

## 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

23.11.2001

47

## IEEE 802.11-standardi

### • Ratifioitu 1997

- 7 vuoden kehitystyön jälkeen

### • nopeus 1tai 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

23.11.2001

- infapuna-aallot

48

## ISM

(Industrial, Scientific, and Medical)

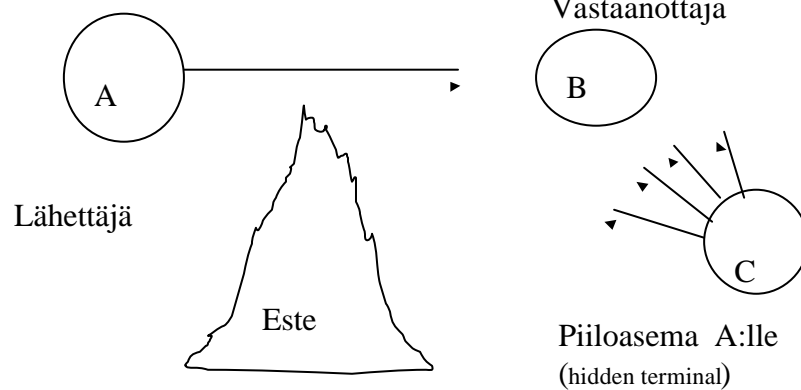
- Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
  - ‘rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit’
- ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
  - 902-928 MHz,
  - 2.4-2.483 GHz,
  - 5.15-5.35 GHz,
  - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä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

23.11.2001

49

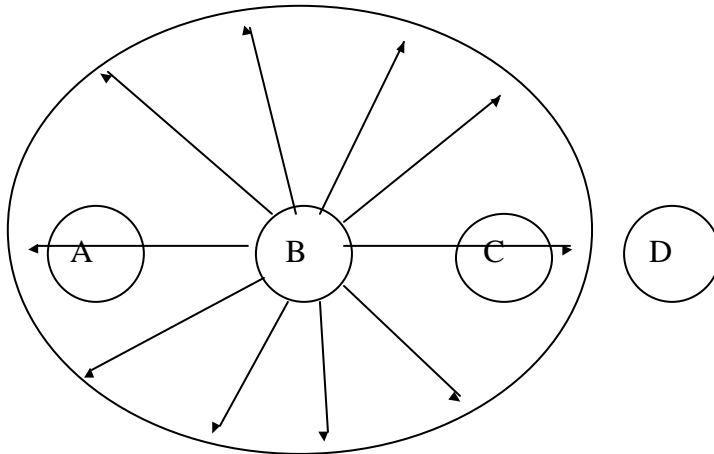
## Hidden terminal -ongelma

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



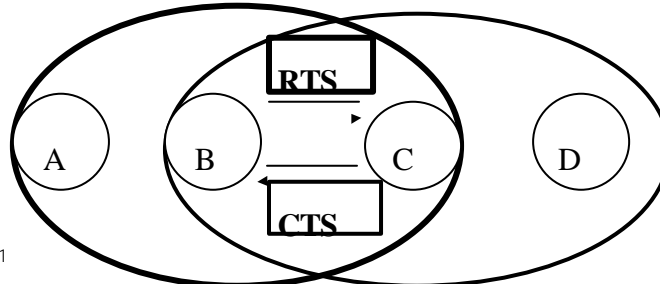
• **exposed station problem:**

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



**CSMA/CA (Collision avoidance)**

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



23.11.2001

52

## Datan lähetys B --> C

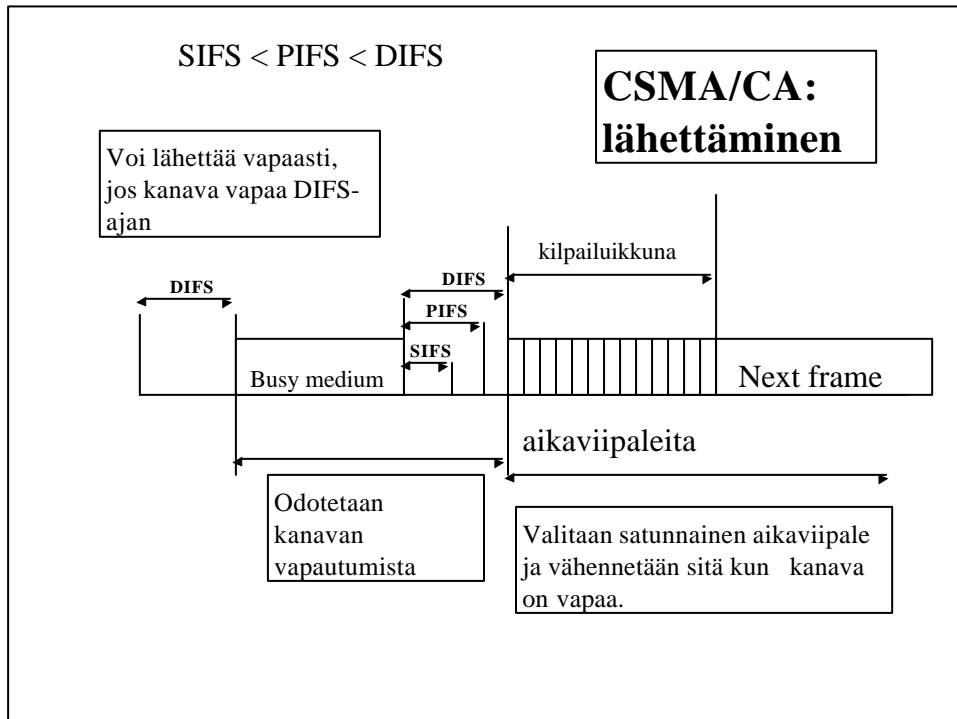
- B lähettää C:lle RTS-kehiksen (Request To Send)
  - kehyksessä datalähetysten pituus
  - => A:n naapurit osaavat varoa
  
