



# Paljon erilaisia verkkoja!

- **LAN**
  - Ethernet
  - Vuororengas (802.4, Token Ring)
  - langaton lähiverkko WLAN (wireless LAN, 802.11)
  - Atm (?)
- **MAN**
  - FDDI, DQDB
- **WAN**
  - puhelinverkko, X.25, kehysvälitys (frame relay)
  - atm

## Lähiverkkostandardi IEEE 802:

### Ω LAN- ja MAN-verkoille

- 802.1 Johdanto, rajapintaprimitiivit
- 802.2 LLC (Logical Link Control)
- 802.3 CSMA/CD (kuulosteluväylä)
- 802.4 Token bus (vuoroväylä)
- 802.5 Token ring (vuororengas)
- 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- 802.11 langaton LAN

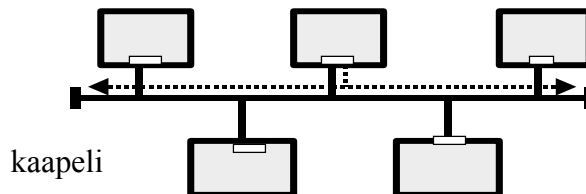
# Ethernet-lähiverkko

## □ Yleisin lähiverkkoteknologia

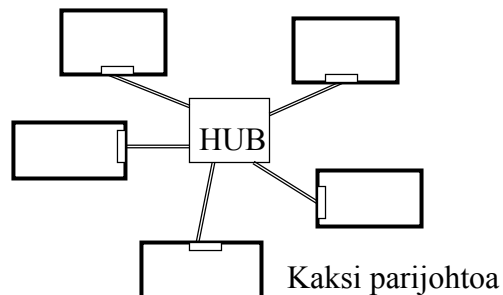
- CSMA/CD (kuulosteluväylä)
  - kuunnellaan, ja jos vapaa, lähetetään
  - jos syntyy törmäys, odotetaan satunnainen aika
    - binary exponential backoff
- ei kuittauksia, ei prioriteettejä
- paljon erilaisia kokoonpanoja
  - 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
  - 100BASE-T
  - 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)

## Eetteriverkon rakenne

### □ väylä



- ◆ **tähti**
  - hub toimii toistimen tavoin



## **Erittäin nopeat Ethernet-verkot**

- Perusversion nopeus 10 Mbps
- 100 Mbps (fast Ethernet)
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet
- 100 Gigabit Ethernet
- Terabit Ethernet

10/17/2002

7

## **Vuororengas (802.5)**

- rengas on ketju kaksipisteyhteyksiä
  - ei siis yleislähetystä
  - tekniikka hallussa
    - digitaalitekniikkaa (melkein kokonaan)
      - kierretty pari
      - koaksiaalikaapeli
      - valokuitu
    - IBM:n valinta
    - enää melko vähäisessä käytössä

10/17/2002

8

# Lähetys vuororenkaassa

- ❑ renkaassa kiertää vuoromerkki
  - erityinen bittikuvio
- ❑ vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
  - kunkin aseman aiheuttama viive (1 bitti)
    - öisin keinotekoinen viive
  - siirtoviive
- ❑ kuuntelumoodi
  - kopioi bittejä sisääntulosta ulosmenoon

10/17/2002

9

- ❑ lähetysmoodi
  - vain jos on vuoromerkki
  - omaa dataa siirretään ulosmenoon
- ❑ lähetetyt bitit kiertävät koko renkaan ja lähettäjä poistaa ne
  - voi tutkia, onko kehyksissä virheitä
- ❑ lopetettuaan lähettäjä lähettää vuoromerkin renkaaseen

10/17/2002 – rengas ei rajoita kehyksen kokoa

10



□ jos kevyt kuorma

- vuoromerkki kiertelee renkaassa
- joskus joku lähettää

□ jos raskas kuorma

- kaikilla asemilla jonoa
- kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkin seuraavalle

- **renkaan suoritusteho lähes 100%**

10/17/2002

11



## **Kuittaukset, prioriteetti**

□ kehyksessä 1 bitti kuittausta varten

- aluksi 0
- vastaanottaja muuttaa 1:ksi

- entä jos useita vastaanottajia?

