

RFI: il caso studio della stazione GNSS dell'Università di Palermo

Gino Dardanelli^a, Antonio Sansone Santamaria^b

^a Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo
tel. 0917028731 - e-mail: gino.dardanelli@unipa.it,

^b Laboratorio di Fisica della ARPA Regione Sicilia, via Nairobi 4, 90129 Palermo tel. 0917033517 –
e-mail asansone@arpasicilia.it

Riassunto

La sperimentazione descritta in questo lavoro riguarda la prima parte di una ricerca, tuttora in corso, che vede coinvolti l'Agenzia Regionale Protezione Ambiente Sicilia (ARPA) e il Dipartimento di Rappresentazione dell'Università di Palermo (DIRAP), avente come tema le problematiche relative alle interferenze da radio frequenza registrate dalla stazione permanente GNSS dell'Università di Palermo. La stazione è stata materializzata nel 2006 e dal 2007 fa parte della rete di stazioni permanenti GNSS-NRTK gestita dal DIRAP, per attività di studio di ricerca.

In particolare, in questo lavoro sono illustrati i test che sono stati condotti e i risultati in termini di interferenza elettomagnetica.

Abstract

In Sicily, from 2005 to 2007, a research group at the Dipartimento di Rappresentazione, DIRAP (University of Palermo) has realized a *Global Navigation Satellite System (GNSS)* network for real time positioning (*Network Real Time Kinematic –NRTK*), activity founded by “Minister of Instruction, University and Scientific Research” (MIUR) as “National Interest Research Program” *PRIN2005* entitled “Networks of permanent GPS stations for the survey in real time control and use of emergency”. In particular, this work shows the tests that were conducted on permanent station and the results in terms of RFI.

Introduzione e stato dell'arte

I temi relativi alla interferenze da radio frequenza (*Radio Frequency Interference*, RFI), al multipath e al controllo di qualità dei dati provenienti dalle reti di stazioni permanenti GNSS rappresentano argomenti consolidati, essendo stati studiati e analizzati in letteratura in svariati casi negli ultimi anni. La varietà delle situazioni sperimentali non permette, tuttavia, di potere condurre una analisi esaustiva dei fenomeni legate alle interferenze; per questo motivo si è preferito limitare la disamina all'ultimo decennio.

E' appena il caso ricordare che le sorgenti di interferenza dei segnali GPS possono essere militari, microonde e trasmissioni legate alle telecomunicazioni vicine la banda tipica della L1, mentre i ponti radio amatoriali possono causare interruzioni della ricezione satellitare prossimi alla frequenza della L2.

Uno dei primi studi relativi alle interferenze da radio frequenza è stato condotto in Germania, dall'*Università di Stuttgart*, sia per le frequenze GPS che Glonass; in particolare viene mostrato in questo lavoro come le frequenze L2 di ambedue i sistemi possono essere degradate proprio dai ponti radio amatoriali, chiamati *digipetears* (Butsch, 1997). Alcune ditte del settore topografico mondiale, come *Javad Positioning Systems* avevano già messo a punto in quegli anni delle tecniche di limitazione alle interferenze dei segnali legati ai sistemi GPS e Glonass, con la realizzazione di micro chip per l'eliminazione dei segnali in banda (Zhodzishsky et al., 1998).

Lo studio scientifico messo a punto dai ricercatori dell'*Università di Nottingham*, in Gran Bretagna, evidenzia come sia possibile che stazioni permanenti GPS possano essere affette sia RFI che da fenomeni da multipath; utilizzando analizzatori di spettro elettromagnetico e antenne ad ampia banda, è possibile anche conoscere la posizione della fonte di interferenza (Teferle et al., 2003); gli strumenti software utilizzati per rappresentare i dati in questo studio sono principalmente *TEQC* (Estey and Meertens, 1999) e *Generic Mapping Tools, GMT* (Wessel and Smith, 1995).

