



Eesti Lennuakadeemia
Estonian Aviation Academy

Kommunikatsioon ja sidevahendid kaasaja lennunduses

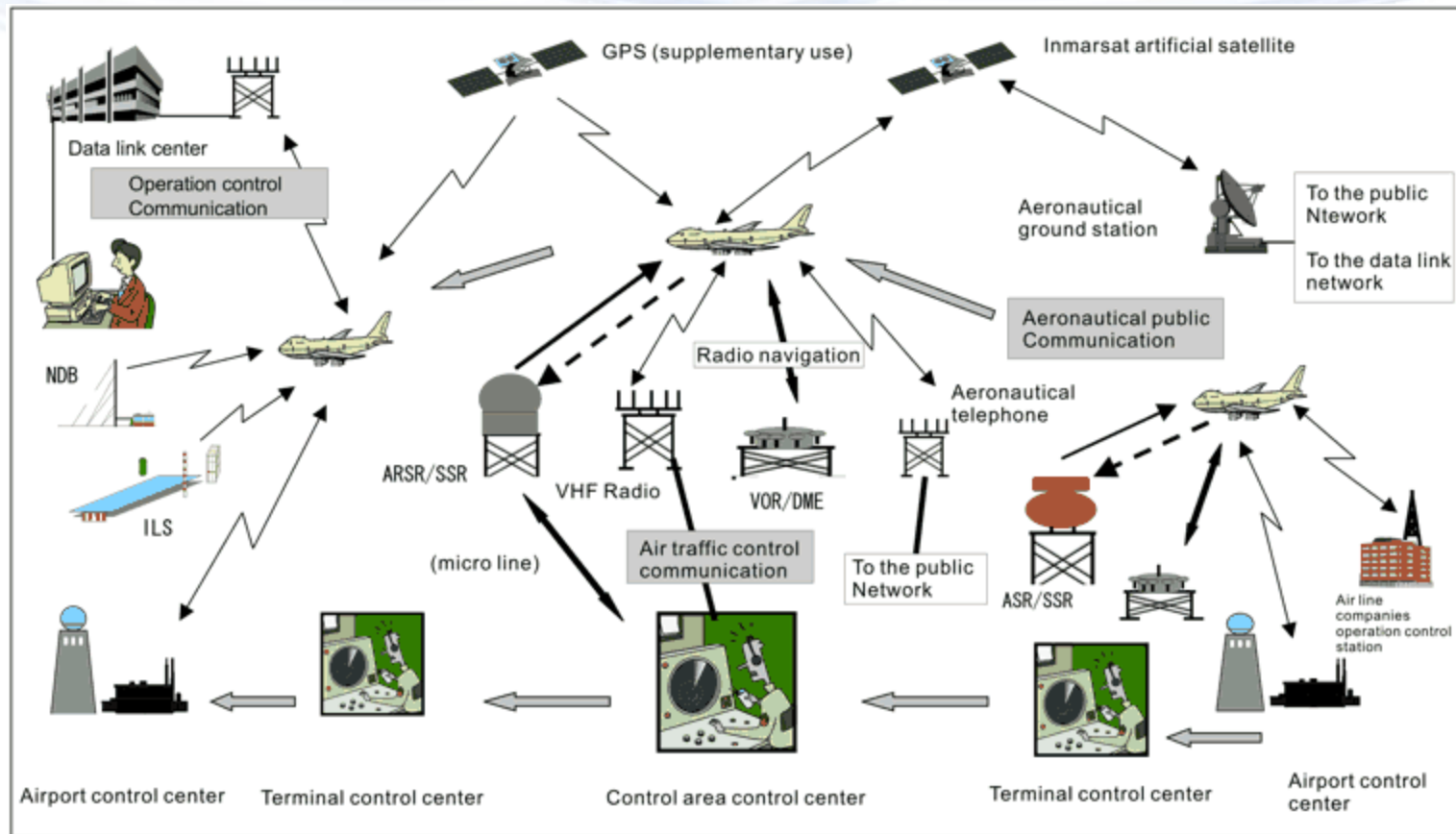
09.02.2013 ERAÜ talvepäev Tõraveres

Jaak Umborg

ELA side- ja navigatsiooniosakonna juhataja

jaak.umborg@eava.ee

Raadioside- ja navigatsiooni seadmed lennunduses



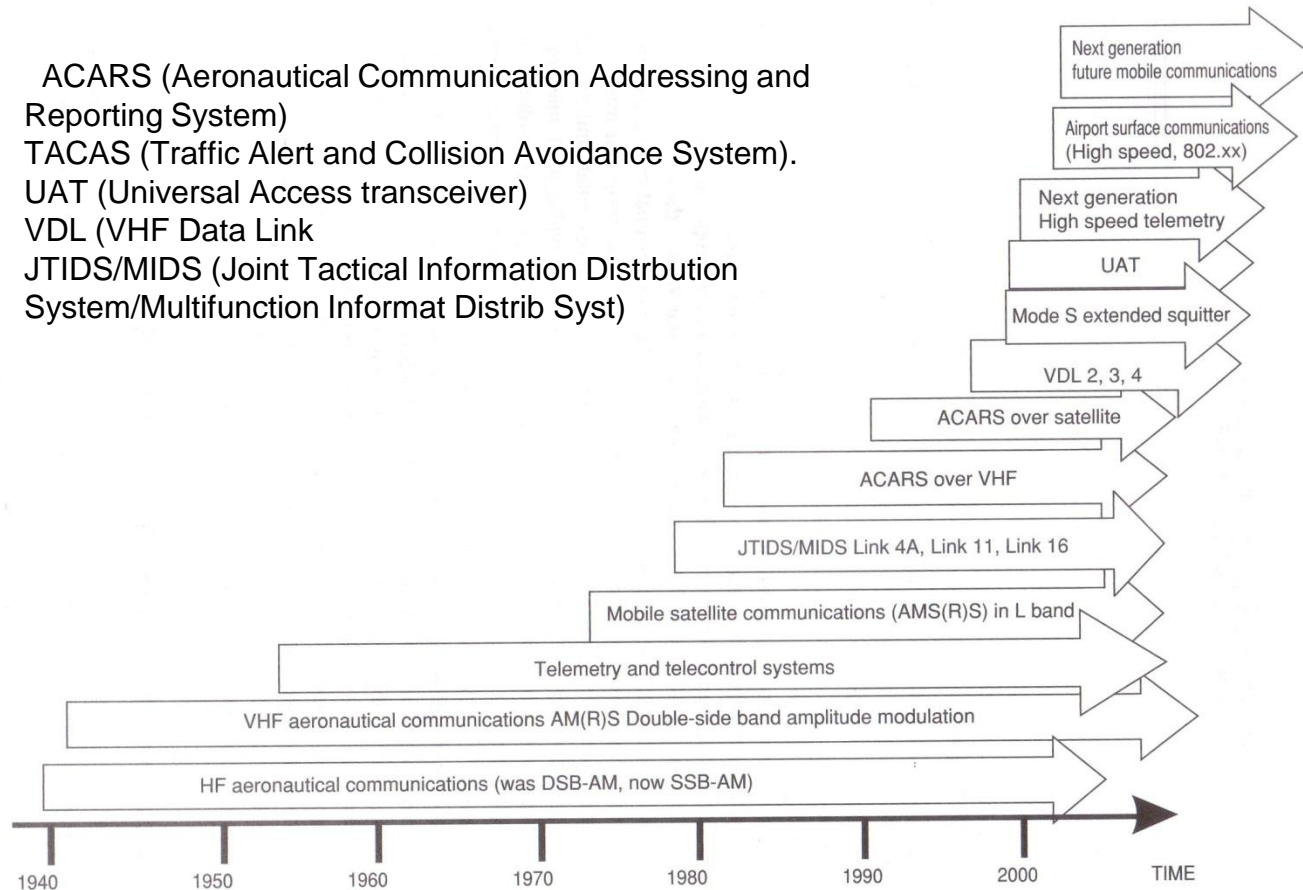
Mis on avioonika?

