

# **IL CANALE DI TRASMISSIONE**



# Il Canale di Trasmissione

Questo è il mezzo che si interpone tra il sistema di trasmissione numerico ed il ricevitore.

Può essere un mezzo fisico come un cavo oppure lo spazio libero.

I canali di trasmissione si dividono in canali di tipo wireline e in canali di tipo wireless.

Nel caso di canali wireless il segnale elettrico (del modulatore) viene convertito in una radiazione elettromagnetica ad alta frequenza da un'antenna trasmittente; In ricezione un'altra antenna compie l'operazione inversa.

Mezzo trasmissivo	Frequenza	attenuazione (dB/km)
Linea bifilare ( $\varnothing$ 0.3 cm)	1 kHz	0.05
Linea bifilare intrecciata	10 kHz	2
Linea bifilare intrecciata	100 kHz	3
Linea bifilare intrecciata	300 kHz	6
Cavo coassiale ( $\varnothing$ 1 cm)	100 kHz	1
Cavo coassiale ( $\varnothing$ 1 cm)	1 MHz	2
Cavo coassiale ( $\varnothing$ 1 cm)	3 MHz	4
Cavo coassiale ( $\varnothing$ 15 cm)	100 MHz	1.5
Guida d'onda	10 GHz	5
Fibra ottica	0.82 $\mu$ m	3.5

La propagazione delle onde elettromag. nell'atmosfera può avvenire secondo Tre meccanismi diversi:

- Propagazione per onda di superficie
- Propagazione per riflessione ionosferica
- Propagazione Collegamento in visibilità

## Media frequenza $\rightarrow$ Onde di superficie

La propagazione delle onde elettromag. in banda MF avviene prevalentemente per onde di superficie dove la rifrazione tende a curvare l'onda che in questo modo segue il profilo della curva terrestre.

Le medie frequenze sono adoperate per la radiodiffusione di segnali AM, ovvero la comune radio; bisogna notare che nella AM il segnale è modulato sull'Ampiezza.

Range delle MF: 0.3  $\rightarrow$  3 MHz

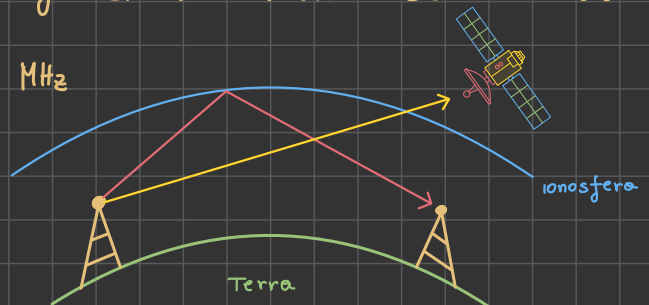
## Propagazione ionosferica

In questo caso abbiamo 2 bande (range di frequenze) distinte:

### Onde ad Alta Frequenza HF $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ 30 MHz

La propagazione ionosferica sfrutta la rifrazione dell'onda stessa da parte della Ionosfera.

Quando le onde comprese tra i 3 e 30 MHz vengono a contatto con le particelle ionizzate della ionosfera, vengono rifratte o "rimbalzano" tornando verso la terra.



### Onde ad altissima frequenza VHF $\rightarrow$ 30 $\rightarrow$ 300 MHz

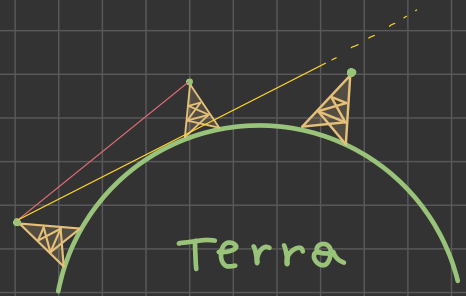
Queste onde non sono influenzate dalla ionosfera e permettono la comunicazione satellitare.

## Propagazione in visibilità

A partire dalla banda VHF la forma di propagazione più diffusa è quella LOS  $\rightarrow$  Line of Sight. Questa forma di comunicazione è limitata dalla curvatura terrestre:

La Distanza Massima tra le due antenne poste ad un'altezza  $h$ , in assenza di ostruzioni è di:

$$d = 4.122 \cdot \sqrt{h}$$



## Canale Rumoroso Non distorcente

Ogni canale introduce una certa Atenuazione per cui la potenza del segnale si riduce al crescere della distanza tra i due nodi.

