

## Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (1)

Il posizionamento RTK di rete (Network Real Time Kinematic) è un sistema che garantisce una precisione centimetrica grazie al fissaggio dell’ambiguità di fase realizzato attraverso l’invio da parte della rete di stazioni permanenti delle correzioni differenziali sia della componente di codice sia della portante di fase del segnale GNSS.

Le principali tecniche di correzione differenziale sono:

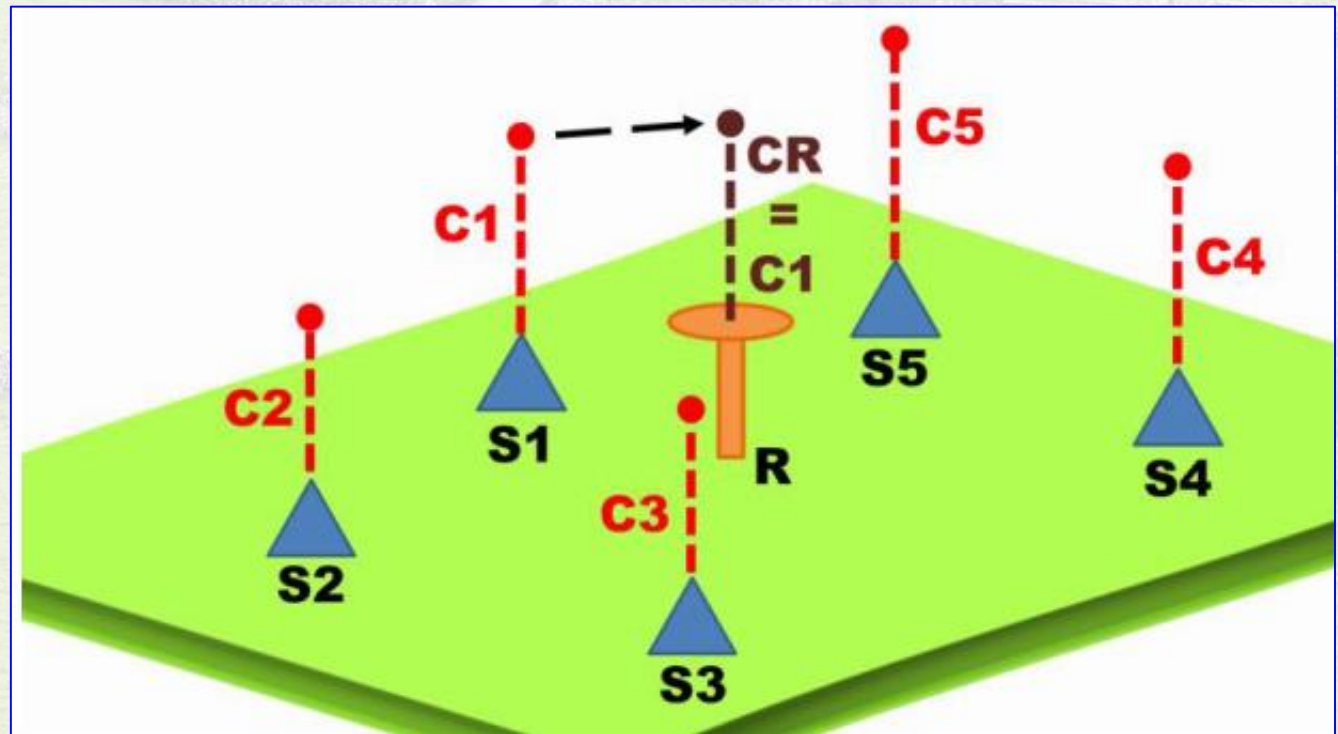
- Stazione più vicina (NRT, *NeaResT Station*).
- Stazione virtuale (VRS, *Virtual Reference Station*).
- Stazione reale (i-MAX, *Individualized Master-Auxiliary*).
- Planimetrica (FKP, *Flächen Korrektur Parameter*).
- Master auxiliary (MAC, *Master Auxiliary Concept*).

## Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (2)

### Stazione più vicina - NRT

Nota la posizione approssimata del rover (R), il centro di controllo invia (tramite il protocollo NMEA) la correzione differenziale della stazione permanente più vicina (S1). Le altre stazioni permanenti non contribuiscono al posizionamento.

