

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

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)
 - piilolähtettäjäongelma (hidden terminal)
 - **fyysinen kerros**
 - kaksi eri ratkaisua radioaalloille
 - hajaspektritekniikkoja (Spread spektrum), jotka hajauttavat lähetyksen laajalle taajuusalueelle
 - infapuna-aallot

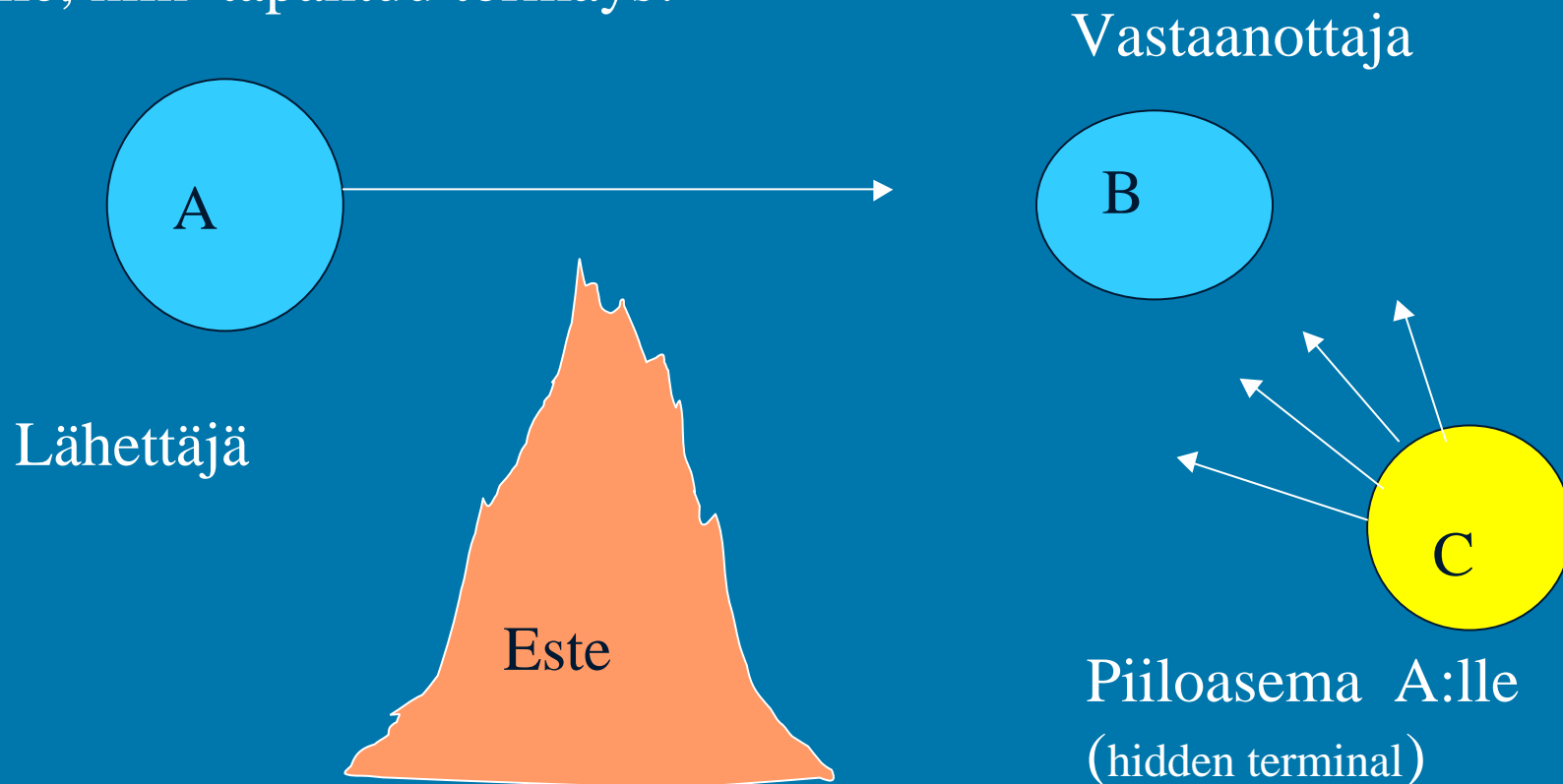
ISM

(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 mikroaaltouunit
 - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

