

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

12.8.2003

1

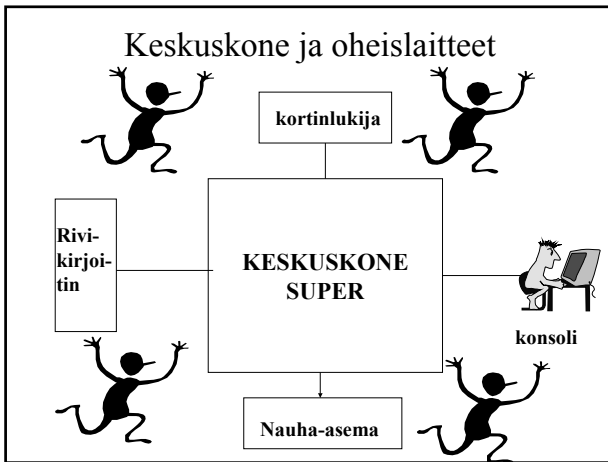
1.0. Tietokoneesta tietokoneverkkoon

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

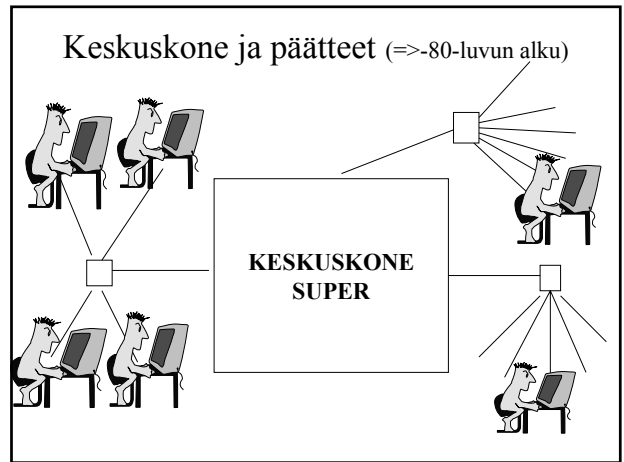
12.8.2003

2

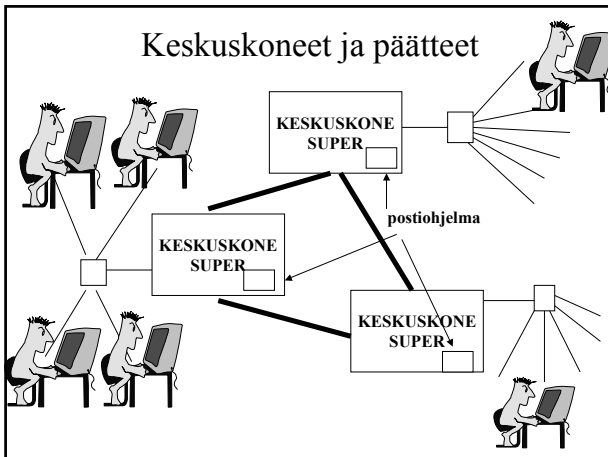
Keskuskone ja oheislaitteet



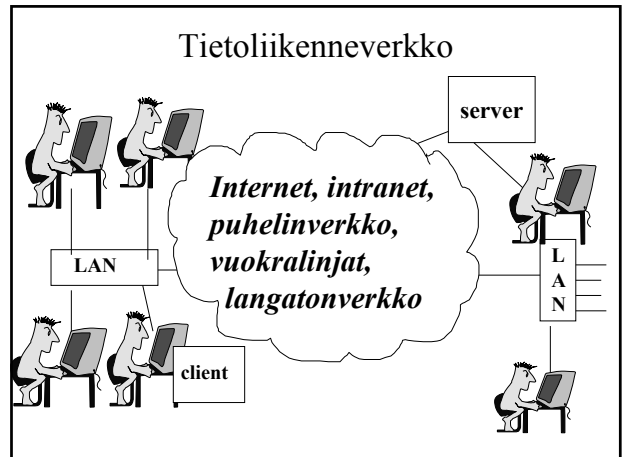
Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)