- monimutkaisempi kuittaus
- ei lainkaan kuittausta

□ sanomat voidaan priorisoida

- monitasoisia prioriteettejä, nälkiintyminen mahdollista

10/17/2002

12

## 802.5-renkaan rakenne

- kierretty pari
- 1, 4 tai 16 Mbps
- differential Manchester -koodaus
  - kehyksen alussa ja lopussa koodausta, joka ei ole normaalia dataa (high-high tai low-low)
  - aina siirtymä keskellä
    - tahdistusta varten
  - 0 alussa siirtymä, 1 alussa ei siirtymää

10/17/2002

13

## Renkaan ylläpito

- ongelma: rengas katkeaa!
  - johtokeskus (wire center)
    - jokainen asema yhdistetty johtokeskukseen kahdella kierretyllä parilla
  - releen virroitus asemalta
    - virta katkeaa => rele sulkeutuu
    - asema siirtyy ohitustilaan
  - asema voidaan myös ohjelmallisesti irroittaa renkaasta
    - esim. testausta varten

10/17/2002

14

# MAC-protokolla ja -kehys

- token holding -time
  - 10 ms
- access control -kenttä (1 tavu)
  - vuoromerkki (3 bittiä)
  - monitor-bitti
  - prioriteettibittit
  - varausbitit
- frame status -kenttä ( 1 tavu)
  - automaattinen kuittaus:
    - A = nähnyt, C = kopioinut

10/17/2002

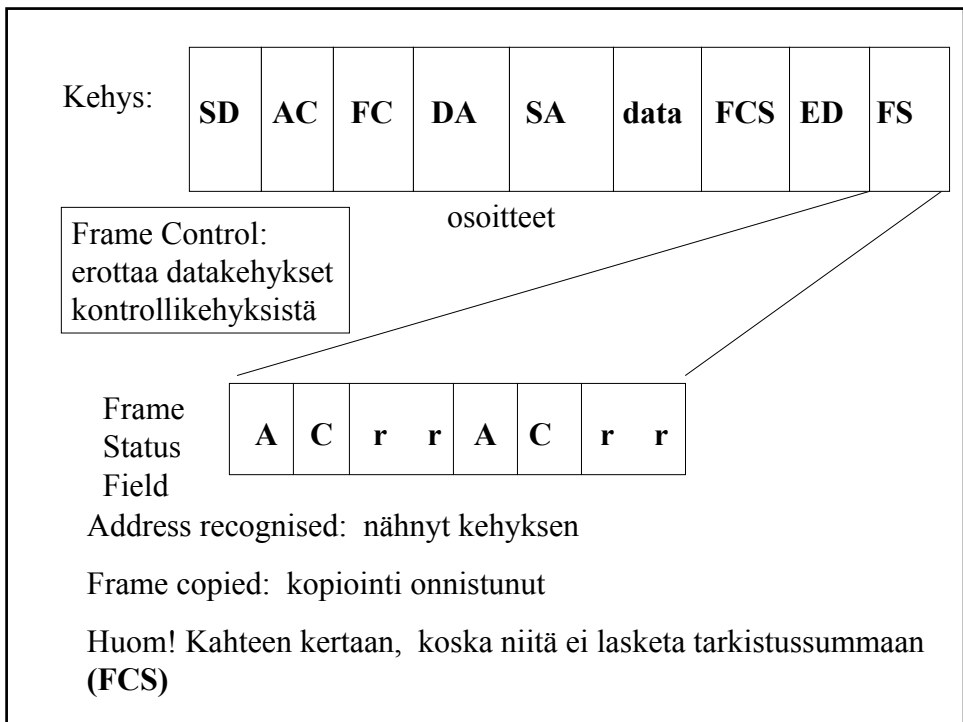
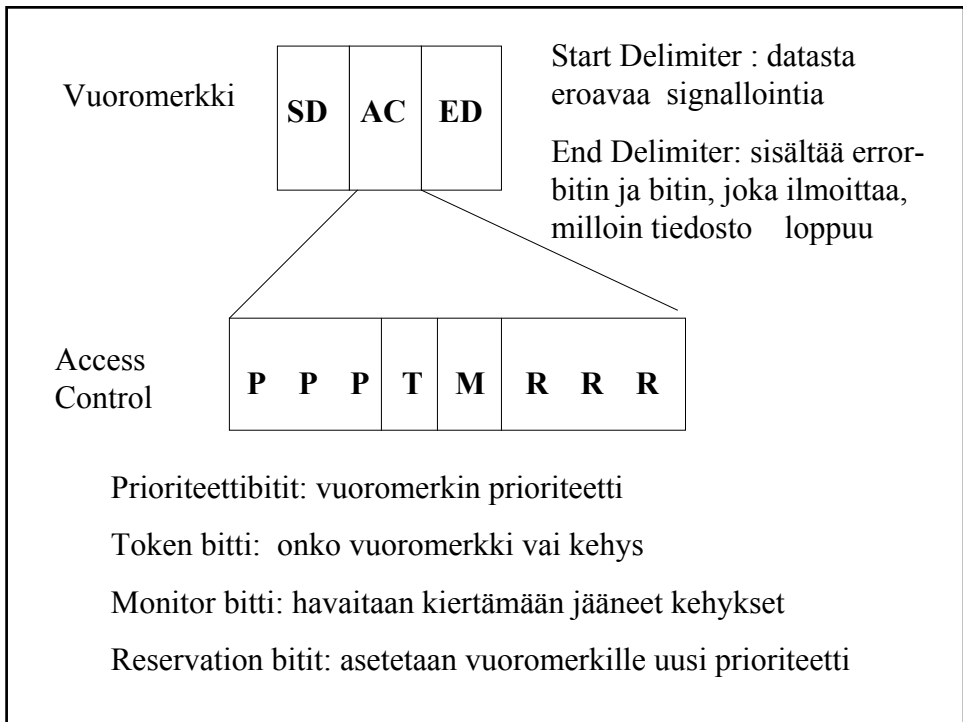
15

