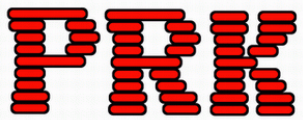


# Radioamatöörikurssi 2012

Sähkömagneettinen säteily,  
Aallot, spektri ja modulaatiot

Ti 6.11.2012

Johannes, OH7EAL



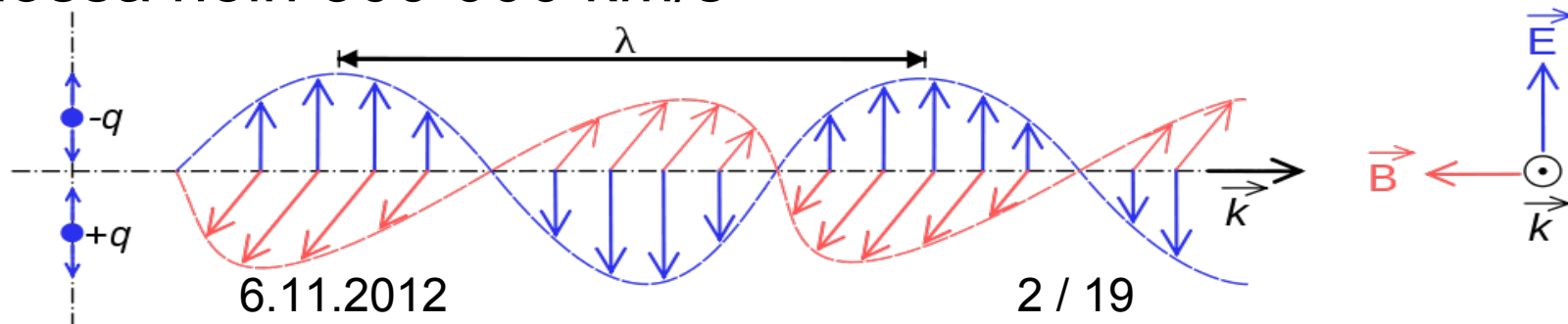
# Sähkömagneettinen säteily

Radioaallot ovat sähkömagneettista säteilyä.

Liikkuvat varaukset synnyttävät sähkömagneettista säteilyä, esimerkiksi radioantennissa sähkövirran liikuttamat elektronit. (myös lämpöliike liikuttaa varauksia → sm. Säteilyä infrapuna-alueella)

Smg-säteily on poikittaista aaltoliikettä, aallon muodostavat kulkusuuntaan ja toisiinsa nähden poikittaiset sähkö- ja magneettikentät (kapulaa..)

Nopeus tyhjiössä noin 300 000 km/s



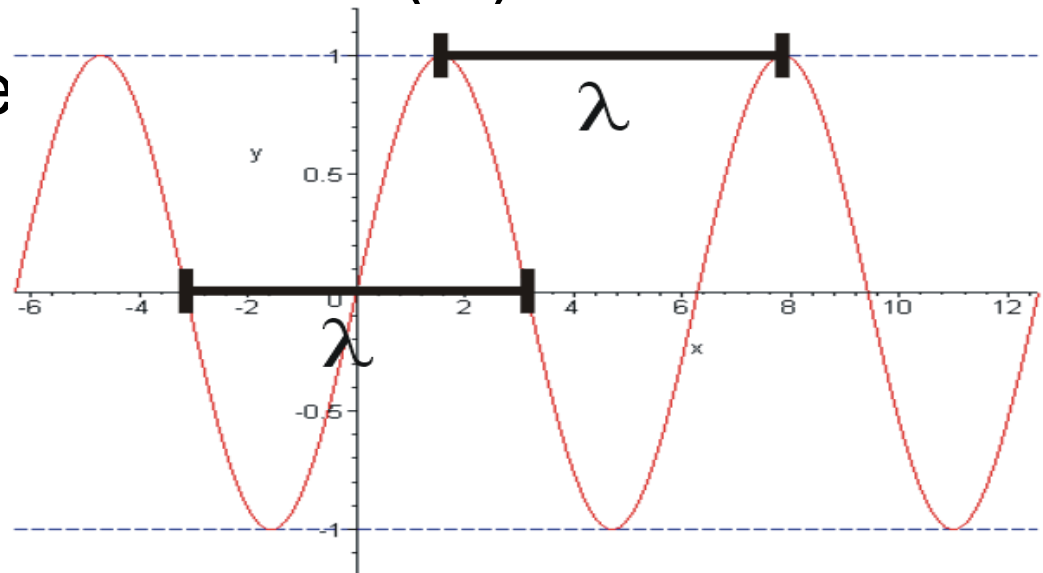
# Aallonpituus

Aallonpituus on säteilyn kahden peräkkäisen aallon välinen etäisyys

(jaksollisen signaalin jakson pituus (esim huipusta huippuun))

