

## Lähetyskanavan kuuntelu (carrier sense)

- käynnissä olevan lähetyksen havaitseminen
  - asema tutkii, onko kanava jo käytössä
    - ennen lähetystä tutkitaan, onko joku muu lähettämässä
    - jos on, ei lähetetä
    - yleensä lähiverkot (CSMA)
  - asema ei tutki kanavan käyttöä
    - asema lähettää aina kun haluaa
    - lähettämisen jälkeen havaitaan onnistuiko
    - esim. satelliitilähetyks

## Kanavan kuuntelu

- ei aina paljasta jo alkanutta lähetystä
  - etenemisviipeen takia
- tai ole järkevää
  - esim. satelliittikanavan kuuntelu ei paljasta sitä, onko joku toinen maasema jo aloittanut lähetyksen
  - langattomassa lähiverkossa lähettäjän ympäristön kuuntelu ei kerro sitä, onko vastaanottaja saamassa sanomia muualta

# Yleislähetysprotokollia

## Esimerkkejä:

- **CSMA/CD** (Aloha, CSMA)
  - mm. Ethernet-verkossa käytetty kilpailuprotokolla
- **CDMA**
  - radiolinjoilla käytetty koodinjakoon perustuva protokolla

# ALOHA

- Hawaiilla, 70-luvulla radiotietä varten
- **puhdas ALOHA:**
  - asema lähettää aina, kun sillä on lähetettävää
  - ja samalla kuuntelee, onnistuiko lähetys
    - lähiverkossa törmäys havaitaan 'heti', sillä siirtoviive pieni
    - toisin satelliitilla!
  - jos törmäys, niin lähettäjä odottaa satunnaisen ajan ja yrittää uudelleen
  - maksimaalinen tehokkuus ~18%

# Viipaloitu ALOHA

- lähetysaika jaettu aikaviipaleiksi
- lähetys voi alkaa vain aikaviipaleen alussa
- törmäykset täydellisiä
  - » lähetykset samassa aikaviipaleessa
  - » törmäysvaara-aika = yhden aikaviipaleen mittainen
- suorituskyky kaksinkertaistuu
  - maksimi ~ **37%**
  - siis 37% tyhjiä, 37% onnistuneita, 26% törmäyksiä

## CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- toiminta
  - **kuuntele linjaa ennen lähettämistä**
  - jos linja vapaa lähetä (yleensä)
  - jos linja varattu odota satunnainen aika ja yritä uudelleen
- Suorituskyky:
  - törmäysvaara vain jos asemat lähettävät niin samanaikaisesti, että eivät siirtoviipeen vuoksi havaitse toista lähetystä
  - ongelma, jos siirtoviive on pitkä

# CSMA-protokollat

- Useita versioita, jotka hieman eroavat toisistaan
  - miten toimitaan, kun kanava varattu?
    - jäädytään odottamaan ja lähetetään heti kanavan vapauduttua => jos useita odottajia, tulee varmasti törmäys
    - luovutaan ja yritetään uudestaan satunnaisen ajan kuluttua => hukkaa lähetysvuoroja
  - viipaloitu aika vai ei?
  - vaikka kanava on vapaa, ei silti aina lähetetä
    - lähetys vapaalle väylälle todennäköisyydellä p!

## CSMA/CD (Collision Detection)

- keskeyttää lähettämisen heti, kun havaitsee törmäyksen tapahtuneen
  - törmäyksen aiheuttama hukka-aika pienenee
- 'epävarmuuden aika' on  $2\tau$ ,  $\tau$  on maksimi etenemisviive kahden aseman välillä
- jos törmäys
  - => havaitaan ja lopetetaan lähetys
  - => yritetään uudestaan satunnaisen ajan kuluttua