- C lähettää B:lle CTS-kehiksen (Clear To Send)
  - datalähetysten pituus
  - => B:n naapurit osaavat varoa

## Lähetysten 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 lähetysile

23.11.2001

54

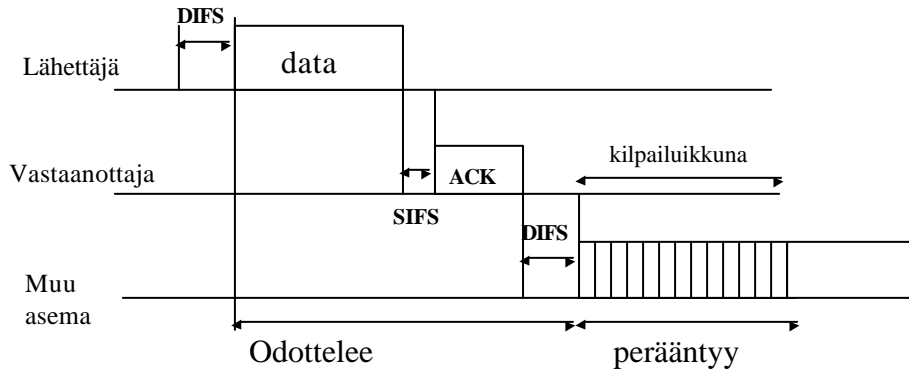


## Satunnaisperäntyminen (Random backoff)

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

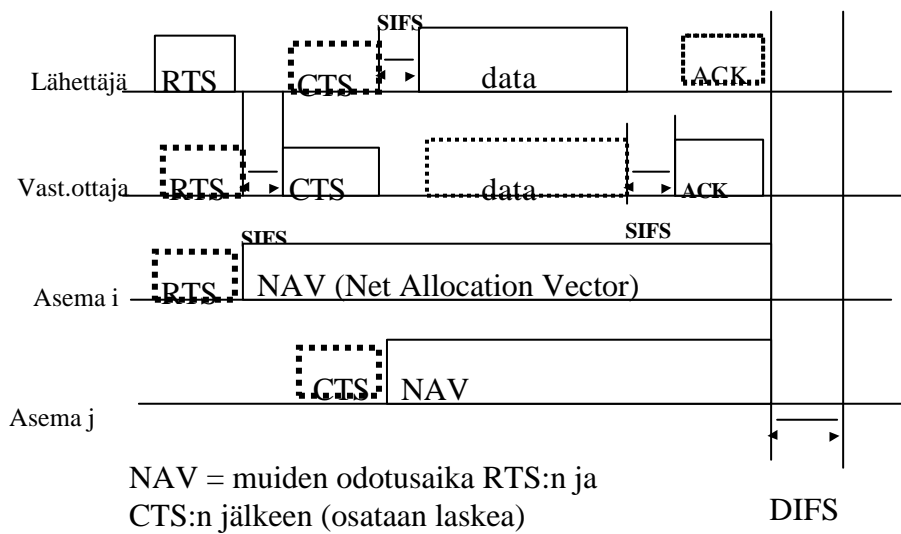
23.11.2001 56

## 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 satunnaisen bittisekvenssin kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)

23.11.2001

59



## 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

23.11.2001

60



## 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

23.11.2001

– nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

61



## 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

23.11.2001

62



## 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

23.11.2001 – solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, .. 63

## 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

23.11.2001 – atm-yhteensopivuus

64



## HomeRF

- Korvaamaan kotiympäristössä 802.11b:n
  - 802.11b tarkoitettu yritysten käyttöön
    - kallis ratkaisu
    - jos laitteita tiiviisti kuten kotona 802.11b edellyttää keskitettyä valvontaa
    - ei sovi hyvin äänensiirtoon
- siirtoetäisyys n. 50 metriä
- ääni + data

