

L'analisi di consistenza di archivi di reti di stazioni permanenti GNSS per la valutazione della qualità di un servizio di posizionamento in tempo reale: PAT-NET_GNSS

Stefano Gandolfi, Luca Tavasci

DICAM-ARCES, Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna,
Tel. 051-2093106, Fax 051-2093114, e-mail: stefano.gandolfi@unibo.it, tava_126@yahoo.it

Riassunto

Per il calcolo geodetico di grandi reti di stazioni permanenti GNSS, in particolare quando la gestione di queste non rispetti gli standard internazionali, è necessario predisporre l'archivio dati, rilevando e correggendo i frequenti errori formali e le eventuali criticità dei singoli file.

Per svolgere questa onerosa operazione è stata quindi sviluppato un pacchetto di *scripts* in ambiente Linux, scritti nel linguaggio *Perl*, in grado di riordinare un qualunque archivio dati, separando i files corrotti da quelli pronti per il processamento geodetico, e fornire per esso una completa analisi statistica. Mediante il pacchetto presentato è possibile ottenere automaticamente i files ancillari necessari ai software di calcolo, identificando inoltre gli eventuali errori formali presenti negli *header* dei RINEX che possano rivelarsi compromettenti per l'elaborazione e correggendoli poi nel modo più automatizzato possibile.

Abstract

The geodetic calculation of a network of GNSS permanent station need a tidy and formally correct dataset. This condition is not ever verified and, especially for locally managed networks, the international sharing standard formats are often not complied.

The need to know the status of the dataset, and in case rectify it, brought to the implementation of a software package made of several *perl scripts*.

This software allow to prepare the dataset for geodetic calculation, isolating corrupted files, reordering the RINEX-set, seeking formal errors in the headers and semi-automatically rectifying them. It's also provided a complete and summarized *description* of the network having produced the files of the dataset.

1. Introduzione

Al giorno d'oggi il grande numero di stazioni permanenti GNSS installate, anche sul territorio italiano, permette di disporre di enormi moli di dati. Parallelamente sono notevolmente aumentate le potenzialità di calcolo, sia grazie alla disponibilità di calcolatori di altissime prestazioni, sia grazie a nuove strategie di elaborazione come il PPP (*Precise Point Positioning*) (Blewitt, 2008).

Il calcolo geodetico di una rete di stazioni permanenti GNSS, qualunque sia la strategia adottata, necessita la conoscenza certa di informazioni relative alla strumentazione effettivamente montata su ogni singola stazione in ogni periodo della sua attività: modello di ricevitore montato, modello di antenna ed eventuale DOME, offset dell'antenna rispetto al punto oggetto di misura. Si rende inoltre necessaria la conoscenza delle coordinate approssimate della stazione, se pur con precisioni metriche. Lo standard internazionale di gestione delle stazioni permanenti GNSS prevede di racchiudere queste informazioni in *log-files*, messi poi a disposizione da parte del gestore. Questa pratica viene però spesso disattesa, in particolare nel caso di reti locali. Le stesse informazioni dovrebbero poi, sempre secondo standard condivisi, essere presenti anche nelle intestazioni dei

RINEX (*Receiver INdependent EXchange format*), ed è pertanto possibile redigere i files ancillari necessari ai software di calcolo basandosi proprio sugli *header* dei files che compongono l'archivio, ammesso che le informazioni in essi contenuti siano corrette.

2. Struttura del pacchetto software.

Alcune ricerche recenti hanno richiesto il calcolo di grandi reti di stazioni permanenti (sia in termini di numero di stazioni che di intervallo temporale) di cui la maggior parte non provvista di *log-file*.

Si è dunque sentita l'esigenza di disporre, per un qualsiasi archivio di dati da elaborare, di una descrizione completa e particolareggiata dello stesso. Data la mole di files da analizzare è stato sviluppato *ad hoc* per questo compito un pacchetto di *scripts* in grado di svolgere il compito in maniera rapida ed automatizzata. Il pacchetto, denominato PAT-NET_GNSS (*Pre Analysis Tool for NETwork of GNSS stations*), è stato sviluppato in ambiente *Linux* avvalendosi del sempre più diffuso linguaggio di programmazione *Perl*, e si compone di tre principali ordini di *scripts*: un primo si occupa di leggere ogni file dell'archivio, estrapolarne i dati necessari e riorganizzare l'intero archivio predisponendolo così al successivo calcolo geodetico.