- loppumerkissä
  - E-bitti
    - asetetaan, jos havaitaan epäkelvo merkki
  - enf-of-file -bitti
    - viimeinen kehys

10/17/2002

16





# Prioriteetti

- ❑ monitasoisia prioriteettejä
- ❑ vuoromerkin prioriteetti
  - määrää minkä prioriteetin kehyksiä saa lähettää
    - kolme bittiä vuoromerkin sisällä
- ❑ vuoromerkin prioriteetin asetus
  - datakehityksen varausbittien avulla
    - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle
  - kun lähetyksen loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

10/17/2002

19

- ❑ vuoromerkin prioriteetin nostanut, myös laskee sen!
- ❑ alemman prioriteetin kehykset voivat joutua odottamaan ikuisesti

10/17/2002

20

# Vuororenkkaan ylläpito

- ❑ keskitetty ylläpito
  - yksi asema toimii **valvoja-asemana**
  - kaikki asemat voivat toimia valvonta-asemana
- ❑ jos valvoja-asema vikaantuu
  - ACTIVE\_MONITOR\_PRESENT -kehystä ei tule
  - tilanteen havainnut asema lähettää
    - CLAIM\_TOKEN -kehyyksen
  - jos useita => kilpailemalla saadaan uusi valvonta-asema

10/17/2002

21

# Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

- ❑ vuoromerkin katoaminen
  - vuoromerkin kiertoa valvova ajastin
  - jos laukeaa, rengas tyhjennetään ja lähetetään uusi vuoromerkki
- ❑ vaurioituneet kehyykset
  - väärä kehysmuoto, tarkistussumma ei täsmää
  - tyhjennys ja uusi vuoromerkki

10/17/2002

22

## □ 'orvot' kehukset

- lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
- kehyksessä monitoribitti
  - valvoja asettaa kehuksen monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
  - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan

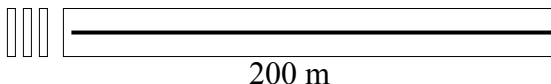
## □ renkaan pituuden säätely

- 24 bitin vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
- valvoja lisää viivettä tarvittaessa
  - jos renkaan pituus + asemien aiheuttamat 1 bitin viipeet eivät riitä

## Bitin pituus

- siirtonopeus renkaassa **R Mbps**
- => bitti lähetetään joka  $1/R$  millisekunti
- siirtoviive kaapelissa  $200\,000\text{ km/s} =$
- $200\text{ m/ms}$
- kukin bitti vie tällöin  $200/R$  metriä
- Jos  $R = 1\text{ Mbps}$  ja renkaan koko  $1000\text{ m}$ , niin renkaaseen mahtuu vain 5 bittiä (a'  $200$  metriä)

