

RTK-EGNOS: Prove dinamiche nel golfo di Napoli in navigazione marittima

Armando PACIFICO (*), Alberto GRECO (*), Mario VULTAGGIO (*)

(*) Università degli studi di Napoli “Parthenope”, Via Acton 38, 80133- Napoli, Tel. +39 081 5475231
E-mail: armando.pacifico@uniparthenope.it, alberto.greco@uniparthenope.it, mario.vultaggio@uniparthenope.it

Riassunto

Da anni il GPS è stato sfruttato in modo crescente per fornire la soluzione di posizione in navigazione per varie applicazioni. In fasi critiche della navigazione (operazioni di attracco delle navi, avvicinamenti aeroportuali di velivoli, etc.) sono richieste prestazioni superiori che non possono essere fornite dal solo GPS. Molti studi sono stati condotti sul sistema europeo EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) in modalità statica, i quali hanno evidenziato le capacità di “Augmentation” del sistema rispetto al GPS. Qui viene investigato il comportamento di EGNOS in modalità dinamica, usando come campione la soluzione di posizione di un ricevitore (*Rover*) GPS differenziale in modalità RTK (*Real Time Kinematic*). Come mobile si è utilizzata la nave oceanografica “Universitatis” del CONISMA, che nel periodo d’interesse operava nel golfo di Napoli. L’obiettivo della ricerca è stato quello di verificare la possibilità d’uso dei ricevitori SBAS per applicazioni geodetiche dove è richiesta accuratezza submetrica. Analizzando i dati relativi alle evoluzioni imposte alla nave, EGNOS dimostra di lavorare regolarmente anche durante il moto non rettilineo uniforme, con accuratezza (scostamento dall’RTK) anche submetrica in modalità dinamica. Si sono riscontrati alcuni salti del segnale GPS-EGNOS in ristrette zone e brevi periodi, dovuti presumibilmente a ripetitori a radiofrequenza operanti nella zona, anomalie comunque già note da precedenti esperienze col GPS.

Abstract

Since several years the GPS was utilized in a rising way to provide the navigation position solution for various applications. In the critical phases of navigation (docking ship operations, airplanes airport approaching, etc.) are required higher performances that can't be provided by the GPS standalone. Many studies were made about EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) in static mode, which have pointed out the Augmentation capabilities of the system as to GPS. In this work it's investigated the EGNOS attitude in dynamic mode, using the position solution of a RTK (Real Time Kinematic) receiver as true path. As rover was used the Oceanographic Ship “Universitatis” of CONISMA working in that period in the Gulf of Naples. The goal of the research was to verify the use possibility of the SBAS (Satellite Based Augmentation System) receivers for geodetic applications where is required sub metric accuracy. By data analyzing relatives to the ship evolutions, EGNOS shows to work regularly during the not rectilinear motion too, even sub metric accuracy (deviation from RTK path) in dynamic mode. We have noticed GPS-EGNOS signal jumps inside close zones and short periods, probably due to the radiofrequency repeater working in the area, anomalies already known by previous experiences with GPS.

1. Introduzione

Attualmente l’ *European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)* è nella fase finale di test prima di diventare operativo entro la fine del 2007. Il servizio fornisce gratuitamente correzioni di tipo *Wide Area DGPS* con informazioni di integrità agli utenti sul territorio europeo che

permettono di ottenere una soluzione di posizione (integra) con precisioni anche al di sotto di un metro. Presso l'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" le prestazioni del sistema *EGNOS* sono state ampiamente studiate (Pacifico, Vultaggio, 2006 – Pacifico et al. 2006) in modalità statica attraverso una stazione di monitoraggio con due ricevitori. Recentemente è stata condotta una campagna dinamica di sperimentazione del sistema imbarcando i due ricevitori a bordo della nave oceanografica *Universitatis*, imponendo alla stessa opportune manovre.

