
Procedure automatiche per il monitoraggio di reti di stazioni permanenti GNSS mediante approccio Precise Point Positioning

Automatic procedures for monitoring GNSS permanent stations networks through Precise Point Positioning approach

Stefano GANDOLFI
Luca POLUZZI

Università di Bologna
Scuola di Ingegneria e Architettura
DICAM – ARCES
Viale Risorgimento n° 2
40136 Bologna

e stefano.gandolfi@unibo.it
luca.poluzzi5@unibo.it

Parole Chiave > GPS, Precise Point Positioning (PPP), Stazioni Permanenti GPS, Monitoraggio

Key Words > GPS, Precise Point Positioning (PPP), GPS Permanent Stations, Monitoring

Riassunto > Il sempre crescente numero di stazioni permanenti GNSS sia in Italia che nel mondo (installate prevalentemente o per scopi di monitoraggio del territorio o per offrire servizi di posizionamento di precisione in tempo reale) consente di disporre di una enorme quantità di dati impiegati per monitorare con continuità ed in modo accurato e preciso.

Da qualche anno l'approccio di calcolo noto con il nome Precise Point Positioning (PPP) costituisce una valida alternativa all'approccio differenziale, in quanto consente di ottenere precisioni ed accuratezze degli stessi ordini di grandezza ma a fronte di una flessibilità di calcolo certamente vantaggiosa e tempi di calcolo decisamente ridotti (Gandolfi, 2005, Barbarella et al, 2008, Gandolfi, 2009). Tali accuratezze sono raggiungibili grazie alla possibilità di risolvere le ambiguità iniziali di fase e ad una successiva fase di inquadramento della rete. Se infatti è vero che l'approccio PPP stima coordinate di punti (stazioni GNSS) isolati a partire dalle orbite e nel sistema di riferimento delle stesse, è anche vero che la possibilità di ricalcolare stazioni di inquadramento consente di migliorare ulteriormente i risultati ottenibili.

Nel seguente lavoro si intende mostrare una architettura di calcolo che, grazie all'approccio PPP, consente gestire il monitoraggio di diverse reti di stazioni permanenti (o diversi progetti) in modo semplice e ugualmente efficace senza necessariamente ripetere calcoli inutili o dover elaborare tutto in un unico approccio a rete.

L'idea di fondo si basa sulla definizione di una rete di inquadramento che, mediante PPP, viene monitorata in continuo producendo non solo le soluzioni giornaliere ma anche (essendo punti noti nel frame desiderato) i parametri di trasformazione giornaliere per il passaggio

Articolo ricevuto in redazione nel mese di Gennaio 2013 e accettato dopo revisione nel mese di Maggio 2013.

in quel sistema di riferimento. Ogni altra stazione permanente isolata o rete di stazioni permanenti, può dunque essere calcolata parallelamente ed inquadrata in modo corretto nel sistema di riferimento desiderato utilizzando i parametri di trasformazione calcolati precedentemente. Tale procedura, già implementata e funzionante, verrà mostrata a partire da una rete di 16 stazioni permanenti GNSS.

Abstract > The increasing number of GNSS permanent stations both in Italy and around the world can have a huge amount of data that may be monitored continuously and in accurate and precise wise.

From some years the calculation approach known as Precise Positioning Point (PPP) constitutes a valid alternative to the differential approach, since it allows to obtain precision and accuracies of the same order of magnitude but in the face of a flexibility of calculation certainly advantageous and computation time significantly reduced.

These accuracies are reachable applying an ambiguity resolution strategy and a successive framing approach. As known PPP estimate coordinates of points (GNSS stations) into the same reference frame (RF) of the orbits that can be different from the International or National RF (IGS08 or others). In this work, the computing architecture that allows to manage the monitoring of several networks of permanent stations is shown. This procedure is already running and it will be shown from a 16 GNSS permanent stations network evenly distributed on Italy and neighboring areas in a time window of 11 years.

1. Introduzione

Attualmente appare evidente la notevole espansione delle reti GNSS unita all'aumento della qualità dei prodotti (incremento della precisione delle orbite e del clock) e alla grande accessibilità dei dati stessi. Tale situazione facilita l'instaurazione di sistemi di monitoraggio in tempo reale, per questo motivo vi è la necessità di procedure automatiche in grado di fornire risultati precisi e accurati.

Sul territorio le reti GNSS sono generalmente usate come punti per la definizione dei Sistemi di Riferimento ma anche come punti per il monitoraggio in ambito Ambientale (frane, fenomeni locali etc...) o Strutturale (monitoraggio ponti, edifici, dighe etc...).

