

Tietoliikenteen perusteet

Tietokoneverkot ja Internet


Kurose, Ross: Ch 1

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 1

Sisältöä

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

- n Internet
- n Verkon reunalla:
 - n asiakkaat ja palvelimet,
 - n yhteydetön ja yhteydellinen palvelu
- n Verkon sisällä
 - n Piirikytkentäinen, pakettikytkentäinen verkko
 - n Datasähköverkko, virtuaalipiiriverkko
- 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



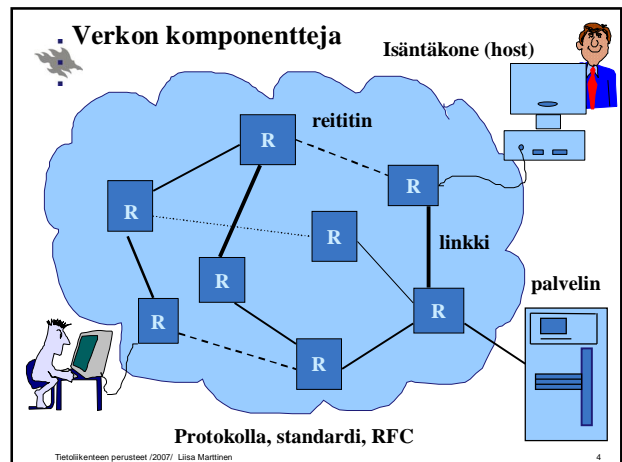
Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 2

Tietoliikenteen perusteet

Internet

Osittaisia kuvia Internetistä:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d2/Internet_map_1024.jpg
<http://www.cheswick.com/ches/map/gallery/isp-ss.gif>

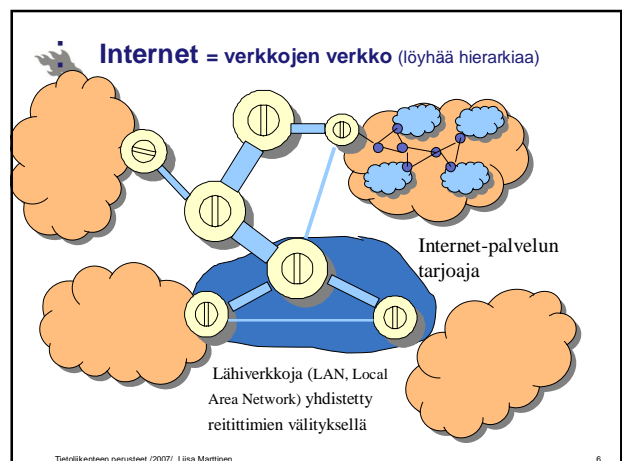
Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 3



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 Tietoliikennelinkkejä
 - n erilaisia siirtomedioita
 - Optinen kuitu, kuparijohto, koaksiaalikaapeli, elektromagneettiset aallot (radio, intrapuna, satelliitti)
 - Siirtonopeus (transmission rate) bittinä sekunnissa (bps)

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 5





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: 1094 miljoonaa käyttäjää
 16,6% maailman väestöstä



69,4 % Pohjois-Amerikassa;
 3,5 % 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
 - Yhteydetön: yhteyden käyttö
 - n **luotettava** (reliable) (= pyrkii estämään, havaitsemaan ja paikkaamaan virheet) / **epäluotettava** (unreliable) (= 'hällävää')
- n Internetissä: yhteydellinen = luotettava, yhteydetön = epäluotettava
 - n TCP-protokolla yhteydellinen ja luotettava
 - n UDP-protokolla yhteydetön ja epäluotettava



Tietoliikenteen perusteet

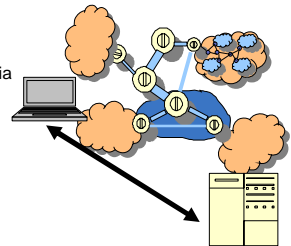
Verkon reunoilla, päästä päähän

(network edge)