Questo articolo presenterà i risultati di tale campagna, per valutare la correttezza della soluzione di posizione *EGNOS* durante le evoluzioni; la traccia al suolo della nave è stata ricavata da un sistema *dual frequency carrier phase DGPS* in modalità *RTK*.

2. EGNOS

Sviluppato per migliorare la sicurezza per l'aviazione (come pure per gli utenti nelle applicazioni marittime e terrestri). *EGNOS* (Fig.1) rientra tra i sistemi *SBAS*, con copertura europea sviluppato dall' *European Space Agency (ESA)* in co-operazione con la Commissione Europea e *Eurocontrol* (ESA,2007).

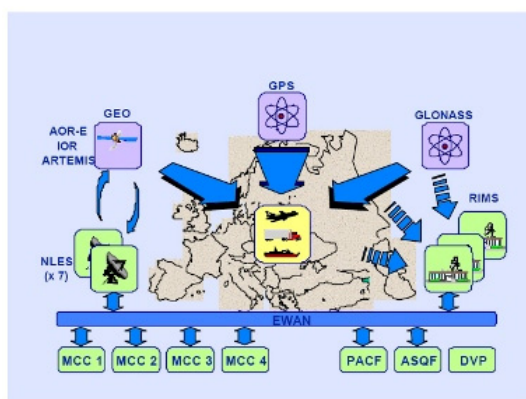


Figura 1 – Architettura EGNOS

Nei sistemi *SBAS*, oltre alla costellazione GPS già esistente, viene trasmesso un segnale *GPS-like* da satelliti geostazionari, che forniscono all'utente (ricevitore) le informazioni di *augmentation* permettendo di ricavare una soluzione di posizione con accuratezza metrica. Il segnale *GPS-like* può essere usato per le misure di pseudorange al satellite geostazionario, correzioni ionosferiche e, fondamentali, informazioni di integrità che forniscono all'utente una soglia di errore certificato relativo alla posizione calcolata. Le informazioni di integrità sono strutturate in modo da ottenere un *time-to-alarm* fino a 6 secondi. In breve, EGNOS rende il GPS utilizzabile per le applicazioni dette *safety-of-life*. EGNOS attualmente sta superando la cosiddetta *IOP (Initial Operation Phase)*, ultima fase prima del suo affidamento all'operatore Europeo che lo gestirà, *ESSP (European Satellite Service Provider)*, arrivando allo stato finale operativo del *SIS (Signal in Space)*.

Il Dual frequency carrier phase DGPS (RTK) come sistema campione

Le limitazioni all'uso della tecnica *RTK*, costituite dalla portata e interferenze del dispositivo radio-link e dalla degradazione dell'accuratezza con il crescere della distanza *Reference-Rover*. Tali limiti possono essere superati mediante sistemi regionali come EGNOS, in quanto le correzioni sono di tipo *WAD (Wide Area Differential)*, calcolate da una rete di stazioni, e trasmesse da satellite. Molti studi sono stati condotti sul sistema EGNOS in modalità statica, il problema principale per effettuare una campagna dinamica è rappresentato dalla necessità di avere un sistema campione di riferimento, si è scelto quindi di utilizzare come riferimento un sistema *Dual frequency carrier phase DGPS (RTK)*. Per le nostre prove si è installata una *reference station RTK* (Fig.2) in località

Monte di Procida in posizione Lat: 40°48,30746' N; Lon: 14°02,78836' E; elv: 176,694 m, la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un ricevitore da campagna modello Trimble 7400 L1-L2 (*reference RTK*);
- un antenna esterna modello Trimble microcentered L1/L2 con centro di fase calibrato entro 1mm con piatto antiriflessione e certificato di calibrazione sulle portanti GPS L1-L2;
- un apparato radio-link trasmettente “MTU2000T” con potenza Tx di 13W nominali;
- PC di controllo;

Tale ricevitore è stato configurato per trasmettere le correzioni con protocollo CMR.