L'elaborazione di tali dati avviene storicamente utilizzando un approccio differenziato, ma, a partire dalla fine degli anni novanta, è in grande ascesa un diverso tipo di calcolo noto con il nome di *Precise Point Positioning (PPP)* basato su un approccio non differenziato e sviluppato inizialmente dal *Jet Propulsion Laboratory - NASA* (Zumberge et al., 1997). Tale approccio consente di ottenere la posizione del singolo ricevitore a posteriori, utilizzando in blocco osservazioni di fase e di codice non differenziate e orbite finali (dotate di accuratezza centimetrica).

In questo lavoro vengono presentate due tipologie di procedure che consentono un'ottimizzazione del problema suddetto: infatti, grazie alla capacità del metodo di calcolo PPP di elaborare le singole stazioni in modo indipendente, è stata creata una procedura denominata *Framing Process* che elabora giornalmente le sole stazioni di inquadramento e successivamente crea i file contenenti i 7 parametri di trasformazione (*Xfiles*). Il secondo tipo di procedura - *Tracking Process* - elabora invece le sole stazioni di monitoraggio applicando al termine del calcolo gli *Xfiles* prodotti dal *Framing Process* e quindi consentendo il passaggio nel sistema di riferimento voluto. Il funzionamento del *Tracking Process* è quindi vincolato all'esistenza dell'archivio degli *Xfiles* prodotti dal *Framing Process*. Tali procedure sono state realizzate interamente in ambiente Linux, in quanto tale sistema operativo presenta notevoli vantaggi tra i quali la possibilità di utilizzare molteplici pacchetti *open-source* e sfruttare al meglio le risorse hardware (multi processore) grazie alla creazione di script *ad-hoc* che consentono la parallelizzazione dei processi. I suddetti *scripts* sono redatti gran parte in linguaggio *Perl*, ma anche in *C-shell* e *Fortran* e si servono del pacchetto *GIPSY OASIS II* (prodotto dalla *Jet Propulsion Laboratory* nella *NASA*) per l'elaborazione del dato GNSS con approccio PPP.



Figura 1 - Mappa delle 16 stazioni.

2. Obiettivo e strategia impiegata

L'obiettivo di tale studio, è l'individuazione delle procedure ottimali che portino al raggiungimento delle massime accuratèzze e precisioni possibili ottenibili da una elaborazione di dati GNSS con approccio non differenziato. Il tutto applicato ad una rete di inquadramento usata anche per definire la Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Il calcolo mediante tale approccio è strettamente dipendente da molteplici parametri o modalitè di elaborazione che, in fase di processamento del dato o nella successiva fase di post-elaborazione, possono essere considerati. Dire che una soluzione è stata ottenuta mediante PPP non consente di descrivere in modo completo la tipologia di elaborazione. In particolare, la soluzione PPP, è strettamente legata alle orbite utilizzate, che possono essere di varia natura (precise o broadcast) o provenienti da strutture diverse (IGS, JPL...). In tale procedura le soluzioni sono state ottenute utilizzando le orbite finali fornite dal centro analisi del *JPL*. Tali orbite sono calcolate con lo stesso software *GIPSY-OASIS II* sulla base dei dati di osservazione raccolti dalla rete di stazioni permanenti *FLINN* e parte della rete globale *IGS*. Per uno stesso giorno, il centro analisi *JPL* rende disponibili le orbite fiduciali calcolate in un determinato *ITRF*, e quelle non fiduciali, ottenute senza imporre vincoli (Panafidina e Maklin 2002, Heflin et al. 1992). Per quanto attiene l'aspetto di post-elaborazione del dato, la possibilitè di calcolare parametri di trasformazione per l'inquadramento in sistemi di riferimento internazionali o di utilizzare parametri giè disponibili da chi produce le orbite, può portare a variazioni significative. Altri parametri possono indurre a variazioni della

precisione e accuratezza delle soluzioni, quali ad esempio l'angolo di *cut-off*, il modello troposferico, la tipologia di file di calibrazione delle antenne, l'uso o meno delle costellazioni Glonass. Tuttavia si ritiene che tali parametri possano essere significativi solo al diminuire della lunghezza della finestra di osservazione e quindi, nel nostro caso, essere considerati poco influenti.

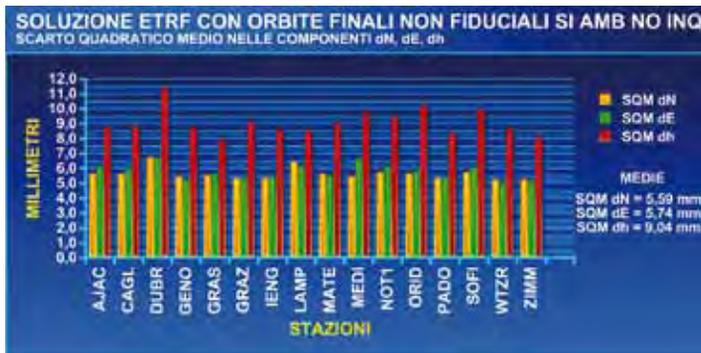
3. Confronto tra soluzioni: osservazioni

