



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

24.9.2001

1

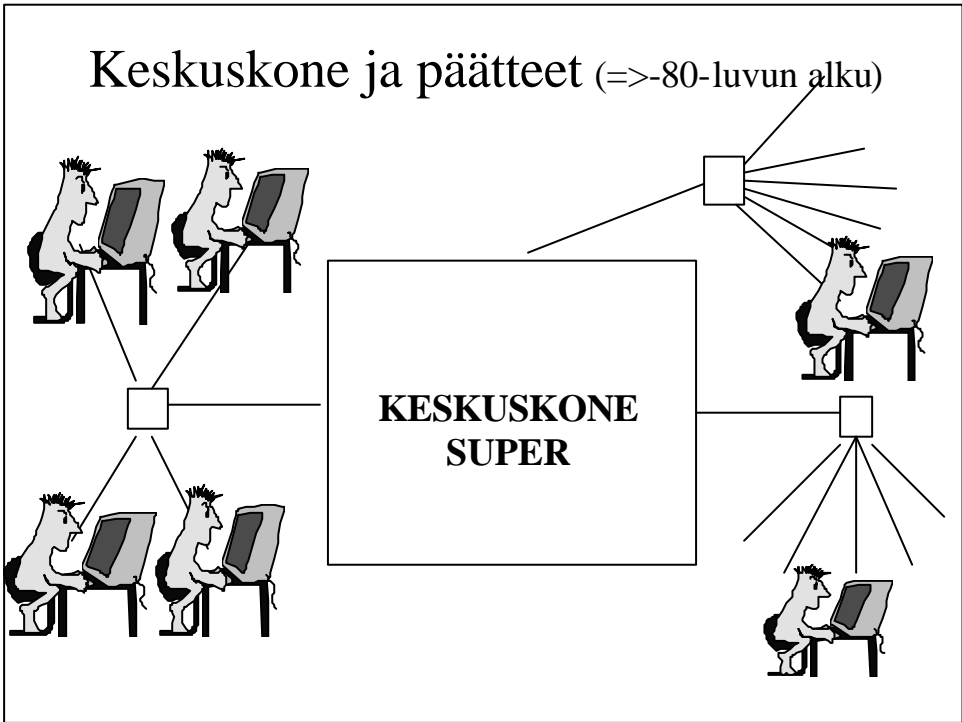
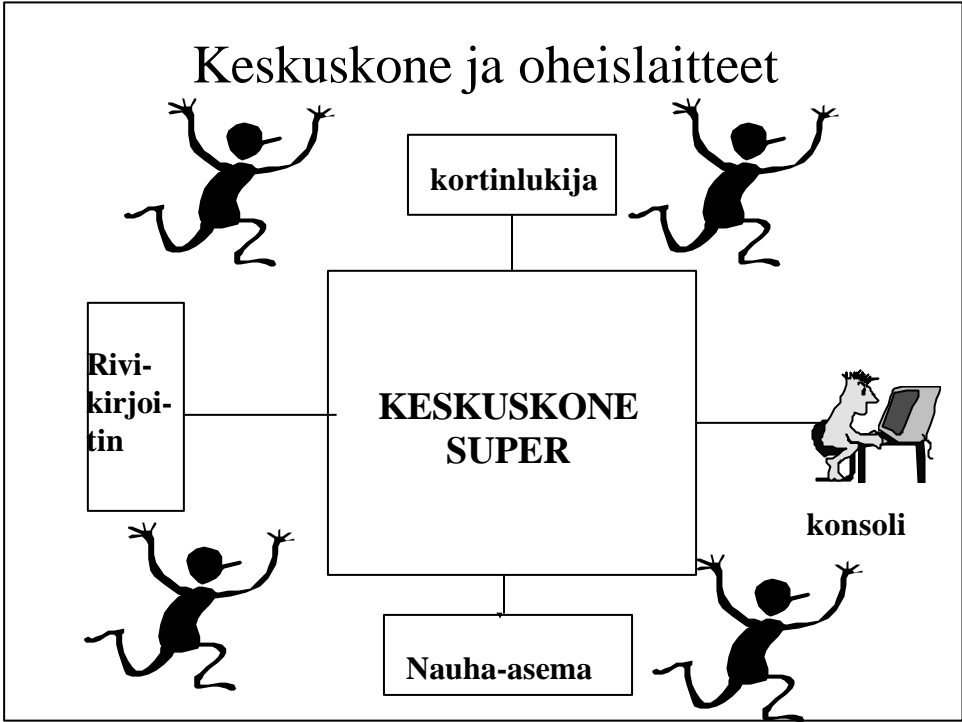


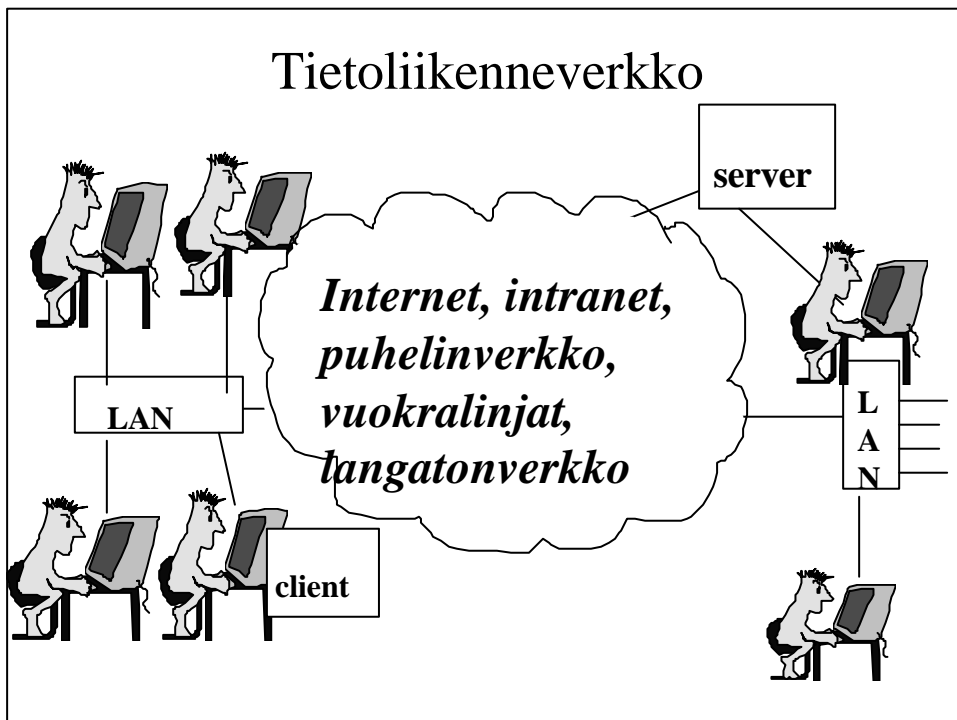
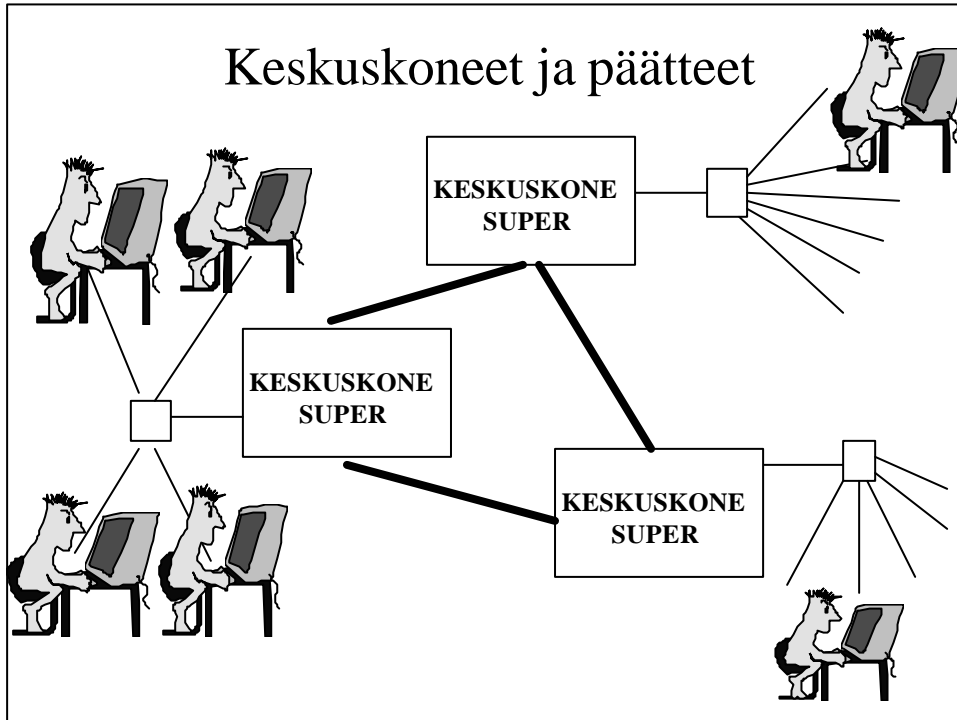
1. 1. Tietokoneesta tietoverkkoon