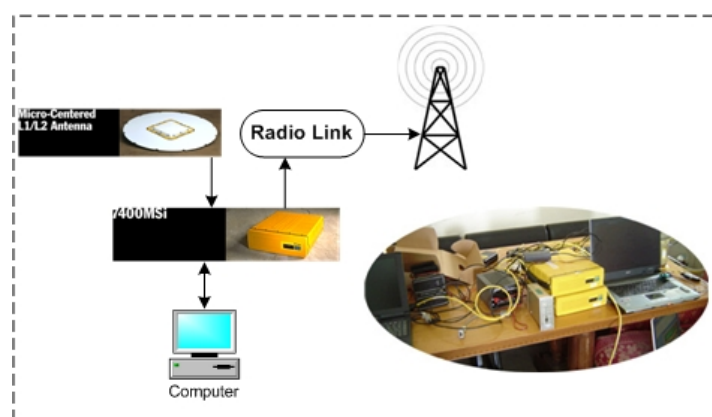


Figura 2 – Reference station RTK

3. Il Rover e le prove dinamiche

Come rover per le prove dinamiche, si è presentata l'opportunità di avvalersi della nave oceanografica “Universitatis” operante (Maggio 2007) nel golfo di Napoli. Per l'esecuzione delle prove sulla nave si è provveduto all'installazione della seguente strumentazione:

- un ricevitore da campagna modello Trimble 7400 L1-L2 (*rover RTK*), antenna esterna modello Trimble microcentered L1/L2, un apparato radio-link ricevente “MTU2000R”;
- un ricevitore GPS/SBAS dual freq. Septentrio PolaRx2, antenna Septentrio PolaNt L1/L2;
- un ricevitore GPS/SBAS dual freq. Novatel (OEM4 family) Propak G2 plus, antenna Novatel GPS-532-C L1/L2;
- 3 PC di controllo e raccolta dati interfacciati ai 3 ricevitori;

Le antenne sono state poste tutte lungo l'asse longitudinale della nave (Fig.3), per quanto riguarda quelle dei ricevitori Trimble e Septentrio sono state poste in posizione baricentrica per il confronto diretto tra RTK ed EGNOS. A rigore, ai due ricevitori si sarebbe dovuta connettere un'unica antenna per eliminare la componente sistematica (seppur piccola, pochi cm) dovuta alla distanza dei centri di fase delle due antenne proprietarie, ciò è stato impossibile a causa delle diverse specifiche.

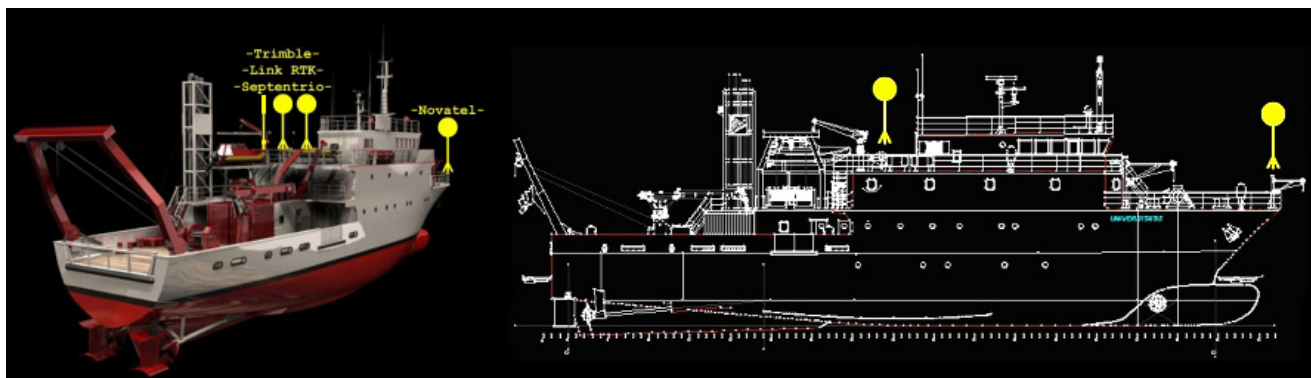


Figura 3 – Prospetto nave e posizione delle antenne

Sul candelieri di prua invece è stata collocata l'antenna del ricevitore Novatel, tale ricevitore è stato installato e ha raccolto dati a scopo di backup e fasi successive della ricerca.

