

# Traadita ühendused

# Traadita ühendused

- + Mugavus (mobiilsus)
- + Meedium ei vaja hooldust ja on tasuta (?)
- + Seadmete hind langeb
- Aeglasemad ühendused
- Võimalik mõju tervisele
- Kergemini häiritav, madalam töökindlus
- Turvalisusega seotud riskid
- Ühilduvusprobleemid

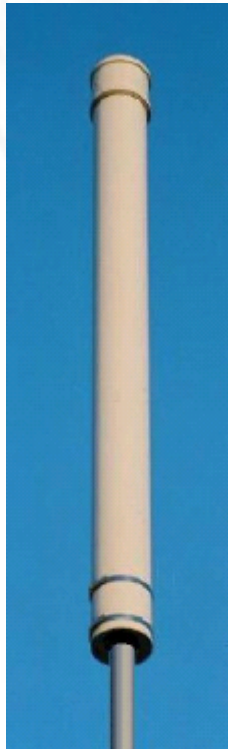
# Traadita ühendused

- IEEE 802.11 – Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) Mõnikord nim ka traadita Ethernetiks (ei ole täpne)
  - levib väljas ~140m, siseruumis ~40m
- Bluetooth (IEEE 802.15) – levi kuni 10m, ribalaius 1Mb/s. Sagedusala 2,40-2,48GHz. Ver 2.0 kuni 3Mb/s
- WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) IEEE 802.16
  - Levib kuni 50km, ribalaius kuni 70Mb/s (kuni 1Gb/s) Sagedusalad 10-66GHz ja 2-11GHz

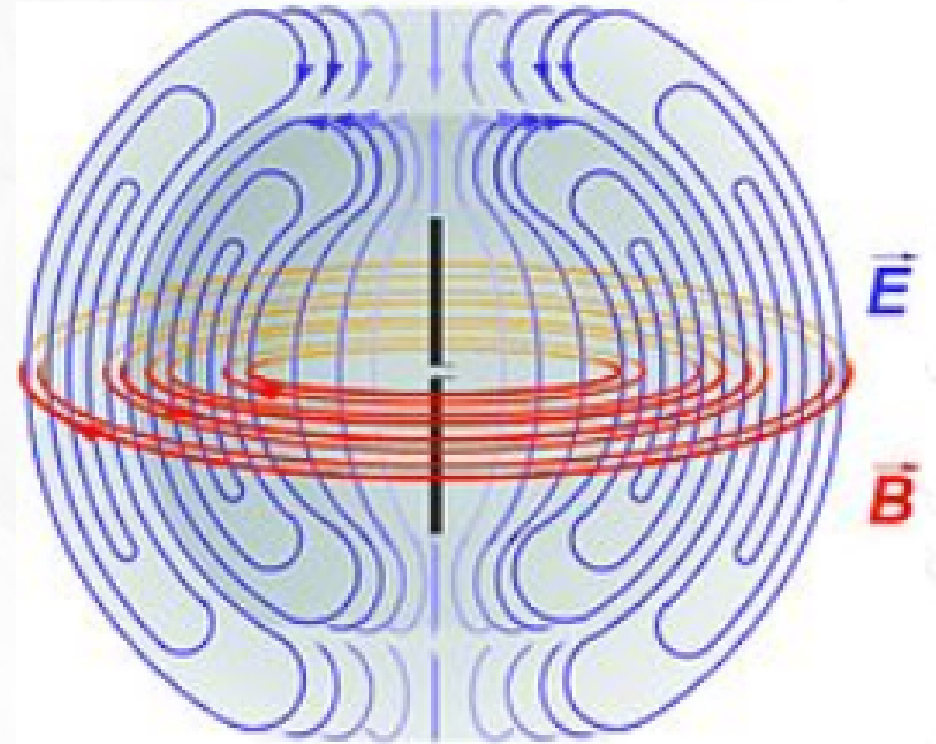
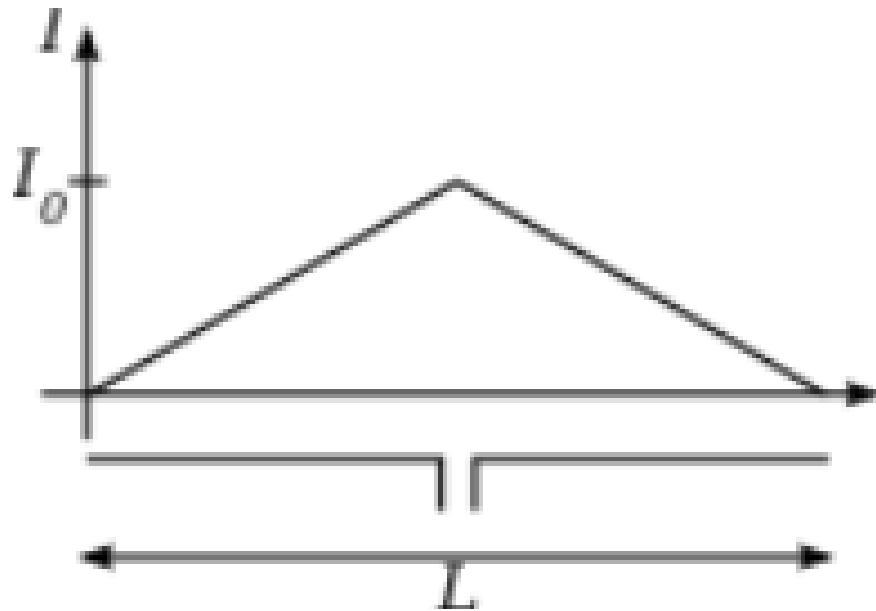
# Traadita ühendused

