

# 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

# 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

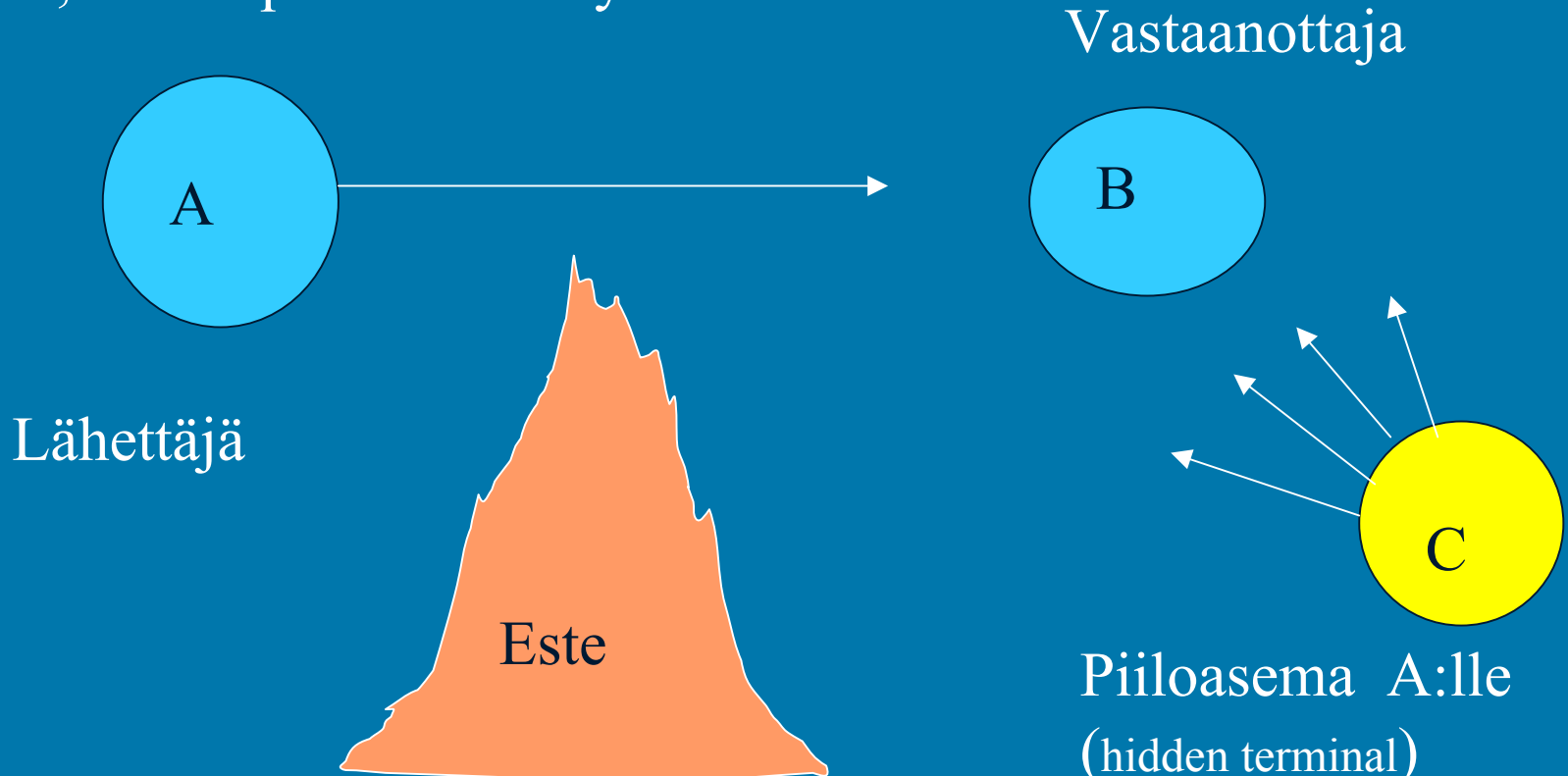
# ISM

(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 mikroaaltouun
  - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