Un secondo *script* fornisce una completa analisi descrittiva dell'archivio ed effettua una serie di controlli formali sul contenuto degli *header* dei RINEX, producendo inoltre alcuni files ancillari necessari ai software di calcolo.

Sono infine disponibili alcuni *scripts* che rendono possibile correggere in modo rapido l'archivio dati sulla base degli eventuali errori individuati.

PAT-NET_GNSS è stato sviluppato per precedere un calcolo geodetico in modalità PPP, svolto col software GIPSY-OASIS II, il quale ha esigenze leggermente differenti da quelli dei classici software ad approccio differenziato quali il Bernese o Gamit.

3. Predisposizione dell'archivio ed estrapolazione delle informazioni.

Il primo *script*, chiamato *Analizza_archivio_1.pl*, opera decomprimendo e leggendo ogni singolo file RINEX ed estrapolando da esso dati quali: Anno e *DOY* del file, nome della stazione, versione del RINEX, *marker name* indicato nell'*header*, antenna ed eventuale *dome* installati, *offset* dell'antenna rispetto al punto misurato, modello del ricevitore montato, coordinate approssimate indicate, passo di campionamento delle epoche in secondi, numero di epoche registrate nel corpo del file. I dati sono poi salvati in una tabella che viene a costituirsi di una riga per ogni file analizzato.

Input:	
Archivio files rinex	<i>I files possono essere archiviati con formati di compressione diversi, disorganizzati, od anche doppi.</i>
Output:	
Cartella files corrotti	<i>Files che per qualche motivo non possono essere decompressi od aperti.</i>
Cartella files inconsistenti	<i>Files che contengono una percentuale di epoche registrate inferiore al cutoff impostato.</i>
Archivio files integri, corretti e standardizzati	<i>I files vengono ricompresi in formato hatanaka e compress-unix e riorganizzati con criterio cronologico. Negli header vengono inoltre corretti in modo automatico i marker name.</i>
Tabella dati estrapolati	<i>Viene creata una tabella in cui per ogni RINEX sono racchiuse le informazioni direttamente ottenibili dal nome del file stesso o da quanto riportato nell' header.</i>

Tabella 1. Prodotti dello script *Analizza_archivio_1.pl*.

Questo *script* si occupa inoltre di separare in diverse cartelle i files che non sia possibile decomprimere perché corrotti o che non risultino leggibili, quindi inutilizzabili e potenzialmente problematici per la procedura di calcolo geodetico, da quelli regolarmente utilizzabili.

L'utente può inoltre impostare un *cutoff*, ovvero una percentuale di epoche registrate sotto la quale il RINEX viene giudicato inconsistente, in base a cui lo *script* separa i file inconsistenti per i quali non si voglia procedere al calcolo spostandoli in una apposita cartella.

I file regolarmente decomprimibili e leggibili vengono poi ricompresi nel formato standard *hatanaka* e *compress-unix* (*siteDDDS.YYd.Z*), quindi riordinati, suddividendoli per anno e DOY, in un nuovo archivio. In alcuni casi quest'ultima operazione è preceduta dalla correzione del *marker name* nell'*header* del RINEX, qualora questo non coincida coi quattro caratteri che identificano il sito nel nome del file, soddisfacendo così una delle esigenze del software GIPSY.

4. Analisi dell'archivio.

In questa fase un secondo *script*, *Analizza_archivio_2.pl*, svolge la vera e propria analisi dell'archivio basandosi sui dati grezzi estrapolati dal primo.

Per prima cosa vengono fornite informazioni basilari quali l'elenco delle stazioni permanenti che hanno prodotto i files, l'ampiezza e collocazione della finestra temporale per la quale si dispone di files, ed un primo dato statistico relativo alla percentuale di RINEX presenti nell'archivio, calcolata sul totale teorico che si avrebbe se tutte le stazioni che popolano la rete avessero fornito un file per ogni giorno del periodo considerato.

La descrizione dell'archivio è fornita poi con maggior dettaglio secondo due ordini logici: la descrizione del funzionamento di ogni singola stazione nell'intero periodo e la descrizione del funzionamento dell'intera rete per ogni singolo giorno.

