

Tietoliikenteen perusteet

Tietokoneverkot ja Internet

Kurose, Ross: Ch 1

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

1

Sisältöä

- 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

Oppimistavoitteet:

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



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

2

Tietoliikenteen perusteet

Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:

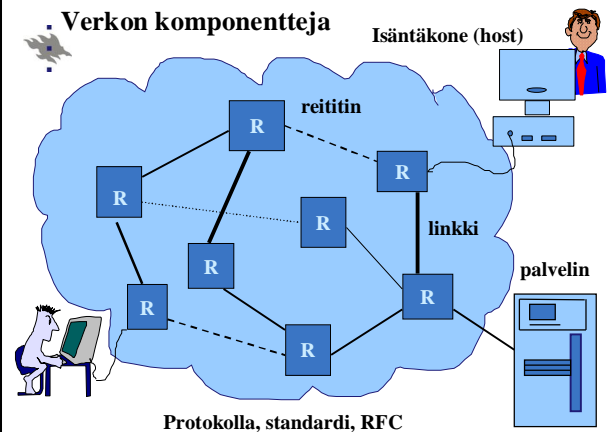
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Internet_map_1024.jpg

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

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

3

Verkon komponentteja



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

4

Internetin rakenneosat

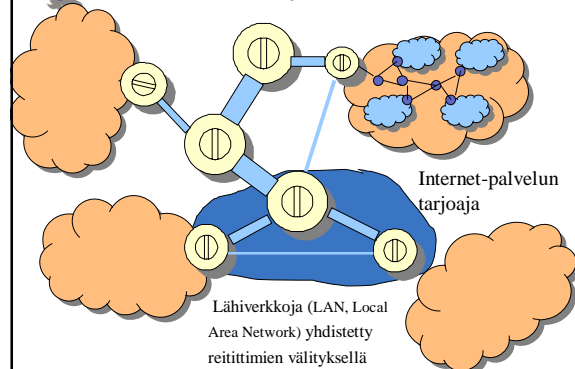
Miljoonia koneita

- 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 /2008/ Liisa Marttinen

5


Internet = verkkojen verkko (löyhää hierarkiaa)



Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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
 2007: 1320 miljoonaa käyttäjää
 20% maailman väestöstä

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

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

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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 /2008/ Liisa Marttinen 8

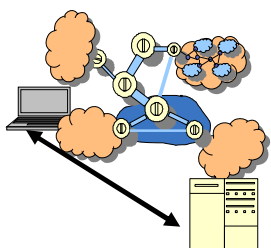
Tietoliikenteen perusteet

Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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,
- Vertaistoinimija-malli (peer-to-peer, P2P) isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana Napster, Gnutella, KaZaA (FastTrack), EDOnkey, eMule, BitTorrent, Mute, ... Internet-puhelin: Skype

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen 10

Asiakas-palvelija-malli

asiakasprosessi
www-selain

palvelijaprosessi
www-palvelija

verkko

pyyntö

vastaus

sanomien reititys verkossa

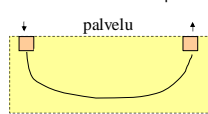
Oikea kone, oikea prosessi

"always on"

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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 /2008/ Liisa Marttinen 12



Tietoliikenteen perusteet

Verkon syövereissä, reititys

(network core)

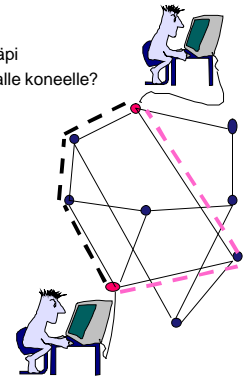


Reitittimet, reititys

- 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 reititit kukin paketti itsenäisesti



Piirikytkentä (circuit switching)

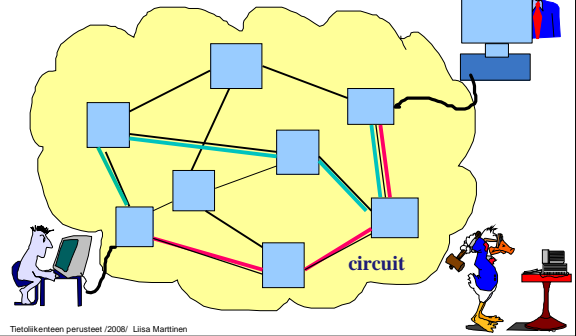
- Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
 - Varataan puskurit, linjakapasiteetti
 - Yhteydenmuodostus ("call")
 - Yhteydenpurku ("shutdown")
- Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- Takaa tasainen nopeuden
 - puhelinverkko

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 jaettu käyttäjien



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



Siirtonopeus, siirtoaika

Siirtonopeus

- miten nopeasti dataa pystytään lähettämään linjalle
- Montako bittiä per aikayksikkö
- bps = bittinä 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
- ja yhteyden muodostamiseen kuluu**
500 ms?