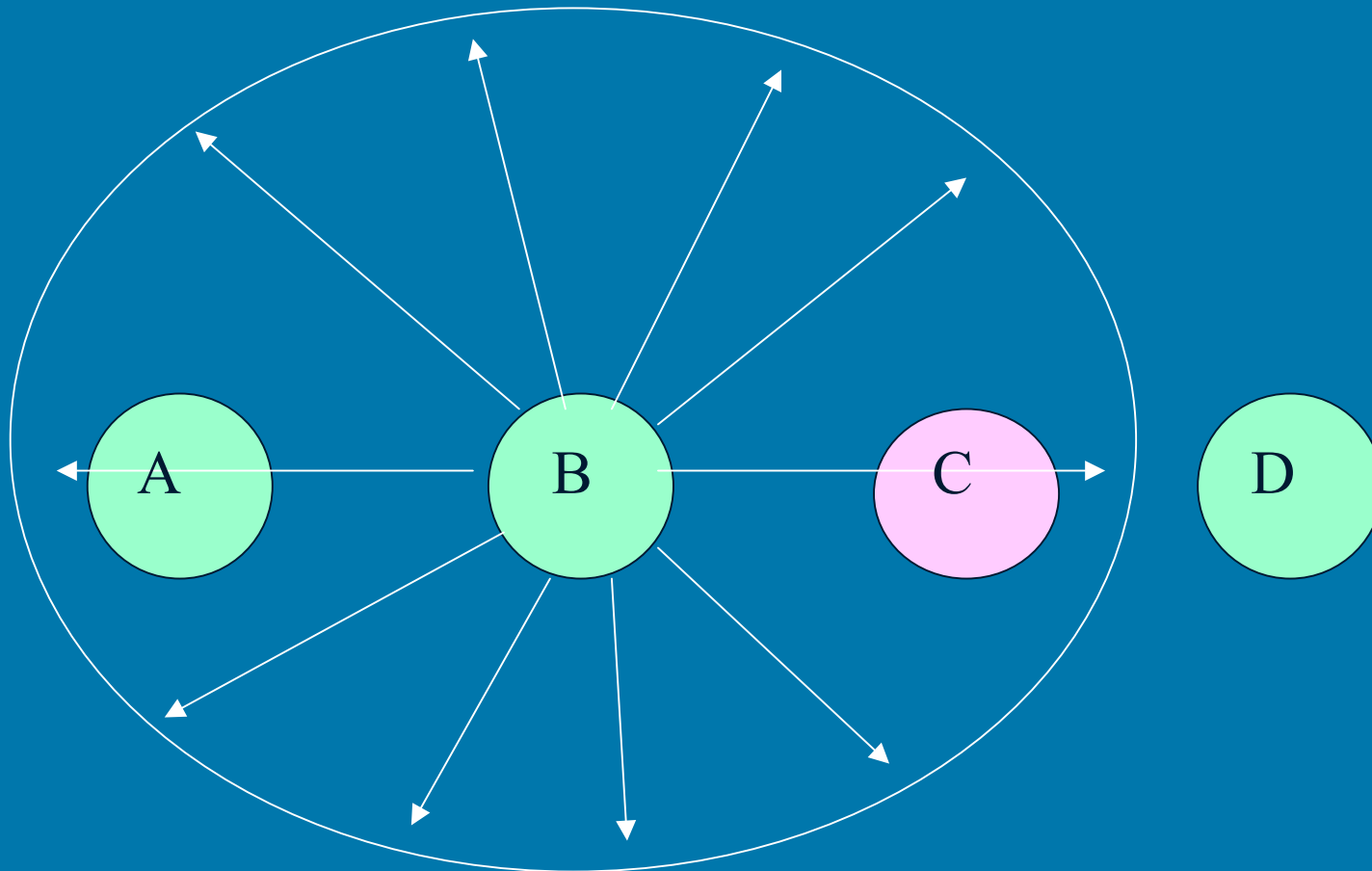
# Hidden terminal -ongelma

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



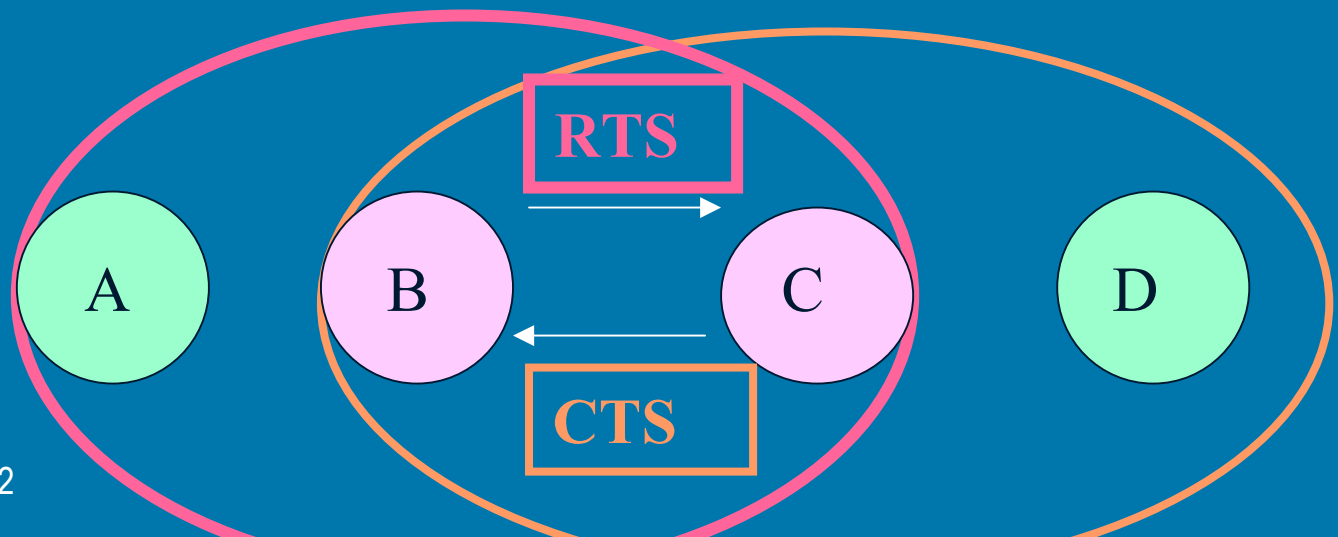
## □ exposed station problem:

