



# **NAVIGAZIONE IPERBOLICA**

# Radionavigazione

Navigation Aid - Radiogoniometria

Direzione di Provenienza dell'onda E.M.

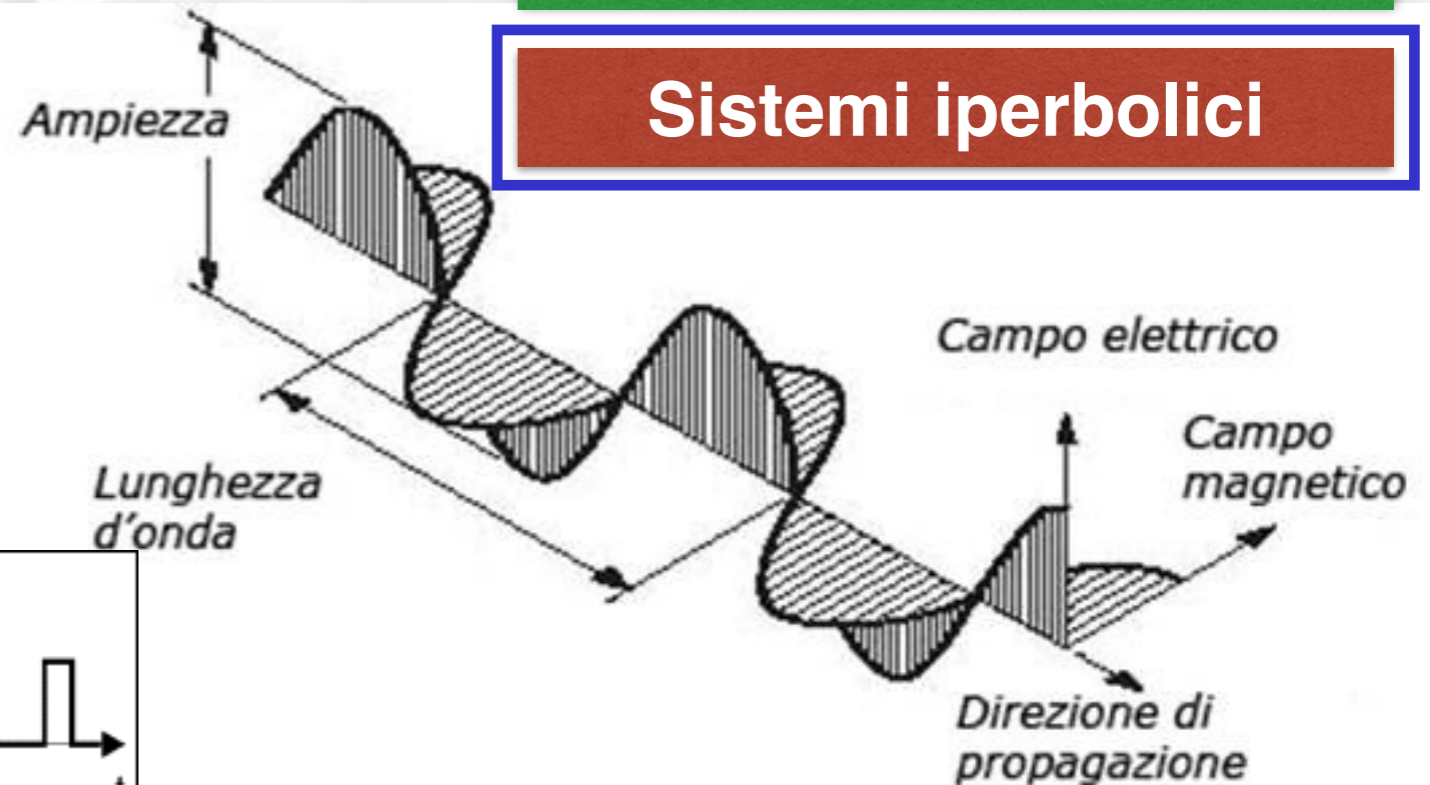
Navigation Systems

Distanza della Sorgente dell'onda E. M.