- GSM (*Global System for Mobile communications*) – Andmesidena kasutatakse GPRS (*General Packet Radio Service*, kuni 107kb/s) ja EDGE (*Enhanced Data rate for GSM Evolution*, kuni 384kb/s)
- 3G (UMTS), 4G (LTE), 5G (?)
- IrDA (*Infrared Data Association*) – levi ca 1meeter, ribalaius kuni 16Mb/s. Vajab otsenähtavust. Infrapunakiirgus

# Traadita side – antennid



# Dipoolantenn



## Videod – kuidas töötab antenn

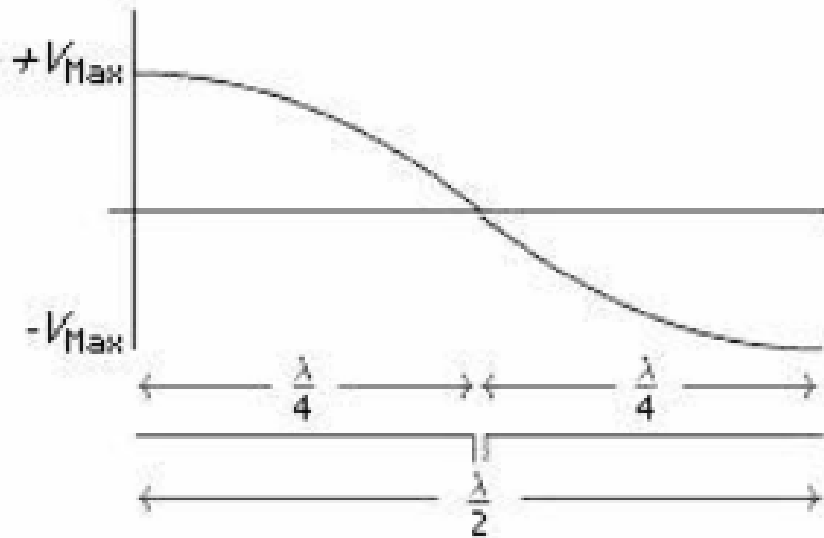
<https://www.youtube.com/watch?v=ZaXm6wau-jc>

[https://www.youtube.com/watch?v=FWCN\\_ul5ygY](https://www.youtube.com/watch?v=FWCN_ul5ygY)

