



HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Networking Laboratory

S-38.1105

Tietoliikennetekniikan perusteet

Luento 2
Siirtotiet. OSI-kerrokset 1 ja 2.

Timo Smura 30.01.2008



Luennon aiheet

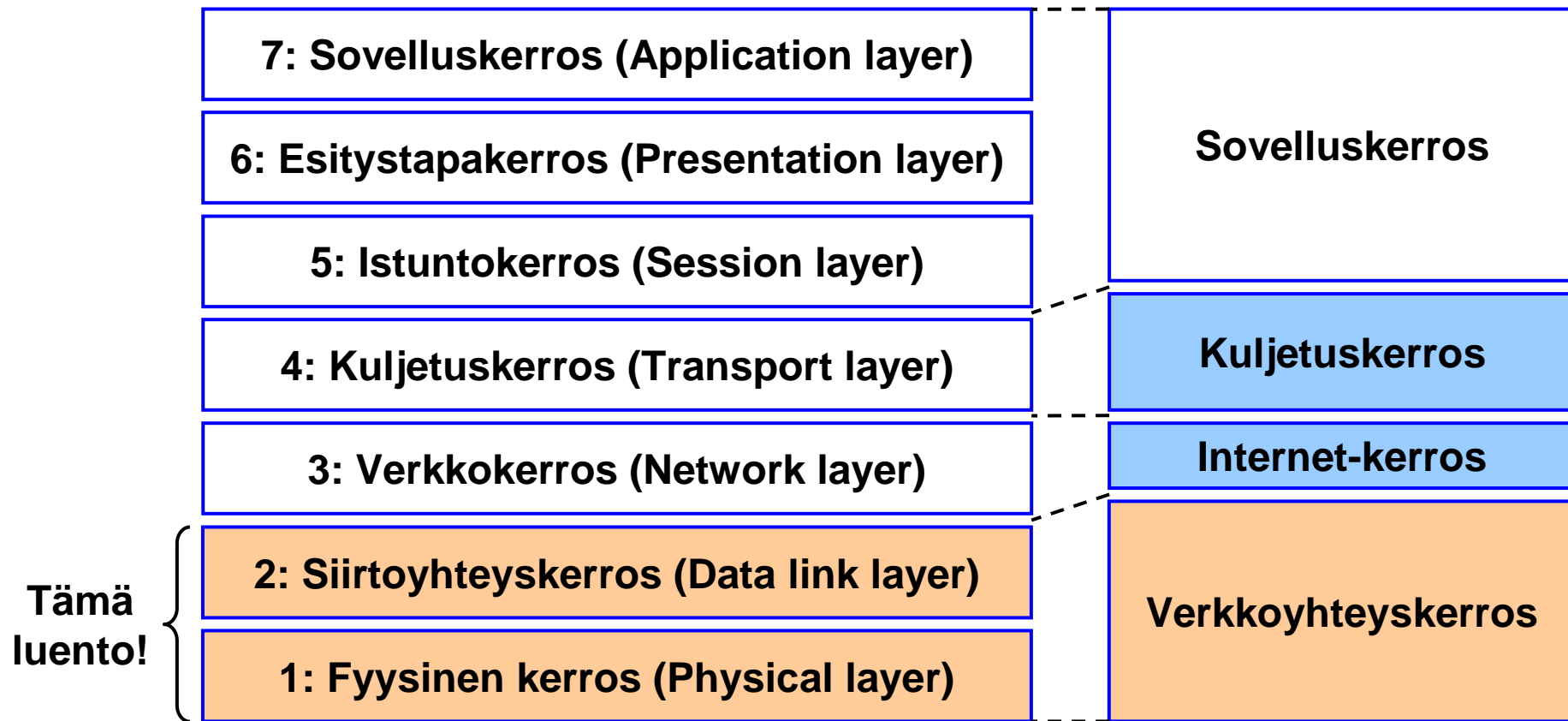
- Kertausta
 - Verkkojen kerrosmalli: OSI
- Fyysinen kerros (OSI-mallin 1. kerros)
 - Siirtotiet: Avojohto, kaapeli, valokuitu, radiolinkit
- Siirtoyhteyskerros (OSI-mallin 2. kerros)
 - vuonohjaus
 - virheenkorjaus
 - vuoronvarausmenettelyt (access control)