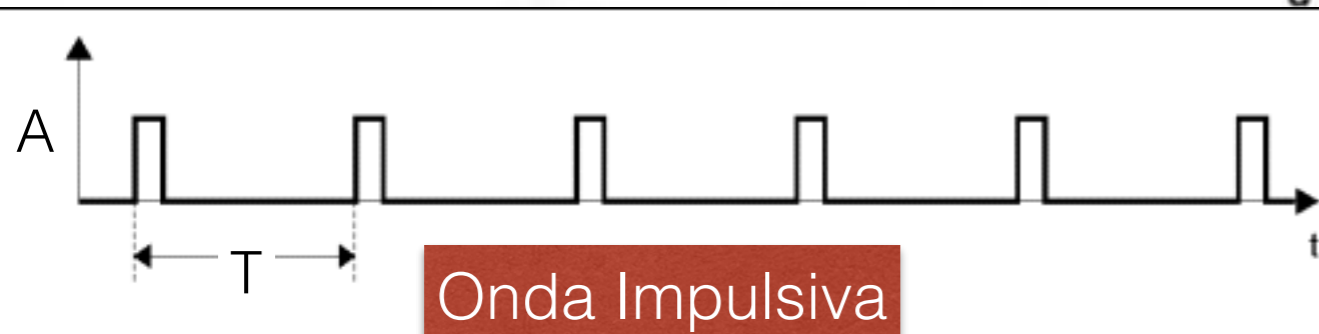
Velocità di propagazione  
 $c = 299792.5 \pm 0.3 \text{ km/s}$

GNSS

Sistemi iperbolici



Onda Continua



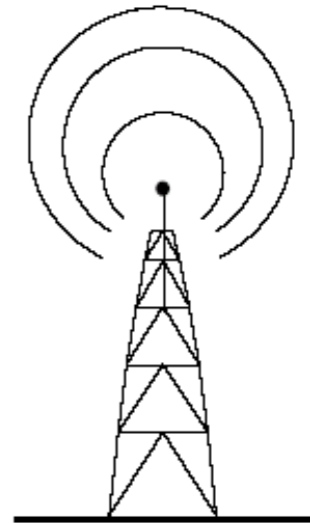
Onda Impulsiva

# Sistemi di Navigazione Radioelettrici



Ricevente

distanza



Trasmittente

Misure di Tempo

Misure di fase

## Misure di Tempo

$$d = c \cdot (t_r - t_e)$$

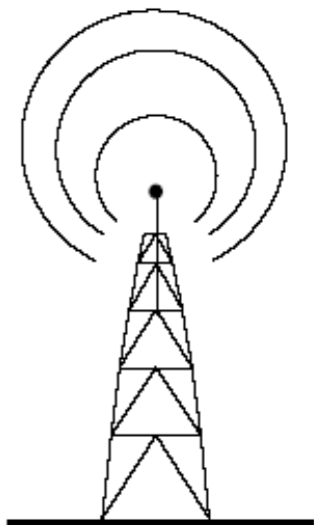


Orologio Atomico



Ricevente

distanza



Trasmittente

## Misure di Fase

$$\varphi_r - \varphi_e = 2\pi f \cdot (t_r - t_e) \quad \leftarrow (t_r - t_e) = \frac{d}{c}$$

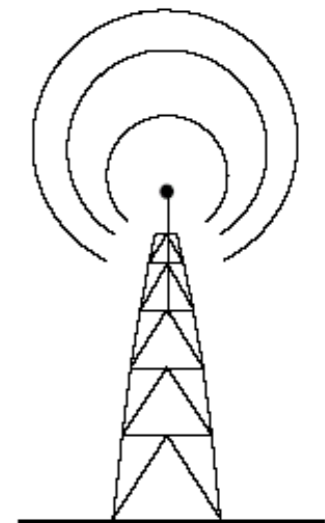
$$\varphi_r - \varphi_e = 2\pi f \cdot \frac{d}{c} \quad \rightarrow \quad d = \frac{c}{2\pi f} \cdot (\varphi_r - \varphi_e)$$



