

Effetti della ionosfera sulle prestazioni GPS

La presenza della ionosfera provoca mediamente

- un ritardo di gruppo del segnale ricevuto e corrispondente anticipo di fase della portante
- Rotazione della polarizzazione (effetto Faraday)
- Rifrazione angolare

Le variazioni a tempi brevi delle caratteristiche ionosferiche provoca

- Deviazione di frequenza (Doppler shift)
- Distorsione delle forme d'onda
- Scintillazioni (ampiezza e fase)

L'errore di distanza totale è molto aleatorio e può variare da pochi metri a qualche centinaio di metri

Le frequenze usate nei sistemi GPS sono molto maggiori della frequenza di plasma della ionosfera così che l'indice di rifrazione risulta molto prossimo all'unità sia per l'onda ordinaria che per l'onda straordinaria

$$n \approx 1 - \frac{\alpha N}{2f^2}$$

dove $\alpha = \frac{q_e^2}{m_e \epsilon_0} = 8.97 \text{ [Hz}^2\text{m}^3\text{]}$

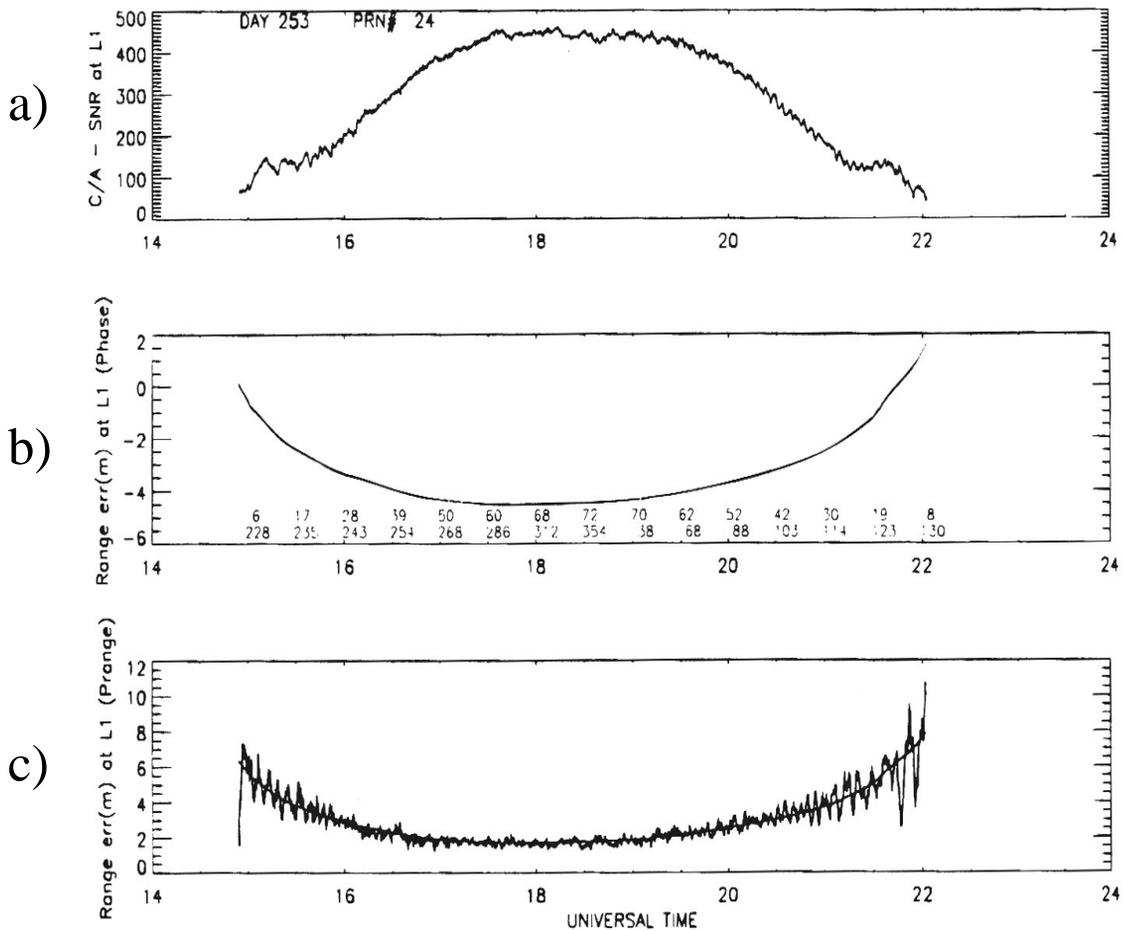
N : concentrazione elettronica [m^{-3}]

