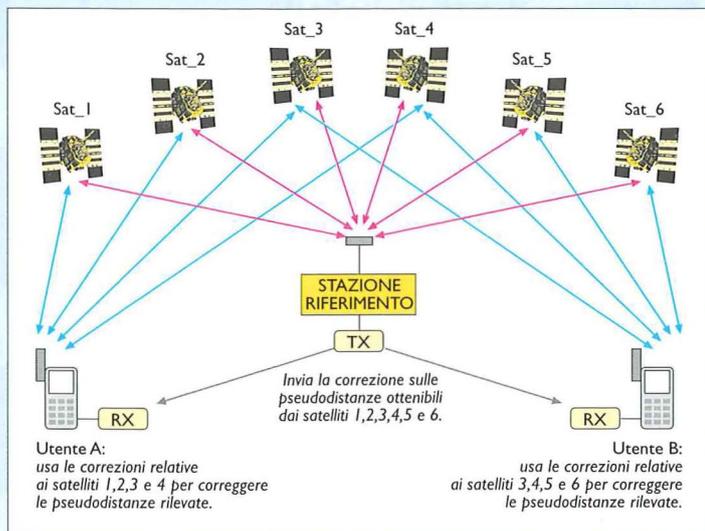


## Migliorare la precisione

Una delle tecniche più utilizzate per migliorare la precisione di posizionamento ottenibile dal GPS è quella di tipo differenziale e si basa su un'idea molto semplice: dato un ricevitore GPS situato in una posizione particolarmente ben nota, è in linea di principio possibile determinare l'errore nella posizione calcolata dal ricevitore e trasmettere questa informazione, quale valore di correzione, ad altri ricevitori GPS operanti nella stessa zona. In pratica l'applicazione di questo concetto risulta più complessa, ma non per questo incomprensibile. Infatti l'errore nella posizione dipende, come abbiamo visto nelle puntate precedenti, dai singoli errori che si verificano nel calcolo delle distanze dai satelliti GPS utilizzati in un determinato istante; tali errori sono dovuti a diverse cause, errori nella stima della posizione del satellite, errori dovuti alla propagazione delle onde radio nell'atmosfera, errori dovuti a scostamenti nelle misure temporali, ma la principale delle cause di errore rimane sempre la degradazione denominata "Selective Availability" (o SA) introdotta dal governo americano. Con la tecnica differenziale si possono ottenere precisioni dell'ordine del metro con errori intorno ai 5/10 metri. Utilizzando però tecniche più sofisticate è possibile abbattere la barriera del metro e, con alcune importanti limitazioni operative, raggiungere anche la precisione del centimetro. In questa puntata espansa del Tutorial GPS indagheremo sul funzionamento dei due sistemi.

### Il metodo della Correzione Differenziale

La tecnica della Correzione Differenziale prevede che un ricevitore posto in posizione nota venga usato per misurare l'errore presente in ogni singolo rilevamento di distanza ottenibile da tutti i satelliti visibili in quella zona di cielo, nel determinato istante. Poiché la posizione del ricevitore è nota, così come lo è quella di ogni veicolo della costellazione GPS, è possibile ricavare l'entità dell'errore applicando una sorta di procedimento inverso a quello della determinazione della posizione. L'informazione di errore, se si escludono eventuali errori presenti nel ricevitore di riferimento, è abbastanza indipendente da altri fenomeni può essere inviata a ricevitori GPS (in grado di riceverla) che potranno applicarla quale valore di correzione ai rilevamenti di distanza da essi utilizzati per il calcolo della posizione. Poiché l'errore introdotto dalla SA varia lentamente con il tempo, l'informazione di correzione può rimanere valida per qualche decina di secondi e subisce una progressiva perdita di efficacia rendendone dunque necessaria una pressoché continua trasmissione. Il parametro temporale che definisce l'utilizzabilità di un messaggio di correzione differenziale è denominato Tempo di Latenza.