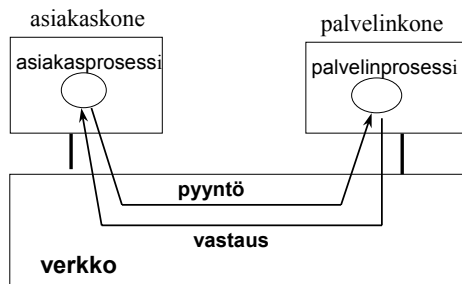
Keskuskoneet ja päätteet



Tietoliikenneverkko



Asiakas-palvelin-malli



Asiakas-palvelinsovellus

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

Asiakas-palvelin-mallin hyötyjä

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

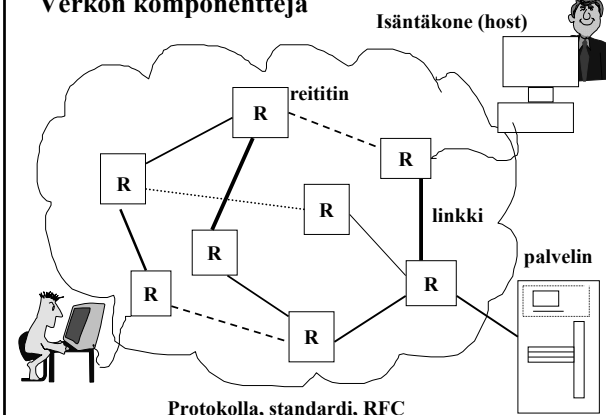
P2P

- 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...

1.1 Tietoliikenneverkon rakenne

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

Verkon komponentteja



Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

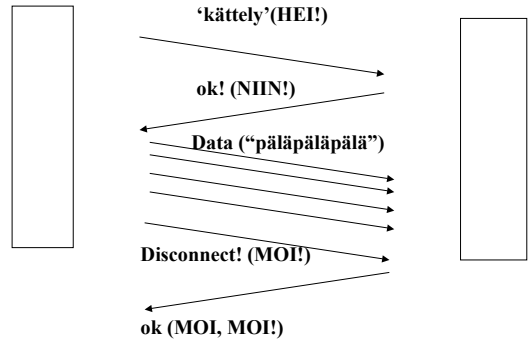
• Yhteydellinen:

- 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



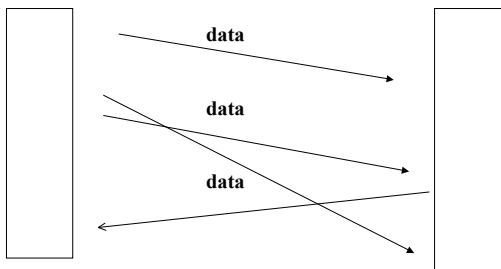
Yhteydellinen palvelu

- 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 uudelleenlähetystyksiä**
 - vuonvalvonta
 - ruuhkanvalvonta
- TCP-kuljetuspalvelu
 - käyttävät mm. sähköposti (SMTP), HTTP

Yhteydetön palvelu

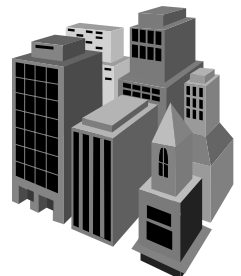
- Ei takaa tiedon perillepääsyä, ei vuonvalvontaa, ei ruuhkavalvontaa
- nopeampi, koska ei tarvita kättelyjä
 - data lähetetään heti
- UDP-kuljetuspalvelu
 - käyttävät mm. Internet-puhelin ja videokonferenssi, jotka itse ovat yhteydellisiä palveluja

Yhteydetön palvelu



INTERNET

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

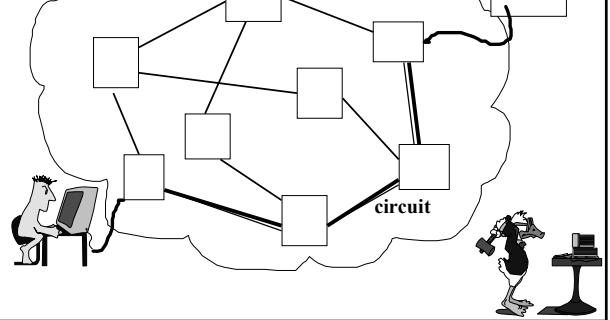


Verkkoteknologiat: Piirikytkentäinen <=> pakettivälitteinen

- Kaksi erilaista verkkoteknologiaa
 - piirikytkentäinen (circuit switching)
 - verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
 - **puskurit, linjakapasiteetti => kytkimet tietävä yhteydestä**
 - puhelinverkko => takaa tasaisen lähetyksenopeuden
 - pakettivälitteinen (packet switching)
 - resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa, jos resursseja vapaana
 - jos vapaita 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 siirtonopeus on 1.536 Mbps ja linjalla käytetään TDM:ää, jossa on 24 aikaviipaletta?
- Lisäksi yhteyden muodostamiseen kuluu ensin 500 ms.