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



# Ratkaisu piilolähettäjän ongelmaan

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

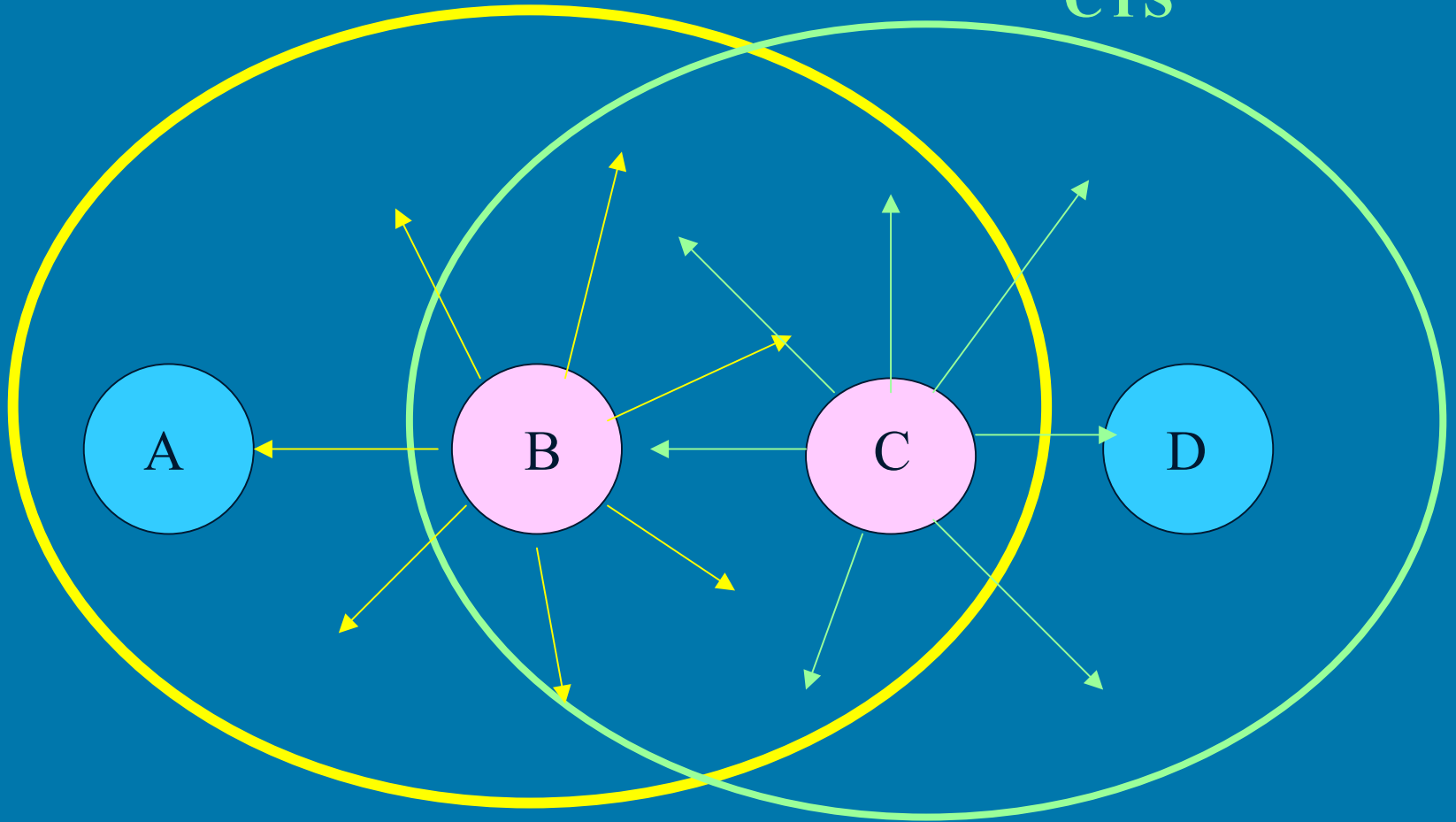


# Datan lähetys B --> C

- **B lähettää C:lle RTS-kehyksen** (Request To Send)
  - kehyksessä datalähetyksen pituus
  - => B:n kuuluvuusalueella olevat (esim. A) tietävät olla lähettämättä
  
- **C lähettää B:lle CTS-kehyksen** (Clear To Send)