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

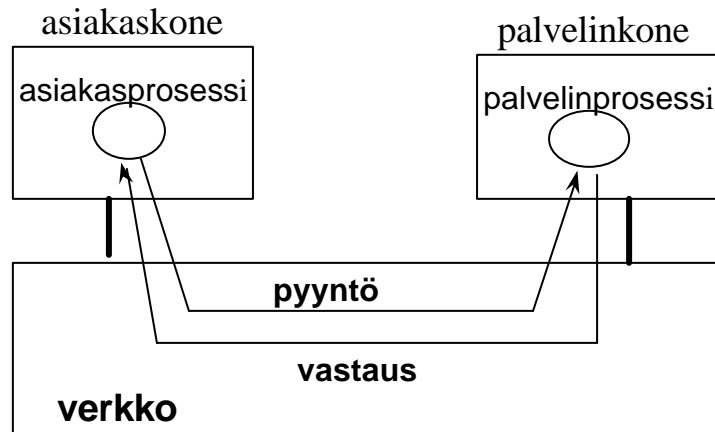
24.9.2001

2





Asiakas-palvelin -malli



24.9.2001

7

Asiakas/palvelinsovellus

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

24.9.2001

8

Asiakas-palvelin -mallin hyötyjä

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

24.9.2001

9

Lisää mallin hyötyjä

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

24.9.2001

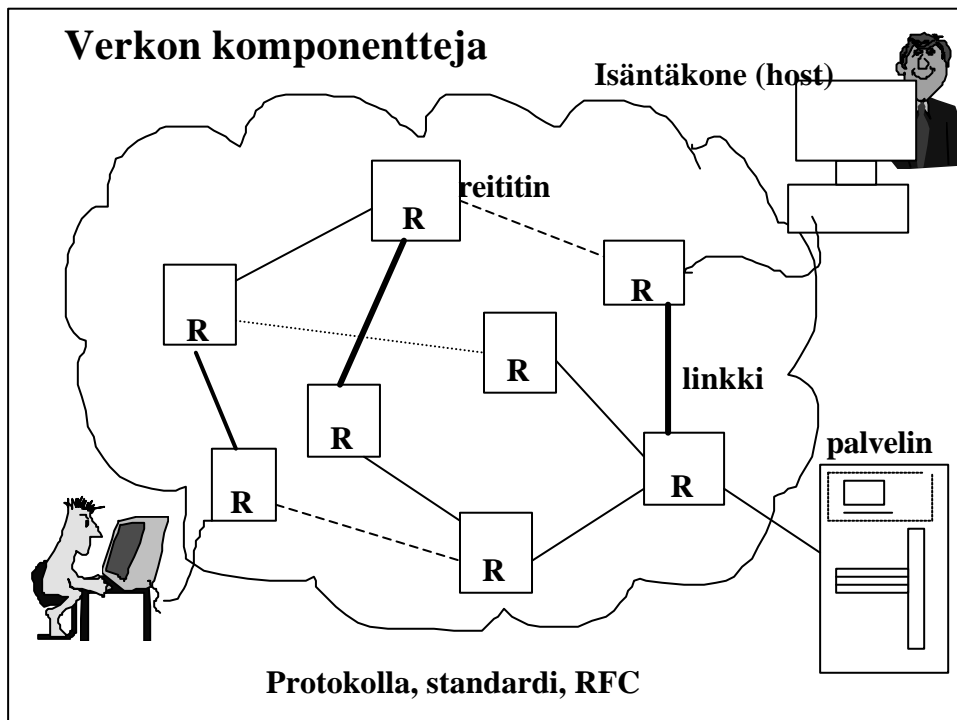
10

1.2 Tietoliikenneverkon rakenne

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

24.9.2001

11



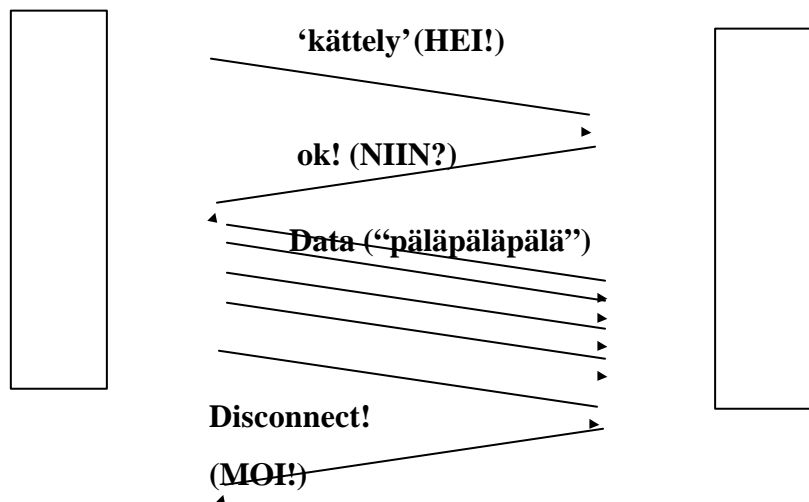
Yhteydellinen ja yhteydetön palvelu

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

24.9.2001

13

Yhteydellinen palvelu



24.9.2001

14

Yhteydellinen palvelu

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

24.9.2001

15

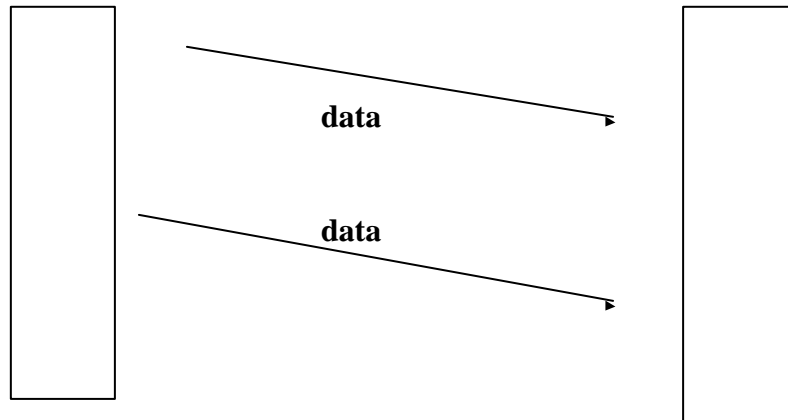
Yhteydetön palvelu

