

# Tietoliikenteen perusteet

## Tietokoneverkot ja Internet

Kurose, Ross: Ch 1

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 1

# Sisältöä

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

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



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 2

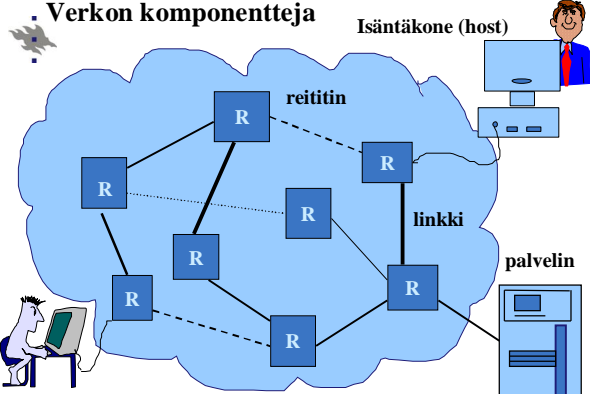
# Tietoliikenteen perusteet

## Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Internet\\_map\\_1024.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Internet_map_1024.jpg)  
<http://www.cheswick.com/ches/map/gallery/isp-ss.gif>

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 3

# Verkon komponentteja



**Protokolla, standardi, RFC** (Request For Comments)

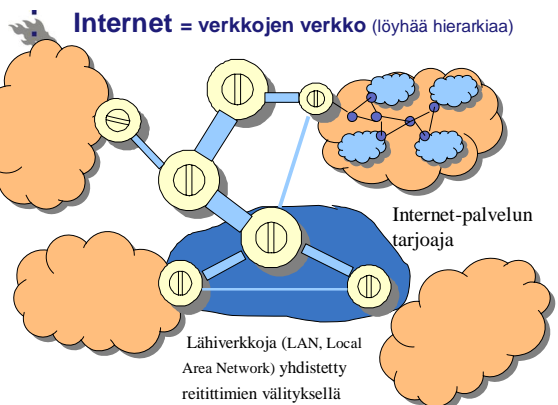
Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 4

# Internetin rakenneosat

- Miljoonia koneita
  - isäntäkoneita (host, end system)
    - työasemia (workstation), palvelinkoneita (server)
    - mobiililaitteita, erilaisia tunnistimia, kameroita, autoja, ....
    - Suorittavat hajautettuja sovelluksia
  - Pakettikytkimiä: siirtävät dataa paketteina eli pieninä lohkoina (reititin (router), linkkitason kytkin (link-level switch))
    - Välittävät sovellusten sanomia koneiden välillä
- Tietoliikennelinkkejä
  - erilaisia siirtomedioita
    - Optinen kuitu, kuparijohto, koaksiaalikaapeli, elektromagneettiset aallot (radio, intrapuna, satelliitti)
    - Siirtonopeus (transmission rate) bittinä sekunnissa (bps)

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 5

# Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)




Internet-palvelun tarjoaja

Lähiverkkoja (LAN, Local Area Network) yhdistetty reitittimien välityksellä

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 6

## 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  
 2008: 1464 miljoonaa käyttäjää  
 yli 20% maailman väestöstä

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

73,6 % Pohjois-Amerikassa;  
 5,3 % Afrikassa

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 7

## Internet

- Julkinen Internet vs. rajattu intranet ja extranet
- Sovellukset voivat lähettää sanomia verkon välityksellä toisilleen
  - yhteydellinen (connection-oriented) palvelu / yhteydetön (connectionless) palvelu
    - Yhteydellinen: Yhteyden muodostus – yhteyden käyttö – yhteyden purku (-puhelu)
    - Yhteydetön: yhteyden käyttö (~posti)
  - luotettava (reliable) (= pyrkii estämään, havaitsemaan ja paikkaamaan virheet) / epäluotettava (unreliable) (= 'hällävää')
- Internetissä: yhteydellinen = luotettava, yhteydetön = epäluotettava
  - TCP-protokolla => yhteydellinen ja luotettava
  - UDP-protokolla =>yhteydetön ja epäluotettava