Symboli lambda ja mittayksikkö metri (m)

Tarvittavien radioantennien aallonpituudesta



# Taajuus

Taajuus kertoo kuinka monta kokonaista aaltoa säteilyssä on sekuntia kohti.

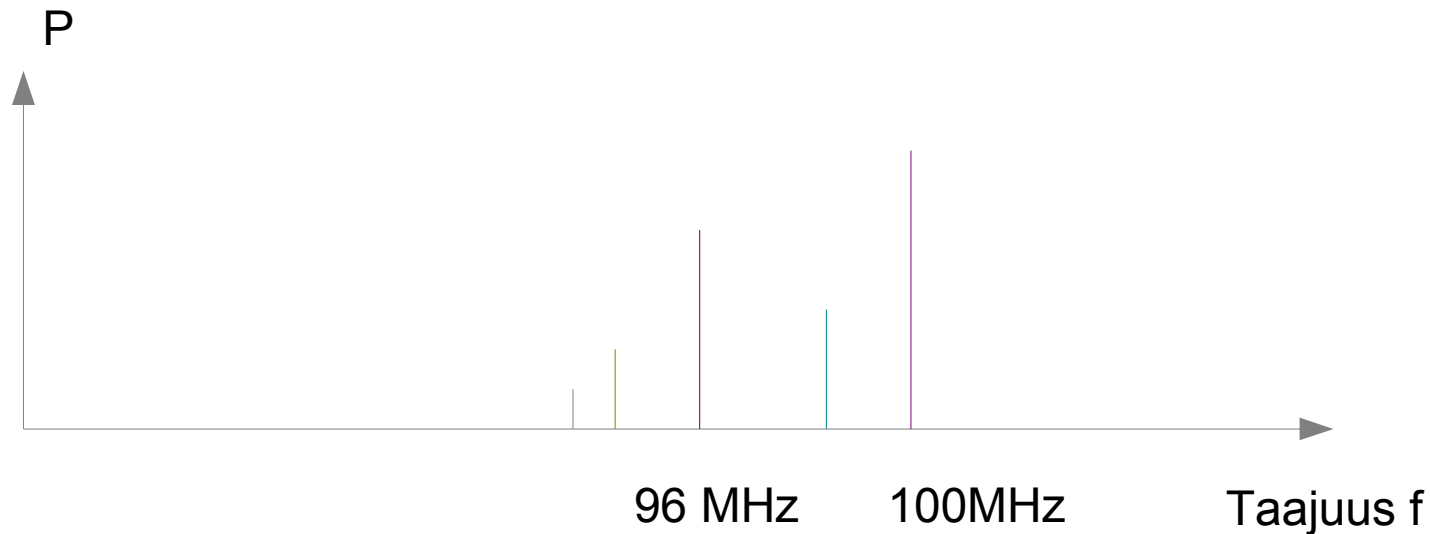
Symboli  $f$  ja yksikkö hertsi (Hz)