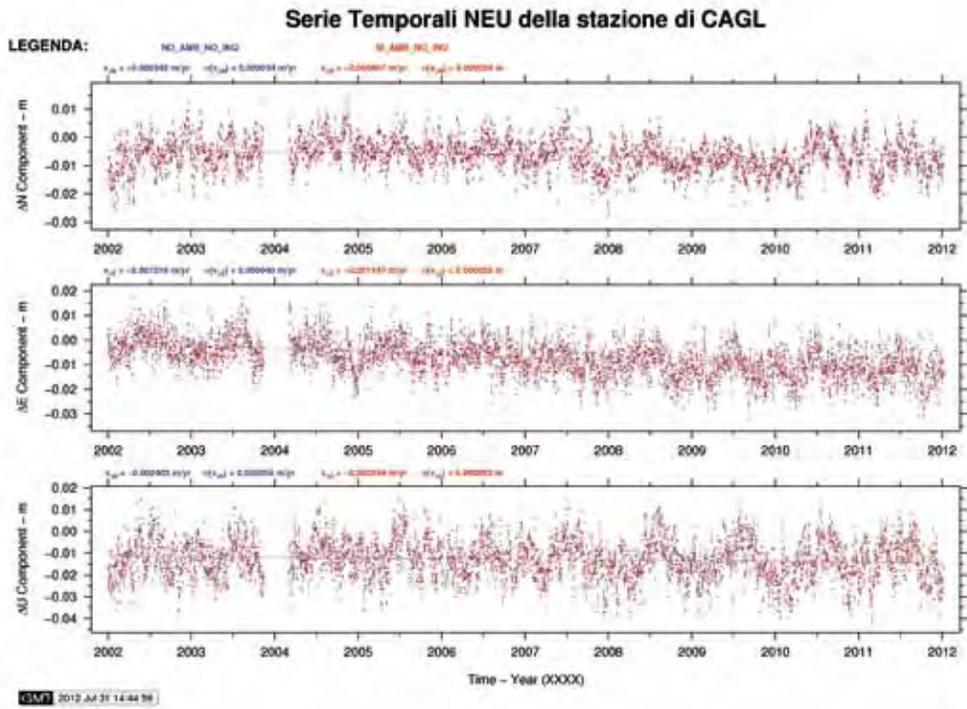
In questo lavoro verranno mostrati i risultati relativi ad una rete di 16 stazioni all'interno del territorio italiano ed in zone limitrofe appartenenti contemporaneamente sia alla Tracking Network IGS sia alla rete EPN EUREF.

Tali elaborazioni, i cui risultati sono calcolati in ITRF2008 e quindi convertiti in ETRF00 all'epoca della misura, hanno consentito di valutare i livelli di precisione ottenibili e dunque individuare il campo di applicabilità del metodo ai fini del monitoraggio. In questa fase di studio sono stati valutati differenti approcci o tipologie di soluzione.

Dai risultati ottenuti è evidente come nelle varie fasi di elaborazione e post trattamento del dato si siano riscontrati significativi miglioramenti tali da consentire di passare da precisioni dell'ordine di 6 mm in planimetria e 9 in quota ai 2 mm in planimetria e 4 in quota. In particolare la risoluzione dell'ambiguità consente un miglioramento pari al 10% della precisione in termini di scarto quadratico medio della componente Est tale da portarla nello stesso ordine di grandezza della componente Nord.

Figura 2 – Tabelle dei SQM con e senza ambiguità risolte e serie temporale della stazione di Cagliari.