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 8

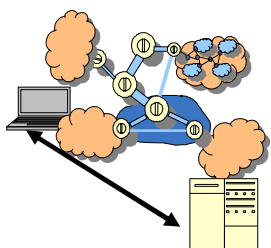
## Tietoliikenteen perusteet

# Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 9

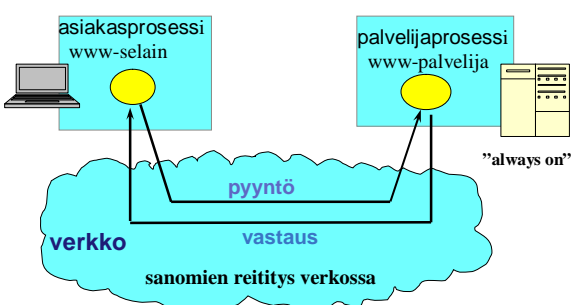
## Verkon reunoilla



- Isäntäkoneet suorittavat hajautettuja sovelluksia (sähköposti, verkkosamoilu, Messenger,...) ovat verkon reunalla
- Asiakas/palvelija-malli pyyntö-vastaus-protokolla www-selain / www-palvelin, postisovellus / postipalvelija, ....
- Vertaistoimijamalli (peer-to-peer, P2P) isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDOnkey, eMule, BitTorrent, Mute, ... Internet-puhelin: Skype

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 10

## Asiakas-palvelija-malli

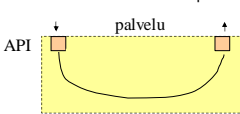


Oikea kone, oikea prosessi

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 11

## Palvelu vs. protokolla

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



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 12



## Tietoliikenteen perusteet

# Verkon syövereissä, reititys

(network core)

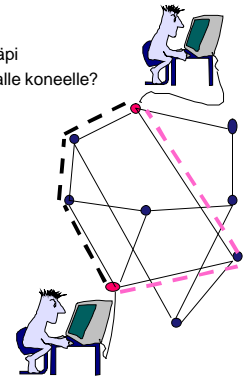


## Reitittimet, reititys

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

**Piirikytkentä:** varaa ensin linkit, joita pitkin kaikki data kulkee

**Pakettikytkentä:** kuljeta data verkossa pieninä paketteina ja reitititä kukin paketti itsenäisesti



## Piirikytkentä (circuit switching)

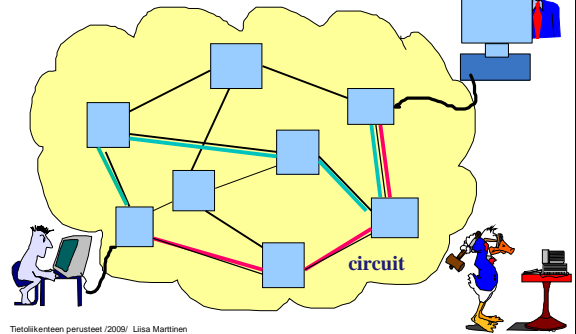
- Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
  - Varataan puskurit, linjakapasiteetti
  - Yhteydenmuodostus ("call")
  - Yhteydenpurku ("shutdown")
- Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- Takaa tasainen nopeuden
  - puhelinverkko

vrt: 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 (taajuudet) jaettu käyttäjien kesken



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



## Siirtonopeus, siirtoaika

### Siirtonopeus

- miten nopeasti dataa lähetetään (bittejä generoidaan) linjalle
- Montako bittiä per aikayksikkö lähetetään
- bps = bittejä sekunnissa

### Siirtoaika

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



## Kauanko kestää ...

- n **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 (eli 24 käyttäjää)
- ja yhteyden muodostamiseen kuluu**  
500 ms?