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

24.9.2001

16

Yhteydetön palvelu



24.9.2001

17

Tietoliikennelinkki

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

24.9.2001

18

Yleislähetys

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

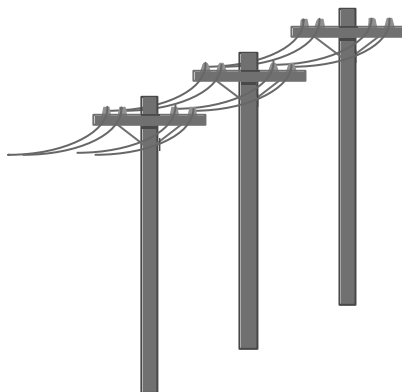


24.9.2001

19

Kaksipisteyhteys

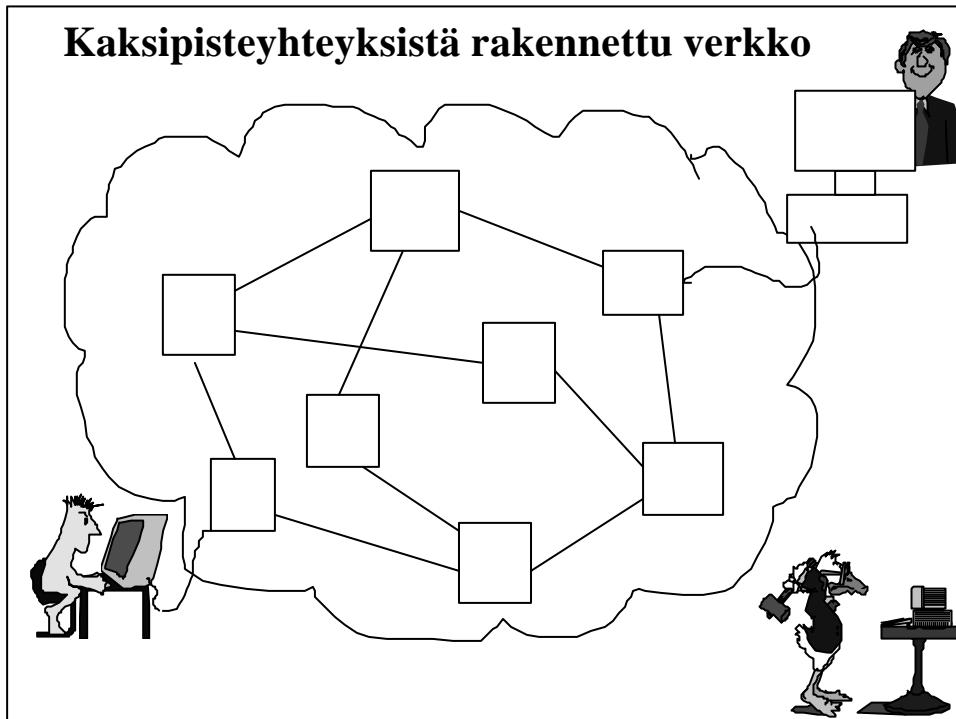
- erillisiä kommunikointi-kanavia
- viestintä vain kahden välistä
- osoite tarpeeton (tällä tasolla)



24.9.2001

20

Kaksipisteyhteysistä rakennettu verkko



Fyysinen verkko

Erilaisia toteutustapoja

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

Lähiverkot (LAN) (Local Area Network)

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

24.9.2001

23

MAN-verkko (Metropolitan Area Network)

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

24.9.2001

24

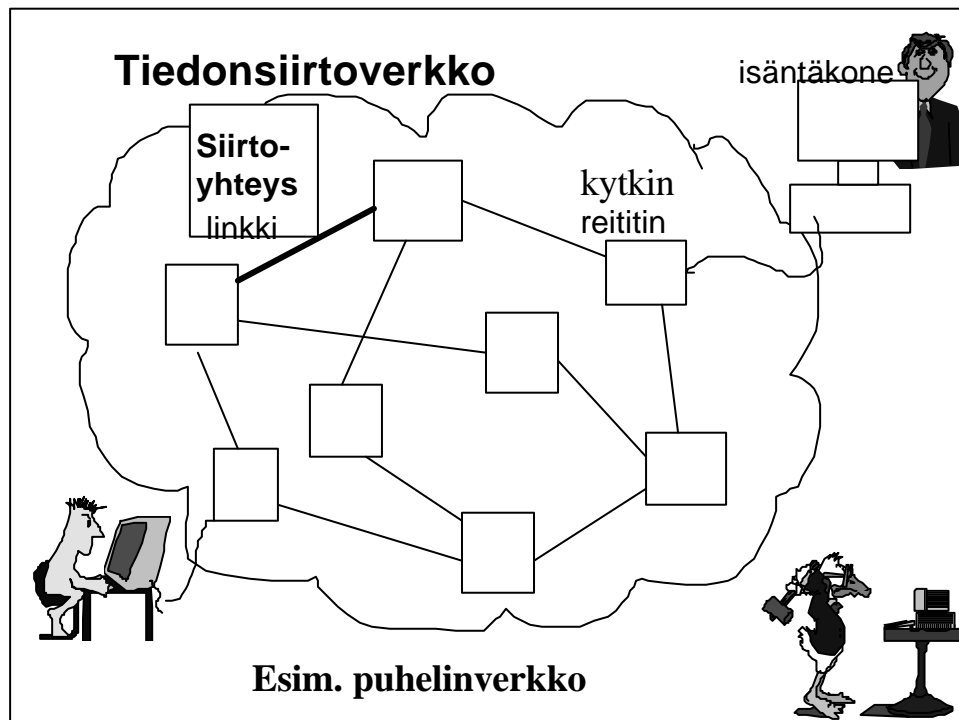
Laajaverkko (WAN)

(Wide Area Network)