NRT  
NearResT  
Station

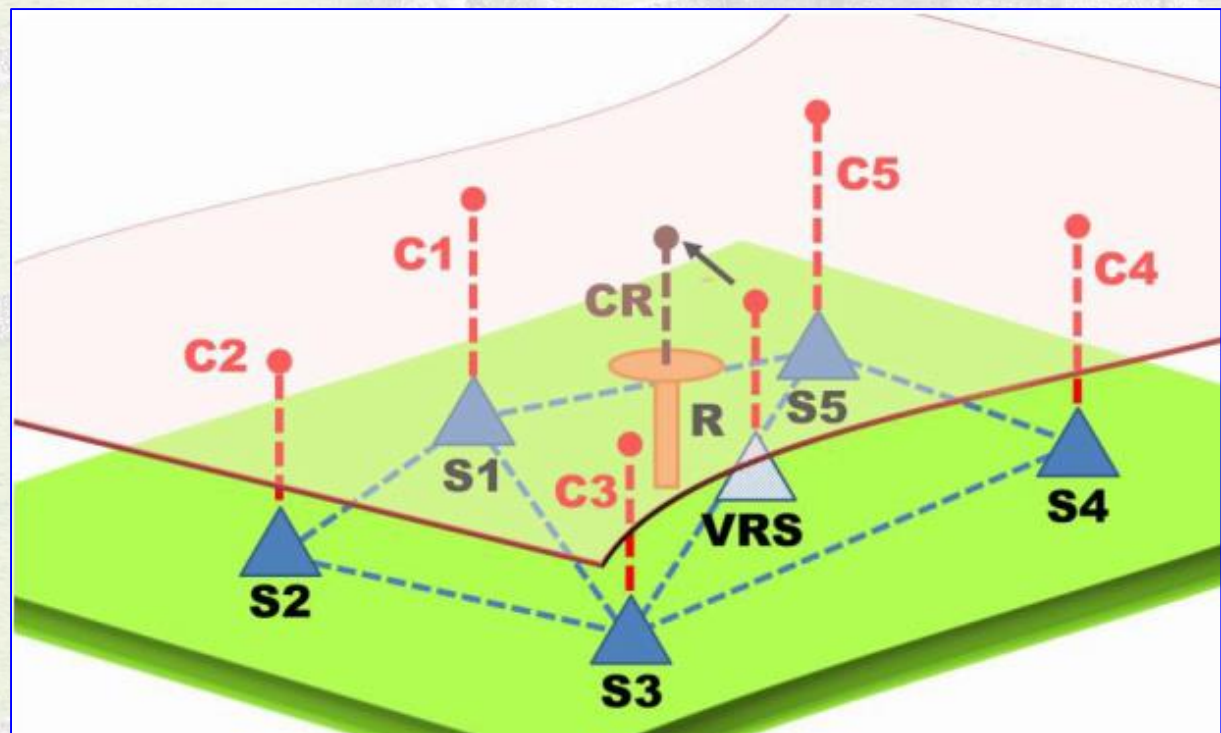


# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (3)

## Stazione virtuale - VRS

Nota la posizione approssimata del rover (R), il centro di controllo genera una stazione virtuale partendo dal modello degli errori ottenuto considerando le correzioni delle stazioni permanenti della rete. La correzione trasmessa al ricevitore (CR) è quella relativa a tale stazione virtuale.