1 Hz:n säteily “sykkii” siis yhden aallon/jakson sekunnissa, 1 Mhz:n säteily sykkii sekunnin aikana miljoona kertaa.

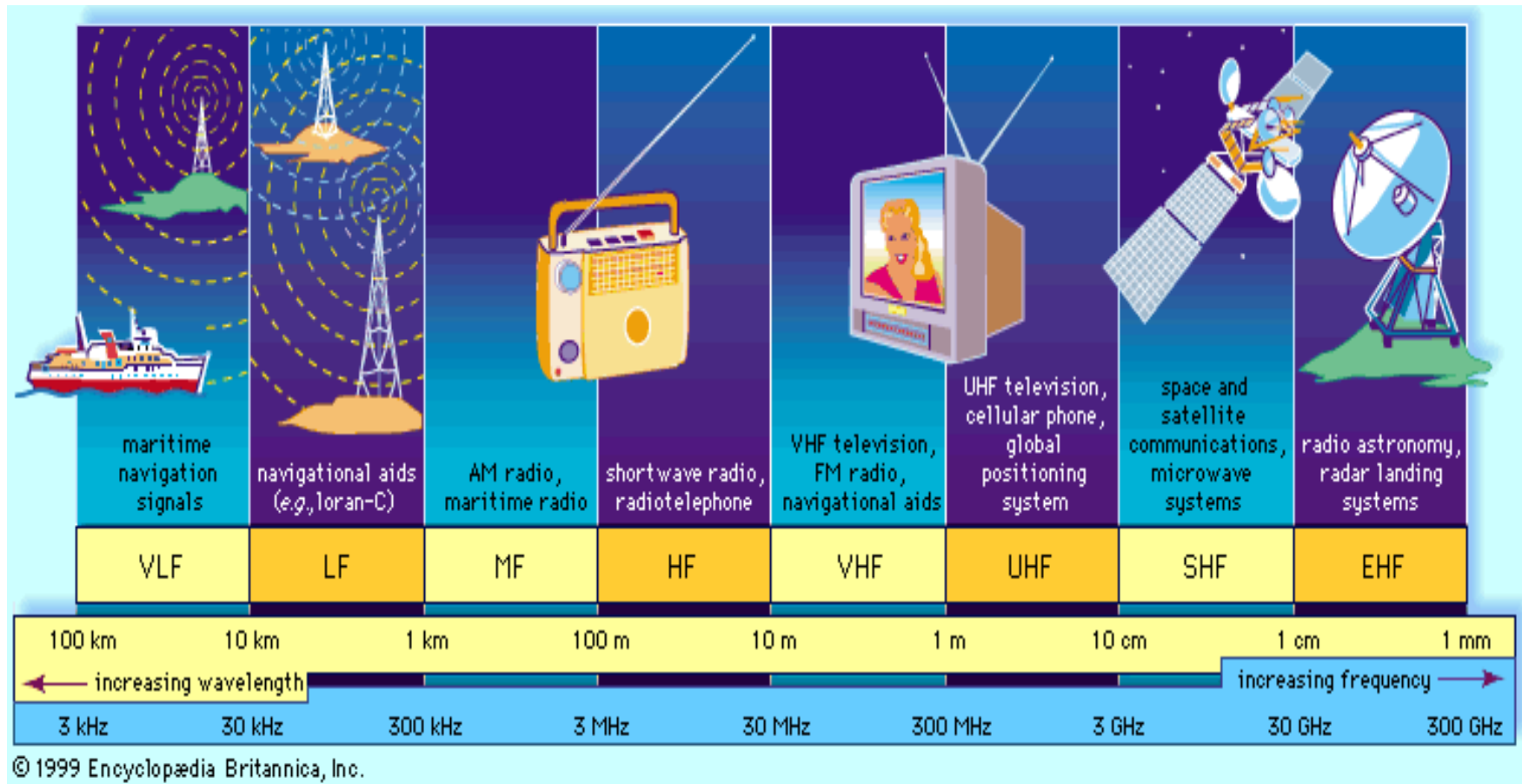
$\lambda = 300/f$  -sääntö

# Spektri

Eritaajuuksiset aallot/radiosignaalit voidaan esittää näppärästi taajuuksien mukaan jaoteltuna spektrinä. (taajuustasossa)



# Radiospektristä



# Modulaatio, ja miksi?

Modulaatiossa matalataajuisella hyötysignaalia (kuten puhe tai data) ohjataan korkeataajuisesta radiosignaalia. Lopputuloksena syntynyt suurtaajuinen moduloitu signaali lähetetään eetteriin.

# Pieni modulaatioesimerkki

Matti haluaa radioyhteyden naapurikylään ja alkaa haastamaan mikrofoniiin. Jos Matti lähettäisi pelkän äänisignaalin antennista naapuriin, olisi lähetystaajuus äänisignaalin taajuus eli noin 3kHz. → aallonpituus =  $300/0.003 \text{ MHz} = 100 \text{ km}$ . Puolen aallon korkuisella antennillakin Mattin pitäisi rakentaa lähes 45 km korkea antenni → ei järkevää eikä mahdollista

Jos äänisignaali olisi korkeampitaajuinen, selvittäisiin pienemmällä antennilla

→ siirretään äänisignaali moduloimalla korkeammalle taajuudelle, esimerkiksi 100MHz:iin.