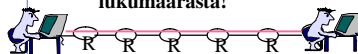
## Ratkaistaan

- n **Yhdelle yhteydelle on käytössä**  
 $1.536 \text{ Mbps} / 24 = 64 \text{ kbps}$

**joten siirtoon kuluu**  
 $640 \text{ Kb} / 64 \text{ Kbps} = 10 \text{ s}$

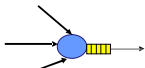
**Kun yhteyspiiriin muodostus vie**  
0.5 s  
**niin aikaa kuluu yhteensä**  
10.5 s.

**Huom! Aika ei riipu välissä olevien linkkien lukumäärästä!**



## Pakettikytkentä (packet switching)

- n Jaa data paketeiksi ja lähetä paketti kerrallaan verkkoon
- n 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
- n **Etappivälitys** (store and forward) = paketti vastaanotetaan kokonaan ja vasta sitten lähetetään eteenpäin
- n Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- n Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
  - n Paketti joutuu odottamaan vuoroaan reitittimen muistissa
  - n **Ruuhka** (congestion) => jopa paketin häviäminen



## Pakettikytkentä

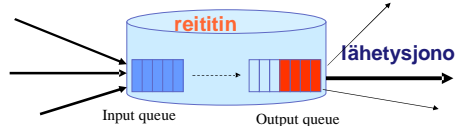
- n **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli** (hop)

- n Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava
- Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa

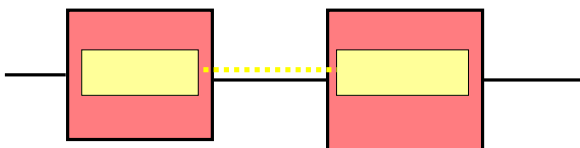
- n  $\text{Paketin siirtoaika} = L/R$ , L = paketin koko bitteinä  
R = lähtölinkin siirtonopeus

- n Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)

- n paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja

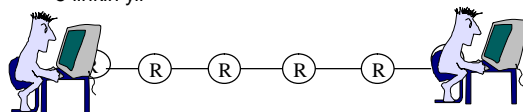


## etappivälitteinen



## 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

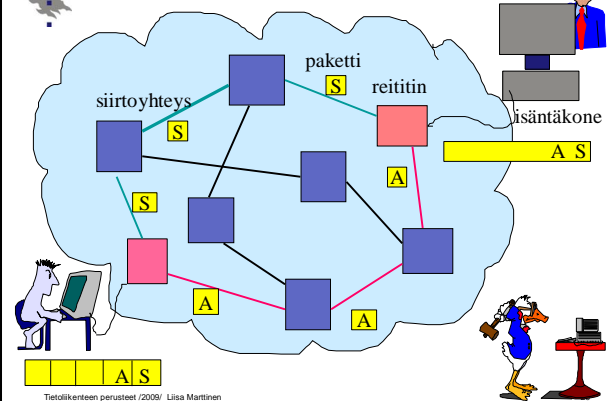


## Ratkaistaan:

siirtoaika yhdellä linkillä on  
 $4 \text{ Kb} / 1000 \text{ Kb/s} = 0.004 \text{ s} = 4 \text{ ms}$   
 joten siirto 5 linkin yli  
 $5 * 4 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$

Ei ole otettu huomioon  
 etenemisviivettä (= signaalin etenemiseen  
 johtimessa tai ilmassa kuluva aika) eikä  
 mahdollisia jonotusviiveitä.  
 Miksei?

## Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko

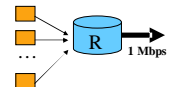


## Etenemisviive (propagation delay)

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

## Tehokkuudesta

Esimerkki  
 Käyttäjät käyttävät yhteistä 1 Mbps linjaa.  
 Kukin käyttäjä joko lähettää 100 kbps  
 tai on kokonaan lähettämättä.



Piirikytkentä  
 Jokaiselle on varattava 100 kbps linjakapasiteettia,  
 joten 1 Mbps riittää 10 käyttäjälle!  
 Entä jos käyttäjiä onkin 35?

