





SIFET 01 09

Bollettino della Società Italiana
di Fotogrammetria e Topografia
n 1 anno 2009

Periodico trimestrale

Sped in abb. post 45% art 2
comma 20/b legge 662/96 - Filiale CMP
Cagliari - ISSN 1721-971X



Autorizzazione del Tribunale di Firenze
n. 1515 del 4 dicembre 1962
iscrizione RNS n. 01907 vol. 20 foglio 29
del 27 maggio 1986

Distribuzione gratuita ai soci SIFET
Associato alla
Unione Stampa Periodica Italiana

Direttore responsabile

Prof. Elio Falchi

Comitato di Redazione

Prof. Alessandro Capra
Ing. Paolo Aminti
Prof.ssa Maria Antonia Brovelli
Ing. Virgilio Cima
Prof.ssa Donatella Dominici
Prof. Stefano Gandolfi
Ing. Claudio Pigato
Prof. Livio Pinto
Prof. Fulvio Rinaudo
Prof. Luca Vittuari
Ing. Giuseppina Vacca

Segreteria di Redazione

Dott.ssa Ilaria Banni
SIFET
C.P. 286 Cagliari Centro
Piazza del Carmine
09124 CAGLIARI
e-mail: redazione@sifet.org
t 070 6755436/42

Progetto grafico

S. Asili, G. Toneguzzi

Autorizzazione del Tribunale
di Firenze n. 1515 del 4.12.62
iscrizione R.N.S.
n. 01907 vol. 20 foglio. 29
del 27.5.86

ABBONAMENTO ANNUALE AL BOLLETTINO

Soci: distribuzione gratuita
Non Soci:
Italia e Comunità Europea € 80,00
Altri Stati € 100,00

In questo numero:

Nella foto sopra
Professor Enrico Vitelli

Nella foto a fianco
GALILEO: La futura costellazione GNSS europea.

- 7** **Ricordo di Enrico Vitelli**
- 11** **Il posizionamento satellitare nell'epoca della transizione alle tre frequenze**
Fernando SANSÒ
- 17** **La transizione Italiana da un sistema di riferimento statico a uno dinamico: analisi effettuate da G3 su IGM95 e RDN**
Ludovico BIAGI, Stefano CALDERA, Augusto MAZZONI
- 37** **Pseudorange single point positioning con accuratezza submetrica per mezzo di correzioni ionosferiche basate su reti di stazioni permanenti**
Claudio BRUNINI, Mattia CRESPI, Augusto MAZZONI
- 45** **Tomografia troposferica mediante osservazioni GNSS: risultati e miglioramenti attesi con dati multi-costellazione**
Mattia CRESPI, Lucia LUZIETTI, Monica MARZARIO
- 61** **Uso del segnale L2C nel posizionamento GNSS**
Mattia DE AGOSTINO, Ambrogio Maria MANZINO, Marco PIRAS
Chiara PORPORATO
- 79** **Planning GNSS realistico per applicazioni statiche e cinematiche**
Bianca FEDERICI, Domenico SGUERSO
- 95** **Il sistema Galileo: caratteristiche innovative per il posizionamento e la navigazione satellitare.**
Guido DE ANGELIS, Guido FASTELLINI, Fabio RADICIONI, Aurelio STOPPINI
- 121** **L'approccio non differenziato (Precise Point Positioning) nel calcolo di posizioni mediante sistemi GNSS**
Stefano GANDOLFI
- 139** **Concorso 2009/2010 per gli Istituti di istruzione secondaria**

La SIFET
per il quadriennio
2007-2010

Presidente

Prof. Ing. Elio Falchi
c/o DIST - Facoltà di Ingegneria
Piazza d'Armi - 09123 Cagliari
t 070 6755436
f 070 6755405
e eliofalchi@tiscali.it

Vice Presidente

Prof. Luciano Surace
c/o Istituto Idrografico
della Marina
Passo Osservatorio, 4
16134 Genova
t 010 2443363
f 010 2443391
e luciano.surace@libero.it

Tesoriere

Prof. Ing. Giannina Sanna
c/o DIST - Facoltà di Ingegneria
Piazza d'Armi - 09123 Cagliari
t 070 6755437
f 070 6755405
e topoca@unica.it