- **Avioonika** (*avionics*) – lennunduses mõistetakse selle termini all õhusõiduki elektronseadmeid, sh elektri-süsteeme, mille hulka kuuluvad ka raadio-tehnilised ja automaatika seadmed.
- Väljaspool lennundust - näit , Tehnikaleksikon, 1981,- lennunduse (sh maapealne) lennunduse radioelektronika aparatuur



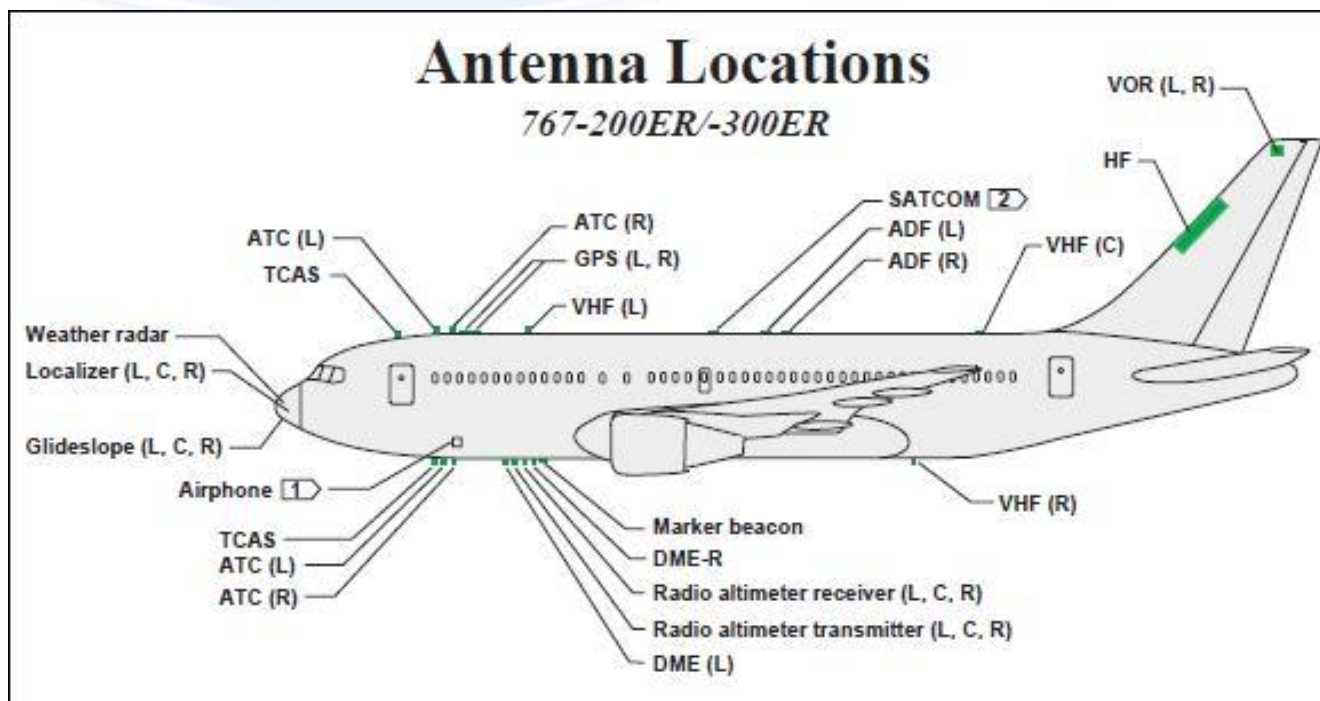
Raadiosüsteemide areng lennunduses

ACARS (Aeronautical Communication Addressing and Reporting System)
 TACAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System).
 UAT (Universal Access transceiver)
 VDL (VHF Data Link)
 JTIDS/MIDS (Joint Tactical Information Distribution System/Multifunction Informat Distrib Syst)