Siirtonopeus, siirtoaika

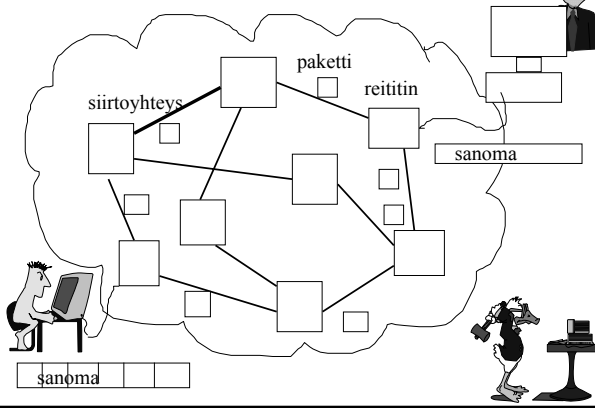
- **Siirtonopeus** (data rate, transmission rate)
 - miten nopeasti dataa pystytään lähettämään (siirtämään) linjalla
 - **bps** = bittejä sekunnissa
 - **Bps** = tavuja (bytes) sekunnissa
- **Siirtoaika**
 - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
 - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoaika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



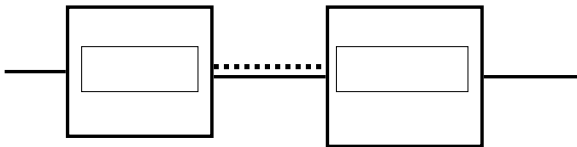
Etappivälitteinen (store-and-forward)

- Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin

– **siirtoaika** joka linkillä, koska paketti lähetetään aina uudestaan

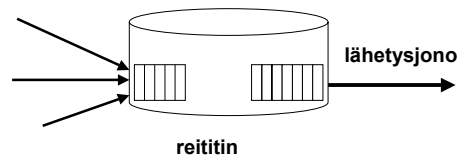
- L = paketin koko bitteinä
- R = lähtölinkin siirtonopeus
- Yhden linkin siirtoaika = L/R

etappivälitteinen



Jonotusviive (queuing delay)

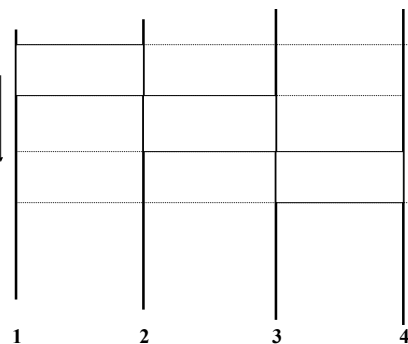
- Jonotusviivettä syntyy reitittimessä, kun paketti joutuu odotamaan, että reititin lähettää linkille muita paketteja



Etenemisviive (propagation delay)

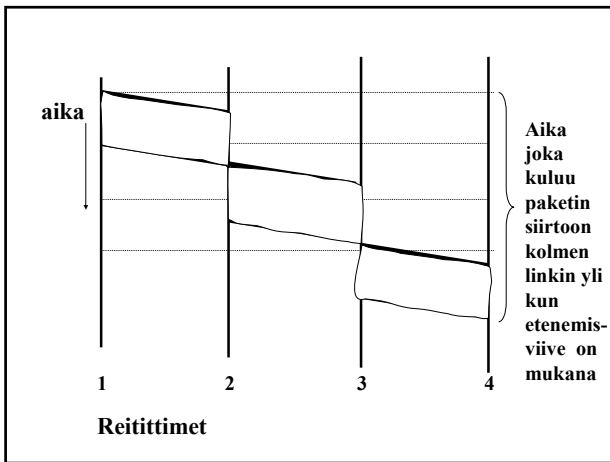
- Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa
 - mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta, joka on ~ 300.000 km/s
 - Tyhjiössä valonnopeus on 299.795.458 m/s.
- **riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**
 - merkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä
 - **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle**

aika



Aika joka kuluu paketin siirtoon kolmen linkin yli ilman etenemisviivettä

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 jonotusviivettä.