Anche presso l'*Università di Calgary*, in Canada, sono stati effettuati studi legati alle RFI: in particolare degno di nota è quello relativo alla modulazione del segnale sia in ampiezza che in frequenza durante le fasi di acquisizione GPS (Deshpande, 2004).

In Italia, invece, la prima trattazione relativa a stazione permanente sottoposta ad interferenze elettromagnetiche è quella del *Politecnico di Torino* (Betti et. Al., 1998), mentre i primi studi relativi a prove di interferenza su ricevitori GPS devono ascrivere a quelli condotti congiuntamente dall'*Università di Ferrara* e di *Bologna* (Gatti et. Al., 1998).

Per il controllo di qualità dei dati sono stati messi a punto studi scientifici condotti dal *Politecnico di Milano* (Gelmotto e Manzino, 2001).

Indagini preliminari

In questo lavoro, si vuole riportare l'esperienza della stazione permanente GNSS di Palermo relativamente alle interferenze elettromagnetiche negli ultimi anni ed in particolare nel 2007 e 2008.

La stazione di Palermo fa parte della rete di stazioni permanenti realizzata dal DIRAP e costituita da nove stazioni GNSS ubicate nella Sicilia occidentale, nelle province di Palermo, Agrigento, Caltanissetta e Trapani, a cui è stata aggregata, recentemente, anche la stazione permanente di Alcamo.

La rete, inquadrata nel sistema di riferimento geodetico IGS05, fornisce, in forma sperimentale, dati per servizi di posizionamento sia in post elaborazione che in tempo reale (Dardanelli et al., 2008). Due di queste stazioni (Termini Imerese e Campobello di Mazara) sono state inserite nella *Rete Dinamica Nazionale* istituita dall'IGM per la definizione del nuovo datum geodetico italiano.

La rete è stata messa a punto a partire dal 2007 dai ricercatori del DIRAP durante l'attività di ricerca, legata al progetto PRIN2005 dal titolo: "*Reti di stazioni permanenti GPS per il rilievo in tempo reale in impieghi di controllo e emergenza*", considerato che, in quel periodo in Sicilia erano completamente assenti infrastrutture geodetiche realizzate da soggetti pubblici per il posizionamento GPS in tempo reale e finalizzate ad erogare servizi per una utenza tecnica. Le uniche stazioni permanenti esistenti, nella zona della Sicilia orientale, erano, infatti, finalizzate esclusivamente al monitoraggio geodetico del territorio (rete RING dell'INGV e della rete GPS SIORNET dell'APAT).

La stazione GNSS dell'Università di Palermo è equipaggiata con un ricevitore *Topcon* modello *NET-G3* a doppia costellazione satellitare GPS, GLONASS e predisposto per Galileo, collegato ad una antenna *choke-ring Topcon* modello *CR-3* che riceve i segnali L1+L2 GPS/GLONASS, WAAS e EGNOS; il ricevitore è collocato all'interno di un armadio rack in plastica ed è collegato a una batterie tampone, in caso di interruzioni di alimentazione elettrica.

Prima dell'installazione della stazione permanente, era stato condotto da ARPA Sicilia un controllo all'interno dell'intervallo in cui sono comprese le frequenze GPS, con un sistema di monitoraggio distribuito di campo elettromagnetico ambientale *PMM 8055S* per un periodo di tre settimane. Questo studio era stato previsto poiché si temevano eventuali interferenze sull'acquisizioni GPS per la vicinanza di ripetitori GSM sui tetti di due edifici limitrofi (distanti circa 1 km). I risultati dell'analisi garantivano l'assenza di eventuali interferenze sul segnale GPS, come è mostrato nella figura 1, a (Dardanelli et al., 2008).

Nel diagramma di figura 3 vengono pertanto riportati tali valori, con riferimento ai dati dall'ottobre del 2006, fino al febbraio 2009.

