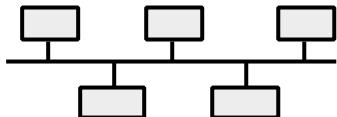


## 4. MAC-alikerros

- ◆ yleislähetys (broadcast)
  - » multiaccess channel
  - » random access channel
- LAN (Ethernet)
- langaton
- ◆ ongelma: käyttövuoron 'jakelu'



29.9.2000

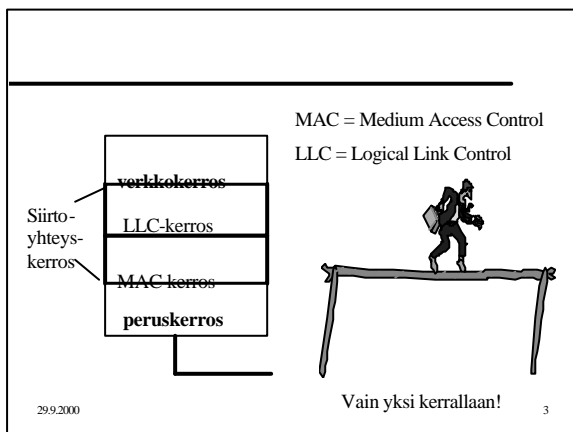
1

## Mitä käsitellään?

- ◆ Yhteiskäyttöisen kanavan käyttö
  - yleistä ongelmasta
  - esimerkkejä: CSMA/CD, CDMA
- ◆ Lähiverkot
  - Ethernet
- ◆ lähiverkkojen yhdistäminen silloilla

29.9.2000

2



29.9.2000

3

## 4.1 Kanavan varausongelma

- ◆ staattinen/dynaaminen
  - purskeisessa käytössä dynaaminen tehokkaampi
    - ◆ vrt. esim. piirikytkentä <=> pakettikytkentä
    - ◆ voidaan osoittaa esim jonoteorian peruslaskulla
    - ◆ tietokoneen datan siirto on yleensä hyvin purskeista
- ◆ hajautettu/keskitetty
  - keskitetyssä joku erikoisasemassa oleva huolehtii käyttövuorojen jakamisesta
    - ◆ entä jos vuoronjakaja vikaantuu?

29.9.2000

4

## Eri yhteiskäyttötapoja on hyvin paljon

- ◆ kilpailu Aloha, CSMA, **CSMA/CD**
  - ◆ 'se ottaa kun ehtii'
- ◆ vuorotellen: pollaus, vuoromerkki
  - ◆ 'sinä ensin ja sitten on minun vuoroni'
- ◆ kanava jaetaan: TDMA, FDMA, **CDMA**
  - ◆ 'käytä sinä tätä puolta ja minä tätä toista'
- ◆ varataan ensin ja sitten käytetään
  - ◆ usein varaus muulla menetelmällä
- ◆ rajoitettu kilpailu

29.9.2000

5

## Törmäys

- ◆ yksi yhteinen kanava lähettäjiille
- ◆ lähetys onnistuu vain, jos yksi lähettää
- ◆ Jos useampi kuin yksi lähettää, syntyy yhteentörmäys (collision)
  - kaikki törmänneet sanomat tuhoutuvat ja ne on lähetettävä uudelleen
    - ◆ vaikka törmäisivät vain yhden bitin verran
  - kaikkien havaittavissa
    - ◆ LAN: törmäyssignaali
    - ◆ satelliittikanava: kuuntelee oman lähetyksensä
    - ◆ WLAN: ilmoitus vastaanottajalta

29.9.2000

6

## Aika

### ◆ jatkuva aika

- ◆ lähetykset voivat alkaa milloin vain
- ◆ ei mitään synkronointi, ei yhteistä aikaa

### ◆ viipaloitu aika (slotted time)

- ◆ aika lokeroitu aikaviipaleiksi
- ◆ lähetykset voi alkaa vain aikaviipaleen alussa
- ◆ aikaviipaleessa
  - ei kukaan lähetä => hukkaan
  - yksi lähetykset => ok
  - useita lähetyksiä => törmäys
- ◆ vähentää törmäyksiin (=hukkaan) menevää aikaa
  - törmäykset täydellisiä

29.9.2000

7

## Lähetykanavan kuuntelu (carrier sense)

### ◆ käynnissä olevan lähetyksen havaitseminen

- asema tutkii, onko kanava jo käytössä
  - ◆ ennen lähetyksetä 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. satelliittilähetykset

29.9.2000

8

## Kanavan kuuntelu

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

29.9.2000

9

## 4.2. Yleislähetyksetprotokollia

### Esimerkkejä:

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

29.9.2000

10

## ALOHA

- ◆ Hawailla, 70-luvulla radiotietä varten
- ◆ puhdas ALOHA:
  - asema lähettää aina, kun sillä lähetettävää
  - ja samalla kuuntelee, onnistuiko lähetykset
    - ◆ lähiverkossa törmäys havaitaan 'heti', sillä siirtoviive pieni
    - ◆ toisin satelliittilla!
  - jos törmäys, niin lähettäjää odottaa satunnaisen ajan ja yrittää uudelleen
  - maksimaalinen tehokkuus ~18%

29.9.2000

11

## Viipaloitu ALOHA

- ◆ lähetyksetaika jaettu aikaviipaleiksi
- ◆ lähetykset 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

29.9.2000

12

## 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 siirtoviiveen vuoksi havaitse toista lähetystä
- ◆ ongelma: siirtoviive on pitkä

29.9.2000

13

## 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 lähetyvuoroja
  - viipaloitu aika vai ei?
  - vaikka kanava on vapaa, ei silti aina lähetetä
    - ◆ lähetytys

29.9.2000

14

## 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 lähetytys
  - => yritetään uudestaan
  - 'eksponentiaalinen peruutus'

29.9.2000

15

## Varausprotokollat

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

29.9.2000

16

## Kanavan jakoprotokollat

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

29.9.2000

17

## CDMA (Code Division Multiple Access)

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

29.9.2000

18

## 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

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua

29.9.2000

19

## Kaikki bittikuviot parittain ortonaalisia

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

29.9.2000

20

- ◆ 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

## esim.

- » merkintä 1 = 1, 0 = -1,
- » helpompi laskea yhteen

$$\text{◆ } S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$$

$$\text{◆ } C = (-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1)$$

$$\text{◆ } S \bullet C = (2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ -4 \ 0) \\ = -8 \Rightarrow -1$$

- ◆ eli C lähetti 0-bitin