Segretario

Geom. Ornella Sperandeo
Via Bixio, 10
20052 Monza
e geom.sperandeo@sperandeo.it

Assessori

Prof. Livio Pinto
c/o DIAR - Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 Milano
t 02/23996525
f 02/23996530
e livio.pinto@polimi.it

Geom. Renzo Maseroli
c/o Istituto Geografico Militare
Via di Novoli, 93 50127 Firenze
t 055 2732442
f 055 417909
e maseroli@tin.it

Sede legale

c/o FAST - P.le Morandi 2
20121 Milano
Partita Iva 04295830154
Codice fiscale 00754730588

Coordinate SIFET

C.C.P. Banco Posta n. 39667761
IBAN IT45076010480000039667761
intestato a Sifet C. P. n. 286
Cagliari Centro
Piazza del Carmine
09124 Cagliari

Il Consiglio Direttivo della Società è così costituito

Giunta esecutiva

Presidente

Prof. Ing. Elio Falchi

Vice Presidente

Prof. Luciano Surace

Segretario

Geom. Ornella Sperandeo

Tesoriere

Prof. Giannina Sanna

Assessori

Geom. Renzo Maseroli

Prof. Livio Pinto

Membri onorari

Gen. Mario Carlà

Geom. Angelo Pericoli

Prof. Enrico Vitelli

Membri di diritto

Direttore del Centro Informazioni
Geotopografiche dell'Aeronautica

Direttore del Dipartimento
del Territorio delle Finanze
Direttore dell'Istituto Geografico
Militare
Direttore dell'Istituto Idrografico
della Marina
Direttore del Servizio Geologico
Nazionale
Presidente del Consiglio
Nazionale degli Architetti
Presidente del Consiglio
Nazionale dei Geometri
Presidente del Consiglio
Nazionale degli Ingegneri
Presidente CS SIFET
Presidente Sezione SIFET Palermo
Presidente Sezione SIFET Catania

Membri ordinari

(oltre ai componenti la giunta
esecutiva)

Prof. Maurizio Barbarella

Geom. Karl Bernard

Prof. Alberto Cina

Prof. Sergio Dequal

Geom. Vittorio Grassi

Geom. Otello Grassi

Prof. Ambrogio Manzino

Geom. Stefano Nicolodi

Prof. Anna Spalla

Ing. Giuseppina Vacca

Probiviri

Ing. Virgilio Cima

Prof. Giovanmaria Lechi

Prof. Attilio Selvini

Revisori dei conti

Sig.ra Giusy Italiano

Ing. Marco Nardini

Le quote sociali (con rinnovo entro il 31 Marzo) per l'anno 2009 sono le seguenti:

Soci annuali individuali

Euro 50.00 (Europa)

Euro 70.00

Soci annuali collettivi

Euro 250.00 (Europa)

Euro 305.00

Soci annuali giovani (*)

Euro 25.00 (Europa)

Euro 45.00

Soci vitalizi individuali

Euro 650.00 (Europa)

Euro 975.00

Soci vitalizi collettivi

Euro 2260.00 (Europa)

Euro 3250.00

(*) età inferiore a 26 anni

Per informazioni:

Segreteria Amministrativa

Dott.ssa Lucia Amato

t +39 070 6755406

e amministrazione@sifet.it

scienza sifet

Il posizionamento satellitare nell'epoca della transizione alle tre frequenze

Fernando SANSÒ
DIIAR- Politecnico di Milano
c/o Polo Regionale di Como,
via Valleggio, 11
22100 Como
e fernando.sanso@polimi.it

1. Introduzione

Da alcuni anni un ampio gruppo di Università Italiane partecipa a domande di finanziamento su progetti PRIN (Programmi di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale) del Ministero della Pubblica Istruzione, sul tema delle reti permanenti GNSS, dei servizi di posizionamento e delle loro applicazioni geodetiche ed ingegneristiche.

In particolare si sono ottenuti finanziamenti sotto la responsabilità alternativamente del Politecnico di Milano e dell'Università di Bologna, sui temi "I servizi di posizionamento satellitare per l'e-government" (PRIN 2004), "Reti di stazioni permanenti GPS per il rilievo in tempo reale in impieghi di controllo e di emergenza" (PRIN 2005), "Galileo e il posizionamento satellitare modernizzato" (PRIN 2006), "La geomatica a supporto delle azioni di governo del territorio" (PRIN 2007).

