

SOFTWARE OPEN SOURCE PER LA GESTIONE E IL CONTROLLO DI DATI GNSS

Aldo Banni, Giannina Sanna

Univ. di Cagliari – Dip. Ing. Strutt. Sez. Topografia. P.zza d'Armi, 09126 CAGLIARI
Telefono 070 6755 437 - Fax 070 070 6755405 – e-mail abanni@unica.it, topoca@unica.it

Riassunto

Nell'ambito dei progetti di ricerca COFIN2004 sono state realizzate una serie di *routine* per la realizzazione di un centro di controllo per la gestione delle stazioni permanenti presenti in Sardegna. Le funzionalità attivate sono quelle di archiviazione e fornitura dei dati osservativi; calcolo settimanale delle coordinate nel sistema di riferimento ITRF; disseminazione via Internet dei messaggi di correzione RTCM per il posizionamento differenziale. Il sistema per la gestione ed il controllo è stato sviluppato su una macchina sotto sistema operativo Linux in ambiente *open source*: l'archiviazione e la fruibilità dei dati e delle informazioni sono gestite in un RDB con MySQL/PHP e interfaccia utente Mambo/Joomla.

Abstract

Within the COFIN2004 research projects a set of routines were carried out in order to achieve a control centre suitable for the management of GPS permanent stations in Sardinia. The running utilities concern: observation data archiving and supplying; weekly computations of coordinates in the ITRF reference frame; via Internet dissemination of RTCM correction messages for differential positioning. The control and management system was developed on a Linux OS based computer and in open source environment: archiving and availability of data and informations are managed inside a MySQL/PHP RDB and by the Mambo/Joomla user interface.

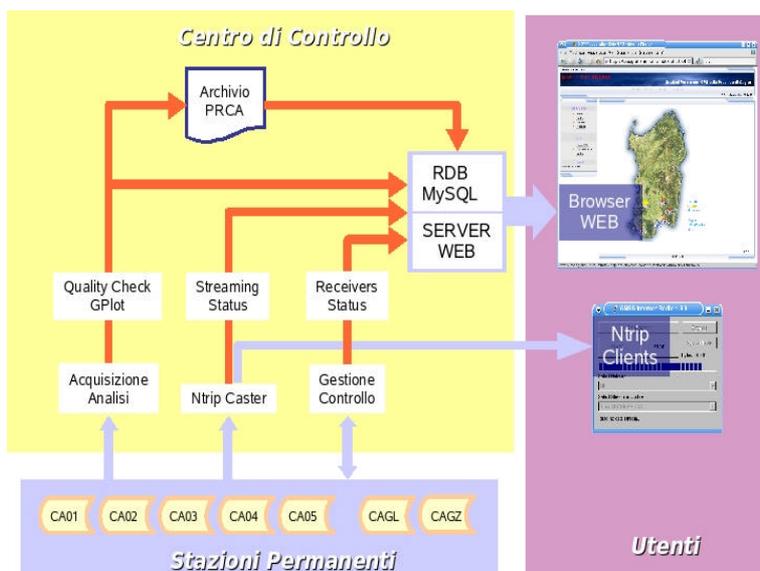


Figura 1 Schema a blocchi del centro di controllo

coordinare alcune attività già da tempo portate avanti separatamente e sperimentate per la stazione

1. Introduzione

Nell'ambito dei progetti locali di ricerca "La disseminazione del sistema di riferimento plano-altimetrico WGS84 in tempo reale" e "Sistema di aggiornamento e gestione in tempo reale di database geodetico-cartografico GIS/SIS con utilizzo di software open source" appartenenti al progetto nazionale COFIN2004 coordinato dal prof. G. Manzoni, è stato avviato uno studio per la realizzazione di un "centro di analisi", per l'utilizzazione delle stazioni permanenti GPS in Sardegna in modo che possano essere correttamente impiegate per rilievi RTK o DGPS.