Ratkaistaan

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

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

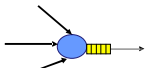
Kun yhteyspiirin muodostus vie
0,5 s
niin aikaa kuluu yhteensä
10,5 s.

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,
 - n Varaus tarvittaessa (on-demand)
 - n 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



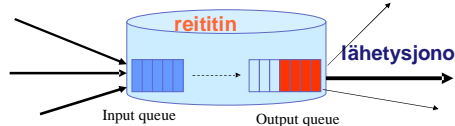
Pakettikytkentä

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

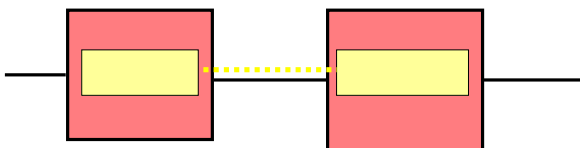
- n Reitittimessä taulukko => mihin linkkiin kukin kohdeosoite on ohjattava
- Reititysprotokollat laskevat parhaat reitit ja päivittävät taulukkoa

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

- n Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviivettä** (queuing delay)
- n paketti joutuu odottamaan, koska reititin lähettää linkille muita paketteja

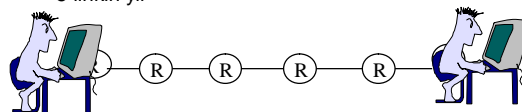


etappivälitteinen



Kauanko kestää...

- n **Kauanko kestää lähettää**
yksi 4 Kb:n paketti
- pakettikytkentäisessä verkossa, jossa**
linjan siirtonopeus on 1 Mbps
- ja paketti kulkee**
5 linkin yli

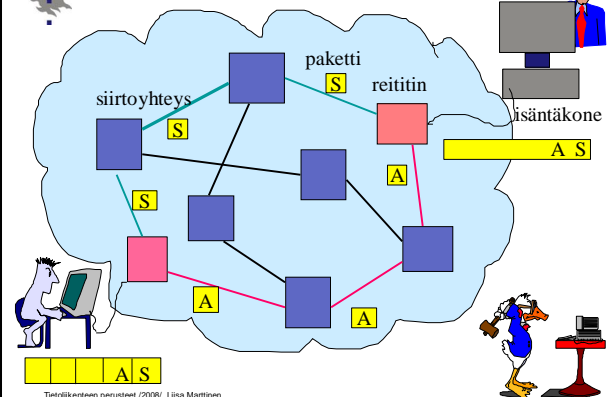


Ratkaistaan:

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

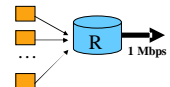
merkitystä etenkin satelliittiliinkeillä, myös mannanter
 välisissä yhteyksissä

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 ≤ 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,...

Sanoma vs. paketit

Miksi ei lähetetä koko sanomaa kerralla?



Siirtovirhe

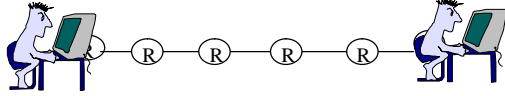
Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan
 Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

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

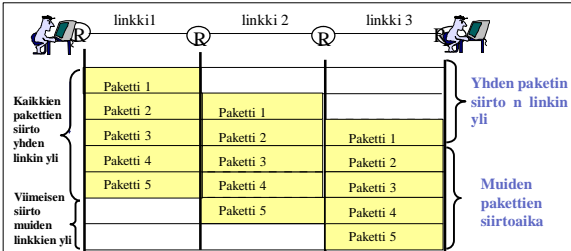
400 ms + 16 ms = 416 ms

Pakettivälitys siirto-aika

Olkoon 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

Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,
fyysinen siirtomedia

Pääsy Internetiin

Modeemi

56 kbps

DSL

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

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

Kaapelimodeemi

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



Kierretty parijohto (twisted pair)