Kertausta: OSI-malli

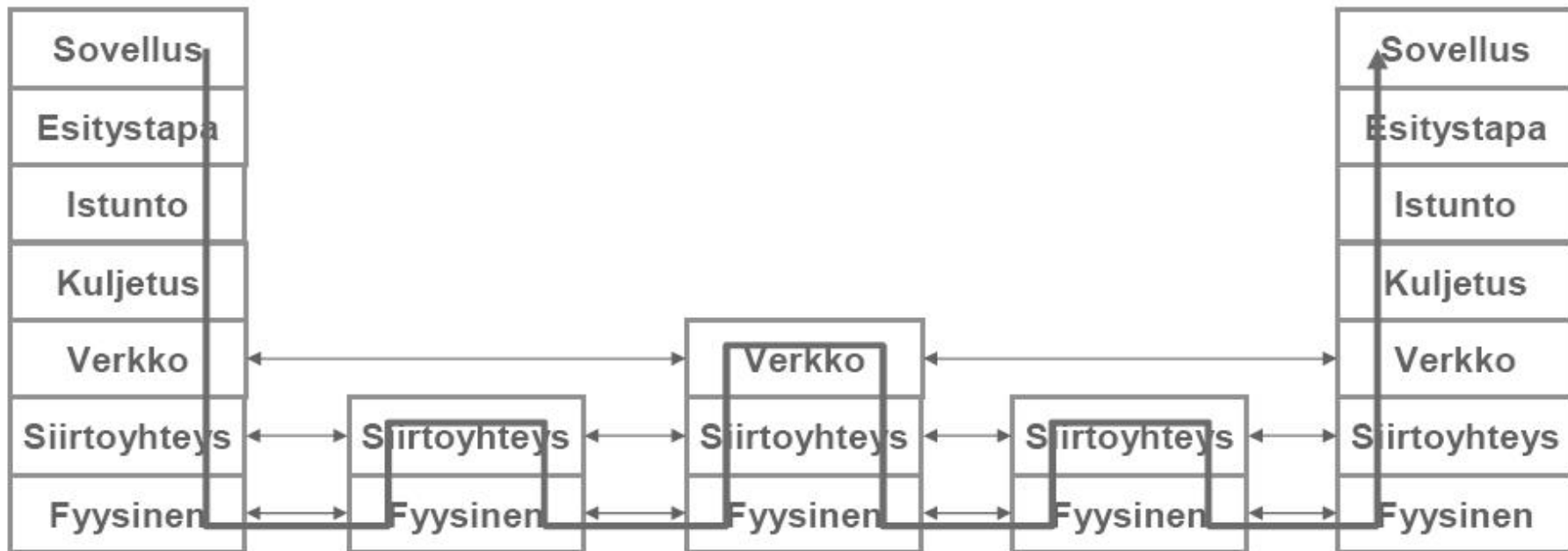
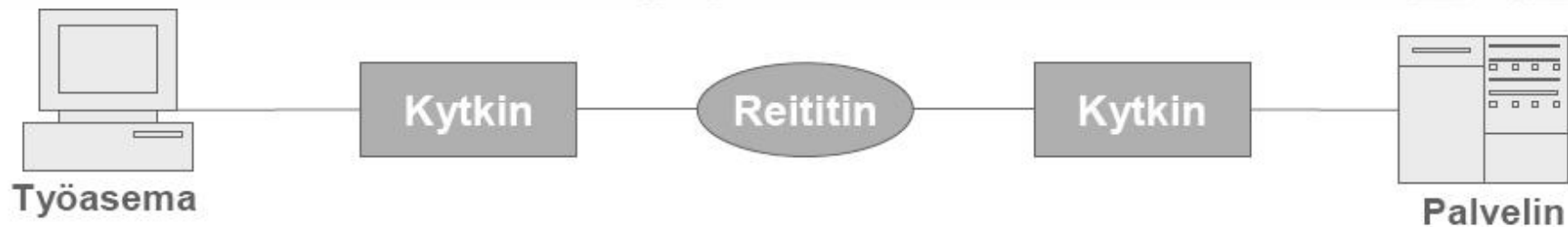
OSI-malli:

