



Radar

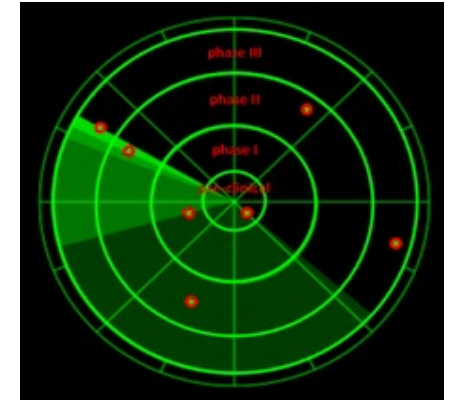
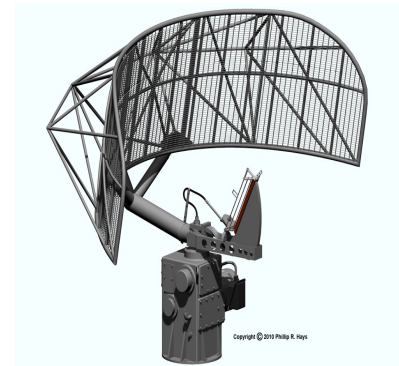
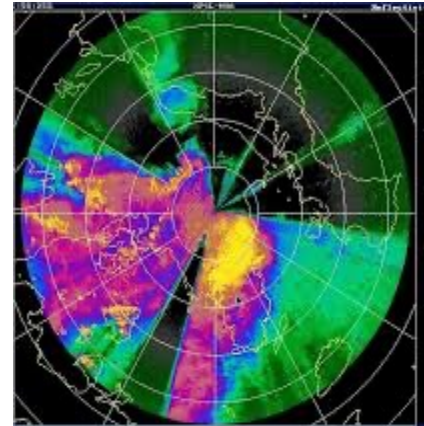
Corso di Laurea Magistrale:

Scienze e Tecnologie della Navigazione /
Scienze Nautiche Aeronautiche e Meteo-
Oceanografiche

Anno Accademico: 2022/2023

Crediti: 6 CFU

Docente: Giampaolo Ferraioli



DiST
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE



+ Sommario

- Antenne
- Perdite di Sistema
- Effetti della Propagazione
- Effetto Doppler

+ Parametri di Antenna

Le antenne normalmente utilizzate nei sistemi radar sono **antenne direttive**.

Il **guadagno di antenna** è il rapporto tra la densità di potenza in una determinata direzione e la densità di potenza irradiata nella medesima direzione da un'antenna isotropica

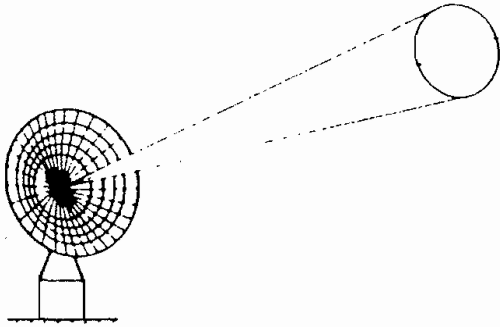
$$G(\theta, \phi) = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{D_T(R, \theta, \phi)}{D_{iso}(R)}$$

È la misura dell'incremento di potenza che si ha nella direzione del target (D_T) paragonato alla potenza irradiata nel caso isotropico (D_{iso}).

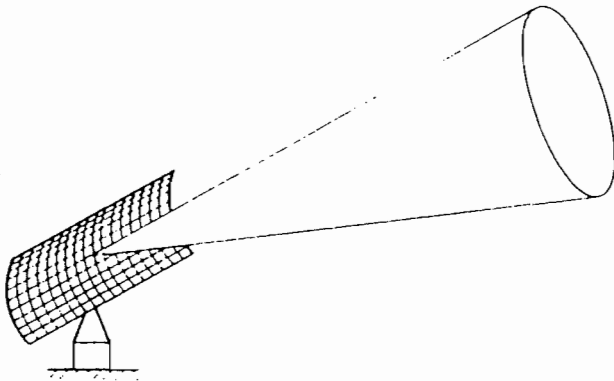
È una **funzione della direzione**. Se è maggiore dell'unità in una determinata direzione, sarà minore in altre (conservazione dell'energia)

+ Parametri di Antenna

I fasci di antenna normalmente utilizzati sono “**pencil beam**” e “**fan beam**”.