Il lavoro, qui descritto, ha lo scopo di

permanente EPN CAGZ. Queste attività riguardano: la trasmissione di dati GNSS in tempo reale, gli studi già svolti per l'impianto di reti di stazioni permanenti, le analisi di qualità delle osservazioni GPS e le elaborazioni per il calcolo delle coordinate su base settimanale. In questa fase sono state scritte tutte le routine che consentono di avviare il servizio e renderlo disponibile all'utenza tecnica e scientifica. L'impiego dell'*open source*, previsto nei progetti di ricerca, ci consente di rendere pubbliche alcune parti del software, come quello realizzato per la gestione del *caster* NTRIP o quello presente nei moduli di interfaccia di amministrazione e utente. I paragrafi che seguono descrivono nel dettaglio le scelte progettuali della struttura del centro e le implementazioni effettuate.

2. Il centro di controllo

Nel suo complesso il sistema progettato può essere distinto in tre blocchi:

- la rete di stazioni permanenti;
- l'utenza, suddivisa a sua volta in *RTCM-streaming clients* e *WWW clients*
- il centro di controllo (figura 1).

La rete di stazioni permanenti è eterogenea sia per tipologia che per proprietà, e nelle ipotesi di progettazione vi è quella di poter accogliere i dati di stazioni operanti in Sardegna (private o non) che abbiano interesse all'attività da noi svolta. Anche l'utenza finale è in un certo senso esterna al nostro lavoro, nel senso che il sistema è aperto, pubblico e gratuito.

Al momento della progettazione del centro di controllo sono state analizzate le esigenze e le richieste operative sia per scopi scientifici che tecnici, individuando diverse necessità, tra cui:

- l'accesso a differenti livelli di permessi, in modo da salvaguardare la sicurezza del server e la distribuzione privilegiata di alcuni dati
- l'acquisizione e disseminazione dei dati in *real time* e *near real time*
- la visualizzazione dello stato delle stazioni permanenti, delle analisi di qualità delle osservazioni e delle prestazioni del sistema di trasmissione
- l'archiviazione, gestione e distribuzione di dati, quali, per esempio, i file delle osservazioni.

In particolare, per quanto riguarda l'accesso al server, sono stati individuati tre tipi di utenza:

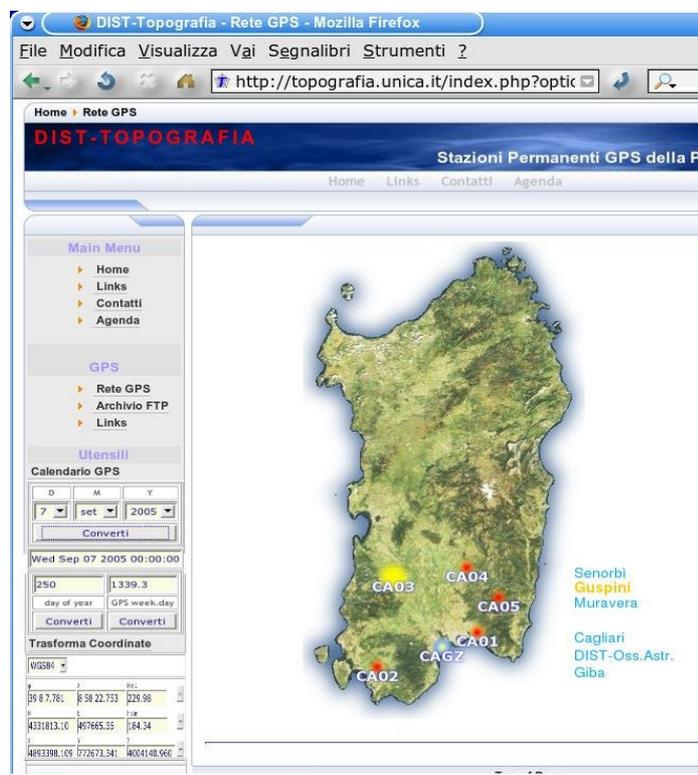


Figura 2 Pagine www di accesso ai servizi GNSS.