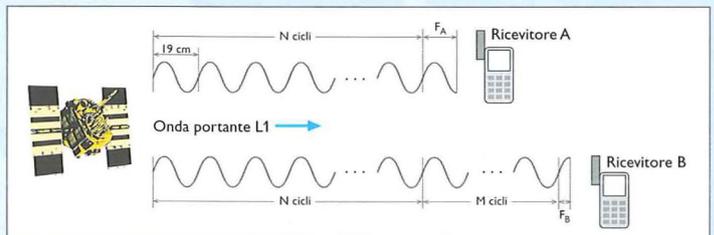
Il ricevitore usato per calcolare la correzione differenziale prende il nome di Stazione di Riferimento ed è un tipo di ricevitore GPS facilmente reperibile in commercio. Quasi tutti i ricevitori commer-

ciali, anche per uso convenzionale, sono oggi predisposti a ricevere valori di correzione differenziale espressi in un formato standardizzato denominato RTCM (GEOmedia 1/97). L'informazione di correzione può essere inviata al ricevitore in diversi modi, dei quali il preferito è usualmente la radio. Con una correzione differenziale di questo tipo si può ottenere un miglioramento della precisione di posizionamento pari a circa un ordine di grandezza cioè, in altre parole, si può arrivare a ridurre l'errore di posizionamento a circa 5/10 metri (nelle condizioni migliori).

L'applicabilità della correzione differenziale basata su rilevamenti di distanza convenzionali, o più brevemente la Correzione Differenziale sul Codice, può essere estesa anche ad aree geografiche vaste se si dispone di un'adeguata rete di stazioni di riferimento e, soprattutto, di un sistema sufficientemente economico e pratico per la trasmissione del messaggio di correzione. Il sistema più adottato nel mondo è quello di diffondere correzioni differenziali con convenzioni di abbonamento, utilizzando le emissioni radiofoniche in FM ed in particolare la sottoportante dati nota come RDS. Esistono ditte che forniscono tali servizi su scala nazionale (ma non in Italia) e che producono anche piccoli ricevitori da abbinare al ricevitore GPS per poter risolvere la posizione dell'utente con precisioni del metro.

### I metodi basati sulla Fase della Portante

E' possibile migliorare ulteriormente la precisione del posizionamento, mediante elaborazioni del segnale ricevuto dai satelliti GPS, secondo tecniche non previste nel progetto originale del sistema. Per comprendere queste tecniche bisogna risalire ai fondamenti del segnale radio emesso dai satelliti il quale, per quanto complesso, è basato come tutte le emissioni radio su un'onda portante che nel ricevitore può essere isolata dalle informazioni trasmesse. Quest'onda portante varia nel tempo con andamento sinusoidale e compie un determinato numero di "cicli" (pari alla frequenza in Hertz di emissione) al secondo. Questo numero è così elevato che, alla frequenza L1 del GPS, lo spazio "percorso" dal segnale nel corso di una sinusoide è di circa 20 cm, cioè è pari alla "lunghezza d'onda" dell'onda portante.



Se fosse possibile contare il numero delle sinusoidi si potrebbe disporre di una risoluzione in distanza altrettanto precisa quanto la lunghezza d'onda. Se invece si andasse a misurare anche la porzione di sinusoide (e cioè la "fase" del segnale in un determinato istante) si potrebbe arrivare a misurare la distanza in frazioni di sinusoide e dunque arrivare a precisioni dell'ordine del singolo centimetro!

Volendo ricorrere ad un'analogia non è difficile ricollegarsi alle onde emesse da un sasso gettato in uno specchio d'acqua calmo. Le onde che dipartono dal centro di emissione sono di tipo sinusoidale e contandole è possibile risalire alla distanza dell'osservatore dalla cosiddetta sorgente del segnale. Infatti la ripetizione dell'onda è caratterizzata da un periodo pressoché costante equiparabile alla distanza percorsa dall'onda nell'unità di tempo (la famosa "lunghezza d'onda"). Se poi ci si riferisse alla cresta dell'onda, oppure ad un altro punto significativo, si potrebbe aumentare la precisione della misura. Il problema principale in questo tipo di tecnica è che le sinusoidi dell'onda portante sono ovviamente indistinguibili una dall'altra. Come nel caso dello stagno, se si potesse avere una visione completa del fenomeno e contare tutte le sinusoidi dalla sorgente all'osservatore sarebbe allora possibile determinare la distanza. Ma l'osservatore può di solito determinare solo l'istante di arrivo di una sinusoide senza realmente sapere quante sono quelle intercorse. Questo tipico problema si chiama Ambiguità di Fase.

