



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



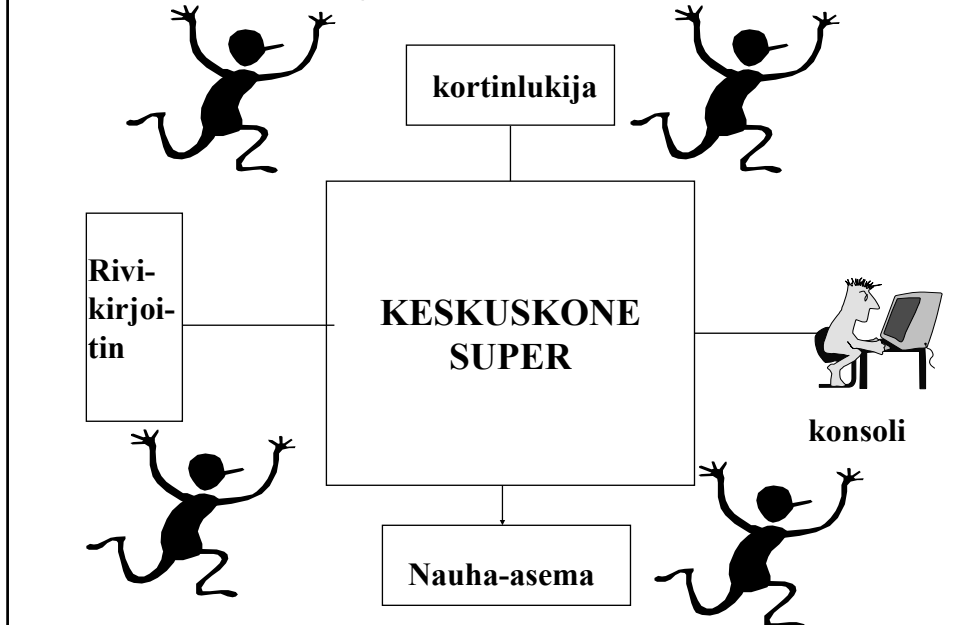
1. 1. Tietokoneesta tietoverkkoon

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

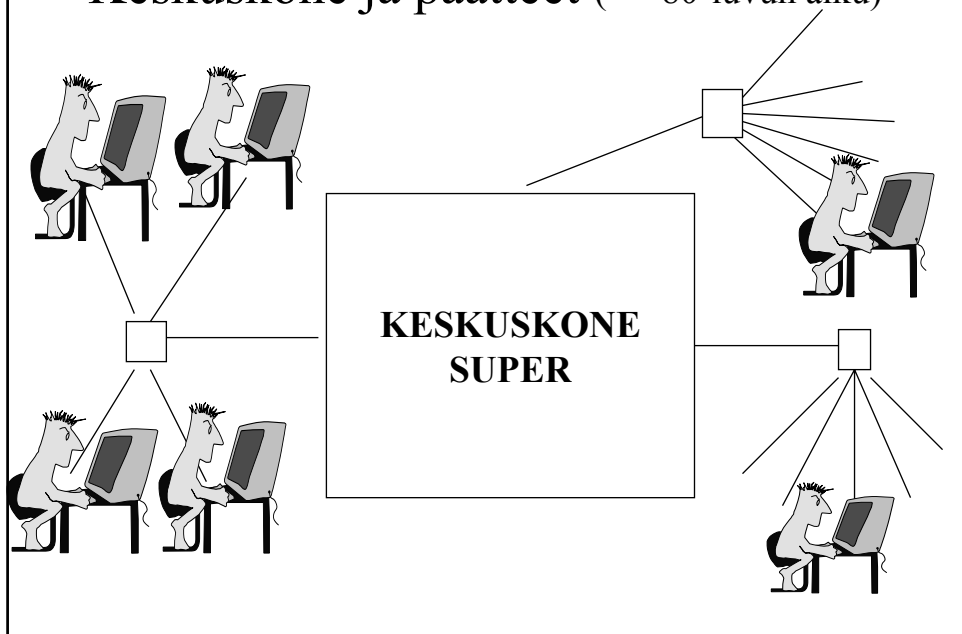
1/18/2004

2

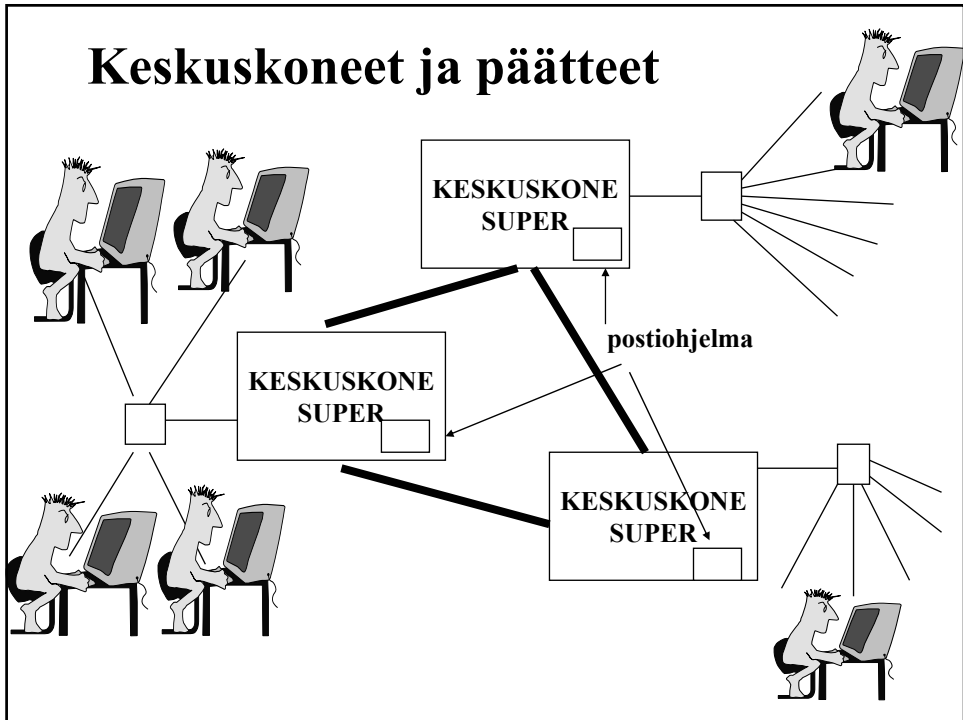
Keskuskone ja oheislaitteet



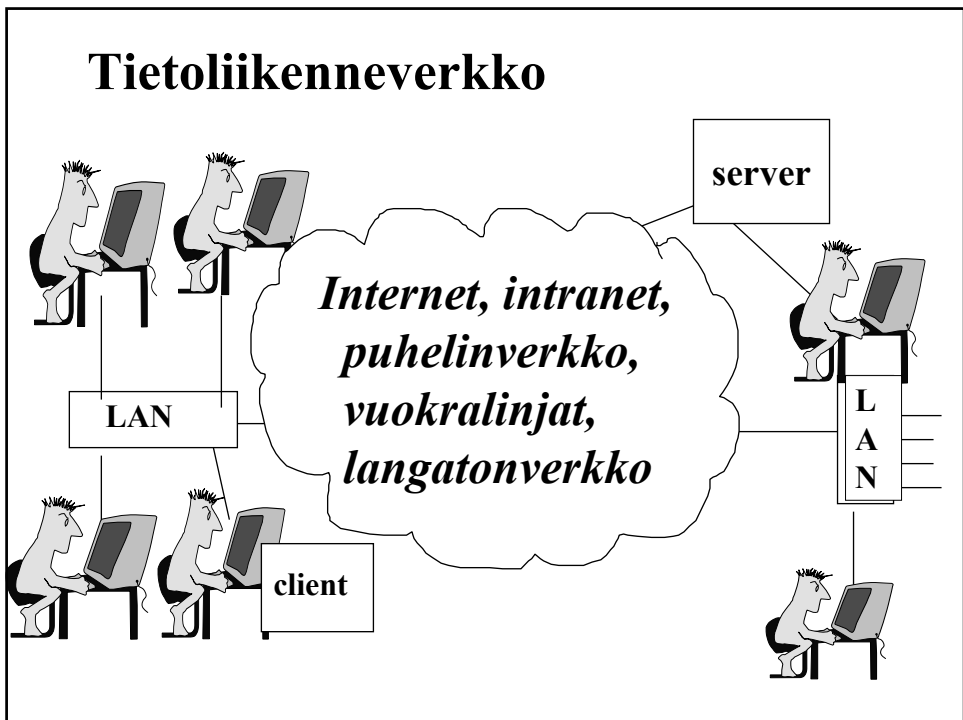
Keskuskone ja päätteet (=>-80-luvun alku)



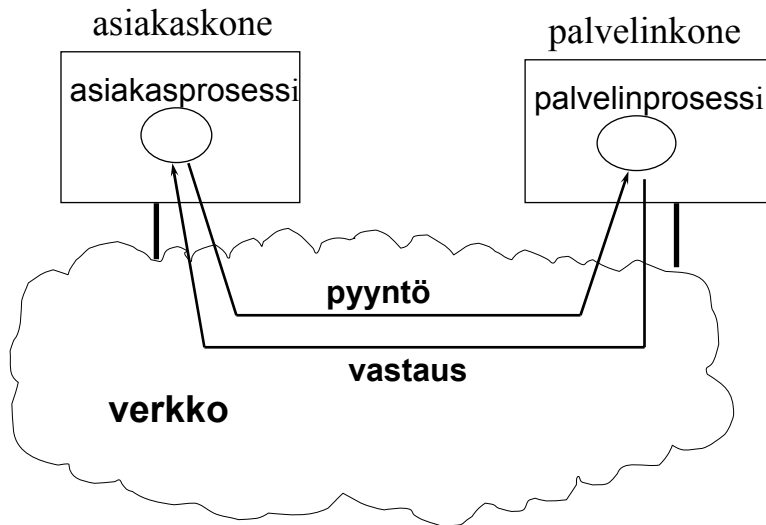
Keskuskoneet ja päätteet



Tietoliikenneverkko



