

Sistemi globali di augmentation per il posizionamento di precisione in tempo reale: prime sperimentazioni

Luca Tavasci ^(a), Francesco Corsini ^(a), Stefano Gandolfi ^(a), Luca Poluzzi ^(a),
Maurizio Barbarella ^(a), Paolo Centanni ^(b)

^(a) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), Università di Bologna, Viale Risorgimento, 2, 40136, Bologna

^(b) STONEX GNSS/TS/SW Manager Stonex - UniStrong, Via Cimabue, 39 | 20851 Lissone (MB)

Abstract

Questa nota intende sottoporre all'attenzione della comunità dei tecnici rilevatori la disponibilità di sistemi di miglioramento delle precisioni per il posizionamento GNSS che affiancano, e in alcuni casi possono supportare, rilievi condotti mediante i noti servizi NRTK. Tali servizi in alcuni contesti particolari potrebbero essere particolarmente utili, fornendo un contributo nei rilievi per applicazioni tecniche in termini di efficienza ed economicità di esecuzione. Nella nota non si presentano ancora risultati numerici sistematizzati ma si segnala solo un progetto di sperimentazione di tali servizi e le modalità di esecuzione e validazione; la casistica attualmente acquisita durante i rilievi in campagna non è da ritenersi esaustiva, ma consente già di segnalare alcuni interessanti aspetti operativi.

Introduzione

I sistemi di posizionamento GNSS sono largamente diffusi in numerosi ambiti, dalla geofisica e geodesia (per lo studio dei movimenti tettonici e la definizione ed il mantenimento dei sistemi di riferimento) fino agli smartphones, dove sono ormai estremamente diffuse e utilizzate applicazioni che traggono vantaggio dalla conoscenza della propria posizione (LBS – Location Based Services). Negli ambiti prettamente scientifici quasi sempre si opera utilizzando ricevitori geodetici installati su posizioni fisse (stazioni permanenti) e sfruttando le osservabili di fase per poter raggiungere precisioni estremamente elevate. Diversamente, le applicazioni installate sui telefoni cellulari di solito necessitano di conoscere la posizione dell'utente con precisione metrica.

La tecnica GNSS è particolarmente flessibile e consente una serie di prestazioni intermedie tra le due modalità sopra indicate, sia come precisioni che come caratteristiche e costi dell'hardware. Modificando la tipologia di ricevitore, utilizzando infrastrutture di supporto, o elaborando i dati in modi differenti, è possibile disporre di soluzioni la cui precisione può variare dal metro fino a pochi centimetri. Per questa ragione già da tempo la tecnologia GNSS è diventata di grande interesse anche nell'ambito tecnico, dove la precisione metrica non è sufficiente ma non si ricercano necessariamente precisioni sub-

centimetriche, mentre un parametro particolarmente importante è il tempo (e quindi il costo) necessario per ottenere le soluzioni.

I rilievi GNSS in ambito tecnico hanno visto una grandissima diffusione da quando si sono sviluppate le tecniche che consentono di ottenere precisioni centimetriche in tempo reale. Tali tecnologie sono state sviluppate agli inizi degli anni '90 con l'avvento della tecnica RTK (Real Time Kinematic) la quale, impostando una stazione di riferimento posta su un sito a coordinate note (stazione master), consente di inviare correzioni di fase tali da poter permettere ad un operatore di posizionarsi in tempo reale con precisioni di qualche centimetro, fino ad una distanza dalla stazione di riferimento di circa 10-15 km. Tale precisione rimane circa costante per l'intera durata del rilievo a condizione che permanga stabile la ricezione delle correzioni differenziali dalla stazione di riferimento e che le condizioni operative siano sostanzialmente soddisfacenti.

L'approccio RTK presentava e presenta tutt'ora numerosi vantaggi, tra cui i principali sono la possibilità di poter controllare la qualità del posizionamento in tempo reale e nessuna necessità di dover elaborare il dato a posteriori, consentendo di conseguenza anche un abbattimento dei costi complessivi di rilievo. Il grande interesse per tale tecnica nell'ambito del rilievo tecnico di precisione ha portato, agli inizi del XXI secolo, allo sviluppo di tecnologie più complesse, basate sull'utilizzo di dati acquisiti da una rete di stazioni permanenti GNSS (Network for Real Time Kinematic - NRTK). Queste consentono l'erogazione di modelli d'area per le correzioni differenziali di fase e costituiscono quindi una naturale estensione del posizionamento RTK. Anche in questi casi le precisioni centimetriche raggiunte rimangono tali se le condizioni operative sono accettabili e se il ricevitore acquisisce i dati di correzione con continuità. Ovviamente, tali servizi consentono di raggiungere precisioni centimetriche nel momento in cui si opera all'interno dell'area coperta dalla rete di stazioni permanenti, che generalmente viene progettata collocando stazioni GNSS di riferimento ad interdistanze medie fino a 50/60 km. Comportamenti non sempre stabili si hanno quando invece si opera sul bordo esterno della rete. Inoltre, un altro elemento importante quando l'ordine di grandezza ricercato per la stima delle coordinate è qualche centimetro, è costituito dal sistema di riferimento. Per l'approccio RTK l'impostazione delle coordinate di riferimento sulla stazione master impone di fatto il sistema di riferimento. È quindi l'operatore a scegliere se operare su un sistema geodetico o su uno differente e l'unica condizione necessaria è che sia relativamente coerente con quello delle orbite.