Ricevente

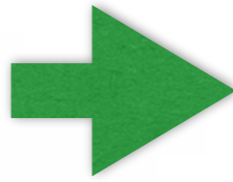


distanza



Trasmittente

Misura di unica  
distanza  $d$



Luogo di Posizione  
(Line of Position - LoP)  
Circonferenza di Distanza

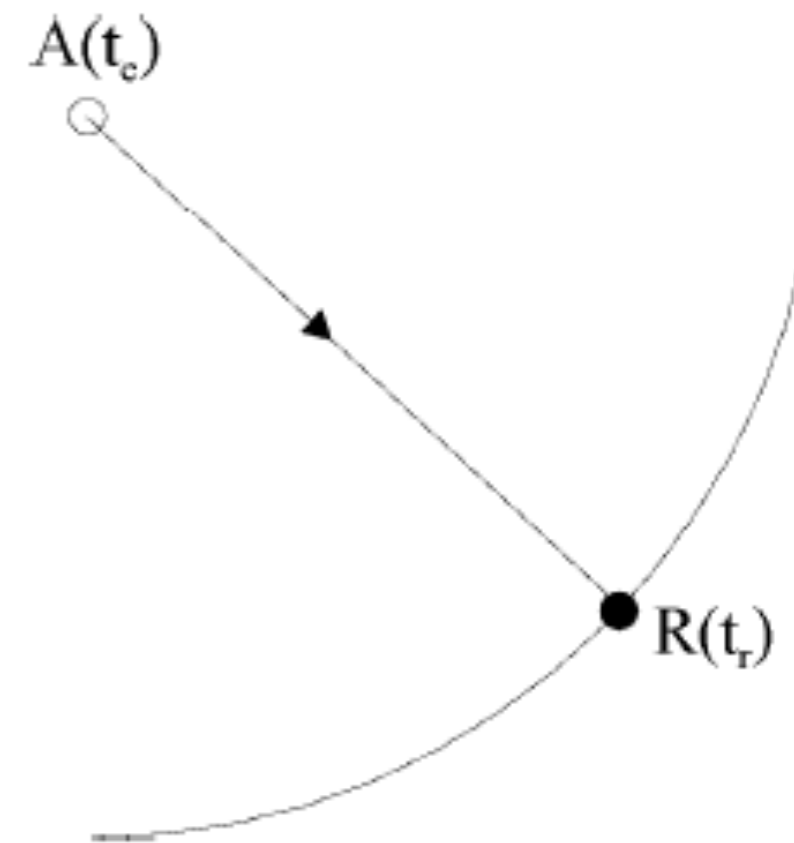
Principale Sorgente di Errore -  
 $\delta d$  dipende da  $\delta t$