23.11.2001

65



## Laajaverkot (WAN)

- Puhelinverkko
  - runkolinjat
    - digitaalisia, kuitua
  - local loop
    - analoginen, kierretty pari
  - kanavointi
- X.25, Frame Relay
- Atm-verkko

23.11.2001

66



## Peruskerros

### • Bittien generointi ja lähettäminen linjalle

- miten bitit esitetään ja koodataan
  - esim. voltteina ja ampeereina, taajuuksina ja vaiheina
  - Manchesterin koodaus
- ajoitukset
  - kauanko yhden bitin lähetys kestää?
- miten yhteys muodostetaan
- millaiset liittimet

23.11.2001

67



## Lainalaisuudet

- valonnopeus
- informaatioteorian teoreemat
  - maksimaalinen nopeus, jolla kanavalla voidaan siirtää dataa riippuu kanavan kaistan leveydestä
    - Nyquist: kohinattomalle kanavalle
    - Shannon: kohinaiselle kanavalle
  - teoreettiset raja-arvot
    - “täysin kohinaton kanava, jossa pystytään erottamaan ääretön määrä tasoja”

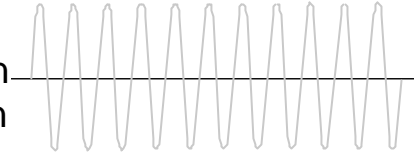
23.11.2001

68

## Tiedon koodaus signaaliin

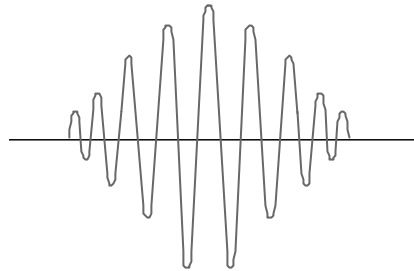
- bittien koodaukseen käytetään signaalin

- taajuutta
- amplitudia
- vaihetta



- signalointinopeus

- signaalia / s
- yksikkönä **baudi**



## Sinifunktio

- perusesimerkki jaksollisesta funktiosta

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + q)$$

A maksimiampplitudi

f taajuus

q vaihe

## Fourier-sarja (Tanenbaum ss.78-82)

• jaksollinen funktio voidaan esittää Fourier-sarjana

$$g(t) = c/2 + \sum (A_n \sin(2\pi n f t) + B_n \cos(2\pi n f t))$$

summassa  $n$  saa arvot 1:stä äärettömään

$$f = 1/T$$

23.11.2001  $A_n, B_n =$  Fourier-kertoimet (harmonics) 71

## Fysikaalinen tulkinta

• mielivaltainen jaksollinen signaali

- generoidaan tarpeellinen määrä eritaajuisia siniaaltoja

- siniaaltoja on helppo generoida

- määrä voi olla myös ääretön

- käytännössä mukaan vain äärellinen määrä

- signaali vääristyy

• spektri

- signaalin siniaaltojen taajuuksien kokoelma

23.11.2001

72

## Esimerkki: 'b'-kirjain

- $b = 01100010$
- tästä saadaan jaksollinen funktio, kun ajatellaan  $b$ :n lähetyksen toistuvan
- $01100010\ 01100010\ 01100010$



$$T = 8; \quad f = 1/T = 1/8$$

23.11.2001

73

- $g(t) = 0, 0 \leq t < 1$   
1,  $1 \leq t < 2$   
1,  $2 \leq t < 3$   
0,  $3 \leq t < 4$   
.....  
1,  $6 \leq t < 7$   
0,  $7 \leq t < 8$

23.11.2001

74

- Kun integroidaan lausekkeet  $A_n$ ,  $B_n$  ja  $C_n$  käyttäen 'b':n jaksollista funktioita, saadaan 'b'-funktion Fourier-kertoimet.
- 'b'-signaalin tarkkaan esittämiseen tarvitaan ääretön määrä Fourier-sarjan kertoimia
  - signaali voidaan approksimoida äärellisellä määrällä termejä
    - äärellisellä määrällä sinifunktioita
  - mitä enemmän kertoimia sitä tarkempi approksimaatio



## Kaistanleveys (bandwidth)

- signaalin kaistanleveys
  - $f_2 - f_1$ , missä  $f_1$  on pienin ja  $f_2$  suurin signaalin siniaaltokomponentin taajuus
- kanavan kaistanleveys
  - väli  $[f_1, f_2]$ , jolla alueella olevia taajuuksia kanava pystyy välittämään