f : frequenza di lavoro [Hz]

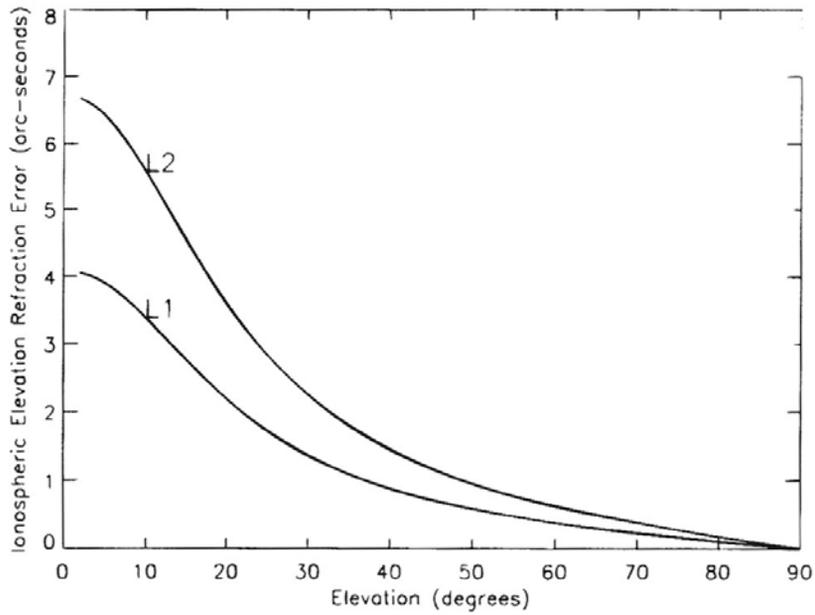
il ritardo di gruppo è $\Delta t = \int_{\text{path}} \left(\frac{1}{cn} - \frac{1}{c} \right) d\ell$

ed in prima approssimazione risulta proporzionale al Total Electron Content (TEC) del percorso

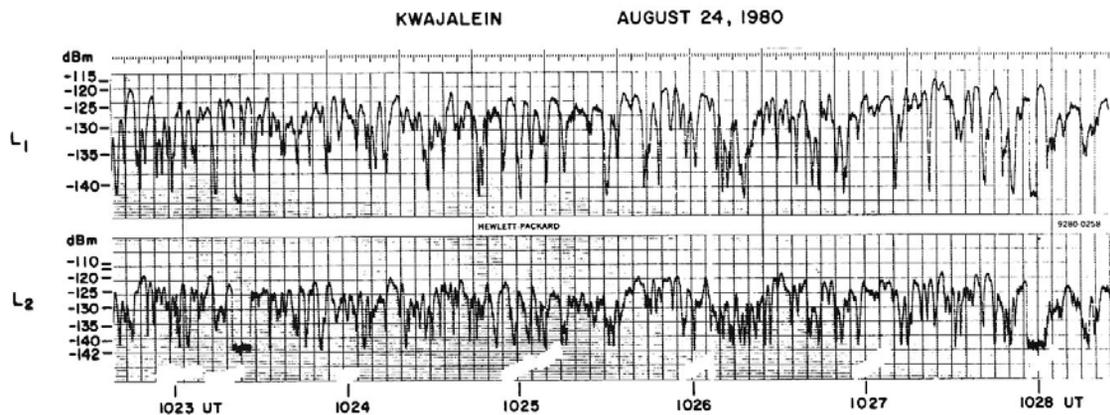
$$\Delta t \approx \frac{\alpha}{2c f^2} \underbrace{\int N d\ell}_{\text{TEC}}$$