- pubblica, che accede ad informazioni e dati di carattere generale, quali le monografie e le coordinate delle stazioni o i file delle osservazioni GPS a 30 secondi, e l'uso di strumenti *on-line*.

- privilegiata, quindi con richiesta di *username* e *password*, per la ricezione del flusso di dati RTCM (Ntrip) e per l'accesso a dati di precisione, quali i file osservativi a 1 secondo.

- speciale, anch'essa con richiesta di *username* e *password*, per l'amministrazione del centro di controllo tramite *browser* WEB, in modo che i responsabili del servizio possano interagire anche da una postazione Internet remota.

L'allestimento e la configurazione software del server del centro di controllo sono stati realizzati in ambiente *open source*, per soddisfare l'esigenza di reperibilità di software di gestione dei server che fosse già testato, e per la versatilità degli strumenti di programmazione GNU (General Public

License).

La macchina del centro di controllo è un PC server HP Proliant ML350 sul quale è stato installato il sistema operativo Linux Suse 9.3. Per il software di gestione e interfaccia si è ricorso a pacchetti sviluppati in ambiente MySQL e nel linguaggio *general-purpose* PHP, che si sono rilevati strumenti di notevole qualità per la gestione dei database su rete, per la portabilità e per la sicurezza. In particolare, per la gestione del server web è stato adottato il programma Mambo/Joomla, sviluppato in MySQL/PHP con licenza GPL, nel quale sono stati cioè configurati o scritti i moduli per l'accesso ai dati ed alle informazioni insieme con le interfacce interattive (figura 2).

In sintesi, il software del sistema è composto da:

- routine dedicate e automatizzate di acquisizione, controllo qualità e archiviazione delle osservazioni GPS (figura 2).
- programma NtripCaster distribuito da EUREF-IP
- routine di gestione e controllo delle prestazioni delle stazioni permanenti GPS, concernenti il monitoraggio del funzionamento di ogni singola stazione, sia per quanto riguarda il flusso dei dati (RTCM o *download* di file) che l'hardware: ricevitore (qualità dei dati) e computer (prestazioni).
- Server RDB MySQL
- Server Web

A tutt'oggi sono realizzate le pagine delle singole stazioni ed alcune delle *utility* progettate.

3. L'analisi dei dati

L'analisi delle osservazioni GPS segue a grandi linee le specifiche suggerite dall'EUREF per i *Local Analysis Centres*, così da collezionare ed elaborare i dati con una procedura valida ai fini di una certificazione delle stazioni permanenti. Il primo aspetto preso in considerazione riguarda la consistenza delle coordinate delle stazioni con il Sistema di Riferimento nazionale. L'Italia, al pari delle altre nazioni europee, ha adottato come sistema di riferimento l'ETRS89, realizzato su scala nazionale attraverso IGM95 ed in Sardegna attraverso una rete di 99 punti compensata separatamente dal blocco peninsulare+Sicilia, vincolandola al solo marker 7545 della rete EUREF[9]. Alla costituzione di IGM95, il marker venne introdotto nella rete con numero 234903 mentre i pilastri su cui insistono le due stazioni permanenti CAGL e CAGZ furono inglobati come associati del marker. La rete IGM95, peraltro non aggiornata all'ITRF2000, è costituita da punti che