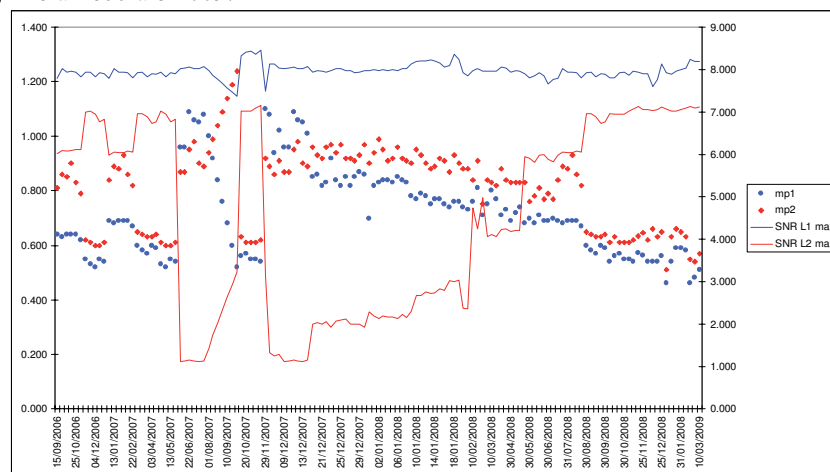


Figura 3 – Diagramma SNR e multipath

Dall'esame del grafico, ed in particolare del SNR della L2 si osserva proprio che nel periodo compreso tra giugno 2007 e agosto 2007 vi è la prima determinazione dell'interferenza, mentre cosa più grave, già dal novembre 2007, fino al luglio 2008 si ottengono valori molto bassi di SNR. La situazione invece rimane positiva per i valori della L1. Anche i valori di multipath sono elevati in questo periodo, mentre rientrano in limiti accettabili dall'agosto 2008.

Queste osservazioni sono state confermate a posteriori utilizzando un programma di analisi della qualità dei dati, ed in particolare per la rappresentazione del SNR che è *QC2SKY*, realizzato dall'ing. Marco Roggero del Politecnico di Torino (Roggero, 2006, Dolce et al., 2007) (figura 4).

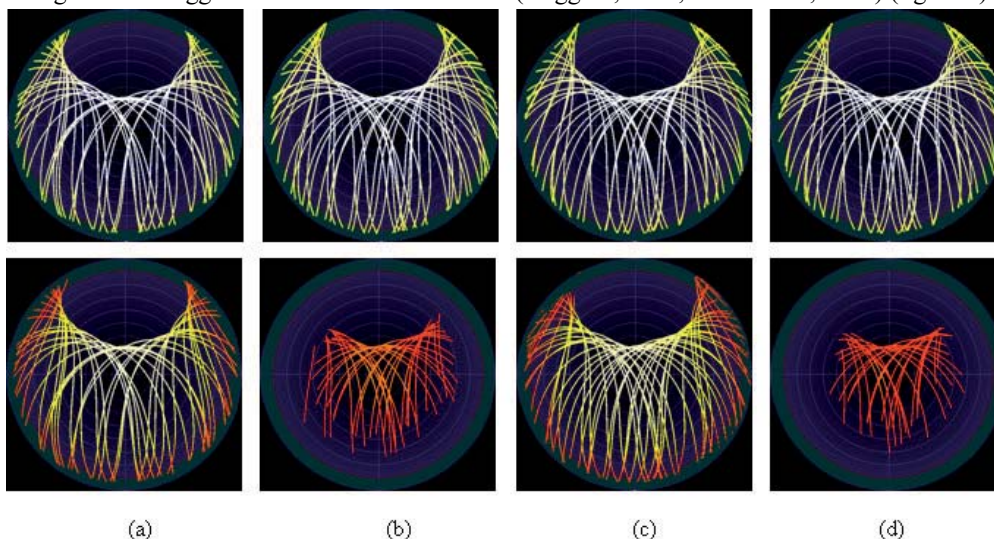


Figura 4 – Rappresentazione del SNR su L1 ed L2 in date di osservazione:
a) ottobre 2006; b) giugno 2007; c) novembre 2007; d) gennaio 2008