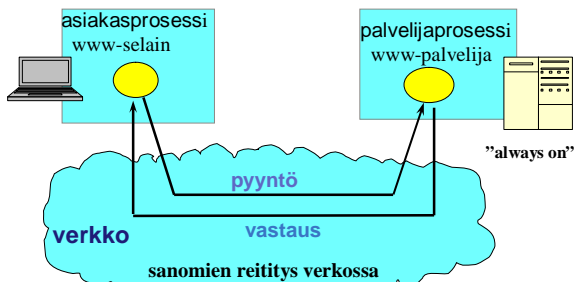


Verkon reunoilla

- n **Isäntäkoneet**
 suorittavat hajautettuja sovelluksia (sähköposti, verkkosamailu, Messenger,...)
 ovat verkon reunalla
- n **Asiakas/palvelija-malli**
 pyyntö-vastaus-protokolla
 www-selain / www-palvelin,
 postisovellus / postipalvelija,
- n **Vertaistoimijat-malli**
 peer-to-peer, P2P
 isäntäkone sekä asiakkaana että palvelijana
 Napster, Gnutella, KaZaA,



Asiakas-palvelija-malli



Oikea kone, oikea prosessi



Palvelu vs. protokolla

- n **Palvelu**: joukko palvelijan toimintoja, jotka ovat asiakkaan käytettävissä
- n **Protokolla**: säännöt, jotka määräävät, miten sanomia vaihdetaan palvelun saamiseksi
 - n Sanomien muoto, sanomien järjestys, ..
- n Päästä-päähän-protokolla (end-to-end) (sovelluksen prosessilta toisen sovelluksen prosessille)
 - n Yhteydellinen (loogisella tasolla)
 - n Yhteydetön
 - n Kumpi?
 - Palvelun ohjelmoija päättää
 - Kustannus, tarvittava palvelutaso (Quality of Service, QoS)



Yhteydellinen palvelu

- n Internet: yhteydellinen palvelu = luotettava tiedonsiirto = kaikki sanomat virheettöminä ja lähetyksjärjestyksessä sovellukselle
- n Yhteydenmuodostus (handshaking, open), jossa sovitaan monesta yhteyteen liittyvästä asiasta
- n Palvelun käyttö: sanomien vaihtoa
- n Yhteyden purku (shutdown, close)
- n Prosessit tietävät yhteyden olemassa olosta. Reitittimet eivät. Ne vain välittävät paketteja linkkien yli.
- n Vrt. puhelu



Internetin yhteydellinen palvelu

- n **TCP-palvelu** [RFC 793] = luotettava, järjestyksen säilyttävä tavuvirta
 - n TCP (Transmission Control Protocol) = Internetin yhteydellinen palvelun toteuttava protokolla
- n **Virheetön siirto** eli virheiden ja puuttuvien segmenttien havaitseminen ja tilanteen korjaaminen
 - n Tarkistusbitit, kuittauksset, sanomanumerointi, ajastimet, uudelleenlähetyt
- n **Vuonvalvonta** (flow control): Lähettäjä hiljentää, jos vastaanottaja ei ehdi käsitellä riittävän nopeasti
 - vastaanottajan puskurit täyttyvät ja sanomia katoaa tämän takia
- n **Ruuhkanvalvonta** (congestion control): Lähettäjä hiljentää, jos reitittimet eivät ehdi käsitellä riittävän nopeasti
 - verkko ruuhkautuu ja hävittää sanomia, koska reitittimen puskurit täyttyvät



Yhteydellinen palvelu

- n TCP-palvelua ja TCP-protokollaa käyttäviä sovelluksia ja sovellusprotokollia
 - n Web (HTTP)
 - n File Transfer (FTP)
 - n Remote login (Telnet)
 - n Sähköposti (SMTP)



Yhteydetön palvelu

- n Ei yhteydenmuodostusta eikä purkua
 - n Lähetään vaan sanomia
- n Sanomat voivat saapua vastaanottavalle prosessille eri järjestyksessä kuin lähetetty
- n Sanomien perillemeno ei varmisteta, joten osa sanomista voi puuttua
- n Virheellisiä sanomia ei korjata
- n Vrt. kirjeposti