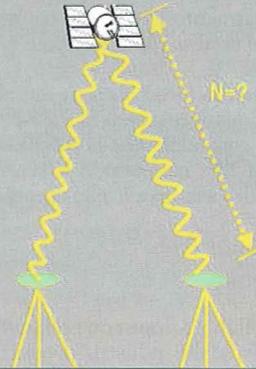
Per ovviare all'Ambiguità di fase si ricorre ad una tecnica che ad un primo esame richiama quella differenziale, ma che in realtà risale ai principi dell'interferometria e come tale è largamente utilizzata, ad

### Come la Misura di fase della portante consente di determinare una distanza ?

- 2 stazioni GPS devono osservare almeno gli stessi 4 Satelliti
- L'elaborazione delle misure si basa su una tecnica di "Differenziazione"
- La Differenza Singola confronta i dati provenienti da 2 Satelliti e misurati da un Ricevitore. 0 da 1 satellite e 2 ricevitori
- La Differenza Doppia combina 2 Differenze Singole relative allo stesso istante di tempo
- La Differenza Tripla combina 2 Differenze Doppie relative a 2 distinte epoche (normalmente distanti 10 epoche)

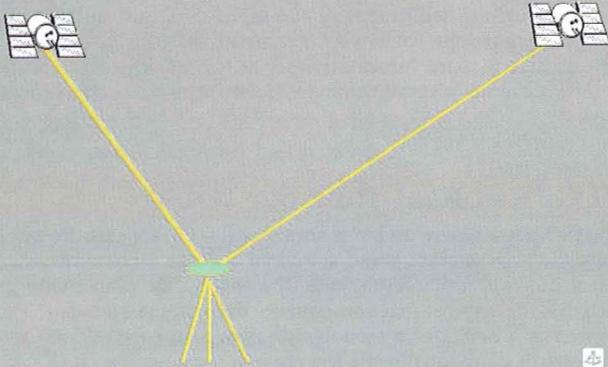
### Che cosa è il BIAS ?

- Al momento del primo aggancio con il satellite il ricevitore misura la fase della portante (tra 0 e 360 gradi)
- Da questo momento in poi, oltre alla fase istantanea, viene contato il numero intero di cicli (lunghezze d'onda)
- Il ricevitore non conosce il numero intero di lunghezze d'onda che esistono tra l'antenna ed il satellite al tempo della prima misura
- Questa incognita N è chiamata BIAS o ambiguità di fase.



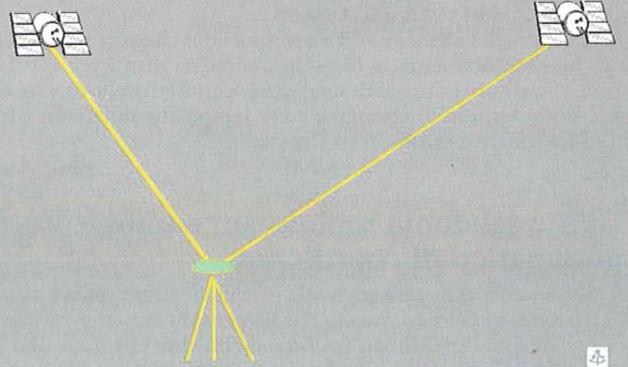
### Differenza Singola: 2 SV, 1 Ricevitore

- Riduce gli errori generati dal ricevitore



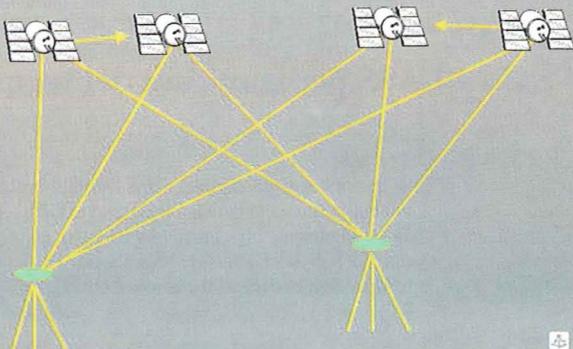
### Differenza Singola: 1 SV, 2 Ricevitori

- Rimuove gli errori dipendenti dal satellite



### Differenza Tripla : 2 Doppie in 2 Epoche

- Risolvono il BIAS e Cycle Slips, ma sono molto rumorose



### Differenza Doppia : 2 SV, 2 Ricevitori

- Si ottiene differenziando due Differenze Singole
- Vengono minimizzati tutti gli errori dipendenti dai ricevitori e dai satelliti