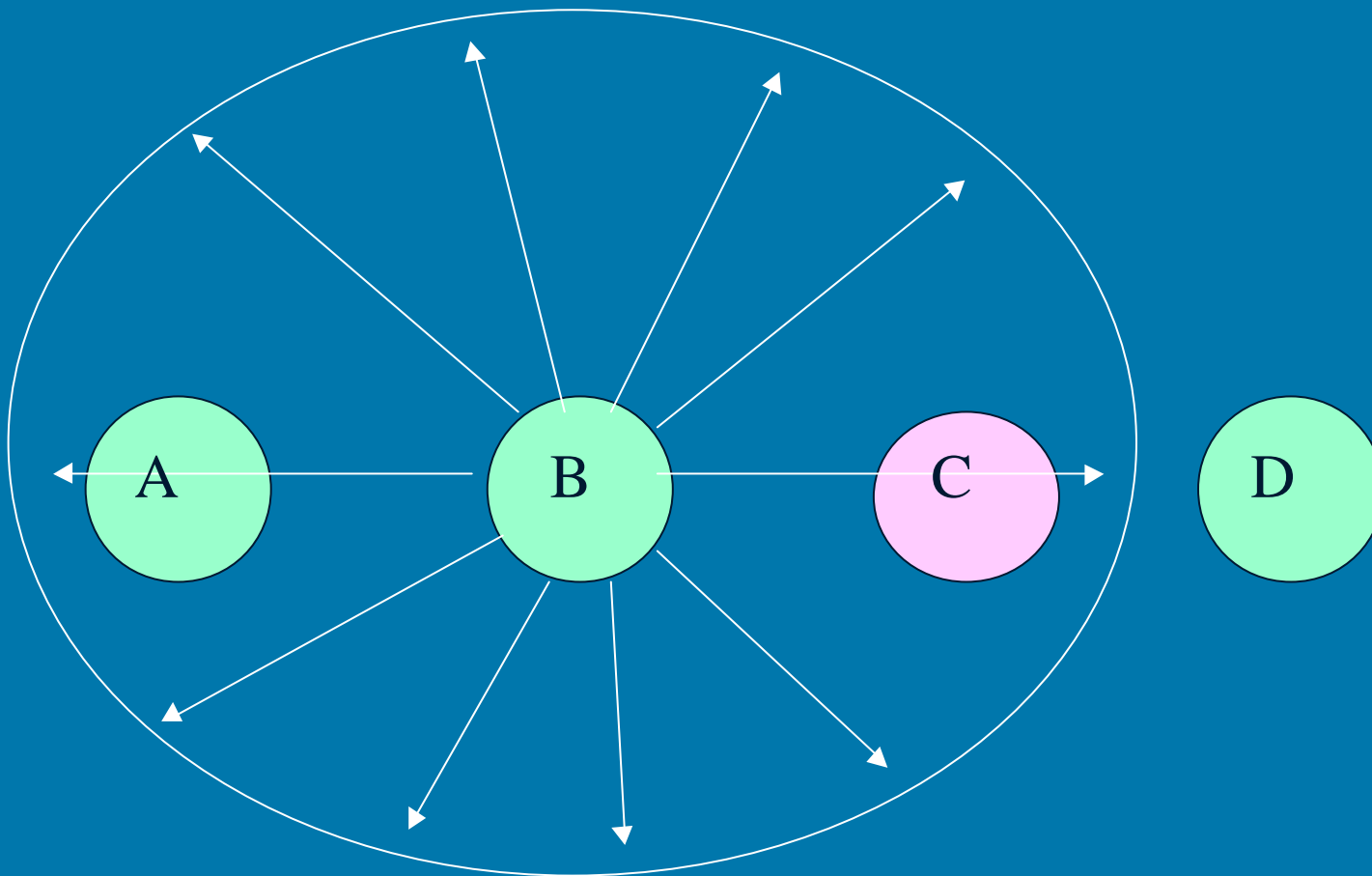
Hidden terminal -ongelma

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



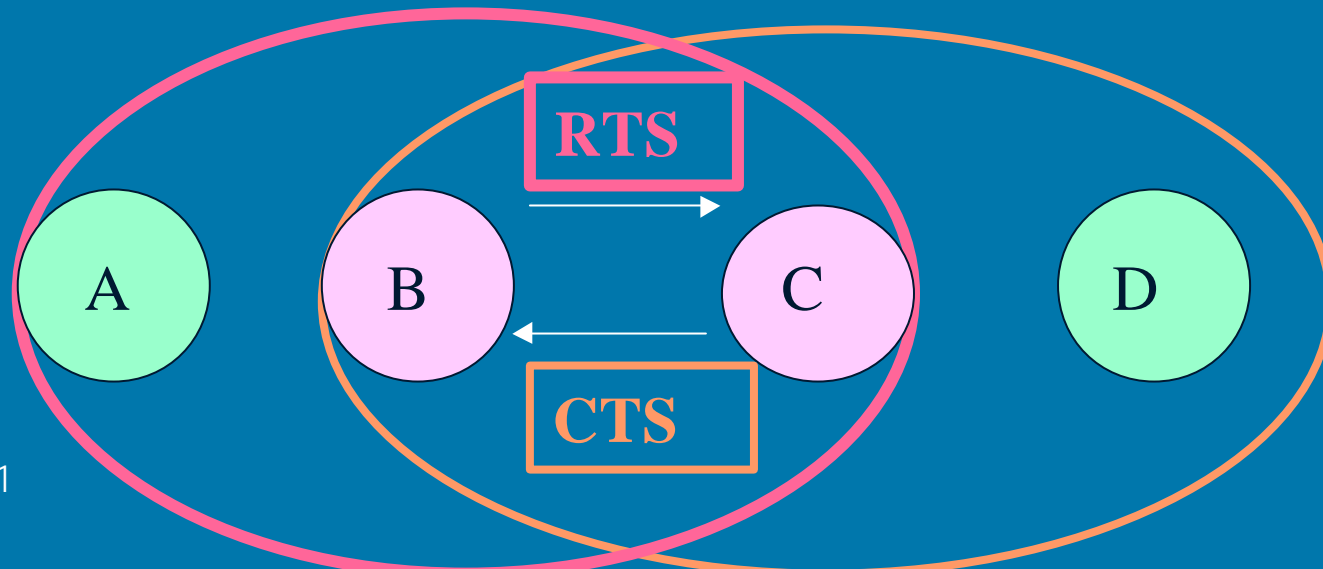
⦿ exposed station problem:

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



CSMA/CA (Collision avoidance)

- RTS (Request to send)
 - lähettäjä kysyy vastaanottajalta lähetykslupaa
- 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

