

versione	del
01	08/08/2014

# NAVIGAZIONE IPERBOLICA (cenni)



IBN EDITORE

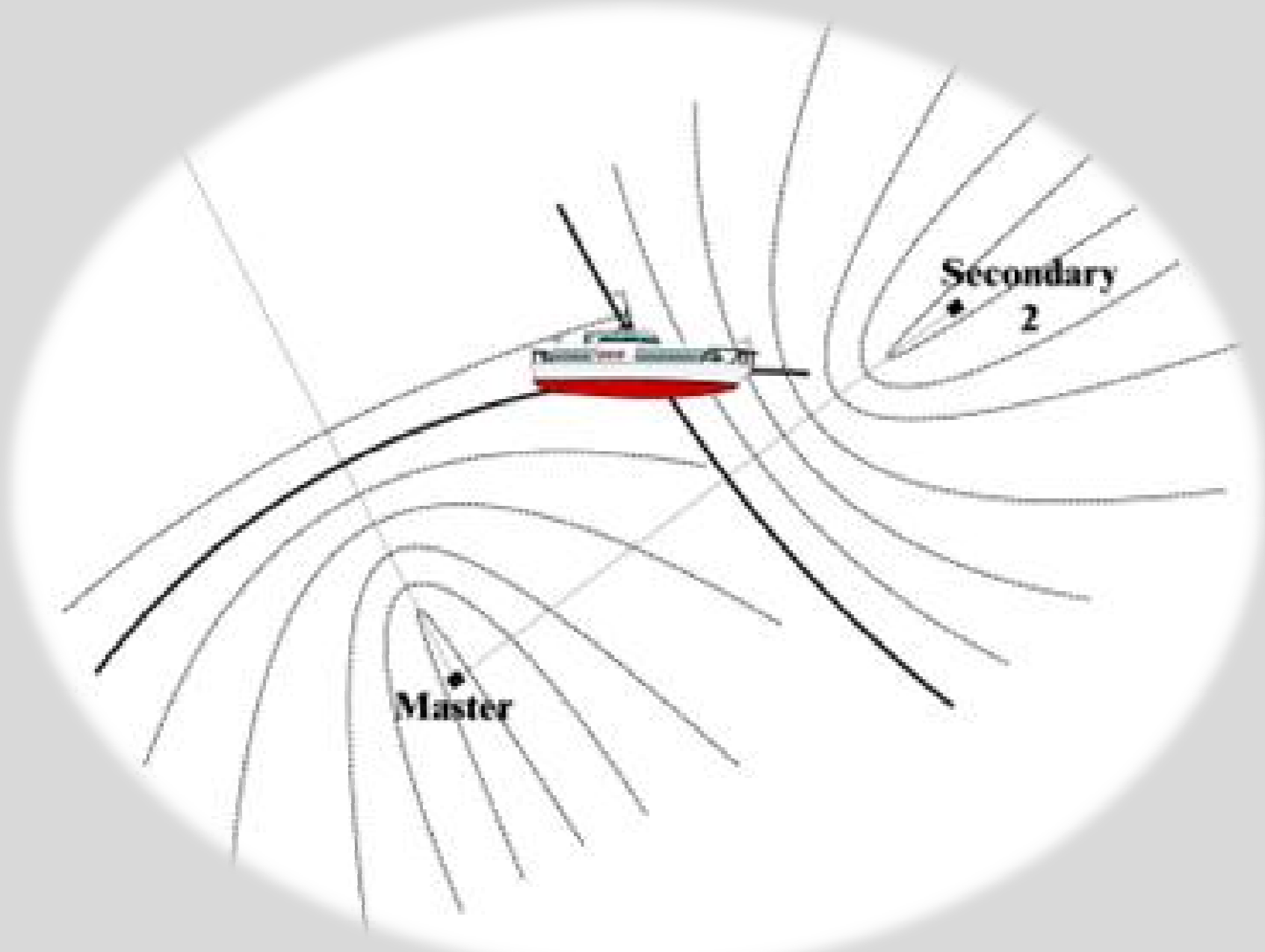
[www.ibneditore.it](http://www.ibneditore.it)

