



Radar in de Luchtvaart

DC1EHG / PA0EHG



Iets over PA0EHG

Eindhoven geboren en getogen, nu 69 jaar

Vanaf 10e jaar bezig met radio

Sinds 16-12-1974 (al ruim 50 jaar) gelicenceerd amateur

Begonnen zelfbouw op 2 mtr FM en al vrij snel SSB

Vrij snel interesse in hogere frequenties 24 GHz, 47 GHz en 76 GHz volledig zelf gebouwd

vanaf 2001 actief geworden met EME 10 en 24 GHz

In 2015 QTH naar DL

MBT Radar

Radar ervaring gewerkt bij HSA als systeem ontwerper, microgolfdelen passief en actief

Gewerkt bij LVB later LVNL, verantwoordelijk radarsystemen beheer en instandhouding tbv Schiphol

Doel van deze middag

Radar historisch

Primaire Radar,

Secundaire Radar

Gebruik radar systemen, met backup

Radar problemen

Moderne oplossing door netwerken

Verder systeem opzet, luchtverkeersleidingsysteem

Plaatje van radar op Schiphol

Vragen

Historie Radar

RAdio Detection And Ranging, het detecteren en bepalen locatie mbv radio signalen

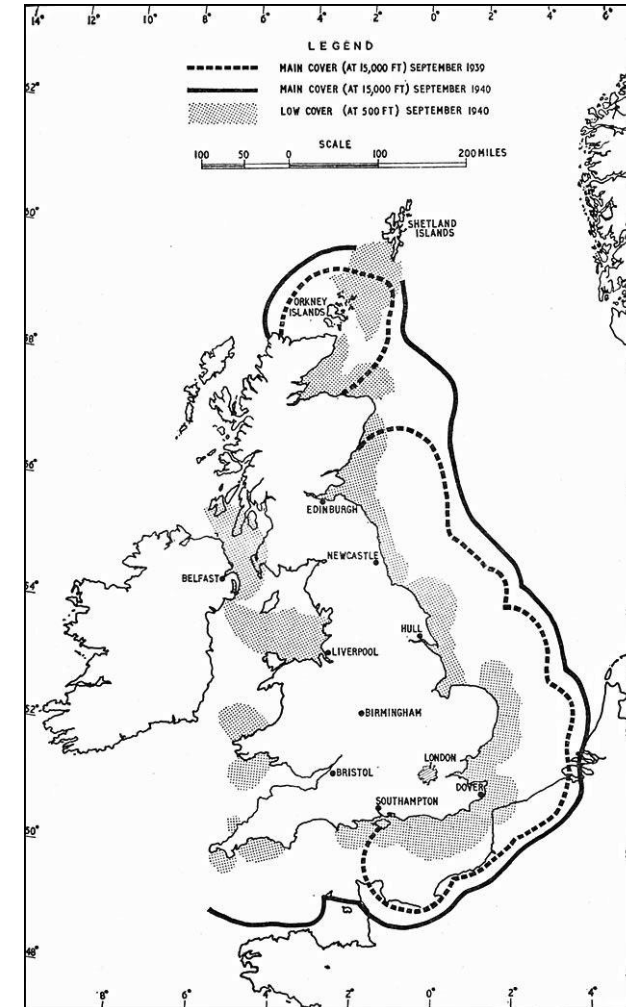
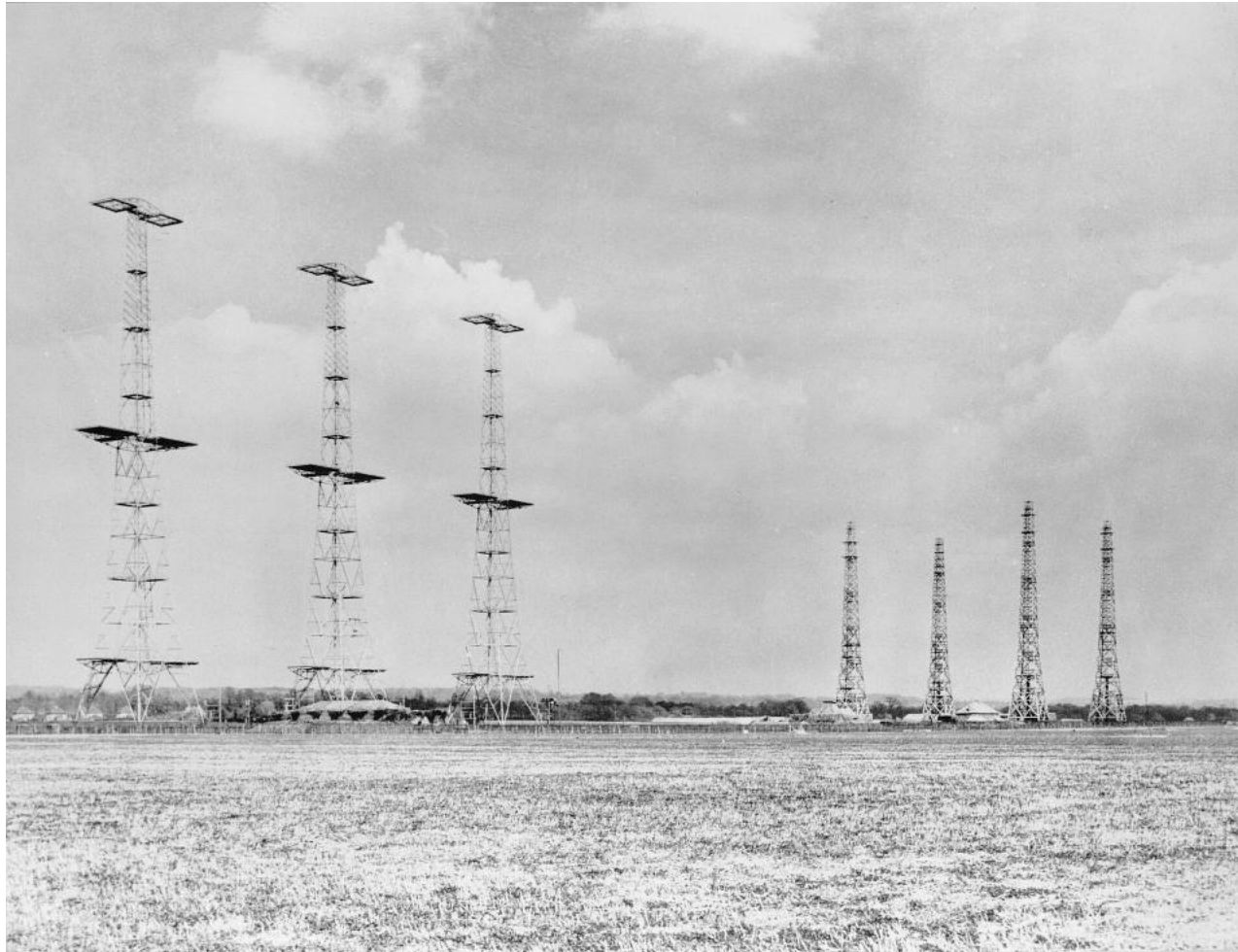
Aan het ontstaan hebben vele wetenschappers bijgedragen