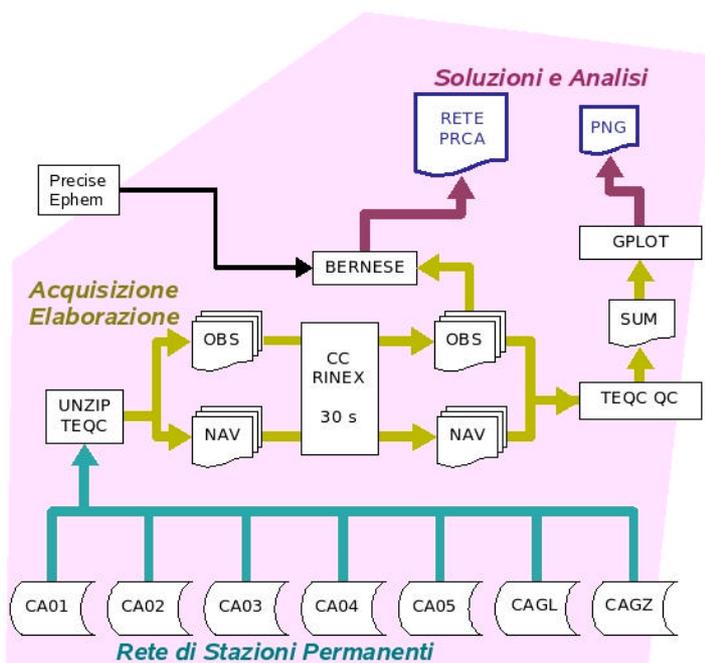


Figura 3 Diagramma di flusso del trattamento delle osservazioni GPS

per materializzazione, modalità di rilievo e inquadramento è da considerarsi di ordine inferiore rispetto alla rete di stazioni permanenti italiane affiliate all'EPN. Al fine quindi di ottenere le coordinate di nuove stazioni, coerenti con l'ETRS, si dovrebbe adottare in Italia la stessa strategia definita in sede EUREF [7] e per la quale vengono periodicamente stimati i parametri di una trasformazione di similarità. Il riconoscimento della coerenza con l'ETRS89 delle coordinate delle stazioni, in assenza di direttive nazionali, è demandato ai tecnici collaudatori o dell'impianto delle stazioni o dei rilievi topografici che si appoggiano ad esse. E' importante quindi che la strategia di calcolo e di verifica della correttezza delle coordinate delle stazioni siano chiaramente descritti, le osservazioni utilizzate e i tabulati di

uscita dei calcoli vengano resi pubblici e distribuiti (gratuitamente o non), cosicché chi ne fa richiesta possa allegarli ai propri calcoli al fine di una approvazione del lavoro. Inoltre, considerando che per loro caratteristica, le stazioni permanenti consentono rilievi di elevatissima precisione, assieme alle coordinate nell'ETRS89, devono comparire le coordinate nel sistema di riferimento in vigore per le effemeridi (ora ITRF00) assieme ad una stima delle velocità che consenta una attualizzazione all'epoca del rilievo.

Data la difficoltà per molti utenti di effettuare per proprio conto le operazioni di attualizzazione e trasformazione in ETRS, nel sito web è presente una *routine* che consente di ottenere le coordinate delle stazioni e i parametri di trasformazione all'epoca di riferimento dei rilevamenti. E' possibile inoltre, per singoli punti, calcolare direttamente le coordinate in ETRS89, note quelle in ITRFXX all'epoca del rilievo. La *routine* è corredata di una *utility* che consente il passaggio dalle coordinate cartesiane a quelle geografiche, di mappa (rappresentazione di Gauss) e viceversa.

Un altro aspetto, altrettanto importante per una futura certificazione, è che lo stato di qualità dei dati distribuiti deve essere verificato costantemente. Devono quindi essere adottate procedure di *quality check* e calcolo periodico delle coordinate delle stazioni, al fine di verificare la stabilità, entro fissate tolleranze, delle stazioni e l'integrità dei dati distribuiti in tempo reale. Nel sistema di gestione delle stazioni sono al momento attivi: un software che consente il controllo remoto delle stazioni (qualunque sia il SO che opera in locale), un server ftp che consente lo scarico e archiviazione dei file orari, una *routine* che gestisce i software pubblici per il concatenamento e decimazione dei file orari, il TEQC e la visualizzazione dei risultati sulle pagine web delle singole stazioni, il BPE per la determinazione di soluzioni settimanali delle coordinate delle stazioni. L'intero processo di analisi è visualizzato in figura 3.