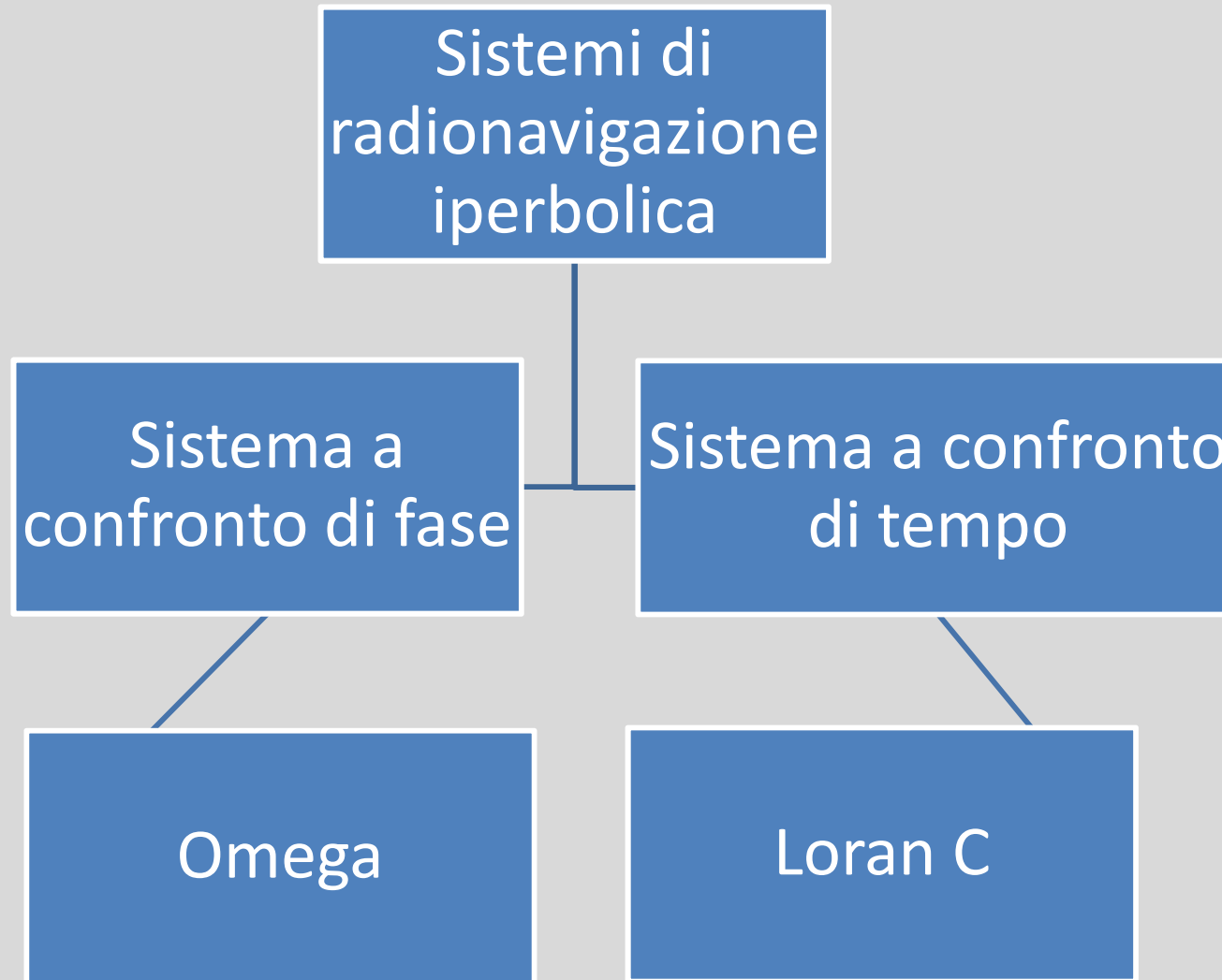
prof. Francesco Iaccarino

[iaccarinofr@gmail.com](mailto:iaccarinofr@gmail.com)

*Per eventuali suggerimenti o correzioni rivolgersi all'autore*

# NAVIGAZIONE IPERBOLICA

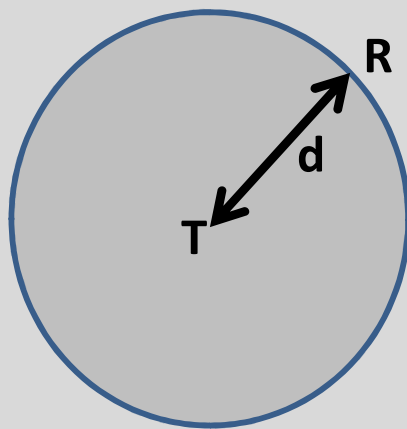




Tale sistema, mediante misure radioelettriche, è in grado di fornire grandezze trasformabili in “differenze di distanze”.