Maxwell, Hertz, Marconi, Tesla

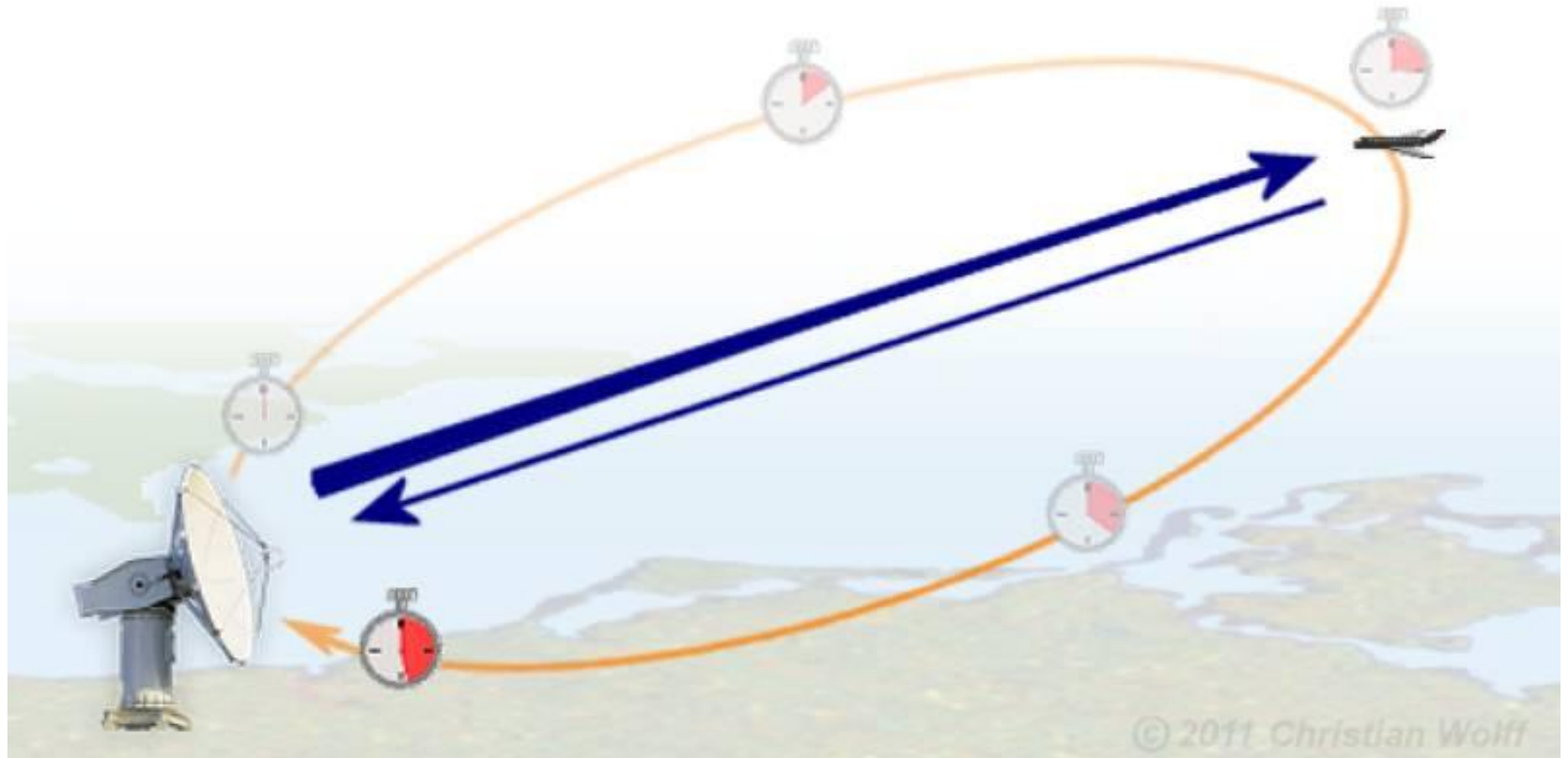
in 1930 voor het eerst een vliegtuig gelokaliseerd

tweede wereld oorlog een sterke ontwikkeling

Plaatjes uit WW-twee



Primaire Radar



Primaire Radar, burger luchtvaart

Kan detecteren en bepalen afstand en Azimuth waar iets vliegt

Kan niet de hoogte bepalen

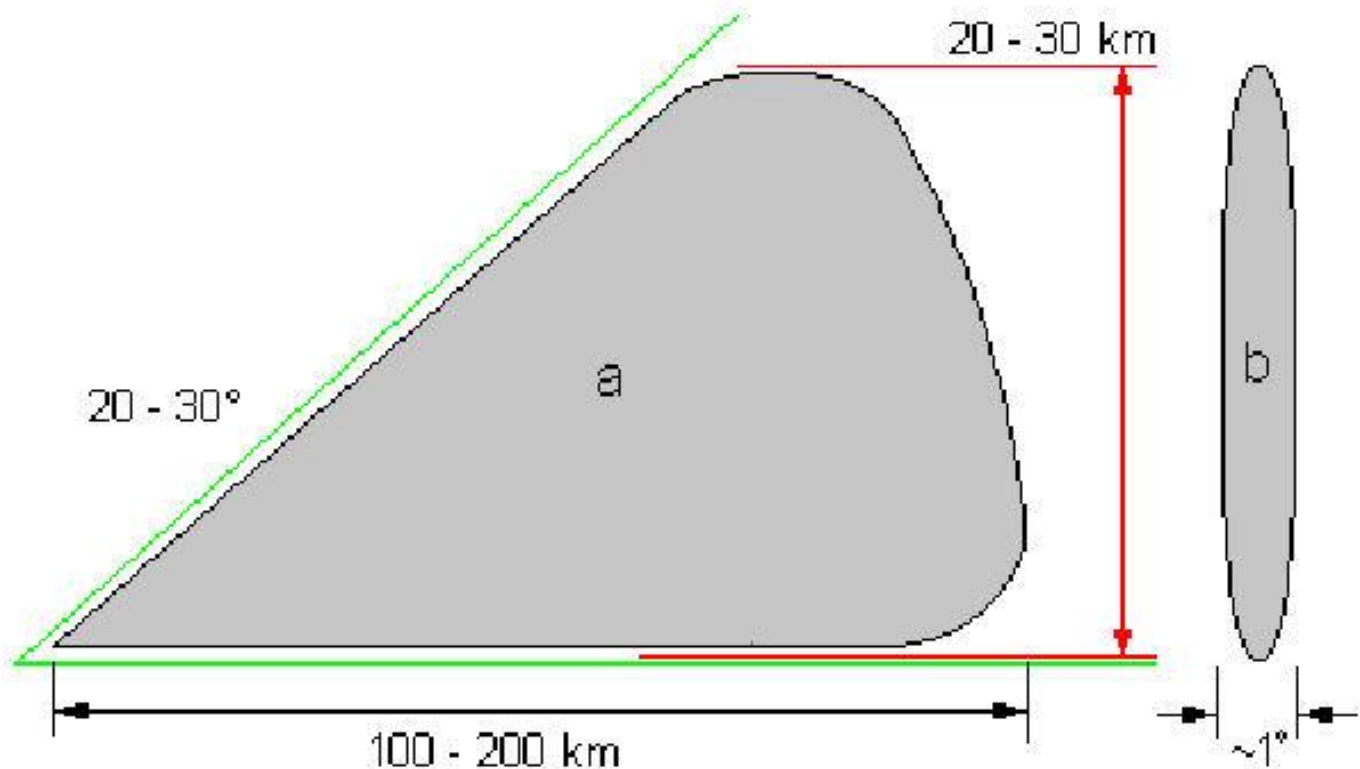
Afhankelijk toepassing, lange afstandsradar, of approach radar, of grondradar.

Weerradar is feitelijk ook een primaire radar

Ontvangen echo is een analoog video signaal wat in het verleden gebruikt werd

Video digitaliseren om met computer te kunnen labelen en tracken, sliding window extractor.