  - datalähetyksen pituus
  - => C:n kuuluvuusalueella olevat (esim. D) tietävät olla lähettämättä

RTS

CTS





# IEEE 802.11 MAC-kerros

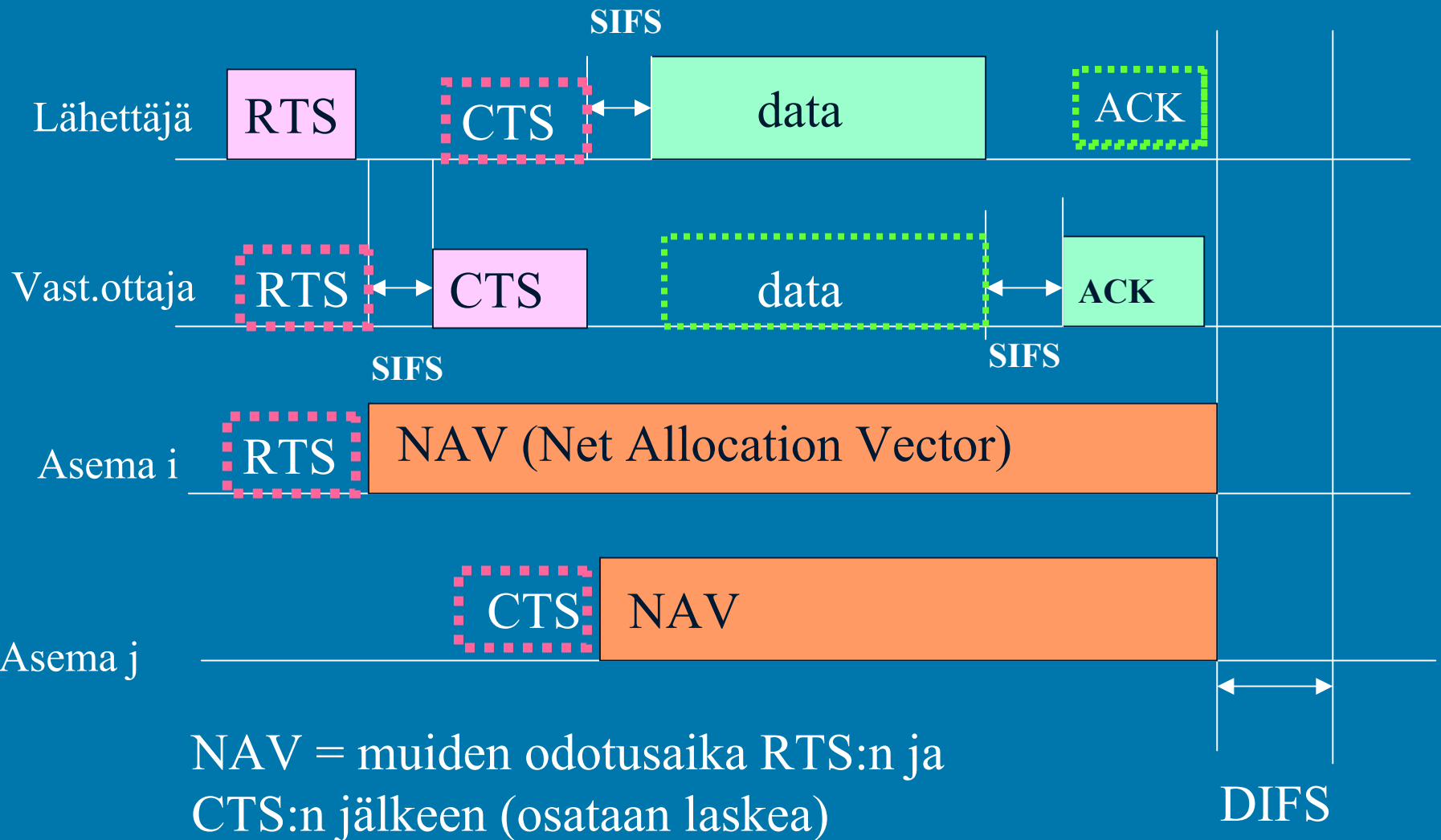
- **kaksi eri tapaa koordinoida lähetykset**
  - **RTS, CTS, NAV**
  - **pelkät ajoitukset ja odottelut (~ Ethernet)**
    - **törmäyksiä voi sattua**
- **ACK-kuittaus on tarpeen**
  - **ainoa tapa saada selville menikö lähetys kunnolla perille**