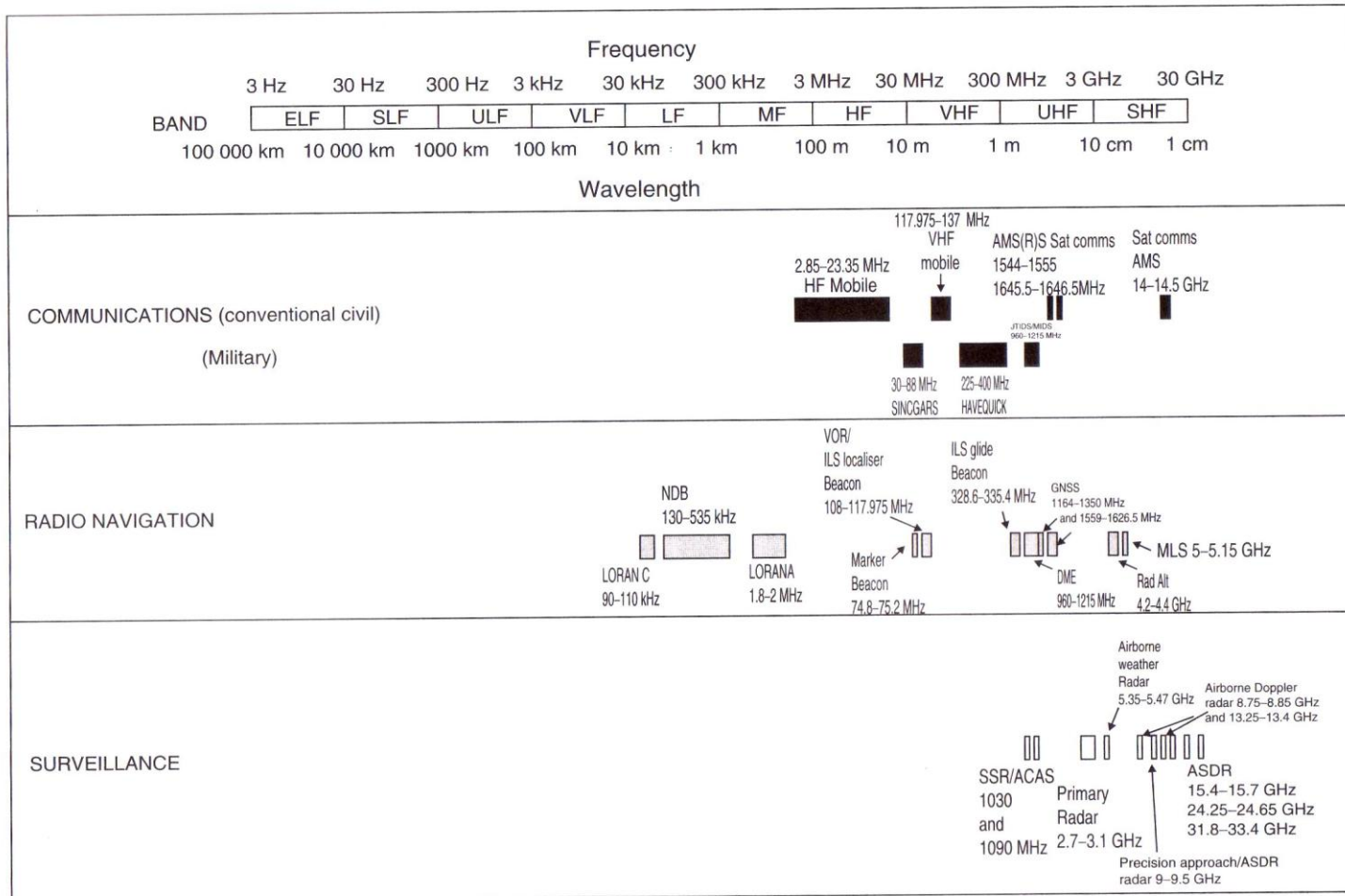




Õhusõiduki antennid



Lennunduses kasutatav raadiosagedusspekter



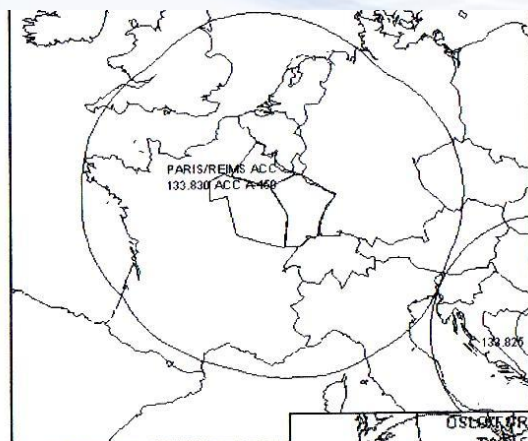
- Tallinna torni sagedus
120,600MHz
- Tallinna lähenemisüksuse
sag127,900MHz
- Tartu torni sagedus
133,900MHz
- Pärnu lennujaama AFIS
(Airport Flight
InformationService)
sagedus135,300 MHz
- Hädaolukorra sag
121,500MHz



VHF diapasooni sidekanalite arvu suurendamine, ribalaiuse vähenemine

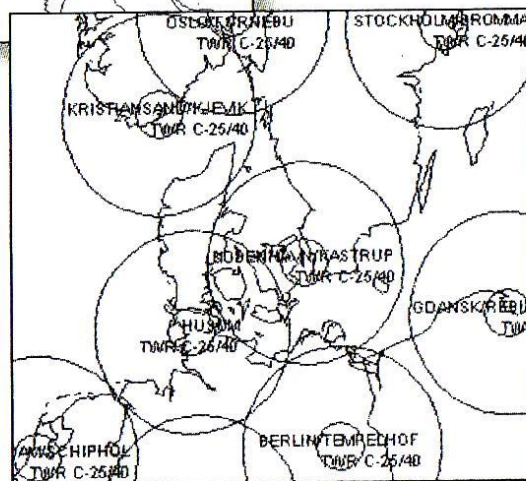
Date	Frequency Band	Channel Spacing (kHz)	Number of Channels
1947	118-132 MHz	200	70
1958	118-132 MHz	100	140
1959	118-136 MHz	100	180
1964	118-136 MHz	50	360
1972	118-136 MHz	25	720
1979	118-137 MHz	25	760
1995	118-137 MHz	8.33	2280

Raadioside tegevuskaugus sõltuvalt ÕS kõrgusest



ACC - 133,830 MHz

Piirkondlik
lennujuhtimisjuhtimise
keskus



TWR - 118.1 MHz

Lähilennujuhtimis
üksus

Nõuded sideaparatuurile sõltuvalt õs kõrgusest

LENNUAMET

Pärnu mnt. 6 10148
Tallinn Estonia
Tel.+372 631 3688
Fax+372 631 2681



CIVIL AVIATION ADMINISTRATION
LENNUNDUSTEADE
AVIATION CIRCULAR

AIR
T 11 - 6

31.12.1998.a.

8,33 kHz SAGEDUSSAMMU RAKENDAMINE

Vastavalt Rahvusvahelise Tsiviilennunduse Organisatsiooni dokumendile (ICAO Doc) 7030 Regional Supplementary Procedures ja Ühinenud Lennundusvõimude (JAA) ühiste lennundusnõuetele (JAR-OPS) ning vajadusega rahuldada lennuliikluse juhtimise nõudlust täiendavate raadiosageduste järgi ICAO Euroopa regioonis on:

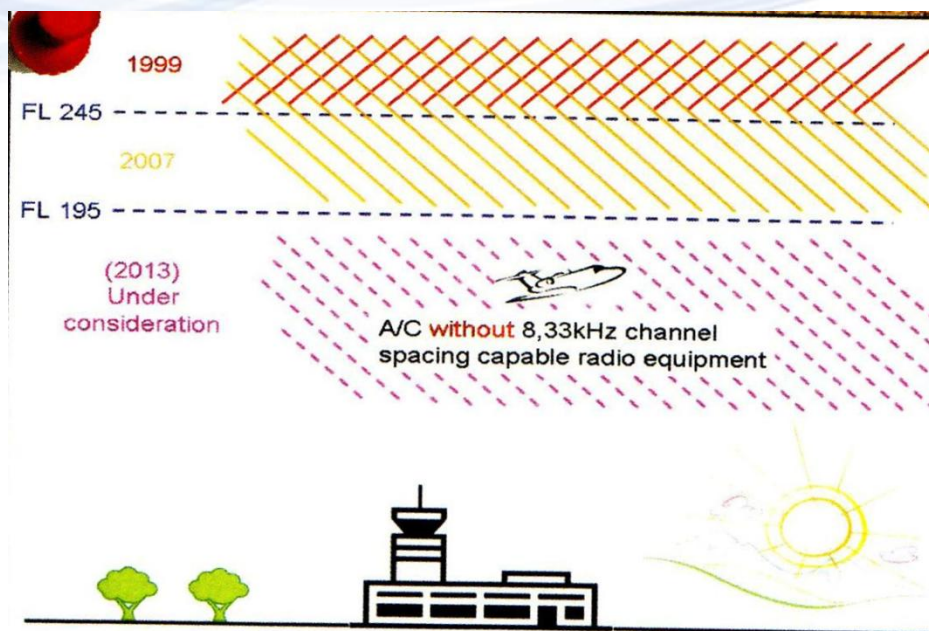
1. õhusõidukite käitamisel ICAO Euroopa regioonis kõrgemal lennutasandist FL 245 ja Prantsuse õhuruumis kõrgemal lennutasandist FL 195 kohustuslik kasutada sidepidamiseks raadioscadmeid sagedussammuga 8,33 kHz alates 1.jaanuarist 1999.a.

