

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

10/22/2002

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

10/22/2002

38

ISM (Industrial, Scientific, and Medical)

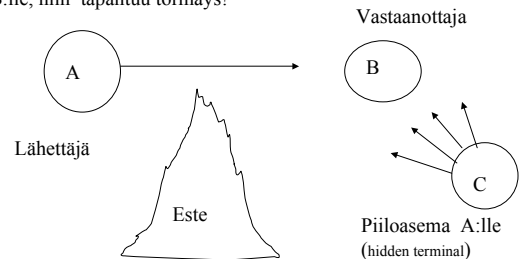
- Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
 - 'rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit'
- ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
 - 902-928 MHz,
 - 2.4-2.483 GHz,
 - 5.15-5.35 GHz,
 - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä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

10/22/2002

39

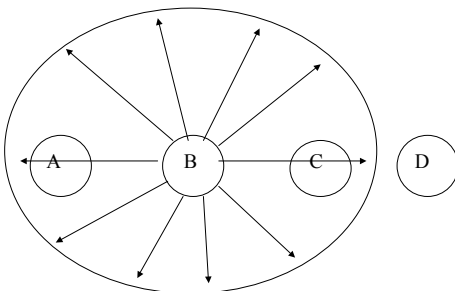
Hidden terminal -ongelma

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



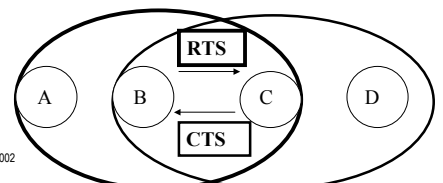
□ exposed station problem:

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



Ratkaisu piilolähetäjän ongelmaan

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



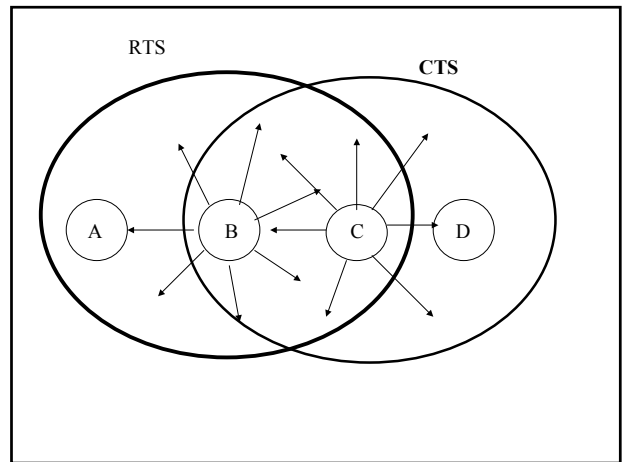
10/22/2002

42

Datan lähetys B --> C

- **B lähettää C:lle RTS-kehiksen** (Request To Send)
 - kehiksessä datalähetysten pituus
 - => B:n kuuluvuusalueella olevat (esim. A) tietävät olla lähettämättä

- **C lähettää B:lle CTS-kehiksen** (Clear To Send)
 - datalähetysten pituus
 - => C:n kuuluvuusalueella olevat (esim. D) tietävät olla lähettämättä



IEEE 802.11 MAC-kerros

- **kaksi eri tapaa koordinoita lähetykset**
 - **RTS, CTS, NAV**
 - **pelkät ajoitukset ja odottelut (~ Ethernet)**
 - **törmäyksiä voi sattua**
- **ACK-kuittaus on tarpeen**
 - **ainoa tapa saada selville menikö lähetys kunnolla perille**

10/22/2002

45

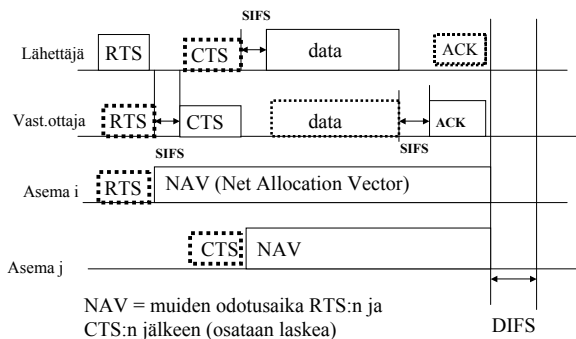
Aikavälejä lähetysten koordinointiin

- **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 lähetysille)