10/17/2002



24

## renkaan rikkoutuminen

- ❑ kun asema huomaa renkaan katkenneen
  - sen naapurit vaikuttavat 'kuollelta'
  - lähettää BEACON-kehyksen
    - jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite
  - kehys etenee niin pitkälle kuin voi
    - voidaan päätellä katkoksen alku
  - poistetaan rikkoutuneet ohitusreleen avulla
    - rengas kuntoon

10/17/2002

25

## 802.3 CSMA/CD

### hyvät puolet

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

10/17/2002

26

## 802.3 CSMA/CD huonot puolet

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

10/17/2002

27

## 802.5 vuororengas hyvät puolet

- kaksipisteyhteyksiä
  - rengas voidaan rakentaa mistä tahansa
- täysin digitaalinen
- johtokeskus
  - => automaattinen vikojen havaitseminen ja korjaaminen
- prioriteetit
  - alimman prioriteetin sanomat eivät saa lähetysaikaa

10/17/2002

28

- hyvin lyhyet ja hyvin pitkät kehykset mahdollisia
- suorituskykyinen ja tehokas

### □ huonot puolet

- keskitetty valvontatoiminto
  - seonnut valvoja voi tehdä mitä vaan
- kevyellä kuormalla turhaa odotusta



## **FDDI (Fiber Distributed Data Interface)**

- vuororengas
  - valokuitu
  - 100 Mbps
  - => 200 km
  - 500 asemaa,
    - asemien väli < 2 km, kun monimuotokuitu + LED
    - yksimuotokuidulla ja laserille voi olla suurempi
- käyttö LANeja yhdistävänä runkolinjana

## synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- ❑ BER < 1 virhe /  $2.5 \cdot 10^{10}$  bittiä
- ❑ maksimi kehys 4599 tavua

10/17/2002

31

## FDDI: rakenne

- ❑ kaksi valokuiturengasta
  - toisessa myötäpäivään
  - toisessa vastapäivään
- ❑ renkaan katkeaminen
  - tarvittaessa renkaat voidaan yhdistää yhdeksi
- ❑ asemat
  - A: kiinni molemmissa renkaissa
  - B: kiinni vain yhdessä renkaassa

10/17/2002

32



# FDDI: protokolla

- Vuororenkkaan johdannainen
  - renkaassa useita lähetyksiä
    - vuoromerkki heti renkaaseen, kun oma lähetys loppunut
  - kehys hyvin samanlainen kuin vuororenkkaassa

10/17/2002

33

- voidaan lähettää myös synkronisia kehyksiä
  - PCM-ääntä
  - ISDN-dataa
  - master-asema generoi kehyksen joka 125 ms
    - PCM: 8000 näytettä sekunnissa
  - kehyksessä 96 tavua synkronista dataa
    - 4 T1 kanavaa tai 3 E1 kanavaa
- asemalle varatut aikaviipaleet käytössä, kunnes asema luopuu niistä
  - muut jaetaan tarpeen mukaan
    - korkein prioriteetti ensin

- kaksi ajastinta
  - token holding timer
    - säätelee lähetysaikaa
  - token rotation timer
    - vuoromerkin kiertoaika
- Lisäksi tiedossa on
  - target token rotation time
    - tavoitteena oleva vuoromerkin kiertoaika
- jos vuoromerkki etuajassa, kaikkia voidaan lähettää, jos myöhässä vain korkeimman prioriteetin sanomat (synkronisen liikenteen kehykset)

- Lähetysvuoro asemalle aina vähintään  $2 \cdot \text{TTRT}$ :n välein
  - riippuen synkronista dataa lähettävien asemien määrästä
  - ja yleisestä kuormituksesta
  - ei takaa isokronisuutta
    - lähetysvuoro aina tasaisin välein
- Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
  - kullekin luokalle oma ajastin
- kytketyt eetteriverkot ja atm korvaamassa FDDI:n

# WLAN langaton lähiverkko (Wireless LAN)

- ❑ IEEE 802.11-standardi
  - IEEE 802.11: 1 ja 2 Mbps
  - IEEE 802.11a: 6, 12, 24, 54 Mbps
  - IEEE 802.11b: 5.5, 11 Mbps
- ❑ ETSI: HiperLAN
  - HiperLAN1: 20 Mbbps
  - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
  - HiperAccess: 25 Mbps
  - HiperLink: 155 Mbps
- ❑ HomeRF