Approntata la strumentazione e verificato il collegamento radio tra *Reference* e *Rover RTK*, è stata iniziata la sessione di prove dinamiche. Tenuto conto del noto degradamento delle prestazioni RTK man mano che ci si allontana dalla *Reference station*, e per minimizzare le possibili perdite del collegamento radio tra *Reference* e *Rover*; si è scelto di eseguire le manovre nel braccio di mare immediatamente sottostante la locazione della *Reference station* (Fig.4), ad una distanza media da questa di circa 4 Km e comunque senza mai superare i 5 Km.

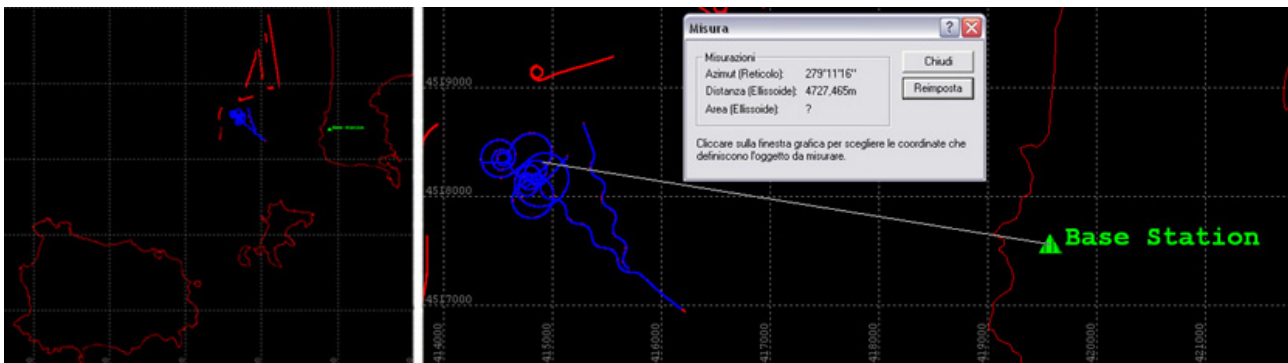


Figura 4 – Area interessata dalle manovre e Base Station

Le traiettorie compiute sono costituite da evoluzioni standard di manovrabilità, l'area interessata comprende il tratto di costa immediatamente a nord del canale di Procida. Di seguito viene riportata la *time table* (Fig.5) delle manovre compiute.

DATA: 04/05/2007							
Tipo Manovra	Inizio manovra	Fine manovra	Rotta iniziale	Rotta finale	Velocità iniziale (kn)	Velocità finale (kn)	Profondità fondale (m)
Mantenimento rotta rettilinea Direzione del vento	11.48.18	12.00.48	350°	350°	10		35
Mantenimento rotta rettilinea Direzione contraria al vento	12.07.20	12.08.50	170°	170°	9,1		35,4
Prova di evoluzione 30° dritta	12.21.34	12.26.53	250°	70°	9,3	5,4	52
Prova di evoluzione 30° sx	12.33.20	12.36.59	120°	300°	9,3	5,8	41
Manovra zig-zag 20°/20°	12.44.30	12.51.02	160°	140°	9	7,2	50
Manovra zig-zag 20°/20°	12.57.10	13.04.36	310°	350°	9,8	8,7	
Manovra zig-zag 10°/10°	13.10.12	13.16.50	15°	5°	9,9	9,9	54
Manovra zig-zag 10°/10°	13.22.30	13.28.34	170°	195°	9,1	9	43
Manovra spirale diretta	13.36.00	14.14.44	220°	270°	9,2	9,3	56
Manovra arresto libero	14.18.40	14.24.58	182°	235°	9,1	0,3	
Manovra arresto libero	14.31.12	14.36.50	359°	59°	9,9	0,9	71

