



Tietoliikenteen perusteet

Tietokoneverkot ja Internet

Kurose, Ross: Ch 1



Sisältöä

- n Internet
- n Verkon reunalla:
 - n asiakkaat ja palvelimet,
 - n yhteydetön ja yhteydellinen palvelu
- n Verkon sisällä
 - n Piirikytkentäinen, pakettikytkentäinen verkko
 - n Datasähkeverkko, virtuaaliipiiriverkko
- n Pääsy Internetiin, fyysinen media
- n Viivytykset ja katoamiset siirrossa
 - n Mitä viipeitä? Miksi dataa katoaa
- n Protokolla ja protokollapino
 - n Kerrosarkkitehtuuri
 - n Internet-protokollapino: kerrokset ja sanomat
- n Internetin uhista

Oppimistavoitteet:

- Perusterminologiaa tutuksi
- Yleiskuva Internetistä
 - rakenne
 - toiminnallisuus
- Internetin protokollapino ja sen eri kerrosten tehtävät





Tietoliikenteen perusteet

Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Internet_map_1024.jpg

<http://www.cheswick.com/ches/map/gallery/isp-ss.gif>

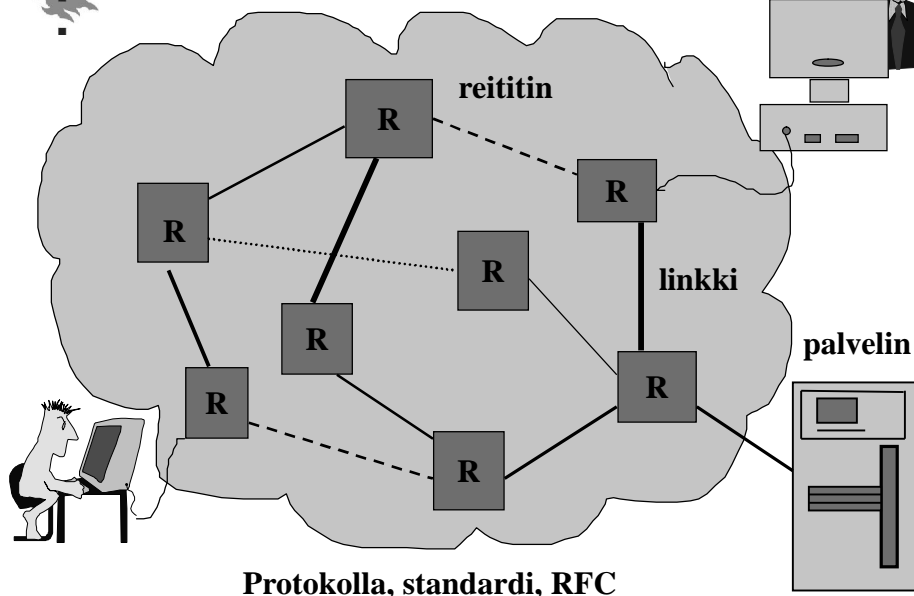
Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

3



Verkon komponentteja

Isäntäkone (host)



Protokolla, standardi, RFC

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

4



Internetin rakenneosat

n Miljoonia koneita

n isäntäkoneita (host, end system)

- työasemia (workstation), palvelinkoneita (server)
- mobiililaitteita, erilaisia tunnistimia, kameroita, autoja,
- Suorittavat hajautettuja sovelluksia

n Pakettikytkimiä: siirtävät dataa paketteina eli pieninä lohkoina (reititin (router), linkkitason kytkin (link-level switch))

- Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä

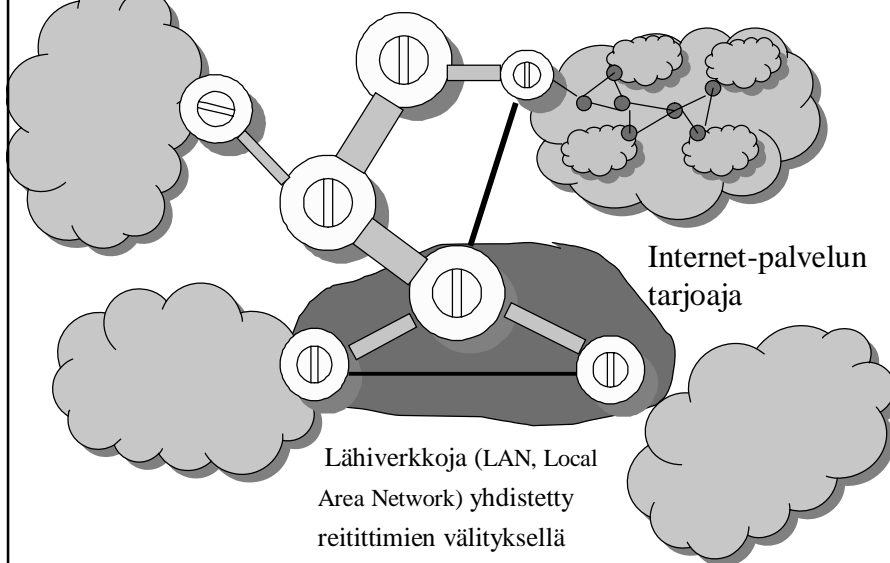
n Tietoliikennelinkejä

n erilaisia siirtomedioita

- Optinen kuitu, kuparijohto, koaksiaalikaapeli, elektromagneettiset aallot (radio, intrapuna, satelliitti)
- Siirtonopeus (transmission rate) bittiä sekunnissa (bps)



Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)





Internet:



1969: 4 konetta (ARPAnet)
1972: 30 konetta, sähköposti
1979: 200 konetta
1985: 2000 konetta (1983: TCP/IP)
1989: 160 000 konetta (1989-91: Web)
1995: 6 miljoonaa konetta
1998: 37 miljoonaa konetta
2002: 162 miljoonaa konetta
2003: 233 miljoonaa konetta
2006: 450 miljoonaa konetta
2007: 1320 miljoonaa käyttäjää
20% maailman väestöstä

