

ILMAILUN AVIONIikka

OSA 1: ANTENNISIDONNAISET JÄRJESTELMÄT

M.Eng, Jukka Hovi, erityisasiantuntija,
lentotoiminta, Traficom

13.9.2023

HENKILÖESITTELY

Oma työkokemus:

- ▶ Aloitin ilmailun perusopinnot 1986
- ▶ Työskentelin 1987-1998 Finnairin tekniikassa "haalarihommissa"
- ▶ 1998-2003 Finnairin Insinööritoimistossa "kravattihommissa"
- ▶ 2003-2012 Finnairin lentotoimintaryhmässä lentoturvallisuustarkastajana
- ▶ 2012 – CAA Finland (Trafi/Traficom) lentoturvallisuusanalyttikkona
- ▶ 1998 – 2005 Sivutoimen lennonopettaja, aiheena "lentokoneen yleistuntemus"

Koulutustaustaa:

- ▶ Lentokone-elektroniikka asentaja 1986-1987
- ▶ 1990 Yksityislentäjä
- ▶ 1990-1994 Automaatioinsinööri (Ins.)
- ▶ 1995 Business for European Engineers
- ▶ 1998 Lennonopettajan teoriapätevyys
- ▶ 2007 AMK Ins. Sähkötekniikka
- ▶ 2008 M.Eng. Industrial Management

ESITELMÄN TAVOITTEET & POHJUSTUS

- Tavoite on antaa pintapuolinen käsitys ilmailun teknisten järjestelmien monimuotoisuudesta & monimutkaisuudesta
- Esitelmän (ja sen mahdollisten jatkojen) pintapuolisuus johtuu käytettävissä olevan ajan rajallisuudesta.
 - Ammattilaisille peruskoulutuksen pituus on satoja tunteja (tekninen henkilöstö) ja kymmeniä tunteja (lentomiehistö)
 - Peruskoulutuksen jälkeen tiettyyn lentokonetyyppiin pätevöittävä koulutus kestää suuruusluokkaa 100 tuntia....
- Ilmailussa käytettävä "ammatti-slangi" on melko puhtaasti englannin kieli ja sisältää käsittämättömän määrän lyhenteitä. Tämä rajoittaa vahvasti esitelmän rakentamiseen; ammattikieltä ei yksinkertaisesti voi/kannata yrittää kääntää.
- Olen pyrkinyt lisäämään esitelmän "kalvoihin" linkkejä, joista teemaan voi halutessa paneutua syvällisemmin (Nämä, linkit ovat "luotettavia lähteitä" ja ne sisältävät jatkolinkkejä, jos teemaan haluaa tutustua vielä syvällisemmin.
- Esitelmä on vapaasti lainattavissa / jaettavissa. (Oletan, että esitelmä lisätään EISS- sivuille)

HUOM!: KESKEYTTÄKÄÄ KOSKA TAHANSA, JOS ON KYSYTTÄVÄÄ!

PERUSTEITA, JOILLA LENTOKONEIDEN TEKNIKKAA JAOTELLAAN

► Tässä esitelmässä keskitytään ATA- osuuksiin:

- 23, kommunikointi
- 31, Instruments (vain osin)
- 34, Navigation (vain osin)

Miksi vain "osin"?

Koska näihin liittyy valtava määrä muutakin, kuin "antenni- sidonnaisuutta"

ATA Chapters		
21 Air Conditioning	33 Lights	71 PowerPlant
22 Auto Flight	34 Navigation	72 Turbine/Turboprop Engine
23 Communications	35 Oxygen	73 Engine Fuel and Control
24 Electrical Power	36 Pneumatic	74 Ignition
25 Equipment/Furnishings	38 Water/Waste	75 Air
26 Fire Protection	45 Central Maintenance System	76 Engine Controls
27 Flight Controls	51 Standard Practices/Structures	77 Engine Indicating
28 Fuel	52 Doors	78 Engine Exhaust
29 Hydraulic Power	53 Fuselage	79 Engine Oil
30 Ice and Rain Protection	54 Nacelles/Pylons	80 Starting
31 Instruments	55 Stabilizers	
32 Landing Gear	56 Windows	
	57 Wings	

Avionics Electric Structure Engine

MITÄ "AVIONIikka" TARKOITTAa?

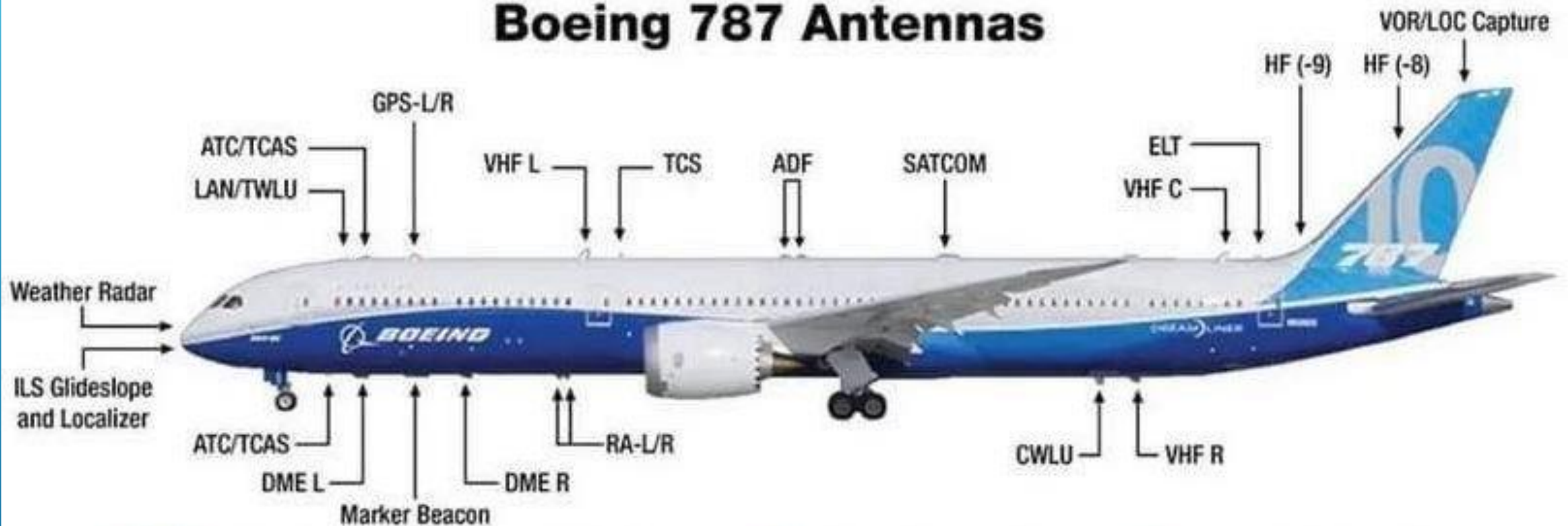
- ▶ Yksinkertaistettuna kaikkea, mikä "toimii sähköllä"....



- ▶ Lentokoneinen järjestelmät ovat hyvin modulaarisia
 - Esimerkiksi "Kommunikointiradio" kostuu ~10 eri moduulista, joiden sijoittelu koneessa jakautuu ympäri konetta

ANTENNISIDONNAISET JÄRJESTELMÄT

Boeing 787 Antennas



- LAN/TWLU Terminal wireless local area network (LAN) unit
- ATC/TCAS Air traffic control/traffic collision and avoidance system
- DME Distance measuring equipment
- RA Radio altimeter

- GPS Global positioning system
- TCS Terminal cellular system
- ADF Automatic direction finder
- CWLU Crew wireless LAN unit

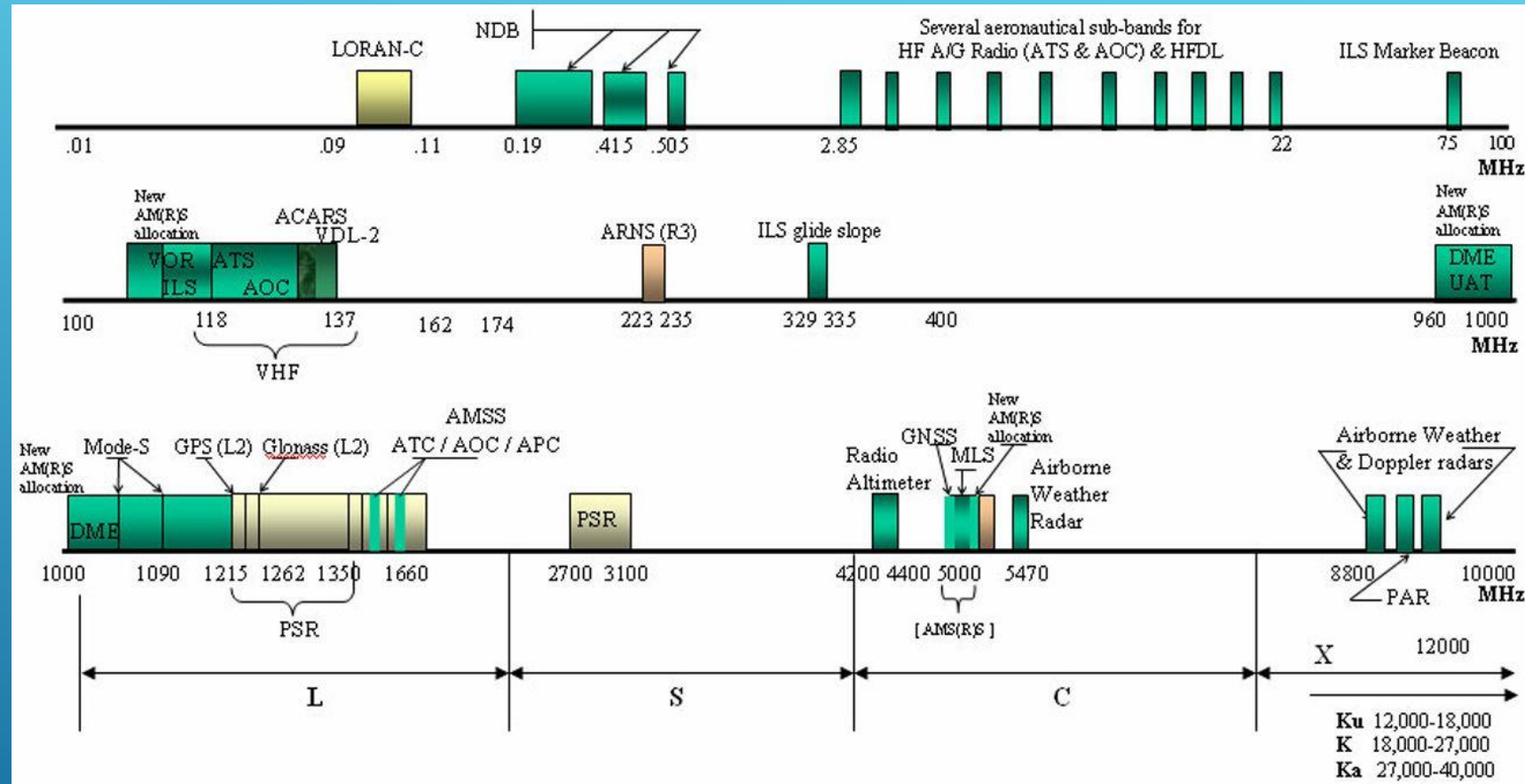
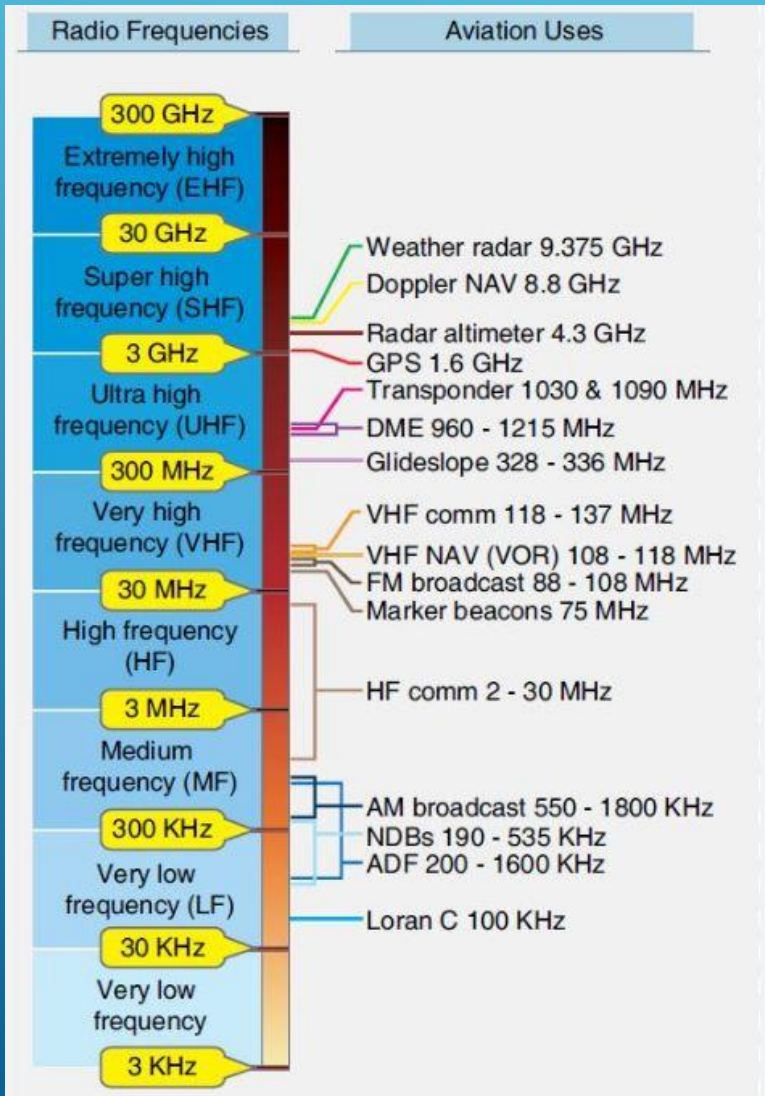
- ELT Emergency locator transmitter
- HF High-frequency radio
- VOR VHF omni-directional ranging