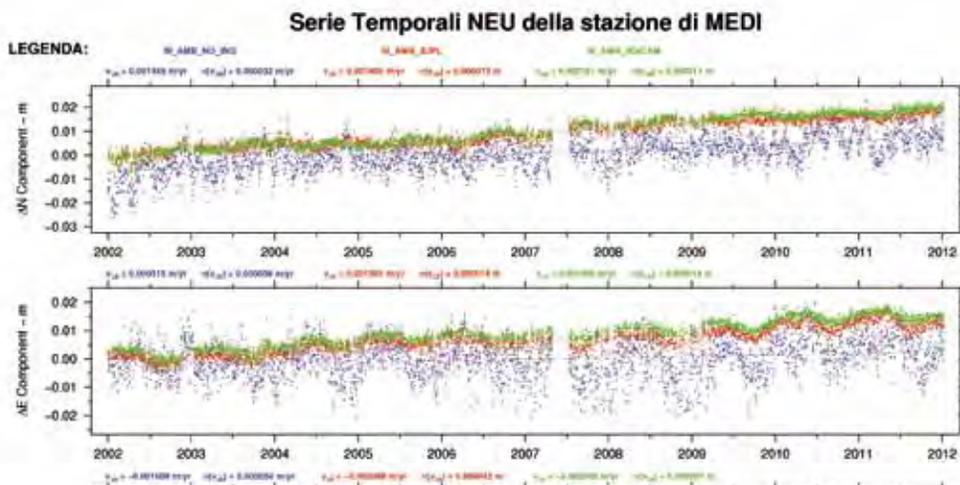


L'applicazione dei parametri di similarità è risultata efficace già con i parametri direttamente forniti dal JPL ed ulteriormente migliorativa usando parametri di trasformazione calcolati ad hoc per l'area monitorata. In particolare l'inquadramento della rete (sia globale che regionale) agisce maggiormente in entrambe le componenti planimetriche, con un incremento tra il 60% e il 70% circa. Per quanto riguarda la componente altimetrica si può notare la differenza evidente tra i 2 tipi di inquadramento: applicando gli Xfiles globali si ha un miglioramento del 28%, applicando quelli regionali il miglioramento supera il 50%.



Figura 3 – Tabelle dei SQM con inquadramento (globale e regionale) e senza inquadramento (figura in alto) e serie temporale della stazione di Medicina (figura in basso).





Da quanto ottenuto e considerando ragionevole lavorare con un livello di confidenza del 90% ne consegue che, per quanto attiene la componente planimetrica finale, la deformazione (spostamento) statisticamente rilevabile si attesta sui 4 mm mentre per quanto attiene la componente altimetrica finale il minimo movimento rilevabile è di circa 7 mm.

I parametri statistici sono sicuramente sovrastimati per motivi prevalentemente riconducibili alla modellizzazione della serie temporale tramite modello lineare. In realtà, come noto e come si evince anche dai risultati ottenuti nelle serie temporali elaborate, sono presenti discontinuità e segnali di natura periodica. Le discontinuità possono essere riconducibili a cause naturali o antropiche. La presenza di andamenti periodici invece, particolarmente evidenti in alcune serie temporali, sono solo alcuni degli "indicatori" che potrebbero essere considerati e che possono caratterizzare tali serie. La semplificata modellizzazione induce quindi a interpretare come rumore (o residuo) una componente che potrebbe essere interpretata come segnale e tale aspetto porta inevitabilmente ad una sovrastima dei parametri di dispersione.

Figura 4 – Quadro riassuntivo delle precisioni raggiunte

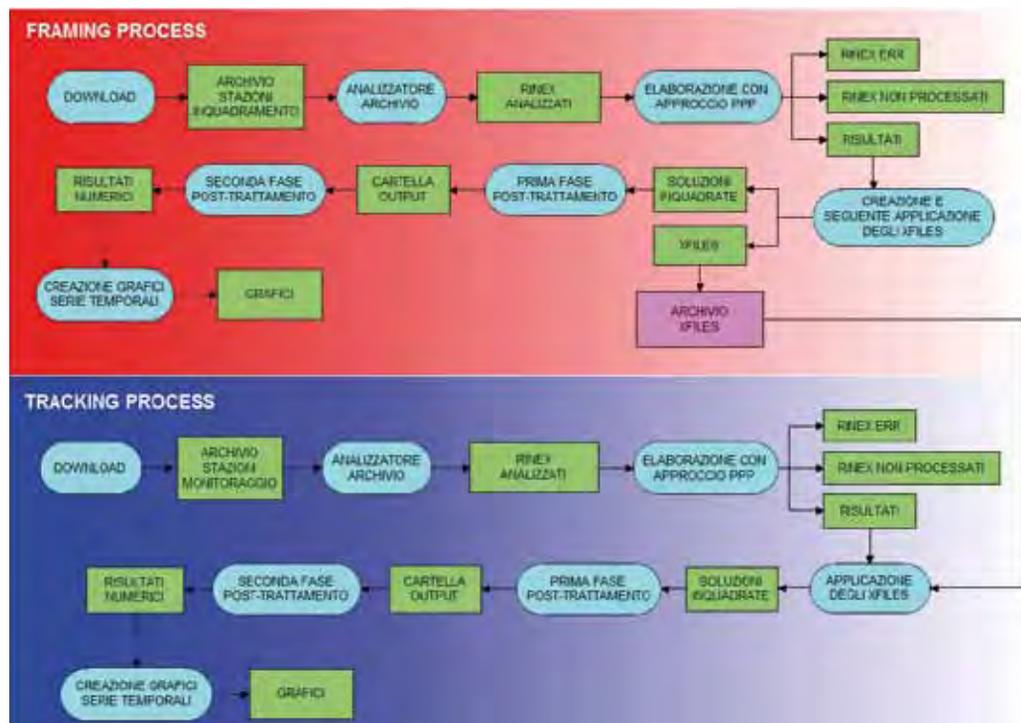
SOLUZIONI	SQM (mm)		
	N	E	U
NO AMB NO INQ	5,7	6,3	9,2
SI AMB NO INQ	5,6	5,7	9
SI AMB X_JPL	2,3	2,2	6,4
SI AMB XDICAM	1,8	1,8	4,1

Infine il confronto tra soluzioni derivate dall'uso di orbite rapide rispetto alle più tradizionali orbite finali ha mostrato una sostanziale equivalenza dei prodotti tali da consentire la modifica della frequenza di monitoraggio da settimanale (con ritardo di 16 giorni) a giornaliera (con ritardo di un solo giorno). Tale aspetto risulta essere particolarmente importante nell'ambito del monitoraggio delle strutture in quanto consente una risposta quasi in tempo reale difficilmente ottenibile da altre metodologie topografiche con costi così contenuti.