TCP/IP-malli:





OSI-malli, esimerkki





HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Networking Laboratory

Fyysinen kerros ja siirtotiet



Fyysinen kerros - yleistä

- (Physical layer)
- Määrittelee konkreettisia, mitattavia asioita
 - Liittimet, johdot, sähköiset tasot
 - Muut kerrokset sisältävät ohjelmistomäärittelyitä
- Ratkaistavia asioita:
 - Siirtotiet
 - Bittien sähköinen esitystapa
 - Siirtonopeus, synkronointi
- Siirtotie = signaalin sähköinen tai optinen kulkutie
 - Kuparikaapeli, optinen kuitu tai radiolinkki



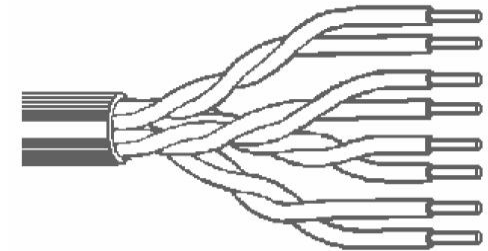
Avojohto

- Eli eristämätön johdin
 - Aluksi pelkkää terästä, myöhemmin kuparipäällysteistä terästä
- Yksilankaiset avojohdot
 - Käytettiin ensimmäisissä puhelinverkoissa
 - Paluujohdtimeksi toimi maa >> epäsymmetrinen, herkkä häiriöille
- Avojohtinparit (kaksoisjohto)
 - Käyttöön 1900-luvun alussa
 - lisättiin toinen johto paluujohdtimeksi
 - yhteyksien laatu parani, mutta edelleen ongelmia
 - resistanssi: signaalin teho muuttuu lämmöksi
 - kapasitanssi: signaali oikaisee eikä saavuta vastapäätä
 - johtimen magneettikenttä indusoi virran viereisessä johtimessa >> ylikuuluminen >> ongelma väheni johtimien vuorottelulla
 - Langalle kertyvä huurre muuttaa johdon sähköisiä ominaisuuksia
- Poistuneet käytöstä lähestulkoon kokonaan



Kaapeli

- Useita eristettyjä johtimia käärittynä saman vaipan sisälle
 - Voidaan sijoittaa vapaammin kuin avojohto, esim. maan alle
 - Mahdollisuus lisätä vaippaan häiriösuojaus
- Kierretty parikaapeli (Twisted pair)
 - kaksi toistensa ympäri kierrettyä eristettyä johdinta, ympärillä muovivaippa
 - kiertäminen vähentää ulkoisten häiriöiden vaikutusta
 - UTP - Unshielded Twisted Pair: suojaamaton
 - FTP - Folio shielded Twisted Pair: kaikilla pareilla yhteinen suojaus
 - STP - Single-pair-shielded Twisted Pair (STP): jokainen pari erikseen suojattu
 - puhelinjohdot, kaiutinkaapelit, lähiverkot
- Koaksiaalikaapeli
 - Kaksi eristettyä johdinta sisäkkäin
 - Antennikaapeli, lähiverkkokaapeli (alkup. Ethernet)





Valokuitu

- Materiaali kvartsilasia tai muovia
 - Idea keksittiin 1966, ensimmäiset kuidut valmistettiin 1970
- Siirrettävä signaali valoa
 - Sähköinen signaali muutetaan valoksi LED- tai laserlähettimillä
 - Valo pysyy kuidun sisällä kokonaisuheijastuksen avulla, kuoren ja ytimen välillä oltava riittävän suuri taitekerroinero
 - Kuidun taitekerroinprofiilin ja siitä seuraavan valon etenemistavan mukaan kuidut jaetaan eri tyyppeihin
- Käyttökelpoinen sekä lähiverkoissa että pitkissä runkoyhteyksissä