23.11.2001

76



## Kaistanleveys ja tiedonsiirto

- mitä suurempi kaistanleveys, sitä suuremmat taajuudet mahdollisia, sitä useampi Fourier-termi kaistaan mahtuu ==> signaalin muoto säilyy paremmin
- signaalilla voi olla useita tasoja
  - kaksi tasoa: 0 ja 1
  - useampia tasoja : esim. 0, 1, 2 ja 3

23.11.2001

77



## Kanavan siirtokyky

- siirtonopeus ja siirrettävän tietoyksikön koko ('signaalin pituus bitteinä') ==> tietoyksikön siirtoaika eli sen jaksonpituus  $T$
- 1. Kertoimen taajuus =  $1/T$
- rajallisessa kanavassa voi lähettää vain rajallisen määrän harmonic-termejä
- termien määrä ==> signaalin laatu

23.11.2001

78





## Esimerkki

- kanavan nopeus 9600 bps
- tietoyksikön koko 8 bittiä ('b')
- tietoyksikön siirtoaika  
 $T = 8/9600 = 0.833 \text{ ms}$
- 1. termi =  $1/T = 9600/8 = 1200 \text{ Hz}$

23.11.2001

79



## Esimerkki jatkuu

- Jos kanavan kapasiteetti on 3000 Hz (~puhelinlinjalla )
- => kanavaan mahtuu  $3000/1200$   
eli 2 termiä
- lähetyksen laatu on huono

23.11.2001

80

## Esimerkki jatkuu yhä

- tiedonsiirtonopeus 38400 bps  
ja kanavan kaista 3000 Hz  
=> 1. termi = 4800 Hz
- => binääritietoa ei voida lähettää, sillä  
kaistaan ei mahdu yhtään tämän  
taajuisen signaalin termiä!

23.11.2001

81

## Nyquistin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus  
häiriöttömällä kanavalla

$$C = 2 H \log_2 V \text{ bps}$$

C = tiedonsiirtonopeus (bps)

H = kaistanleveys

V = tasojen lukumäärä

23.11.2001

82

## Näytteiden otto

- Nyquist =>
- Jos kanavan kaistanleveys on  $H$ , niin kaikki kanavan informaatio saadaan ottamalla kanavasta  $2H$  näytettä sekunnissa
  - tiuhempi näytteiden otto ei enää tuota lisää informaatiota

23.11.2001

83

## Esimerkki

- **Modeemi yleisessä puhelinverkossa käyttää 8 tasoa. Verkon kaistanleveys on 3100 Hz. Mikä on tiedonsiirtonopeus?**
- **Nyquistin kaava:  $C = 2H \log_2(V)$  bps**
- **$C = 2 \cdot 3100 \cdot \log_2(8)$  bps  
=  $6200 \cdot 3$  bps  
= 18600 bps**

23.11.2001

84

## Kohina

Kohinaksi kutsutaan johtimessa aina taustalla esiintyvää sähkömagneettista aaltoliikettä  
– vahvistamaton signaali vaimenee kohinaksi

### • signaali-kohina -suhde SNR

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} ( S/N ) \text{ dB}$$

S = signaalin teho

N = kohinan teho

- ilmoitetaan desibeleinä

23.11.2001 • suuri SNR => hyvä signaalin laatu

85

## Shannonin kaava

### • maksimaalinen tiedonsiirtonopeus kohinaisessa kanavassa

$$C = H \log_2 ( 1 + S/N ) \text{ bps}$$

H kaistan leveys

S signaalin teho wateissa

N kohinan teho wateissa

23.11.2001

86

## Esimerkki

- Yleisessä puhelinverkossa  $H = 3000$  Hz ja  $SNR = 20$  dB. Mikä on (teoreettinen) maksiminopeus  $C$ ?

$$SNR = 20 = 10 \log_{10} (S/N)$$

$$2 = \log_{10} (S/N) \text{ eli } S/N = 10^{**2} = 100$$

$$C = H \log_2 (1+S/N) = 3000 \log_2 (1+100) \\ = 3000 \log_{10}(101) / \log_{10}(2)$$

$$= 19974 \text{ bps}$$

23.11.2001

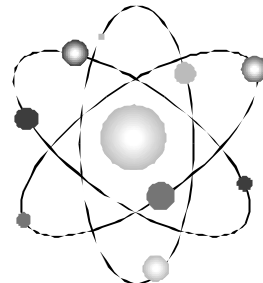
87

## Esimerkki jatkuu

- Tyypillisesti  $SNR = 30$  DB  
==>

- 3000 Hz:n kanavalla teoreettinen maksimi aina  $< 30000$

- käytettiin koodauksessa kuinka monta tasoa tahansa



23.11.2001

88



## Laajaverkot (WAN)

- Puhelinverkko
  - runkolinjat
    - digitaalisia, kuitua
  - local loop
    - analoginen, kierretty pari
  - kanavointi
- X.25, Frame Relay
- Atm-verkko

23.11.2001

89