In questo modo si è cercato e, ritengo, si è anche riusciti a dare un significativo impulso al recupero da parte della geodesia e geomatica italiana di un gap storico su un tema che ha, ed avrà ancor più nel futuro, una valenza strategica in tanti campi dello sviluppo civile della nostra società.

In questo numero del Bollettino SIFET, che ringrazio anche a nome degli Autori, sono raccolti diversi articoli che tracciano un quadro significativo (anche se non esaustivo) del lavoro svolto nell'ambito del PRIN 2006. In questa nota introduttiva si vuole inquadrare l'insieme dei risultati ottenuti cercando di valutare l'impatto sull'avanzamento del settore e le questioni importanti che restano aperte per il futuro.

La transizione Italiana da un sistema di riferimento statico a uno dinamico: analisi effettuate da G3 su IGM95 e RDN

Ludovico BIAGI
Stefano CALDERA
DIIAR - Politecnico di Milano,
c/o Polo Regionale di Como,
via Valleggio 11
22100 Como
e ludovico.biagi@polimi.it
stefano.caldera@gmail.com

Augusto MAZZONI
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Sapienza Università di Roma
via Eudossiana 8
00184 Roma
e augusto.mazzoni@uniroma1.it

Key words > Sistemi di riferimento, rete di ordine zero nazionale, reti permanenti GPS, servizi di posizionamento.

Riassunto > È analizzata la trasformazione fra il sistema di riferimento globale IGS05 e il sistema di riferimento nazionale IGM95. L'analisi è effettuata utilizzando 28 vertici IGM95 di cui si sono stimate le coordinate IGS05; nel lavoro si descrive la stima delle coordinate IGS05 dei vertici e quindi la stima della trasformazione fra i due sistemi di riferimento. In particolare vengono confrontati un approccio mediante trasformazione di similarità alla scala nazionale e uno mediante ripartizione in macroregioni.

La seconda parte del lavoro discute la nuova rete di riferimento di IGM, ovvero Rete Dinamica Nazionale. RDN si compone di 100 stazioni permanentemente monumentate, di cui sono attualmente disponibili quattro settimane di dati, a cavallo del capodanno fra 2007 e 2008. Nel 2008 IGM ha chiesto a due centri di calcolo indipendenti di effettuare l'inquadratura della rete, in modo da disporre di una crossvalidazione dei diversi risultati. Questo articolo discute l'approccio di elaborazione e i risultati ottenuti dal Gruppo di Geodesia e Geomatica (G3), con particolare attenzione alla trasformazione di RDN da IGS05 a ETRF2000: viene infine discussa la generalizzazione della trasformazione a altre reti permanenti, con la trattazione di due casi specifici.

Abstract > The transformation between the global IGS05 and the national ETRF89-IGM95 reference frames is discussed. The analysis is performed by using 28 IGM95 benchmarks, whose IGS05 coordinates have been estimated: particularly the similarity transformation at the national scale is compared with three local estimations.

In the second part, the new Italian zero order network, called Dynamic National Network (RDN) is discussed. RDN has been established by Istituto Geografico Militare (IGM, the official cartographic Italian agency) and is composed of 100 permanent stations; at the present four weeks of data have been distributed by IGM, centred in the

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

crossing between 2007 and 2008. In 2008 IGM has asked the adjustment of RDN to two independent analysis centres, in order to validate IGM results: the paper presents the results obtained by the Geodesy and Geomatics Group (G3), with particular attention to the transformation of the results from IGS05 to ETRF2000; moreover, the estimation of the same transformation for local positioning services is discussed.

Pseudorange single point positioning con accuratezza submetrica per mezzo di correzioni ionosferiche basate su reti di stazioni permanenti

Claudio BRUNINI
Department of Astronomical and
Geophysical Sciences
Univesidad Nacional de La Plata
Paseo del Bosque
B1900FWA La Plata
Argentina
t + 34 221 423 6593
e claudio@fcaglp.edu.ar

Key words > Pseudorange, Single Point Positioning, Correzione ionosferica, Reti di stazioni permanenti, Differential Code Biases.

Riassunto > È ben noto che le reti di stazioni permanenti GNSS per il posizionamento in tempo reale sono principalmente progettate al fine di generare e trasmettere prodotti per il posizionamento RTK (o Network-RTK). In questo contesto i prodotti per lo RTK sono riservati agli utilizzatori dotati di ricevitori di classe geodetica.