## Tehokkuudesta (jatkuu)

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

- 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  $\leq 10$ ) on 0.9996.  
 Nyt 1 Mbps linjakapasiteetti riittää hyvin 35:lle käyttäjälle.  
 Erittäin harvoin joku joutuu odottamaan!
- Purskeinen käyttö on tyypillistä Internetissä  
 hae www-sivu, lue,...

## Pakettikytkentä: Sanoma vs. paketit

Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?

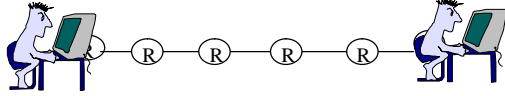


Siirtovirhe  
 Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan  
 Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

Yleisrasite (otsake, jossa mm. lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet)  
 Sanoma: yksi otsake riittää  
 Paketti: jokaisessa paketissa oma otsake

## Sanoma vs. paketit (jatkuu)

Esim. Sanoman koko 400 Kb, linkin nopeus 1 mbps



Kun koko sanoma lähetetään 5 linkin yli, niin aikaa kuluu

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

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

416 ms!!

## Miksi noin?

Paketteja voi lähettää samanaikaisesti eri linkeillä

etappivälitys (store-and-forward)

Koko sanoma (100 pakettia) siirretty 1. linkin yli  
400 Kb / 1Mbps = 400 ms

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

Nyt vielä viimeinen paketti on siirrettävä 4 linkin yli

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

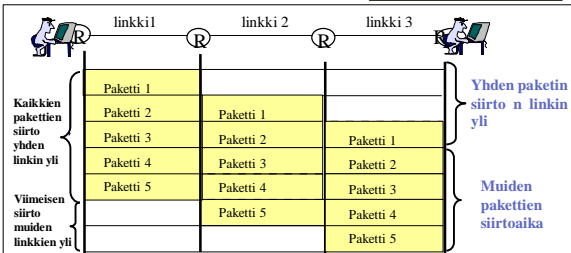
400 ms + 16 ms = 416 ms

## Pakettivälitys siirto-aika

Olkkoon siirtoaika a:

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

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



Sanoman siirtoaika, kun sanomassa on k pakettia ja linkejä on n kappaletta

a)  $k \cdot n$  paketin siirto 1. linkin yli + viimeisen paketin siirto  $n-1$  linkin yli.

b) 1. paketin siirto  $n \cdot n$  linkin yli + muiden  $k-1$  paketin siirto yhden linkin li

Animaatio: [http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_4/63/163034/173750.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/163034/173750.cw/index.html)

## Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,  
fyysinen siirtomedia

## Pääsy Internetiin

Modeemi

56 kbps

DSL

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

ADSL2+: 24/1.4 Mbps (teoreettinen)

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

Kaapelimodeemi

TV, yleislähetys, down ~ 30 Mbps, up ~ 2 Mbps, 100-110 Mbps

Lähiverkko (Local Area Network)

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

Langaton yhteys

@450: 1 Mbps

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

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

## Siirtomedia

Tehtävä siirtää bittivirtaa laitteelta toiselle peräkkäissiirtoa (serial)

Kaapeloitu (guided media)

kuparijohto, optinen kuitu, koaksiaalikaapeli

Langaton (wireless, unguided media)

radioaallot, satelliitti, matkapuhelin

Tietovälineet?

magneettinen levy/nauha, flash-muisti, optinen levy  
suuria tietomääriä kohtalaisella nopeudella ...  
ei "always-on"



## Eri siirtomediaita

- n Kierretty parijohto (twisted pair)
- n Koaksiaalikaapeli
- n Valokaapeli (fiber optics)
- n Sähkömagneettinen aaltoliike
  - n Radioaallot
  - n Mikroaallot
    - Satelliitit
  - n Infrapuna-aallot



## 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 huomoinpi nopeus, vahvistettava
- n **Kallista verrattuna parikaapeliin**
- n **Käyttö**  
TV-kaapelit, (vanhat lähiverkot), aliverkkojen runkoverkoissa
- n **Yleislähetys (shared medium)**  
kaikki kytketyt laitteet huomaavat signaalin