Internetin yhteydetön palvelu

- n UDP-palvelu [RFC 768] = "ei-luotettava" sanomien välitys, järjestys voi vaihtua
- n UDP-protokolla (User Datagram Protocol) = yhteydettömän palvelun toteuttava protokolla
- n Ei numeroi, ei kuittaa, ei uudelleenlähetä
- n Ei vuonvalvontaa, ei ruuhkanvalvontaa
 - n Ei yleisrasitetta (overhead)
- n Luotettavuus?
 - n Sovellusohjelmoija voi huolehtia itse, jos tarpeen
- n Sovelluksia
 - n Nimipalvelu DNS, streaming media, telekonferenssit, Internet-puhelin (voice over IP, VoIP)



Tietoliikenteen perusteet

Verkon syövereissä, reititys

(network core)



Tietoliikenneyhteys

- Asiakkaan ja palvelijan välinen looginen yhteys
 - Lähde => kohde reitti?
- Tehtävänä on sanomien kuljetus oikeaan kohteeseen!
 - Vastaanottaja- ja lähettäjäkoneen IP-osoite sekä porttinumerot, joihin prosessit on sidottu
- Alkuperäisessä muodossa
 - Kaikki sanomat ja kukin vain kertaalleen oikeassa järjestyksessä
- (kenties vielä) sovitussa ajassa?
 - Quality of Service (QoS)

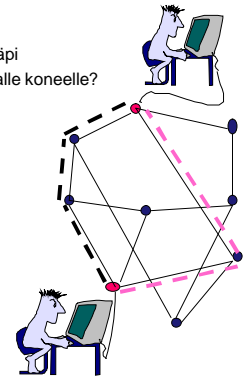


Reitittimet, reititys

- 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)

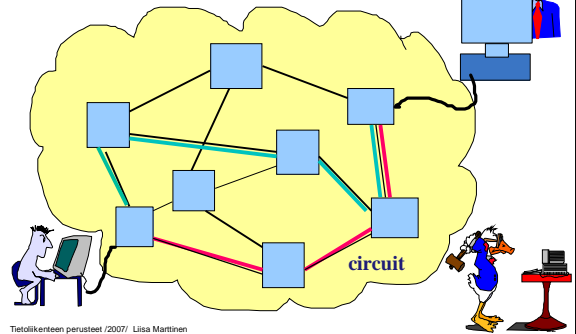
- Varaa yhteydelle omat resurssit päästä-päähän koko yhteyden ajaksi
 - Varataan puskurit, linjakapasiteetti
 - Yhteydenmuodostus ("call")
 - Yhteydenpurku ("shutdown")
- Resurssit varattuna, vaikka niitä ei käytettäisi
- Takaa tasainen nopeuden
 - puhelinverkko

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 käyttöönsä koko kaistanleveyden tietyn aikajakson ajaksi



Siirtonopeus, siirtoaika

Siirtonopeus

- miten nopeasti dataa pystytään lähettämään linjalle
- Montako bittä 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
 piiriyhteyksistä 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 Mbps/24 = 64 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
- n Ei varata resursseja etukäteen
 - n Varaus tarvittaessa (on-demand)
 - n Tilastollinen kanavointi (Statistical multiplexing)
- n Koko linkin kapasiteetti siirrettävälle paketille
- n Yhteenlaskettu siirtotarve voi ylittää lähtevän linjan siirtonopeuden
 - n Odotetaan vuoroa reitittimen muistissa
 - n Ruuhka (congestion)

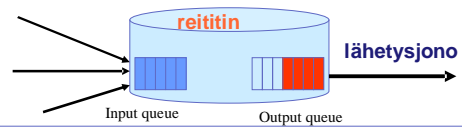


Pakettikytkentä

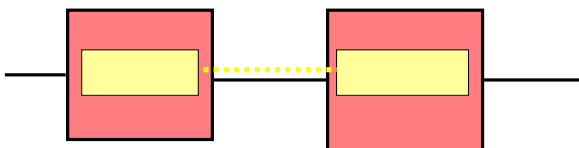
- n **Reititin vastaanottaa koko paketin ennenkuin lähettää sen seuraavan linkin yli (hop)**