Source: Boeing

LENTOKONEEN ANTENNIT

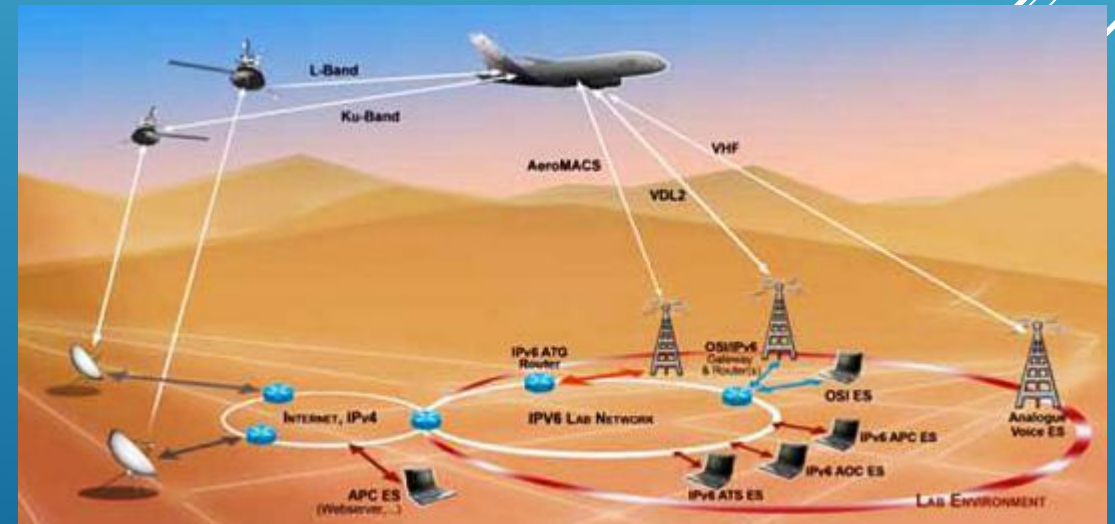
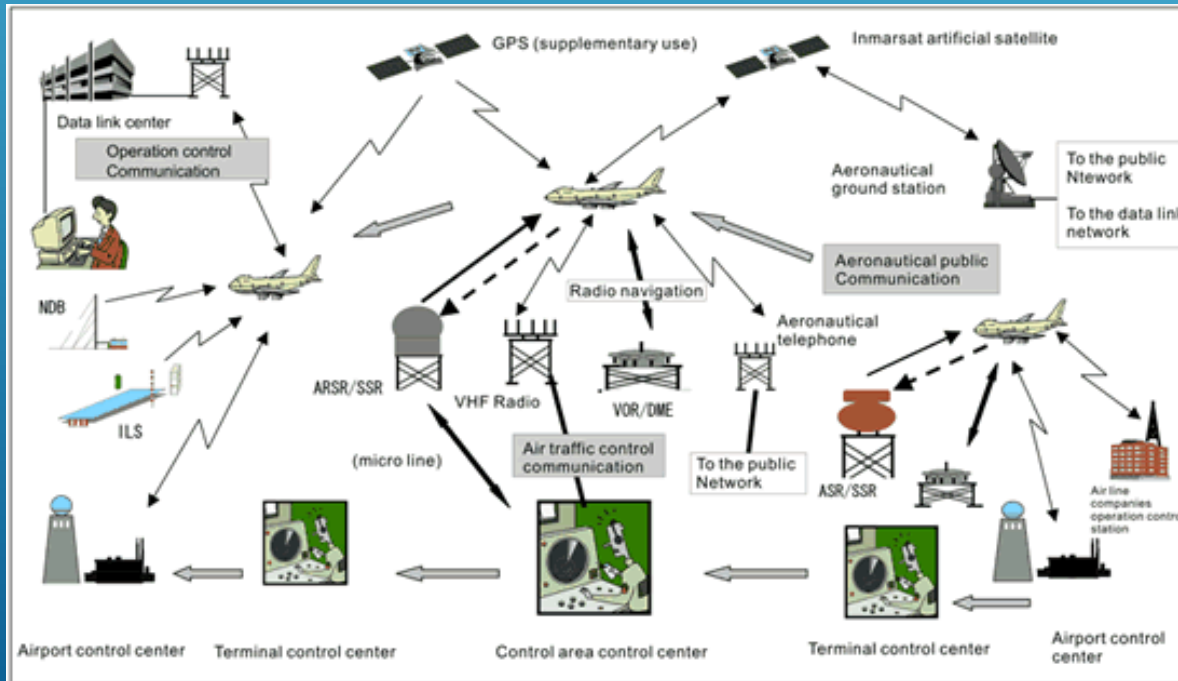
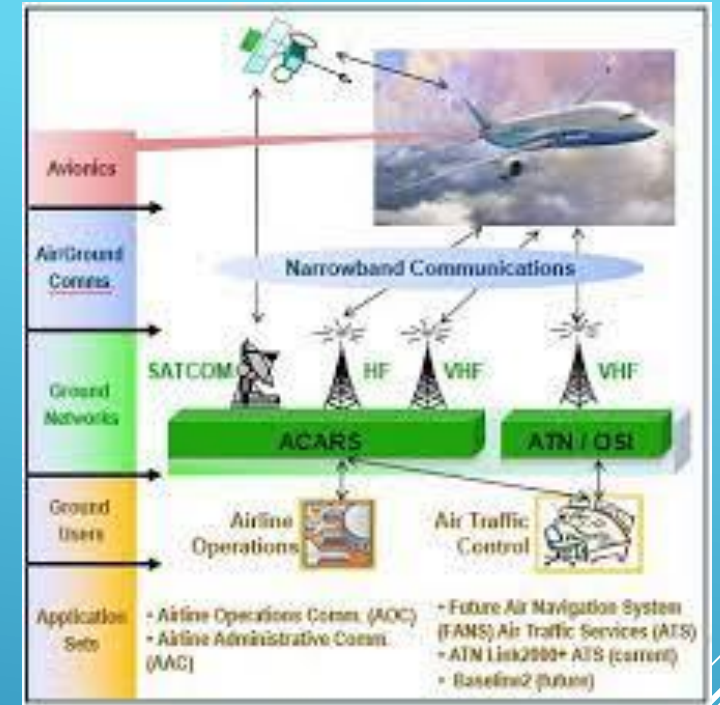


ILMAILUSSA KÄYTETTÄVÄT TAAJUUSALUEET



1. KOMMUNIKOINTI

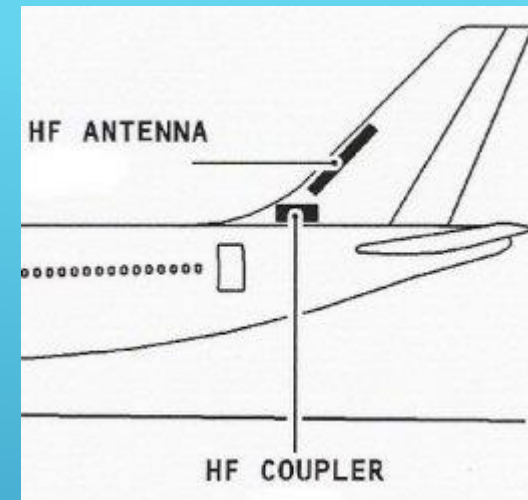
1. HF- Radio (2-30 MHz)
2. VHF- Radio (Ääni) (118-137 MHz)
3. Satelliitti
4. Data-kommunikointi



1. KOMMUNIKOINTI

1. HF- Radio

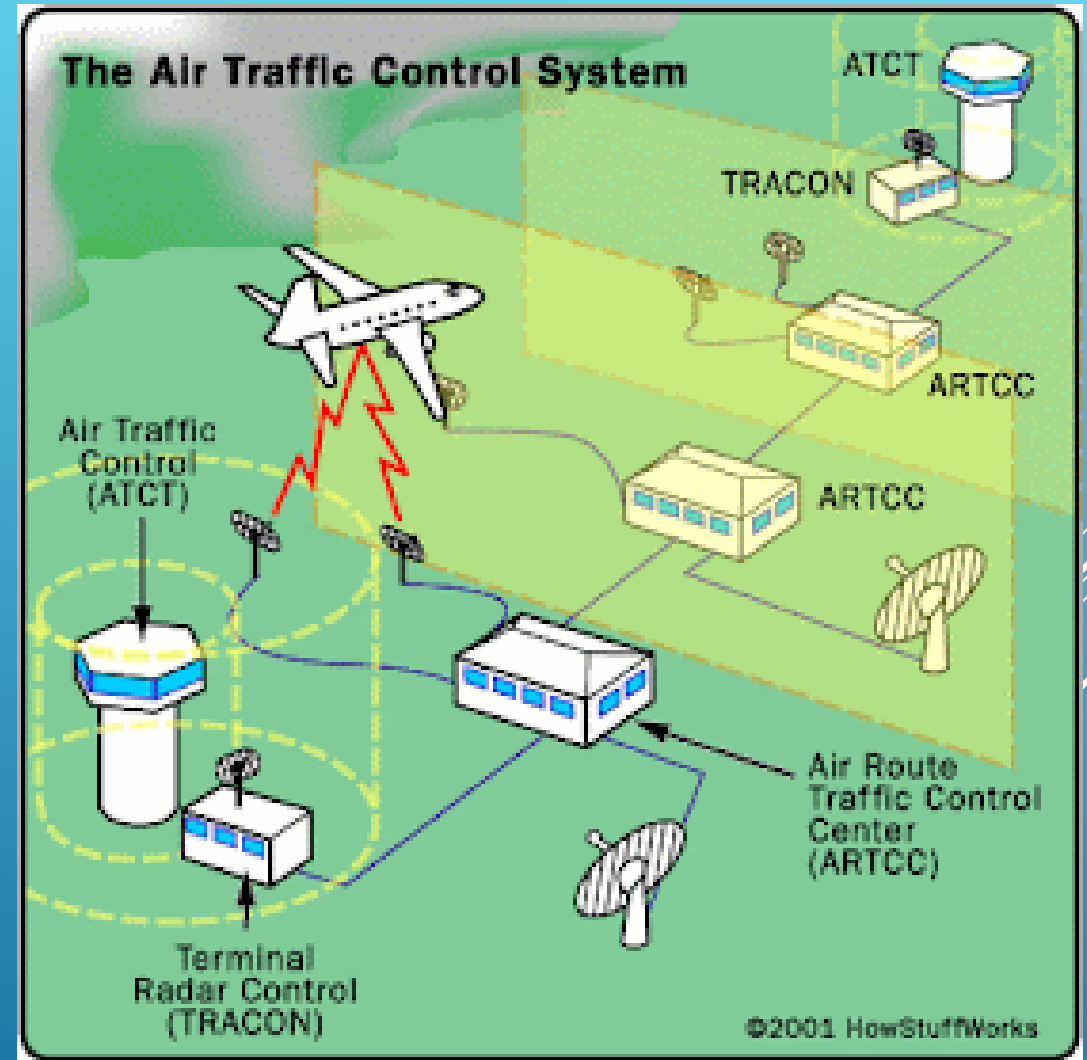
- Käytetään lähinnä valtamerien / napa-alueiden ylityksissä
- Merkitys alkaa olla vähäinen, koska:
 - Satelliittien tuki on syrjäyttämässä
 - Teknisesti painava, epäluotettava sekä teknisesti, että yhteyksien kannalta.



