



Marica Franzini

Laboratorio di Geomatica - DICAr

Università di Pavia

email: marica.franzini@unipv.it



Principi di posizionamento

Seconda Parte

Posizionamento di codice

Abbiamo visto alla lezione precedente come sia possibile determinare la posizione del ricevitore utilizzando la componente impulsiva del segnale.

Questo tipo di posizionamento è tipicamente utilizzato dai ricevitori a basso costo che vengono infatti indicati con il termine “ricevitori di codice”.

La semplicità nell’utilizzo e nell’elaborazione dei dati rendono questo approccio il più usato in moltissimi ambiti soprattutto poiché è sufficiente un’unica osservazione effettuata verso i satelliti in vista per risolvere il problema.

La qualità di tale soluzione non è però idonea agli scopi topografici/geomatici e bisogna quindi ricorrere a misure sulla componente portante del segnale.

Posizionamento con misure di fase – 1

La determinazione del tempo di volo utilizzando la componente portante viene indicata con il termine misura di fase.

La tecnica che sta alla base di questa misura è la medesima vista per i codici. Tuttavia per il fatto che le onde elettromagnetiche hanno comportamenti periodici, l'utilizzo dell'onda portante è più complesso.

Perché si effettuano misure di fase?

La qualità con cui viene determinato lo pseudorange è migliore di quella ottenuta effettuando misure di codice.

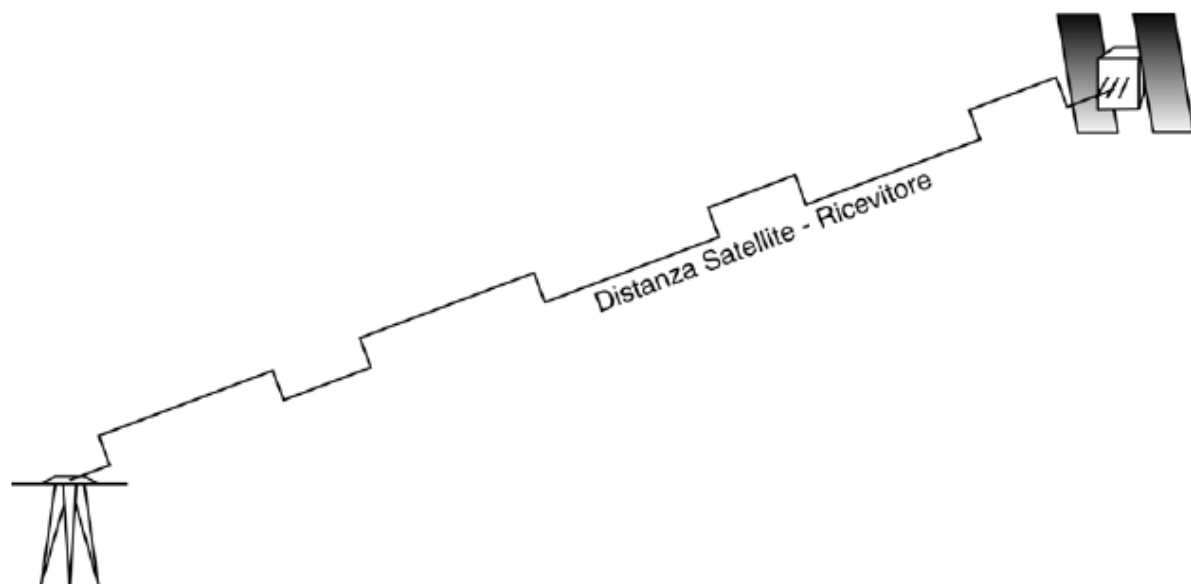
Posizionamento con misure di fase – 2

Anche se verrà meglio affrontato nelle dispense relative agli errori di posizionamento, viene qui introdotto un concetto importante: la scelta della parte di segnale da utilizzare influenza notevolmente la qualità con cui si effettua il posizionamento.