→ nyt signaalin aallonpituus on enää  $300/100 = 3 \text{ metriä}$ . Eli tarvittava antenni on helppo rakentaa.



# Modulaatio paremmin

- Moduloinnilla matalataajuinen signaali saadaan koodattua korkeataajuiseen radiosignaaliin
  - 3 kHz:n äänisignaalin aallonpituus 100 km,
  - 100MHz:n radiosignaalin aallonpituus 3 m
  - antennin koko saadaan realistisiin mittoihin
- Modulointi mahdollistaa myös usean samankaltaisen lähetteen lähettämisen samanaikaisesti (esim. Perinteiset fm-kanavat)

# Modulaation termejä

Moduloiva signaali = matalataajuinen piensignaali, jota halutaan siirtää. Mikrofonilla äänitettävä puhe ja data ovat tällaisia signaaleja

Kantoaalto = radiotaajuinen (korkeataajuinen) signaali, johon piensignaalin informaatio koodataan. Yleensä oskillaattorilla tuotettu sinisignaali.

Kantoaaltotaajuus = kantoaallon taajuus

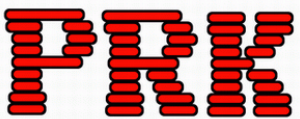
# Demodulointi

Demodulaattorilla eli ilmaisimella saadaan erotettua alkuperäinen viesti moduloidusta radiosignaalista. (moduloinnin käänteinen toimenpide)

Yleisiä demodulaattoreita:

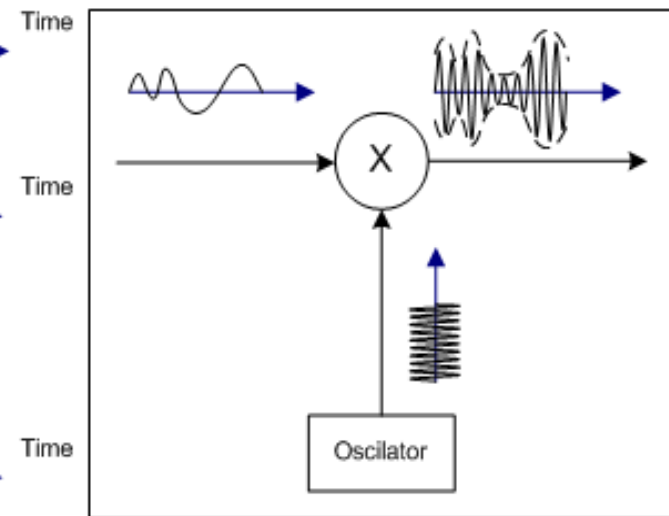
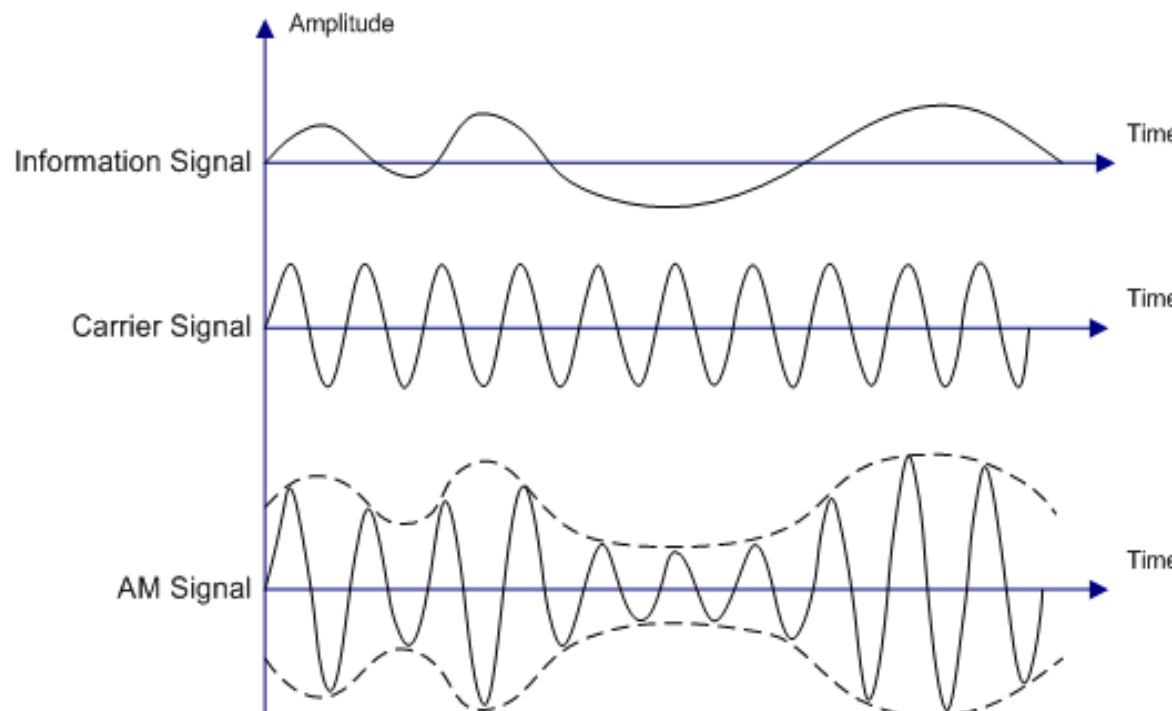
- verhokäyräilmaisimien eli diodi-ilmaisimien (AM)
- tuloilmaisimien (AM ja SSB)
- taajuusdiskriminaattori (FM)
- PLL eli vaihelukittu silmukka (FM)
- I/Q-ilmaisimien