- n Etappivälitys (store-and-forward)
- n Paketin siirtoaika = L/R , L = paketin koko bitteinä
 R = lähtölinkin nopeus

- n Reitittimessä mahdollisesti **jonotusviive** (queuing delay)
 joskus paketti joutuu odotamaan, koska reititin lähettää linkille
 muita paketteja

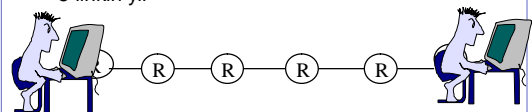


etappiväliteinen



Kauanko kestää...

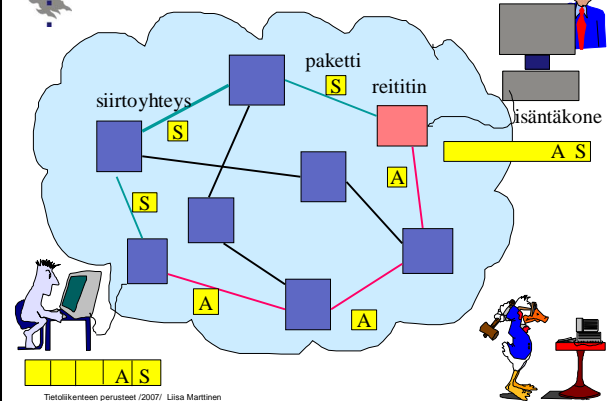
- n **Kauanko kestää lähettää**
 yksi 4 Kb:n paketti
 pakettikytkentäisessä verkossa, jossa
 linkin siirtonopeus on 1 Mbps
 ja paketti kulkee
 5 linkin yli



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 mahdollisia jonotusviiveitä Miksei?

Pakettivälitteinen tiedonsiirtoverkko

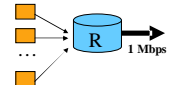


Etenemisviive (propagation delay)

- 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 mannan 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)

- Pakettikytkentä
Käyttäjiä on 35 ja kukin lähettää 10% ajasta ja on joutilaana 90% ajasta.
Todennäköisyys, että samanaikaisesti lähettämässä >10 , on pienempi kuin 0.0004!
Tn., että 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?

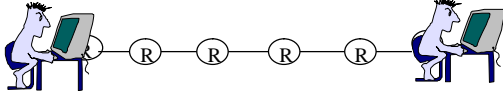


- Siirtovirhe
Sanoma: koko virheellinen sanoma lähetettävä uudestaan
Paketti: Vain yksi virheellinen paketti lähetettävä uudestaan

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

Sanoma vs. paketit

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

$$416 \text{ ms!}$$

Miksi noin?

Paketteja voi lähettää samanaikaisesti eri linkeillä

etappivälitys (store-and-forward)

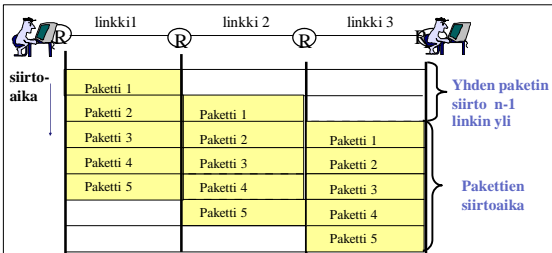
Koko sanoma (100 pakettia) siirretty 1. linkin yli
400 Kb / 1Mbps = 400 ms

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

Nyt vielä viimeinen paketti on siirrettävä 4 linkin yli
 $4 * 4 \text{ Kb} / 1 \text{ Mbps} = 16 \text{ ms}$

$400 \text{ ms} + 16 \text{ ms} = 416 \text{ ms}$

Pakettivälitys



Kun linkejä on n kappaletta, niin 1. paketin siirtoaika tulee n-kertaiseksi.

Sanoman siirtoaika kasvaa vain n-1 linkin ylittämiseen tarvittavan ajan (pakettien lukumäärästä riippumatta).