<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

71,1 % Pohjois-Amerikassa;
4,7 % Afrikassa



Internet

n Julkinen Internet vs. rajattu **intranet** ja **extranet**

n Sovellukset voivat lähettää sanomia verkon välityksellä toisilleen

n **yhteydellinen** (connection-oriented) **palvelu** / **yhteydetön**
(connectionless) **palvelu**

- Yhteydellinen: Yhteyden muodostus – yhteyden käyttö – yhteyden purku (~puhelu)

- Yhteydetön: yhteyden käyttö (~posti)

n **luotettava** (reliable) (= pyrkii estämään, havaitsemaan ja paikkaamaan virheet) / **epäluotettava** (unreliable) (= 'hälläväliä')

n **Internetissä**: yhteydellinen = luotettava, yhteydetön = epäluotettava

n **TCP**-protokolla => yhteydellinen ja luotettava

n **UDP**-protokolla =>yhteydetön ja epäluotettava



Tietoliikenteen perusteet

Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)



Verkon reunoilla

Isäntäkoneet

suorittavat hajautettuja sovelluksia
(sähköposti, verkkosamoilu,
Messenger,...)

ovat verkon reunalla

Asiakas/palvelija-malli

pyyntö-vastaus-protokolla

www-selain / www-palvelin, postisovellus / postipalvelija,

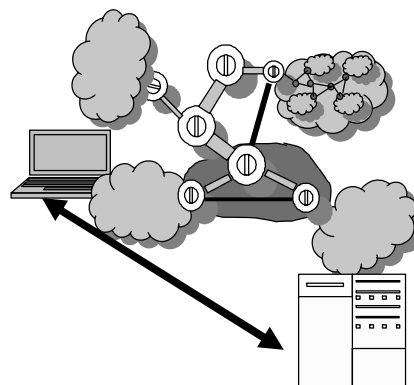
Vertaistoimija-malli (peer-to-peer, P2P)

isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana

Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDonkey, eMule,

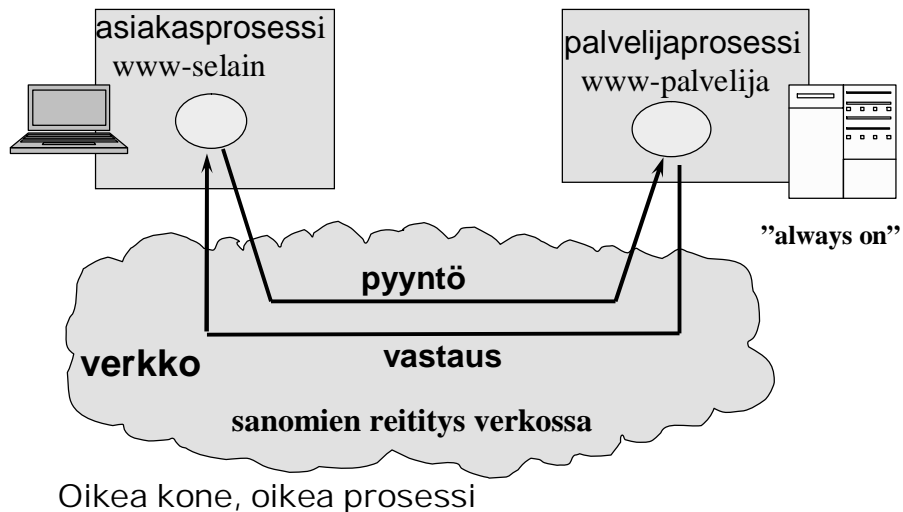
BitTorrent, Mute, ...

Internet-puhelin: Skype





Asiakas-palvelija-malli



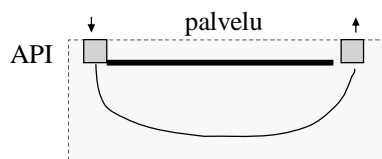
Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

11



Palvelu vs. protokolla

- n **Palvelu**: joukko toimintoja, jotka ovat käytettävissä
 - n Internetin kuljetuspalvelu, API = miten ohjelma pääsee käyttämään Internetin infrastruktuurin palveluja
 - n ~ postin kuljetuspalvelu: kirje postilaatikkoon
- n **Protokolla**: säännöt, jotka määräävät, miten sanomia vaihdetaan palvelun toteuttamiseksi
 - n Sanomien muoto, sanomien järjestys, ..
 - n Päästä-päähän-protokolla (end-to-end) (sovelluksen prosessilta toisen sovelluksen prosessille)



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

12



Tietoliikenteen perusteet

Verkon syövereissä, reititys

(network core)

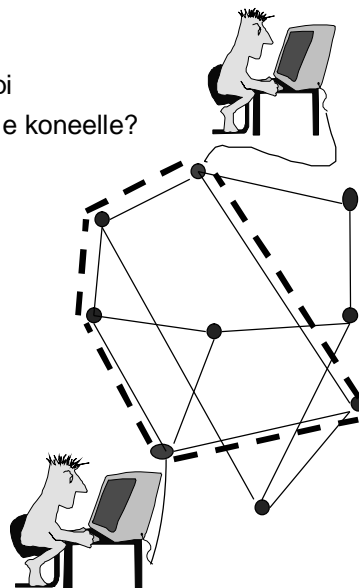


Reitittimet, reititys

- n Miten sanoma kuljetetaan verkon läpi lähettävältä koneelta vastaanottavalle koneelle?
- n Verkkojen verkko, verkot on yhdistetty reitittimillä!