# Aikavälejä lähetyksen 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 lähetyksille)

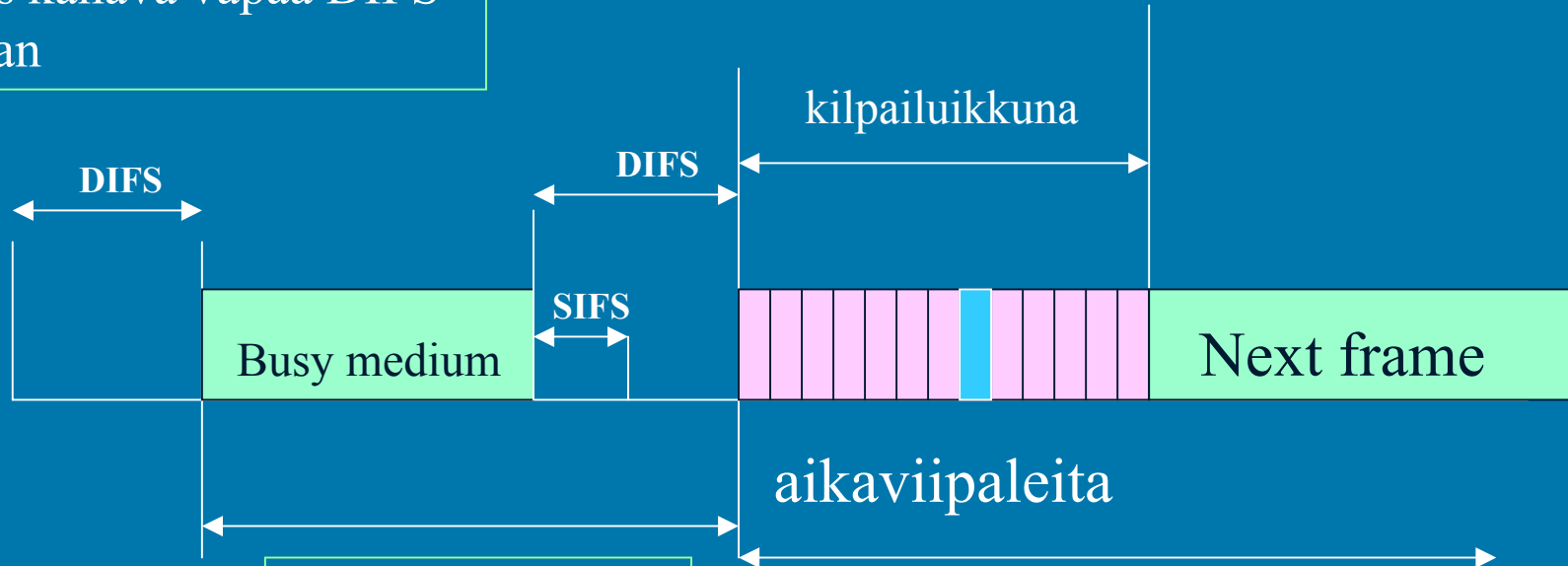
# RTS, CTS ja NAV



# SIFS < DIFS

## CSMA/CA: lähettäminen

Voi lähettää vapaasti,  
jos kanava vapaa DIFS-  