Pakettien reititys

Jokaisessa paketissa on lähde- ja kohdeosoite

Reitittämissä on useita verkkokortteja, se kuuluu itse useampaan verkkoon

Reititin pitää yllä reititystaulua: minne päin paketti seuraavaksi

Datagrammiverkko (datagram network)

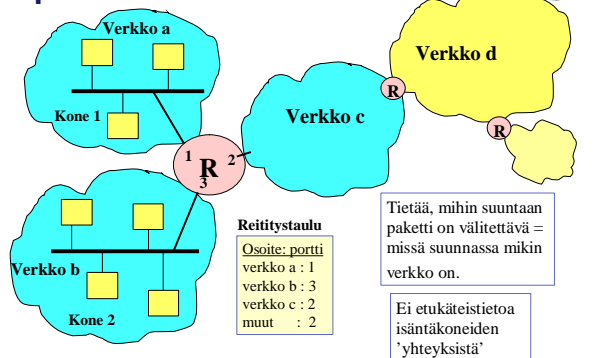
Kukin paketti reititetään joka reitittämissä erikseen.

Paketit voivat kulkea eri reittejä, järjestys ei välttämättä säily reititystaulu = minne suuntaan seuraavaksi

Virtuaaliipiiriverkko (virtual-circuit network)

Ensimmäinen paketti jättää jälkeensä virtuaaliipiirin, muut kulkevat samaa reittiä. Kuhunkin linkkiin jää oma jälki, virtuaaliipiirinumero reititystaulu = virtuaaliipiirinumeroiden muunnostaulukko

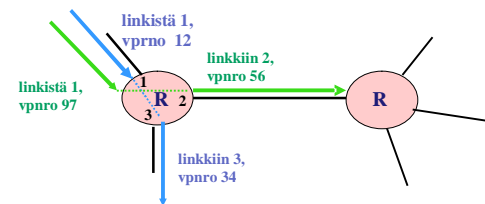
Reititys: datagrammiverkko



Reititys: Virtuaaliipiiriverkko

1. paketti muodostaa reitin, muut paketit kulkevat samaa reittiä otsakkeessa kohdeosoitteen lisäksi virtuaaliipiirinumero vpnro reititin ylläpitää tietoa piirinumeroista ('haju jälki')

Reititys = selvitä vpnro:a vastaava linkki, välitä paketti linkille



Virtuaaliipiirin muunnostaulukko

Sisään: linkki / vpnro	Ulos: vpnro / linkki		
1	12	34	3
1	97	56	2
2	42	101	3
2	10	78	1
3	12	65	2

Taulukkoa päivitettävä aina kun uusi yhteys on muodostettu tai vanha purettu!

Pakettivälitystä: Ylläpitää tilafietoja yhteydestä (=vpnro), mutta ei varaa resursseja etukäteen!

Virtuaaliipiirin muunnostaulukko

§ Joka linkillä omat VP-numerot

§ reititin antaa VP-numerot

§ Miksi ei käytetä koko yhteydellä samaa VP-numeroa?

§ riittää pienempi numeroavaruus =>

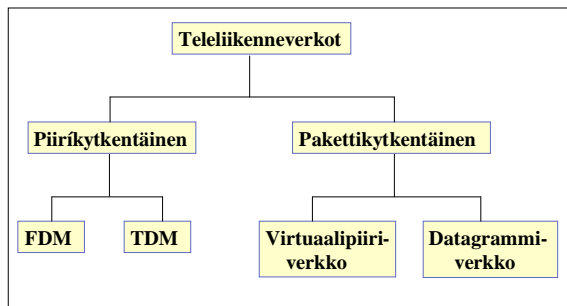
tarvitaan pienempi kenttä numeroa varten

0-255 => riittää 8 bittä

0-4095 => tarvitaan 12 bittä

§ yhteisestä, koko verkon läpikäyvistä numeroinnista sopiminen on isossa verkossa lähes mahdoton tehtävä!