Entrambi gli aspetti esposti fin qui hanno comportato scelte importanti, sia per la determinazione in ETRS89 delle coordinate delle stazioni coinvolte, che per il monitoraggio del comportamento nel tempo. Le stazioni coinvolte sono attualmente quelle di proprietà dell'Amministrazione Provinciale di Cagliari (5) alle quali è annessa la stazione EPN CAGZ dell'università. Tutte le stazioni non EPN si trovano entro un raggio di 70 km da CAGL-CAGZ, uniche EPN dell'intero territorio isolano.

Sulla base di questa configurazione è stata adottata al momento una strategia di calcolo delle coordinate che consente una loro determinazione nell'ETRS89 e soddisfa le esigenze di collegamento a IGM95. Il calcolo è quindi ancora a minimi vincoli utilizzando come unica stazione con coordinate fisse CAGL, legata al marker 7545 da *local ties* [4].

Le coordinate di CAGL in ITRF00 (epoca 1997) e le sue velocità sono ottenute dal sito ufficiale dell'ITRS e attualizzate con la nota relazione:

$$X_{00}^I(t_c) = X_{00}^I(1997) + V_{00}^I \times (1997 - t_c)$$

Nel calcolo è inclusa anche CAGZ e le sue differenze di coordinate da CAGL sono confrontate con le eccentricità stimate in sede EUREF [4].

Il calcolo della rete, su base settimanale, parte dalla settimana GPS 1225. Le osservazioni sono processate con il software Bernese ver. 4.2, adottando la procedura standard. Le informazioni sulle orbite precise e i parametri di rotazione sono ottenuti dal CODE. Le coordinate finali in ITRF00 sono trasformate in ETRS89 alla stessa epoca con la relazione:

$$X^E(t_c) = X_{00}^I(t_c) + T_{00} + \dot{R}_{00} \times X_{00}^I(t_c) \times (t_c - 1989.0)$$

I valori dei parametri T_{00}, \dot{R}_{00} sono tabulati in [7]. Per esprimere le coordinate delle stazioni all'epoca 1989 sono state loro assegnate le stesse velocità attribuite a CAGL in ETRS89 [6]. Questa scelta, coerentemente con quanto deciso per la rete di inquadramento, tiene conto della situazione geologica della Sardegna, considerata monolitica e priva di rotazioni, almeno nell'area coperta dalle stazioni. Queste ipotesi potranno venir meno quando saranno annesse altre stazioni, ubicate nel nord dell'isola. Allora le distanze coinvolte (circa 300 km) imporranno di aumentare il numero di stazioni EPN per l'inquadramento, e la stima delle velocità dovrà essere effettuata in

altro modo. Sarà allora necessario anche rivedere il collegamento ad IGM95, valutando una eventuale deformazione della rete IGM in quell'area.

4. La trasmissione dati GNSS in tempo reale

L'altro importante servizio che si intende erogare dal centro è legato alla trasmissione in tempo reale dei messaggi RTCM. Avendo già da tempo sperimentato la trasmissione via internet sul lato *client* (progetto EUREF-IP), abbiamo acquistato il *caster* del sistema Ntrip [3], ovvero il software che opera da emittente via internet, ricevendo in tempo reale i dati provenienti dalle singole stazioni e irradiandoli via internet per gli utenti che ne fanno richiesta. Il software, nella versione con licenza GPL gira in ambiente Unix/Linux ed è governato da due file di configurazione. Il primo consente di fissare tra l'altro il numero massimo di utenti collegati contemporaneamente, le *password* di accesso per le stazioni permanenti e per i singoli *client*, le porte di accesso, etc. Il secondo file costituisce la *source table*, ovvero l'elenco delle stazioni che trasmettono dal *caster* e/o l'elenco dei *caster* attivi. In uscita il software produce un file di log che, con *refresh* di un minuto, indica il numero di stazioni e di utenti collegati ed il carico trasmissivo sulla rete (approssimativamente 0.5 kbyte per SP/*client* in trasmissione/ascolto di messaggi utili per l'RTK). In aggiunta il file viene aggiornato ogni volta che una stazione o un utente finale si connettono o chiudono una connessione attiva. Attraverso l'interpretazione del file di log è possibile incrementare le funzionalità di base offerte dal pacchetto originario, allo scopo di dotarlo di caratteristiche che sono proprie della versione professionale. Perciò stiamo procedendo allo sviluppo di una serie di *routine* ed una interfaccia di amministrazione sia delle stazioni che dei *client*. L'interfaccia in linguaggio PHP, accessibile anche da remoto, consente di eseguire le operazioni di configurazione del *caster*, lancio della procedura di accensione o spegnimento del server (invio di e-mail di avvertimento, spegnimento in momenti di carico trasmissivo al di sotto di una certa soglia), assegnazione di *userid* e *password* e gestione della *mailing list*. Inoltre viene originato e aggiornato un data-base costituito da una *station/client table*, non prevista nel software originario, che consente di monitorare la continuità del flusso di dati inviato dalle stazioni (aggiornamento della *source-table*) e le ore di utilizzo delle stazioni dal parte degli utenti, per una eventuale tariffazione del servizio.