Per ogni stazione vengono quindi fornite informazioni statistiche quali:

- La finestra temporale di attività della stazione: questa può non coincidere con quella dell'intera rete se la stazione è stata installata in ritardo o rimossa anticipatamente da essa.
- Gli eventuali gap, iniziale e finale, di funzionamento della stazione rispetto alle altre.
- Le quantità totali di giorni in cui ogni stazione ha registrato dati.
- La durata del periodo più lungo in cui la stazione non ha prodotto dati all'interno della finestra di attività della stessa.
- Il numero di volte in cui si è interrotto il funzionamento della stazione, a prescindere dalla durata dell'interruzione.
- La percentuale media di epoche registrate all'interno dei RINEX.

Tutte le quantità fornite sono espresse sia in giorni sia come valori percentuali.

Per ogni giorno compreso nella finestra temporale di attività della rete vengono invece forniti dati quali:

- Il numero di stazioni funzionanti e la loro percentuale.
- La percentuale media di epoche registrate dalle stazioni funzionanti e la percentuale di epoche registrate sul totale teorico possibile se tutte le stazioni avessero funzionato al 100%.

Dai dati così estratti è stato poi possibile creare dei grafici di funzionamento per ogni singola stazione che riportino la percentuale di epoche registrate in ordinata e la progressiva temporale in ascissa.

Questo secondo *script* si occupa inoltre di generare i files ancillari necessari per i software di calcolo geodetico e di effettuare alcuni controlli sulla strumentazione installata nelle singole stazioni: viene prodotto un file "station-info" formattato ad hoc per il GIPSY e contenente le informazioni relative ad antenna e DOME, mentre le informazioni relative all'offset dell'antenna ed al modello del ricevitore, che GIPSY per sua natura assume dagli *header* dei RINEX, vengono semplicemente sintetizzate in file di pratica leggibilità rendendo possibile all'operatore individuare le eventuali anomalie, correggibili poi direttamente all'interno dei RINEX.

Il lavoro di controllo sulla strumentazione viene svolto confrontando i nomi di antenne e ricevitori indicati nei files con i relativi elenchi diffusi dall'IGS e dal JPL, riportanti le codifiche

standardizzate con cui i modelli di strumentazione vengono riconosciuti. Pertanto se nell'*header* dei RINEX viene riportata la strumentazione con nomi non riconosciuti, quindi non riconoscibili dai software di calcolo, questi vengono segnalati permettendo ancora all'utente di verificare la natura dell'errore e procedere alla correzione.

Input:	
Tabella dati grezzi	<i>La tabella riportante i dati estrapolati col primo script dai RINEX dell'archivio.</i>
Elenchi con le nomenclature standard delle strumentazioni	<i>In particolare il file contenente le calibrazioni assolute delle antenne diffuso dall'IGS ed il file diffuso dal JPL che indica per ogni modello di ricevitore la strategia di decodifica del segnale.</i>
Output:	
Informazioni generali sull'archivio	<i>Numero ed elenco delle stazioni che compongono la rete, finestra temporale per la quale si dispone di dati, percentuale di rinex presenti...</i>
Statistiche relative alle singole stazioni	<i>Per ogni stazione vengono riportate le informazioni e le statistiche che permettono di interpretarne il funzionamento, con vari gradi di dettaglio.</i>
Statistiche relative ai singoli giorni di funzionamento della rete	<i>Per ogni giorno vengono riportati i dati e le statistiche che descrivono sinteticamente il comportamento della rete.</i>
Grafici di funzionamento delle stazioni	<i>Per ogni stazione viene creato un grafico riportante la percentuale di epoche registrate per ogni giorno.</i>
Report sulle strumentazioni	<i>Vengono riportate informazioni relative alle strumentazioni indicate nei rinex, alla loro conformità con le diciture standard internazionali e, nel caso delle antenne, alla disponibilità dei dati di calibrazione ad esse relativi.</i>
Files ancillari propedeutici al calcolo geodetico	<i>Vengono attualmente prodotti i files necessari al software di calcolo GIPSY-OASIS II.</i>

Tabella 2. Prodotti dello script *Analizza_archivio_2.pl*.