Verkkojen taksonomia



Tietoliikenteen perusteet

Pääsy Internetiin,
fyysinen siirtomedia

Pääsy Internetiin

Modeemi

56 kbps

ADSL (Asymmetric Optical Subscriber Link)

down ~10 Mbps, up ~1Mbps

FDM, 4 kaistaa

Kaapelimodeemi

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

Lähiverkko (Local Area Network)

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

Langaton yhteys

WLAN (Wi-Fi): 11 Mbps, 54 Mbps

WAP/GPRS: down ~80 kbps, up ~40 kbps

3G/UMTS: 384 kbps



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 parin kilometrin matkalla
analoginen tai digitaalinen siirto



Kierretty parikaapeli

- Suojattu / suojaamaton**
UTP (Unshielded twisted pair)
yleisesti käytetty LAN:eissa (19 Mbps - 1 Gbps)
- Luokitus (category)**
luokka 3: puhelinyhteydet, LAN 16 Mbps
kotiyhteydet verkkoon: ISDN (128 kbps), ADSL (10 Mbps)
- luokka 5: 100 Mbps
enemmän kierrettä ja teflon-eriste
- luokka 6: Gb Ethernet
Suurempi kaistanleveys, parempi siirtokyky,
parempi häiriönsieto



Koaksiaalikaapeli

- Kaksi sisäkkäistä kuparijohtoa**
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



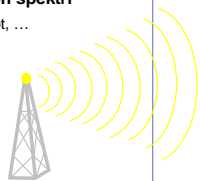
Valokaapeli (fiber optics)

- erittäin puhdasta kvartsia ja lasersäteitä**
1 km kuitua vaimentaa valoa vähemmän kuin 3 mm ikkunalasi
ei sähkömagneettisia häiriöitä
- Internetin runkoverkko, puhelinverkot**
jopa 100 Gbps 30 km kaapelilla
- lähetin (transmitter)**
Laseriodi/LED muuttaa sähköpulsit valoksi
- Välissä useita valokuitukimppuja**
suojattu ulkoisilta vaurioilta
- Vastaanotto (receiver)**
fotodiodi muuttaa valopulsit sähköpulsseiksi
vasteaika ~ 1 ns => ~1 Gbps, WDM (Wavelength Multiplexing)
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)

- 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)**
ei taajuuksia 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

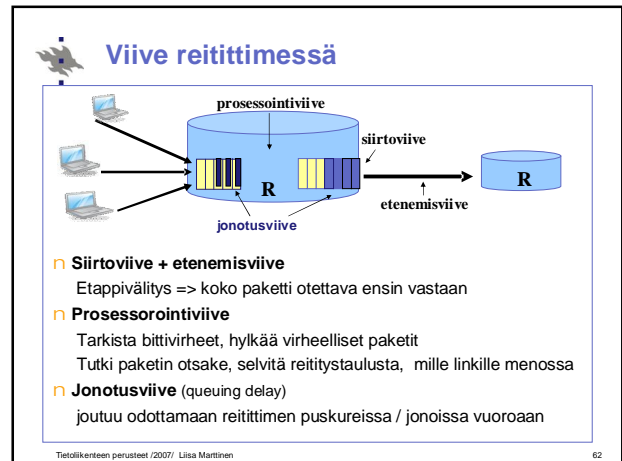
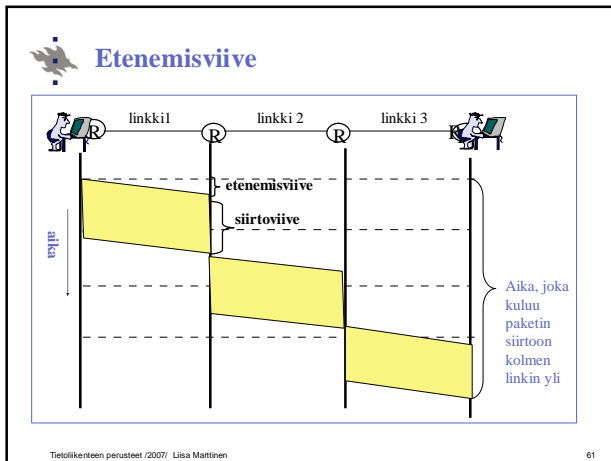
Viivettä ja virheitä
siirtotiellä



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.