Piirikytkentä: varaa ensin linkit, joita pitkin kaikki data kulkee

Pakettikytkentä: kuljeta data verkossa pieninä paketteina ja reititä kukin paketti itsenäisesti





Piirikytkentä (circuit switching)

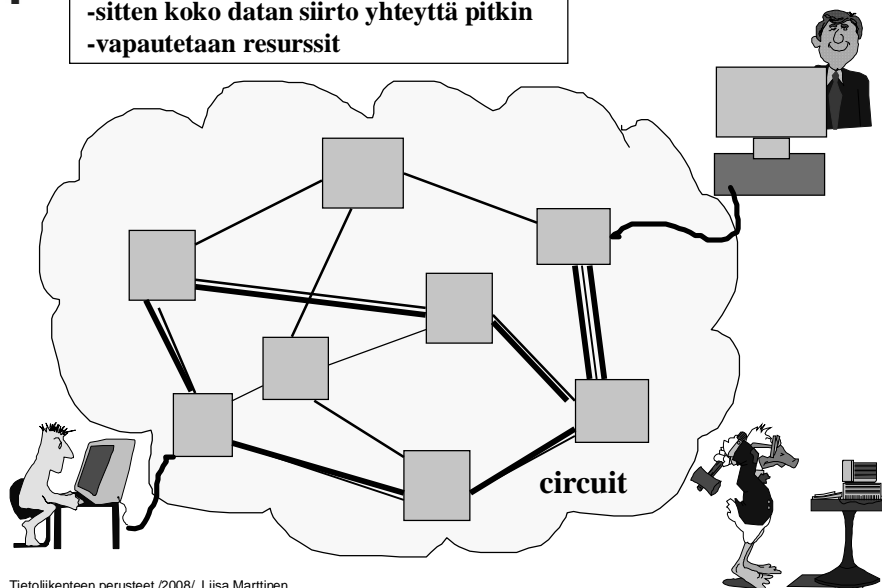
- n Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
 - n Varataan puskurit, linjakapasiteetti
 - n Yhteydenmuodostus ("call")
 - n Yhteydenpurku ("shutdown")
- n Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- n Takaa tasainen nopeuden
 - n puhelinverkko

virt: vesipisteiden yhdistäminen letkuilla ja veden valutus



Piirikytkentäinen verkko

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

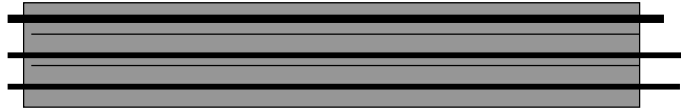




Piirikytkentä: kanavointi (multiplexing)

Linkille on limitetty usean yhteyden sanomia

Taajuusjako, FDM (frequency-division multiplexing)
linkin kaistanleveys jaettu käyttäjien



Aikajako, TDM (time-division multiplexing) jokainen saa
käyttöönensä koko kaistanleveyden tietyn aikajakson ajaksi



Siirtonopeus, siirtoaika

n Siirtonopeus

- n miten nopeasti dataa pystytään lähettämään linkille
- n Montako bittiä per aikayksikkö
- n bps = bittejä sekunnissa

n Siirtoaika

- n kauanko datamäärän lähettäminen linkille kestää (s.e. viimeinenkin bitti on lähetetty linkille)
- n Esim. 10 Mb dataa ja siirtonopeus on 1 Mbs => siirtoaika = 10 sekuntia



Kauanko kestää ...

▮ 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

ja yhteyden muodostamiseen kuluu

500 ms?



Ratkaistaan

▮ Yhdelle yhteydelle on käytössä

$1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ kbps}$

joten siirtoon kuluu

$640 \text{ Kb} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s}$

Kun yhteyspiirin muodostus vie

0.5 s

niin aikaa kuluu yhteensä

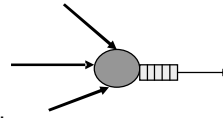
10.5 s.

Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä!



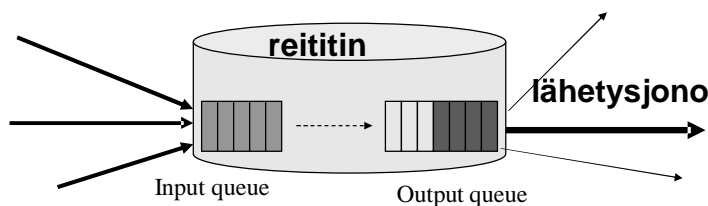
Pakettikytkentä (packet switching)

- Jaa data paketeiksi ja lähetä paketti kerrallaan verkkoon
- Ei varata resursseja eikä siis reittiä etukäteen,
 - Varaus tarvittaessa (on-demand)
 - Tilastollinen kanavointi (Statistical multiplexing)vaan jokainen paketti reititetään erikseen => paketit voivat kulkea eri reittejä lähettäjältä vastaanottajalle
- **Etappivälitys** (store and forward) = paketti vastaanotetaan kokonaan ja vasta sitten lähetetään eteenpäin
- Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
 - Paketti joutuu odottamaan vuoroaan reitittimen muistissa
 - **Ruuhka** (congestion) => jopa paketin häviäminen



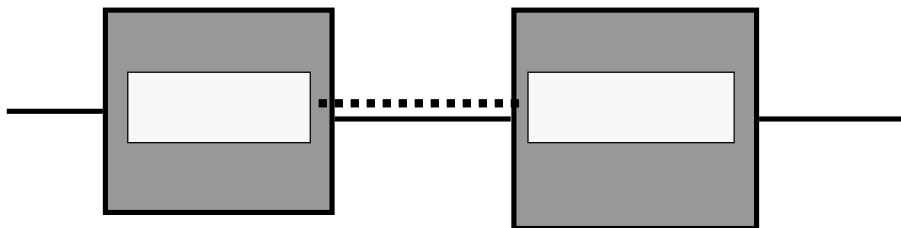
Pakettikytkentä

- **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli** (hop)
 - Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava
 - Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa
 - Paketin siirtoaika = L/R , L = paketin koko bitteinä
 - R = lähtölinkin nopeus
- Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)
 - paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja





etappivälitteinen



Kauanko kestää...