Il presente lavoro è un primo passo verso l'utilizzo di reti di stazioni permanenti GNSS per la generazione e la trasmissione di prodotti in tempo reale volti alla modellizzazione della rifrazione ionosferica in grado di migliorare l'accuratezza del posizionamento di ricevitori che acquisiscono misure di solo codice C/A.

Un semplice esperimento è stato condotto partendo da 3 giorni consecutivi di dati di 3 stazioni permanenti afferenti alla rete RESNAP-GPS (w3.uniroma1.it/resnap-gps) attiva nella Regione Lazio e gestita dal Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade – Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "La Sapienza".

Inizialmente, i file RINEX sono stati corretti per i Differential Code Biases prodotti dal CODE, in accordo con le raccomandazioni IGS, e in seguito elaborati con il modulo CODSP (single point positioning con misure di codice) del software Bernese 5.0, utilizzando effemeridi e correzioni di orologio precise prodotte dall'IGS. Per ogni singola epoca (ogni 30 secondi) sono state stimate le posizioni sia per C1 sia per la combinazione ionosferic free C3. Le dispersioni ottenute con la combinazione C3 per le componenti orizzontale e verticale, rispettivamente contenute tra circa -1.5 e 1.5 m e -1 e 1 m, sono state prese come riferimento per le successive considerazioni. Per le soluzioni P1 gli errori sulla componente verticale hanno mostrato una segnatura tipica dovuta all'attività ionosferica: errori maggiori nel periodo diurno (fino a 5 m) e più contenuti durante la notte (circa 1.5 m).

Finalizzate al miglioramento dell'accuratezza della soluzione C1, sono state stimate le correzioni ionosferiche utilizzando il modello ionosferico

Mattia CRESPI
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Università di Roma "La Sapienza"
via Eudossiana, 18
00184 Roma
Italy
t +39 06 44585097
f +39 06 44585515
e mattia.crespi@uniroma1.it

Augusto MAZZONI
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Università di Roma "La Sapienza"
via Eudossiana, 18
00184 Roma
Italy
t +39 06 44585066
f +39 06 44585515
e augusto.mazzoni@uniroma1.it

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

de La Plata (LPIM), basandosi sulle osservazioni su doppia frequenza delle stazioni della rete RESNAP-GPS. Queste correzioni sono state applicate ai file RINEX. Con questa procedura, le dispersioni sulle componenti orizzontale e verticale sono state rispettivamente ridotte tra circa -0.5 e 0.5 m e -1 m e 1 m.

Questo approccio metodologico mostra la possibilità di migliorare notevolmente il posizionamento in tempo reale basato sulle misure di codice semplicemente utilizzando stime di correzioni ionosferiche e prodotti CODE DCB.

Abstract > It is well known that GNSS permanent networks for real-time positioning were mainly designed to generate and transmit products for RTK (or Network-RTK) positioning. In this context, RTK products are restricted to users equipped with geodetic-class receivers.

This work is a first step toward using a local network of permanent GNSS stations to generate and transmit real time products for the ionospheric delay modeling that could remarkably improve positioning accuracy for C/A receiver users.

A simple experiment was carried out based on 3 consecutive days of data from 3 permanent stations that belong to the RESNAP-GPS network (w3.uniroma1.it/resnap-gps), located at the Lazio Region (Central Italy) and managed by DITS-Area di Geodesia e Geomatica, Sapienza University of Rome.

In the first step the RINEX files were corrected for the differential code biases according to IGS recommendations and then processed with Bernese 5.0 CODSP module (single point positioning using code measurements), using IGS precise ephemeris and clocks. One position per epoch (every 30 seconds) was estimated for C1 and for the ionosphere free combination C3. The dispersion obtained with the C3 combination for the horizontal and vertical components, which respectively are approximately in the ranges -1.5 to 1.5 m and -1 to 1 m, was taken as the reference for the following discussion. For C1 observations, the vertical coordinate errors showed a typical signature due to the ionospheric activity: higher errors for day-time (up to 5 m) and smaller ones for night-time (around 1.5 m).

In order to improve the accuracy of the C1 solution, ionospheric corrections were estimated using the La Plata Ionospheric Model (LPIM), based on the dual-frequency observations from the RESNAP-GPS network. Those corrections were applied to the RINEX files of the 3 stations. With this procedure, the horizontal and vertical errors were reduced respectively to the approximate ranges -0.5 to 0.5 m and -0.8 to 0.8 m. This methodological approach shows the possibility to remarkably improve the real time positioning based on code measurements just using ionospheric corrections estimations and CODE DCB products.