# Distanza Trasmettitore – Ricevitore con la fase

- La distanza tra trasmettitore e ricevitore può essere ottenuta misurando la differenza tra le simultanee fasi che una radioonda continua ha nella stazione trasmittente e nel punto in cui è posizionato un ricevitore.



$$e_T = E \cdot \text{sen} \varpi \cdot t$$

$$e_R = E \cdot \text{sen} \varpi \left( t - \frac{d}{c} \right)$$

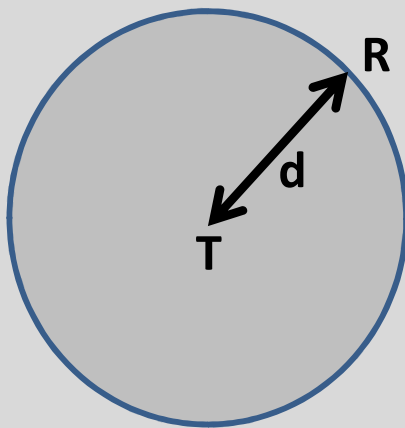
$$\Delta \Phi = \varpi \cdot t - \varpi \cdot \left( t - \frac{d}{c} \right) = \varpi \frac{d}{c} \quad \Rightarrow \quad d = \frac{\Delta \phi \cdot c}{\varpi}$$

Essendo  $\varpi = 2\pi \cdot f = 2\pi \frac{c}{\lambda}$

si ha che:  $d = \frac{\Delta \phi \cdot c}{2\pi \cdot c} \cdot \lambda = \frac{\Delta \phi \cdot \lambda}{2\pi}$

# Distanza Trasmettitore – Ricevitore con il tempo

- La distanza tra trasmettitore e ricevitore può essere ottenuta misurando l'intervallo di tempo impiegato dal segnale radioelettrico emesso dalla stazione trasmittente per giungere al ricevitore.



$$d = c \cdot \Delta t = c \cdot (t_1 - t_0)$$

$t_0$  è l'istante in cui è trasmessa l'o.e.m.

$t_1$  è l'istante in cui è ricevuta l'o.e.m

# Distanza Trasmettitore – Ricevitore con la differenza di fase o di tempo

La misura diretta della distanza trasmettitore – ricevitore prevede la conoscenza, nel luogo dove è posto il Ricevitore, della fase o dell'istante di partenza dell'onda elettromagnetica trasmessa dal Trasmettitore.

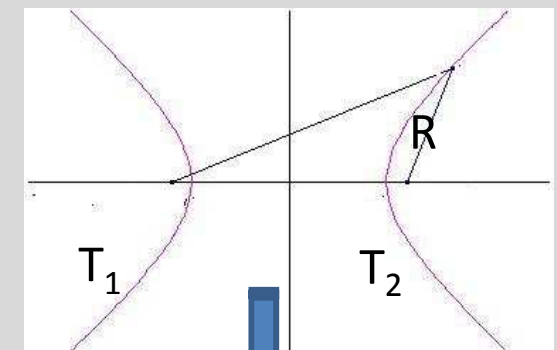
## OMEGA

E' possibile ottenere, misurando la **differenza tra le simultanee fasi** di due o.e.m. provenienti da due stazioni trasmittenti, la differenza tra le distanze tra il Ricevitore e le 2 stazioni Trasmittenti