Miksi pakettivälitys on tehokkaampaa?

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

12.8.2003

34

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!**

12.8.2003

35

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!

12.8.2003

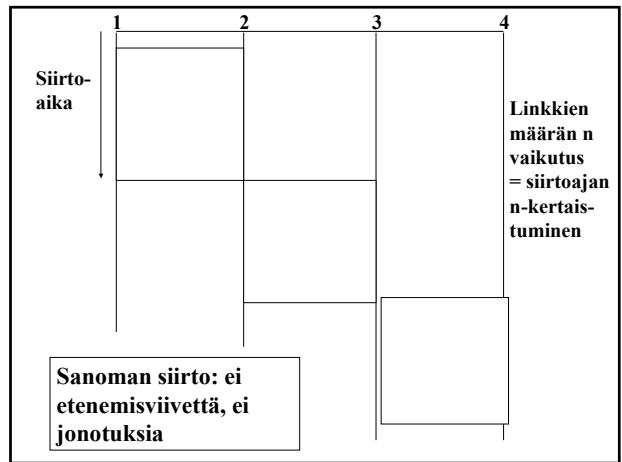
36

Miksi näin?

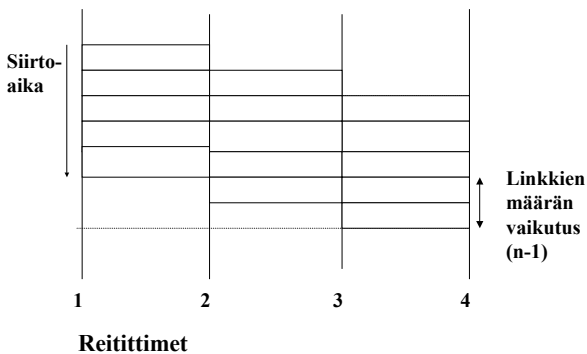
- Paketteja voidaan lähettää rinnakkain eri linkeillä.
- 400 Kb:n sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan vain sen ajan kun 4 Kbtin paketti siirretään neljän linkin yli = 16 ms

12.8.2003

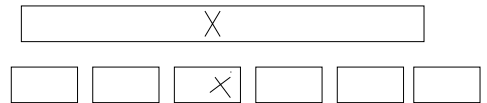
37



Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



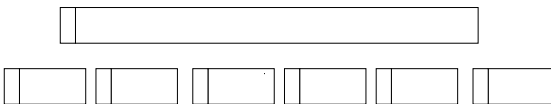
Siirtovirheen vaikutus



Koko virheellinen sanoma joudutaan lähettämään uudestaan !

Vain yksi sanoman paketti joudutaan lähettämään uudestaan!

Pakettiotsake

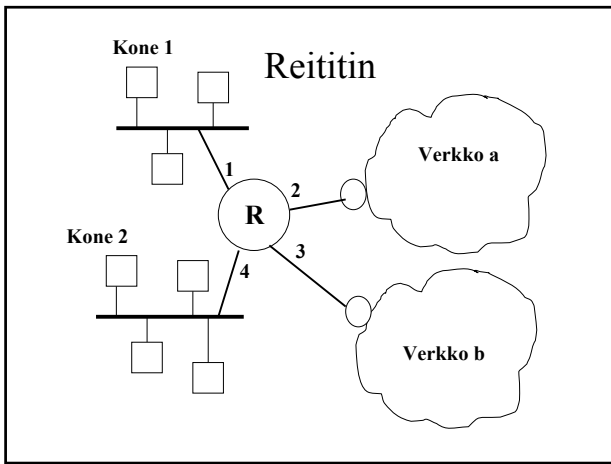


Sanomaan riittää yksi otsake (valvontatietoa: esim. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet)