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

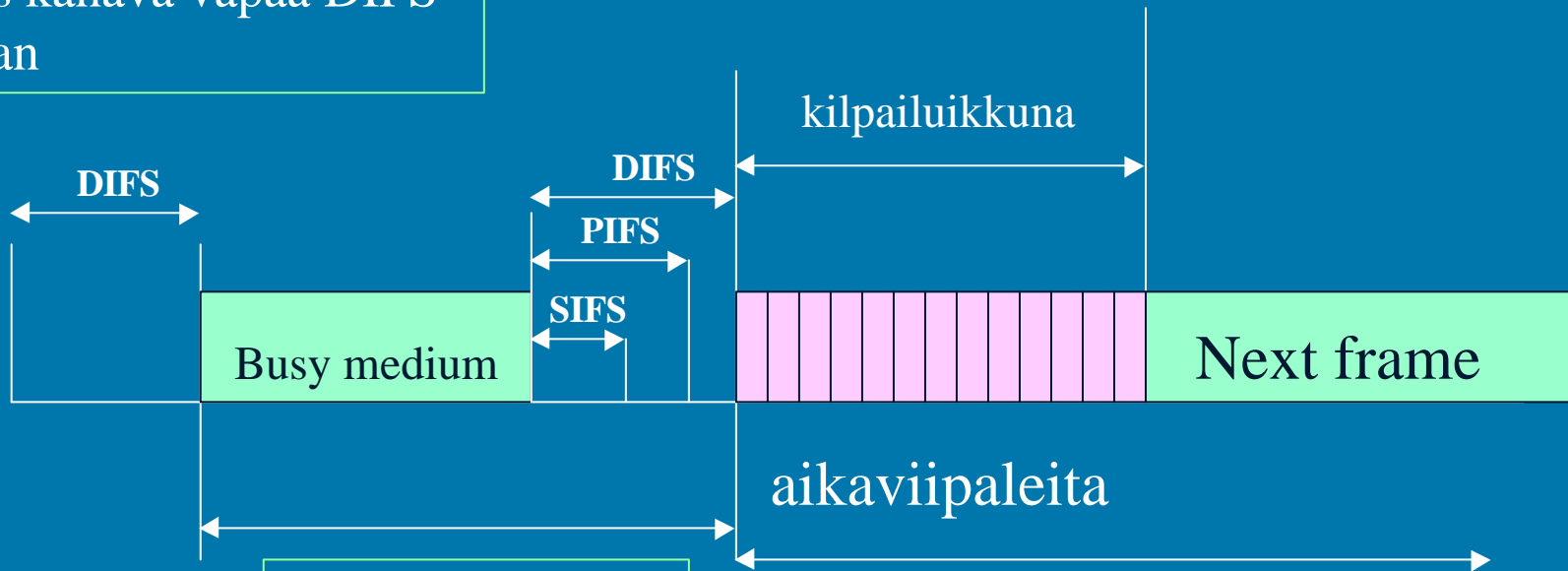
- PIFS

- odotusaika ei -kilpaileville lähetysile

SIFS < PIFS < DIFS

CSMA/CA:
lähettäminen

Voi lähettää vapaasti,
jos kanava vapaa DIFS-
ajan



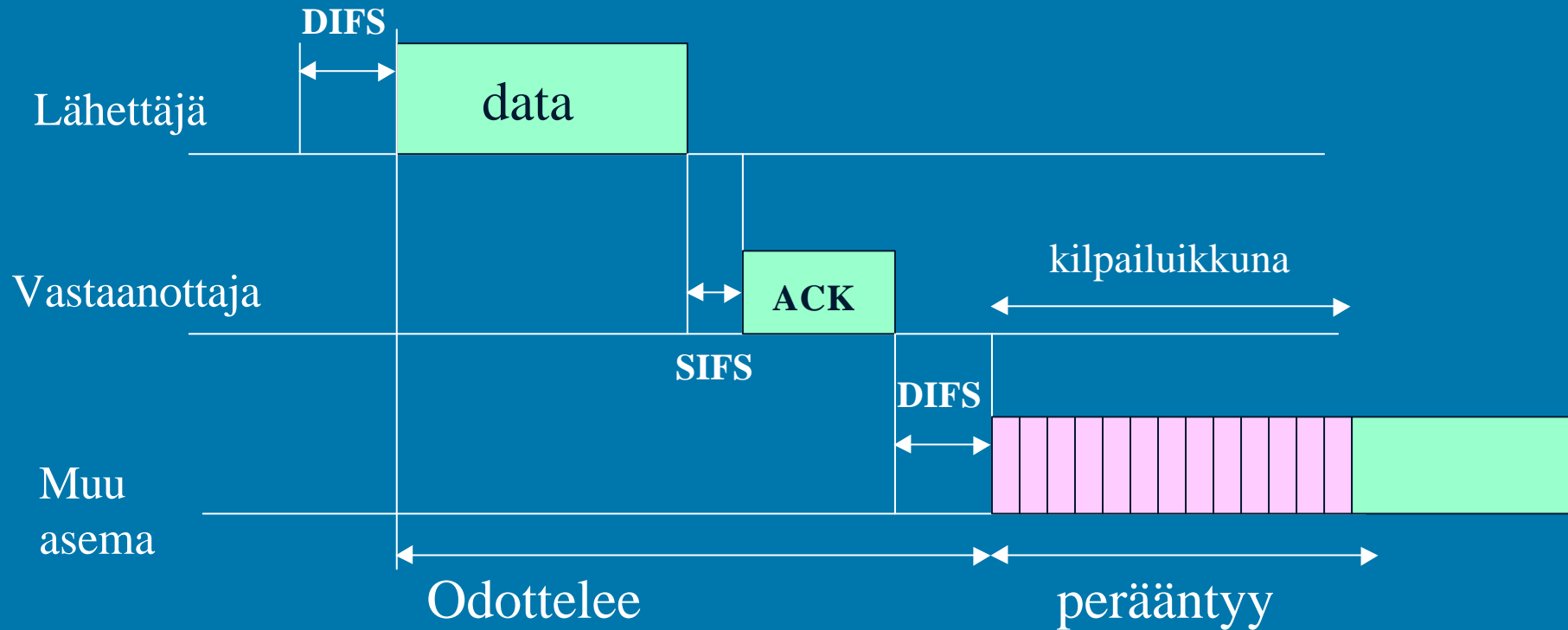
Odotetaan
kanavan
vapautumista

Valitaan satunnainen aikaviipale
ja vähennetään sitä kun kanava
on vapaa.