Nel momento invece in cui si utilizzano servizi per il posizionamento di precisione in tempo reale, il sistema di riferimento nel quale ci si posiziona è di fatto quello scelto da chi eroga il servizio e l'operatore ne perde il controllo diretto. Tali infrastrutture NRTK sono ormai presenti su gran parte del territorio nazionale ma, come detto in precedenza, non sempre la piena operatività è garantita per via di alcune variabili che possono non rendere fruibile in modo corretto il servizio, prima tra tutte la copertura telefonica.

Altri servizi di Augmentation autonomi o a supporto di NRTK e RTK

Già dall'inizio della operatività del sistema GPS sono stati forniti servizi 'differenziali' DGPS che operavano e operano su vaste aree (continentali), basati sulla trasmissione di correzioni di codice ai ricevitori abilitati a riceverle, e che consentivano, e consentono tutt'ora, un posizionamento con la precisione di alcuni metri. I primi furono i sistemi WAAS ed EGNOS (quest'ultimo realizzato dall'Unione Europea), che forniscono correzioni di codice omogenee sugli Stati Uniti d'America e sull'Europa, tali da consentire di raggiungere precisioni di un paio di metri. Per migliorare il livello di precisione è evidentemente indispensabile passare a correzioni di fase, trovando quindi un compromesso tra le reti NRTK (che forniscono correzioni di fase ma a partire da reti particolarmente dense) e sistemi a grande copertura.

Compagnia	Nome del servizio	Copertura	Precisioni massime dichiarate	Note
Hemisphere	Atlas	Globale (tranne parte interna Antartide)	2.5 cm plan. (1 σ)	
Trimble	RTX		2 cm plan (1 σ)	Solo strumenti Trimble
Fugro	Starfix G2+	Quasi globale (No Antartide, Groenlandia, siberia.)	< 2cm plan (1 σ) < 4cm alt (1 σ)	(IAR – Integer Ambiguity Resolution) Ambito Off-shore
Omnistar	Omnistar	Globale per GPS e ristretta per GNSS	5-10 cm	
Hexagon – Leica Geosystem	Smartlink	Globale ma non specificato	3 cm	Solo strumenti leica
Veripos	Apex	Globale ma non specificato	< 5 cm plan < 12 cm alt.	
Novatel	Terrastar	Globale ma non specificato	< 5 cm	Per strumenti Novatel

Tabella 1 – Elenco dei principali servizi di augmentation globali.

In questo ambito, negli ultimi anni hanno trovato spazio ulteriori sistemi di augmentation che offrono servizi di correzione con livelli teorici di precisione leggermente inferiori a quelli delle reti NRTK ma sempre a livello sub-decimetrico, e che presentano alcuni indiscutibili vantaggi, quali l'estensione del servizio ad ampie aree, anche off-shore, ed il fatto che le correzioni non vengono trasmesse tramite collegamento telefonico ma, in genere, da satelliti

geostazionari. Da una ricerca bibliografica è emerso come ad oggi siano diversi i servizi di questa natura ed in tabella 1 si riportano i principali disponibili. Alcuni di questi sistemi offrono inoltre un servizio aggiuntivo che consente di poter supportare l'operatore che lavora in modalità RTK o mediante reti classiche di stazioni permanenti (NRTK) e che per improvvise perdite del segnale di correzione si trova a dover interrompere il lavoro. Tali servizi vengono chiamati aRTK (Assisted RTK) e, consentono, in linea teorica, di mantenere per un tempo limitato a qualche decina di minuti la stessa accuratezza e quindi continuare a rilevare nello stesso sistema di riferimento. Tale aspetto può risultare utile e completare il panorama complessivo.