Asiakas-palvelin-malli



Asiakas-palvelinsovellus

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

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

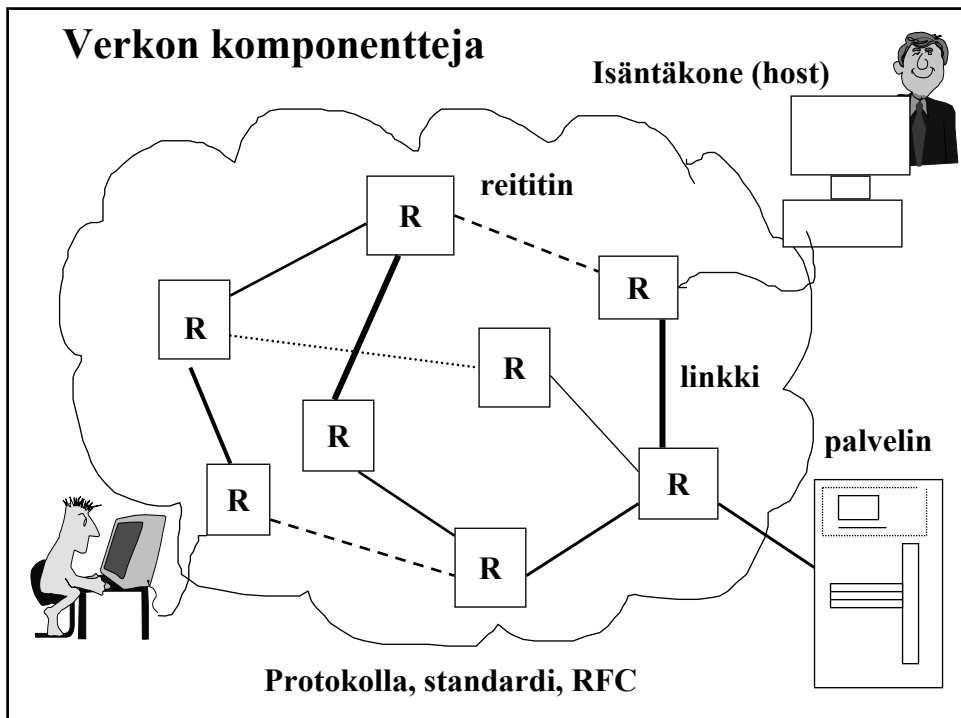
10

1.2 Tietoliikenneverkon rakenne

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

1/18/2004

11



Kaksi erilaista verkkoteknologiaa

■ piirikytkentäinen (circuit switching)

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

■ pakettivälitteinen (packet switching)