Tomografia troposferica mediante osservazioni GNSS: risultati e miglioramenti attesi con dati multi-costellazione

Key words > GNSS, Tomografia Troposferica, Fisica dell'Atmosfera, Previsioni meteorologiche

Riassunto > I diversi studi volti alla realizzazione di tomografie troposferiche condotti negli ultimi anni se, da un lato, hanno dimostrato che la distribuzione del contenuto di vapore acqueo troposferico può essere ricostruita a partire dalle sole osservazioni GPS, dall'altro hanno evidenziato la necessità di introdurre numerose equazioni di regolarizzazione al fine di rendere l'inversione tomografica stabile e, quindi, di ottenere risultati affidabili. Infatti, uno dei maggiori limiti della tecnica tomografica risiede proprio nello scarso numero di satelliti contemporaneamente visibili. Si ritiene che tale limite potrà essere superato grazie alla futura disponibilità di altre tre costellazioni Global Navigation Satellite Systems (GNSS) oltre a quella statunitense: Glonass, Galileo e Compass/BeiDou.

Per investigare i benefici che l'incremento del numero di satelliti potrà apportare alla tomografia troposferica è stata realizzata una simulazione localizzata nella parte centrale del territorio del comune di Roma, considerando 7 stazioni permanenti GNSS, di cui 6 collocate ai vertici di un esagono e una nel suo centro. Dopo aver simulato, mediante un software appositamente implementato, un certo contenuto di vapore acqueo nella troposfera, sono stati calcolati i valori dei ritardi (TZDs) ad esso associati, utilizzando come software di elaborazione dei dati GNSS il Bernese (versione 5.0) e, come orbite, quelle fornite dall'International GNSS Service (IGS).

Le diverse stime tomografiche sono state eseguite per mezzo di *SofTT* (Software for Troposphere Tomography), un software sviluppato nell'Area di Geodesia e Geomatica (AGG-DITS) e, i risultati ottenuti, prima con il solo GPS e, successivamente, per la doppia costellazione GPS+Glonass, sono stati confrontati e discussi. Nel prossimo futuro, grazie alle orbite simulate per la costellazione Galileo relativamente alla settimana 1472, potrà essere effettuata una sperimentazione con una costellazione tripla.

Mattia CRESPI
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Università di Roma “La Sapienza”
via Eudossiana, 18
00184 Roma, Italy
t +39 06 44585097
f +39 06 44585515
e mattia.crespi@uniroma1.it

Lucia LUZIETTI
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Università di Roma “La Sapienza”
via Eudossiana, 18
00184 Roma, Italy
Now at: Telespazio S.p.A.
via Tiburtina, 965
00100 Roma, Italy
e guest408.luzietti@telespazio.com

Monica MARZARIO
DITS – Area di Geodesia e Geomatica,
Università di Roma “La Sapienza”
via Eudossiana, 18
00184 Roma, Italy
Now at: Istituto Nazionale di Geofisica e
Vulcanologia
via di Vigna Murata, 605
00100 Roma, Italy
e monicamarzario@ingv.it

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

Abstract > So far, several feasibility studies have demonstrated the practicability of tropospheric tomography to determine the spatial distribution and temporal variation of the water vapour content but considering only data acquired by GPS permanent stations.

Although their results were undoubtedly encouraging, they also highlighted that a remarkable present limitation of this technique is the low number of in-view satellites, what forces to introduce a significant amount of regularization equations to make tomographic inversion stable and computable.

Nevertheless, in the next future, the full functionality of Glonass and the deployment of the European GNSS Galileo and the Chinese Compass/BeiDou system will increase remarkably the number of available (about 100) and in-view (probably more than 20, in the average) satellites, so that much better horizontal, vertical and temporal resolutions are expected in the tropospheric tomography if multi-constellation receivers will be available.

