



## S-38.1105 Tietoliikennetekniikan perusteet

Luento 2  
Siirtotiet. OSI-kerrokset 1 ja 2.

Timo Smura 30.01.2008

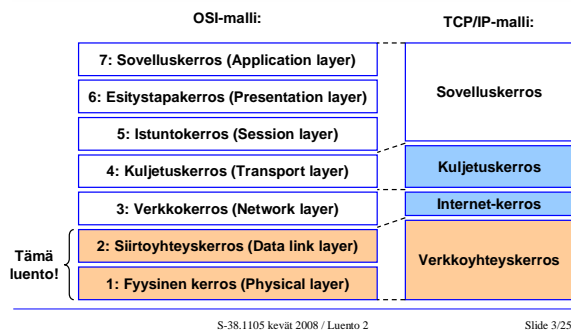


## Luennon aiheet

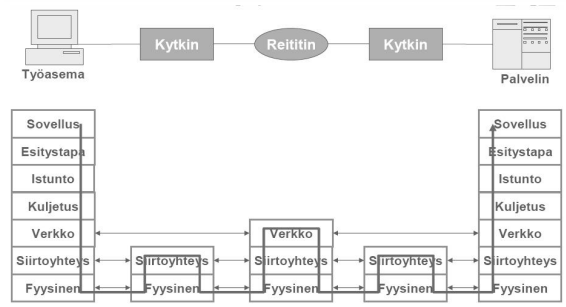
- Kertausta
  - Verkkojen kerrosmalli: OSI
- Fyysinen kerros (OSI-mallin 1. kerros)
  - Siirtotiet: Avojohto, kaapeli, valokuitu, radiolinkit
- Siirtoyhteyskerros (OSI-mallin 2. kerros)
  - vuonohjaus
  - virheenkorjaus
  - vuoronvarausmenettelyt (access control)



## Kertausta: OSI-malli



## OSI-malli, esimerkki



## 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
  - Paluujohdina toimi maa >> epäsymmetrinen, herkkä häiriöille
- Avojohtinparit (kaksoisjohto)
  - Käyttöön 1900-luvun alussa
  - lisättiin toinen johto paluujohdimeksi
  - 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 hauras muuttaa johdon sähköisiä ominaisuuksia
- Poistuneet käytöstä lähestulkoon kokonaan

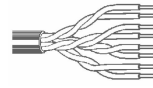
S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 7/25



## 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 sisäkkään
  - Antennikaapeli, lähiverkko-kaapeli (alkup. Ethernet)



S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 8/25



## Valokuitu

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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 9/25



## Valokuidun rajoitukset

- Kaistanleveyttä rajoittaa lähinnä dispersio
  - eri taajuiset valonsäteet kulkevat kuidussa eri nopeudella
  - saapuvat vastaanottiimeen 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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 10/25



## Kuitutyypit

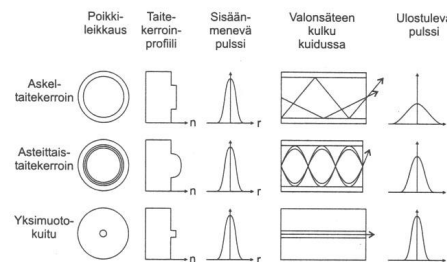
- Monimuotokuidut
  - = Kuidut, joiden päästä tulevat valonsäteet ovat kulkeneet eripituiset matkat ja ovat eri vaiheissa
  - Askeltaitekertoiminen kuitu
    - Yksinkertaisin ja vanhin kuitutyyppi
    - Taitekerroin muuttuu ytimen ja kuoren välillä hyppäksenomaisesti
    - Ytimen halkaisija suuri verrattuna 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 taivuttuvan valonsäteiden) etenemisen
  - Ei dispersiota, pieni vaimennus
  - Kuidun ja komponenttien valmistus kalliimpaa

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 11/25



## Kuitutyypit (2)



Kuva: Willa & Uusitupa, 2001: Tietoliikenneaapinen

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 12/25



## 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 kantoaaltotaajuudet >> suuri siirtokapasiteetti
- Haitat:
  - Kuidun, lähettimien ja ilmaisimien teko vaativaa >> kalliimpi hinta
  - Asennus ja ylläpito haastavaa
  - Herkästi rikkoontuvaa kuparijohtoihin verrattuna

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 13/25



## 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 sovitava kansainvälisesti
  - siirto-olosuhteet vaihtelevat (sääilmiöt, magneettiset myrskyt)

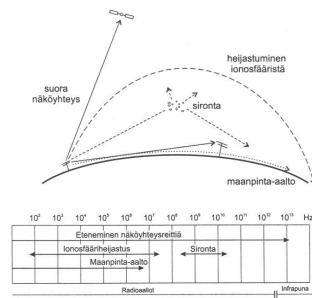
S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 14/25



## Radioaaltojen eteneminen

- Suora näköyhteys
  - Korkeatkin taajuudet
  - Muita tapoja luotettavampi, pääasiainen etenemistapa teletkniikassa
- 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



S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 15/25



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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 17/25



## 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)

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 18/25



## 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, radiolähteet)
  - >> Joka tapauksessa virheitä tulee aina

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 19/25



## 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:
    - kaituus – 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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 20/25



## 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
  - Valtuudenvälityperiaate: verkossa kiertää valtuus (token), jonka nappaamalla asema saa lähetysvuoron itselleen
  - Muita tapoja: FDMA, TDMA, CDMA (lähetysvuoroista sovitaan jo etukäteen)

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 21/25



## 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 väylätologia) ja WLAN:eissa (hieman muunneltuna >> CSMA/CA)
- Toimintaperiaate yksinkertaistettuna:
  - Kuunnellaan väylää
  - Jos väylä hiljainen, lähetetään kehys
  - Jos havaitaan törmäys
    - lähetetään sotku, jotta muutkin huomaavat törmäyksen
    - satunnaisen pituinen viive ennen uutta yritystä

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 22/25



## Kilpavarausperiaate: esimerkki



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

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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 23/25



## Valtuudenvälityperiaate

- Verkossa kiertää valtuus (engl. token), jonka haltijalla on lähetysvuoro
- Käytetään sekä rengas- että väylätologiassa
  - 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 väylätologia, jossa kiertää valtuus loogisen renkaan mukaisesti) >> ei törmäyksiä, ennakoitavat viiveet >> käytetään teollisuusautomaatiosovelluksissa

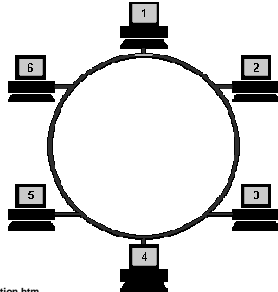
S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 24/25



## Valtuudenvälityspeiraate: esimerkki

- Kone 1 lähettää viestin koneelle 4
- Kone 4 lähettää kiittauksen koneelle 1



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

S-38.1105 kevät 2008 / Luento 2

Slide 25/25