Figura 5 – Time table delle manovre effettuate

4. Risultati

In questa sezione analizzeremo il comportamento di *EGNOS* durante le prove rispetto all' *RTK*. Allo scopo di limitare le dimensioni della sezione saranno mostrati i risultati solo di alcune manovre salienti, risultati ottenuti dal confronto diretto tra i dati raccolti dal ricevitore Trimble in modalità *RTK* (5Hz) assunto come sistema campione, e il ricevitore Septentrio in modalità differenziale *EGNOS* (1Hz). Si è provveduto alla creazione di un opportuno software avente funzioni di: filtraggio dati Trimble (5Hz) e Septentrio (1Hz), aggancio delle scale tempo delle due serie di dati, verifica dell'effettivo modo differenziale dei dati, confronto fix. Tale software fornisce in output: le componenti di scostamento dei due ricevitori, gli istanti di inizio e fine manovra, il numero di coppie di campioni riconosciute valide, la percentuale di coppie di campioni riconosciute valide sul totale. Intendendo per coppie di campioni valide, la soluzione di posizione proveniente dai due ricevitori solo se entrambe di tipo differenziale.

Prendendo in esame la manovra del mantenimento di rotta 350° (Fig.6 sx), si può notare la soluzione di posizione del ricevitore RTK (5Hz) con punti in rosso, quella del ricevitore Septentrio in blue con circonferenze centrate sul fix e di raggio 1m. Nella (Fig.6 dx) si può notare l'andamento dello scostamento orizzontale tra i due ricevitori (HPE), calcolato componendo i contributi est-ovest nord-sud degli scostamenti. Ciò è stato ottenuto mediante trasformazione dei dati, da coordinate geografiche (φ, λ) a coordinate chilometriche (Y, X).

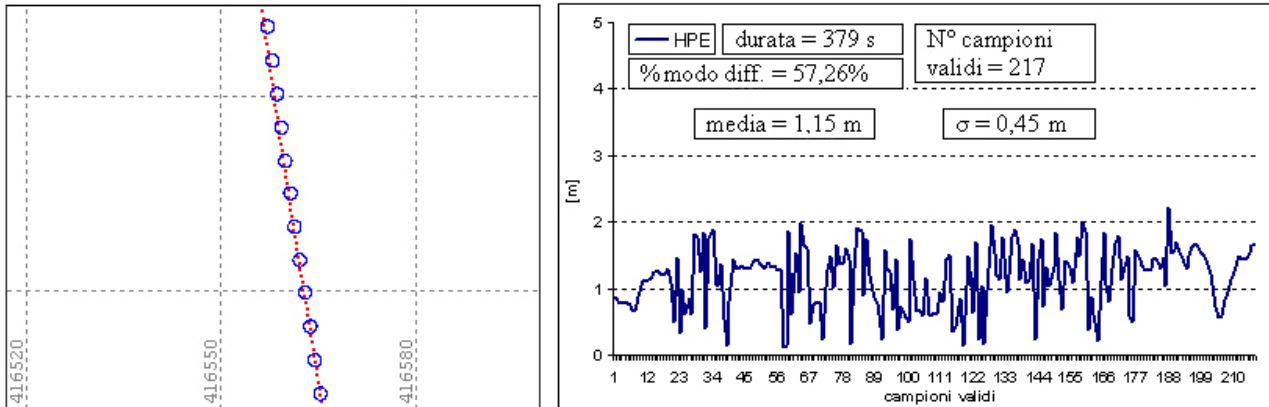


Figura 6 – Manovra rotta 350°, traccia (fig. sx) e scostamento (fig. dx)