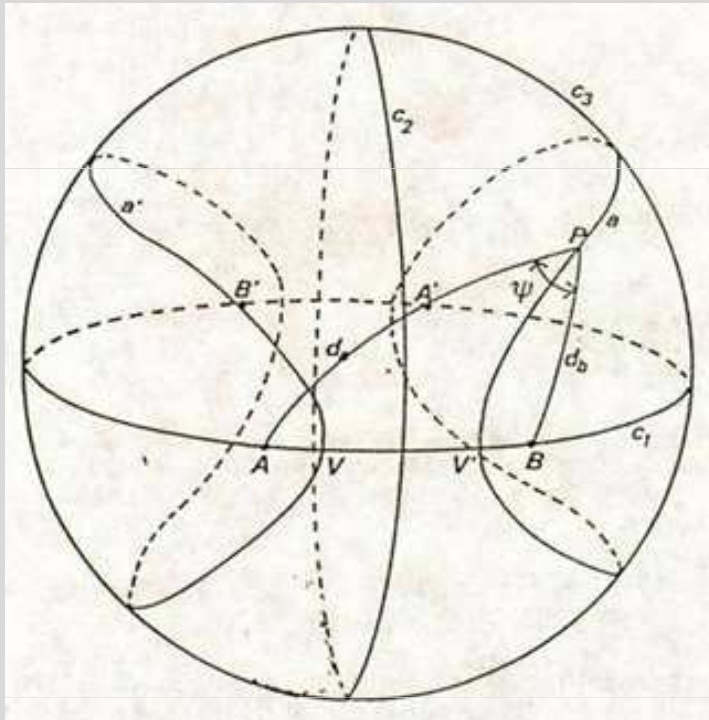
## LORAN C

E' possibile ottenere, misurando la **differenza di tempo** con cui giungono le o.e.m. provenienti da due stazioni trasmittenti, la differenza tra le distanze tra il Ricevitore e le 2 stazioni Trasmittenti

**IL LUOGO DI POSIZIONE È UN'IPERBOLE AVENTE PER FUOCHI LE 2 STAZIONI TRASMITTENTI**



# Iperbole sferica



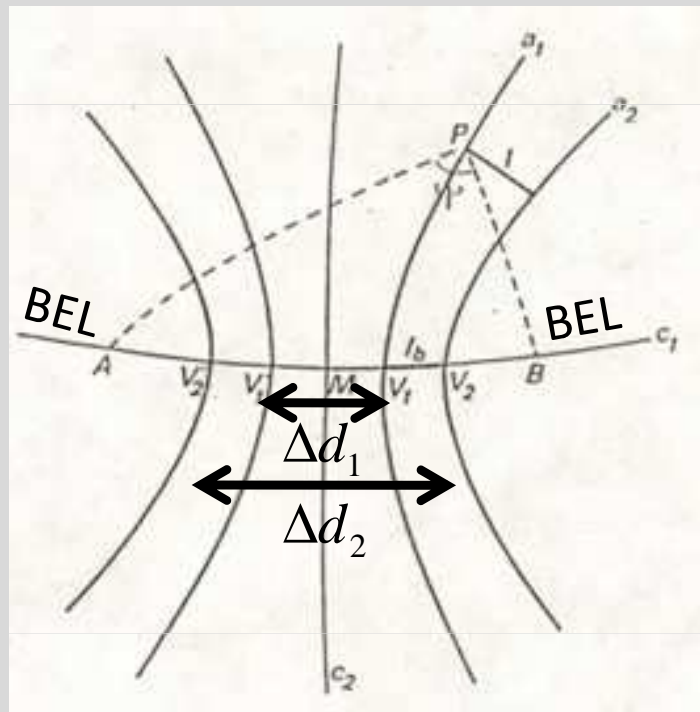
- **a** e **a'** rappresentano i due rami di iperbole (scaturiscono da due ellissi) rappresentanti il luogo di posizione; tenuto conto che ci si riferisce a zone limitate si può considerare l'iperbole e non l'ellisse.
- **A** e **B** rappresentano le due stazioni radiotrasmittenti.
- **P** rappresenta la posizione del ricevitore al quale giungono le radioonde dei trasmettitori posti in A e B.
- **d<sub>a</sub>** e **d<sub>b</sub>** rappresentano le distanze sferiche tra ricevitore e trasmettitori.

Il ricevitore misura la differenza di distanza:

$$\Delta d = d_a - d_b$$

- Gli ellissoidi sono simmetrici rispetto alle tre circonferenze massime  $C_1, C_2, C_3$ .
- La circonferenza massima  $C_1$  è trasversale per l'iperbole.
- Il valore  $\Delta d$  è rappresentato dall'arco  $VV'$ .
- L'arco  $AB$  viene chiamato "linea di base" o "base line".