Valokuidun rajoitukset

- Kaistanleveyttä rajoittaa lähinnä dispersio
 - eri taajuiset valonsäteet kulkevat kuidussa eri nopeudella
 - saapuvat vastaanottimeen eri aikoina >> valopulssi leviää
- Siirtoetäisyyttä rajoittaa vaimennus
 - Vaimennus riippuu aallonpituudesta ja yleisesti ottaen pienenee aallonpituuden kasvaessa (eli taajuuden alentuessa)
 - Kuidun aiheuttama vaimennus
 - Absorptio (esim. hydroksidi-ionien aiheuttama vesipiikki)
 - Sirona (muutokset lasin tiheydessä, lasiseoksen epätasaisuudet, kuidun taivuttamisesta johtuvat jännitykset ja kuplat)
 - Taivutushäviöt (valonsäde karkaa kuidun sisältä)
 - Liitosten aiheuttama vaimennus

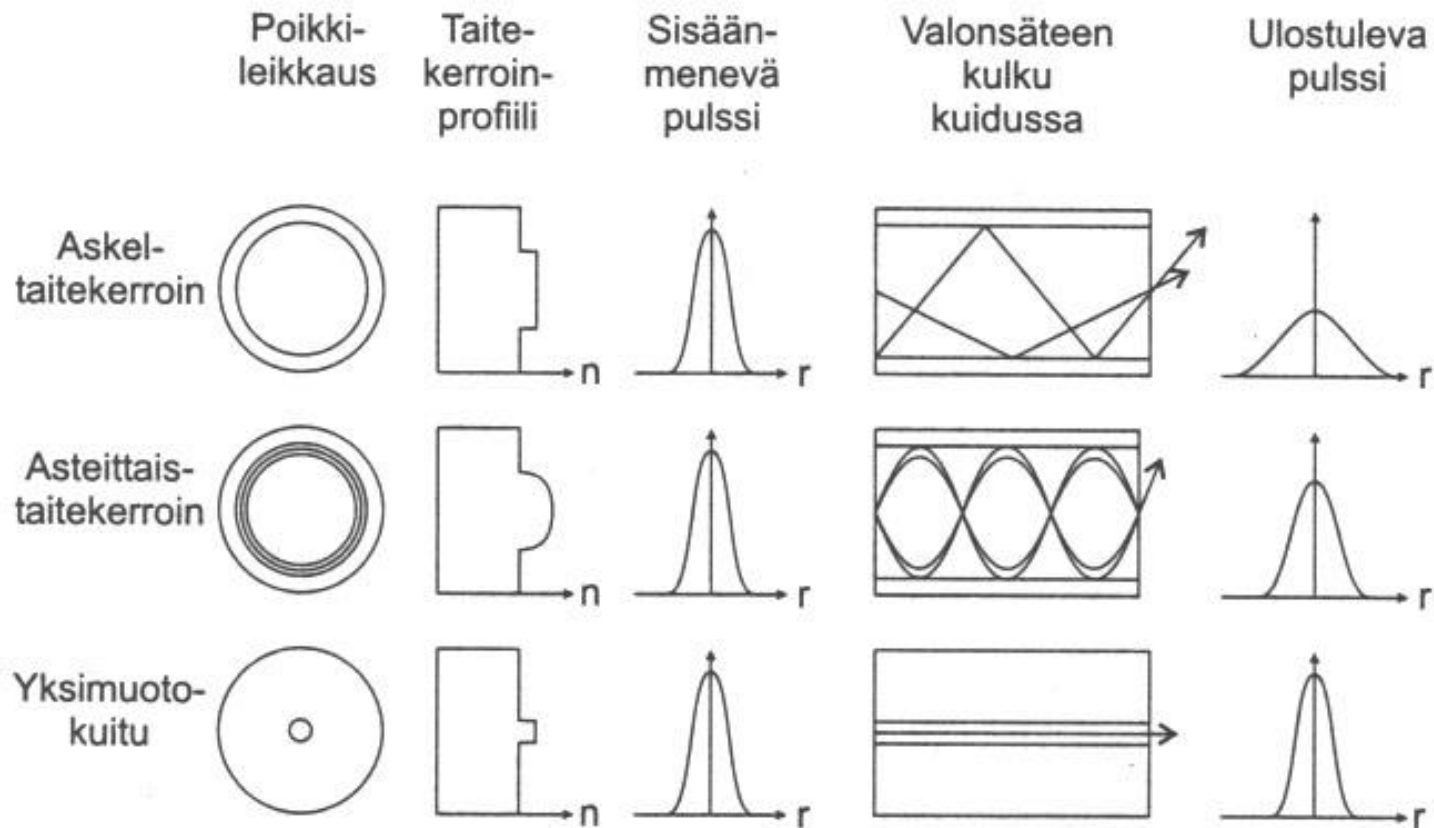


Kuitutyypit

- Monimuotokuidut
 - = Kuidut, joiden päästä tulevat valonsäteet ovat kulkeneet eripituiset matkat ja ovat eri vaiheissa
 - Askeltaitekertoiminen kuitu
 - Yksinkertaisin ja vanhin kuitutyyppi
 - Taitekerroin muuttuu ytimen ja kuoren välillä hyppäksenomaisesti
 - Ytimen halkaisija suuri verrattuna valon aallonpituuteen -> valosta etenee monta eri muotoa -> muotodispersio