Le informazioni della *source-table* e del data-base vengono visualizzate in forma grafica nella pagina web dedicata al progetto e consentono di calcolare statistiche sulla continuità del servizio e sull'impiego delle singole stazioni. Il *caster* Ntrip è in funzione all'indirizzo internet topoca.unica.it sulla porta 2101 dal gennaio 2005. Ad esso sono collegate tre stazioni della rete della Provincia di Cagliari che trasmettono i messaggi 18 e 19 per l'RTK, e la stazione CAGZ che trasmette una replica dei messaggi RTCM inviati al server EUREF www.euref-ip.net:2101 utili sia per l'RTK che per il DGNS. Dall'accensione è stata fatta un'analisi del comportamento del software che ci ha permesso di progettare e sviluppare l'interfaccia di gestione e sono state condotte analisi sulla qualità della trasmissione sia delle stazioni collegate che dei *client*.

A titolo di esempio si riporta il grafico delle disconnessioni della stazione CA02 nel periodo agosto-settembre (fig. 4). Le brevi disconnessioni (di circa 15 minuti), riscontrate quasi quotidianamente sia all'inizio di agosto che di settembre, sono dovute ad interruzioni, prive di preavviso, del servizio ADSL da parte del *provider* (Tiscali).

Relativamente al lato *client* sono state misurate le latenze per una connessione GPRS in un orario (dalle 12.30 alle 13.30) caratterizzato da elevata congestione. La latenza, ottenuta direttamente dal file NMEA, è data dalla differenza tra l'epoca dell'osservazione del *rover* e quella della stazione permanente e tiene conto sia del tempo di trasmissione dalla SP al *caster* (via ADSL) che del tempo di trasmissione dal *caster* al *rover* (via GPRS). I valori osservati sono in linea con quelli già sperimentati nelle trasmissioni dal server EUREF (fig. 5), e sono per l'89% contenuti entro 6 s oltre il quale il ricevitore utilizzato per le prove (Topcon Legacy GG) non è in grado di fissare le ambiguità senza estrapolare nel tempo le osservazioni della master; il 98% dei messaggi arriva entro 13 secondi oltre il quale, pur estrapolando le osservazioni, il ricevitore non è più in grado di fissare le ambiguità.