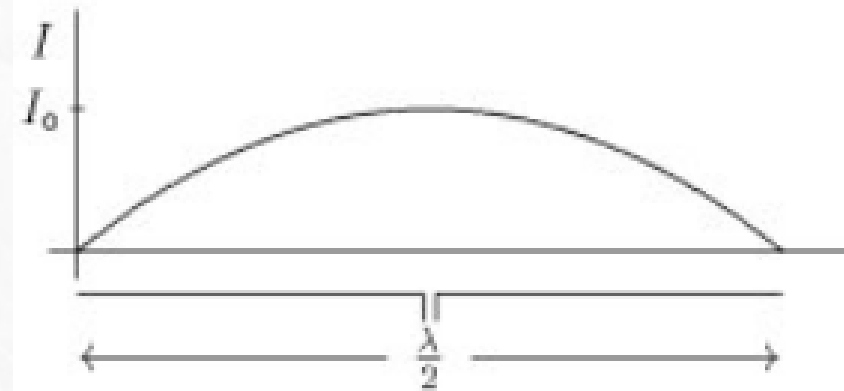
<https://www.youtube.com/watch?v=-F7KYLO4Bkg>

<https://www.youtube.com/watch?v=md7GjQQ2YA0>

# Pollaine dipool



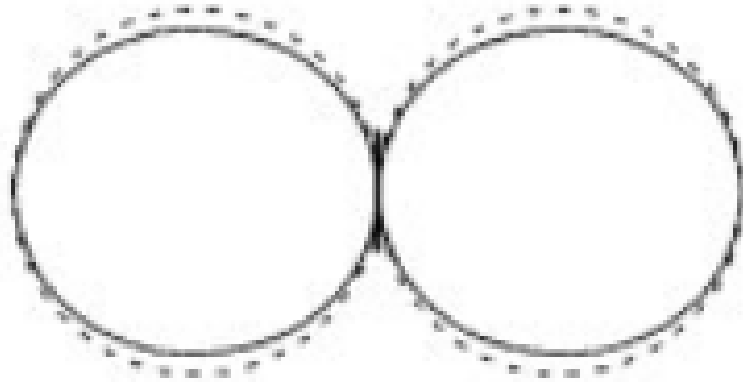
Pinge



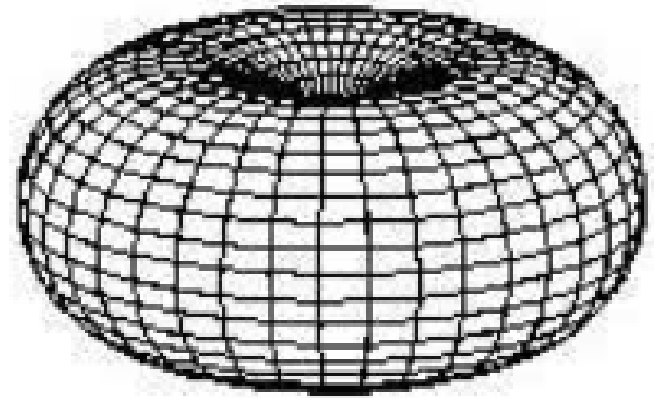
Vool



# Poollainedipooli kiirgusdiagramm



Kahemõõtmeline



Kolmemõõtmeline

# Poollainedipool

Antenni võimendus 1,64 korda

- ehk ca 2,15dBi
- dBi – isotroopse kiirguri suhtes

# Veerandlaine monopoolantenn

- Nagu dipoolantenn, aga üks pool on puudu
  - Üks pool on asendatud nn “maapinnaga”, mis võib olla ka juurdemõeldav...
  - Antenni võimendus on  $>3\text{dBi}$  (suurem kui dipoolil) kuna kiiratakse vaid ühele poole.
  - Samas kiirataav võimsus on väiksem kuna kiirgab vaid üks pool dipoolist

# Antennid

- Antenne jagatakse kiirguse suuna järgi
  - *Omnidirectional* (kiirgavad ühes tasapinnas võrgselt igas suunas)
  - *Directional* ehk suundantennid
- Antenni tüübi järgi
  - Paneelantenn
  - Dipoolantenn
  - Paraboolantenn
  - Yagi (*Yagi-Uda array*)
  - ...