 - Asteittaistaitekertoiminen kuitu
 - Ytimen taitekerroin muuttuu asteittaisesti kuorta kohti -> valonsäteet kaartuvat jyrkän heijastumisen sijasta
 - Valo etenee useissa eri muodoissa, mutta reunoilla valon nopeus on suurempi kuin keskiosassa -> muotodispersio melko vähäistä
- Yksimuotokuitu
 - Ytimen ja kuoren välinen taitekerroin ja ytimen pieni halkaisija sallivat vain yhden muodon (eli yhdellä tapaa taittuvan valonsäteen) etenemisen
 - Ei dispersiota, pienin vaimennus
 - Kuidun ja komponenttien valmistus kalliimpaa



Kuitutyypit (2)



Kuva: Willa & Uusitupa, 2001: Tietoliikenneaapinen



Valokuidun edut ja haitat

- Edut kuparikaapeleihin nähden:
 - Immuuni sähkömagneettisille häiriöille, ei säteile ulospäin (ei ylikuulumista, salakuuntelua)
 - Siirtohäviöt pienet >> toistinväli jopa satoja kilometrejä
 - Leveä kaista, korkeat kantaaltaajuudet >> suuri siirtokapasiteetti
- Haitat:
 - Kuidun, lähettimien ja ilmaisimien teko vaativaa >> kalliimpi hinta
 - Asennus ja ylläpito haastavaa
 - Herkästi rikkoontuvaa kuparijohtoihin verrattuna