n **Kauanko kestää lähettää**

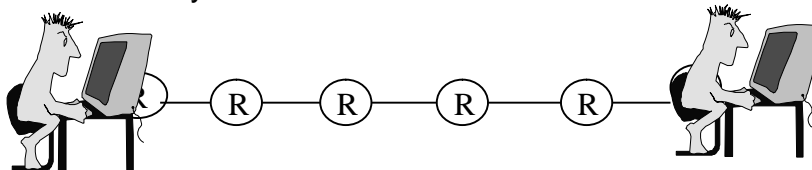
yksi 4 Kb:n paketti

pakettikytkentäisessä verkossa, jossa

linkin siirtonopeus on 1 Mbps

ja paketti kulkee

5 linkin yli





Ratkaistaan:

n siirtoaika yhdellä linkillä on

$$4 \text{ Kb} / 1000 \text{ Kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$$

joten siirto 5 linkin yli

$$5 * 4 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$$

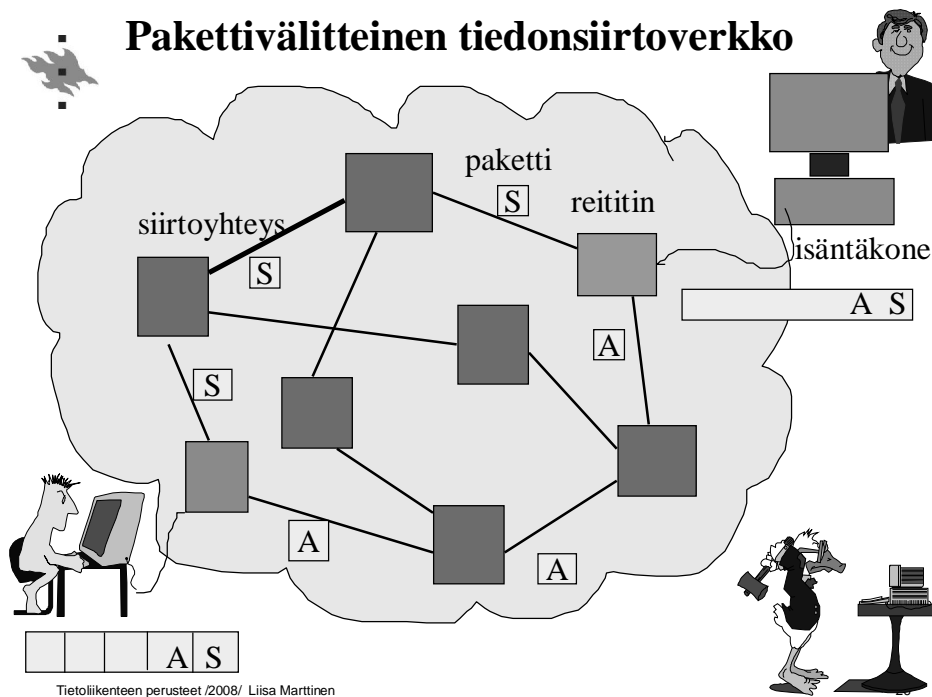
n Ei ole otettu huomioon

etenemisviivettä (= signaalin etenemiseen johtimessa tai ilmassa kuluva aika) eikä mahdollisia jonotusviiveitä.

Miksei?



Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko





Etenemisviive (propagation delay)

n Miten nopeasti bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa

nmediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta , joka on ~300.000 km/s

- Tyhjiössä valonnopeus on 299.795.458 m/s.

n riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta

nmerkitystä etenkin satelliittilinkeillä, myös mannerten välisissä yhteyksissä

n Valonnopeus on kattonopeus kaikelle viestiliikenteelle



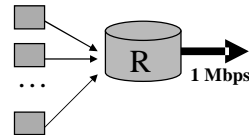
Tehokkuudesta

n Esimerkki

Käyttäjät käyttävät yhteistä 1 Mbps linjaa.

Kukin käyttäjä joko lähettää 100 kbps

tai on kokonaan lähettämättä.



n Piirikytkentä

Jokaiselle on varattava 100 kbps linjakapasiteettia, joten 1Mbps riittää 10 käyttäjälle!

Entä jos käyttäjiä onkin 35?



Tehokkuudesta (jatkuu)

t_n (aktiivisia >10) =

$$1 - \sum_{k=0}^{10} \binom{35}{k} (0.1)^k (0.9)^{35-k}$$

n Pakettikytkentä

Käyttäjiä on 35 ja kukin lähettää 10 % ajasta ja on joutilaana 90% ajasta.

Todennäköisyys, että samanaikaisesti lähettämässä >10 , on **pienempi kuin 0.0004!**

T_n (aktiivisia lähettäjiä on yhtä aikaa ≤ 10) on 0.9996.

Nyt 1 Mbps linjakapasiteetti riittää hyvin 35:lle käyttäjälle.

Erittäin harvoin joku joutuu odottamaan!

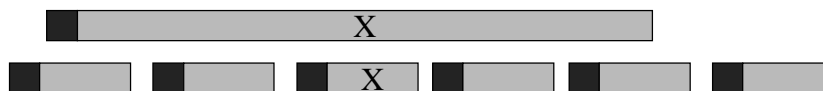
n Purskeinen käyttö on tyypillistä Internetissä

hae www-sivu, lue,..