1. KOMMUNIKOINTI

1. VHF- Radio (Ääni) (118-137 MHz, FM-moduloitu)

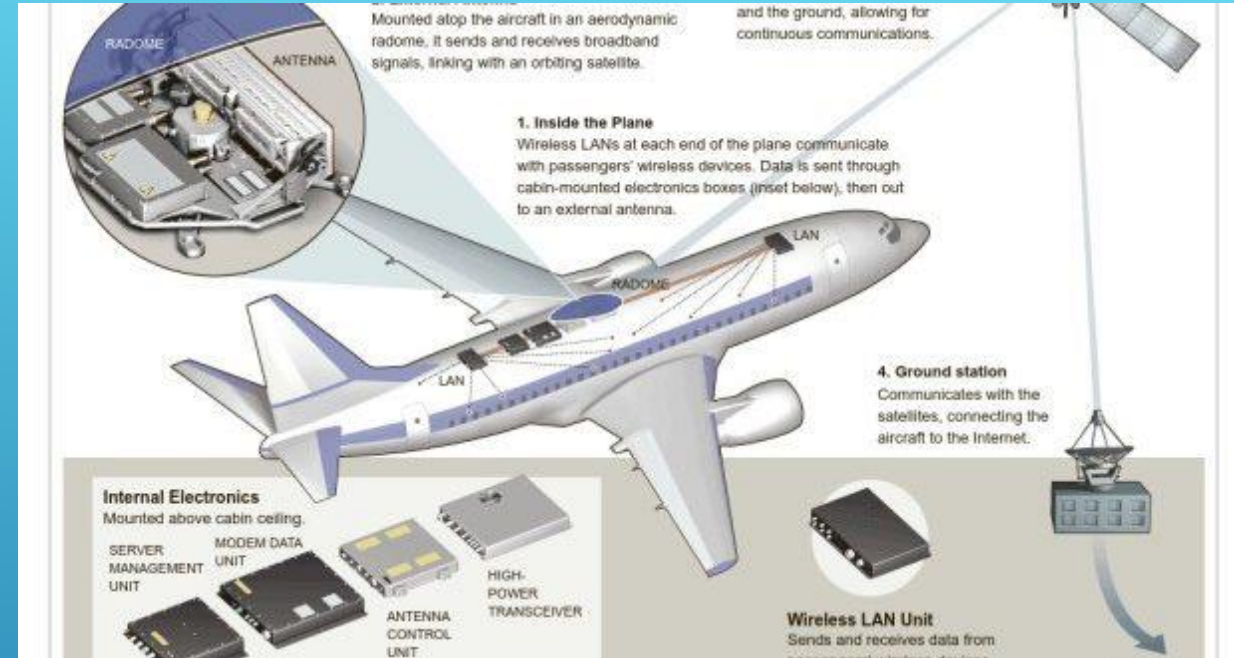
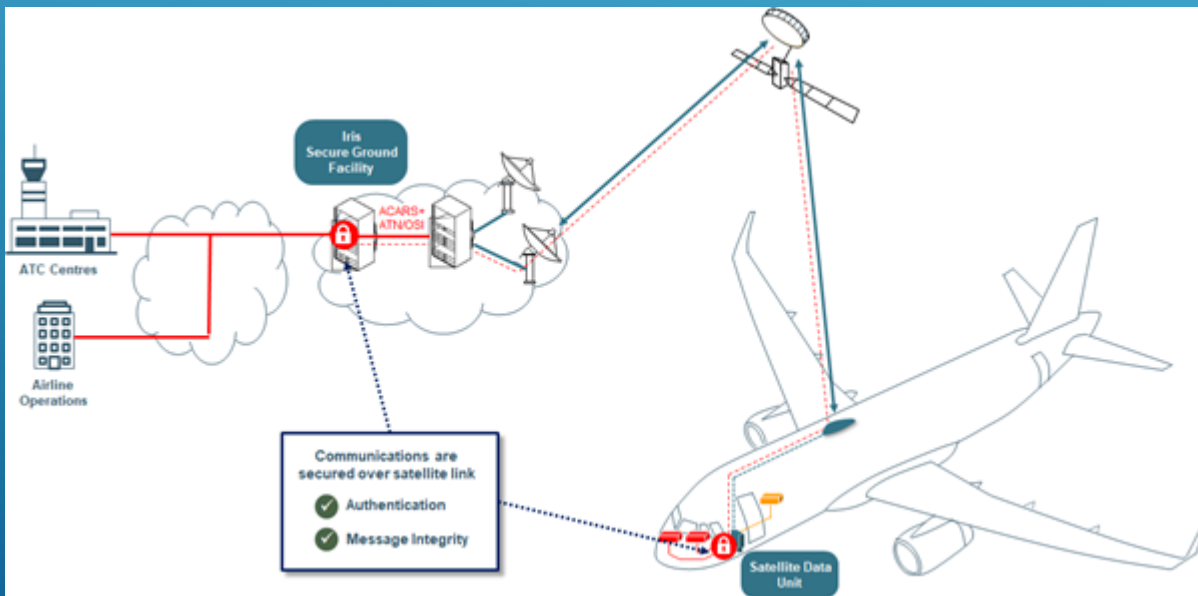
- Ylivoimaisti yleisin kommunikointiväline ohjaajien ja muiden (Lennonjohto, yhtiön tukitoiminnot ja muiden koneiden välillä).
- Tyypillisesti 3 rinnakkaista järjestelmää
 - Tyypillisesti yksi radio on viritetty hätätaajudelle (121.5MHz)
 - Kahdella muulla kommunikoidaan lennonjohdon/yhtiön tukitoimintojen kanssa
 - Nykyisin koneen automaatio ehdottaa/vaihtaa taajuuksia perustuen sijaintiin (Eli vastuullisen lennonjohdon taajuus)
- Nykyisin kanavajako on "jouduttu" pienentämään 8,33 kHz jaolle entisen 25 kHz sijaan, koska liikenteen kasvun johdosta kanavat loppuivat yksinkertaisesti kesken.



1. KOMMUNIKOINTI

1. Satelliitti

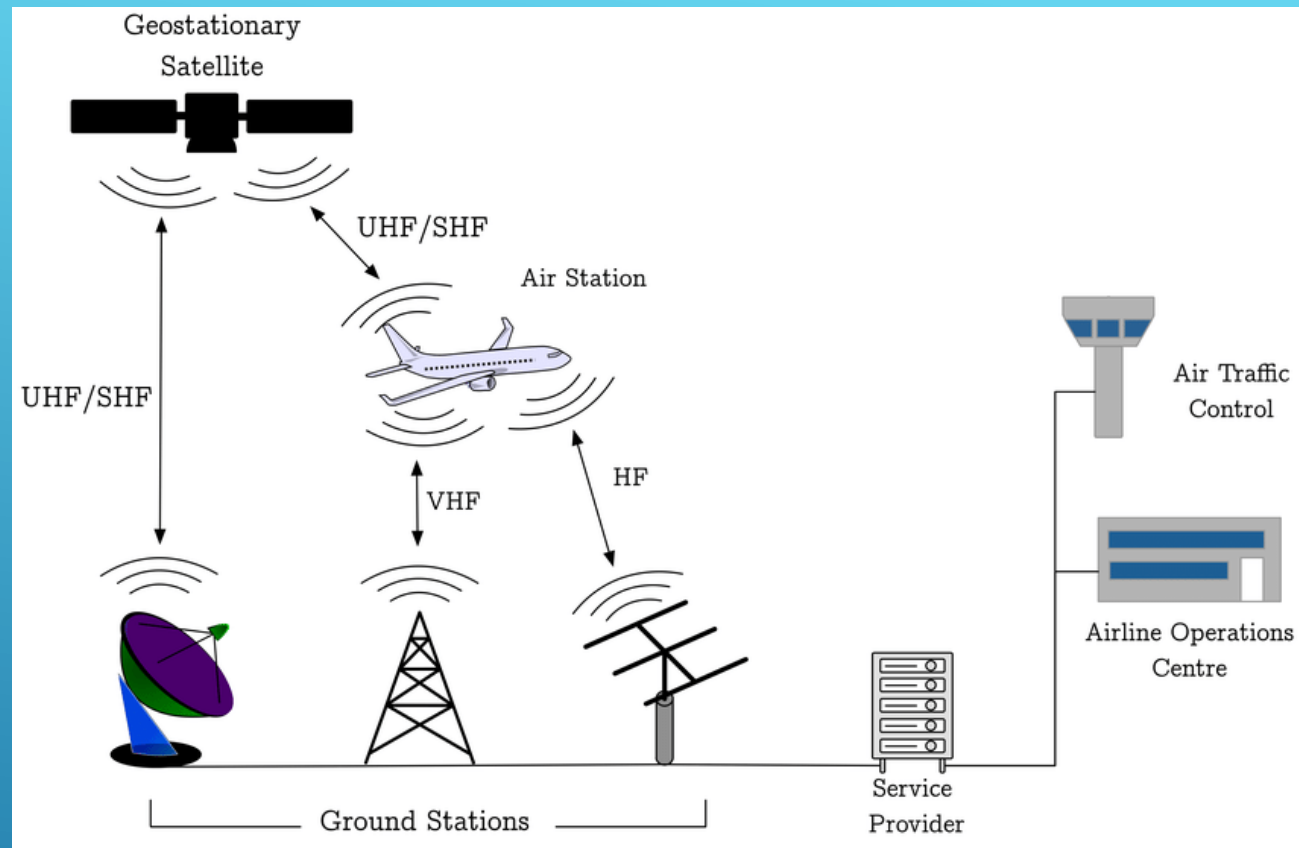
- Painotukset vahvasti lisääntyvät tähän suuntaan, varsinkin "matkalentovaiheessa"
- Toisaalta lentokoneiden järjestelmät käyttävät "hetkeen" parhaiten soveltuvaa järjestelmää



1. KOMMUNIKOINTI

1. ACARS

- Aircraft Communications, Addressing and Reporting System.
- Korvaa paljolti puheella tehtyä kommunikointia
 - Virheiden mahdollisuutta pyritään minimoimaan
 - Tiedonvaihdossa ei tarvitse olla samanhetkistä "Two Way kommunikointia"
- Data-kommunikointi
 - Kone lähettää omasta tilastaan säännöllisesti raportteja maahan
 - Maa-asetat (esim. lentoyhtiö ja lennonjohto) lähettää ajantasaisia & muuttuneita tietoja ohjaajille/koneen automaatiolle (Säätietoja, lentoreittiin liittyviä, yms. tilannetietoisuuteen liittyviä tietoja)