5. Correzione degli header dei RINEX

Quest'ultima fase di utilizzo del pacchetto PAT-NET_GNSS non può evidentemente essere svolta in modo completamente automatizzato, richiedendo l'esperienza e la sensibilità dell'utente nell'interpretare gli errori presenti negli *header* dei files analizzati. Sarà necessario avvalersi di quanto reso disponibile, generalmente sul *web*, da parte dei gestori delle stazioni per risalire agli effettivi modelli di strumentazione montati (spesso peraltro è sufficiente notare le forti similitudini tra i nomi riportati e quelli ufficiali) od agli effettivi offset applicati nell'installazione delle antenne.

Input:	
Elenco RINEX da correggere	<i>Forniti dagli output degli script precedentemente usati.</i>
Correzione da apportare	<i>Nome del ricevitore, dell'antenna od offset di questa da sostituire all'interno dell'header.</i>
Output:	
Archivio corretto	<i>Le correzioni vengono effettuate sull'archivio da destinare all'elaborazione sostituendo i files con omonimi egualmente compressi.</i>

Tabella 3. Prodotti degli script *correggi_ricevitore.pl* e *correggi_antenna.pl*.

Una volta che l'operatore abbia deciso sulla base di riscontri oggettivi, od in mancanza di questi della propria sensibilità, quali sono i dati da inserire negli *header* dei files per i quali si sono riscontrate anomalie, gli è possibile sfruttare gli *scripts* di correzione facenti parte del pacchetto software creato. I files per i quali sono state individuate anomalie sono riportati in elenchi creati dallo *script Analizza_archivio_2.pl* precedentemente utilizzato e proprio sulla base di questi, indicando la correzione da apportare, gli *scripts* di correzione procedono alla sostituzione dei dati all'interno dei RINEX già presenti nell'archivio destinato all'elaborazione.

6. Classificazione qualitativa delle stazioni GNSS

Si è infine cercato di ottenere una classificazione delle stazioni secondo un indice di qualità, automaticamente calcolato nella fase di analisi, che rispecchi l'attitudine di queste a fornire un servizio di posizionamento in tempo reale. Sono stati individuati tre parametri ritenuti fondamentali e caratterizzanti diversi aspetti:

- La percentuale di RINEX presenti all'interno della finestra di attività della stazione, escludendo quindi i due gap temporali iniziale e finale. Si fa notare di avere introdotto una percentuale di *cutoff* sulle epoche registrate in ogni singolo file, impostabile volta per volta, sotto la quale il file viene giudicato inconsistente e pertanto considerato come assente ai fini statistici, percentuale solitamente assunta pari al 15 %.
- La percentuale della finestra temporale di funzionamento della stazione sul periodo totale analizzato per l'archivio.
- La percentuale d'interruzioni nel funzionamento della stazione sul massimo delle interruzioni possibili, cioè nel caso la stazione avesse fornito dati o no a giorni alterni per l'intero periodo di attività, parametro indice del grado di frammentazione con cui vengono prodotti files, prescindendo dalla loro quantità.

I tre parametri indicati sono stati combinati con una somma pesata di questi, in cui il valore dei pesi è dato da tre coefficienti A, B e C a somma unitaria, ottenendo l'indice di qualità denominato Q:

$$Q = A * \%rinex_{ON} + B * \%finestra + C * (1 - \%interruzioni)$$

In seguito ad un lavoro empirico di calibrazione dei coefficienti sopra indicati, complicati dalla parziale ed inevitabile correlazione dei tre parametri usati, si è ritenuto opportuno adottare i valori: **A = 0,4; B = 0,4; C = 0,2**.

La classifica così ottenuta, per quanto di natura tutt'altro che rigorosa, permette all'utente di avere rapidamente cognizione di quali delle stazioni presenti nell'archivio denotino un comportamento particolarmente critico rispetto alle altre e della qualità di funzionamento di queste, considerando che un funzionamento perfetto di una stazione permanente produrrebbe un indice **Q = 100**.

L'indice di qualità **Q** è stato calcolato, al solo scopo di verificarne la rappresentatività, per vari archivi sui quali si è applicato PAT-NET_GNSS, ancorché relativi a reti specificamente sfruttate per un servizio NRTK. Uno di questi è relativo a 16 stazioni permanenti dell'IGS situate nel territorio italiano od in zone limitrofe. Ricordando come la rete IGS sia una fra le più utilizzate al mondo, e pertanto ottimamente mantenuta, si riporta la distribuzione del parametro **Q** ottenuta applicando il criterio alle 16 stazioni sopra citate, dalla quale si evidenzia una buona uniformità su valori alti di qualità.