10/17/2002

37

# IEEE 802.11-standardi

- ❑ Ratifioitu 1997
  - 7 vuoden kehitystyön jälkeen
- ❑ nopeus 1 tai 2 Mbps
- ❑ 2.4 GHz:n lisenssivapaa alue
  - **MAC-kerros ~ Ethernetin kaltainen**
    - CSMA/CA (Collision Avoidance)
      - piilolähetäjäongelma (hidden terminal )
  - **fyysinen kerros**
    - kaksi eri ratkaisua radioaalloille
      - hajaspektritekniikkoja (Spread spektrum), jotka hajauttavat lähetyksen laajalle taajuusalueelle
    - infapuna-aallot

10/17/2002

38

# ISM

(Industrial, Scientific, and Medical)

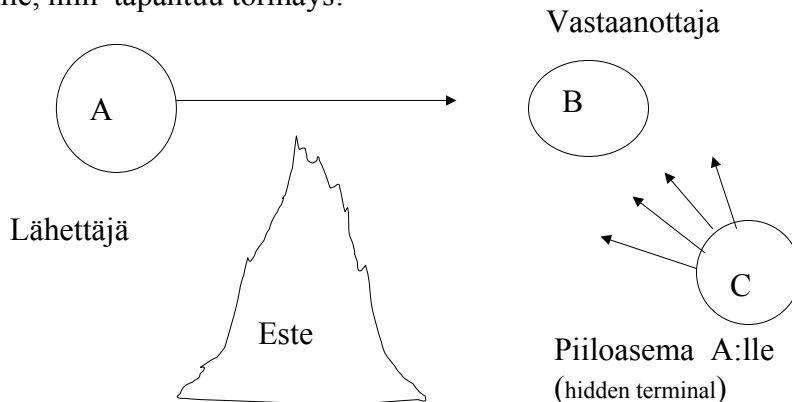
- ❑ Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
  - 'rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit'
- ❑ ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
  - 902-928 MHz,
  - 2.4-2.483 GHz,
  - 5.15-5.35 GHz,
  - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä muita laitteita
  - esim. 2.4 GHz:n taajuudelle toimivat monet mikroaaltouunit
  - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

10/17/2002

39

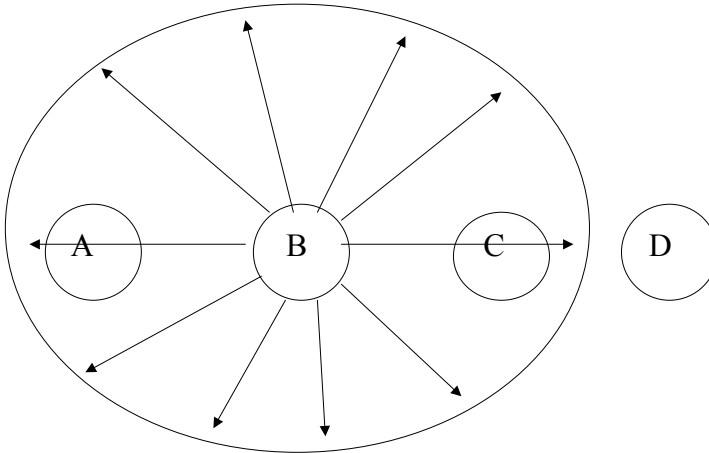
## Hidden terminal -ongelma

Lähetäjä ei kuule C:n lähetystä. Jos A lähettää B:lle, niin tapahtuu törmäys!



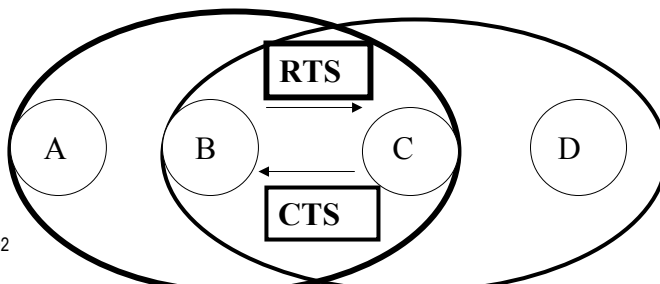
□ **exposed station problem:**

- B:n lähetys A:lle estää turhaan C:tä lähettämästä D:lle



**CSMA/CA (Collision avoidance)**

- RTS (Request to send)
  - lähettäjä kysyy vastaanottajalta lähetyyslupaa
- CTS (Clear to send)
  - vastaanottaja antaa luvan lähettää