Pohdittavaa!

- Mistä vastaanottaja voi tietää, onko paketti virheellinen vai ei?
- Miten reitittimen tulee toimia, jos se havaitsee virheen?
- Mistä lähettäjä tietää, onko vastaanottaja todella saanut paketin?
- Miten lähettäjän tulee toimia, jos paketille ei tule mitään vastausta, ts. paketti tai sen kuittaus katoaa?
- Milloin /miksi vastaanottaja voi saada saman paketin useaan kertaan (kaksoiskappale eli duplikaatti)?

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 63

Pohdittavaa!

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

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 64

Tietoliikenteen perusteet

Protokolla,
protokollapino

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 65

Protokolla

- Protokolla = yhteyskäytäntö**
Mitä sanomia, missä tilanteessa ja missä järjestyksessä lähetetään
Miten saatuihin sanomiin reagoidaan syntaksi ja semantiikka
- Protokollapino = protokollien kerrosrakenne**
Toiminnot on jaettu kerroksiin
Alempien kerroksen toiminnot ovat ylempien käytössä
Lähettäjä ja vastaanottaja käsittelevät samalla kerroksella samoja asioita
- Protokolla = kerroksen keskustelusäännöt**

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 66



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 määritelty
Kaksisuuntainen 'palveluluukku': mitä tekee, kuinka on käytettävissä

Joustavuus

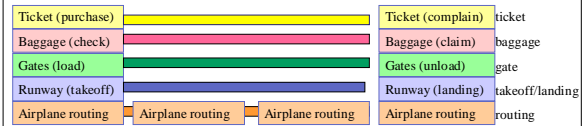
Pino koottavissa erilaisista protokollista
Kerroksen toteutus voi muuttua, kunhan rajapinnat ennallaan

Jos kerroksia on paljon, se voi vaikuttaa suorituskykyyn

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



Esimerkki: Lentoyhtiö



departure airport intermediate air-traffic control centers arrival airport

rajapinta protokolla



Internet-protokollapino

1969: aluksi TCP ja IP samassa nipussa

1980: uusittu TCP, UDP ja IP

Lähtökohdat

Tarve yhdistää monia hyvin erilaisia verkkoja

Vikasetoisuus

De-facto-standardi

Ensin toimiva protokollatoteutus, sitten viitemalli

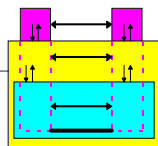
RFC-julkaisuja, standardeja

Tulos

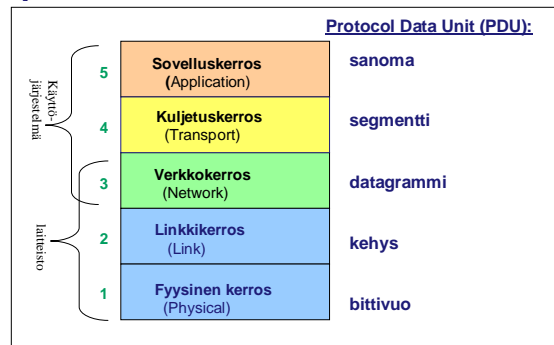
Koneilla yksikäsitteiset IP-osoitteet

Pakettikytkentäinen verkko: IP-pakettien välitystä

Yhteydellinen (TCP) ja yhteydetön (UDP) palvelu



Internet-protokollapino



Kerrosten tehtävät



Sovellus: verkkosovellusten omat protokollat

HTTP, DNS, SMTP, FTP,

Kuljetus: sanomien siirto prosessilla 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, PPP