In order to exploit the benefit of a double constellation (Glonass, GPS) for a GNSS-based tomography, we developed a research for carrying out a tomography simulation over the central part of the Rome municipality (about 200 km²), hypothesizing to use a GNSS permanent network including 7 receivers approximately located on the vertices of a hexagon and one in its center. This simulation is based, at first, on GNSS observation generated by Bernese GPS software version 5.0 with true GPS and Glonass orbits; synthetic tropospheric fronts were generated by an ancillary implemented software. The tropospheric tomography with different constellations (only GPS, GPS+Glonass) were carried out by the original software *SofTT* (Software for Troposphere Tomography), designed and implemented at the Area di Geodesia e Geomatica (AGG-DITS). The results of the different tropospheric tomographies are compared and discussed. In the next future, a triple constellation simulation will be carried out thanks to the Galileo orbit, simulated by Galileo System Simulation Facility (European Space Agency-ESA product) for the 1472 GPS-week.

Key words > modernizzazione GPS, L2C, PPP, Differential Code Bias, Rapporto segnale/rumore, multipath.

Riassunto > L'articolo prende in esame alcuni aspetti della modernizzazione della costellazione GPS, in particolare il nuovo codice civile L2C e i vantaggi derivanti dall'uso. A tal fine si esaminano le misure ricevute dagli otto satelliti che attualmente trasmettono questa misura, assieme al codice P2(Y), con particolare attenzione alla qualità del segnale trasmesso ed all'accuratezza derivante dall'uso del nuovo codice nel posizionamento ad una via. Sono state condotte analisi inerenti i rapporti segnale rumore, i valori di *multipath* e sono stati ricavati i valori DCB (Differential Code Bias) rispetto al codice P2(Y) e al codice C/A trasmesso sulla prima frequenza. Nel posizionamento ad una via sono stati valutati, con l'uso del filtro di Kalman, i miglioramenti derivanti dall'uso del nuovo codice in relazione ai tempi di fissaggio delle ambiguità, ai rumori residui sulle ambiguità di fase ed ai residui ionosferici.

Abstract > The paper analyses the status of GPS modernization and, in particular, the new L2C civil code and the advantages the introduction of this code could provide. For this purpose, an analysis of the eight Block IIR-M satellites which currently transmit the L2C code together with P2(Y). was carried out, paying particular attention to the quality of the transmitted signal and to the variations of one-way position accuracy. Some analysis of the SNR (Signal to Noise Ratio), on multipath values and on a Differential Code Bias of the new GPS code was carried out, comparing it with the old P2(Y) signal and the current C/A signal on the L1 band. A second analysis was carried out to realize a "one way" positioning (satellite-receiver) using the Kalman filter. The problem was set up in such a way as to estimate the phase ambiguity value on the L1 frequency and also on the L2 frequency, in order to evaluate the eventual improvements that the new L2C code could introduce in terms of time to fix (TTF) and noise of ambiguity.

Planning GNSS realistico per applicazioni statiche e cinematiche

Bianca FEDERICI
Domenico SGUERSO
Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni,
dell'Ambiente e del Territorio
(DICAT)
Università degli Studi di Genova
Via Montallegro 1
16145 Genova
t 010-3532421
f 010- 3532546
e bianca.federici@unige.it
domenico.sguerso@unige.it

Key words > GNSS, planning, DSM, cinematico, GIS, GRASS.

Riassunto > La presenza sempre più diffusa delle reti di Stazioni Permanenti GNSS rende le tecniche di rilevamento satellitare sempre più semplici, veloci ed economiche, permettendo al tecnico di ottenere agevolmente precisioni elevate. L'efficacia delle campagne di misura GNSS trae particolare vantaggio, tanto per l'esito quanto per la spedività, da una accurata fase di pianificazione dello stesso, in funzione della reale visibilità delle differenti costellazioni satellitari.

Nel presente lavoro si affrontano diverse applicazioni ottenute con la versione aggiornata di un codice, precedentemente sviluppato da uno degli autori, che permette di ottenere carte di visibilità satellitare che tengano automaticamente conto delle ostruzioni ai segnali satellitari, nota che sia la morfologia del territorio oltre che l'eventuale presenza di edificato, per mezzo di modelli digitali dell'ambiente antropizzato. Il software, realizzato quale modulo integrato nel GIS free software ed open source GRASS, fornisce una valutazione realistica della visibilità satellitare e del relativo contributo che tale configurazione geometrica può fornire. Lo strumento, detto appunto di planning realistico, permette differenti applicazioni utili sia per l'identificazione delle aree ottimali nelle quali effettuare il rilievo in una prefissata finestra temporale, che viceversa per individuare l'orario più opportuno nel quale svolgere la campagna di misura; esso può essere applicato tanto ad intere aree che a specifici percorsi, siano essi aderenti al territorio o traiettorie a quota assegnata, fornendo una velocità media di spostamento. Il codice è stato inoltre integrato per il calcolo di un indice di visibilità percentuale valutato rispetto al numero di satelliti disponibili in assenza di ostruzioni, utile per l'individuazione di siti ottimali all'impianto di nuove stazioni permanenti.