Antenne bundel



Ca 1 graad openingshoek in azimuth

Antenne draait 1 keer per 10 seconden rond

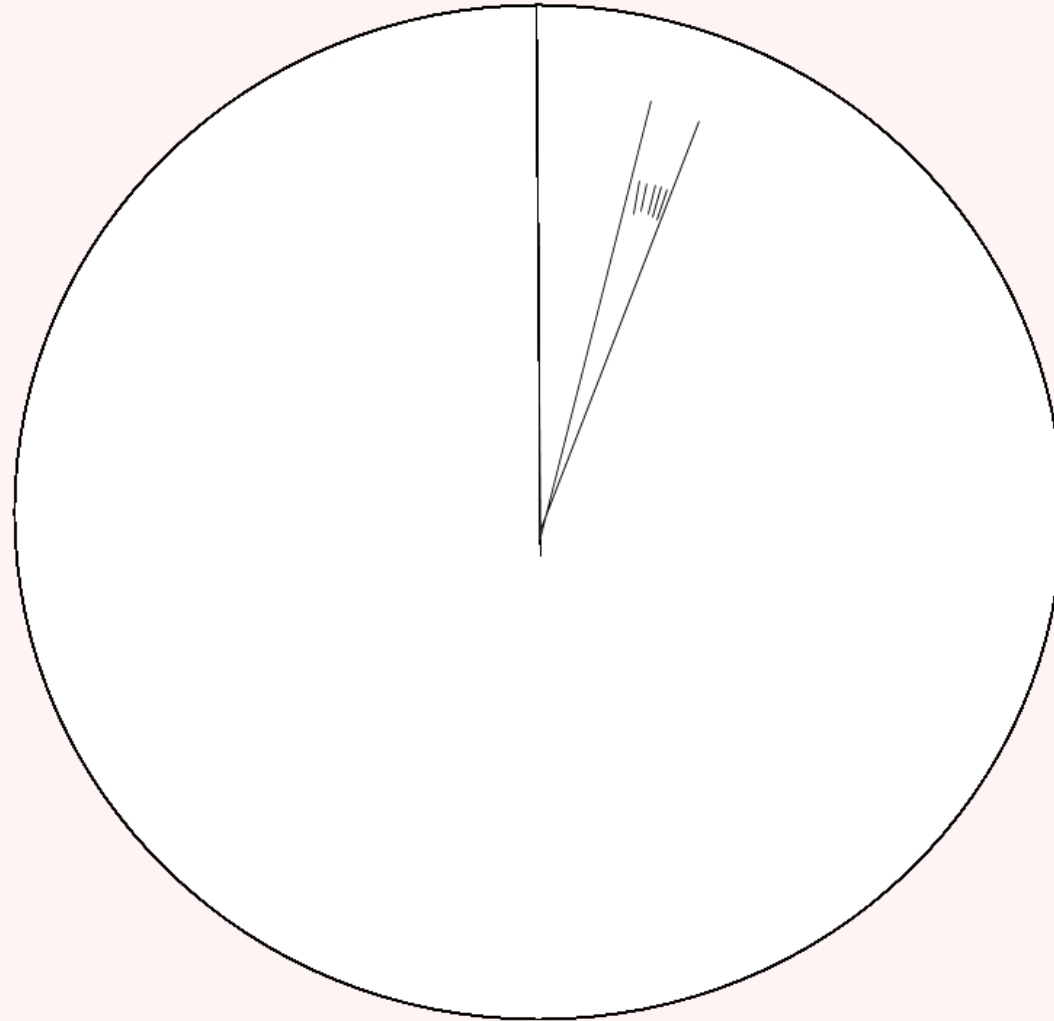
PRF 325 Hz

$325 \times 10 = 3250$ pulsen per 360 graden

$3250 / 60 = 54$

Vliegtuig wordt 54 keer aangestraald door de radar voordat de bundel voorbij is

Radar video



Hoogfrequent techniek

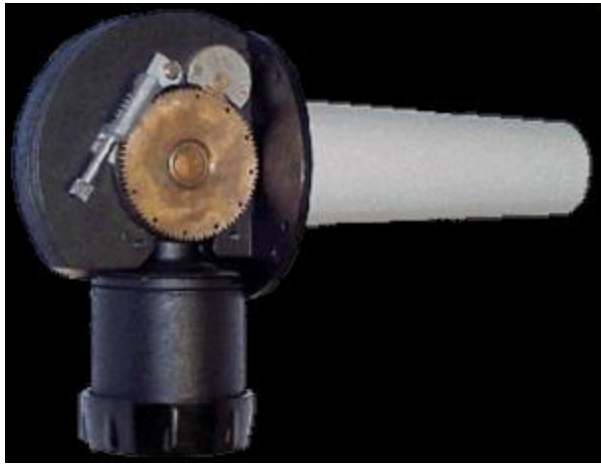
Vanwege hoog zendvermogen vaak golfpijpen naar antenna

Golfpijp drogers nodig om te zorgen dat er geen water in komt

Bij zeer grote vermogens vaak ook overdruk op de golfpijp

Doorslag van de lucht door de hoge spanning in de golfpijp komt zeker voor maar binnen de civiele radarsystemen is power meestal wel wat minder

Antenne groot met een scherpe bundel in azimutaal vlak en een vrij ruime bundel in elevatie vlak, bijna altijd reflector antenne's



Hoogfrequent

Magnetron kan zeer hoog vermogens zendpulsen opwekken

Simpel kwa techniek, hoogspanning pulsvormend netwerk nodig, magneetveld vermogen tot 500kW

tegenwoordig steeds meer solid state als mogelijk, minder kans op totaal uitval



Ontvanger

Signalen zijn over het algemeen best wel sterk

Belangrijk eerst is bescherming tegen de eigen radar zendpuls

ingang TR-cel en in pre amplifier nog limiter

Na downconverter meestal snel een detector die radar video levert, dat ging vroeger naar verkeersleider

Modernere systemen gebruiken ook SDR

Extractie van video om targets te bepalen



Groot nadeel van primaire radar

Geen hoogte informatie

Geen identificatie

Snel last van ongewenste detecties of te weinig detectie

Kan wel een identificatie koppelen aan een echo maar als die tijdelijk niet gedetecteerd wordt is identificatie weer verloren

Voor burgerluchtvaart is primaire radar ondersteunend maar eigenlijk onvoldoende betrouwbaar om afstanden onderling klein te maken

Door gebruik te maken van een transponder aan boord van vliegtuig kan identificatie en hoogte gekoppeld worden aan een radar echo

Secundaire Radar; SSR

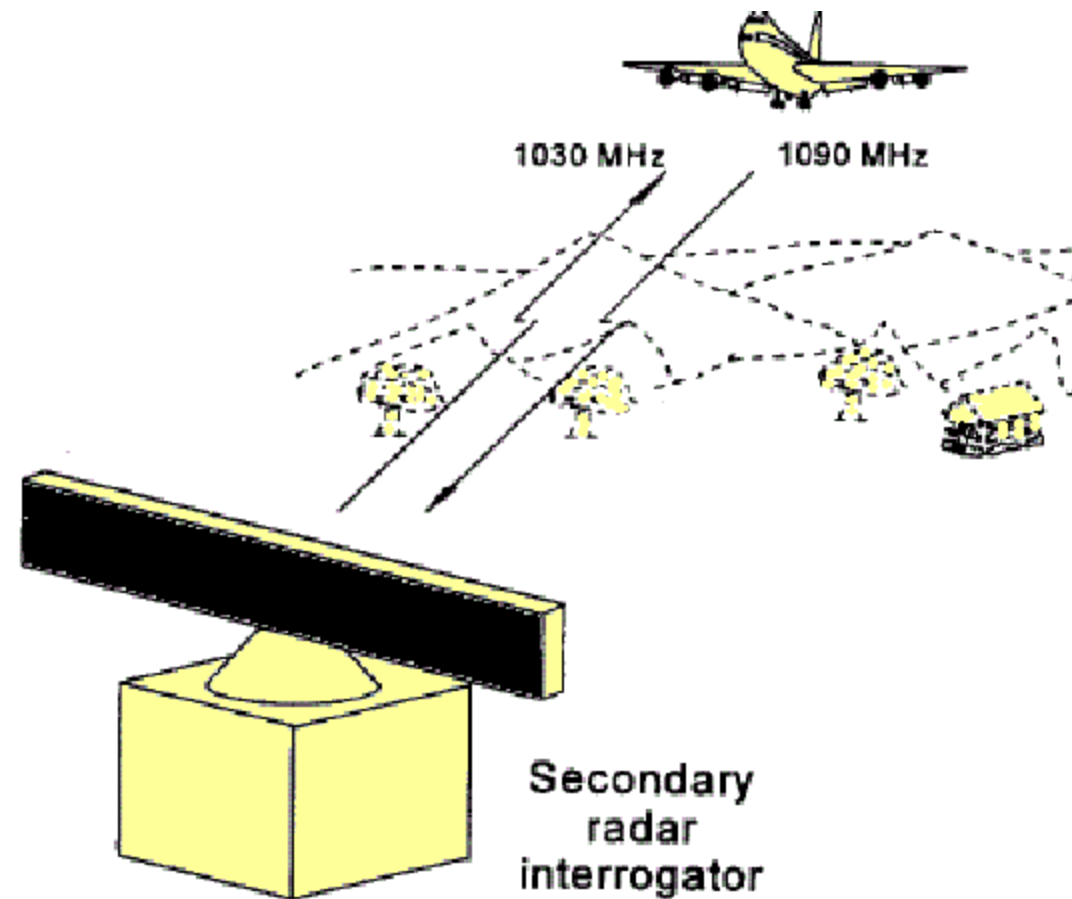
Aan boord vliegtuig bevindt zich een transponder, ontvanger die luistert en reageert op ondervraging door Radar