2. Punktis 1 märgitud õhusõidukitel peab olema pardal vähemalt kaks 8,33 kHz sagedussammuga raadiojaama.

Lennuameti peadirektor

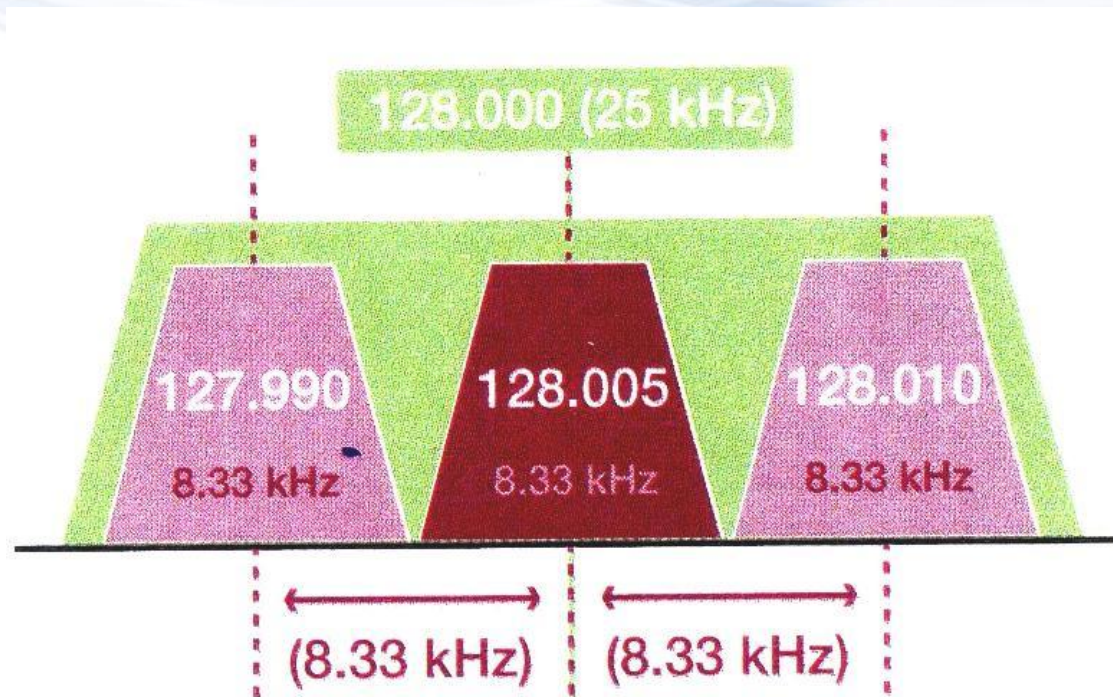


Toomas Peterson



Sidekanali laiuste võrdlus

Raadiokanali ribalaius 25kHz



Raadiokanali
ribalaius 8,33 kHz

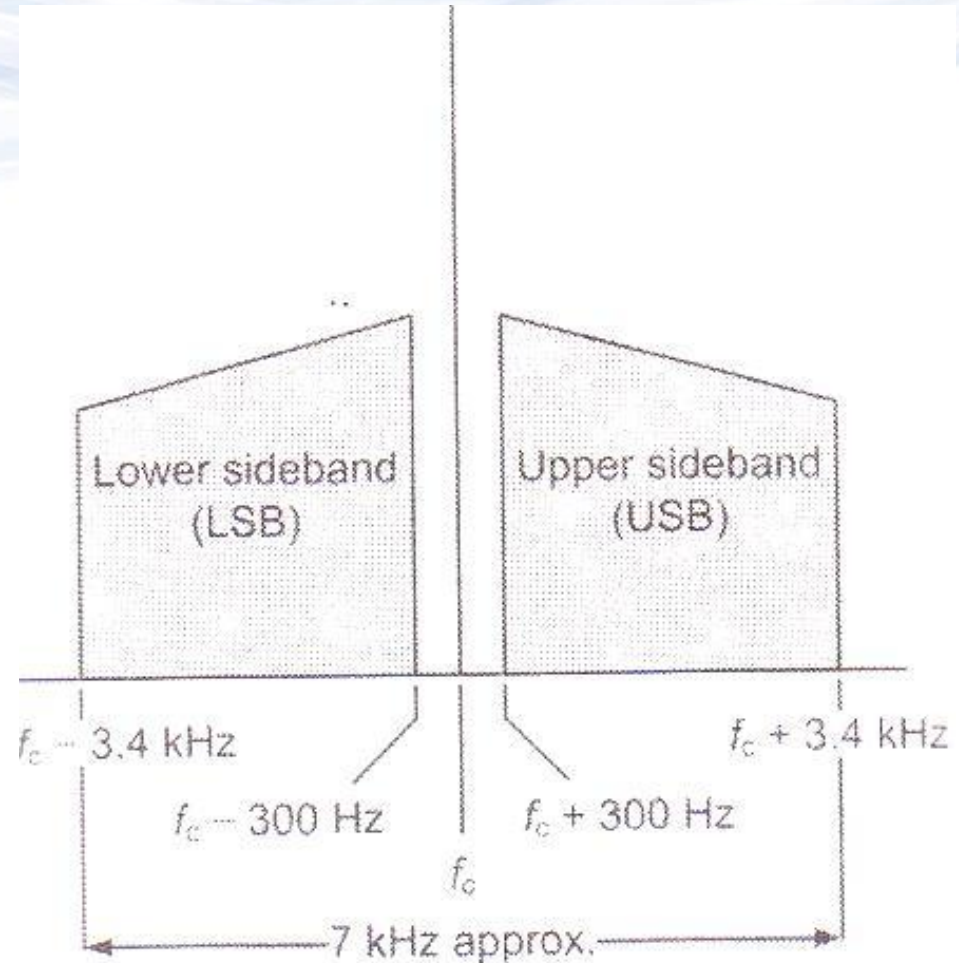
AM kõnesignaali ülekandeks vajalik sidekanali ribalaius

Miks AM, aga mitte FM?

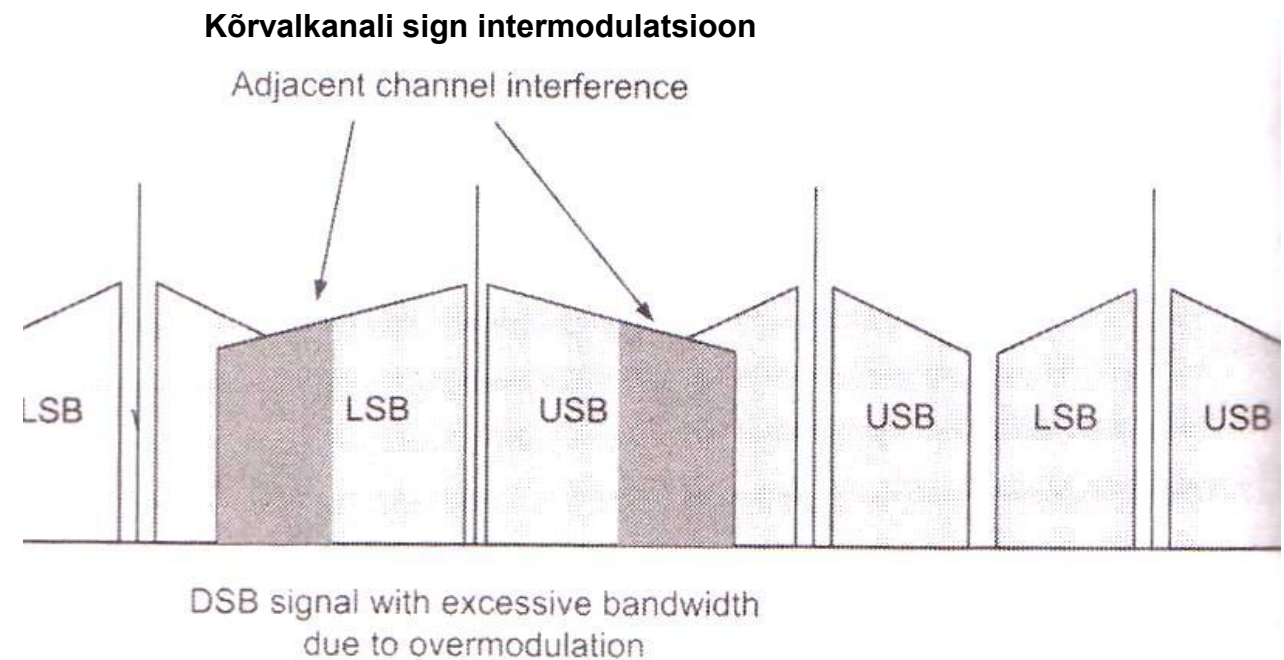
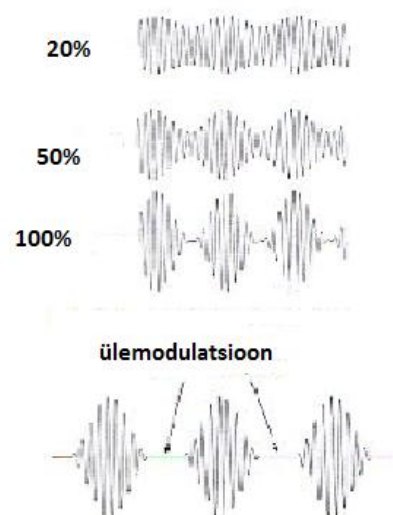
Besides being simple, power-efficient and compatible with legacy equipment, AM and SSB permit stronger stations to override weaker or interfering stations, and don't suffer from the capture effect found in FM. Even if a pilot is transmitting, a control tower can "talk over" that transmission and other aircraft will hear a somewhat garbled mixture of both transmissions, rather than just one or the other.