## Varausprotokollat

- ei törmäyksiä!
- lähetysvuorot varataan etukäteen
- varausvaihe
  - usein kilpaillaan varauksista
    - törmäyksiä, mutta vähän
- lähetysvaihe
  - kaikki varanneet lähettävät sanomansa
- hyvin paljon erilaisia versioita
  - etenkin satelliittiyhteyksille

## Vuorotteluprotokollat

- Pollaus (vuorokysely)
  - isäntäasema antaa vuorotellen muille asemille lähetysoikeuden
- Vuoromerkki
  - asemilla kiertää vuoromerkki (token)
  - asema saa lähettää vain kun sillä on vuoromerkki
  - kun asema on lähettänyt tai sillä ei enää ole lähetettävää, se siirtää vuoromerkin seuraavalle

# Kanavan jakoprotokollat

- TDMA
  - aikajako
    - asemalla oma aikaviipale
- FDMA
  - taajuusjako
    - asemalla oma taajuusalue
- CDMA
  - koodijako
    - asemalla oma koodi
    - asemat voivat lähettää yhtäaikaan!

## CDMA (Code Division Multiple Access)

- **yksi kanava**
  - **usea samanaikainen lähetys**
  - **kukin koko kanavan taajuudella!**
- yhden bitin lähetysaika jaetaan pienempiin osiin (aikasiruihin)
  - » 64 tai 128 sirua bittiä kohden
- kullakin asemalla oma 'sirukuvio' 1-bitin lähetykseen
  - » (0-bitti on tämän yhden komplementti)

## Esimerkiksi

- aseman A 1-bitti: 00011011  
0-bitti: 11100100
- aseman B 1-bitti: 00101110  
0-bitti: 11010001
- aseman C 1-bitti: 01011100  
0-bitti: 10100011
- aseman D 1-bitti: 01000010  
0-bitti: 10111101

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua

## Kaikki bittikuviot parittain ortogonaalisia

- $A \bullet B = 0 = 1/m \sum A_i B_i$  (sisätulo)
- $A \bullet A = 1$
- $-A \bullet A = -1$
- $\Rightarrow$  yhteissignaalista löydetään eri asemien omat lähetykset

- kukin asema lähettää omat 1-bittinsä ja 0-bittinsä
- kun moni lähettää samanaikaisesti tuloksena on yhteissignaali S.
  - » lähetettyjen signaalien ‘summa’
- aseman datan ‘purkaminen’ yhteissignaalista
  - » A = aseman oma bittikuvio
  - »  $S \bullet A$  tuottaa aseman lähettämän bitin
    - kerrottuna bitin aikasirujen lukumäärällä

## Esimerkki

- » merkintä 1 = 1, 0 = -1,
- » helpompi laskea yhteen
- $S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$
- $C = (-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1)$
- $S \bullet C = (2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ -4 \ 0)$   
 $= -8 \Rightarrow -1$
- eli C lähetti 0-bitin



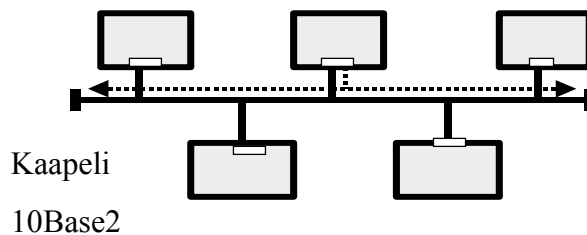
## 5.5 Ethernet-lähiverkko

- Yleisin lähiverkkoteknologia
- IEEE:n standardoima LAN-verkko
  - CSMA/CD (kuulosteluväylä)
- Muita lähiverkkostandardeja
  - esim.
    - Token ring (vuororengas)
    - FDDI
    - WLAN (langaton lähiverkko)