# Antenni iseloomustavad parameetrid

- Sagedus (sagedusriba, mille juures antenn on kõige efektiivsem)
- Võimendus (dBi) – antenni suhteline võimendus võrreldes isotroopse kiirguriga
- Polariseerimine – millise suunaga elektrivälja on antenn optimiseeritud vastu võtma ja saatma
- Kadu kaablis (dB) – signaalitugevuse langus kaablis
- Koguvõimendus (dB) – süsteemi summaarne võimendus arvestades antenni võimendust ja kadu kaablis

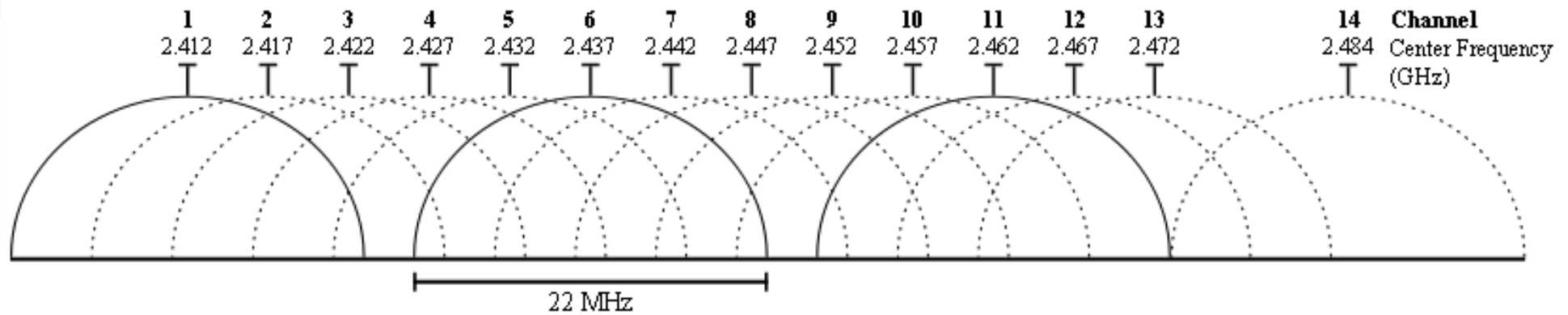
# IEEE 802.11

| ieee802.11 protokoll | aasta       | Sagedus ala        | Ribalaiused Mb/s   | leviulatus väljas (siseruumes) (m) |
|----------------------|-------------|--------------------|--|------------------------------------|
| legacy               | 1997        | 2,4GHz             | 1; 2   | 100 (20)                           |
| a (WiFi 2)           | 1999        | 5GHz               | 6; 9; 12; 18; 24; 36; 48; 54                             | 120 (35)                           |
| b (WiFi 1)           | 1999        | 2,4GHz             | 5,5; 11  | 140 (40)                           |
| g (WiFi 3)           | 2003        | 2,4GHz             | 6; 9; 12; 18; 24; 36; 48; 54                             | 140 (40)                           |
| n (WiFi 4)           | 2009        | 2,4GHz, 5GHz       | 6,5 ... 600  | 140 (40)                           |
| y                    | 2008        | 3,6GHz             | 150  | Eestis keelatud!                   |
| ac (WiFi 5)          | 2013        | 5GHz               | 87,6; 200; 433; 866,... 6200                             | (35)                               |
| ad                   | 2012 (2016) | 60GHz              | ... 4300 ... 7000<br>( <i>short-range peer-to-peer</i> ) | (10,otsenähtavus)                  |
| ax (WiFi 6)          | 2021        | 2,4GHz 5GHz        | Kuni ca 9600   | 140 (40) ?                         |
| be (WiFi 7)          | (2024 ?)    | 2,4GHz, 5GHz, 6GHz | ... 1376 ... 46120                                       | ?                                  |

# 2,4GHz kanalid

| Kanali nr | Sageduse<br>kese (MHz) | P-Ameerika<br>ja Austraalia | ETSI | Prantsusmaa<br>(nüüd ETSI) | Jaapan | Iisrael<br>(nüüd<br>ETSI) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|------|----------------------------|--------|---------------------------|
| 1         | 2412                   | jah                         | jah  |                            | jah    |                           |
| 2         | 2417                   | jah                         | jah  |                            | jah    |                           |
| 3         | 2422                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 4         | 2427                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 5         | 2432                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 6         | 2437                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 7         | 2442                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 8         | 2447                   | jah                         | jah  |                            | jah    | jah                       |
| 9         | 2452                   | jah                         | jah  |                            | jah    |                           |
| 10        | 2457                   | jah                         | jah  | jah                        | jah    |                           |
| 11        | 2462                   | jah                         | jah  | jah                        | jah    |                           |
| 12        | 2467                   |                             | jah  | jah                        | jah    |                           |
| 13        | 2472                   |                             | jah  | jah                        | jah    |                           |
| 14        | 2484                   |                             |      |                            | jah    |                           |