In particolare, poiché il tempo di volto si determina attraverso un procedimento di correlazione tra il segnale emesso dai satelliti e quello generato localmente dal ricevitore, il lavoro effettuato dal correlatore interno gioca un ruolo chiave.

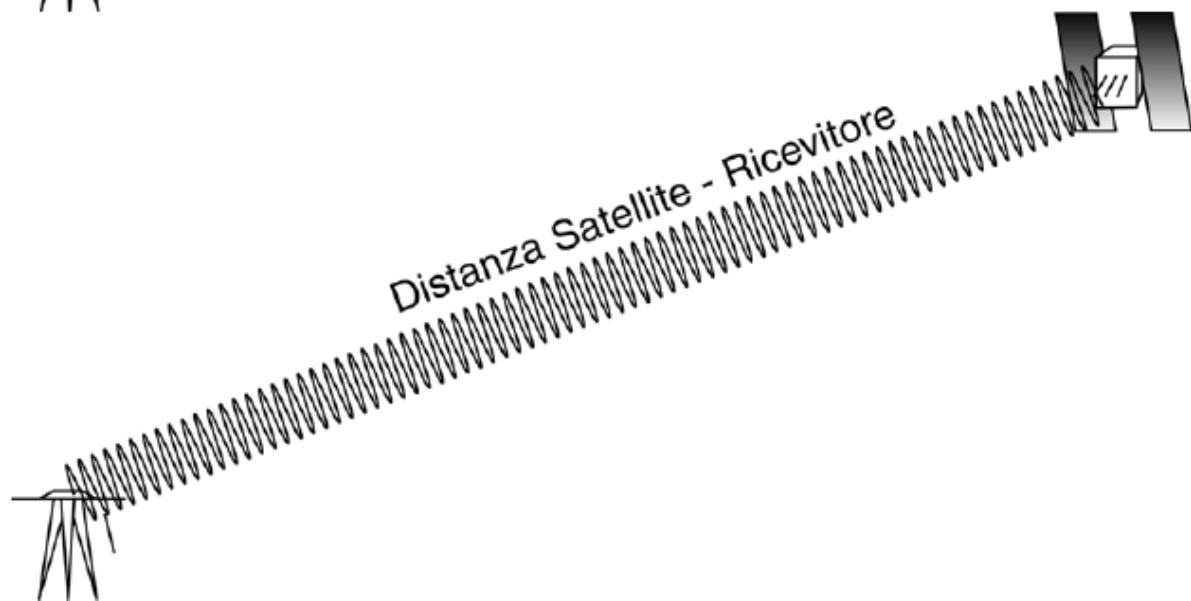
La qualità di tale operazione è strettamente legata alla lunghezza d'onda del segnale utilizzato: più la lunghezza d'onda è piccola migliore è la stima dello pseudorange.