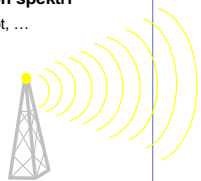
## Valokaapeli (fiber optics)

- n **erittäin puhdasta kvartsia ja lasersäteitä**
  - n 1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
  - n ei sähkömagneettisia häiriöitä
- n **Internetin runkoverkko, puhelinverkot**
  - n jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- n **Toiminta:**
  - n **lähetin** (transmitter): laserdiodi/LED muuttaa sähköpulssit valoksi
  - n **välissä useita valokuitukimppuja** (suojattu ulkoisilta vaurioilta)
  - n **vastaanotto** (reciever)
    - fotodiodi muuttaa valopulssit sähköpulssiksi
    - vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps, WDM (Wavelength Division Multiplexing)  
=> ~40Gbps
  - n kohina häittää, tarvitaan riittävän voimakas valo



## Sähkömagneettinen aaltoliike

- n **Langaton tietoliikenne**  
Maanpäälliset kanavat  
Satelliittikanavat
- n **Tieto koodattu aaltoliikkeeseen**  
amplitudi, taajuus, vaihe, ..
- n **Käytössä laaja näkymättömän valon spektri**  
... radioaallot, mikroaallot, infrapuna-aallot, ...
- n **Rajoituksia**  
generoitavuus / moduloitavuus  
kuuluvuus /näkyvyys  
vaarallisuus?



## Radioaallot (~30 MHz .. 1 GHz)

- n **Helppo generoida**
- n **Etenevät pitkiä matkoja vahvistamatta**  
Tunkeutuvat myös esteiden läpi  
Etenevät kaikkiin suuntiin
- n **Rajallinen resurssi**  
Etenevät laajalle, päällekkäisyys häiritsee  
=> Niukkuutta taajuuksissa, käyttö säänneltyä
- n **Käyttö**  
Radiopuhelin, Radio (AM), TV (VHF)



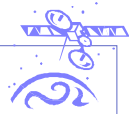


## Mikroaallot ( 1 GHz ... 40 GHz)

- n **Etenevät suoraan**  
sietävät hyvin häiriötä  
antenni /satelliitti on suunnattava
- n **tunkeutuvuus pienempi**  
heijastuksia: kiinteät esteet, sääilmiöt, esim. vesisade
- n **pulaa taajuuksista => luvanvaraista**  
NMT: 450 MHz, GSM: 900 MHz, 1800 MHz
- n **verkkojen perustaminen 'halpaa'**
- n **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)**  
eri taajuudet heikkenevät eri tavoin, suuret enemmän
- n **Viivevääristyminen (delay distortion)**  
Eri taajuuksien komponentit etenevät hieman eri nopeuksilla ja saapuvat vastaanottajalle hieman eri aikaan
- n **Erilaiset 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



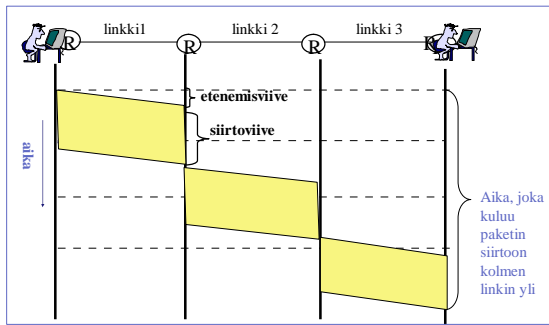
## Etenemisviive (propagation delay)

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

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



## Etenemisviive

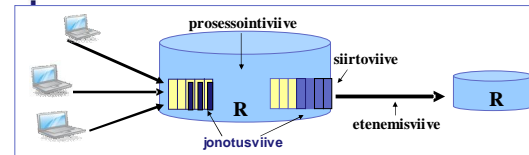


Animaatio: [http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_4/63/163034173750.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/163034173750.cw/index.html)

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

49

## Viive reitittämissä



### Processorointiviive

- Tarkista bittivirheet, hylkää virheelliset paketit
- Tutki paketin otsake, selvitä reititystaulusta, mille linkille menossa