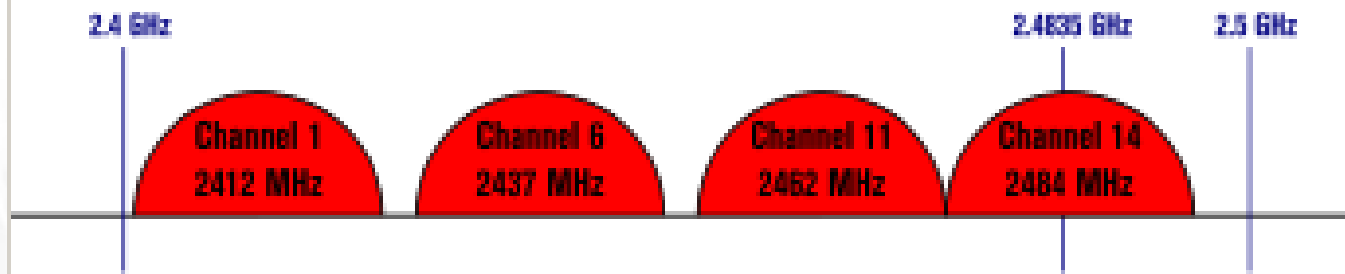
# 2,4GHz kanalid



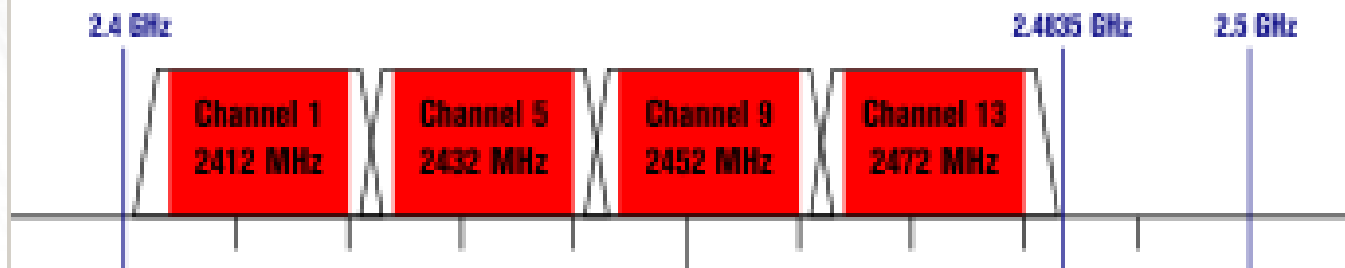


# Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

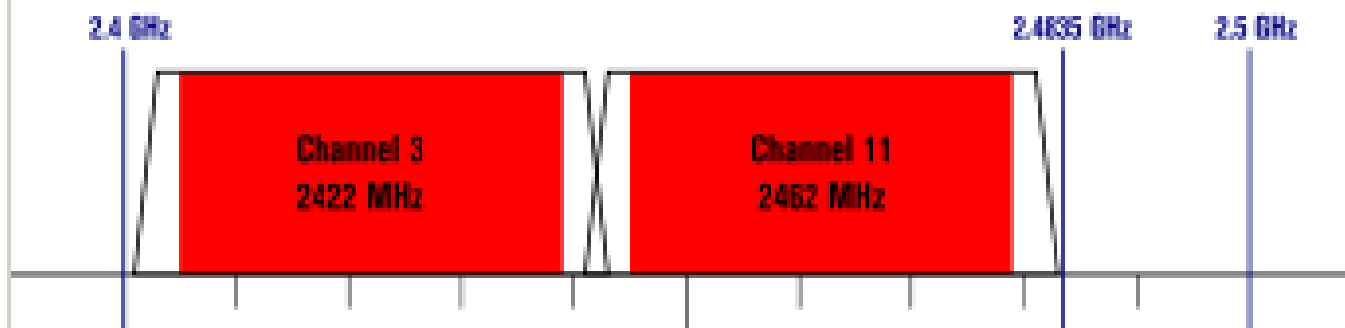
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