# Luoghi di posizione iperbolici



BEL: Base Extension Line

- Fissate le stazioni A e B, il ricevitore potrà trovarsi su una qualsiasi iperbole individuata da una fissata differenza di distanza ( $\Delta d_1$ ,  $\Delta d_2$ , etc.).
- I sistemi di navigazione iperbolica consentono, con opportuni accorgimenti tecnici, di eliminare l'ambiguità dei due rami di iperbole.
- la distanza  $l_b$  sulla linea di base tra i due rami di iperbole  $a_1$  e  $a_2$  (rappresenta l'incertezza della misura) è data da:

$$l_b = V_1V_2 = \frac{V_2V_2' - V_1V_1'}{2} = \frac{\Delta d_2 - \Delta d_1}{2}$$

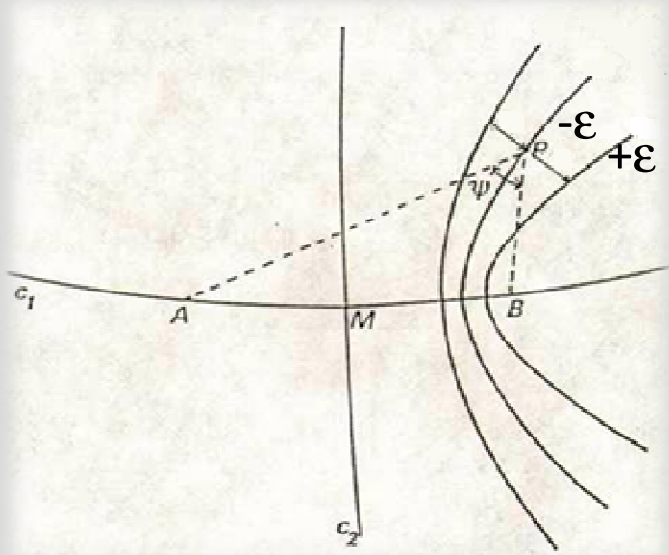
- la distanza  $l$  lontano dalla linea di base si può dimostrare che è pari a :

$$l = \frac{\Delta d_2 - \Delta d_1}{2} \cdot \operatorname{cosec} \frac{\psi}{2}$$

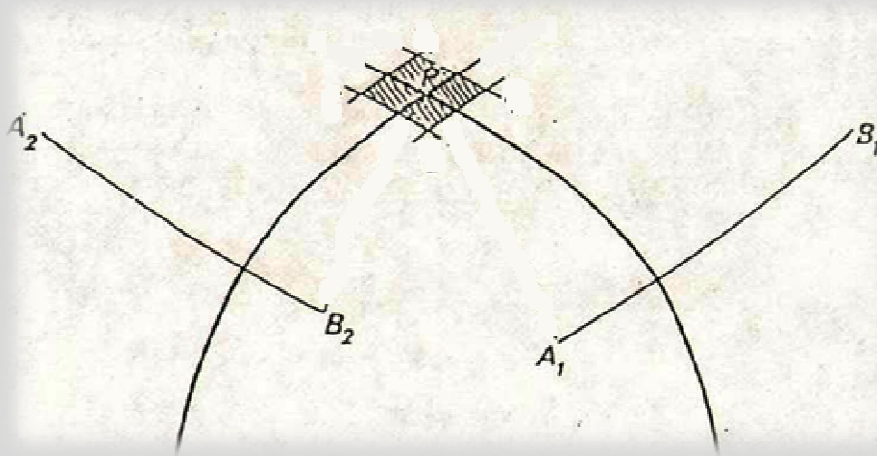
Si nota che  $l$  aumenta al diminuire di  $\psi$  e che  $\psi$  diminuisce allontanandosi dalla linea di base e avvicinandosi ai prolungamenti della linea di base. Sulla linea di base  $\psi=180^\circ$  e sulla BEL  $\psi = 0^\circ$ . La zona compresa tra due rami di iperbole successive è chiamata **VIALE**.