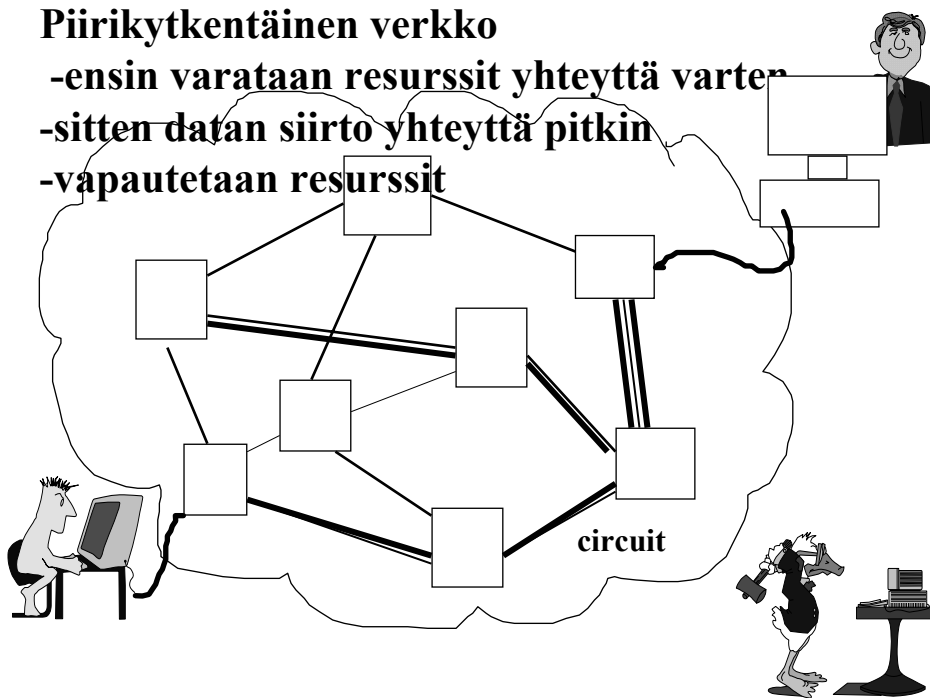
- resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina tarvittaessa
- jos resursseja ei ole, joudutaan odottamaan
- Internet => 'best effort'
- järjestys ei välttämättä säily!

1/18/2004

13

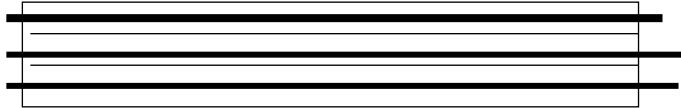
Piirikytkentäinen verkko

- 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.

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

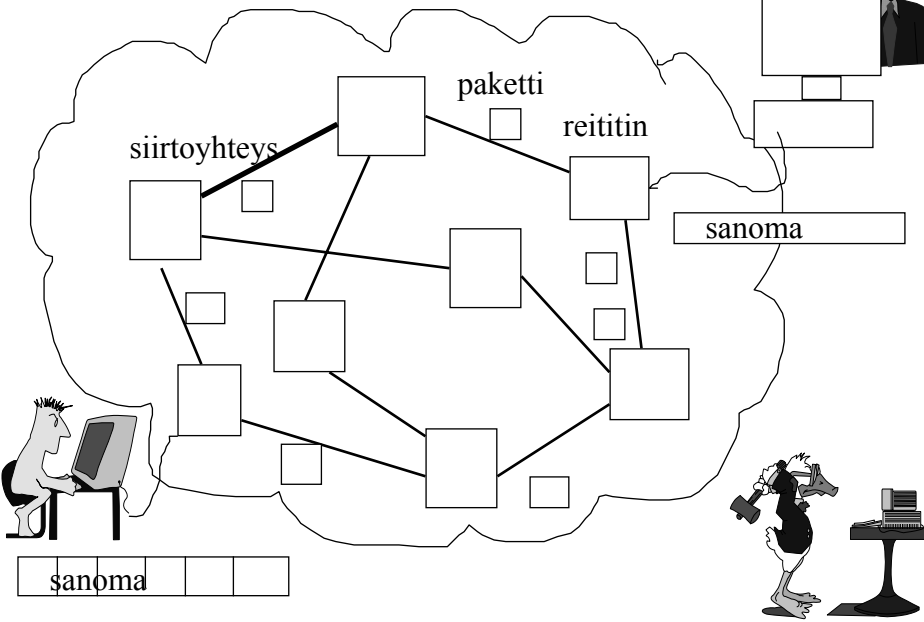
Ratkaistaan!

- **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

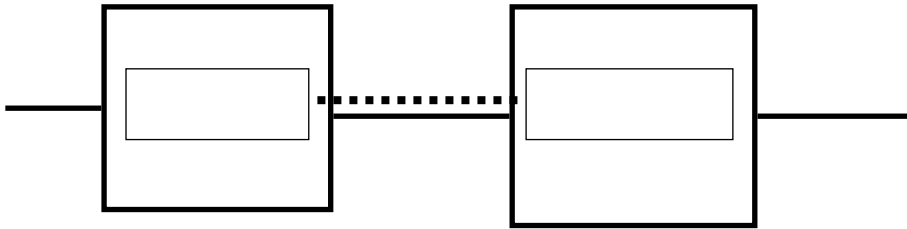
Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko



Etappivälitteinen (store-and-forward)

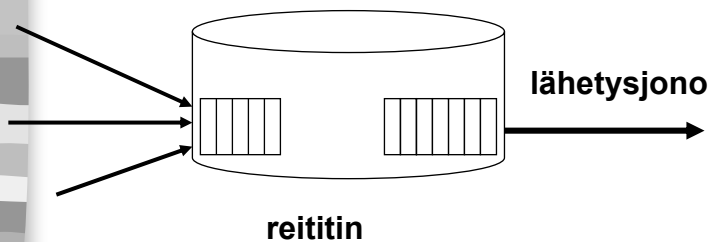
- **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen eteenpäin**
 - siirtoaika joka linkillä, koska paketti lähetetään aina uudestaan
 - L = paketin koko bitteinä
 - R = lähtölinkin siirtonopeus
 - siirtoaika = L/R
 - jonotusviive reitittimessä, jos paketti joutuu odotamaan, koska reititin lähettää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

etappivälitteinen



Jonotusviive (queuing delay)

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



Etenemisviive (propagation delay)

■ Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa

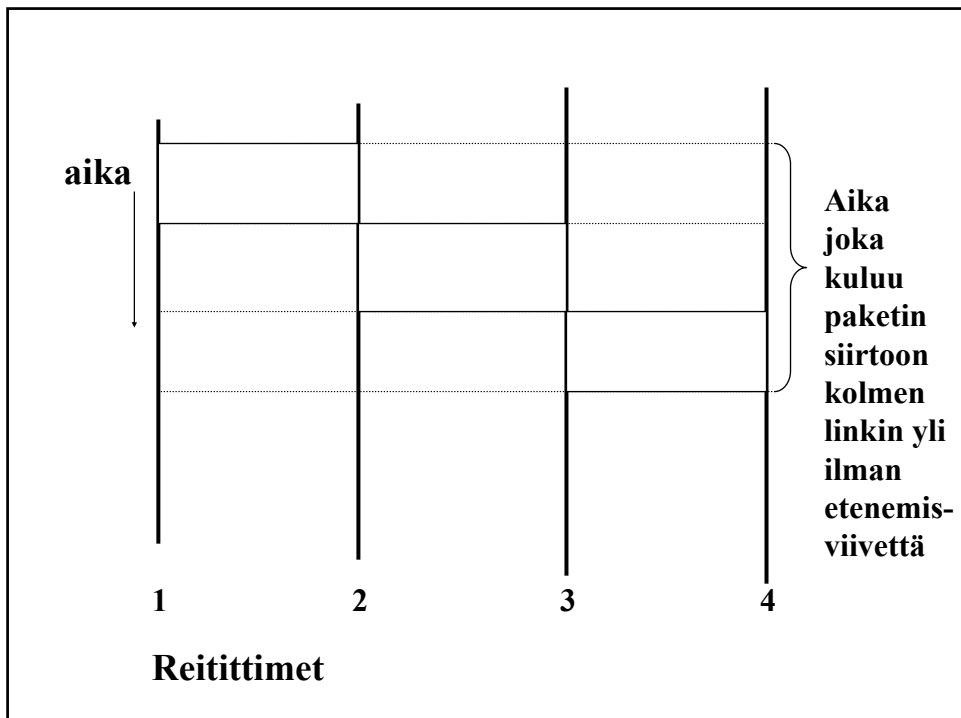
- mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta , joka on ~ 300.000 km/s
 - Tyhjiössä valonnopeus on 299.795.458 m/s.