Denotiamo con  $u(t)$  e  $v(t)$  i segnali e le loro potenze con

ingresso

uscita

$u(t) \rightarrow P_T$  (T, Trasmissione)

$v(t) \rightarrow P_R$  (R, Ricezione)

Possiamo definire l'attenuazione dalla sorgente alla destinazione con la formula:

$$L = \frac{P_T}{P_R}$$

L'Atenuazione è espressa in dB (decibel)

Atenuazione

## Il Guadagno

È un fattore Moltiplicativo che lega la potenza che arriva ai morsetti dell'antenna e la potenza che viene irradiata sottoforma di campo magnetico.

Questo fattore varia a seconda della lunghezza d'onda, e nel caso della antenna parabolica abbiamo una formula:

$$G = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

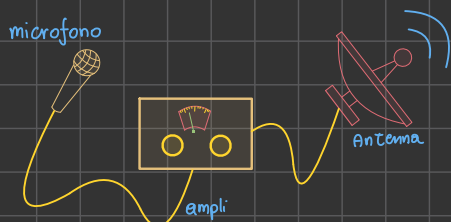
"eta"      "lambda"

guadagno nel caso particolare dell'antenna parabolica

- $\eta$  è una costante di proporzionalità legata ai parametri costruttivi dell'antenna. (varia tra 0.5 - 0.8)
- $D$  è il Diametro dell'antenna.
- $\lambda$  è la lunghezza d'onda della variazione da trasm.

## Due esempi

Supponiamo di voler prendere l'uscita di un microfono con un buon amplific. (in modo da avere un segnale forte) il quale viene collegato ai cavi della nostra antenna.



La voce umana va dai 100 Hz ai 10.000 Hz. Supponiamo di trasmettere un segnale vocale a 1000 Hz.

Velocità della luce nel vuoto.  $3 \cdot 10^8$  m/s

$$\Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = 1000 \text{ Hz}$$

Quindi  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1000 \text{ Hz}} = 3 \times 10^5 \leftarrow$  lunghezza d'onda in metri

Supponiamo che l'antenna sia di 1 m di diametro  $\rightarrow D = 1 \text{ m}$   
Supponiamo che  $\eta \approx 0,7$

$$\Rightarrow G = \eta \left( \frac{\pi \cdot D}{\lambda} \right)^2 = 0,7 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 1 \text{ m}}{3 \times 10^5 \text{ m}} \right)^2 = \text{Ragionando in ordini di grandezza abbiamo che:}$$
$$\approx 0,7 \times 10^{-10} \text{ guadagno finale}$$
$$0,7 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 1 \text{ m}}{3 \times 10^5 \text{ m}} \right)^2 = 10^{-10}$$

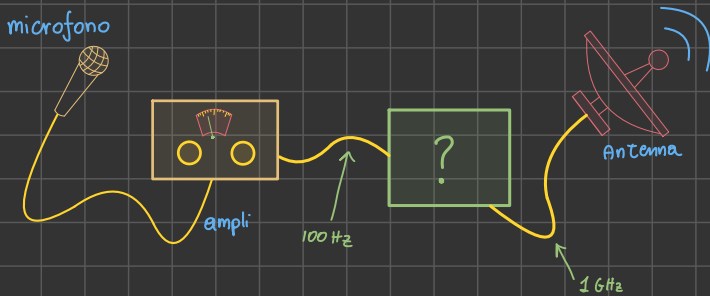
Che cosa ci dice il guadagno?

Il guadagno ci dice una cosa importantissima: la potenza effettivamente trasmessa.

Poniamo il caso che dall'amplificatore escono 1000 W; la potenza realmente trasmessa è  $1000 \text{ W} \cdot 0,7 \times 10^{-10} = 0,7 \cdot 10^{-7} \text{ W}$  (pochissimi)

Morale della favola qualora collegassimo direttamente una sorgente ad un'antenna, saremmo sì in grado di trasmettere, ma con una efficienza davvero bassa.