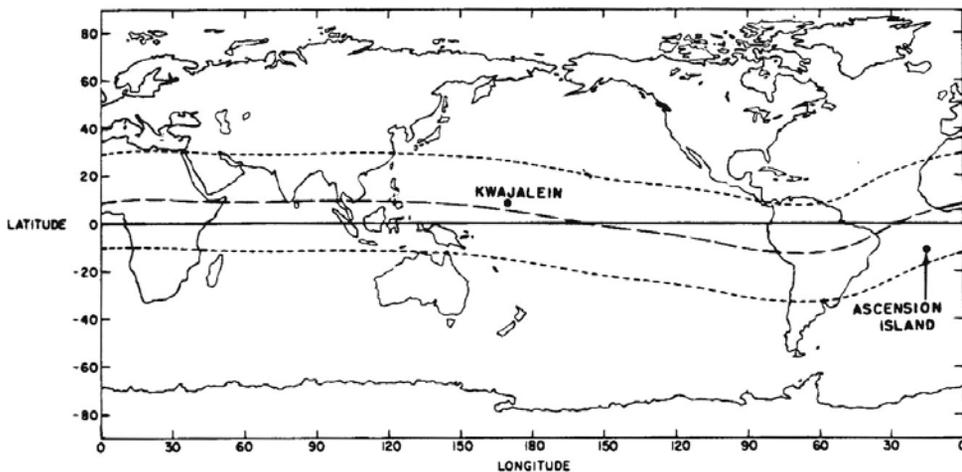
- a) andamento del rapporto segnale-rumore relativo alla portante L1 di un singolo satellite;
- b) errore relativo di distanza calcolato in base alla fase delle due portanti
- c) errore assoluto di distanza calcolato in base al ritardo di gruppo nel codice P.



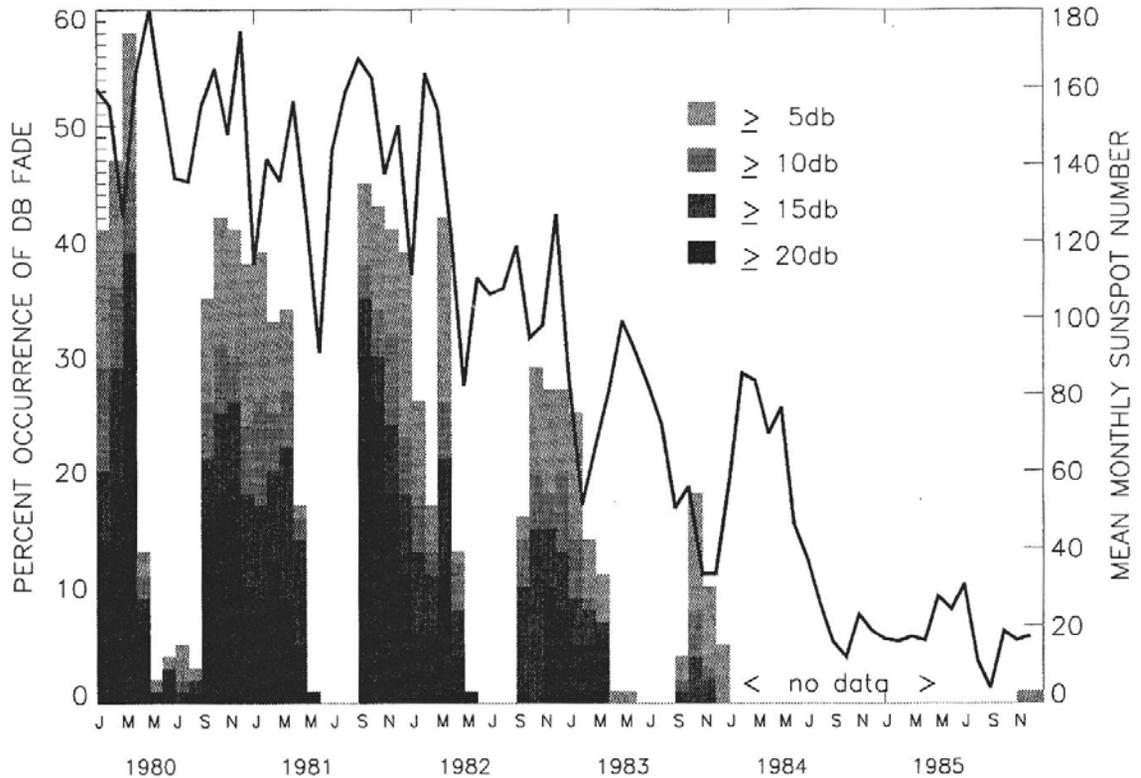
rifrazione ionosferica (in secondi di grado) al variare dell'elevazione per le portanti L1 e L2.