Posizionamento con misure di fase – 3



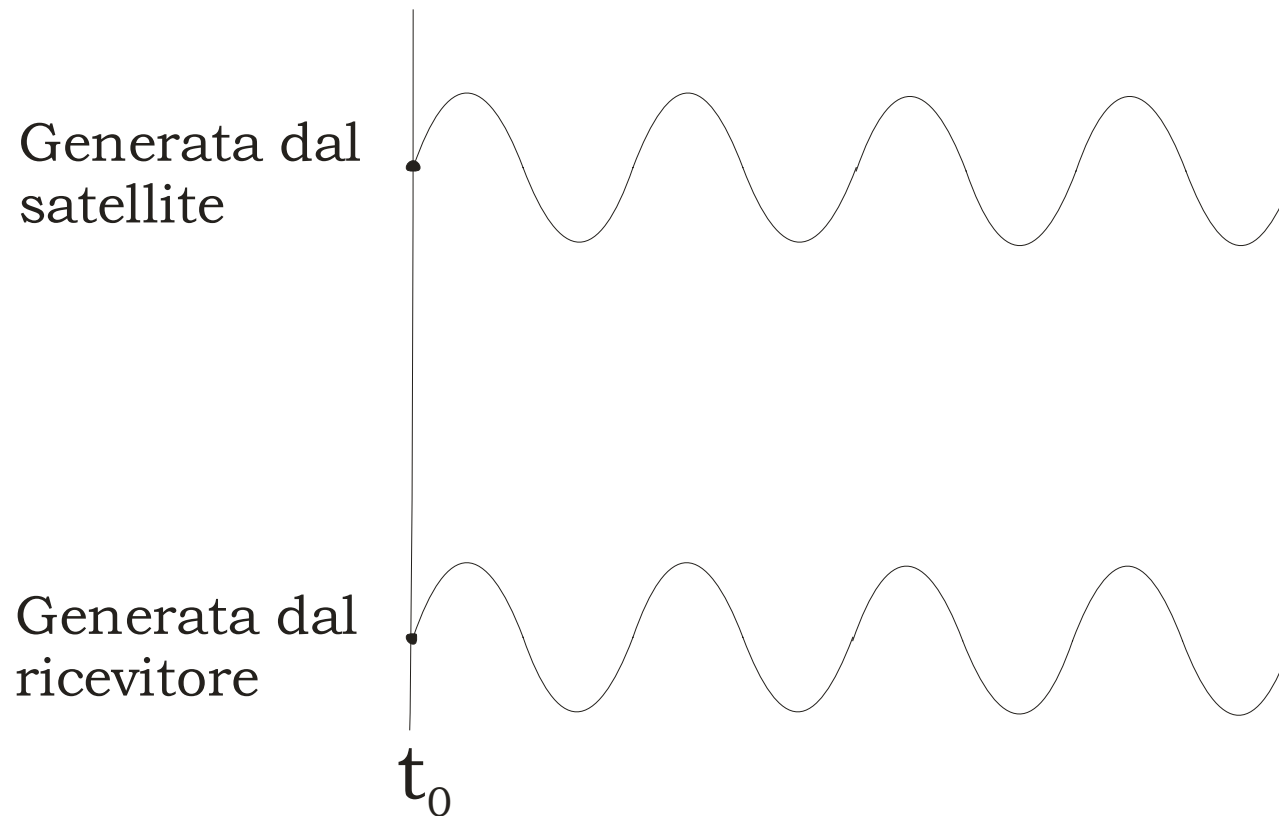
Lunghezze d'onda:

- C/A: 300 m
- P: 30
- L_1 : 19 cm
- L_2 : 19 cm

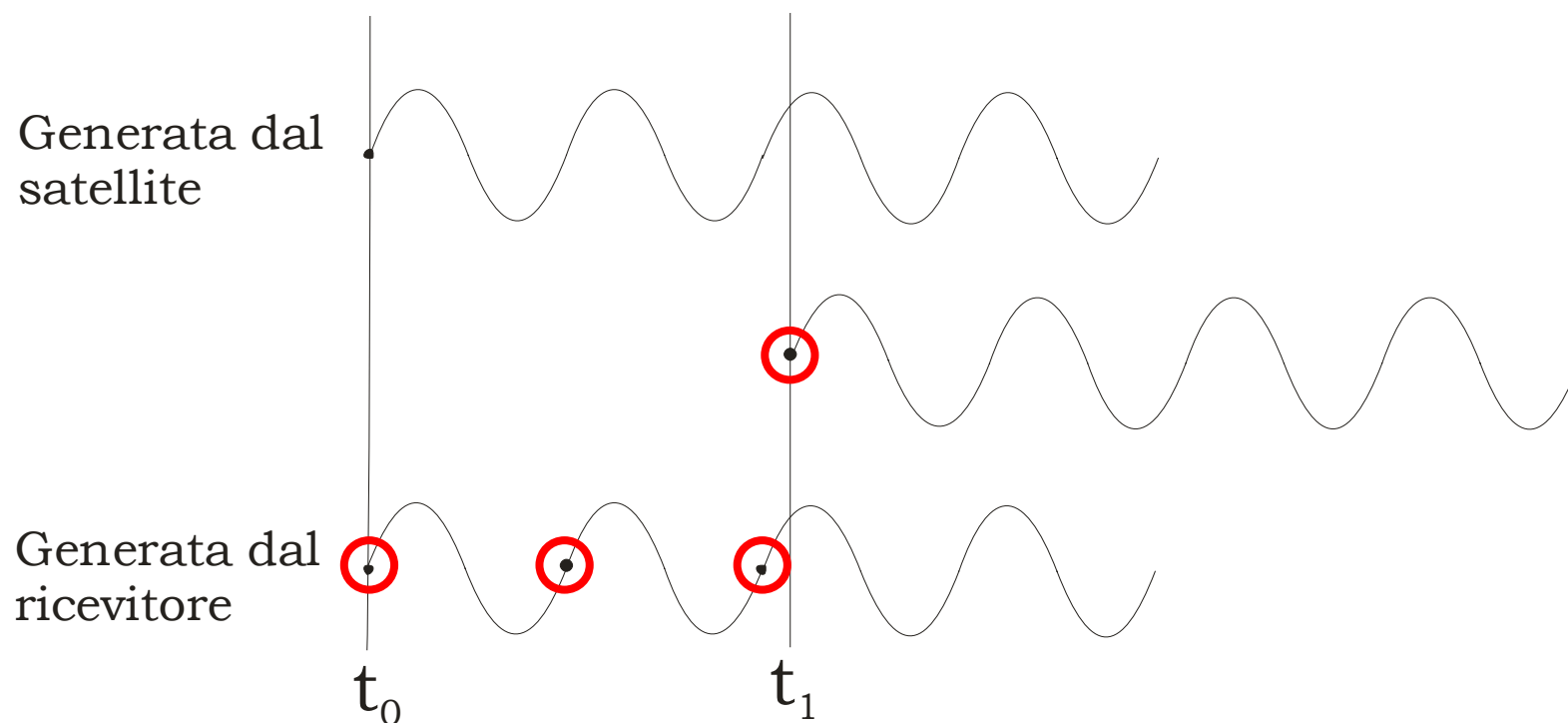


Posizionamento con misure di fase – 4

Il meccanismo utilizzato è del tutto analogo a quello illustrato per le misure di codice solo che il ricevitore determina il tempo di volo correlando la componente portante del segnale.



Posizionamento con misure di fase – 5



Quando si effettuano misure di fase si introduce un'incertezza connessa all'andamento ciclico dell'onda.

Qual è la corretta porzione di segnale da correlare per determinare lo pseudorange?