Modeemi = modulaattori + demodulaattori



# AM- eli amplitudimodulaatio (A3E)

Amplitudimodulaatiossa moduloivalla signaalilla muutetaan korkeataajuisen kantoaallon amplitudia eli voimakkuutta



# AM modulaatio taajuustasossa

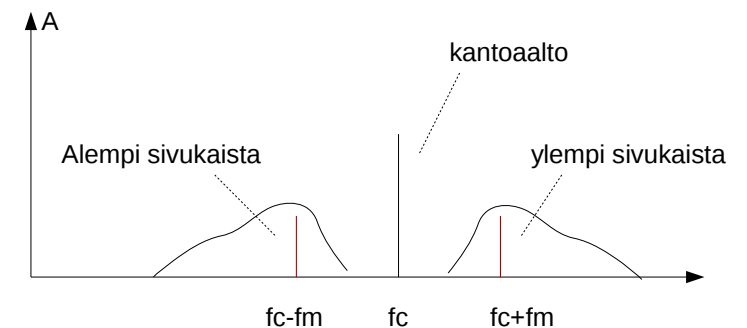
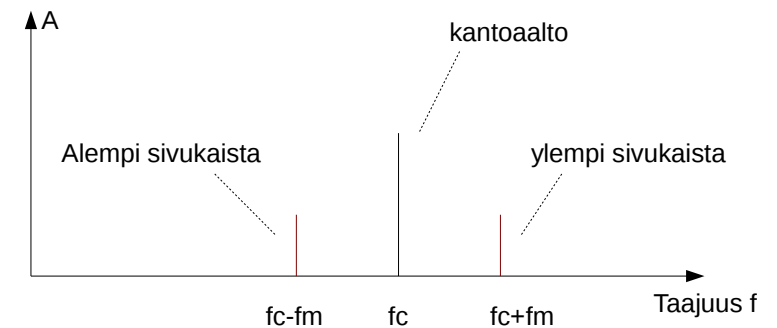
Taajuustasossa syntyvät kanta-aallon ja moduloitavan signaalin erotus- ja summataajuudet → kaksi sivukaistaa

Molemmat sivukaistat sisältävät alkuperäisen signaalin informaation, alempi sivukaista on ylemmän peilikuva