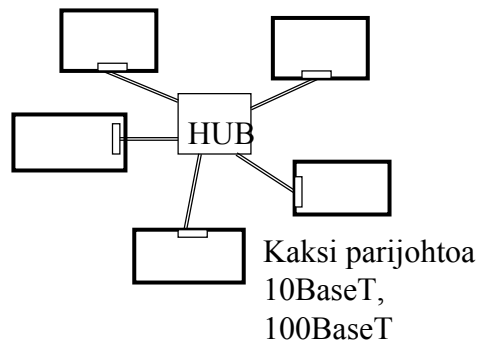
ei käsitellä tällä kurssilla

### Eetteriverkon rakenne

- väylä



- ◆ tähti
  - hub toimii toistimen tavoin



# Kaapelit

## 10Base2 ohut kaapeli

- » 10 => 10 Mbps
- » Base => kantataajuus
- » 2 => 200 m

- 10Base-T kierretty pari & central hub
  - » helppo hallita, kallis, suosio kasvaa
- 10Base-F valokaapeli
  - » kallis, luotettava, tehokas
- 100Base-T, 100 Base-F
  - » Fast Ethernet
- 1000Base-T, 1000Base-X
  - » Gigabit Ethernet

## Lyhyet etäisyydet, pieni määrä laitteita

- sovittimesta keskittimeen (hub) maks. 100 m
- väylä
  - pituus maks. < 200 metriä,
    - syynä vaimeneminen
  - solmuja maks. 30 kpl
    - syynä CSMA/CD => liikaa törmäyksiä
  - maks. 5 väylää voidaan yhdistää **toistimilla**
    - => ~1000 m, 150 laitetta
- valokuitua käytettäessä hieman pitemmät etäisyydet

# Signaalin koodaus

- Manchester-koodaus

- tahdistus

- » **jännitteen muutos keskellä bittiä**

- ei kellopulssia
      - mutta lisää kaistanleveyttä

# CSMA/CD

- jos väylä vapaa, lähetetään heti
- muuten jäädään odottamaan ja lähetetään heti linjan vapauduttua
- aina kun on lähetetty, jäädään kuuntelemaan, onnistuiko lähetys
- entä kun tapahtuu **törmäys** eli usea samanaikainen lähetys
  - » jännite on suurempi kuin normaalisti pitäisi
  - keskeytetään lähettäminen

# Törmäyksen jälkeinen uudelleenlähetys

- **Binary exponential backoff**

- törmäyksen jälkeen aika jaetaan lokeroiksi
  - 51.2  $\mu$ s vastaten 512 bittiä eli 64 tavua
- 1. törmäyksen jälkeen asema odottaa satunnaisesti joko 0 tai 1 lokeron ajan ennen kuin yrittää uudelleen
- 2. törmäyksen jälkeen odotus on 0, 1, 2 tai 3 lokeroa
- n. törmäyksen jälkeen valitaan odotusaika väliltä:  
0 -  $2^{n-1}$  lokeroa
  - 10. törmäyksen jälkeen väliä [0-1023] ei enää kasvateta
  - 16. törmäyksen jälkeen luovutaan ja ilmoitetaan 'asiakkaalle' ( eli verkkokerrokselle) epäonnistumisesta

- binäärinen eksponentiaalinen perääntymien on joustava

- kuorma kasvaa => väli kasvaa

- vaihtoehtona kiinteä valintaväli

- » aina [0- 1023]
- » aina [0-1]
- » aina [a-n]

- entä suorituskyky?

# Ehternet-kehys

preamble	Destin. address	Source address	type	data	CRC
8 B	6 B	6 B	2 B	46-1500 B	4 B

## MAC-protokolla

- tahdistuskuvio (preamble)
  - » 7 tavua 10101010 tahdistusta varten
  - » kehyksen alku 10101011
- kohde- ja lähdeosoitteet
  - » osoitteessa 6 tavua (tai 2 tavua)
  - » 0xxxxx... yksilöosoite
  - » 1xxxxx ... ryhmäosoite
  - » 11111 .... kaikkia
  - » yksi bitti: paikallinen vai globaali osoite

- Type

- » kertoo käytetyn verkkoprotokollan tyyppin eli mille protokollalle kehyksen data luovutetaan

- IP, ARP,
    - joku muu verkkoprotokola: AppleTalk, Novell IPX, ..