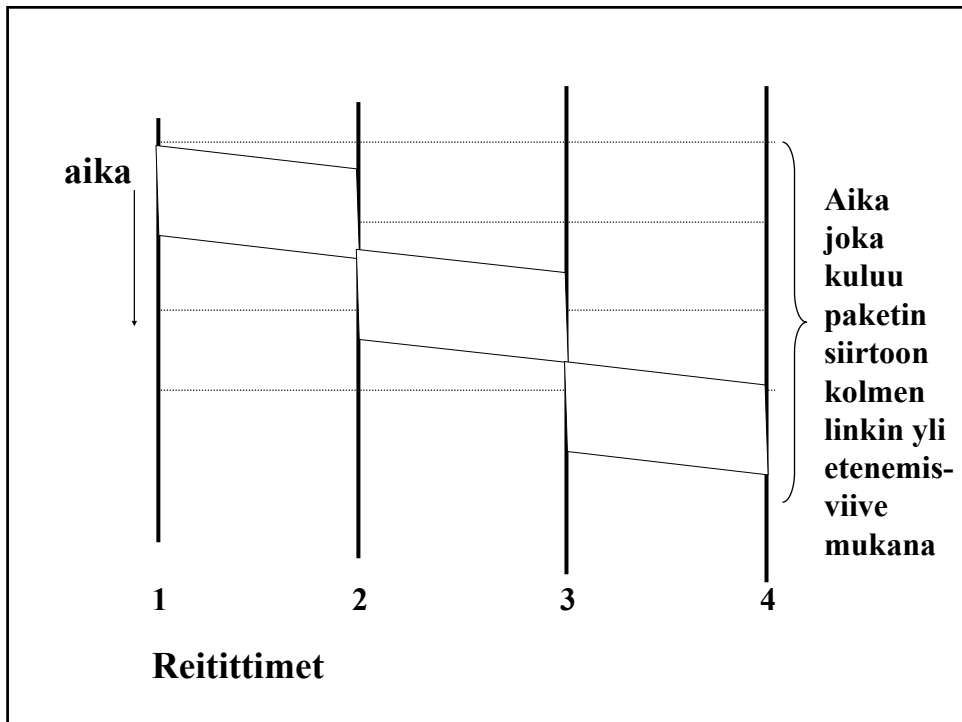
■ riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta

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

1/18/2004

23





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.

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 linkkapasiteetti 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 pilkotaan sadaksi 4 Kb:n paketeiksi, niin aikaa kuluu paljon vähemmän eli vain 416 ms!

1/18/2004

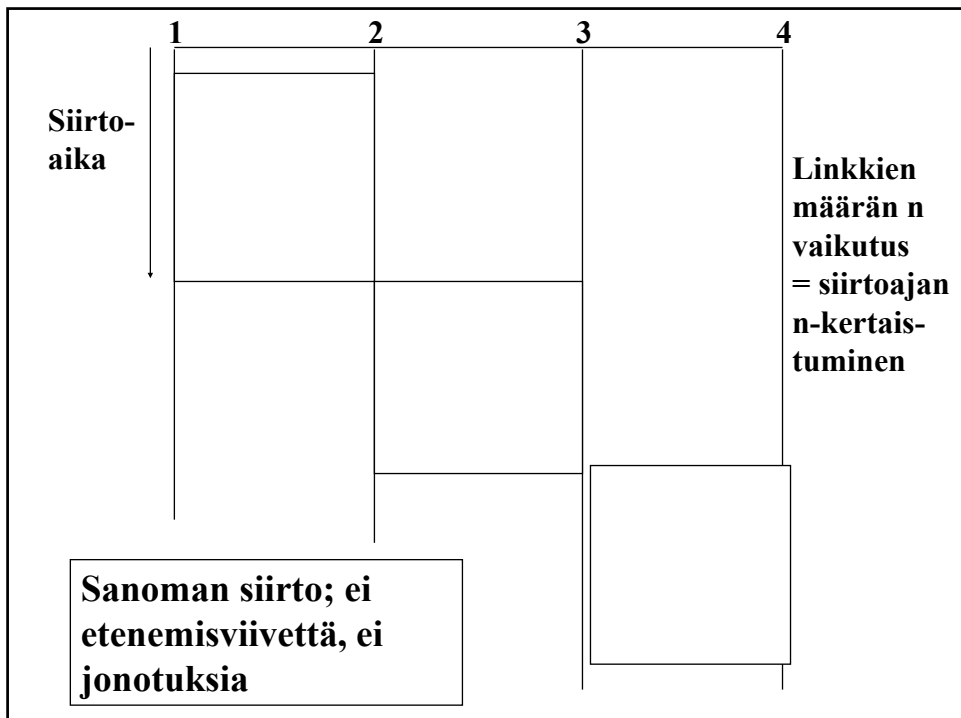
30

Miksi näin?