Geeft antwoord met SSR code bij mode A ondervraging en de hoogte bij mode C ondervraging

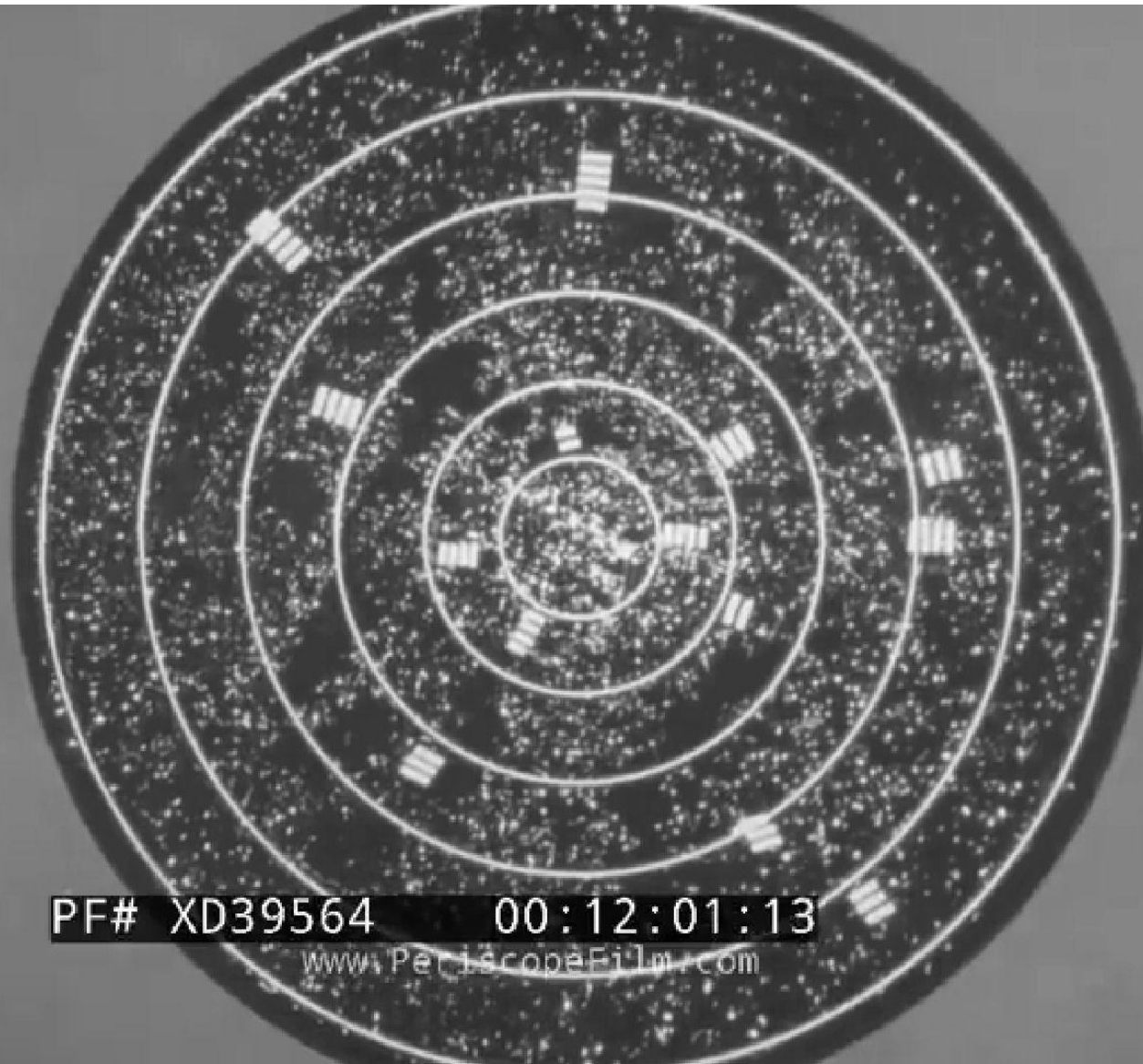
SSR frequentie, uplink (van Radar naar vliegtuig) 1030 MHz en
downlink (van vliegtuig naar Radar) 1090 MHz

Radar zendt een pulspaar uit P1, P2, P3 waarbij de tijd tussen de P1 en P3 pulsen bepalen welk antwoord gestuurd wordt

Frequenties SSR



SSR ruw video



PF# XD39564 00:12:01:13

www.PeriscopeFilm.com

SSR antwoord duurt lang, kwa tijd ongeveer 5 km

Als vliegtuigen achter elkaar vliegen kan er overlap in de antwoorden ontstaan

Ook als twee vliegtuigen naast elkaar vliegen overlap in antwoorden

Overlap kan volledig worden als twee recht boven elkaar vliegen

Decoderen wordt dan veel moeilijker, soms niet meer mogelijk

Sterk invloed op resolutie

Fruit



False Replies
Unsynchronised to
Interrogator Transmission

Oorzaak antwoorden van
vliegtuigen op andere SSR
radars

PF# XD39564 00:10:35:14

www.PeriscopeFilm.com

Video op display



PF# XD39564 00:12:19:18

www.PeriscopeFilm.com

Monopuls SSR

Door gebruik van een speciale antenne (Large Vertical Apperture) met meerdere bundels en extra ontvangers is het mogelijk om met 1 ontvangen puls, de richting te weten.



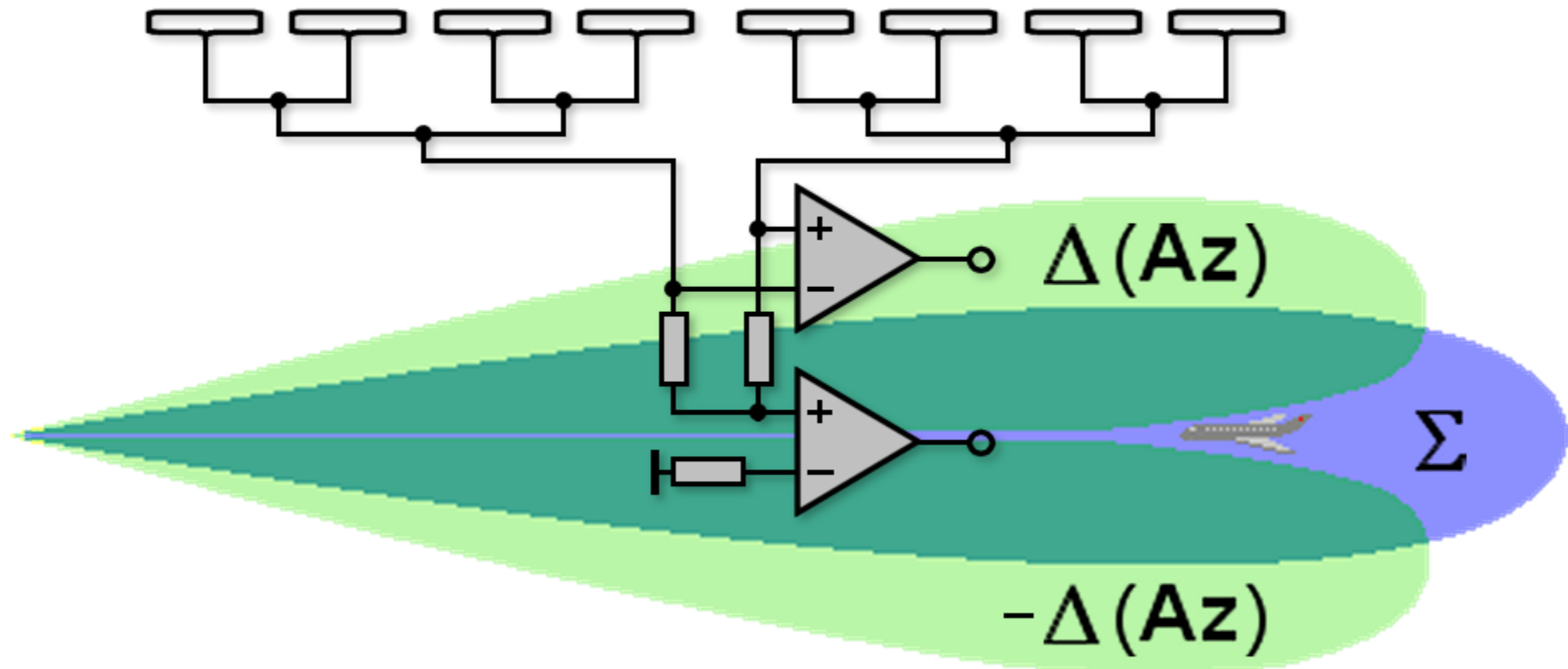
LVA voorkomt grondreflecties door verticaal diagram