ajan



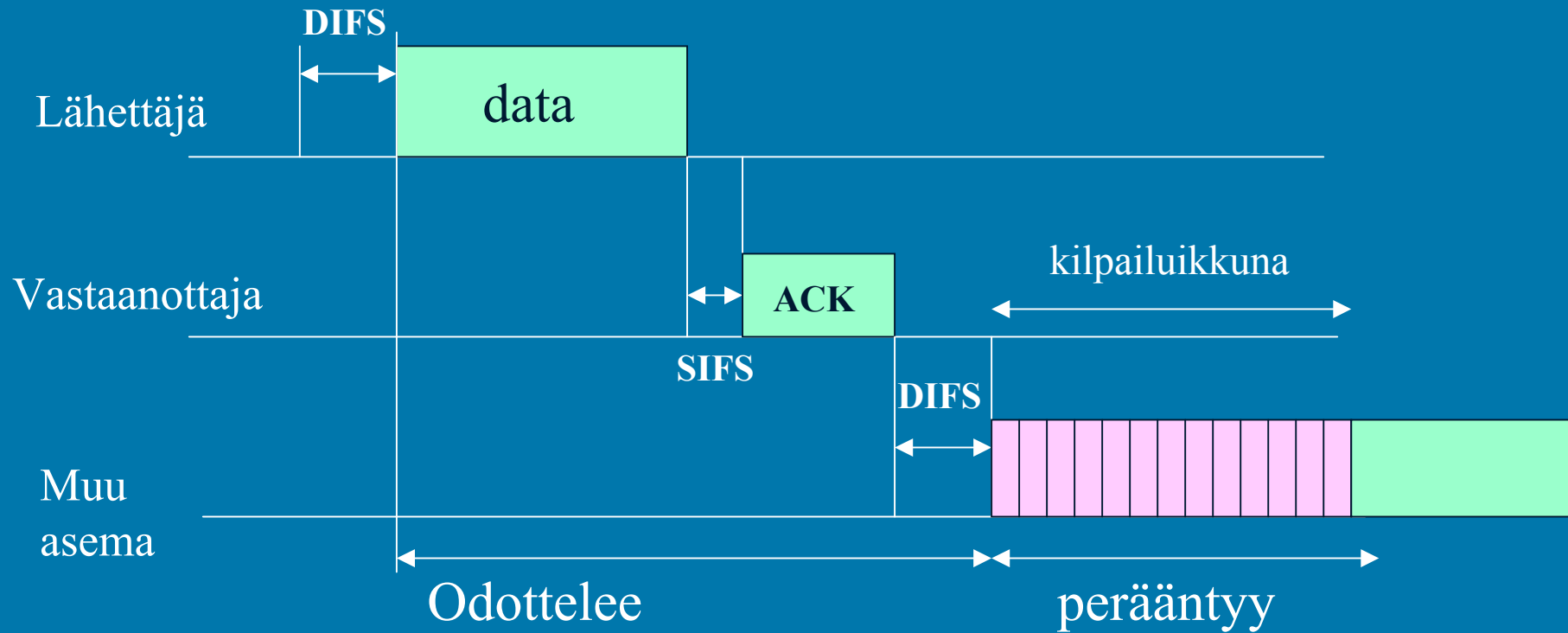
Odotetaan  
kanavan  
vapautumista

Valitaan satunnainen aikaviipale  
ja odotetaan sen ajan. Jos mikään  
muu asema ei ole aloittanut  
lähettämistä, päästään itse  
lähettämään.