Tale strumento è stato utilizzato per effettuare analisi comparate della visibilità satellitare e dell'indice PDOP per un'area territoriale particolarmente complessa, tenendo conto della morfologia del territorio, in funzione delle diverse costellazioni satellitari GNSS nell'arco delle

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

24 ore, per applicazioni sia statiche che cinematiche, oltre che dell'indice di visibilità percentuale. Le analisi hanno evidenziato l'importanza del contributo delle multi-costellazioni per il posizionamento satellitare, specie in aree territoriali particolarmente critiche, anche se allo stato attuale non ancora ottimale al fine di permettere all'utente buoni rilievi in qualsiasi momento della giornata.

tribution of multi-constellations to satellite positioning, mainly in difficult areas, even if actually not yet optimal to allow good surveys in every moment of the day.

Abstract > The more and more spread presence of GNSS Permanent Station Networks makes the satellite survey techniques more simpler, quicker and cheaper, allowing the technician to obtain easily high precisions. However, the result and, above all, the speed of GNSS survey campaign get an advantage out of accurate planning, especially where the site to survey has characteristics that make the satellite observations difficult.

In the present work applications performed with the updated version of a planning software, previously developed by one of the author, are illustrated. The software, realized as code integrated in the free and open source GIS GRASS, allows to obtain realistic satellite visibility maps and PDOP index maps taking into account the obstructions to satellite signals due to terrain morphology or buildings, through digital surface models of the interesting area. The procedure, called realistic planning, may be used to find optimal areas in which perform a survey in a given temporal window, or to find the best hour at which plan the survey campaign; it may be applied either to whole areas and to specific trajectory, in adhesion to the terrain or at a given elevation, known the mean velocity of the vehicle. The code was also integrated with the calculus of an index of visibility percentage with respect to the number of satellite observable without obstructions, so to make easy the choice of the site for the new permanent stations.

By means of such software, a comparative analysis of realistic satellite visibility and PDOP index for a particularly complex area in function of the different GNSS satellite constellations in the course of 24 hours, for static and cinematic applications, and an analysis of the visibility percentage index were performed. The results underline the important contri-

Il sistema Galileo: caratteristiche innovative per il posizionamento e la navigazione satellitare.

Guido DE ANGELIS
Dipartimento di Ingegneria Elettronica e dell'Informazione
Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 93
06125 Perugia
t 0755853919
f 0755853654
e guido.deangelis@diei.unipg.it

Guido FASTELLINI
Fabio RADICIONI
Aurelio STOPPINI
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti, 93
06125 Perugia
t 0755853767
f 0755853756
e labtopo@unipg.it

Key words > Galileo, GPS, GNSS, BOC

Riassunto > Il progetto della costellazione Galileo per il posizionamento e la navigazione satellitare è stato rilanciato con convinzione dalla Comunità Europea nel 2007 e se ne prevede la piena operatività entro il 2013. Probabilmente tale data potrà cambiare in relazione alle condizioni economiche e politiche, ciononostante numerose sono le ricerche che hanno portato a sviluppi tecnico-scientifici per l'intero settore del posizionamento e navigazione satellitare. In particolare, per diminuire le problematiche legate alle interferenze tra i vari sistemi GNSS e quindi migliorare l'allocazione in frequenza dei segnali soprattutto sulla portante L1, è stato introdotto un set di modulazioni appartenenti alla famiglia BOC (*Binary Offset Carrier*). Nel lavoro vengono descritti i vari tipi di modulazioni BOC che saranno impiegate nello spettro delle frequenze Galileo e nel GPS modernizzato. I satelliti GIOVE-A e GIOVE-B trasmettono i segnali già con le citate modulazioni ed, in via sperimentale, è stata eseguita la fase di acquisizione. I segnali Galileo consentiranno, non solo, maggiore accuratezza nel posizionamento e navigazione e distribuiranno numerosi servizi, ma i vantaggi più evidenti deriveranno dall'utilizzo congiunto di più costellazioni satellitari. La stretta collaborazione tra la Comunità Europea e gli USA porterà ad un alto livello d'interoperabilità almeno sulle due frequenze comuni E1/L1 e E5a/L5 GPS e Galileo.