- CRC

- » 4 tavua

## kehyksen pituus

- 64-1500 tavua

- kehyksen pituus **vähintään 64 tavua**

- » tarvittaessa täytettä (PAD)

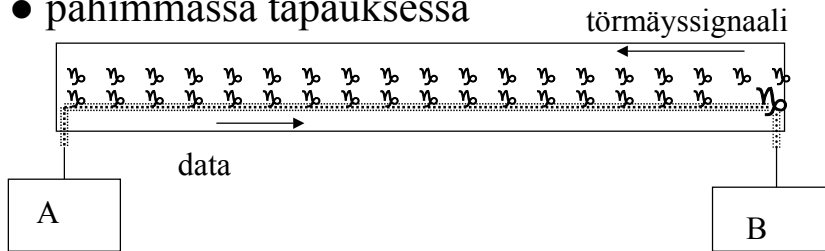
- **jotta lähettäjä ehtii havaita kehyksen törmäyksen**

- kehyksen lähetys ei saa päättyä ennen kuin alku on perillä ja mahdollinen törmäysääni kuultu

- alku perillä => loppukin onnistuu

# Väylää kuunneltava

- pahimmassa tapauksessa



- => kehyksen lähteyksen minimikesto:  
2\*etenemisviive väylällä

- 10 Mbps

- LAN-pituus korkeintaan 2500 m
- toistimia korkeintaan 4
- lähteyksen kestettävä ainakin 51.2  $\mu$ s
- eli 64 tavua

## Ethernetin hyvät puolet

- yleisesti käytetty
- yksinkertainen protokolla
- asemien lisääminen helppoa
- passiivinen kaapeli,
- ei modeemia,
- kevyellä kuormalla lähetysviive nolla

## Ethernetin huonot puolet

- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
  - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epätermistinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
  - => törmäyksiä => suoritusteho laskee



## LLC (Logical Link Control)

- Erilaisia LAN-verkkoja
- vuonvalvonta, virhevalvonta, yhtenäinen rajapinta erilaisiin verkkoihin
- ~ OSI-malli, HDLC
- **Palvelut:**
  - epäluotettava datasäikepalvelu,
  - kuittaava datasäikepalvelu,
  - luotettava yhteydellinen palvelu

verkkokerros
<b>LLC</b>
MAC
peruserros

## LAN-osoitteet ja ARP

- (lähi)verkko-osoite
  - fyysinen osoite
  - MAC-osoite
- Eetteriverkossa (sovitinkortissa)
  - 48 bittiä
  - joka kortissa oma ainutkertainen pysyvä numero
- lähiverkkoon liitetyt laitteet ymmärtävät vain LAN-osoitteita

# IP-osoite =>LAN-osoitteeksi

- ARP-taulu
  - IP-osoitteiden muuttamiseksi LAN-osoitteiksi
    - » IP-osoite, sitä vastaava LAN-osoite, aikaleima
      - vanhentuneet tiedot katoavat taulusta
- Entä, jos IP-osoitetta ei ole taulussa?
  - Sovelluskerroksella DNS, jolta kysyttiin.
  - LAN:ssa kaikki asemat yleensä kuulevat kaikki lähetykset (yleislähetys).
    - Hyödynnetään tätä ominaisuutta!

## ARP-protokolla (Address Resolution Protocol)

- IP-kerroksen protokolla, jolla selvitetään IP-osoitetta vastaava siirtoyhteyskerroksen osoite
  - » esim. eetteriverkon 48-bittisiä osoitteita
- yleislähetys lähiverkkoon
  - “Kenellä on IP-osoite vv.xx.yy.zz ?”
  - vastauksena osoitteen omistavan laitteen lähiverkko-osoite
    - » ARP-paketteja: kysely ja vastaus