Daarnaast heeft LVA monopuls diagrammen midden en uit het midden

Daarmee is het mogelijk om direct te meten wat de hoek is tov het midden

Conventionele SSR bepaald het midden door te meten eerste antwoord tot en met laatste

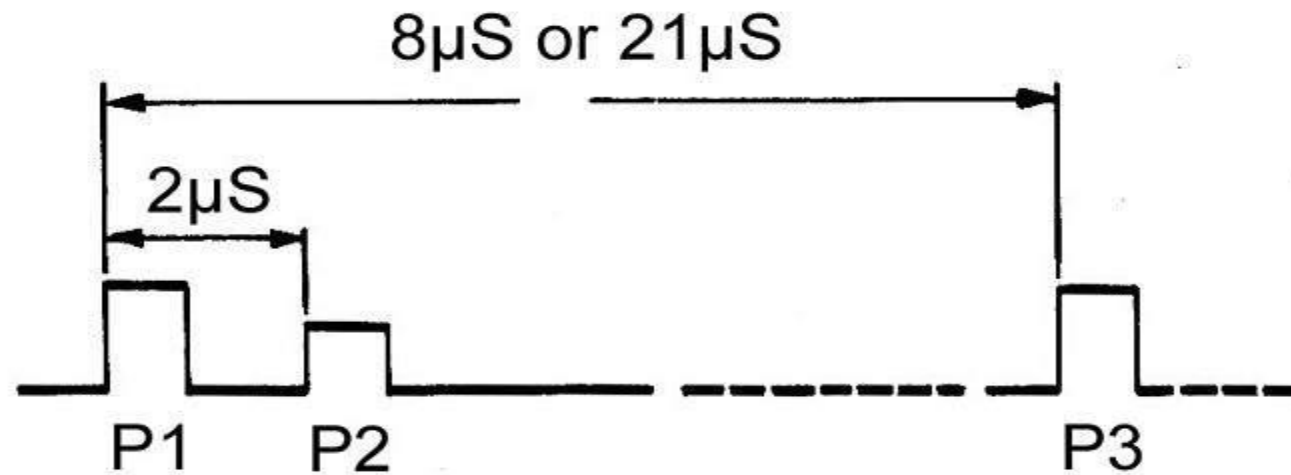
Monopuls principle



SSR pulsen

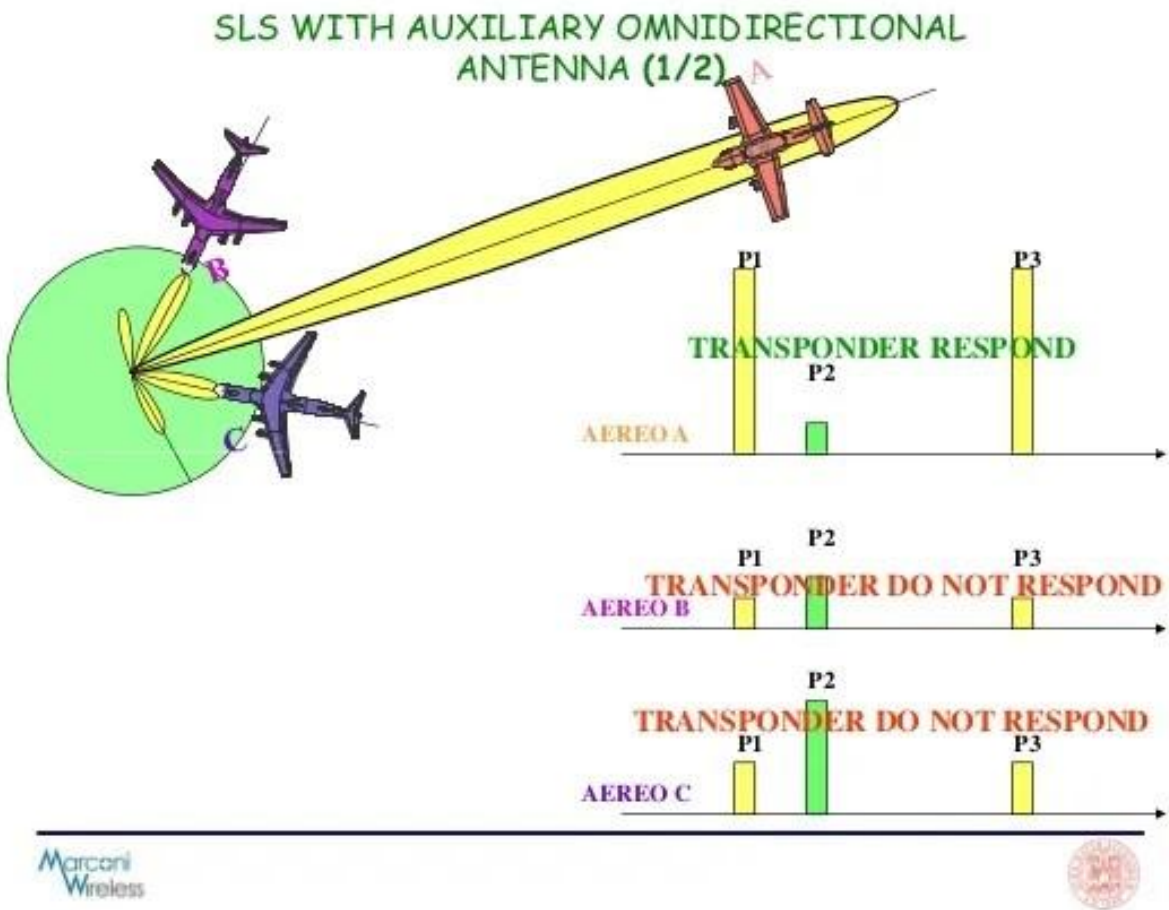
Bij 8 μsec tussen P1 en P3 ondervraagd de radar de SSR code

Bij 21 μsec tussen P1 en P3 ondervraagd de radar de hoogte



P2 wordt rondstralend uitgezonden, heeft als functie dat vliegtuig kan bepalen of het signaal wat ontvangen wordt van hoofdbundel of zijlussen komt, Als P2 sterker dan P1 dan is zijlus, geen reactie

Sidelobe suppression



Mode S

Gebrek aan SSR codes, daarom ontwikkeling Mode-S

SSR, radar roept wie is daar, iedereen die dat hoort geeft antwoord, kan dus ook door elkaar heenlopen of overlappen

Mode S, selectief ondervragen, eerst wie is daar, en als dan weet wie er allemaal is dan selectief roepen, pietje waar ben jij, klaas waar ben jij. Daarmee kunnen deze heel dicht bij elkaar vliegen zonder het antwoord van de andere te storen

Introductie in 2009

Geeft duidelijke verbetering resolutie, vertikaal stappen 25 Ft, ipv 100 Ft

Nieuwe vorm, transponder squitter, uitzending positie en hoogte en speed, ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