Simulazione del segnale di interferenza

Per stimare l'interferenza tra segnali esterni in banda GPS e l'antenna ricevente *choke ring* posta sul tetto dell'edificio che ospita il DIRAP sono stati irradiati segnali con un sistema composto da un generatore *R&S SMIQ03B*, un amplificatore *AR 15SIG3* ed un antenna *Horn Ets Lindgreen 3115*.

Tenuto conto della struttura dell'antenna *choke ring*, che sembra potere garantire una relativa immunità elettromagnetica e delle possibili sorgenti di segnali in ambito urbano, sono stati irradiati segnali con direzione laterale e inferiore all'antenna in modo da simulare possibili disturbi da apparati vicini.

In una prima fase della sperimentazione sono stati prodotti segnali a frequenze GPS pari a L1 (1575.42 MHz) ed L2 (1227.60 MHz) variandone l'ampiezza e verificando contemporaneamente l'interferenza con la ricezione del segnale GPS.

Sia nella direzione di irradiazione inferiore al piano dell'antenna GPS per circa 30 gradi sia nell'irradiazione laterale a 0 gradi a frequenza pari a L1 ed L2 il minimo segnale capace di generare interferenza è risultato di -40 dBm che, tenuto conto delle perdite del cavo, del guadagno dell'antenna e della distanza tra l'antenna radiante e l'antenna GPS, comporta un segnale pari a -50 dBm alla parete dell'antenna GPS.

E' stata successivamente variata la frequenza del segnale generato a potenza pari al minimo valore che generava interferenza (-40 dBm) e/o perdita di satelliti sia in L1 che in L2.

Variando a passi di 1 MHz la frequenza intorno ai valori di 1575.42 MHz ed L2 1227.60 MHz si è rilevato che entro un intervallo di +/- 50 Mhz si riscontravano diminuzioni del rapporto segnale rumore e perdita di satelliti mentre al di fuori di tale intervallo non si riscontravano interferenze.

Possibili sorgenti di segnali interferenti

Le bande intorno L1 ed L2 possono essere utilizzate in Italia (Piano Nazionale di Assegnazione delle radiofrequenze *GU n. 273 del 21-11-2008 - Suppl. Ordinario n.255*) per diversi utilizzi dal radar ai sistemi di radiodiffusione a sistemi trasferimento dati.

Inoltre diversi dispositivi che lavorano normalmente a frequenze molto più alte sia di L1 che di L2 (anche i recenti sistemi *Wireless* o *Wifi*) possono generare delle sub armoniche di rilevante intensità spesso non rilevabili dai proprietari dei sistemi stessi.

Il problema della compatibilità elettromagnetica ambientale influisce sui segnali GPS nel tempo e nello spazio soprattutto tenendo conto che l'antenna *choke ring* non risulta immune da interferenze prodotte da segnali da direzioni complanari o inferiori all'antenna stessa e cioè da sorgenti spesso inattese o addirittura invisibili in quanto interne ad edifici limitrofi o nello stesso edificio.

In tal modo in qualsiasi momento, anche dopo l'installazione e la verifica del sistema GPS, è possibile che subentrino interferenze spesso non facilmente identificabili anche in ragione dell'elevato costo della strumentazione di analisi spettrale dei campi elettromagnetici necessarie per la loro identificazione e, da un punto di vista normativo, della non obbligatoria collaborazione dei proprietari delle sorgenti disturbanti.

Conclusioni

E' stato descritto il comportamento della stazione permanente di Palermo rispetto alle interferenze elettromagnetiche a cui è stata sottoposta negli ultimi anni; si è dimostrato infatti che, anche operando un controllo preliminare sul sito scelto per l'installazione, non è possibile prevedere eventuali interferenze in tempi successivi e per periodi limitati.