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

24.9.2001

25



Langattomat verkot (Cellular /wireless networks)

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

24.9.2001

27

Langattomat verkot: käyttö

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

24.9.2001

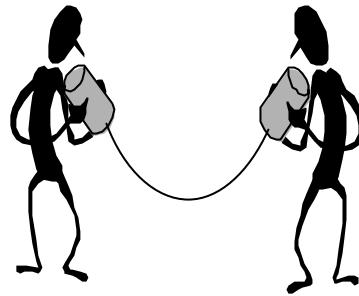
28

Langattomat verkot

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

Huom:

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



24.9.2001

29

INTERNET

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



24.9.2001

30

Tehtävä 1

Selvitä verkosta hakemalla

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

24.9.2001

31

Verkkoteknologiat:

Piirikytkentäinen \Leftrightarrow pakettivälitteinen

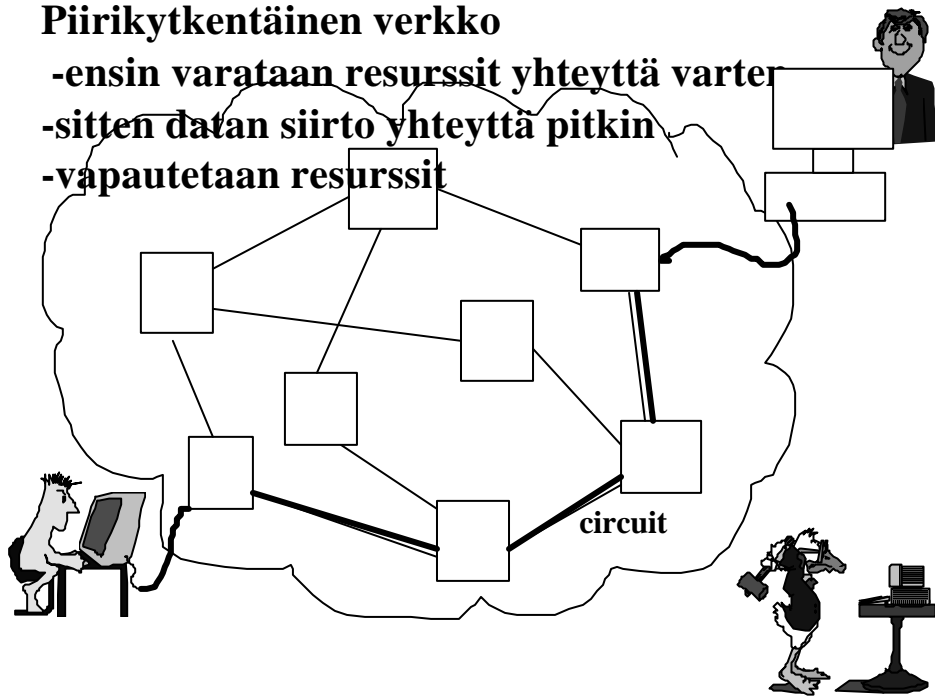
- Kaksi erilaista verkkoteknologiaa
 - piirikytkentäinen (circuit switching)
 - verkon resurssit varataan yhteyden ajaksi
 - puskurit, linjakapasiteetti
 - puhelinverkko \Rightarrow takaa tasaisen lähetysnopeuden
 - pakettivälitteinen (packet switching)
 - resursseja ei varata, niitä saa käyttöönsä aina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

24.9.2001

32

Piirikytkentäinen verkko

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



Kanavointi (multiplexing)

- Samalla linkillä usean yhteyden sanomia



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



TDM (time-division multiplexing) = jokainen saa lähettää tietyn väliä 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.

24.9.2001

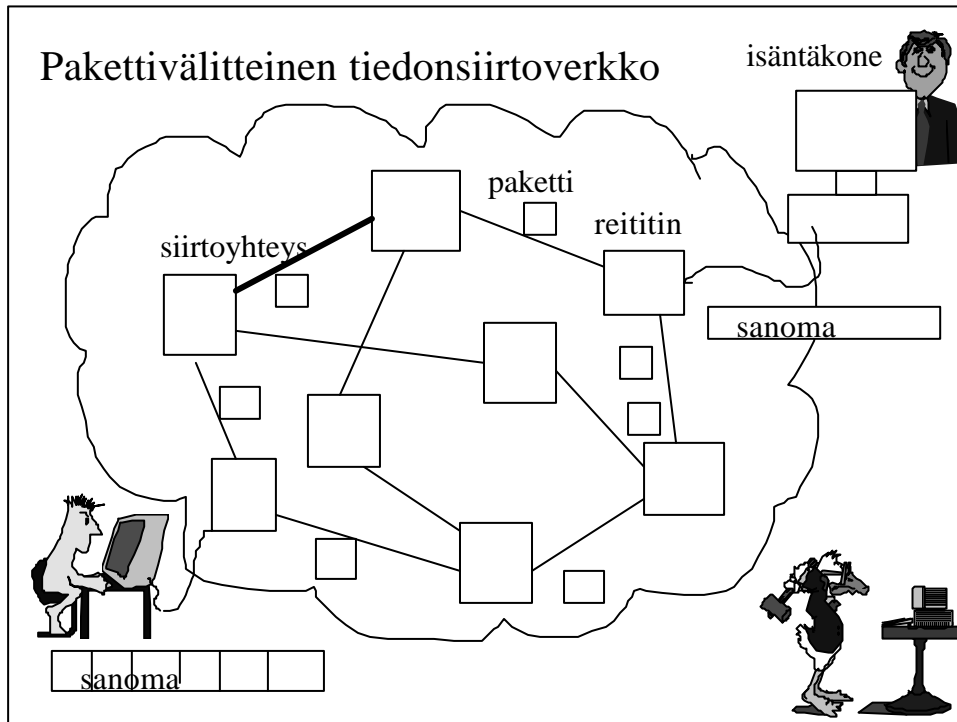
35

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.

24.9.2001

36



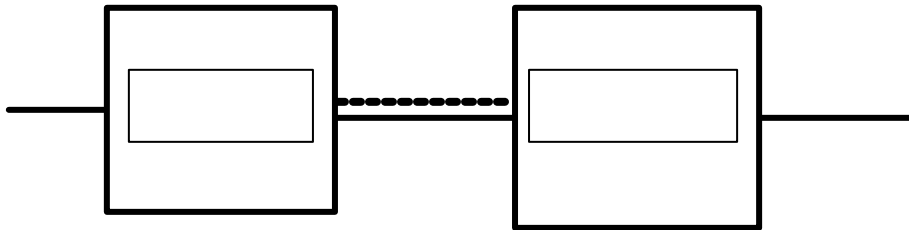
Etappivälitteinen (store-and-forward)