### Jonotusviive (queuing delay)

- joutuu odottamaan reitittimen puskureissa / jonoissa vuoroaan

### Siirtoviive + etenemisviive

- Siirtoviive = paketin lähettämiseen (linkille siirtämiseen) kuluva aika
- etenemisviive = bittien etenemiseen linkillä kuluva aika

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

50

## Tietoliikenteen perusteet

Protokolla,  
protokollapino

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

51

## 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 ylempään käytössä
  - Palvelu ja sen toteutus erotettu
- Kukin protokolla toimii yhdellä kerroksella ja toteuttaa tämän kerroksen jonkin palvelun.
  - HTTP, SMTP
  - TCP, UDP
  - IP

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

52

## 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 määriteltyjä  
Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

### Joustavuus

Pino koottavissa erilaisista protokollista  
Kerroksen toteutusta voi muuttaa, kunhan rajapinnat ennallaan

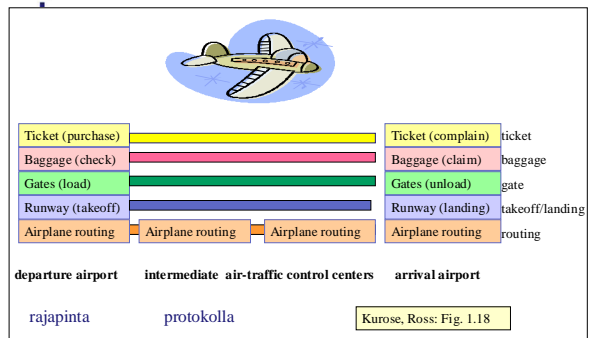
### Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

Sama työ toistamiseen, esim. virhetarkistus  
Kutsumekanismi: kopiointia paikasta toiseen, ...

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

53

## Esimerkki: Lentoyhtiö



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

54

## Internet-protokollapino

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

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 55

## Internet-protokollapino (2)

**Protocol Data Unit (PDU):**

5	Sovelluskerros (Application)	sanoma
4	Kuljetuskerros (Transport)	segmentti
3	Verkkokerros (Network)	datagrammi
2	Linkkerros (Link)	kehys
1	Fyysinen kerros (Physical)	bittivuoto

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 56

## Kerrostien 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

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 57

## Kapselointi

**Reititin**      **Linkkitason kytkin**

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 58

## ISO OSI-viitemalli

**7-kerroksinen malli**  
ISO = International Standardization Organization  
OSI = Open Systems Interconnection  
yhdistää koneita, jotka 'avoimia' kommunikointiin toisten kanssa

**Käsitteellisesti ehjä malli,**

- 1978 -> 1982 viitemalli
- 1983 -> toiminnallisia standardeja
- 1995 uudistuksia

**mutta ei paljoakaan käytössä**

**Katoavaa kansanperintettäkö?**  
Vai vasta tulossa?

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 59

## ISO OSI-viitemalli

- Esitystapakerros**  
**Huolehtii tiedon esitysmuodosta**  
Tiedon esitystapa voi olla erilainen eri koneissa  
Käytettävästä siirtosyntaksista sopiminen  
**Muuttaa tiedon siirtosyntaksin mukaiseksi**  
abstrakti tietorakenne (esim. henkilötietue) siirtomuotoon  
**Salaa ja tiivistys haluttaessa**
- Istuntokerros**  
**Jäsentää tietojen vaihtoa istunnossa**  
kommunikointitavasta sopiminen: kaksi- vai yksisuuntainen lähetysvuoronsäätely  
**Tahdistaa kommunikointia esim. tiedostonsiirrossa**  
Tahdistuspisteet: jos yhteys katkeaa, voi jatkaa siitä mihin jäi
- Sama toiminnallisuus (+ paljon muuta) rakennettavissa TCP/IP-kerrosten päälle = väliohjelmistot (middleware)**

Tietoliikenteen perusteet / 2009/ Liisa Marttinen 60



## 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.