**VRS**  
Virtual  
Reference  
Station

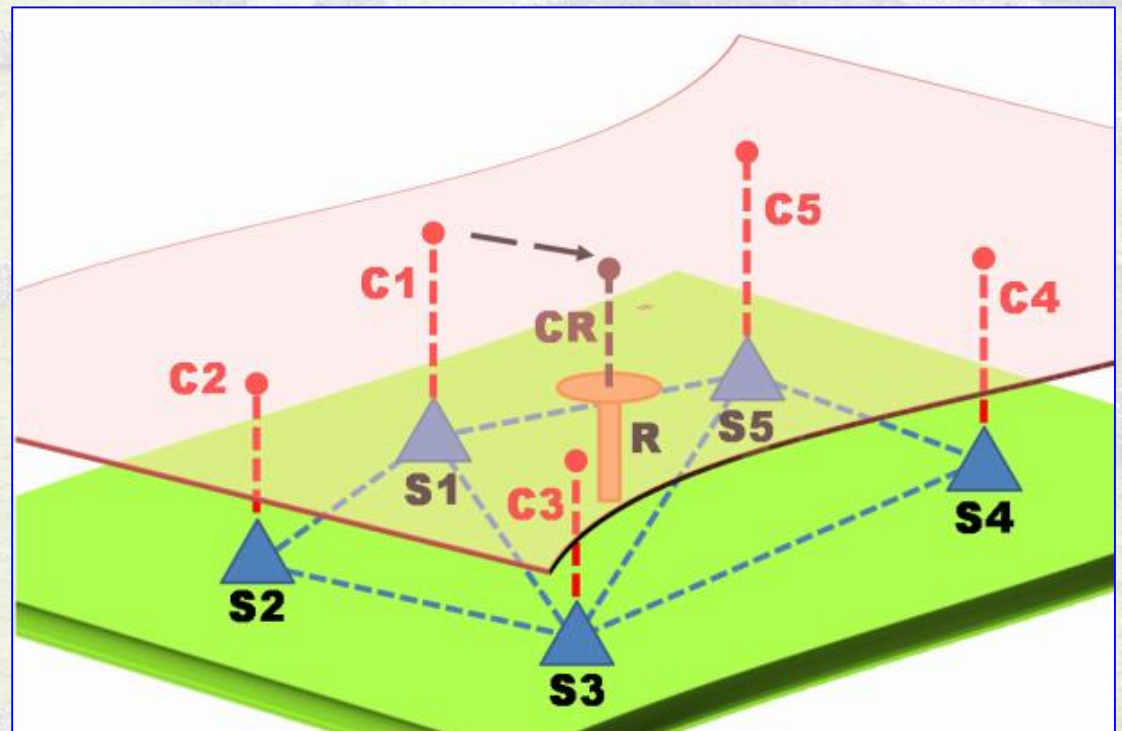


# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (4)

## Stazione reale – i-MAX

Note le correzioni (C1, C2, C3, C4, C5) delle singole stazioni della rete, il centro di controllo genera un modello dell'andamento degli errori. Nota la posizione approssimata del rover; il centro di controllo trasmette a quest'ultimo le correzioni relative alla posizione della stazione reale più vicina.