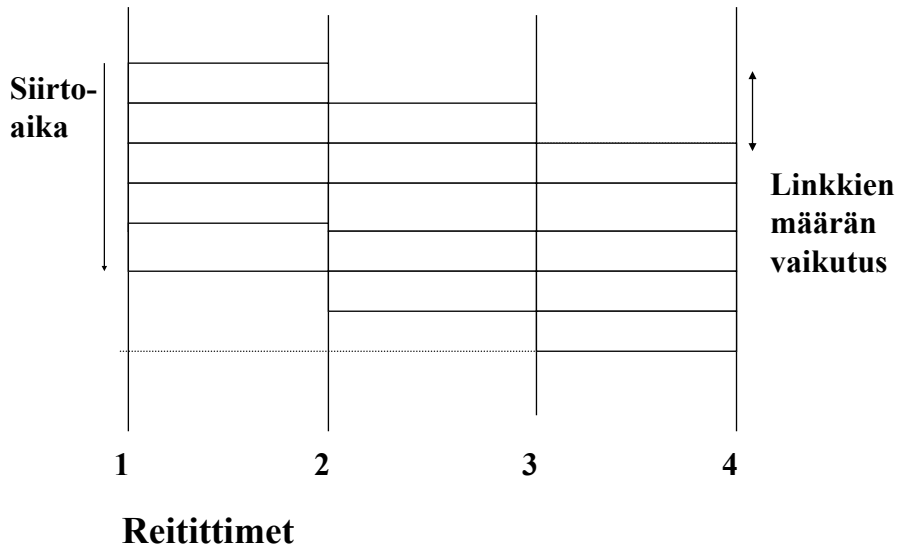
- **Paketteja voidaan lähettää rinnakkain eri linkeillä.**
- 400 Kbitin sanoma siirtyy 1 Mbps linkillä 400 ms:ssa.
- Tämän ajan lisäksi joudutaan odottamaan sen ajan, kun 4 Kbitin paketti siirretään neljän linkin yli
= 16 ms

1/18/2004

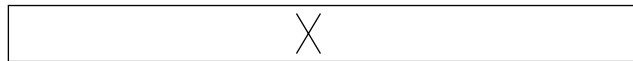
31



Sanoman siirto paketteina; ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



Siirtovirheen vaikutus



Koko virheellinen sanoma joudutaan lähettämään uudestaan !

Vain yksi sanoman paketti joudutaan lähettämään uudestaan!

Pakettiotsake



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

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

Reititys

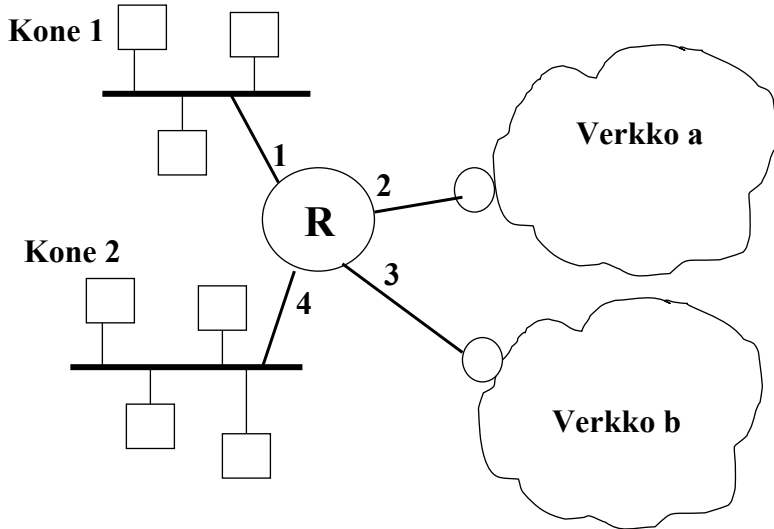
■ Datasähkeverkko (datagram)

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

■ Virtuaalipiiriverkko (virtual circuit)

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

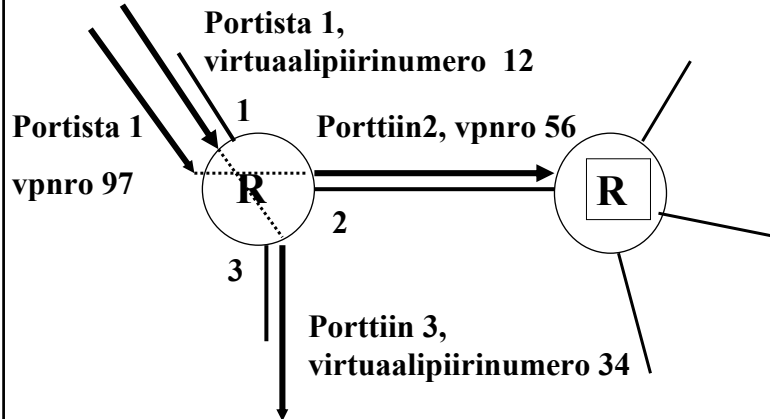
Reititin



Datasähkereititys: Reitittimen R reititystaulu

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

Virtuaalipiirireititys



Virtuaalipiirin muunnostaulukko

Sisääntulo tuleva VC	lähtevä VC	ulosmeno
1	12	34
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!

1/18/2004

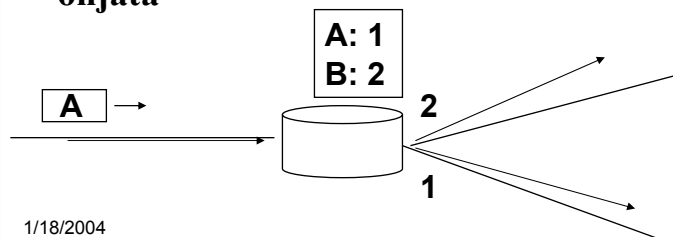
41

Reititys datasähkeverkossa

- Internetissä reititys hoidetaan erikseen jokaiselle paketille

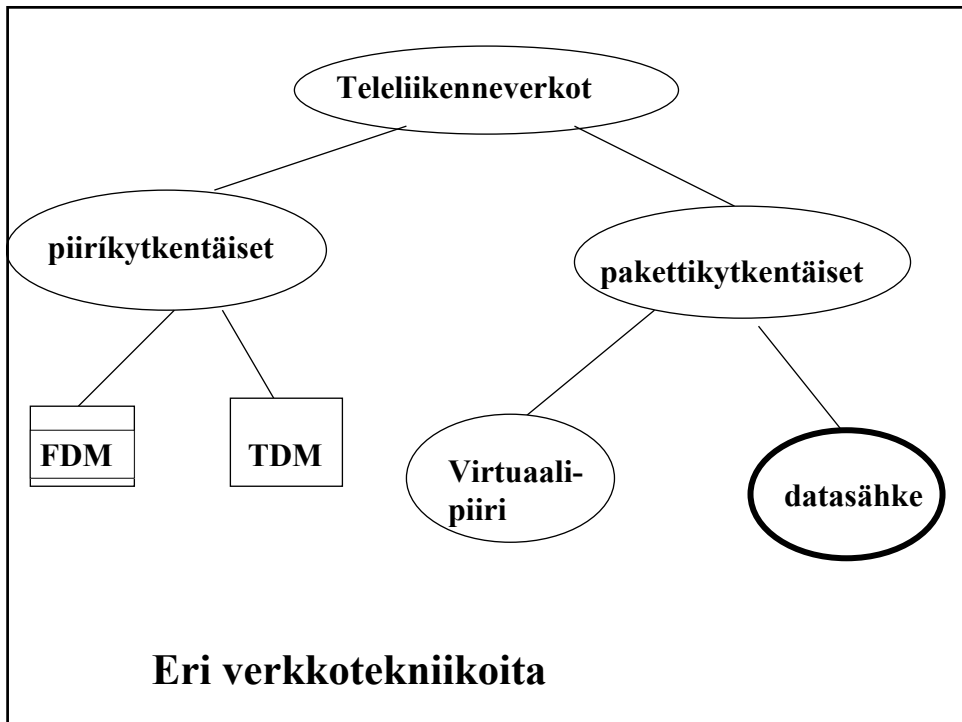
- Jokaisessa paketissa kohdeosoite

- jokainen reititin tietää, mihin suuntaan kyseiseen verkkoon meneva paketti tulee ohjata