Misura di distanza in termini di lunghezze d'onda

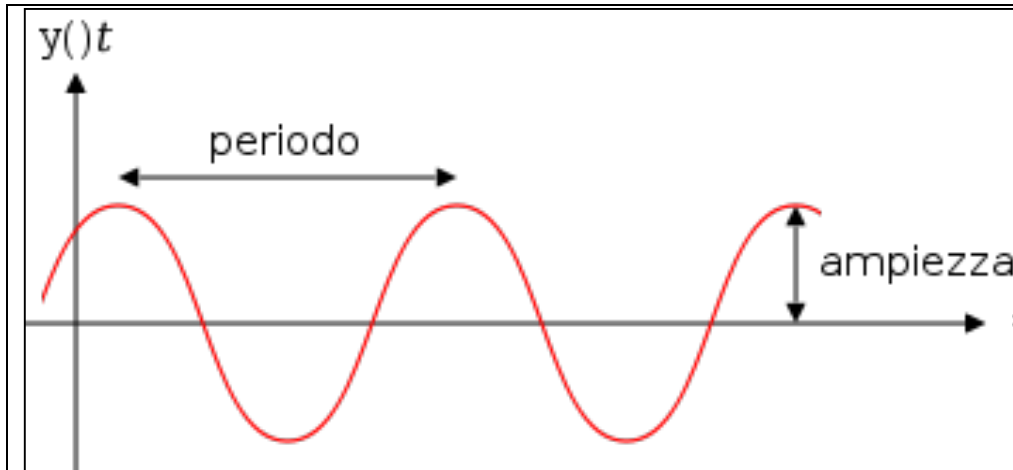


Grafico nel tempo

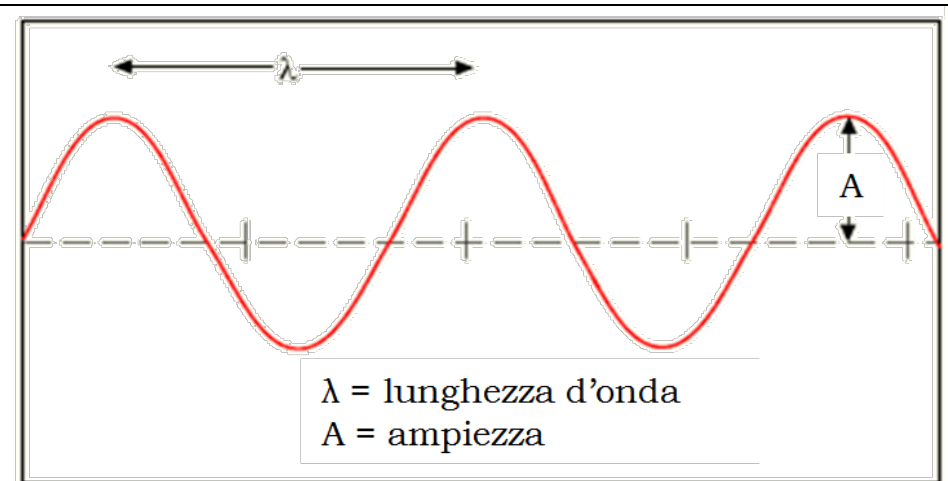
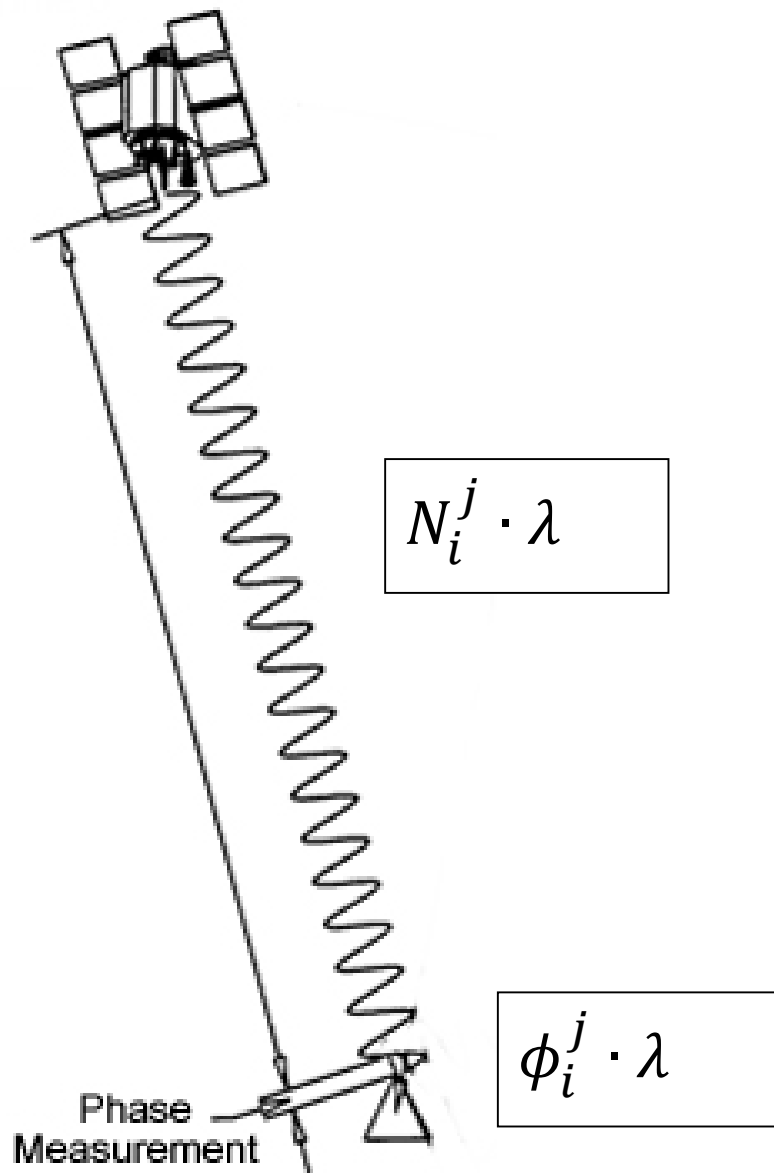


