

4. MAC-alikerros

- ◆ yleislähetys (broadcast)

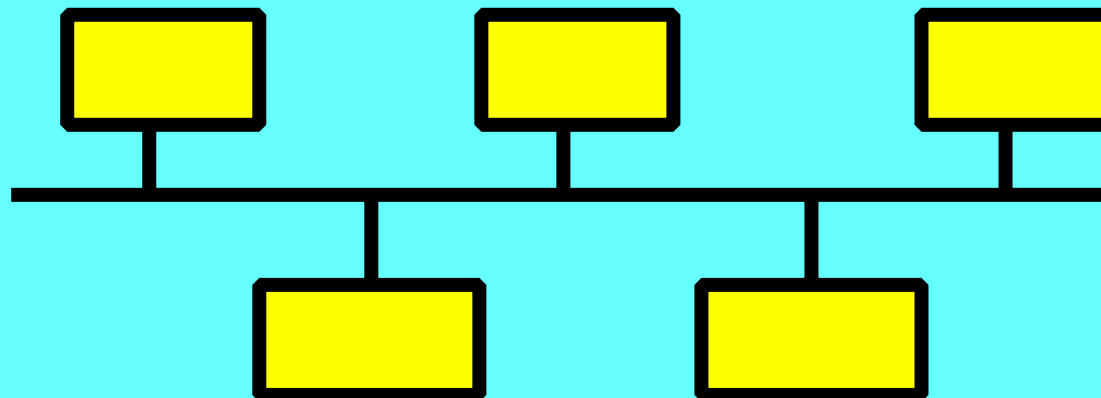
- » multiaccess channel

- » random access channel

- LAN (Ethernet)

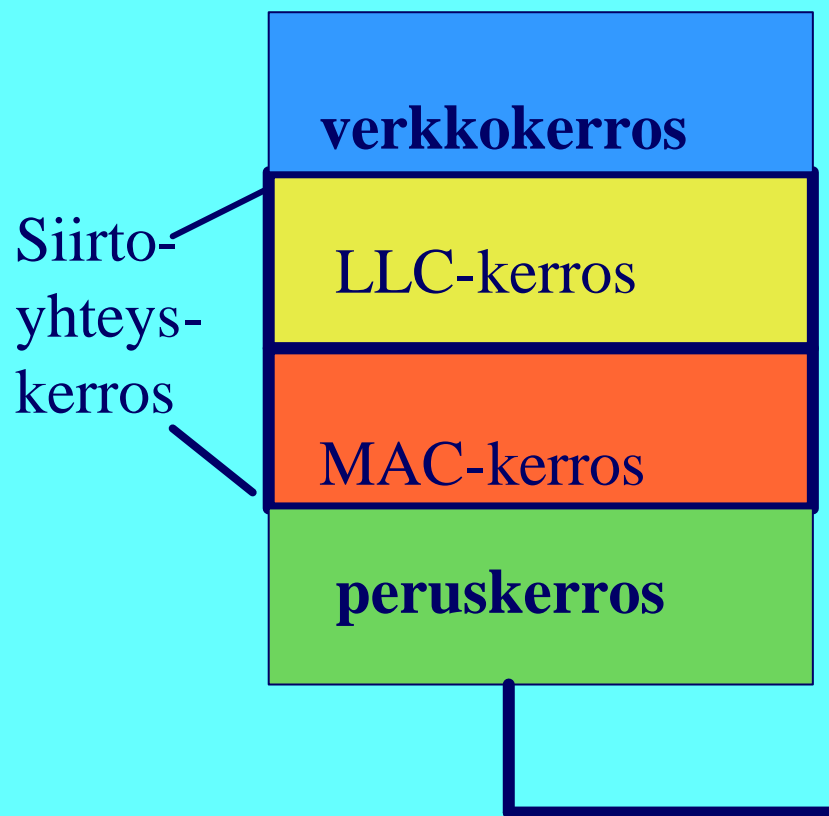
- langaton

- ◆ ongelma: käyttövuoron ‘jakelu’



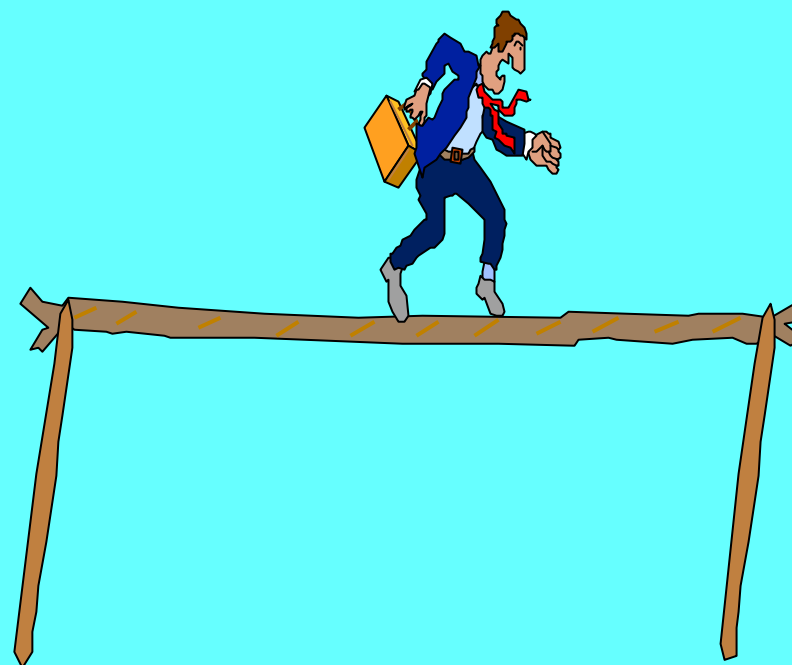
Mitä käsitellään?

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



MAC = Medium Access Control

LLC = Logical Link Control



Vain yksi kerrallaan!

4.1. Kanavan varausongelma

◆ staattinen/dynaaminen

– purskeisessa käytössä dynaaminen tehokkaampi

- ◆ vrt. esim. piirikytkentä \Leftrightarrow 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?

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**

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

Aika

◆ jatkuva aika

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

◆ viipaloitu aika (slotted time)

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

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. satelliitilähetys

Kanavan kuuntelu

- ◆ ei aina paljasta jo alkanutta lähetystä
 - 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

4.2. Yleislähetysprotokollia

Esimerkkejä:

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

ALOHA

- ◆ Hawaiiilla, 70-luvulla radiotietä varten
- ◆ **puhdas ALOHA:**
 - asema lähettää aina, kun sillä 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: siirtoviive on pitkä

CSMA-protokollat

- ◆ Useita versioita, jotka hieman eroavat toisistaan
 - miten toimitaan, kun kanava varattu?
 - ◆ jäädään 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

CSMA/CD (Collision Detection)

- ◆ keskeyttää lähettämisen heti, kun havaitsee törmäyksen tapahtuneen
 - törmäyksen aiheuttama hukka-aika pienenee
- ◆ ‘epävarmuuden aika’ on 2τ , τ on maksimi etenemisviive kahden aseman välillä
- ◆ jos törmäys
 - => havaitaan ja lopetetaan lähetys
 - => yritetään uudestaan
 - ‘eksponentiaalinen peruutus’

Varausprotokollat

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

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 lähetyssaika 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

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua

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

- ◆ 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

$$\blacklozenge S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$$

$$\blacklozenge C = (-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1)$$

$$\begin{aligned}\blacklozenge S \bullet C &= (2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ -4 \ 0) \\ &= -8 \Rightarrow -1\end{aligned}$$

◆ eli C lähetti 0-bitin