Nella Fig.6 dx vengono mostrati anche la durata della singola manovra, la percentuale di tempo in cui entrambe i ricevitori sono stati in modalità differenziale, il numero di coppie di campioni validi, il valore medio e la deviazione standard (σ) degli scostamenti. Da notare che il basso valore percentuale delle coppie di campioni validi è dovuto alla saltuaria perdita del collegamento radio tra reference e rover RTK (di breve durata ma frequenti), ciò induceva il software in *post-processing* a scartare quelle coppie di campioni per i quali il *fix type* indicava un fix di tipo differenziale EGNOS e l'altro di tipo GPS *standalone* in luogo dell'RTK; data l'aleatorietà del fenomeno su tale inconveniente non si è potuto agire durante le prove. Ciò evidenzia le opportunità di utilizzo del segnale EGNOS in quelle applicazioni dove è richiesta non solo l'accuratezza, ma anche la disponibilità, continuità e integrità del servizio di posizionamento. Per tutto il tempo infatti, il ricevitore Septentrio (EGNOS) è stato in modalità differenziale, tranne in una ristretta zona e in un breve intervallo di tempo (dell'ordine di alcuni minuti) in cui tutti i ricevitori di bordo hanno perso l'aggancio dei satelliti GPS. Ciò è provocato da interferenze locali già note da precedenti esperienze GPS, interferenze dovute presumibilmente a ripetitori a radiofrequenza operanti in zona.

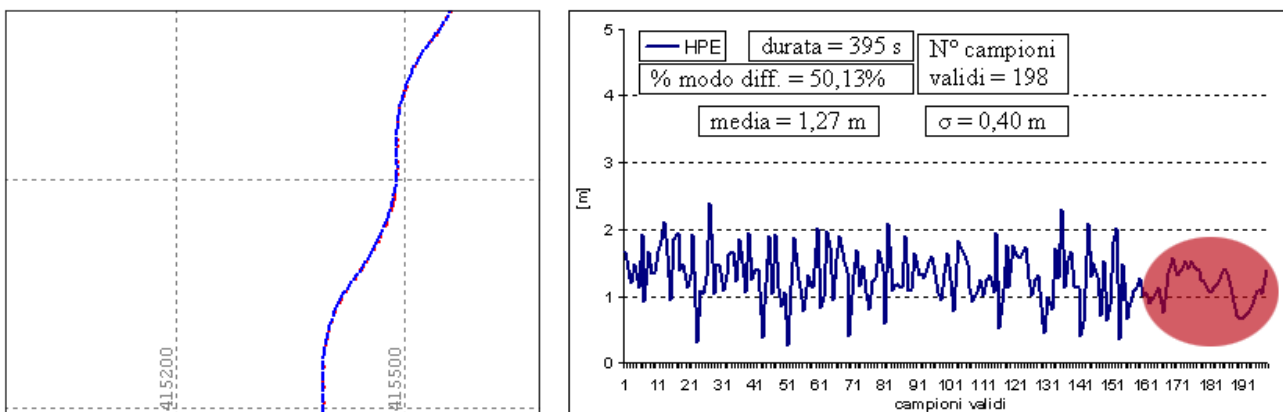


Figura 7 – Manovra zigzag, traccia (fig. sx) e scostamento (fig. dx)

Nella Fig.7sx è mostrata la manovra di zigzag, consistente in accostate alternate a dritta e sinistra con angolo di barra di 10°. Da evidenziare oltre a quanto detto prima, l'andamento meno oscillante

degli scostamenti nella zona evidenziata (Fig.7dx) , ciò è dovuto ad un periodo di maggiore regolarità del collegamento tra reference e rover RTK, in cui sono stati rari i salti del *link* radio.