Sanoma vs. paketit

n Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?



n Siirtovirhe

Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan

Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

n Yleisrasite (otsake, jossa mm. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet)

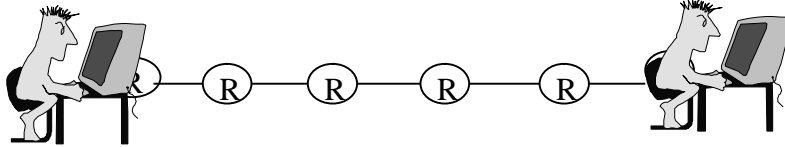
Sanoma: yksi otsake riittää

Paketti: jokaisessa paketissa oma otsake



Sanoma vs. paketit (jatkuu)

n **Esim.** Sanoman koko 400 Kb, linkin nopeus 1 mbps



n **Kun koko sanoma lähetetään 5 linkin yli, niin aikaa kuluu**

$$5 * 400 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 5 * 0.4 \text{ Mbps} / 1 \text{ Mbps} = 2 \text{ s} = 2000 \text{ ms}$$

n **Kun sanoma pilkotaan 4 Kb:n paketeiksi, niin aikaa 100 paketin välittämiseen kuluu**

416 ms!



Miksi noin?

n **Paketteja voi lähettää samanaikaisesti eri linkeillä**

etappivälitys (store-and-forward)

n **Koko sanoma** (100 pakettia) **siirretty 1. linkin yli**

$$400 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 400 \text{ ms}$$

n **Kun viimeinen paketti on siirretty 1. linkin yli, lähes kaikki edeltävät paketit ovat jo perillä.**

Nyt vielä viimeinen paketti on siirrettävä 4 linkin yli

$$4 * 4 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 16 \text{ ms}$$

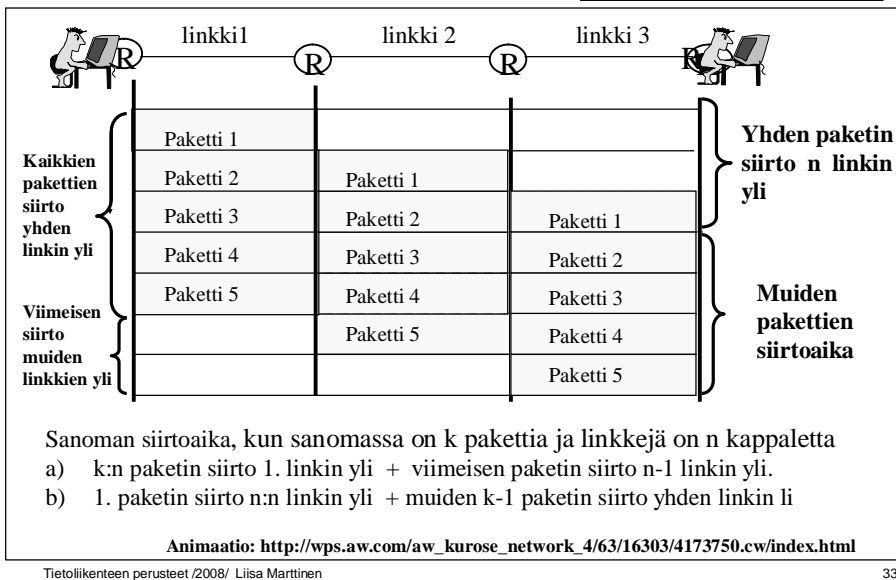
n **400 ms + 16 ms = 416 ms**



Pakettivälitys siirto-aika

Olkoon siirtoaika a:

- a) $ka+(n-1)a = (k+n-1)a$
- b) $na+(k-1)a = (n+k-1)a$



Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,
fyysinen siirtomedia



Pääsy Internetiin



n Modeemi

56 kbps

n DSL

n ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Link): 8/1 Mbps

n SHDSL (Symmetric High-Bitrate Digital Subscriber Link): 44/44 Mbp

n Kaapelimodeemi

TV, yleislähetys, down ~ 30 Mbps, up ~ 2 Mbps

n Lähiverkko (Local Area Network)

Ethernet: 10 Mbps / 100 Mbps / 1 Gbps / 10 Gbps

n Langaton yhteys

@450: 1 Mbps

WLAN (WiFi, WiMax): 11 Mbps, 54 Mbps

WAP/GPRS, 3G/UMTS: 384 kbps- ~2 Mbps



Siirtomedia

n **Tehtävä siirtää bittivirtaa laitteelta toiselle**
peräkkäissiirtoa (serial)

n **Kaapeloitu (guided media)**
kuparijohto, optinen kuitu, koaksiaalikaapeli

n **Langaton (wireless, unguided media)**
radioaallot, satelliitti, matkapuhelin

n **Tietovälineet?**
magneettinen levy/nauha, flash-muisti, optinen levy
suuria tietomääriä kohtalaisella nopeudella ...
ei always-on



Kierretty parijohto (twisted pair)

n **Kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen**
vähentää häiriöitä
kaapelissa yleensä useita

n **Yleisesti käytetty**
puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka,
rakennusten sisällä

n **Hintaan nähden hyvä suorituskyky**
useita kilometrejä ilman vahvistinta
useita Mbps - Gbps parin kilometrin matkalla
ADSL, nopeat lähiverkot (useita Gbps)



Koaksiaalikaapeli

n **Kaksi sisäkkäistä kuparijohtoa**
hyvä häiriösuoja

n **Suuret nopeudet**
1-2 Gbps 1-2 km -kaapelilla
pitkillä etäisyyksillä huonompi nopeus, vahvistettava

n **Kallista verrattuna parikaapeliin**

n **Käyttö**
TV-kaapelit, (vanhat lähiverkot), aliverkkojen runkoverkoissa

n **Yleislähetys (shared medium)**
kaikki kytketyt laitteet huomaavat signaalin



Valokaapeli (fiber optics)

Merittäin puhdasta kvartssia ja lasersäteitä

- n 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
- n ei sähkömagneettisia häiriöitä

Internetin runkoverkko, puhelinverkot

- n jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla

Toiminta:

- n **lähetin** (transmitter): laserdiodi/LED muuttaa sähköpulsseiksi valoksi
- n **välissä useita valokuitukimppuja** (suojattu ulkoisilta vaurioilta)
- n **vastaanotto** (receiver)
 - fotodiodi muuttaa valopulsseiksi sähköpulsseiksi
 - vasteaika ~ 1 ns $\Rightarrow \sim 1$ Gbps, WDM (Wavelength Division Multiplexing)
 - $\Rightarrow \sim 40$ Gbps
- n kohina haittaa, tarvitaan riittävän voimakas valo



Sähkömagneettinen aaltoliike

Langaton tietoliikenne

- Maanpäälliset kanavat
- Satelliittikanavat

Tieto koodattu aaltoliikkeeseen

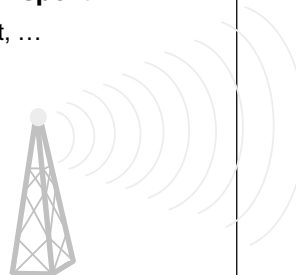
- amplitudi, taajuus, vaihe, ..