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

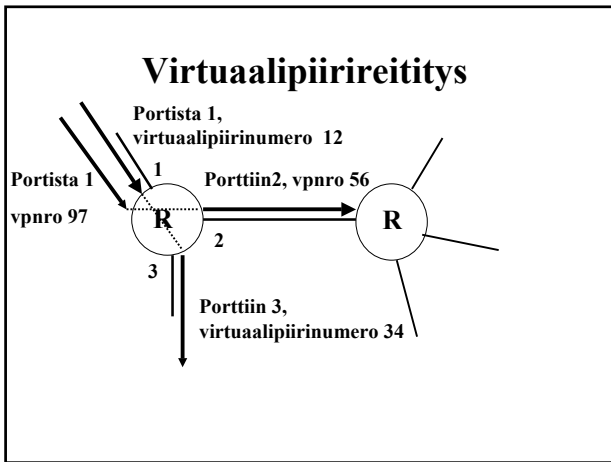
Reititys

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



Reititystaulukko

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



Virtuaalipiirin muunnostaulukko

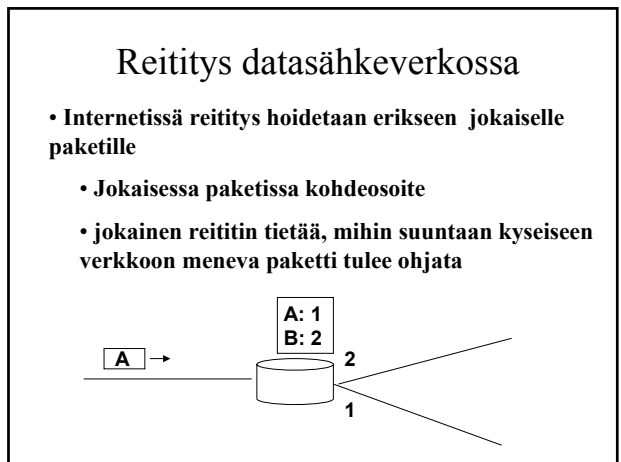
Sisääntulo tuleva VC	lähtevä VC	ulosmeno
1	12	34
1	97	56
2	42	101
2	10	78
3	12	65

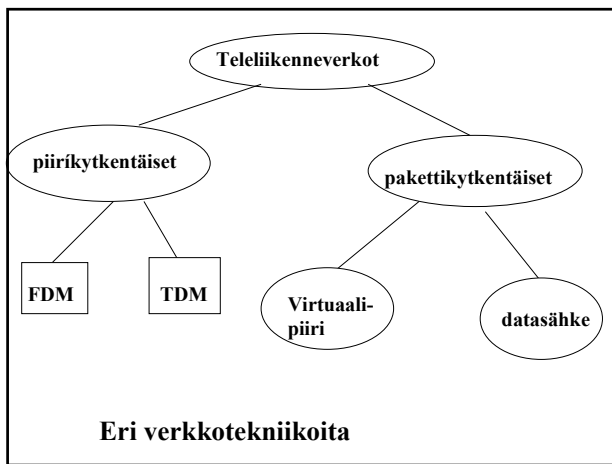
Taulukkoa päivitettävä aina kun uusi yhteys on muodostettu tai vanha purettu!

- 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 läpikäyvistä numerosta sopiminen on isossa verkossa lähes mahdoton tehtävä!





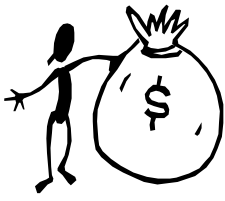
1.3. Siirtomedia

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

12.8.2003 50

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



12.8.2003 51

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

12.8.2003 52

- 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

12.8.2003 53

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

12.8.2003 54

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

12.8.2003

55

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

12.8.2003

56

Valokaapelin rakenne

- lähetin
 - muuttaa sähköpulsit valoksi
 - LED, laseriodi
- vastaanotto fotodiodi
 - muuttaa valopulsit sähköpulsseiksi
 - vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps
 - kohina haittaa => riittävän voimakas säde
- valokuitu
 - ensisuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
 - toisosuoja yhdistää useita kuituja

12.8.2003

57

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)

12.8.2003

58

Langaton tiedonsiirto

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

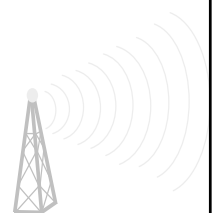


12.8.2003

59

Radioaallot

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



12.8.2003

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'