Figura 5 – Schema a blocchi dei due tipi di procedure

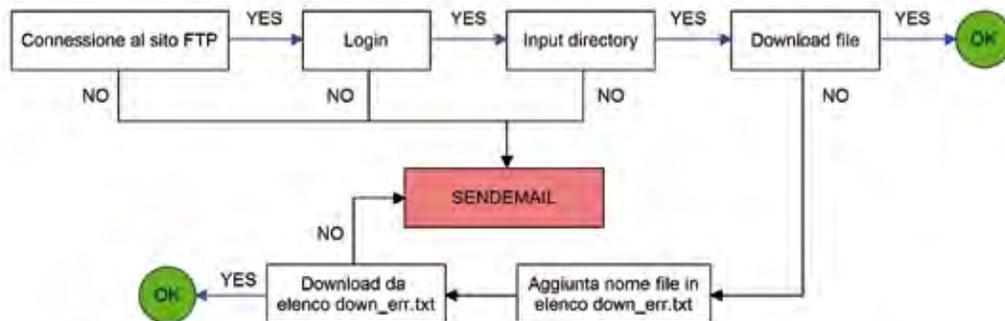
4. Procedure finalizzate al controllo di reti di stazioni permanenti

Nella figura 5 è mostrato lo schema di funzionamento delle due procedure, in azzurro sono rappresentati gli script mentre in verde le cartelle.



La prima fase delle procedure è quella di prelievo dei dati. Grazie ad uno script in *Perl* vengono scaricati tutti i file *GNSS* ed i file delle orbite (finali e rapide). Ogni singola azione presenta diversi livelli di controllo in grado di segnalare in modo automatico eventuali errori nel processo (connessione – login – cambio path – download).

Figura 6 – Schema verifiche download.



Nella seconda fase viene invece eseguita una pre-analisi dell'archivio *GNSS*, facendo una valutazione in termini di consistenza. In particolare vengono effettuate alcune verifiche di congruenza dei file per appurare la presenza di errori di natura formale potenzialmente critici per l'elaborazione. E' poi possibile a posteriori correggere le incongruenze creando un nuovo archivio omogeneamente costruito secondo gli standard internazionali sia dal punto di vista dell'architettura di archiviazione sia per quanto attiene il formato (*STAZDOYS.YYd.Z*). Inoltre in questa fase è anche possibile ottenere dati statistici dell'archivio considerato.

La terza fase consiste nell'elaborazione dei dati *GNSS* con approccio *PPP* grazie all'utilizzo del pacchetto *GIPSY OASIS II*. In particolare per ogni singolo giorno viene stimata la posizione di tutti i punti della rete. Successivamente, nel caso del *Framing Process*, è possibile inquadrare l'intera rete nel sistema di riferimento desiderato mediante una stima a sette parametri calcolata sui punti doppi; mentre nel caso del *Tracking Process* gli *Xfiles* (che devono essere stati calcolati precedentemente) vengono applicati alle soluzioni elaborate.

Lo script *Perl* che esegue l'elaborazione del dato *GNSS* è chiamato *JPL_ANTEX_2.0.pl* ed esegue le seguenti operazioni:

- Conteggio del numero totale di file *RINEX* da elaborare e suddivisione nei vari *thread* che verranno utilizzati, attraverso la funzione *Perl "fork"*;
- Copia dei *RINEX* dentro la cartella di lavoro *RUN* e decompressione, nel caso siano in formato compresso *Hatanaka* ;
- Attraverso la subroutine "*ant2xyz*" si ricavano, dai file *RINEX*, i nomi dei file ".ant.gz" presenti all'interno dell'archivio delle orbite. Essi vengono decompressi per poter ottenere i nomi dei file di calibrazione delle antenne utilizzati cioè i file ".atx" e ".xyz";