# Satunnaisperääntyminen (Random backoff)

- ❑ Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaletta
  - oletusarvo 31
  - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienenee kun lähetys 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

# 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 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!

# 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

# 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
    - 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, ..

# 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

# 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

# Laajaverkot (WAN)

## □ Puhelinverkko

- runkolinjat
  - digitaalisia, kuitua
- local loop
  - analoginen, kierretty pari
- kanavointi

## □ X.25, Frame Relay

## □ Atm-verkko

# 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

# 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”



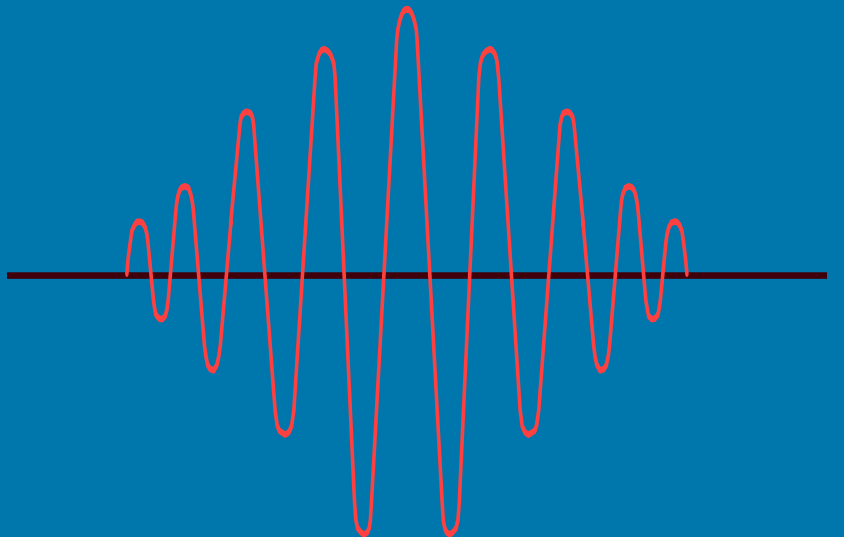
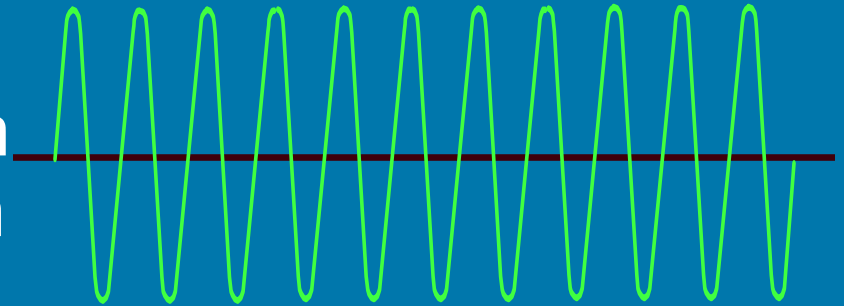
# Tiedon koodaus signaaliin

□ 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
- $g(t) = c/2 + S ( A_n \sin ( 2 \text{pii} n f t ) + B_n \cos ( 2 \text{pii} n f t ) )$

summassa  $n$  saa arvot 1:stä äärettömään

$$f = 1/T$$

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

# 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

# Esimerkki: 'b'-kirjain

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



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


$$\begin{aligned} \square g(t) &= 0, & 0 \leq t < 1 \\ &1, & 1 \leq t < 2 \\ &1, & 2 \leq t < 3 \\ &0, & 3 \leq t < 4 \\ && \dots \\ &1, & 6 \leq t < 7 \\ &0, & 7 \leq t < 8 \end{aligned}$$

- 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



# 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

# Kanavan siirtokyky

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

# Esimerkki

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

# Esimerkki jatkuu

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

# 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!

# Nyquistin kaava

- maksimaalinen tiedonsiirtonopeus häiriöttömällä kanavalla

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

C = tiedonsiirtonopeus (bps)

H = kaistanleveys

V = tasojen lukumäärä

# 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

# 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



# 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

# 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

# Esimerkki

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

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

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

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

# Esimerkki jatkuu

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