# Incertezza del luogo di posizione e della posizione



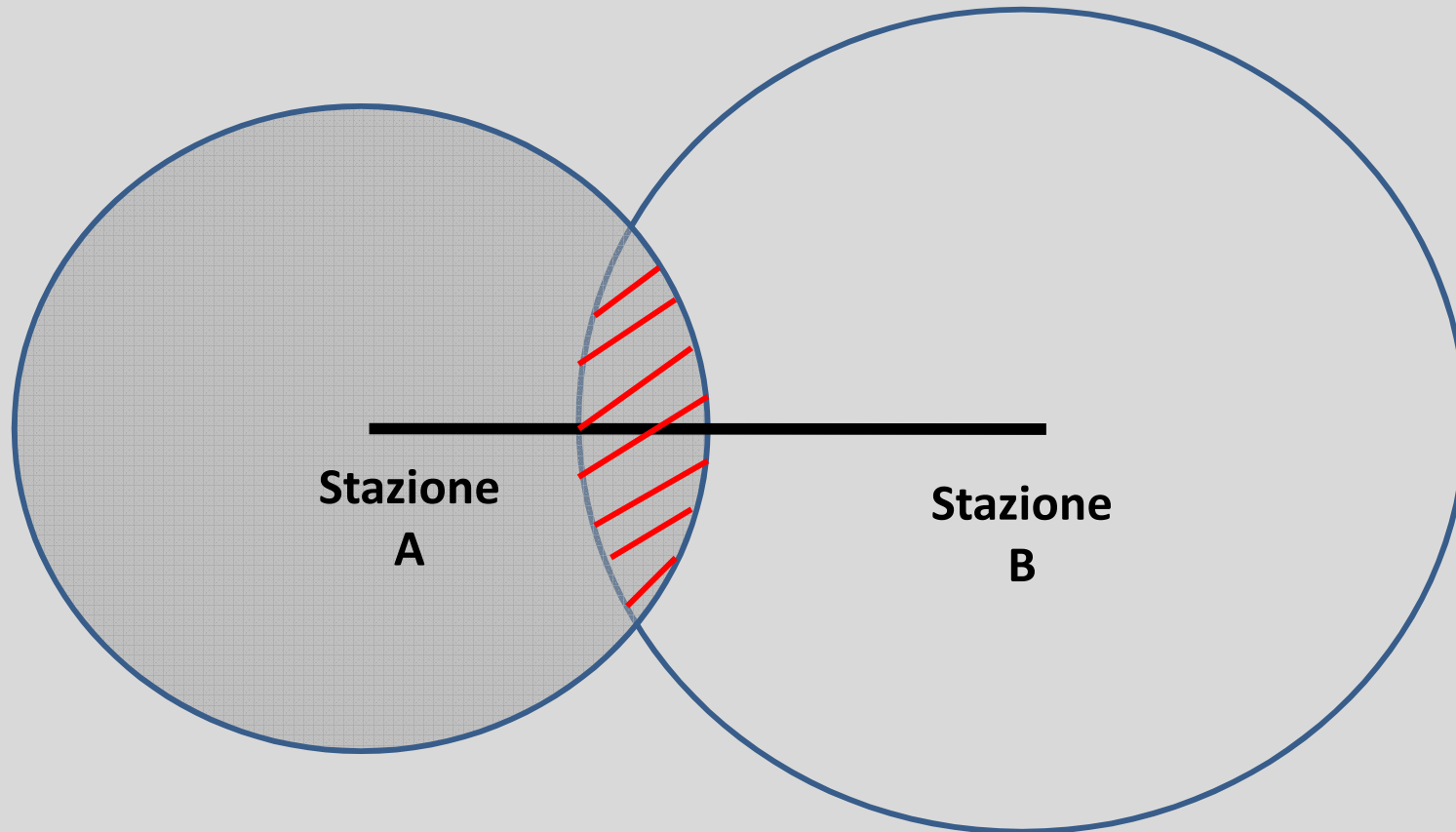
Qualsiasi misura radioelettrica è affetta da errore ( $\pm\varepsilon$ ) per cui la distanza tra la posizione esatta del ricevitore e quella ottenuta utilizzando l'apparato ricevente costituisce l'**incertezza del luogo di posizione**.



Per determinare la posizione di un ricevitore è necessario disporre di due luoghi di posizione simultanei, in questo caso due iperboli. E' necessario quindi poter ricevere i segnali da due coppie di stazioni radioelettriche (una delle stazioni può anche lavorare in coppia con le altre due).

Tenuto conto degli errori la posizione del ricevitore sarà collocata all'interno del "**parallelogramma di incertezza**".