- Controllo della data del file RINEX e, attraverso la subroutine *"read_stainfo"*, si definisce qual'è l'antenna (e l'eventuale dome) installati in quella stazione e in quel giorno, utilizzando ai dati presenti dentro il file *station_info*;
- Conversione del file *antex* (formato IGS) nel formato di Gipsy xyz utilizzando lo script *"antex2xyz.py"*.
- Esecuzione di *"teqc"* per eliminare i satelliti che contengono degli spazi perché si è visto che spesso sono la causa del malfunzionamento del processo di elaborazione;
- Esecuzione dello script più importante che può essere definito come il cuore dell'intera procedura, cioè ***"gd2p.pl"*** con i seguenti argomenti:
 - *i*: nome del file RINEX;
 - *d*: data del RINEX;
 - *n*: nome della stazione;
 - *r*: data rate (300 sec di default);
 - *type*: tipo di acquisizione, nel nostro caso statica;
 - *amb_res*: effettua il numero in input di iterazioni nella risoluzione delle ambiguità dalla rete globale (flinnR/qIR) il bias fissato viene eseguito utilizzando la tabella della rete globale wide lane e i biases di fase. Questo file viene recuperato automaticamente dal database dell'orbita e dell'orologio. Per lo station positioning va utilizzato il valore 1;
 - *stacov*: indica che è stata fatta un'acquisizione con *ground station*, e che i file *stacov_final* che verranno generati saranno riferiti nello stesso sistema di riferimento delle orbite. Inoltre, visto che è invocato anche il flag *-amb_res*, verranno creati 2 tipi di file stacov: all'interno della cartella *"stacov_ITRF"* ci saranno i file *"STAZ_YYDOYN.stacov"* (es. *CAGL_081230.stacov*) mentre nella cartella *"stacov_ITRF_no_amb"* si troveranno quelli con ambiguità non risolte *"pre_amb_STAZ_YYDOYN.stacov"* (es. *pre_amb_CAGL_081230.stacov*);
 - *sta_info*: \$sta_info_loc (path del file station_info);
 - *AntCal*: file .xyz di calibrazione dell'antenna;
 - *orb_clk*: directory dove sono salvate le orbite, preceduta dalla loro tipologia, nel nostro caso *"flinnR_nf"* (cioè orbite non fiduciali). Se non viene specificata la directory, lo script si connette al sito ftp di JPL e le scarica autonomamente;
 - *arp*: con questa opzione si definisce il vettore tra il centro fisico dell'antenna (*reference point*) e il centro di fase. Queste informazioni vengono acquisite automaticamente dentro lo *sta_info*
 - *tides*: aggiunge ulteriori modelli della marea solida alla stazione. Di default va inserita la stringa *"WahrK1 PolTid FreqDepLove OctTid"* ;
 - *trop_z_rw*: parametro troposferico *random walk* per soluzioni statiche. Nel nostro caso un buon valore può essere "5E-8" che va bene per oggetti che si muovono molto lentamente;
 - *wetzgrad*: con questa opzione vengono risolti i parametri del gradiente troposferico come:

$$\text{ritardo random walk wet} = M(e)(Z + \cot(e) * (Gn * \cos(\phi) + Ge * \sin(\phi)));$$
 con *M(e)* funzione di mappatura dell'elevazione, e elevazione, *Z* ritardo zenitale, *Gn* *Ge* parametri del gradiente.
 - *w_elfmin*: definisce la minima elevazione di *cut-off*;
 - *post_wind*: range di fase (in Km). Un valore che permette una buona modellazione è "5.0E-3 5.0E-5"
- Se per qualche motivo non è possibile eseguire la procedura *gd2p.pl*, vengono copiati i RINEX e i file di elaborazione dentro una cartella contenente gli errori;
- Esecuzione dello script *"stamrg"* che consente di unire i file stacov di ogni stazione in file giornalieri del tipo *"gipsyYYDOY.stacov"* (es. *gipsy08123.stacov*);
- Controllo che la somma dei file elaborati e dei file con errori sia uguale al numero totale di RINEX iniziali. In questo modo se un file non si trova in una delle due cartelle allora viene copiato il RINEX corrispondente nella cartella *"file non elaborati"*.