Orologi Comuni



Aggiunta di  
Incognita

Utilizzo di Due  
stazioni Emittenti  
simultanee

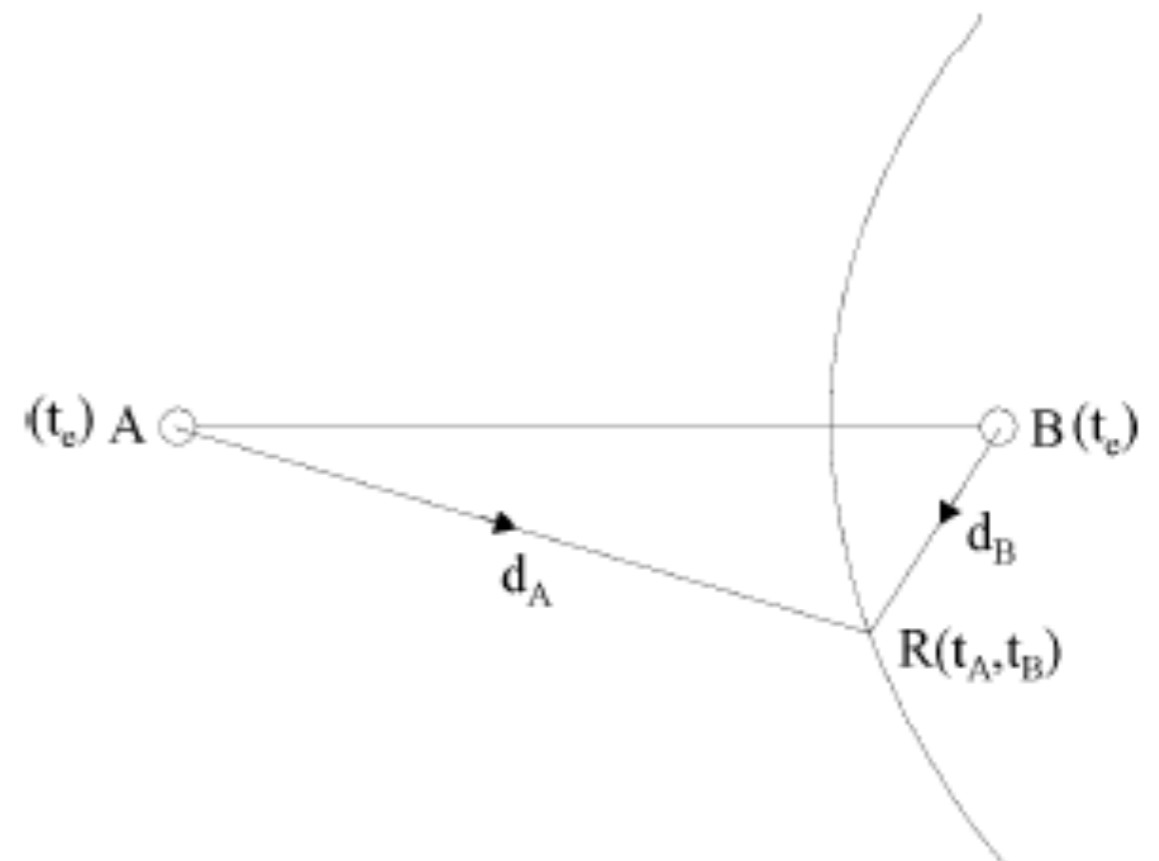


Due trasmettitori A e B che emettono segnali sincronizzati e con stessa cadenza

Il ricevitore R misura  $\Delta t$



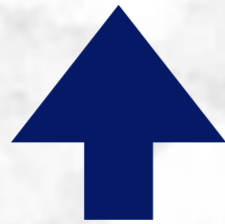
$$\Delta d = d_A - d_B$$



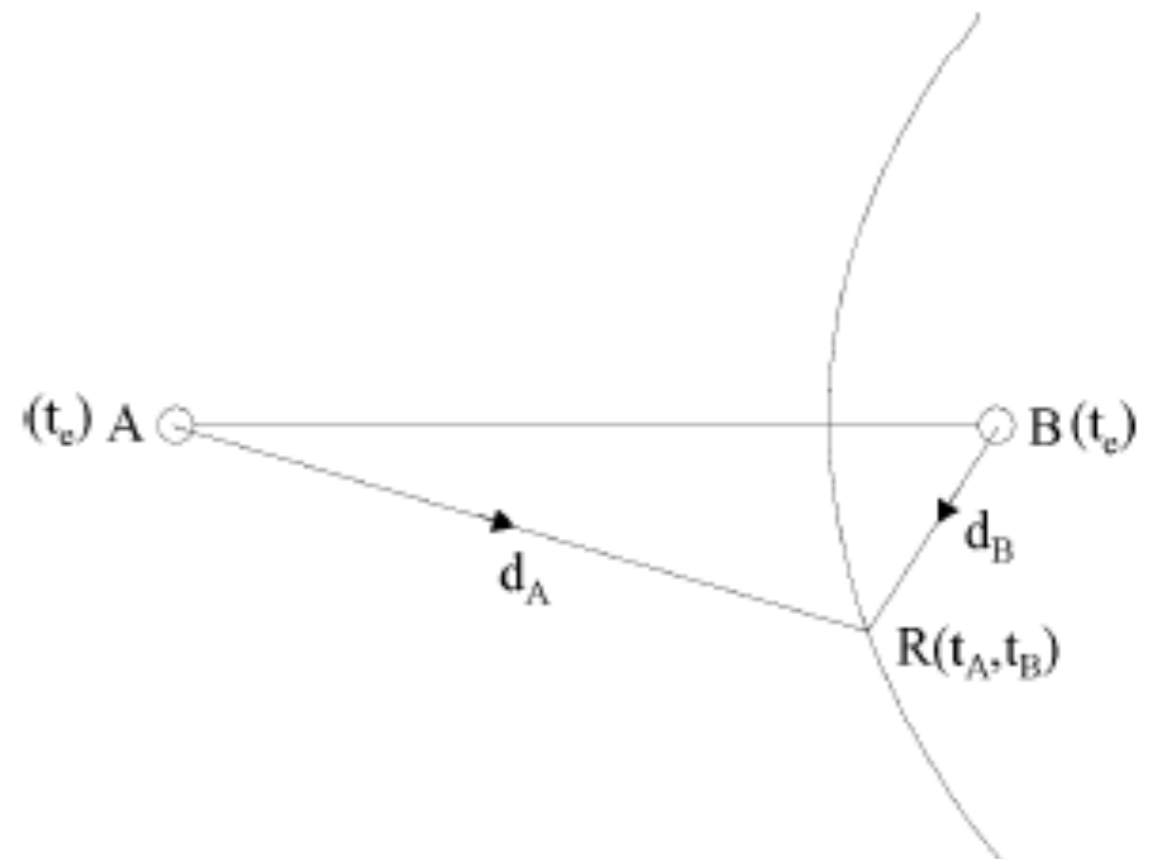
$$\Delta d = d_A - d_B = c \cdot (t_A - t_E) - c \cdot (t_B - t_E)$$