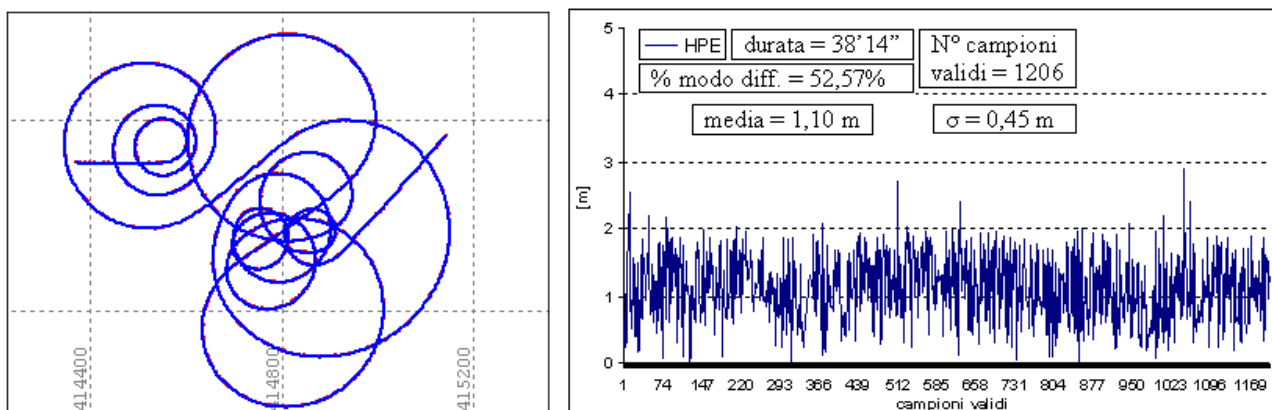


Figura 8 – Manovra spirale, traccia (fig. sx) e scostamento (fig. dx)

In Fig.8 è mostrata la manovra a spirale, tale manovra è stata quella statisticamente più rilevante in quanto di maggior durata rispetto alle altre. Si possono notare ancora le buone prestazioni di EGNOS sui campioni validi.

5. Conclusioni

Anche se non ancora pienamente operativo, dalle prove effettuate EGNOS dimostra di lavorare bene anche in modalità dinamica, con scostamenti dall'RTK dell'ordine del metro. Punti di forza del sistema SBAS europeo sono l'integrità del dato, la continuità e disponibilità di servizio. Ciò è stato ampiamente osservato in questa esperienza, nei periodi in cui l'RTK non era disponibile, il ricevitore EGNOS continuava a fornire regolarmente il servizio di posizionamento differenziale. A breve termine, una volta operativo, sarà utilizzabile in tutte quelle applicazioni dove non è richiesta la semplice accuratezza. Una prossima fase della ricerca sarà quella di analizzare il canale verticale dei due sistemi, e provare ad integrare in qualche modo i dati del ricevitore Novatel; ciò non è stato possibile in questa sede a causa dell'approssimarsi della conferenza già durante le prove.

Bibliografia

- A.Pacifico, M.Vultaggio (2006), "EGNOS: First results of the European SBAS system", *European Navigation Conference 2006 (ENC2006), Manchester, UK, 7-10 May 2006*;
- M.J.M. Kremers et al., "Single-Frequency Wide Area DGPS: Flight Trial Results with EGNOS and PPP", *European Navigation Conference 2006 (ENC2006), Manchester, UK, 7-10 May 2006*;
- A.Pacifico et al. (2006), "European Augmentation Service – a GNSS monitoring in south Europe region", *12° IAIN/GNSS World Congress, proceedings vol.1: 165-170*.
- R. Müllerschön, et al., NASA's Global DGPS for high-precision users. *GPS World*, pp. 14-20, Vol. 12, No. 1, 2001;
- R. B. Langley, RTK GPS. *GPS World*, 9(9):70–76, Sept. 1998;

ESA (2007), European Space Agency website. <http://www.esa.int/esaNA/egnos.html>

IGS (2007), International GNSS Service website. <http://igsceb.jpl.nasa.gov>