Figura 7 – Schema script JPL_ANTEX_2.0.pl

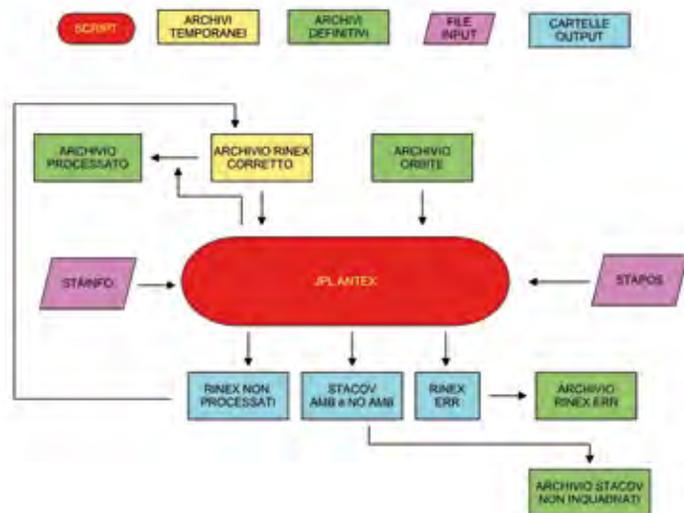
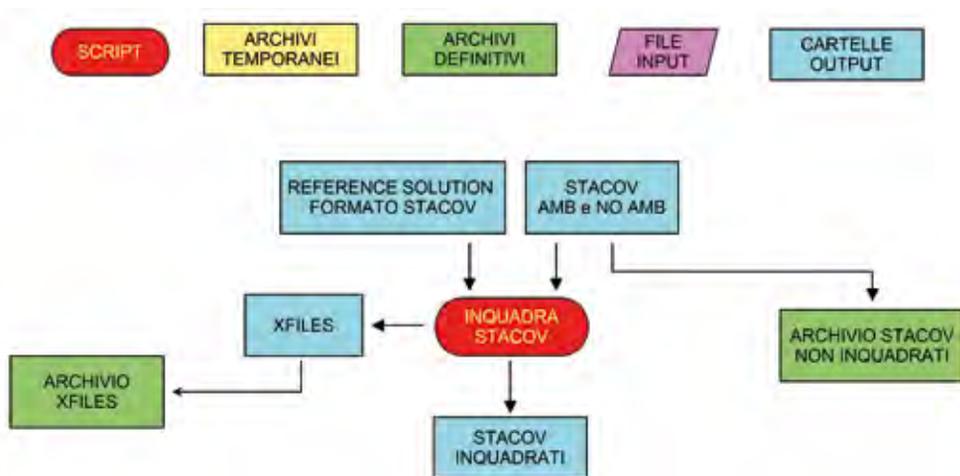


Figura 8 – Schema script "inquadra_stacov2x.pl"

Le coordinate giornaliere ottenute con il processamento PPP, sono trasformate grazie a una roto traslazione a 7 parametri realizzata utilizzando uno script denominato "inquadra_stacov2x.pl" che al suo interno utilizza principalmente 2 script del pacchetto Gipsy: "stacov2x" che crea gli Xfiles, a partire dai file SINEX (*Solution INdependent EXchange Format*) nel sistema IGS e i file STACOV nel sistema delle orbite JPL, di 16 stazioni di inquadramento; "apply" che applica gli Xfiles ottenuti ai file stacov. Nel caso di *Tracking Process* lo script "inquadra_stacov2x.pl" è sostituito dallo script "applica_Xfile.pl" il quale esegue solo l'operazione di applicazione dei parametri.



Nella quarta ed ultima fase vengono eseguite una serie di procedure che consentono di ottenere, a partire da soluzioni giornaliere di rete in un sistema geocentrico cartesiano, le serie temporali ed i risultati grafici per ciascuna stazione posta in analisi.

Tale fase viene eseguita attraverso un pacchetto di script denominato "GTS pack" (*GNSS Time Series pack*) a sua volta composto da: "GTS shaper" che crea esegue tutte le elaborazioni numeriche (conversioni e creazione delle serie temporali) e "GTS sketcher" che invece crea i grafici contenenti i diversi risultati ottenuti. Il primo script che viene eseguito è denominato "GTS_shaper_A.pl" ed è quello che compie tutte le trasformazioni delle coordinate. Esso inizialmente esegue la conversione dei file delle soluzioni (formato *stacov*) nel sistema europeo ETRF, che consente di detrendizzare le velocità, attraverso uno script fortran denominato "itrf2euref" che applica in modo rigoroso le linee guida per il passaggio da ITRF a ETRF pubblicate sulla memo V7 Euref (Boucher C. and Altamimi Z., 2007). Successivamente "GTS_shaper_A" lavora parallelamente sulle soluzioni nei 2 diversi sistemi, trasformando le coordinate geocentriche (X, Y, Z), estratte dai file *stacov*, in coordinate geografiche (φ , λ , η) e in coordinate geodetiche locali calcolate rispetto a dei valori impostati come iniziali (ΔN , ΔE , ΔU), il tutto con propagazione della matrice di covarianza. La prima trasformazione è stata ottenuta sfruttando lo script "statistics" (GIPSY), che effettua la conversione vera e propria. Per il passaggio da coordinate geografiche a geodetiche locali, sono state utilizzate come coordinate iniziali, quelle a priori fornite in input (file *stapos*) nella fase di calcolo; la conversione è stata eseguita tramite uno script fortran appositamente realizzato (*realizza_day.f*) che consente di generare dei file giornalieri "riassuntivi". In questo modo si ottiene un archivio di file giornalieri denominati *stacov* (c. geocentriche), *gd* (c. geografiche) e *day* (tutti i tipi di coordinate).