Puheradiossa moduloitavan signaalin kaista on yleensä 300 – 3400 Hz

->yhden sivukaistan leveys 3 kHz

->koko lähetteen kaistanleveys  $3+3 = 6$  kHz

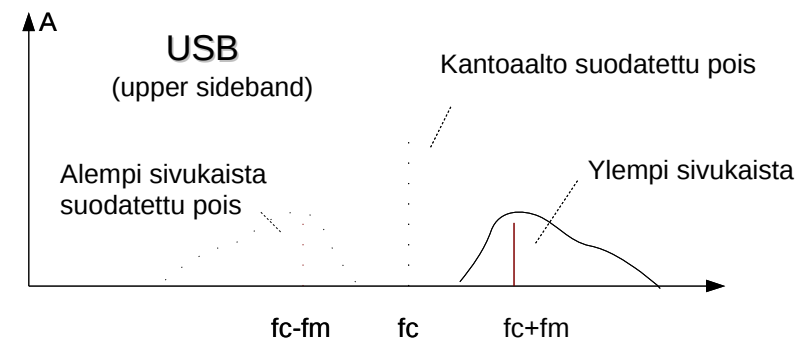
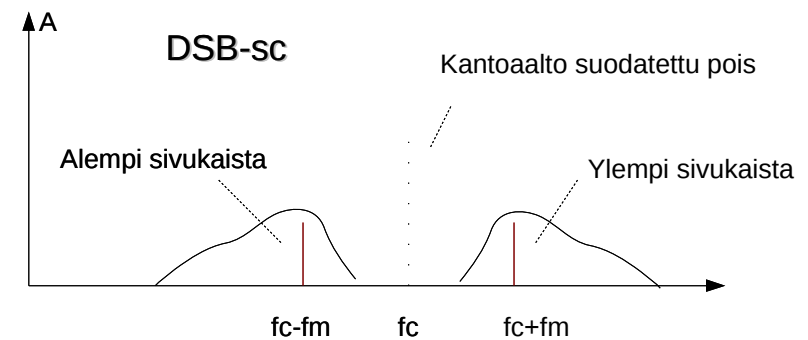
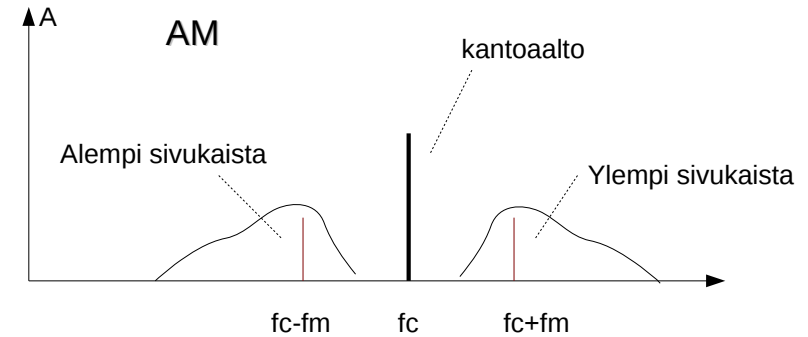


# DSB-sc – lähete

(double sideband suppressed carrier)

AM – modulaatiossa jäljelle jäänyt kantaalto ei sisällä informaatiota  
→ vaimennetaan se pois ennen lähettämistä, jottei tehoa kulu hukkaan