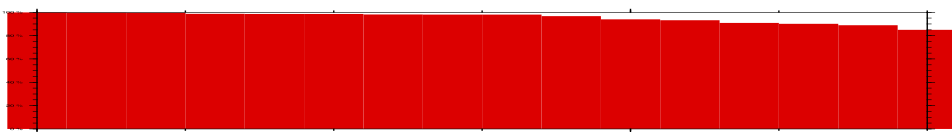


Figura 1. Distribuzione del parametro Q sulle 16 stazioni permanenti della rete IGS.

A titolo di confronto si riporta il medesimo grafico di distribuzione del parametro Q ottenuto su una rete di stazioni permanenti sita in Antartide, caratterizzata da problematiche di gestione più complesse rispetto alla rete IGS, per cui si evidenziano forti differenze di rendimento tra le diverse stazioni.

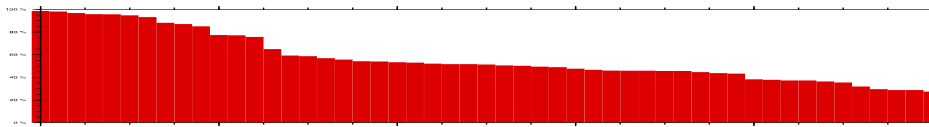


Figura 2. Distribuzione del parametro Q sulle 51 stazioni della rete antartica.

7. Conclusioni

Il pacchetto di analisi PAT-NET_GNSS presentato si è rivelato quindi un fondamentale strumento per ottimizzare i tempi di lavoro nel processo di calcolo geodetico di una rete di stazioni permanenti GNSS, diventando praticamente indispensabile qualora si voglia elaborare un archivio di dati particolarmente esteso e di cui non si conosca con precisione la natura ed il grado di completezza.

Dal punto di vista della predisposizione al calcolo dell'archivio il software si rivela particolarmente efficace nel rimuovere quei files che rischierebbero di bloccare o rallentare l'elaborazione, così come nella correzione degli header dei RINEX e nella redazione dei files ancillari necessari ai software di calcolo. Si fa notare come queste ultime operazioni possano essere completate solamente in modo semi automatico, continuando a richiedere l'intervento dell'operatore con le proprie conoscenze, intervento però grandemente agevolato e minimizzato dall'uso degli *scripts* sviluppati.

Si vuole rimarcare come una completa automatizzazione nella redazione dei files ancillari sarebbe possibile, e per certi software addirittura superflua, se fosse sempre garantito il rispetto, rigoroso, degli standard di condivisione dei dati internazionalmente definiti, sia in termini di completezza e correttezza formale dei RINEX che in termini di diffusione dei log-file relativi alle singole stazioni.

Il software presentato fornisce inoltre una descrizione dell'archivio tanto completa e particolareggiata quanto sintetica ed intuitiva, utile all'utente per rendersi conto, prima di aver completato il calcolo geodetico, della consistenza dei dati disponibili e dell'entità della rete elaborata.

Viene inoltre fornito un indice sintetico della qualità delle singole stazioni permanenti che descriva la loro attitudine ad essere usate per fornire un servizio di posizionamento in tempo reale, col vantaggio di poter svolgere considerazioni in merito all'efficienza della rete senza dover necessariamente svolgerne l'intero calcolo.

In altri termini l'utilizzo del pacchetto PAT-NET_GNSS prima di ogni calcolo consente all'operatore di poter disporre di un quadro statistico completo che lo può mettere in condizione di correggere o risolvere eventuali criticità prima del calcolo vero e proprio. Tale aspetto se è utile in una soluzione basata su approccio PPP diventa ancora più importante su un calcolo basato su approccio differenziato in quanto un eventuale errore grossolano commesso nella definizione di una stazione impone un ricalcolo completo dell'intera rete.

8. Bibliografia

Blewitt, G. (2008), Fixed point theorems of GPS carrier phase ambiguity resolution and their application to massive network processing: Ambizap, J. Geophys. Res., 113, B12410, doi:10.1029/2008JB005736.

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".