1/18/2004

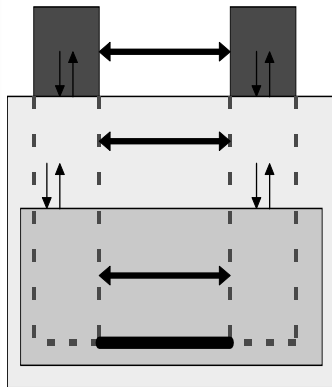
42



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

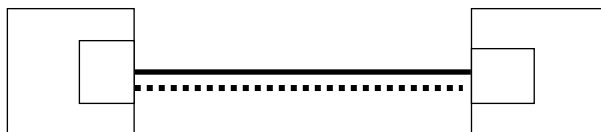
1/18/2004

45

Mitä monimutkaisuutta? [1]

Kaksipisteyhteys (point to point)

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



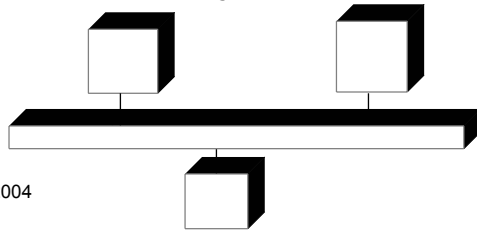
1/18/2004

46

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



1/18/2004

47

Mitä monimutkaisuutta? [3]

Entä tietoliikenneverkko?

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

1/18/2004

48

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

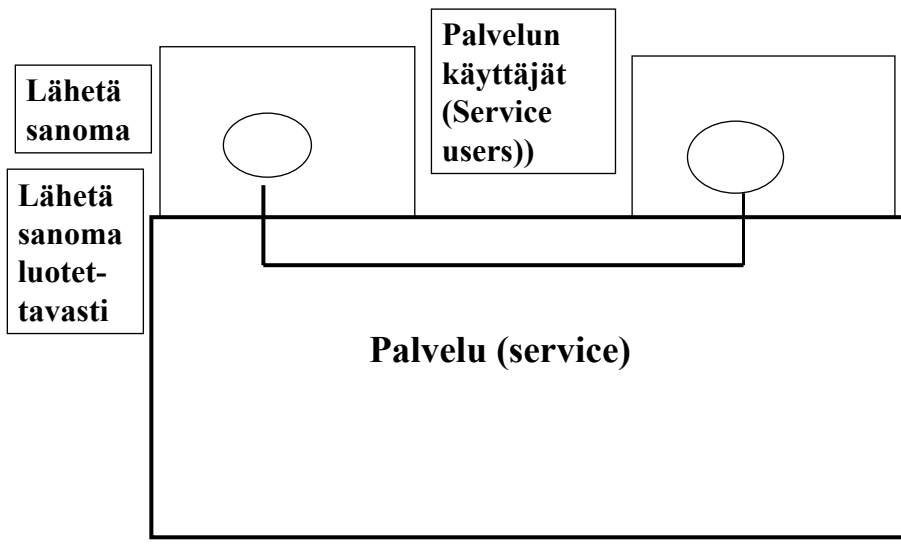
Palvelu \Leftrightarrow protokolla

- **palvelu**
 - joukko toimintoja (primitiivejä), jotka ylempään kerroksen käytettävissä
 - ~ abstrakti datatyyppi, olio
- **protokolla**
 - joukko sääntöjä, jotka määräävät, miten vaihdetaan sanomia (muoto, järjestys, ..)
 - ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