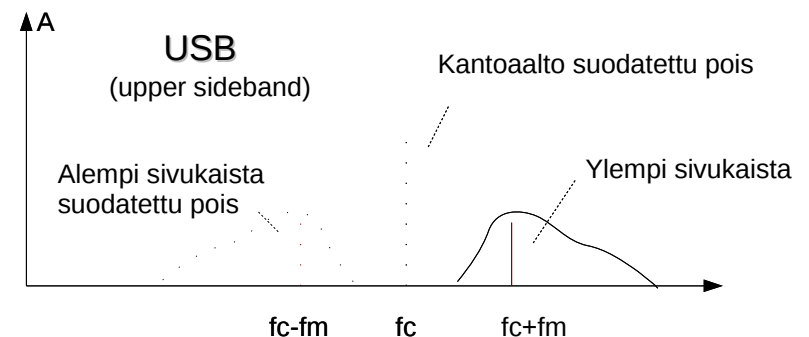
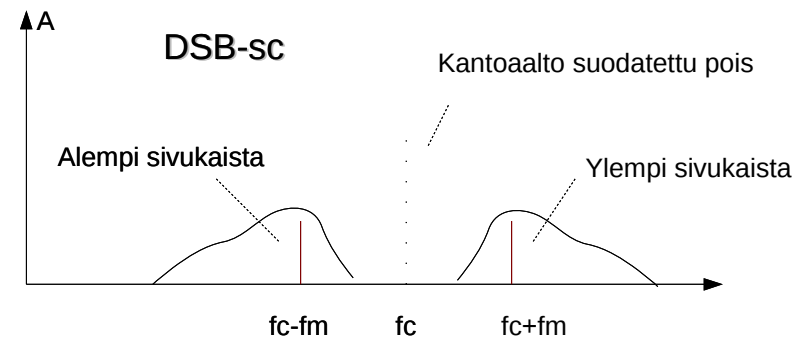
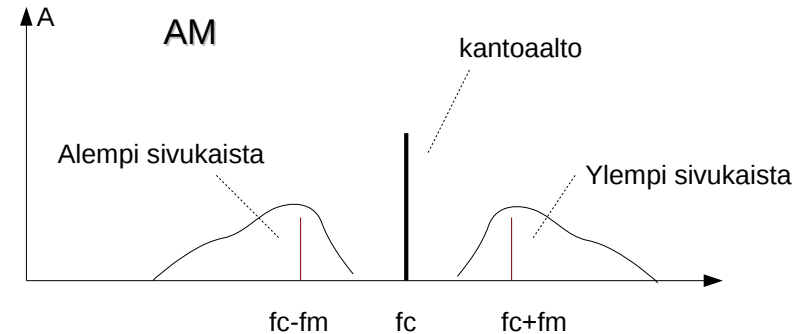
Koska kantaaltoa ei lähetetä, vastaanottimessa pitää olla apuoskillaattori, joka tuottaa kantaallon uudestaan demodulaatiota varten



# SSB -lähete (J3E)

SSB -eli *single side band* -läheteessä kanta-aallon lisäksi myös toinen sivukaista on vaimennettu

- yleisin radioamatöörien käyttämä modulaatiotapa puheyhteyksille
- vie vain vähän kaistaa eikä lähetystehoja tuhjata kanta-aaltoon tai saman asian lähettämiseen kahteen kertaan
- USB -läheteessä lähetetään ylempi sivukaista, LSB:ssä alempi
- alle 10 MHz:n taajuuksilla pääsääntöisesti LSB, ylempillä USB
- demodulaatio tapahtuu tuloilmaisimella



# FM- eli taajuusmodulaatio (F3E)

Taajuusmodulaatiossa lähettimen kantoaallon taajuutta poikkeutetaan moduloitavalla signaalilla. Kantoaallon amplitudia pidetään vakiona

- parempi häiriösieto kuin AM-lähetteillä, sillä informaatio on koodattu pieninä taajuusmuutoksina eikä suoraan signaalin voimakkuutena
- demodulointi tapahtuu taajuusdiskriminaattorilla tai vaihelukitulla silmukalla (PLL)



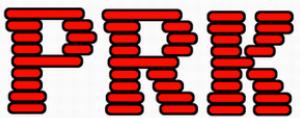
# Muita yleisiä modulaatioita

CW – eli sähkötys (A1A), lähetettä katkotaan morsetuksen tahtiin

PM – vaihemodulaatio, kantoaallon vaihetta ohjataan moduloivalla signaalilla. Yleensä käytetty PSK-eli phase shift keying modulaatiota

RTTY – radioteletype, kahta lähekkäistä kantoaaltoa käyttävä digitaaliyhteys

SSTV – slow scan tv, radoamatöörin still-kuvien siirtoon tarkoittama faksinkaltainen modulaatio



# Desibeli

Desibeli on tehon mitta, joka käyttää logaritmista asteikkoa

- Radiotekniikassa tehot ovat yleensä hyvin suuria tai pieniä. Ääripäitten luvut voidaan ilmaista helposti hahmotettavina luonnollisen oloisina numeroina.

Käytännöllisyyden vuoksi radioaaltoihin liittyvissä laskuissa käytetään desibeilejä

# Desibeleistä

Desibeli vertaa tehoa aina johonkin ennalta sovittuun tehotasoon, kuten milliwattiin.

-dBm = teho verrattu yhteen milliwattiin

-dBW = teho verrattu yhteen wattiin (1000mW)

(Loput desibeleistä Lassen kalvoissa)