2. NAVIGOINTI

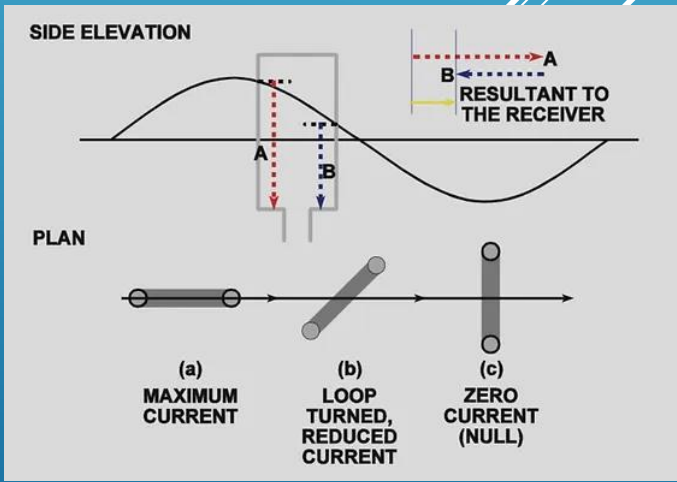
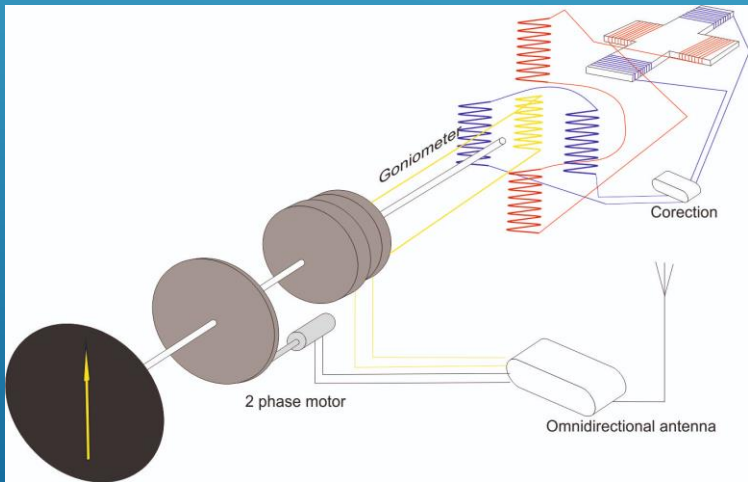
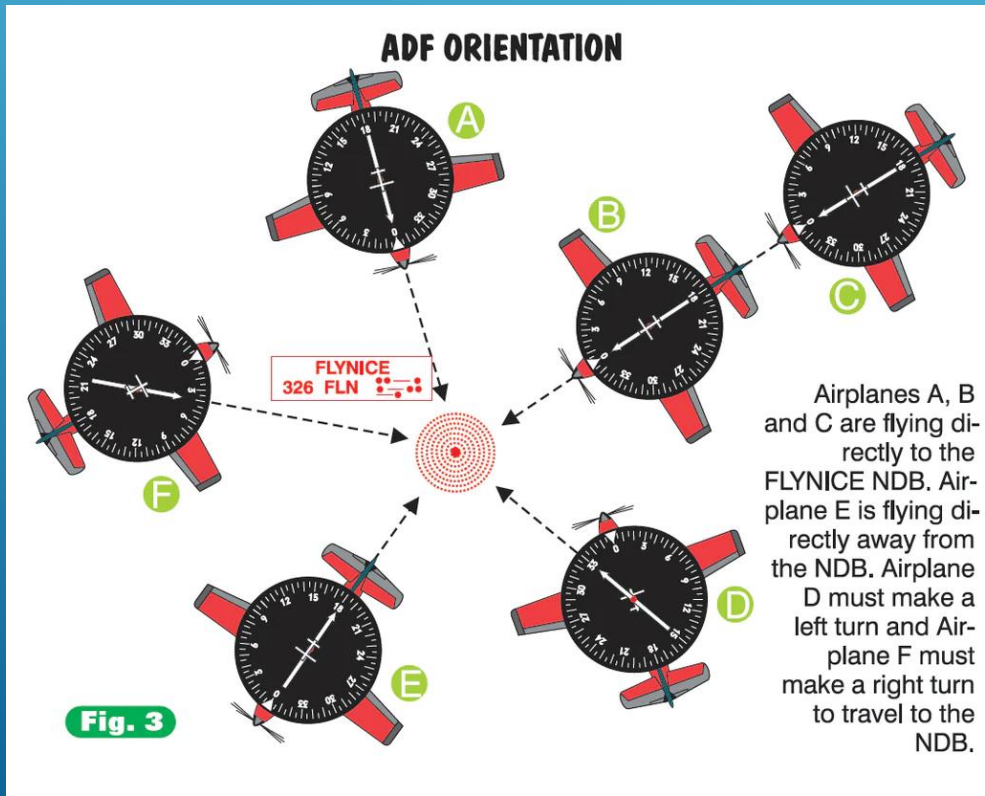
1. NDB (190-535 kHz)
 2. ADF (200-1600 kHz)
 3. VHF NAV (VOR) (108-118 MHz)
 4. DME (960-1215 MHz)
 5. GPS (1,6 GHz)
 6. Marker Beacon (75 MHz)
 7. Glideslope (G/S) (328-336 MHz)
 8. Localizer (L/S) (109.10 – 111.95 MHz)
 9. Doppler NAV (MLS) (8,8 GHz)
- ▶ Lateraali-navigoinnin järjestelmät
- ▶ Laskeutumisen & Lateraali-navigoinnin järjestelmät
- ▶ Laskeutumisen järjestelmät
-

Perus "ideologiana" on, että maallaitteisiin perustuvat navigointijärjestelmät ovat Magneetiseen pohjoiseen orientuneita ja "itsenäiset" (GPS & INS) ovat tosi-pohjoiseen.

2. NAVIGOINTI

1. NDB (190-535 kHz) & ADF (200-1600 kHz)

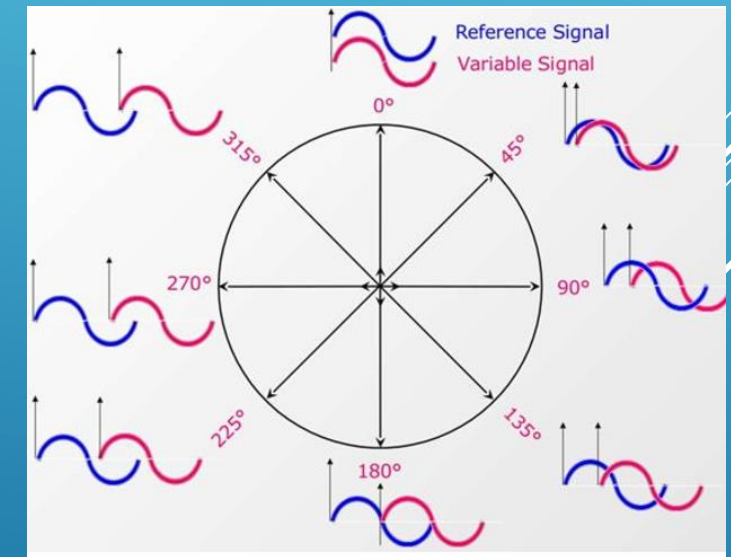
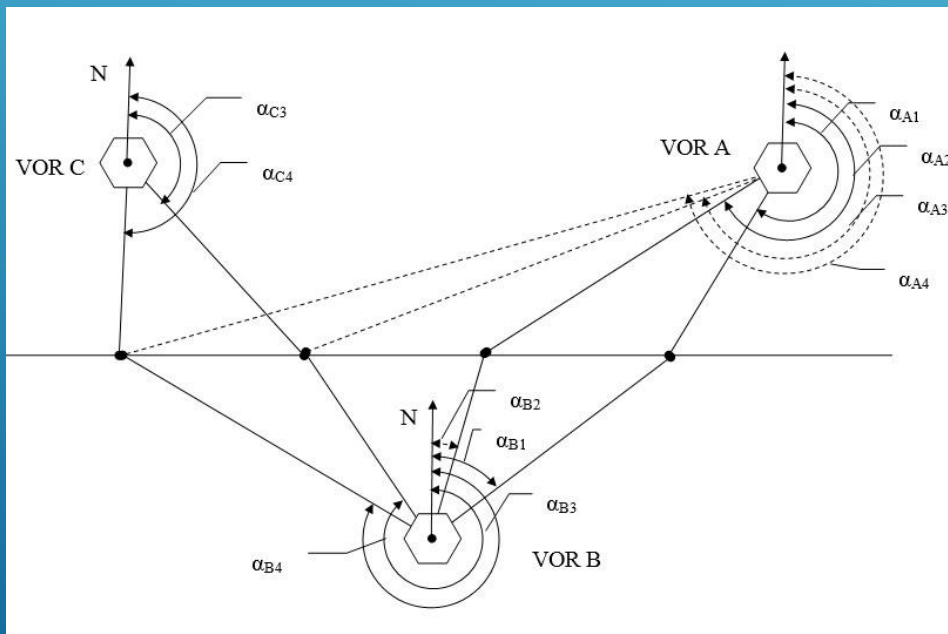
- Poistuva järjestelmä
- Antaa suuntiman valitulle "majakalle"



2. NAVIGOINTI

1. VHF NAV (VOR) (108-118 MHz)

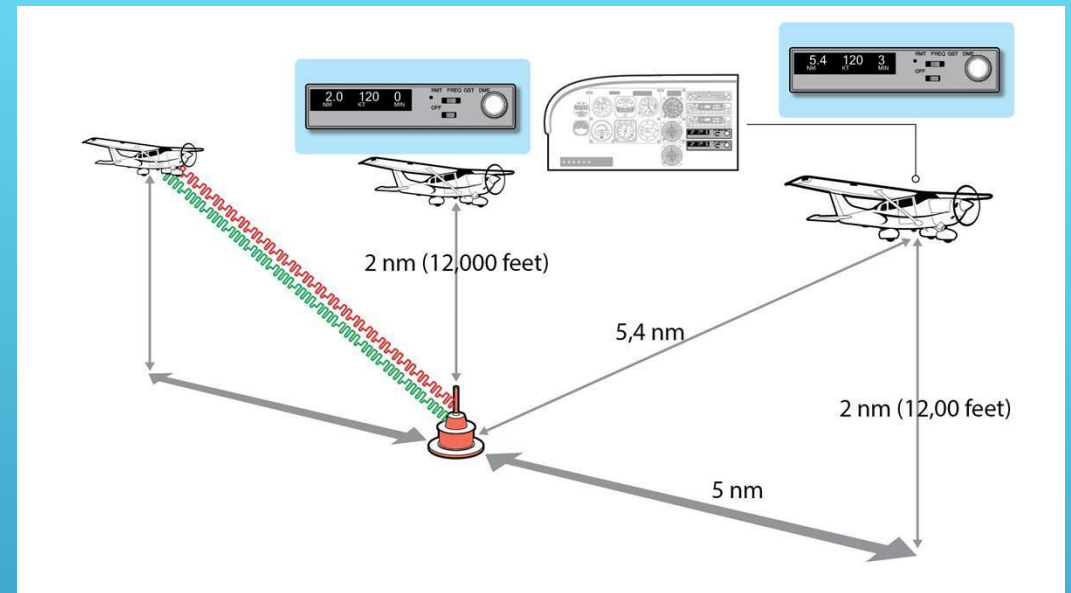
- Very High Frequency Omni-Directional Range (VOR)
- Tyypillisesti kaksi rinnakkaista järjestelmää, jolloin ei tarvitse navigoida “majakalta – majakalle”