Attraverso il secondo script, chiamato "GTS_shaper_B.pl", vengono creati invece i file relativi alle stazioni contenenti le serie temporali per sito e tutti i file ancillari utilizzati nella successiva fase di creazione dei grafici.

Il calcolo delle rette di regressione lineare per ogni sito, che avviene nei due sistemi di coordinate (XYZ e NEU), viene eseguito da una procedura fortran (*rigetto3sigma1.f*) in parte basata sulle librerie *Numerical Recipes* che, oltre al calcolo delle rette di regressione, effettua il filtraggio degli *outlier* cioè vengono rigettati i punti che sono distanti più di tre volte la deviazione standard rispetto la retta di regressione. Questa fase effettua cicli iterativi che prevedono il ricalcolo della retta di regressione dopo l'eliminazione di ogni *outlier*. L'ultimo script è "GTS sketcher" con il quale vengono creati i grafici veri e propri nei diversi sistemi di riferimento (ITRF e ETRF) e di coordinate (XYZ e NEU) in formato Postscript e Pdf. Esso utilizza il pacchetto software GMT (Generic Mapping Tools)

5. Vantaggi del metodo

I principali vantaggi di tale metodo riguardano l'ottimizzazione del carico di calcolo delle soluzioni. Nell'ipotesi di monitoraggio di più fenomeni (o reti) nella stessa area, se si esegue a priori il calcolo della rete di inquadramento in modo disgiunto, è possibile operare un monitoraggio del sistema di riferimento, il quale consente di calcolare i 7 parametri di trasformazione giornalieri da applicarsi ad ogni sottorete (o punto) all'interno dell'area. Successivamente ogni singolo punto può essere monitorato in autonomia o assieme ad altri, ma senza riattaccarsi alla rete di inquadramento.

6. Conclusioni

In conclusione sono state create delle procedure completamente automatiche che permettono il monitoraggio di una qualsiasi rete di stazioni GNSS. Tali procedure sono state realizzate sperimentando molteplici operazioni e scegliendo quella che permettesse di ottenere le massime precisioni. Tali procedure scritte in linguaggio *Perl* e sviluppate in ambiente Linux si avvalgono come codice di calcolo

per l'elaborazione del dato GNSS, del pacchetto Gipsy Oasis II sviluppato dal JPL e, per quanto attiene i risultati grafici del pacchetto *Generic Mapping Tools* (GMT). Ogni singolo script prevede controlli di integrità con sistemi di allerta mediante e-mail.

Il campione di dati utilizzati per valutare l'applicabilità delle procedure in termini generali consiste in una rete GNSS costituita da 16 stazioni permanenti facenti parte dell'ITRF e omogeneamente distribuite sui territori italiani e limitrofi.

Le procedure sono definite Framing Process e Tracking Process: la prima consente la creazione dei file di trasformazione della rete di riferimento, mentre la seconda permette l'applicazione dei file stessi e quindi l'inquadramento della rete di monitoraggio.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato condotto all'interno del programma di ricerca di interesse nazionale PRIN2008 coordinato dal Prof. Fernando Sansò dal titolo: "Il nuovo sistema di riferimento geodetico italiano: monitoraggio continuo e applicazioni alla gestione e al controllo del territorio".

Bibliografia

- BOUCHER C. AND ALTAMIMI Z., (2007): Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS Campaign, Guidelines for European Permanent Network Analysis. http://www.epncb.oma.be/_organisation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf
- PANAFIDINA N., MALKIN Z., 2002, On computation of homogeneous coordinate time series for the EPN network. "Vistas for Geodesy in the New Millennium" IAG 2001 Scientific Assembly, Budapest, Ungheria, 2-7 Settembre 2001.
- HEFLIN, M., BERTIGER, W., BLEWITT, G., FREEDMAN, A., HURST, K., LICHTEN, S., LINDQWISTER, U., VIGUE, Y., WEBB, F., YUNCK, T. AND ZUMBERGE, J. (1992). Global geodesy using GPS without fiducial sites. *Geophysical Research Letters* 19(2): doi: 10.1029/91GL02983. issn: 0094-8276.
- BARBARELLA M., GANDOLFI S., ZANUTTA A., CENNI N., RICUCCI L., 2008, Confronto di codici di calcolo per l'inquadramento di reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale, Atti 12a Conferenza Nazionale ASITA (ISBN 978-88-903132-1-9), L'Aquila, 21-24 ottobre 2008, pp. 281-286.
- GANDOLFI S., GUSELLA L., MILANO M., 2005, Precise Point Positioning: studio sulle accuratèzze e precisioni ottenibili, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* (ISSN 0006-6710), 4, 2005, 227-253.
- GANDOLFI S., 2009, L'approccio non differenziato (Precise Point Positioning) nel calcolo di posizioni mediante sistemi GNSS, *Bollettino SIFET* (ISSN 1721-971X), 2009, 1, 121-137