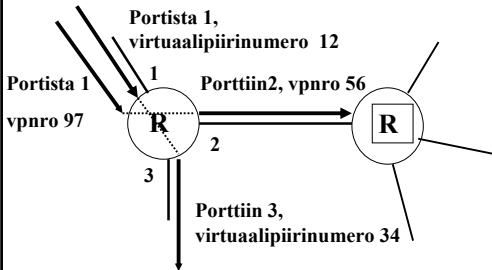
## Reititin



## Datasähkereititys: Reitittimen R reititystaulu

Paketin osoite	lähetysohjelma
verkko a	2
verkko b	3
.....	
oma verkko, kone1	1
omaverkko, kone 2	4

## Virtuaaliipiirireititys



## Virtuaaliipiirin muunnostaulukko

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

Taulukkoa päivitetävä aina kun uusi yhteys on muodostettu tai vanha purettu!

- ylläpidettävä tilatieto yhteyksistä

1/18/2004

40

## Virtuaaliipiirin 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!

1/18/2004

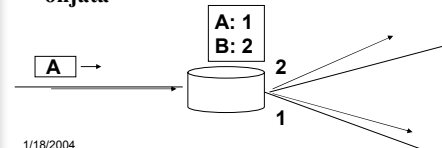
41

## Reititys datasähkeverkossa

- Internetissä reititys hoidetaan erikseen jokaiselle paketille

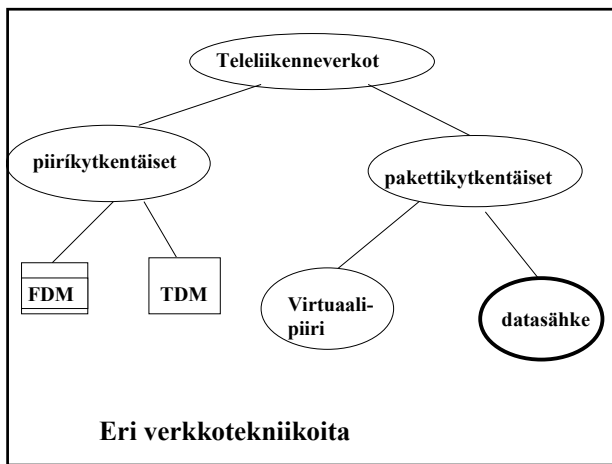
• Jokaisessa paketissa kohdeosoite

• jokainen reititin tietää, mihin suuntaan kyseiseen verkkoon menevä paketti tulee ohjata



1/18/2004

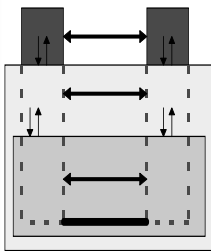
42



### 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

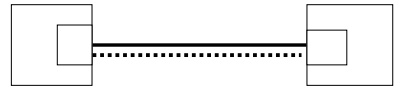


- monimutkaisuuden hallinta =>
  - jaetaan toiminnot kerroksiin (layer)
  - kerros ~ abstrakti kone; palvelun tarjoaja
- Joustavuus: voidaan koota erilaisista protokollista

### Mitä monimutkaisuutta? [1]

#### Kaksipisteyhteys (point to point)

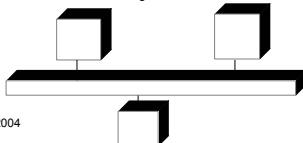
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



### 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 heterogeenisuus



## Protokolla ja palvelu

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

1/18/2004

49

## ■ 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

1/18/2004

50

## 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

1/18/2004

51

## Palvelu $\Leftrightarrow$ protokolla

### ■ palvelu

- joukko toimintoja (primitiivejä), jotka ylemmän kerroksen käytävissä
  - ~ abstrakti datatyyppi, olio