2. NAVIGOINTI

4. DME (960-1215 MHz)

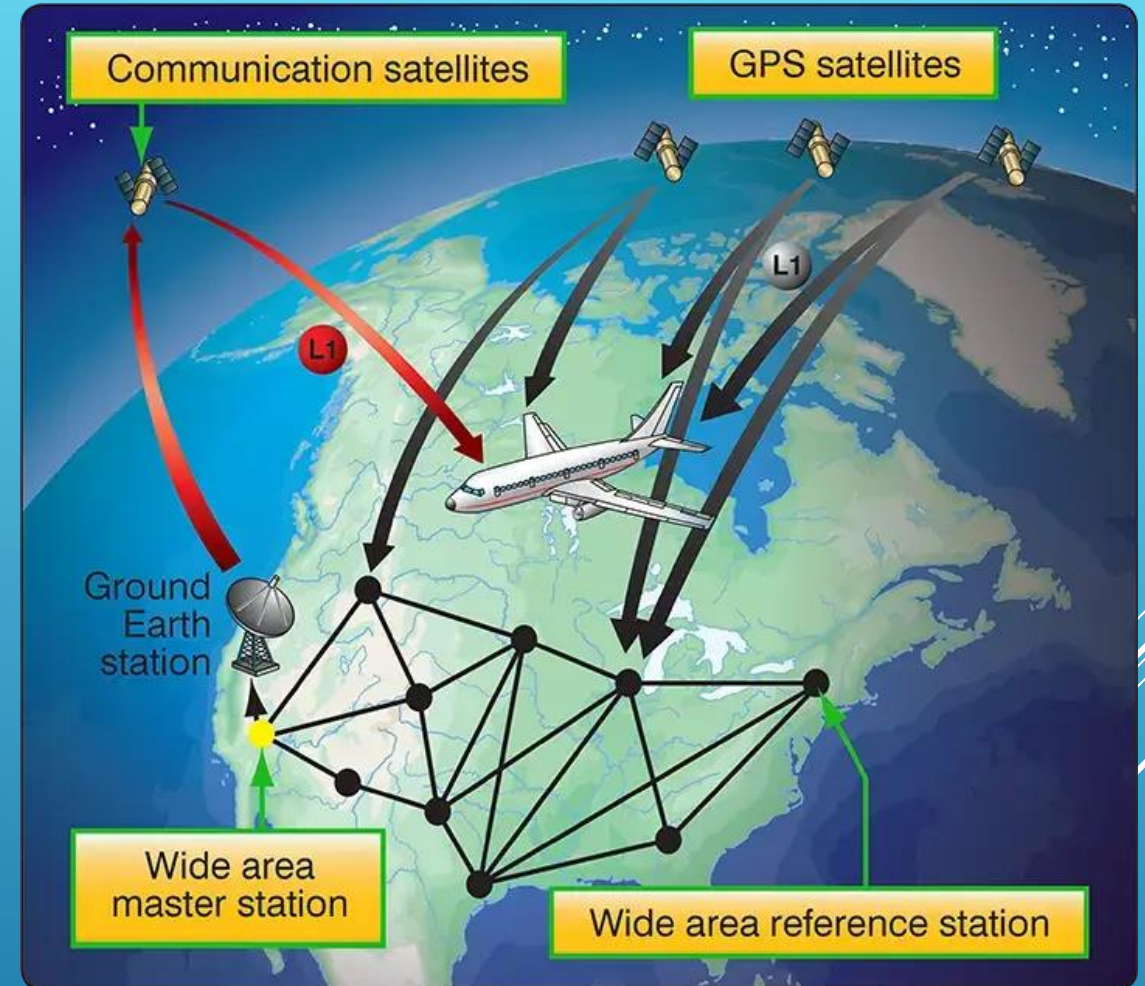
- Etäisyysmittari (Mittaa "Slant Distance", eli ei ota lentokorkeutta laskentaan....)
- Voi olla "itsenäinen", mutta usein sijoitettu VOR-lähettimen yhteyteen
- Koneen järjestelmät käyttävät myös "kolmiomittauksen" periaatteita muiden, koordinaatteihin sidottujen järjestelmien tarkkuuden maksimointiin



2. NAVIGOINTI

4. GPS (1,6 GHz)

- Ei ilmailu-spesifinen järjestelmä, joten ei tarvinne lisää informaatiota
- Nykykoneet muodostavat 3D-sijaintitietonsa (WGS-84) useamman eri signaalilähteen kokonaiskuvan perusteella
- Tukeutuu myös vahvasti maa-asemiin



ILS – Instrument Landing System

6. Glideslope (G/S) (328-336 MHz)

- "Liukupolku", jolla kone lähestyy kiitotietä laskussa (tyypillisesti 3 astetta)
- Kertoo siis ohjaajille/koneen automaatiolle sijainnin korkeussuunnassa
- Lentoaseman lähettävä antenni sijaitsee tavoitellulla kosketuskohdalla

7. Localizer (Loc) (108.10 - 111.95 MHz)

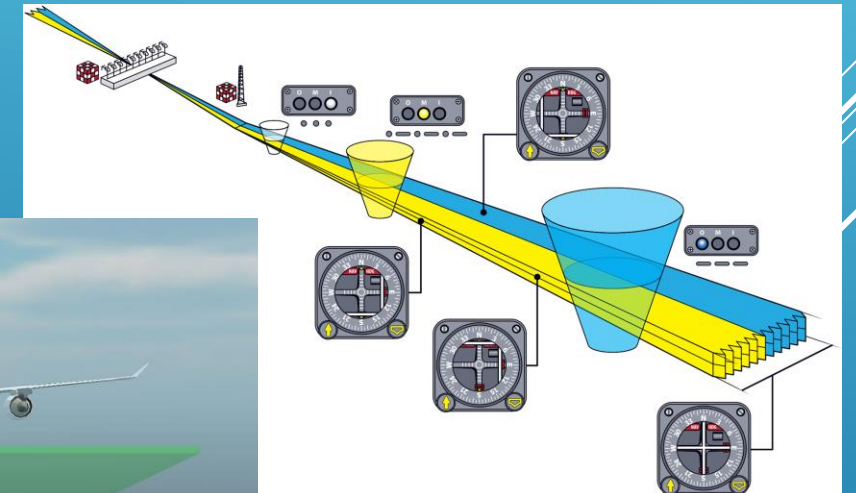
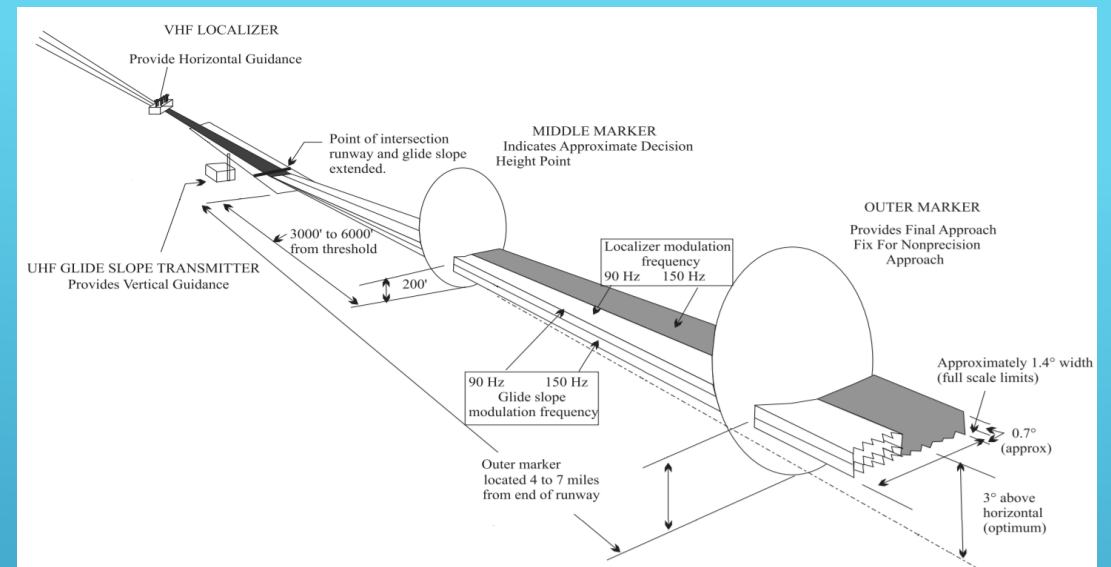
- "Suuntasäde", jolla kone lähestyy kiitotietä laskussa ja laskukiidon aikana
- Lentoaseman lähettävä antenni sijaitsee kiitotien lopussa, keskilinjan jatkeella

8. Marker Beacon (75 MHz)

- ddd

9. Doppler NAV (MLS) (8,8 GHz)

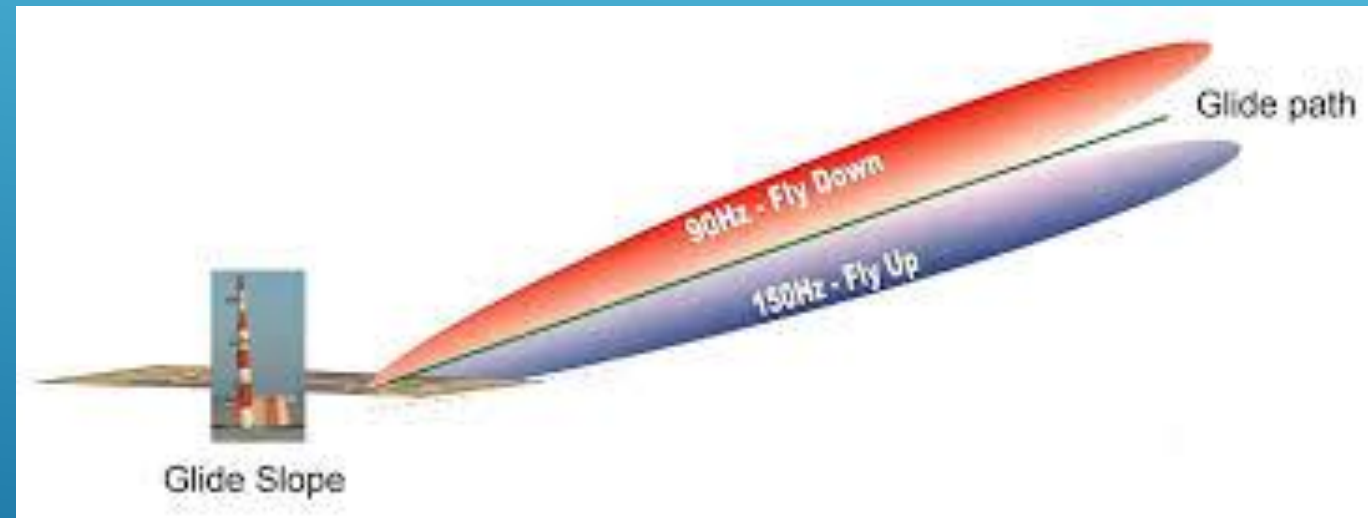
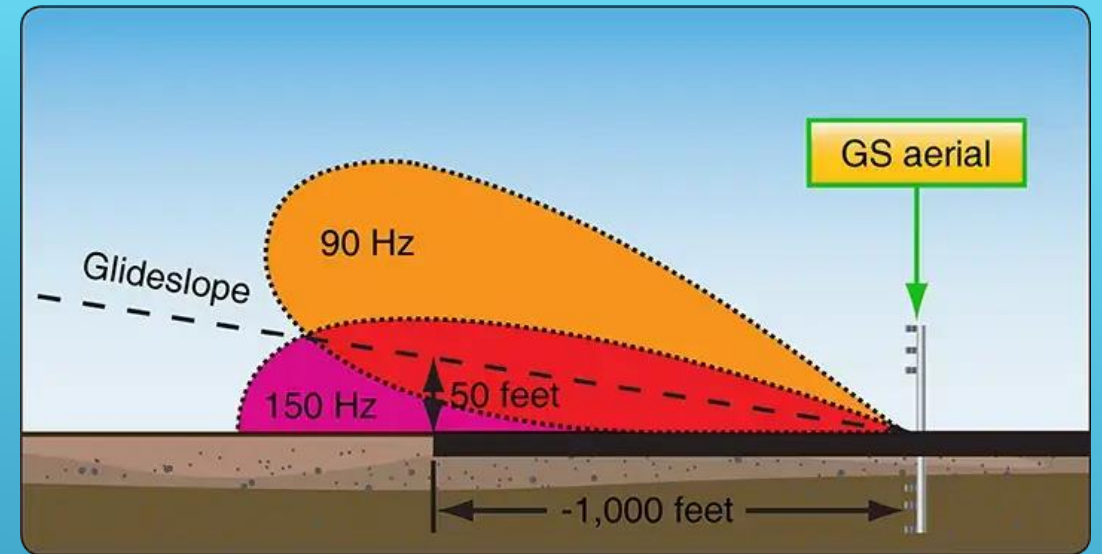
- iii