Attività sperimentale su Rete Geodetica Costiera

È quindi interessante verificare se questi sistemi sul territorio nazionale garantiscono un miglioramento dell'efficienza dei rilievi in ambito tecnico e mantengono il livello di precisione effettivamente raggiungibile in un normale rilievo. Si è quindi decisa una sperimentazione a partire dall'impiego di uno di questi sistemi.

In questo lavoro, da considerarsi preliminare, si dà conto della progettazione dei test per verificare il funzionamento di tali servizi. In particolare è stato considerato il servizio ATLAS accoppiato ad un ricevitore geodetico a doppia frequenza STONEX S800A. Tale servizio specifico, oltre a rendere disponibili correzioni globali in modalità stand alone, comprende anche il servizio aRTK.

Il contesto operativo prescelto riguarda l'attività di ricerca in corso con Arpa Emilia-Romagna per la definizione di tecniche ottimali per il rilievo ed il monitoraggio del litorale emiliano romagnolo ai fini della pianificazione di attività di ripascimento costiero. Oltre a costituire un ambito particolarmente interessante per l'impiego di tali servizi, tale ricerca fornisce anche la possibilità di effettuare un confronto dei risultati che si andranno ad acquisire con una "verità a terra" affidabile e precisa. Nel corso del 2016/17, è stata definita una rete geodetica di riferimento (Gandolfi et al 2017) rilevata sia mediante GNSS in modalità NRTK che in modalità Statica. Tale rete costituisce per differenti ragioni il riferimento ideale per valutare precisioni ed accuratezze di questi sistemi, utilizzati sia in modalità stand alone ATLAS che in modalità aRTK. La dinamica attesa nell'area non è tale da inficiare l'attendibilità delle coordinate calcolate, visto anche il livello centimetrico delle precisioni che si vogliono verificare. In figura 1 si riporta la Rete Geodetica Costiera considerata per il test e in figura 2 un tipico stazionamento su uno dei suoi vertici.

Per rendere la sperimentazione ripetibile anche con eventuali altri sistemi di augmentation ed aRTK, oltre che per effettuare prove sistematiche, è stata definita una sequenza di test da ripetere su ogni sito ed annotando differenti aspetti della sperimentazione (Barbarella et al 2007, Biagi et al. 2007). In particolare la procedura consiste nell'eseguire per ogni punto:

1. Occupazione in modalità NRTK utilizzando il servizio di posizionamento gestito dalla FoGER (Barbarella et al. 2009) con acquisizione statica per 10 minuti
2. Interruzione della connessione alla rete NRTK e valutazione della stabilità del servizio aRTK per un periodo pari ad ulteriori 10 minuti;

3. Occupazione per un tempo pari a 10 minuti in modalità stand alone ATLAS.

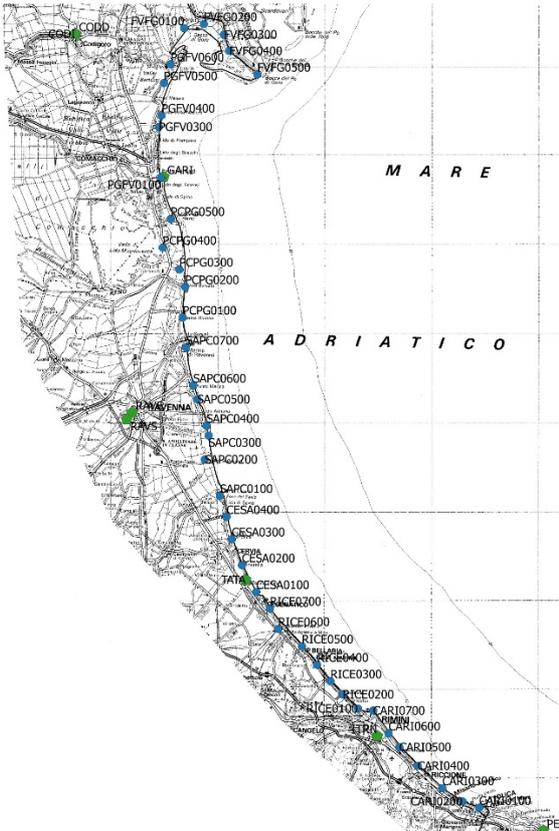


Figura 1 – Rete Geodetica Costiera di Regione Emilia Romagna



Figura 2 – Rilievo di uno dei punti della Rete Geodetica Costiera con

Preliminarmente sono stati condotti anche test più prolungati e volti a comprendere meglio le dinamiche dei sistemi considerati.

La procedura è risultata pienamente realizzabile sul campo anche se evidentemente ridondante dal punto di vista operativo rispetto un rilievo tecnico, ma necessaria ai fini di una corretta validazione.