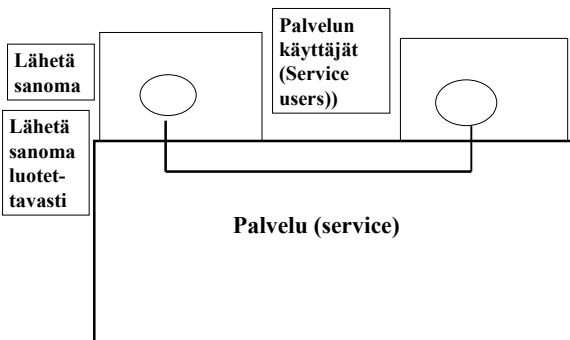
### ■ protokolla

- joukko sääntöjä, jotka määräävät, miten vaihdetaan sanomia (muoto, järjestys, ..)
  - ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

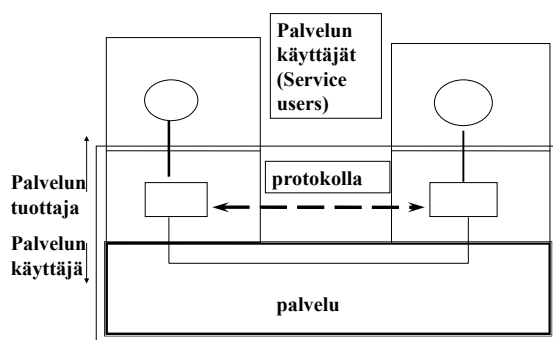
1/18/2004

52

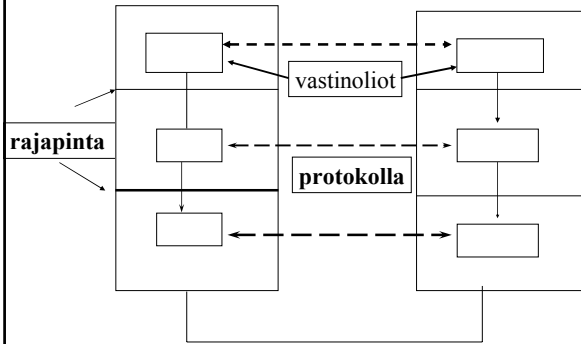
## Palvelu ja palvelunkäyttäjät



## 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

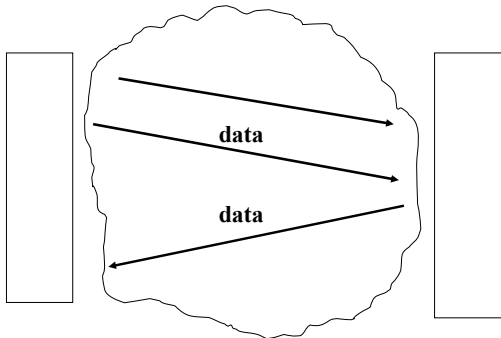
### ■ Yhteydetön:

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

1/18/2004

56

## Yhteydetön palvelu



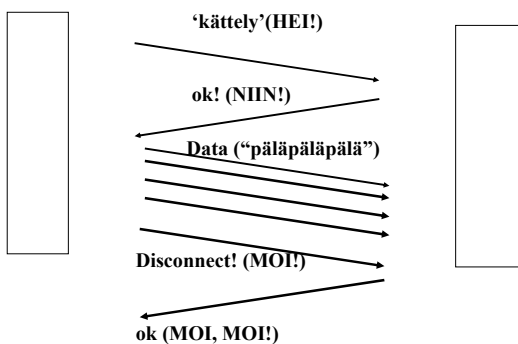
## Yhteydetön palvelu

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

1/18/2004

58

## 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 uudelleenlähettyksiä
  - vuonvalvonta
  - ruuhkanvalvonta
- TCP-kuljetuspalvelu, IP-puhelin, videokonferenssi

1/18/2004

60

## INTERNET

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



1/18/2004

61

## 1.3. Siirtomedia

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

1/18/2004

62

## 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**



1/18/2004

63

## 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

1/18/2004

64

- **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

1/18/2004

65

## Koaksiaalikaapeli

- **paremmin suojattu häiriöiltä**
  - suuret nopeudet
    - 1-2 Gbps, 1-2 km -kaapelilla
  - pitkät etäisyydet
    - tarvitaan vahvistimia ja nopeus laskee
  - käyttö
    - TV-kaapelit, lähiverkot