ILS – Instrument Landing System

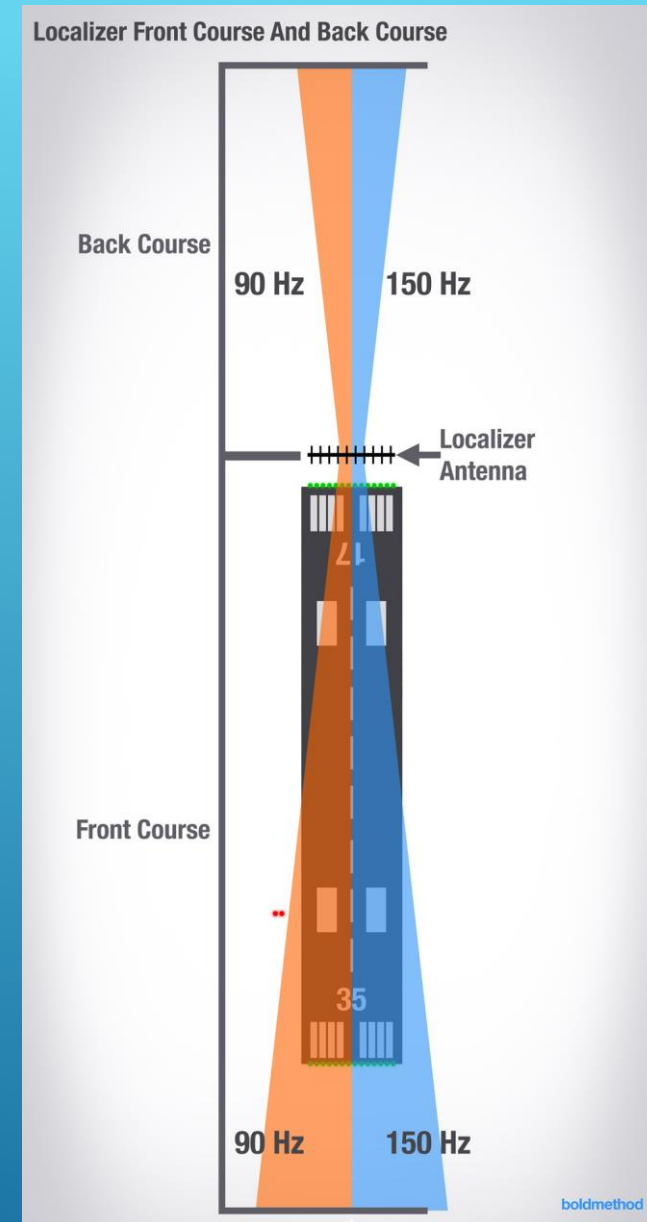
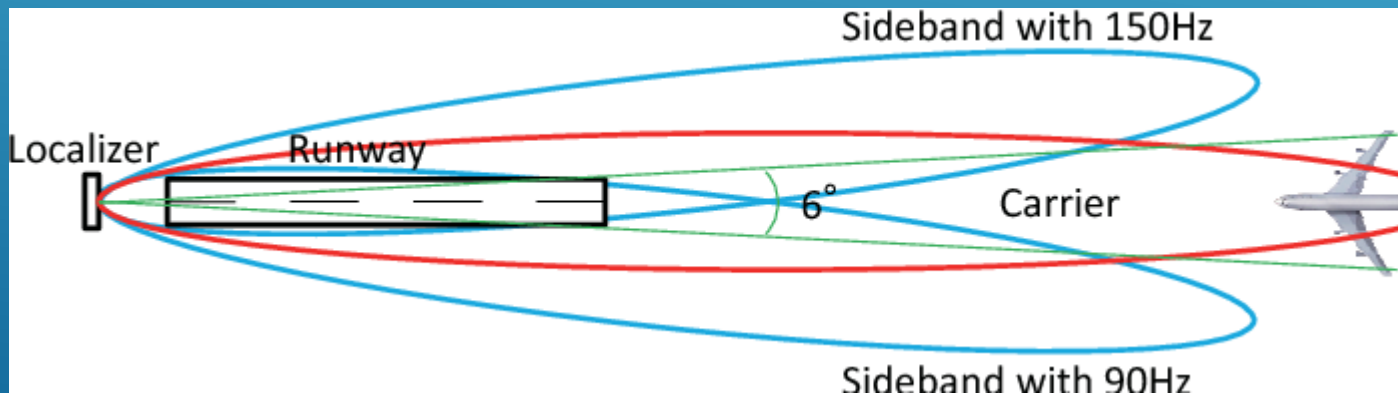
6. Glideslope (G/S) (328-336 MHz)

- "Liukupolku", jolla kone lähestyy kiitotietä laskussa (tyypillisesti 3 astetta)
- Kertoo siis ohjaajille/koneen automaatiolle sijainnin korkeussuunnassa
- Lentoaseman lähettävä antenni sijaitsee tavoitellulla kosketuskohdalla



ILS – Instrument Landing System

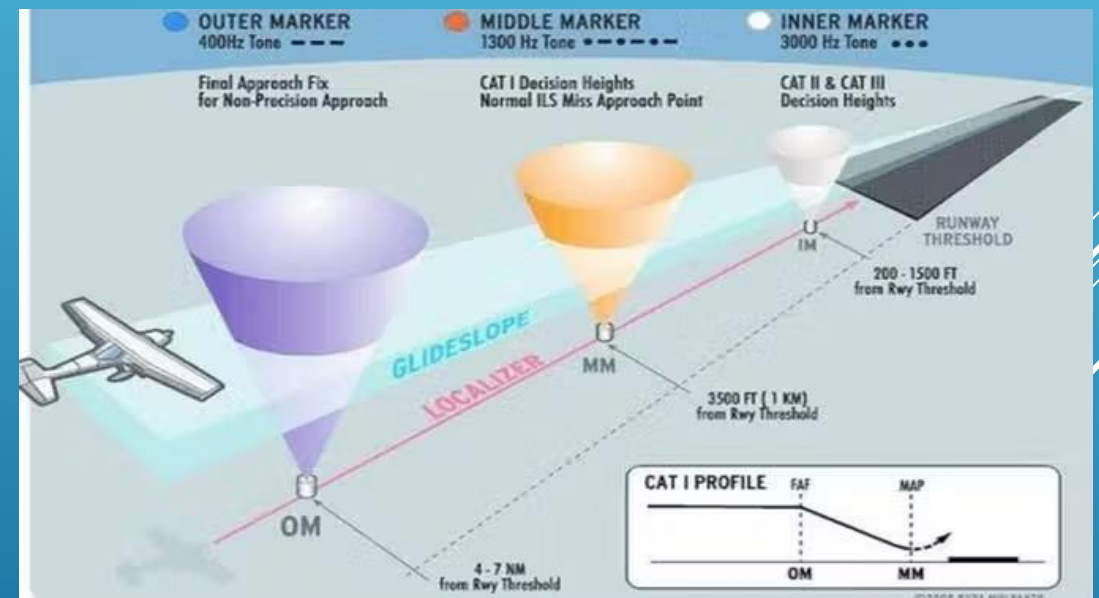
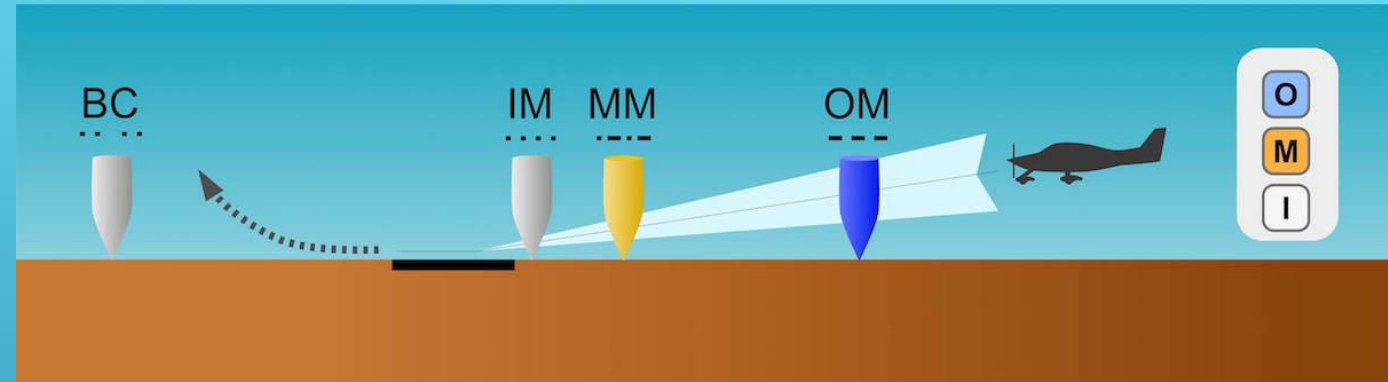
- 6. Localizer (Loc) (108.10 - 111.95 MHz)
 - "Suuntasäde", jolla kone lähestyy kiitotietä laskussa ja laskukiidon aikana
 - Lentoaseman lähettävä antenni sijaitsee kiitotien lopussa, keskilinjan jatkeella




ILS – Instrument Landin System

8. Marker Beacon (75 MHz)

- Antaa valo- indikaation ohjaajille
- Antaa viestin myös autopilotille (Kun kyseessä on automaation tekemä lähestyminen/laskeutuminen)
- On siis "etäisyys-mittari" (koska lehttimien etäisyys kiitotiestä on määritelty)