# Area di servizio



L'area comune ai due cerchi rappresenta l'**area di servizio** ossia quell'area dove è possibile ricevere sia i segnali della stazione trasmittente A che quella B.

# OMEGA

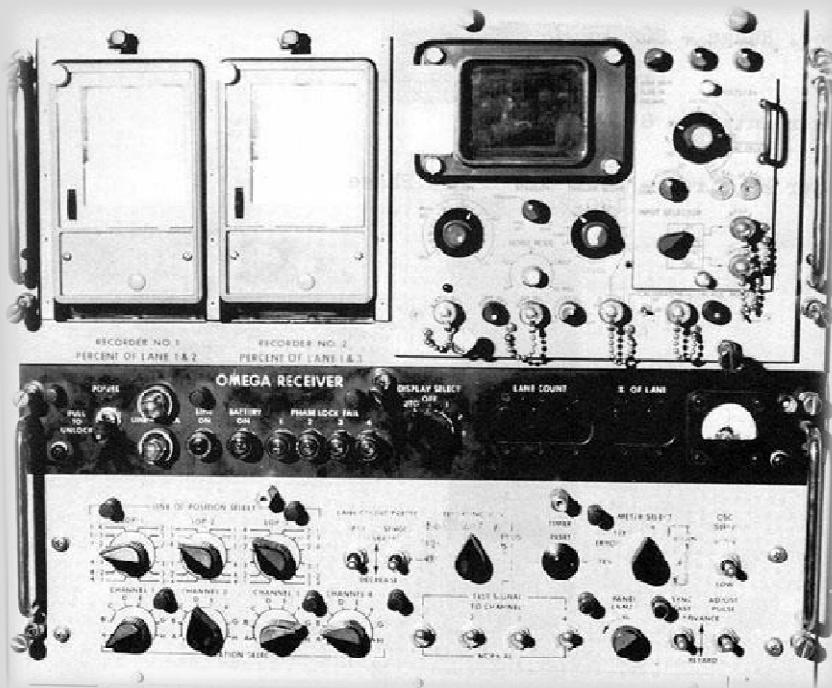
- E' un sistema di navigazione iperbolica che utilizza la differenza di fase per determinare il luogo di posizione.

- la differenza di distanza di distanza si ottiene con la formula:

$$\Delta d = \frac{\Delta\Phi}{2\pi} \cdot \lambda = \frac{\Delta\Phi}{360^\circ} \cdot \lambda$$

- Le 8 stazioni trasmettenti utilizzavano le VLF (10-14 KHz)

- Il sistema è stato definitivamente chiuso il 30 settembre 1997



# LORAN C

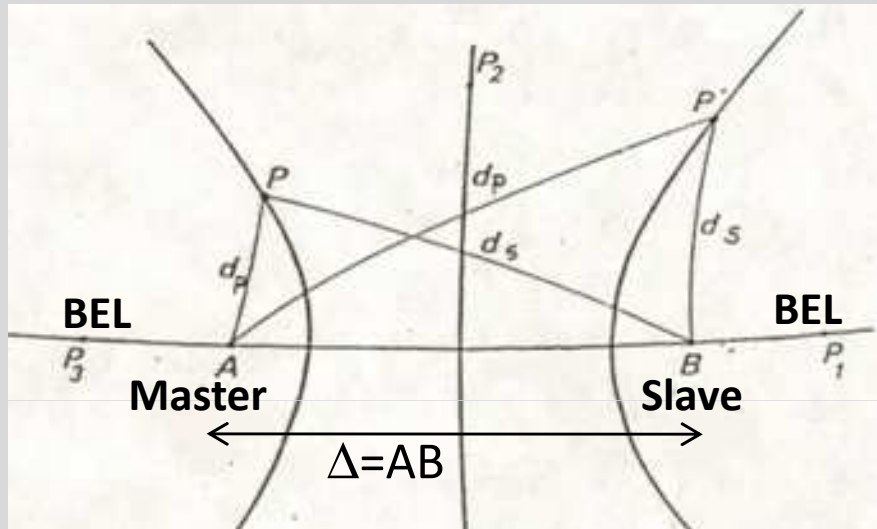
Nel 2010 l'Office of Management and Budget della Casa Bianca ha previsto lo smantellamento della rete di trasmettitori del sistema di radionavigazione LORAN-C, gestito dalla Guardia Costiera americana.