1/18/2004

66

## Koaksiaalikaapelin käyttötavat

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

1/18/2004

67

## 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

1/18/2004

68

## Valokaapelin rakenne

- **lähetin**
  - muuttaa sähköpulssit valoksi
  - LED, laserdiodi
- **vastaanotto fotofiodi**
  - muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
  - vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps
  - kohina haittaa => riittävän voimakas säde
- **valokuitu**
  - ensiosuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
  - toisosuoja yhdistää useita kuituja

1/18/2004

69

## Valokuitutyypit

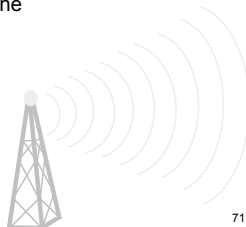
- **monimuoto** (multimode)
  - valo hajaantuu (dispersion)
  - halpa, ei kovin nopea
  - paikallisverkoissa
- **yksimuotokuitu** (monomode)
  - kuidun paksuus vain muutama valon aallonpituus (8-10 mikronia, hius ~50 mikronia) => valo etenee kuidussa suoraan
  - kallein, nopein (~30 Gbps)
  - pitkän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

1/18/2004

70

## Langaton tiedonsiirto

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

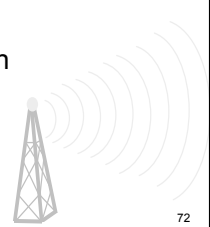


1/18/2004

71

## Radioaallot

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



1/18/2004

72

## Mikroaallot (> 100 MHz -> 10 GHz)

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

1/18/2004

73

## Infrapuna & millimetriaallot

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

1/18/2004

74

## 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

1/18/2004

75

## 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**

1/18/2004

76

## Kohina (Noise)

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

1/18/2004

77

## kahdenlaisia tiedonsiirtokanavia

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

1/18/2004

78

## Signaalin vahvistaminen

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

1/18/2004

79

## Pääsy Internetiin

- Modeemilla puhelinverkon yli
  - tiedonsiirtonopeus < 56 Kbps
- ISDN-teknologia käyttäen < 128 Kbps
- ADSL (asymmetric digital subscriber line)
  - kehittynyt modeemitekniologia => 8 Mbps
- Kaapeli-TV
  - kaapelimodeemi, yleislähetys
- lähiverkosta (Ethernet)
- langaton yhteys:
  - WLAN (wireless LAN)
  - WAP, imode, GSM, GPRS, 3G (UMTS)

1/18/2004

80

## Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

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

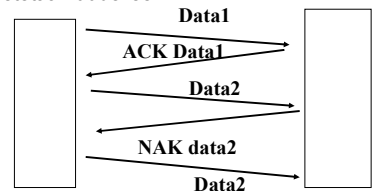
- virhevalvonta
- vuonvalvonta
- sanoman paloittelu ja kokoaminen
- ruuhkanvalvonta
- kanavointi (multiplexing)
- yhteydenmuodostus

1/18/2004

81

## Virhevalvonta (error control)

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



1/18/2004

82

## Pohdittavaa!

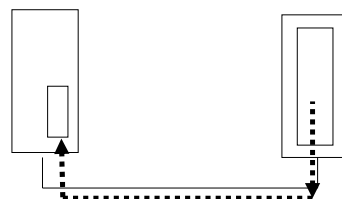
- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma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

1/18/2004

83

## Vuonvalvonta (flow control)

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



1/18/2004

84

## Ruuhkanvalvonta (congestion control)

- Ruuhkatilanteessa verkkoon tulee liian paljon sanomia lähettäjiiltä.
- 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

1/18/2004

85

## Pohdittavaa!

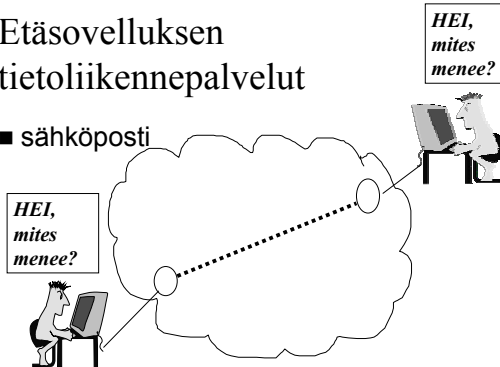
- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa? Perustele vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?