Even if both transmissions are received with identical signal strength, a heterodyne will be heard where no such indication of blockage would be evident in an FM system.

WIKIPEDIA



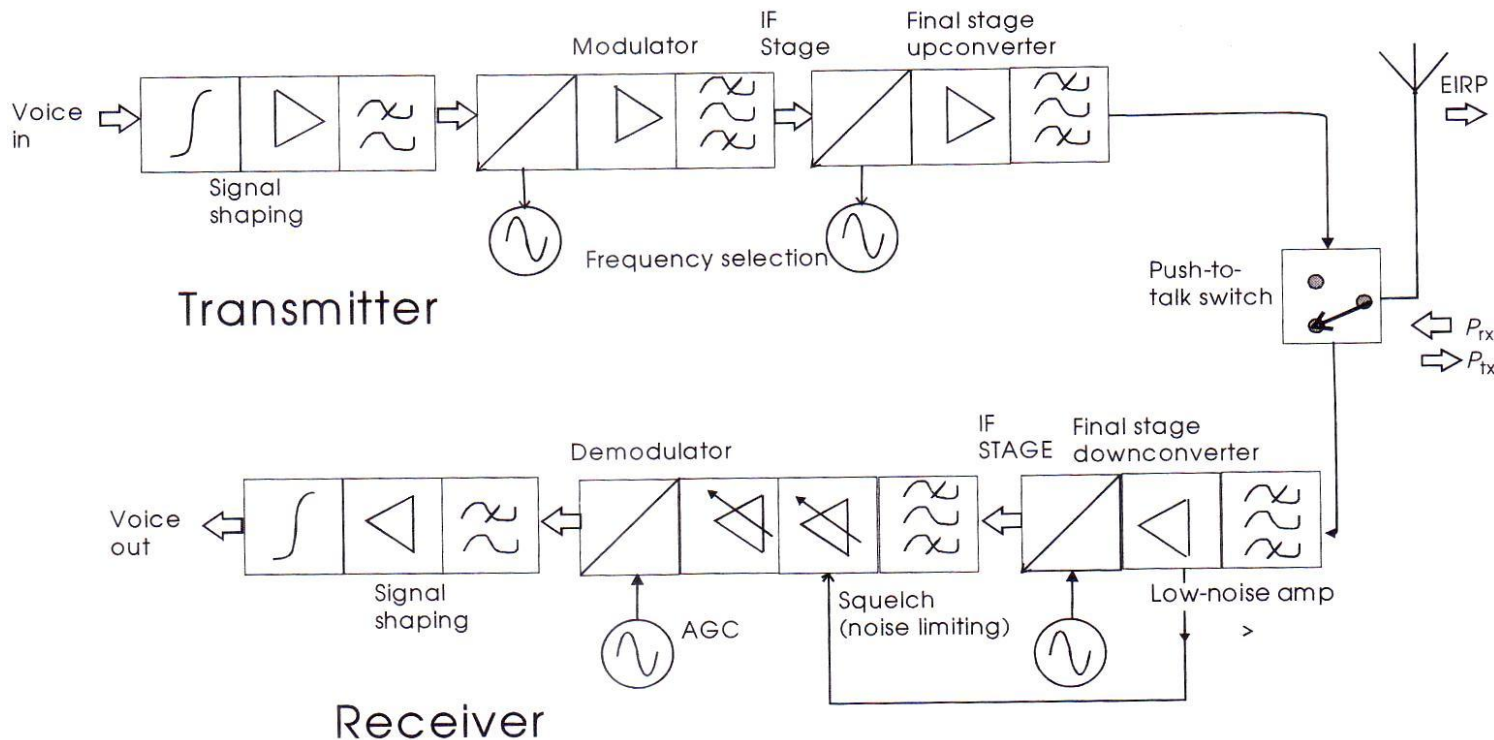
Ülemodulatsioonist tingitud sidekanali laienemine



Tüüpiline VHF AM saatja-vastuvõtja, 25kHz

The VHF 25-kHz Transceiver
(typical Synthesis)

$$f_c = 117,975 + (n \times 0,025) - f_{IF} \text{ MHz}$$



Tüüpiline õhusõiduki raadiojaam



Eesti Lennuakadeemia
Estonian Aviation Academy

<i>Parameter</i>	<i>Specification</i>
Frequency range	118.00 MHz to 136.99167 MHz
Channel spacing	8.33 kHz or 25 kHz
Operating modes	Analogue voice (ARINC 716); Analogue data 2400 bps AM MSK ACARS (external modem); ARINC 750 Mode A analogue data 2400 bps AM MSK ACARS; Mode 2 data 31.5 kbps D8PSK
Sensitivity	2 μ V for 6 dB (S+N)/N
Selectivity (25 kHz channels)	6 dB max. attenuation at \pm 16 kHz 60 dB min. attenuation at \pm 34 kHz
Selectivity (8.33 kHz channels)	6 dB max. attenuation at \pm 5.5 kHz 60 dB min. attenuation at \pm 14.7 kHz
Audio power output	Adjustable from less than 50 μ W to 50 m into 600 $\Omega \pm$ 20%
RF output power	25 W min. DSB AM operation 18 W min. D8PSK operation
Frequency stability	\pm 0.005%
Modulation level	0.25 V RMS input at 1 kHz will modulate the transmitter at least 90%
Speech processing	Greater than 20 dB of compression
Mean time between failure	Greater than 40,000 hours



ICOM A-110 Transceiver

25 kHz channel spacing, an extra version - 8.33 kHz channel spacing

Limited number of keys for simple manipulation, but providing advanced multi-functions