LAR, hoe ziet dat eruit



Primair: 35 dB gain,
10 sec/omw
Pwr 150 kW,
4x freq L-band
bereik 375 km

SSR: 28 dB gain,
10 sec/omw
Pwr 1 kW
bereik 375 km

TAR, hoe ziet er dat uit

Primair: 33 dB gain

Pwr: 1200 kW

bereik 110 km

PRF 951 Hz; puls 1 μ sec

SSR: 33 dB gain

Pwr: 1 kW

bereik 110 km

PRF 350 Hz; 3x 0.8 μ sec



Grondradar , ASDE

Airport Surface Detection Equipment



Speciaal voor vliegtuigen en voertuigen op het landingsterrein te zien

Antenne draait 1 keer per seconde rond

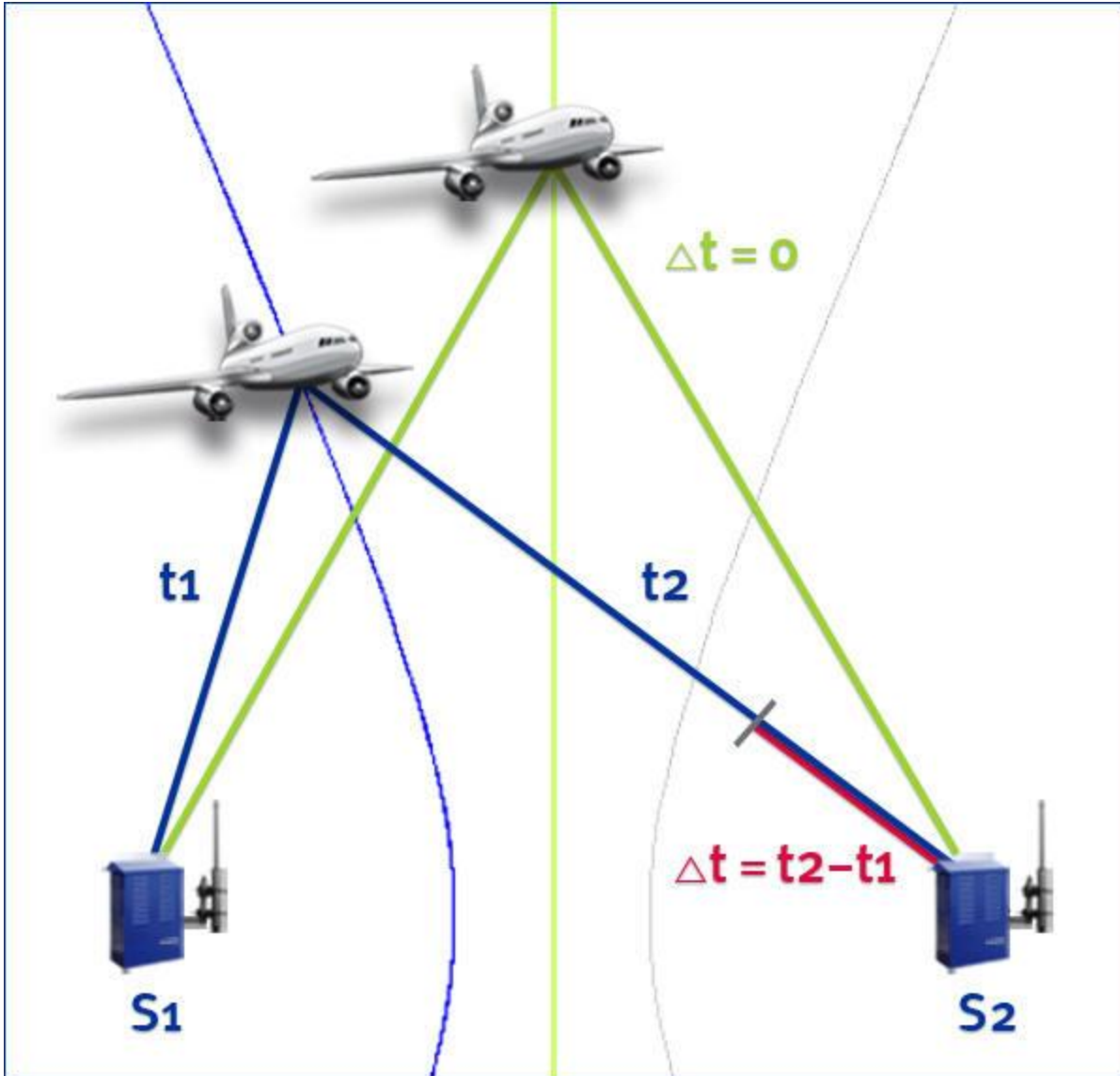
Werkt samen met andere sensoren zoals multilateratie

Bereik 15 km, 60 kW, PRF 4096, 40 dB gain

Geeft radar video van omgeving

Nu ook extractie, en labels met roepletters en tracking eraan

Multilateratie



Werkt op basis van transponder uitzendingen

meerdere ontvangers

looptijd bepalen

zelfde wijze als GPS, met meerdere ontvanger data kan je uitrekenen wat positie vliegtuig is

werkt voor vliegende maar ook taxiende vliegtuigen

Beperkingen Radar

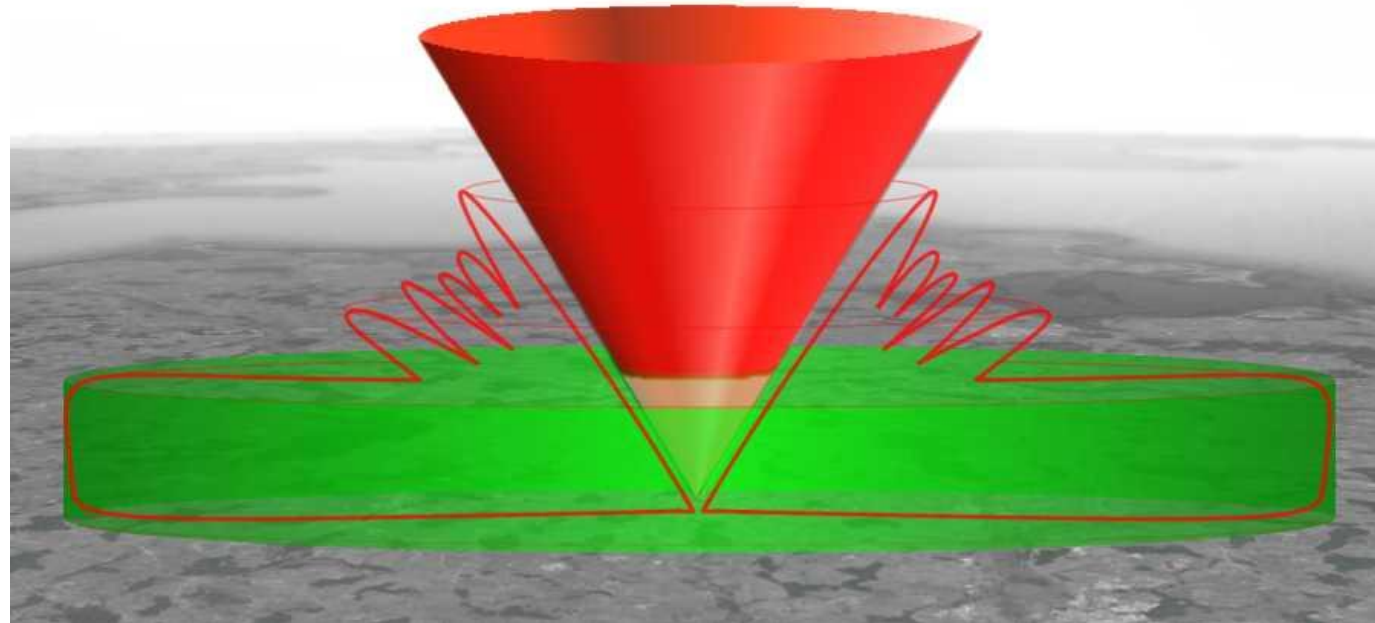
Cone off Silence

Direct boven het radarstation
is geen dekking omdat de
bundel van de antenne daar
niet komt

reflecties

dekking heel dichtbij

afstand is slant range, kan
vreemd beeld opleveren



Redundancy

Single radarsystemen kunnen uitvallen, bv graafmachine die telecom kabel doorhaalt. In een keer radar weg, beeldscherm zwart.