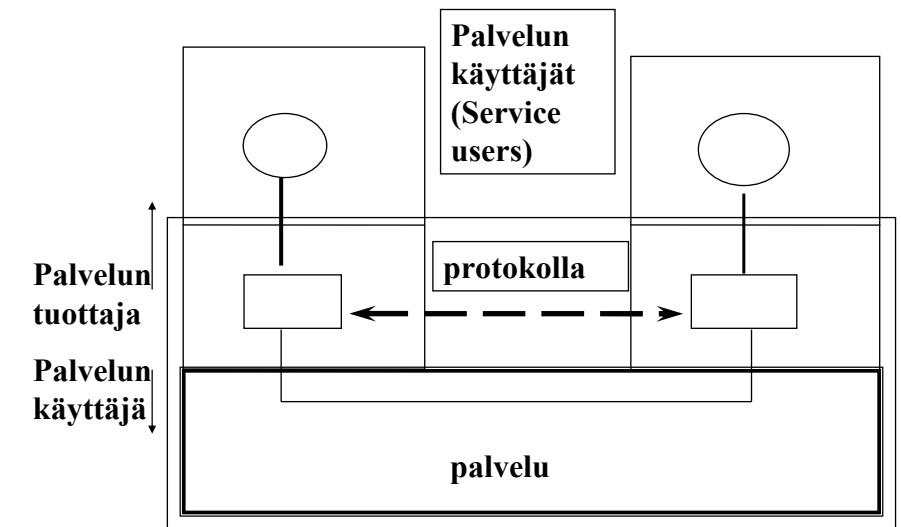
1/18/2004

52

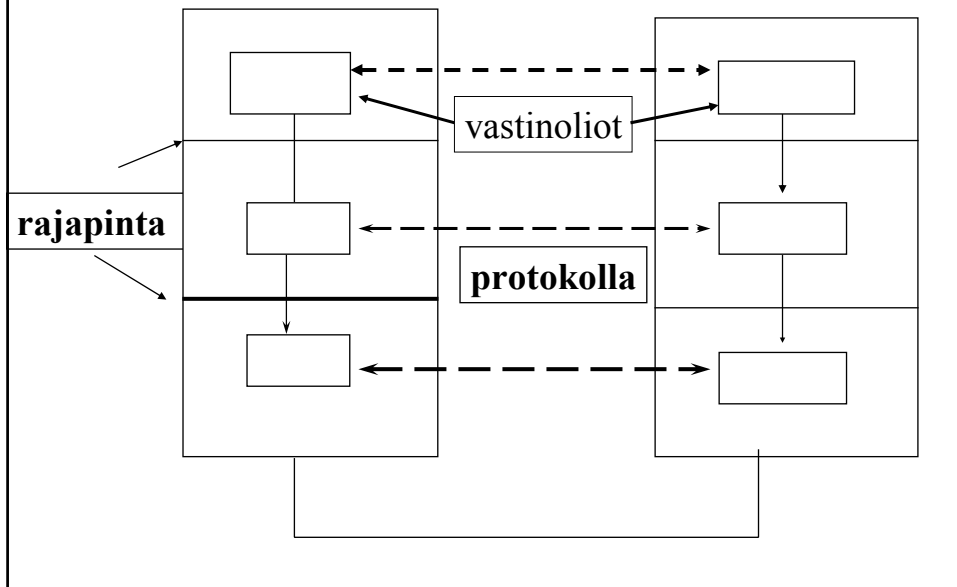
Palvelu ja palvelunkäyttäjät



Palvelu /palvelunkäyttäjät/palveluntuottaja



Rajapinta / vastinolio/ protokolla



Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

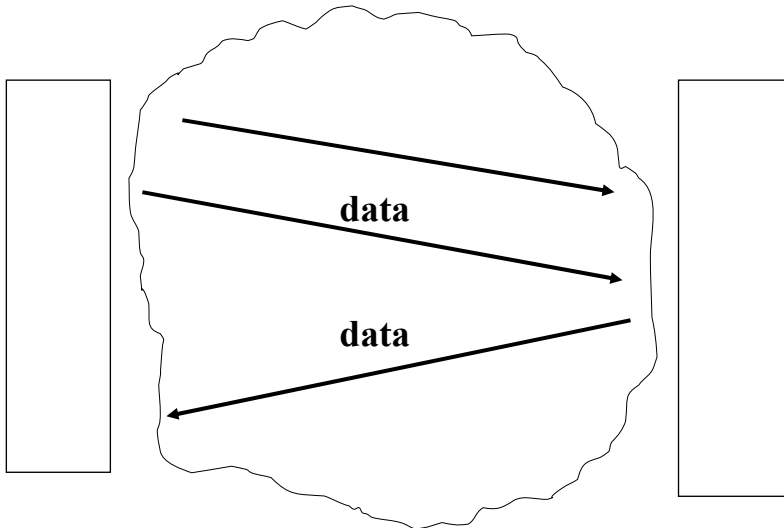
■ Yhteydellinen:

- 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

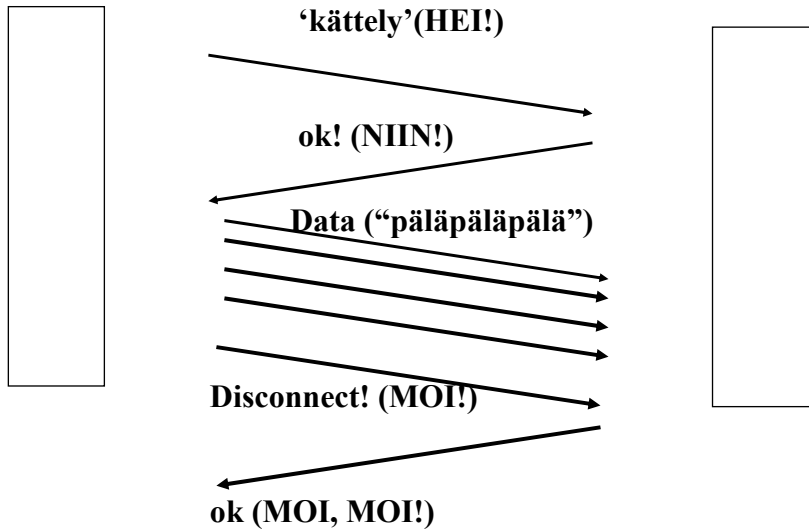
Yhteydetön palvelu



Yhteydetön palvelu

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

Yhteydellinen palvelu



Yhteydellinen palvelu

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

INTERNET

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



1/18/2004

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, kannaa 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 häiriötä)**
 - 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 (voltagepulsseja)

■ 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 sähköpulsit valoksi
 - LED, laserdiodi

■ vastaanotto fotodiodi

- muuttaa valopulsit sähköpulsseiksi
- vasteaika $\sim 1 \text{ ns} \Rightarrow \sim 1 \text{ Gbps}$
- kohina haittaa \Rightarrow riittävän voimakas säde

■ valokuitu

- ensiosuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
- toisiosuoja yhdistää useita kuituja

1/18/2004

69



Valokuitutyypit

■ monimuoto (multimode)

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

■ yksimuotokuitu (monomode)

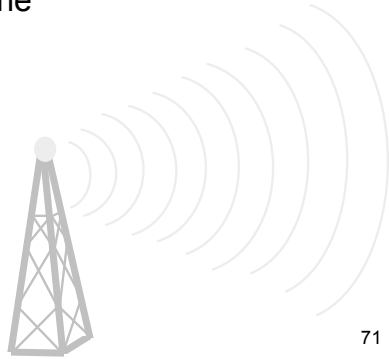
- kuidun paksuus vain muutama valon aallonpituus
(8-10 mikronia, hius ~ 50 mikronia) \Rightarrow valo etenee kuidussa suoraan
- kallein, nopein ($\sim 30 \text{ Gbps}$)
- pitkän matkan puhelinlinjoissa ($\sim 30 \text{ km}$, jopa 100 km mahdollista)

1/18/2004

70

Langaton tiedonsiirto

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

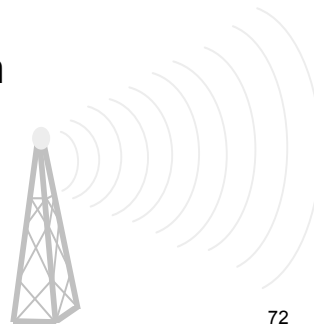


1/18/2004

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, säälmiöt)
 - 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**
 - salamot, 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
 - vääristyy 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 modeemitekhnologia => 8 Mbps
- Kaapeli-TV
 - kaapelimodeemi, yleislähetys
- lähiverkosta (Ethernet)
- langaton yhteys:
 - WLAN (wireless LAN)
 - WAP, imode, GSM, GRPS, 3G (UMTS)

1/18/2004

80

Yleisiä protokollakerroksen tehtäviä

Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä

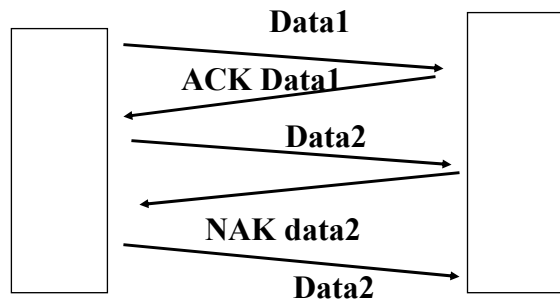
- virhevalvonta
- vuonvalvonta
- sanoman paloittelu ja kokoaminen
- ruuhkanvalvonta
- kanavointi (multiplexing)
- yhteydenmuodostus

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!