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

24.9.2001

38

etappivälitteinen



Siirtonopeus, siirtoaika

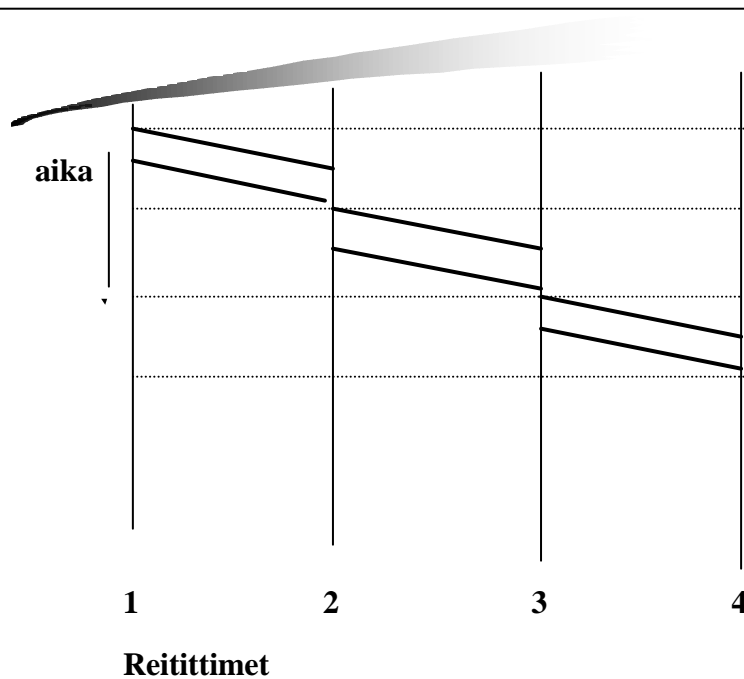
- Siirtonopeus (data rate, transmission rate)
 - miten nopeasti dataa pystytään lähettämään (siirtämään) linjalla
 - bps = bittejä sekunnissa
- Siirtoaika
 - kauanko datamäärän siirtäminen kestää
 - 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoviive = 10 sekuntia

Etenemisviive (propagation delay)

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

24.9.2001

41



24.9.2001

42

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?

24.9.2001

43

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.

24.9.2001

44

Miksi pakettivälitys on tehokkaampaa?

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

24.9.2001

45

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!

24.9.2001

46

Sanoman pilkkominen paketeiksi

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

24.9.2001

47

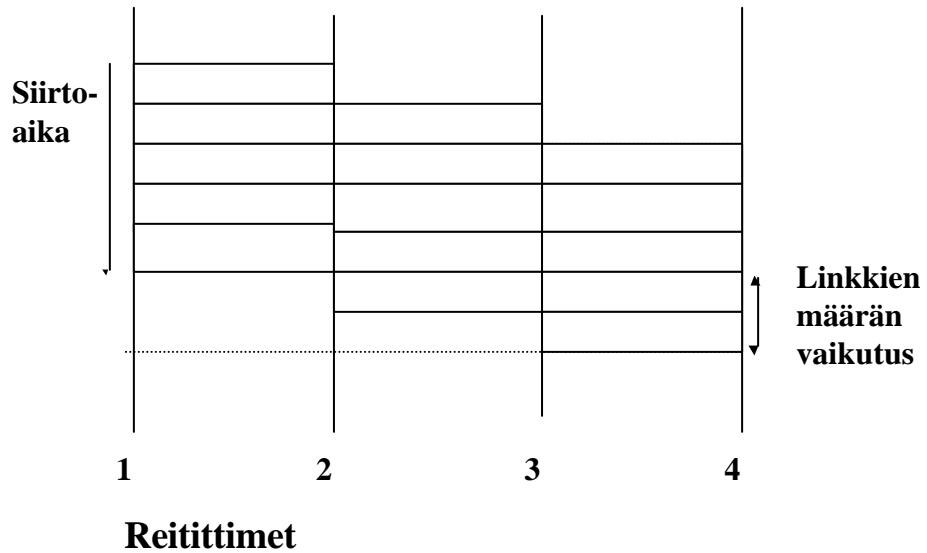
Miksi näin?

- 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

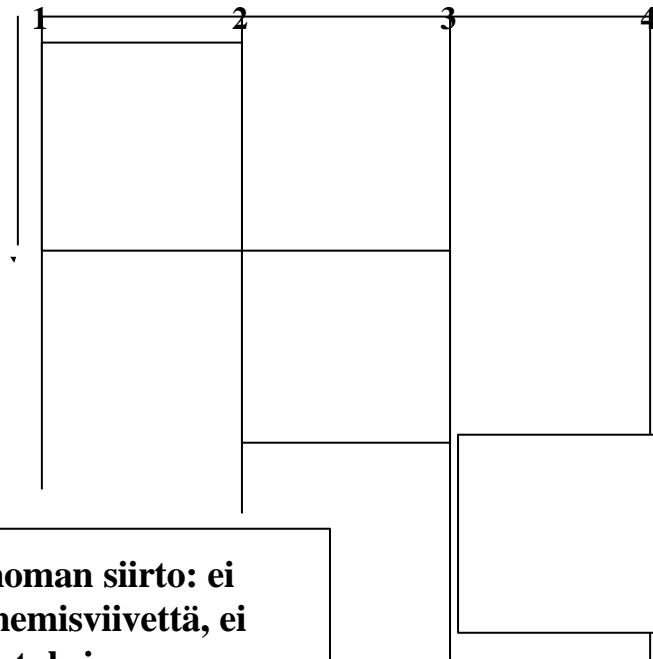
24.9.2001

48

Sanoman siirto paketteina: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia



Siirtoaika



Linkkien määrän n vaikutus = siirtoajan n -kertaistuminen

Sanoman siirto: ei etenemisviivettä, ei jonotuksia

Reititys

- Datasähkeverkko
 - kukin paketti reititetään jokaisessa reitittimessä erikseen => voivat kulkea eri reittiä
 - jokaisessa paketissa osoite
 - reititystaulu kertoo ulosmenon
- virtuaalipiiriverkko
 - ensimmäinen paketti muodostaa virtuaalipiirin
 - muut paketit reititetään samaa reittiä virtuaalipiirinumeron mukaan
 - joka linkillä oma virtualipiirinumero
 - virtuaalipiirien muunnostaulukko