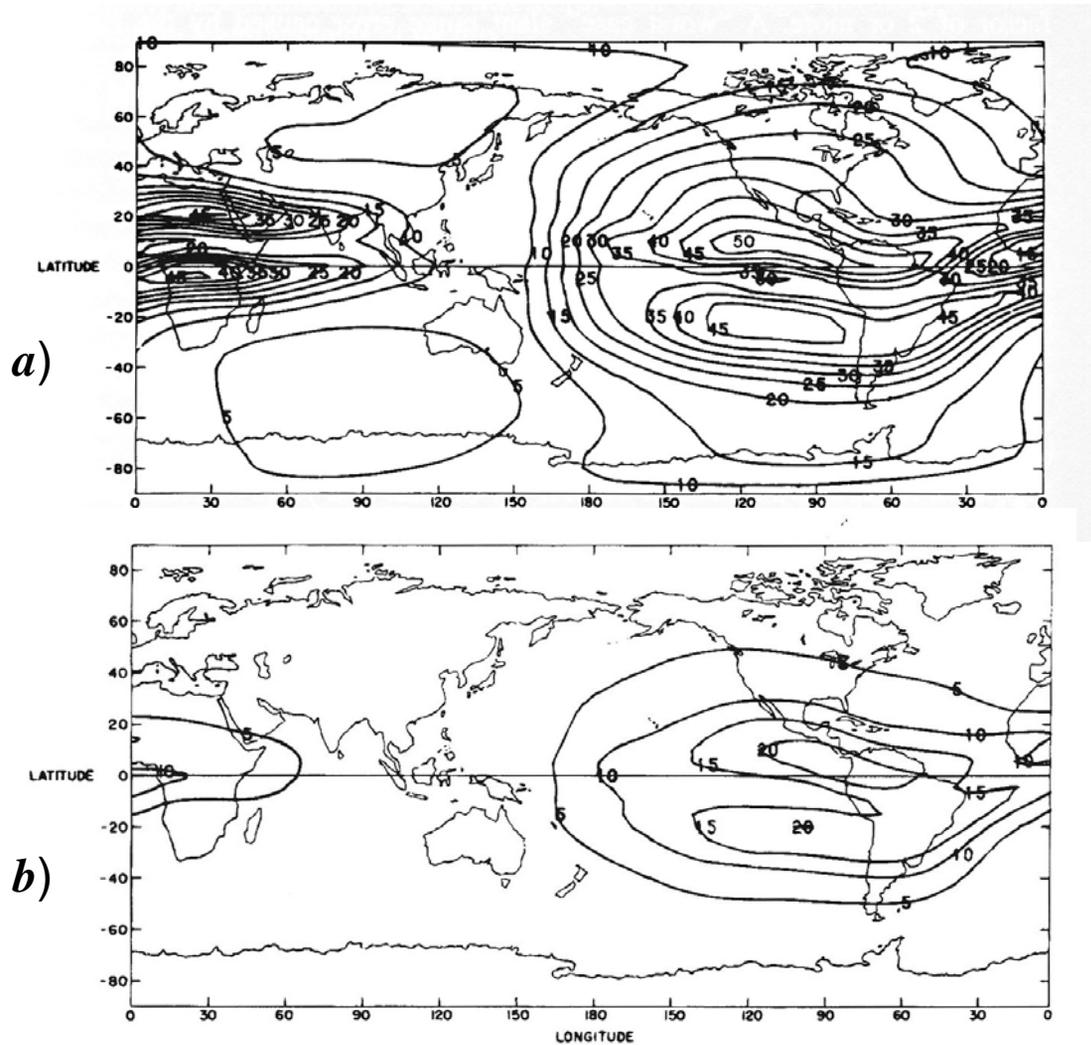
scintillazioni con forti evanescenze, maggiori di 15 dB, misurate sulle portanti L1 e L2 nell'isola di Kwajalein, nell'oceano Pacifico