A total of 20 memory channels are available

36 W of powerful output

Excellent durability to cope with even the toughest workplace

Memory channel only operation possible via PC programming

Hand microphone supplied



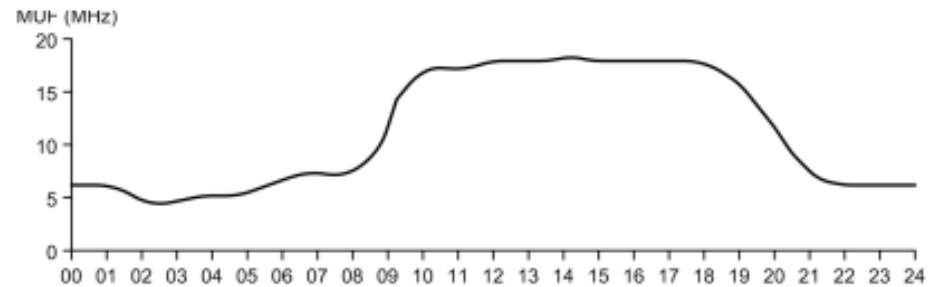
HF lennundusside



**Põhja Atlandi VHF
kaetus**

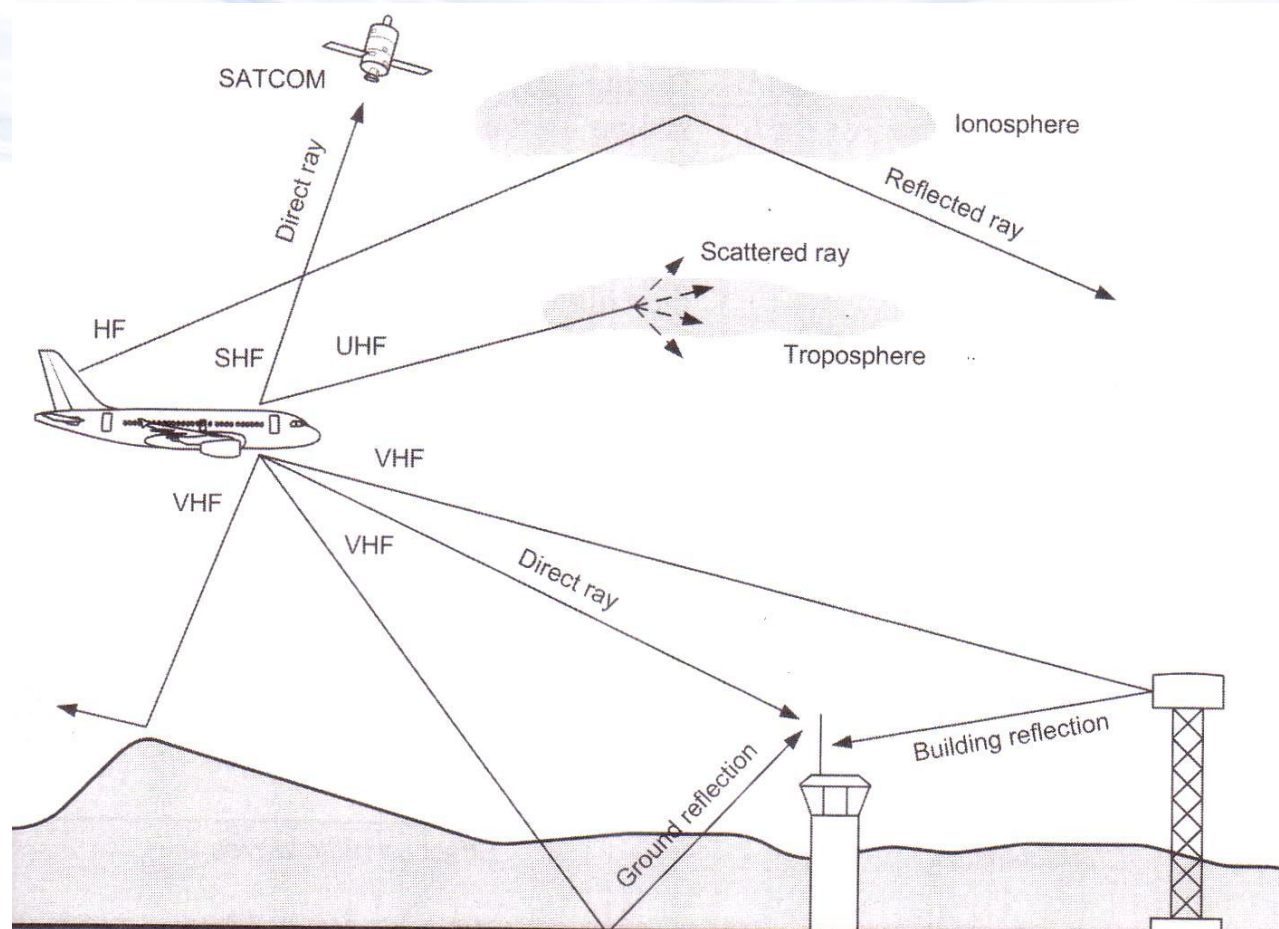
The following HF bands are allocated to the aeronautical service:

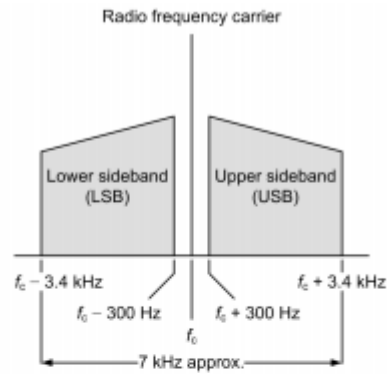
- 2850 to 3155 kHz
- 3400 to 3500 kHz
- 4650 to 4750 kHz
- 5480 to 5730 kHz
- 6525 to 6765 kHz
- 8815 to 9040 kHz
- 10,005 to 10,100 kHz
- 11,175 to 11,400 kHz
- 13,200 to 13,360 kHz
- 15,010 to 15,100 kHz
- 17,900 to 18,030 kHz
- 21,870 to 22,000 kHz
- 23,200 to 23,350 kHz.



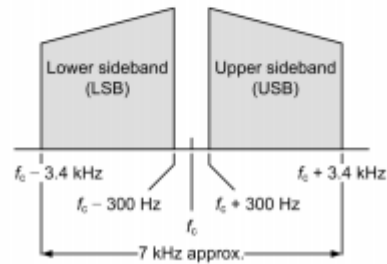
Kasutatavad HF sagedused Madrid-New York trassil

Raadiolainete levi lennundussides



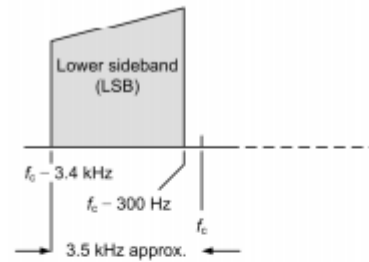


(a) Double sideband (DSB) full-carrier AM

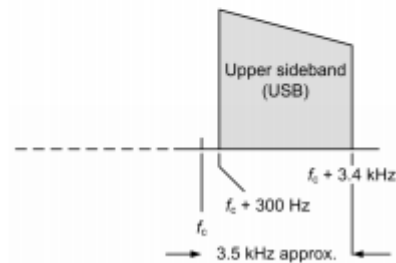


(b) Double sideband suppressed-carrier (DSB-SC)

HF com SSB



(c) Single sideband suppressed-carrier (SSB-SC)



(d) Single sideband suppressed-carrier (SSB-SC)

Lennunduses kasutatavad peatelefonid

•The TA-90AS is a passive headset and a lightweight designed for the general aviation. It has an attenuation up to 45 dB and a microphone attenuation rate of 8:1. The special microphone technique filters background noise for super clear voice transmission and the noise cancelling The gel filled ear pads improves the attenuation and the comfort of wearing. Technical data:
Connectors: PJ -055, PJ-068
Headphones:300 Ohm Controls:
Stereo/Mono switch on the cable
Volume control: Separately for right and left side Attenuation:
Passive up to 45 dB Weight: Only 13.9 oz Microphone: Transducer principle, electret mic, noise-compensated



Lennujuhi peatelefon



The Plantronics MS200-1 commercial aviation headset combines a unique lightweight design and advanced technology to deliver the ultimate in comfort and reliability. The noise-canceling microphone enables clear, uninterrupted communications between air and ground. Its compact, under-the-ear design ensures a secure, comfortable fit for extended wear, yet is convenient to carry and stow.