E' risultato necessario, quindi, potere monitorare nel tempo i dati postprocessati, attraverso software specifici utilizzati in ambito scientifico (TEQC, QC2SKY). Dato che l'interferenza elettromagnetica sulla L2 non è presente da più di un anno, sarà possibile utilizzare, probabilmente, i dati della stazione all'interno della *Rete Dinamica Nazionale* e a tale scopo sono stati già inviati al centro di calcolo di Firenze quelli relativi ad alcune settimane di misura nel 2009.

Bibliografia

- Dardanelli G., Franco V., Lo Brutto M., (2008). La rete GNSS per il posizionamento in tempo reale dell'Università di Palermo: progetto, realizzazione e primi risultati, *Bollettino SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia)* n. 3-2008, pp. 107-124.
- Dardanelli G., Franco V., Lo Brutto M., (2008). Sperimentazione di servizi di posizionamento in tempo reale nella rete GNSS dell'Università di Palermo, In: *Atti del Convegno SIFET 2008*, Sorrento, Italia, pag. 71-77
- Dolce M., Brandi G., D'Alessandro A., Malaspina S., Serio C., (2007). Un esempio di analisi di qualità dei dati acquisiti dalla rete CGPS: l'area vesuviana, disponibile online in www.ov.ingv.it/doc/ofr07006.pdf.
- Roggero M., (2006). Consulenza per il progetto e l'installazione di stazioni GPS permanenti nell'ambito della rete GAIN, disponibile online in marcopolo.arpa.piemonte.it/gpsquakenet/documenti/GAIN.pdf.
- Deshpande S., (2004). Modulated Signal Interference in GPS Acquisition, *Proceedings ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division*, 2004, Long Beach, CA, USA.
- Teferle N., Bingley R., Dodson A., Apostolidis P., Staton G. (2003). RF Interference and Multipath Effects at Continuous GPS Installations for Long-Term Monitoring of Tide Gauges in UK Harbours, *Proceedings ION GPS/GNSS 2003*, September 9-12, 2003, Oregon Convention Center - Portland, Oregon, USA
- Gelmotto E., Manzano A. M., (2001). Controllo di qualità dei dati GPS di siti permanenti, in: *Atti 5ª Conferenza Nazionale ASITA*, Rimini, Italia.
- Gatti M., (2000). Una procedura per valutare la qualità di un ricevitore GPS, In: *Atti 4ª Conferenza Nazionale ASITA*, Genova, Italia.
- Estey, L.H., and C.M. Meertens, (1999). TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data, *GPS Solutions*, 3 (1), 42-49, 1999.
- Betti B., Cina A., Manzano A., Olivieri A., Siccardi M., Tombolino L., (1998). Controllo di qualità dei dati nella stazione permanente GPS di Torino, *Bollettino SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia)* n. 1-1998, pp. 37-48.
- Zhodzishsky M., Cherniavsky D., Kirsanov A., Vorobiev M., Prasolov V., Zhdanov A., Ashjaee J., (1998). In-Band Interference Suppression for GPS/GLONASS in *Proceedings ION GPS-98 11th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, September 15-18, 1998, Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee, USA, disponibile online www.javad.com/downloads/jns/papers/interference_suppression.pdf.
- Gatti M., Giovanelli A., Pellegrinelli A., (1998). Prove di interferenza su ricevitori GPS, *Bollettino SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia)* n. 2-1998, pp. 65-81.
- Butch, F., (1997) GPS and GLONASS Radio Interference in Germany, in *Proceedings of the 10th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS-97*, Kansas City, USA, September 16-19, 1997, pp. 1427-1437, Institute of Navigation, Washington D.C., 1997.
- Wessel, P., and W.H.F. Smith, (1995). A new Version of generic mapping tools released, *EOS: Transactions American Geophysical Union*, 76, 1995.