Käytössä laaja näkymättömän valon spektri

- ... radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ...

Rajoituksia

- generoitavuus / moduloitavuus
- kuuluvuus / näkyvyys
- vaarallisuus?





Radioaallot (~30 MHz .. 1 GHz)

☐ **Helppo generoida**

☐ **Etenevät pitkiä matkoja vahvistamatta**

Tunkeutuvat myös esteiden läpi
Etenevät kaikkiin suuntiin

☐ **Rajallinen resurssi**

Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee
=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä

☐ **Käyttö**

Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)



Mikroaallot (1 GHz ... 40 GHz)

☐ **Etenevät suoraan**

sietävät hyvin häiriöitä
antenni /satelliitti on suunnattava

☐ **tunkeutuvuus pienempi**

heijastuksia: kiinteät esteet, sääilmiöt, esim. vesisade

☐ **pulaa taajuuksista => luvanvaraista**

NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz

☐ **verkkojen perustaminen 'halpaa'**

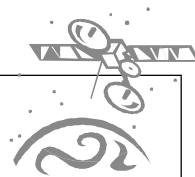
☐ **Käyttö**

TV (UHF), radio (FM), puhelimet, satelliitit
WLAN: 2,4 GHz, 5 GHz





Satelliitit



n Mikroaallot

n Maata kiertävällä radalla

LEO (Low Earth Orbit) noin 150-1500 km korkeudessa

MEO (Middle Earth Orbit) yli 1500 km korkeudessa

n Geostationääriset

GEO (Geosynchronous Earth Orbit)

geostationäärinen = pysyy maahan nähden paikallaan

noin 36000 km korkeudessa

Etenemisviive satelliitin ja maa-asemien välillä n. 250 ms

n Maa-asema

Tiedonsiirto mahdollista, kun maa-asema on kohdalla



Infrapuna-aallot (~300 GHz ... 200 THz)

n Etenevät suoraan, suunnattava

n Huono tunkeutuvaisuus

Eivät siedä esteitä, lyhyet etäisyydet

Heijastuksia

n Käyttö

Kauko-ohjaimet

Joissakin langattomissa lähiverkoissa

n Ei tiukasti säädeltyä



Signaalin vahvistaminen

Signaali (aalto tai pulssi) vaimenee ja vääristyy kulkiessaan siirtomediassa

n **Vaimeneminen** (attenuation)

ei taajuuudet heikkenevät eri tavoin, suuret enemmän

n **Viivevääristyminen** (delay distortion)

Eri taajuuksien komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja saapuvat vastaanottajalle hieman eri aikaan

n **Erlaiset häiriöt:** kohina, ylikuuluminen, heijastuminen, jne

n **Vahvistimet ja toistimet**

eri komponentteja vahvistettava eri tavoin

n **analoginen signaali** vääristyy joka kerralla yhä enemmän ja enemmän

n **digitaalinen signaali** on palautettavissa entiselleen



Tietoliikenteen perusteet

**Viivettä
siirtotiellä**



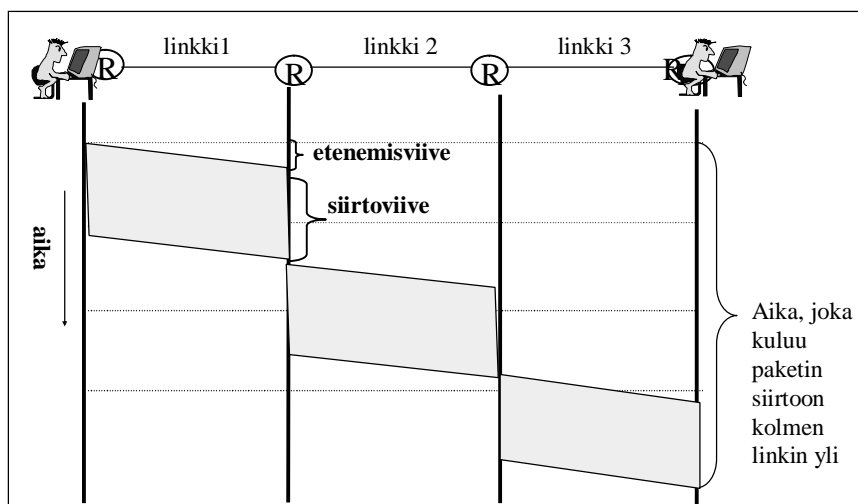
Etenemisviive (propagation delay)

- n **Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa**
mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta
- n **Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta**
merkitystä etenkin satelliittilinkeillä,
myös pitkissä mannerten välisissä yhteyksissä
- n **Valonnopeus on kattonopeus kaikelle liikenteelle**
~300.000 km/s

Etenemisviivettä ei yleensä tarvitse huomioida tällä kurssilla,
ellei sitä ole erikseen mainittu tai kysytty.