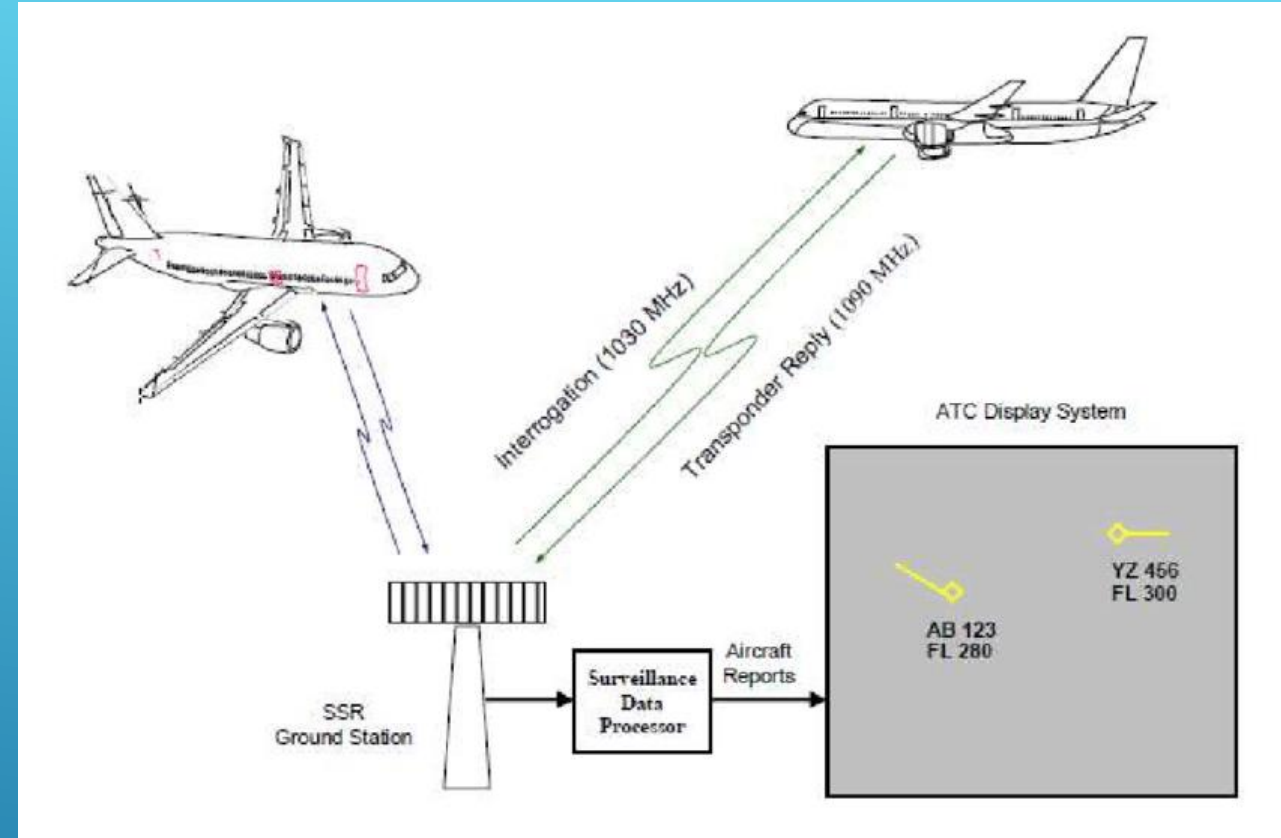
3. VALVONTA & VAROITUS

1. Transponder (1030-1090 MHz)
 2. Radar altimeter (4,3 GHz)
 3. Weather Radar (9,357 GHz)
 4. ELT (121.5 & 243.0 MHz)
 5. ULB (37.5 kHz)
 6. TCAS/ACAS
 7. EGPWS/TAWS
 8. SELCAL
- 

3. VALVONTA & VAROITUS

1. Transponder


- Järjestelmä, joka toimii "datantoimittajana" lentokoneen ja lennonjohdon välillä
- Välittää tietoa lennonjohtoon toisiotutkan välityksellä, jolloin lennonjohto näkee näytöillään "maalin" lisäksi koneen kriittisiä parametrejä
- Nykyisin käytössä ns. "ADS-B" formaatti datan siirtoon & sisältöön
 - Sisältää valtavan määrän välitettäviä parametrejä
[Linkki ADS-B konseptiin](#)
 - On luonteeltaan "Semi-Julkista" dataa, eli melkoisen vapaasti käytettävissä (Esim. suosittu internet palvelu "FlightRadar24" käyttää tätä dataa)
[Linkki FlightRadar24](#)



3. VALVONTA & VAROITUS

1. Radar altimeter

- Radiokorkeusmittari, joka on erittäin tärkeässä roolissa koneen autopilotin, varoitusjärjestelmien ja ohjaajien tilannetietoisuuden kannalta
- Mittaa siis lentokoneen korkeutta maastoon nähden (suhteellisen alhaisilla korkeuksilla = lennon kriittisimmissä vaiheissa)



Because time has passed, the radar altimeter is now transmitting on a higher frequency (B).

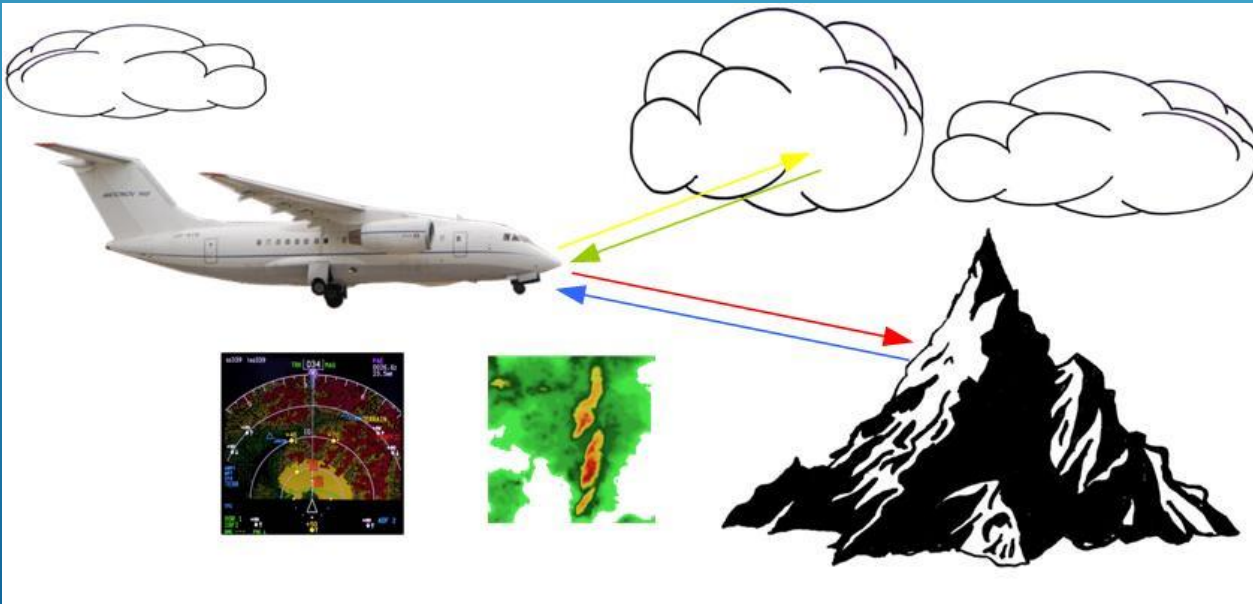
The system has 2 frequencies to process: A, the reflection from the ground and B the higher frequency.

3 quantities are now known: the amount the carrier frequency is changing, elapsed time for the signal to make the round trip and the speed of the signal (which is the speed of light).

3. VALVONTA & VAROITUS

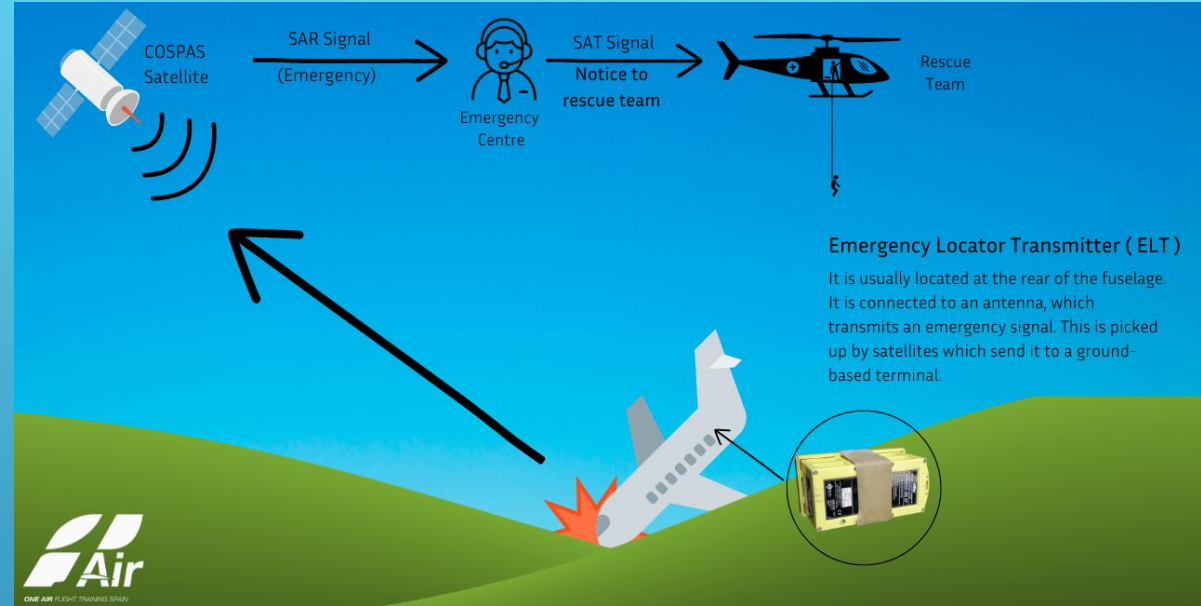
1. Weather Radar

- "Perinteinen" säätutka, jonka avulla ohjaajat voivat havainnoida edessä olevat haastavat sää-olosuhteet (tyypillisesti ukkosrintamat)
- On myös erittäin tärkeä signaalilähde lentotoiminnan kannalta vaarallisen sääilmion havainnoinnissa (Windshear)



3. VALVONTA & VAROITUS

1. ELT (Emergency Locator Transmitter)
 - Hätälähetin, jonka signaalia seurataan aktivoituessaan
 - Voidaan aktivoida manuaalisesti, mutta normaalisti aktivoituu G-rajan ylittyessä
 - 121.5 MHz taajuutta käytetään lähietäisyyden suuntimaan
 - 406 MHz taajuudella on koodattu koneen yksilöintitieto ja tätä taajuutta seuraa COSPAS- satelliittijärjestelmä.

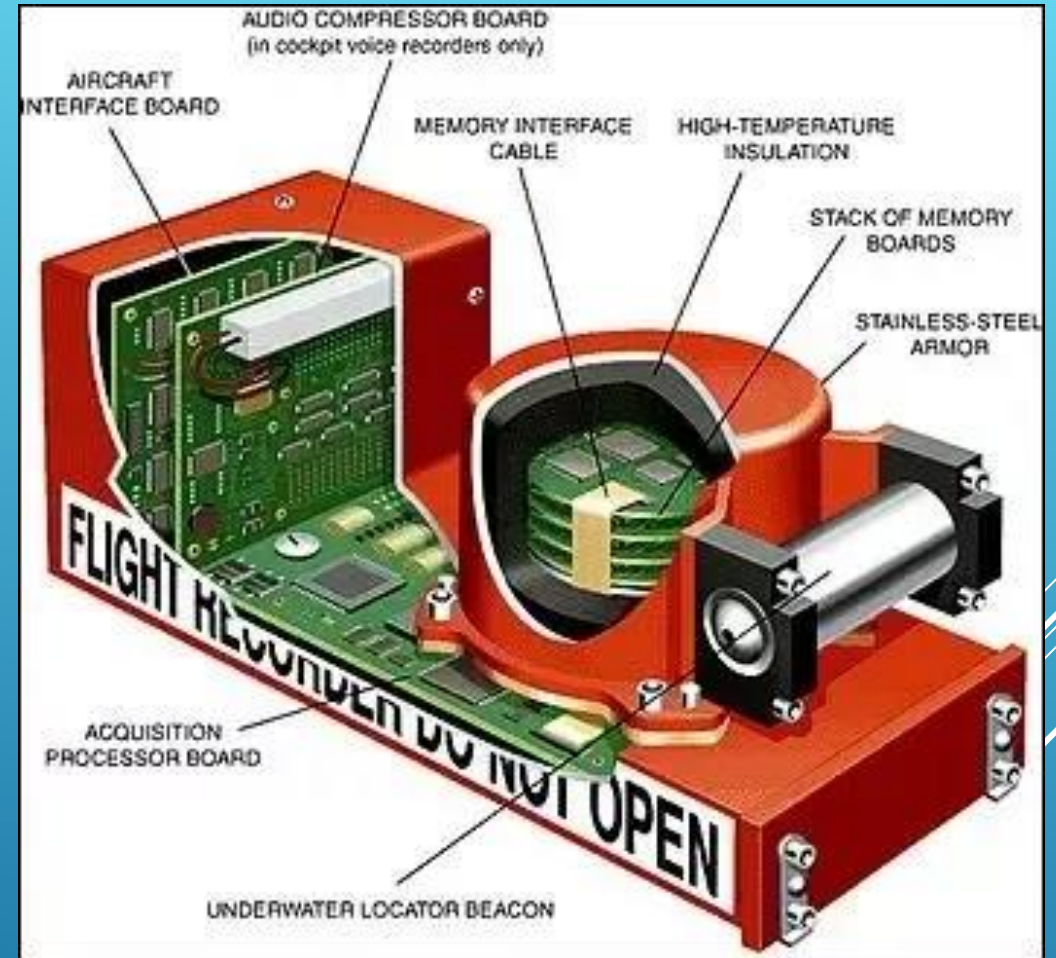


<https://skybrary.aero/articles/emergency-locator-transmitter-elt>

3. VALVONTA & VAROITUS

1. ULB (Underwater Locator Beacon)

- Lentokoneiden "Mustiin laatikkoihin" kytketty, hermeettisesti suljettu moduuli, joka aktivoituu vedessä
- Vähintään 30 vrk toiminta-aika, 37.5 kHz pulssi/sekunti
- Uudet vaatimukset koskien lentokoneen runkoon liitetty vastaava lähetin 90 vrk, 8.8 kHz