12.8.2003

61

Infrapuna & millimetriaallot

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

12.8.2003

62

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

12.8.2003

63

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**

12.8.2003

64

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

12.8.2003

65

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

12.8.2003

66

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

12.8.2003

67

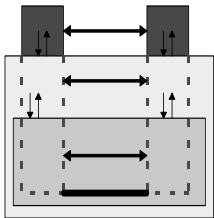
1.4. Tietoliikenneohjelmistot eli protokollat

- 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

12.8.2003

68

Protokollien kerrosrakenne



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

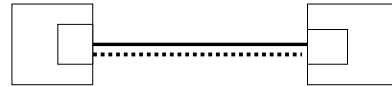
12.8.2003

69

Mitä monimutkaisuutta?

kaksipisteysteys

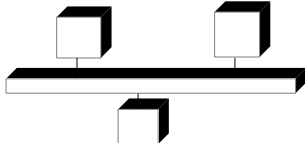
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



Mitä monimutkaisuutta?

yleislähetys

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



Entä tietoliikenneverkko?

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

Protokolla (yhteyskäytäntö)

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

12.8.2003

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
- osoitteena puhelinnumero

12.8.2003

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

12.8.2003

75

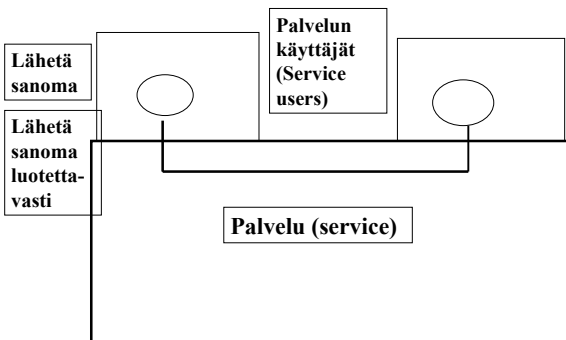
Palvelu \Leftrightarrow protokolla

- **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

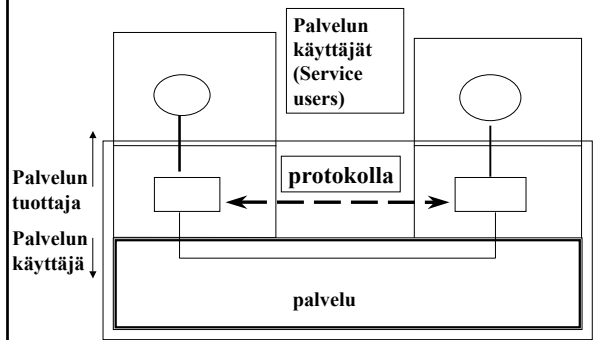
12.8.2003

76

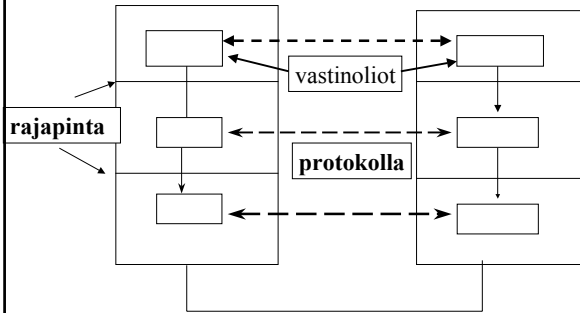
Service user /service



Service /service user/ service provider



Interface / peer entity / protocol



Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä

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

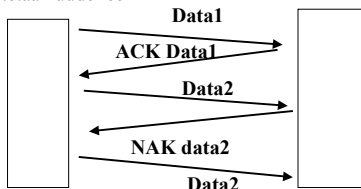
12.8.2003

80

Virhevalvonta (error control)

– kaikki sanomat virheettöminä ja oikeassa järjestyksessä

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



12.8.2003

81

Pohdittavaa!

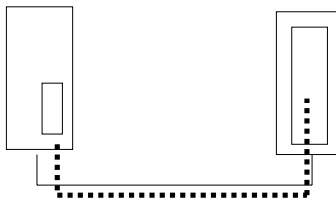
- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma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

12.8.2003

82

Vuonvalvonta (flow control)

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



12.8.2003

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

12.8.2003

84

Pohdittavaa!