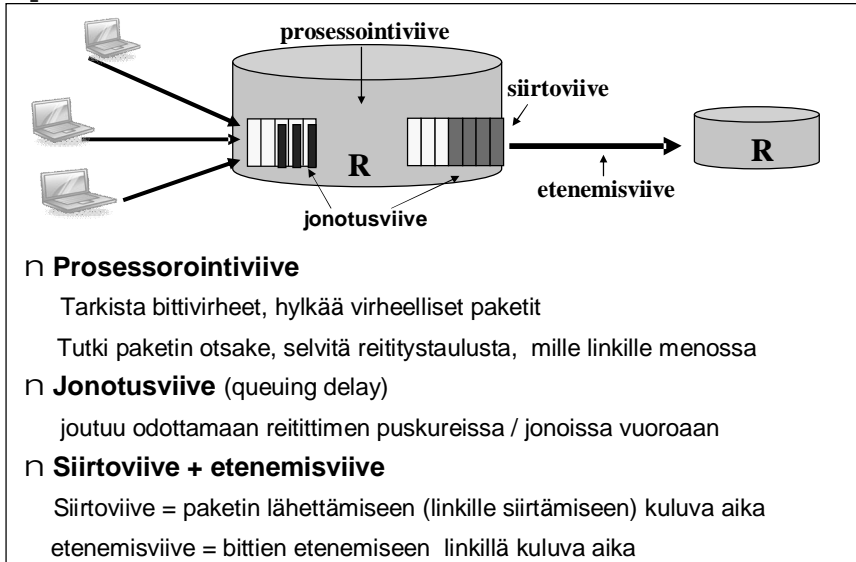
Etenemisviive



Animaatio: http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/16303/4173750.cw/index.html



Viive reitittimessä



Tietoliikenteen perusteet

Protokolla,
protokollapino



Protokollien kerrostaminen

▫ **Protokolla = yhteyskäytäntö**

Mitä sanomia, missä tilanteessa ja missä järjestyksessä lähetetään

Miten saatuihin sanomiin reagoidaan

Sanomien syntaksi ja semantiikka

▫ **Protokollapino = protokollien kerrosrakenne**

Toiminnot on jaettu kerroksiin

▫ Järkevä kerrosjako

Alemman kerroksen toiminnot ovat ylemmän käytössä

▫ Palvelu ja sen toteutus erotettu

Kukin protokolla toimii yhdellä kerroksella ja toteuttaa tämän kerroksen jonkin palvelun.

▫ HTTP, SMTP

▫ TCP, UDP

▫ IP



Miksi kerrosrakenne?

▫ **Monimutkaisuuden hallinta**

Kerroksittainen **viitemalli** (reference model) helpottaa asiakokonaisuuksiin viittaamista

▫ **Kullakin kerroksella omat selkeät tehtävänsä**

Kerroksissa toteutuu omat 'lisä'toiminnot

Voi käyttää olemassaolevia alemman kerroksen toimintoja

Kerrosten rajapinnat (interface) hyvin määritellyjä

Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

▫ **Joustavuus**

Pino koottavissa erilaisista protokollista

Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

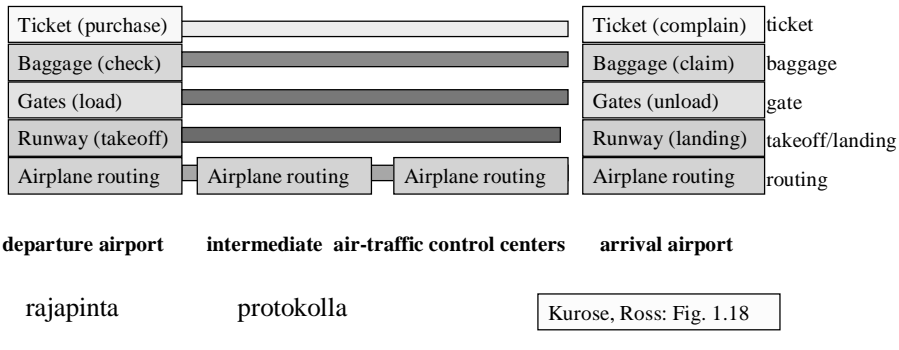
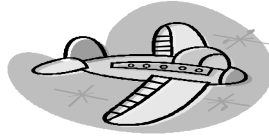
▫ **Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn**

Sama työ toistamiseen, esim. virhetarkistus

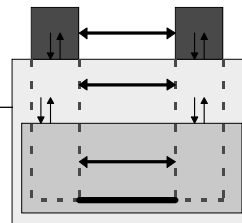
Kutsumekanismi: kopiointia paikasta toiseen, ..



Esimerkki: Lentoyhtiö



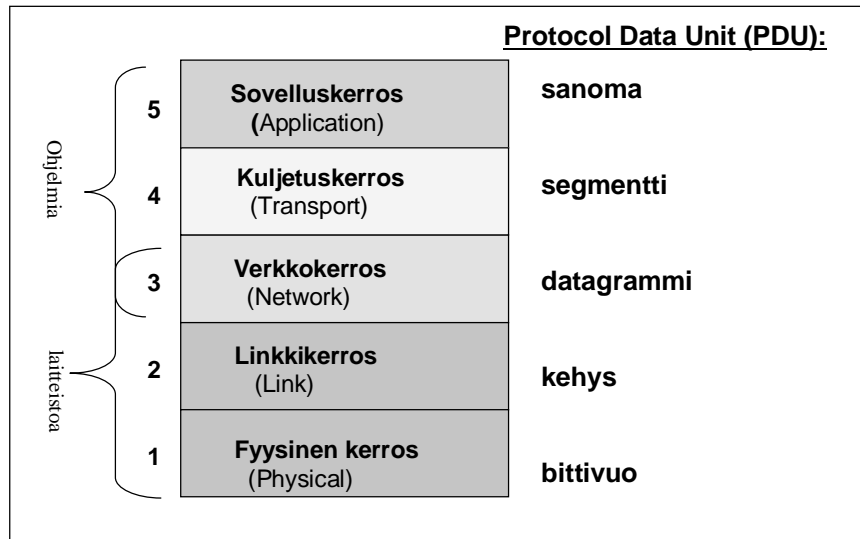
Internet-protokollapino



- n 1969: aluksi TCP ja IP samassa nipussa
- n 1980: uusittu TCP, UDP ja IP
- n **Lähtökohdat**
 - Tarve yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja
 - Vikasietoisuus
- n **De-facto-standardi**
 - Ensin toimiva protokollatoteutus, sitten viitemalli
 - RFC-julkaisuja, standardeja
- n **Tulos**
 - Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet
 - Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä
 - Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu.