Pencil beam: il fascio è uguale nelle due direzioni (azimuth e elevazione). La larghezza è dell'ordine di pochi gradi. Utilizzato per tracking continuo.



Fan beam: il fascio è maggiore nella direzione elevazione rispetto all'azimuth. Scan time inferiore. Utilizzato per la sorveglianza.

Velocità di rotazione: trade-off

+ Parametri di Antenna

L'area efficace dell'antenna è il rapporto tra potenza consegnata e potenza incidente.

L'area efficace è legata all'area fisica dell'antenna (A) mediante la seguente relazione $A_{eff} = A\rho$

ρ è l'efficienza di antenna (valori comuni 0.4-0.7).

L'area efficace è legata al guadagno mediante la relazione

$$G = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2}$$

È quindi possibile riscrivere l'equazione radar nelle seguenti forme:

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_T G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 S_{min}}}$$

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_T A_{eff}^2 \sigma}{4\pi \lambda^2 S_{min}}}$$

+ Perdite di Sistema

L'equazione radar fornisce una stima ottimistica della portata del sistema. Non tiene conto delle possibili **perdite di sistema**.

Integrazione impulsi: integrazione non ideale

Larghezza fascio in azimuth: non costante al variare dell'elevazione

Fluttuazione rcs: errori nella modellizzazione dei target

Trasmissione/Ricezione: perdita duplexer ad antenna

Signal Processing: errori elaborazione

Operatore: errori di distrazione
e/o stanchezza (non modellabili)

Component	Symbol	Loss
Athmospheric loss	L_a	1.2 dB
Beamshape loss	L_{ant}	1.3 dB
Beamwidth factor	L_B	1.2 dB
Filter matching loss	L_n	0.8 dB
Fluctuation loss (for $P_d=0.9$)	L_f	8.4 dB
Integration loss	L_i	3.2 dB
Miscellaneous signal-processing loss	L_x	3.0 dB
Receive line loss	L_r	1.0 dB
Transmit line loss	L_t	1.0 dB
Total system loss	L_{total}	21.1 dB