## Datan lähetys B --> C

- B lähettää C:lle RTS-kehyksen (Request To Send)
  - kehyksessä datalähetyksen pituus
  - => A:n naapurit osaavat varoa
  
- C lähettää B:lle CTS-kehyksen (Clear To Send)
  - datalähetyksen pituus
  - => B:n naapurit osaavat varoa

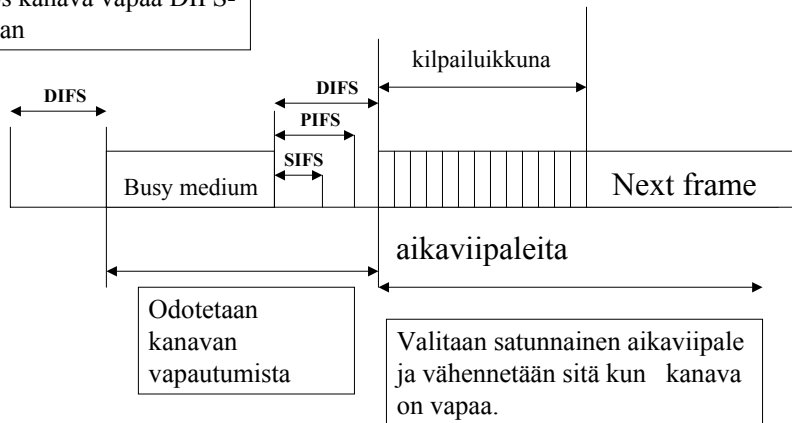
## Lähetyksen koordinoitua

- IFS (Interframe space)
  - erilaisia aikavälejä
    - mitä lyhyempi aika sitä suurempi prioriteetti
    - DIFS (Distributed IFS)
      - määrää kuinka pitkään aseman on kuunneltava ennenkuin se voi valmistautua lähettämään tavallista dataa
    - SIFS (short IFS)
      - määrää kuinka pitkään on kuunneltava ennen kuittauksen lähettämistä
    - PIFS
      - odotusaika ei -kilpaileville lähetyksille

SIFS < PIFS < DIFS

## CSMA/CA: lähettäminen

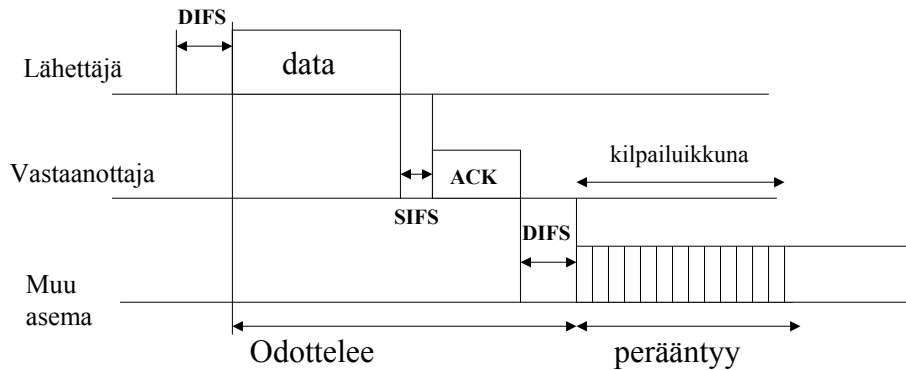
Voi lähettää vapaasti,  
jos kanava vapaa DIFS-  
ajan



## Satunnaisperääntyminen (Random backoff)

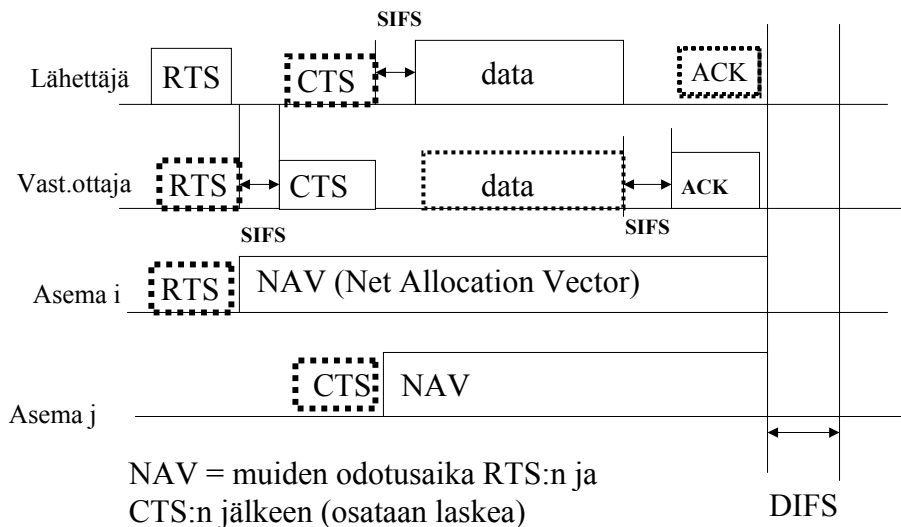
- ❑ Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaleita
  - oletusarvo 31
  - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetykset onnistuu
    - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- ❑ ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
  - aikaa vähennetään, jos kukaan muu ei ala lähettää
- ❑ samankaltainen kuin Ethernetissä

## Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

## RTS, CTS ja NAV





## Fyysinen kerros: hajaspektri

- FHSS taajuushyppely (frequency hopping)
  - koko käytössä oleva taajuuskaista on jaettu useaan alikaistaan
    - maksimissaan 79 alikaistaa a' 1 MHz
    - lähetyksessä käytettävä ainakin 6 eri alikaistaa
  - lähettäjä vaihtaa alikaistaa koko ajan tietyn kuvion mukaan => vähentää häiriöiden vaikutusta
- DSSS suorasegvenssi (direct sequence )
  - lähettää datan yhdessä satunnaisten bittisekvenssin (pseudo-noise) kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)
  - tuloksena hyvin laajakaistainen, kohinan kaltainen signaali
    - kestää hyvin häiriöitä
    - ei häiritse voimakkaampaa kapeakaistaista lähetystä
    - vaikeaa havaita, salakuunnella tai väärentää

## IEEE 802.11a

- Nopeudet 6->54 Mbps
- Käyttää 5 GHz:n kaistaa
  - herkkä monenlaisille häiriöille
  - USA:ssa 300 MHz vapaa-alue (UNII)
  - Euroopassa varattu HiperLAN2:lle
- fyysinen kerros OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
  - useita alikanavien eri taajuuksia, jotka keskenään ortogonaalisia
- laitteita vuoden 2001 lopussa

# IEEE 802.11b

- ❑ Yhteensopivuus perusversion kanssa
  - 2.4 GHz:n alue
  - samankaltainen fyysinen kerros
- ❑ nopeudet 5.5 tai 11 Mbps (~10 Mbps perus-Ethernet)
  - nopeutus perustuu suurelta osin kehittyneempään modolointitekniikkaan
    - yhtä signaalimuutosta kohden enemmän bittejä
  - sopeutuu automaattisesti lähetyskanava ominaisuuksiin
    - nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

10/17/2002

51

# ETSI:n Hiperlan-standardit

- ❑ HiperLAN-tavoitteita
  - suuret nopeudet (> IEEE:llä)
  - turvallisuuspiirteet
  - priorisointi
  - yhteensopivuus 3G-mobiililaitteiden kanssa
- ❑ Standardeja
  - HiperLAN1: 20 Mbbps
  - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
  - HiperAccess: 25 Mbps
  - HiperLink: 155 Mbps

10/17/2002

52

# HiperLAN2

- ❑ **Nopea:** fyysisellä tasolla 54 Mbps, verkkokerroksella 25 Mbps)
- ❑ Fyysinen kerros lähes samanlainen kuin 802.11a:ssa
  - OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing)
  - 5 GHz
- ❑ **MAC-kerroksella dynaaminen aikajako** (TDD, Time-Division Duplex)
  - MAC-kehys 2 ms
    - Resource Request -pyyntö ennen lähetystä
      - tässä kilpailua muiden lähettäjien kanssa
    - lähetyksvuorot jaetaan ja lähetys tapahtuu ilman kilpailua
- ❑ **Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS**
  - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut
    - solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ..

10/17/2002

53

# HiperAccess ja Hiperlink

- ❑ **Hiperaccess**
  - langaton laajakaistayhteys koteihin
    - vrt. xDSL-yhteys ja kaapelimodeemi
  - 25 Mbps
  - max. 5 km:n etäisyydellä
- ❑ **Hiperlink**
  - kiinteä kaksipisteyhteys
  - 17 GHz:n taajuusalueessa
  - 155 Mbps nopeus
    - atm-yhteensopivuus

10/17/2002

54