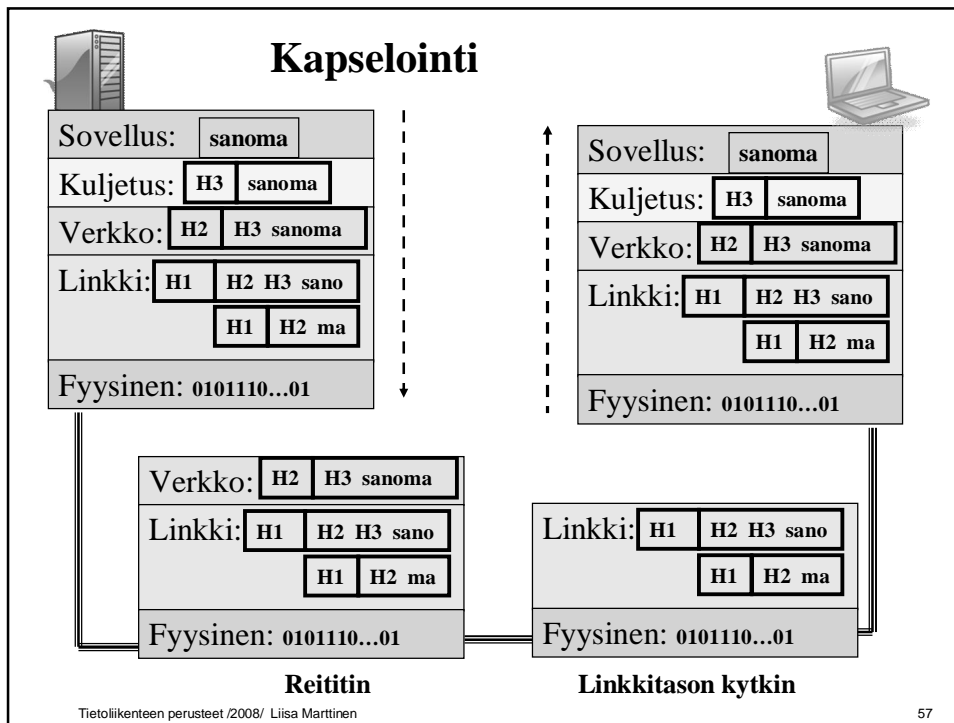
Internet-protokollapino (2)



Kerrosten tehtävät

- **Sovellus: verkkosovellusten omat protokollat**
HTTP, DNS, SMTP, FTP,
- **Kuljetus: sanomien siirto prosessilta prosessille ("päästä-päähän")**
TCP, UDP
siirtää sanomien bittivirtaa segmentin kokoisina lohkoina
- **Verkko: pakettien reititys verkossa, siirto lähettäjäkoneelta vastaanottajan koneelle**
IP, reititysprotokollat
muodostaa segmenteistä paketteja, tarvittaessa pilkkoo pienemmiksi
- **Linkki: siirtää paketit kehyksinä kahden koneen välillä**
Ethernet, WiFi, PPP
- **Fyysinen: generoi, siirtää ja vastaanottaa bittejä koneelta toiselle**

sovellus
kuljetus
verkko
linkki
fyysinen



ISO OSI-viitemalli

- n 7-kerroksinen malli
- ISO = International Standardization Organization
- OSI = Open Systems Interconnection
- yhdistää koneita, jotka 'avoimia' kommunikointiin toisten kanssa
- n **Käsitteellisesti ehjä malli,**
 - n 1978 -> 1982 viitemalli
 - n 1983 -> toiminnallisia standardeja
 - n 1995 uudistuksia
- mutta ei paljoakaan käytössä**
- n Katoavaa kansanperintettäkö?
- Vai vasta tulossa?

sovellus

esitystapa
(presentation)

istunto
(session)

kuljetus

verkko

linkki

fyysinen

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen 58



ISO OSI-viitemalli

n **Esitystapakerros**

Huolehtii tiedon esitysmuodosta

Tiedon esitystapa voi olla erilainen eri koneissa
Käytettävästä siirtosyntaksista sopiminen

Muuttaa tiedon siirtosyntaksin mukaiseksi

abstrakti tietorakenne (esim. henkilötietue) siirtomuotoon

Salaus ja tiivistys haluttaessa

n **Istuntokerros**

Jäsentää tietojen vaihtoa istunnossa

kommunikointitavasta sopiminen: kaksi- vai yksisuuntainen
lähetysvuoronsäätely

Tahdistaa kommunikointia esim. tiedostonsiirrossa

Tahdistuspisteet: jos yhteys katkeaa, voi jatkaa siitä mihin jäi

n **Sama toiminnallisuus (+ paljon muuta) rakennettavissa TCP/IP-kerrosten päälle = väliohjelmistot (middleware)**



Kertauskysymyksiä

- n Isäntäkone vs. reititin?
- n Protokolla vs. palvelu?
- n Vertaisverkkomalli vs. asiakas-palvelin malli?
- n Fyysinen siirtomedia?
- n Piiri- ja pakettikytkentä? Hyödyt ja haitat?
- n Viipeet ja pakettien katoamiset
- n Internet-protokollakerrokset ja niiden tehtävät?
- n Miksi kerrosrakenne?
- n Mitä protokollakerroksia eri laitteissa tarvitaan?

Ks . myös kurssikirja ss. 67-69.