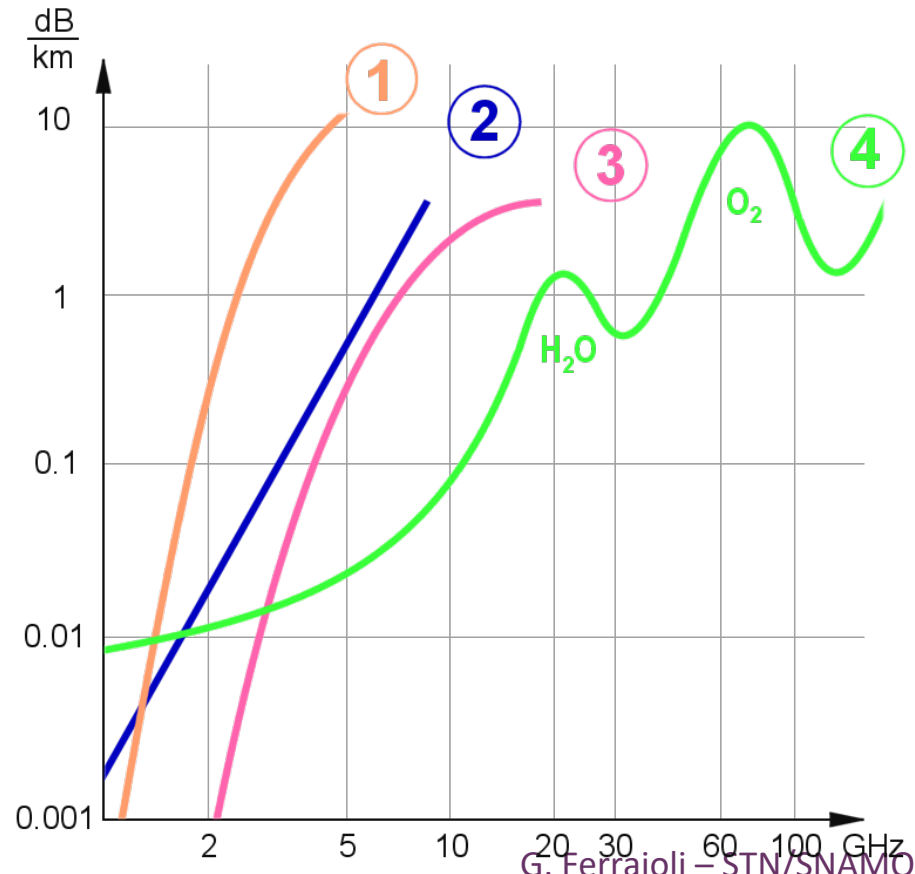
+ Effetti della propagazione

L'equazione radar è pensata nel caso di propagazione di segnali nello spazio libero. Nella pratica la propagazione avviene attraverso l'**atmosfera**. Si introducono perdite legate alla **frequenza**, **distanza** ed **elevazione**.

Le basse frequenze sono debolmente influenzate dall'atmosfera.

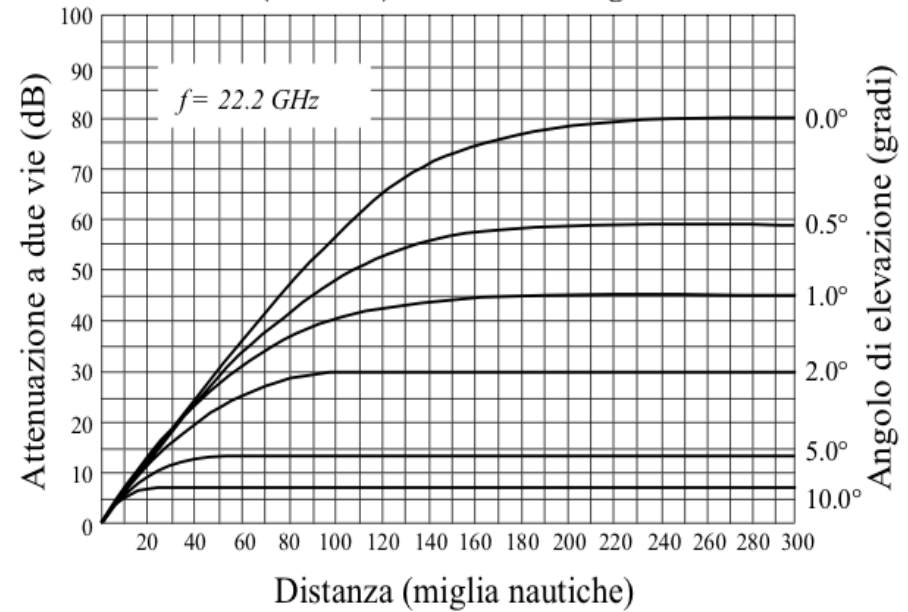
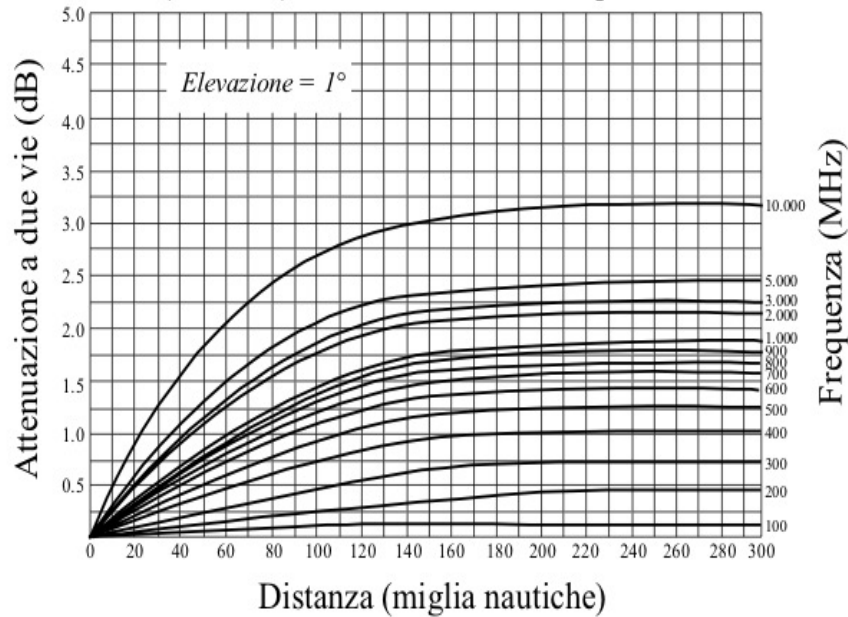
Le prestazioni degradano all'aumentare della presenza di acqua (**pioggia forte**, **nebbia**, **pioggia debole**, **cielo sereno**)