MS200-1 Features:

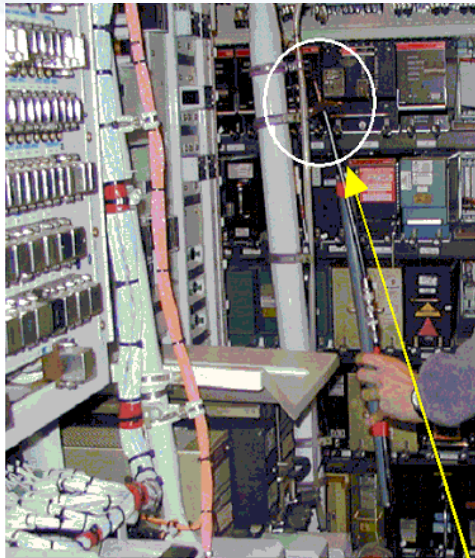
- Clear voice transmission between commercial pilots and air traffic control.
- Hear and be heard with superior audio quality and noise-canceling microphone.
- Comfortable enough to wear all days.
- Ultra lightweight, in-ear design.
- Single ear piece facilitates pilot/co-pilot communications.
- Conveniently portable and easily stowed due to compact design.



EMÜ aktuaalsus lennunduses

- Üheaegselt töötavate raadiosaatjate ja teiste kiirgurite arv lennuväljal ja lennukis on kasvanud.
- Energiavarustatuse suur kasv, raadioelektr. seadmete kasutusala järsk suurenemine (mobiilside, med-tehnika, olmeseadmed jms).
- ÕS kui liikuvate objektide elektromagnetilise olukorra komplitseeritus.

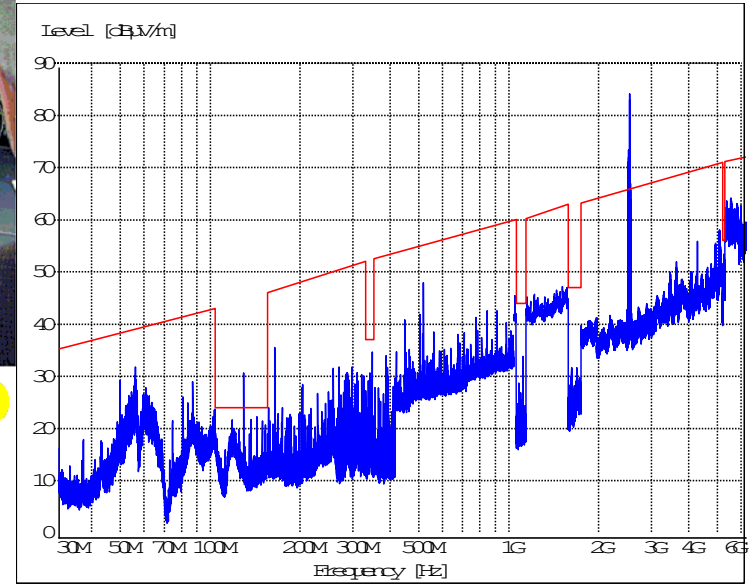
EMÜ testimine lennukis



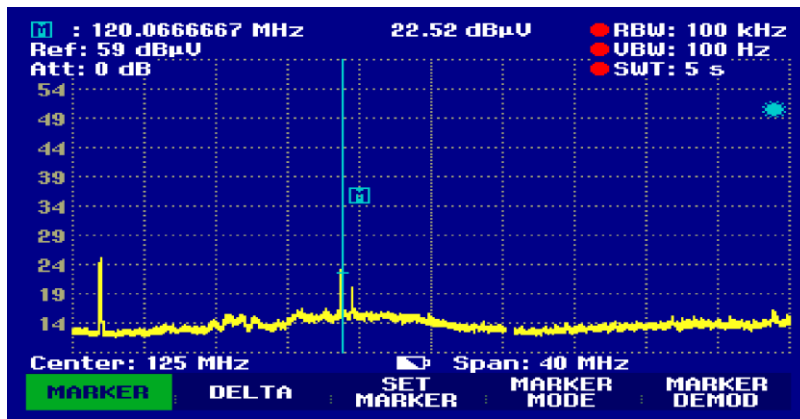
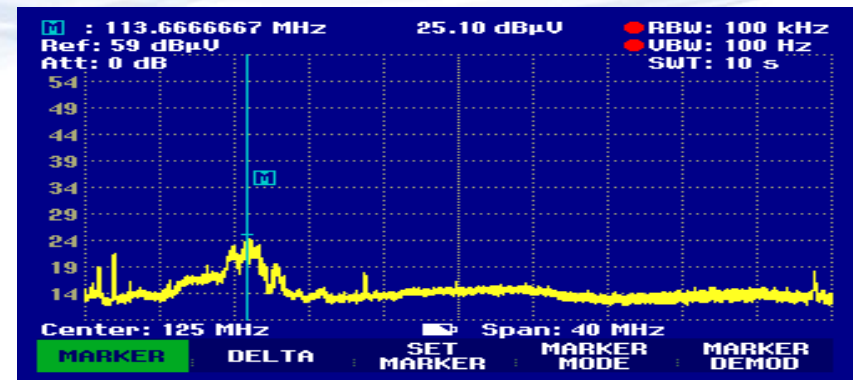
19

Test Antenna

8



MÕÕTMISED BOMBARDIER LEARJET 60 PARDAL



Lapimaa, K. Olmeelektroniliste seadmete elektromagnetilise ühildatavuse probleemid lennubahendi pardal: uurimistöo/ Juhendaja J.Umborg.ELA, 2011.



ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast).



A – Automatic – Süsteem on täisautomaatne, ei vaja üldjuhul sekkumist.

D – Dependent – sõltub sat nav süsteemist – suur täpsus.

S – Surveillance – seireinfo: ÕS asukoht, kiirus ja muud andmed.

B – Broadcast – signaali levitatakse pidevalt tööraadiuses olevatele ÕS-le ja maapealsetele jaamadele.



ADS-B vv tegevusraadiuse määramine



Mõõtetulemused ELA katuselt Tähtveres

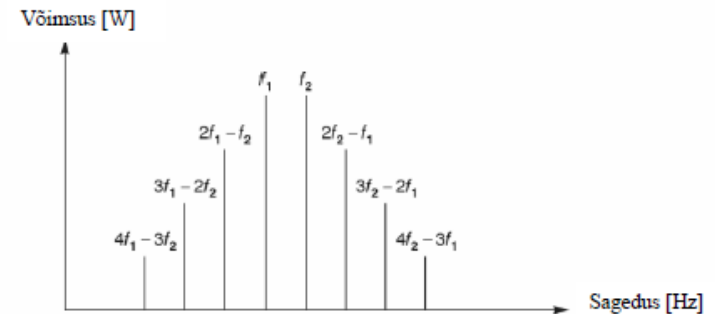
Mõõtetulemused EMÜ torni katuselt
Tähtveres (50m)

Välja. T. ADS-B ja multilateraalsed seiresüsteemid: uurimistöo/ Juhendaja J.Umborg, konsultant V. Leps. ELA, 2011.

Intermodulatsiooni häired

$$(1.4) \quad f_{in} = \pm m \cdot f_1 \pm n \cdot f_2,$$

kus f_{in} – intermodulatsiooni komponent (Hz),
 f_1, f_2 – intermoduleerivate signaalide sagedused (Hz),
 m, n – on kas täisarvud või null (0, 1, 2, 3, 4, 5, ...).