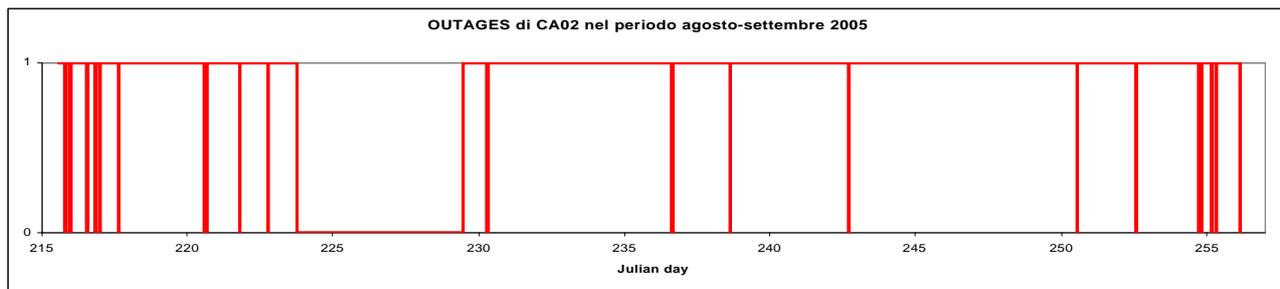


Figura 4 Outage della SP CA02 nel periodo agosto-settembre 2005

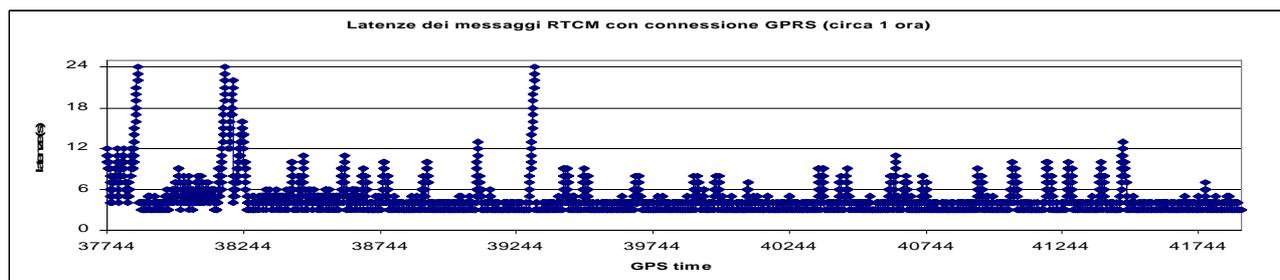


Figura 5 Latenze dell'NtripCaster operato dall'Università di Cagliari

Il servizio offerto dal *caster* acquistato dal gruppo di ricerca è a disposizione gratuitamente di chiunque in Italia abbia interesse a sperimentare la trasmissione GNSS via internet. I software che consentono di connettere le stazioni permanenti ed i *client* sono disponibili gratuitamente per tutti i sistemi operativi (Linux /Win2k/XP per le SP, Linux/Win2k/XP/CE/Palm per i rover) e sono scaricabili direttamente dal sito ufficiale dell'Ntrip.

Ringraziamenti.

Il lavoro di ricerca è realizzato in virtù di una convenzione con l'Amministrazione Provinciale di Cagliari per lo sfruttamento scientifico dei dati delle stazioni permanenti di loro proprietà, con il contributo economico della Leica-Geosystem e del MIUR, all'interno del progetto di ricerca nazionale COFIN2004 coordinato dal prof. Giorgio Manzoni dell'Università di Trieste: "Applicazioni di metodologie innovative di rilevamento dati per Sistemi Informativi Stradali di aree urbane e industriali e agricole in evoluzione."

Bibliografia essenziale

- [1] G. SANNA, VACCA G. (2005). Field test of the GPS+GLONASS RTK at the Cagliari permanent station via Internet. 6° Setmana Geomatica Barcellona. 8 - 11 Febbraio 2005. Deposito legale B-8737-2005.
- [2] A. Banni, E. Falchi, L. Pusceddu, G. Sanna METODOLOGIE OPERATIVE PER L'IMPIANTO DI UNA RETE DI STAZIONI GPS PERMANENTI Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA Verona, 28-31 Ottobre 2003
- [3] Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) Version 1.0 http://igs.ifag.de/ro-ot_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf
- [4] http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2004/doc/ITRF2004-localities.tab
- [5] http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2000/results/ITRF2000_EUR_GPS_PERM.SSC.txt
- [6] <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/euref/ETRF2000.SSC>
- [7] Boucher C., Altamimi Z. 2001 Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign <http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf>
- [8] Bernese GPS Software Version 4.2 (2001)
- [9] Surace L. La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione Bollettino di Geodesia N° 3 1997