Radar zelf al dubbel uitgevoerd, twee zenders en ontvangers en processors voor extractie van video

In verleden radar als hoofdfunctie met daarnaast een backup radar
Herwijnen LAR en Herwijnen backup en Den Helder backup

TAR 4 met backup SSR only TAR 1 en daarna LAR enz

In een moderne omgeving is backup min of meer automatisch door de computer geregeld, alleen wel van belang door te geven waar performance vermindering ontstaat

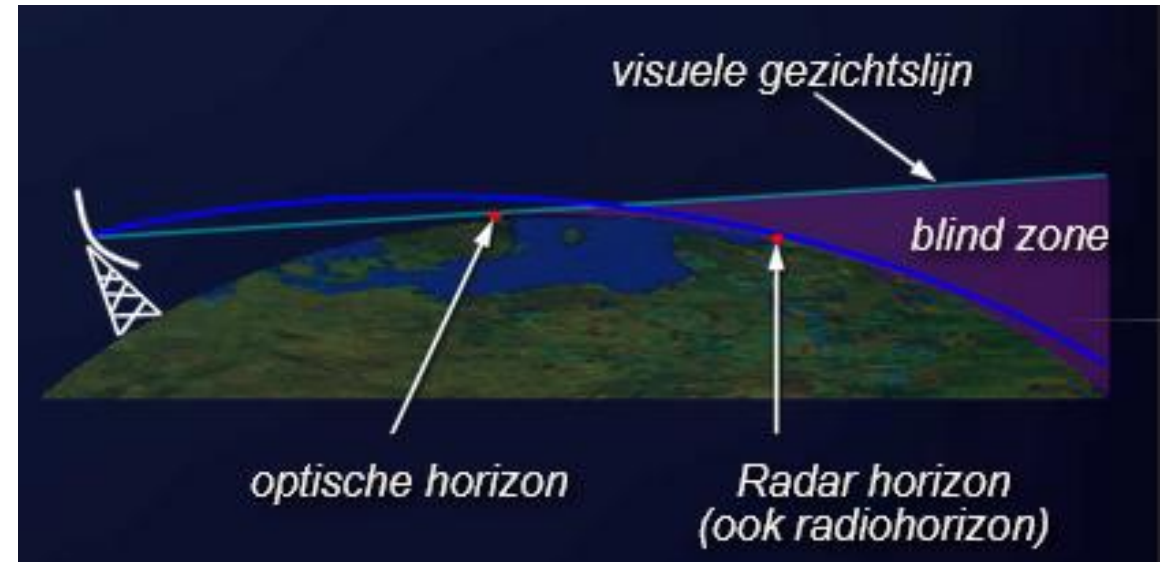
Afscherming door Horizon

Radargolven reiken iets verder dan optische horizon

Voorbij de radar horizon moet vliegtuig steeds hoger gaan vliegen afhankelijk van de afstand tot de radar

stel vliegtuig vliegt op 1 km dan is deze zichtbaar tot een afstand van 150 km

op 10 km hoogte afstand 430 km, tot boven Parijs zichtbaar



Ontwikkeling multi radar processing

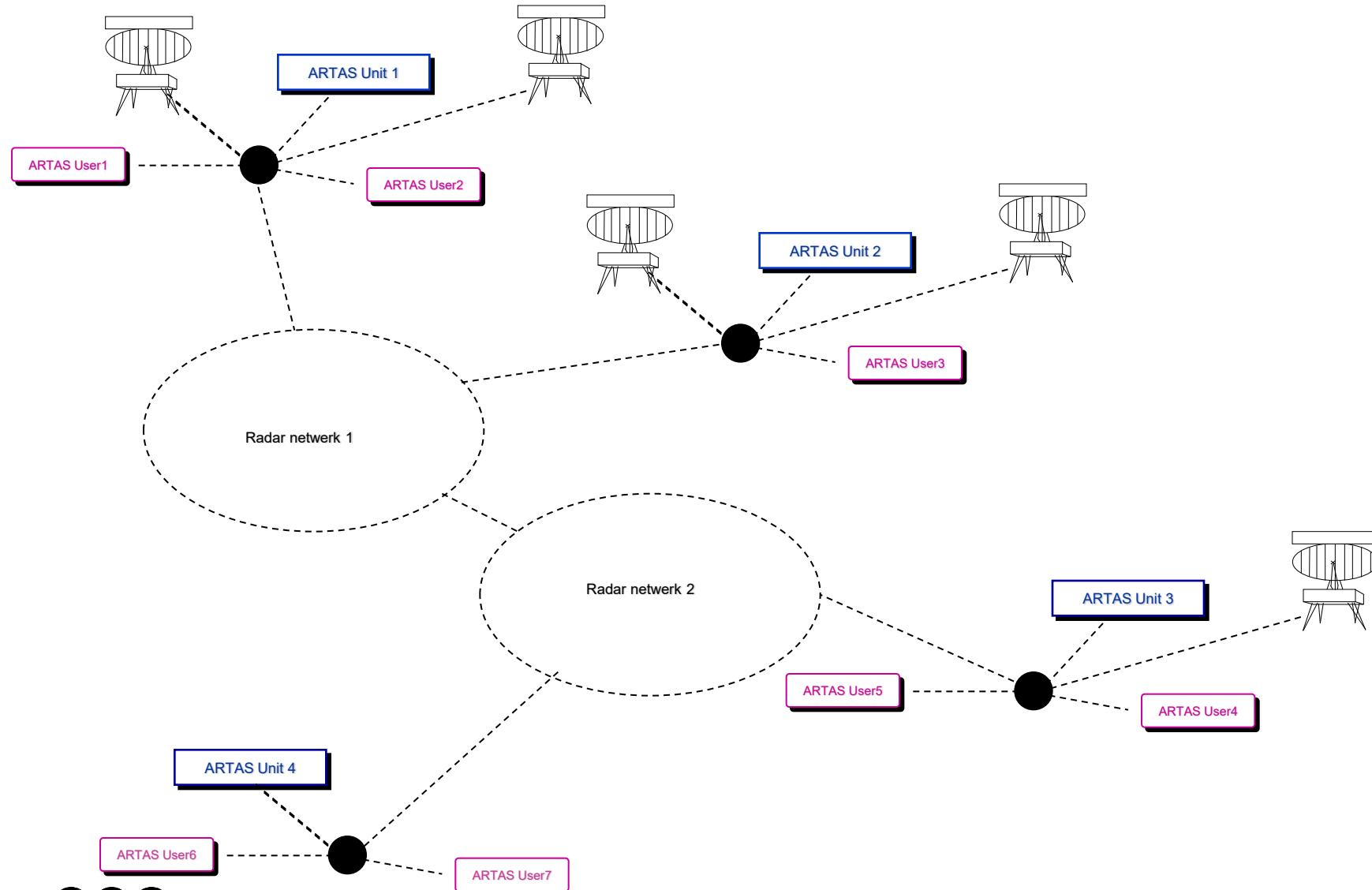
Eerste probleem, meeste radar fabrikanten gebruikten in verleden een eigen taal, niet gestandariseerd

Ontwikkeling van een vertaal machine naar een soort Esperanto voor de Radar, RMCDE, Radar Message Conversion Data Exchange