le regioni in cui avvengono le scintillazioni più intense sono quelle vicine alle linee a tratteggio breve, la linea a tratteggio più lungo indica l'equatore magnetico terrestre



evenienza di scintillazioni a 1.5 GHz per vari livelli di profondità, osservate nell'isola di Ascensione (oceano Atlantico meridionale).



linee a pari ritardo [ns] riferito allo zenit, dovuto a propagazione ionosferica. I dati derivano da misure sulla portante L1 effettuate *a)* intorno all'equinozio di marzo 1990, anno di alta attività solare (sunspot number 153) e *b)* all'equinozio di marzo 1995, anno di minima attività solare (sunspot number 10)

Effetti della troposfera sulle prestazioni GPS

La presenza della troposfera provoca mediamente

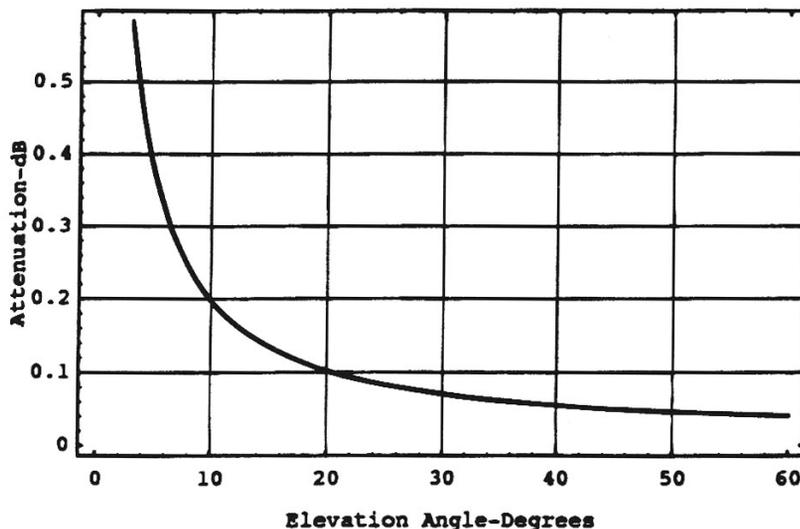
- ritardo di gruppo del segnale ricevuto e corrispondente anticipo di fase della portante
- attenuazione (ossigeno, pioggia, ...)
- rifrazione angolare

Le variazioni a tempi brevi delle caratteristiche troposfera

- Scintillazioni (ampiezza e fase)

L'errore di distanza totale è molto meno aleatorio di quello dovuto alla ionosfera e, di norma, non supera qualche decina di metri

attenuazione dovuta a pioggia (100 mm/h)



probabilità cumulativa del valore quadratico medio delle scintillazioni.