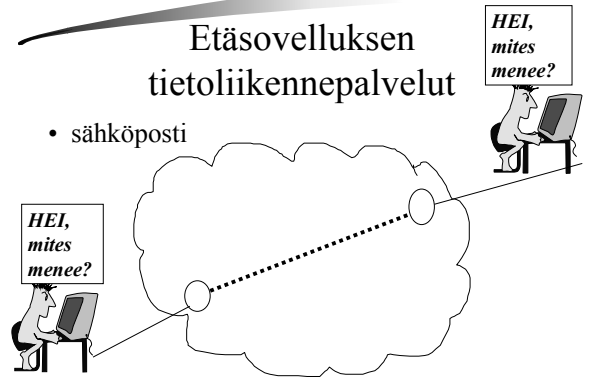
- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa? Perustelee vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?

12.8.2003

85

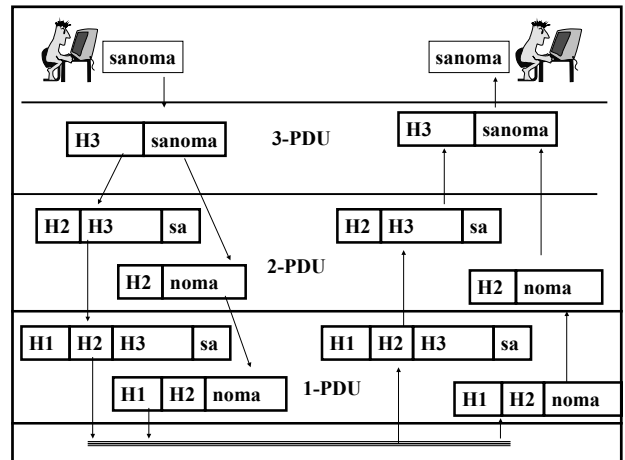
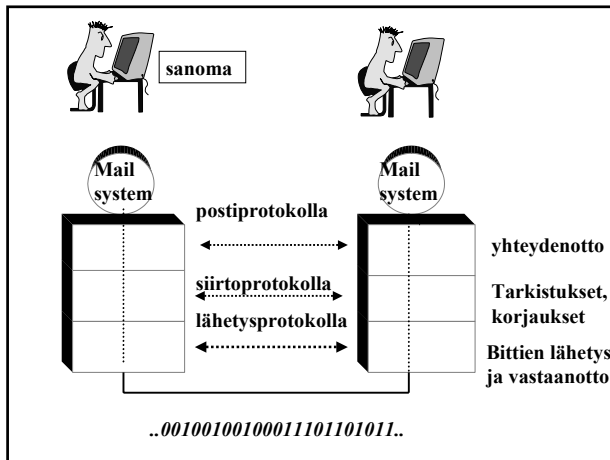
Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

- sähköposti



12.8.2003

86



1.4 Viitemalleja

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

TCP/IP -viitemalli

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

12.8.2003

89

12.8.2003

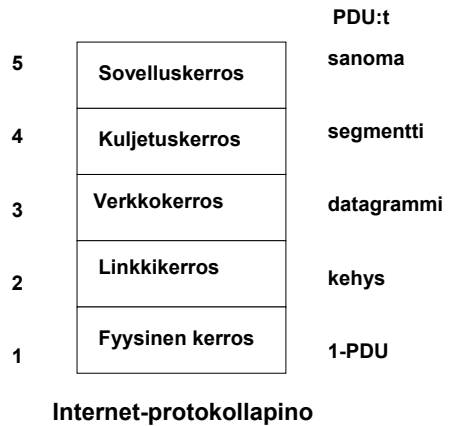
90

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'

12.8.2003

91



Internet-pinon kerrokset

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

12.8.2003

93

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

12.8.2003

94

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

12.8.2003

95

- Linkkikerros
 - kehyksen siirto yhden linkin yli
 - mitä tahansa linkkiprotokollia
 - esim. PPP, Ethernet, atm
- Fyysinen kerros
 - bittien siirto
 - riippuu käytetystä siirtomediasta

12.8.2003

96

OSI-viitemalli

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

12.8.2003

97

OSI-mallin kerrokset

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

12.8.2003

98

Istuntokerros

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

12.8.2003

99

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

12.8.2003

100

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

==> virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksella

12.8.2003

101

1.5. Esimerkkejä verkoista

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

12.8.2003

102

Internet

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

12.8.2003

103

Pääsy Internetiin

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

12.8.2003

104

Palvelut käyttäjän näkökulmasta

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

12.8.2003 ...

105