Esempio 2:



In questo caso, prendiamo il segnale dell'ampli, e tramite un dispositivo (al momento magico) andiamo a "shiftare" la frequenza da 100 Hz a 1 GHz

Calcolando il guadagno otteniamo:

$$G = 0,7 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 1 \text{ m}}{3 \times 10^{-2} \text{ m}} \right)^2 = 0,7 \cdot 10^2$$

guadagno e non più Attenuazione!

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1 \times 10^9 \text{ Hz}} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

Il guadagno delle antenne varia proprio in base al tipo di antenna che si sta usando.

Un'antenna parabolica è anche detta unidirezionale, proprio perché trasmette e riceve in un'unica direzione; un'antenna come quelle presenti nei telefoni sono omnidirezionali e trasmettono e ricevono in tutte le direzioni.

## La Potenza ricevuta

Dalle equazioni di Maxwell sappiamo che le onde elettromagnetiche si propagano lungo una forma **Sferica**; di conseguenza la potenza viene distribuita lungo la **superficie** della sfera in questione.

$$P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} A_e$$

Diagram illustrating the power received formula with annotations:

- Potenza Trasmessa** (Transmitted Power) points to  $P_T$ .
- guadagno** (gain) points to  $G_T$ .
- Potenza realmente trasmessa (vista prima)** (Real transmitted power (view from front)) points to the fraction  $\frac{P_T G_T}{4\pi R^2}$ .
- Area efficace che vedremo tra poco** (Effective area we will see soon) points to  $A_e$ .
- Potenza Ricevuta** (Received Power) points to  $P_R$ .

Il risultato si misura in  $\frac{W}{m^2}$

In altre parole...

Abbiamo un'antenna che trasmette con un fronte d'onda sferico; Ci poniamo ad una distanza  $R$  dall'antenna.

La **Densita' di potenza** in un punto e' pari alla formula a sinistra

$$D_p = \frac{G_T P_T}{4\pi \cdot R^2}$$

Senza l'area efficace la formula ci dice la densita' di potenza in un punto

A questo punto

Poniamo l'antenna Ricevente in un determinato punto; la potenza ricevuta **Dall'antenna** in un determinato punto sara' sicuramente legata alla **grandezza** dell'antenna:

Per avere la potenza ricevuta dobbiamo moltiplicare la quantita' risultante in  $\frac{W}{m^2}$  (Dens. pot. in un pto.) per una grandezza detta **Area Efficace**;

questa quantita' dipende proprio da quanto l'antenna e' efficace a convertire la potenza in segnale elettrico.

L'area efficace ha proprio le dimensioni di un'area.

Quanto vale l'area efficace?

Esiste una relazione che lega l'area efficace con il guadagno:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_R$$

Area Efficace dell'antenna ricevente

otteniamo quindi

$$\frac{P_T G_T G_R}{(4\pi R / \lambda)^2}$$

### Esempio numerico

$D = 1.2 \text{ m}$  ,  $f = 7.5 \text{ GHz}$  ,  $\eta = 0.6$  ,  $P_T = 10 \text{ W}$  con distanza  $250 \text{ km}$

$$1) \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{7.5 \times 10^9 \text{ Hz}} = \frac{3}{7.5} \cdot 10^{-1} \approx \underline{0.38 \times 10^{-1}} \approx 0.04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

Conserviamo sempre la parte decimale!

Supponiamo che entrambe le antenne abbiano un  $D$  pari a  $1.2 \text{ m}$

$$\Rightarrow G_T = G_R = 0.6 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 1.2}{0.4 \times 10^{-1}} \right)^2 = 0.6 \cdot (9.42 \times 10)^2 = 0.6 \cdot 88.74 \cdot 10^2 = \underline{5324}$$

guadagno

$$\Rightarrow P_R = \frac{10 \text{ W} \cdot 5324^2}{\left( \frac{4\pi \cdot 250 \text{ km}}{0.4 \times 10^{-1}} \right)^2} = \frac{10 \cdot 5324^2}{\left( \frac{4\pi \cdot 250 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 5} \right)^2} = \frac{5324^2}{(\pi \cdot 25)^2} = \frac{5324^2}{6162.25} = \underline{4.6 \times 10^{-8} \text{ W}}$$

Potenza ricevuta molto bassa

Nonostante sia un segnale molto debole in termini assoluti, è un segnale utilizzabile; il problema è che quando l'amplificatore amplifica il segnale ricevuto, aggiunge del RUMORE Termico.