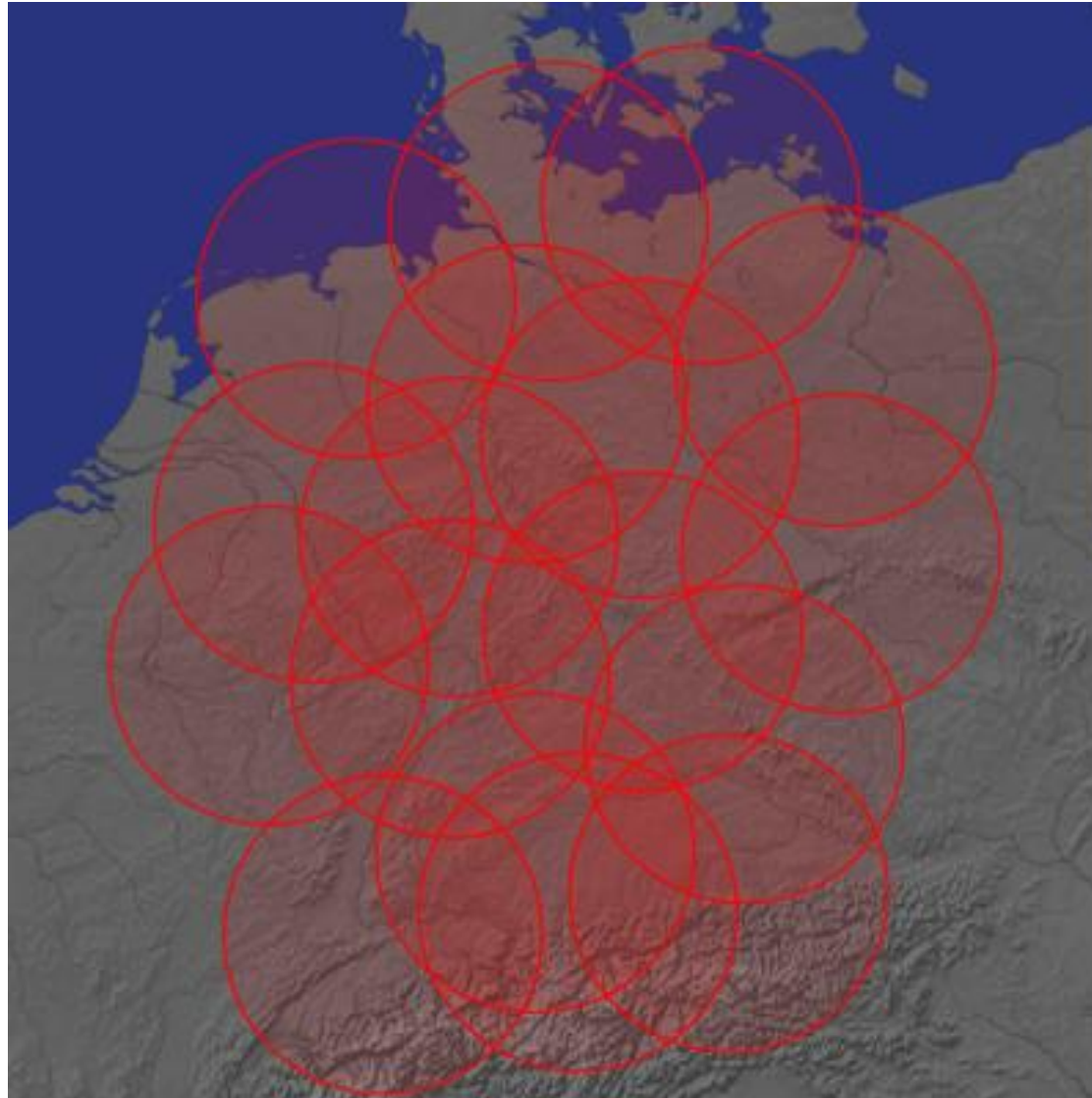
Daarmee konden alle Radars gebruikt worden om samen te werken.

Stop alle gewenste, beschikbare informatie in een krachtige computer en bereken een nieuw radarplaatje op basis van alle informatie

Netwerk structuur ARTAS



Multi radar dekking



ARTAS

Advanced Radar Tracker And Server

Voordelen, verlies van vliegtuigen die voorbij de radio horizon komen is opgelost door dekking van de volgende radar (op afstand)

Geeft positie op grond weer, gecorrigeerd voor slant range

Geen hinder meer van Cone off silence

Mogelijkheden om effectieve reflectie onderdrukking te bouwen

Groot voordeel, als één radar uitvalt valt beeld bij VKL niet uit

Geschikt voor alle sensoren die surveillance data leveren Radar, Mode-S, Wide Area Multilateratie, ADS

Nadeel, extra vertraging door processing tijd

Al bijna 25 jaar in gebruik

Verkeersleidingsysteem AAA

Amsterdam Advanced ATC

Samenkomen van de diverse bronnen

Radar informatie uit ARTAS maar ook individuele Radars

Vliegplannen

Beeldschermen voor de Verkeersleiders

Planning van het verkeer

Under Control

communicatie mogelijkheden, vliegtuigen maar ook andere
adjacent centre zoals Eurocontrol MAS of omringende landen

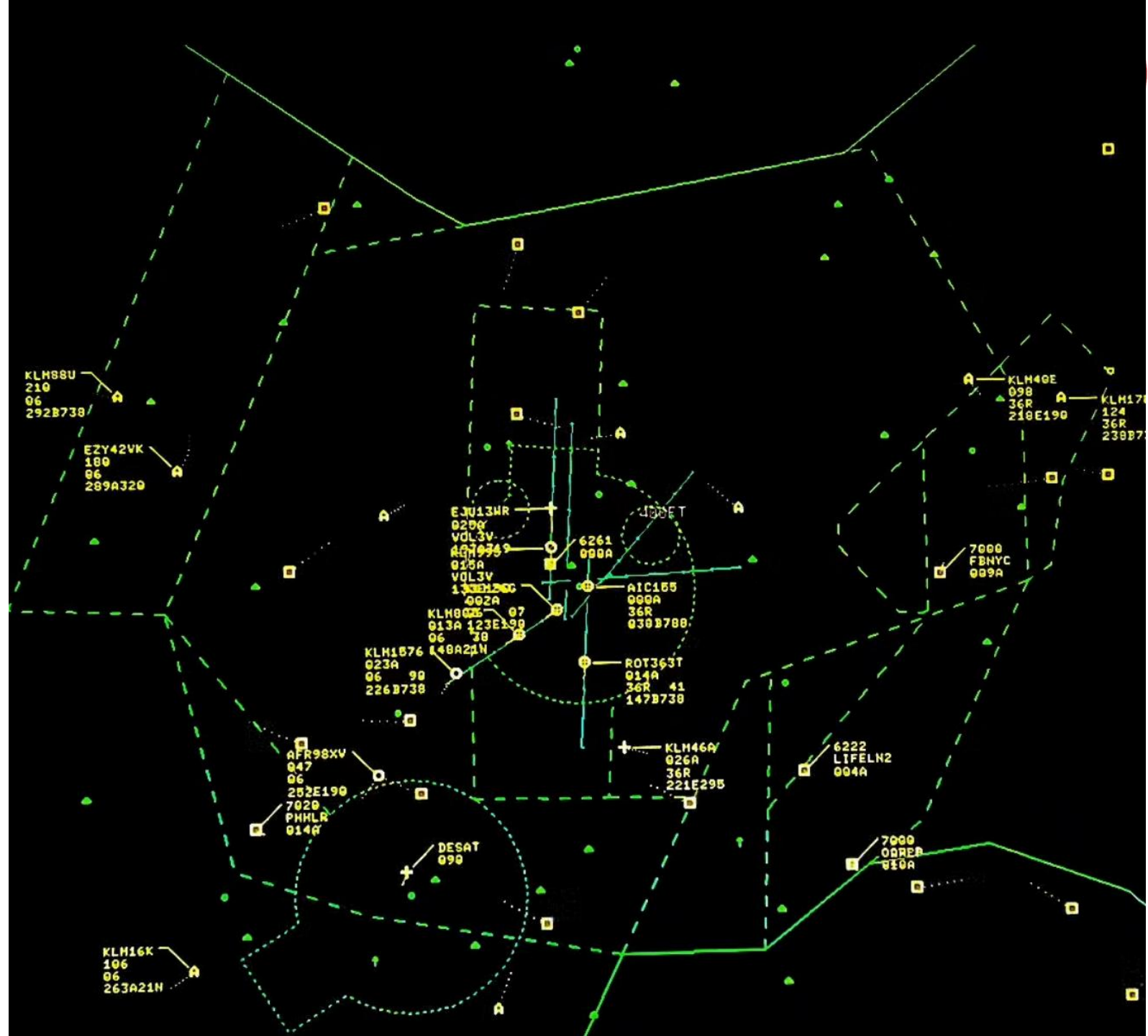
Radarscherm

Vliegtuigen met labels

Callsign, FL, planning en type vliegtuig

Bij RT van vliegtuig peillijnen

weerradar informatie



The End