**i-MAX**  
**Individualized**  
**Master-Auxiliary**

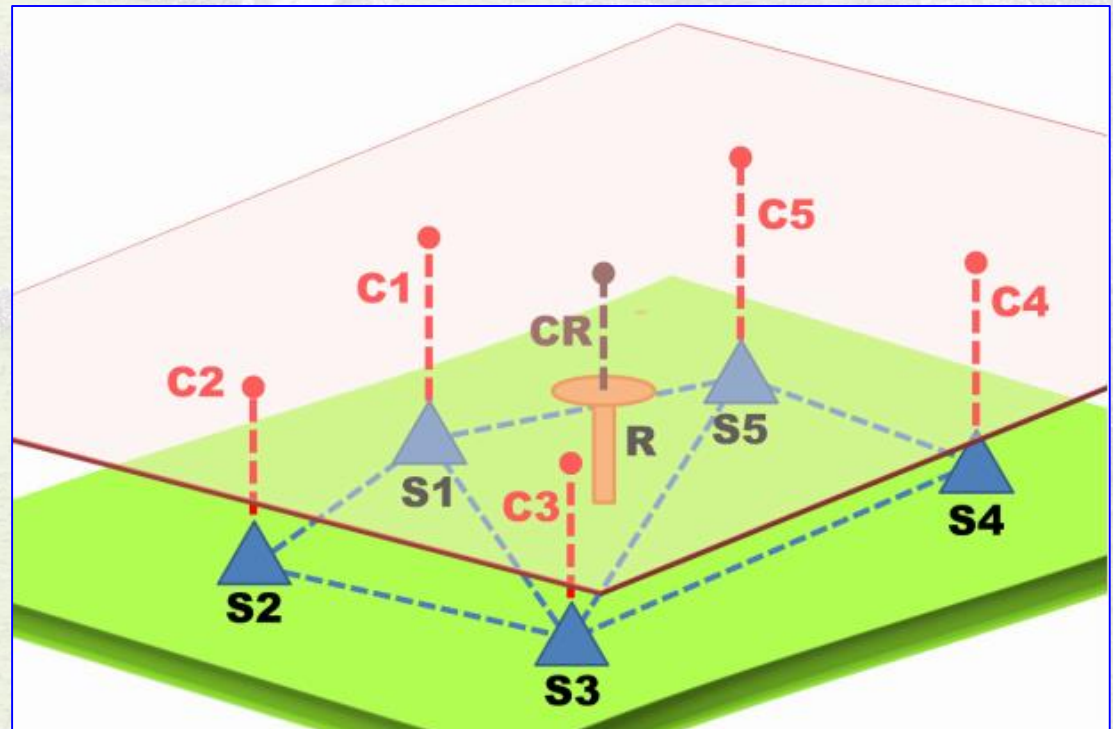


# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (5)

## Planimetrica – FKP

Note le correzioni (C1, C2, C3, C4, C5) delle singole stazioni della rete, il centro di controllo genera un modello piano dell'andamento degli errori. Nota la posizione approssimata del rover, il centro di controllo trasmette a quest'ultimo i parametri del modello.

**FKP**  
**Flächen**  
**Korrektur**  
**Parameter**

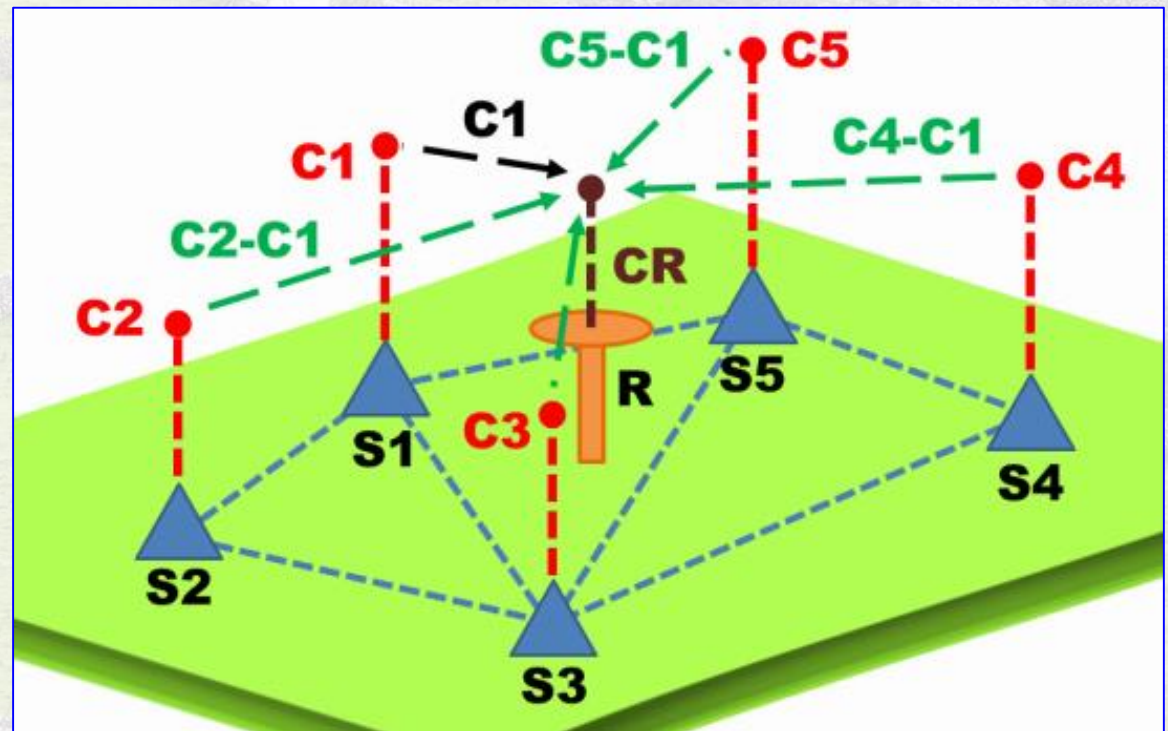


# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (6)

## Master auxiliary - MAC

Nota la posizione approssimata del rover (R), il centro di controllo invia i dati, le coordinate e le correzioni (C1) della stazione master (S1) e le differenze prime delle stazioni ausiliarie (S2, S3, S4, S5). In questo caso l'interpolazione degli errori viene lasciata al rover.