L'impiego della terza frequenza permetterà inoltre nuove combinazioni e quindi numerosi miglioramenti quali un più rapido fissaggio delle ambiguità di fase ed una migliore stima del ritardo ionosferico.

Abstract > The project of the Galileo system for satellite positioning and navigation was strongly re-launched by the European Community in 2007 and it's expected to fully operational by 2013. Probably this date may change in relation to economic and political conditions, however there are many researches that have led to scientific and technical developments for the entire field of satellite positioning and

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

navigation. In particular, to decrease the problems related to interference between different GNSS systems and therefore improve the allocation of frequency signals above all on the L1 carrier, was introduced a set of modulations of the family BOC (*Binary Offset Carrier*). The work describes the various types of BOC modulations that are used in the spectrum of Galileo frequencies and modernized GPS. The satellite GIOVE-A and GIOVE-B transmit signals with the already mentioned modulations and, on an experimental way, has been carried out the acquisition of such signals.

Galileo signals will allow greater accuracy in positioning and navigation and will distribute several services, but the most benefits will derive from the use of more satellite constellations. The close co-operation between the EU and the USA will lead to a high level of interoperability, at least on the two common frequencies E1/L1 and E5a/L5 GPS and Galileo. The use of the third frequency will also allow new combinations and then many improvements such as faster fixing of phase ambiguities and a better estimate of the ionospheric delay will be possible.

L'approccio non differenziato (Precise Point Positioning) nel calcolo di posizioni mediante sistemi GNSS

Stefano GANDOLFI
DISTART
Università degli Studi di Bologna
t 051-2093102 – Fax. 051-2093114
e stefano.gandolfi@unibo.it

Key words > PPP, GIPSY-OASIS, Stazioni Permanenti GPS

Riassunto > Nell'ambito del progetto di ricerca finanziato dal MIUR per gli anni 2007-2008 (PRIN 2006) dal titolo *"Galileo e il posizionamento satellitare modernizzato"*, il gruppo di ricerca dell'Università di Bologna ha affrontato diverse tematiche legate al trattamento del dato GNSS ed in particolare ha approfondito alcuni aspetti legati all'approccio Precise Point Positioning (PPP) confrontandolo con il più consolidato approccio differenziato. Nel lavoro, dopo una breve introduzione sui principi base che governano il metodo PPP, vengono presentati alcuni risultati delle ricerche condotte negli ultimi anni. Per tali ricerche l'unità ha utilizzato il codice di calcolo GIPSY-OASIS II sviluppato dal JPL (Jet Propulsion Laboratory) della Nasa. Attualmente il JPL non considera l'uso di altre costellazioni oltre che il GPS come migliorative nel posizionamento di Precisione e dunque non sono state possibili sperimentazioni volte a verificare l'eventuale valore aggiunto della costellazione Glonass nel PPP. Il lavoro, dopo una sintesi dei principali risultati ottenuti, riporta una analisi critica volta a sottolineare, secondo l'autore, punti di forza e aspetti critici di questo metodo di elaborazione del dato GNSS rispetto all'approccio differenziato.

Abstract > In the framework of the research financed by MIUR (Prin06) titled *"Galileo and the modernized satellite positioning"* the Operative Unit of the University of Bologna has performed many studies on GNSS data treatment and particularly has deeply studied the Precise Point Positioning (PPP) approach comparing the solutions with the solutions obtained from a differenced approach. In this paper, after a brief introduction on the theory on PPP, the principal results of the experimentation obtained not only during the period of the Prin06 will be shown. For these research GIPSY-OASIS II software developed by Jet Propulsion Laboratory of Nasa (USA) were used. At the moment JPL don't believe that other constellation such as Glonass can improve the final accuracy or precision o a GNSS position-

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Giugno 2009. Articolo accettato nel mese di Ottobre 2009

ing and for this reason the software cannot use other constellations but for GPS. This paper constitutes a synthesis of the principal results obtained and gives a critical analysis on different aspects of PPP respect to differenced approach.