802.11g/n (OFDM) 20 MHz ch. width - 16.25 MHz used by sub-carriers



802.11n (OFDM) 40 MHz ch. width - 33.75 MHz used by sub-carriers



# WLAN sagedusalad ja kanalid

- Maailmas on traadita kohtvõrgu tarvis kasutatavaid sagedusalasid rohkem
- Meil litsentsivaba 2,4GHz, 5GHz (ja võibolla ka 60GHz) sagedusala
- [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_WLAN\\_channels](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_WLAN_channels)
-

# IEEE 802.11 edastustehnikad

LLC  
alamkiht

MAC  
alamkiht

PLCP  
alamkiht

PMD  
alamkiht

|                          |                |                |                 |                    |                                  |   |                                  |
|--------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| 802.11<br>infra-<br>puna | 802.11<br>FHSS | 802.11<br>DSSS | 802.11a<br>OFDM | 802.11b<br>HR-DSSS | 802.11g<br>OFDM,<br>ERP-<br>OFDM | 802.11n<br>HT OFDM,<br>BPSK,<br>QPSK,<br>QAM,<br>MIMO | 802.11ac<br>VHT,<br>QAM,<br>MIMO |
|--------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|

# IEEE 802.11 edastustehnikad

- PMD – physical medium dependent
- PLCP – physical layer convergence procedure
- FHSS – frequency hopping spread spectrum
- DSSS – direct sequence spread spectrum
- OFDM – orthogonal frequency-division multiplexing
- HR-DSSS – high-rate DSSS
- QAM – quadrature amplitude modulation
- MIMO – multiple-input and multiple-output

# IEEE 802.11

- Juhuvõrgu laad (*ad-hoc*)
  - IBSS (*Independent Basic Service Set*)
- Infrastruktuuri laad (*infrastructure*)
  - BSS (*Basic Service Set*)
  - ESS (*Extended Service Set*)
    - DS (*Distribution System*)

# IEEE 802.11 infrastruktuuri laad

- Igal tugijaamal on nimi  
BSSID – tugijaama (AP) “MAC aadress”
- Igal võrgul on nimi  
SSID – administraatori seatud

# IEEE 802.11

- Jagatud meedium
- Aja jaotamiseks kahe laadi operatsioone
  - DCF (*distributed coordination function*) – kohustuslik
  - PCF (*point coordination function*) – harva kasutatav, AP küsitleb kliente
- CSMA/CA – *carrier sense multiple access with collision avoidance*

# IEEE 802.11

- Peidetud jaama probleem
- Nähtava jaama probleem



# IEEE 802.11 CSMA/CA

- RTS – *request to send*
- CTS – *clear to send*
- Data
- ACK - *acknowledgement*

# IEEE 802.11 kaader

- Kaadri juhtimine (16 bitti):
  - Versioon (=0 2 bitti)
  - Tüüp: 0 - haldus-, 1 – juht- või 2 – andmekaader (2 bitti)
  - Alamtüüp: RTS, CTS, ACK (4 bitti)
  - To DS lipp – 1 kui kaader AP-le (1 bitt)
  - From DS – 1 kui kaader tuleb AP-lt (1 bitt)
  - MF – 1 kui järgneb veel fragmente (1 bitt)
  - Retry – 1 kui kaadrit saadetakse uuesti (1 bitt)
  - Power management – 1 bitt
  - More Data – 1 kui saatjal on veel kaadreid (1 bitt)
  - WEP – krüpteeritud WEP-ga (1 bitt)
  - Order – 1 bitt

# IEEE 802.11 kaader

- Kestus (2 baiti) kui kauaks kaader hõlmab kanali
- Aadress 1 – vastuvõtja MAC
- Aadress 2 – saatja MAC
- Aadress 3 – MAC aadress, mis sõltub ToDS ja FromDS lippudest
- Järjenumber – kui kaader on tükeldatud, siis järjekorranumber (2 baiti)
- Aadress 4 - MAC aadress, mis sõltub ToDS ja FromDS lippudest
- Andmed – kuni 2312 baiti
- Kontrollsumma (CRC-32) – 4 baiti

# IEEE 802.11 turvalisus

- WEP – tänaseks ebaturvaline :(
- WPA – RC4 (*Rivest Cipher 4*) :(
  - iga paketi jaoks tuletatakse eraldi salajane võti
- WPA2 – AES (*Advanced Encryption standard*)
- WPA3