Fyysinen: generoi, siirtää ja vastaanottaa bittivuota



Virhetilanteiden käsittely

Virheen havaitsemista ja virheestä toipumista joka kerroksessa

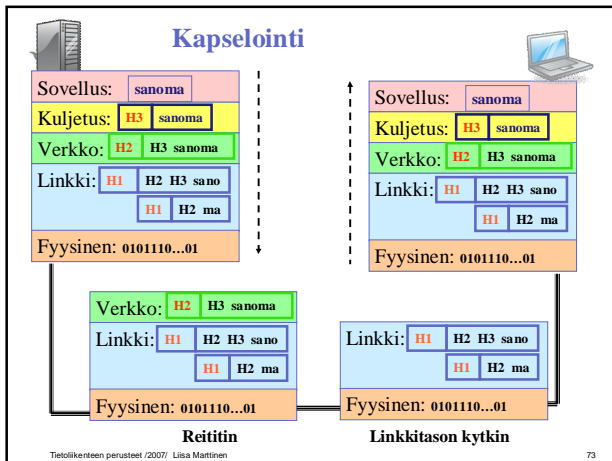
Kukin kerros liittyy omaan otsakkeeseen /lopukkeeseen omia tarkistustietoja

Kukin kerros selvittää omaan kerrokseen liittyvät virheet protokollan mukaan

uudelleenlähetykset, NACK, hävitys, älä välitä, ...

Jos ei onnistu, palauttaa tarvittaessa virhekoodin ylemmälle kerrokselle

Virhe voi jäädä sovelluksen hoidettavaksi



ISO OSI-viitemalli

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

Käsitteellisesti ehjä malli,

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

mutta ei paljoakaan käytössä

n Katoavaa kansanperintettäkö?
 Vai vasta tulossa?

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 74

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 lähetysvuoronsääntely
Tahdistaa kommunikointia esim. tiedostonsiirrossa
 Tahdistuspisteet: jos yhteys katkeaa, voi jatkaa siitä mihin jäi

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

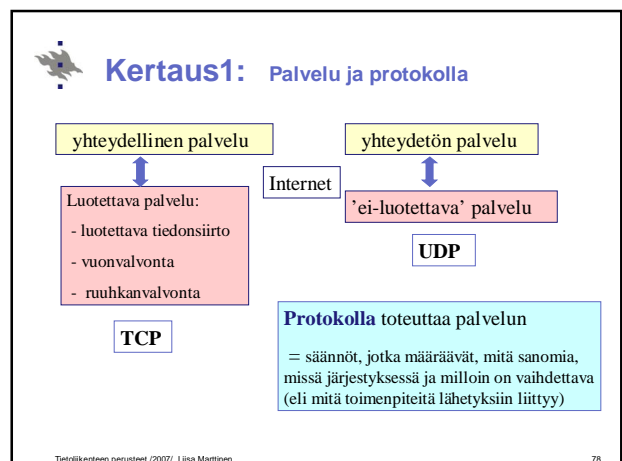
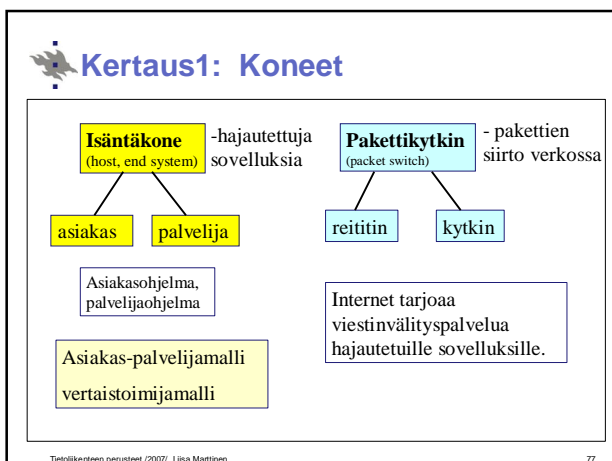
Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 75

Kertauskysymyksiä

- n Isäntäkone vs. reititin?
- n Protokolla?
- n Miksi kerrosrakenne?
- n Internet-protokollakerrokset?
- n Virtuaaliipiirikytkentä vs. pakettikytkentä?
- n Yhteydellinen vs. yhteydetön palvelu?
- n Sanoma vs. paketti?
- n Viipeet?

Ks . myös kurssikirja ss. 61-62

Tietoliikenteen perusteet /2007/ Liisa Marttinen 76





Kertaus1: Verkkojen taksonomia