24.9.2001

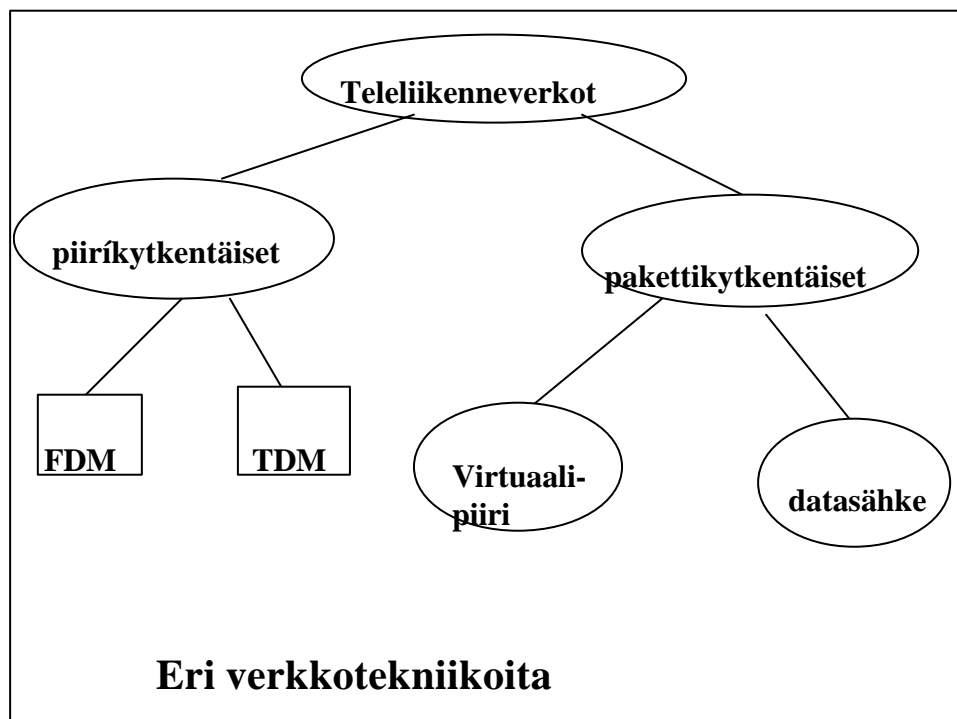
51

Reititystaulukko

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

Virtuaalipiirin muunnostaulukko

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



1.3. Siirtomedia

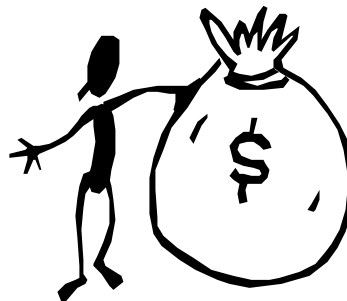
- Siirtomedian tehtävä
 - siirtää bittivirtaa koneelta toiselle
- käytettävissä erilaisia siirtovälineitä
 - johdollinen
 - kuparijohto, optinen kuitu, kaapeli
 - johdoton
 - radio, satelliitti, matkapuhelin
 - magneettinauha, cd-levy

24.9.2001

55

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



24.9.2001

56

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

24.9.2001

57

- 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

24.9.2001

58

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

24.9.2001


59

Koaksiaalikaapelin käyttötavat

- **kantataajuusmoodi** (Baseband)
 - 50-ohmin kaapeli, käytössä lähiverkoissa
 - kaapelissa vain yksi bittivirta (signaali)
 - nopea tiedonsiirto ~10 Mbps,
 - digitaalinen signalointi
- **laajakaistamoodi** (Broadband)
 - 75-ohmin kaapeli, käytössä kaapeliTV:ssä
 - kaista jaetaan kanaviin, 6 MHz
 - useita signaaleja samaan aikaan
 - analoginen signalointi

24.9.2001

60



Kantataajuuskaapeli

- digitaalitekniikka
 - volttipulsseja
- yksinkertainen, halpa
- halvat liittymät
- sekä kaksipisteyhteyksissä että monipisteyhteyksissä

24.9.2001

61



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

24.9.2001

62



Valokaapeli

- 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

24.9.2001

63



Valokaapelin rakenne

- lähetin
 - muuttaa sähköpulssit valoksi
 - LED, laserdiodi
- vastaanotto fotofiodi
 - muuttaa valopulssit sähköpulsseiksi
 - vasteaika ~ 1 ns $\Rightarrow \sim 1$ Gbps
 - kohina haittaa \Rightarrow riittävän voimakas säde
- valokuitu
 - ensiosuoja suojaa mekaanisilta vaurioilta
 - toisiosuoja yhdistää useita kuituja

24.9.2001

64

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)

24.9.2001

65

Langaton tiedonsiirto

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



24.9.2001

66

Radioaallot

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



24.9.2001


67

Mikroaallot (> 100 MHz -> 10 GHz)

- etenee suoraan
 - hyvä signaali-kohina -suhde (SNR)
 - antenni suunnattava
- tunkeutuvuus pienempi
 - heijastuksia (kiinteät esteet, säälmiöt)
 - vesisade
- pulaa ilmatilasta => luvanvaraista
 - NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz
- verkkojen perustaminen 'halpaa'

24.9.2001

68



Infrapuna & millimetriaallot

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

24.9.2001

69



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

24.9.2001

70

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**

24.9.2001


71

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

24.9.2001

72

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

24.9.2001

73



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

24.9.2001

74

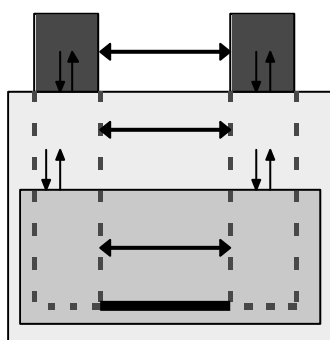
1.4. Tietoliikenneohjelmistot eli protokollat

- 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

24.9.2001

75

Protokollien kerrosrakenne



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

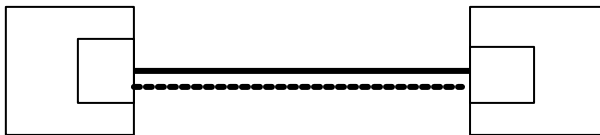
24.9.2001

76

Mitä monimutkaisuutta?

kaksipisteyhteys

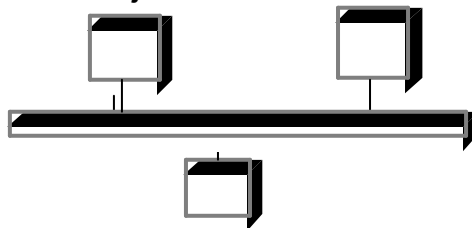
- datan koodaus sähköisiksi signaaleiksi
- siirtovirheiden havaitseminen ja korjaaminen
- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja voi käsitellä



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

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

24.9.2001 • osoitteena puhelinnumero

81

Palvelu

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

24.9.2001

82

Palvelu <=> protokolla

- **palvelu**

joukko toimintoja (primitiivejä), jotka ylemmän kerroksen käytettävissä

- ~ abstrakti datatyyppi, olio

- **protokolla**

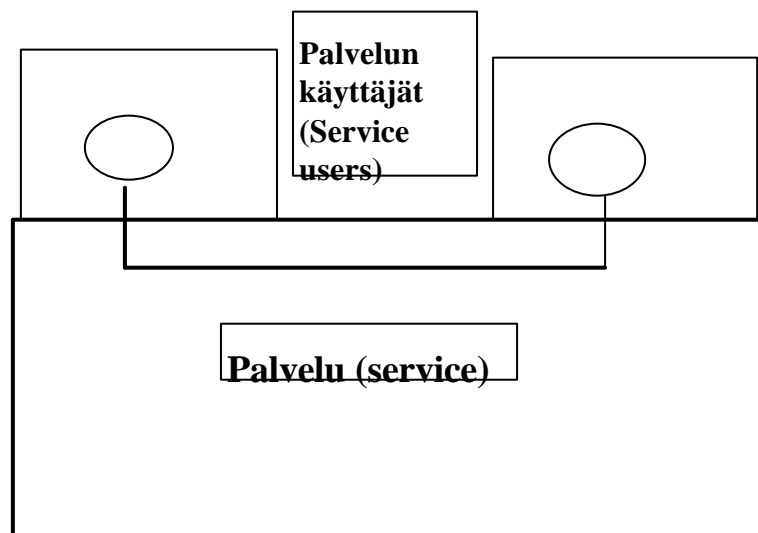
joukko sääntöjä, jotka määräävät, miten vaihdetaan sanomia (muoto, järjestys, ..)