Satunnaisperäntyminen (Random backoff)

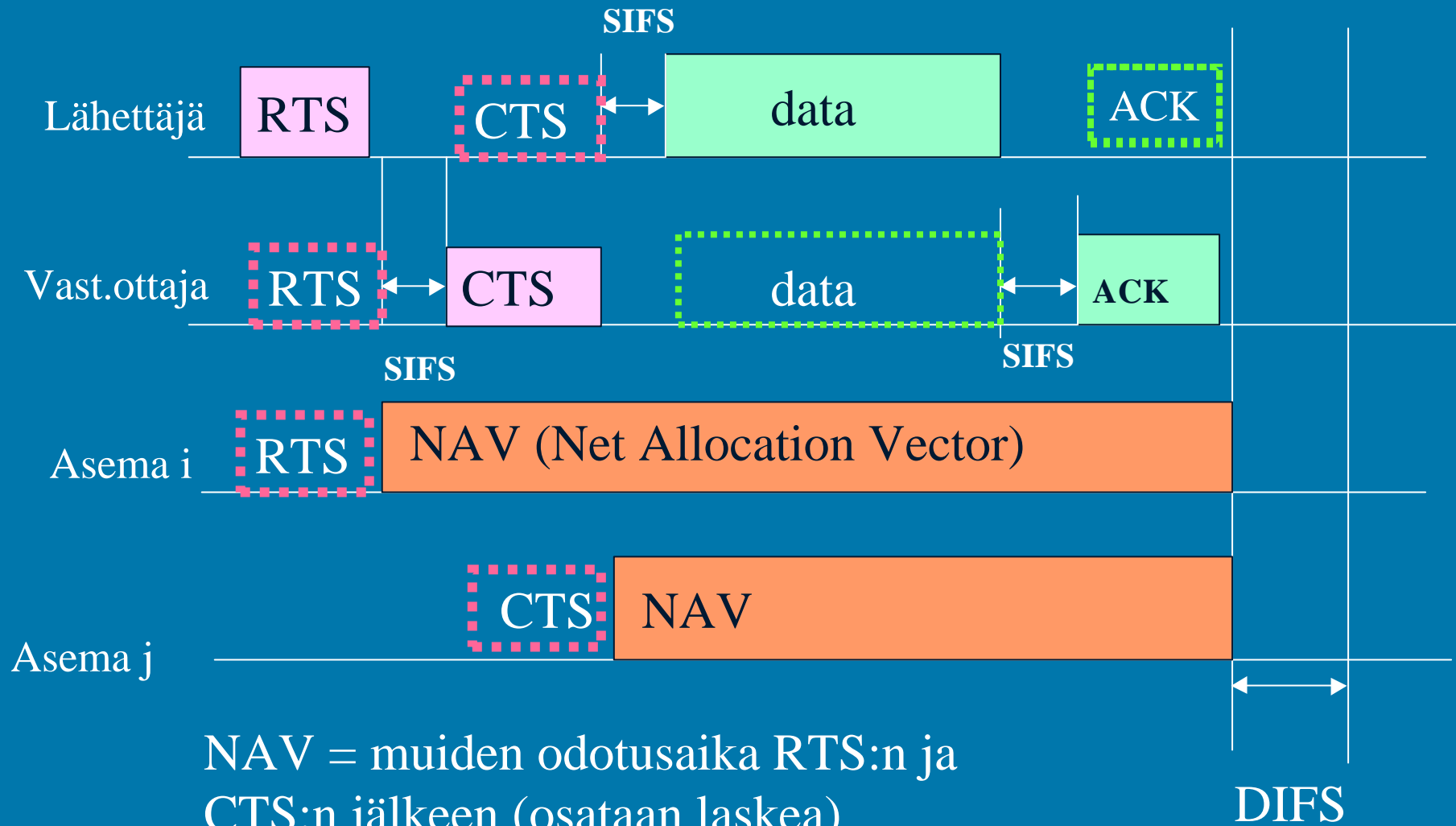
- Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaletta
 - oletusarvo 31
 - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetykset onnistuu
 - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
 - aikaa vähennetään , jos kukaan muu ei ala lähettää
- samankaltainen kuin Ethernetissä

Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

RTS, CTS ja NAV



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

DIFS

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)

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 lähetyiskanava ominaisuuksiin

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

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

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”

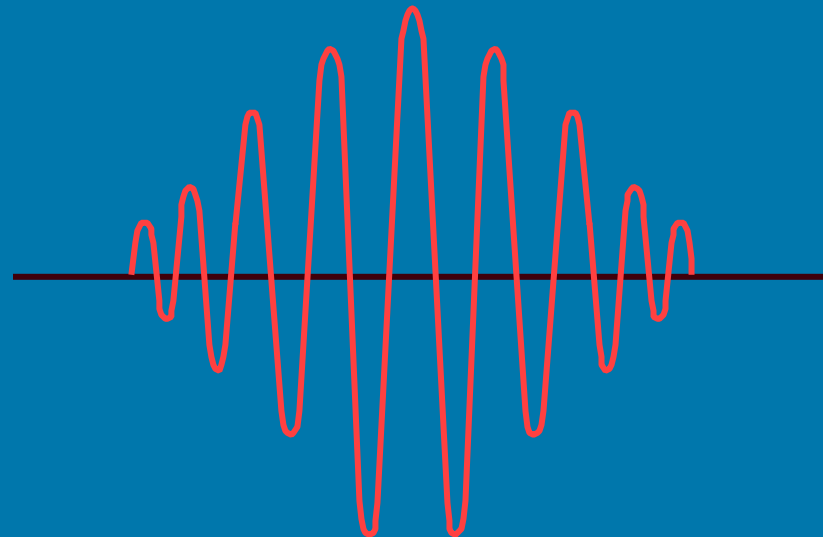
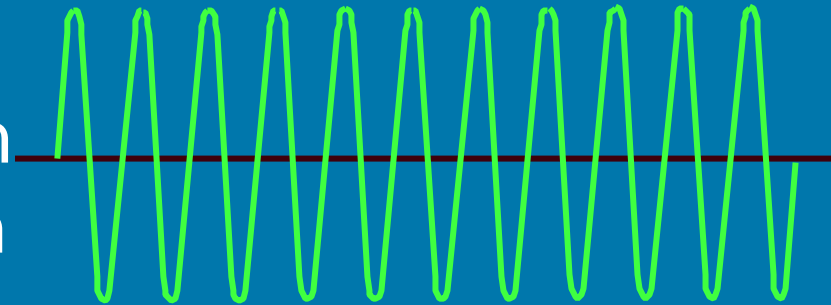
Tiedon koodaus signaaliin

- 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

$$f = 1/T$$

23.11.2001 $A_n, B_n =$ 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
- $01100010\ 01100010\ 01100010$



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



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

- ☉ 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

23.11.2001 • 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 ?

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

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

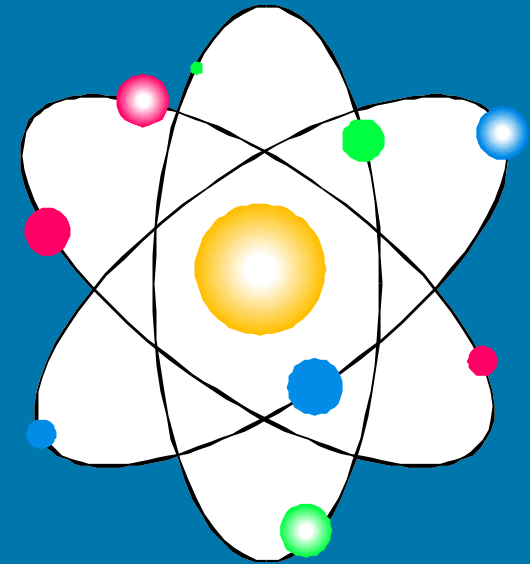
$$C = H \log_2 (1+S/N) = 3000 \log_2 (1+100)$$

$$= 3000 \log_{10}(101) / \log_{10}(2)$$

$$= 19974 \text{ bps}$$

Esimerkki jatkuu

- Tyypillisesti $\text{SNR} = 30 \text{ DB}$
 \Rightarrow
- 3000 Hz:n kanavalla teoreettinen maksimi aina < 30000
- käytettiin koodauksessa kuinka monta tasoa tahansa



Laajaverkot (WAN)

☉ Puhelinverkko

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

☉ X.25, Frame Relay

☉ Atm-verkko