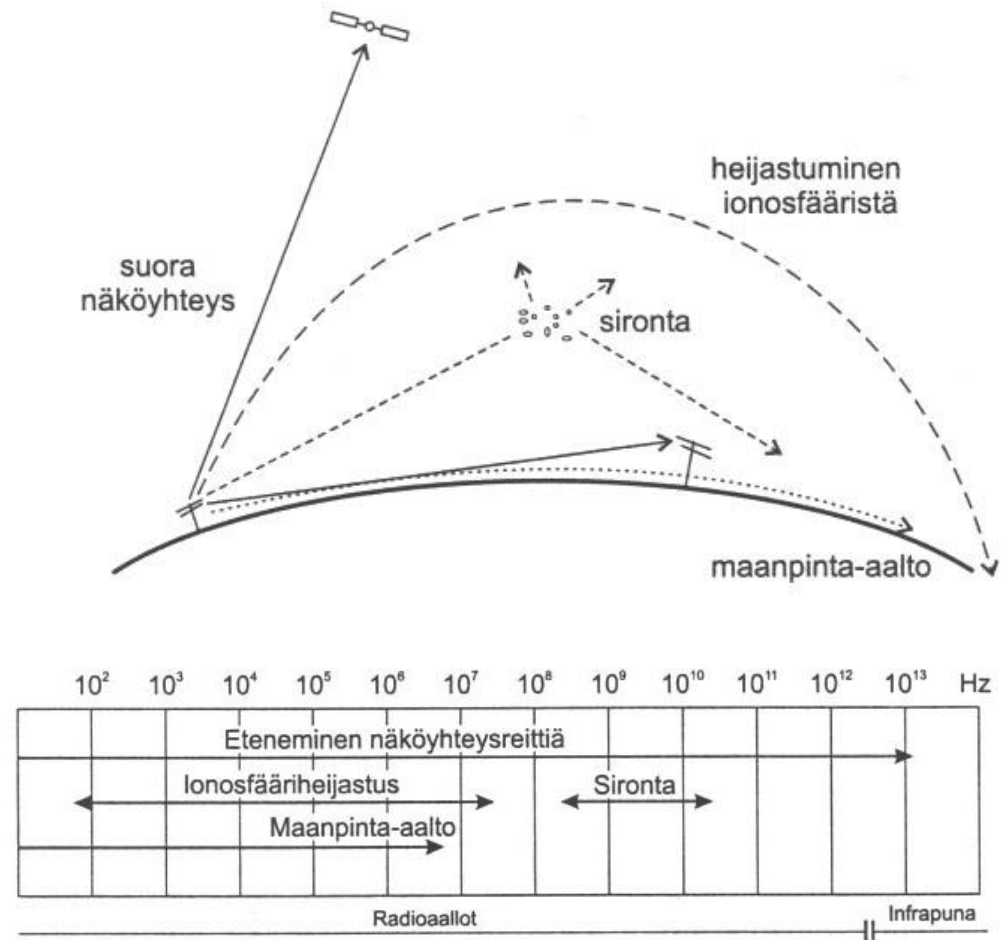
Radiolinkit

- Vapaa tila, ilmatie, langaton siirtotie...
- Edut:
 - "halpa" - ei johdonvetokustannuksia
 - liikkuvat päätelaitteet, yhteys mahdollinen lähes missä vain
- Rajoitukset:
 - viestin salakuuntelu ja häirintä helppoa >> turvallisuus ratkaistava
 - käyttökelpoisia radiotaajuuksia rajatusti, käytöstä sovittava kansainvälisesti
 - siirto-olosuhteet vaihtelevat (sääilmiöt, magneettiset myrskyt)



Radioaaltojen eteneminen

- Suora näköyhteys
 - Korkeatkin taajuudet
 - Muita tapoja luotettavampi, pääasiallinen etenemistapa teletekniikassa
- Sironta
 - 300 MHz – 10 GHz
 - Jopa 2000 km
- Heijastuminen ionosfääristä
 - < 30 MHz
 - Jopa maapallon ympäri, mikäli aalto heijastuu uudelleen maanpinnasta
- Maanpinta-aalto
 - < 10 MHz
 - Optimiolosuhteissa tuhansia kilometrejä





HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Networking Laboratory

Siirtoyhteyskerros



Siirtoyhteyskerros - yleistä

- (Data link layer)
- Ratkaistavia asioita:
 - Yhteyden muodostus kahden solmun välillä
 - Fyysinen osoitteistus
 - Vuonohjaus
 - Virheiden käsittely
 - Vuoronvarausmenettelyt
- Todellisuudessa verkkototeutukset eivät noudata OSI-jakoa kirjaimellisesti
- Samoja tehtäviä (kuten virheenkorjausta ja vuonohjausta) tehdään myös muilla kerroksilla



Vuonohjaus (flow control)

- Kuinka paljon tietoa kerralla voi lähettää?
 - Tapahtuu yhteyden aikana
 - Pyrkii estämään tiedon katoamisen siirron aikana puskurien täyttymisen takia: vastaanottaja estää lähettäjä lähettämästä liikaa tietoa kerralla
- Menetelmiä:
 - Lähetetään yksi viesti kerrallaan ja odotetaan vastaanottajalta kuittausta ennen seuraavan viestin lähetystä (stop-and-wait)
 - Lähetetään useita viestejä kerrallaan; kuittausta odottavien viestien lukumäärän määrää ns. liukuva ikkuna (sliding window)