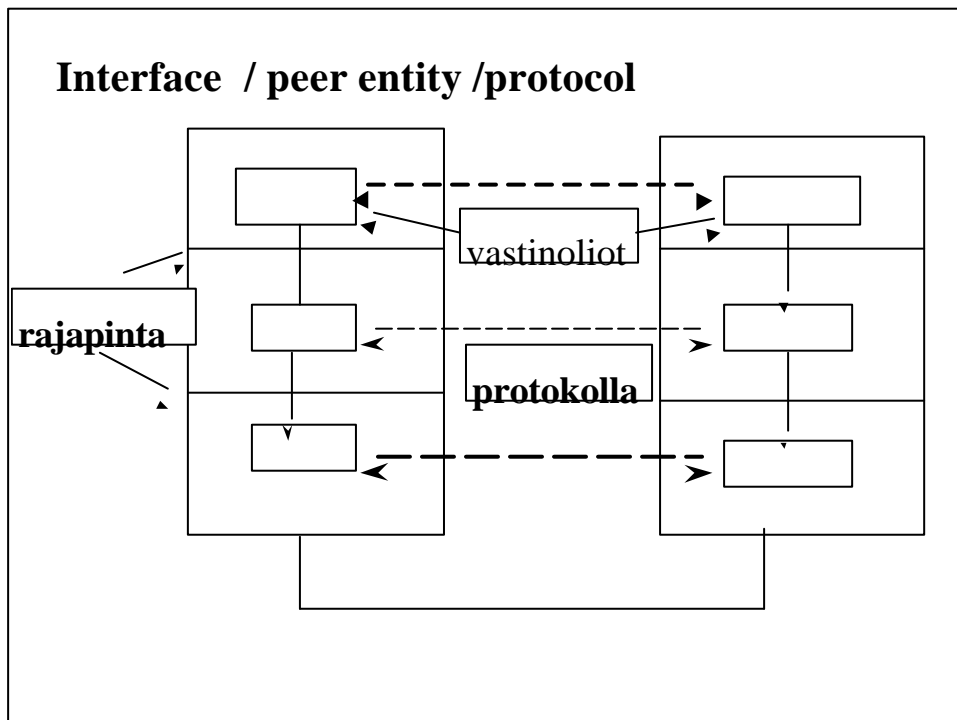
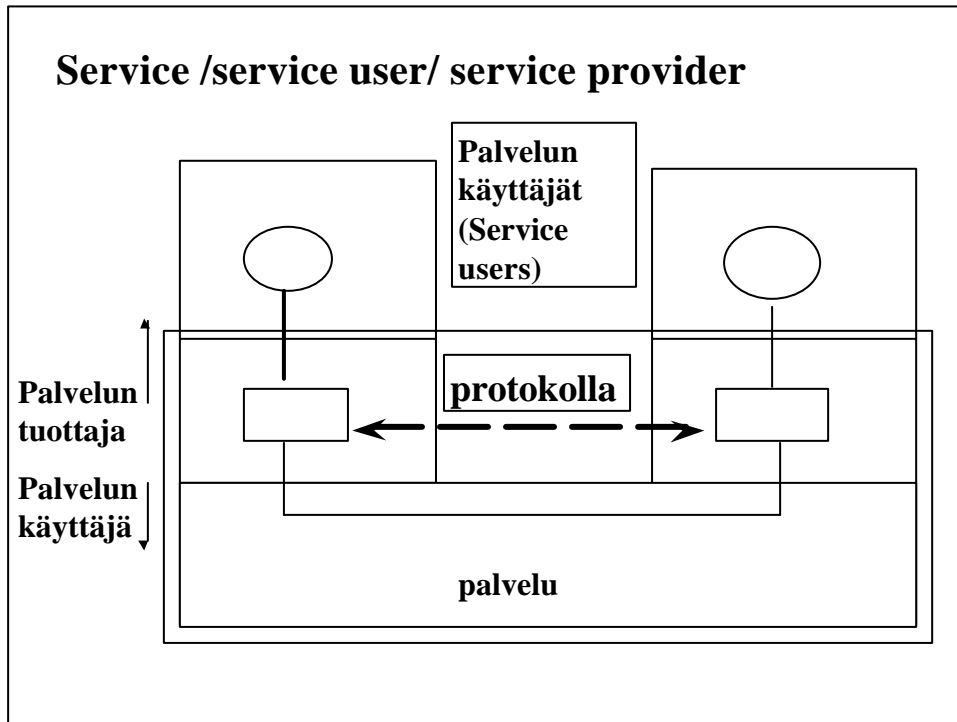
- ~ palvelun toteutus, joka ei näy käyttäjälle

24.9.2001

83

Service user /service





Protokollakerrosten tehtävät yleisesti

Kukin kerros voi suorittaa yhden tai useamman seuraavista tehtävistä

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

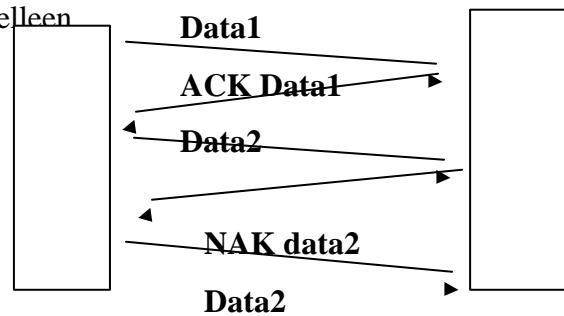
24.9.2001

87

Virhevalvonta (error control)

– kaikki sanomat virheettöminä ja oikeassa järjestyksessä

- luotettava tiedonsiirto (reliable data transfer)
- kuitaan saadut sanomat ja tarvittaessa lähetetään uudelleen



24.9.2001

88

Pohdittavaa!

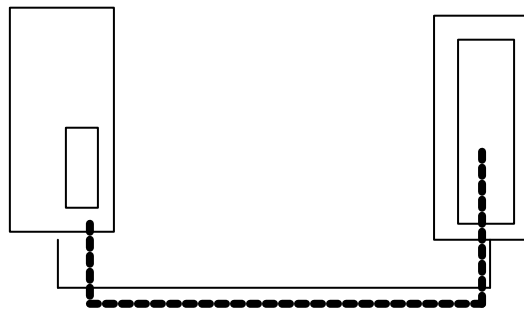
- Mistä vastaanottaja voi tietää onko sanoma virheellinen vai ei?
- Entä, jos sanoma tai sen kuittaus katoaa kokonaan eikä lähettäjä saa mitään vastausta lähettämäänsä sanomaan. Miten tällöin lähettäjän tulisi toimia?
- Missä tilanteissa on mahdollista, että vastaanottaja saa useaan kertaan saman sanoma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

24.9.2001

89

Vuonvalvonta (flow control)

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



24.9.2001

90



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

24.9.2001

91



Pohdittavaa!