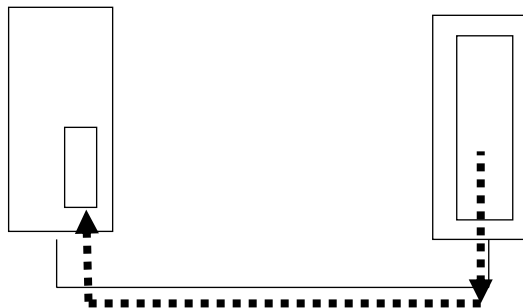
- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma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

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

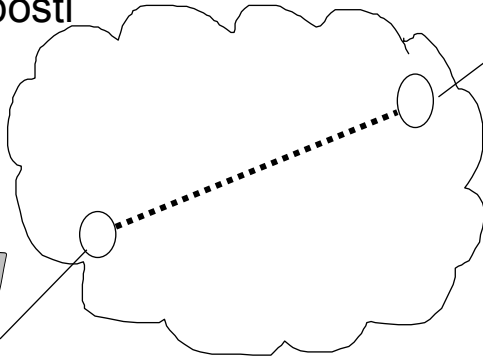
86

Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

*HEI,
mites
menee?*

■ sähköposti

*HEI,
mites
menee?*

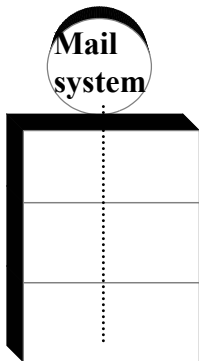


1/18/2004

87



sanoma



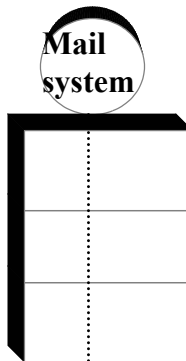
postiprotokolla



siirtoprotokolla



lähetysprotokolla

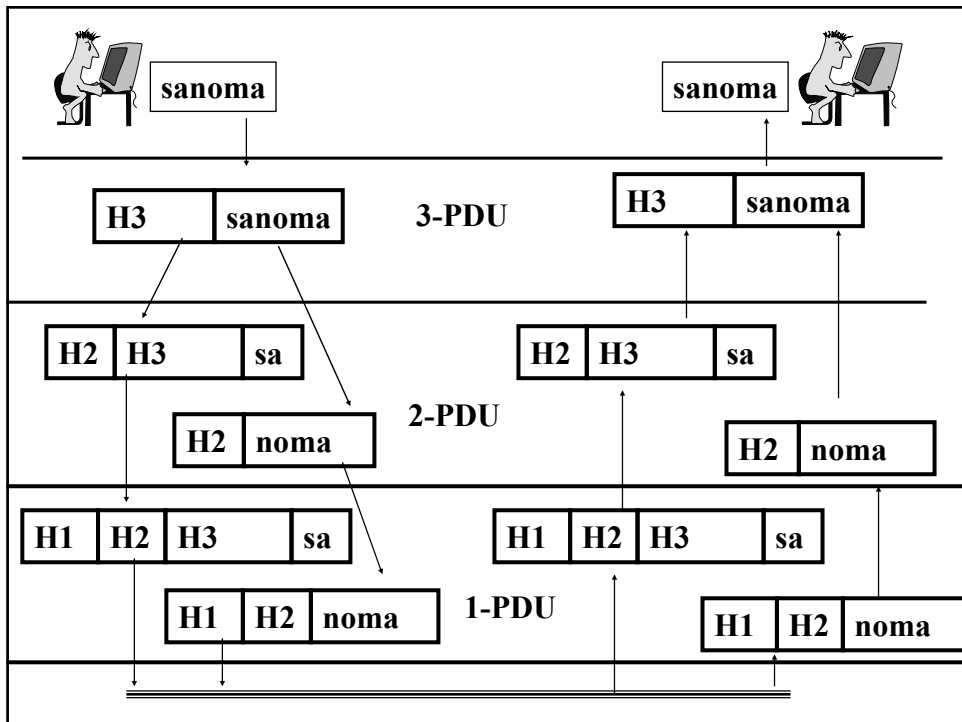


yhteydenotto

Tarkistukset,
korjaukset

Bittien lähetys
ja vastaanotto

..00100100100011101101011..



1.5 Viitemalleja

■ TCP/IP -viitemalli

(Transmission Control Protocol /Internet Protocol)

■ OSI-viitemalli

(Open Systems Interconnection)

TCP/IP -viitemalli

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

1/18/2004

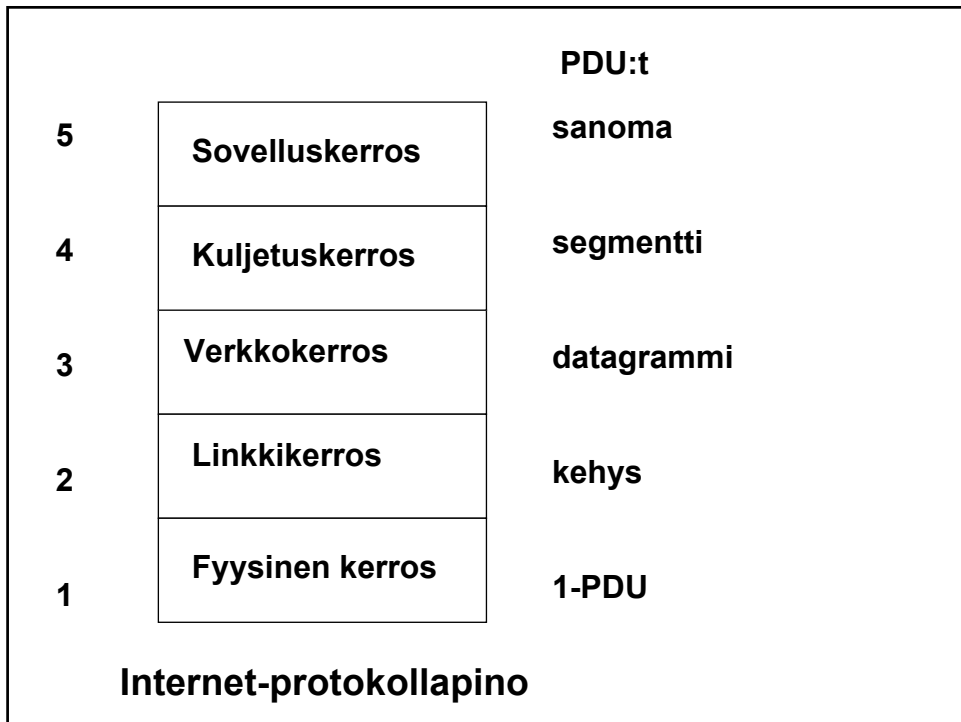
91

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,**




■ 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)
- Siirtoyhteyskerros (Data link layer)
- Peruskerros (Physical layer)

1/18/2004

99



Istuntokerros

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

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