10/22/2002

46

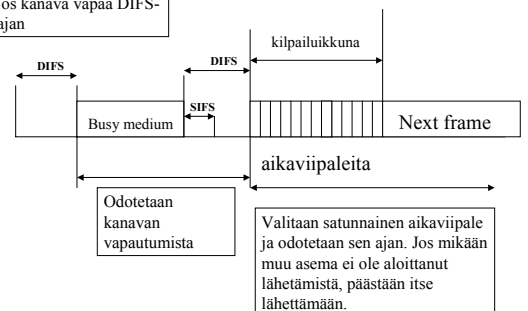
RTS, CTS ja NAV



SIFS < DIFS

CSMA/CA: lähettäminen

Voi lähettää vapaasti, jos kanava vapaa DIFS-ajan



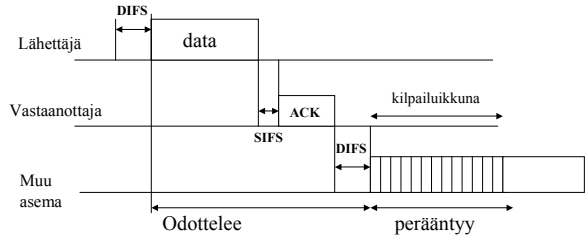
Satunnaisperääntyminen (Random backoff)

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

10/22/2002

49

Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittauksia, niin sanoma lähetetään uudestaan

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 (pseudo-noise) kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)
 - tuloksena hyvin laajakaistainen, kohinan kaltainen signaali
 - kestää hyvin häiriötä
 - 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

10/22/2002

52

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 lähetykskanava ominaisuuksiin
 - nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

10/22/2002

53

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

10/22/2002

54

HiperLAN2

- **Nopea:** fyysisellä tasolla 54 Mbps, verkkokerroksella 25 Mbps)
- Fyysisen 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
 - lähetysvuorot jaetaan ja lähetyk tapahtuu ilman kilpailua
- **Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS**
 - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut
 - solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ..

10/22/2002

55

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

10/22/2002

56

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

10/22/2002

57

Laajaverkot (WAN)

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

10/22/2002

58

Peruskerros

- **Bittien generointi ja lähettäminen linjalle**
 - miten bitit esitetään ja koodataan
 - esim. voltteina ja ampeereina, taajuuksina ja vaiheina
 - Manchesterin koodaus
 - ajoitukset
 - kauanko yhden bitin lähetyk kestää?
 - miten yhteys muodostetaan
 - millaiset liittimet

10/22/2002

59

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”

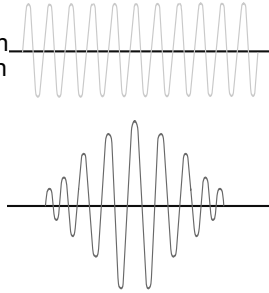
10/22/2002

60

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 maksimiampitudi

f taajuus

q vaihe

10/22/2002

62

Fourier-sarja (Tanenbaum ss.78-82)

- jaksollinen funktio voidaan esittää Fourier-sarjana

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

summassa n saa arvot 1:stä äärettömään

$$f = 1/T$$

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

10/22/2002

63

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

10/22/2002

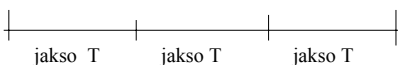
64

Esimerkki: 'b'-kirjain

$$\square b = 01100010$$

- tästä saadaan jaksollinen funktio, kun ajatellaan b:n lähetyksen toistuvan

$$\square 01100010 \ 01100010 \ 01100010$$



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

10/22/2002

65

$$\square g(t) = 0, \quad 0 \leq t < 1$$

$$1, \quad 1 \leq t < 2$$

$$1, \quad 2 \leq t < 3$$

$$0, \quad 3 \leq t < 4$$

.....

$$1, \quad 6 \leq t < 7$$

$$0, \quad 7 \leq t < 8$$

10/22/2002

66

- 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

10/22/2002

68

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

10/22/2002

69

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

10/22/2002

70

Esimerkki

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

10/22/2002

71

Esimerkki jatkuu

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

10/22/2002

72

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 taajuuden signaalin termiä!

10/22/2002

73

Nyquistin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus häiriöttömällä kanavalla

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

C = tiedonsiirtonopeus (bps)

H = kaistanleveys

V = tasojen lukumäärä

10/22/2002

74

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

10/22/2002

75

Esimerkki

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

10/22/2002

76

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
- suuri SNR => hyvä signaalin laatu

10/22/2002

77

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

10/22/2002

78

Esimerkki

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

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

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

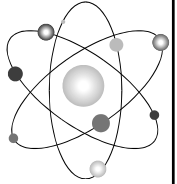
$$\begin{aligned} C &= H \log_2 (1+S/N) = 3000 \log_2 (1+100) \\ &= 3000 \log_{10}(101) / \log_{10}(2) \\ &= 19974 \text{ bps} \end{aligned}$$

10/22/2002

79

Esimerkki jatkuu

- Tyypillisesti $SNR = 30$ DB ==>
- 3000 Hz:n kanavalla teoreettinen maksimi aina < 30000
- käytettiin koodauksessa kuinka monta tasoa tahansa
- 'luonnonlaki' ~ valon nopeus



10/22/2002

80