I dati acquisiti sono, in corso di elaborazione al fine di valutare le precisioni e le accuratezze ottenute e anche evidenziare, sia per il servizio ATLAS sia per la modalità aRTK, aspetti legati ai sistemi di riferimento.

Il livello di precisione oggetto dello studio richiede un’ampia sperimentazione in campagna, una grande attenzione nell’analisi del dato e nel confronto con i valori di riferimento; la casistica ottenuta fino ad ora non è ritenuta sufficientemente ricca da esporre risultati completi.

Purtuttavia è possibile presentare alcune evidenze acquisite in campagna che illustrano alcuni tratti salienti delle possibilità offerte dai sistemi aRTK. In particolare, un dato che risulta essere di primo interesse, non potendosi ancora esprimere su precisioni ed accuratezza reali, è costituito dall’errore formale espresso in termini di errore quadratico medio.

Nella figura 3 si mostra un grafico di come cambia l’errore quadratico medio formale utilizzando solo il sistema di augmentation Atlas. Da quanto mostrato, nel momento in cui il sistema inizia a ricevere segnali di correzione, inizia un processo graduale di miglioramento della precisione formale, che già dopo 10 minuti arriva a stabilizzarsi sia per la planimetria che per l’altimetria sui 20 cm e dopo circa 40 minuti arriva alle precisioni formali

ricevitore STONEX S800A. dichiarate.

Ovviamente tali tempi sono rilevanti per chi opera sul territorio, soprattutto se confrontati con i pochi secondi necessari per il fissaggio delle ambiguità iniziali di fase utilizzando servizi NRTK. Sono però da sottolineare due aspetti: il primo è che in realtà tale fase di convergenza può essere condotta anche in movimento e non necessariamente deve iniziare nel momento di inizio delle operazioni di rilievo; il secondo è che la copertura di tale servizio è sostanzialmente globale e non necessita di collegamenti telefonici, in alcuni casi problematici.

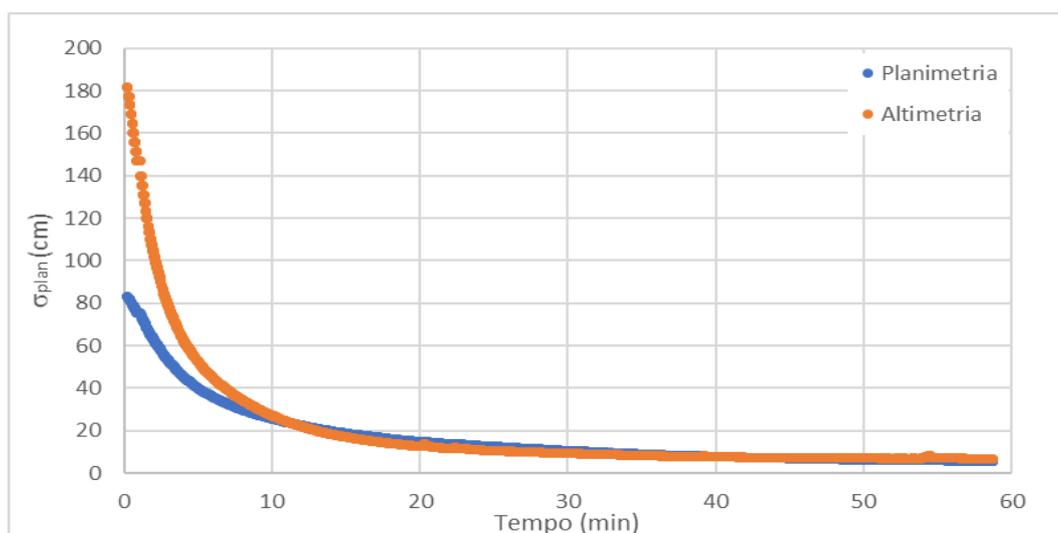


Figura 3 - Esempio di andamento dell'errore formale (in planimetria e quota) espresso in centimetri al variare del tempo in modalità Atlas dal momento di accensione del sistema.