Grafico nello spazio

Abbiamo visto che il moto di un onda può essere visto in termini di tempo e di spazio.

Possiamo correlare la misura di fase con la distanza attraverso la misura del numero di cicli che l'onda compie; ogni singolo ciclo avrà dimensione pari alla lunghezza d'onda.

Posizionamento con misure di fase – 6



Il range tra il satellite j ed il ricevitore i può essere espresso come la somma di due quantità:

- Il numero intero di cicli: $N_i^j \cdot \lambda$
- La parte frazionaria: $\phi_i^j \cdot \lambda$

Per cui:

$$p_i^j = N_i^j \cdot \lambda + \phi_i^j \cdot \lambda$$

Posizionamento con misure di fase – 7

La parte frazionaria viene misurata senza problemi dal ricevitore mentre il numero di cicli interi rimane un'incognita.

Usando un'analogia comune per spiegare il posizionamento di fase, è come se disponessimo di un orologio dotato unicamente della lancetta dei minuti: sappiamo determinare correttamente la parte frazionaria (minuti) ma non l'ora della giornata in cui siamo.

Tenendo conto anche degli asincronismi degli orologi (introdotti alla lezione precedente) possiamo scrivere:

$$\begin{aligned}r_i^j &= p_i^j + (\delta t^j \cdot c) - (\delta t_i \cdot c) \\ &= N_i^j \cdot \lambda + \phi_i^j \cdot \lambda + (\delta t^j \cdot c) - (\delta t_i \cdot c)\end{aligned}$$

Posizionamento con misure di fase – 7

Separando incognite e termini noti, l'equazione di **pseudorange di fase** sarà:

$$\phi_i^j \cdot \lambda + (\delta t^j \cdot c) = r_i^j + (\delta t_i \cdot c) - N_i^j \cdot \lambda$$

Dove:

- ϕ_i^j : è la parte frazionaria dell'onda correlata - noto
- $(\delta t^j \cdot c)$: è l'offset dell'orologio del satellite - noto
- r_i^j : è la distanza geometrica vera contenente le coordinate del punto - 3 incognite
- $(\delta t_i \cdot c)$: è l'offset dell'orologio del ricevitore - 1 incognita
- $N_i^j \cdot \lambda$: è il numero di cicli interi percorsi dall'onda - 1 incognita

N_i^j è denominata **ambiguità di fase**.

Ambiguità di fase - 1

In letteratura sono proposti molti metodi che consentono il calcolo dell'ambiguità e si basano essenzialmente sull'osservazione del satellite per più epoche di misura.

Questo è vero sotto l'ipotesi che N_i^j rimanga la stessa ovvero sia mantenuto il contatto con il satellite tra le varie epoche di misura.

La perdita di contatto con i satelliti è detta *cycle slip* e comporta l'introduzione di una nuova ambiguità di fase ad ogni interruzione.

Ambiguità di fase – 2

La procedura per cui un ricevitore acquisisce dati per determinare l'ambiguità di fase iniziale si definisce: **inizializzazione del rilievo**.

Note le ambiguità, il modello “pseudorange di fase”, da un punto di vista del bilancio incognite/equazioni equivale al modello “pseudorange di codice”.