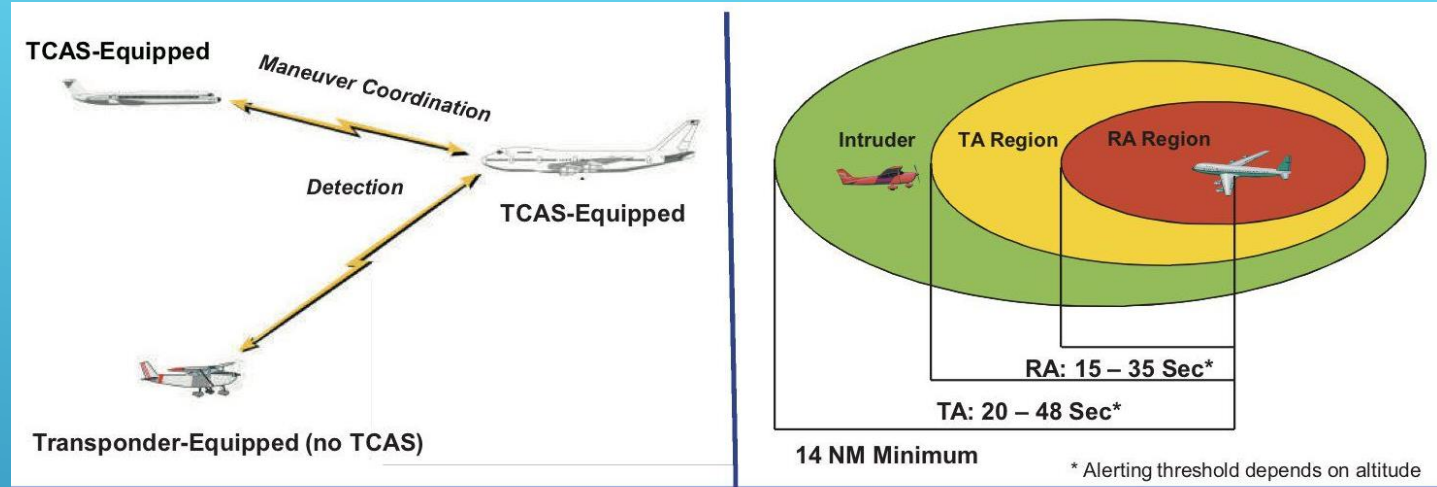


<https://skybrary.aero/articles/underwater-locator-beacon-ulb>

3. VALVONTA & VAROITUS

6. TCAS/ACAS

- Käyttää Transponder- signaalia "koneesta – koneeseen" tiedonvaihtoon.
- Järjestelmä antaa koordinoituja väistökäskyjä kahden tai useamman koneen järjestelmiin. (Vain Vertikaali- suunnassa)

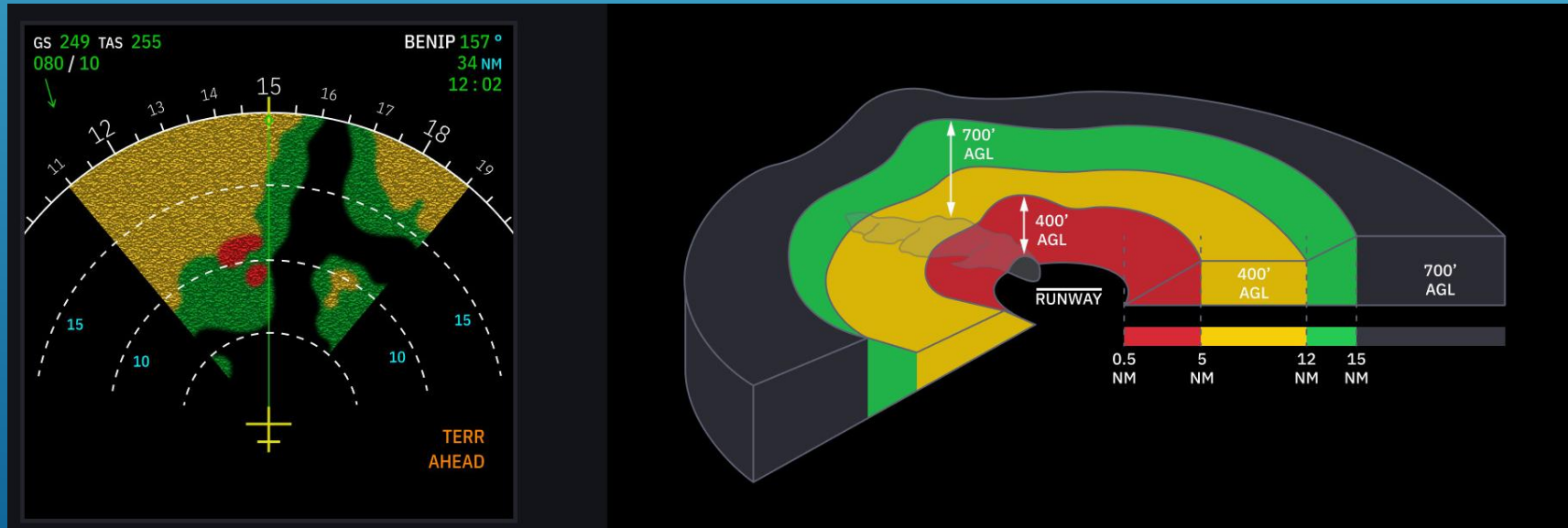


- **TCAS uses on-board surveillance to detect transponder-equipped traffic and provides:**
 - Traffic Display and Traffic Alerts (TA) for situational awareness of close aircraft
 - Resolution Advisories (RA) with vertical guidance
- **Alerts are based on both projected:**
 - Time to Closest Point of Approach (CPA) and
 - Miss distance less than:
 - 600 to 800' depending on altitude (vertical miss distance)
 - 0.2 to 1.1 NM depending on altitude (horizontal miss distance)
- **Resolution Advisories are selected to achieve or maintain adequate vertical distance (300 – 700') and minimize pilot response/vertical deviations**

3. VALVONTA & VAROITUS

7. EGPWS/TAWS

- Maan läheisyydestä varoittava järjestelmä
- Sisältää 3D mallinnuksen maastosta ja rakennettujen esteiden tiedot (lentokenttien lähistöllä)
- Hyödyntää useampaa sensoritietoa; koneen konfiguraatiosta, sijainnista, nopeudesta, korkeudesta yms.)



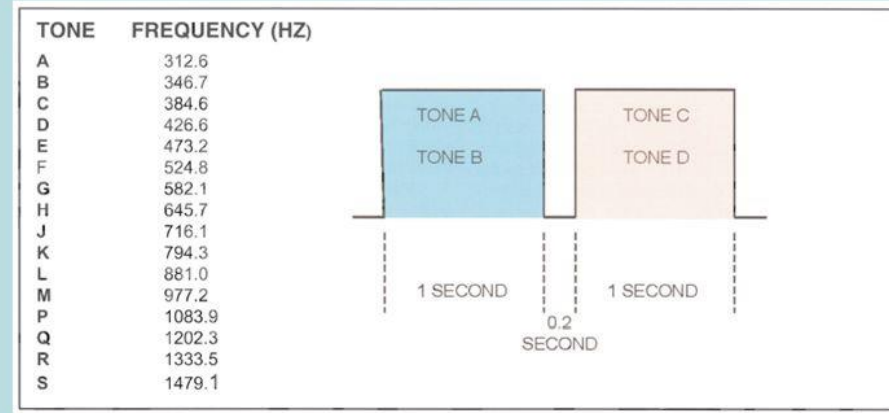
<https://skybrary.aero/articles/terrain-avoidance-and-warning-system-taws>

3. VALVONTA & VAROITUS

8. SELCAL

- Selektiivinen kutsujärjestelmä (Lennonjohdosta lentokoneeseen)
- Konekohtainen koodi
- Lähetete tulee VHF/HF radioiden kautta

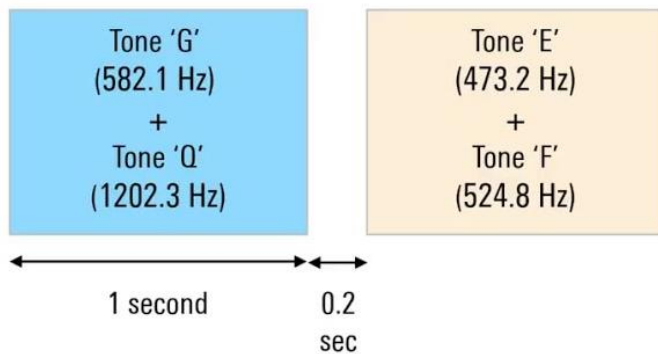
How a SELCAL Code is Generated



Code consists of 4 tones from the 16 audio frequencies shown on the left.

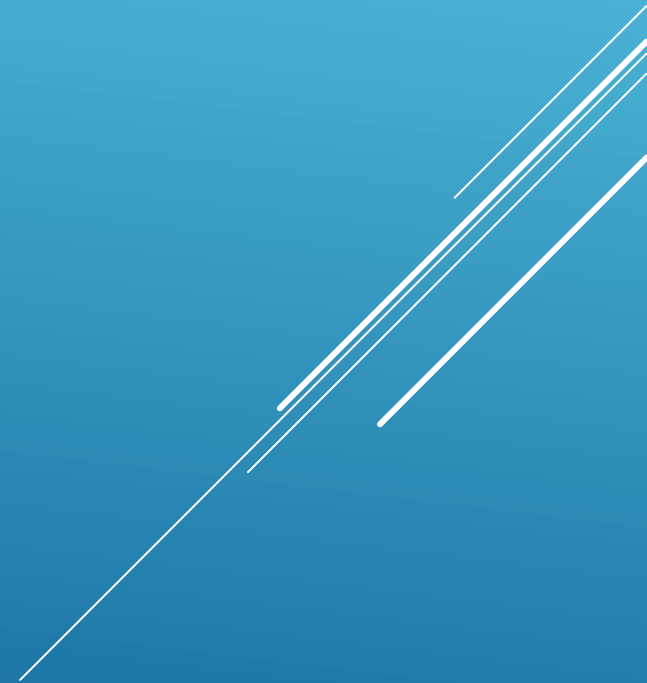
They are sent in 2 pairs: "A" & "B" are mixed together (312.6 & 346.7 HZ) and transmitted for 1 second.

Then, after a .2 second interval, "C" & "D" (384.6 & 426.6 HZ), is transmitted for 1 second.



KESKUSTELUA?

KYSYMYKSIÄ?



KIITOS!

- ▶ Luentosarjaa on hahmoteltu 3- osaiseksi; Jos kiinnostusta riittää, niin ilmaiskaa tahtotila Esa Häkkiselle
- ▶ Voitte olla vapaasti yhteydessä, jos on kysyttävää/kommentoitavaa tästä esitelmästä ja/tai tulevien kohtaamisten osalta
 - "siviili" S-Posti: juku.hovi@gmail.com
 - "virka" S-Posti: Jukka.hovi@Traficom.fi