I massimi e minimi vengono sfruttati per **applicazioni particolari**.

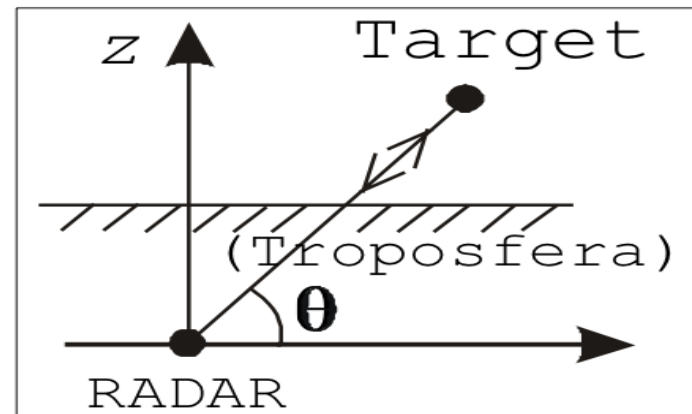


+ Effetti della propogazione

Le perdite sono legate alla **distanza** tra l'oggetto e il target e all'**elevazione** del fascio radar.



Minore è l'angolo, maggiore è la perdita. Effetto atmosfera diminuisce all'aumentare della quota



+ Effetto Doppler

La variazione di frequenza tra il segnale trasmesso e il segnale ricevuto quando tx e rx sono in moto tra loro, prende il nome di **effetto Doppler**.

Nel caso di moto in avvicinamento, l'rx riceve un numero maggior di lunghezze d'onda per unità di tempo, percepito come un segnale a **frequenza maggiore**.

Nel caso di moto in allontanamento, l'rx riceve un numero minore di lunghezze d'onda per unità di tempo, percepito come un segnale a **frequenza minore**.



+ Effetto Doppler

Tale effetto si ha anche nei sistemi radar.

Si trasmette un segnale con una frequenza f_0 . Il segnale retrodiffuso dal target, in movimento, presenta una variazione della frequenza rispetto alla frequenza di trasmissione. Tale frequenza prende il nome di **frequenza doppler** f_d .

Il numero di lunghezze d'onda contenuto nel percorso radar-target-radar è:

$$\frac{2R}{\lambda}$$

La lunghezza d'onda corrisponde ad un'escursione di 2π rad.

L'escursione di fase totale nel percorso radar-target-radar è:

$$\phi = \frac{4\pi R}{\lambda}$$

+ Effetto Doppler

Se il target è in moto rispetto al radar, la distanza R (e quindi ϕ) varia continuamente. La variazione della fase f rispetto al tempo è una frequenza angolare (pulsazione):

$$\omega_d = 2\pi f_d = \frac{d\phi}{dt} = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{dR}{dt} = \frac{4\pi}{\lambda} v_r$$

La frequenza Doppler f_d è legata alla velocità radiale del target

$$f_d = \frac{2v_r}{\lambda} = \frac{2v \cos(\theta)}{\lambda}$$

v è la velocità dell'oggetto, θ è l'angolo tra la traiettoria del target e la linea radar-target.