$$\Delta d = d_A - d_B = c \cdot (t_A - t_E - t_B + t_E)$$

$$\Delta d = d_A - d_B = c \cdot (t_A - t_B)$$



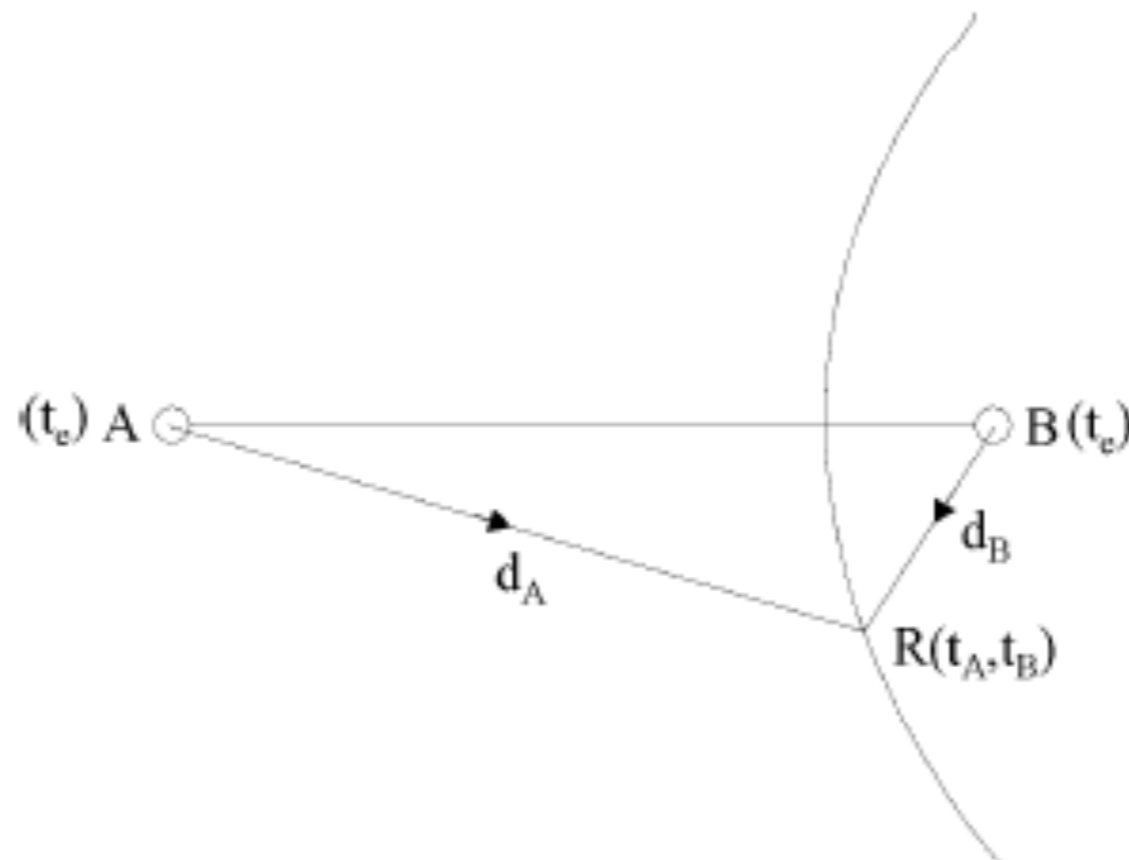
istante di emissione è lo stesso





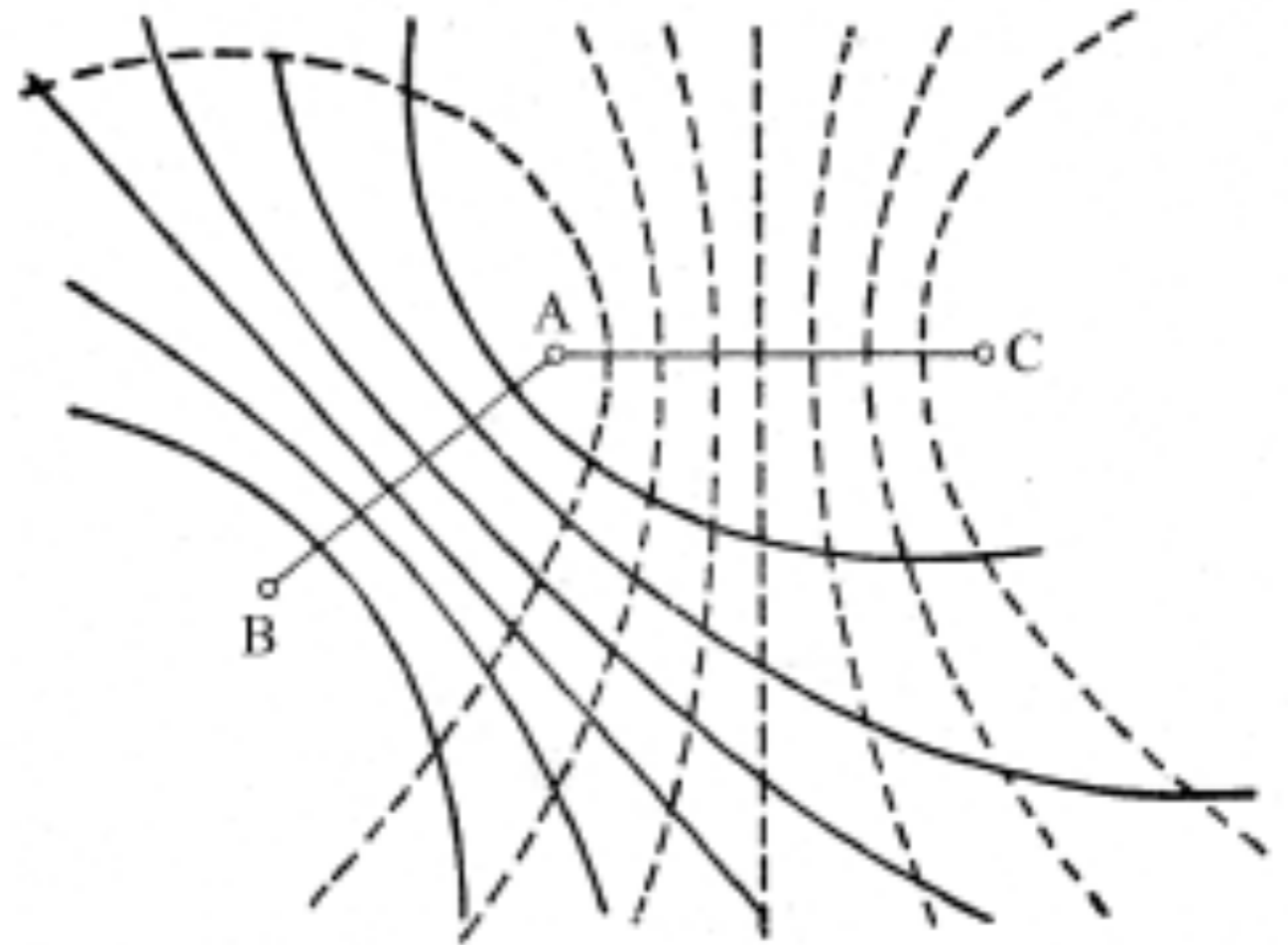
Considerando il caso in cui le onde emesse da A e B siano continue e con stessa frequenza  $f$

$$\Delta d = d_A - d_B = \frac{c}{2\pi f} \cdot (\varphi_A - \varphi_B) = \frac{c}{2\pi f} \Delta\varphi$$