- Kaksi eristettyä kuparijohtoa kierretty yhteen**
vähentää häiriötä
kaapelissa yleensä useita
- Yleisesti käytetty**
puhelinverkko (jo yli 100 vuotta), paikallisilmukka, rakennusten sisällä
- Hintaan nähden hyvä suorituskyky**
useita kilometrejä ilman vahvistinta
useita Mbps - Gbps parin kilometrin matkalla
ADSL, nopeat lähiverkot (useita Gbps)



Koaksiaalikaapeli

- Kaksi sisäkkäistä kuparijohdinta**
hyvä häiriösuoja
- Suuret nopeudet**
1-2 Gbps 1-2 km -kaapelilla
pitkillä etäisyyksillä huonompi nopeus, vahvistettava
- Kallista verrattuna parikaapeliin**
- Käyttö**
TV-kaapelit, (vanhat lähiverkot), aliverkkojen runkoverkoissa
- Yleislähetys (shared medium)**
kaikki kytketyt laitteet huomaavat signaalin



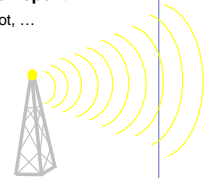
Valokaapeli (fiber optics)

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

eri taajuuudet 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



Sisältöä

n Internet

n Verkon reunalla:

- n asiakkaat ja palvelimet,
- n yhteydetön ja yhteydellinen palvelu

n Verkon sisällä

- n Piirikytkentäinen, pakettikytkentäinen verkko
- n Datasähkeverkko, virtuaalipiiverkko

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

Viivettä
siirtotiellä



Etenemisviive (propagation delay)

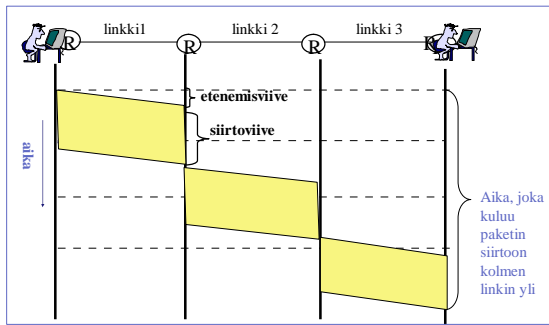
n Bitit (signaalit) etenevät siirtomediassa mediasta riippuen noin 2/3 valonnopeudesta

n Riippuu etäisyydestä ja hieman siirtomediasta merkitystä etenkin satelliittiliinkeillä, myös pitkissä mannan 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

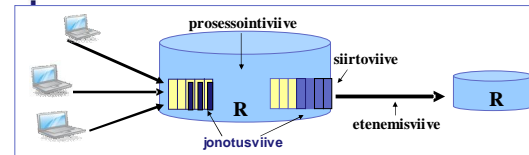


Animaatio: http://wps.aw.com/aw_kurose_network_4/63/163034173750.cw/index.html

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

49

Viive reitittimessä



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 /2008/ Liisa Marttinen

50

Tietoliikenteen perusteet

Protokolla,
protokollapino

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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 /2008/ 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

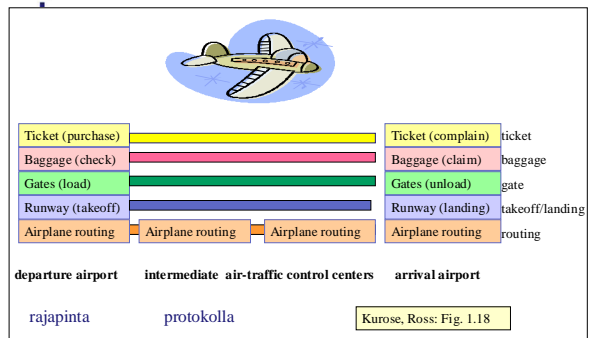
Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

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

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

53

Esimerkki: Lentoyhtiö



Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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
 - Paketitkytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä
 - Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu.

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen 55

Internet-protokollapino (2)

Protocol Data Unit (PDU):

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

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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 /2008/ Liisa Marttinen 57

Kapselointi

Reititin **Linkkitason kytkin**

Tietoliikenteen perusteet /2008/ 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 /2008/ 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
Salaus ja tiivistys haluttaessa
- Istuntokerros**
Jäsentää tietojen vaihtoa istunnossa
kommunikointitavasta sopiminen: kaksi- vai yksisuuntainen lähetyvuoronsäätely
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 /2008/ 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.