Virheet

- Esiintyvät joko yksittäin (single-bit error) tai purskeina (burst error)
- Voivat johtua esim. tahdistusvirheistä tai kohinasta ja häiriöistä
 - Kohinan määritelmä: mikä tahansa ei-toivottu satunnainen signaali, joka summautuu mitattavaan signaaliin tai häiritsee haluttua signaalia
 - Aiheutuu laitteen tai materiaalin fysiikasta (esim. lämpökohina)
 - Häiriöt joko luonnollisia (esim. revontulet) tai ihmisen aikaansaamaa (esim. 50 Hz:n sähköverkkojen aiheuttama häiriö, radiolähetteet)
 - >> Joka tapauksessa virheitä tulee aina



Virheiden käsittely (error control)

- Virheiden havainti (engl. error detection)
 - Tavoitteena havaita virheet ja tämän jälkeen joko
 - lähettää virheelliset merkit tai viestit uudelleen (retransmission)
 - hylätä viallinen viesti
 - korjata viallinen viesti
 - Virheenhavaintimenetelmiä:
 - kaiutus – vastaanottaja lähettää kaiken saamansa datan takaisin lähettäjälle
 - pariteettitarkistus – lähettäjä lisää jokaiseen merkkiin yhden pariteettibitin, joka täydentää merkin ykkösbittien lukumäärän joko parilliseksi tai parittomaksi
 - tarkistussumma – lähettäjä laskee tarkistussumman suuremmasta bittijoukosta eli lohkoista ja lisää sen lohkon loppuun
- Virheenkorjaus (engl. error correction)
 - pyritään sisällyttämään viesteihin niin paljon toistoa, että virheelliset bitit voidaan paitsi havaita myös korjata



Vuoronvarausmenettelyt (access control)

- Kenen vuoro lähettää?
 - Kahdenvälisellä linkillä: varmistetaan, että vastaanottaja on toimintakunnossa ja valmis vastaanottoon
 - Monta tasa-arvoista laitetta jakaa saman siirtotien >> tarvitaan hienostuneempia menetelmiä siirtoyhteyden jakamiseksi
- Sopivin menetelmä riippuu verkon rakenteesta
 - Kilpavarausperiaate: lähetyshaluiset asemat kilpailevat lähetysvuorosta
 - Valtuudenvälitysperiaate: verkossa kiertää valtuus (token), jonka nappaamalla asema saa lähetysvuoron itselleen
 - Muita tapoja: FDMA, TDMA, CDMA (lähetysvuoroista sovitaan jo etukäteen)

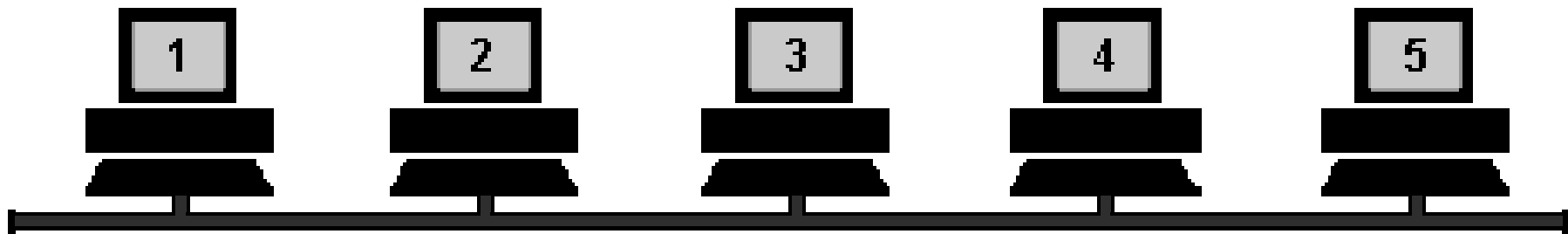


Kilpavarausperiaate

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) –algoritmi
- Sopii verkkoon, jossa asemat joutuvat kilpailemaan yhteisestä siirtotiestä (esim. radiotie, väyläverkko)
- Tasa-arvoinen: kaikilla asemilla yhtä hyvä tai huono todennäköisyys saada lähetysvuoro
- Käytetään mm. Ethernetissä (perusmuodossa väylätopologia) ja WLAN:eissa (hieman muunneltuna >> CSMA/CA)
- Toimintaperiaate yksinkertaistettuna:
 - Kuunnellaan väylää
 - Jos väylä hiljainen, lähetetään kehys
 - Jos havaitaan törmäys
 - lähetetään sotkua, jotta muutkin huomaavat törmäyksen
 - satunnaisen pituinen viive ennen uutta yritystä