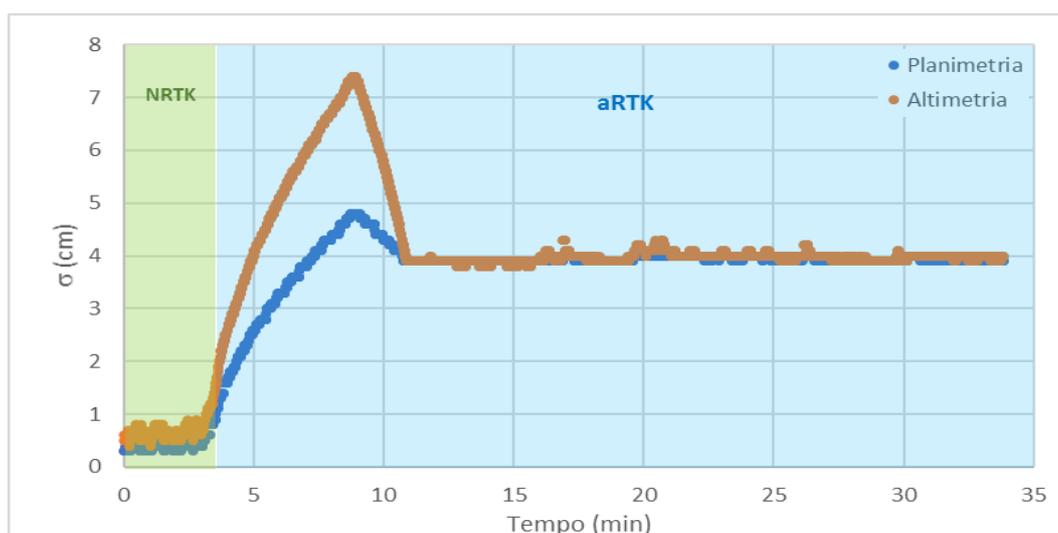


Figura 4 - Esempio di andamento dell'errore formale (in planimetria e quota) espresso in centimetri al variare del tempo nel passaggio da modalità NRTK a aRTK.

In figura 4 viene mostrato l'andamento in termini di errore quadratico medio nel passaggio dalla modalità RTK all'aRTK. Da quanto mostrato si nota come, nei primi 6/7 minuti dopo l'interruzione, l'errore quadratico medio aumenti in modo progressivo attestandosi poi sulle precisioni proprie del sistema Atlas, che di fatto costituisce l'infrastruttura utilizzata per l'aRTK.

In conclusione, le sperimentazioni condotte, e non ancora terminate, sono in corso di analisi ed ulteriori approfondimenti analitici saranno condotti a partire da un campione più esteso dell'attuale. È però vero che, per quanto incompleti, gli risultati, sia in termini di utilizzabilità della strumentazione e dei servizi che di risultati ottenuti, rendono tali sistemi (aRTK e Atlas) particolarmente interessanti o a supporto delle attuali reti NRTK o in ambienti dove non sono presenti tali servizi e vi è l'esigenza di posizionamenti con precisione sub-decimetrica in tempo reale.

Bibliografia

Barbarella M., Gandolfi S., Ricucci L., (2009), Calcolo ed inquadramento della rete NRTK SO.G.E.R in Emilia-Romagna, Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA, Bari, 1-4 dicembre 2009, pp. 269-274.

Barbarella M., Gandolfi S., Ronci E., (2007), Precisione e accuratezza raggiunta in rilievi NRTK ripetuti, Bollettino SIFET (ISSN 1721-971X), 2007, 1, 27-44.

BIAGI L., CRESPI M., GANDOLFI S., MANZINO A., STOPPINI A., (2007), Esperimento RTK1: verifica delle prestazioni del posizionamento in tempo reale, Un Libro Bianco sui servizi di posizionamento satellitare per l'e-government, Geomatics Workbook (ISSN: 1591-092X), Volume 7, ISSN 1591-092X, Biagi e Sansò editori, 109-120

Gandolfi S., De Nigris N., Morelli M., Tavasci L., Poluzzi L., Cenni N., (2017), La Rete Geodetica Costiera della Regione Emilia-Romagna, ASITA 2017, Salerno, 21-23 novembre 2017. pp. 599-604

Siti di riferimento

HEMISPHERE ATLAS - <https://hemispheregnss.com/Atlas/atlas174-gnss-global-correction-service-1227>

TRIMBLE RTX - <https://www.trimble.com/positioning-services/trimble-rtx.aspx>

FUGRO STARFIX - <https://www.fugro.com/our-services/marine-asset-integrity/satellite-positioning/starfix>

Omnistar - <http://www.omnistar.com/>

Hexagon Smart-Link - <https://leica-geosystems.com/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-viva-gs16/life-beyond-traditional-rtk-satellite-based-precise-point-positioning>

Veripos - <https://veripos.com/>

Novatel Terrastar - <https://www.novatel.com/products/terrastar-gnss-corrections/>

Stonex s900a - <https://www.stonex.it/project/s900a-gnss-receiver/>