# Luoghi di posizione iperbolici

Fuochi  $\equiv$  Posizione nota  
delle emittenti



Un po' di storia

Prima Guerra Mondiale



Sistema di Microfoni



Posizione dei Cannoni

Un po' di storia

Fine I Guerra Mondiale, Inizio II Guerra Mondiale

Sistema DECCA



Confronto tra Fasi di onde continue

- Ideatore: O'Brien
- Anno: '37
- Frequenze: LF (Sistema a Medio raggio)

Un po' di storia

1947 - 1955

Confronto tra Fasi di onde continue con frequenze VLF

Sistema RADUX



40 kHz

- Ideatore: Pierce
- Anno: '47
- Frequenze: VLF

Sistema OMEGA



10-14 kHz

Un po' di storia

1941-42

Sistemi Iperbolici con Misure di Tempo

Sistema Gee (Inglese)

Sistema Long Range Navigation  
(LORAN)

LORAN A

3 Stazioni

Catena di Stazioni  
USA - CANADA

# Un po' di storia

1944 - 55

SS-Loran  
(Sky-wave Synchronised Loran)



Copertura europea

Sistema Cyclan  
LORAN C



Sistema a  
2 Frequenze

Un po' di storia

1959 - tutt'oggi

LORAN C

Chayka



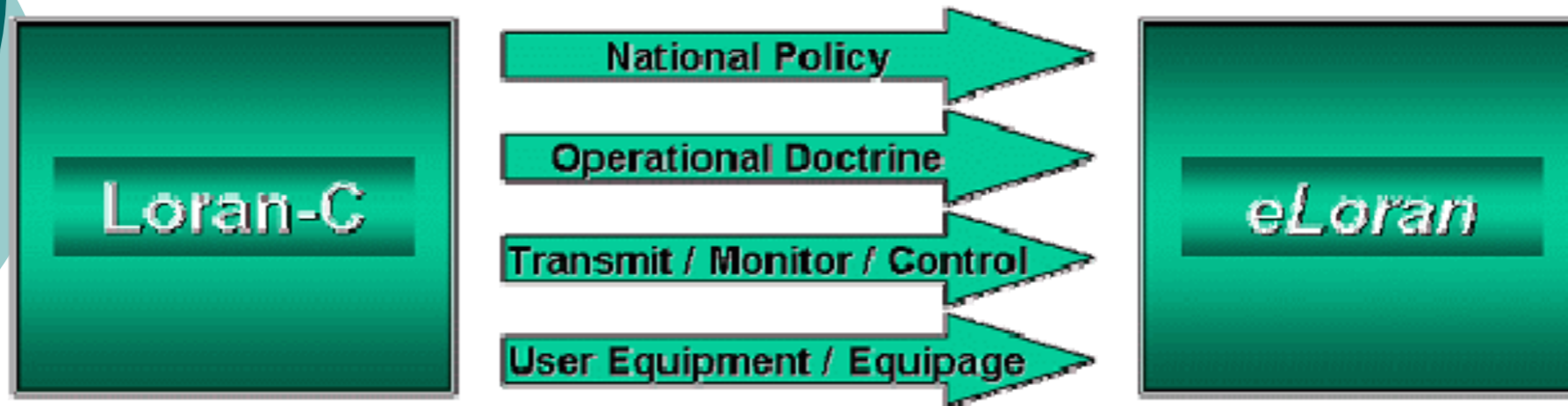
USA- Nord Atlantico -  
Norvegia - Canada

Russo

FAA



# Enhanced Loran (*eLoran*)



- Next generation of Loran
- Provides changes to improve accuracy, reliability, integrity, availability
  - Governmental Policy changes (prop. delay (ASF) tables)
  - Operational changes (TOT control)
  - Transmitter equipment (control, Cs clock, etc.)
    - Data Channel (integrity, dLoran, timing)
  - User equipment (All in view receiver, H field antenna)
- These changes are or are being implemented

12

\* *Enhanced Loran* by Sherman Lo and Benjamin Peterson, Stanford GPS Lab, with contributions from the FAA Loran Evaluation Team, June 2009