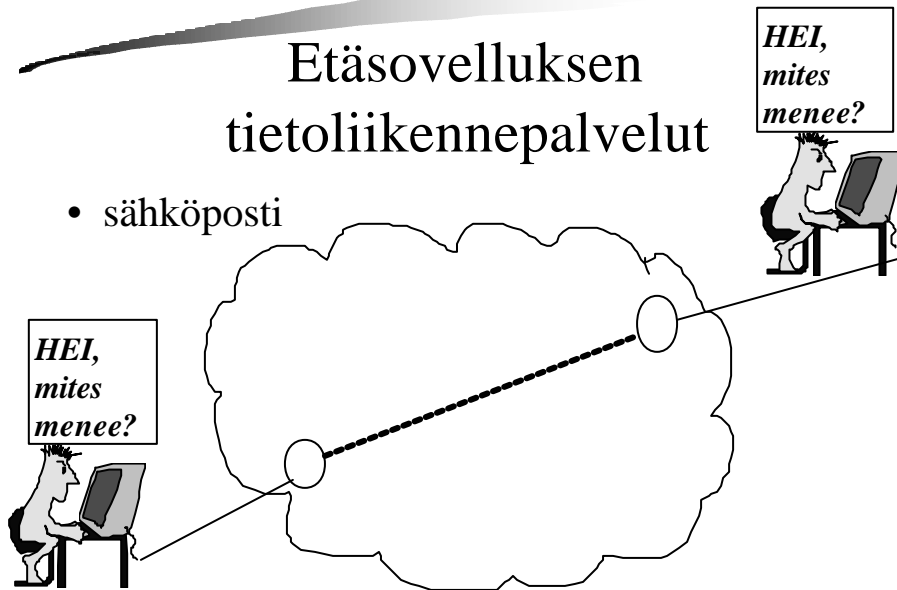
- Kun puskurit valuvat yli, olisiko parempi hävittää uudet juuri saapuvat sanomat vai ne, jotka ovat ensimmäisinä jonossa?
Perustele vastauksesi.
- Onko ruuhkanvalvonta tarpeellista, jos mikään sovellus ei koskaan lähetä enempää sanomia kuin hitain reititin ehtii käsitellä?

24.9.2001

92

Etäsovelluksen tietoliikennepalvelut

- sähköposti



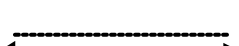
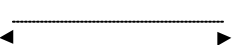
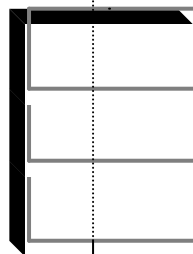
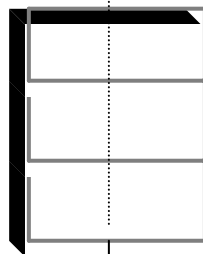
24.9.2001

93



Mail system

Mail system



yhteydenotto

Tarkistukset,
korjaukset

Bittien lähetys
ja vastaanotto

..00100100100011101101011..

1.5 Viitemalleja

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

24.9.2001

95

OSI-viitemalli

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

24.9.2001

96

TCP/IP -viitemalli

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

24.9.2001

97

OSI-mallin kerrokset

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

24.9.2001

98



Peruskerros

- fyysisen yhteyden muodostus
 - kumpi puoli muodostaa ja purkaa yhteyden
 - verkkoliitännän piikkien määrä ja merkitys
- bittien siirto
 - bittien esitystapa (esim. voltteina)
 - ajoitukset

24.9.2001

99



Siirtoyhteyserros

- siirtokanavien hallinta
 - yleislähetyskanavan lähetysvuorot
 - vuonvalvonta
- siirtovirheiden havaitseminen ja niistä toipuminen
 - tiedon kehystys
 - kuittaukset
 - uudelleenlähetykset

24.9.2001

100

Verkkokerros

- sanomien jako paketeiksi
- pakettien reititys verkon läpi lähdekoneelta kohdekoneelle
 - verkkojen heterogeisuus
 - erilaisia tiedonsiirto ja kytkentäteknologioita
 - osoittaminen, protokollat, paketin koko
- verkon ruuhkautumisen estäminen
- laskutus

24.9.2001

101

Kuljetuskerros

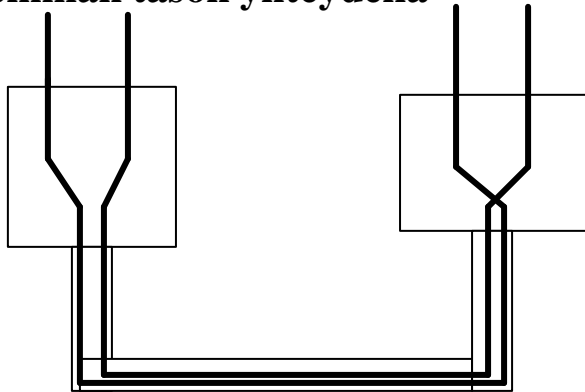
- tiedonsiirtopalvelu
 - verkosta riippumaton
 - lähettäjältä vastaanottajalle (end-to-end)
- erityyppisiä kuljetuspalveluja
 - esim. luotettava ja järjestyksen säilyttävä
- erilaisia toimintoja
 - virheiden havaitseminen ja korjaus
 - järjestyksen säilyttäminen
 - vuonvalvonta
 - kanavointi

24.9.2001

102

kanavointi (multiplexing)

- useita ylemmän tason yhteyksiä yhdellä alemman tason yhteydellä



(tai päinvastoin)

Istuntokerros

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

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

24.9.2001


105

Sovelluskerros

- yleisesti käytettyjä protokollia
 - tiedostonsiirto
 - sähköposti
 - virtuaalipääteprotokolla
 - jne
- peruspalvelut sovellusyhteydelle
 - yhteyden muodostus

24.9.2001

106

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

==> virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksella

24.9.2001

107



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'

24.9.2001

108

IP- ja TCP-viitemallin protokollat 1

- Peruskerros, linkkiyhteyskerros
 - mitä tahansa linkkiprotokollia
 - esim. PPP, Ethernet
- Verkkokerros
 - **IP-protokolla**
 - eri verkot yhdistävä protokolla
 - useita reititysprotokollia
 - reititystä varten

24.9.2001

109

TCP/IP-viitemallin protokollia 2

- Kuljetuskerros
 - **TCP-protokolla**
 - luotettava yhteydellinen protokolla
 - **UDP-protokolla**
 - epäluotettava yhteydetön protokolla
- Sovelluskerros
 - **FTP, TELNET**
 - **DNS**
 - **SMTP**
 - **HTTP,**

24.9.2001

110

1.6. Esimerkkejä verkoista

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

24.9.2001

111

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

24.9.2001

112

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
- langaton yhteys: GSM, WAP, GPRS, UMTS

24.9.2001

113

Palvelut käyttäjän näkökulmasta

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

24.9.2001 ...

114