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO



- Per la determinazione del luogo di posizione è necessario ricevere i segnali da una stazione Master (A) e da una stazione Slave (B) poste in località note.
- Le due stazioni poste a distanza  $\Delta$  trasmettono omnidirezionalmente un fissato numero di treni di impulsi al secondo intervallati tra di loro di una quantità costante ; l'emissione degli impulsi non è simultanea ma intervallata di una quantità costante.

- La stazione A trasmette in tutte le direzioni gli impulsi che arrivano alla stazione B dopo un intervallo di tempo  $T=\Delta/c$ .
- La stazione B trasmette a sua volta dopo un intervallo  $\delta$  detto coding delay.



- Il segnale della stazione A, per arrivare al ricevitore, impiega un tempo pari a:

$$t_A = \frac{d_A}{c}$$

- Il segnale della stazione B impiega un tempo pari a:

$$T + \delta + \frac{d_B}{c} = T + \delta + t_B$$

- La differenza di tempo con cui i segnali arrivano al ricevitore è:

$$\Delta t = (T + \delta + t_B) - t_A$$

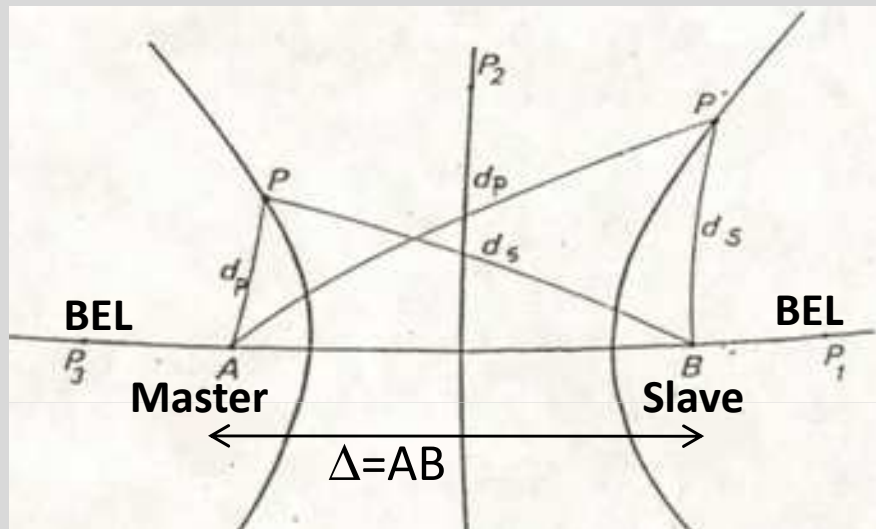
Posizione del ricevitore	$t_A$	$\Delta t$	Valore
P1 (sulla BEL della slave)	$t_A = T + t_B$	$\Delta t = \delta$	minimo
P2 (sulla linea di centro)	$t_A = t_B$	$\Delta t = T + \delta$	intermedio
P3 (sulla BEL della master)	$t_A = t_B - T$	$\Delta t = 2T + \delta$	massimo

# Esame di Stato 2009

## Quesito E

Nella catena GRI 9610 del Loran C la coppia Stazione Master (Boise City) – Stazione Z (Grangeville) ha i seguenti dati: coding delay 65 000 microsecondi,  $T = 4304$  microsecondi.

Il candidato ricavi le letture Loran sui prolungamenti della linea di base e sulla linea di centro, la distanza tra le due stazioni ed illustri il criterio di assegnazione del coding delay.



$$P3 \rightarrow \Delta t = 2T + \delta = 2 \cdot 4304 \mu\text{s} + 65000 \mu\text{s} = 73608 \mu\text{s}$$

$$P2 \rightarrow \Delta t = T + \delta = 4304 \mu\text{s} + 65000 \mu\text{s} = 69304 \mu\text{s}$$

$$P1 \rightarrow \Delta t = \delta = 6500 \mu\text{s}$$

$$D_{\text{Boise-Grangeville}} = T \cdot c = \left( \frac{4304}{10^6} \right) \text{sec} \cdot 300.000 \text{km/s} = 1291 \text{km}$$

## BIBLIOGRAFIA

1	Strumenti e navigazione – Trebbi - Aviabooks
2	Appunti di navigazione iperbolica – Facoltà di Scienze Nautiche