Kilpavarausperiaate: esimerkki



- Kone 2 lähettää koneelle 4
- Kone 5 lähettää koneelle 1

Kuva-animaatio: <http://www.datacottage.com/nch/eoperation.htm>



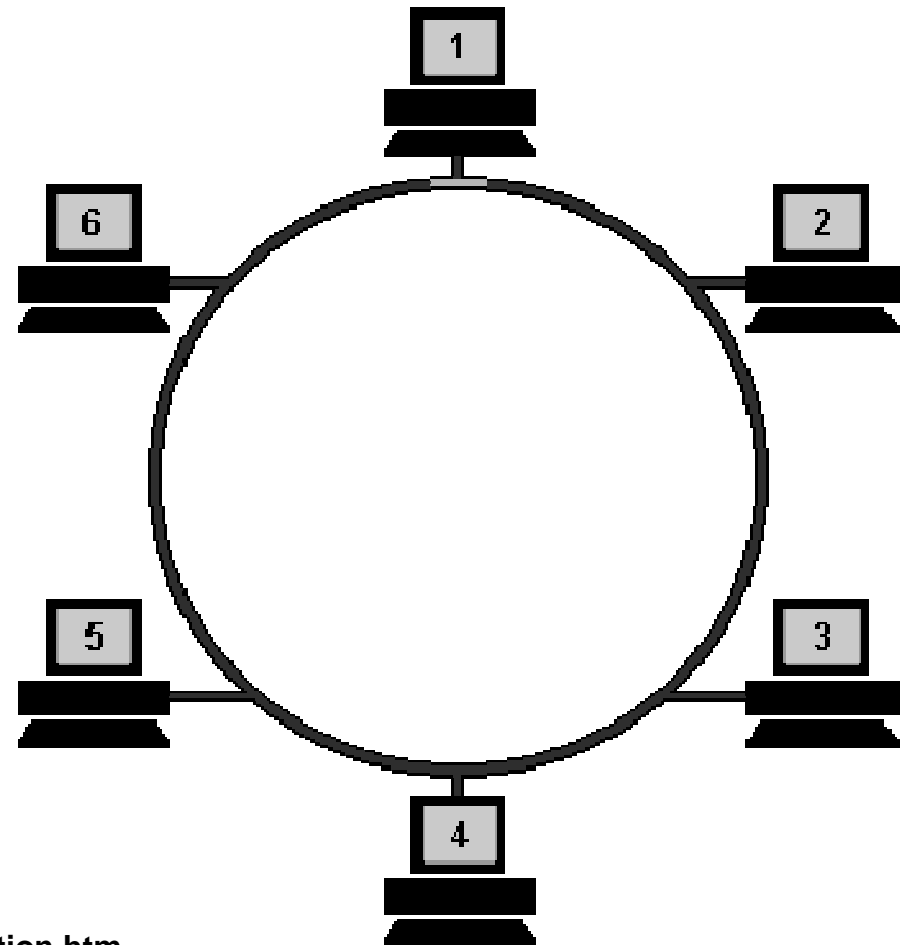
Valtuudenvälityspeeriaate

- Verkossa kiertää valtuus (engl. token), jonka haltijalla on lähetysvuoro
- Käytetään sekä rengas- että väylätopologiassa
 - Token Ring (IEEE 802.4) fyysisesti rengasverkko >> ei törmäyksiä, ennakoitava viive lähetysvuoron saamisessa
 - Token Bus (IEEE 802.5) yhdistelmä Ethernet- ja Token Ring-verkkoja (fyysisesti väylätopologia, jossa kiertää valtuus loogisen renkaan mukaisesti) >> ei törmäyksiä, ennakoitavat viiveet >> käytetään teollisuusautomaatiosovelluksissa



Valtuudenvälityksperiaate: esimerkki

- Kone 1 lähettää viestin koneelle 4
- Kone 4 lähettää kuittauksen koneelle 1



Kuva-animaatio: <http://www.datacottage.com/nch/troperation.htm>