Joonis 1.5. Signaalide f_1 ja f_2 intermodulatsiooni komponendid (Poole 2003: 176)

Komponentide järjekord on antud summaga ($m + n$), kuid nende hulgast peamised on järgmised (Poole 2003: 175-176):

Teist järku komponendid: $f_1 \pm f_2, f_2 - f_1$.

Kolmandat järku komponendid: $2f_1 \pm f_2, 2f_2 \pm f_1$.

Viiendat järku komponendid: $3f_1 \pm 2f_2, 3f_2 \pm 2f_1$.

IM häirete mõõtmise meetod: European standard ETSI EN 300676.

Tšornenkaja Alla. RINGHÄÄLINGU MÕJU HINDAMINE LENNUK – MAA RAADIOSIDELE. Lõputöö, Juhendaja Kalev Märtnens. 2012, Eesti Lennuakadeemia.

Lennuakadeemia EstCube alased lõputööd

Jana Šubitidze. *Tudengisatelliidi vibratsioonikindluse testimine ja arendamine.* Juhendaja V. Allik, 2013

Kadi Kivistik. *Tudengisatelliidi maajaama eelselektromoodul.* Juhendaja V. Allik 2012

Mihkel Kukk. *Etalonsageduse raadiomajakas.* Juh. V. Allik, 2010

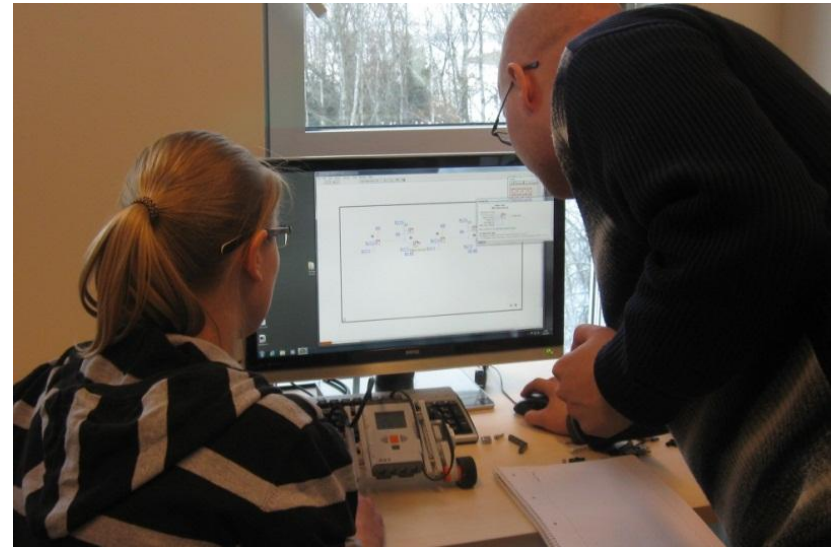
Tarmo Greenbaum. *Sagedusetalon aatomkella ja GPS-i baasil.* Juhendaja V. Allik, 2010

Jaak Mõttus. *Satelliitside antennisüsteemi parameetrite määramine.* Juh. J.Umborg, 2009





**Koostöös ELI OÜ-ga õpetatakse
UAV –de konstrueerimist**



Robotika praktikum



Täiendusõppe koolitus raadioside- ning navigatsioonisüsteemide käitajatele



SIHTGRUPP

Koolitusest osalema oodatakse neid, kelle töö on seotud traadita side seadmete paigaldamise, kasutamise ja hooldusega. Koolitusprogramm kohendatakse lähtuvalt osalejate ettevalmistuse tasemest.

KOOLITUSE SISU

Käsitatakse sidesüsteemide sõlme mõju raadioside kvaliteedile ning viiakse läbi süsteemi parameetrite praktilisi mõõtmisi. Koolitus toimub kaasajase mõõterisaparagi ja infotehnoloogilise varustusega side- ja navigatsioonisüsteemide laboris.

Õppetöö põhivormiks on iseseisev töö laboris, millele eelneb lühike loengutsükkel, kus värskendatakse füüsika, elektri- ja raadiotehnika alaseid teadmisi ning demonstreeritakse praktilisi eksperimente. Seadmete ja nähtuste käsitlemisel on rõhuasetus füüsilisele tööpõhimõtte selgitamisele.

KOOLITUSE TULEMUS

Kursuse läbinud on täiendanud oma teadmisi sidesüsteemide, oskavad kasutada kaasajaseid põhilisi raadiomõõteriistu, teavad, kuidas mõõteseadmeid ühendada arvutiga, oskavad mõõta side- ja navigatsioonisüsteemide ja nende sõlme (antennid, fiidrid, vastuvõtja, saatja jms) põhiparameetreid. On teadlikud üha aktuaalsemaks muutunud elektromagnetilise ühildavuse probleemidest - suurenenud side- ja muu kasutusel oleva radioelektronika aparatuuri hulk on suurendanud radiohäiretest tingitud probleeme raadiosides ja -navigatsioonis.

KOOLITUSE TEEMAD

Sidesüsteemi struktuurskeem; raadiolainete levil; hajutatud parameetritega süsteemid (liinid, lainejuhid, õõsresonaatorid); antenni põhitüübid ja tööpõhimõtte. Takistuste sobitamine.

Elektromagnetiline ühildavus – kuidas hinnata ja parandada raadioside kvaliteeti häireallikate olemasolu korral. Raadiokanali kvaliteedi hindamine signaali võimsuse bilansi järgi. (Link budget calculation).

PRAKTILISED TÖÖD

Ostilloskoobi, spektraalanalüsaatori, signaal- ja funktsionaalgeneraatori tööpõhimõtte kasutamine.

Antenni häälestamine, antennifiidri parameetrite määramine; saatja-vastuvõtja põhiparameetrite määramine; navigatsioonisignaali simuleerimine.

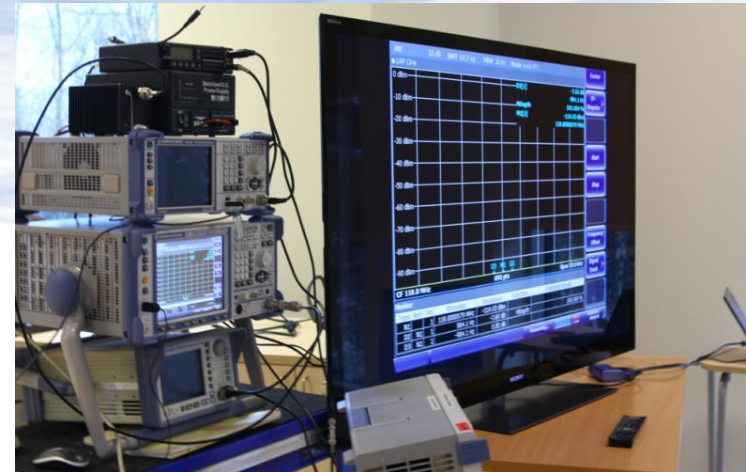
Kursuse edukalt läbinutele antakse tunnustus täienduskoolituse õppekava omandamise kohta.

Kursuse läbiviijad: Kalev Märtns, Jaak Umborg

Kursuse maht: 5 päeva (esmaspäevast reedeni), 36 akadeemilist tundi, millest 2 tundi on tagasiside saamiseks ja kursusel omandatud teadmiste ja oskuste testimiseks.

Toimumise aeg: 11 – 15. juuni 2012.a.

Koolituse maksumus: 590 EUR





Eesti Lennuakadeemia
Estonian Aviation Academy

TÄNAN TÄHELEPANU EEST



**ERAÜ esimene president Arnold Isotamm Tallinna Polütehnikumi raadioside- ja levi eriala lõpetajatega, 1962 a;
2013 a ERAÜ liikmetest on pildil Toomas Aarma**