MAC  
Master  
Auxiliary  
Concept



# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (7)

## Valutazione del metodo NRTK

Tutti i metodi di rete RTK hanno il vantaggio di ridurre gli errori dipendenti dalla distanza. Per valutare qual è il migliore, è possibile definire tre criteri.

### 1. Tracciabilità e ripetibilità della soluzione

Deve essere possibile ripetere ogni misura. Per esempio, una singola baseline ( $dX$ ,  $dY$ ,  $dZ$ ) tra una stazione di riferimento e un punto a terra è ripetibile, pertanto anche ogni baseline generata da una rete RTK deve essere tracciabile e ripetibile.

### 2. Massimizzazione dell'uso dei satelliti

Alcuni metodi non massimizzano l'uso dei satelliti tracciati dalle singole stazioni permanenti della rete, con il conseguente problema di rendere più problematica l'inizializzazione dell'ambiguità di fase del rover. Si immagini per esempio un topografo in campagna che sta osservando 8 satelliti dal suo rover: si aspetterà che questo inicializzi velocemente. Tuttavia, una delle stazioni di riferimento usata per generare le correzioni sta osservando solo 5 dei satelliti comuni al rover.

(segue)

## Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (8)

In questo caso, alcuni metodi RTK possono generare la correzione solo per i 5 satelliti comuni, oppure lasciano cadere la stazione per ottenere la soluzione. In entrambi i casi il rover potrebbe non ricevere dati sufficienti per inizializzare velocemente.

### 3. Soluzione di rete controllata dal rover

Obiettivo di una rete RTK è quello di ridurre gli errori dipendenti dalla distanza, per ottimizzare la soluzione e ridurre i tempi di inizializzazione. Una soluzione di questo tipo si ha quando il rover può verificare quale stazione di riferimento sta usando per ottenere la soluzione, quante stazioni di riferimento e quale strategia usare per ridurre gli errori dipendenti dalla distanza. Il vantaggio di questo tipo di soluzione è che il ricevitore (non l'operatore) può continuamente valutare la qualità della sua soluzione di rete e monitorare l'efficacia del calcolo della riduzione dell'errore. Quando è il server a controllare la soluzione di rete, tipicamente utilizza un'unica strategia per tutti i rover, ottimizzata per la rete e non per il singolo rover. Il server non è in grado di sapere la condizione di ciascun rover pertanto la soluzione di rete non sarà ottimizzata per un utente particolare per cui una veloce inizializzazione potrebbe non essere raggiunta.



# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK

(9)

## Confronto tra i diversi sistemi di correzione per rilievi NRTK

VRS è ripetibile in quanto viene inviata al ricevitore anche la posizione della base più vicina (come MAC, i-MAX, FKP) e massimizza l’uso di tutti i satelliti disponibili in quanto i calcoli vengono effettuati su tutta la rete (come FKP).

In MAC la soluzione è controllata direttamente dal ricevitore, la quantità di dati è circa 10 volte rispetto a VRS e i-MAX, quindi, di fatto funziona solo su internet e non su GSM.

FKP è il sistema più utilizzato in Europa (è lo standard Tedesco).

L’importante nelle reti è l’infrastruttura e la disposizione delle stazioni. In caso di black-out della stazione più vicina, qualsiasi sistema di correzione non potrà fornire le precisioni nominali (1 cm in planimetria e 1.5 in quota). Se poi il black-out è di due stazioni ....

	Riduzione degli errori dipendenti dalla distanza base-rover	Ripetibilità della soluzione	Massimizza l’uso di tutti i satelliti disponibili dalla rete	Soluzione di rete controllata dal rover
NRT	✗	✗	✗	✗
VRS	✓	✓	✓	✗
-MAX	✓	✓	✗	✗
FKP	✓	✓	✓	✗
MAC	✓	✓	✓	✓

# Tecniche di rilievo GPS – Sistemi NRTK (10)

## Confronto precisioni tra RTK e Post-Processing

La figura che segue (tratta dal sito della rete di Piemonte e Lombardia) mostra la differenza di precisione tra un rilievo RTK (1.5 cm) e uno in post-processing (1.0 cm) svolti sia in modalità VRS che NRT (Nearest).

