

CSMA/CA: Satunnaisperääntyminen (Random backoff)

□ samankaltainen kuin Ethernetissä

- Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaletta
 - oletusarvo 31
 - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetys onnistuu
 - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- Ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
 - jos kukaan muu ei ala aikaisemmin lähettää, niin aloitetaan lähetys odotusajan päätyttyä

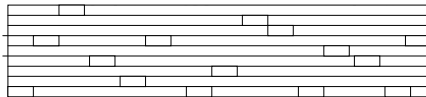
10/9/2003

25

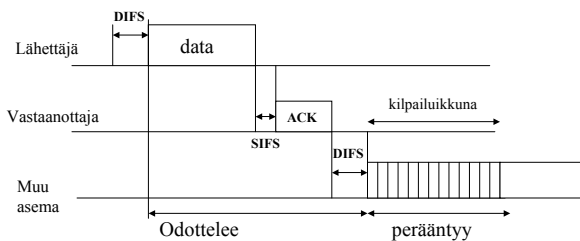
Fyysinen kerros: hajaspektri

□ 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



Lähetysten kuittaukset

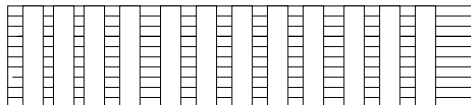


Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

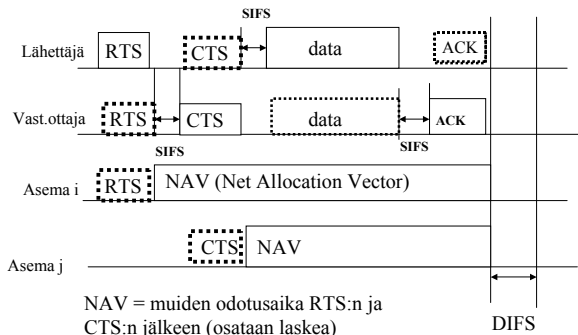
Hajaspektri: toinen tapa

□ 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 häiriöitä
 - ei häiritse voimakkaampaa kapeakaistaista lähetystä
 - vaikeaa havaita, salakuunnella tai väärentää



RTS, CTS ja NAV



NAV = muiden odotusaika RTS:n ja CTS:n jälkeen (osataan laskea)

Peruserkerros: OFDM

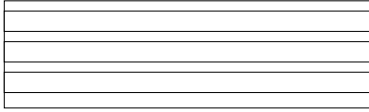
□ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- Saadaan suhteellisen kapeaan kaistaan mahtumaan paljon bittejä lähettämällä samanaikaisesti monta signaalia eri alikanavilla (multicarrier modulation), joiden taajuudet voivat olla osin päällekkäisiä
 - Sopivia taajuuksien kerrannaisia käyttäen => signaalit eivät häiritse toisiaan (mutual interference)
- Lupaava, mutta vaativa teknologia, joka hyödyntää digitaalista signaalin prosessointia, Fourier-muunnoksia, yms => 54 Mbps

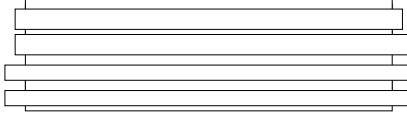
10/9/2003

30

Alikanavien välissä varoalueet, jotta signaalit eivät häiritse toisiaan:



OFDM: alikanavien taajuudet voivat olla osin päällekkäisiä



Silti eri signaalit pystytään erottamaan :



ETSI:n Hiperlan-standardit (vain Euroopassa)

- 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
- Onko näitä missään käytössä?

10/9/2003

34

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

10/9/2003

32

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: dynaaminen aikajako (TDD, Time-Division Duplex)
 - MAC-kehys 2 ms
 - Resource Request -pyyntö ennen lähetystä
 - tässä kilpailua muiden lähettäjien kanssa
 - lähetysvuorot jaetaan ja lähetys tapahtuu ilman kilpailua
- Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS
 - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut
 - solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ..

10/9/2003

35

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
 - Huonolla linjalla nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

10/9/2003

33

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

10/9/2003

36

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, nopeus 10Mbps (2.4 GHz)
 - ääni + data; äänenlaatu hyvä, koska sille varattu oma kaista
 - Käyttää taajuushyppelyä=> sietää hyvin häiriöitä
 - Laitevalmistajat eivät enää tue?

10/9/2003

37

6.3 Laajaverkot (WAN)

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

10/9/2003

40

Bluetooth

- erilaisten elektronisten laitteiden langattomaan kommunikointiin
 - Halpa ja yksinkertainen
 - Radiolinkki=>
 - ei tarvitse näköyhteyttä (vrt infrapuna)
 - Monen laitteen välinen kommunikointi
 - 2.45 GHz vapaakäyttöinen radiotaajuus
 - nopeus jopa 2 Mbps saakka
 - 10-100 m etäisyydellä
 - Käyttää taajuushyppelyä: 79 eri 1 MHz taajuutta

10/9/2003

38

Peruserro

Bittien generointi ja lähettäminen linjalle

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

10/9/2003

41

Bluetooth:

- sekä FEC (Forward Error Correction) että CRC (Cyclic Redundancy Check) + uudelleen lähettäminen
- laitteet voivat muodostaa keskenään verkkoja
 - pico net: isäntä + enintään 7 orjaa (slave)
 - hajaverkko (scatternet) yhdistää pico-verkkoja

10/9/2003

39

Lainalaisuudet

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

10/9/2003

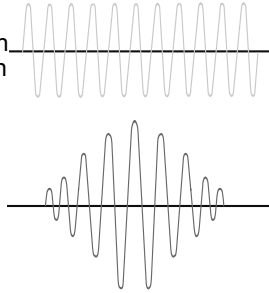
42

Tiedon koodaus signaaliin

- bittien koodaukseen käytetään signaalin

- taajuutta
- amplitudia
- vaihetta

- signalointinopeus
 - signaalia / s
 - yksikkönä **baudi**



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

10/9/2003

46

Sinifunktio

- perusesimerkki jaksollisesta funktiosta

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

A maksimiampplitudi

f taajuus

q vaihe

10/9/2003

44

Esimerkki: 'b'-kirjain

- $b = 01100010$

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

- $01100010 \ 01100010 \ 01100010$



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

10/9/2003

47

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)

10/9/2003

45

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

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

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

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

.....

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

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

10/9/2003

48

- 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

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

10/9/2003

52

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

10/9/2003

50

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

10/9/2003

53

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

10/9/2003

51

Esimerkki jatkuu

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

10/9/2003

54

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!

10/9/2003

55

Esimerkki

Ω **Modeemi yleisessä puhelinverkossa käyttää 8 tasoa. Verkon kaistanleveys on 3100 Hz. Mikä on tiedonsiirtonopeus?**

Ω **Nyquistin kaava: $C = 2H \log_2(V)$ bps**

$$\begin{aligned} \Omega \quad C &= 2 * 3100 * \log_2(8) \text{ bps} \\ &= 6200 * 3 \text{ bps} \\ &= 18600 \text{ bps} \end{aligned}$$

10/9/2003

58

Nyquistin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus häiriöttömällä kanavalla

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

C = tiedonsiirtonopeus (bps)

H = kaistanleveys

V = tasojen lukumäärä

10/9/2003

56

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

10/9/2003

59

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

10/9/2003

57

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

10/9/2003

60