1/18/2004

86

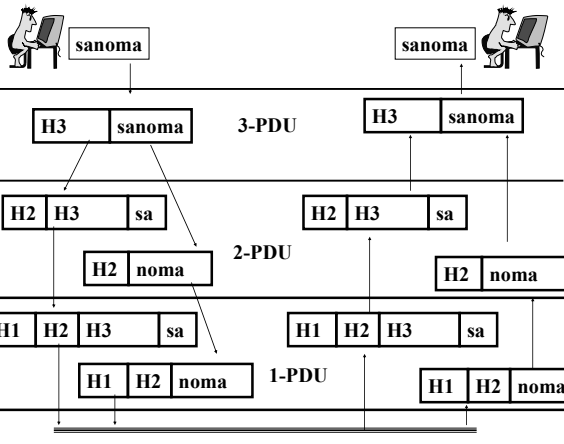
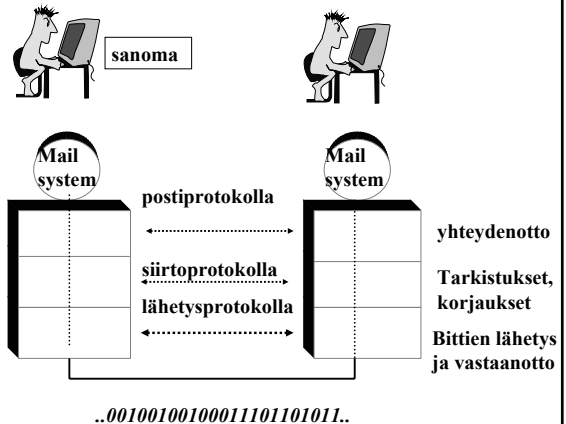
## Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

- sähköposti



1/18/2004

87



## 1.5 Viitemalleja

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

1/18/2004

90

## TCP/IP -viitemalli

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

1/18/2004

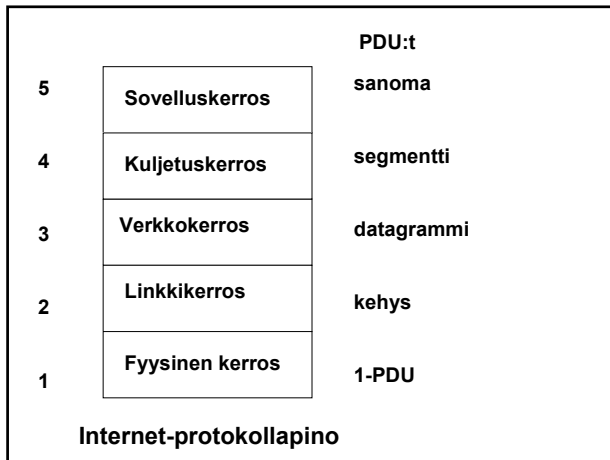
91

## 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'

1/18/2004

92



## Internet-pinon kerrokset

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

1/18/2004

94

### ■ Kuljetuskerros

- sovelluskerroksen sanomat asiakkaalta palvelimelle ja päinvastoin
- TCP-protokolla
  - luotettava yhteydellinen protokolla
- UDP-protokolla
  - epäluotettava yhteydetön protokolla

1/18/2004

95

### ■ 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

1/18/2004

96



## ■ Linkkikerros

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

## ■ Fyysinen kerros

- bittien siirto
- riippuu käytetystä siirtomediasta

1/18/2004

97

## OSI-viitemalli

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

1/18/2004

98

## OSI-mallin kerrokset

- Sovelluskerros (Application layer)
- Esitystapakerros (Presentation layer)
- Istuntokerros (Session layer)
- Kuljetuskerros (Transport layer)
- Verkkokerros (Network layer)
- Siirtoyhteyshierros (Data link layer)
- Peruserros (Physical layer)

1/18/2004

99

## Istuntokerros

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

1/18/2004

100

## 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

1/18/2004

101

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

==> virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksella

1/18/2004

102

## 1.6. Esimerkkejä verkoista

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

1/18/2004

103

## 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

1/18/2004

104

## Palvelut käyttäjän näkökulmasta

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

1/18/2004

105